

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІ**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**

**«МЕТАЛЛУРГИЯ» КАФЕДРАСЫНЫҢ
40-ЖЫЛДЫҒЫНА ОРАЙ ӨТЕТІН
«МЕТАЛЛУРГИЯ САЛАСЫНЫҢ МӘСЕЛЕЛЕРІ МЕН
ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ: ТЕОРИЯ ЖӘНЕ ПРАКТИКА»
КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ
МАТЕРИАЛДАРЫ**

**МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
ПОСВЯЩЕННОЙ 40-ЛЕТИЮ
ОБРАЗОВАНИЯ КАФЕДРЫ «МЕТАЛЛУРГИЯ»
«ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ
ОТРАСЛИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»**

**ПАВЛОДАР
2023**

ӘОЖ 669
КБЖ 34.3
П78

Редакция алқасының бас редакторы:

Садықов Е. Т., э.ғ.д., профессор, «Торайғыров университеті» КЕАҚ
Басқарма Төрағасы – Ректор

Жауапты редактор:

Ержанов Н. Т., б.ғ.д., профессор, «Торайғыров университеті» КЕАҚ
ғылыми жұмыс және халықаралық ынтымақтастық жөніндегі Басқарма
мүшесі-проректоры

Редакция алқасының мүшелері:

Абишев К. К., Жунусов А. К., Қрыкбаева М. С., Исенова Б. К., Омарова
А. Р., Ибраева А. Д.

Жауапты хатшылар:

Қуандықов А. Б.

А66 «Металлургия саласының мәселелері мен перспективалары: теория
және практика»: Халықаралық ғылыми конференциясының
материалдары. – Павлодар : Toraighyrov University, 2023. – 352 б.

ISBN 978-601-345-365-1

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ. 2023 ж. 31 мамырында
«Металлургия» кафедрасының 40-жылдығына орай өткен «Металлургия
саласының мәселелері мен перспективалары: теория және практика»
атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы жинағында
келесі ғылыми бағыттар бойынша ұсынылған мақалалар енгізілген: Қара
және түсті металдар өндірісінің ғылыми негіздері мен технологиялары,
металлургиялық процестер және қайта өңдеу, Инженериядағы заманауи
технологиялар.

Жинақ көпшілік оқырманға арналады.
Мақала мазмұнына автор жауапты.

ӘОЖ 669
КБЖ 34.3

ISBN 978-601-345-365-1

© Торайғыров университеті, 2023

**«ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ
БАСҚАРМА ТӨРАҒАСЫ-РЕКТОР
Е. Т. САДЫҚОВТЫҢ АЛҒЫ СӨЗІ**

Сәлеметсіздер ме құрметті қатысушылар!

Құрметті конференцияға қатысушылар: қонақтар,
профессорлық-оқытушылық құрам, студенттер, магистранттар,
сіздерді «МЕТАЛЛУРГИЯ САЛАСЫНЫҢ МӘСЕЛЕЛЕРІ МЕН
ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ: ТЕОРИЯ ЖӘНЕ ПРАКТИКА» атты
Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында қарсы
алуға қуаныштымын! Біздің конференцияға назар аударып,
қызығушылық танытқандарыңызға рахмет. Конференция аралас
форматта өтеді. Қатыса алмайтын қатысушылар онлайн түрде
қатыса алады. Бұл формат Қазақстанның әр өңірінен және
көршілес елдерден қатысушыларды біріктіреді. Конференцияға
деген дәстүрлі жоғары қызығушылық бұл шараның маңыздылығы
мен өзектілігін көрсетеді. Біздің университетіміз дәстүрлі түрде
ғылым және зерттеу орталығы болып табылады. Бүгін біздің алаңда
жетекші қазақстандық және шетелдік білім беретін жоғары оқу
орындарының, ғылыми орталықтардың ғалымдары осы салалардағы
аса маңызды мәселелерді талқылау бойынша диалог жүргізу үшін
ғалымдар мен өнекәсіп маманалары практиктер жиналды.

Уважаемые гости, коллеги и участники конференции
международной научно-практической конференции «Проблемы
и перспективы металлургической отрасли: теория и практика»,
посвященной 40 – летию образования кафедры «Металлургия» в
нашем университете!

Сегодня на конференции присутствуют гости из России
(УрО РАН), Химико-металлургического института (г. Караганда),
Карагандинского технического университета (г. Караганда),
Карагандинского индустриального университета (г. Темиртау),
Восточно-Казахстанского технического университета (г. Усть-
Каменогорск), Актюбинского регионального университета (г.
Актобе), наших предприятий-партнеров: ТОО «KSP Steel»,
ТОО «Casting», Группы ERG, АО «Алюминий Казахстана»,
АО «Казахстанский электролизный завод», Аксусский завод
ферросплавов, ТОО «Павлодарский трубопрокатный завод», ТОО
«Анисимов ключ» и других.

Горно-металлургический комплекс Республики Казахстан является второй по значимости отраслью экономики после нефтегазовой.

По данным Бюро национальной статистики в Казахстане насчитывается:

- 1601 предприятие в сфере ГМК;
- задействовано более 200 тысяч работников;
- доля в ВВП РК составляет 13 %.

Как известно, ГМК РК сконцентрирован в четырех основных регионах, где выплавляется большая часть базовых металлов – Карагандинской, Восточно-Казахстанской, Павлодарской и Актюбинской областях.

В экономике Павлодарской области ГМК является ведущей с удельным весом в общем объеме промышленности - 39,3 %, удельный вес металлургической отрасли в обрабатывающей промышленности составляет 70,4 %.

Данная отрасль представлена следующими крупными предприятиями: АО «Алюминий Казахстана» (глинозем) и АО «Казахстанский электролизный завод» (алюминий в чушках), Аксуским заводом ферросплавов – филиала АО ТНК «Казхром» (ферросплавы), ТОО «KSP Steel» (стальные бесшовные трубы), ПФ ТОО «Кастинг» (стальное литье, прокат), ТОО «Проммашкомплект» (производство заготовок ж/д колес), ТОО «ERG Service» (производство литых изделий).

Средние и мелкие металлургические предприятия представлены: ТОО «GissenHaus», ТОО «Вектор Павлодар», АО «Казэнергокабель» (производство легированного алюминия, алюминиевых автомобильных колесных дисков, литье алюминиевой катанки); ТОО «Павлодарский трубопрокатный завод» (производство стальных сварных труб для ЖКХ); ТОО «Format Mash Company», ТОО «СНН», ТОО «Технологические линии», ИП «Пархоменко» и др. (производство стального, чугунного литья).

При всей успешности развития металлургии в Казахстане есть большие вызовы на пути ее дальнейшего развития. В первую очередь это такие проблемы, как:

1) Истощение запасов сырья. По данным, озвученным Министерством Экологии РК, коэффициент выполняемости запасов по твердым полезным ископаемым составляет 0,13.

2) Введение норм углеродного регулирования в странах – импортерах казахстанского металла, и в целом проблема экологии и переработки образующихся отходов.

3) Необходимость дальнейшей цифровизации металлургического производства;

4) Углубление переработки базовых металлов, получаемых на предприятиях Казахстана.

Уверен, что наша конференция позволит раскрыть пути решения данных проблем!

Всем желаю плодотворной работы на конференции!

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ГМК С УЧЕТОМ АТЛАСА НОВЫХ ПРОФЕССИЙ И КОМПЕТЕНЦИЙ КАЗАХСТАНА В ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТЕ

БЫКОВ П. О.

Член правления по академическим вопросам – проректор,
Торайгыров университет, г. Павлодар

Горно-металлургический комплекс Казахстана является одним из основных драйверов развития экономики!

При этом на пути дальнейшего развития ГМК стоят большие вызовы, такие как истощение запасов сырья, введение норм углеродного регулирования в странах – импортерах казахстанского металла, дальнейшая цифровизация производства, необходимость углубления переработки базовых металлов, получаемых на предприятиях Казахстана.

Эти вызовы порождает новые задачи, для решения которых нужны новые специалисты.

В Павлодарской области в Акиматом в партнерстве с Евразийской группой и компанией BTS Education в 2021 году был разработан региональный Атлас новых профессий и компетенций. Именно региональный Атлас стал для нас ориентиром при разработке и реализации инновационных образовательных программ на уровне высшего образования.

Если говорить о ВУЗах, то высшее образование Казахстана и в целом всего мира находится в непрерывном процессе трансформации

Это связано с глобализацией, усилением мобильности трудовых ресурсов, четвертой промышленной революцией и т.д.

Данные факторы увеличивает конкуренцию между государствами за качественные трудовые ресурсы!

Вузы Казахстана принимают серьезные меры для реализации образовательных и научных услуг востребованных на региональном и признаваемых на международном рынке.

Учитывая вышесказанное Торайгыров университет уделяет основное внимание следующему:

- 1) Реструктуризации образовательных программ, форматов и методов обучения;
- 2) Обеспечению качества;
- 3) Интернационализации образовательных программ;

4) Непрерывному обучению и расширению доступа к образованию новых целевых групп.

С 2022 года Торайгыров университет начал совершенствование и разработку новых инновационных программ на основании регионального Атласа новых профессий и компетенций.

На первом этапе при выборе образовательных программ для разработки мы учитывали, то, что основой региональной экономики являются такие отрасли: Metallургия, Энергетика, Машиностроение, Химические технологии. Поэтому для разработки выбрали образовательные программы по данным направлениям.

Работа проводилась в рамках заключенного договора с ТОО «BTS Education», крупными предприятиями-партнерами Павлодарской области в несколько этапов:

1) Проведение практикоориентированных тренингов по разработке ОП;

2) Консультирование рабочих групп в рамках разработки ОП. Отработка формулировок результатов обучения с учетом специфики ОП и потребностей рынка труда.

3) Разработка совместной образовательной программы с предприятиями-партнерами и зарубежными ВУЗами-партнерами, в т.ч. сопоставление учебных планов и определение возможностей взаимного признания дисциплин.

4) Внесение инновационных ОП в Реестр Министерства науки и высшего образования РК, заключение договоров с предприятиями по совместной реализации инновационных образовательных программ.

5) Обучение преподавателей по двум направлениям:
- ППС выпускающих кафедр на производстве;
- ППС, ведущих дисциплины цикла ООД развитию Soft-skills у выпускников.

В вузе на данный момент разработаны следующие инновационные образовательные программы по «Атласу новых профессий и компетенций Казахстана» и «Атласу новых профессий и компетенций Павлодарской области»

Таблица 1

№	Наименование образовательной программы	Профессии из «Атласа новых профессий и компетенций»
1	Машиностроение и реверс-инжиниринг	Конструктор 3D-моделирования, Инженер по прототипированию, Оператор станков с числовым программным управлением, Специалист по неразрушающему контролю
2	Промышленная робототехника и автоматизация	Специалист по автоматизации процессов, Электромеханик контрольно-измерительных приборов (КИП) (программист), Специалист по неразрушающему контролю
3	Металлургия и рециклинг	Специалист шадящей металлургии, Конструктор 3D-моделирования, Технолог по переработке отходов, Переработка отвалов и разрезов, Специалист по термической обработке металлов, Специалист по неразрушающему контролю
4	Предиктивная диагностика технологического оборудования	Конструктор 3D-моделирования, Инженер по предиктивной диагностике, Специалист по неразрушающему контролю
5	Энергоменеджмент	Специалист по комплексному проектированию систем энергоснабжения, Инженер по модернизации оборудования традиционной энергетики
6	Урбанистика и развитие территорий	Урбанист 3D – визуализатор
7	Биология и кинезиология	Кинезиолог промышленных профессий
8	Агроэкология	Фитосанитар, агрофитопатолог и энтомолог, Семеновод - апробатор
9	Транспортная инженерия и автотроника	Конструктор 3D-моделирования, Инженер по прототипированию, Техник альтернативного и экотранспорта, Техник по автотронике
10	Химическая технология природных энергоносителей, продуктов нефтехимии и полимеров	Химик-технолог по переработке угля, Технолог по изготовлению каучука, полипропилена, резины и пластмассы из угля, Химик технолог по новым материалам/композитам
11	Пищевой инжиниринг и технологическая нутрициология	Экотехнолог, Технолог-нутрициолог, Мобильный повар, Специалист по правильному питанию
12	Блокчейн-инженерия	Специалист блокчейн, Тестирующий блокчейн, Специалист по кибербезопасности блокчейн

Отличительные особенности образовательных программ на примере специальности «Металлургия и рециклинг».

ОП «Металлургия и рециклинг»: Инновационная образовательная программа разработана в рамках Атласа новых профессий совместно с ТОО «BTS Education», предприятиями-партнёрами АО «Алюминий Казахстана», АО «Казахстанский электролизный завод», АО ТНК «Казхром», ТОО «KSP Steel», ТОО «Кастинг» и будет реализовываться на базе университета, предприятий-партнеров с привлечением студентов к реальным бизнес-процессам, реализуемым на предприятиях и зарубежными вузами-партнерами по программам академической мобильности (в перспективе двойных дипломов) для изучения специальных курсов по рециклингу отходов.

Особенностью инновационной образовательной программы является формирование результатов обучения по основной (major) программе «Металлургия и рециклинг» (профессии из атласа: Технолог по переработке отходов, Переработка отвалов и разрезов, Менеджер-экономист по переработке) и по выбору из микроквалификаций («Контролер в производстве черных металлов», «Контролер продукции цветной металлургии», «Специалист по неразрушающему контролю») или minor-программ («Углубленный английский язык», «Углубленный немецкий язык», «Предпринимательство» и других).

Основные результаты обучения по образовательной программе «Металлургия и рециклинг» (что будет уметь делать выпускник):

Способен взаимодействовать в полиязычной среде, устно и письменно представляя самостоятельно выработанные суждения, используя разнообразные цифровые технологии и ИКТ

Способен интерпретировать данные, полученные в ходе междисциплинарных исследований, используя цифровые технологии, применяя статистические, эмпирические методы, методы системного анализа, математические, физические и химические модели

Способен в составе команды разрабатывать и реализовать проекты, конструктивно реагируя на критику, демонстрируя тайм-менеджмент и ответственность за результаты собственной деятельности, используя нормативно-правовые акты и нормативные документы в профессиональной области

Генерирует варианты оптимальных решений в профессиональной и социальной сфере, интерпретируя и оценивая информацию, используя навыки критического мышления и ТРИЗ

Способен реализовывать концепцию бережливого производства, опираясь методы бережливых улучшений, рационально организуя рабочее пространство, в т.ч. на основе методов 5S, и эффективно используя ресурсы

Контролирует реализацию производственных процессов получения металлов и металлоизделий в рамках стандартов предприятия, осуществляя предиктивный анализ и мониторинг текущей экологической ситуации

Проводит мониторинг существующих технологий получения металлов и металлоизделий, переработки отходов и вторичных ресурсов, используя принципы Индустрии 4.0 и ESG

Участвует в разработке новых технологических схем получения металлов и металлоизделий, направленных на экономию ресурсов и сохранение окружающей среды, повышение эффективности производства

Проактивно сокращает эмиссии вредных веществ без привязки к законодательным требованиям, минимизирует экологические выплаты для предприятий

Разрабатывает технологии переработки отходов и вторичных материалов для своего предприятия на основе системной переработки различных отходов предприятий

Разрабатывает технико-экономическое обоснование внедрения различных технологических схем получения металлов и металлоизделий, переработки отходов и вторичных ресурсов, методов сокращения эмиссии вредных веществ в окружающую среду на предприятиях горно-металлургического комплекса и иных отраслей экономики

Адаптирует способы извлечения полезных компонентов при переработке комплексного сырья и отходов производства, используя химические, физические и биологические технологии в соответствии с потребностями рынка

Специфика учебного процесса:

- выезды на предприятия (экскурсии, практические и лабораторные занятия на рабочих местах);
- выполнение семестровых и курсовых проектов по конкретным кейсам предприятий с привлечением менторов с производства;
- производственные практики;

- дуальное обучение;
- раннее трудоустройство (совмещение учебы и работы на 3 и 4 курсе);
- участие в контрольных мероприятиях (защиты проектов, экзамены, итоговая аттестация) сотрудников предприятий;
- академическая мобильность в зарубежных-вузах или приглашение зарубежных лекторов (по узкоспециализированным дисциплинам).

Структура учебных планов

Количество кредитов в ОП увеличено с 240 до 258 с целью увеличения объема кредитов по базовым дисциплинам (математика, физика, химия, базовые технические дисциплины) до уровня зарубежных вузов-партнеров – Technical University of Košice, Montana Tech University, УрФУ, НИ Томский политехнический университет).

Таблица 2 – Сравнительная таблица по соотношению кредитов по дисциплинам в различных вузах по направлению «Металлургия и рециклинг»

Наименование дисциплины / Количество кредитов в переводе на ECTS	Торайгыров университет (Иннов. МОП 2023 года)	Торайгыров университет (МОП 2018 года)	Вузы Европы (Coshice Tech)	Вузы США (Montana Tech)	Вузы РФ (УрФУ)
Дисциплины цикла ООД (и академ. письмо)	56	56	18	15	33
Дисциплины цикла БД:					
Мног-программы / Микроквалификации		15	-	-	-
Математика (1,2,3)	15	8	14	24	18
Физика 1,2	10	4	12	16,5	8
Химия	5	4	13		8
Физическая и коллоидная химия	5	4	6	12	5
Аналитическая химия	-	-	5	-	-
Введение в металлургию и рециклинг	5	4	5	6	3

Технологические процессы машиностроительного производства	-	5	-	3	-
Компьютерное моделирование и инженерная графика (ранее Начертательная геометрия и инженерная графика)	5	4	-	-	4
3D моделирование и 3D сканирование (ранее Computer-Aided Design)	5	5	-	-	-
Электротехника и электроника	5	4	-	4,5	3
Прикладная механика	-	4	-	6	6
Кристаллография и минералогия	-	5	5	4,5	3
Охрана труда и промышленная безопасность	-	5	-	1,5	8
Экономика и управление производством	-	5	-		7
Системы менеджмента качества	-	5	-		3
Промышленная безопасность и оценка экологических рисков	4			9	
Экономика и управление производством	4				
Аудит отходов и вторичных продуктов производства	4				
Автоматизированные системы управления предприятием	-	5	-		-
Экология	-	-	-	4,5	4
Автоматизация и контроль в металлургии	-	-	5	4,5	

Теория металлургических процессов	5	5	-	13,5	В рамках дисциплин по выбору
Расчеты по теории металлургических процессов	-	5	-		
Металлургическая теплотехника	5	5	6		
Материаловедение	5	5	6	65	9
Дисциплины цикла ПД:					
Основная информация об отходах (по выбору)		-	4		
Прикладное программное обеспечение (по выбору)		-			
Глобальные экологические проблемы (по выбору)		-			
Законодательство об отходах. Экономика (по выбору)		-	5		
Окружающая среда и производство силикатов (по выбору)		-	4		
Процессы переработки		-	5		
Металлургия железа и стали		-	6		
Процессы и оборудование (по выбору)		-	4		
Коррективные процедуры в экологических исследованиях (по выбору)		-			
Практический курс физической химии (по выбору)		-			
Цветные металлы		-	6		

Системы управления		-	6		
Методология выборки		-	5		
Влияние промышленности на жизнь и окружающую среду (по выбору)		-			
Керамические огнеупорные материалы (по выбору)		-	5		
Теория и методология экспериментов (по выбору)		-			
Литейное производство (по выбору)		-			
Общая токсикология (по выбору)		-	6		
Формование материалов (по выбору)		-			
Вторичное сырье и отходы		-	7		
Управление отходами		-	8		
Опасные отходы (по выбору)		-			
Свойства и испытания керамики (по выбору)		-	5		7
Органическая химия (по выбору)		-			
Рудоподготовка и обогащение	5	5	-		
Физико-химические свойства и кластеризация сырья и отходов основного производства черной металлургии	5				
Исследование по технологии металлургического производства (КП)	3				
Металлургия черных металлов и рециклинг		4	-		7

Металлургия цветных металлов и рециклинг		5	-		7
Проект (Исследование технологических процессов в металлургии)		2	3		
Комплексное использование техногенных отходов	5				
Промышленная экология	3				
Пылеулавливание и газоочистные сооружения	5				
Мониторинг технологий безэмиссионной утилизации отходов	5				
Проектирование металлургических объектов, полигонов и баз хранения промышленных отходов	5	5	-		
Дисциплины по выбору (МЧМ / МЦМ): Электрометаллургия стали Электрометаллургия ферросплавов Внепечная обработка стали Металлургия алюминия Металлургия цветных металлов ...	15	29			
Литейное производство	5				
Обработка материалов давлением	5				
Термическая обработка металлов					
Учебная практика	2	2	1		7
Производственная практика №1	4	2			7

73
В
рамках
дисциплин по
выбору

Производственная практика №2	5	4			7
Преддипломная практика	18	4			7
Написание и защита дипломной работы (проекта)	12	12	10		9
ИТОГО		240		204	270

Примечание: Учесть требования аккред.агентств по соотношению циклов дисциплин

В целом объем кредитов в разрезе циклов обучения следующий:

Цикл ООД – 56 кредитов, проводится с 1 по 7 семестр (с целью освобождения кредитов в 1 – 4 семестрах для цикла БД – математика – 3 семестра, физика – 2 семестра и т.п);

Цикл БД – 112 кредитов, проводится с 1 по 5 семестр. Цикл БД по дисциплинам и их содержанию интегрирован с учебными планами зарубежных вузов-партнеров;

Цикл ПД – 60 кредитов, проводится с 5 по 7 семестр. Предусмотрено изучение дисциплин в Торайгыров университете и дисциплин по учебным планам Technical University of Košice, УрФУ, НИ ТПУ при реализации академической мобильности ППС и студентов, производственные практики на предприятиях ГМК.

ДВО – 18 кредитов производственной стажировки;

Итоговая аттестация – 12 кредитов.

Изучение специальных дисциплин предусматривает использование МТБ университета, вузов-партнеров, предприятий-партнеров, формирование заданий для студентов будет проводиться с привлечением инженеров с предприятий, оценка достижений результатов обучения будет проводиться совместно с предприятиями.

В таблице 2 приведён перечень дисциплин по образовательным программам.

Таблица 2 - Перечень основных дисциплин по образовательным программам

№	6В07151 «Машиностроение и реверс-инжиниринг»	ОК/ ВК/ КВ	Кол-во кредитов	Семестр
	Цикл ООД			
1	Современная история Казахстана	ОК	5	2
2	Философия	ОК	5	7

3	Модуль социально-политических знаний Социология	ОК	8	7
	Политология	ОК		
	Культурология	ОК		
	Психология	ОК		
4	Иностранный язык	ОК	10	1,2
5.1	Казахский язык	ОК	10	4,5
5.2	Русский язык	ОК		
6	Информационно-коммуникационные технологии (на английском языке)	ОК	5	1
7	Физическая культура	ОК	8	1,2,3,4
8	Безопасность жизнедеятельности и охрана труда	КВ	5	3
9	Основы права и антикоррупционной культуры	КВ		
10	Основы экономики и бизнеса	КВ		
11	Основы экологии	КВ		
	Цикл БД			
	Модуль №2.1 «Микроквалификация - Контролер в производстве черных и цветных металлов»			
12.1	Физико-химические методы исследований в металлургии	КВ	4	3
13.1	Стандартизация и сертификация металлургической продукции	КВ	3	3
14.1	Контроль качества металлургической продукции	КВ	3	3
15.1	Контролер в производстве черных и цветных металлов - 2/3 разряд	КВ	5	4
	Модуль №2.2 «Микроквалификация - Специалист по неразрушающему контролю»			
12.2	Конструкционные материалы и их свойства	КВ	4	3
13.2	Основы технических измерений в неразрушающем контроле	КВ	3	3
14.2	Конструкция и принципы работы оборудования для неразрушающего контроля	КВ	3	3
15.2	Специалист по неразрушающему контролю 2 уровня по ИСО/МЭК 17024	КВ	5	4
	Модуль №2.3 «Minor – Углубленный английский язык»			
12.3	Vocabulary/Grammar	КВ	4	3
13.3	Listening/Speaking	КВ	3	3
14.3	Reading/Writing	КВ	3	3

15.3	Preparation for IELTS and TOEFL	KB	5	4
	Модуль №2.4 «Minor – Углубленный немецкий язык»			
12.4	Wortschatz/ Sprachbausteine	KB	4	3
13.4	Hörverstehen/Sprechen	KB	3	3
14.4	Leseverstehen/ Schreiben	KB	3	3
15.4	Vorbereitung auf die Deutschprüfungen für das Sprachniveau Deutsch A1/A2/B1/B2/C1 und den TestDaF	KB	5	4
	Модуль № 2.5 «Minor – Предпринимательство»			
12.5	Основы предпринимательской деятельности	KB	4	3
13.5	Предпринимательское право и основы антикоррупционной культуры	KB	3	3
14.5	Экологический менеджмент	KB	3	3
15.5	Экономическое обоснование стартап-проектов	KB	5	4
	... и другие Minor-программы			
	Модуль №3: «Общие знания и понимания»			
16	Основы металлургии и глобальные экологические проблемы	BK	5	1
17	Математика 1	BK	5	1
18	Компьютерное моделирование и инженерная графика	BK	5	1
19	Химия	BK	5	1
20	Математика 2	BK	5	2
21	Физика 1	BK	5	2
22	3D моделирование и 3D сканирование	BK	5	2
23	Учебная практика (слесарная практика, стропальщик, формовщик ручной и машинной формовки и т.п.)	BK	3	2
24	Математика 3	BK	5	3
25	Физика 2	BK	5	3
	Модуль №4: «Инженерный анализ»			
26	Физическая и коллоидная химия	BK	5	3
27	Теория металлургических процессов	BK	5	4
28	Руды и минералы	BK	5	4
29	Электротехника и электроника	BK	5	4
30	Материаловедение	BK	5	4
31	Профессиональная практика №1	OK	4	4
32	Металлургическая теплотехника	BK	5	5
33	Прикладная механика	BK	5	5
	Модуль №5: «Исследования и оценка»			

34	Оценка экологических рисков и управление отходами	BK	5	5
35	Технико-экономическое обоснование проектов	BK	5	5
	Цикл ПД			
	Модуль №6 «Инженерный дизайн»			
36	Рудоподготовка и обогащение	BK	5	5
37	Металлургия черных металлов и рециклинг	BK	5	5
38	Металлургия цветных металлов и рециклинг	BK	5	6
39	Литейное производство	KB	5	6
40	Обработка металлов давлением	BK	5	6
41	Термическая обработка металлов и сплавов	BK	5	6
42	Управление проектами	BK	5	6
43	Профессиональная практика №2	OK	5	6
44	Теория решения изобретательских задач	BK	5	7
45	Проектирование металлургических объектов, полигонов и баз хранения промышленных отходов	BK	5	7
46	Технологические процессы предприятий-партнеров: Электрометаллургия стали	KB	5	7
47	Электрометаллургия ферросплавов			
48	Производство глинозема			
49	Электрометаллургия алюминия			
50	Производство анодов для электролиза алюминия			
51	Производство проката и труб			
52	Цифровизация и автоматизация производства: ERP-системы	KB	5	7
	Автоматизация металлургического производства			
53	Модуль №7: «Инженерная практика»			
	Цикл ДВО			
54	Преддипломная практика	OK	8	18
	Цикл ИА			
55	Написание и защита дипломной работы (проекта)	OK	8	12

Наши дальнейшие действия

1) Заключение договоров о реализации образовательных программ совместно с предприятиями;

- 2) Заключение договоров о сотрудничестве с зарубежными вузами по совместной деятельности по реализации образовательных программ;
- 3) Профориентационная работа совместно с предприятиями по привлечению абитуриентов на инновационные образовательные программы;
- 4) Повышение квалификации, стажировка ППС;
- 5) Приобретение необходимого материально-технического обеспечения для реализации дисциплин в рамках образовательных программ.
- 6) Проработка вопроса по привлечению к преподаванию инженерно-технических работников предприятий-партнеров.

Выводы:

Успешность реализации инновационных образовательных программ, а значит подготовка качественных специалистов сейчас во многом зависит от дальнейшего тесного взаимодействия с предприятиями в процессе обучения!

Надеюсь наше взаимодействие в данном направлении получится улучшить и сделать успешным!

ЛИТЕЙНО-ПРОКАТНЫЕ АГРЕГАТЫ

ЕРЖАНОВ А. С.

к.т.н., Карагандинский индустриальный университет, г. Караганда

Археологические данные показывают, что на территориях современного Алтая, центрального, северного и восточного Казахстана, а также в некоторых других местах еще с древнейших времен было развито металлургическое производство. В указанных регионах возникли очаги горнорудного производства и выплавки некоторых видов металлов, а также изготовления листового железа. Были найдены примитивные металлургические печи, в которых древние люди выплавляли изделия для жизни из различных металлов и их сплавов.



Рисунок 1 – Металлургическая печь (восстановленная)



Рисунок 2 – Металлургические печи (реконструкция)

Изобретение методов и способов производства различных металлических изделий открыло новую историческую эпоху и навсегда изменило ход развития человечества. Если смотреть через историческую перспективу, то можно заметить, что во

многих исторических хрониках запечатлены факты нашествия орд кочевников с Востока. Одним из самых ярких, масштабных и впервые зафиксированных является нашествие гуннских племен сначала в Китай, затем в Европу. Следующим масштабным и зафиксированным нашествием считается история создания первой евразийской империи – Тюркского каганата. Далее можно считать империю Чингисхана, империю Тамерлана и др. Некоторые ученые считают, что еще до нашей эры происходили подобные процессы.



Рисунок 3 – Наскальные рисунки всадников (реконструкция)

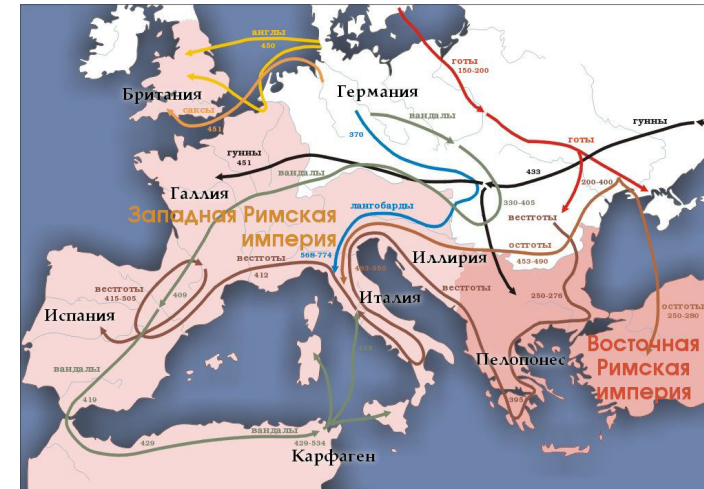


Рисунок 4 – Великое переселение народов



Рисунок 5 – Завоевания Чингисхана

Необходимо отметить, что успех столь масштабных завоеваний заключается не только в том, что в те давние времена у кочевых народов были преимущества перед оседлыми государствами, а именно: кочевой образ жизни, практически неисчерпаемый людской ресурс за счет обширных кочевых угодий; но и развитие металлургии, в части создания наступательного

вооружения, доспехов и др., стало весомым фактором, что отразилось на истории многих народов.



Рисунок 6 – Оружие (музейная экспозиция)

При анализе примитивной металлургической промышленности древности можно заметить, что данное производство строилось по двухкомпонентной схеме.

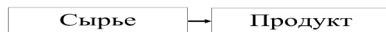


Рисунок 7 – Двухкомпонентная схема производства

В период Советского Союза на территории современного Казахстана активно развивалась промышленность, в том числе и металлургия. В то время металлургическая промышленность Казахстана представляла собой трехкомпонентную схему производства



Рисунок 8 – Трехкомпонентная схема производства

В свою очередь металлургическое производство можно представить в виде трех глобальных переделов, отличающиеся друг от друга технологическими процессами.



Рисунок 9 – Металлургическое производство

В свою очередь каждый из приведенных выше переделов также состоит из нескольких технологических этапов.



Рисунок 10 – Традиционная технологическая схема

Интеграция и оптимизация производства приводит к развитию инновационных методов и способов получения готового продукта. Так развитие технологий машин непрерывной разливки стали (МНЛЗ) привела к значительному энерго- и ресурсосбережению. При этом такой подход требует использование более сложных технологий.

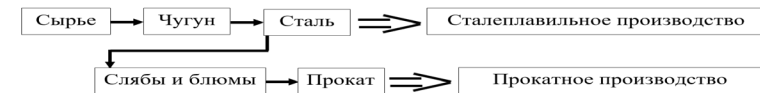


Рисунок 11 – Технологическая схема с использованием МНЛЗ

Следующим этапом развития технологий в металлургии считается развитие литейно-прокатных агрегатов, которые также будут экономически эффективны, но при этом будут требовать дальнейшего усложнения технологических процессов.

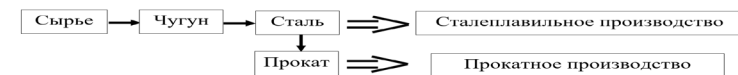


Рисунок 12 – Технологическая схема с применением ЛПА

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ С УЧЁТОМ СОСТОЯНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ

ЗАЯКИН О. В.

ИМЕТ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия, e-mail: zferro@mail.ru

ЛЕОНТЬЕВА Л. И., ВОЛКОВ А. И.

ГНЦ ФГУП «ЦНИИ чермет имени И. П. Бардина»,

г. Москва, Россия, e-mail: leo@presidium.ras.ru

Россия, не смотря на богатую минерально-сырьевую базу, по целому перечню рудных концентратов, оксидов и других соединений, металлов и ферросплавов, а также по отдельным маркам стали и металлическим изделиям зависит от импортных поставок. В силу большого объёма производства эта зависимость особенно заметна в чёрной металлургии, являющейся основным потребителем ряда цветных металлов, используемых для раскисления, легирования и модифицирования структуры чугуна и стали. Сплавы железа являются основой конструкционных материалов для объектов инфраструктуры, зданий, сооружений, транспорта, машино- и станкостроения, химической промышленности, оборонной отрасли. В связи с этим, зависимость от того или иного вида сырья приводит к высоким рискам в сфере безопасности и устойчивого развития государства в целом.

В таблице представлена доля импорта в потреблении некоторых материалов, поставки которых в значительной степени зависят от внешних производителей. Для некоторых материалов (вольфрамовый концентрат, пигментный диоксид титана, ферромолибден) в силу дальних расстояний между поставщиками и потребителями сложилась ситуация, при которой отечественное сырьё отправляется на экспорт, а российские потребители вынуждены приобретать аналогичное импортное сырьё. Для ряда материалов (пентаоксид ванадия, циркониевый концентрат) такая ситуация обусловлена разницей в стоимости и качестве отечественной и зарубежной продукции.

Вынуждены констатировать, что по целому ряду материалов в России производится продукция первых переделов, которая отправляется на экспорт, перерабатывается за рубежом, а затем поступает обратно в виде продукции более глубокой степени переработки или готовых изделий. Так, концентрат неразделённых РЗМ поступает за рубеж, а по импорту мы получаем соединения

и металлы индивидуальных РЗМ, готовые изделия (компоненты электроники, катализаторы, постоянные магниты, оптическое стекло, керамика, лигатуры и модификаторы, бытовая электронная техника, приборы и оборудование). По ванадию - конвертерный шлак и технический пентаоксид частично поступают на экспорт, а по импорту Россия приобретает чистые пентаоксид и

Таблица 1 – Некоторые импортируемые и экспортируемые материалы

Наименование материала	Доля импорта в потреблении, %	Доля экспорта от объёма производства, %
Сырьевые материалы		
Марганцевый концентрат	100	0
Диоксид марганца	100	0
Хромовый концентрат	57	-
Пентаоксид ванадия технический	0	43
Пентаоксид ванадия очищенный	100	0,0
Ильменитовый концентрат	97	4,6
Пигментный диоксид титана	68	51
Вольфрамовый концентрат	8,6	57
Молибденовый концентрат	37	0
Коллективный концентрат РЗМ	~1,5	98
Соединения разделённых РЗМ	87	3,3
Циркониевые концентраты (ZrSiO ₄ +ZrO ₂)	94	96
Циркония диоксид	98	-
Металлы, ферросплавы и лигатуры		
Марганец металлический	100	0
Марганец электролитический	100	0
Ферромарганец низко- и среднеуглеродистый	100	0
Ферросиликомарганец	34	12
Феррохром	-	83
Хром металлический	-	90
Феррониобий	99	44
Феррованадий	2,5	22
Ферромолибден	61	94
Ферровольфрам	0	66
РЗМ в виде металлов	100	0
Тантал металлический	96,4	4,5
Висмут металлический	100	4,5

Стали		
Прокат из нержавеющей стали	68	7
Трубы из нержавеющей стали	59	-
Инструментальные быстрорежущие стали	до 100	-
Машиностроительные (маргениситно-старееющие, подшипниковые, пружинные, высокопрочные, рельсовые)	до 71	3,1
Электротехническая сталь (прокат)	6,5	84

триоксид ванадия. Основная часть производимого феррохрома идёт на экспорт, а производимые из него нержавеющая сталь и коррозионностойкие изделия поступают по импорту. Основная часть ферромолибдена и ферровольфрама не находят спроса внутри России и отправляются на экспорт, в тоже время наблюдается существенная зависимость от импортных поставок инструментальных быстрорежущих сталей, твёрдых сплавов, металлорежущего инструмента, в производстве которых необходимы вольфрам и молибден.

Между тем по многим видам сырья в России имеется собственная сырьевая база. Недостаточность её использования обусловлена в ряде случаев низким качеством руд по сравнению с импортируемыми, отсутствием инфраструктуры и удалённостью месторождений. Отечественные руды имеют ряд особенностей по химическим и минералогическим характеристикам, что требует выполнения дополнительных научно-исследовательских и опытно-промышленных работ по их обогащению, подготовке к плавке и доработке технологических режимов производства сплавов. К вопросу добычи и переработки марганцевых руд приступали неоднократно, однако, до сих пор их масштабная добыча в России не осуществляется. Зачастую убыточность планируемых проектов связана с их нацеленностью на получение традиционной многотоннажной товарной продукции, себестоимость которой оказывается выше, чем при переработке зарубежных богатых концентратов.

Российский рынок металлургической продукции из нержавеющей стали характеризуются высокой зависимостью от импорта. В настоящее время уже положено начало строительства завода «Русской нержавеющей компании». В г. Волжский Волгоградской области установили первую колонну в основание

будущего комплекса по производству плоского нержавеющей проката, совместного предприятия компаний ТМК и ЧЭМК. Мощность предприятия составит до 500 тысяч тонн плоского нержавеющей проката в год. Строительство цеха холодной прокатки планируется в период с 2023 по 2025 год, а цехов горячей прокатки и сталеплавильного - в период с 2024 по 2026 год.

В основе решения проблемы развития металлургической отрасли России значительную роль играет освоение собственной минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых, которое должно полагаться на развитие научных основ комплексного использования полиметаллического минерального сырья и техногенных отходов.

ҚҰРАМЫНДА БОР БАР СИЛИКОХРОМДЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ТӨМЕН КӨМІРТЕКТІ ФЕРРОХРОМДЫ БАЛҚЫТУ ПРОЦЕСІН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

СУЛТАНГАЗИЕВ Р. Б.
PhD, Әбілқас Сағынов атындағы
Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ.

Процесті термодинамикалық талдау үшін максималды энтропия принципіне негізделген көпкомпонентті гетерогенді жүйелерді есептеудің әмбебап бағдарламасы TERRA пайдаланылды [1]. Сандық модельдеудің міндеті химиялық және фазалық түрлендірулер маңызды рөл атқаратын күрделі химиялық құрамы бар жүйелерді зерттеу болып табылады.

Шихтаның құрамы мен температурасының балқыту өнімдерінің химиялық және фазалық құрамына әсері зерттеліп, шихта элементтерінің металға өту дәрежесі белгіленіп, қорытпаны алудың оңтайлы шарттары табылды.

Модельдеу үшін элементтердің балқыту өнімдеріне өтуінің нақты коэффициенттерін ескере отырып, теориялық талдау негізінде белгіленген металл өндірудің нақты технологиялық процесі үшін келесі шарттар қабылданды [2]:

- ферросиликохром – 100 кг;
- хром кені (X) – 244,007 кг;
- әк (известь) (Y) – 245,846 кг.

Шихтаны есептеу үшін қолданылатын бастапқы материалдардың химиялық құрамы 1, 2 кестелерде көрсетілген.

Жұмыс аумағын есептеу үшін шихтаның құрамы 100 кг кен үшін қайта есептеледі:

- хром кені – 100 кг;
- ферросиликохром – 41 кг;
- әк (известь) – 101 кг.

Силикохромды тұтыну шығынын (тотықсыздандырғыштың жетіспеуі және артық болуы) қалпына келтіру процестеріне, металл мен шлактардың құрамына әсерін анықтау үшін қалпына келтіру мөлшерінің өзгеру диапазонын кеңейту арқылы есептеулер жүргізілді [2]. Атап айтқанда. 100 кг кенге есептелген 41 кг, 31, 36 және 46 кг-ға қосымша тотықсыздандырғыштың шығындары қабылданады.

1-кестеде оттегіні енгізген кезде есептелген шихта құрамының жұмыс аумағы (41 кг силикохромды тұтыну кезінде) көрсетілген.

Кесте 1 – Шихта материалдарынан оксидтер мен элементтердің келуі

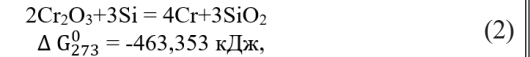
Шихта компоненттері	Оксидтер мен элементтердің келуі							
	Cr ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	P ₂ O ₅	–
Хром кені	51,6	12,4105	8,2358	8,7862	91,2	19,1846	0,01408	–
Әк	Cr	Si	C	P	S	Fe	B	O ₂
Силикохром	13,366	19,147	0,0246	0,00902	0,04144	0,205	5,4705	8,446

Осыған ұқсас есептеулер кремнийдің тиімділігін есепке алмастан силикохромды (31, 36 және 46) жұмсайтын қождар үшін жүргізілді. Есептердің екінші қатарында кремнийдің атмосфералық оттегімен шихтаның есептелген құрамының жұмыс аумағына (41 кг ферросиликохроммен) тотығуды есепке алу үшін оттегі берілген кремнийдің 25% тотықтыратын етіп белгіленді (1):

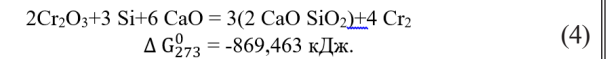
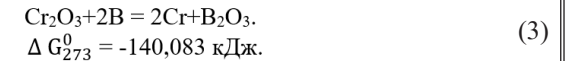


Біз есептеулердің екі сериясын жүргіздік. Есептердің бірінші сериясы силикохромның (31, 36, 41, 46 кг) тұтыну шегінің кеңеюімен кремнийдің тиімділігін есепке алмай жүргізілді. Кремнийдің пеш атмосферасының оттегімен тотығуын есепке алу үшін есептелген құрамдағы кремнийдің 25% тотығуы үшін жұмыс аумағына оттегі берілді (41 кг кремний хромы бар нұсқа) [3].

Хром кенін кремниймен тотықсыздандырудың негізгі реакциясы (2) теңдеу:



және бордың тотықсыздану реакциясы (3) теңдеумен сипатталады:

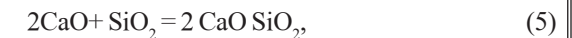


Негізгі оксидтің CaO қатысуымен хромның кремниймен тотықсыздану реакциясының ықтималдығы SiO₂ реакция өнімінің күшті кальций силикаттарымен байланысуына байланысты артады, бұл жалпы реакцияның Гиббс энергиясының жоғары мәндерімен расталады (4).

Бұл реакциялардың термодинамикалық сипаттамалары бөлме температурасында теріс мәнге ие екенін көрсетеді, яғни, бұл реакциялардың жүру мүмкіндігі, бұл есептеулердің нәтижелерімен расталады.

Есептеудің барлық нұсқаларында металл мен шлақтың соңғы құрамы дерлік бөлме температурасында қалыптасады. Металлдың құрамы 2250 К жоғары температурада кейбір өзгерістерге ұшырайды, бұл кезде металл компоненттерінің газ фазасына өту процесі басталады. Талдау үшін біз 2050 К температурада металл мен шлақтың есептелген құрамдары қабылданды.

Бұл температура диапазонында шлақтың құрамы да шамалы өзгереді. Негізгі шлақ фазасы екікальцийлы силикат 2CaO SiO₂, түзілу реакциясы (5):



Сондай-ақ бөлме температурасында ΔG_T^0 теріс мәні бар ($\Delta G_{273}^0 = -108,04 \text{ кДж}$).

Кремнийдің оттегімен тотығуын есепке алмай жүргізілген есептеулер силикохром кремнийінің пайдалану коэффициентін ескере отырып жүргізілген есептелген деректермен мүлдем келіспейді [4,5]. Силикохромның әртүрлі құрамымен жүргізілген есептеулер тізбегі металдағы силикохромды тұтынудың жоғарылауымен

кремний мөлшері артады, ал тапшылығында металдағы хром мөлшері азаяды. Ал хромның толық тотықсыздануын қамтамасыз ететін силиохромды тұтыну кезінде шлақтың құрамы технологиялық есептеулермен көрсетілгеннен қатты ерекшеленеді. Шлактың негізділігі 1,85 орнына 2,0 және одан жоғары болады. Силикохром шығынының өзгеруімен металл мен шлактардың фазасы мен химиялық құрамы 2, 3 кестеде көрсетілген [6].

Кесте 2 – Металдың фазалық құрамы

Шихтадағы силиохром мөлшері, кг	Құрамы, %						Металл мөлшері, кг
	Cr ₃ P	Fe	Cr	Cr ₇ C ₃	Cr ₃ Si	CaS	
31	0,138	28,263	71,442	–	–	0,157	56,72758
36	0,132	26,393	68,821	0,369	4,127	0,158	64,64841
41	0,131	25,962	47,12	0,39	26,263	0,134	69,68914
46	0,132	25,587	28,358	0,408	45,388	0,127	74,73841
41*	0,148	29,189	70,513	–	–	0,15	61,98463

Ескертпе – 41* – Жұмыс аумағына оттегін енгізу.

Кесте 3 – Шлактың фазалық құрамы

Шихтадағы силиохром мөлшері, кг	Құрамы, %									
	2CaO MgO SiO ₂	2CaO Al ₂ O ₃ SiO ₂	2CaO SiO ₂	3CaO Al ₂ O ₃	CaO Al ₂ O ₃	2Ca O ₂ O ₃	3Mg O ₂ O ₃	MgO	Cr ₂ O ₃	CaO
31	–	–	68,723	13,162	–	0,785	–	11,57	4,24	1,52
36	–	–	77,175	5,535	4,592	0,928	–	11,77	–	–
41	–	–	76,99	5,650	4,530	1,060	–	11,77	–	–
46	–	–	76,85	5,74	4,47	1,170	–	11,77	–	–

Зерттеу нәтижелері. Феррохромды өндіру процесінің термодинамикалық талдауы төмен көміртекті феррохромды балқытудың нақты процесіне жақындау үшін артық кремнийді тотықтыру үшін жұмыс аумағына оттегін енгізу арқылы кремнийді пайдалану дәрежесін ескеру қажет екенін көрсетті.

Жүргізілген термодинамикалық талдау негізінде сонымен қатар процесс температурасын таңдау (1750–1800 °C және одан жоғары) балқудың кинетикалық жағдайларымен, түзілген металдың және

шлактардың балку температурасымен байланысты екені көрсетілген. Сондықтан бор оксидінің болуы қожды ыдыраудан тұрақтандырумен қатар, оның балку температурасын төмендетеді, ал төмен температуралы бор фазалары есебінен сұйық фазаның ерте пайда болуы оның тотықсыздану реакцияларының ығысуын қамтамасыз етеді деп күтілуде. Бұл ережелердің барлығы технологиялық параметрлерді өзірлеу бойынша жоғары температуралық тәжірибелік жұмыстар кезінде жүзеге асырылатын болады.

МЕТАЛЛУРГИЯ МАМАНДАРЫН ДАЙЫНДАУШЫ КАФЕДРАНЫҢ ҚЫСҚА ТАРИХЫ

СҮЙІНДІКОВ М. М.

т.ғ.к., профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Биыл Павлодар индустриалды институтының (ПИИ) қабырғасынан металлургия мамандарының алғашқы легі инженер дипломын алып шыққанына 40 жыл толып отыр.

40 жыл ішінде кафедра жоғары білімнің 8 мамандығынан, магистратураның 3 және докторантураның 1 мамандығы бойынша білікті мамандар дайындап шығарумен айналысып келді. Олар:

Специалитет (5 жылдық): «Металлургиялық машиналар мен жабдықтар» (ММЖ); «Қара және түсті металдар металлургиясы» (ҚТММ); «Қүю өндірісінің машиналары мен технологиясы» (ҚӨМТ); «Металдарды қысыммен өңдеу машиналары мен технологиясы» (МҚӨМТ); «Қара металдар металлургиясы» (ҚММ); «Түсті металдар металлургиясы» (ТММ).

Бакалавриат (4 жылдық): «Металлургия» (МТ); «Технологиялық машиналар мен жабдықтар» (ТМЖ).

Магистратура: «Машинажасау технологиялары мен жабдықтары» (МЖТЖ); «Металлургия» (ММет); «Технологиялық машиналар мен жабдықтар» (МТМЖ).

Докторантура: «Металлургия» (ДМет).

Айтылып отырған уақыт аралығында оқу бітіріп шыққандардың жалпы саны 3051 болса, оның 1047-сі инженер, 1649-ы бакалавр, 354-і магистр және 1-і докторантура бағдарламасы бойынша білім алғандар. Осылардың ішіндегі алғашқы 20 жылда бітірген түлектер саны 769 екені белгілі десек, ал одан бергі 20 жыл бойында 2282 маман оқуын тәмамдап, осы кафедрадан диплом алып шыққан.

Демек, кейінгі 20 жылдағы оқу бітіргендер саны, алдындағы 20 жылдықпен салыстырғанда 3 есе артық болып, соған сәйкес кафедра әлеуетінің де өсе түскенін көреміз.

1980 жылдың жазғы айында жаңадан құрылған «Құю өндірісінің машиналары мен технологиясы» (ҚӨМжТ) кафедрасының тұңғыш меңгерушісі болып сол жылдың қазан айында қазіргі Ақсу феррокорытпа зауытының бас инженері болып 18 жыл істеген, сөйтіп басшылық қызметтен қыруар тәжірибе жинап келген техника ғылымдарының кандидаты Моисей Иосифович Друинский тағайындалады. Кафедраны оқытушылармен жасақтап, зертханалық базасын құрып, оқу-әдістемелік құралдарын жинап өз басына бір мықты ұжым деңгейіне көтеріп, қатарға қосқан осы кісі еді.

1982 жылы М. И. Друинский өз ұжымынан бөліп тағы бір «Металдарды қысыммен өңдеу машиналары мен технологиясы» МҚӨМжТ кафедрасының ашылуына ықпал етеді де, осыдан бір жыл бұрын өзі шақыртып жұмысқа алған доцент Килов Александр Степановичті меңгерушілікке тағайындатып жібереді.

Жаңадан құрылған осы екі кафедрада М. И. Друинский мен А. С. Киловтан басқа А. И. Горст, Л.Р. Зоммер, В. М. Порохня, Е. С. Абдрахманов, Р. И. Сержанов, В. С. Новоселецкий сияқты оқытушылар қызмет ете бастайды. Соңынан кафедра ұжымы аспирантура бітіріп келген Көшербаев Е. М., Каримов Б. А., Сүйіндіков М. М. және басқа оқытушылармен толығып отырды.

1983 жылдың жазында 5 жылдық оқуларын аман-есен аяқтап, «Құю өндірісінің машиналары мен технологиясы» мамандығынан 33, «Металдарды қысыммен өңдеу машиналары мен технологиясы» мамандығы бойынша 36 адам қолдарына инженер дипломын алып шығады. Міне, бұл осыдан 40 жыл бұрын институт бітірген, кафедраның бірінші түлектері еді.

1980 мен 2001 жылдар арасындағы 20 жылдың көлемінде металлургия саласының мамандарын дайындап шығарумен айналысқан кафедралардың өзі бірде қосылып, одан кейін қайта бөлініп, одан соң тағы бір басқа кафедралармен біріктіріліп дегендей 9 рет өзгеріп, орташа есеппен алғанда екі-үш жылда бір түрленіп отырған деуге болады.

Кафедралардың бұлай құбылу себебі өткен ғасырдың соңғы 10–15 жылдары көлемінде елдегі саяси-әлеуметтік ахуалдың күрт өзгеуінен екенін байқауға болады. Ашып айтқанда, «Қайта құру», КСРО ыдырауы, тоқсаныншы жылдардағы өндіріс орталықтарының банкрот болуы және т.с.с. білім беру, техникалық мамандар

дайындау жүйесіне тікелей әсерін тигізді. Өндірістер жабыла бастаған соң мамандар керексіз болып, студенттер саны азаюына байланысты оқытушылар саны қысқартылып, соның салдарынан бір-біріне қосу арқылы кафедралар саны да азайтыла берген еді. Оған қоса дәл іргемізден жекеменшік коммерциялық оқу орындарының неше түрі бой көтеріп, абитуриенттер легі бөлшек-бөлшек болып, жан-жаққа бытырап кетіп жатуы да сол заманның бір көрінісі.

40 жыл ішінде кафедра меңгерушісі қызметін 7 адам атқарғаны белгілі. Олардың екеуі кафедраны басқалардан ұзақ, тұрақты түрде басқарғандар: Друинский М. И. – 13 жыл (1980–1993 жж.) және Сүйіндіков М. М. – 21 жыл (2001–2022жж.).

Кафедраны бөліп, қайта қосу жылдары тағы 4 адам меңгеруші қызметін атқарған: Килов А. С. – 6 жыл (1982–1987, 1990жж.), Каримов Б. А. (1990–1996жж.), Горст А. О. – 6 жыл (1993–1999 жж.) және Артамонов В. П. – 6 жыл (1981–1987жж.). Мұндағы Артамонов В.П. жалпытехникалық пәндер топтасқан «Металдар технологиясы» кафедрасын 1981 жылдан бері басқарып, 1987 жылы үш кафедраны біріктіргенде өз ұжымымен келіп М. И. Друинскийдің кафедрасына қосылған.

Тағы бір меңгеруші Никитин Г. М. 2000 жылдың қаңтары мен тамызы аралығында бар-жоғы 7 ай көлемінде ғана жұмыс істеп жабылып қалған «Металлургия және машинажасау» (МжМ) кафедрасына басшылық жасады.

2022 жылдың қыркүйек айынан бастап кафедраның меңгерушісі болып Жүнісов А.Қ. тағайындалды.

1987 жылдың мамыр айының 25 күнгі институт бойынша бұйрықпен алдыңғы ҚӨМжТ және МҚӨМжТ кафедраларын «Металдар технологиясы» кафедрасымен біріктіру арқылы құрылған «Металдар технологиясы, құю өндірісі және металдарды қысыммен өңдеу» (МТ,ҚӨжМҚӨ) кафедрасы көп ұзамай 1990 жылдың басында қайта бөлініп, «Металдар технологиясы және құю өндірісі» (МТжҚӨ) мен «Материалтану және металдарды қысыммен өңдеу» (МжМҚӨ) деген екі кафедра жасалады.

1996 жылы соңғы екі кафедра қайта қосылған. Осы уақыттар аралығында бірталай елеулі өзгерістер орын алады. 1988 жылы «Павлодар трактор зауыты» ӨБ-де кафедраның алғашқы филиалы ашылады. 1992 жылы М.И. Друинский профессор ғылыми атағын алады. 1994 жылдың қаңтар айында феррокорытпа зауытында кафедраның екінші филиалы ашылады да, осы істердің бәріне

басшылық жасап жүрген профессор М.И. Друинский Германияға түпкілікті қоныс аударып, біржола көшіп кетеді.

Жалпы 1985 жылғы «Қайта құру» мен 1991 жылғы КСРО ыдырауының салдарынан болған аумалы-төкпелі геосаяси жағдайлар бұхара халықтың көңіліне үрей ұялатып, ертеңгі күнге деген сенімсіздік тудырып, сергелдең күйге салып қойғаны белгілі. Осындай тоқырау заманының толқыны соғып әр тарапқа көшкендердің қатарында біздің кафедрадан кеткен келесі оқытушылар бар еді – Германияға Друинский М. И. (жоғарыда айтылды), Израильге Зоммер Л. Р. (1995 ж. кетті), Украинаға Порохня В. М. (1994 ж.), Ресейге Андрейченко Е. Б. (1999 ж.), Килов А. С. (1995 ж.), Даценко В. И. (1989ж.), Новоселецкий В. С. (1987 ж.), Дударева Л. В. (1997 ж.), Идрисов А. Б. (1987 ж.), Алматыға Көшербаев Е. М. (1989 ж.), Астанаға Каримов Б. А. (1998 ж.), Павлодар қаласындағы басқа жұмыс орындарына Артамонов В.П. (1994ж. «Еуразия энергетикалық корпорация» АҚ зертханасына), Тишаков Ю. Н. (1995ж. жеке кәсіпке), Бутин Ю. Б. (1998ж. жеке кәсіпке).

Кафедраның екі оқытушысы мезгілсіз қайтыс болуына байланысты ортамыздан кеткен еді. Олар Абдыкулов С. У. (1994 ж. қайтты) пен Горст А. О. (2000 ж.).

Горст Александр Оскарович 1993 жылы М.И. Друинский кетердің алдында кафедраның меңгерушісі міндетін атқарудан бастап 1999 жылға дейін басқарды. 1996 жылы МТЖКӨ кафедрасы мен МжМҚӨ кафедраларын өзара біріктіргенде іріленген кафедраның меңгерушісі, одан кейін 1998 жылы «Машинажасау технологиясы мен жабдықтары» (МТЖ) апарып қосып жібергенде өзіне қараған ұжымды цикл меңгерушісі болып өз бетінше дербес басқарып келген осы Горст А. О. еді.

Жоғарыда айтқандай 2000 жылдың басында ашылып, көп ұзамай тамыз айында жабылып қалған МжМ кафедрасының оқытушылар ұжымы МТЖ кафедрасының құрамына барып қосылды. Оның өзінде, 80-ші жылдардың аяғы мен 90-шы жылдары жан-жаққа тарап кеткен оқытушылардан басқа Р. И. Сержановтың Ақсу филиалына декан, Г. М. Никитиннің жекеменшік университетке проректор, ал Е. С. Әбдірахмановтың кәсіпорынға өндіріс маманы болып ауысып кеткендігін ескерте кеткен жөн.

2001 жылы елдегі экономикалық жағдайдың түзеліп, оның өзінде Павлодар өңіріндегі металлургиялық сипаттағы кәсіпорындардың жанданып, оған қоса жаңа инновациялық

өндірістердің іргетасы қалана бастауына байланысты мамандарға деген сұранысты ескере отырып, бұрынғы кафедраның әбден құрып кетуге шақ қалған материалдық және оқытушылар әлеуетінің негізінде «Металлургия» кафедрасының құрылуы осы саладағы мамандар дайындау ісіндегі тарихтың жаңа беттерін ашып берді. Бұған тағы бір себеп, ол университет басшылығының түбегейлі ауысып, бұрынғы Фрезоргер А. Д. бастаған команданың орнына жаңашыл да білікті Арын Е. М. бастаған команданың келуі деп айтқан дұрыс.

Жаңа кафедраның профессор-оқытушылар құрамы кафедра меңгерушісі Сүйіндіков М. М., басқа жұмыстан кері шақырылған Сержанов Р. И., Никитин Г. М., Әбдірахманов Е. С., жаңадан қабылданған Сүлеймен Е. Б. сияқты тәжірибелі мамандар және Шәбенов Қ. Қ., Биқаева Н. Т., Быков П. О., Әкімбаева Ж. М. және Жиенбаева Ж. К. сияқты жас ұстаздармен жасақталып, барлығы 10 адамнан құралған еді. Одан кейін студенттер саны көбейген сайын 2003, 2004 жылдары жас мамандар жұмысқа шақырылып кафедра құрамы өсе түсті. Осы кафедраның құрамындағы үшеуі ғана, атап айтқанда Әбдірахманов Е. С., Сержанов Р. И., Сүйіндіков М. М., кафедраның бұрынғы 80–90-шы жылдардағы тарихына тікелей қатысы бар болса, ал қалғандары жаңадан келгендер еді.

Кафедраның жас ұстаздары 2009–2010 жылдары ескі жүйе бойынша ғылым кандидаттары мен докторы, ал одан кейінгі уақытта жаңа жүйеге сәйкес PhD (философия докторы) ғылыми дәрежесін алу үшін диссертацияларын қорғап отырды. Оған дейін магистратура бітіріп алуға бар жағдай жасалды. Соңғы 20 жыл ішінде кафедра оқытушылары ғылыми дәреже алу үшін 11, магистр дәрежесін алуға 18 диссертация қорғапты.

Кафедра оқытушылары өзінің біліктілігінің жоғары деңгейін сан түрлі бәсекелерде көрсетіп, үзбей дәлелдеп келеді. Мысалы, бірнеше оқытушымыз әртүрлі академиялардың толық мүшесі-академигі, ҚР білім беру ісінің құрметті қызметкері деген атаққа, ҚР ғылымын дамытуға сіңірген еңбегі үшін, ПМУ дамытуға сіңірген ерен еңбегі үшін төсбелгілеріне ие. Республиканың «Үздік оқытушысы» атағын 4 оқытушы жеңіп алса, 1 оқытушы «Алтын Гефест» Республикалық конкурсының жеңімпазы, тағы бір адам Республикалық «Парасатты жас ғалым» жеңімпазы атанып, 3 жас докторант постдокторантура грантын ұтып алды.

Жаңадан құрылған «Металлургия» кафедрасының аяғынан тік тұрып, одан әрі даму тарихы біздің елдегі білім беру жүйесіндегі

соңғы 20 жыл көлемінде енгізілген түбегейлі өзгерістермен қатар жүріп отырды. Ол негізінен әлемдік білім беру кеңістігіне кіру мақсатымен істелген істер еді. 2003–2004 жылдары Қазақстанның жоғары оқу орындарында эксперимент ретінде басталған кредиттік оқу жүйесі келесі 2004–2005 оқу жылы барлық университеттерге, оның ішінде бізге де енгізіліп, қазіргі уақытта кафедра жұмыстарында толық орнығып қалды.

Әлемдік жүйе бойынша бакалавр (2004 ж. бастап), магистр (2001 ж.) дайындаумен айналысқан кафедра ұжымы 2018 жылы докторантура ашып, PhD (философия докторын) дайындауға кірісіп кетті де, «бакалавриат-магистратура-докторантура» үш деңгейлі халықаралық жүйені толығынан іске қосып отыр.

2021 жылы кафедра жанында металлургия бойынша Диссертациялық кеңес ашылып, өз докторанттарымызбен бірге басқа да университеттер ізденушілерінің ғылыми дәреже алуға дайындаған диссертациялық еңбектерін қабылдап, талапқа сай болса қорғап шығуына жол ашылып отыр.

Осылардың арқасында кафедрамыз өзіне керек ғылыми-педагогикалық мамандар мәселесін біржола шешіп қойды деуге болады. Оған дәлел ретінде диссертация қорғау кезегінде тұрған 3 докторантура түлегін, докторантураның әр курсына оқып жатқан 5 докторантты және докторантураға дайындалып жүрген 5 оқытушыны айта аламыз.

Кафедра ұжымының абыроймен атқарған істерінің қатарына 2015...2019 жылдары Индустриалды-инновациялық дамудың мемлекеттік бағдарламасы (ИИДМБ-2) бойынша жергілікті кәсіпорындарға магистратура түлектерін дайындау, мемлекеттік «Серпін» бағдарламасына қатысып оңтүстік және батыс өңірлердің жастарын техникалық мамандыққа оқыту, дүниежүзілік «Пандемия» кезеңінде қашықтықтан оқыту технологиясын ұтымды қолданып білім алушыларға ыңғайлы жағдай жасау сияқты жұмыстарды қосса да болады.

Материалдық базасы жағынан алғанда кафедрамыз университеттегі алдыңғы орындағы ұжымдардың бірі екені баршаға мәлім. Сонау 1980-ші жылдары жиналған жабдықтардың осы күнге жеткендерінің сынғанын жөндеп, ескіргенін жаңартып, заман талабына сай құрал-жабдықтарды жыл сайын университет арқылы сатып алып, әріптес кәсіпорындардан әртүрлі материалдар мен олардың шығаратын өнімдерінің үлгілерін алдыртып дегендей кафедра зертханасы мен оқу кабинеттері үзбей толықтырылып

отырды. Бір ғана ИИДМБ-2 бағдарламасын орындау кезеңінде мемлекет бөлген 200 млн. теңгеден аса қаражатқа үлкенді-кішілі 27 лабораториялық құрал-жабдық әкеліп орнатылды. Оның негізгілері ДФС-500 спектрометрі, WDW-200/300 әмбебап сынақ машинасы, интерактивті ақпараттық модульдер, индукциялық балқыту пештері, HSC Chemistry 9.0 химиялық реакцияларды есептеу программалық кешені және басқалар. Одан бергі жылдары арнаулы жабдықтармен жасақталған «Көркем бұйымдарды соғып өңдеу шеберханасы» ашылып, мемлекеттік «Академиялық басымдық орталықтарын» құру бағдарламасы жалпы құны бойынша шамамен 679 млн.теңге тұратын 21 түрлі жабдықтарға тапсырыс беріліп қойды.

«Атамекен»ҰҚП (АРҰА, БСБТҚА) шығаратын Республикалық рейтингтерде кафедраның білім беру бағдарламалары (мамандықтары) 2017...2021 жылдар аралығында 15 мәрте 1...3 орындарды жеңіп алды: 1 орын – 2021ж., 2 орын – 5 рет (2017, 2018, 2020, 2021 ж.ж.) және 3 орын – 9 рет (2017...2021жж.).

Өткен 40 жылдың ішінде кафедрада жалпы саны 100-ден аса адам профессор, доцент (қауымдастырылған профессор), аға оқытушы, ассистенттер мен көмекші персонал лауазымдарында қызмет етіп, осы ұжымның тарихында өзіндік із қалдырды.

Еңбек жолын «Металлургия» кафедрасында бастап, осы ортада тәлім-тәрбие көрген, тәжірибе жинақтаған 2 әріптесіміз қазіргі кезде факультеттегі екі кафедраның меңгерушісі, тағы 2 оқытушымыз факультет деканының орынбасарлары, 1 оқытушымыз университет проректоры, кафедрадан білім алып, біздің Диссертациялық кеңесте докторлық еңбектерін қорғап PhD докторы дәрежесін алған 2 түлегіміз көрші кафедраның қауымдастырылған профессорлары болып еңбек етіп жүр. Кафедрада жүріп басқа қаладағы докторантураға түскен, диссертациясын табысты қорғап, сол жақта тұрақтап, абыройлы қызмет етіп жүрген әріптестер де осы ұжым тарихының бір бөлшегі деп қабылдаған жөн.

Биыл оқу бітіргендеріне 40 жыл толып, сонау студенттік жылдарын сағынышпен еске алып отырғандардың қатарында ерен еңбектерімен елге танымал болып, біздің университет пен кафедраның мақтанышына айналған алғашқы түлектеріміздің алдыңғы қатарында 1983 жылы «Құю өндірісінің машиналары мен технологиясы» мамандығының бітіріп, қазіргі халықаралық Strategy Partners консалтинг компаниясының негізін қалаушы, президенті Идрисов Александр Борисович және сол 1983 жылы «Металдарды қысыммен өңдеу машиналары мен технологиясы» мамандығын

бітіруші, ТОО «Мерей» ЖШС, «Тулпар-Инвест» ЖШС, «Каустик» АҚ (Павлодар химия зауыты), «Жолаушы тасымалдау ҚТЖ ҰК» АҚ ПФ, «№1 Автобус паркі» ЖШС сияқты кәсіпорындарға басшылық еткен Сарсембинов Нұрлан Октябрийевич бар.

Олардан бөлек Павлодар облысындағы бірнеше шаруа қожалығына басшылық етіп, 10 жылдай қалалық мәслихаттың депутаты, одан кейін Павлодар облыстық кәсіпкерлер Палатасының директоры қызметтерін атқарған кафедраның 1990 жылғы түлегі Арынов Ербол Сейтахметұлы да еңбегі жанып, есімі елге тараған азамат.

«Қазақстан электролиз зауыты» АҚ іргетасын қалауға қатысып, оның одан әрі дамуына еңбегін сіңіріп «Ерен еңбегі үшін» медалі, «Еңбек данқы», «Еңбектегі ерлігі үшін» төсбелгілері, Қала әкімінің, Кәсіподақ ОК, ENRC, «ҚЭЗ» АҚ алғыс хаттарымен марапатталып, Құрмет тақтасына ілінген кафедрамыздың 20-дан аса түлегі өндірістің майталман мамандарының алдыңғы легінде келеді.

Соңғы уақытта өндірістік кәсіпорын басшылығына көтерілген Чихичин В. Я., Батраченко А. А., Касимгазинов А. Д., Нугербеков А. А., Спанов С. С., Мельниченко А. Н., Смайлов Б. Ш., тәртіп сақтау органдарының бір саласының басшысы Мустафинов К. Х және ғылыми-педагогикалық қызметте толайым табыстарға жеткен – Богомоллов А. В., Быков П. О., Таскарина А. Ж., Егоров В. В., Маздубай А. В., Жакупов А. Н., Сапинов Р. В. және басқалар да кафедраның әр жылдағы түлектері және келер ұрпақ үлгі тұтатын айтулы тұлғалар.

1 секция. Қара және түсті металдар өндірісінің ғылыми негіздері мен технологиялары, металлургиялық процестер және қайта өңдеу
1 секция. Научные основы и технологии производства черных и цветных металлов, металлургические процессы и рециклинг

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОКСИКА АГЛОМЕРАЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА ИЗ ОТХОДОВ АНОДНОГО ПРОИЗВОДСТВА И УГОЛЬНЫХ БРИКЕТОВ

АБДРАХМАНОВ Е. С.

к.т.н., PhD, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

ТОЛЫМБЕКОВА Л. Б.

PhD, асоц. профессор (доцент), Торайгыров университет, г. Павлодар

ТЕМІРТАС Х. Б.

преподаватель (ассистент), Торайгыров университет, г. Павлодар

Ресурсосбережение и энергоэффективность в использовании сырьевых ресурсов, стимулирующее рост промышленного производства, является одним из основных требований, выдвигаемых Правительством РК.

Черная металлургия на сегодняшний день развивается быстрыми темпами, что связано с высоким потреблением чугуна и стали во всех сферах жизни. Главной целью развития черной металлургии является удовлетворение спроса внутреннего и мирового рынков на металлопродукцию в необходимых номенклатуре, качестве и объемах с использованием наилучших доступных технологий при условии стабильного сырьевого обеспечения и эффективной реализации мер государственной промышленной политики.

Основным топливом черной металлургии является кокс. Перспектива развития коксохимической промышленности и прогнозируемые объемы производства кокса прежде всего связаны с развитием черной металлургии с учетом внутреннего и внешнего рынков сбыта продукции. На сегодняшний день потребность в коксе резко увеличилась, что связано с наращиванием темпа производства в черной металлургии. В последние годы на мировом рынке значительно повысилась цена на кокс, что прежде всего, связано с ростом цен на сырье. Это ведет к тому, что потребности в коксе будут только прогрессировать, что делает отрасль более привлекательной в плане инвестиций. Особенно актуален в нынешней ситуации

вопрос ресурсосбережения, вывод технологий, обеспечивающий производство продукции с минимально возможным потреблением ресурсов – энергии, сырья, материалов, воздуха, воды и прочих ресурсов для технологических целей. Поэтому исследования в этом направлении на сегодняшний день актуальны и требуют современных решений.

Целью статьи является освещение результатов проведенных исследований технологии получения коксика агломерационного производства из отходов анодного производства и угольных брикетов.

Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2020–2025 годы направлена на создание высокопроизводительной и ресурсосберегающей обрабатывающей промышленности [1].

В структуре выпуска обрабатывающей промышленности продолжает превалировать металлургия (44,4 %).



Рисунок 1 – Структура выпуска обрабатывающей промышленности, %

В региональном разрезе наибольший вклад в развитие обрабатывающей промышленности вносится Карагандинской, Павлодарской и Восточно-Казахстанской областями (в совокупности около 41 %) за счет концентрации в них крупных металлургических предприятий.

Важным фактором стабильной жизнедеятельности предприятий является обеспеченность сырьем. Наиболее высокий уровень потребности отечественным сырьем наблюдается в таких отраслях как производство коксика и нефтепереработки (98 %), производство

металлургической продукции (90 %), производство готовых металлических изделий (кроме машин и оборудования) (86 %) [1].

На сегодняшний день черная металлургия развивается быстрыми темпами, и потребность в коксике растет.

По запасам углей Казахстан входит в десятку стран-лидеров и содержит в недрах 4 % от общемирового объема запасов. Государственным балансом учтены запасы по 49 месторождениям, они составляют 33,6 млрд. тонн, в том числе каменных – 21,5 млрд. тонн, бурых углей – 12,1 млрд. тонн. Большая часть месторождений угля сосредоточена в Центральном (Карагандинский и Экибастузский угольные бассейны, месторождение Шубарколь) и Северном Казахстане (Тургайский угольный бассейн). Наиболее ценные для промышленности энергетические и коксующиеся угли сосредоточены на 16 месторождениях [2].

Для производства коксика нужны определённые угли, которые обладают коксующими свойствами. Коксующиеся угли намного дороже, чем просто угли. Более того, не все коксующиеся угли совместимы между собой: может быть так, что частицы разных марок не могут хорошо спекаться между собой, и при дальнейшем тушении коксика его куски будут разрушаться. Самое сложное в коксохимической отрасли – это балансировка состава шихты между её стоимостью и способностью породить качественный коксик.

Вопрос получения более дешевого топлива на данный момент один из самых актуальных в производстве. Поэтому поиск новых способов использования более дешевого сырья, которое ведет к снижению энергетических затрат в аглопроизводстве, становится первоочередной задачей исследования и проводимых экспериментов.

Проведенные нами эксперименты показали пригодность технического углерода для обогащения топливных брикетов. Таким образом, попутно решается задача утилизации углеродсодержащих техногенных отходов, включая угольную мелочь.

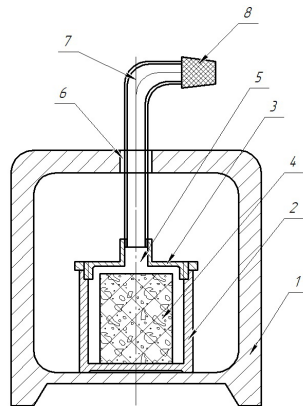
Последующим развитием данного направления исследовательских работ является получение металлургического коксика для агломерационного производства – углеродсодержащего продукта, пользующегося большим спросом в металлургическом производстве.

Суть решения заключается в получении коксика для агломерационного производства из отходов анодного производства и угольных брикетов. Классическая технология получения коксика для агломерационного производства представляет собой дробление

крупных кусков коксика с последующей сортировкой до 3 мм крупности. В данном случае мы получаем коксик из угольных брикетов крупностью близких к размерам агглококса, что исключает дополнительные операции и ведет к значительному сокращению энергетических затрат, что с экономической точки зрения является выгодным для предприятия [3].

Предварительно проведенные опыты включали изготовление цилиндрического стального контейнера, куда помещался брикет из обогащенного угля и плотно закрывалась резьбовая крышка с газоотводящей стальной трубкой с ниппельным наконечником, который через верхнее отверстие печи СНО-3-6,5-2/10 выводился наружу.

Использовался мотоциклетный камерный ниппель, благодаря которому атмосферный воздух не поступал в камеру контейнера. При нагреве в течение часа при температуре 1100 °С в брикете полностью проходил процесс пиролиза. Из брикета массой 136 г выход коксика составил 79 г и из них около 68 % крупностью до 3 мм около 22 % крупностью 3÷5 мм и остальные 10 % свыше 5 мм. На основе этих показателей можно утверждать, что додроблению подвергаются лишь порядка 13 % полученных коксиков, что с экономической точки зрения является очень высоким показателем [4].



1 – печь, 2 – контейнер, 3 – крышка с резьбой, 4 – брикет из обогащенного угля, 5 – горловина с асбестовым уплотнителем, 6 – верхняя отверстие печи, 7 – трубка металлическая, 8 – ниппель мотоциклетная.

Рисунок 2 – Схема получения коксиков в лабораторном контейнере

Изготовление топливного брикета, при всей привлекательности этой идеи, имеет свои недостатки. Реальный интерес к этому вопросу приобрел свою остроту и актуальность только в последнее время в связи со значительным подорожанием топлива, в том числе и угольной продукции. Большинство попыток организовать производство угольных брикетов сводилось на нет либо дороговизной технологии, либо неудовлетворительных качеством и характеристиками полученных брикетов, связанными с применением дешевых, но плохо горючих связующих веществ, которые многократно увеличивали зольность и минимизировали результативность продаж.

Научной новизной освещаемой статьи является получение коксика для агломерационного производства из техногенных отходов производства. Сущность нашей идеи заключается в получении брикетов из угольной мелочи и пыли высокозольных углей Экибастузского месторождения, с возможностью последующего коксования, путем повышения в нем содержания углерода, то есть теплотворной части. Для этих целей планируется использовать отходы анодного производства местного предприятия. Проведенные эксперименты, четко показали пригодность технического углерода для обогащения топливных и коксуемых брикетов. Таким образом, попутно решается задача утилизации отходов, которые, как известно, являются одними из самых широко распространенных видов отходов.

Ежегодно в стране образуется огромное количество техногенных отходов промышленных предприятий. Проблема их переработки — приоритетная экологическая и экономическая задача страны. В условиях жесткой конкуренции на мировом рынке для широкого использования и развития минерально-сырьевой базы Республики Казахстан требуется внедрение прогрессивных технологических решений, применимых на стадиях добычи, обогащения и технологического передела минерального сырья. Исходя из необходимости ресурсосбережения при применении современных технологий важнейшей задачей является комплексное использование минерального сырья и техногенных отходов с целью получения широкого спектра не только ликвидных продуктов высокого качества, но и сопутствующих нестандартных видов минерального сырья.

Необходимо создание новых безопасных производств с использованием комплексных малоотходных технологий

обогащения и переработки минерального сырья и техногенных отходов с получением целевых продуктов и новых материалов. При этом нужно совершенствовать существующие технологии добычи и передела минерального сырья и переработки промышленных отходов. В результате решается проблема экологического оздоровления промышленных территорий: утилизация техногенных отходов, очистка и использование промышленных стоков, санация загрязненных водоемов и земель, снижение газопылевых выбросов в атмосферу и др [5].

Проведение научно-исследовательских работ в развитии эффективного использования природных ресурсов является важным для экономики Казахстана, что повышает значимость исследования в национальном масштабе в развитии новых технологий. На сегодняшний день имеется острая потребность современного металлургического производства в углеродсодержащих продуктах. Практически все предприятия черной металлургии активно используют кокс. Создание технологии получения дешевого конкурентоспособного топлива является приоритетным в этом направлении.

Применимость результатов исследований будет способствовать развитию соответствующего сектора экономики и науки Казахстана. Ожидаемые результаты будут конкурентоспособными и не уступят мировым уровням по технологичности, производительности, точности, эффективности, экономичности и простоте практического осуществления.

Основным конкурентным преимуществом нового способа получения коксика является его значительно более низкая стоимость по сравнению с традиционными способами получения кокса. Рыночная привлекательность разработанной технологии обоснована, прежде всего, следующими параметрами: низкой стоимостью исходного сырья (техногенные отходы местного производства); низкой себестоимостью производства, а также низкой конкуренцией.

На сегодняшний день, агломерационные коксика с технологической крупностью порядка 3 мм получают из кусковых агломератов крупностью 60÷80 мм дроблением и просеиванием в специальных оборудованных. Вместе с тем, затраты на данный технологический передел составляют порядка 60 % от итоговой стоимости продукта. Поэтому предлагаемое техническое решение выгодно тем, что позволяет получить необходимый

углеродсодержащий материал в подходящей степени крупности, что исключает самую затратную часть процесса [6].

В ходе написания статьи были выполнены исследования по получению высококалорийных брикетов из Экибастузского угля с применением новых материалов, согласно гранта комитета науки МОН РК на 2015–2017 годы (№ госрегистрации 0115PK01285).

Выводы

1 Установлено, что обогащенные угольные брикеты техническими углеродами (размолотый анодный огарок, резинотехническая сажа) коксуются в тех раскладах, которые указаны в статье.

2 Полученные коксика имеют мелко рассыпчатый вид, что дроблению подвергается около 13 % всего коксика.

3 Такое дробление дает изрядный экономический эффект.

4 Все компоненты брикета являются отходами производства, то есть цены на них низкие.

В данное время, авторами разрабатывается новая технология получения коксиков, минуя процесса брикетирования, а получение их из брикетной сырой массы.

ЛИТЕРАТУРА

1 Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2020 – 2025 годы – Режим доступа: GOV.KZ (www.gov.kz).

2 Угольная промышленность Казахстана – Режим доступа: Угольная промышленность Казахстана - География угольной промышленности стран СНГ (studbooks.net)

3 Юсупов С. К., Эшметов И. Д., Бектурдиев Г. М. Модифицированный связующий для брикетирования угля / Universum: Химия и биология : электрон. научн. журн. Юсупов С.К. [и др.]. 2019. № 12(66).

4 Абдрахманов Е. С. Получение высококалорийных угольных брикетов из экибастузского угля с применением ноу-хау материалов : монография / Е. С. Абдрахманов. – Павлодар: Toraighyrov University, 2020. – 207 с.

5 Быховер Н. А. Экономика минерального сырья, Т. 1–3. М., 1967–1971. Минеральные ресурсы мира. М., 1997.

6 Чернышова Т. И., Набоко Е. П., Алпатов Н. В. Технологии утилизации углеродсодержащих отходов коксохимического производства с целью получения топливных брикетов / III

Международная научная конференция «Актуальные вопросы технических наук». – Пермь, 2015 г. – С. 144-152.

7 Ефимов В.И., Никулин И.Б. Изготовление брикетов из угольных шламов обогатительных фабрик / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) ООО «Горная книга» – Москва, 2013. – №4. – С.112-116.

HSC CHEMISTRY 6.0 БАҒДАРЛАМАЛЫҚ КЕШЕНІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ОРТА КӨМІРТЕКТІ ФЕРРОМАРГАНЕЦТІ БАЛҚЫТУ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

ӘБДІРАШИТ А. М.

докторант, Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау к.
МАХАМБЕТОВ Е. Н.

PhD докторы, Ж.Әбішев атындағы

Химия-металлургия институты, Қарағанды к.

МЫҢЖАСАР Е. А.

докторант, Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау к.
НУРУМГАЛИЕВ А. Х.

т.ғ.д, профессор, Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау к.
ЮДЖЕЛ О.

PhD докторы, профессор, Ыстамбұл техникалық университеті, Ыстамбұл к.

Орта көміртекті ферромарганецті балқыту технологиясын оңтайлы параметрлерін анықтау үшін шикікұрам материалдарының балқыту басынан металл өндіруге дейінгі түрленуінің ықтимал бағыты мен тереңдігін анықтауға мүмкіндік беретін жүйе күйінің термодинамикалық талдауын жүзеге асыру қажет.

HSC Chemistry 6.0 бағдарламалық кешенін қолдану жүйенің толық термодинамикалық модельдеуі (Outokumpu, Финляндия), Гиббс энергиясын азайтуға және термодинамиканың вариациялық принциптеріне негізделген [1–3]. Бағдарламалық жасақтама SGTE (Scientific Group Thermodata Europe) консорциумының идеологиясы негізінде жасалған. SGTE консорциумы Германия, Канада, Франция, Швеция, Ұлыбритания және АҚШ-тың органикалық емес және металлургиялық жүйелер үшін термодинамикалық деректер базасын әзірлеумен және оларды практикалық мәселелерді шешу үшін қолданумен айналысатын ғылыми орталықтарынан тұрады. Көп компонентті тотықты және металл жүйесінің тепе-теңдік құрамы «Equilibrium Compositions» бағдарламалық кешенінің модулін 1698

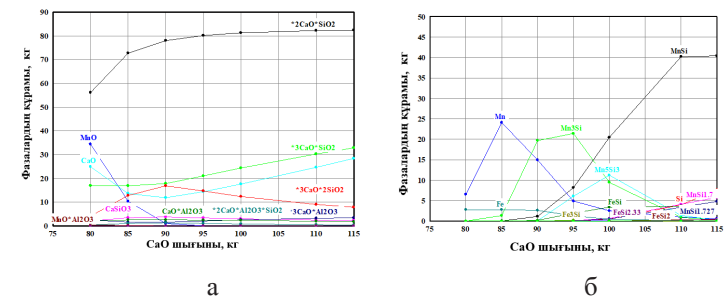
К температурада кремний мен кальций тотығы шығындары және газ фазасының қысымы 1 атм-ге тең қолдану арқылы анықталды. Есептеу үшін Жезді марганец концентраты қолданылды, кг: Mn_2O_3 – 48; SiO_2 – 12; Al_2O_3 – 3; Fe_2O_3 – 4; CaO – 1; Бастапқы шикікұрам келесі нұсқа талданды: 100 кг концентрат + (80...120) кг CaO + (10..45) кг Si .

Пайда болатын ассоциациялардың сапасын есептеу үшін HSC Chemistry 6.0 бағдарламасында келесі қосылыстар тандалды:

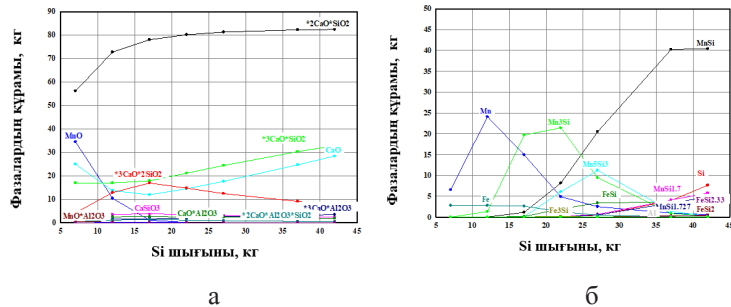
- металл балқымасында: $MnSi$, Mn_3Si , Mn , Mn_3Si_3 , Si , $MnSi_{1,7}$, $MnSi_{1,727}$, $FeSi$, Fe , $FeSi_2$, $FeSi_{2,33}$, Al , Fe_3Si , $FeSi_{2,43}$, Ca , Fe_3Si_3 ;
- кож балқымасында: CaO , $2CaO \cdot SiO_2$, $3CaO \cdot SiO_2$, MnO , $3CaO \cdot 2SiO_2$, $CaSiO_3$, $3CaO \cdot Al_2O_3$, $CaO \cdot Al_2O_3$, $2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$, $MnO \cdot Al_2O_3$, Al_2O_3 , $2CaO \cdot Al_2O_3$, Mn_2SiO_4 , $CaAl_2SiO_6$, $CaO \cdot 2Al_2O_3 \cdot SiO_2$, $MnSiO_3$, FeO , $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$, $FeSiO_3$, Mn_3O_4 , Mn_2O_3 , $CaFe(SiO_3)_2$, $FeO \cdot SiO_2$, MnO_2 , $12CaO \cdot 7Al_2O_3 \cdot 2FeO \cdot SiO_2$, $2CaO \cdot Fe_2O_3$, $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, $CaO \cdot Fe_2O_3$, $CaFeSiO_4$, $CaO \cdot 6Al_2O_3$, $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, Fe_2O_3 , $MnO \cdot Fe_2O_3$, Fe_3O_4 , $Ca_3Fe_2Si_3O_{12}$, $CaFe_3O_5$, $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$, $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$.

Деректерді талдау көрсеткендей, шикікұрамның бастапқы құрамы тотықсыздандырып, айтарлықтай өзгерістерге ұшырайды, өйткені кремний тотықсыздандырғыш қолданылады.

Модельдеу нәтижесінде 1698 °К температурада металлотермиялық әдіспен орта көміртекті ферромарганецті балқыту кезінде және кождама ретінде CaO және тотықсыздандырғыш ретінде Si әр түрлі нұсқалары бойынша тәуелділікте элементтердің пайда болуы және өзгерістері (1 а, б және 2 а, б-сурет), металл және шлак фазалары байқалғаны анықталды.



Сурет 1 – Металл мен кождың құрамындағы фазаларының өзгеруінің CaO шығынына тәуелділігі, кг (1698 °К)

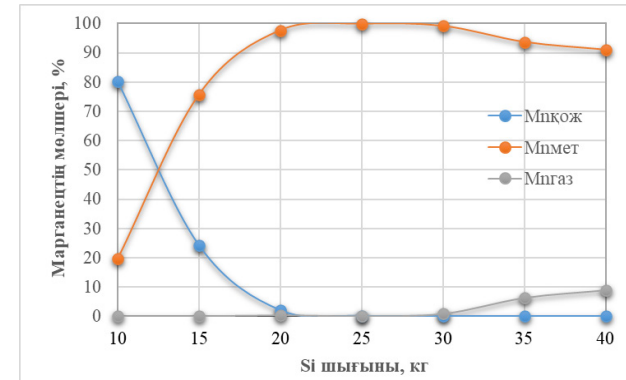


Сурет 2 – Металл мен қождың құрамдағы фазаларының өзгеруінің Si шығынына тәуелділігі, кг (1698 °K)

1 а-суретте назар аударсақ, $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ кезінде 80–105 кг аралықтар 82,5 кг-ға дейін өсті, ал марганец тотықтары 80–105 кг 35-тен 0 кг-ға дейінгі аралықтар нөлге дейін азаяды. Қож негізінен $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$ және $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ тұрады. 1 б-суретте көрсетілген марганец силицид 90–115 CaO кг-нан 42 кг-ға дейін өсті. Металл құрамы болып табылады марганец және темір силицидтерінен тұрады.

2-суретте а,б тотықсыздандырғышты тұтыну кезінде металл мен қождың көрсетілген құрамы көрсетілген. Термодинамикалық мәліметтер бойынша 100 кг үшін Жезді марганец концентраттары оңтайлы тотықсыздандыруы 17–30 кг кремний жұмсалады.

3-суреттегі талдасақ, марганецтің металл, газ және шлак фазасы бойынша таралуын көрсетеді. 100 кг Жезді марганец концентратын тотықсыздандыру кезінде 20–30 кг кремний аралығында марганец толығымен металда өтеді.



Сурет 3 – Марганецтің металл және қожға таралу (бөліну) пайызы

HSC Chemistry 6.0 бағдарламалық кешенін пайдалана отырып, термодинамикалық есептеулерді зерттеу нәтижесінде зерттелген шикіқұрам қоспаларында орта көміртекті ферромарганецті балқыту кезінде болатын негізгі конденсацияланған және газ тәрізді фазалардың құрамының өзгеру динамикасы анықталды.

Осылайша, жүргізілген есептеулер орта көміртекті ферромарганецті металлтермиялық әдіспен балқыту оңтайлы шығындар 20–30 кг кремний және кальций тотығы 90–110 кг кезінде барлық физика-химиялық үрдістерді толық қарастыруға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Antti Roine, Jarkko-Mansikka-aho, TuukkaKotiranta, Peter Bjorklund, PerttiLamberg. HSCChemistry 6.0 User'sGuide. OutotecResearch Oy. 2006.

2 Roine A. Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium lift ware with Extensive Thermo chemical Database. Pori: Outokumpu Research OY, 2002.

3 Термодинамические свойства индивидуальных веществ: Справ. изд.: В 4 т. / Л.В. Гурвич, И.В. Вейц, В.А. Медведев и др. - 3-е изд. - М.: Наука, 1978-1982.

ҚҰРАМЫНДА БОР БАР СИЛИКОХРОМДЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ТӨМЕН КӨМІРТЕКТІ ФЕРРОХРОМДЫ БАЛҚЫТУ ПРОЦЕСІН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

АДАМОВА Г. Х.

докторант, Әбілқас Сағынов атындағы

Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ.

КИМ А. С.

т.ғ.д., Ж. Әбішев атындағы химия-металлургия институты, Қарағанды қ.

АКБЕРДИН А. А.

т.ғ.д., профессор, Ж. Әбішев атындағы

химия-металлургия институты, Қарағанды қ.

СУЛТАНГАЗИЕВ Р. Б.

PhD, Әбілқас Сағынов атындағы

Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ.

Процесті термодинамикалық талдау үшін максималды энтропия принципіне негізделген көпкомпонентті гетерогенді жүйелерді есептеудің әмбебап бағдарламасы TERRA пайдаланылды [1]. Сандық модельдеудің міндеті химиялық және фазалық түрлендірулер маңызды рөл атқаратын күрделі химиялық құрамы бар жүйелерді зерттеу болып табылады.

Шихтаның құрамы мен температурасының балқыту өнімдерінің химиялық және фазалық құрамына әсері зерттеліп, шихта элементтерінің металға өту дәрежесі белгіленіп, қорытпаны алудың оңтайлы шарттары табылды.

Модельдеу үшін элементтердің балқыту өнімдеріне өтуінің нақты коэффициенттерін ескере отырып, теориялық талдау негізінде белгіленген металл өндірудің нақты технологиялық процесі үшін келесі шарттар қабылданды [2]:

- ферросиликохром – 100 кг;
- хром кені (X) – 244,007 кг;
- әк (известь) (Y) – 245,846 кг.

Шихтаны есептеу үшін қолданылатын бастапқы материалдардың химиялық құрамы 1, 2 кестелерде көрсетілген.

Жұмыс аумағын есептеу үшін шихтаның құрамы 100 кг кен үшін қайта есептеледі:

- хром кені – 100 кг;
- ферросиликохром – 41 кг;
- әк (известь) – 101 кг.

Силикохромды тұтыну шығынын (тотықсыздандырғыштың жетіспеуі және артық болуы) қалпына келтіру процесіне, металл мен шлактардың құрамына әсерін анықтау үшін қалпына келтіру мөлшерінің өзгеру диапазонын кеңейту арқылы есептеулер жүргізілді [2]. Атап айтқанда. 100 кг кенге есептелген 41 кг, 31, 36 және 46 кг-ға қосымша тотықсыздандырғыштың шығындары қабылданады.

1-кестеде оттегіні енгізген кезде есептелген шихта құрамының жұмыс аумағы (41 кг силикохромды тұтыну кезінде) көрсетілген.

Кесте 1 – Шихта материалдарынан оксидтер мен элементтердің келуі

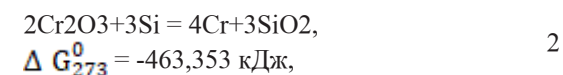
Шихта компоненттері	Оксидтер мен элементтердің келуі							
	Cr ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	P ₂ O ₅	–
Хром кені	51,6	12,4105	8,2358	8,7862	91,2	19,1846	0,01408	–
Әк	13,366	19,147	0,0246	0,00902	0,04144	0,205	5,4705	8,446
Силикохром	Cr	Si	C	P	S	Fe	B	O ₂

Осыған ұқсас есептеулер кремнийдің тиімділігін есепке алмастан силикохромды (31, 36 және 46) жұмсайтын қождар үшін жүргізілді. Есептердің екінші қатарында кремнийдің атмосфералық оттегімен шихтаның есептелген құрамының жұмыс аумағына (41 кг ферросиликохроммен) тотығуды есепке алу үшін оттегі берілген кремнийдің 25% тотықтыратын етіп белгіленді (1):

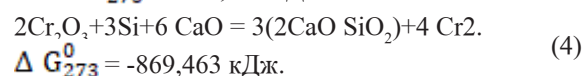
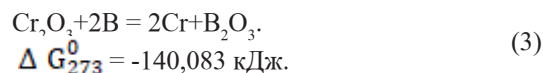


Біз есептеулердің екі сериясын жүргіздік. Есептердің бірінші сериясы силикохромның (31, 36, 41, 46 кг) тұтыну шегінің кеңеюімен кремнийдің тиімділігін есепке алмай жүргізілді. Кремнийдің пеш атмосферасының оттегімен тотығуын есепке алу үшін есептелген құрамдағы кремнийдің 25% тотығуы үшін жұмыс аумағына оттегі берілді (41 кг кремний хромы бар нұсқа) [3].

Хром кенін кремниймен тотықсыздандырудың негізгі реакциясы (2) теңдеу:



және бордың тотықсыздану реакциясы (3) теңдеумен сипатталады:



Негізгі оксидтің CaO қатысуымен хромның кремниймен тотықсыздану реакциясының ықтималдығы SiO₂ реакция өнімінің күшті кальций силикаттарымен байланысуына байланысты артады, бұл жалпы реакцияның Гиббс энергиясының жоғары мәндерімен расталады (4).

Бұл реакциялардың термодинамикалық сипаттамалары бөлме температурасында ΔG_T^0 теріс мәнге ие екенін көрсетеді, яғни, бұл реакциялардың жүру мүмкіндігі, бұл есептеулердің нәтижелерімен расталады.

Есептеудің барлық нұсқаларында металл мен шлақтың соңғы құрамы дерлік бөлме температурасында қалыптасады. Металлдың құрамы 2250 К жоғары температурада кейбір өзгерістерге ұшырайды, бұл кезде металл компоненттерінің газ фазасына өту процесі басталады. Талдау үшін біз 2050 К температурада металл мен шлақтың есептелген құрамдары қабылданды.

Бұл температура диапазонында шлақтың құрамы да шамалы өзгереді. Негізгі шлак фазасы екікальцийлы силикат 2CaO SiO₂



Сондай-ақ бөлме температурасында ΔG_T^0 теріс мәні бар ($\Delta G_{273}^0 = -108,04 \text{ кДж}$).

Кремнийдің оттегімен тотығуын есепке алмай жүргізілген есептеулер силикохром кремнийінің пайдалану коэффициентін ескере отырып жүргізілген есептелген деректермен мүлдем келіспейді [4,5]. Силикохромның әртүрлі құрамымен жүргізілген есептеулер тізбегі металдағы силикохромды тұтынудың жоғарылауымен кремний мөлшері артады, ал тапшылығында металдағы хром мөлшері азаяды. Ал хромның толық тотықсыздануын қамтамасыз ететін силикохромды тұтыну кезінде шлақтың құрамы технологиялық есептеулермен көрсетілгеннен қатты ерекшеленеді. Шлактың негізділігі 1,85 орнына 2,0 және одан жоғары болады. Силикохром шығынының өзгеруімен металл мен шлактардың фазасы мен химиялық құрамы 2, 3 кестеде көрсетілген [6].

Кесте 2 – Металдың фазалық құрамы

Шихтадағы силикохром мөлшері, кг	Құрамы, %						
	Cr3P	Fe	Cr	Cr7C3	Cr3Si	CaS	Металл мөлшері, кг
31	0,138	28,263	71,442	–	–	0,157	56,72758
36	0,132	26,393	68,821	0,369	4,127	0,158	64,64841
41	0,131	25,962	47,12	0,39	26,263	0,134	69,68914
46	0,132	25,587	28,358	0,408	45,388	0,127	74,73841
41*	0,148	29,189	70,513	–	–	0,15	61,98463

Ескертпе – 41* – Жұмыс аумағына оттегін енгізу.

Кесте 3 – Шлактың фазалық құрамы

Шихтадағы силикохром мөлшері, кг	Құрамы, %									
	2CaO MgO 2SiO ₂	2CaO Al ₂ O ₃ SiO ₂	2CaO SiO ₂	3CaO Al ₂ O ₃	CaO Al ₂ O ₃	2CaO B ₂ O ₃	3MgO B ₂ O ₃	MgO	Cr ₂ O ₃	CaO
31	–	–	68,723	13,162	–	0,785	–	11,57	4,24	1,52
36	–	–	77,175	5,535	4,592	0,928	–	11,77	–	–
41	–	–	76,99	5,650	4,530	1,060	–	11,77	–	–
46	–	–	76,85	5,74	4,47	1,170	–	11,77	–	–

Зерттеу нәтижелері. Феррохромды өндіру процесінің термодинамикалық талдауы төмен көміртекті феррохромды балқытудың нақты процесіне жақындау үшін артық кремнийді тотықтыру үшін жұмыс аумағына оттегін енгізу арқылы кремнийді пайдалану дәрежесін ескеру қажет екенін көрсетті.

Жүргізілген термодинамикалық талдау негізінде сонымен қатар процесс температурасын таңдау (1750-1800 °C және одан жоғары) балкудың кинетикалық жағдайларымен, түзілген металдың және шлактардың балку температурасымен байланысты екені көрсетілген. Сондықтан бор оксидінің болуы қожды ыдыраудан тұрақтандырумен қатар, оның балку температурасын төмендетеді, ал төмен температуралы бор фазалары есебінен сұйық фазаның ерте пайда болуы оның тотықсыздану реакцияларының ығысуын қамтамасыз етеді деп күтілуде. Бұл ережелердің барлығы технологиялық

параметрлерді эзірлеу бойынша жоғары температуралық тәжірибелік жұмыстар кезінде жүзеге асырылатын болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Белов Г.В., Трусов Б.Г. Термодинамическое моделирование химически реагирующих систем. М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2013. – 96 с.

2 Гасик М.И., Лякишев Н.П., Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов. М.: Металлургия, 1988. – 784 с.

3 Привалов О.Е., Платонов В.Ю., Головачев Н.П., Такенов Т.Д. Производственный опыт освоения технологии выплавки ферросиликохрома на мощных печах типа РКЗ-63И1. Физико-хим. и технол. вопросы метал. производства Казахстана: сб. науч. тр. Химико-металлургического института им. Ж.Абишева. – Алматы, 2002. – С. 206-208.

4 Вундер А.Ю., Островский Я.И., Шатов Ю.И., Плетнев В.В. Совершенствование технологии выплавки ферросиликохрома ВСХ20 двухстадийным способом. Производство ферросплавов: сб. науч. тр. Сибирского металлургического института. – Новокузнецк, 1984. – 106 с.

5 Фадеев В.И., Островский Я.И., Веселовский И.А. и др. Использование шубаркольского угля при производстве ферросиликохрома. Научно-технический прогресс в металлургии: сб. науч. тр. РИК по учебной и методической литературе. – Алматы, 2009. – С. 265-268.

6 Удалов Ю.П. Применение программных комплексов вычислительной и геометрической термодинамики в проектировании технологических процессов неорганических веществ. Учебное пособие. – СПб.: СПбГИ (ТУ), 2012. – 147 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ ПРИ УГЛЕТЕРМИЧЕСКОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ МАРГАНЦЕВОГО СЫРЬЯ

АУБАКИРОВ А. М.

докторант, Торайгыров университет, г. Павлодар

КАЛИАКПАРОВ А. Г.

д.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

ЖУНУСОВ А. К.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

На сегодняшний день в производстве марганцевых сплавов наблюдается острый дефицит качественного исходного основного сырья. Для оценки качества сырья в основном принимают в расчет металлургическую ценность, где учитывается не только общее процентное содержание марганца, сложность его химического строения в содержании с другими элементами, а также сопутствующих нежелательных компонентов, но и пригодность этих руд к обогащению в совокупности общих затрат на доставку и переработку [1].

К сожалению, большие запасы марганцевого в виду экономической неэффективности и трудной обогатимости большинства руд Казахстана на данный момент не пригодны для выплавки стандартных марганцевых сплавов [2]. Однако, отечественное сырье несет в себе интерес среди других стран ближнего зарубежья практически полным отсутствием фосфора [3].

В Казахстане имеются месторождения марганца, расположенные в Карагандинской области, в основном в Атасуйском и Жезды-Улытауском рудных районах. На данный момент активно осуществляется разработка марганцевых руд из месторождений Ушкатын-Ш, Тур, Камыс, Богач и Жомарт для производства ферросплавов. Самым крупным месторождением, подходящим для производства марганцевых сплавов, является Ушкатын-Ш с запасами около 65 миллионов тонн, в то время как остальные месторождения имеют запасы от 3 до 10 миллионов тонн. Процент выхода товарного концентрата размером от 10 до 100 мм из сырья не превышает 50–60 % и составляет от 0,6 до 0,8 миллиона тонн в год [4].

В связи с этим, учеными страны ведутся и предлагаются методы окискования марганцевых концентратов и отходов обогащения

фракцией менее 10 мм, что существенно может повысить сырьевую базу Казахстана [5–9].

Как известно, для производства марганцевых сплавов на основе железа в основном используется углетермический метод восстановления. Выбор восстановителей, в качестве которых, как правило, в основном используются коксовый орешек, спецкокс, уголь, обеспечивает необходимую степень восстановления оксидов марганца.

В данной работе, приводятся исследования углетермического восстановления марганцевого сырья с различными видами восстановителя, в качестве которых использовался кокс КарМК и уголь месторождения Шубарколь.

Процесс углетермического восстановления марганцевого сырья исследовался на лабораторной установке с дифференциально-термической записью диаграмм изменения термо э.д.с., между исследуемым образцом и эталоном, в интервале 25-1050 °С, при скорости нагрева 20 °С/мин и отношении MnO/C – 2/1. Твердыми восстановителями служили: кокс КарМК и уголь Шубаркольского месторождения.

Исходный фазовый состав по результатам рентгенофазового анализа (ДРОН-3) приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Исходный фазовый состав исследуемых образцов

№ пп	Материал	Структура фаз в порядке убыви количества минералов
1	Концентрат Ушкатын 3 (исх.)	MnO ₂ ; Fe ₂ O ₃ ; MnO(OH) ₂ – вернадит; SiO ₂
2	Концентрат Жезды (исх)	SiO ₂ ; MnO ₂ ; MnO·3Mn ₂ O ₃ ·SiO ₂ – браулит;
3	Агломерат, марганцевый(исх.)	γ – Mn ₂ O ₃ ; Mn ₃ O ₄ ; ~FeO; ~Mn ₂ SiO ₄ ; SiO ₂ ; анортит

Наиболее окисленным является концентрат Ушкатын-3, где значительная часть Mn представлена в форме пиролюзита (MnO₂). Концентраты Жезды характеризуются также высокой степенью окисленности, однако, с преобладающей частью пустой породы в виде SiO₂ и полевого шпата. Агломерат полученный из Mn-руд, представляет собой менее окисленное сырье, вследствие пирометаллургической обработки (процессы агломерации), где физико-химические условия вполне благоприятные для перевода высших оксидов Mn в менее окисленную форму (восстановление, диссоциация).

На термограммах, полученных в процессе углетермического восстановления концентратов Уш-3, Жезды и Mn-агломерата коксом, наблюдаются 4 пика. Как известно высшие оксиды Mn восстанавливаются и практически заканчиваются до 400-500 °С. При условии восстановления в этом температурном интервале MnO₂, и удаления гигроскопической влаги (100-200 °С), последующие стадии процесса восстановления будут протекать в следующей последовательности:

пик 1 – Mn₂O₃;

пик 2 – Mn₃O₄;

пик 3 – MnO;

пик 4 – образование трудновосстановимых силикатов марганца.

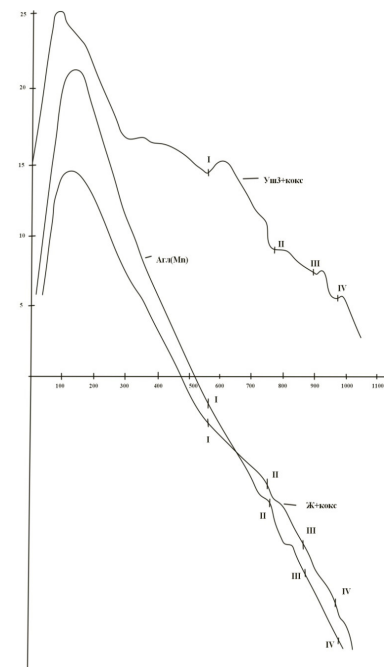


Рисунок 1 – Дифференциально-термический анализ углетермического восстановления марганцевого сырья с использованием кокса КарМК

Учет по ведущему компоненту обусловлен тем, что из минералов присутствующих в исходном сырье, значительное кристаллохимическое преобразование претерпели оксиды Mn.

При восстановлении углем наблюдаются 6 пиков для опытов с концентратом Жезды и Mn – агломерата, и 5 пиков для опытов концентратом Уш-3. Как и в предыдущем опыте 1-ый пик соответствует удалению гигроскопической влаги, 2–5 пики связаны с выделениями летучих компонентов твердого топлива и одновременным протеканием восстановительных реакций.

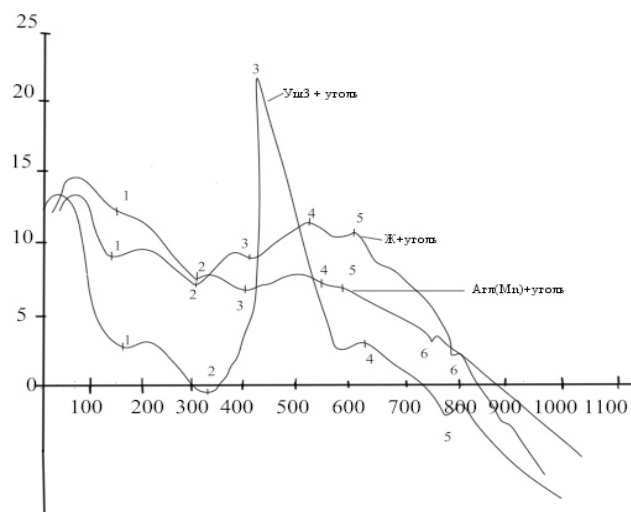


Рисунок 2 – Дифференциально-термический анализ марганцевого сырья с использованием угля Шубарколь

Отметим, что последние пики в опытах заканчиваются при T 800 °C в отличие от опытов с коксом 950 °C, т.е. в относительно небольшом температурном интервале и при более низких температурных уровнях.

Состав продуктов восстановления (по основным компонентам) или достигаемая степень завершенности, как видно из таблицы, не имеют существенного отличия, кроме $2\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$ перешедшего со 2-го места (по количеству) на 4-е.

В таблице приведены результаты рентгенофазового анализа исследуемых видов марганцевого сырья с применением различных видов восстановителей.

Таблица 2 – Результаты рентгенофазового анализа углетермического восстановления марганцевого сырья

№ пп	№ опыта	Материал	Структура фаз в порядке убыви количества минералов
4	113	Концентрат Уш3+К	MnO ; Mn_2SiO_4 – тефроит; α – Fe; SiO_2 ;
5	114	Концентрат Жезд.+К	MnO ; Mn_2SiO_4 ; α – Fe; SiO_2 ; анортит
6	115	Mn-агломерат + К	MnO ; Mn_2SiO_4 ; SiO_2 ; анортит; α – Fe;
7	116	Mn-агломерат + У	MnO ; Mn_2SiO_4 ; SiO_2 ; анортит; α – Fe;
8	117	Концентрат Уш3 + У	MnO ; α – Fe; SiO_2 ; Mn_2SiO_4 ;
9	118	Концентрат Жезд. + У	MnO ; Mn_2SiO_4 ; α – Fe; SiO_2 ; SiO_2 ; α – Fe; полевой шпат (анортит $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, микроклин KAlSi_3O_8)

Исходя из приведенных данных, представленных в таблице, можно заключить, что уголь месторождения Шубарколь является более эффективным восстановителем нежели кокс, особенно для переработки концентрата Ушкатын-3, т.к. образуется наименьшее количество трудно-восстановимого силиката марганца.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Жунусов А. К., Толымбекова Л.Б. Металлургическая переработка марганцевых руд месторождения «Тур» и «Западный Камыс». – Павлодар: Кереку, 2016. – 209 с.;
- 2 Святов Б.А., Толымбеков М.Ж., Байсанов С.О. Становление и развитие марганцевой отрасли Казахстана. – Алматы Искандер, 2002. – 416 с.;
- 3 Жучков В.И., Жданов А.В., Леонтьев Л.И., Дашевский В.Я. Технико-экономическая оценка затрат на производство марганцевых ферросплавов из различного рудного сырья / В.И.

Жучков, А.В. Жданов, Л.И. Леонтьев, В.Я. Дашевский // Сталь. – № 11. – 2016. С. 29–32.;

4 Ким В., Акбердин А., Ли А. и др. Разработка и создание технологии производства марганцевого агломерата в Казахстане // Сб.трудов «Комплексная переработка минерального сырья». – Алматы, 2002. – С.363-370.

5 Жунусов А.К., Нурмагамбетов Ж.О., Толымбекова Л.Б., Калиакпаров А.Г. Освоение технологии выплавки силикомарганца с применением в шихте марганцевых агломератов / А.К. Жунусов, Ж.О. Нурмагамбетов, Л.Б. Толымбекова, А.Г. Калиакпаров // Наука и техника Казахстана. – № 3. – 2007. С. 45–52.;

6 Ким В., Акбердин А., Ли А. и др. Разработка и создание технологии производства марганцевого агломерата в Казахстане // Сб.трудов «Комплексная переработка минерального сырья». – Алматы, 2002. – С.363-370.;

7 Есенгалиев Д.А., Исагулов А.З. и др. Термографические исследования марганцевого сырья и шихт на его основе. / Д.А. Есенгалиев, А.З. Исагулов, С.О. Байсанов, А.С. Байсанов, И.Я. Корсукова // Труды университета. – № 3(76). – 2019.. С. 23–26.;

8 Нурумгалиев А. Х., Шипилова Н. П., Максютин Л. А. и др. Подготовка отходов марганцевых руд месторождения Богач к производству силикомарганца на ТЭМК // Технология производства металлов и вторичных материалов. - 2007. - №1 (11). - С. 68-72.;

9 Габдуллин С. Т., Такенов Т. Д., Толымбеков М. Ж. и др. Разработка технологии выплавки ферросиликомарганца на Аксуском заводе ферросплавов из смеси агломерата и концентрата // Тезисы докл. Межа. науч. – техн. конф. «Комплексное использование минеральных ресурсов Казахстана». – Караганда, 1998. – 320 с.

ФИЗИКОХИМИЯ ДОМЕННЫХ ШЛАКОВ

АХМЕТЖАНОВ А. Х.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ЖАКУПОВ А. Н.
доктор PhD, Торайгыров университет, г. Павлодар

Производственная деятельность предприятий, связанная с потреблением значительных объемов природных ресурсов и выбросом в окружающую среду различных отходов, вносит изменения в естественные экологические процессы и вызывает

нарушения равновесия в их протекании. В связи с не безупречностью технологических процессов на данном этапе неизбежно негативное воздействие промышленности на окружающую среду, промышленных отходов как компонента данного воздействия. Ежегодно во всем мире и в нашей стране миллиарды тонн твердых, пастообразных, жидких, газообразных отходов поступает в биосферу, нанося тем самым непоправимый урон как живой, так и неживой природы. Металлургические предприятия вносят значительный вклад в загрязнения атмосферного воздуха, почвы и водных источников. Главными причинами, вызывающими экологические проблемы в зонах деятельности металлургических предприятий, являются: использование устаревших технологий; применение несовершенного оборудования (с невысокой герметичностью, низким уровнем использования тепла отходящих газов, плохой термоизоляции); использование малоэффективных схем очистки газов, воды; отсутствие эффективных способов комплексной переработки металлургического сырья с использованием отходов в месте их образования; пыление и образования загрязнений при транспортировании, перегрузках и хранении мелкодисперсных материалов.

В ферросплавной отрасли металлургии имеются такие же экологические проблемы. Образование отходов в ферросплавном производстве происходит, главным образом, в виде шлаков, пыли и шламов газоочистки. Металлургические шлаки являются сложными системами, в которых присутствуют также оксиды Mn, Ba, Cr, P. Кроме FeO, шлаки содержат и высшие оксиды железа Fe₃O₄ и Fe₂O₃. Сера в шлаках находится в виде сульфидов или сульфатов Ca, Mn и Fe. В отдельных случаях шлаки содержат оксиды Ti, V, V и ряд других соединений [1, с. 203].

Металлургические шлаки разделяют по видам выплавляемого металла на доменные, мартеновские, конвертерные, электросталеплавильные, ферросплавные, ваграночные. Их можно объединить в две группы: шлаки первичных металлургических процессов – доменные и ферросплавные, шлаки вторичных процессов – сталеплавильные и ваграночные. В основных доменных шлаках преобладающими кристаллическими фазами является мелилит, представляющий твердый раствор окерманита 2CaO · MgO · 2SiO₂ и геленита 2CaO · Al₂O₃ · SiO₂, а также двухкальциевый силикат 2CaO · SiO₂.

За последние годы в доменных шлаках некоторых предприятий повысилось содержание MgO, а при выплавке титаномагнетитовых руд содержание TiO₂ в шлаках достигает 10 %.

Существенные изменения в минералогическом составе отмечают в шлаках, получаемых при выплавке чугуна из руд различных месторождений. С учетом особенностей шлака систематизированы и сведены в таблице 1 основные минеральные фазы.

Таблица 1 – Минералогический состав доменных шлаков

Особенности шлака	Минеральные фазы	Формула
Повышенное содержание глинозема (шлаки заводов Урала)	Мелилит (твердый раствор геленита и окерманита)	$t \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ $n \text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$
Высокое содержание оксида магния	В мелините преобладает окерманитовая составляющая. Кроме мелилита, кристаллизуются псевдоволластонит, волластонит, диопсид и твердые растворы других пироксенов	$2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ $\alpha\text{-CaO} \cdot \text{SiO}_2$ $\beta\text{-CaO} \cdot \text{SiO}_2$ $\text{CaO} \cdot \text{MgO}(\text{FeO}, \text{MnO}) 2$ SiO_2
Повышенная основность	Образование форстерита Образование мервинита, монтчеллита, алюмомагнезиальной шпинели	$2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ $3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$
Низкая основность	Возможно образование анортита и авгита	$\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ - $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$
Низкое содержание оксидов алюминия и магния (шлаки заводов Юга). Мелилит в их основе играет подчиненную роль при: $\text{CaO}/\text{SiO}_2 \leq 1,1$ $\text{CaO}/\text{SiO}_2 \geq 1,1$	Преобладает псевдоволластонит Псевдоволластонит и двухкальциевый силикат. Нередко кристаллизуется ранкинит.	$\alpha\text{-CaO} \cdot \text{SiO}_2$ $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$

Для шлаков с высоким содержанием MgO весьма важным является вопрос о возможности кристаллизации в шлаках периклаза. Считается, что шлаки, в которых периклаз является первичной фазой, чаще всего имеют химический состав, лежащий близ границы фазы периклаза [2, с. 89]. В случаях, когда это не имеет места, температуры

ликвидуса оказываются сравнительно высокими. Шлаки подобного состава не выполняют своих металлургических функций в доменном процессе, поскольку их действительная вязкость слишком высока при нормальной температуре доменного процесса. Для шлаков с высоким содержанием феррохрома переработка может применяться в зависимости от требуемых свойств. Обычно состав феррохрома имеет возможные характеристики: Железо (Fe): 60–80 %, Хром (Cr): 15–30 %, Углерод (C): 0,1–0,2 %, Кремний (Si): до 6 %, Марганец (Mn): до 2 %, Фосфор (P): до 0,03 %, Сера (S): до 0,05 %. Для определения возможности появления в шлаках периклаза полученные области оптимальных составов конечных доменных шлаков (как по вязкости, так и по обессеривающей способности) нанесены на диаграммы, представляющие собой разрезы тетраэдра CaO–MgO–SiO₂–Al₂O₃, сделанные параллельно плоскости CaO–MgO–SiO₂ с интервалом содержания глинозема 5 %. При этом на диаграммы авторами нанесены также поля кристаллизации минералов этой системы. Установлено, что при содержании 5 % Al₂O₃ повышение MgO до 20 % исключает возможность появления в шлаке периклаза. В основном шлаки находятся в области кристаллизации мелилита. Для составов, лежащих в области первичной фазы мервинита и частично монтчеллита, граничащих с областью периклаза, также нет опасности появления периклаза, так как жидкие фазы при охлаждении от температуры ликвидуса расположены на линиях, которые не пересекают границы зоны периклаза. При содержании 10 % Al₂O₃ область оптимальных составов по вязкости весьма незначительно заходит в область кристаллизации периклаза, однако, учитывая эффективную обессеривающую способность шлака, опасность появления периклаза при охлаждении шлака отсутствует. В основном составы шлака лежат в области кристаллизации первичной фазы мелилита, мервинита, монтчеллита и частично форстерита [3, с. 115].

Аналогичное положение можно отметить и для шлаков с 15 и 20 % Al₂O₃, т.е. область оптимальных по вязкости шлаков незначительно переходит границу кристаллизации периклаза. С учетом обессеривающей способности вероятность появления периклаза незначительна. По мере увеличения Al₂O₃ область составов шлаков перемещается в зону, где шпинель кристаллизуется как первичная фаза. Оптимальные составы конечных доменных шлаков, целесообразные по структуре координационных комплексов в шлаковых расплавах с содержанием 16–17 % Al₂O₃ и ниже, дают

возможность формироваться шлакам различной основности (1,26–0,83) с различным содержанием MgO (5–18 %). Практический опыт Западно-Сибирского металлургического комбината (Новокузнецк) показал возможность достаточно эффективной работы доменной печи объемом 2000 м³ при выплавке качественных по сере перелитого и литейного чугунов на магнезильно-глиноземистых шлаках с содержанием до 18–22 % MgO и 13–16 % Al₂O₃.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кудрин В. А. Теория и технология производства стали : Учеб. для студентов вузов обучающихся по специальности «Металлургия черных металлов» направления подгот. дипломир. специалистов «Металлургия». – Москва: Мир, 2003. – 527 с.
- 2 Медоуз Д. Х., Медоуз Д. Л., Рандерс И. За пределами роста. – М., 1994. – 303 с.
- 3 Панфилов М. И. Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии. – М., 1987. – 238 с.

ДЕФЕКТЫ НАРУЖНОЙ И ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ БЕСШОВНЫХ ТРУБ

БЕКЕНОВА А. М.

Ведущий инженер-исследователь, ТОО «KSP Steel», г. Павлодар

Непрерывно возрастающие требования, предъявляемые к сталям для производства труб, используемых в нефтегазовой промышленности, являются постоянным стимулом повышения их качества. Одним из важных показателей качества этих сталей, наряду с механическими свойствами, является качество поверхности. Как известно, формирование поверхности металла происходит на всех стадиях металлургического передела. В связи с этим качество поверхности готовой продукции закладывается на всех этапах производства горячекатаного листа: при выплавке и внепечной обработке стали, непрерывной разливке и последующем нагреве под прокатку, а также при горячей прокатке [1–6]. Требования к качеству труб зависят от их назначений и условий эксплуатации.

Как правило, на поверхности горячекатаных труб недопустимы плены сталеплавильного и прокатного происхождения, а также часть дефектов трубного передела: рванины, скворечники,

трещины, закаты, вмятины с прогибом стенки, раскатанные загрязнения неметаллическими включениями, чешуйчатость по пережогу, раскатанные металлические частицы, расслоение, ужимы, кольцевание, продав, перетрав, ус, заусенец, раковины, граненость. Допустимы следующие дефекты, если они не выводят толщину стенки за пределы минусовых допусков и нет специальных требований к чистоте поверхности: риски, подрезы, отпечатки, рябизна, морщины, вкатанная окалина, след от вдава, винтовой след, продир, царапина, остатки окалины, вмятины, плены трубопрокатного происхождения. Для всех видов труб регламентируют геометрические параметры, такие как овальность, кривизна, длина, состояние торцов, разностенность, точность по диаметру.

В работе исследовали дефекты на поперечных темплетях труб. Для контроля макроструктуры вырезали поперечные темплеты механической резкой. Размер темплетов устанавливали с учетом исключения зоны влияния нагрева или смятия при резке в контролируемом сечении и требований последующих испытаний.

Контролируемая плоскость темплета подвергалась холодной механической обработке (шлифование и полирование). Подготовленная таким образом к контролю поверхность макротемплета должна быть ровной и гладкой, без наклепа и поджога металла. Твердость металла не должна превышать 388НВ (диаметр отпечатка – не менее 3,1 мм). Готовые к контролю макротемплеты должны быть затем обезжирены.

Дефекты прокатного происхождения являются следствием нарушения или несовершенства технологии прокатки, настройки станов нагрева металла перед прокаткой при производстве блюмов, катаной заготовки, а также при их дальнейшей переработке в трубы [7]. Дефект «следы от насечки на валках». Исследуемый дефект в готовых горячекатаных трубах представляет собой отслоения овальной либо округлой формы. Глубина залегания составляет сотые или десятые доли миллиметра. Внешний вид дефекта показан на рисунке 1.

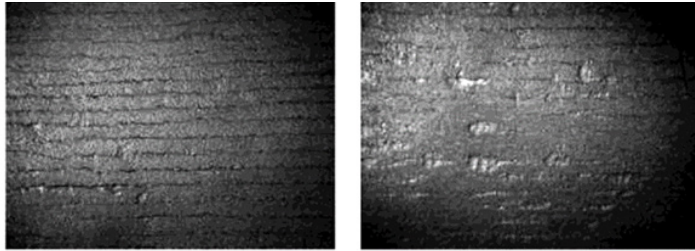


Рисунок 1 – Внешний вид дефекта на наружной поверхности трубы

В поперечном сечении образца готовой трубы полости дефекта слегка извилистые, расположены под углом и чаще всего заполнены окалиной (рисунок 2).

Анализ проведенных работ по изучению дефекта показал, что данный дефект образуется вследствие нанесения на грибовидные валки специального рельефа для улучшения захвата при прошивке заготовки.

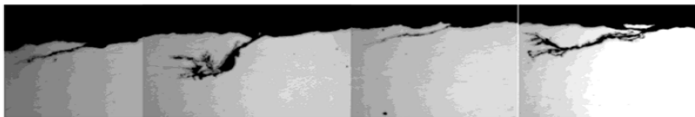


Рисунок 2 – Дефект в поперечном сечении образца готовой трубы, не травленo, x100

Дефект «продир». На рисунке 3 представлены дефекты, представляющие собой углубления разной ширины и протяженности произвольного расположения с неровным дном.

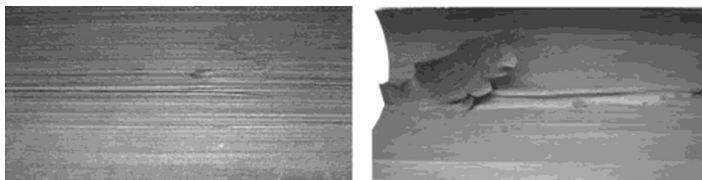


Рисунок 3 – Внешний вид дефектов на внутренней поверхности трубы

При микроструктурном анализе обнаружены полости дефектов, перпендикулярные к поверхности труб, которые заполнены раздробленной окалиной и включениями темного цвета (рисунок 4). Электронной микроскопией определено, что темные участки – бура и графитовая смазка. Изменений в микроструктуре нет, обезуглероженный слой отсутствует.

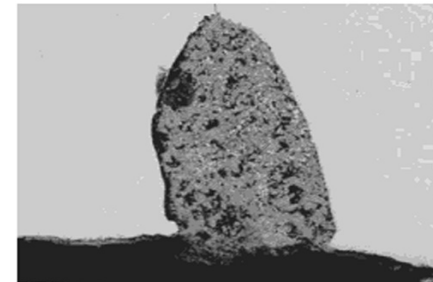
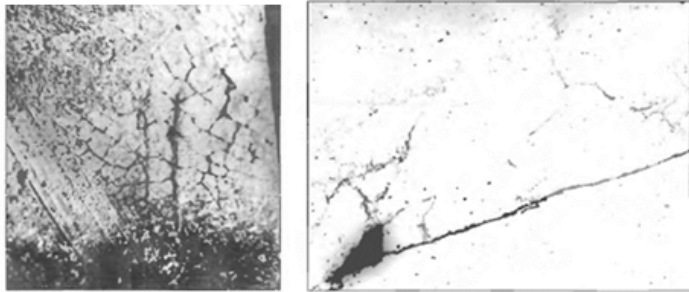


Рисунок 4 – Окалина в полости дефекта, не травленo, x200

Дефекты трубного передела являются следствием нарушения или несовершенства технологии нагрева заготовки перед прокаткой в трубы и состояния инструмента, настройки станов, оборудования для отделки, термообработки.

Дефект «пережог». Дефект поверхности трубы представляет сетку трещин, расположенную по всей наружной поверхности или на ее локальных участках. Расположение и размеры дефекта произвольные. Внешний вид дефекта представлен на рисунке 5а. Полости трещин в сечении извилистые, проходят по оплавленным границам бывших аустенитных зерен, сопровождаются большим количеством мелких диффузионных оксидов, включениями мелких сульфидов. Структура характерна для пережога металла (рисунок 5 б).



а) б)

Рисунок 5 – Пережог наружной поверхности трубы:
а) общий вид, б) структура металла трубы в поперечном сечении по пережогу, не травлено, х75

Выводы. Состояние поверхности труб наряду с механическими свойствами является важным показателем качества трубной продукции. Рассмотрены несколько наиболее распространенных дефектов бесшовных труб прокатного происхождения, встречающихся на местном предприятии. Важную роль для выявления причин возникновения дефектов и совершенствования технологического процесса производства на предприятии имеет исследование макро- и микроструктуры бесшовных труб.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Целиков А.И., Полухин П.И., Гребеник В.М. Машины и агрегаты металлургических заводов. М.: Металлургия, 1988. – 680 с.
- 2 Новокщенова С. М. Дефекты стали. Справочник. — М.: Металлургия, 1984. — 199 с.
- 3 Ежов А. А., Герасимова Л. П. Дефекты в металлах. Справочник_атлас. — М.: Русский университет, 2002. — 360 с.
- 4 Трофимчук В. Д. Дефекты прокатной стали. — М.: Металлургия, 1954. — 631 с.
- 5 Хлопонин В. Н., Полухин В. И., Погоржельский В. И. Горячая прокатка широких полос. М.: Металлургия, 1991. — 198 с.
- 6 Li Xue-Jing (The Technical Center, Hengyang Steel Tube Co.). Analysis Concerning Defects of Hot-rolled Seamless Steel Tube Made. Steel Pipe, №1, 2001.
- 7 Провосудович В. В., Сокуренок В.П., Дефекты стальных слитков и проката. — М.: Интермет инжиниринг, 2006 — 384 с.

ТЕХНОЛОГИЯ РЕГУЛИРУЕМОГО ОХЛАЖДЕНИЯ УГЛОВЫХ ПРОКАТНЫХ ПРОФИЛЕЙ

БОГОМОЛОВ А. В.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

КАНАЕВ А. Т.

д.т.н., профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана

Получение минимального коробления горячекатаных фасонных профилей проката (уголки, швеллеры, двутавры и др.) является одним из главных требований для внедрения инновационной технологии совмещенной деформационно-термической обработки фасонных профилей, в частности, равнополочных уголков. Известно, что наиболее приемлемыми способами охлаждения таких профилей, имеющих сложную геометрическую форму, являются спрейное (душевое) охлаждение и система охлаждения в быстро движущемся турбулентном потоке воды [1,2].

Каждый из этих способов охлаждения наряду с бесспорными достоинствами, имеет и свои недостатки, главным из которых является неглубокое охлаждение движущихся профилей из-за невысокой скорости охлаждения и, как следствие, слабое упрочнение прокатываемых изделий. Поэтому для достижения больших скоростей охлаждения в данной работе указанные два способа охлаждения совмещены и создана универсальная охлаждающая установка, которая, с одной стороны, позволяет изменять в нужном направлении температурное поле по сечению углового профиля, предотвращая возникновение больших термических и фазовых напряжений, вызывающих коробление, и, с другой стороны, интенсифицирует процесс охлаждения, что важно для деформационно-термического упрочнения низкоуглеродистых сталей с низкой прокаливаемостью и большими критическими скоростями закалки.

В угловых профилях распределение металла по сечению неравномерно: в вершине объем металла, приходящийся на единицу поверхности больше, чем на полках. Поэтому для равномерного охлаждения уголка количество воды, подаваемое на единицу поверхности вершины и полки, должно находиться в определенном соотношении. Это соотношение, по расчетным данным, равно 1.25:1.00, то есть необходимо обеспечить повышенный отбор тепла от более массивных участков сечения, чему отвечает спрейный

способ охлаждения, позволяющий дозировать количество охлаждающей жидкости на различные участки сечения фасонного проката.

При одностороннем охлаждении уголков не обеспечивается одновременность структурных и фазовых превращений по сечению профиля, что является причиной коробления профиля. Охлаждение должно быть двухсторонним. Необходимо строго регламентировать расход воды на полки уголка снизу и сверху, а именно, соотношение расходов воды на единицу поверхности уголка сверху и снизу для полок должно быть 1.0: 1.0, а для вершины уголка 1.0: 1.5.

Стендовые исследования показывают, что при ускоренном охлаждении в закалочном агрегате коробление профиля закономерно происходит в сторону более интенсивного охлаждения, поэтому поддержание в процессе интенсивного охлаждения указанного соотношения расходов воды сверху и снизу для вершины и полок обеспечивает равномерное охлаждение, способствуя одновременности структурных и фазовых превращений и предотвращает коробление.

При таком способе подачи охладителя используется известная зависимость между расходом охлаждающей жидкости и количеством, отбираемого от горячего проката, тепла. Однако этот способ охлаждения не всегда дает желаемые результаты, так как существует предел, после которого увеличение расхода охлаждающей жидкости не приводит к увеличению интенсивности охлаждения. Высокие же скорости охлаждения весьма желательны при деформационно-термическом упрочнении движущегося проката, поскольку скорости прокатки фасонных профилей высоки (10-15 м/с) и поэтому время их пребывания в установке регулируемого и глубокого охлаждения исчисляется секундами.

Спрейное охлаждение водой, как и охлаждение погружением в воду, носит трехстадийный характер. В обоих случаях последовательно наблюдаются стадии замедленного, ускоренного и вновь замедленного охлаждения. Однако интенсивность теплоотвода водяным душем на всех стадиях в несколько раз больше, чем при охлаждении погружением в воду.

Наиболее объективной и надежной оценочной характеристикой охлаждающей способности душа является расход жидкости или пропорциональная ему скорость истечения струи из спрейера. Для получения одинаковой структуры и механических свойств по сечению проката необходимо, чтобы скорость охлаждения

поверхности и сердцевины, а также массивных частей фасонного проката были бы выше критической скорости закалки. Это легко обеспечивается у сталей с высокой прокаливаемостью и относительно низкими критическими скоростями закалки. Прокаливаемость же низкоуглеродистых сталей типа Ст.3, из которых изготавливаются массовые угловые профили невелика, и они характеризуются высокими критическими скоростями закалки. Поэтому установки регулируемого и интенсивного охлаждения для достижения критических скоростей охлаждения хотя бы поверхностного слоя упрочняемого профиля должны содержать узлы глубокого охлаждения.

Исследования [3,4] показали, что высокая интенсивность охлаждения металла может быть достигнута созданием больших степеней турбулизации потока воды. Это объясняется интенсивным отводом и конденсацией пара, а также непрерывным обновлением вступающих в процесс охлаждения объемов воды на всей поверхности охлаждаемого участка проката, чего невозможно достичь при других способах охлаждения (спокойная вода, водовоздушная смесь и др.) Паровые пузырьки за счет турбулентности потока отрываются от поверхности металла и конденсируются в холодной жидкости. При достаточно большом расходе воды скорость конденсации пара превышает скорость его образования, в результате кипение жидкости носит не пленочный, в пузырьчатый характер, как известно, пузырьчатое кипение обеспечивает наибольшую скорость охлаждения.

Высокую интенсивность охлаждения металла обеспечивает поточный блок глубокого охлаждения, представляющий собой охлаждающую камеру, в которую под давлением подают воду в количестве, достаточном для ее полного заполнения. Важным в конструкции поточного блока является то, что он снабжен системой подвижных (верхних) и неподвижных (нижних) разделителей, разбивающих полость внутреннего канала поточного блока на отдельные субкамеры.

В паре со струйным блоком поточный блок образует универсальное охлаждающее устройство, позволяющее осуществить управляемый технологический процесс охлаждения равнополочных угловых профилей [5]. Последовательность соединения струйного блока для избирательного охлаждения и поточного блока для глубокого охлаждения определяется решаемой технологической

задачей (термическая правка, термическое или деформационно-термическое упрочнение).

Для избирательного теплоотбора от отдельных элементов равнополочного углового профиля (вершины, прилегающих участков, полок) в работе использован струйный блок, который представляет собой систему из шести коллекторов, три нижних из которых смонтированы в неподвижном основании блока и три верхних собраны на откидной крышке. Каждый коллектор снабжен сменными соплами, формирующими струю охладителя и направляющими ее на определенный элемент раската.

Верхний коллектор подает систему струи на вершину и прилегающие участки профиля. Нижний коллектор подает струю охладителя на участок сопряжения полок. Верхний и нижний коллектора оснащены соплами с плоским симметричным факелом, а боковые - соплами с эксцентричным факелом. Ширина зоны охлаждения, образуемая системой струи от верхнего и нижнего коллекторов регулируются поворотом сопла в коллекторе при настройке на определенный профилиразмер.

Для гибкого управления процессом охлаждения движущегося проката коллекторы должны иметь высокую маневренность. Это обеспечивается тем, что, кроме индивидуального подвода воды, стенки каждого из коллекторов одновременно являются направляющими для движущегося профиля, что позволяет образовывать канал, соответствующий форме поперечного сечения уголка и тем самым центрировать движущийся профиль относительно охлаждающих потоков воды.

Практическая реализации принципа термической правки требует определения температурных режимов регулируемого охлаждения с целью максимального снижения термических остаточных напряжений в остывающем прокате. Из теории пластичности следует, что при рассмотрении возникновения термических остаточных напряжений в процессе ускоренного равномерного охлаждения угловых профилей можно выделить области упругого и пластического состояния металла [6]. Если обеспечить равенство температур по сечению углового профиля в момент перехода металла из пластического состояния в упругое, то можно предотвратить возникновение и рост уровня термических остаточных напряжений, поскольку возникающие в упругой области напряжения являются временными и исчезнут во время охлаждения металла на речном холодильнике.

Анализ работ, посвященных определению температурной границы пластического и упругого состояний различных металлов, показывает, что решающее влияние на эту границу оказывает величина максимальных термических напряжений, возникающие из-за градиента температуры по сечению профиля и величины предела текучести стали. По данным работы [6] эта граница для угловых профилей 50 x 50 x 5 из углеродистой стали Ст.3сп находится в пределах 620-630^oC. Эти температуры являются интервалом перехода стали из пластического состояния в упругое. Если обеспечить равномерное распределение температуры в этом интервале по сечению охлаждаемого углового профиля, то при последующем охлаждении на холодильнике в стали не будут накапливаться остаточные деформации ни в результате ползучести, ни в результате мгновенной остаточной деформации, так как подстуженная полоса лучше противостоит медленно развивающейся малой деформации в течение длительного времени и различным механическим воздействиям.

Для управления уровнем остаточных термических напряжений, ответственных за искривление угловых профилей в вертикальной плоскости, необходимо осуществлять раздельное охлаждение вершины и полок для устранения неравномерности их температур в двух последовательно соединенных струйных блоках.

Первый по ходу прокатки струйный блок используется для направленного избирательного охлаждения массивных элементов уголка (вершины), на этой стадии выравнивается температура по сечению профиля путем подстуживания вершины уголка до температуры полок, а второй струйный блок применяется для общего охлаждения по всему периметру до температуры перехода из пластического в упругое состояние (620-630 ^oC).

Кроме того, такая схема охлаждения оказалась необходимой для предотвращения прогиба концов полос книзу, происходящем обычно в том случае, когда вершина уголка значительно переохлаждается относительно полок

Эксперименты [7] показали, что для термической правки уголка температура вершины должна составлять ~ 600 ^oC, а полок ~ 670–680 ^oC. При дальнейшем охлаждении на холодильнике вследствие более интенсивного охлаждения полок и передачи тепла от вершины к полкам температура уголка выравнивается при 620–630 ^oC. Эта температура и является верхней границей области термоупругих напряжений и поэтому возникающие при охлаждении

до температуры цеха (20-30 °С) напряжения оказываются упругими и не вызывают остаточной деформации уголка.

Результаты измерения стрел прогиба уголков 50x50x5 мм длиной 7м после регулируемого охлаждения в сравнении с их величиной при охлаждении по старой технологии (горячекатаное состояние) показывает уменьшение стрелы прогиба в несколько раз. Так, стрела прогиба указанных уголков длиной 7 м не превышает 0,4 % от их длины, что отвечает требованиям ГОСТ 8509-96 по прямолинейности (4 мм на погонный метр). Следует также отметить, что для стабильного поддержания режимов регулируемого охлаждения необходимо, кроме вентилей общего и струйного (секционного) охлаждения, и коллекторное регулирование давления и расхода воды.

Выводы.

В процессе охлаждения коробление уголков закономерно происходит в сторону более интенсивного охлаждения; при значительном переохлаждении вершины уголка относительно полук прогиб концов полос на холодильнике происходит книзу.

Для обеспечения равномерного охлаждения и предотвращения коробления уголков соотношение расходов воды на единицу поверхности уголка сверху и снизу для полок должно быть 1.0: 1.0., а для вершины уголка 1.0: 1.5.

Для двухстадийного избирательного охлаждения уголков рекомендуется струйная система, обеспечивающая дифференцированное коллекторное регулирование расхода и давления охлаждающей воды.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Минаев А.А. Совмещенные металлургические процессы. Донецк, УНИТЕХ, 2008.-552 с.
- 2 Канаев, А.Т., Bogomolov, A.V. Formation of a Gradient-Layered Structure during Thermal Deformation Treatment of Reinforced Steel / Steel in Translation, 2020, 50(7), pp. 509–513.
- 3 Жанабаева Г.М., Сержанов Р.И. Перспективы производства углового проката в Павлодарской области // Материалы международной научной конференции «IX Сатпаевские чтения» - Павлодар, 2009.- т.6, часть 1, с. 52-57.
- 4 Способ регулируемого охлаждения фасонных профилей сортового проката. Инновационный патент РК на изобретение №28708, опублик.15.07.2014, бюл. № 7.

5 Kanayev A.T., Bogomolov A.V., Zhidkova A. I., Tugumov K. Strengthening of the transfer of angular profiles in the stream brake machine / Austrian Journal of Technical and Natural Sciences // 2014, #1, pp. 26-31.

6 Воронцов А.Л. Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением: в 2 т. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2014. Т.2, 441с.

7 Канаев А.Т. Повышение качества сортового проката совмещенной деформационно-термической обработкой. Павлодар: Арман-ПВ, 2009, 180 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОМОЛЬНЫХ ШАРОВ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

БЫКОВ П. О.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

В Казахстане, в связи с освоением новых месторождений меди таких как Актогайское месторождение и месторождение Бозшаколь, возросла потребность в помольных шарах большого диаметра для первичной переработки руды [1–3].

Помольные шары нормальной и повышенной твердости обычно используются в шаровых мельницах при помоле относительно мягких материалов (руда, уголь и некоторые строительные материалы) [4, 5]. В процессе эксплуатации стальные мелющие шары испытывают периодические ударные нагрузки, которые могут привести к их разрушению. В связи с этим они должны обладать следующими свойствами: высокая твердость и прочность, повышенная стойкость к истиранию и коррозии, сохранение формы металлического шара при его равномерном износе, устойчивость к растрескиванию и окрашиванию, плотная структура шара без дефектов металлургического характера.

Основной проблемой при эксплуатации помольных шаров большого диаметра является склонность мелющих тел к разрушению [6-8]. Причинами развития трещин в помольных шарах большого диаметра, являются дефекты металлургического происхождения в непрерывнолитых заготовках небольшого сечения (усадочная и газовая пористость), которые полностью устраняются в процессе

прокатки из-за малой степени обжатия и проработки структуры [9–20].

Таким образом, решение вопроса снижения степени развития усадочной и газовой пористости в стальных непрерывнолитых заготовках небольшого сечения позволит повысить качество катанных помольных шаров большого диаметра.

Автором работы исследована макроструктура стальных квадратных непрерывнолитых заготовок (НЛЗ) сечением 150×150 мм для прокатки шаров диаметром 125 мм. Требования к химическому составу стали приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к химическому составу стали, %

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
min	0,57	0,25	0,75	-	-	0,20	-	-
max	0,63	0,32	0,90	0,025	0,025	0,30	0,2	0,2

Выплавка стали для получения НЛЗ осуществлялась в дуговых сталеплавильных печах (ДСП) объемом 60 тонн одношлаковым процессом, с дальнейшей обработкой на агрегате ковш-печь алюминием или силикокальцием с дальнейшей дегазацией в ковшевом вакууматоре при остаточном давлении 1,33 мбар. Разливка стали осуществлялась на радиальной машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) радиусом 10 метров под уровень или открытой струей в кристаллизаторе.

Темплеты непрерывнолитых заготовок для макроструктурного анализа отбирали с каждого ручья МНЛЗ в середине каждой плавки на определение дефектов макроструктуры по требованиям СТО 002-2014.

Макроструктура заготовки должна соответствовать следующим требованиям:

- центральная пористость (ЦП) – не более 3 балла;
- осевая химическая неоднородность (ОХН) – не более 3 балла;
- ликвационные полосы и трещины (ЛПТ) – не более 2 балла;
- краевое точечное загрязнение (КТЗ) – не более 2 балла;
- подкорковый газовый пузырь (ПП) – не допускается.

В работе был проведен статистический анализ причин образования дефекта «газовый пузырь».

Выборка производилась по 50 плавкам, включающая плавки с дефектом «газовый пузырь» и плавки без данного дефекта. Были рассмотрены следующие технологические факторы:

- тепловые и энергетические показатели (общий, удельный);
- химический состав плавки (C, S, P, Cu);
- параметры разливки на машине непрерывного литья заготовок;
- температурный режим разливки стали;
- технологические режимы производства подката (обжатия НЛЗ).

Анализируя технологические факторы по выплавке и разливке НЛЗ, макроструктуру НЛЗ можно сделать следующие выводы:

1) При выплавке стали для разливки закрытой струей на машине непрерывного литья заготовок с раскислением стали присадками алюминия и дегазацией в ковшевом вакууматоре для более полного удаления кислорода из расплава обеспечивается соответствие макроструктуры заготовок по центральной пористости, осевой химической неоднородности, ликвационным полоскам и трещинам, краевому точечному загрязнению и отсутствие подкорковых газовых пузырей.

При этом скорость литья должна выдерживаться по нижнему пределу, установленному в технологической карте производства для данной марки стали.

2) При выплавке стали для разливки открытой струей на машине непрерывного литья заготовок с раскислением стали силикокальцием вместо алюминия и дегазацией в ковшевом вакууматоре для более полного удаления кислорода в целом обеспечивает соответствие макроструктуры заготовок по центральной пористости, осевой химической неоднородности, ликвационным полоскам и трещинам, краевому точечному загрязнению при наличии подкорковых газовых пузырей в 68,71 % исследованных заготовок.

Выводы:

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что оптимальной схемой производства стали для производства катанных шаров большого диаметра (125 мм) из непрерывнолитых заготовок сечением 150×150 мм является: внепечная обработка на агрегате ковш-печь с раскислением алюминием и последующей дегазацией в ковшевом вакууматоре и дальнейшей разливкой закрытой струей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shen P., Pan H., Seitmuratova E., Yuan F., Jakupova S. A Cambrian intra-oceanic subduction system in the Bozshakol area, Kazakhstan // *Lithos*, Volume 224 – 225, May 01, 2015, Pages 61 – 77.
2. Rakishev B. R. New large open pit copper mines in Kazakhstan // *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2018(4), Pages: 5-14.
3. Rakishev B. R. Development of the Bozshakol and Aktogay copper ore deposits in Kazakhstan // *Gornyi Zhurnal*, (1), 2019, Pages: 89-92.
4. Wentao Z., Yuexin H., Yanjun L., Shaojian M., Yongsheng S. Research on prediction model of ore grinding particle size distribution // *Journal of Dispersion Science and Technology*, 41(4), 2020, Pages: 537-546.
5. Abazarpoor A., Hejazi R., Saghaeian M., Sheikhzadeh V. Ball mill and HPGR effect on the particle size, shape and specific surface area of pellet feed // *IMPC 2018 - 29th International Mineral Processing Congress*, 2019, Pages: 390-399.
6. Shaburova N.A. Studying the peculiarities of steel grinding balls structuring // *Solid State Phenomena*, 284 SSP, 2018, Pages: 685-689.
7. Shvedov K.N., Galim'yanov I.K., Kazakovtsev M.A. Production of Grinding Balls of High Surface and Normalized Volume Hardness // *Metallurgist*, 64(5-6), 2020, Pages: 499-507
8. Stalinskii D.V., Rudyuk A.S., Solenyi V.K. Grinding Balls for the First Stage of Iron Raw Grinding in Tumbling Mills // *Steel in Translation*, 50(2), 2020, Pages: 116-127
9. Spanov S.S., Zhunusov A.K., Tolymbekova L.B. Pilot Plant Melting of Steel Using Ferro-Silico-Aluminum at KSP Steel // *Metallurgist*, 2017, 60(11-12), Pages: 1149-1154
10. Kanaev A. T., Bykov P. O., Bogomolov A. V., Reshotkina E. N. Reducing the Central Porosity of Continuous-Cast Billet by Modification of the Solidification Process. // *Steel in Translation*. – 2012. – №. 8. – Vol. 42 – Pages: 643–645.
11. Smirnov E.N., Smirnov A.N., Sklyar V.A., Belevitin V.A., Kuberskii S.V. Technical Feasibility Assessment for Roll Pass Designs in Three-High Shape-Mill Stands in Modern Mini-Mills // *Metallurgist*, 63(11-12), 2020, Pages: 1294-1302.
12. Pyszko R., Prihoda M., Machu M., Franek Z. Data processing of measured surface temperatures of continuously cast billets and blooms to verify the numerical solidification model // *METAL 2020 - 29th*

International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings, 2020, Pages: 80-85.

13. Naumenko V.V., Muntin A.V., Danilenko A.V., Baranova O.A. Study of the Surface Defect Nature of Hot-Rolled Products in the Edge Zone // *Steel in Translation*, 50(1), 2020, Pages: 46-52.

14. Solanki V., Mukhopadhyay G. Metallurgical analysis of transverse crack of rebars // *Engineering Failure Analysis*, 104, 2019, Pages: 1143-1156.

15. Vdovin K.N., Tochilkin V.V., Filatova O.A., Tochilkin V.V. Analysis of the Process of Casting of the Metal by an Open Stream and the Design of the Equipment of Receiving Chambers of the Tundish of CCM // *Refractories and Industrial Ceramics*, 60(1), 2019, Pages: 6-9.

16. Chubukov M.Y., Rutskiy D.V., Uskov D.P. Analyzing the features of non-metallic inclusion distribution in Ø410 mm continuously cast billets of low carbon steel grades // *Materials Science Forum*, 973 MSF, 2019, Pages: 21-25.

17. Umanskii A.A., Dumova L.V. Influence of Electrosmelting Conditions on Rail Quality and Production Costs // *Steel in Translation*, 48(11), 2018, Pages: 712-717.

18. Sviželová J., Tkadlečková M., Michalek K., Strouhalová M. Influence of casting speed on centerline porosity formation in continuously cast round steel billets // *METAL 2017 - 26th International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings*, 2017-January, Pages: 235-240.

19. Clitan I., Abrudean M., Muresan V., Sas D. Optimizing the casting length of single diameter steel billets based on minimum cost // *2016 20th International Conference on System Theory, Control and Computing, ICSTCC 2016 - Joint Conference of SINTES 20, SACCS 16, SIMSIS 20 – Proceedings*, 7790643, Pages: 73-78

20. Smyrnov Y.N., Skliar V.A., Belevitin V.A., Shmyglya R.A., Smyrnov O.Y. Defect healing in the axial zone of continuous-cast billet // *Steel in Translation*, 46(5), 2016, Pages: 325-328.

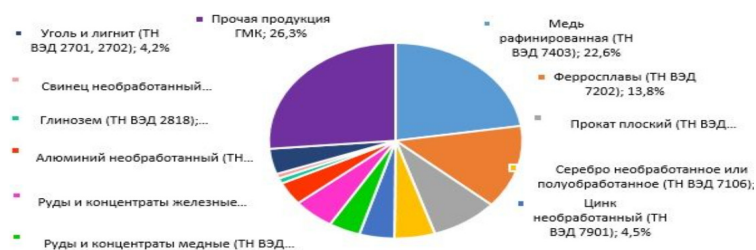
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДА ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КАЗАХСТАНЕ

БЫКОВ П. О.
к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
ЖУНУСОВ А. К.
к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Горно-металлургический комплекс РК является второй по значимости отраслью экономики после нефтегазовой [1 – 4].

По данным Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан и Ассоциации горно-металлургических предприятий РК в 2021 году [1–5]:

- насчитывается 1601 предприятие в сфере ГМК (490 в сфере металлургии, 979 в сфере добычи металлических руд, 132 в сфере добычи угля);
- задействовано 190,5 тысяч работников;
- доля в ВВП РК составляет 12,9 %;
- общий объем производства продукции (в 2020 году) около 413,7 миллиона тонн / 8,5 трлн. тенге;
- удельный вес продукции ГМК в общем стоимостном объеме промышленной продукции РК (в 2020 году) составил 31,6 %;
- удельный вес экспорта продукции ГМК в общем объеме составляет 24 %.

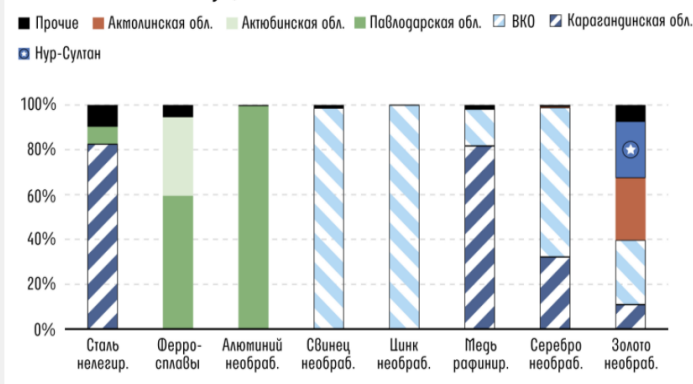


Источник: Бюро национальной статистики АСПР РК

Рисунок 1 – Структура экспорта продукции ГМК РК

ГМК РК сконцентрирован в четырех основных регионах, где выплавляется большая часть базовых металлов – Карагандинской, Восточно-Казахстанской, Павлодарской и Актюбинской областях [1 – 5].

Региональная структура производства основных металлов в РК по итогам 2020 года, %



Источник: Бюро национальной статистики АСПР РК

Рисунок 3 – Региональная структура производства основных металлов в РК по итогам 2020 года, %

Помимо крупных корпораций в последние 10 лет созданы малые металлургические мощности: завод по выпуску арматуры «ЕВРАЗ Каспиан Сталь», ферросплавные заводы YDD Corporation и Qazcarbon, аффинажный завод «Тау-Кен Алтын», ввод которого привел к сокращению экспорта сплава Доре (золото в слитках выкупает Национальный банк РК) [1 – 4].

Основными проблемами ГМК РК являются:

1) Истощение запасов сырья. По данным, озвученным Министерством Экологии РК, коэффициент выполняемости запасов по твердым полезным ископаемым составляет 0,13. (Как пример, в марте 2021 года прекратило работу Торгайское бокситорудное управление, поставлявшее сырье для Павлодарского алюминиевого завода (ПАЗ) ERG. По информации ERG, на объектах другого добывающего актива – Краснооктябрьского БРУ – запасов на 10–20 лет).

2) Нарастающие проблемы моногородов вокруг предприятий ГМК.

3) Введение норм углеродного регулирования в странах – импортерах казахстанского металла. (Большая часть ГМК привязана к угольной генерации и коксу, как восстановителю, серьезной альтернативы которым в ближайшее десятилетие не предвидится).

Анализ научно-технической информации показывает, что кардинальным вариантом решения проблемы выбросов оксидов

углерода при металлургических процессах является замену углеродного восстановителя на водород.

Уже сейчас начаты серьезные исследования и промышленные испытания в этой области [5–14], которые показывают существенные преимущества данного способа перед традиционными (снижение выбросов CO₂ на 90 % и более) при параллельном получении электроэнергии для реализации технологических процессов за счет энергии ветра и солнца.

Расчет проведенные авторами показывают реальную возможность реализации данных процессов в Казахстане при производстве стали и ферросплавов, производстве цветных металлов.

Выводы:

Проведенные расчет показывают, что применение водорода как альтернативы углеродным восстановителям в металлургических процессах имеет большие перспективы.

ЛИТЕРАТУРА

1 Постановление Правительства Республики Казахстан от 27 декабря 2019 года № 990 «Об утверждении Государственной программы развития регионов на 2020 - 2025 годы».

2 Решение Павлодарского областного маслихата (I сессия, VII созыв) от 15 января 2021 года № 6/1-VII «Программа развития территории Павлодарской области на 2021-2025 годы»

3 Домнин С. Как менялась Казахстанская металлургия последние 30 лет, 23 июня 2021 г., <https://kz.kursiv.media/2021-06-23/kak-menyalas-kazakhstanskaya-metallurgiya-poslednie-30-let/>

4 Заурбекова Т. Как развивают металлургическую промышленность в РК, 28.05.2021, <https://kapital.kz/economic/95980/kak-razvivayut-metallurgicheskuyu-promyshlennost-v-rk.html>

5 Rukini A., Rhamdhani M. A., Brooks G. A., Van den Bulck A. Metals Production and Metal Oxides Reduction Using Hydrogen: A Review // Journal of Sustainable Metallurgy (2022) 8:1–24.

6 Spreitzer Daniel, Schenk Johannes. Reduction of Iron Oxides with Hydrogen—A Review // steel research int. 2019. – P. 1 – 17.

7 Patisson F., Mirgaux O. Hydrogen Ironmaking: How It Works // Metals 2020, 10(7), 922.

8 Hybrit (Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology) Brochure. Available online: https://ssabwebsitecdn.azureedge.net/-/media/hybrit/files/hybrit_brochure.pdf (accessed on 28 April 2020).

9 H2FUTURE. Verbund Solutions GmbH. Available online: <https://www.h2future-project.eu> (accessed on 28 April 2020).

10 ArcelorMittal. Hydrogen-Based Steelmaking to Begin in Hamburg. Available online: <https://corporate.arcelormittal.com/media/case-studies/hydrogen-based-steelmaking-to-begin-in-hamburg> (accessed on 28 April 2020).

11 Hydrogen Scaling Up. The Hydrogen Council. Available online: <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2017/11/Hydrogen-scaling-up-Hydrogen-Council.pdf> (accessed on 28 April 2020).

12 European Commission. Energy Efficiency and CO₂ Reduction in the Iron and Steel Industry. Available online: https://setis.ec.europa.eu/system/files/Technology_Information_Sheet_Energy_Efficiency_and_CO2_Reduction_in_the_Iron_and_Steel_Industry.pdf (accessed on 28 April 2020).

13 Yilmaz, C.; Jens Wendelstorf, J.; Turek, T. Modeling and simulation of hydrogen injection into a blast furnace to reduce carbon dioxide emissions. J. Clean. Prod. 2017, 154, 488–501.

14 Vogl, V.; Ahman, M.; Nilsson, L.J. Assessment of hydrogen direct reduction for fossil-free steelmaking. J. Clean. Prod. 2018, 203, 736–745.

ALUMINUM ROD USAGE IN STEEL PRODUCTION

DEIGRAF I. E.

Senior Lecturer, Toraighyrov University, Pavlodar

ZHUNUSOV A. K.

Candidate of Technical Sciences, Professor, Toraighyrov University, Pavlodar

KUANDYKOV A. B.

Senior Lecturer, Toraighyrov University, Pavlodar

At the electric steel-smelting plant of KSP Steel LLP (Pavlodar), steel is smelted in arc furnaces of the DSP-60 type. Scrap metal is used as the main material for producing electric steel. After smelting in EAF furnaces, the steel enters the out-of-furnace treatment. For out-of-furnace processing of steel, a ladle furnace is used.

Out-of-furnace processing of steel in a ladle furnace (LAF) unit is designed to guide refining slag, remove harmful and non-metallic impurities, partially degas steel, adjust and homogenize metal in terms of chemical composition and temperature. Steel deoxidation during out-of-

furnace processing of steel is carried out by ALF; technical characteristics are presented in table 1.

Table 1 – Technical characteristics of automatic transmission

Parameter name	Units	Parameter value
Electrode diameter	mm	300
Electrode decay diameter	mm	550
Transformer power	MV*A	15
Heating intensity	Co / min	4
Minimum water pressure	bar	4
The amount of rise of the arch	mm	300
Bucket capacity	t	60
Type of electrodes	-	Graphite

Slag deoxidation is carried out with a deoxidizing mixture in portions weighing from 15 to 30 kg with a total weight of up to 150 kg per melt. The addition of a deoxidizing mixture to a metal mirror during experimental melting was not allowed [1].

To deoxidize the slag, aluminum - corundum mixture (AKS) weighing 60-70 kg / t, ferrosilicon, fluorspar and carburizing agent in the ratio of 1: 1: 1 with a fraction of up to 10 mm (8 kg of ferrosilicon; 8 kg of fluorspar; 8 kg of carbon) was used, carbonaceous materials (carburizer, silicon carbide).

For pipe steel grades, we additionally use FS-65 fluorspar, silicon carbide, in the ratio (0.5-1.0): (0.5-1.0): (1.0). In mass terms: 4-8 kg of ferrosilicon; 4-8 kg of fluorspar; 8 kg silicon carbide, deoxidizing mixture based on powdered silicon carbide and crushed fluorspar in a mass ratio of 3: 1 (21 kg silicon carbide and 7 kg fluorspar).

The basicity of the slag in the ladle after the introduction of the slag was maintained in the range from 2.5 to 3.5. After pointing the slag, a slag sample was taken. According to visual assessment, the slag sample was light gray (FeO + MnO content is not more than 1.5 %), when cooled in air to 500 oC, it crumbled into a fine powder of light gray color (white color). In the presence of a different color of the slag, an additional addition of slag-forming materials and a deoxidizing mixture or one deoxidizing mixture was made.

According to visual assessment, the slag with a basicity of 1.5 - 2.0 had a vitreous structure; when draining from the surface of a metal tube, it was drawn into vitreous threads. With a basicity of 2.5-3.0, it was yellowish-white in color, had a uniform opaque structure, and did not collapse upon cooling.

With a basicity of 3.0-3.7, the slag was yellowish-white in color; upon cooling, it was destroyed into a finely dispersed powder having a uniform structure.

The temperature of the metal after the release of the melt was in the range of 1540-1560 °C. After the release of the melt, the metal was heated in a steel-pouring ladle until TMNLZ = 15-30 °C, but not more than 1620 °C. Heating up to reaching the temperature TMNLZ = 15-30 °C was also carried out in the case of metal return from the stand of the steel-pouring ladle sludge and rearrangement of melts from one automatic transmission to another. During the out-of-furnace treatment until the final adjustment of the chemical composition, the temperature of the metal was maintained in the range from TMNLZ to TMNLZ + 30 °C. The last temperature measurement was carried out immediately before the steel-pouring ladle was fed to the CCM.

For pipe steel grades, the aluminum content in the first ALF sample was at least 0.008 %. Fine-tuning of the chemical composition for carbon was carried out with the addition of a carburizing agent of type "A" and wire with graphite filler. At the same time, the addition of wire for final finishing was carried out in an amount that ensures a carbon increase of no more than 0.03 %.

Refinement of the chemical composition of the metal of pipe steel grades in terms of the content of the main alloying components (Si, Mn, Mo, Cr, V, Nb, etc.) was started after the aluminum concentration was obtained up to that specified in the technological map for a specific steel grade. After the addition of the first portion of aluminum rod and 3-4-minute averaging purging with argon, the oxygen activity for pipe steel grades was measured using the Multi-Lab system.

At the same time, the refinement of the chemical composition in terms of the content of molybdenum and vanadium was carried out by adding to the metal a flux-cored wire filled with ferromolybdenum, ferrovanadium after the release of deoxidizers and the main sample of ferroalloys.

Fine-tuning of the chemical composition according to the content of niobium was carried out by adding to the metal a flux-cored wire filled with ferroniobium.

When adjusting the silicon content, the silicon introduced by the wire filler silicocalcium during further processing was considered (approximately, the addition of 75 m of SiCa wire Ø13 mm introduces 0.01 % silicon).

Before the final adjustment of the chemical composition of pipe grades for the content of aluminum, calcium, titanium, the metal was heated to a temperature exceeding the return temperature on the continuous casting machine by 15–30 °C, after which the heating was stopped (the ALF is turned off).

Thus, to calculate the consumption of aluminum, the absorption coefficient was taken from 50 % to 70 %; the mass of one linear meter of wire rod with a diameter of 14 mm is 0.5 kg. The input speed of aluminum rod on the trape-device was set from 1.8 to 2.5 m/s (100-150 m/min).

LITERATURE

1 Spanov S.S., Kuletov Z., Zhunusov A.K., Zhunusova A.K. The use of slag-forming materials in out-of-furnace processing of steel // VII Toraigyrov Readings. Quality of life in Pavlodar region. State and prospects: Proceedings of Int. scientific practical conf. (October 7-9, 2015). - Pavlodar: PSU named after S. Toraigyrova, 2015. - V.5. – P.208-211.

RECYCLING OF GLASS WASTE

YEPANESHNIKOVA A. A.

Student, NJSC Karaganda Industrial University, Temirtau

ULYEVA G. A.

Ph.D. of Engineering Sciences,
Leading Specialist of the Laboratory of Metallology
and Flaw Detection of the Analytical Control Center,

JSC «ArcelorMittal Temirtau», Temirtau

MERCULOV V. V.

Ph.D. of Chemical Sciences, NJSC Karaganda Industrial University, Temirtau

Recycling of glass and its recycling is a very important direction in the entire industry for working with industrial waste and human activity. Recycling and recycling of glass is necessary to protect the environment, saving non-renewable natural chemical elements and resources. In most countries with developed economies, this problem is being intensively solved. The efficiency of recycling recycled glass reaches significant volumes, as it is very profitable from an economic point of view. The main problem in the collection of glass products is the lack of organization of such a process in our country and in the world as a whole. Currently, one of the promising directions for reducing negative man-made impacts on

the environment and the population in the implementation of construction and economic activities is the creation of environmentally friendly energy-saving technologies, in which secondary raw materials are used instead of primary ones, which allows reducing the volume of disposal of non-recyclable waste in the environment and involving them in the resource cycle, while reducing the volume of use of primary natural resources. In addition, the glass industry is considered one of the most energy-intensive industries, due to the need for high temperatures up to 1600 °C (for melting raw materials. [1] Non-recyclable glass waste placed in the environment without carrying out the necessary protective measures, cause contamination of soils, surface and groundwater with leaching products, remove land from economic circulation as a result of clogging with traumatic glass fragments, which leads to limited nature use, excessive wear of machines and mechanisms as a result of damage to their moving parts and elements.[2] Consumers of cullet are: the glass industry, the industry of construction and thermal insulation materials, road construction and other areas.[3]

The main sources of glass fight formation are: municipal solid waste, food and pharmaceutical industries, special and window glass fight. [4]

One of the valuable materials sent to the landfill is glass (bottle cullet, glass production waste, etc.). Cullet is a non-decomposing waste that clogs the soil layer of the earth, subject to processing or appropriate disposal (fluorinated glasses). [5]

Unsuitable raw materials sent for recycling do not end up in landfills or in the soil, and one ton of broken products can save more than a ton of primary natural material. [6]

Due to the demand for products made of glass, as well as the growth of goods that use containers made of this type of material, the number of waste indicators is rapidly gaining. In addition, the price for the purchase of new raw materials is also growing. Therefore, recycling remains the most rational and optimal way. [7]

Therefore, the authors of this article suggest using glass fight as an additive in the creation of polymer coatings. Such a technological solution will make it possible to obtain a functional composite material, reduce the cost of the resulting product, and expand the country's raw material base.

Glass waste and cullet are divided into 1st and 2nd grades. At the same time, for the first grade, the fight must correspond to sizes from 0 mm to 50 mm. The dimensions of the 2nd grade are not regulated, as well as their weight at the same time.

There is a separation according to GOST R 52233-2004 Glass containers. Cullet:

- CL – Colorless sheet;
- SSC – Semi-white sheet cullet;
- SCC – Semi-white container cullet;
- BC – Brown Container;
- BL – Brown leaf;
- GC – Green cullet.

Also, all glass secondary products can be conditionally sorted into several other categories:

Complete packaging. Any empty glass bottle or jar can be considered as waste of this material. A striking example of this is the falling demand for capping cans for sealing machines. This type of preservation container gives way to products with a self-closing lid.

Sorted combat. The group includes broken tar glass sorted by color. You can also include another fight here, for example window or aquarium glass.;

Assorted waste of packaging packages. Combines mixed glass scrap from multi-colored bottles;

Scrap of special glass. A class that includes broken optical or other specialized glass: for example, broken lamps, cathode ray tubes, etc.

Herclez. Lumpy multicolored glass, decorative insert in stained glass windows, as well as stony and blocky glass. (Erklez can be attributed to both scrap glass and a product, often used for design purposes.) [8]

It should be borne in mind that any presence of multilayer structures or glass glued with a polymer film is categorically not allowed during the cullet. Glass with reinforced mesh, various types of refractory glass, mirrors, coal, stones, crushed stone or ceramics are also not allowed. It is also forbidden to allow the waste of glass and cullet porcelain and organic impurities, such as sand or clay.

The most common sources of cullet are glass containers, for example, from beverages or food products, as well as sheet glass, which was used in construction.

There is also such a thing as reverse cullet, or waste of own production, and imported cullet are those materials that were manufactured at other factories or factories. [6]

The secondary use of broken or unusable glass products is a vicious circle in which the material is completely recycled, and then new products are created.

The annual amount of cullet produced for Western European countries is estimated at millions of tons, but the percentage of its secondary use in different countries is not the same. At first glance, the technology of cullet processing is a very complex process, but the most time-consuming here is the sorting of raw materials and the separation of one type from another. But in the end, the resulting material is not inferior in quality to new glass. Therefore, this business has been very active lately. [3]

So, there is an experience of using cullet as the underlying basis for the roadway (the basis for roads, drains in the ground, etc.). The positive aspects of such use of cullet include comparable or lower cost in comparison with crushed stone, resistance to pressure loads and impact, good drainage properties. [5]

Cullet can be used for the manufacture of mineral powder for asphalt concrete and bitumen mineral materials. To do this, the cullet is pre-crushed to obtain the appropriate dispersion and specific surface area. Mineral powder from cullet has a developed surface and is characterized by the absence of porosity. However, a consequence of these factors is a high swelling in a mixture with bitumen and tar.

Promising is the use of cullet as an inert aggregate for asphalt concrete and bitumen mineral mixtures, in road bitumen emulsions. [9]

Crushed cullet can be used as a filler in road bitumen emulsions for surface treatment of asphalt concrete coatings.

The addition of glass to road emulsions improves braking and prolongs the service life of the road, provided that the filler is replaced with glass by 50 % or more. [4]

The glass fight can be disposed of by remelting. In order for a fragment of a bottle or window glass to become part of a new product, it must go through the following steps:

– collection of glass waste. Small enterprises organize various points for receiving cullet from the population. Any type of glass is accepted, regardless of its color and composition. Larger organizations conclude contracts with municipal structures for the centralized removal of large volumes of waste from landfills or special storage facilities;

– primary washing. After the cullet is delivered to the production, it is placed in the unit, where the primary glass washing takes place, it is cleaned of dirt and large debris;

– sorting. The most time-consuming process, because it is done manually. Washed glass moves slowly along the conveyor, and special workers sort it by color;

– shredding. Sorted glass enters crushing machines, where they are crushed and sorted into fractions through special sieves; 56 % 20 % 15 % 9 % BS (colorless glass) CS (green glass) CS (brown glass)

– remelting. The finished crushed material enters the furnace, where it is heated and a homogeneous glass mass is formed. [10]

In many countries, all garbage is sorted and collected separately. Then, after processing, it returns to production. In Belgium, the business of collecting glass waste is divided by color. Switzerland ranks second in Europe in glass recycling.

To reduce the recycling of glass bottles in these countries, a law on the collateral value and mandatory labeling of manufactured containers has been adopted. There is a plan, after the return of the bottle, its collateral value is paid. This naturally excludes the use of disposable containers, the deposit for which is not refundable.

Denmark also has a tax on all new containers. The tax is refunded for the delivery of glass bottles. This is especially true for beer containers. Near each supermarket there are special vending machines for receiving such bottles, which, according to the government's plan, allows you to use glass containers more than once.

The British authorities have established a tax on the use of landfills for garbage, and this has become a great incentive for businesses to use recyclables for their subsequent use. To date, there are autonomous technologies. According to the plan, they are able to convert and dispose of glass waste at the expense of their own energy. [10]

Currently, cullet is an important part of our life and at the same time – a universal material. It is used in everyday life, in scientific research, in modern architecture. The cullet becomes an indispensable part for use as the main component for the production of thermal insulation materials.

Thus, competent disposal of glass waste helps to keep the region clean, and the reuse of glass containers is the most optimal way of recycling. However, due to the fact that one of the properties of glass is fragility, it is the cullet that turns into waste, which requires not only timely, but also competent disposal.

REFERENCES

1 Jani Y., Hogland W. Waste glass in the production of cement and concrete – a review // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2014. Vol. 2. Issue 3. Pp. 1767–1775.

2 Shelkovnikova T.I., Baranov E.V., Cherkasov S.V., Pryazhtseva E.A. Problems and prospects of collection and processing of broken glass and the use of products based on it // Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2019. No. 9.

3 Website <https://businessman.ru/new-biznes-ideya-pererabotka-stekloboya.html> . Businessman.ru. Your business: processing cullet. [Electronic resource] (accessed 20.03.2023)

4 Melkonyan R.G., Vlasova S.G. Ecological and economic problems of the use of cullet in glass production: a textbook. Yekaterinburg: Ural Publishing House. un-ta. 2013.100 p .

5 Meland I., Dahl P.A., Recycling glass cullet as concrete aggregates, applicability and durability // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19-20 March 2001, Dundee UK. – P. 167-177.

6 Website <https://www.mirstekla-expo.ru/ru/ui/17052/> .The world of glass-2024.Glass waste. [Electronic resource] (accessed 20.03.2023)

7 Website <https://www.mirstekla-expo.ru/ru/articles/2016/uzilizaciya-stekla-i-pererabotka-stekloboya/> . The world of glass-2024. Glass recycling and cullet recycling.[Electronic resource] (accessed 20.03.2023)

8 Website <https://xlom.ru/nemetal-lom/lom-stekla-stekloboj-vidy-i-opisanie-boya-stekla> . Scrap glass.[Electronic resource] (accessed 20.03.2023)

9 Zaitseva E.I. Construction fire-free composites based on the battle of technical glasses // Rossiiskiykhimicheskiy zhurnal (Journal of the Russian Chemical Society named after D.I. Mendeleev). - 2003. – T. XLVII.- № 4. – С. 26-31.

10 Chuprova L.V., Mishurina O.A. Ecological and economic aspects of glass waste disposal // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2016. No.11-2. pp. 222-225.

CASTING AND ROLLING UNITS

YERZHANOV A. S.

PhD, Head of the Department of Metallurgy and Materials Science,
Karaganda Industrial University, Temirtau

ZHASLAN R. K.

lecturer, Karaganda Industrial University, Temirtau

BULEKOVA G. A.

lecturer, Karaganda Industrial University, Temirtau

YERDEN B. ZH.

student, Karaganda Industrial University, Temirtau

One of the ways to improve metallurgical production is the creation of combined technological processes. One of these areas is the design and development of casting and rolling units (CRU). The composition of these units includes: a continuous casting machine (CCM), transportation devices, a heating furnace, a rolling mill with the necessary technological equipment [1, 2].

The advantages of casting and rolling units are as follows: when using this kind of technology, it makes it possible to almost completely use the primary heat of a continuously cast billet during its deformation, which, in turn, significantly saves energy resources for heating; intermediate operations are also eliminated, which significantly increases the productivity of production and the efficiency of the workshop workspace. In turn, the compact arrangement of equipment requires less production space and capital costs for construction. It should also be noted that the process of compression of cast metal in a casting and rolling unit improves the quality of the surface and structure of cast billets. By combining the casting and rolling processes, the cost of production is reduced due to increased productivity and reduced processing costs.

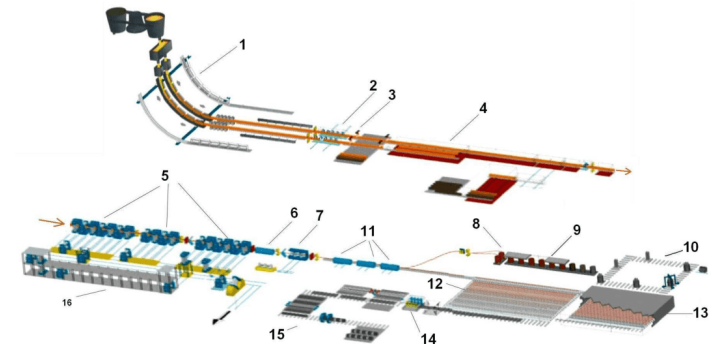
On casting and rolling units it is possible to obtain blanks of various profiles, including different sections, without reducing production productivity. However, there are a number of problems in the issues of combining the continuous casting machine and the rolling mill, namely: matching the speeds of continuous casting and metal entry into the first stand of the rolling mill, as well as issues related to ensuring the high quality of the continuously cast billet, since there is no possibility of regulating the quality of the metal at the junction of these two units.

The solution of the issue of matching the speeds of casting and the entry of metal into the first stand of the mill led to the emergence of several possible options for connecting these two units:

- direct docking with the cutting of the ingot before the task in the continuous furnace (or without cutting);
- docking using devices for severe plastic deformation in the first pass;
- docking using high-speed CCM;
- docking of a section mill with a slab CCM with transverse cutting of the slab into billets or rolling of the slab «on edge».

Consider some types of modern CRU.

One of the modern units for the production of round and square profiles is the CRU, developed by Danieli (Italy) and built at the Luna plant of Acciaierie Bertoli Safau (ABS) in Udine (Italy). CRU produces: round profiles with a diameter of 2-100 mm and square profiles with a side of 40-100 mm. The annual capacity is 500 thousand tons. The layout of the CRU equipment is shown in Figure 1.



- 1 - CCM; 2 - hardening chambers; 3 – scissors; 4 – tunnel oven; 5 – rough intermediate and finishing groups of rolling mill stands; 6 – cooling line; 7 – reduction-calibration block; 8 – winders; 9 – coil annealing furnace; 10 - area for processing riots; 11 – final cooling section; 12 – refrigerator; 13 – annealing furnace; 14 – installation of mechanical descaling; 15 – section for finishing bars, 16 – section for changing and servicing stands

Figure 1 – Layout of ABS CRU equipment in Udine:

The CRU uses a two-strand caster, which can work on two or one strand, depending on the required production volume.

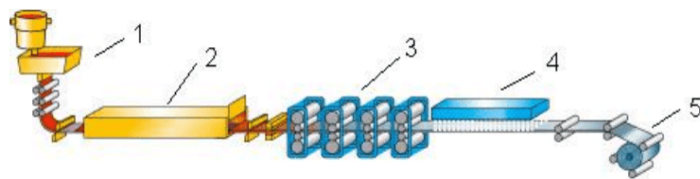
There are a large number of designs of sheet casting and rolling units, which are much more widespread than high-quality CRU. They differ both in the composition of the equipment and in the thickness of the slab. There are thin-slab (the thickness of the cast slab is

50–80 mm), medium-slab (100–150 mm) and thick-slab (180–250 mm) CRU. Recently, thin-slab CRUs have been developed.

Firm Schloemann Siemag, developed CSP (Compact Strip Production – compact strip production), which has already been successfully implemented on about thirty CRUs worldwide. The basic principles of the CSP technology are that all CSP plants involve cutting the slab and transferring it to the mill using a rolling roller furnace as an intermediate accumulator designed to match the different operating speeds of the CCM and the rolling mill.

The main idea of the equipment layout of the CSP line is based on the fact that when the slab is divided into billets of a fixed length (45-50 m) and the length of the continuous furnace (120 m) is chosen accordingly, the rolling mill becomes independent of the CCM, which makes it possible to increase the speed of the slab for the task in the first crate. The thickness of cast slabs on CSP units, depending on the design of a particular unit, can be 40–90 mm. According to the location of the equipment, there are several options for the layout of the CSP line.

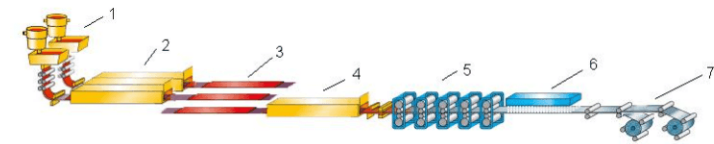
The scheme of a single-strand CSP unit is shown in Figure 2. Thin (50 mm thick) slabs are produced on a vertical caster with a 90 ° bend at the bottom of the slab.



1 - CCM; 2 – pass furnace; 3 – rolling mill;
4 – section of cooling; 5 – winder.

Picture 2 – Single-strand CSP unit for straight strip rolling:

Two and three strand CSP machines are designed to increase productivity and allow more efficient use of the rolling mill. In a two-strand unit (Figure 3) with a capacity of 1.5 million tons per year, in both heating furnaces after the CCM, there are storage tanks designed for transverse transportation of continuously cast slab to the rolling line.



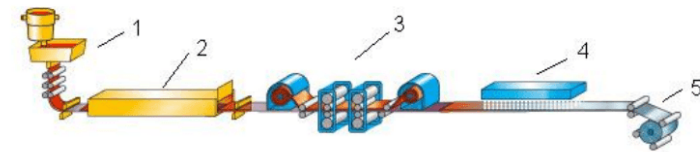
1 - two-strand CCM; 2 - continuous furnace; 3 - transverse transportation device; 4 - holding furnace; 5 - rolling mill; 6 - cooling section; 7 - winders

Picture 3 – Two-strand unit type CSP with a transverse transport device:

Transportation is carried out using trolleys capable of moving perpendicular to the rolling axis. Such accumulators allow you to receive slabs and send them to the rolling mill in any sequence.

To obtain a final thickness of 2.5 mm with a rolled width of 1350 mm, due to the double production volume, it is necessary to install five or six rolling stands. Accordingly, the rolling speed at the exit increases, and therefore it is necessary to increase the length of the cooling section and install two winders.

The technological principle of the compact CSP unit allows the use of a reversing stand as a rolling mill. Figure 4 shows the most compact and least capital investment single-strand line, equipped with a reversible stand with two furnace winders (the so-called «Steckel mill»).

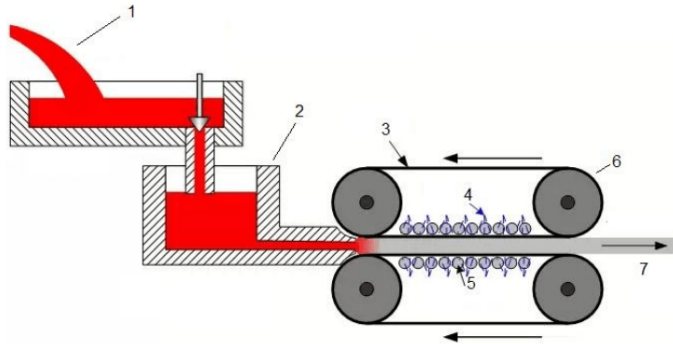


1 - CCM; 2-pass oven-accumulator; 3 - reversible stand;
4 - cooling section, 5 - winder.

Picture 4 - Single-strand unit type CSP with a reversible rolling stand:

In such a mill, the strip after the first pass is wound onto a coiler in the furnace, which is located behind the rolling stand. After rolling the entire length of the roll, the mill is reversed, the strip is unwound from the coiler and is fed into another coiler, which is located in front of the rolling stand. Then the process is repeated cyclically.

SMS has developed a casting and rolling unit using a high-speed tape caster, called BCT (belt casting technology). The scheme of the unit is shown in Figure 5.



1 - tundish; 2 – head part of CCM; 3 – steel casting tape; 4 – belt cooling; 5 – supporting rollers; 6 – drums; 7 – continuously cast strip
Figure 5 – Scheme of a tape caster:

A feature of the tape caster is the high casting speed – 10–30 m/min, which corresponds to the billet entry speed into the first stand of the rolling mill. In this case, buffer devices for the accumulation of blanks are not required, which makes such a casting and rolling unit as compact as possible.

Roll casting-rolling is one of the most promising and energy-saving technologies for the production of thin strips. This technology allows you to cast a strip as close as possible in thickness to the finished product, which reduces the production cycle and the number of equipment to a minimum.

Obtaining thin and extra thin flat products consists in forming a strip directly from liquid metal by simultaneous crystallization and deformation between two rotating rolls with further reduction in the rolling stand. Liquid steel, when poured on a roll CCM, enters the space between the rolls and, upon contact with the surface of the rolls, crystallizes, forming crusts that move along with the surface and exit the rolls in the form of a sheet (Figure 6), the thickness of which is determined by the distance between the rolls, and the width - side walls of the mold, which can move relative to the edge of the roll barrel, thereby providing

the desired width. The maximum strip width in this case will be limited by the length of the roll barrel.

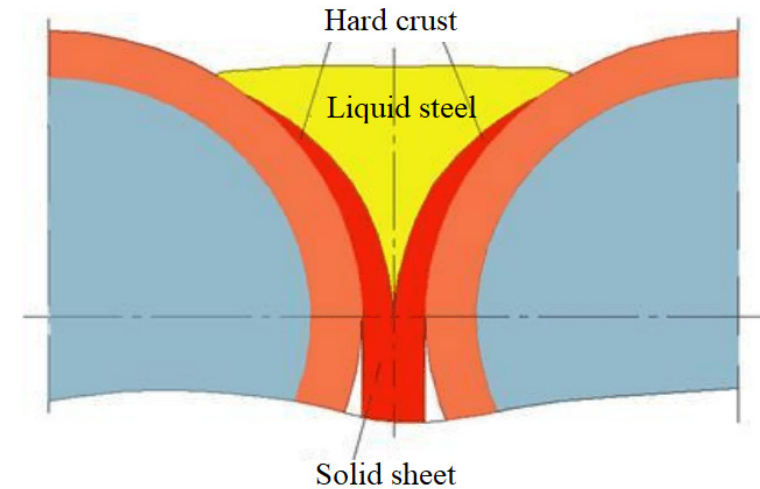


Figure 6 – Scheme of strip solidification in a roll mold

Thus, the development and implementation of new technologies can significantly save resources, increase production productivity and is a further stimulus for development in general.

LITERATURE

1. Скляр В. О. Инновационные и ресурсосберегающие технологии в металлургии. Учебное пособие. – Донецк: ДонНТУ, 2014. – 224 с.
2. Никитин Г.С., Шуляк М.Н., Галкин М.П. Высокоэффективные литейно-прокатные агрегаты для производства катанки и арматуры. / Г.С. Никитин, М.Н. Шуляк, М.П. Галкин // Металлург. – №2. – 2008. С.34-38.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ БЕСШОВНЫХ ТРУБ

ЖАКУПОВ А. Н.

PhD, асоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

ЖАКУПОВА А. Т.

PhD, Торайгыров университет, г. Павлодар

БОГОМОЛОВ А. В.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Бесшовные горячекатаные стальные отрубы сегодня имеют достаточно широкое применение во многих областях промышленности.

Непрерывно нарастающая потребность в бесшовных трубах удовлетворяется за счет наращивания его производства и повышения качества. В настоящее время наращивание физических объемов обходится примерно втрое дороже, чем обеспечение той же потребности за счет повышения качества стали.

Одним из наиболее реальных эффективных и технологичных путей улучшения потребительского качества трубной продукции является ее термическая обработка. Это позволяет путем непрерывно-последовательного термического воздействия получать такую структуру, которая обеспечивает максимально возможное использование физической прочности и пластичности материала, наилучшую его технологичность при последующей переработке с одновременным снижением энергоемкости и материалоемкости. С энергетической точки зрения термическая обработка даже с отдельного нагрева в несколько раз более выгодна, чем производство стали. Потребление энергии для производства стали намного больше, чем для термической обработки, обеспечивающей пропорциональное снижение металлоемкости.

С увеличением выпуска бесшовных труб, расширением сортамента из легированных марок сталей, повышения требований к качеству труб появляется необходимость в дальнейшем развитии и совершенствовании технологии термической обработки. В связи с этим, решение вопросов в повышении качества бесшовных труб и увеличении их срока службы, достигаемые за счет термического упрочнения, являются в настоящее время актуальными в трубопрокатном производстве [1,2].

Целью работы является выявление закономерностей формирования бездефектной структуры бесшовных труб для

обеспечения стабильности физико-механических свойств и разработка рекомендаций для совершенствования технологии термической обработки бесшовных труб на базовом предприятии ТОО «KSP Steel».

Объектом исследования являлись бесшовные горячекатаные трубы производства трубопрокатного завода ТОО «KSP Steel» марки стали Т-1 группы прочности Е диаметром 146 x 9,5 мм с временным сопротивлением $690 \div 896$ МПа, пределом текучести $556 \div 742$ МПа, удлинением $13,2 \div 21,0$ %, термообработанные по стандарту ГОСТ 632-80 на участке К2 трубопрокатного завода ТОО «KSP Steel». Процесс термической обработки на предприятии ТОО «KSP Steel» происходит следующим образом: в печи закалки происходит нагрев до температуры закалки; на выходе из печи закалки происходит сбив окалины под давлением до 150 атм; в трех последовательно расположенных кольцах под действием воды происходит закалка; далее производят отпуск труб в печи при температуре $600 \div 700$ °С; после правки на выходе из печи отпуска трубы нормализуются на столе охлаждения. Конкретные параметры термической обработки с учетом химического состава стали приведены в таблице 1.

Разработку математических моделей осуществляли на основе общих закономерностей теории термической обработки, теории пластичности и механики деформируемого твердого тела. Определение механических свойств производили по стандартным методикам. Обработку результатов экспериментов проводили методами математической статистики.

Таблица 1 – Параметры для термической обработки трубы на чистовой линии К2

Химический состав стали Т-1, %							
С, %	Mn, %	Si, %	Cr, % не более	Cu, % н е более	Mo, % не более	P, % не более	S, % не более
0,32-0,36	1,25-1,50	0,15-0,35	0,25	0,25	0,08	0,030	0,030
Печь закалки							
Температура зоны нагрева печи					8700С ± 200С		
Температура зоны выдержки					8800С ± 200С		
Давление в печи					0,5-1,0 мм водяного столба		
Темп шагания в печи					160 секунд		
Угол форсунок					7,2		
Система сбива окалины и закалки							
Скорость прохождения трубы в системе закалки					0,22-0,26 м/сек		

Давление гидравлического сбива окалины	Не менее 80 Бар	
Температура воды закалки	Не более 270С	
Секция системы закалки №1	Расход воды не менее 680 м3/час	Давление - 4,0 Бар
Секция системы закалки №2	Расход воды не менее 410 м3/час	Давление - 4,5 Бар
Секция системы закалки №3	Расход воды не менее 195 м3/час	Давление – 2,0 Бар
Температура трубы на выходе с системы закалки	Не более 1200С	
Печь отпуска		
Температура зоны нагрева печи	6200С ± 100С	
Температура зоны выдержки	6200С ± 100С	
Давление в печи	0,4-0,8 мм водяного столба	
Темп шагания в печи	160сек	

В лабораторных условиях были проведены эксперименты по определению оптимального режима закалки с последующим отпуском бесшовной трубы. Для этого использовали образец трубы для получения группы прочности Е. После нагрева заготовок до температуры 880-900 °С произвели закалку по различным технологическим режимам до полного охлаждения, регулируя соотношение объемов подачи воды и воздуха, и после отпуск при температуре 650 °С. В конце эксперимента определяли показатели механических свойств. В таблице 2 приведены результаты замеров твердости по сечению заготовки (наружная поверхность, середина, внутренняя поверхность).

Определив твердость образцов труб, мы можем вычислить показатели механических свойств, из которых будет видно, что оптимальными режимами закалки для данного типоразмера трубы является соотношение воздуха к воде от 0,1 до 0,5, т.е. от $V_{\text{воздуха}}/V_{\text{воды}}=10/90$ до $V_{\text{воздуха}}/V_{\text{воды}}=30/70$.

Результаты эксперимента показывают, что при использовании закалки трубы водовоздушной смесью при соотношении объема воздуха к объему воды от 0,1 до 0,5 механические характеристики по поперечному сечению соответствуют требованиям для труб группы прочности Е стандарта ГОСТ 632-80.

Таблица 2 – Твердость образцов труб по разным режимам закалки

Состав охлаждающей среды, $V_{\text{воздуха}}/V_{\text{воды}}$	Твердость образца, HRC			
	На наружной поверхности	В центре	На внутренней поверхности	Среднее значение
0/100	21,2	21,5	20,6	21,1
10/90	19,5	20,9	19,0	19,8
20/80	17,3	17,8	16,8	17,3
30/70	15,1	14,9	14,1	14,7
40/60	12,3	12,7	12,2	12,4
50/50	11,3	11,9	11,6	11,6
60/40	10,1	10,5	10,0	10,2
70/30	9,8	9,9	9,7	9,8
80/20	8,6	8,8	8,4	8,6
90/10	8,0	7,9	7,5	7,8
100/0	7,3	7,4	7,2	7,3

Задачами совершенствования технологии являются устранение внутренних напряжений, а также расширение диапазона закаливания труб за счет регулирования интенсивности охлаждения, т.е. изменения соотношения объемов подаваемых сред хладагентов.

Технический результат достигается тем, что на поверхность трубы подается водовоздушная смесь, в соотношении воздуха к воде от 0,1 до 0,5 по объему, в зависимости от содержания углерода в стали. Способ охлаждения трубы осуществляется следующим образом. Нагретая до температуры закалки труба транспортируется по рольгангу к устройству закалки, показанное на рисунке 1.

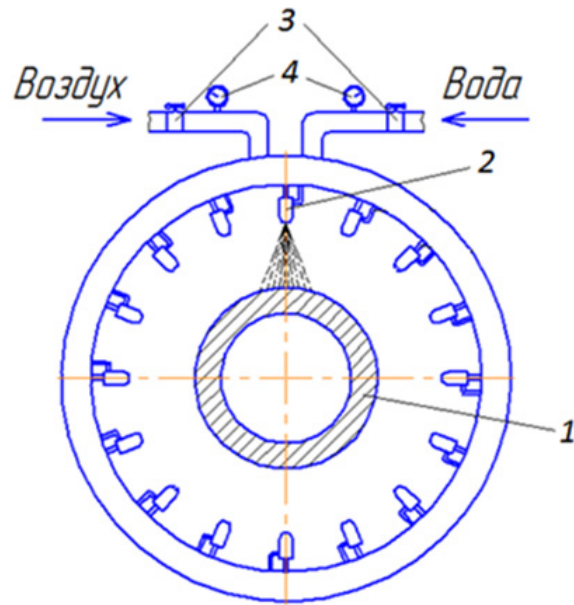


Рисунок 1 – Схема установки водовоздушного способа охлаждения трубы: 1 – охлаждаемая труба, 2 – форсунки для подачи водовоздушной смеси, 3 – клапаны, регулирующие расход хладагента, 4 – манометры давления

При прохождении трубы 1 через устройство закалки на поверхность трубы через установленные форсунки 2 подается водовоздушная смесь. В зависимости от марки стали трубы вентилями 3 регулируют объемы расхода воды и воздуха, контролируемые с помощью манометров 4.

Расход воды устанавливают таким, при котором давление воздуха создает диспергированные частицы водовоздушной смеси и, соприкасаясь с поверхностью нагретой трубы испаряются, причем устойчивая паровая пленка не успевает образоваться. Таким образом, предотвращение образования паровой пленки исключает появление дефектов, возникающих при недостаточной скорости охлаждения трубы.

Основными преимуществами применения водовоздушной смеси является равномерное прокаливание трубы и, возможность получения в широком интервале скоростей охлаждения за счет

регулирования соотношения расходов воды и воздуха. Это позволяет применять способ при закалке сталей с различным содержанием углерода [3,4].

Предлагаемый способ охлаждения труб опробован при термической обработке образцов трубы 146x9,5 мм из стали Т-3 (химический состав согласно таблице 1) в лабораторных условиях. За счет установки форсунок с подачей водовоздушной смеси во время охлаждения трубы в отношении объема воздуха к объему воды 0,1-0,5, значения твердости после закалки имеют меньший разброс значений, то есть оказались более стабильны, что свидетельствует об эффективности предложенного способа охлаждения для получения требуемых физико-механических свойств [5,6].

Выводы

Разработаны рекомендации по совершенствованию процесса термической обработки бесшовных труб, заключающиеся в подаче водовоздушной смеси при охлаждении трубы в соотношении объема воздуха к объему воды $0,1 \div 0,5$ для получения требуемых механических свойств и качества проката. Экспериментально подтверждено, что механические свойства предлагаемого способа соответствуют требованиям стандартов ГОСТ 632-80.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Сержанов Р.И., Жакупов А.Н. Математическое моделирование процессов термической обработки бесшовных труб. Наука и техника Казахстана, №3-4 – Павлодар, 2012. – 123 с.
- 2 Булыжев Е.М., Богданов А. Ю., Богданов В. В., Вельмисов П. А., Маценко П. К. математическое моделирование и исследование технологии и техники применения смазочно-охлаждающих жидкостей в машиностроении и металлургии. УлГТУ, 2001. – 126 с.
- 3 Богомоллов А.В., Жакупов А.Н. Технология термической обработки насосно-компрессорных и обсадных труб на предприятии ПФ ТОО «KSP Steel». Материалы 2-й Международной интерактивной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2012. – 336 с.
- 4 Ануфриев Н.П. Разработка экономнолегированных хромомолибденовых сталей для производства обсадных труб высоких групп прочности / Н.П. Ануфриев, К.А. Лаев, А.А. Есаулков // Металловедение и термическая обработка, № 79, 2014. – с. 253-254.
- 5 Bogomolov A.V., Zhakupov A.N., Kuandykov A.B. Efficiency of thermocycling treatment application for hardening casing pipes from

steel 09g2s to strength group q125. Materials Science Forum. 2019, no. 946, pp. 320–324.

6 Жакупов, А.Н. Non-destructive method for determining the mechanical properties of rolled steel / А. Н. Жакупов, А. В. Богомоллов, А. Т. Жакупова / Наука и техника Казахстана. – 2021. – № 3. – с.44-49.

ОТХОДЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ

ЖУНУСОВА А. К.

докторант, Торайгыров университет, г. Павлодар

БЫКОВ П. О.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

ЖУНУСОВ А. К.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

ЗАЯКИН О. В.

д.т.н., Институт металлургии УрО РАН., г. Екатеринбург

На металлургических предприятиях Павлодарской области располагаются шламо и шлакоотвалы, которые занимают большие территории для размещения и хранения в них отходов. Объем таких отходов насчитывают миллионы тонн. Такие техногенные отходы относят к числу крупнотоннажных. Переработка техногенных отходов на сегодняшний день один из самых актуальных вопросов.

В Казахстане перерабатывают лишь некоторую часть отходов металлургического производства (15-20 %). В настоящее время предложен, опробован и внедрен в промышленных масштабах ряд технологических процессов переработки футеровки и красных шламов в кондиционные материалы черной металлургии, когда зачастую с одновременным выделением примесей цветных металлов, получают продукт, пригодный для получения черных металлов [1]. В основном технологии по переработке шламов и твердых отходов находятся в стадии проектирования и лабораторного исследования [2]. Между тем в Казахстане техногенные отходы, расположенные в отвалах крупных металлургических предприятий по своим объемам сравнялись с рудными запасами. Если рассматривать такие отходы по составу ведущих элементов значительно превосходят содержание в оставшихся рудных месторождениях.

Анализ современного состояния поставляемого на Аксуский и Актюбинский заводы ферросплавов, и характера распределения кусковых и мелких фракции, показан на рисунке 1 [3]. Добыча и транспортировка руды приводит к переизмельчению и увеличению в них количества мелких фракций. Кроме того, из-за ограниченности запасов богатых хромитовых руд в добычу вовлекаются бедные руды и металлургические хромсодержащие отходы, которые необходимо обогащать или окисковывать.

В процессе обогащения полезные компоненты руды перераспределяются между фракциями крупности, и значительное количество ценного сырья концентрируется в мелких и тонкодисперсных (-3 мм) классах. Также образующиеся отходы от дробления ферросплавов.

Использование мелочи в металлургическом производстве затрудняет плавку и повышают энергоэнергетические затраты, все это отражается на технико-экономических показателях процесса. Также мелкодисперсные фракции теряются газоочистными сооружениями и практически возвращаются в технологическом цикле. Из-за этого большое количество мелочи и обогащенных концентратов оказывается практически непригодными для использования в металлургическом переделе, которые соответственно требуют переработки окискованием [5].

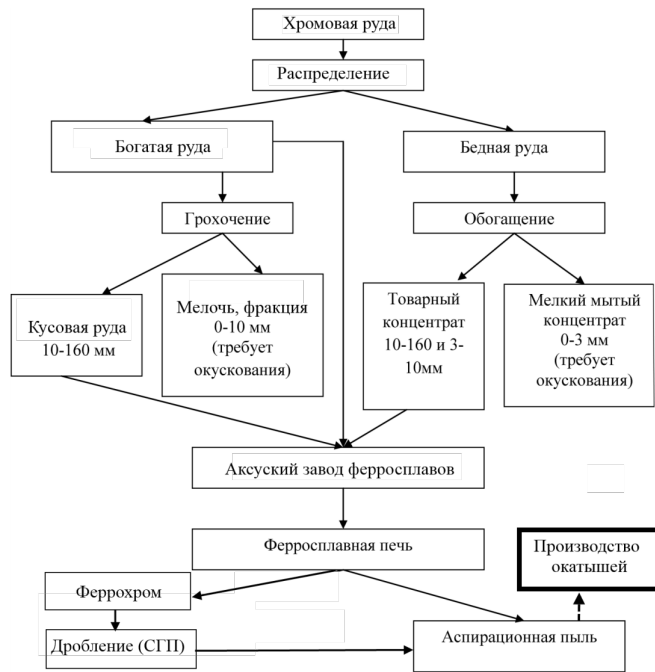


Рисунок 1 – Схема образования хромсодержащих отходов при добыче и металлургическом переделе на АО ТНК «Казхром»

Существующие способы переработки металлургических отходов в основном рассчитаны на вовлечение больших объемов шлаков и шламов, содержащих металлы в больших количествах. При больших количествах вредных примесей в шлаках и шламах необходимы дополнительные технологии переработки. Получение из отходов агломератов, окатышей и брикетов является перспективным направлением, так как на многих предприятиях переработка отходов отсутствует вовсе [4–8].

Также существует организационный вопрос между различными компаниями, когда сырьевой источник в виде отходов находится под юрисдикцией частного владельца, активы которого принадлежат к цветной металлургии, но могут использоваться в черной металлургии. Например, красные шламы с полигонов АО «Алюминий Казахстана», в которых содержится до 50–60 % оксидов

железа, можно после нейтрализации эффективно загружать в домы в виде окускованной шихты [9].

Стоит отметить, что в данное время необходимо разработать концепцию по переработке существующих крупнотоннажных отходов с привлечением Правительства Казахстана. На АО «Алюминий Казахстана» железосодержащие отходы отправляются на хранение на шламохранилище. Государству необходимо, чтобы частные компании были заинтересованы по переработки своих собственных отходов.

В основе концепции лежат следующие положения:

- разработка технологии переработки крупнотоннажных накопившихся железосодержащих отходов;
- увеличение объемов и повышение эффективности переработки отходов на существующих высокопроизводительных установках, к примеру, использовать агломерационный цех Аксуского завода ферросплавов;
- комплексное использование для переработки отходов существующих технологий и оборудования действующих крупнотоннажных производств, что резко сокращает капитальные и текущие затраты по их ликвидации.

Таким образом, возможно создание универсальных схем переработки отходов металлургических предприятий Павлодарского региона. Тип технологии по рециклингу зависит от их количества и его промышленной инфраструктуры. В основе разработки предприятия по переработке лежит выявление таких технических решений, которые являются общими для большей части отходов конкретной ветви металлургической промышленности. Инновационное развитие металлургического комплекса возможно при кластеризации предприятий с целью развития комплексных технологий переработки первичных и вторичных источников сырья.

Так высокая концентрация производителей черных металлов (сталь, ферросплавы) на территории Павлодарской области позволяет выбрать рациональное местоположение предприятия по переработке отходов, которое позволяет минимизировать общие затраты на транспортировку. Выделение для предприятий ТОО «Кастинг» и ТОО «KSP Steel» с однотипными отходами в отдельный кластер, который позволит реализовывать крупные инновационные проекты с производством металлопродукта. Также данная концепция позволит

снизить издержки металлургических производств на экологические затраты и содержание шламовых полей.

Функционирование такого крупного металлургического завода как Аксуский завод ферросплавов (АЗФ) неизбежно связано со значительным негативным воздействием на окружающую среду. На долю предприятия приходится 8,75 % образовавшихся за 2010 год в Павлодарской области промышленных отходов. Большую долю отходов АЗФ составляют шлаки, пыли, шламы. Наиболее ценными для черной металлургии являются хромсодержащие отходы (аспирационная пыль, шлам, шлаки), в то время как шлаки в основном используются в других отраслях промышленности (строительной, дорожной).

Отходы производства используется на самом предприятии, передаются другим предприятиям, вывозятся на заводскую свалку. К полностью используемым отходам относятся шлаки ферросплавных цехов, стружка цветных металлов и ряд пылей. Сторонним организациям передается стружка цветных металлов, отработанные пластины аккумуляторов, нефтеотходы, часть известковой пыли, графитосодержащая пыль, микросилика.

Почти полтора миллиона тонн отходов по итогам 2014 года переработал цех переработки шлака Аксуского завода ферросплавов.

Деятельность цеха переработки шлака (ЦПШл) занимает одно из ведущих мест в обширной программе природоохранных предприятий Аксуского завода ферросплавов – филиала АО «ТНК «Казхром», в составе Евразийской Группы (ERG). Именно здесь перерабатываются практически все отходы промышленного предприятия, что способствует рациональному использованию природных ресурсов и снижению воздействия производства на окружающую среду. Ранее шлаки складировались на специальных отвалах, в настоящее время все идет в переработку

По итогам 2014 года ЦПШл переработал более 1,4 млн тонн шлака и оборотных отходов. При этом получено 78 тыс. тонн чистого товарного феррохрома, почти 120 тысяч тонн металлоконцентрата, 68 тысяч тонн хромовых оборотных и более 850 тысяч тонн щебня.

В настоящее время в работе этого важного производственного подразделения завода находятся шесть шлакоперерабатывающих и два обогатительных комплекса. Отсадочный комплекс цеха, который также удачно отработал в 2014 году, остановлен на зимний период.

В целом за последнее время Аксуский завод ферросплавов направил на природоохранные мероприятия свыше 2,5 миллиардов тенге. Основные программы - модернизация и реконструкция существующего газоочистного оборудования с использованием современных технологий и меры по сокращению размещения отходов производства в окружающей среде за счет их переработки и утилизации. Это ключевые направления действующей в АО ТНК «Казхром» Политики в области охраны окружающей среды [10].

ЛИТЕРАТУРА

1 Жунусов А.К., Байсанов С.О. Возможное использование отходов глиноземного производства в черной металлургии // Сб. докл. IV межд. науч.практ.конф. «Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия промышленных регионов России». – Новокузнецк, 2012 (23-25 октября). – С.198-200.

2 Жунусов А.К., Байсанов С.О., Жунусова А.К. Переработка красных шламов Павлодарского Алюминиевого завода // Сб. докл. по материалам Межд. науч.практ.конф. «Проблемы и перспективы горно-металлургической отрасли: теория и практика». – Караганды, 2013. – С.343-346.

3 Абдулабеков Е.Э., Гриненко В.И., Избембетов Д.Д., Нурмаганбетов Ж.О., Байсанов С.О. Производство хромитовых окатышей для выплавки высокоуглеродистого феррохрома // Сталь, 2003. – № 5. – С. 39-41.

4 Утков В.А. О совместном использовании отвальных шламов черной и цветной металлургии / В.А. Утков, П.А. Тациенко // Металлург, 2008, №11, с. 56-57.

5 Утков В.А. Повышение прочности агломератов и окатышей при помощи бокситового красного шлама / В.А. Утков, Л.И. Леонтьев // Сталь, 2005. – № 9. – С. 2-4.

6 Позмогов В.А., Кулбдеев Е.И., Дорофеев Д.В., Имангалиева Л.М., Квятковская М.Н. Определение состава и свойств железистых песков глиноземного производства для поиска путей их переработки // Комплексное использование минерального сырья, 2018. - № 3. – С. 69-77.

7 Abdulvaliev R.A., Akhmadieva N.K., Gladyshev S.V., Imangalieva L.M., Manapova A.I. The modified red mud reduction smelting // Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra: Комплексное использование минерального сырья, 2018. – Т. 306. № 3. – С.15-20.

8 Ахмадиева Н.К., Абдувалиев Р.А., Акчил А., Гладышев С.В., Кульдеев Е.И. Красный шлам глиноземного производства как потенциальный источник для получения редкоземельных элементов. Обзор. // Комплексное использование минерального сырья. – 2016. – № 4. – С. 98-104.

9 Жунусов А.К., Кулумбаев Н.К., Толымбекова Л.Б., Спанов С.С. Исследования переработки отходов металлургических производств г. Павлодара // Вестник ПГУ. – Павлодар, 2015. – № 1. – С.54-58.

10 В 2014 году Аксуский завод ферросплавов направил на природоохранные мероприятия свыше 2,5 миллиарда тенге [Электронный ресурс]. 2015. URL: <http://today.kz/news/ekonomika> (дата обращения: 20.04.2023).

СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕЛЮЩИХ КАТАНЫХ ШАРОВ

КАЖМУХАМБЕТОВ Ж. Б.
магистр, ТОО «Кастинг», г. Павлодар

В Павлодарском регионе одним из основных продуктов сталелитейной промышленности является шар помольный катаный. Развитая в Казахстане и макрорегионе горнорудная промышленность обеспечивает большой спрос на помольные шары. В структуре производства помольных шаров, в соответствии с данными официальной статистики, большая часть приходится на стальные шары [1-3].

Анализ научно-технической литературы показал, что исследованием катаных помольных шаров посвящены работы [4-7]. В данных работах подробно описаны причины возникновения дефектов и дальнейшего разрушения помольных шаров, условия для повышения эксплуатационной долговечности катаных помольных шаров.

Целью данного исследования была разработка режимов нагрева заготовки в нагревательной печи шаропрокатного стана для производства шаров V группы твердости, а также подбор режимов термической обработки шара.

Объектом исследования являлись шары стальные катаные и шаровые марки стали, производимые в ПФ ТОО «Кастинг» (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав стали для производства катаных помольных шаров

Марка стали	Химический состав, %							
	Углерод	Кремний	Марганец	Сера, не более	Фосфор, не более	Хром	Никель, не более	Медь, не более
Ш2	0,40–0,56	0,15–0,35	0,50–0,70	0,040	0,040	–	0,4	0,4
Ш3	0,48–0,55		0,70–1,00			–		
Ш4	0,50–0,60		0,35–0,50					

Твердость шаров измеряли по методу Роквелла по ГОСТ-9013 на твердомере ТК-14-250. Твердость на поверхности шара определяли на двух диаметрально противоположных площадках. На основании проведенных исследований автором совместно с другими специалистами ПФ ТОО «Кастинг» были разработаны изменения в действующие технологические инструкции по прокатке и термической обработки шаров V группы твердости (особо высокой твердости с повышенной объемной твердостью).

Использование для производства шаров квадратной непрерывнолитой заготовки сечением 150×150 мм обеспечивает минимальную ликвацию химических элементов в непрерывнолитой заготовке при разливке стали в связи с высокими скоростями кристаллизации и малой продолжительностью затвердевания; минимальный уровень затрат по сквозному переделу от стали до готового шара. Использование непрерывнолитых заготовок больших размеров приведет к неоднородности химического состава стали и, как следствие, к большей неоднородности твердости готовых шаров в партии и различной их стойкости. При использовании непрерывнолитой заготовки больших размеров потребуются дополнительные технические мощности и затраты для обеспечения производства подката для шаров диаметром 25 – 60 мм. Химический состав стали для шаров V группы твердости должны соответствовать таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав стали для производства шаров V группы твердости

Элемент	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
Содержание, %	0,57–0,62	0,9–1,05	0,27–0,35	Не более 0,025	Не более 0,025	0,4	0,4	0,4

Заявляемый химический состав стали подобран исходя из следующих предпосылок.

Нижний предел массовой доли углерода (0,56 %) принят исходя из необходимости обеспечения заданной минимальной прокаливаемости и твердости шаров при термообработке, верхний предел (0,8 %) определяется технологической пластичностью при прокатке шаров и их стойкостью к раскалываемости при эксплуатации шаров. При концентрации углерода в стали менее 0,56 % твердость шаров снижается ниже требуемого уровня, а при увеличении концентрации углерода более 0,8 % повышается склонность их к трещинообразованию.

Ограничения по массовой доле кремния обусловлены его влиянием на повышение прочности стали, в том числе при ударных нагрузках, и на прокаливаемость стали. При массовой доле кремния менее 0,15 % его влияние на прочность стали значительно снижается, а при массовой доле более 2,0 % повышается склонность к трещинообразованию при закалке шаров.

Соотношение марганца выбрано, исходя из его влияния на прочность и твердость шаров, в том числе с учетом углеродного эквивалента стали. При массовой доле марганца менее 0,2 % его влияние на прочность стали неэффективно, а при величине более 1,2 % повышается склонность шаров к трещинообразованию при закалке и раскалываемости при эксплуатации шаров.

Массовая доля хрома от 0,1 до 1,5 % позволяет повысить прокаливаемость стали и твердость шаров. Увеличение массовой доли хрома более 1,5 % может привести к трещинообразованию при закалке шаров. При массовой доле хрома менее 0,03 % его влияние на твердость не проявляется.

Массовая доля меди в установленном диапазоне позволяет обеспечивать необходимую твердость шаров. Повышение меди более 0,40 % приведет к образованию неметаллических включений и разрывов по границам зерен в микроструктуре готовых шаров, что отрицательно влияет на их эксплуатационные характеристики.

При массовой доле меди менее 0,03 % ее влияние на твердость не проявляется.

Сера и фосфор являются неизбежными вредными примесями. Присутствие серы способствует красноломкости стали, т.е. способности к образованию трещин при высоких температурах, понижению сопротивления усталости, уменьшению сопротивления коррозии. Сталь, содержащая фосфор на верхнем пределе, для промышленных плавков (0,045 %), имеет работу распространения трещины в 2 раза меньшую, чем сталь, содержащая менее 0,005 % P. Каждая 0,01 % P повышает порог хладноломкости стали на 20–25 °C.

В целом выплавка, внепечная обработка и непрерывная разливка стали осуществляется аналогично остальным шаровым маркам стали. Дальнейшее производство помольных шаров разделяется на два этапа: производство подката и производство помольных шаров на шаропрокатном стане.

Операции термической обработки деталей является важнейшим этапом технологического процесса, включающим изменение структурно-чувствительных свойств шара под действием различных температурно-временных режимов.

Узел термической обработки катаных мелющих шаров на ПФ ТОО «Кастинг» состоит из закалочного барабана с внутренней шнековой направляющей, ковшевого элеватора и стола охлаждения для подстуживания шаров оснащенным ковшами-дозаторами для порционного сбрасывания шаров в закалочный барабан.

Рациональная скорость движения ковшевого элеватора, обеспечивает подстуживание шаров от температуры конца прокатки (950–1000 °C) до средней по поверхности температуры 800–840 °C на шарах Ø 35,40,50,60 мм., что позволяет сбрасывание шаров в закалочный барабан без задержки на столе охлаждения. Эта операция обеспечивает выравнивание температуры по поверхности прокатанных шаров на мелких профилях, а также - ее общее снижение, что в целом уменьшает уровень остаточных растягивающих напряжений в центре шаров. На крупных профилях (Ø 80,100 мм.) в виду конструктивных особенностей шар попадает на стол охлаждения с температурой 880–900 °C, и требуется подстуживание шара непосредственно на столе охлаждения. Во избежание неравномерности в распределении температуры по поверхности шаров при подстуживании, стол охлаждения оснащен нижней и верхней крышками.

Основным звеном в технологии термоупрочнения шаров является их закалка. Изменением скорости вращения барабана регулировали продолжительность закалки, а следовательно, и распределение температуры по сечению шара в момент прерывания закалки. Исследования показали, что весьма информативным и надежным параметром для оптимизации режима закалки и оперативного контроля технологии является среднemasсовая температура шаров на выходе из барабана. Обработкой результатов, полученных при изготовлении опытно-промышленных партий шаров, были получены зависимости среднemasсовой температуры шаров от продолжительности закалки, а также поверхностной твердости отпущенных шаров от среднemasсовой температуры шаров.

При прокатке крупных профилей большой разброс твердости на единичном шаре свидетельствовал о неоднородности охлаждения. Было установлено, что между двумя ребрами закалочного барабана попадают шары из двух или трех ковшей-дозаторов. В результате их количество в одной группе составляет для шара Ø 80 мм. 12–16 и 10–14 для шара Ø100 мм. Между двумя ребрами шары образуют плотные группы, что приводит к снижению скорости охлаждения в местах контакта и неравномерности твердости шара.

Для определения зависимости твердости шара Ø 80 мм (из стали Ш5) от количества шаров между ребрами (т.е. от условий охлаждения) провели эксперимент, в ходе которого при одинаковом режиме закалки уменьшали количество шаров между ребрами барабана в два раза. Установлено, что это привело к повышению средней твердости HRC от 55,6 до 62,9.

При уменьшении количества шаров между ребрами шнека число с неудовлетворительной твердостью снизилось от 5–0. Приведенные данные показывают необходимость уменьшить число шаров между ребрами, что без снижения производительности стана возможна только при пропорциональном увеличении длины зоны охлаждения и скорости вращения барабана. В связи с этим был разработан, установлен и внедрен дополнительный закалочный барабан к существующему.

Установлено, что оптимальная температура охлаждающей жидкости (воды) при термообработке шара V группы твердости 25–30 °С. Необходимая температура воды достигается путем установки циркуляционного насоса в закалочной ванне узла. На зимний период времени для подогрева воды в закалочном баке установлены электрические тэны.

Процесс структурообразования в шарах завершается на стадии само-отпуска, продолжительность которого регламентировали величиной не менее 48 ч. Применение асботкани в качестве термокрышек коробов, а также большая вместимость коробов способствуют равномерному остыванию шаров со скоростью, которая, независимо от времени года и температуры воздуха в цехе, обеспечивает получения шара V группы.

После закалки по выбранному режиму начальная температура само-отпуска шаров в разных коробах на крупных профилях составляла от 180 до 200 °С. Через 24 ч самоотпуска минимальная температура шаров составила 185–220 °С, а через 48 ч – 125 °С.

Полученные результаты подтвердили правильность выбора продолжительности самоотпуска шаров V группы твердости. Через 48 часов в основном завершаются все структурные превращения, которые могли протекать в шаре процессе самоотпуска. При этом твердость шара увеличилась на 1,5–2 единицы HRC по сравнению с результатами после 24 ч. Таким образом, выдержка в течение 48 ч после заполнения короба является оптимальной при термоупрочнении шаров V группы твердости.

Выводы. Промышленные испытания по определению зависимости твердости шаров от их количества между ребрами закалочного барабана показало, что уменьшение количества шаров вдвое способствует повышению твердости на HRC 10 и исключению шаров с неудовлетворительной твердостью. Были внесены изменения в технологические инструкции по производству подката и производству помольных шаров на шаропрокатном стане, изменены настройки шаропрокатного стана. Внесены конструктивные изменения в узел термической обработки, разработана локальная система охлаждения с дополнительным подводом и подогревом воды узле термической обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1 Noguchi T., Shimizu K., Takahashi N., Nakamura T. Strength evaluation of cast iron grinding balls by repeated drop tests / T. Noguchi, K. Shimizu, N. Takahashi, T. Nakamura // Wear. – № 2. –1999.– P. 301 – 309.

2 Игнатов В. А., Соленьий В. К., Жук В. Л. и др. Основные принципы выбора материалов для изготовления мелющих тел, работающих в условиях ударно-абразивного, ударно-коррозионно-абразивного и ударно-усталостного износа / В. А. Игнатов, В. К.

Соленный, В. Л. Жук и др. // *Металл и литье Украины*. – 2001. – № 10 – 11. – С. 31 – 34.

3 Ефременко В. Т. Механизмы формирования осевой несплошности и сферических изделий при поперечно-винтовой прокатке / В. Т. Ефременко– Краматорск, 2002. – С. 457 – 461.

4 Ефременко В. Т. Особенности характера изнашивания рабочих органов барабанных мельниц / В. Т. Ефременко // *Защита металлургических машин от поломок*. – Мариуполь – 2000. – № 5, – С. 67 – 74.

5 Вавилкин Н. М., Челноков В. В. К выбору материала для производства мелющих шаров / Н. М. Вавилкин, В. В. Челноков // *Известия вузов. Черная металлургия*. – 2002. – № 1. – С. 41 – 46.

6 Шинкоренко С. Ф. Испытания шаров для шаровых мельниц на износостойкость ООО «Норд Приводы» // *Горная промышленность*, 2006. – № 5. – С. 25 – 28.

7 Быков, П. О. Исследование и апробация технологии получения катаных помольных шаров 5 группы твердости в условиях ПФ ТОО «Кастинг» / П. О. Быков, А. Д. Касимгазинов // *Наука и техника Казахстана*. – 2018. – № 1. – С. 31-40.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИИ И ПРОЕКТНОГО ДЕЛА

КАЛИАКПАРОВ А. Г.

д.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

В условиях продолжающихся изменений и преобразований в мировой экономике, в том числе и в Республике Казахстан, рынок требует более инновационные подходы, как в вопросах технологической модернизации производств, так и в вопросах управления. Металлургическая отрасль Казахстана традиционно является одной из базовых отраслей промышленности и играет ключевую роль в экономике страны.

В этих условиях металлургические предприятия вынуждены переходить на путь интенсификации процессов путем оптимизации технико-экономических показателей и управления производственной системой. Разумеется, результативность таких решений зависит от новых подходов и технико-технологических решений, в том числе, и новых управленческих преобразований [1–4].

Необходимость осуществления модернизации является следствием следующих причин: расширение рынка товаров, использование устаревшего оборудования и технологий, высокий износ основных фондов, сокращение объема инвестиций в основной капитал и др.

К сожалению, в последние годы, на деятельность металлургических предприятий и их работу, кроме бизнес-регламентов, влияют и обострившиеся проблемы в геополитике, это [5,6]:

- санкционные ограничения, не связанные с качеством производимой продукции;
- низкий спрос и ограниченность сортамента металлопродукции продукции на внутреннем рынке;
- динамичность и непредсказуемость рынка металлов;
- ориентированность предприятий на мировые рынки и потребителей;
- медленное внедрение новых разработок и как следствие, технологическое отставание и неконкурентоспособность продукции.

Безусловно, важным аспектом рассматриваемой проблемы являются вопросы подготовки инженерных кадров. Известно, ценность, востребованность и требования к инженерам и специалистам во все времена была высокой. На сегодняшний день, очевидно, что залогом успешной реализации новых проектов, освоения и эффективной эксплуатации новых инновационно-технических решений на производстве, кроме финансовых возможностей, является и участие специалистов высокого уровня.

Возможности решения подготовки высококвалифицированных инженерных кадров, в Павлодарском регионе имеются. Следует напомнить и отметить о роли бывшего Павлодарского индустриального института, одного из ведущих высших технических учебных заведений бывшего государства, имеющего большую и богатую историю, которая способствовала развитию подготовки специалистов новых инженерно-технических направлений, в том числе, металлургии, соответственно экономики региона в целом.

На сегодняшний день требования к молодым специалистам весьма высокие.

Выпускник кроме глубоких профессиональных знаний и навыков, должен уметь работать в команде, ставить амбициозные профессиональные задачи и эффективно решать их. Те из выпускников, которые сознательно стремятся стать хорошими

специалистами, со студенческой скамьи прикладывает для этого максимум усилий, и не остаются незамеченными работодателями.

Как известно, на сегодняшний день, на многих промышленных предприятиях происходит смена технологических подходов и политик. К примеру, в металлургии все большее значение и развитие получают процессы и технологии с низким углеродным потенциалом, тем более, с принятием странами ЕС энергетических доктрин на период до 2050 г. которой предусматривается использование водорода с постепенным вытеснением твердого углерода (угля), природного газа, нефти и их углеродсодержащих производных из энергетического баланса стран Европы.

Производство первичного металла связана с использованием соединений на основе углерода. В этой связи весьма интересным направлением являются технологии прямого восстановления железа (ПВЖ). Производство и использование ПВЖ позволяет существенно снизить выбросы. Уже в настоящее время европейские металлургические компании намерены инвестировать значительные средства в разработку новых технологий производства ПВЖ. Соответственно, потребуется большое число специалистов инженерного профиля различных дисциплин, в том числе и металлургов, причем технологов. Какие инженерные специальности востребованы сегодня в металлургии? На этот вопрос нельзя ответить однозначно, необходимо учитывать тенденции в развитии в целом по отрасли, ее технической и экономической политики, приоритеты Компаний и государства в целом, безусловно, необходимо учитывать и региональные аспекты.

Не секрет, что основной проблемой ученых и специалистов на постсоветском пространстве, тем более молодых, являлись низкие показатели реализации своих разработок на практике. Причин было много. К сожалению, многие разработки так и остались не востребованными и устарели по причине отсутствия у ученых навыков и знаний по проектному управлению и инжинирингу. На сегодня, можно заметить, что многие проекты, реализуемые различными компаниями, доведены до высокой степени проработки и готовности для строительства. При этом, отмечу, что аналогичные разработки имелись и предлагались ранее. Как правило, это происходило через различные фонды и профессиональные ассоциации. Причина одна, низкая степень проработанности и готовность для практического воплощения.

В связи с этим, при подготовке инженерных кадров, важным аспектом является специализация будущих инженеров-металлургов и по управлению проектами, инжинирингу, конструированию и планированию.

Не менее важным, являются и знания будущих специалистов по вопросам нормативно-технического обеспечения, подготовки проектной документации согласно национальным и международным стандартам.

К сожалению, из программ подготовки специалистов инженерного профиля не популярны этапы курсового и дипломного проектирования, дающие определенные знания и навыки в области проектирования и конструирования. Для сведения, сегодня это наиболее востребованные и высокооплачиваемы профессии на рынке.

Металлургическая отрасль промышленности является одной из наиболее наукоемких и весьма капиталоемких отраслей экономики. Разумеется, капитальные вложения (инвестиции) в строительство могут вкладываться только в том случае, когда заказчик убедился в достижимости проектных показателей и только после детальной проработки всего комплекса вопросов, связанных как с основным технологическим процессом, так и его инфраструктурой примет окончательное решение о реализации проекта.

Процесса проектирования это последовательное решение различных задач на каждой стадии (этапа) проектирования, соответствующими требованиями к проектной документации, его наполнению и др.

Традиционно, проектирование осуществляется в три стадии, это: обоснование проекта; проектирование и рабочая документация. Обычно этот документ называется технико-экономическое обоснование (ТЭО).

По существу, от качества проведенного этапа обоснования проекта зависит в целом результат всего проекта, и поскольку именно на этой стадии проектирования основную значимую роль играют ученые, остановлюсь немного подробнее на его описании.

Основной задачей стадии обоснования проектирования и строительства является доказательство технологической реализуемости и экономической целесообразности инвестиций в данный проект.

На данной стадии, прежде всего, необходимо представить вид и требования к финальному продукту, его сортаменту, обеспеченность исходным сырьем и вспомогательными материалами.

Обязательно должны быть представлены данные по расчету материального и энергетического баланса будущего производства, с пониманием того, что на следующем этапе проектирования будут внесены уточнения (корректировки).

Разумеется, проект ориентируется на определенную локацию, район, площадку.

Соответственно, необходимо дать оценку района строительства материалами инженерных, геологических и др. изысканий. Кроме этого, основными объектами изучения на стадии обоснования являются: инфраструктура, внешние связи, оценка влияния внешних факторов на экономику строительства и производства в период вывода предприятия на полную мощность. Вопросы экономики производства, как правило рассматриваются укрупнено, чтобы можно было максимально точно определить ориентировочную стоимость строительства и его эффективность.

Состав цехов, участков, основного и вспомогательного технологического оборудования, в основном определяется на основе опыта аналогичных производств с введением в технико-экономические показатели соответствующих поправочных коэффициентов учитывающих техническую модернизацию, экономический прогресс и специфические особенности района размещения проектируемого объекта.

Как правило, обоснование проектирования и строительства разрабатывают на полную годовую проектную мощность предприятия и при необходимости с выделением очередей строительства и ввода в эксплуатацию. Обязательным на стадии проектирования является многовариантная проработка.

В последующем, на стадии проектирования, детально разрабатываются объёмно-планировочные решения всех объектов предприятия по утвержденному варианту обоснования проектирования и строительства.

В обязательном порядке выполняются необходимые расчеты: материального и теплового баланса процесса, потребности в оборудовании различного назначения, строительных конструкций и сооружений, оценки воздействия на окружающую среду.

Стадия рабочей документации разрабатывается в виде рабочих чертежей и смет достаточной для заказа и покупки материалов, оборудования и осуществления строительно-монтажных работ.

Стадия рабочий проект, включает в себя разработку рабочих чертежей без выполнения особой стадии проект, однако в этом случае в составе рабочего проекта представляются все материалы, предусмотренные стадией проект.

Быстрое развитие базовых и разработка новых технологий, повышение их наукоемкости существенно повышают требования к подготовке инженеров. Необходима подготовка конкурентоспособных специалистов обладающих широкими компетенциями, способными и готовым вести различного рода деятельность в научной, инженерной, проектной и технологической сферах.

ЛИТЕРАТУРА

1 Петренко Е.С., Вечкинзова Е.А., Уразбеков А.К. Анализ состояния и перспективы развития горно-металлургической отрасли Казахстана // Экономические отношения. – 2019. – Том 9. – № 4. – С. 2661-2676. – doi: 10.18334/eo.9.4.41448;

2 Как развивают металлургическую промышленность в РК [Электронный ресурс]. – URL: <https://kapital.kz/economic/95980/kak-razvivayut-metallurgicheskuyu-promyshlennost-v-rk.html>; [дата обращения 11.05.2023];

3 Fazylova Zh. Problems and Prospects of Infrastructure and Innovative Development of Kazakhstan // International Journal of Engineering and Management Research – 2019. – 9(3); P. 7-10 DOI:10.31033/ijemr.9.3.2;

4 Rashit S. Karenova, Yerkenazym D. Orynassarovab, Yekaterina B. Romankoa and Turlybek B. Kazbekova. The Mining and Metallurgical Industry of Kazakhstan: Current State of Problems, and Strategic Development Priorities // MATHEMATICS EDUCATION. – 2016, Vol. 11, No. 7, P. 2239-2254;

5 Baldakova O. Kazakhstan's three-way balancing act between competing powers is under pressure. [Электронный ресурс]. – <https://merics.org/en/kazakhstans-three-way-balancing-act-between-competing-powers-under-pressure>; [дата обращения 15.05.2023];

6 Richiello A. The geopolitical power of Kazakhstan. [Электронный ресурс]. – URL: <https://aspensiaonline.it/the-geopolitical-power-of-kazakhstan/> [дата обращения 11.05.2023].

ВЛИЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРОКАТНЫХ СТАНОВ НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ДЕФЕКТЫ ПРОКАТНОЙ ПРОДУКЦИИ

КАМАРОВ А. У.

Докторант, Карагандинский Индустриальный Университет, г. Темиртау

Производство современных крупных металлургических заводов, особенно прокатное, – это металлоемкое и энергоемкое, но высокомеханизированное производство с широким использованием компьютерных систем для управления как производством, так и технологическими операциями. Нет такой отрасли, которое не использовали бы продукцию металлургии, особенно прокатной [1,2]. Ведь от всей выплавляемой в мире жидкой стали, около 80 % идет на переработку в прокатное производства, которая в свою очередь делятся на листовую, фасонный и сортовой прокат [3].

Производство проката является завершающей стадией металлургического цикла и оказывает большое влияние на количество и качество выпускаемой продукции, а также на различные технологические и экономические показатели завода. Контроль качества операции технологического процесса прокатки металла необходимо для получения продукции высокого качества без снижения производительности оборудования [4].

В связи с ростом спроса на прокатную продукцию, увеличивается и объем производства прокатной продукции. Для достижения данной цели, предприятия по производству прокатной продукции, увеличивают план по выпуску прокатной продукции и увеличивают производительность прокатных станов.

Как известно, увеличения производительности большинства прокатных станов главным образом можно достичь уменьшением числа проходов за счет интенсификации обжатия и увеличением скорости прокатки.

Однако опыт эксплуатации многих прокатных станов показывает, что увеличение обжатия и скорости прокатки приводит к значительным повышением нагрузок.

По величине действующих нагрузок прокатные машины не имеют себе равных среди других типов металлургических машин, где усилие прокатки доходит до 20 – 30 МН, крутящий момент до 5 – 7 МН [5]

Часто в инженерной практике приходится встречаться с нагрузкой, которая сравнительно быстро меняется во времени. В большинстве случаев ускорение определяется по правилам кинематики, но в некоторых случаях может достигнуть чрезвычайно больших величин за очень короткое время, что может привести к удару. В большинстве случаев пластические материалы в статистическом нагруженном состоянии, при ударе становятся хрупкими. При действии многократного повторяющейся переменной нагрузки прочность материалов резко снижается.

Под ударом понимается взаимодействие движущихся тел в результате их соприкосновения, характеризуемое резким изменением скоростей точек тела за весьма малый промежуток времени. Напряжение возникающая при ударе, называется динамическими нагрузками [6].

Динамические нагрузки в настоящее время приобретают первостепенное значение, так как в промышленности существует естественные тенденции в повышении производительности промышленных машин, что приводит к увеличению нагрузок и усилению темпов их работы [1, 3].

Как показывает практика в прокатных станах основными нагрузками, определяющими прочность и долговечность, являются динамические нагрузки колебательного характера. Величина и характер колебательных нагрузок зависит от динамических параметров упругих систем, внешних характеристик двигателей и их числа в приводе, закона изменения технологических нагрузок, так же от зазоров в узлах дискретных масс, к ним относятся такие детали, как валки зубчатые колеса, шкивы, соединительные муфты, ременные и цепные передачи [3, 4, 5, 6, 7].

Динамическая система прокатного стана включает в себя упругую систему и рабочие процессы в их взаимодействии.

Упругая система включает все детали и узлы главной линии стана, а рабочими процессами являются процесс пластической деформации металла в валках, процесс трения и электромагнитные явления в двигателях.

Рабочие процессы, оказывают силовое воздействие на упругую систему, вызывают относительные смещения узлов и деталей главной линии стана. Со своей стороны, упругая система, действуя на рабочие процессы, изменяет их основные параметры. Таким образом, силы и другие виды воздействия рабочих процессов на

упругую связь являются функциями координат упругой системы, т.е. так называемыми внутренними силами и воздействиями.

Если не учитывать обратного воздействия упругой системы на рабочие процессы, то в этом случае воздействия рабочих процессов, в частности силы, будут внешними по отношению к системе и могут быть постоянными или изменяться во времени.

В целях исследования по определению точности проката и ее регулирование при работе прокатных станов, необходимо учитывать изменение упругой деформации деталей рабочей клетки самого стана, что накладывает обратную связь на процесс деформации металла в валках. Такая задача возникает при определении и регулировании размеров профиля во время прокатки тонких листов, сортового металла и при редуцировании труб.

По характеру загруженности главной линии весь цикл работы прокатных станов можно разделить на четыре периода.

Первый период определяется временем заполнения очага деформации металлом и зависит в основном от величины обжатия и скорости прокатки. Этот период характеризуется в зависимости от системы калибровки и конструкции стана различным законом момента сил технологического сопротивления (момента прокатки).

Второй период работы главной линии стана начинается после завершения фазы захвата и длится до начала съема нагрузки. Нагрузочная функция в этот период может иметь ряд особенностей и определяется конструкцией стана, а также условиями деформации.

В третьем периоде работы стана происходит съем нагрузки. Продолжительность этого периода определяется интенсивностью снятия нагрузки, которая оценивается скоростью прокатки при сбросе технологического сопротивления и величиной обжатия.

В четвертом периоде главная линия стана разгружена от действия момента технологического сопротивления. Продолжительность этого периода определяется интервалом времени между сбросами и очередным приложением нагрузки. Главная линия прокатного стана в четвертом периоде хоть и не передает внешнего момента, однако динамические явления в этот период работы стана, во многом предопределяют поведение системы при очередном захвате металла валками.

Таким образом, несмотря на то что в четвертом периоде стана не совершает полезной работы, исследование динамики этого периода работы стана является важным, так как при холостом ходе стана формируется начальное условия, которые во многом

определяют максимальные динамические усилия в системе после приложения нагрузки, а также частоту и величину амплитуды моментов сил упругости отрицательного знака.

Учитывая признаки, определяющие главным образом динамические особенности и характеризующие переходные процессы в силовой линии системы, прокатные станы условно можно разделить на четыре группы:

- 1) реверсивные обжимные станы линейного типа;
- 2) непрерывные станы;
- 3) универсальные;
- 4) станы с упругими муфтами и маховиками.

В зависимости от режима прокатки, который в основном определяется скоростью прокатки, характером нарастания момента сопротивления при захвате и углом захвата, процесс прокатки на обжимных станах может протекать устойчиво либо неустойчиво. Большое влияние на неустойчивость процесса, которые чаще всего сопровождается частичными или полными буксированием, оказывает снижение коэффициента трения на контактных поверхностях между металлом и валками. Величина коэффициента трения зависит от множества факторов: наличия окалины на поверхности металла, окружной скоростью валков, величины обжатия и температуры металла, химического состава валков и металла, состояния их поверхности и др. [3–5, 7–12].

Изменение силовых и скоростных нагрузок между отдельными клетями, приводит к изменению нагрузки в главных линиях клетей и влияет на качество прокатываемой заготовки, изменяя геометрические размеры ее выходного сечения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Рудской А.И., Лунев В.А. Теория и технология прокатного производства: Учеб. Пособие. – СПб.: Наука, 2008. – 527 с.
- 2 Правосудович В. В. и др. Дефекты стальных слитков и проката: Справ. изд. М.: Интермет Инжиниринг, 2006 384 с.
- 3 Скляр В. О. Инновационные и ресурсосберегающие технологии в металлургии. Учебное пособие. – Донецк.: ДонНТУ, 2014. – 224 с.
- 4 Дудник Ю.В., Чернявин С.О., Тартульев А.В. Влияние натяжения раската в межклетевых промежутках проволочного стана на геометрические размеры катанки. Сталь, 1988, № 12, С. 40–42.

- 5 Иванченко Ф.К., Красношапка В.А. Динамика металлургических машин. – М.: Металлургия, 1983. – 294 с.
- 6 Сопротивление материалов: Учеб. Пособие. 2-е изд., испр./ Н.А. Костенко, С.В. Балясникова, Ю. Э. Волощановская и др.; М.: Высш. Шк., 2004. – 430 с.
- 7 Адамия Р.Ш. Оптимизация динамических нагрузок прокатных станов. – М.: Металлургия, 1978. – 232 с
- 8 Динамика металлургических машин, Иванченко Ф.К., Красношапка В.А. М.: Металлургия, 1983
- 9 Кожевников С.Н. Динамика машин с упругими званиями, Издательство академии наук украинской ССР Киев – 1961
- 10 Кожевников С.Н., Скичко П.Я., Ленский А.Н. и др. Динамика металлургических машин. - М.: Металлургия, 1969
- 11 Соколов Л. Д., Гребенник В.М., Тылкин М.А. Исследование прокатного оборудования. – М.: Металлургия, 1964. – 487 с
- 12 Кожевников С.Н., Скичко П.Я., Леёпа И.И. Динамика машин. - М.: Наука, 1974

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧУГУНА, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ЗАЛИВКИ АНОДОВ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

КАМЕНОВ А. А.

докторант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Чугун является сплавом железа с углеродом, который обладает рядом уникальных свойств, делающих его незаменимым материалом во многих отраслях промышленности. Исследование электрических свойств чугуна играет важную роль в понимании его структуры и свойств, и в этой статье мы рассмотрим основные методы, которые используются для их изучения. Одним из основных методов изучения электрических свойств чугуна является измерение электропроводности. Электропроводность чугуна зависит от содержания углерода и других примесей, а также от структуры материала. Она может быть измерена с помощью проводимостных мостов или с помощью методов, основанных на измерении сопротивления. Изучение электропроводности может помочь понять структуру материала и его свойства, включая теплопроводность и способность к переносу электрических сигналов. Другим методом

изучения электрических свойств чугуна является измерение магнитной восприимчивости. Магнитная восприимчивость чугуна зависит от состава и структуры материала, а также от температуры. Она может быть измерена с помощью магнитометра. Изучение магнитной восприимчивости может помочь определить механизмы, ответственные за магнитное поведение материала, и предсказать его поведение в различных условиях.

Ключевые слова: заливочный чугун, перепад напряжений, химический состав чугуна, электросопротивление, магнитные свойства.

Единственным производителем алюминия на территории Республики Казахстан является АО «Казахстанский электролизный завод». Завод имеет собственный цех по производству и монтажу обожженных анодов. На сегодняшний день анодомонтажное производство предприятия является успешным и стабильным. Для повышения технико-экономических показателей данного производства имеет смысл оптимизировать состав заливочного чугуна. Периодически возникают проблемы неполного снятия чугуна со стальных ниппелей анододержателей после демонтажа огарков. Имеют место случаи относительно высокого перепада напряжения в контакте ниппель – анод, что увеличивает энергетические и технологические затраты [1,2].

В настоящее время для обеспечения хорошего электрического, механического и теплового контакта между анододержателем и угольным анодом используется чугун. Контакт анод-ниппель имеет наиболее критическое значение, перепад напряжения в нем может колебаться от 80 до 180 мВ [1,3]. Сейчас в мире проводится активная исследовательская работа по снижению потерь энергии в соединении между стальным проводником и угольными блоком.

В связи с этим целью работы являлся анализ методов исследования электрических свойств заливочного чугуна, применяемого при монтаже анодов для электролизного производства алюминия.

Один из основных методов исследования электрических свойств чугуна - это измерение электропроводности. Электропроводность чугуна зависит от содержания углерода и других примесей, а также от структуры материала. Электропроводность может быть измерена с помощью проводимостных мостов или с помощью методов, основанных на измерении сопротивления.

По итогам исследования составов чугуна было выявлено что, углерод (С) и кремний (Si) в чугунной заливке оказывает различное влияние на падение напряжения в анодном блоке. По данным ряда источников [1,3] наиболее благоприятно высокое содержание углерода в чугуне, соответствующее диапазону 3,4–3,6 % и уменьшенное содержание кремния до 2,5 %. Положительное влияние умеренного содержания кремния заключается в увеличении объема чугуна при затвердевании, что проявляется в более низкой усадке при охлаждении и переходе из жидкого состояния в твёрдое.

Было установлено, что электросопротивление чугуна возрастает по мере роста содержания в нем Si и P, причем кремний влияет более интенсивно, чем фосфор [1–4]. Ряд источников [7–10] рекомендует снизить содержание в чугуне фосфора и кремния, компенсируя это более высоким содержанием углерода для поддержания достаточной жидкотекучести. При содержании 0,5–1,5 % P в структуре чугуна наблюдается значительное количество фосфидной эвтектики, которая повышает удельное электросопротивление.

Следует учесть, что графитовая фаза как таковая не является фактором, способствующим повышению электропроводности чугуна. Положительная роль графитовых микропластин и чешуек проявляется преимущественно в отношении литейных свойств чугуна. Более того, большая часть других примесей или легирующих добавок в чугуне (кроме алюминия) также отрицательно действует на электропроводность отливок.

Производственный опыт подсказывает, что суммарный перепад напряжения в анодном узле может колебаться в пределах ± 75 мВ. Это приводит к неравномерности токовой нагрузки по анодам. Например, характерным результатом замеров на электролизере 300 кА можно считать нагрузку по анодам $7 \pm 1,5$ кА.

В первые часы после установки анода перепад напряжения составляет до 350 мВ и в течение суток снижается до рабочего значения [1].

Согласно работе [1,10] объяснением этого несоответствия может служить наличие воздушного зазора (0,5–0,6 мм) между чугунной заливкой и стенками ниппельного гнезда, образующегося в результате усадки чугуна после заливки ниппеля.

Из-за образовавшегося зазора возникает повышенное электрическое сопротивление в контакте чугун-углерод. Далее по мере прогрева анода стальной ниппель и чугунное кольцо заливки расширяются и зазор устраняется, так как коэффициент теплового

расширения металла в 2,5 раза больше, чем у анода. При температуре 300–350 °С уплотнение ниппельного контакта завершается и воздушный зазор исчезает.

Считается, что обычный чугун не обеспечивает минимального падения напряжения в контакте токоподвод – анодный блок из-за отсутствия достаточного контактного давления на границах чугун-токоподвод, чугун-анод и, следовательно, неэкономичен. Предлагаются другие составы чугуна. Например, чугун, содержащий легирующие добавки меди и алюминия [1].

Легирование чугуна алюминием сопровождается ростом в его структуре количества графитной фазы. Повышенное количество графитной фазы обеспечивает хорошее контактное давление. Однако графит обладает высоким удельным электросопротивлением, следовательно, повышает электросопротивление чугуна.

Присутствие в чугуне меди совместно с марганцем вызывает аустенизацию структуры чугуна, что также неблагоприятно сказывается на его электросопротивлении. Вместе с тем медь повышает плотность чугуна, что является положительный с точки зрения изменения контактного давления.

Таким образом, положительное влияние алюминия и меди нивелируется общим увеличением электросопротивления чугуна. Кроме того, указанный чугун относится к низко-кремнистым, характеризуется малой степенью

Автор работы [10] использовал для модифицирования чугуна бескремнистые лигатуры с целью исследования их влияния на структуру и электросопротивление чугуна.

В процессе проведения экспериментов автором было установлено, что ковшовое введение 1,0 % Ni10Mg лигатуры в чугун базового состава обеспечивает получение ЧШГ и значительное снижение удельного электросопротивления (35,32 $\mu\Omega$ -см), но «тяжелые» магниевые лигатуры не могут обеспечить необходимую «живучесть» в производственных условиях, требуют дополнительного графитизирующего модифицирования. На основании полученных данных в работе автором было предложено использование чугуна следующего состава (%): 3,8 – 4,2 С; 1,0 – 1,5 Si; 0,1 – 0,3 Mn; <0,05 S; <0,1 P.

Другим методом исследования электрических свойств чугуна является измерение магнитной восприимчивости. Магнитная восприимчивость чугуна зависит от состава и структуры материала,

а также от температуры. Магнитная восприимчивость может быть измерена с помощью магнитометра [1].

Магнитные свойства в большей степени, чем какие-либо другие зависят от структуры металла. Эта зависимость определяет классификацию магнитных свойств на первичные и вторичные. К первичным магнитным свойствам относятся индукция, насыщение и проницаемость в сильных полях и температура магнитного превращения. Эти свойства зависят главным образом от количества ферромагнитных составляющих и их состава и не зависят от формы и распределения фаз, т. е. являются структурно нечувствительными. К вторичным свойствам относятся гистерезисные характеристики: индукция, насыщение и проницаемость в слабых и средних полях, коэрцитивная сила, остаточный магнетизм и площадь гистерезисной петли, характеризующая соответствующие потери.

Основными параметрами магнитного структурного анализа материалов являются коэрцитивная сила H_c , остаточная намагниченность M_r и максимальная магнитная проницаемость μ_m . Чувствительность μ_m к структурным превращениям в металлах отлична от чувствительностей к ним H_c и M_r . Но измерение μ_m более трудоемко и менее точно, чем измерение H_c и M_r . Данные о влиянии технологий получения материалов на их μ_m приводятся в литературе реже, чем на H_c и M_r . Это определяет важность поиска связи μ_m материалов с их H_c и M_r .

Такая связь установлена Гумлихом и Шмидтом для «сталей и чугунов». В системе СИ разработанная ими эмпирическая формула имеет вид:

$$\mu_m \approx (0,476 + 0,0000712\gamma H_c) M_r / H_c$$

Цементит является более жесткой магнитной составляющей и характеризуется меньшим насыщением, а главное - значительно большей коэрцитивной силой. Поэтому в качестве магнитно-мягкого материала всегда применяется серый, а не белый чугун. И действительно, графитизация приводит к резкому понижению коэрцитивной силы и интенсивному повышению проницаемости, в особенности при распаде последних остатков карбидов. Насыщение же увеличивается при этом в небольшой степени, а остаточный магнетизм, наоборот, чаще всего несколько понижается, хотя в более ранних работах была отмечена обратная тенденция. В общем же, как правило, чугун становится при графитизации более

мягким в магнитном отношении. Это объясняется не только тем, что графит образует меньшие структурные микронапряжения, чем карбиды, но также тем, что объем графита значительно меньше объема исходного цементита. Вследствие этого не только увеличивается объем наиболее важного ферромагнетика – феррита, но и уменьшается размагничивание магнитного поля [5].

Повышение содержания фосфора в чугуне мало отражается на его магнитных свойствах, так как фосфор в слабой степени влияет на графитизацию. Влияние никеля выражается в том, что насыщение сначала едва заметно повышается, а затем резко падает в связи с образованием сорбитной и мартенситной структур. Вместе с тем падает проницаемость и сильно повышаются коэрцитивная сила и потери на гистерезис. В отожженном состоянии, благодаря распаду мартенсита и дифференциации перлита, магнитные свойства чугуна мало меняются. При большом же содержании никеля проницаемость падает до величины, близкой к единице, вследствие образования аустенитной структуры. Примерно так же проявляется влияние меди. С увеличением содержания меди проницаемость падает, а коэрцитивная сила, остаточный магнетизм и потери повышаются, чему, кроме размельчения перлита, способствуют еще выделения немагнитной меди в дисперсном состоянии.

Также используется метод исследования электрических свойств чугуна на основе его электромагнитных свойств. Электромагнитные свойства чугуна зависят от его состава и структуры, а также от температуры. Методы, основанные на электромагнитных свойствах, могут быть использованы для измерения параметров, таких как магнитное поле, электрический заряд и ток [6].

По результатам выполненного обзора методов исследования электрических свойств заливочного чугуна, применяемого при монтаже анодов для электролизного производства алюминия на АО «КЭЗ» можно сделать следующие выводы.

1. Электропроводность чугуна зависит от содержания углерода и других примесей, а также от структуры материала. Она может быть измерена с помощью проводимостных мостов или с помощью методов, основанных на измерении сопротивления. Изучение электропроводности может помочь понять структуру материала и его свойства, включая теплопроводность и способность к переносу электрических сигналов.

2. Магнитная восприимчивость чугуна зависит от состава и структуры материала, а также от температуры. Магнитные свойства

в большей степени, чем какие-либо другие зависят от структуры металла. Она может быть измерена с помощью магнитометра. Изучение магнитной восприимчивости может помочь определить механизмы, ответственные за магнитное поведение материала, и предсказать его поведение в различных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1 А. А. Каменов, А.В. Богомолов, П.О. Быков, М.М. Суюндиков, А.К. Жунусов. Современные составы чугуна, применяемого для заливки анодов алюминиевых электролизеров // Университет еңбектері – Труды университета, 2023, № 1, с. 37-41.

2 А.А. Kamenov, A.V. Bogomolov, B.O. Bykov, A.K. Zhunusov i M.M. Suyundikov, “Determination properties of cast iron used in the installation of anodes”, Metalurgija, vol.62, br. 1, str. 107-110, 2023.

3 А.Н. Савина, А.В. Ланьшин, В.Г. Бабкин, А.И. Черепанов, В.А. Кукарцев. Чугун для заливки анодов с оптимизированным составом без добавления фосфора – Материалы межд. Конгресса «Цветные металлы и минералы -2017» - Красноярск, с. 496-503

4 Hil I. B. Optimization of the Anode-Stub Contact: Material Properties Of Cast Iron / OyeBjarte Arne, Onsoien Morten Ingar. Nordmark Arne //Light Metals 2010 - pp. 1073-1078.

4 Mohamed M. Ali et al. Int. Characterization of New Cast Iron Alloys for the Stub-AnodeCon- nection in the Aluminium Reduction Cells / M. Mohamed Ali et al. Int. // Journal of Engineering Research and Application, Volume 3, Issue 5, Sep-Oct 2013, - pp.414-419.

5 Trempe O. Real Time Temperature Distribution During Sealing Process and Room Temperature Air Gap Measurements of a Hall-Heroult Cell Anode / Olivier Trempe, Daniel Larouche, Donald Ziegler, Michel Guillot and Mario Fafard // Light Metals, май 2011. - pp. 991-996.

6 Trempe O. Etude experimentale et modelisation du scellement d’un ensemble anodique d’une cuve Hall-Heroult / Master Thesis, Universite, Quebec, Canada //2011.

7 A. Nofal A. New solutions for stub-anode connection at Egyptalum / A. Nofal, M. Waly, Sh. Mohamed and M. Agour / Light Metals 2009 - pp. 1073-1078.

8 О.Е. Лысенко, Г.В. Галевский, В.В. Руднева. Современное состояние мирового и отечественного производства обожженных анодов для алюминиевых электролизеров / Цветные металлы - 2019 - с.16-26

9 Болдырев Д.А., Чайкин А.В. Новые смесевые модификаторы для инокулирующей обработки чугунов, Литейщик России, 2007, 3, 32-36

10 Кондратьев В.В., Мехнин А.О., Иванов Н.А., Богданов Ю.В., Ершов В.А. Исследования и разработка рецептуры наномодифицированного чугуна для ниппелей анодов алюминиевых электролизеров, Металлург, 2012, 1, 69-71

АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ НИОБИЙСОДЕРЖАЩИХ ФЕРРОСПЛАВОВ

КЕЛЬ И. Н.

к.т.н., с.н.с., Институт металлургии Уральского отделения Российской Академии Наук, г. Екатеринбург

ЗАЯКИН О. В.

д.т.н., чл.-корр. РАН, гл.н.с., Институт металлургии Уральского отделения Российской Академии Наук, г. Екатеринбург

СЫЧЕВ А. В.

к.т.н., с.н.с., Институт металлургии Уральского отделения Российской Академии Наук, г. Екатеринбург

МИХАЙЛОВА Л. Ю.

к.т.н., с.н.с., Институт металлургии Уральского отделения Российской Академии Наук, г. Екатеринбург

РЕНЕВ Д. С.

м.н.с., Институт металлургии Уральского отделения Российской Академии Наук, г. Екатеринбург

Ниобий относится к группе редкометаллических элементов, который находит своё применение в ряде важных производственных отраслей таких как машиностроение, энергетическая отрасль, авиация. В Российской Федерации основными потребителями ниобия являются крупные металлургические предприятия, производящие трубную продукцию большого диаметра для магистральных трубопроводов (HSLA стали) [1]. Использование ниобия позволяет повысить предел текучести, временное сопротивление разрыву, ударную вязкость и хладостойкость. Склонность ниобия к измельчению зерна способствует увеличению пластичности и вязкости при высокой прочности металла [2].

Несмотря на очевидные преимущества от легирования стали ниобием, её производство отечественными предприятиями не большое, в первую очередь это связано с видом легирующей добавки.

В настоящее время для легирования стали используют высокопроцентный феррониобий, практически, полностью импортируемый в Российскую Федерацию. Данный ферросплав производят из высококачественных бразильских концентратов или пентаоксида ниобия путем алюминотермического восстановления. Повышенные требования к качеству шихтовых материалов и, как следствие, высокая стоимость производимых ферросплавов делает целесообразным разработку альтернативных составов и способов их производства с изменением существующих технологий. Одним из них является разработка технологии вовлечения в производство некондиционных рудных материалов. Содержание Nb_2O_5 в отечественных рудах существенно уступает зарубежным и находится в диапазоне от 0,1 до 1 % [3], что делает экономически неэффективным производство стандартных марок феррониобия. Для решения этой проблемы предложено получать комплексные ферросплавы с пониженным содержанием ниобия [4]. Обладая более благоприятными служебными характеристиками (плотность, температура и время плавления и др.) их производство возможно из некондиционных концентратов, получаемых из отечественного сырья.

Для этого предлагается использовать двухстадийную схему получения комплексных ниобиевых ферросплавов, позволяющую отказаться от переделов многоступенчатой схемы обогащения рудного сырья и использовать непосредственно черновые концентраты с низким содержанием ниобия и высоким - попутных элементов взамен чистовых концентратов с получением пентаоксида ниобия. На первом этапе методом карботермического восстановления фосфора и железа из черновых концентратов в рудотермической печи получают малофосфористый ниобиевый шлак с попутными продуктами в виде феррофосфора или фосфористого чугуна. Последний применяют в сталеплавильном производстве, например, для производства автоматной стали [5]. На втором этапе из полученных шлаков методом силикотермии или алюмотермии получают комплексные ферросплавы с ниобием.

Для изучения зависимости степени металлотермического восстановления ниобия алюминием выбрана оксидная система следующего химического состава (таблица), соответствующая составу черного ниобиевого концентрата.

Таблица 1 – Химический состав изучаемой оксидной системы, мас. %

Nb_2O_5	SiO_2	CaO	TiO_2	P_2O_5	Al_2O_3	Fe_2O_3
19,5	31,5	39,3	3,4	1,5	0,8	4,0

Эксперименты проводили в лабораторной высокотемпературной электропечи сопротивления с графитовым нагревателем, в потоке инертного газа. В качестве восстановителя использовали порошкообразный алюминий марки АПЖ, содержащий 96% Al , количество которого взято с избытком в 180% от стехиометрического для полного восстановления ниобия. Выбор данной марки восстановителя обусловлен большой площадью контакта для интенсификации процесса. Помимо этого, в шихту введена стружка стали марки СТЗ для осаждения получаемых корольков металла.

Исходные шихтовые материалы (оксидные материалы + восстановитель) перемешивали и помещали в корундовые тигли. Скорость нагрева во всех случаях составляла 10 °С/минуту. Для изучения влияния температуры на процесс алюминотермического восстановления нагревание проводили до 1400, 1500 и 1600 °С, с последующей выдержкой расплава в течение 20 минут. Полученный расплав охлаждали на воздухе до комнатной температуры и разделяли на металлическую и шлаковую фракции.

В результате получены корольки металла массой 13,7-14,1 гр. В шлаке также присутствовало множество запутанных мелких корольков металла, отделение которых из-за их малого размера было невозможным.

Химический состав выплавленных сплавов при температурах 1400, 1500 и 1600 °С был следующим:

22,54 Nb, 16.86 Al, 0.376 P, ост- Fe и примеси;

24,51 Nb, 10.6 Al, 0.385 P, ост- Fe и примеси;

28,31 Nb, 4.5 Al, 0,394 P, ост- Fe и примеси.

Коэффициент межфазного распределения ниобия ($Nb_{me}/Nb_{2O_5_{шл}}$) составил 42,3, 50 и 65,2.

На основе полученных данных с помощью рентгенофазового анализа был изучен фазовый состав королька металла образца 3, полученного при температуре 1600°С (исследования проведены в ЦКП УРАЛ-М). Из-за малого количества алюминия в нём не было обнаружено каких-либо соединений с Al. Основой сплава является $FeNbSi_2$ и различные силициды железа ($FeSi$, $FeSi_2$). Помимо этого в металле были обнаружены соединения с титаном $TiSi_2$ и Fe_2Ti

Тем самым можно сделать вывод, о том что избыточное количество алюминия в совокупности с высокой температурой способствует алюминотермическому восстановлению из шлака таких элементов как кремний и титан.

Изучение образца 3 (рисунок) микрорентгеноспектральным анализом подтвердило, что матрица сплава состоит из тройного соединения $FeSiNb_{1,5}$ с примесью титана (точки 4,6,8, рисунок). Повышенные концентрации ниобия выделены в виде светлых участков (точки 3,5 и 7, рисунок). Алюминий был обнаружен во включениях на базе соединения $Fe-Si-Al$ (точки 1 и 2, рисунок).

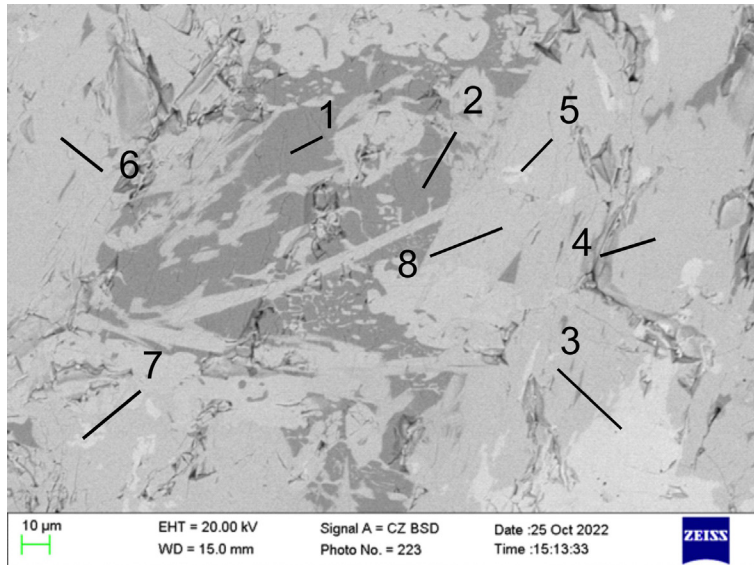


Рисунок 1 – Микроструктура королька металла, полученного при 1600°C

Картирование образца для определения скопления элементов показало, что ниобий равномерно распределен по большей части образца и в виде локальных скоплений на определенных участках. Титан локализуется в областях совместно с ниобием. Незначительная концентрация фосфора была обнаружена в местах скопления алюминия.

Таким образом можно сделать вывод о благоприятном эффекте использования алюминия для получения комплексных ферросплавов

с пониженной концентрацией ниобия из черновых ниобиевых концентратов. В рамках исследования изучен фазовый состав и микроструктура полученного металла, показавшая, что матрицей сплава является тройное соединение $Fe-Nb-Si$. Установлено, что при использовании алюминия, как восстановителя, в металл переходит до 20-25% кремния, что является внеплановым моментом предлагаемой технологии и требует дополнительного изучения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-19-00252, <https://rscf.ru/project/21-19-00252/>.

ЛИТЕРАТУРА

1 Петров О.Ф. Прогнозирование физико-химических и теплофизических свойств феррониобия стандартных марок / О.Ф. Петров, О.В. Кукса, Л.А. Головкин, Н.Е. Ходотова // Сборник научных трудов «Фундаментальные прикладные проблемы черной металлургии» / ИЧМ НАН Украины. – Днепр, 2017. В. 31. С. 260-265.

2 Валько А.Л., Папковский П.И., Руденко С.П., Сандомирский С.Г. Влияние технологии выплавки на распределение легирующих элементов в экономнолегированной стали / А.Л. Валько, П.И. Папковский, С.П. Руденко, С.Г. Сандомирский // Актуальные вопросы машиноведения. – Т. 9. – 2020. – С. 326-329.

3 Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. ИТС 24-2017. Производство редких и редкоземельных металлов. Москва: Бюро НДТ, 2017. 202 с.

4 Жучков В.И., Заякин О.В., Михайлова Л.Ю. Физическая химия и технология в металлургии ферросплавов. – Екатеринбург: ООО «Альфа Принт», 2021. – 272 с.

5 Кунакбаева А.Т., Столяров А.М., Потапова М.В. Усвоение серы при ковшевой обработке автоматной стали / А.Т. Кунакбаева, А.М. Столяров, М.В. Потапова // ТиТМП. 2021. №1. С.11-14.

ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВНЫХ ЗЕРНИСТЫХ ФИЛЬТРОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ

КУАНДЫКОВ А. Б.

магистр, Торайгыров университет, г. Павлодар

БЫКОВ П. О.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

В Павлодарской области (республика Казахстан) функционируют крупнейшие предприятия по производству алюминия. В настоящее время мировая практика показывает использование менее качественного сырья для производства анодов, так необходимых электролизным предприятиям [1].

Основным источником загрязнения в данном случае являются асфальтеновые соединения. В асфальтенах концентрируются большое содержание вредных примесей (V, Fe, Si, Ni, Ti и пр.), которые содержатся в анодах, применяемых на электролизных заводах. Одной из таких примесей является ванадий, который значительно снижает электропроводность алюминия при концентрации около 2 ppm [1, 2, 3].

В Казахстане для производства обожженных анодов алюминиевых электролизеров частично используется местный кокс ТОО «УПНК-ПВ» (г. Павлодар, Республика Казахстан) с повышенным содержанием ванадия и других примесей.

Флюсы применяемые на предприятии АО «КЭЗ» изготовлены на основе криолита, фторидов алюминия, хлорида натрия, не удаляют вышеупомянутые трудно-извлекаемые примеси, в том числе ванадия [1].

В ряде работ [4, 5, 6] предложены способы очистки первичного алюминия от примесей ванадия, не нашедшие широкого промышленного применения.

В работе [7] исследована технология рафинирования первичного алюминия от примесей ванадия борсодержащим сплавом Al-B вне электролизной ванны. Исследования показали [7]:

- снижение содержания ванадия в среднем на 78 % в массе металла, с увеличением его содержания в нижней части ковша (объем до 5 – 10 % вместимости ковша);
- переход значительного количества ванадия в интерметаллид;
- сложность разделения интерметаллидов ванадия и рафинированного алюминия в ковше традиционными методами

(отстаивание в течение 4–7 часов не дало положительного результата)

В работе проведены экспериментальные исследования по комплексной обработке первичного алюминия флюсовой обработкой борной кислотой (H₃BO₃) и дальнейшей фильтрационной очисткой расплава через зернистые фильтры.

В таблице 1 приведен химический состав первичного алюминия до рафинирования, отобранного из электролизеров АО «Казахстанский электролизный завод» с установленными анодами, полученного с использованием прокаленного кокса ТОО «УПНК-ПВ» (г. Павлодар, Республика Казахстан) с повышенным содержанием примесей ванадия.

Таблица 1 – Химический состав первичного алюминия до рафинирования, %

Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Cr	Ti	V
96,1299	3,2557	0,4105	0,0071	0,0032	0,0239	0,0115	0,001	0,0323	0,0132

Были проведены две серии экспериментальной очистки расплавленного алюминия. Каждая серия включала в себя два этапа.

В первой серии, на первом этапе в лабораторной индукционной печи выплавляли первичный алюминий, вводили H₃BO₃ при температуре 850 °С из расчета 1,2–2 кг/т алюминия-сырца, затем расплав выдерживали 15 мин и проводили химическую обработку, состав рафинированного первичного алюминия определяли на оптико-эмиссионном спектрометре ДФС 500.

На втором этапе проводили фильтрационную очистку обработанного борной кислотой первичного алюминия через зернистый фильтр. При выборе параметров зернистых фильтров учитывались рекомендации следующих работ [8 – 10].

Экспериментальная установка (рис. 1) состояла из фильтрующего блока 1, фильтрующего зерна 2 и кристаллизатора 3, в нижней части которого имелось отверстие для истечения отфильтрованного металла в ковш, закрытое огнеупорной сеткой.

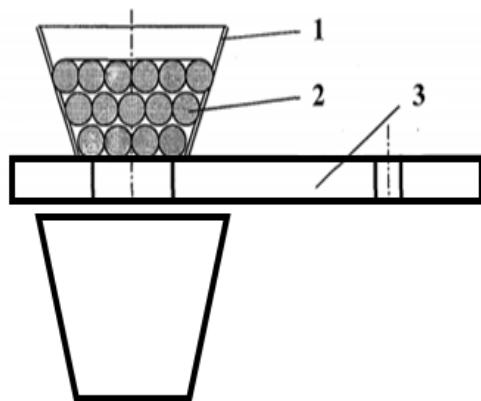


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

В результате поиска оптимального материала для очистки первичного алюминия от примесей тяжелых металлов было решено использовать золу экибастузского угля (рис. 2), с содержанием Al_2O_3 около 30–32 %. Оксид алюминия является наиболее предпочтительной основой для химических реакций, протекающих в системе Al – Ti – В при извлечении примесей тяжелых металлов.



Рисунок 2 – Зёрна фильтра

Определение химического состава первичного алюминия после обработки флюсом H_3BO_3 и последующей фильтрацией через зернистый фильтр на оптико-эмиссионном спектрометре ДФС-500 показало снижение содержания примесей. Степень удаления примесей приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Степень удаления примесей из первичного алюминия после обработки флюсом H_3BO_3 , %

V	Si	Cu	Mn	Mg
47,7	97,9	17,6	50,0	47,5

Вторая серия экспериментов состояла также из двух этапов.

На первом этапе в лабораторной индукционной печи выплавляли первичный алюминий, а также был предварительно очищен и подготовлен переливочный (промежуточный) ковш. Ковш нагревали в муфельной печи до температуры расплавленного алюминия.

На втором этапе производили обработку «зёрен» борной кислотой (рисунок 3). Данный шаг позволил сократить время обработки первичного алюминия за счет объединения стадий рафинирования и фильтрации, а также удалить трудно-извлекаемые примеси переходных соединений в системе Al-Ti-B-V-Fe-Zn.



Рисунок 3 – Активные зёрна фильтра

Определение химического состава первичного алюминия после фильтрационной обработки показал снижение содержания примесей. Степень удаления примесей приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Степень удаления примесей из первичного алюминия после применения активного фильтра, %

V	Si	Cu	Mn	Mg
53,3	97,1	19,8	51,7	49,6

Выводы

Результаты исследований показывают, что комплексная технология очистки алюминия-сырца от ванадия с использованием активных фильтров снижает содержание примесей цветных металлов в первичном алюминии.

Лабораторные исследования показали снижение содержания ванадия на 53,3 %, меди на 19,8 %, магния на 49,6 %, марганца на 51,7 % и кремния на 97,1 % в первичном алюминии при использовании метода очистки активными фильтрами.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 А.Т. Ibragimov, R.V. Pack. Aluminum electrometallurgy. Kazakhstan Electrolysis Plant, Pavlodar : House of the press (2009) 263 pages.
- 2 E.S. Gorlanov, A.A. Batrachenko, B.S. Smailov, A.Y. Morozov, Role of Vanadium in Aluminum Electrolyzer Melts, Metallurgist, Vol. 62(9-10), (2019) 1048-1053.
- 3 E.S. Gorlanov, A.A. Batrachenko, B.S. Smailov, A.P. Skvortsov, Testing Baked Anodes with an Increased Vanadium Content, Metallurgist, Vol. 62(1-2) (2018) 62-69.
- 4 A. Khaliq, M. A. Rhamdhani, G. A. Brooks, F. John, Grandfield, Removal of Vanadium from Molten Aluminum-Part I. Analysis of VB2 Formation, Metallurgical and Materials Transactions B volume 45, (2014) 752–768.
- 5 A. Khaliq, G. Brooks, F. John, M. A. Rhamdhani, Removal of Vanadium from Molten Aluminum-Part II. Kinetic Analysis and Mechanism of VB2 Formation, Metallurgical and Materials Transactions B, (2013) 769-783.
- 6 A. Khaliq, M. A. Rhamdhani, G. A. Brooks, J. F. Grandfield, Removal of Vanadium from Molten Aluminum—Part III. Analysis

of Industrial Boron Treatment Practice, Metallurgical and Materials Transactions B, (2013) 769–783.

7 P.O. Bykov, A.B. Kuandykov, A.K. Zhunusov. Refining of Primary Aluminum from Vanadium // Defect and Diffusion Forum, 2021, 410DDF. – P. 405 – 410.

8 S.E. Shipilov, E.B. Ten, Z.D. Zholdubayeva, S.S. Shipilova, E.V. Yurchenko. Refining of metal melts by filtration method / Metallurgija. – Volume 58, Issue 3-4. (2019),303-306.

9 B.K. Shayakhmetov, B.M. Kimanov, E.B. Ten, Z.D. Zholdubayeva, D.A. Issagulova. Gravimetric and dilatometric research of elements action on three dimensional filter by themal effects / Metallurgija, 53(1) (2014), 44-66.

10 E.B. Ten, B.M. Kimanov, E.M. Rakhuba. Deposition of nonmetallic phases at filter surfaces / Steel in Translation, 42(5) (2012), 411–414.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ КИСЛОТНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

ҚАРШЫҒА З. Б.

Ph.D ведущий научный сотрудник, Satbayev University,

АО «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы

УЛЬТАРАКОВА А. А.

к.т.н., заведующая лабораторией титана и редких тугоплавких металлов, Satbayev University, АО «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы

НАЙМАНБАЕВ М. А.

к.т.н., ведущий научный сотрудник, Satbayev University,

АО «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы

СИЛАЧЁВ И. Ю.

к.т.н., ведущий научный сотрудник,

РГП «Институт ядерной физики», г. Алматы

ОРЫНБАЕВ Б. М.

Ph.D докторант, ведущий инженер, Satbayev University,

АО «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы

Редкоземельные металлы (РЗМ) являются одним из важнейших видов сырья, обеспечивающего развитие современных наукоемких производств. РЗМ необходимы для таких высокотехнологичных отраслей, как космическая, авиационная и атомная, радиоэлектроника. В связи с увеличением потребности в редких землях в различных

областях промышленности и с ростом цен на РЗМ на мировом рынке проблема освоения новых сырьевых источников приобретает в настоящее время все большую необходимость.

Одним из наиболее перспективных источников техногенного сырья для извлечения РЗМ является фосфогипс – основной побочный продукт производства фосфорной кислоты сернокислотным разложением фосфатного сырья [1]. Являясь продуктом химического процесса, фосфогипс, в отличие от природного гипса, содержит ряд остаточных компонентов, таких как фосфор, фтор, РЗМ. Непосредственное использование фосфогипса в промышленных производствах, в сельском хозяйстве может негативно отразиться в сферах его потребления из-за присутствующих вредных составляющих. Помимо этого, теряются присутствующие в фосфогипсе ценные компоненты. В зависимости от условий проведения процесса около 70-85 % редкоземельных элементов (РЗЭ), первоначально присутствующих в фосфатном сырье, переходят в фосфогипс [2].

Проблема переработки фосфогипса и извлечение из него РЗЭ в настоящее время является актуальной и находится в стадии исследований и разработки. Основными направлениями исследований являются способы с применением серной и азотной кислот, растворов сульфата аммония [3–8]. Около 50 % РЗМ, присутствующих в фосфогипсе, извлекается выщелачиванием 0,1–0,5 М H_2SO_4 при соотношении Т:Ж =1:10 и температуре окружающей среды [3]. В работах [4,5] фосфодигидрат выщелачивают слабым раствором серной кислоты (0,5 - 4 мас.%) в течение длительного времени с извлечением 57,1-68,2 % Σ РЗМ в раствор. Более высокая эффективность была получена при выщелачивании HNO_3 вместо H_2SO_4 [6,7]. При обработке шлама, содержащего 6,8 % оксидов P_3M , 1 М HNO_3 извлечение P_3M составило 35 % через 72 ч, а как при использовании смеси 1 М HNO_3 и 0,5 М $Ca(NO_3)_2$ извлекалось 76 % в аналогичных условиях. В работе [8] представлена технология получения концентрата РЗМ, сульфата аммония, известково-аммиачной селитры, высококачественного гипса и осажденного карбоната кальция. При непосредственной обработке фосфогипса азотной кислотой извлекается в раствор 86 % РЗМ. Имеется также способ конверсии фосфогипса с карбонизацией растворами карбонатов щелочных металлов или аммония и получением синтетического карбоната кальция и сульфата щелочного металла или аммония [9,10].

Описанные выше способы имеют свои преимущества и недостатки. Преимуществом сернокислотных способов переработки является меньшее количество процессов в технологических схемах, однако, может иметь место невысокая степень извлечения РЗМ в раствор. При азотнокислом способе и способе с конверсией фосфогипса технологические схемы характеризуются громоздкостью и многостадийностью.

Представляет интерес определение способа извлечения редкоземельных металлов из фосфогипса, накопленного в результате переработки апатитового сырья на отечественных предприятиях.

Методика проведения эксперимента. Опыты по выщелачиванию проводили в термостатированных реакторах емкостью 0,5 дм³, снабженных механической мешалкой. Постоянство температуры поддерживали с помощью циркуляционного термостата LOIP LT-100. Определенное количество раствора кислоты заливали в реактор и нагревали до заданной температуры. По достижении необходимой температуры вносили пробу фосфогипса, включали перемешивание и фиксировалось начало процесса. По окончании процесса пульпу фильтровали, кек промывали дистиллированной водой.

Методы анализа. Количественное содержание основных элементов в рассолах определяли на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Optima 8300DV, на атомно-абсорбционном спектрометре AA-7000. Рентгенофазовый анализ проводился на дифрактометре D8 ADVANCE «BRUKER AXS GmbH», (Германия) излучение Cu-K α , база данных PDF-2 Международного центра дифракционных данных ICDD (США).

В настоящей работе показаны результаты исследований способов выщелачивания фосфогипса серной, азотной и соляной кислотами. Первоначально были изучены химический и фазовый составы фосфогипса.

Изучение состава фосфогипса. Физико-химическое исследование состава фосфогипса показало, что в исследуемом образце присутствуют, мас. %: 14,9 Ca; 2,9 Si; 0,26 Al; 0,26 Fe; 0,07 Mg; 0,5 P и др. В фосфогипсе также присутствуют редкоземельные металлы, поэлементное содержание которых составляет, г/т: 0,63 Sc; 89 Y; 70 La; 76 Ce; 12 Pr; 52 Nd; 10,2 Sm; 2,2 Eu; 9,9 Gd; 1,4 Tb; 8,5 Dy; 1,6 Ho; 4,4 Er; 0,5 Tm; 2 Yb; 0,2 Lu. Общее содержание Σ РЗМ составляет 340,53 г/т. Рентгенофазовый анализ фосфогипса показал, что основной фазой является гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, в меньшей степени в пробе присутствует кварц SiO_2 (рисунок 1).

Обзор способов переработки фосфогипса показал, что одним из основных способов является сернокислотный способ. В работе [4] отмечается, что редкоземельные элементы в фосфодигидрате присутствуют как в легкорастворимой форме, так и в трудноизвлекаемой форме, изоморфно сокристаллизованной с кристаллами гипса, и при сернокислотном выщелачивании по большей части выщелачиваются РЗМ не изоморфно сокристаллизованные с гипсом. В фосфополугидрате РЗЭ присутствуют в основном в виде индивидуальной фазы – гидратированных ортофосфатов, связанных с целестином, тогда как в гипсе, основной составляющей фосфодигидрата, редкие земли могут изоморфно замещать кальций по схеме [4]:

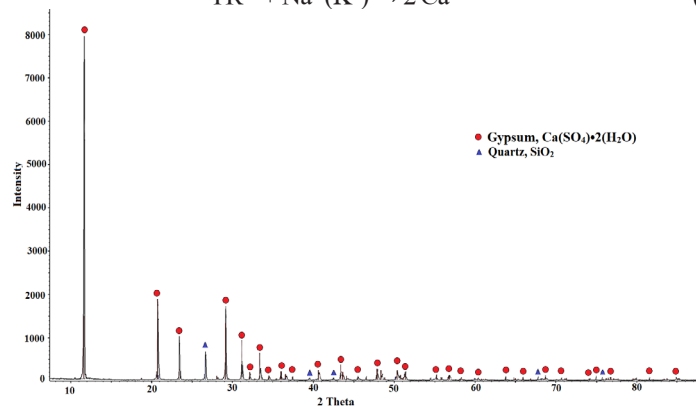
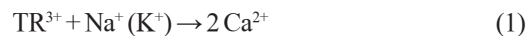


Рисунок 1 – Дифрактограмма фосфогипса

Благодаря наличию гидратных прослоек в кристаллах гипса РЗМ, изоморфно входящие в состав гипса, могут выщелачиваться растворами серной кислоты, но при очень длительном проведении процесса. Однако, данные по сернокислотному выщелачиванию РЗМ из разных фосфодигидратов сильно отличаются, что возможно связано с различной долей РЗМ в фосфогипсе, изоморфно сокристаллизованной с гипсом. Поэтому, несмотря на то, что фосфогипс представлен фосфодигидратной формой, представляет интерес изучение также и сернокислотного выщелачивания.

Изучение кислотных способов переработки фосфогипса. Редкоземельные металлы растворимы в серной, азотной, соляной

кислотах, и при обработке фосфогипса растворами этих кислот РЗМ переходят в раствор в виде их соответствующих солей.

На первом этапе был изучен способ переработки фосфогипса растворами серной кислоты. Исследования проводились при поддержании следующих условий: температура – 25 °С, концентрация серной кислоты – 5 и 25 %; соотношение Т:Ж = 1:5; продолжительность – 3 ч. Результаты исследований представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1 – Выщелачивание фосфогипса серной кислотой

Концентрация кислоты	Извлечение Σ РЗМ, %	Концентрация примесей в растворе, г/дм ³				
		Ca	Al	Fe	Mg	P
5 % H ₂ SO ₄	35,6	0,36	0,2	0,17	0,07	1,1
25 % H ₂ SO ₄	52,2	0,17	0,19	0,21	0,08	0,8

Данные таблицы 1 показывают, что с увеличением концентрации H₂SO₄ от 5 до 25 % повышается степень извлечения Σ РЗМ в раствор, при этом содержание примесей в растворе практически не возрастает. На рисунке 1 показано извлечение в раствор отдельных РЗМ, по поведению которых можно судить о степени перехода в раствор легких и тяжелых редких земель. С повышением концентрации кислоты от 5 до 25 % извлечение редкоземельных металлов в раствор возрастает: лантана и иттрия в ~1,5 раза, а самария, лютеция и иттербия в ~2 раза. Сернокислотное выщелачивание фосфогипса имело невысокие показатели извлечения РЗМ.

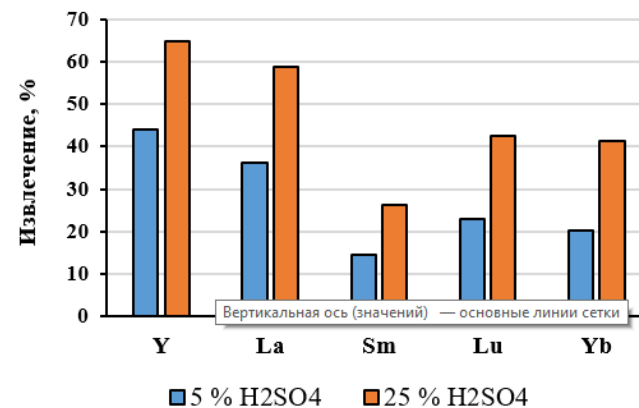


Рисунок 2 – Извлечение иттрия, лантана, самария, лютеция и иттербия при выщелачивании фосфогипса серной кислотой

По-видимому, в изучаемом фосфогипсе, представленном дигидратной формой, значительна доля РЗМ изоморфно сокристаллизованных с гипсом, что неблагоприятно повлияло на результаты по извлечению РЗМ в раствор при сернокислотном выщелачивании, и для достижения более высокого извлечения необходимо проводить процесс при значительно более высокой продолжительности, либо проводить процесс с частичным или полным разложением гипса, что может быть обеспечено при использовании соляной или азотной кислоты.

Опыты по выщелачиванию фосфогипса азотной и соляной кислотами проводили при поддержании следующих условий: температура – 60 °С, концентрация кислоты – 5 и 15 %; соотношение Т:Ж = 1:10; продолжительность – 1 ч. По результатам исследований (таблица 2, рисунок 3) видно, что увеличение концентрации кислоты приводит к незначительному повышению степени извлечения РЗМ в раствор.

Таблица 2 – Выщелачивание фосфогипса азотной и соляной кислотами

Концентрация кислоты	Извлечение Σ РЗМ, %	Концентрация примесей в растворе, г/дм ³				
		Ca	Al	Fe	Mg	P
5 % HNO ₃	66,0	2,3	0,11	0,14	0,04	0,5
15 % HNO ₃	68,2	3,17	0,2	0,13	0,02	0,5
5 % HCl	66,2	2,56	0,2	0,13	0,02	0,6
15 % HCl	71,9	2,38	0,2	0,14	0,02	0,5

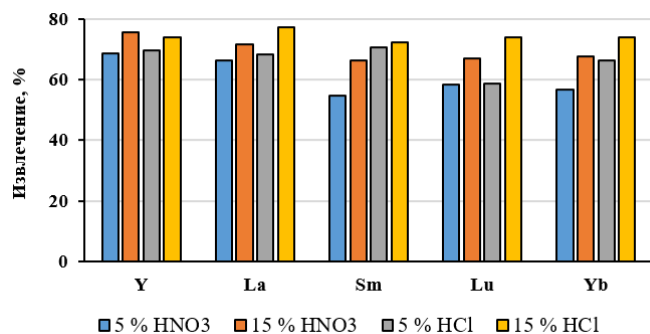


Рисунок 3 – Извлечение иттрия, лантана, самария, лютеция и иттербия при выщелачивании фосфогипса азотной и соляной кислотами

Однако, показатели по извлечению азотной и соляной кислотами выше, чем при выщелачивании серной кислотой. Извлечение группы легких РЗМ немного выше, чем тяжелых РЗМ, а для солянокислого выщелачивания находится практически на одном уровне. Однако, концентрация кальция в растворе выше, а концентрации остальных примесных компонентов практически на том же уровне, что и при выщелачивании серной кислотой. Из двух кислот, азотной и соляной, наиболее предпочтительней представляется соляная кислота, которая характеризуется несколько более высокими показателями по извлечению РЗМ в раствор, в особенности редких земель тяжелой группы.

Выводы. По результатам проведенных исследований при выщелачивании фосфогипса, представленного дигидратной его формой, серной, азотной и соляной кислотами наиболее высокое извлечение РЗМ в раствор имело место при использовании азотной и соляной кислот. Однако, при использовании серной кислоты не разрушается часть основной фазы фосфогипса и концентрация кальция в растворе, содержащем РЗМ, на порядок ниже.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Koopman C., Witkamp G.J. Extraction of lanthanides from the phosphoric acid production process to gain a purified gypsum and a valuable lanthanide by-product // Hydrometallurgy. – 2000. – Vol. 58. – P. 51-60 [на англ. яз.].
- 2 Binnemans K., Jones P.T., Blanpain B., Gerven T.V., Pontikes Y. Towards zero-waste valorisation of rare-earth-containing industrial process residues: a critical review // Journal of Cleaner Production. – 2015. – Vol. 99. – P. 17-38 [на англ. яз.].
- 3 Habashi F. The recovery of the lanthanides from phosphate rock // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. – 1985. – Vol. 35A. – P. 5-14 [на англ. яз.].
- 4 Е. Р. Lokshin, О. А. Tareeva, and I. P. Elizarova. A Study of the Sulfuric Acid Leaching of Rare-Earth Elements, Phosphorus, and Alkali Metals from Phosphodihydrate // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2010. - Vol. 83, No. 6. - Pp. 958–964 [на англ. яз.].
- 5 Локшин Э.П., Калинин В.Т., Тареева О.А. Извлечение редкоземельных элементов из промпродуктов и техногенных отходов переработки Хибинского апатитового концентрата // Цветные металлы – 2012. – № 3. – С. 75 – 80.

6 Preston J.S., Cole P.M., Craig W.M., Feather A.M. The recovery of rare earth oxides from a phosphoric acid by-product. I. Leaching of rare earth values and recovery of a mixed rare earth oxide by solvent extraction // Hydrometallurgy. – 1996. – Vol. 41. – P. 1-19 [на англ. яз.].

7 Lokshin E.P., Vershkova Y.A., Vershkov A.V., Tareeva O.A. Leaching of lanthanides from phosphohemihydrate with nitric acid // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2002. – Vol. 75. – P. 1753-1759 [на англ. яз.].

8 Косынкин В.Д., Селивановский Т.Т., Смирнов К.М., Крылова О.К. Комплексная переработка фосфогипса с получением химически осажденного мела, гипса и концентрата редкоземельных элементов // Цветные металлы. – 2012. – № 3. – С. 31 – 34.

9 Sizyakov V.M., Nutrihina S.V., Levin B.V. Technology of complex processing of phosphogypsum by conversion method to produce ammonium sulfate, phosphomel and new products // Journal of Mining Institute. – 2012. – Vol. 119. – P. 239–244 [на англ. яз.].

10 Найманбаев М.А., Бектурганов Н.С., Лохова Н.Г., Балтабекова Ж.А., Дукембаева А.Ж. Разработка технологии комплексной переработки отхода производства фосфорных минеральных удобрений // Междунар. совещание «Прогрессивные методы обогащения и комплексная переработка природного и техногенного минерального сырья» (Плаксинские чтения – 2014). – Алматы, 2014. – С. 385-388.

Работа проводилась в рамках Программы BR18574006, при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

ЖІКСІЗ БОЛАТ ҚҰБЫРЛАРДЫ ИЛЕМДЕУ БАРЫСЫНДА САПАСЫН АРТТЫРУ ЖАҒДАЙЫНДА ОТҚАБЫРШЫҚТЫ ЗЕРТТЕУ

МУРАТБЕК Л.

магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

БЫКОВ П. О.

т.ғ.к., профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

ШОШАЙ Ж.

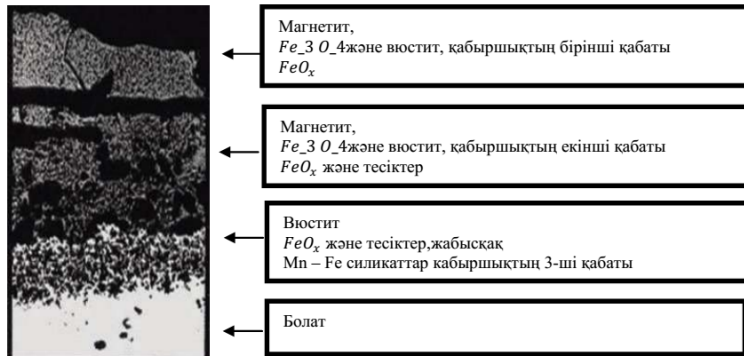
аға оқытушы, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Қазіргі уақытта металлургия өнеркәсібі нарығында маңызды өнімдерді өндіруші өндірістердің бірі - құбыр илемдеу өндірісі болып табылады. Сол себепті жоғары сапалы өнімді қамтамасыз ету үшін отқабыршықтарды жіксіз болат құбырлар бетінен тиімді және үнемді түрде жою қажет.

«Отқабыршық» күйылған құбыр дайындамаларында және илемдеу процесіндегі өнімнің бетін қоршаған ортаның әсерімен (негізінен ауадан оттегі арқылы) жылыту кезінде өзара әрекеттесу нәтижесінде пайда болады. «Отқабыршық» физикалық қасиеттері бойынша негізгі металдан ерекшеленеді, сондықтан өнімді одан әрі өңдеуді қиындатады, сонымен қатар дайын өнімді пайдалану кезінде оның сапасы мен тұрақтылығын төмендетеді [1].

Дайындамада «отқабыршықтың» болуы, егер бастапқы илемдеу процессінде жеткілікті түрде алып тастамаған кезде, оны күйдіруге және беткі ақаулары бар өнімнен илемдеуден кейін алуға әкеледі, бұл соңғы өнімнің бетінің сапасын (сорт мен сыртқы түрін) төмендетеді. Оны алып тастау айтарлықтай қосымша еңбек шығындарын тудырады және өнімнің өзіндік құнын арттырады. Дайын прокаттың ішкі құрылымында жанған отқабыршық, оның механикалық қасиеттерін төмендетеді. Екінші реттік отқабыршық илемдеу барысындағы өнімнің қасиетіне қарағанда қаттылығы мен беріктігі едәуір жоғары, бұл керек өнімнің абразивті тозуына және илемдеу жабдықтарының беріктігінің төмендеуіне әкеледі.

Отқабыршық – жоғары температуралы металл тотығуының немесе газ коррозиясының өнімі болғандықтан дайын болат өнімінде әдетте қалыңдығы 20 мкм-ден аз (көбінесе 7–15 мкм) кездеседі [2].



Сурет 1 – Отқабыршық қабаттарының құрылымы

Қабыршықтың сыртқы қабаты әдетте FeO (гематит), металға іргелес ішкі қабат – Fe_2O_3 (вюстит). Легирленген болаттардың бетінде күрделі оксидтер түзіледі ($NiO \cdot Fe_2O_3$, $FeO \cdot Cr_2O_3$ және т.б.). Ыстықтай илемделген құбырларды өндіруде темір қабыршықтарының бірнеше түрі, олардың құрылымы мен фазалар саны әр түрлі пайда болады: В

Кесте 1 – Қабыршықтардың типтерінің көрінісі

1 түрі	2 түрі	3 түрі	4 түрі
магнетит пен металл темірден тұратын екі қабатты қабыршықтану. Бұл түр кең жолақтың және орамның ортасының баяу салқындатылатын бөліктеріне тән. Бұл металл шкаласы вюститтің ыдырауының өнімі болып табылады және көбінесе оның құрылымында аз мөлшерде ыдырамайтын вюстит бар және бұл орамдарды немесе аз массалы орамдарды тез салқындатуға тән.	металлға іргелес вюстит қабаты мен магнетит қабатынан тұратын темір шкаласы. Қабыршықтың бұл түрі қарқынды салқындатылған кең жолақты аймақтарға тән.	гематиттің сыртқы қабаты орналасқан магнетиттің негізгі қабатынан тұратын темір шкаласы. Жолақтың шеттері кара түске ие.	үш қабатты қабыршықтану: магнетит – вюстит-магнетит. Бұл түрі тез салқындатылатын тар жолақтарға тән

Дайындама мен илемделген құбырлардың қабыршықтарының болуы өнімнің әртүрлілігін, қосымша материалдық шығындарды, үлкен қосымша еңбек шығындарын тудырады және өнімнің өзіндік құнын төмендетеді. Ал физикалық қасиеттері бойынша негізгі металдан біраз ерекшеленеді, сондықтан ол өнімді одан әрі өңдеуді қиындатады, соның әсерінен металл бетіне сызу, престоу, штамптау, қаптау сияқты процестерді іс жүзінде мүмкін емес етіп қана қоймай, сонымен қатар, дайын өнімді пайдалану кезінде оның сапасы мен тұрақтылығын төмендетеді. Болат бөлшектердің жалын пештерінде қыздырылған кезде беті пеш газдарымен әрекеттеседі.

Нәтижесінде, металл тотығады және бөлшектерде қабыршық арқылы – металдың оттегімен химиялық қосылысы, түзілетін ақаулар пайда болады. Температураның жоғарылауымен және экспозиция уақытының ұлғаюымен пайда болу металдың қабыршақ түсуіне әкеліп қана қоймайды, сонымен қатар бөлшектердің бетіне зақым келтіреді. Қабыршақтың астындағы болаттың беті тоттанған және тегіс емес, бұл металды кесу құралымен өндеуді қиындатады [3].

Осылайша, құбыр беті және бөлшектердің тұтастығының бұзылуына, материал құрамының гетерогенділігіне байланысты болуы мүмкін ақауларды іздеуге бағытталған: қоспалардың болуы, химиялық құрамның өзгеруі, негізгі фазадан басқа материалдың басқа фазаларының болуы, номиналды мәндерден өлшемдер мен физика-механикалық сипаттамалардың ауытқуы, пішіннің бұзылуы және басқа себептер мен энергия ресурстарын үнемдеу кезінде өнімнің сапасын жақсартуға және сол арқылы оның бәсекеге қабілеттілігін арттыруға мүмкіндік беретін көміртекті және төмен легирленген болаттардағы қабыршықты кешенді зерттеу өзекті болып табылады.

Қазіргі уақытта өнім беттерін тазартудың көптеген технологиялары бар. Олардың әрқайсысының белгілі бір артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Көптеген тазарту технологияларын қолданған кезде процестің экологиясы алынған. Қалдықтарды көдеге жарату мәселесі өте өткір. Зерттеп отырған отқабыршықты тазартудың химиялық, механикалық, гидравликалық және басқа әдістері бар.

Механикалық тазалау әдістері ең қарапайым, бірақ өнімділігі төмен. Оларды жабдықтың қол жетімді аймақтарын тазарту үшін басқа әдістермен бірге қолдану ұсынылады. Бұл әдіс ластану қабатын бұзу және жою үшін қатты затты тазарту объектісіне әсеріне негізделген. Тазартудың механикалық әдістері қыздырылған

және суық дайындамалар үшін қолданылады. Қолмен тазалау құрылғылардағы қырғыштармен жүзеге асырылады.

Металдарды қыбыршықтан тазартудың химиялық әдістері қышқылдар мен сілтілердегі оксидтерді еріту болып табылады. Бұл әдістер үлкен өндіріс орындарының өндірісін жою, қайта өңдеу және ағынды суларды тазарту шығындарын талап етеді. Жолдарды тазартудың химиялық тәсілдері, энергияны көп қажет ететін, қызмет көрсетуші персоналдың денсаулығына зиянды, өндірістік жабдықтарды коррозияға ұшыратады, қоршаған ортаны ластау көзі болып табылады.

Гидравликалық әдіс - жоғары қысымды сумен ыстық илемдеу кезінде металл бетінен отқабыршақты кетіру. Отқабыршақты жоюды жеңілдету үшін су ағындары арқылы металдың қозғалысына қарсы бұрышпен бағытталады. пешті де, қайталама қабыршақты да кетіру үшін прокат өндірісінде кеңінен қолданылады.

Қажетті қысыммен су жеткізілетін стационарлық коллекторлар (жинақтар) түріндегі отқабыршақтар гидравликалық әдістерді алып тастауға арналған құрылғылардың конструкциялары ең көп өнеркәсіптік қолданысқа ие болды. Қабыршақты гидравликалық жою бір уақытта жоғарыдан да, төменнен де жүзеге асырылады.

Сумен жабдықтау жұмыс қысымы 65,0 МПа-ға дейін, ал тұтыну қуаты 150 кВт-қа дейінгі көлемді сорғылармен жүзеге асырылады. Бұл әдістің атауы-гидродинамикалық тазарту. Бұл әдісті қолданған кезде кез-келген тот пен қабыршақтарды кетіруге болады. Құбырлар мен құбырларды тазарту металға дейін жүзеге асырылады, сапалы түрде жүзеге асырылады, соның арқасында жаңа түрдегі қабыршақтың пайда болуы баяулайды [4-5].

Сонымен қатар, бұл әдіс механикалық және химиялық әдістерге қарағанда артықшылықтарға ие, өйткені металдың зақымдану ықтималдығы аз. Сондай-ақ, бұл әдіс экологиялық таза болып саналып отыр. Қазіргі таңда экологиялық таза әдістерді қолдану өзекті болғандықтан әдебиеттік шолу нәтижесінде осы технологияны қолдану тиімді және экономикалық жағынан пайдалы екенін тұжырымдауға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Темлянец М. В. Окисление и обезуглероживание стали в процессах нагрева под обработку давлением / М.В. Темлянец, Ю.Е. Михайленко. – М. : Теплотехник, 2006. – 200 с.

2 Перетятко В.Н. Исследование влияния строения поверхностных слоев стали на удаление окалины после высокотемпературного нагрева слябов под прокатку / В.Н. Перетятко, Н.В. Темлянец // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сборник научных трудов. – Новокузнецк: СибГИУ, 2006. – Вып. 16. – С. 63–70. http://metallsam.ru/Словарь_металлолома/Окалина

3 Темлянец М.В. Высокотемпературное окисление и обезуглероживание кремнистых пружинных сталей / М.В. Темлянец, Н.В. Темлянец // Заготовительные производства в машиностроении. – 2005. – №3. – С. 50–52.

4 Silk N.J. The practical aspects of hydraulic de-scaling. // Steel Times Int. 2001.25.N7- P.38-41,44

5 Shimizu M., Adachi A. e.al. // Cleaning method and cleaning apparatus for surface of sheet steel. // Патент 5884643 США, МПК В08 В3/00 № 165408 (Яп.).

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОКИСЛЕННЫХ МЕДНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЗАХСТАНА

МУХТАРХАНОВА Г. К.

магистрант, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д.Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ӘДІЛҚАНОВА М. Ә.

PhD, асоц. профессор, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д.Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

БЫКОВ Р. А.

к.т.н., Восточно-Казахстанский технический университет имени Д.Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

В настоящей статье приводится подробный вещественный анализ и результаты исследований по обогащению окисленной медной руды месторождений Казахстана методом флотации с применением предварительной сульфидизации.

Актуальность темы исследования заключается в том, что наиболее трудными объектами для переработки являются смешанные и окисленные медные руды, которые затрудняют получение высоких технологических показателей по выпуску качественных одноименных концентратов или высокого извлечения основных ценных компонентов.

Медная промышленность – одна из ключевых отраслей Казахстана. Казахстан располагает значительными ресурсами медных руд (четвертое место в мире по подтвержденным запасам) и может контролировать почти десятую часть мирового рынка. По оценкам казахстанских геологов, в недрах страны имеется порядка 40 млн. тонн меди, что позволяет республике, разрабатывая 17 месторождений, входить в число крупных в мире производителей и экспортеров рафинированной меди. Достоверные запасы меди в Казахстане оцениваются примерно в 36,6 млн. тонн. [2, с.36].

Для пополнения минерально-сырьевой базы меди в РК в последние годы были исследованы окисленные и смешанные медные руды таких месторождений как: Актогай, Коунрад, Бенкала, Нурказган, Шатыркуль, Карчига, Таскора, Борлы, Аяк-Коджан, Бозшаколь, Байтемир, Бесчоку, Жезказган, Вавилонское.

Особенности вещественного состава окисленных и смешанных руд цветных металлов определяют их технологические свойства. Одна из основных особенностей вещественного состава – сложность их минерального состава. Минералогия окисленных и смешанных руд значительно обширнее минералогии сульфидных руд, они имеют более тонкую структуру и весьма трудны для обогащения. Самые распространенные минералы меди, встречающиеся в зоне окисления почти каждого медного месторождения – малахит (отчасти азурит), минералы группы хризоколлы, куприт, мелаконит, вторичные сульфиды (халькозин, ковеллин) и самородная медь. Все остальные многочисленные минералы являются или второстепенными примесями, или получают широкое распространение лишь в редких специальных случаях [1, с. 26]

Окисленные и смешанные медные руды являются весьма труднообогатимыми, что обусловлено: сложным, многообразным и крайне непостоянным минеральным составом; тонкой структурой; значительной каолинизацией и серитизацией вмещающих пород; большим содержанием охристо-глинистых шламов и растворимых солей; отличающимися флотационными свойствами различных минералов меди.

Вторичные сульфиды меди (халькозин, ковеллин) обычно флотируются лучше первичных (халькопирит и борнит). К сравнительно легкофлотируемым относятся минералы так называемой свободной меди: малахит, азурит, куприт, тенорит; к труднофлотируемым – минералы связанной меди: хризоколла,

диоптаз, практически неизвлекаемые – алюмосиликаты и фосфаты меди, а также медь, тесно связанная с гидроксидами железа и марганца. Минералы водорастворимой меди (халькантит, бутит) требуют для своего извлечения из раствора применения специальной технологии [1, с. 33].

Исследования выполнялись на пробе окисленной медной руды с содержанием меди 0,5 %. По результатам рентгеноструктурного анализа, а также данным минералого-петрографических исследований установлено, что в пробе преобладают кварц, полевые шпаты, слюдистые минералы. Полевые шпаты представлены альбитом, микроклином и анортоклазом. Слюдистые минералы представлены преимущественно мусковитом. Среди карбонатных пород отмечаются кальцит и доломит. Рудные минералы представлены окисленными минералами меди (малахит, хризоколла, тенорит), а также вторичными сульфидными минералами (халькозин, ковеллин, борнит). Также в пробе отмечены зерна рутила. В виде единичных зерен обнаружены гидроокислы железа и сульфидные минералы (пирит, халькопирит). Процентное соотношение минералов в пробе приведено в таблице 1. Результаты полного фазового химического анализа на формы нахождения меди представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Минеральный состав пробы окисленной медной руды

Минерал	Содержание, %
Кварц	50,75
Полевые шпаты	24,60
Слюдистые минералы	18,20
Карбонатные минералы	3,85
Окисленные медные минералы (малахит, хризоколла, тенорит)	0,3
Вторичные медные минералы	0,2
Рутил	0,1
Сульфидные минералы	Единичные зерна
Гидроокислы железа	Единичные зерна
Прочие минералы	2,00

Таблица 2 – Результаты полного фазового химического анализа пробы окисленной медной руды на формы нахождения меди

Формы нахождения меди	Содержание, %	
	абс.	отн.
Халькантит	0,052	10,4
Карбонаты меди (малахит, азурит)	0,22	44,0
Хризоколла, тенорит, куприт	0,05	10,0
Вторичные сульфиды (борнит, халькозин, ковеллин)	0,15	30,0
Первичные сульфиды (халькопирит)	0,028	5,6
Сумма:	0,50	100,0

Рудные минералы образуют вкрапленную, прожилково-вкрапленную и прожилковую минерализации. Среди рудных минералов отмечены окисленные минералы меди (малахит, хризоколла, реже тенорит), вторичные сульфиды (халькозин, ковеллин и борнит) и единичные зерна халькопирита. Также в пробе развита вкрапленность рутила, гидроокислов железа и единичные зерна пирита, ильменита.

Окисленные медные минералы в пробе представлены малахитом, хризоколлой и теноритом. Преобладает все же малахит. Развит он как по трещинам породы, образуя прожилковую минерализацию, так и в самой породе с образованием редкой, неравномерной вкрапленной минерализации (рис. 1).

Во вкрапленной минерализации малахит развит в виде ксеноморфных скоплений, также отмечены редкие таблитчатые и лучеобразные зерна, скопления зерен. Размер зерен колеблется от 100–150 мкм до 0,3–0,5 см, реже отмечены более крупные скопления до 1,5–2 см. В виде единичных зерен отмечены концентрические скопления малахита. Прожилковая вкрапленность развита, как уже говорилось выше, по трещинам породы. При раскалывании образцов видно, что малахит образует в трещинах густую вкрапленность и аморфные натечные формы. Реже отмечены концентрически-зональные и лучеобразные формы. В аншлифах были отмечены миндалевидные скопления малахита. Обнаружены единичные ритмически-зональные образования, сложенные малахитом и теноритом. Кроме малахита, тенорит также отмечен в ассоциации с халькозином. При детальном изучении в пробе отмечены буквально единичные гнезда малахита в ассоциации с хризоколлой. В виде самостоятельных зерен хризоколлы не обнаружена.

Кроме окисленных минералов меди в пробе также проявлены и вторичные медные минералы. Представлены они преимущественно халькозином, в меньшей степени проявлен ковеллин и халькозин.

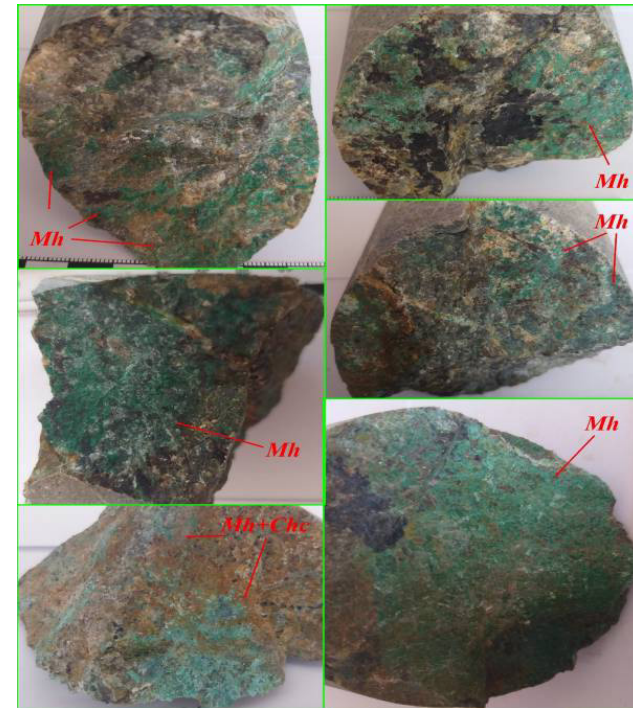


Рисунок 1 – Вкрапленность и натечные формы малахита, выполненные по трещинам пород (Mh – малахит)

На основании результатов изучения вещественного состава пробы окисленной медной руды установлено:

- содержание меди в руде составляет $0,50 \div 0,53$ %, из которых 64,4 % отн. представлено кислородсодержащими соединениями, 30,0 % отн. вторичными сульфидами и 5,6 % отн. первичными сульфидами;
- в петрографическом плане проба руды сложена лавами, лавобрекчиями и туфами риолитового (риолитдацитового) состава;
- преобладают в пробе следующие минералы: кварц, полевые шпаты и слюдястые минералы;

– медные минералы в пробе представлены окисленными (малахит, хризоколла, тенорит), вторичными сульфидными минералами (халькозин, ковеллин, борнит) и единичными зернами халькопирита;

– среди окисленных минералов преобладает малахит. Разлит он в виде ксеноморфных, лучеобразных и концентрических скоплений, а также в виде прожилковой минерализации. Прожилковая минерализация приурочена к трещинам пород;

– вторичные минералы представлены халькозином, борнитом и ковеллином. Следует отметить, что в лавах (лавобрекчиях) халькозин и ковеллин развит в виде редких скоплений в форме миндалин. Сложены миндалины кварцем, реже кварц-карбонатным агрегатом. В них развита интенсивная вкрапленность зерен халькозина и ковеллина. В туфах более интенсивная вкрапленность, сложенная собственно халькозином. В ассоциации с халькозином развит борнит, ковеллин и халькопирит.

Была проведена переработка окисленной руды по стандартной схеме включающей:

- Измельчение руды до крупности 65 % класса минус 0,071 мм;
- Получение «медной головки», основную и контрольную флотацию;
- Перечистку концентрата основной флотации;
- Концентрат контрольной флотации и хвосты первой перечистки направлялись в основную флотацию.

При переработке руды по данной схеме был получен суммарный концентрат с содержанием меди 9,66 % и отвальные хвосты с содержанием – 0,15 %, при извлечении меди 69,82 % и 30,18 от руды соответственно.

Согласно минералогическому анализу и фазовому составу окисленная медная руда представлена окисленными (малахит, хризоколла, тенорит), вторичными сульфидными минералами (халькозин, ковеллин, борнит) и единичными зернами халькопирита.

Сульфидные минералы меди имеют хорошие флотационные свойства, а для усиления флотации окисленных минералов меди использовалась предварительная сульфидизация. Наиболее распространенным сульфидизатором является сернистый натрий. Регулирование процесса сульфидизации осуществляется по величине окислительно-восстановительного потенциала (ORP). Исследования окисленных руд на обогатимость методом флотации

проводились в направлении отдельной флотации сульфидных и окисленных минералов меди.

Обогащение медной окисленной руды с предварительной сульфидизацией проводилось по схеме включающей:

- измельчение руды до крупности ~ 80 % класса минус 0,071 мм;
- основную сульфидную флотацию
- основную и контрольную окисленную флотацию;
- две перечистки черного концентрата основной сульфидной и основной окисленной флотации;

– промпродуктовую флотацию концентрата контрольной окисленной флотации и хвостов первой перечистки. Концентрат промпродуктовой флотации направлялся в первую перечистку.

При переработке руды по нами предложенной схеме был получен концентрат с содержанием меди 21,20 % и отвальные суммарные хвосты с содержанием – 0,171 %, при извлечении меди 65,73 % и 34,27 % от руды соответственно.

Полученные данные позволяют сделать вывод о преимуществе переработки руды с предварительной сульфидизацией и в направлении отдельной флотации сульфидных и окисленных минералов меди. По сравнению со стандартной схемой (содержание меди 9,66 %) получен более качественный медный концентрат с содержанием меди 21,20 %.

Результаты изучения вещественного состава и проведение переработки окисленной медной руды методом флотации, изложенные в настоящей статье, будут использованы при проведении исследований по разработке эффективной технологии переработки окисленной медной руды.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абрамов А.А. Технология обогащения окисленных смешанных руд цветных металлов. – М.: Недра, 1986, –302 с
- 2 Жарменов А.А. Комплексная переработка минерального сырья Казахстана. Состояние, проблемы, решения. – ТОО Полиграфсервис, 2008, – Т.5, – 426 с.

СИЛИКОМАРГАНЕЦТІ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖАҒДАЙДА ЖАҢА ШИКІҚҰРАММЕН АЛУДЫ ЗЕРТТЕУ

МЫҢЖАСАР Е. А.

докторант, Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау қ.

МАХАМБЕТОВ Е. Н.

PhD, Ж.Әбішев атындағы химия-металлургиялық институты, Қарағанды қ.

ӘБДІРАШИТ А. М.

докторант, Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау қ.

НУРУМГАЛИЕВ А. Х.

т.ғ.д. профессор, Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау қ.

ЮДЖЕЛ О.

PhD, профессор, Ыстамбұл техникалық университеті, Ыстамбұл қ.

Силикомарганец – тауарлық және қайта өңделетін болып бөлінеді. Тауарлық силикомарганец болатты тотықсыздандыру және легірлеу үшін қолданылады. Қайта өңделетін силикомарганец орташа және төмен көміртекті ферромарганец пен металдық марганецті силикотермиялық әдісімен өндіру үшін құрамында кремний бар материал ретінде пайдаланылады [1].

Силикомарганец – болат балқыту өнеркәсібі үшін маңызды жоғары сапалы қорытпа [2]. Дәстүрлі технология бойынша силикомарганец марганец кені, кварцит, қождамалар, тотықсыздандырғыштар, сондай-ақ қайта балқытылатын және жарамсыз өнімдердің әр түрлі мөлшерінен алынады [3].

Силикомарганецті өндіруге арналған шикізаттағы негізгі тотық компоненттері MnO , SiO_2 , CaO , MgO және Al_2O_3 болып табылады. Мнжалпы және SiO_2 ішінара тотықсызданады, ал тұрақты CaO , MgO және Al_2O_3 оксидтері қайтымсыз болып саналады және толығымен қожға өтеді. Бұл тотықтар тотықсыздану процесіне қатыспаса да, олар қождың термодинамикалық және физикалық қасиеттері үшін үлкен маңызға ие [4].

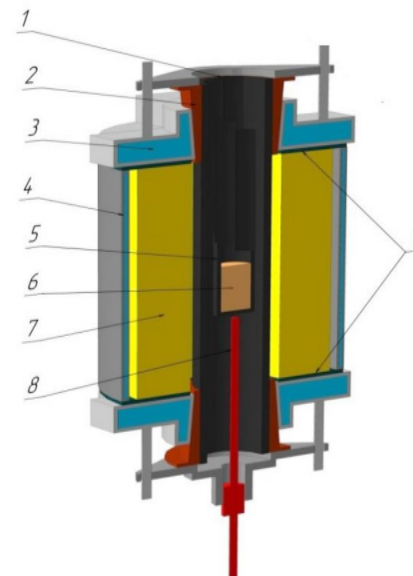
Силикомарганецті өндіру процесінде негізгі элементтердің тотықсыздану реакциялары келесідей:



Осы реакцияларда металл, қож және газ/шаң фазалары пайда болуы кезінде көптеген элементтердің тотықсыздану, балку және газ пайда болу реакциялары бір уақытта жүреді [5].

Эксперименттік бөлім.

Силикомарганецті карботермиялық әдіспен алу бойынша зерттеу жұмыстары жоғары температуралық зертханалық Тамман пешінде жүргізілді (1-сурет). Балқыту барысында тотықсызданудың кинетикалық параметрлері зерттелді. Кинетикалық параметрлері $1473\text{ }^\circ\text{K}$ ($1200\text{ }^\circ\text{C}$), $1673\text{ }^\circ\text{K}$ ($1400\text{ }^\circ\text{C}$), $1773\text{ }^\circ\text{K}$ ($1500\text{ }^\circ\text{C}$), $1823\text{ }^\circ\text{K}$ ($1550\text{ }^\circ\text{C}$) температураларында изотермиялық әдіспен анықталды.



1 - көміртекті-графитті құбыр; 2 - мысты сақина; 3,4 - сумен суытылатын қақпақ және корпус; 5 - тигель; 6 - зерттелетін шихта; 7 - қорғаныш қаптама; 8 - термopapa; 9 - окшаулағыш материал;

Сурет 1 – Тамман пеші (қиылған көрінісі)

Силикомарганец балқыту үшін шикіқұрам материалдары ретінде Жайрем марганец кені, орта көміртекті ферромарганец қожы және металлургиялық кокс алынды. Шикіқұрамның қатынасы негізгі кендегі Mn және Si тотықтарын тотықсыздандырғыштағы қатты көміртегі C бөліп алатындай етіп есептелінді. Шикіқұрам туралы толығырақ ақпарат 1 және 2 кестеде көрсетілді. Материалдар араластырылып графиттік тигелге ($\varnothing = 22\text{ мм}$, $h = 80\text{ мм}$) салынды.

Графиттік тигелге толтырылған шикіқұрам вольфрам-рений сымдарымен пештің жоғары температура бөлігіне түсіріліп, сәйкесінше сымдар таразыға ілінді. Температура тигелдің астындағы зонамен тіркелді. Зерттеу үлгілері 4 түрлі температурада және әр түрлі ұстау ұзақтымен жіргілді. I. 1473 °K (1200 °C), ұстау ұзақтығы 20 минут; II. 1673 °K (1400 °C), ұстау ұзақтығы 30 минут; III. 1773 °K (1500 °C), ұстау ұзақтығы 15 минут; IV. 1823 °K (1550 °C) ұстау ұзақтығы 30 минут.

Әрі қарай тигель салқындаған соң, екіге бөліп, балқыманың металл, қож және балқымаған шикіқұрамды суретке түсіріп, түрлі температуралар айырмашылығына анализ жасалды.

Кесте 1 – Шикіқұрам материалдарының химиялық құрамы, %.

Аталуы	Mn _ж	Fe _ж	MgO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	S	Рж	қ.к.ж.
Марганец кені	36,93	6,21	0,72	38,33	26,17	4,05	1,29	0,042	6,15
Марганецті қож	17,86	0,65	2,5	26,38	41,7	13,8	0,005	0,006	-

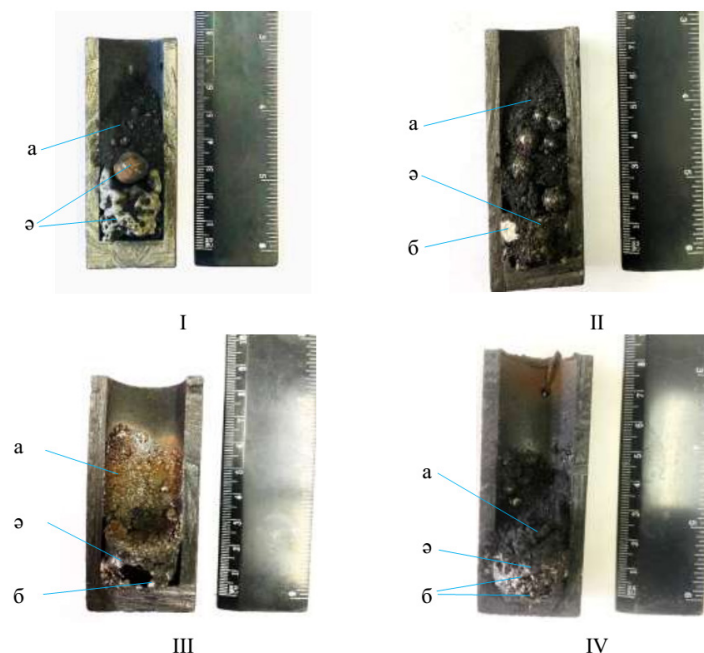
Кесте 2 – Кокстың химиялық құрамы, %.

Vж	Wж	Aж	Ск.	S
1.14	0.21	13.35	85.29	0.88

Нәтижелер мен талқылау

Осы зерттеу жұмысында силикомарганец балқытуға арналған шикіқұрамың бастапқы температурасы мен металл түзілу температурасы зерттелді.

Төменгі суреттерде (2-сурет) әр түрлі температурада зерттеу жүргізілген үлгілердің балқымасы көрсетілген.

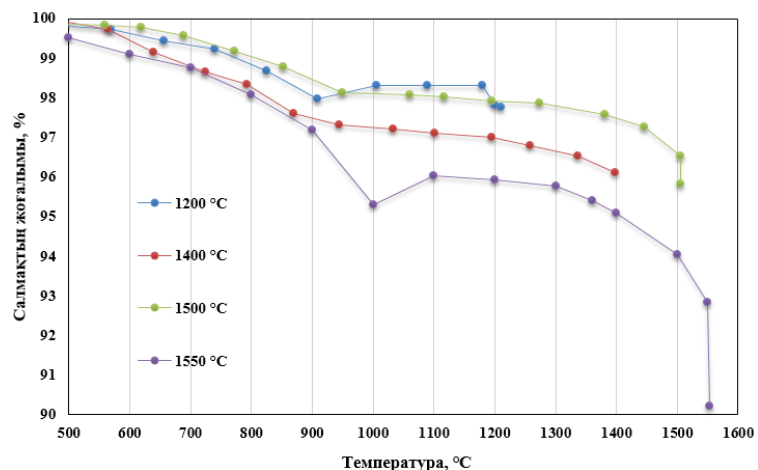


1473 K (1200 °C), ұстау ұзақтығы 20 минут; II. 1673 K (1400 °C), ұстау ұзақтығы 30 минут; III. 1773 K (1500 °C), ұстау ұзақтығы 15 минут; IV. 1823K (1550 °C), ұстау ұзақтығы 30 минут.

Сурет 2 – Зерттеу жүргізілген үлгілердің балқымасы

I үлгіде шикіқұрамның тотықсыздану процесінің басталуы, яғни бай марганецті қож (ә) және тотықсызданып үлгермеген шикіқұрам (а) байқалады. II үлгіде температураның артуы нәтижесінде балқымаған шикіқұраммен (а) араласқан кішкене металл түйіршіктері (б) және ірі қож бөлшектері (ә) пайда болғаны көрінеді. III үлгіде шикіқұрамның толық тотықсызданып, көміртегі, оттегі секілді газдардың СО күйінде ұшуы нәтижесінде балқыманың өз салмағын жоғалтып, қатты бір күйге (ә) өткендігі көрініп тұр. Сонымен қатар III үлгінің, яғни тигелдің ішкі қабырғасына шикіқұрам (а) жабысып, ал түп жағына металдың ірі түйіршіктері (б) жинала бастаған. Бұл дегеніміз, шикіқұрам толық сұйық күйге айналған соң, тұрақты температурада 1500 °C, ұстау ұзақтығы 15 минутта изотермиялық тотықсыздану әсерінен сұйық балқымада қож бен металдың бөліну кезеңі басталатынын білдіреді. IV үлгіні

сынактан өткізу барысында температураның өсуі 1500 °С-тан артқан кезде, балқыма салмағы күрт азая бастады (3-сурет). Бұл жағдайды Вант-Гофф ережесіне сүйене отырып, тәжірибе жүзінде температура әрбір 10 °С-қа артқанда, реакция жылдамдығы 2–4 есе өсетіндігі туралы тұжырымдама жасауға болады. Демек, температура артқан сайын металл мен қождың бөлінуі де арта түседі. IV үлгіде аз мөлшерде балқымаған шикіқұрам (а), қож (ә), тигел түп жағынан ірі металл (б) және қож бөлігінен кішкене металл түйіршіктері (б) табылды. 3-суретке назар аударсақ, аталған барлық үлгілердің салмақ жоғалымының көрсеткіштері температура артқан сайын азаяды.



Сурет 3 – Салмақ жоғалымының көрсеткіші

Қорытынды

Жайрем марганец кені, орта көміртекті ферромарганец қожы және тотықсыздандырғыш қолдану арқылы сынамалық силикомарганец балқыту кезінде, металл мен қождың түзілуіне қажетті температураның маңыздылығы айқындалды.

Эксперименттік зерттеу нәтижесінде келесідей қорытынды шығаруға болады:

- оңтайлы қажетті температура (1500 – 1550 °С);
- балқыту уақыты (15 – 30 минут);
- металдың түзілуі (1500 °С);
- қатты көміртектің шығыны (7,14 грамм).

Сонымен қатар, зерттеу нәтижесінде сынамалық силикомарганецті жаңа шикіқұраммен алудың оңтайлы нұсқасы ұсынылды.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 В. Ф. Мысық, А.В. Жданов, В.А. Павлов. *Металлургия ферросплавов: Технологические расчеты*, Екатеринбург, Издательство Уральского университета, 2018, стр. 540.

2 V.Canaguier., M.Tangstad. *Kinetics of Slag Reduction in Silicomanganese Production*, Metallurgical and materials transactions B., 2020, volume 51B (<https://doi.org/10.1007/s11663-020-01801-3>)

3 M. Tangstad, P. Calvert, H. Brun, and A.G. Lindseth: *INFACON X.*, 2004, pp. 213–22.

4 S.E.Olsen., M.Tangstad. *Silicomanganese production - process understanding*, INFACON X., Cape Town, 2004.

5 Y.Ma, E.Moosavi-Khoonsari, I.T.Kero, G.M.Tranell. *Element Distribution in the Silicomanganese Production Process*, Metallurgical and materials transactions B, 2018, volume 49B (<https://doi.org/10.1007/s11663-018-1358-9>).

INVESTIGATION OF ZINC ORE PROCESSING USING HEAP LEACHING

NURKANOVA M. K.

Student, D. Serikbayev EKTU, Ust-Kamenogorsk

ABDULLINA S. A.

PhD, associate professor, D. Serikbayev EKTU, Ust-Kamenogorsk

MASLENNIKOV O. O.

PhD, auditor, Joint-Stock Company «Ulba Metallurgical Plant», Ust-Kamenogorsk

There are many deposits of lead-zinc ores on the territory of the Republic, where metal extraction is possible using heap leaching processes. These include, first of all, the ores of the Ridersky, Zyryanovsky, Zhayrem, Tekeli, Koksuy and dumps of a number of other deposits.

For the purposes of heap leaching, as a rule, sites are selected that are particularly unfavorable for mining by conventional mining methods or lost during extraction, as well as off-balance sheet and dump ores. The chemical composition in such ores can be very diverse from pure

sulfide, with a low content of carbonates, to oxidized with a high content of silica and carbonates. In areas affected by natural endogenous oxidative phenomena, lead, zinc and other metals may be in the form of sulfates.

As for oxidized ores with a high content of carbonates, the zinc in such ores is mainly in the form of smithsonite $ZnCO_3$. Leaching of such ores is not difficult and can be carried out with hydrochloric and sulfuric acids when sodium chloride is added to the solution. Leaching of oxidized ores, in which zinc is in the form of calamine silicate, is somewhat more difficult.

The leaching process of lead and zinc sulfides is much more complicated. As a rule, in these cases, galena and, especially, sphalerite are associated with pyrite. There is a problem of selecting effective solvents for converting lead and zinc into soluble compounds. To do this, it is necessary to proceed from the following requirements for them [1, p. 208]: the maximum possible selective leaching of useful components from ores; the absence of secondary reactions between the host rocks and solutions with the formation of insoluble sediments or excess gases that could encircle the pores in the ore body.

When processing various zinc-containing raw materials to obtain commercial zinc and zinc products, one of the most commonly used technological operations is the leaching of zinc-containing raw materials to obtain zinc-containing solutions. The zinc-containing solutions obtained during leaching are supplied for subsequent processing [2, p. 103].

Hydrometallurgical processing of carbonate ores of the Zhayrem deposit by the method of vat and heap leaching contributed to obtaining modest technological indicators. During the vat sulfuric acid leaching of ore and the consumption of sulfuric acid 3.7 t/t of zinc, a productive solution with a zinc content of 10.4 g/l was obtained with the extraction of 60.8%. With heap sulfuric acid leaching of ore and acid consumption of 3.4-3.9 t/t, a productive solution with a zinc content of 5.5-5.3 g/t was obtained with 51-54% extraction. Due to the low technological indicators obtained during the processing of zinc carbonate ores of the Zhayrem deposit, they were transferred to the category of off-balance ores.

Vat sulfuric acid leaching of the ore of the Shaimerden deposit ensured the production of a productive solution with a content of 70-100 g/l when up to 82% zinc was extracted into the solution. The low zinc content in ore leaching solutions (70-100 g/l) did not allow them to be directly used in electrolysis. To increase the zinc concentration to 150-

160 g/l, it is necessary to use extraction with re-extraction, which will require significant capital investments.

A method of underground and heap leaching of useful components is known, which includes the preparation of ore for leaching, the supply of a leaching solution into it, the collection and processing of productive, the intensification of the leaching process by periodic loosening of the ore mass, in particular, with the help of pneumatic structures [3].

The disadvantage of the method is that loosening of the ore mass changes only the filtration structure of the leached volume, but does not accelerate the diffusion exchange between the solvent and the dissolved useful component at the interface of the phases and, therefore, does not increase the extraction of the useful component from the raw material in comparison with conventional leaching carried out under normal conditions for seeping solutions [4].

The closest in terms of technical essence and the achieved result is the method of leaching oxidized and mixed copper-containing ores and their enrichment products, including irrigation of the material with mine waters that have undergone electrochemical treatment, having a pH of 2.2 to 2.5, an oxidizing potential of 600-700 mV and containing dissolved oxygen in an amount of 11-24 mg/l [5]. The disadvantages of the method are: lower efficiency when leaching ore of a fineness class of more than 2 mm and higher sensitivity to its material composition.

A method for leaching oxidized zinc ores, including irrigation of the material with mine waters, collection of a productive solution, characterized in that the irrigation of the material is carried out with mine waters that have undergone electrochemical treatment with the preliminary addition of NaCl salt in an amount of 1 to 20 g/l and characterized after treatment by the following indicators: pH value from 2 to 8; oxidative-reduction potential (ORP) 600÷1200 mV; concentration of active chlorine ions 50÷3000 mg/l; oxygen concentration 15÷32 mg/l.

The purpose of the invention is to increase the efficiency of the leaching process. The method includes irrigation of the material with mine waters, collection of productive solution. Irrigation of the material is carried out by mine waters that have undergone electrochemical treatment with the preliminary addition of NaCl salt in an amount from 1 to 20 g/l and are characterized after treatment by the following indicators: pH value from 2 to 8; redox potential 600÷1200 mV; concentration of active chlorine ions 50÷3000 mg/l; oxygen concentration 15÷32 mg/l.

The technical result is an increase in the extraction of zinc from the ore material, a reduction in the cost of the finished product, consists

in intensifying the leaching process by accelerating the dissolution of copper and zinc minerals and increasing the concentration of metals in the productive solution by using a solution of active chlorine, which is a strong oxidizer, as a solvent reagent, obtained by electrolysis of mine water with the preliminary addition of NaCl to it. In addition, due to the formation of active chlorine and oxidative processes on the anodes, Mn^{2+} ions contained in mine waters pass into MnO_4^- ions, which are also catalysts for the leaching process.

The technical result is achieved by the fact that in the leaching method of oxidized and zinc ores, including irrigation of the material with mine waters, the collection of a productive solution, according to the invention, irrigation of the material is carried out with mine waters that have undergone electrochemical treatment with the preliminary addition of NaCl salt in the amount of 1-20 g / l, with a concentration of active chlorine ions up to 3000 mg/l.

It is known that the leaching of ores can be significantly accelerated by exposure to various oxidizing agents: hydrogen peroxide, hypochlorites, air oxygen, permanganates, etc. These oxidizing agents are formed on anodes during the electrochemical treatment of basement waters [4].

The use of electrochemical treatment to obtain the declared characteristics of sub-basement waters allows to intensify the leaching process in a simple and environmentally friendly way.

The method is carried out as follows. The initial mine water is characterized by an average pH value from 3 to 4.5, an oxidation-reduction potential of 350-500 mV, and a dissolved oxygen content of 5-7 mg/l. After the addition of NaCl salt and subsequent electrochemical treatment in a non-diaphragm type apparatus, the mine waters are characterized by pH values from 2 to 8, Redox potential 600÷1200 mV, dissolved oxygen concentrations 15÷32 mg/l and active chlorine ion concentrations 50÷3000 mg/l. Leaching is carried out in a continuous mode on a bench installation. The leaching time was up to 30 days. As a result of leaching, a productive solution with a zinc concentration of 2200 mg/l is obtained. When the ore material is leached with untreated basement water and tap water with the addition of sulfuric acid to a pH value of 3 under the same conditions, the concentration of zinc in the productive solution does not exceed 500 mg/l, i.e. the rate of zinc leaching increases by 6 times [5, p 1].

In lead-zinc deposits, the zinc content is usually 2-3 times higher than the content of copper and lead, respectively. During heap and underground leaching of copper-zinc ores, zinc passes into solutions simultaneously with copper. A similar pattern is observed with natural underground leaching of

ores. Zinc is more active in its chemical properties than copper and passes into solution more intensively during leaching.

Precipitation of zinc in the form of hydroxides from heap leaching solutions is laborious and leads to the production of a poor (zinc in the precipitate is not more than 15-20%) highly ferrous product, further processing of which to a commercial product is technically difficult and economically impractical [3, p 1].

The most successful technology of deposition of a collective product containing copper, zinc, iron, gypsum from solutions of the mine inflow with a lime solution is presented by the work. Subsequent processing of the collective concentrate by sulfuric acid dissolution and subsequent extraction of copper by cementation, and zinc by a sulfide-containing reagent, allows to obtain high-quality marketable products. But, despite certain advantages, the technology is multi-stage, economically highly expensive and is an attempt to improve the technology we have given for processing solutions of the mine inflow.

For the first time, we have developed a technologically acceptable and cost-effective technology for extracting zinc from solutions of heap leaching of copper-zinc ores and from solutions of mine inflow to obtain a sulfide concentrate corresponding to OST 48-31-72.

After solving the problem of an intensive and mechanized method of decontamination of solutions in a drum cementator, the task of extracting zinc from decontaminated solutions was set. The theoretical prerequisites were the data on the values of the solubility products of carbonates, oxides and sulfides of those metals that are the main components of mine inflow solutions and heap leaching solutions. The concentration of sulfidion, which is directly involved in the deposition of metals, depends on the concentration of hydrogen ions (pH). Hence, the completeness of the deposition of metals (copper, zinc, iron) depends both on the amount of the sulfide-containing reagent introduced and on the acidity (pH) of the solution.

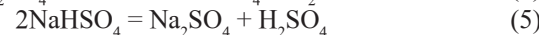
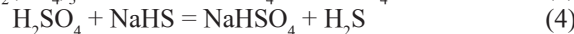
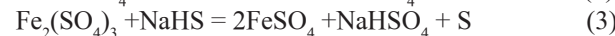
According to the accepted (set) residual concentration in the solution of the deposited metal (copper, zinc, nickel and iron) equal to 0.01 g/l, according to the content of sulfates in the solution, using the value of the instability constants of sulfate complexes, the residual content in the solution of metals in the form of simple double-charged ions at different pH values was calculated. Based on the residual content of metals in the solution, which are in the form of simple two-charged ions, and on the values of the solubility products of their sulfides, the residual content of sulfide ions in the solution was calculated. By the residual content

of the sulfide ion in the solution and by the dissociation constants of hydrogen sulfide acid, its equilibrium content in the undissociated state was calculated for each value of the hydrogen index

Laboratory studies of zinc extraction were initially carried out from solutions of the mine tributary of the Dektyarsky mine. Optimal conditions for the extraction of zinc from solutions of the mine inflow were tested on solutions of heap leaching of ores of the Nikolaevsky deposit [4, p 1].

As a sulfide-containing reagent, we selected a solution of sodium hydrosulfide.

Sodium hydrosulfide NaHS is a chemical waste and contains up to 18% sulfur. The amount of NaHS given was calculated according to chemical reactions:



NaHS solution was injected into the bottom of the reactor in order to reduce the release of H₂S into the atmosphere during stirring, T = 20–25 ° C, stirring time 5 minutes. The optimal NaOH consumption is 100–110 % of stoichiometry when extracting zinc at 98–99 %. Active co-deposition of iron begins after NaHS consumption of more than 140 % of stoichiometry.

To obtain zinc extraction within 98–99 %, it is sufficient to have τ = 2–5 minutes. The resulting concentrate contained 46.8 % zinc and 0.07 % iron. Optimal zinc deposition conditions (NaHS consumption 100 % of stoichiometry and τ = 2–5 minutes) were tested on highly ferruginous (Fe²⁺ 29.5 g · dm⁻³) solutions of KV ores of the Nikolaevsky deposit. Zinc extraction was 99%. After drying, the precipitate contained, %: Zn 46.93; Cu 0.07; Fe 4.35; S 30.86; H₂O 5.22. The optimal conditions for zinc deposition are the region of ph = 2–2.4 [5, p 1].

LITERATURE

1 Калабин А.И. Добыча полезных ископаемых подземным выщелачиванием и другими геотехнологическими методами. – М. : Атомиздат, 1981. – 304 с.

2 Malouf E.E., Praters J.D. Role of bacteria in the alteration of sulphide minerals // Jom. Metals. -

3 Патент РФ №2255127, кл. C22B 11/00, опубл. 27.06.2005.

4 Патент РФ №2245379, кл. C22B 3/04, опубл. 27.01.2005.

5 Патент РФ №2354819, кл. E21B 43/28, опубл. 10.05.2009 (прототип).

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУР КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ОКСИДНОЙ СИСТЕМЫ Nb₂O₅-SiO₂-CaO-TiO₂-Al₂O₃ ОТ ОСНОВНОСТИ

ПЕРМЯКОВ Н. А.

магистр, инженер, ИМЕТ УрО РАН, г. Екатеринбург

ЗАЯКИН О. В.

д.т.н., заведующий лабораторией стали и ферросплавов,

ИМЕТ УрО РАН, г. Екатеринбург

КЕЛЬ И. Н.

к.т.н., старший научный сотрудник, ИМЕТ УрО РАН, г. Екатеринбург

ШАРТДИНОВ Р. Р.

аспирант, младший научный сотрудник, ИМЕТ УрО РАН, г. Екатеринбург

Для проведения исследований температур кристаллизации шлаков предварительно были получены синтетические шлаки. Шлаки выплавляли в молибденовых тиглях из предварительно прокаленных в течение 2–3 часов при температуре 800 °С оксидов марки ч.д.а. Компоненты шлака перед загрузкой в тигле тщательно перемешивали. После расплавления шлак выдерживали при постоянной температуре в течение 30 минут с периодическим перемешиванием молибденовым прутом с целью гомогенизации расплава.

Измерение вязкости опытных образцов шлаков, изучаемой оксидной системы, проводили с использованием вибрационного вискозиметра конструкции С.В. Штенгельмейера [1], работающего в режиме резонансных колебаний, в молибденовых тиглях в атмосфере аргона. Данный прибор позволяет измерять вязкость в диапазоне 0,1–12,5 Па · с. Для измерения температуры применялась вольфрам-рениевая термопара ВР5/20.

Для получения резонанса требуется совпадение частоты тока, питающего катушку вибратора, и собственной частоты механических колебаний подвижной части вискозиметра.

При достижении резонанса амплитуда колебаний подвижной системы достигает максимума, в обмотке измерительной катушки индуцируется максимальная ЭДС [2].

Принцип работы прибора состоит в том, что при погружении шпинделя в расплав шлака резонанс нарушается, и чем больше вязкость расплава, тем сильнее уменьшается амплитуда колебаний подвижной системы и тем меньше становится ЭДС в измерительной катушке. При помощи автогенератора производится настройка вискозиметра на резонанс. Так как измерительная катушка находится в магнитном поле кольцевого магнита, в ней появляется ток с частотой, равной частоте колебаний подвижной части вискозиметра, т.е. ток резонансной частоты. Далее питающаяся от источника постоянного тока усилительная схема увеличивает мощность колебаний этого тока. Усиленные колебания снова поступают в катушку вибратора. Это обеспечивает автоматическую поддержку резонансных колебаний вискозиметра. Передача энергии колебаний от прибора к опоре микровинтового подъемника осуществляется за счет его установки на 4 пары амортизирующих спиральных пружин. Шпиндель изготавливается из молибденового прутка диаметром 1,5 мм и длиной 300 мм. В процессе измерения вязкости он погружается в расплав на 10 мм при помощи микровинтового подъемника, на котором закреплен прибор. Глубина погружения отсчитывалась по шкале подъемника, а началом отсчета служило качание шпинделем расплава, которое фиксировалось визуально [3].

Изменение вязкости измерялось цифровым милливольтметром, включенным параллельно катушке. Его показания пропорциональны амплитуде и частоте колебаний измерительной катушки. Для измерения температуры применялась W-Re термопара, подключенная к цифровому вольтметру. Образец шлака массой 25 г. загружался в молибденовый тигель, и устанавливался в печь. Замер вязкости шлака производился при непрерывном его охлаждении от момента полного расплавления (с выдержкой 10 минут) до кристаллизации или значительного снижения вязкости [4].

После окончания замера вязкости шлак снова расплавлялся для последующего его извлечения посредством намораживания на пруток. Перед каждым последующим опытом тигель промывался шлаком предстоящей плавки. Температура кристаллизации шлаков исследуемой оксидной системы определялась методом полулогарифмической обработки политерм вязкости в координатах «логарифм вязкости-обратная температура» [5].

Таблица 1 – Химический состав и температура кристаллизации (Ткр) образцов ниобиевых шлаков

Образец	Химический состав, мас. %							Основность	Ткр, °С
	Экспериментальный								
	SiO ₂	CaO	Nb ₂ O ₅	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅		
1	29,39	36,78	25,75	4,66	3,42	-	-	1,25	1186
2	37,82	22,40	28,84	4,87	6,06	-	-	0,59	-
12	20,42	42,84	29,79	4,31	2,64	-	-	2,10	1257

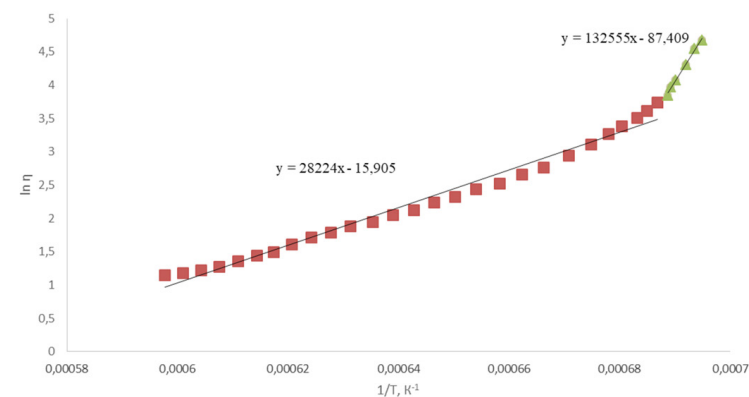


Рисунок 1 – Обр. № 1. Температура кристаллизации шлакового расплава

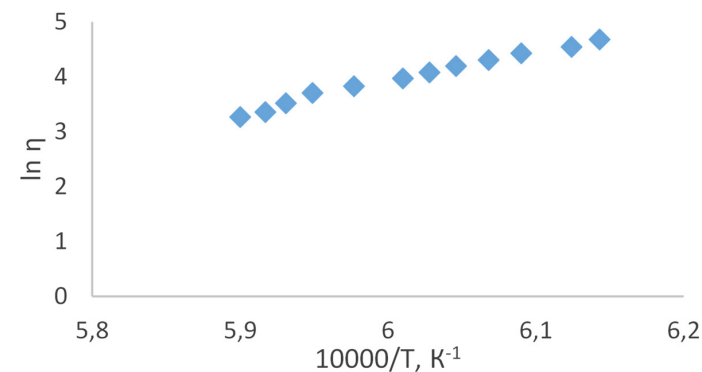


Рисунок 2 – Обр. № 2. Температура кристаллизации шлакового расплава

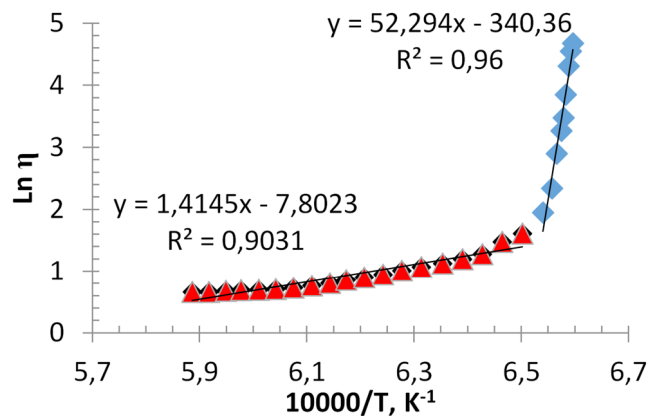


Рисунок 3 – Обр. № 3. Температура кристаллизации шлакового расплава

Изучено влияние флюсующих добавок в виде СаО на вязкость и температуры кристаллизации шлаков. Кислые шлаки с основностью 0,6 характеризуются самыми высокими значениями (из исследованных материалов) вязкости и температур кристаллизации: 2,63 Па*с при 1420 °С. Согласно данным МРСА, в шлаке находятся тугоплавкие фазы CaSiO_3 – 1540 °С; $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ – 1553 °С) и сверхтугоплавкие ($\text{Ca}_4\text{Nb}_2\text{O}_9$ – 1956 °С; Ca_2SiO_4 – 2130 °С). Присадка СаО до 22 % приводит к увеличению основности до 1,25, что значительно снижает температуру кристаллизации шлака до 1190 °С и вязкости, которая составляет 1,25–0,31 Па*с при 1250–1400 °С, однако характер кривой кристаллизации всё еще остается «длинным». Увеличение присадки СаО до 43 % приводит к снижению вязкости до 0,31–0,2 Па*с в температурном интервале 1300–1400 °С, при этом шлак переходит в разряд «коротких». Таким образом, присадка флюсующих материалов в виде СаО до 43 % позволяет получать благоприятные «короткие» шлаки с оптимальным значением основности 2,1, характеризующиеся наименьшей вязкостью.

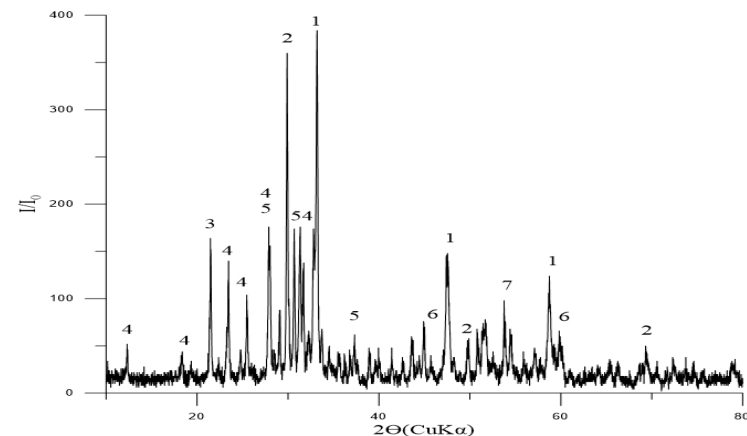


Рисунок 4 – Результаты РФА образца с повышенным содержанием СаО до 43 % (основность 2,1).

- 1 – $\text{Ca}_{3,33}\text{Nb}_{2,66}\text{Ti}_{0,667}\text{O}_{11,33}$ [05-001-0448],
- 2 – Ca_2NbO_7 [01-073-0597],
- 3 – $\beta\text{-SiO}_2$ [01-077-8310],
- 4 – Nb_2O_5 [00-027-1311],
- 5 – $\text{Ca}_3\text{Si}_3\text{O}_9$ [01-072-1396],
- 6 – Ca_3SiO_5 [01-086-0402],
- 7 – $\alpha\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$ [01-080-4708].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Штенгельмейер С.В., Прусов В.А., Богачов В.А. Усовершенствование методики измерения вязкости вибрационным вискозиметром // Заводская лаборатория. 1985. №9. С.56-57.
- 2 Интернет в России: Термодинамическое моделирование алюминотермического восстановления циркония из оксидов с образованием интерметаллидов. [Электронный ресурс] – URL: https://studexpo.net/382118/himiya/termodinamicheskoe_modelirovanie_aluminotermicheskogo_vosstanovleniya_tsirkoniya_oksidov_obrazovaniem_intermetallidov [дата обращения 10.05.2023].
- 3 Интернет в России: Вязкость шлаков и их фазовый состав при использовании флюсообразующей добавки. [Электронный ресурс] – URL: https://studexpo.net/740516/materialovedenie/vyazkost_shlakov_fazovyy_sostav_iskpolzovaniya_flyusobrazuyushey_dobavki [дата обращения 10.05.2023].

4 Интернет в России: Теплотехнические измерения и приборы. [Электронный ресурс] – URL: https://scask.ru/o_book_ttp.php?id=37 [дата обращения 10.05.2023].

5 Интернет в России: Исследование вязкости шлаков, применяемых в спецэлектрометаллургии, методом вибровискозиметрии. [Электронный ресурс] – URL: <http://eugene980.narod.ru/knir.htm> [дата обращения 10.05.2023].

АҚСУ ФЕРРОҚОРЫТПА ЗАУЫТЫНДА МАРГАНЕЦ АГЛОМЕРАТЫН ӨНДІРУ

ТЕМІРТАС Х. Б.

оқытушы (ассистент), Торайғыров университеті, Павлодар қ.

ЖУНУСОВ А. К.

т.ғ.к., профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

ЖУНУСОВА А. К.

докторант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Ақсу ферроқорытпа зауыты (АФЗ) ферроқорытпа өндіретін ірі кәсіпорындардың бірі болып табылады. Ферроқорытпаларды өндіру үшін негізгі шикізат Қазақстанның түрлі кен орындарының кварциттері, марганец және хром кендері болып табылады. Кен материалын өндіру, дайындау және тасымалдау көптеген ұсақ фракциялардың пайда болуына әкеледі. Ұсақ кенді материалдарды пайдалану ферроқорытпа пештерінің технологиялық жұмысының нашарлауына әкеліп соғады. Ферроқорытпа пештерінде тек кесек кен материалдары пайдаланылатыны мәлім [1]. Өткізілген зерттеулер бойынша [2] АЗФ-қа жеткізілетін марганец кеніндегі ұсақ заттардың мөлшері шамамен 30 % құрайды.

2010 жылы АФЗ-да жобалық қуаты жылына 350 мың тонна агломератқа тең агломерациялық фабрикасы іске қосылған болатын. Технологияның бірегейлігі – бір агломерациялық машинада марганец және хром агломератының екі түрін өндіру. Қазіргі уақытта марганец агломераты бойынша өндіріс көлемі жылына 80 мың тоннаны және хром агломераты бойынша жылына 270 мың тоннаны құрайды. Неофлюсирленген марганец және офлюсирленген хром агломераттарын өндіру «Ж. Әбішев атындағы химико-металлургиялық институтының» ғалымдары әзірлеген технологияға негізделген [3].

Агломерациялық фабрика – кварцит қалдықтары мен газ тазалағыштардың шаңын кәдеге жаратумен шихталық материалдардың ұсақ фракцияларын батыруға арналған өндірістік кешен. Агломерациялық шихтаны тұтату үшін отын ретінде ферроқорытпа газы пайдаланылады. Шын мәнінде, агломерацияға хром немесе марганец кені (10–0 мм) және кокс ұсақ-түйектері (5–0 мм) түседі.

Марганец агломератын өндіру үшін келесі материалдар қолданылады (химиялық құрамы 1-кестеде келтірілген):

– «Казмарганец» РУ шығаратын құрамында Mnобц 34 %-дан 36 %-ға дейінгі, СО 306792590004 ф-л АО-01 стандарты бойынша «Шығыс Қамыс» және «Үшқатын-III» кен орындарының кендерінен ірі мөлшері 0,1-ден 10 мм-ге дейінгі марганец концентраты;

– құрамында Mnобц 20 %-дан 27 %-ға дейін бар ферросиликомарганецті балқытатын зауыттық газ тазартқыштардың шаңы және ферросиликомарганецті ұсақтаудан аспирациялық шаң;

– Сары-Арка арнайы коксының еленділері және бастапқы көлемі 4 мм ден аспайтын кокс;

– өз өндірісіндегі шаң, газ және ауаны тазартуды қайтару, шығару.

Агломерат өндіруге арналған шихтаның кен бөлігінің негізгі үлесі темір жол вагондарындағы зауытқа түсетін марганец концентратымен ұсынылған. Марганец құрамы бойынша концентраттың әртүрлі партияларының химиялық құрамының елеулі ауытқуларын ескере отырып, концентрат ЦПШ-2-дегі қойманың арнайы бөлінген орнына түсіру кезінде алдын ала орташаланады. ЦПШ-2 қоймасына келіп түсетін концентрат партияларын жартылай вагондардан түсіру және кейіннен агломерациялық фабрикаға (АФ) беру үшін автомашинаға тиеу процесінде олардың орташалануы жүреді. Бұл АФ түсіру учаскелеріне түсетін концентраттың жекелеген партияларының химиялық құрамының орын алған ауытқуларын тегістеуге мүмкіндік береді. Кіретін марганец концентратының ылғалдылығы 12 %-дан аспайды.

Қатты агломерациялық отынды дайындау ірілігі 4 мм-ден аз классты балқыту цехтарына берілетін кокстан ЦПШ-ға жіберуді қамтиды. Отынды жеткізу автомобиль көлігімен аглоцехтың түсіру станциясына немесе автотүзету торабына жүргізіледі. Шанды іріктеу және жеткізу (балқытудан құрғақ газ тазарту және ферросиликомарганецті ұсақтаудан аспирациялау) цемент таситын цистерналармен автокөлікпен жүргізіледі. Олардың ішінен

пневмокөлікпен шаң жинау бөлімшесінің сүрлемдеріне тиеледі. Шаңды болдырмау үшін шаңды қабылдайтын құрылғының барлық жабдықтары әр сүрлемге арналған аспирациясы бар герметикалық жабық жүйе болып табылады.

Кесте 1 – Шикізат пен материалдардың химиялық құрамы

Хим. элемент	Химиялық құрамы, %			
	Марганец концентраты	Газ тазалағыштардың шаңы	Сары-Арқа арнайы коксының еленділері	КНР коксының еленділері
Мнобщ.	30–36	20–27		
Feобщ.	7,54	–		
FeO	–	1,43		
SiO ₂	11,22	30,1		
Al ₂ O ₃	2,49	7,03		
CaO	13,64	3,74		
MgO	–	2,81		
S	–	0,745	0,34	0,44
P	–	–	0,02	0,052
C	–	3,86		
ппп	14,88	0,8		
Ac			9,1	15,0
Vr			5,5	2,3
Wp			20,2	8,2

Дайындалған шихтаны агломерациялау жоғары сапалы агломерат алу технологиясының негізгі кезеңі болып табылады. Процесс МАК-60/120 типті агломерациялық машинаның оттық торларында көміртектің шихта қабатында жану кезінде жоғары температураны көтеру есебінен, агломераттың жоғарғы қабаттарының жылу регенерациясы және кейіннен балқыманың кристалдануы арқылы жүргізіледі. Эксгаустер агломерацияланған қабаты арқылы сорылатын ауа отынның жануына қажет оттегі көзінің және жылутасымалдағыш қызметін атқарады.

Агломерация процесінің жылу режимі, демек, агломераттың механикалық беріктігі, қайтару шығысы және агломераттың өнімділігі негізінен шихтадағы қатты отынның құрамымен анықталады. Шихтаның әрбір құрамына агломерат өндіру процесінің жоғары техникалық-экономикалық көрсеткіштерін қамтамасыз ететін отынның оңтайлы шығыны сәйкес келеді.

Аглоцехті іске қосу кезінде марганец агломератын өндіру бойынша техникалық регламент әзірленіп бекітілді. Осы құжатқа сәйкес шихтаны іске қосу кезеңінде келесі құрамды қайтармай пайдалану көзделген (құрғақ массаға есептегенде):

0,1–10 мм фракцияның марганец концентраты – 94,5 %;

0–4 мм іріліктегі кокс ұсақ-түйегі – 5,5 %.

2 кестеде қолданылған марганец концентратының химиялық талдауы келтірілген.

Кесте 2 – Марганец концентратын химиялық талдау

Құрамы, %					
Mn _{общ}	Fe _{общ}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
31,8	6,22	20,0	2,84	1,60	0,82

Қайтарудың қажетті мөлшерінің жинақталуына қарай оны шихтаға беру жүзеге асырылды. Шихтадағы қайтарудың бастапқы мөлшері оның қалыптасуына байланысты белгіленді (шамамен 20–25 %) және оңтайлы режимге шыққанға дейін жұмыс барысында түзетілді. Шихтаға қайтаруды енгізгеннен кейін қатты отын шығынын оңтайлы құрамға дейін түзету жүргізілді.

Марганец агломератын өндіру іске қосу басталғаннан бастап жүзеге асырылды. Осы кезеңде агломерат өндірісі 13862 тоннаны құрады. Технологияны пысықтау барысында шихтаның оңтайлы құрамын және агломерацияланатын қабаттың биіктігін тандау бойынша жұмыс жүргізілді.

Агломерациялық цехтың жұмысы туралы есептерден осы кезеңде агломерацияның орташа құрамы келесідей болды:

– 0,1–10 мм марганец концентраты (50–65 %);

– 0–4 мм іріліктегі кокс ұсақ-түйегі (5,0–6,0 %);

– қайтарым (25–45 %).

Агломерацияланатын шихта қабатының биіктігі 400–450 мм деңгейінде болды.

Технологияны пысықтау негізгі жабдықтың тоқтап қалуымен қатар жүрді, оның себептері агломерациялық машинаның құйрығын тазалау және диспенсерлерді реттеу болды.

Жарамды агломераттың мөлшері 8–100 мм болды.

Алынған марганец агломераттарының химиялық құрамы 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3 – Марганец агломераттарының химиялық құрамы

Сынама №	Химиялық құрамы, %				
	Mn _{общ}	Fe _{общ}	SiO ₂	W	C
8-3102	37,0	6,59	24,5	0,4	-
8-3158	36,2	6,84	29,2	0,06	0,526
8-3159	37,5	6,87	27,5	0,04	0,234
A-01	36,8	7,1	26,4	0,05	0,185

3-кестеден көріп отырғанымыздай, алынған марганец агломераттарының химиялық құрамы СТ АО 306792590291 ф-л-4749.007–2010 сәйкес келді. 1 және 2-кестелердің деректерін салыстырудан агломерация процесінде Mn_{общ} (31,8-ден 37 %-ға дейін), Fe_{общ} (6,22-ден 7,1 %-ға дейін) және SiO₂ (20,0-ден 29,2 %-ға дейін) құрамының жоғарылауы байқалады, бұл, болжам бойынша, агломерация кезінде басқа бөгде қоспаларды (ППП) алып тастау және марганец және темір оксидтерін ішінара қалпына келтіру нәтижесінде пайда болады.

ГОСТ 15137-77 бойынша марганец агломераттарының механикалық беріктігін өлшеу нәтижелері 4-кестеде келтірілген.

Кесте 4 – Марганец агломераттарының барабандық беріктігі

Тәжірибе №	Шихта құрамы, %			ГОСТ-15137-87 бойынша беріктік	
	Марганец концентраты	Қайтарым	Аглоотын	Соққыға, %	Желінуге, %
1	71,4	23,8	4,8	69,7	15,4
2	64,5	29,5	6,0	73,8	18,9

Салыстыру үшін көлемі 5–40 мм «Шығыс Қамыс» марганец концентратының барабандық беріктігін анықтау бойынша сынақтар жүргізілді.

Сынақ нәтижелері келесідей:

- соққы беріктігі (X) 70,2 %;
- желінуге төзімділік (X1) 16,2 %.

Жоғарыда келтірілген сынақ нәтижелеріне сүйене отырып, марганец агломератының беріктігі дәстүрлі түрде қолданылатын марганец концентратының беріктігімен салыстыруға болатындығын айтуға болады.

Сонымен қатар, агломераттардың беріктігіне қатысты әдеби іздеу жүргізілді. Череповецкая мен Батыс Сібір аглофабрикаларының

темір рудалы агломераттарының беріктігі сәйкесінше X = 62,4 % және X = 65,4 %, X1 = 7,4 % және X1 = 5,7 % екені анықталды.

Осылайша, аглоцех жағдайында алынған марганец агломераты соққы беріктігі бойынша ресейлік аглофабрикаларда өндірілген темір кені агломератынан асып түседі, ал тозу беріктігі бойынша темір кені агломераттарынан сәл төмен.

Жоғарыда келтірілген нәтижелерге сүйене отырып, марганец агломератын өндіру технологиясын өңдеудің осы кезеңінде агломераттың жиі тоқтап қалуына байланысты шихтаның оңтайлы құрамы толық анықталмағанын айтуға болады.

Химиялық құрамы мен механикалық сипаттамалары бойынша алынған марганец агломераты СТ АО 306792590291 ф-л-4749.007-2010 сәйкес келді.

ӘДЕБИТТЕР

1 Гасик М.И., Лякишев Н.П. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов. – М.: СП «Интермет Инжиниринг», 1999. – 764 с.

2 Жунусов А.К., Нурмаганбетов Ж.О., Головачев Н.П., Байсанов С.О. Производство агломерата из мелочи и отходов марганцевых руд // Вестник Павлодарского университета. Научный журнал, 2004. – № 4 (18). – С.138-139.

3 Калиакпаров А.Г., Страхов В.М., Никитин Г.М. Подготовка металлургического сырья – новая реальность // Химия и металлургия комплексной переработки минерального сырья: Материалы Межд. науч. практ. конф. – Караганды, 2015. – С.168-171.

СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКА ОТВАЛЬНЫХ ШЛАКОВ ФЕРРОХРОМА

ТОЛЫМБЕКОВА Л. Б.

PhD, ассоц. профессор Торайгыров университет, г. Павлодар

Проблема переработки отвальных шлаков и извлечения из них металлических компонентов с последующим использованием их в качестве вторичного сырья является одной из актуальных в металлургии.

Средний уровень использования промышленных отходов по Казахстану в настоящее время составляет лишь 30 %, при этом доля

использования отходов производства в качестве вторичного сырья не превышает 11 % [1, 2].

Управление отходами производства – одна из ключевых программ природоохранной деятельности «Казхрома». Утилизация образующихся отходов – приоритетная задача Аксуского и Актюбинского заводов ферросплавов [3]. Основная часть отходов металлургических производств на заводе представлена шлаками с остаточными концентрациями феррохрома. Накопление шлаков в отвалах происходило в течение многих лет, что привело к образованию огромного количества техногенных отходов. Вовлечение вторичных отходов в производство стало одной из приоритетных задач, стоящих перед металлургическими предприятиями.

В процессе производства ферросплавов на Аксуском заводе ферросплавов (АЗФ) ежегодно образуется до 600 тысяч тонн шлаков и 150 тысяч тонн оборотных отходов. На шлакоотвале за более, чем тридцатилетний период работы завода скопилось около 5 млн. тонн шлака, который содержит большое количество частиц углеродистого феррохрома.

Шлаки феррохрома до 1994 года не перерабатывались. После строительства участка сепарации, началась переработка шлаков с получением металлоконцентрата и строительного щебня. Но до 1997 года объем переработки не достигал и 150 тысяч тонн в год. В 1997 года при организации круглосуточной 2-х сменной работы объем переработки достиг 300 тысяч тонн в год.

Увеличение мощностей по переработке отходов ферросплавного производства стало одним из основных направлений 5-летней инвестиционной программы предприятия. В 2000 году была сдана в эксплуатацию II-я очередь комплекса по переработке шлака. Объем переработки увеличился до 600 тысяч тонн в год.

Применяемый процесс переработки оборотных отходов на магнитных сепараторах типа ПБС-90/150 не позволял обеспечить достаточную глубину извлечения феррохрома. Недоизвлечение приводило к потерям хрома в щебне [3].

В работе [4] были определены потери металла с отвальными шлаками при производстве высокоуглеродистого феррохрома в условиях Актюбинского завода ферросплавов (АЗФ) и приведена доля потерь 0,5–4 % от массы металла. Разброс значений потерь металла был объяснен авторами различием в технологических параметрах плавки и прежде всего в температуре выпуска, а

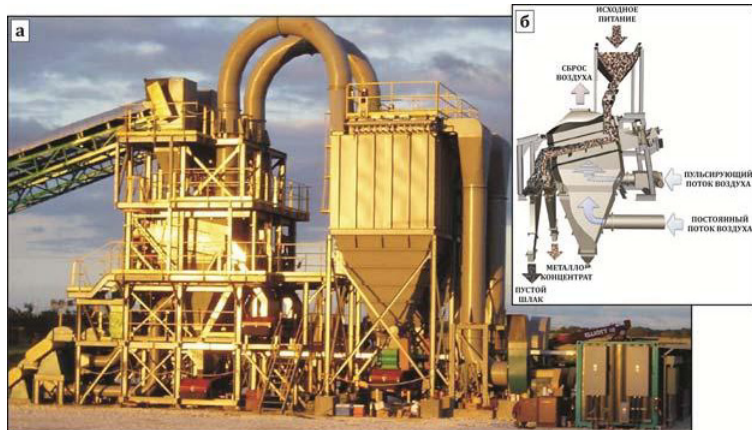
следовательно, в вязкости выпускаемого шлака и в величине межфазного взаимодействия. В более поздней работе на шлаках АЗФ были определены потери металла, которые составили в среднем 3,3 % от выхода сплава за выпуск, в то время как на отдельных плавках они достигали 7,7 % [5].

На Аксуском заводе ферросплавов была проведена научно-исследовательская работа по обогащению фракционированного шлака от выплавки высокоуглеродистого феррохрома сухим гравитационным методом [6]. Фракционирование исходного материала, цель которого выделение из материала фракций крупностью: 5–20 мм, 2–10 мм, 1–5 мм, проводилось методом сухого грохочения. Из выделенных фракций крупности были сформированы пробы материала, на которых проводились укрупненно-лабораторные испытания по обогащению сухим гравитационным методом пневматической отсадки. В ходе работы проводились экспериментальные исследования по изучению вещественного состава для всех полученных в ходе испытаний продуктов. Исходя из сравнительного анализа, выбраны оптимальные методы рудоподготовки и определена возможность извлечения сухим гравитационным способом металлической составляющей из шлака, а также разработана оптимальная технология переработки металлосодержащего шлака Аксуского завода ферросплавов. Для промышленной реализации процесса переработки предложено технологическое оборудование.

В результате испытаний были приведены требования к технологии и конечным продуктам: извлечение металла в металлоконцентрат – не менее 90 %, содержание Сгмет – не менее 40 %, содержание Сгмет в обезметалленном шлаке не более 1 %. Ориентируясь на требования к технологии и конечным продуктам, анализ результатов, полученных в рамках научно-исследовательской работы, позволяет сделать следующие заключения:

1. Обогащение фракции 1 – 5 мм на отсадочной машине Allair S 330/500 позволяет получать металлоконцентрат с содержанием хрома металлического 27,9 %, извлечение которого в данный продукт составляет 80,85 %, а также хвосты с содержанием хрома металлического 1,6 %.

На рисунке 1 представлена пневматическая отсадочная машина Allair S 330/500.



а) – пневматическая отсадочная машина Allair S 330/500;
 б) – пневматическая отсадочная машина Allair S 330/500 – принцип действия

Рисунок 1 – Пневматическая отсадочная машина

Исходя из требований к технологии и конечным продуктам, можно заключить, что полученные в испытанном режиме результаты обогащения фракции 1 – 5 мм не соответствуют требованиям. Для получения концентрата с содержанием более 40 % $C_{мет}$ необходимо «увеличить время нахождения материала в камере отсадочной машины». Т.е. для достижения заданного качества концентрата необходимо провести испытания по отсадке данной фракции с наработкой слоя концентрата методом циклической дозагрузки исходного материала. Т.к. три циклические дозагрузки, испытанные в рамках проведенной работы, позволяют получать концентрат 27,9 % $C_{мет}$, то для получения концентрата с содержанием 40 % и более необходимо увеличить количество дозагрузок до 6 – 9. Данный режим моделирует процесс отсадки материала с большим временем нахождения материала в камере машины, т.е. с большим временем формирования слоя металлоконцентрата. Однако следует отметить, что при повышении качества концентрата неизбежно снизится извлечение ценного компонента в концентрат. Для приближения показателей передела фракции 1-5 мм к заявленным требованиям по содержанию $C_{мет}$ в хвостах и его извлечению в концентрат (не более 1 % и не менее 90 % соответственно) необходимо предусмотреть дополнительные

обогащительные операции на хвостах, выделяемых на стадии пневматической отсадки. Достижение поставленной цели возможно при использовании следующего цикла: сухое доизмельчение хвостов → воздушная классификация (выделение пылевидной шлаковой составляющей и зернистой фракции) → сухая магнитная сепарация обеспыленной зернистой фракции. На выходе с данных дополнительных стадий передела возможно получение пылевидной фракции (-40 мкм), которую возможно использовать в качестве наполнителя для нужд строительной промышленности, а также дополнительный концентрированный металлосодержащий продукт и пустой шлак.

2. Обогащение фракции 2 – 10 мм на отсадочной машине Allair S 330/500 позволяет получать металлоконцентрат с содержанием хрома металлического 42,8 %, извлечение которого в данный продукт составляет 97,22 %, а также хвосты с содержанием хрома металлического 2,8 %. Исходя из требований к технологии и конечным продуктам, можно заключить, что полученные в испытанном режиме результаты обогащения фракции 2 – 10 мм соответствуют требованиям по качеству концентрата и извлечению в него хрома металлического. Содержание в хвостах отсадки выше требуемого. Как показали тестовые испытания, для одностадийного гравитационного метода обогащения данного исходного материала данное содержание в хвостах является минимально возможным. Для понижения содержания ценного компонента до требуемого содержания необходимо предусмотреть дополнительные обогащительные операции на хвостах, выделяемых на стадии пневматической отсадки. Необходимый цикл обогащения хвостов крупностью -10+2 мм аналогичен циклу, представленному для хвостов пневматической отсадки фракции 1 – 5 мм.

3. Обогащение фракции 5 – 20 мм моделировалось в двух вариантах, отличие которых заключается во «времени нахождения материала в камере отсадочной машины», т.е. во времени, затраченном на формирование слоя концентрата ($t_1 < t_2$). Для процесса отсадки характерна зависимость производительности машины и качества концентрата: чем ниже производительность машины, тем дольше материал находится в отсадочной камере, тем больше затрачивается времени на процесс разделения, тем богаче на выходе концентрат. При использовании первого режима обогащения (время обогащения t_1) фракции 520 мм на отсадочной машине Allair S 330/500 возможно получение металлоконцентрата

с содержанием хрома металлического 39 %, извлечение которого в данный продукт составляет 93,77 %, а также хвосты с содержанием хрома металлического 3,5 %. Исходя из требований к технологии и конечным продуктам, можно заключить, что полученные в испытанном режиме результаты обогащения фракции 5-20 мм соответствуют требованиям по качеству концентрата и извлечению в него хрома металлического. Содержание в хвостах отсадки выше требуемого.

При использовании второго режима обогащения (время обогащения t_2) фракции 520 мм на отсадочной машине Allair S 330/500 возможно получение металлоконцентрата с содержанием хрома металлического 52,2 %, извлечение которого в данный продукт составляет 87 %, а также хвосты с содержанием хрома металлического 5,1 %. Исходя из требований к технологии и конечным продуктам, можно заключить, что полученные в испытанном режиме результаты обогащения фракции 5 – 20 мм соответствуют требованиям по качеству концентрата. Содержание в хвостах отсадки выше требуемого. При использовании обоих вариантов режима обогащения содержание хрома металлического в хвостах отсадки выше требуемого. На полученных в результате отсадки хвостах от фракции 5 – 20 мм испытывалась стадия их дообогащения методом пневматической отсадки. В результате отсадки может быть получен металлсодержащий продукт с содержанием хрома металлического 8,4 % и хвосты с содержанием 2,45 %. Ввиду того, что из-за низкого содержания ценного компонента в питании данная стадия не обеспечивает получение кондиционного концентрата и достаточно чистых хвостов, то применение пневматической отсадки для дообогащения хвостов технологически и экономически не целесообразно. Для понижения содержания ценного компонента до требуемого содержания необходимо предусмотреть дополнительные обогатительные операции на хвостах, выделяемых на стадии пневматической отсадки. Необходимый цикл обогащения хвостов крупностью -20+5 мм аналогичен циклу, представленному для хвостов пневматической отсадки фракции 1–5 мм.

Полученные качественно-количественные показатели и их анализ, позволяет сделать следующее заключение: Обогащение металлсодержащего шлака от выплавки высокоуглеродистого феррохрома Аксуского завода ферросплавов методом сухого гравитационного обогащения технологически возможно.

Полученные результаты обогащения свидетельствуют о том, что при применении пневматической отсадки на испытанных фракциях крупности возможно получение концентрата с содержанием более 40 % металлического хрома. При этом получаемые хвосты в зависимости от вещественного состава питания содержат от 1,6 % до 5,1 % хрома металлического. Как показали тестовые испытания, для одностадийного гравитационного метода обогащения данного исходного материала данный диапазон содержания в хвостах является минимально возможным. Для приближения показателей обогащения к заявленным требованиям по содержанию $C_{мет.}$ в хвостах (не более 1 %) необходимо предусмотреть дополнительные обогатительные операции на хвостах, выделяемых на стадии пневматической отсадки. Достижение поставленной цели возможно при использовании следующего цикла: сухое доизмельчение хвостов → воздушная классификация (выделение пылевидной шлаковой составляющей и зернистой фракции) → сухая магнитная сепарация обеспыленной зернистой фракции. На выходе с данных дополнительных стадий передела возможно получение пылевидной фракции (-40 мкм), которую возможно использовать в качестве наполнителя для нужд строительной промышленности, а также дополнительный концентрированный металлсодержащий продукт и пустой шлак [6].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гельманова З.С., Жаксыбаев Д.М. Особенности образования и использования вторичных ресурсов в металлургическом производстве // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – №7 (часть 5). – С. 749-753.
- 2 Анализ рынка шлака в Казахстане – 2019. Текущая ситуация и прогноз. [Электронный ресурс]. URL: https://tebiz.ru/mi/analiz-rynka-shlaka-v-kazakhstanе?_openstat=ZGlyZWN0LnlibmRleC5ydTs0MDY3MDI4MTs3MDAwMzc2NDY5O3lhbmlleC5rejpwcmlVt&yclid=1806617304768732622.
- 3 Кожамуратов Р.У., Сафаров Р.З., Шоманова Ж.К., Носенко Ю.Г. Утилизация отходов ферросплавного производства. Materials of the international scientific conference «Global science and innovations 2017» December 04, Bursa: Eurasian Center of Innovative Development «DARA», 2017. – 207 p.
- 4 Определение потерь хрома со шлаком от выплавки углеродистого феррохрома / Л.Б. Никулина, А.А. Дерябин, В.М.

Журавлев и др. // Шлаки черной металлургии, их переработка и применение: труды УралНИИЧМ. – Свердловск, 2015. – Т. 12. – 53. С 98-103

5 Невьянцев Г.И., Михайлов Г.Г. Определение количества потерь металла с отвальными шлаками при выплавке углеродистого феррохрома. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Металлургия. 2010 (13 (189)). – С. 55-58

6 Шефов Д.В. Отчет о научно-исследовательской работе: «Исследования процесса обогащения фракционированного шлака от выплавки высокоуглеродистого феррохрома сухим гравитационным методом», Москва 2019 – 48 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА СУЛЬФИДНОЙ МЕДНОЙ РУДЫ

ТУГЕЛБАЙ Е. С.

магистрант, 21-МОП-2п, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д.Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ӘДІЛҚАНОВА М. Ә.

PhD, асоп. профессор, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д.Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

В условиях исследовательской лаборатории были проведены исследования по ситовому анализу на метриале пробы руды Актогайского месторождения. Были определены содержание меди, серы, железа в каждом классе крупности.

Результаты ситового анализа приведены в таблице 1. Гранулометрическая характеристика пробы руды с распределением меди по классам крупности приведена на рисунке 1.

Результаты ситового анализа показали, что материал пробы распределяется не равномерно и концентрируется в крупных классах, а именно в классах в интервале $-2+0,5$ мм. Более 61 % материала сосредоточено в данном диапазоне. В классе $-0,5+0,2$ мм концентрируется еще 16 % материала. В нижних классах крупности выхода фракций колеблется от 3,68 до 7,77 %, таким образом можно заключить что материал распределяется равномерно.

По результатам гранулометрического анализа содержание меди в пробе руды составляет 0,94 %. Содержание меди в разных классах крупности может варьироваться от 0,76 до 1,77 %. В крупных классах содержится меньшего всего ценного компонента.

Самым богатым является класс крупности $-0,045+0,020$ мм. В пробе руды месторождения Актогай содержание меди неставибльно. Содержание плавно повышается от верхних классов к нижним. В интервале крупности $-0,2+0$ мм наблюдается раскрытие меди. В классе крупности $-0,045+0,020$ мм прослеживается модальный пик содержания меди, так концентрация в данном классе составляет 1,8 у.е. и падает незначительно до 1,9 у.е. в смежных классах крупности.

По результатам ситового анализа содержание серы в пробе руды составляет 1,37 % и колеблется в диапазоне 0,83–2,33 %.

В руде Актогайского месторождения также найдено железо, его массовая доля в пробе руды составляет 2,23 %. Этот показатель колеблется в пределах 1,81–3,7 %.

Таблица 1 – Гранулометрическая характеристика пробы руды Актогайского месторождения

Класс крупности, мм	Выход класса, %	Суммарный выход, %	Содержание Cu, %	Распределение Cu, %	Содержание S, %	Распределение S, %	Содержание Fe, %	Распределение Fe, %
-2+1	37,55	100,0	0,78	31,58	0,96	30,77	2,02	34,01
-1+0,5	24,85	62,45	0,79	21,17	0,93	19,73	1,91	21,28
-0,5+0,2	15,05	37,60	0,75	12,17	0,97	12,46	1,99	13,43
-0,2+0,071	7,76	22,55	1,10	9,20	1,89	12,51	2,79	9,70
-0,071+0,045	3,67	14,80	1,59	6,30	2,23	6,99	3,22	5,30
-0,045+0,020	4,39	11,12	1,76	8,33	2,18	8,17	3,50	6,89
-0,020+0	6,73	6,73	1,55	11,26	1,63	9,37	3,11	9,39
Итого	100,00	-	0,93	100,0	1,17	100,0	2,23	100,0



Рисунок 1 – Гранулометрическая характеристика пробы руды Актогайского месторождения с распределением меди по классам крупности

Химический состав пробы руды Актогайского месторождения определяли с помощью оптико-эмиссионного, атомно-абсорбционного, ИК-спектроскопического, гравиметрического, титриметрического и фотометрического методов анализов. Содержание драгоценных металлов, а именно золота и серебра определяли методом прямого пробирного анализа. Результаты анализов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав пробы руды месторождения «Актогай»

Элементы, компоненты	Массовая доля, %	Элементы, компоненты	Массовая доля, %
SiO ₂	61,7	Pu	<0,002
Al ₂ O ₃	16,2	Zn	0,0046
CaO	2,6	As	<0,003
Na ₂ O	6,5	Sb	<0,005
K ₂ O	3,6	Ba	0,068
MgO	1,8	Bi	<0,001
MnO	0,034	Cd	<0,0002
P ₂ O ₅	0,27	Cr	0,0033
TiO ₂	0,78	Co	0,0016
C _{общ}	0,034	Mo	0,014
Fe _{общ}	2,19	Ni	0,00073
Fe _{сульфид}	1,1	Sn	<0,005
Fe _{оксид}	1,28	Sr	0,031
S _{общ}	1,16	W	<0,010
Cu _{общ}	0,84	Au, г/т	<0,04
Cu _{сульфид}	0,84	Ag, г/т	1,25

Руда Актогайского месторождения на 93 % представлена литофильными компонентами. Наиболее распространенным компонентом является кремнезем, он составляет 62,3 % от общего веса пробы. 17,2 % веса пробы составляет глинозем. Далее 15,2 % составляют щелочные и щелочноземельные металлы. Среди них преобладают щелочные металлы, доля оксида натрия 5,6 % существенно выше чем оксида калия 3,4 %.

Железо, сера и медь являются рудообразующими компонентами. Железа составляет 2,21 % массы пробы. Оно распределяется

равномерно на сульфидную и окисленную формы, при этом немного преобладает окисленная форма. Сера составляет 1,11 % массы пробы и полностью входит в состав сульфидов. Из цветных металлов в составе пробы можно выделить медь 0,79 %. Концентрация остальных цветных металлов слишком мала чтобы представлять промышленную ценность.

Для выяснения в каких формах находится медь был проведен фазовый анализ. Результаты анализа представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты фазового анализа меди в пробе исходной руды

Величина	Формы нахождения меди, %		
	Общее количество	Медь первичных сульфидов	Медь вторичных сульфидов
Абс	0,85	0,76	0,08
Отн	100,0	89,0	11,0

Результаты фазового анализа дают понять что в пробе руды Актогайского месторождения медь полностью входит в состав сульфидных минералов, окисленные минералы меди отсутствуют. 88 % меди в сульфидах принадлежат к первичным сульфидам меди и 12 % ко вторичным.

ЛИТЕРАТУРА

1 Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии М.: Металлургия, 1987. - 8 с. Панфилов М.И., Школьник Я.Ш., Орининский Н.В., Коломиец В.А., Сорокин Ю.В., Грабеклис А.А.

2 Способ переработки отвальных металлургических шлаков: пат. 2117708 Рос. Федерация: МПК-8 C22B7/04 C21C5/54 Борин Б.Ф., Галкин М.П., Игнатов Н.Н., Ларионов, В.С., Небольсин В.А., Степанов А.В.; заявитель и патентообладатель Ларионов Валерий Семенович; заявл. 1997-12-17; опубл. 20.08.1998.

3 Способ переработки шлака: пат. 2298586 Рос. Федерация: МПК-8 C22B7/04B03B9/04 B03C1/00 Святов Болат Аманжолович (KZ), Гриненко Валерий Иванович (KZ), Петлюх Петр Степанович (KZ), Есенжулов Арман Бекетович (KZ), Грабеклис Альфред Альфредович (RU), Демин Борис Леонидович (RU).; заявитель и патентообладатель ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «УРАЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТАЛЛОВ»; заявл. 2004-02-17; опубл. 10.05.2007.

4 Будников П.П. Гранулированные доменные шлаки и шлаковые цементы / П.П. Будников, И.Л. Значко-Яворский. – М.: Государственное изд-во лит-ры по строительным материалам, 1953. – 223 с.

5 Бутт Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов: учебник для вузов / Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев; под общ. ред. В.В. Тимашева. – М.: Высш. шк., 1980. – 472 с.

6 Евтушенко Е.И. Комплексная переработка металлосодержащих отходов. – Белгород: БелГТАСМ, 1996. – 60 с.

7 Абрамов А. А. Флотационные методы обогащения: Учебник для ВУЗов. М.: «Недра», 1984. 383 с.

8 Барский Л. А., Данильченко Л. М. Обогащаемость минеральных комплексов. М.: Недра, 1977. 240 с.

9 Донченко А. С., Донченко В. А. Справочник механика рудобогатительной фабрики. М.: Недра, 1975. 550 с.

10 Единые правила безопасности при дроблении, сортировке, агломерации, окусковании и обогащении полезных ископаемых. М.: Госгортехнадзор России, 2003.

ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗМАЛЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ТЮЛЮБАЕВ Р. А.

магистр, ст. преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

ТАСКАРИНА А. Ж.

PhD, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

АБДРАХМАНОВ Е. С.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Процессы измельчения материалов находят широкое применение в различных производствах. Существует большое количество машин, используемых для измельчения твердых и кусковых материалов. Выбор мельницы для промышленных и исследовательских целей должен осуществляться с учетом конкретных свойств измельчаемого материала и условий его применения [1–4].

Разработана конструкция нового размалывающего оборудования – лабиринтного дезинтегратора [5–6], для измельчения различных твердых материалов и может быть использовано в различных

отраслях: металлургии, строительстве, угольной промышленности и т.д. Новизна конструкции лабиринтного дезинтегратора подтверждена патентом РК [7].

Исследования проводились в лаборатории кафедры «Металлургия» НАО «Торайгыров университет». Для исследования взяты были следующие материалы: медно-молибденовая руда; известняк; бой хромагнетитовых кирпичей (рисунок 1).



Рисунок 1 – Образцы для размалывания

Медно-молибденовая руда и известняк взяты для сопоставительного анализа, чтобы определить размалывающую способность дезинтегратора (рисунок 2).

Дробимые материалы предварительно были раздроблены, высушены: затем все материалы были просеяны на вибросите ячейками 4 мм. Подготовленные таким образом материалы подвергались размельчению лабиринтном дезинтеграторе. Для измельчения от каждого материала отобралась по 200 г вещества и в течение 5 минут размалывалось. Для каждого материала проделывалось по 5 опытов с размалыванием.



Рисунок 2 – Лабиринтный дезинтегратор [8]

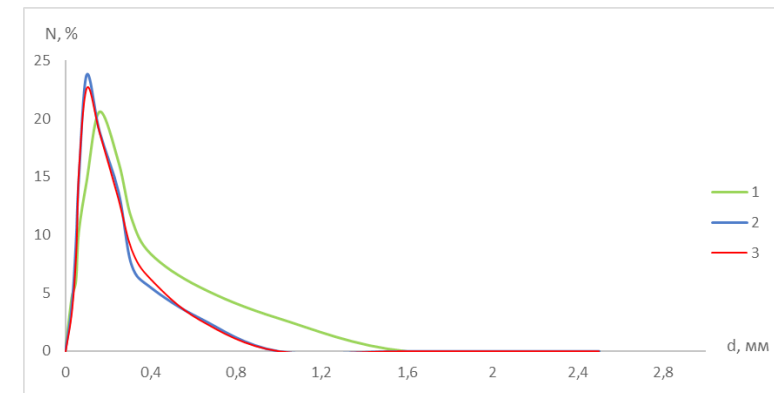


Рисунок 3 – Материалы после измельчения

Зерновой состав размельченного материала определяли с помощью стандартного ситового анализа. Результаты ситового анализа усредненно привели в таблице 1, по которым были построена усредненная кривая гранулометрического распределения частиц показана на рисунке 4.

Таблица 1 – Ситовый анализ твердых материалов

Номер сита	Навеска помола 100 г								
	медно-молибденовая руда		известняк		бой хромагнетитовых кирпичей		L среднее значение		
	г	%	г	%	г	%	г	%	
2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2,832	2,832	-	-	-	-	0,944	0,944	
0,63	5,53	5,53	2,848	2,848	2,67	2,67	3,68267	3,68267	
0,4	8,392	8,392	5,498	5,498	6,176	6,176	6,68867	6,68867	
0,31	11,444	11,444	7,448	7,448	8,7	8,7	9,19733	9,19733	
0,25	16,25	16,25	13,668	13,668	12,924	12,924	14,2807	14,2807	
0,16	20,622	20,622	18,954	18,954	18,748	18,748	19,4413	19,4413	
0,1	14,61	14,61	23,788	23,788	22,692	22,692	20,3633	20,3633	
0,063	10,256	10,256	14,714	14,714	15,864	15,864	13,6113	13,6113	
0,05	6,078	6,078	9,28	9,28	8,696	8,696	8,018	8,018	
Поддон	4,586	4,586	3,802	3,802	3,53	3,53	3,97267	3,97267	
Итого							100	100	



1 – известняк; 2 – медно-молибденовая руда; 3 – бой хромагнетитовых кирпичей
Рисунок 4 – Кривая гранулометрического распределения частиц материалов по средним показаниям

Результаты экспериментальных исследований, для всех материалов были в гранулометрическом плане почти одинаковы. Установлено, что численные значения рассеивания крупности помола для твердых абразивных материалов от 2,5–0,8 мм до 0,65–0,2 мм и от 1,8–0,4 мм до 0,4–0,065 мм для неабразивных углеродосодержащих материалов.

Лабиринтный дезинтегратор при испытаниях показал производительность на материалах различной твердости и хрупкости в среднем 200 кг/час. Что для такого компактного устройства опытного образца является приемлемым. Установлена четкая зависимость между крупностью загружаемого материала и размолотого материала, величиной зазоров между дисками, а также числом оборотов размалывающего диска [9].

Конструкция нового лабиринтного дезинтегратора по сравнению с существующими дезинтеграторами менее энергоемкий, что подтверждают полученные результаты других авторов [10], а также результаты размалывания с точки зрения гранулометрических свойств зависит от некоторых факторов.

Результаты испытаний показали, что по своим техническим параметрам и качеству получаемого размолотого материала лабиринтный дезинтегратор с улучшенными эксплуатационными показателями, удовлетворяет требованиям потребителя и рынка необходим во всех отраслях народного хозяйства, где есть спрос на применение тонкодисперсного материала с малыми энергетическими затратами и повышенной активацией поверхностей размолотых частиц материала.

ЛИТЕРАТУРА

1 Унаспеков Б. А. Инновационные оборудования для измельчения твердых материалов. / Б. А. Унаспеков, Т. И. Иргibaев, Л. А. Сиваченко, Т. Л. Сиваченко // Современные проблемы теории машин: материалы VI международной научно-практической конференции. – Новокузнецк: НИЦ МС, 2018. – № 6. – С. 64-67.

2 Ястребов К. Л. Технология рудного самоизмельчения и конструкция оборудования. / К. Л. Ястребов, Б. А. Байборodin, В. В. Надршин, Ю. И. Куницын // Иркутск : изд-во ИрГТУ, 2005. – 189 с.

3 Борщев В. Я. Оборудование для измельчения материалов : дробилки и мельницы : учебное пособие. – Тамбов : издательство ТГТУ, 2004. – 75 с.

4 Основы металлургии. Технологическое оборудование предприятий цветной металлургии. – М. : Металлургия, 1975. – Т. 7. – С. 255-256.

5 The Labyrinthine Disintegrator: A New Grinding Tool A. Zh. Taskarinaa, E. S. Abdrakhmanov, M. Zh. Tusupbekova, R. A. Tyulyubayev, I. E. Deigraf, D. A. Iskakova Russian Engineering Research, 2022, Vol. 42, Suppl. 1, pp. S 64–S66. DOI: 10.3103/s1068798x2301029x

6 Таскарина А.Ж., Абдрахманов Е.С., Тусупбекова М.Ж., Тюлюбаев Р.А., Дейграф И.Э. Конструкция нового размалывающего оборудования // Международная научно-практическая конференция «XIII Торайгыровские чтения». – Павлодар: Торайгыров университет, 2021. – Т. 5., С. 241–245

7 Лабиринтный дезинтегратор Патент 35965 на изобретение. Республика Казахстан. В02С 19/00 (2006.01). - №2021/0651.1; заявл. 27.10.2021; опубл. 02.12.2022

8 Паспорт оборудования. Лабиринтный дезинтегратор. – Павлодар, 2021. – 5 с.

9 Semi-industrial tests of a prototype of a new grinding equipment – a labyrinth disintegrator Taskarina A., Abdrakhmanov Ye., Tussupbekova M., Tyulyubayev R., Deigraf I., Iskakova D., Kassenova Zh., Khaimuldinova A. // Journal of Applied Engineering Science 20(2022)3, 970, 626-633. DOI: 10.5937/jaes0-35071

10 Zheng Y., Kuznetsova M.M., Ved' V.E., Aleksina A.A. Experimental studies of the energetically effective conditions of grinding of solids // Technical Physics. – 2016. – V. 61. – № 5. – P. 703-706.

АНАЛИЗ ПЕРЕРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВЫХ ОТХОДОВ

ТЮЛЮБАЕВ Р. А.

магистр, ст. преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар
ЖУНУСОВ А. К.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

КУЛУМБАЕВ Н. К.

магистр, ст. преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

Вторичная переработка алюминиевого лома является одним из наиболее экономически выгодных и перспективных направлений перерабатывающей промышленности, что обусловлено широким спектром причин – от ограниченности природных ресурсов до простоты и высокой эффективности существующих

технологий переработки [1]. Вторичный алюминий достаточно противоречивый металл: обладая низкой стоимостью приемки на пунктах, он остается одним из наиболее доступных видов цветного металлолома [2]. Следует отметить, что в индустриально развитых странах потребление продукции вторичной металлургии алюминия составляет 20–30 % от общего потребления алюминия. Производство вторичного алюминия приобретет еще более важное значение, так как увеличивается количество предметов с длительным сроком эксплуатации [3].

Алюминий как вторсырье может использоваться неограниченное количество раз в различных производствах деталей, которые не несут повышенный риск эксплуатации и не требуют особых физико-химических свойств. Практика показывает, что вторичный алюминий используют в автомобиле- и судостроении, кроме изготовления медицинских препаратов и изделий, где необходимо использовать первичный алюминий [4].

В зависимости от происхождения лом алюминия состоит из деталей машин, двигателей, самолетов, приборов, бытовых изделий. Составляющие лома представляют собой поковки, отливки, штамповки, изделия из труб, прутков и профилированного проката. Для алюминиевого лома характерно смешение деталей из различных алюминиевых сплавов, наличие приделок из неметаллических и металлических материалов, высокая степень засоренности [5].

В соответствии со стандартом в первую группу классификации лома и отходов алюминия включены лом и отходы нелегированного алюминия, во вторую – лом и отходы деформируемых сплавов с низким содержанием магния (до 0,8 %), в третью – лом и отходы деформируемых сплавов с повышенным содержанием магния (до 1,8 %), в четвертую – отходы литейных сплавов с низким содержанием меди (до 1,5 %), в пятую – литейные алюминиевые сплавы с высоким содержанием меди, в шестую – алюминиевые деформируемые сплавы с высоким содержанием магния (до 6,8 %), в седьмую – алюминиевые литейные сплавы с высоким содержанием магния (до 13 %), в восьмую – отходы деформируемых сплавов с высоким содержанием цинка (не более 7,0 %), в девятую – алюминиевые литейные сплавы с высоким содержанием цинка (до 12 %), в десятую – низкокачественный лом и отходы, не отвечающие требованиям I–IX групп.

Пример классификации лома и отходов алюминия и алюминиевых сплавов в соответствии с ГОСТ 1639 представлен в таблице 1 [6].

Таблица 1 – Классификация лома и отходов алюминия и его сплавов

Характеристика	Техническая характеристика	Норма
Сорт I		
Лом и кусковые отходы, не засоренные другими металлами и сплавами, в том числе:	Одна группа металла. Содержание металла, %, не менее	97
- штамповые детали	Разделение. Размер куска, мм, не более Масса куска, кг, не более	600×600×1500 100
- алюминиевые шины	Без фосфора, изоляции и других посторонних приделок	–
- алюминиевая проволока, проводники тока	Освобожденные от изоляции. В бутах или пакетах Размер пакета, мм, не более	400×400×700
- брак заготовок, чушки переплавов	Масса отдельных кусков, кг, не более	100
- обресть труб, листов, лент, профилей, высечка лент, листов	Размер пакета, мм, не более Масса пакета, мм, не более	400×400×700 150
- отходы толщиной более 3 мм	Россыпью или в пакетах	–
Сорт II		
Лом и кусковые отходы, не засоренные другими цветными металлами и сплавами, а также указанные в I сорте, но не отвечающие требованиям I сорта	Одна группа металла. Содержание металла, %, не менее Засоренность черными металлами, % не более	90 5
Проводники тока после дробления и освобождения от изоляции	Россыпью	–
Сорт III		
Лом и кусковые отходы, не засоренные другими цветными металлами и сплавами, указанные в I и II сортах, но не отвечающие требованиям I и II сортов.	Одной группы металла Содержание металла, %, не менее Засоренность черными металлами, %, не более С приделками	– 85 10
Алюминиевые проводники тока	В хлопчатобумажной изоляции	–

Значительная доля вторичного алюминиевого сырья представлена отходами, которые образуются при производстве

изделий из листа и проката, проволоки, фольги. Вторичным сырьем является стружка (рисунок 1), образующаяся при механической обработке алюминия и его сплавов. Она составляет самую большую группу алюминиевых отходов; доля ее в общем количестве отходов и лома достигает 40 % и более [7]. На переработку алюминиевой стружки затрачивается не более 10 % от общего объема энергии, которая необходима для изготовления первичного алюминия [8].

Стружка может быть витой, сыпучей, крупной и мелкой. Она загрязнена железом, охлаждающими эмульсиями, маслом. При хранении под открытым небом содержание влаги в стружке может достигать 20%. Влажная стружка быстро корродирует, этот процесс ускоряют щелочные эмульсии [9]. Все эти факторы приводят к значительному снижению выхода металла при плавке стружки. Поэтому перед плавкой алюминиевая стружка требует подготовки.



Рисунок 1 – Общий вид алюминиевой стружки

Переработка алюминиевой стружки – трудоемкий процесс, подразумевающий под собой несколько стадий подготовки материала для дальнейшей переплавки. В зависимости от стружки и ее степени загрязнения используют центрифуги для отжима смазывающей охлаждающей жидкости, магнитную сепарацию для отделения железа, дробилки для дробления стружки на мелкие

фракции, гидравлические прессы для придания дробленой стружке компактного пакета (брикета) в целях удобства складирования, перевозки и плавки в печах, а также сушильные камеры для удаления влаги [10–12]. Переработанная и подготовленная для переплавки алюминиевая стружка в виде брикета (рисунок 2) на порядок дороже и имеет небольшой угар металла и хорошую теплопроводность.



Рисунок 2 – Брикет из алюминиевой стружки

ЛИТЕРАТУРА

- 1 <http://vseokraskah.net/alyuminij/vtorichnyj-alyuminij-pererabotka.html>
- 2 <https://xlom.ru/vidy-metalloloma/lom-alyuminiya-vidy-opisanie-seny>
- 3 Рустамбаева М. Д., Таскарина А.Ж. Экспериментальное исследование по технологии производства продукции из вторичного алюминия: материалы научной конференции «Актуальные проблема современной науки: теория и практика» – Нефтекаменск: Научно-издательский центр, 2020. – 120
- 4 М. А. Садоха, Б.А. Краев, В. И. Гутко, А. И. Гутко Переработка стружки и мелких отходов алюминиевых сплавов. Литье и металлургия 4, 2001 – С. 49-52
- 5 Худяков И.Ф., Дорошкевич А.П., Кляйн С.Э., Гульдин И.Т., Фомин Б.А. Технология вторичных цветных металлов: Учебник для вузов 1981. – 280 с.

6 ГОСТ 1639 Лом и отходы цветных металлов и сплавов. Общие технические условия.

7 Волчок И. П. Комплексная технология повышения качества вторичных алюминиевых сплавов / И. П. Волчок, А. А. Митяев, Р. А. Фролов // Литье и металлургия. 2018. № 4. С. 19–23. DOI: 10.21122/1683-6065-2018-4-19-23

8 Трибушевский Л. В., Немененок Б. М., Румянцева Г. А. Влияние технологии плавки отходов алюминия на состав и возможность использования образующейся пыли // Литье и металлургия. 2018. т. 92. № 3. с. 118–124. doi: 10.21122/1683-6065-2018-92-3-118-124

9 Технологические характеристики металлической стружки О. М. Валицкая, М. П. Селицкая Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого № 1 · 2010 с. 23-32.

10 Способ переработки стружки особоличных алюминиевых сплавов. патент № ru 2323984. дата подачи заявки 03.07.2006; опубликовано 10.05.2008.

11 Способ изготовления деталей машин из алюминиевой стружки. патент № ru 2712672. дата подачи заявки 17.05.2018; опубликовано 30.01.2020.

12 Способ очистки брикетов из водомаслосодержащей металлической стружки. патент № ru 2296187 дата подачи заявки 12.09.2003; опубликовано 20.04.2005.

БОЛАТ ӨНДІРІСІНДЕ ТОТЫҚСЫЗДАНДЫРҒЫШТАРДЫ ҚОЛДАНУ

ШОШАЙ Ж.

аға оқытушы, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

ЖУНУСОВ А. К.

т.ғ.к., Торайғыров университеті, Павлодар қ.

ЖУНУСОВА А. К.

докторант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

КУЛУМБАЕВ Н. К.

аға оқытушы, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Пеш-шөміш агрегатындағы болатты пештен тыс өңдеу (ПША) тазартқыш қожды бағыттауға, зиянды және металл емес қоспаларды кетіруге, болатты ішінара газсыздандыруға, металды химиялық

құрамы мен температурасы бойынша түзетуге және орташалауға арналған.

«KSP Steel» ЖШС (Павлодар қ.) электр балқыту зауытында болатты балқыту ДБП-60 типті доғалы пештерде жүргізіледі. Электр болат алу үшін негізгі материал ретінде металл сынықтары қолданылады. ДБП пештерде балқытудан кейін болат пештен тыс өңдеуге түседі. Болатты пештен тыс өңдеу үшін пеш-шөміш қондырғысы қолданылады.

Қожды тотықсыздандыру үшін салмағы 60-70 кг/т АКК, ферросилиций, балқытқыш шпаты және 1:1:1 қатынасында 10 мм-ге дейінгі фракциямен (8 кг ферросилиций; 8 кг балқытқыш шпат; 8 кг көміртек), құрамында көміртегі бар материалдар (көміртектендіргіш, кремний карбиді) [1].

Құбыр өндірілетін болат маркалары үшін қосымша ФС-65 балқытқыш шпаты, кремний карбидін қолданамыз (0,5–1,0):(0,5–1,0):(1,0). Массалық мөнде: 4-8 кг ферросилиций; 4–8 кг балқытқыш шпаты; 8 кг кремний карбиді, кремний карбиді ұнтағы мен 3:1 массалық қатынасы бар ұсақталған балқытқыш шпаты негізіндегі тотықсыздандырғыш қоспасы (21 кг кремний карбиді және 7 кг балқытқыш шпаты).

Құрамында кальций бар сымды болатты таратып құю шөмішінің қож деңгейінен 300 мм-ден аспайтын жағдайда орнатқаннан кейін қоспалау жасалды (сырттан бақылаймыз). Сымды енгізу берілген жылдамдықпен 150–180 м/мин жүргізілді. құрамында кальций бар сым 1-кестеде көрсетілген мөлшерде қоспаланды.

Кесте 1 – Құрамында кальций бар сымға қойылатын талаптар

ДҮҚМ-ға жіберер алдында металдағы алюминийдің құрамы, %	СК-30 маркалы силикокальция массасы, кг
0,025±0,032	28±1
0,032±0,042	32±1
0,042±0,050	42±1

Құрамында кальций бар сым қосылғаннан кейін 3-4 минут ішінде аргонмен орташа үрлеу жүргізілді, содан кейін сынама алынды. Құрамында кальций бар сыммен металды өңдегеннен кейін алюминий қоспаланбады.

Кәдімгі сапалы болатты балқыту кезінде СК-30 силикокальций толтырғышымен сым қоспасы шөмішті ДҮҚМ-ге қайтарар алдында жасалды.

Құрамында кальций бар сымды енгізгеннен кейін және металды аргонмен 2–3 минут орташа үрлегеннен кейін титанның нормаланған мөлшері бар болаттың құбыр маркаларын балқыту кезінде металды ферротитан толтырғышымен сым қосу арқылы титанмен легірлеу жүргізілді.

Титанмен сым қосу таратып болат құю шөмішіндегі қож деңгейінен 300 мм-ден аспайтын жағдайда орнатқаннан кейін жасалды (сырттан бақыланады). Сым берілген жылдамдықпен 150–180 м/мин жылдамдықпен енгізілді. Сым титан құрамын құюға берер алдында алу үшін қажетті мөлшерде маркалық құрамның төменгі шегінен 0,003–0,015 % жоғары енгізілді. Құрамында титан бар сым қосылғаннан кейін және 2,5–3,0 минут ішінде аргонмен орташа үрлегеннен кейін химиялық анализ үшін сынама алынды. Анализ нәтижелері бойынша балқытуды ДҮҚМ -ге жіберу немесе титанның құрамын түзету туралы шешім қабылданды.

Балқыманы ДҮҚМ -ге жіберер алдында пештен тыс өңдеудің соңында температураны өлшеу екі рет жүргізілді. Өлшенген мөндердің айырмашылығы 5 °С-ан аспауы керек. Екі өлшеудің орташа температура мәні берілген температурадан 3 оС-тан аспауы керек. Болатты таратып құю шөмішіне жіберген сәттен бастап балқытуды құю басталғанға дейін 15 минут болды.

Болаттың барлық маркаларын балқыту кезінде болат құю шөмішін металл бетіне қақпақпен жаппас бұрын, жылу оқшаулағыш материал – 4–5 қап мөлшерінде күріш қабығының қоспасы қолданылды.

Металды химиялық құрамы бойынша түпкілікті жетілдіргеннен кейін, балқыманы ДҮҚМ -ге жіберу алдында ликвидус температурасы анықталды. Есептеу ПША-мен соңғы сынамаға сәйкес келетін химиялық құрам үшін төмендегі формула бойынша жүргізілді:

$$T_{\text{ликв}} = 1537 - 88 \cdot (C) - 8 \cdot (Si) - 5 \cdot (Mn) - 30 \cdot (P) - 25 \cdot (S) - 1,5 \cdot (Cr) - 4 \cdot (Ni) - 2 \cdot (Mo) - 5 \cdot (Cu) - 2 \cdot (V)$$

Балқытудың осы химиялық құрамы үшін алынған ликвидус температурасының мәні құюдың жылдамдық режимін таңдауда қолданылды.

Күту стендіне берілетін металдың температурасы 1610±1620 оС шегінде (күтудің болжамды уақытына байланысты). Сондай-ақ, аргонның болат құю шөмішіне берілуін реттеу жүргізілді.

Металл болат құю шөмішінде болған кезде 4 сағаттан артық шөміштен қожды ағызып, металды автоматты беріліс қорабына жаңа қожды бағыттай отырып, басқа болат құю шөмішіне құю жүргізілді.

Осылайша, қазіргі уақытта металды пештен тыс өңдеуде қолданылатын титан негізіндегі кальций бар және сым беру технологиясы өзірленді. Тиісінше, осы технология үшін жоғарыда аталған материалдарды қолданудың технологиялық регламенті ұсынылды.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Спанов С.С., Кулетов З., Жунусов А.К., Жунусова А.К. Применение шлакообразующих материалов при внепечной обработке стали // VII Торайгыровские чтения. Качество жизни в Павлодарской области. Состояние и перспективы: Материалы Межд. науч. практ. конф. (7-9 октября 2015 г.). – Павлодар: ПГУ им.С. Торайгырова, 2015. – Т.5. – С.208-211.

АҚСУ ФЕРРОКОРЫТПА ЗАУЫТЫНЫҢ АГЛОМЕРАЦИЯЛЫҚ ЦЕХЫ ЖАҒДАЙЫНДА «ШЫҒЫС ҚАМЫС» МАРГАНЕЦ КОНЦЕНТРАТЫНЫҢ ҚАЛДЫҚТАРЫН АГЛОМЕРАЦИЯЛАУ

ШОШАЙ Ж.

аға оқытушы, Торайгыров университеті, Павлодар қ.
АБСОЛЯМОВА Д. Р.

аға оқытушы, Торайгыров университеті, Павлодар қ.
ЖУНУСОВ А. К.

т.ғ.к., профессор, Торайгыров университеті, Павлодар қ.

2010 жылы Ақсу феррокорытпа зауытында агломерациялық зауыт іске қосылды. Жобалық қуаты жылына 350 мың тонна агломерат өндіру. Технологияның бірегейлігі-бір агломерациялық машинада агломератының екі түрін өндіру марганецті және хромды. Қазіргі уақытта марганец агломераты бойынша өндіріс көлемі жылына 80 мың тоннаны және хром агломераты бойынша жылына 270 мың тоннаны құрайды. Қождауышталмаған марганец және қождауышталған хром агломераттарын өндіру Ж. Абишева атындағы «Химия-металлургия институтының» ғалымдары өзірлеген технологияға негізделген [1].

Агломерациялық цехты іске қосу кезінде марганец агломератын өндіру жөніндегі техникалық регламент әзірленіп, бекітілді. Осы құжатқа сәйкес шихтаны іске қосу кезеңінде келесі құрамды қайтармай пайдалану көзделген (құрғақ массаға есептегенде):

- 0,1–10 мм фракциялы марганец концентраты 94,5 %;
- 0–4 мм кокс ұнтағының мөлшері 5,5 %.

1-кестеде қолданылған марганец концентратының химиялық анализі келтірілген.

Кесте 1 – Марганец концентратының химиялық анализі

Құрамы, %					
Mn _{жалпы}	Fe _{жалпы}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
31,8	6,22	20,0	2,84	1,60	0,82

Шихтадағы қайтару мөлшері оның қалыптасуына байланысты белгіленді (20–25 %) және оңтайлы режимге шыққанға дейін жұмыс барысында түзетілді. Шихтаға қайтаруды енгізгеннен кейін қатты отын шығынын оңтайлы құрамға дейін түзету жүргізілді.

Марганец агломератын өндіру іске қосу басталғаннан бері жүзеге асырылды. Осы кезеңде агломерат өндірісі 13862 тоннаны құрады, технологияны өңдеу барысында шихтаның оңтайлы құрамы мен агломерацияланатын қабаттың биіктігін таңдау жұмыстары жүргізілді.

Агломерациялық цех іске қосылған кезде агломерацияның орташа құрамы келесідей болды:

- марганец концентраты 0,1–10 мм 50–65 %;
- көлемі 0–4 мм кокс ұнтағы 5,0–6,0 %;
- қайтару (возврат) 25–45 %.

Агломерацияланатын шихта қабатының биіктігі 400–450 мм деңгейінде болды.

Айта кету керек, технологияны пысықтау негізгі жабдықтың тоқтап қалуымен қатар жүрді, оның себептері агломерациялық машинаның қалдықтарын тазалау және мөлшерлегіштерді күйлеу болды.

Жарамды агломераттың кесектік мөлшері 8 – 100 мм болды.

Алынған марганец агломераттарының химиялық құрамы 2-кестеде келтірілген.

2-кестеден көріп отырғанымыздай, алынған марганец агломераттарының химиялық құрамы СТ 306792590291 ф-л-4749.007-2010 сәйкес келді. 1 және 2-кестелердің деректерін

салыстырудан агломерация процесінде марганец пен темір оксидтерінің ішінара тотықсыздануынан туындаған Mnжалпы (31,8-ден 37 %-ға дейін), Feжалпы (6,22-ден 7,1 %-ға дейін) және SiO₂ (20,0-ден 29,2 %-ға дейін) жоғарылауы байқалады.

Кесте 2 – Марганец агломераттарының химиялық құрамы

№ сынама	Химиялық құрамы, %				
	Mn _{общ}	Fe _{общ}	SiO ₂	W	C
8-3102	37,0	6,59	24,5	0,4	-
8-3158	36,2	6,84	29,2	0,06	0,526
8-3159	37,5	6,87	27,5	0,04	0,234
A-01	36,8	7,1	26,4	0,05	0,185

Кесте 3 – Марганец агломераттарының барабандық беріктігі

№ сынама	Шихта құрамы, %			МЕСТ-15137-87 бойынша беріктік	
	Марганц концентраты	Қайтарым	Аглоотын	соққыға, %	қажалуға, %
1	71,4	23,8	4,8	69,7	15,4
2	64,5	29,5	6,0	73,8	18,9

Салыстыру үшін көлемі 5–40 мм «Шығыс Қамыс» марганец концентратының барабандық беріктігін анықтау бойынша сынақтар жүргізілді, соққы беріктігі 70% - ға және қажалуға 16,2% - ға тең.

Жоғарыда келтірілген сынақ нәтижелеріне сүйене отырып, марганец агломератының беріктігі дәстүрлі түрде қолданылатын марганец концентратының беріктігімен салыстыруға болатындығын айтуға болады.

Салыстыру үшін Үшқатын III және Тур кен орындарының марганец кенінен алынған агломераттар [2,3] таңдалды, олардың әсер ету беріктігі тиісінше 63,4% және 67,8% - ға тең.

Осылайша, қолданыстағы алынған агломераттардан жоғары барабандық беріктігі бойынша АФЗ өндірілген марганец агломераты [2,3].

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Калиакпаров А.Г., Страхов В.М., Никитин Г.М. Подготовка металлургического сырья – новая реальность // Химия и металлургия комплексной переработки минерального сырья: Материалы Межд. науч. практ. конф. – Караганды, 2015. – С.168-171.

2 Ким В.А., Акбердин А.А., Ли А.М. Разработка и создание технологии производства марганцевого агломерата в Казахстане. // Физико-химические и технологические вопросы металлургического производства Казахстана.: Сб. науч. тр. ХМИ. –Алматы, 2002. –Т.30. –С. 363-370.

3 Жунусов А.К., Байсанов С.О., Нурмаганбетов Ж.О. и др. Отработка оптимальных режимов агломерации марганцевых руд месторождения Тур // Тезисы докл. межд.научн.-прак.конф. «Академик Букетов – ученый, педагог мыслитель». – Караганды, 2005. –Т.3. –С.361-364.

МЕТАЛЛ БАЛҚЫМАЛАРЫНДАҒЫ МЕТАЛЛ ЕМЕС КІРІНДІЛЕРДІҢ СИПАТЫН ЗЕРТТЕУ

ШОШАЙ Ж. Ш.

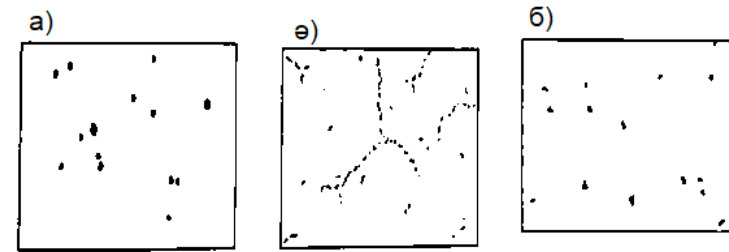
аға оқытушы, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
САПИНОВ Р. В.

PhD, қауымд. профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
СҮЙІНДІКОВ М. М.

т.ғ.к., профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
БАКИРОВ А. Г.

аға оқытушы, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Темір-көміртекті қорытпалардағы кірінділер. Метал емес кірінділер (МЕК) қорытпа бойында шоғырланған әр түрлі пішіндегі және мөлшердегі бөлшектер. Кірінділердің арнайы дисперсіленгендерінен басқасы барлығы дерлік күймадағы кернеу ошағы болып табылады, сонымен қатар кристалдардың өскіндерінің өсуін жылдамдатады және сызаттардың пайда болуына әсерін тигізеді. Күйма қасиеттеріне кірінділердің әсер ету дәрежесі кірінділердің өздерінің қасиеттеріне де - мысалы, түріне, пішініне, өлшеміне, құрамына, орналасуына, қаттылығына, беріктігіне, балку температурасына, тұрақтылығына және т.б. байланысты болады. Құйып алынған болат құрылымында жиі кездесетін металл емес кірінділердің түрлері 1 – суретте көрсетілген [1].



а) – бейбағыт орналасқан домалақ МЕК; б) – түйіршіктердің аражігін бойлап орналасқан эвтектикалық МЕК; в) – қырланып бейбағыт орналасқан МЕК

Сурет 1 – Орташа көміртекті болаттағы кірінділердің түрлері

Көп жағдайда МЕК балқыманың механикалық және технологиялық қасиеттерін нашарлатады. Кірінділердің шекті құрамы балқымаға техникалық шарттармен регламентацияланады. МЕК-тің балқымаларға әсері бірдей еместігін атап өту керек. Мысалы, сапалы металл алудың басты шарттарының бірі болаттар МЕК-ден таза болуы қажет. Ал шойындарда өздерінің құрылысының ерекшеліктеріне қатысты МЕК-тің әсері аз.

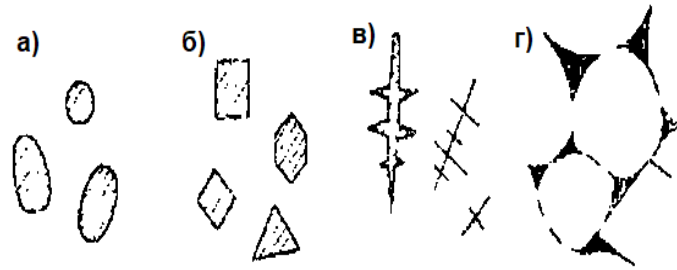
Шығу сипаттамасына байланысты барлық МЕК 2 топқа бөлінеді:

– Эндогенді кірінділер, балқымада қоспаларымен, пеш шегенімен және айналадағы атмосферамен химиялық оның компоненттерінің әрекеттесуі нәтижесінде пайда болады;

– Экзогенді кірінділер, пеш шегеніндегі отқа төзімді «бөгде» бөлшектерін механикалық жолмен араластыру, құю қалыбының нәтижесінде материалдарының түйіршіктерін металды құю сәтінде шайып әкету және қож бөлшектерінен пайда болады.

Бірінші топқа тотықтар, сульфидтер және нитридтер құю қорытпаларында кездесетін кірінділердің 9/10 бөлігін құрайды. Ал екінші топқа металл емес элементтердің және металдардың күрделі тотықтары, силицидтер және т.б. қосылыстар құрайды.

Сыртқы пішіні бойынша домаланған (сфералық, жұмыр), кристалды (қырланған), дендритті (тармақталған), қабықшалы және қисық пішінді кірінділер болады (сурет -2).



Сурет 2 – Металл емес кірінделердің сыртқы пішіндері

Кірінділерді реактив қолданбай немесе арнайы тәсілдер қолданып реактивпен күйдірілген микрошлифтерде анықтайды. Қорытпа құрылысында МЕК-тің микрошлифте сипаттамасы саны мен орналасу немесе эталонды не металлографияның стехиометриялық әдісімен, микро құрылымдармен салыстыру жолымен анықталады. (соңғы әдісте бағалау шартты баллмен жүзеге асырылады).

МЕК-тің және қорытпаның балқу температураларының қатынасы бойынша кірінділер қиын балқитын (ерімейтін) және жеңіл балқитын (ерітін) болып бөлінеді. Қиын балқитын эндогенді кірінділер балқу үрдісінде түзіледі және сондықтан бірінші ретті (бастапқы) деп аталады. Олар металл қатайғанда да өзгеріссіз сақталады. Олардың саны, дисперсілігі және орналасу сипаты құйма суынуының әдеттегі шарттарынан тәуелділігі аз. Бірақ қорытпаны ұзақ уақыт қыздырса немесе қабырғасы қалың құймаларды ақырын суытса кірінді коалесценция (коагуляция, бірігу) үрдісі бойынша іріленеді.

Химиялық құрамы бойынша кірінділер қарапайым және күрделі болып екі топқа бөлінеді.

1. Қарапайым кірінділер:

- оксидтер (FeO , CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , MnO және т.б.)
- сульфидтер (MnS , FeS , CaS және т.б.)
- нитридтер (AlN , TiN , VN , ZrN және т.б.)
- карбидтер (Fe_3C , TiC , VC , Mo_2C және т.б.)
- фосфидтер (Fe_3P , Fe_2P және т.б.)

2. Екі немесе одан да көп компоненттерден құралған күрделі кірінділер:

- оксисульфидтер $CaO-CaS$
- оксинитридтер $TiO-TiN$

- карбонитридтер $TiC-TiN$; $VC-VN$
- силикаттар $2FeO-SiO_2$, $2MnO-SiO_2$
- оксисульфонитридтер TO , $TiNTiS$
- алумосиликаттар $nMnO \cdot mSiO_2 \cdot Al_2O_3$

Өлшемдері бойынша макрокірінділер және микрокірінділер болып ажыратылады.

Алюминий қорытпаларындағы кірінділердің сипаты. Алюминийдің химиялық белсенділігі жоғары болуынан оның бойында бірталай металл емес кірінділер кездесіп отырады. Олардың қатарында алюминий, магний, натрий, литий, титан және басқа металдардың тотықтары мен сульфидтері, нитридтері мен карбидтері, металларалық қосылыстары бар [2]. Қатты металл емес кірінділердің көбі карбонитридтер мен алюминий тотығының әртүрлі магний тотығы, магнезиалды шпинель түрінде болады, ал қалған кірінділердің түрлері сирек кездеседі және олардың металда болуы көбінде қорытпаның химиялық құрамына байланысты. Алюминий қорытпасындағы тотықтардың пішіні кейде сұйық қабықша түрінде болады. Осы қабықшалардың меншікті бетінің өлшемі үлкен, ал тығыздығы балқыманың тығыздығына өте жақын тұрғандықтан оларды тұндыру тәсілімен бөліп алу қиынға түседі. Дәл осындай қабықшалар сонымен қоймай балқыма ағыны турбулентті түрде ағатын кезде буырқанған металда қайта туындауы жиі көрінетін құбылыс. Осылар құйма бойына барып орналасады.

Алюминийдің су буымен немесе басқа металдардың тотығымен әрекеттесуінен түзілетін тотық қабыршақтар едәуір кіші өлшемде болады. Бұлар тұрпайы қабықшаларға қарағанда балқымадан баяу бөлінеді. Олардың көпшілігі құймаға өтіп кетеді.

Жоғарыдағылардан бөлек дисперсілі кірінділер домаланған пішінде болып, олардың басым бөлігі (80 %-дан астамы) көлденеңінен өлшегенде 0,7 мкм кіші болады. Осындай кірінділер балқыма бойында біркелкі болып шашырай орналасады да бірігіп үлкеймейді. Олардың өзара адгезиялану күші жеткілікті шамада бола тұра, көршілес түйіршіктердің бір-бірімен жақындасуына сыналап ажыратушы қысым мен алюминий оксидтерінің өте сылбыр қозғалысы бөгет жасайды [3]. Қатты МЕК мөлшері алюминий қорытпасында 0,001–0,01 %, жекелеген жағдайларда 0,05 % құрайды.

Макрокірінділер сынықтарда немесе болат үлгілерінің бетінен аспапсыз көзбен немесе 20 есеге дейін ұлғайту арқылы табуға болады. Микрокірінділерді шлифте тек 50-ден кем емес ұлғайту

арқылы микроскоппен табуға болады. Әдетте микрокірінділерді зерттеу үшін 300 еседен және одан да көп ұлғайту арқылы, ал кейбір жағдайларда Мысалы, алюминий нитриді *AlN* немесе ванадий карбидін *VC* зерттеу кезінде 2000-нан да көп ұлғайту арқылы табады.

Жеңіл балкитын (екінші ретті) кірінділер сұйық металда балкиды. Олар суу үрдісінде балқыманың ерігіштігінің өзгеруі себебінен және балқыманың кристалдануы кезінде түзіледі.

Экзогенді кірінділер сұйық металмен әрекеттескенде кейбір жағдайларда балқыма компонентімен толықтай немесе толық емес әрекеттесуі мүмкін, ал негізінде ол эндогенді кіріндіге айналады. Сондықтан кірінділерді сипаты немесе пішіні бойынша, көп жағдайда оның бастапқы шығу тегіне қарай анықтау қиын. Бұл жағдай көбінде жоғары температурада балкитын (болат, никельді корытпаларда) және химиялық белсенділігі жоғары (титан корытпалары) корытпаларда байқалады. Басқа жағдайларда экзогенді кірінділерді олардың қисық бұрышты пішіні, үлкен өлшемі, және күрделі құрылымы бойынша тануға болады.

Эндогенді кірінділер әсіресе құйманың өлшеміне тәуелді келеді: құйманың қабырғасының қалыңдығы өскен сайын кірінді өлшемі де өседі. Пішіні бойынша кірінділер әртүрлі және корытпаның эвтектикалық құрылым құраушыларымен бірге кристалданады немесе корытпа компоненттерімен өзіндік эвтектиканы дендрит ұяшықтар шекаралары бойынша (мысалы, болаттағы металл сульфидтері немесе мыс корытпаларындағы мыс тотығы) құрайды. Металл емес кірінділердің бұлай орналасуы өте қауіпті. Өйткені бұл жоғары немесе төмен температураларда корытпаның пластикалық қасиетін күрт төмендетеді.

МЕК құймаға әсері кернеуді тудырады, кристалдардың өскіндерінің өсуін жылдамдатады және сызаттардың пайда болуына әсерін тигізеді, сонымен қатар алынған құйманың механикалық және технологиялық қасиеттерін нашарлатады. Сапалы металл алудың басты шарттарының бірі балқымалар МЕК-ден таза болуы қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Козлов Л.Я. Производство стальных отливок: учебник для вузов /Л.Я.Козлов, В.М.Колокольцев, Э.Б. Тен, К.Н. Вдовин, Л.Б. Долгополова, А.А. Филиппенков и др. - М.: МИСИС, 2005. – 351с.

2 Гуляев Б.Б. Теория литейных процессов. Учебное пособие для вузов. Л., «Машиностроение» 1976. – 216 с.

3 Суюндиков М.М., Тусупбекова М.Ж. Высокоэффективная технология получения алюминия, свободного неметаллических включений. // Сборник материалов научно-практической конференции с международным участием «Интеграция науки и промышленности решающий фактор в развитии экономики Республики Казахстан». Том 2. Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2005.- 264с.

ФЕРРОҚОРЫТПА ӨНДІРІСІНДЕ КӨМІРТЕКТІ МАТЕРИАЛДАРДЫ ПАЙДАЛАНУДЫ ТАЛДАУ

ШОШАЙ Ж.

аға оқытушы, Торайгыров университеті, Павлодар қ.
ТУСУПБЕКОВА М. Ж.

аға оқытушы, Торайгыров университеті, Павлодар қ.
ЖУНУСОВ А. К.

профессор, Торайгыров университеті, Павлодар қ.
ЖУНУСОВА А. К.

докторант, Торайгыров университеті, Павлодар қ.

Екібастұз кен орнының көмірі (Шығыс бөлімі) өте жоғары күлді (41,9 %) және ұшпа заттардың шығымы жоғары (31,2 %), орташа күкірт мөлшері (0,5 %) және жоғары фосфор (0,129 %). Петрографиялық сипаттамалары: витриниттің төмен мөлшері (24 %), жоғары – фюзинит (17 %) және минералды қоспалар (52 %). Осы құрамның нәтижесінде азаятын компоненттерінің мөлшері жоғары және 55 % құрайды. Витриниттің шағылысу қабілеті – 0,93 %. Көмірдің жентектелмейді (пластикалық қабаттың қалыңдығы $y = 0$), ол тотықпайды және беріктігі жеткілікті жоғары (81,9 %) құрылымға ие. Көмір тығыз, кеуектілігі 9,3 % және беті кедір-бұдыр – кеуектердің жалпы көлемі төмен және $0,057 \text{ г/см}^3$ құрайды [1].

Өзінің сапалық сипаттамалары бойынша Екібастұз кен орнындағы көмір кен электротермиясында көміртекті тотықсыздандырғыш ретінде бірқатар жағымсыз қасиеттерге ие: жоғары күлді, ұшпа заттардың шығымы және фосфор мөлшері көптігі, кеуектілігі төмен. Сонымен қатар, ол өте берік және электр кедергісі жоғары. Екібастұз көмірінің аталған теріс қасиеттері ферроқорытпа өндіру технологиясына кері әсерін тигізуі мүмкін. Ең аз зиян келтіре отырып, бұл көмірді қож процестерінде, мысалы, жоғары көміртекті феррохром өндірісінде қолдануға болады. Егер

болашақта фосфордың жоғары мөлшері расталса, онда Екібастұз көмірін пайдалану осы көрсеткіш бойынша қорытпаның сапасын нашарлатуы мүмкін.

Қарағанды бассейнінің Бөрілі көмірі жоғары күлмен (37,48 %), ұшпа заттардың бөлінуінің жоғарылығымен (31,44 %) және күкірт құрамымен (1,27 %) сипатталады. Фосфордың мөлшері төмен және 0,014 % құрайды. Петрографиялық құрамы бойынша Бөрілі көмірі төмен витринитпен (27 %), жоғары фюзинитпен (11 %) және минералды қоспалармен (55 %) сипатталады. Соңғысының құрамы 52% құрайтын азайтатын компоненттердің мөлшеріне әсер етті. Витриниттің шағылысу қабілеті жоғары (0,99 %). Көмір жентектеледі, пластикалық қабаттың қалыңдығы (y) 10 мм. Көмірдің тотығуы жоқ. Көмір берік (81,7 %) және тығыз (кеуектілігі 10,6 %), кеуек тесіктері аз (0,071 см³/г). Электротермиялық процестерге арналған көміртекті тотықсыздандырғыш ретінде Бөрілі көмірі жоғары күлді, жоғары ұшпа заттармен және төмен кеуектілік сияқты жағымсыз қасиеттерге ие. Сонымен қатар, Бөрілі көмірінің жеткілікті жоғары құрылымдық беріктігі мен жоғары реактивтілігі мен меншікті электр кедергісі оның теріс қасиеттерін орынын толықтыруға еш негіз жоқ. Сондықтан оны жоғары көміртекті феррохром өндірісінде шағын кокс қоспасы ретінде пайдалануға болады.

Ұсынылған сынама бойынша Шұбаркөл разрезінің көмірінің күлі төмен (5,27%), бірақ ұшпа заттардың шығымы жоғары (43,41 %). Көмірде күкірт (0,37 %) және фосфор (0,005 %) жеткілікті төмен және оны ферроқорытпа өндірісінде қолдануға қолайлы. Күл аз болған кезде ұшпа заттардың шығымдылығының жоғарылауына байланысты көмірдің қатты (бекітілген) көміртегі мөлшері жоғары емес және 53,6 % құрайды. Көмір жоғары витринизацияланған ($V_t = 91$ %), құрамдас бөліктері аз (7 %). Витриниттің шағылысу қабілеті-0,52%. Көмір іс жүзінде тотықпайды, жентектелу жоқ. Шұбаркөл көмірінің беріктігі аз (63,3 %), кеуектілігі – 15 %. Ресей классификациясы бойынша Шұбаркөл разрезінің көмірі Д маркасына, код нөмірі 05.0.42.00 ДВ кіші тобына жатады.

Шұбаркөл көмірінен жасалған арнайы кокстың күлі төмен (8,66%), күкірт мөлшері орташа (0,34 %) және фосфоры төмен (0,015 %). Арнайы кокстың артықшылығы-оның жоғары реакциялық қабілетке ие CO_2 (4,61 см³ / г с), өте жоғары электр кедергісі (33 Ом.см) және жақсы кеуектілік ($\Pi = 62$ %, $W_{жалпы} = 0,887$ см³ / г). Мұндай коксты ферроқорытпалардың барлық маркалары үшін сәтті қолдануға

болады және балқытудың технологиялық көрсеткіштеріне жағымды әсер етеді. Шихтаның көміртекті бөлігіндегі Шұбаркөл көмірінен жасалған арнайы кокстың оңтайлы үлесі (кокс домалақтарының қоспасымен) эксперименттік жолмен белгіленуі тиіс.

«Алтай-кокс» АҚ кокс домалақтары АФЗ-дв қолданылатын негізгі көміртекті тотықсыздандырғыш ретінде Ресей кокс-химия өндірістерінің (КХӨ) басқа кокстарымен салыстырғанда күлдің жоғарылауымен (13,37 %) сипатталады. Техникалық талдаудың басқа көрсеткіштері (V, S және P) ферроқорытпа өндірісінде қолдануға өте қолайлы. Көміртегі мөлшері (85,4 %) тұрақты және ресейлік КХӨ кокстарына тән. Кокстың көміртекті тотықсыздандырғыш ретіндегі негізгі көрсеткіштері (реактивтілік, меншікті электр кедергісі, кеуектілік және беріктік) қазіргі заманғы электротермиялық балқыту технологиясының көрсеткіштерін жақсарту үшін жоғары болуы керек орташа деңгейде.

ҚХР кокс өкілдерінің сынамасын зерттеу нәтижелері Да-Хуан-Ся, Шци-Гоу және Шань-Си провинцияларының көмірлерінен бұрын зерттелген кокстардың сапа көрсеткіштерімен толық сәйкес келеді. ҚХР коксы сапа көрсеткіштері бойынша кокс домалағына жақын техникалық құрамы ($Ad = 10,94$ %, $V_{daf} = 3,48$ %, $S_d = 0,27$ % және $P_d = 0,013$), көміртегі мөлшері (85,6 %), кеуектілігі (45,6 %) бойынша өте қолайлы көрсеткіштерге ие. ҚХР коксы көміртекті тотықсыздандырғыш ретінде «Алтай-кокс» АҚ кокс домалағынан реактивтілігі (2,83 қарсы 0,58 см³/гс) және қанағаттанарлық беріктігі (75,3 %) кезінде меншікті электр кедергісі (10,5 қарсы 3,6 Ом см) бойынша айқын артықшылықтарға ие [1].

Осылайша, Екібастұз және Қарағанды кен орындарының көмірлері кенді электротермияға арналған көміртекті тотықсыздандырғыштар ретінде бірқатар жағымсыз қасиеттерге ие (жоғары күл, ұшпа заттардың жоғары шығымдылығы, қатты көміртектің аз мөлшері, кеуектілігі төмен). Екібастұз көміріндегі фосфор мен Қарағанды көміріндегі күкірт мөлшерінің көрсеткіштері қосымша тексеруді талап етеді.

Шұбаркөл разрезіндегі көмір және одан жасалған кокс олардың қолайлы физика-химиялық қасиеттеріне байланысты (жоғары реакциялық қабілеті мен меншікті электркедергісі) электротермиялық процестер үшін жақсы көміртекті тотықсыздандырғыштар болып табылады.

«Алтай-кокс» АҚ кокс домалағының сапасы көміртекті тотықсыздандырғыш сапасының орташа көрсеткіштерімен

сипатталады және олардың феррокорытпа пештерінің жақсы жұмыс істеуін қамтамасыз ету деңгейі жоғарылауы тиіс.

Таңдалған сынама бойынша ҚХР кокс техникалық құрамы бойынша қанағаттанарлық көрсеткіштермен және жоғары физика-химиялық қасиеттерімен сипатталады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Калиакпаров А.Г. Угольные месторождения Казахстана – история и перспективы. – Павлодар: ЭКО, 2008. – 74 с.

ТЕХНОГЕНДІК ЖӘНЕ ЭЛЕКТРОНДЫ ҚАЛДЫҚТАРДАН АЛТЫНДЫ АЛУ МҮМКІНДІКТЕРІ МЕН МӘСЕЛЕЛЕРІ

ШОШАЙ Ж.

докторант, Д. Серікбаев атындағы

Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ.

САПИНОВ Р. В.

PhD, қауымд. профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

САДЕНОВА М. А.

х.ғ.к., қауымд. профессор, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ.

ВАРБАНОВ П. С.

профессор, Dr-Nabil, SPII зертханасы, NETME орталығы, Брно технологиялық университеті, Брно қ.

Қазіргі уақытта қасиеттеріне байланысты алтын ең сұранысқа ие металдардың бірі болып табылады. Алтын әртүрлі салаларда қолданылады, мысалы, зергерлік бұйымдар, медициналық жабдықтар, күймалар, монеталар, электронды тұрмыстық бұйымдар мен жабдықтар. Әлемдік алтын өндірісінің көшбасшысы - Қытай. Алтын өндірісі бойынша ҚР 2022 жылғы алтын өндірісінің көрсеткіші 73,2 т. құрады [1]. Жылдан жылға алтынға сұраныс тұрақты өсіп келеді және оның осы жылдың мамыр айындағы құны 1 унция үшін: 1961.60 долларды құрады [2].

ҚР әлемдік алтынның жалпы қорының жуықтап алғанда 4 пайызы шоғырланған, оны байыту мен алу технологиясы дамыған. Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында пайдаланылатын алтын кен орындары – Шығыс Қазақстан Бакырчик, Большевик, Васильевское, Риддер-Сокольное, Суздаль, Жанан, Секисовское. Орталық Қазақстан Ақсу, кварцит сырғанақтары, Жолымбет, Бестөбе, Үшоқы, Енбекші, шөл, Майқайың Солтүстік Қазақстан

Васильковское, Өзбой, Сымбат, Комаровское, Элеваторное, Аққарғын, Варваринское, Жетігоринское Батыс Қазақстан мерейтойлық Оңтүстік Қазақстан Ақбақай тобы, ақсақал-Бескемпид, Мыңарал, Жаркүлак, Қарамұрын, Арқарлы, қымыз [3]. Осы аталған кен орындарында жылдар бойы жиналған қалдықтар үсті-үстіне күннен күнге артып келеді. Мысалы,» ТМК Қазақалтын « АҚ-да технологиялық минералдық түзілімдер – (ТМТ-құрамында алтыны бар кендерді қайта өңдеу қалдықтары). ТМТ жалпы көлемі — 25 млн. тоннаны құрайды [4].

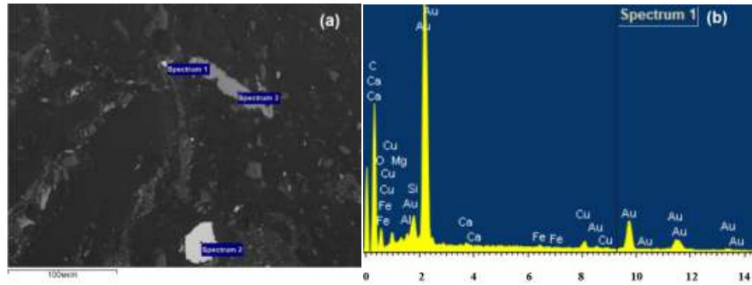
Соңғы жылдары алтынның кендік қоры азаюы байқалады. Жалпы есеп бойынша дүние жүзіндегі зерттелген алтынның қоры 55 мың тоннаны құрайды [5]. Жылдағы қолданыстың орташа есебі 3000 тонна құрайды деп есептесек онда алтынның қоры 17–19 жылдың ішінде бітуі мүмкін. Сол себептен қолданыс аясынан шыққан немесе баланста жоқ алтынды алу алтын қорын қайта толтырады және экономикалық тұрғыдан тиімді және пайдалы деп есептейміз. Бұл ретте алтын қорын толтырудың шикізат көзі ретінде техногендік қалдықтар (байыту фабрикаларының қалдықтары, шлактар, шламдар және т.б.) және электронды қалдықтар болып табылады.

Электронды қалдықтарға шетелде оларға үлкен қызығушылық артып келеді. Пайдаланылған электрондық баспа платаларында көп мөлшерде асыл [6,7] және ауыр түсті металдар бар [8]. Электрондық шикізатты химиялық талдау нәтижелері 1-кестеде келтірілген. Мыс мөлшері 26,4 %, алюминий 3,9 %, мырыш 1,2% және басқа элементтер көрсетілген. Алтынның мөлшері 0,0086 % (86 г / т) құрайды..

Кесте 1 – Электрондық қалдықтарды ұнтақтап алынған үлгідегі металдардың орташа мөлшері (мас.%)

Cu	Al	Sn	Ni	Zn
26.4	3.9	3.2	2.3	1.2
Pb	Fe	Ag	Au	Pd
1.7	4.2	0.2	0.0086	0.1

1-суретте таңдалған үлгі аймағындағы элементтердің таралу профилдерінің суреттері көрсетілген. Талдау сонымен қатар Au бар екенін анықталды.



Сурет 1 – электрондық сурет (а), таңдалған аймақтағы элементтердің таралу профильдерінің суреттері (б)

Заманауи технологиялық инновациялардың жаңаруы, дамуы және электронды жабдықтың қызмет ету мерзімінің қысқаруы жыл сайын электронды және электротехникалық қалдықтардың көбеюіне ықпал жасауда. Кейбір электрондық құрылғылардың қызмет ету мерзімі: компьютер үшін 2–5 жыл, ұялы телефон үшін 1–2 жыл. Демек, жыл сайын бүкіл әлем бойынша миллиондаған компьютерлер мен ұялы телефондар істен шығып [9] электронды қалдықтардың мөлшерін көбейтуде. Техногендік қалдықтардың көлеміде өте үлкен қарқынмен көбейіп келеді. Электронды қалдықтармен салыстырғанда құрамындағы құнды компоненттердің мөлшері төмен болғандықтан оларды өңдеу экономикалық жәнә экологиялық жағынан тиімсіз деп танылғанымен, бірақ қажетті экономикалық тиімді технологияларды қолдану арқылы алу өзекті мәселе болып табылады.

Құрамында алтыны бар әртүрлі шикізатты өңдеу үшін электронды сынықтарды гидрometаллургиялық өңдеудің орындылығы мен перспективасы бар. Пирометаллургиялық әдіс пен салыстырғанда гидрometаллургиялық әдістің артықшылықтары көп, мысалы пирометаллургиялық әдісті пайдалану кезінде пайда болатын улы газдардың, шаңның және басқа қалдықтардың көп бөлінуі ауаны ластауы сонымен қатар табиғи – энергия ресурстарының көп шығындалуы сияқты бір қатар кемшіліктері ғылыми зерттеу жұмыстарында аталып көрсетілген, ал гидрometаллургиялық әдісте аталған кемшіліктердің азаюына байланысты гидрometаллургиялық әдіске көбірек артықшылық берілетіні анық жазылған. Ғылыми әдебиеттерге шолу жасауда электрондық қалдықтарды патша арағының ерітіндісінде қайта өңдеу әртүрлі сыналған ерітінділеу реагенттері арасында алтынның ең жоғары еру жылдамдығын қамтамасыз ететіндігін көрсетті. Алайда, бұл еріткішті өнеркәсіптік

қолдану күшті тотығу мен реагенттің жоғары коррозиялық күшіне байланысты шектеледі.

Электронды сынықтарды өңдеудің әртүрлі схемаларына салыстырмалы талдау жүргізілді. Шикізат көзі ретінде алтын байыту фабрикасының қалдықтары мен әртүрлі өндірушілердің ақаулы смартфондары, пайдаланылған баспа платалары ұсынылған электрондық қалдықтар қарастырылды. Жалпы әдебиеттік шолу жасау нәтижесінде таза экологиялық реагент ретінде тиомочевинаның судағы ерітіндісінің көрсеткіштері жақсы екені анықталды.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 <https://kapital.kz/economic/113965/skol-ko-affinirovannogo-zolota-proizveli-v-kazakhstane.html>
- 2 <https://www.gold.org/>
- 3 Аймурзаев Т., Даутбеков Д.О. К состоянию изученности и перспективах месторождений приоритетного золото-сульфидно-кварцевого штокверкового геолого-промышленного типа Казахстана. Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геологии и технических наук. № 5. 2016 С. 71-78.
- 4 https://kase.kz/files/emitters/KZAL/kzalp_2018
- 5 USGS / U.S. Geological Survey. Mineral Commodity Summaries. – 2014-2023 // <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-tin.pdf>. 15.05.2023.
- 6 Li H., Oraby E. A., Eksteen J. J. Development of an integrated glycine-based process for base and precious metals recovery from waste printed circuit boards // Resources, Conservation and Recycling. – 2022. – Т. 187. – С. 106631.
- 7 Yang, C., Li, J., Tan, Q., Liu, L., & Dong, Q. (2017). Green Process of Metal Recycling: Coprocessing Waste Printed Circuit Boards and Spent Tin Stripping Solution. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 5(4), 3524–3534.
- 8 Sethurajan, M., van Hullebusch, E. D., Fontana, D., Akcil, A., Deveci, H., Batinic, B., ... & Chmielarz, A. (2019). Recent advances on hydrometallurgical recovery of critical and precious elements from end of life electronic wastes-a review. Critical reviews in environmental science and technology, 49(3), 212-275
- 9 Sahan, M., Kucuker, M. A., Demirel, B., Kuchta, K., & Hursthouse, A. (2019). Determination of metal content of waste mobile phones and estimation of their recovery potential in Turkey. International journal of environmental research and public health, 16(5), 887.

Секция 2. Инженериядағы заманауи технологиялар
Секция 2. Современные технологии в инженерии

ӘЛСІЗ НЕГІЗДЕРДЕ ҚАЛҚЫМАЛЫ ҮЙІНДІЛЕРДІ
ЖОБАЛАУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

АЛЬКЕЕВА А. Ж.

магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

ЖУКЕНОВА Г. А.

қауымд. профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Әлсіз негіздерге толығымен немесе ішінара әлсіз топырақтармен бүктелген үйінділердің негіздері жатады. Әлсіз негіздегі үйінділерге мынадай қосымша талаптар қойылады:

– Негіздің тұрақтылығы қамтамасыз етілуі керек, яғни үйінді астынан әлсіз топырақтың бүйірден сығылуын болдырмау керек (егер бұл әлсіз топырақты жою әдісі ретінде қарастырылмаса);

– Негіздің тұрақтылығы қамтамасыз етілуі тиіс, яғни жауын-шашынның қарқынды бөлігі жабын құрылғысына дейін аяқталуы тиіс (екі сатылы құрылыс жағдайында құрама жабындарды қолдану кезінде алып тастауға жол беріледі). Жауын-шашынның қарқынды бөлігінің аяқталуы үшін негіздің 90% шоғырлануына немесе қарқындылығына қол жеткізу сәтін қабылдауға жол беріледі күрделі жол төсемдерінде жылына 2 см-ден аспайтын жауын-шашын және 80 % шоғырлану немесе қарқындылығы жеңіл үлгідегі киімдер кезінде жылына 5 см-ден аспайтын жауын-шашын;

– Көлік құралдарының қозғалысы кезінде жер төсемінің серпімді тербелістері жабынның осы түрі үшін рұқсат етілген мәннен аспауы тиіс (шымтезек негіздеріндегі үйінділер үшін).

Шарттардың сақталуы есептеулермен тексеріледі. Тұрақтылықты есептеу кезінде қауіпсіздік коэффициенті анықталады:

$$K_{\text{без}} = \frac{p_{\text{без}}}{p_{\text{расч}}},$$

мұндағы: $p_{\text{без}}$ – негізге қауіпсіз жүктеме;

$p_{\text{расч}}$ – негізге есептелген жүктеме.

Әлсіз топырақта тірек құрылымдары турбинаның өзінен кейінгі заманауи жел қондырғылары құнының үлкен үлесін құрайды. Сондықтан тірек конструкцияларын жобалау әдістерін жақсарту арқылы шығындарды айтарлықтай төмендетуге болады.

Жаңа іргетас шешімдері-конустық сал, су ыдысымен қоршалған жалпақ дөңгелек сал және іргетастың құнын төмендету және іргетастың геотехникалық өнімділігін жақсарту үшін су ыдысымен қоршалған конустық сал. Аталған іргелі шешімдерді салыстырмалы зерттеу ақырлы элементтерді модельдеу арқылы сандық түрде жүргізілді. Ағымдағы зерттеу нәтижелері конустық салдың геотехникалық сипаттамалары бірдей диаметрді пайдаланған кезде жалпақ дөңгелек салдың геотехникалық қасиеттерімен салыстырғанда жақсаратынын көрсетеді. Сонымен қатар, конустық сал шөгінділер мен көлбеу талаптарға сай болу үшін бетон мен арматураның аз көлемін қажет етеді. Су ыдыстарын қолдана отырып, белсенді іргетасты шешуге келетін болсақ, еңісті азайту үшін аударылу моментін теңестіру үшін жылжымалы жүктемені пайдалану идеясы. Бұл белсенді жүйенің қадаларды қолданумен салыстырғанда экономикалық пайдасы көрсетілген. Нәтижелер белсенді іргетас ерітіндісін пайдалану жұмсақ саздың терен қабатындағы ұзын үйкеліс қадалары бар қадалармен салыстырғанда іргетастың айналуын азайту мүмкін екенін көрсетеді. Сонымен қатар, су ыдысының іргетасының бастапқы құны қадалар салының бастапқы құнынан аз.

Өнертабыс автомобиль жолдарының құрылысын білдіреді және әлсіз сулы-батпақты жерлерде тұрақты автомобиль жолдарын құруға арналған. Әлсіз сулы-батпақты негіздерде тұрақты автомобиль жолдарын және уақытша автомобиль жолдарын (автозимниктерді) салу кезінде жер төсемінің үйіндісін салу әдістері белгілі.

Шымтезек қабаттары әлсіз негіздің бетіне қабаттарға құйылады, тегістеледі және тығыздалады. Содан кейін шымтезек үйіндісі минералды топырақпен (тегістеу және тығыздау арқылы) қабаттасып, жер төсемінің контурын құрайды. Шымтезекті қолдану арқылы үйіндінің төменгі бөлігінде жеңіл (өзгермелі) жер төсемі алынады, ол біртіндеп шоғырлану арқылы әлсіз су қаныққан негізді тығыздайды, ал үйіндінің едәуір шөгіндісі байқалады. Жер білігін салудың жоғарыда аталған әдістерін іске асыру импорттық кондиционерлік топыраққа деген қажеттілікті едәуір азайтады және автомобиль жолдарын салу құнын төмендетеді.

Бұл әдістердің басты кемшілігі-бұл қалқымалы үйінді біртіндеп батып кетеді. Сонымен қатар, негіздің үлкен және ұзақ шоғырлануы, сондай-ақ үйінді негізінің төменгі бөлігіндегі шымтезектің тығыздалуы жер төсемі мен жол жамылғысының айтарлықтай біркелкі емес деформацияларына әкеледі, бұл оның тегістігін азайтады және жолды пайдалану кезеңінде жол киімдерін үнемі жөндеу қажеттілігін анықтайды.

Белгілі техникалық шешімдердің ішінен маңызды белгілердің жиынтығы бойынша ең жақын болып қалқымалы полистирол үйіндісін салу әдісі жатады.

Бұл әдістің мәні мынада: әлсіз негіздің бетіне көлемі 1-ден 1,5 м³-ге дейінгі полистиролдан жасалған дайын блоктар қабат-қабат төселеді, содан кейін оларды арнайы қапсырмалармен немесе ойықтармен бекітеді, үйіндінің төменгі бөлігін минералды топырақпен толтырады, жер төсемінің контурын қалыптастырады және полистирол көбігінің зақымдануын болдырмайды.

Бұл әдістің басты кемшілігі - блоктар мен қабаттар арасында қатаң байланыстың болмауы, өйткені қапсырмалар мен ойықтар бұзылады. Сонымен қатар, блоктардың бірінші қабатын төсеу алдында жолдың әлсіз негізін тегістеу қажет, бұл технологиялық тұрғыдан қиын.

Өнертабыстың міндеті-прототиппен салыстырғанда көтергіштігі жоғары және құны төмен монолитті, күшейтілген көбік материалынан қалқымалы үйінді төсеу әдісін әзірлеу.

Көрсетілген техникалық нәтижеге қалқымалы үйінді салу әдісі ұсынылғандықтан қол жеткізіледі, оның ішінде әлсіз топырақ негізінің бетіне берілген ені бар көбік полимерлі материалдың сұйық қабатын жағу, оның пайда болған бетіне полимерлеу басталғаннан кейін арматуралық геосинтетикалық материал төселеді, содан кейін қабаттарды төсеу процесі қайталанатын. қалқымалы үйіндінің қажетті биіктігі мен геометриясына жеткенге дейін бірнеше рет, осыдан кейін көбік Полимерлі материалдан жасалған үйінді қалыңдығы кемінде 0,3 м минералды топырақпен жабылады және төменгі қабаты тұтқыр затпен нығайтылатын жол киімін орналастырады, бұл ретте көбік полимерлі материалдан жасалған үйіндінің төменгі бөлігінің жалпы биіктігі минералды топырақтан жасалған жоғарғы бөлігінің биіктігі $h_{пн}$ жол киімімен $h_{мч}$ бірге осы шартпен анықталады:

$$1,1\sigma_0 > p_{п}h_{п} + p_{мч}h_{мч} \geq 0,8\sigma_0,$$

мұндағы: σ_0 – әлсіз негіздің көтергіштігі, МПа;

$p_{п}$ – көбіктенген полимерлі материалдың орташа өлшенген тығыздығы (геосинтетикалық материалды ескере отырып), кг / м³;

$p_{мч}$ – минералды топырақтың және көбіктенген полимерлі материалдың үстінде жатқан жол киімінің барлық қабаттарының орташа өлшенген тығыздығы, кг / м³;

$h_{п}$ – көбік полимерлі материалдың барлық қабаттарының қалыңдығы (геосинтетикалық материалды ескере отырып), м;

$h_{мч}$ – минералды топырақ қабатының қалыңдығы және көбік полимерлі материалдың үстінде жатқан жол киімдерінің барлық қабаттары, м.

Құрылымның монолиттілігіне қол жеткізу мүмкіндігіне полимерлі көбіктің барлық қабаттары көбік түзетін қондырғыдан қолдану және кейіннен қалқымалы негіздің құрылымында тікелей полимерлеу процесінде бір-біріне бекітілгендігімен қол жеткізіледі. Қаттылық пен беріктіктің жоғарылауына жүктеме бағытында орналасқан геосинтетикалық материалдардан жасалған арматуралық қабаттарды қолдану арқылы қол жеткізіледі. Құрылыс құны полимерлі көбік компоненттері құрылыс алаңына сұйық немесе қатты күйінде түсетіндіктен, олардың тығыздығы зауытта жасалған полимер блоктарынан 15–20 есе жоғары болған кезде төмендейді.

Құрылыс алаңында көбік көбік шығаратын қондырғылардың көмегімен алынады (геомембрана). Бұл қондырғылар полимерлі көбікті әр түрлі еселіктермен (қатты және газ тәрізді заттардың әр түрлі арақатынасына байланысты), тығыздығымен және беріктігімен алуға мүмкіндік береді, бұл жол құрылымының материалдарының биіктігі, ені немесе көлемі бойынша өзгермелі сыйымдылығы мен беріктігін реттеуге мүмкіндік береді, бұл сайып келгенде өзгермелі негіздің құнын төмендетуге мүмкіндік береді.

Құрылыстың соңғы кезеңінде қалқымалы үйіндінің төменгі бөлігі минералды топырақпен жабылады немесе арматуралық геосинтетикалық материалды қолдана отырып бетондалады, содан кейін жол киімімен жабылады. Гео торлармен, геотекстильдермен және геомембраналармен қатар полистирол көбігі геосинтетикалық материалдар санатына жатады. Жол құрылысында экструзия әдісімен (XPS плиталары) және блоктар түрінде (EPS блоктары)

жасалған қалыңдығы 100 мм-ге дейінгі жол плиталары түрінде полистирол көбік өнімдері қолданылады. Бұл жағдайда олар негізінен жылу оқшаулағыш қабаттар түрінде қолданылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 А.П. Кулешов, В.В. Пендин, Влияние метода определения свойств грунтов на численные расчеты деформаций, Вестник Томского политехнического университета, Геоактивы, 328 (12), 63-74 (2017).
- 2 Л.Е. Халиулина, О постоянных грунтах в дорожном строительстве, Научные исследования 3(22), 10-12 (2018).
- 3 М.М. Мирсаидов, Е.С. Тошматов, Пространственное напряженное состояние и динамические характеристики земляных плотин, Журнал гражданского строительства 89 (5), 3-15 (2019).
- 4 Х. Хуан Ян, Анализ устойчивости земляных откосов (Стройиздат, 1988).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПО СНИЖЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ ПРИМЕСЕЙ Na, K В ЦИНКОВОМ КОНЦЕНТРАТЕ, ЗА СЧЕТ ОБОГАЩЕНИЯ РУДЫ В ТЯЖЕЛЫХ СУСПЕНЗИЯХ

БЕКБЕРГЕН Ұ. Е.

магистрант, 21-МОП-2п, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д.Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ӘДІЛҚАНОВА М. Ә.

PhD, асоц. профессор, Восточно-Казахстанский технический университет имени Д.Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

В гидрометаллургии цинка процесс отжига цинкового концентрата является важным технологическим процессом. В настоящее время на многих обогатительных фабриках производятся цинковые концентраты, которые передаются для переработки промышленных металлов и чистых концентратов. Но в настоящее время в цинковых концентратах от обогатительных фабрик встречается множество различных примесей. Наиболее распространенными примесями наряду: минералы железа, кремнезема, наиболее распространенными добавками являются свинец, калий и натрий. В научной литературе противопоставляется действие указанных добавок, оказывающих негативное влияние

на цинковый концентрат. Сложность этого явления и его необходимость дальнейшего изучения доказываются.[1]

Одним из крупных обогатительных фабрик по производству цинкового концентрата – Жайремский горно-обогатительный комбинат.

Объектом данного исследования является проба сульфидной руды свинцово-цинкового типа месторождения Жайрем.

Цель данной экспериментальной работы: снижение общего содержания примесей Na, K в цинковом концентрате до 0,8% путем обогащения в тяжелых средах.

Для проведения экспериментальных работ использовалась руда со следующим химическим составом, %: Pb-1,8; Zn-8,67; Fe-5,04; SiO₂ – 21,40; BaSO₄ – 13,34; Ag-63,9; K-0,17; Na-0,1.

Флотация свинцово-цинковой руды проводится по селективной схеме обогащения.

Технологическая схема (рис.1) переработки свинцово-цинковых руд месторождения Жайрем включает:

- 1 стадия измельчение до 70 % класса - 0,074 мм с введением в операцию сернистого натрия и соды;
- межциклового цикл флотации при исходном рН – 7, с применением цианистого натрия и цинкового купороса в роли депрессоров цинка, а также собирателя бутиловый ксантогенат калия и вспениватель С7;
- 2 стадия измельчение до 90% класса -0,074 мм;
- свинцовый цикл, включающий основную свинцовую флотацию с введением смеси цианида и цинкового купороса, а также собирателя бутиловый ксантогенат калия и вспениватель С-7, контрольную свинцовую флотацию и три перечистных операции флотации;
- цинковый цикл, включающий обработку пульпы острым паром, с дальнейшим направлением на основную и контрольную операции цинк-пиритной флотации. Хвосты цинк-пиритной флотации являются отвальными, а концентраты направляются на доизмельчение (80 % класса - 20 мкм) и последующую тройную операцию перечистки цинкового концентрата с использованием в качестве реагентов медного купороса, жидкого стекла, бутилового ксантогената и натриевобутилового аэрофлота. По схеме главного корпуса Жайремского горно-обогатительного комбината реагентный режим флотационного опыта представлены ниже. [9]

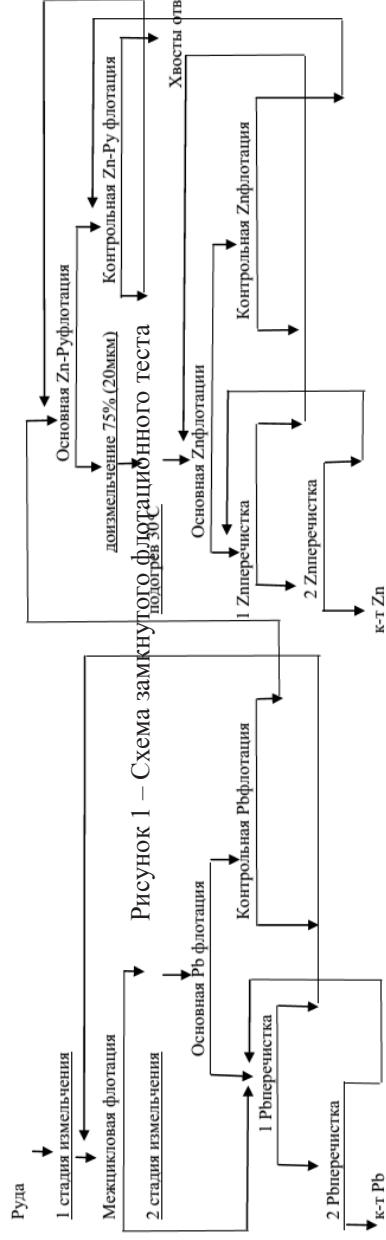


Таблица 1 – Условия и результаты флотационного теста

Операции	Время		pH	Расход реагентов, г/т										Ж.С.				
	-0,074 мм, %	мин		Сода	А636	NaCN	ZnSO4	Na2S	БКК	С-7	CuSO4	БТФ						
Измельчение	66	20		1000														
Межцикл флотация		4	Исх(8,5)		70	40	400				100	30						
Измельчение	93	20															100	
Осн. флотация Pb		8	Исх(8,45)			30	300				100	20						
Контрольная Pb		8									30							
1 Pb перес		5	Исх(8,2)		20	20	200											
Основная Zn-Ру флотация		11	Исх(8,5)								100			300	10			
Контрольная Zn-Ру флотация		9									70			200				
доизмельчение МУИ до 80% класса 20мкм	100	3																
Основная Zn флотация		9	10,5															
Контрольная Zn флотация		7																
1 Zn перес		9	12		20												30	
Выход	Содержание, %, г/т										Извлечение, %							
%	Pb	Zn	Ag	SiO2	Na	K	Pb	Zn	Ag	SiO2	Na	K	Pb	Zn	Ag	SiO2	Na	K
3,38	47,28	19,36	289,3	3,74	0,162	0,098	87,07	10,29	35,50	0,67	3,32	0,33	86,49	81,00	42,70	1,42	10,08	1,85
10,13	0,72	50,85	116,1	2,65	0,164	0,181	3,97	81,00	42,70	1,42	10,08	1,85	86,60	8,70	21,79	97,91	86,60	97,81
86,49	0,19	0,64	6,94	21,36	0,165	1,120	8,95	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
100,00	1,84	6,36	27,54	18,87	0,165	0,990	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

В результате флотационного опыта на исходной сульфидной Pb-Zn руде получены:

свинцовый концентрат II перерешетки с содержанием Pb-47,28 %, Zn – 19,36 %, Ag – 289,3 г/т, Na – 0,162 %, K – 0,09 %.

цинковый концентрат II перерешетки с содержанием Zn – 50,85 %, Pb-0,72%, SiO₂ – 2,65 %, Na – 0,16 %, K – 0,181 %.

По результатам полученном в исходной сульфидной руде, ввиду высоких показателей по содержанию калия и натрия в цинковом концентрате эксперименты проводились в пробе тяжелой фракции, обогащенной в тяжелых средах.

Для определения оптимальной плотности разделения тяжелосредной сепарации выполнялся гравитационный анализ. Нарботка продуктов (тяжелая и легкая фракции) выполнялась на лабораторном тяжелосредном сепараторе с применением в качестве утяжелителя суспензии смеси ферросилиция и магнетита.

Лабораторные исследования по тяжелосредной сепарации проведены на сульфидной свинцово-цинковой руде. На данных рудах были выполнены следующие работы:

– руда каждой пробы подвергнута щадящему дроблению до крупности –38 мм с целью раздробления полосок кернов на крупные куски;

– вся проба перемешивалась, и из нее квартованием выделялась навеска для тестов по тяжелосредному обогащению массой ~ 30 кг;

– выделенная навеска рассеивалась на фракции -38+20 мм, -20+10 мм, -10+5 мм и -5+0 мм;

– из первых трех фракций квартованием выделялись навески руды для гравитационного анализа каждая с количеством кусков 200-250 шт;

– класс -5+0 мм не обогащался, и на нем был выполнен гранулометрический анализ;

– выделенные навески подвергались гравитационному анализу, в процессе которого каждый кусок руды взвешивался в сухом виде (для определения массы) и в стакане с водой на подвесе (гидростатическое взвешивание с целью определения объема куска); полученные данные позволяли определить объемный вес каждого куска руды;

– материал всех фракций по удельному весу завешивался, дробился, измельчался и истирался с целью выделения проб для химического анализа;

– по полученным данным рассчитывалось распределение ценных компонентов по объемному весу в пределах каждой фракции по крупности и в целом от руды;

– полученные результаты позволили построить графики, показывающие зависимость выхода легкой фракции и распределения в нее ценных компонентов от плотности разделения, по которым была выбрана оптимальная плотность разделения для каждой пробы руды месторождения «Жайрем» [9].

Лабораторные исследования по обогащению пробы руды в тяжелой суспензии проводятся в аппарате с устройством механического перемешивания суспензии (мехведро). Рабочий объем аппарата составляет 30 дм³.

Обогащение пробы руды в данном аппарате производится следующим образом:

В мехведро заливается суспензия – 27 дм³ заданной плотности.

Суспензия интенсивно перемешивается, во время перемешивания небольшим черпачком отбирается в колбочку объемом 255 мм и определяется плотность суспензии. Проба суспензии берётся из верхнего слоя на глубину 15–25 мм. В суспензию насыпают слой руды в количестве 3–4 кг, предварительно отмытый водой. Крупность исходной руды для опытов составляет -40+5 мм. Полученные фракции по плотности и крупности после отмывки от растворов тяжелой суспензии и тяжелой жидкости взвешиваются, сушатся, дробится, измельчается, сокращается и отбирается проба на проведение химических анализов.

Результаты проведенных исследований по тяжелосредной сепарации на мехведре в условиях исследовательской лаборатории ПОФ на разной плотности суспензии представлены в таблице 2 [10].

Таблица 2 – Результаты ТЖС

Наименование продукта	Содержание, %, г/т										Распределение, %									
	Pb	Zn	Ag	SiO ₂	Na	K	Pb	Zn	Ag	SiO ₂	Na	K	Pb	Zn	Ag	SiO ₂	Na	K		
Итого	100,00	10,94	52,62	13,27	0,16	0,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00		
Наименование продукта	Содержание, %, г/т										Распределение, %									
Легкая фракция ρ-2,0	Pb	Zn	Ag	SiO ₂	Na	K	Pb	Zn	Ag	SiO ₂	Na	K	Pb	Zn	Ag	SiO ₂	Na	K		
Тяжелая фракция ρ-2,0	0,11	0,89	4,9	47,57	0,16	1,65	0,50	0,58	0,71	27,57	7,53	18,75	0,18	0,18	0,18	10,31	2,71	7,01		
Итого	7,44	12,35	55,1	10,05	0,16	0,58	99,50	99,42	99,29	72,43	92,47	81,25	99,82	99,89	99,82	89,69	97,29	92,99		
Наименование продукта	Содержание, %, г/т										Распределение, %									
Легкая фракция ρ-2,2	Pb	Zn	Ag	SiO ₂	Na	K	Pb	Zn	Ag	SiO ₂	Na	K	Pb	Zn	Ag	SiO ₂	Na	K		
Тяжелая фракция ρ-2,2	0,12	0,85	6,2	49,97	0,16	1,74	1,24	1,72	3,16	34,52	15,25	37,94	1,24	1,72	3,16	34,52	15,25	37,94		
Итого	84,75	8,72	34,2	17,06	0,16	0,51	98,76	98,28	96,84	65,48	84,75	62,06	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00		
Наименование продукта	Содержание, %, г/т										Распределение, %									
Легкая фракция ρ-2,4	Pb	Zn	Ag	SiO ₂	Na	K	Pb	Zn	Ag	SiO ₂	Na	K	Pb	Zn	Ag	SiO ₂	Na	K		
Тяжелая фракция ρ-2,4	1,48	7,52	29,93	22,08	0,16	0,70	1,28	6,23	26,6	16,90	0,15	0,39	96,61	95,35	93,35	62,58	80,16	51,07		
Итого	100,00	1,06	5,23	22,81	0,15	0,61	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00		
Наименование продукта	Содержание, %, г/т										Распределение, %									
Легкая фракция ρ-2,6	Pb	Zn	Ag	SiO ₂	Na	K	Pb	Zn	Ag	SiO ₂	Na	K	Pb	Zn	Ag	SiO ₂	Na	K		
Тяжелая фракция ρ-2,6	0,28	1,71	10,9	34,91	0,16	1,31	3,39	4,65	6,65	37,42	19,84	48,93	4,31	5,76	6,82	45,62	25,39	49,97		
Итого	74,49	2,13	9,58	14,25	0,16	0,45	96,61	94,24	93,18	54,38	74,61	50,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00		



Рисунок 2 – Выход и содержание основных компонентов в Zn концентрате

В результате флотационного опыта на пробе тяжелой фракции при плотности 2,4 г/см³ получены:

– свинцовый концентрат II перечистки с содержанием Pb-54,35 %, Zn – 16,94 %, Ag – 290,2 г/т, Na – 0,144 %, K – 0,09 %.

– цинковый концентрат II перечистки с содержанием Zn – 53,24 %, Pb-0,75 %, SiO₂ – 2,07 %, Na – 0,161 %, K – 0,089 %.

В результате флотационного опыта на пробе тяжелой фракции при плотности 2,6 г/см³ получены:

– свинцовый концентрат II перечистки с содержанием Pb-53,82 %, Zn – 17,24 %, Ag – 379,9 г/т, Na – 0,123 %, K – 0,076 %.

По результатам тестов по ТЖС, проведенных при разных значениях плотности суспензии, определено, что обогащение руды в тяжелой суспензии позволяет удалить с легкой фракцией: SiO₂ – 37,42 – 45,62 %, ;Na – 19,84 – 25,39 %; K – 48,43 – 49,97 %, с допустимыми потерями ценных компонентов.

В тяжелых фракциях руд, обогащенных в тяжелых средах плотностей 2,4 и 2,6, проведены флотационные эксперименты с использованием селективной схемы и стабильного реагентного режима. Результаты флотационного опыта на пробе тяжелой фракции представлены в рисунке 2.

–цинковый концентрат II перераспределения с содержанием Zn – 57,05 %, Pb – 0,91 %, SiO₂ – 2,01 %, Na – 0,160 %, K – 0,108 %.

По результатам эксперимента видно, на пробе тяжелых фракций, обогащенной в тяжелых средах получено приемлемое цинкового концентрата. В полученного цинкового концентрате два раза меньше содержание калия и получены выше, как по качеству концентратов, так и по извлечению металлов в одноименные концентраты.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Комков Н.М., Луганов В. А. Обжиг сульфидных цинковых концентратов. Усть-Каменогорск: ТЕХЦЕНТР УК, 2004.
- 2 Милованов Л.В. Очистка сточных вод предприятий цветной металлургии. – М: Металлургия, 1971.
- 3 Классен В.И., Мокраусов В.А. Ведение в теорию флотации. Москва, Госгортехиздат, 1959.
- 4 Дуденков С.В. Основы обогащения полезных ископаемых Т 1–2 Обогащительные процессы 2008- 2010г.
- 5 Бочаров В.А. Флотационное обогащение полезных ископаемых. Москва Издательство «Горная книга» 2017г.
- 6 Абрамов А.А., Леонов С.Б. Обогащение руд цветных металлов. - М.: Недра, 1991 276-278 с.
- 7 Полькин С.И., Адамов Э.В., Ковачев К.П., Семков Н.И. Технология обогащения руд цветных металлов. - М.: Недра, 1979
- 8 Митрофанов С.И., Барский Л.А., Самыгин В.Д. Исследования руд на обогатимость. – М.: Недра, 1974
- 9 ОТЧЕТ О НИР «Изучение технологических свойств проб руды месторождения «Жайрем» с целью выбора технологии их переработки и разработки регламента на проектирование обогатительной фабрики» ТОМ 3 «Исследование обогатимости проб руды тяжелосредней сепарацией»
- 10 Расчеты технологических показателей обогащения полезных ископаемых. Учебное пособие. – 2-е изд., стер. / В.В. Кармазин, И.К. Младецкий, П.И. Пилов. – М.: Горная книга, Издательство Московского государственного горного университета, 2009.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ УПЛОТНЕНИЯ СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ С УСТРОЙСТВОМ ПРОРЕЗЕЙ В ОСНОВАНИИ

БЕЛЯКОВА С. А.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
КУДЕРИН М. К.

д.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Анализ исследований, проведенных на площадках показывает, что геотехническое сопровождение на всех этапах строительного процесса: геотехническая оценка на стадии рассмотрения инвестиционной привлекательности объекта, инженерные изыскания и геотехническое обоснование проектных решений, выбор эффективных технологий производства работ, геотехнический мониторинг в процессе производства строительных работ – является основным условием высокого качества работ при строительстве зданий и сооружений.

В соответствии с данными инженерно-геологических исследований площадка, где был расположен опытный экспериментальный участок, была сложена следующим напластованием грунтов [1, с.184; 7, с. 6; 9, с. 328; 12, с. 224].

С поверхности на глубину до 0,5 м залегал слой насыпного песка средней крупности, средней плотности.

Далее на глубину до 1,3 м залегал слой водонасыщенного торфа.

Лабораторные исследования показали, что он характеризуется следующими физико-механическими характеристиками:

- удельный вес сухого грунта – 0,93 г/см³;
 - влажность – 0,31 (31 %);
 - коэффициент пористости – 1,47–1,94;
 - значение модуля общей деформации по данным компрессионных опытов оказалось равным 3,2–6,7 кгс/см (0,32–0,67 МПа);
 - угол внутреннего трения равен 12 °, а сцепления около нуля.
- Ниже слоя торфа залегали слабые водонасыщенные грунты на глубине 5,7 м. Грунты были представлены суглинками и супесями со следующими физико-механическими характеристиками:
- удельный вес сухого грунта – 1,28–1,43 г/см³;
 - коэффициент пористости – 0,84–0,92;

- естественная влажность – 0,24–0,27;
- влажность на границе раскатывания – 0,19–0,21;
- влажность на границе текучести – 0,28–0,31.

Согласно данным лабораторных исследований модуль общей деформации грунтов изменяется от 21,5 до 38,8 кгс/см (2,15–3,88 МПа);

- угол внутреннего трения грунтов, определенный по методике быстрого сдвига, оказался равным 11° – 14° , а сцепление – 10–0,17 кгс/см² (0,01–0,017 МПа).

Ниже этого слоя залежали суглинки твердой и полутвердой консистенции, которые по данным лабораторных исследований характеризовались модулем общей деформации 280–356 кгс/см (28–35,6 МПа). Такие значения модуля общей деформации позволяют считать, что эти грунты малосжимаемы.

Геологический разрез и схема размещения глубинных марок приведены на рис. 1а.

Уровень подземных вод на площадке находится на глубине 1,3–1,8 м от поверхности земли (верховодка). Второй уровень подземных вод находится на глубине более 13 м.

Экспериментальный участок имел длину 32 м, ширину 26 м. На этом участке были устроены прорезы с использованием экскаватора (обратная лопата) на глубину 4,5 м, шириной 0,6. Сразу, после отрывки траншеи (прорезей), они засыпались среднезернистым песком [10, с.224].

а)

Глубина марки 1 2 3 4

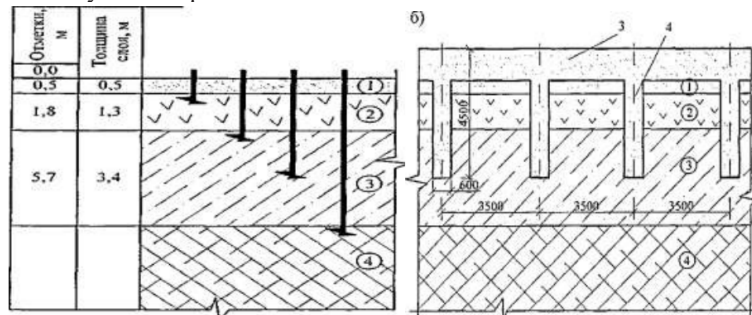


Рисунок 1 – Геологический разрез и схема размещения глубинных марок (а) и поперечный разрез прорезей на экспериментальной площадке (б)

Прорезы устраивались параллельно друг другу под центром насыпи и на расстоянии 3,5 м от середины центральной прорези.

Поперечный разрез прорезей на экспериментальном участке показан на рис. 1б. Графики развития осадок различных слоев основания приведены согласно данным геодезических замеров осадок марок (1-5).

Для изучения осадок фундамента были установлены поверхностные марки (марка 0).

Поверхностная марка представляет собой металлический лист с размерами в плане 15x15 см, закрепленный на фундаменте. К центру такой марки перпендикулярно приваривалась арматура длиной 50 см несколько превышающей высоту возведенной земляной насыпи. Чтобы снять трение по боковой поверхности металлического вертикального стержня, вокруг него устраивалась труба диаметром 3/4 дюйма. Такие марки часто применяются в практике наблюдения за развитием осадок в основании различных сооружений.

Результаты наблюдения за марками, которые были расположены по двум перпендикулярным створам на глубинах 0,5, 1,3, 3,0 и 5,7 м приведены на рис. 2. Фактические величины осадок определялись как среднее, полученное по наблюдениям таких марок по двум створам.

Сопоставление с данными наблюдений показало, что приведенные в этой статье методы аналитических расчетов развития осадок слабых водонасыщенных глинистых грунтов во времени хорошо согласуются с данными фактических наблюдений.

Ранее, этот метод с песчаными прорезями шириной 50 см и глубиной 3–4 м были применены при устройстве искусственных оснований для некоторых зданий при их реконструкции.

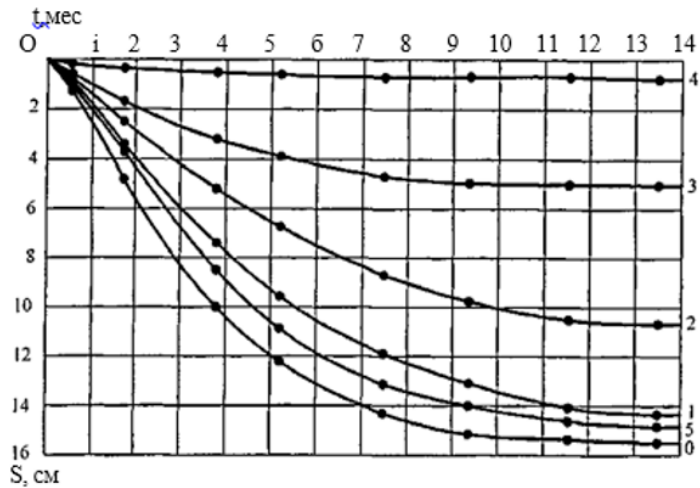


Рисунок 2 – Графики развития осадок грунта по маркам (0, 2, 3, 4) и теоретически (1) во времени

Для выявления осадок были устроены траншеи в виде перекрестных лент на расстоянии 4–5 м между осями. Песок в теле песчаных прорезей применялся среднезернистый и уплотнялся площадочными вибраторами при толщине слоя 30 см.

После заполнения дренажных прорезей и послойного уплотнения песка в прорезях была устроена песчаная подушка толщиной 1.2 м. Песок в теле песчаной подушки применялся среднезернистый. Уплотнение проводилось виброкатком. Контроль плотности показал, что песок после уплотнения имел плотное и среднеплотное сложение.

После устройства железобетонной монолитной плиты были устроены геодезические марки. Наблюдения за осадками этих марок проводились до окончания строительства и в течение первых двух лет эксплуатации. Наблюдения показали, что 80 % осадок (около 22 см) произошли в процессе строительства. Никаких трещин в конструкциях обнаружено не было.

Контрольные расчеты осадки плиты во времени, которые проводились по приведенной формуле, показали, что разница между прогнозируемыми и измеренными величинами осадок не превышала 18 %.

Это позволяет сделать вывод об удовлетворительной сходимости значений полученных по расчету с данными натурных наблюдений.

На основании полученных экспериментальных данных приведенных выше можно сделать вывод, что технология уплотнения слабых водонасыщенных глинистых и заторфованных грунтов с устройством прорезей в основании как строящихся зданий и сооружений, так и застраиваемых территорий в городских условиях является эффективным и надежным мероприятием, позволяющим сократить сроки уплотнения слабых водонасыщенных грунтов и повысить устойчивость грунтового массива в основании зданий и сооружений.

Анализ данных наблюдения за осадкой пригрузочных насыпей, устроенных на слое слабых водонасыщенных глинистых грунтов, в которых предварительно были устроены вертикальные песчаные дрены, и сопоставление этих данных с данными экспериментов по существующим методам показывают, что во многих случаях наблюдаемые величины осадок в определенные моменты времени в несколько раз отличались от расчетных значений.

При решении осесимметричной задачи фильтрационной консолидации принимается, что вертикальные песчаные дрены полностью прорезают весь слой слабых водонасыщенных глинистых грунтов. Отжатие воды из слоя водонасыщенных глинистых грунтов происходит в результате того, что сверху слоя возводится пригрузочная насыпь. От веса насыпи в слое водонасыщенного грунта возникает поровое давление, под действием которого поровая вода отжимается в горизонтальном направлении в вертикальную песчаную дрину. Если сверху дрен устраивается песчаная подушка (что характерно для большинства случаев), поровая вода отжимается из слоя водонасыщенного грунта в песчаную подушку и в дрены одновременно.

В результате многочисленных исследований [1, с.184; 3, с.53; 5, с.360] установлено, что фильтрационная консолидация водонасыщенного глинистого грунта с ненарушенной структурой начинается только при таких нагрузках на испытуемый образец, при которых в грунте возникает давление большее, чем величина структурной прочности сжатия. Отжатие поровой воды из уплотняемого слоя водонасыщенного грунта начинается при градиентах напора, больших величины его начального значения.

На основе полученных данных, следует отметить, что сжимаемость материала дренирующей прорези значительно меньше, чем уплотняемого сильносжимаемого грунта. Поэтому вблизи дренирующих прорезей осадки будут меньше, несмотря на то, что по теории консолидации для случая «свободных» деформаций осадки вблизи прорезей в момент времени t должны быть больше по величине, чем в удалении от них.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бугров А.К., Нарбут Р.М., Сипидин В.П. Исследование грунтов в условиях трехосного сжатия. Л.: Стройиздат, 1987. 184 с.
- 2 Далматов Б.И., Ягданова Л.П. Компрессионно-декомпрессионные свойства некоторых разновидностей глинистых грунтов / Механика грунтов, основания и фундаменты: Сб. науч. тр. № 78/ЛИСИ. Л., 1973. С.53-57.
- 3 Дашко Р.Э. Анализ деформаций водонасыщенных глинистых грунтов в основании сооружений // Основания и фундаменты гражданских и промышленных зданий (в условиях слабых и мерзлых грунтов): Межвуз. те-мат. сб. тр. /ЛИСМ. Л., 1990. С. 104-113.
- 4 Денисов Н.Я. Природа прочности и деформации грунтов. М.: Госстрой-издат, 1972. 360 с.
- 5 Зиангиров Р.С., Быкова В.С., Полтев М.П. Инженерная геология в строительстве. М.: Стройиздат, 1986. 175 с.
- 6 Крутов В.И. Основания и фундаменты на насыпных грунтах. М.: Стройиздат, 1988. 224 с.
- 7 Ларионов А.К. Инженерно-геологическое изучение структуры рыхлых осадочных пород. М.: Недра, 1966. 328 с.
- 8 Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. М.: Стройиздат, 1982. 511 с.
- 9 Мулюков Э.И. Статистический анализ причин и вероятностный прогноз отказов оснований и фундаментов / Отказы в геотехнике: Сб. статей. Уфа, 1995. С. 5-17.
- 10 Солодухин М.А. Инженерно-геологические изыскания для промышленного и гражданского строительства. М.: Недра, 1985. 224 с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЛИТЬЯ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ ИЗ ТШХН-50

БЫКОВ П. О.
к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
СУХАНОВА Ж. Г.
инженер, ТОО «KSP Steel», г. Павлодар

В условиях литейного цеха ПФ ТОО «KSP Steel» производят трубопрокатные валки из чугуна с шаровидным графитом марки ТШХН-50 по СТО-005-2019 (рисунок 1).

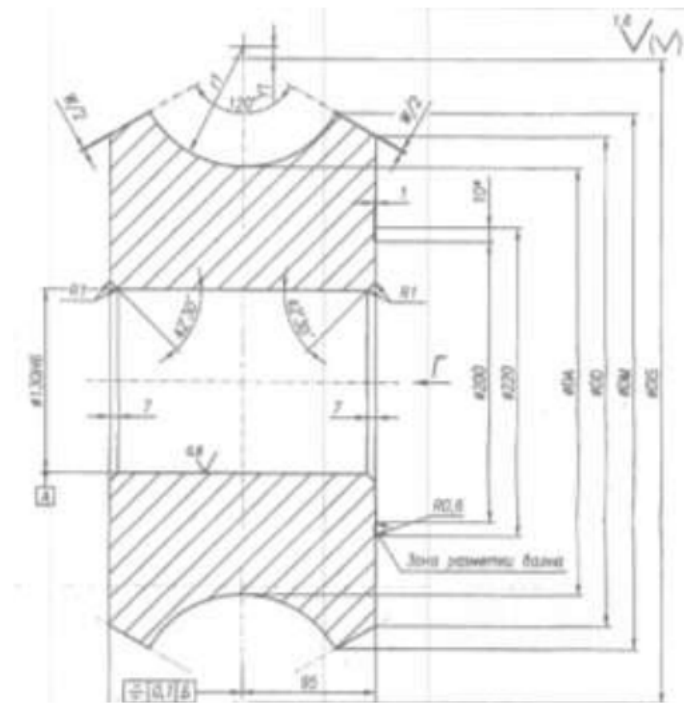


Рисунок 1 – Общий вид отливки «Трубопрокатный валок» из чугуна ТШХН-50 [1]

Химический состав чугуна ТШХН-50 для валков согласно [1] составляет, %: 2,7-3,9 C; 1,2-2,6 Si; 0,4-1,0 Mn; 0,2-1,0 Cr; 0,8-1,6 Ni; $\leq 0,30$ P; $\leq 0,02$ S. Твердость заготовки бочки валка (литейный

передел) должна соответствовать HSD50-70, что соответствует твердости 354–488 НВ.

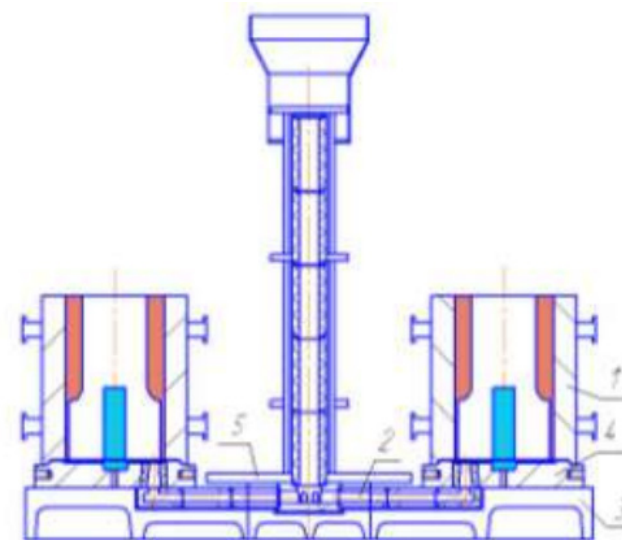
Процесс выплавки чугуна ТШХН-50 для литья валков исполнения ТШХН может осуществляться по двум вариантам [1]:

1) базовый вариант – с дефицитом углерода в «Шихтовой заготовке», с использованием коксика или электродной стружки в качестве карбюризатора для науглероживания расплава до заданного уровня, с термо-временной обработкой (ТВО) расплава при 1520–1530 °С до полного растворения в нем карбюризатора и охлаждением расплава присадкой стального лома в количестве 5 % от веса металлозавалки.

2) альтернативный вариант – без использования карбюризатора при достаточном внесении углерода в расплав компонентами «Шихтовой заготовки», без ТВО и добавки стали, с ограничением перегрева расплава в печи пределом температур 1380–1400 °С.

Для сфероидизирующей обработки исходного жидкого чугуна магниесодержащим модификатором, согласно [1], используются крановые разливочные ковши емкостью 5 тонн, на дне которых выкладывается перегородка высотой 200–260 мм из шамотного кирпича ШБ-5, разделяющая донную часть ковша на два отсека. Для сфероидизирующей обработки используют модификатор Ферромаг 611 (25–30 кг/т жидкого чугуна) и молотый 75 % ферросилиций (2–3 кг/т жидкого чугуна).

Комбинированная литейная форма представлена на рисунке 2.



1 – кокиль; 2 – плита разводящая; 3 – поддон; 4 – поддончик;
5 – кожух центральной нижней

Рисунок 2 – Общий вид литейной формы для литья валков [1]

Анализ технико-экономических показателей производства трубопрокатных валков из ТШХН-50 в условиях ПФ ТОО «KSP Steel» за 2018–2020 годы показывает повышенную себестоимость производства валков по сравнению с конкурентами из Китая и России.

Наблюдается повышенный расход магниесодержащего модификатора (до 10–20 %), повышенный расход металла на литниково-питающую систему (до 15–30 %).

Литературный обзор показал [2–11], что резервами снижения затрат на производство валков являются:

- снижение расхода металла на литники за счет дополнительных мероприятий по снижению теплотерь в прибылях;
- снижение расхода магниесодержащего модификатора за счет применения более рациональных методов ввода модификатора в чугун.

Авторами работы на первом этапе исследований было проведено компьютерное моделирование в САЕ LVMFlow CV 4.0 для оценки снижения расхода металла на литники за счет дополнительных мероприятий по снижению теплотерь в прибылях.

Параметром оптимизации являлся высота распространения усачочной раковины в тепловом центре отливки, параметрами

варьирования являлись температура заливки и теплофизические свойства теплоизолирующей вставки в прибыльной части кокиля.

В качестве варьируемых теплоизоляционных материалов выбирали стандартную применяемую теплоизоляционную смесь на основе кварцевого песка и теплоизоляционную смесь на основе зол-уносов Экибастузских углей. Данные по теплофизическим свойствам материалов принимались по рекомендациям [10].

Процесс моделирования состоял из нескольких этапов:

- 1) Импортировали отливку и литниково-питающую систему в программу LVMFlowCV.
- 2) Создавали расчетную сетку.
- 3) Задавали свойства материалов.
- 4) Задавали граничные условия (место подвода расплава во время заливки).
- 5) Рассчитывали температурные поля.
- 6) Контролировали изменения расчетных параметров.

На рисунках 3 и 4 показаны результаты компьютерного моделирования.

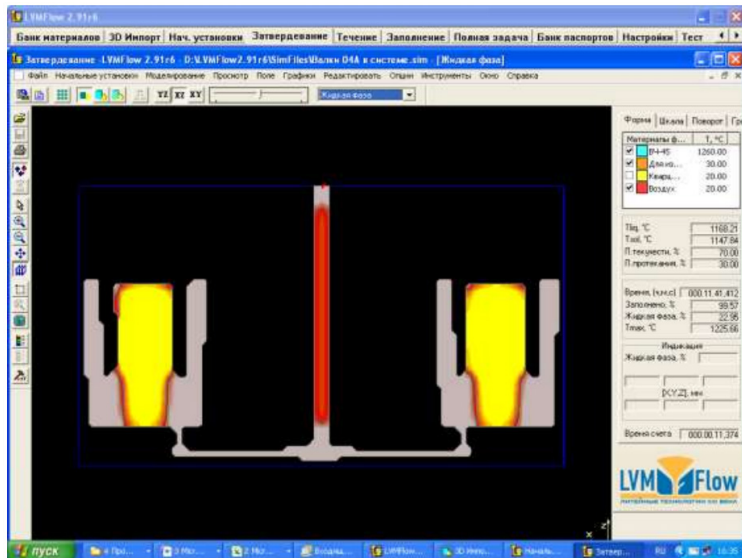


Рисунок 3 – Температурные поля в теле отливки «Трубопрокатный валок»

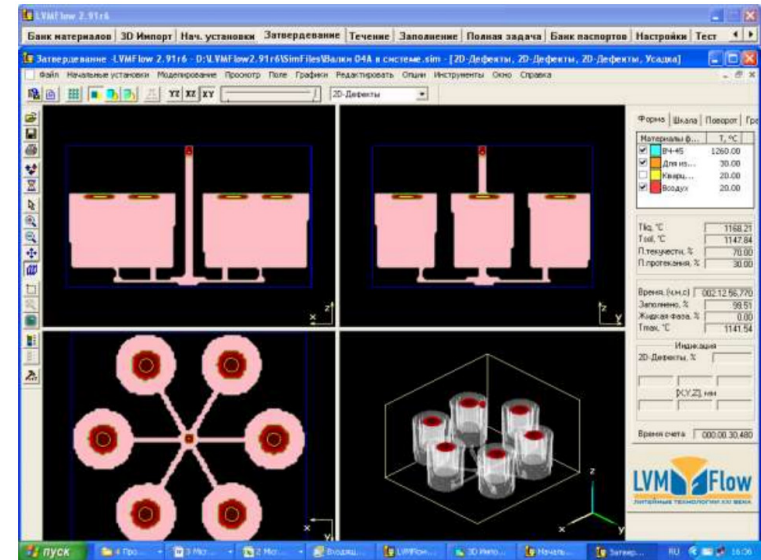


Рисунок 4 – Распределение усадочной раковины в прибыльной части отливки «Трубопрокатный валок»

Установлено, что высота распространения усадочной раковины в тепловом центре отливки при использовании теплоизоляционной смеси на основе зол-уносов Экибастузских углей ниже на 20 %. Данный факт, объясняется вспучиванием Экибастузской золы в процессе нагрева при контакте с залитым металлом и увеличением объема пор и как следствие уменьшением теплопроводности материала [10].

На втором этапе авторами работы были проведены исследования вариантов снижения расхода магнийсодержащего модификатора Ферромаг 611 за счет применения более рациональных методов ввода модификатора в чугуны.

Как известно [6–8] основными факторами, влияющими на усвоение магний в процессе сфероидизирующей обработки, являются: температура расплава, марка и фракция модификатора, объем чугуна, скорость наполнения реакционной емкости, метод обработки.

Основными методами обработки являются [6-8]: «сендвич» процесс, процесс «ковш с крышкой», модифицирование в

потоке, внутриформенное модифицирование, обработка расплава проволокой с наполнителем.

Применяемый в ТОО «KSP Steel» сэндвич-процесс обеспечивает усвоение магния на уровне 50–60 %, более совершенный способ «ковш с крышкой» показывает усвоение магнием на уровне 70 – 75 %, еще более высокий уровень усвоения магнием показывает модифицирование внутри формы – 70–80 % [8].

Расчеты и лабораторные исследования, проведенные авторами, показывают, что наиболее оптимальным при низких капитальных затратах является способ «ковш с крышкой», который не требует конструктивных изменений кокильной установки, а только изготовления крышки для литейного ковша, которую легко изготовить в литейном цехе самого предприятия и обеспечивает усвоение модификатора Ферромаг 611 до 70–75 %.

Средний баланс металла представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Баланс металла по результатам лабораторных исследований

№	Составляющие баланса	% от металлозавалки	
		Базовый вариант	Предлагаемый вариант
1	Металлозавалка	100,0	100 %
2	Угар и безвозвратные потери	7,99	7,09
3	Жидкий металл	92,01	92,91
а)	Скрап	1,84	1,84
б)	Литники и прибыль	41,26	36,1
в)	Брак к металлозавалке	1,33	1,22
4	Выход годного	47,58	53,75

Выводы:

1) Авторами работы в результате компьютерного моделирования в САЕ LVMFlow CV 4.0 установлено, что резервами снижения затрат на производство валков являются снижение расхода металла на литники за счет дополнительных мероприятий по снижению теплопотерь в прибылях и снижение расхода магнийсодержащего модификатора за счет применения более рациональных методов ввода модификатора в чугуны.

2) Установлено, что высота распространения усадочной раковины в тепловом центре отливки при использовании теплоизоляционной смеси на основе зол-уносов Экибастузских углей ниже на 20 %. Данный факт, объясняется вспучиванием Экибастузской золы в процессе нагрева при контакте с залитым

металлом и увеличением объема пор и как следствие уменьшением теплопроводности материала.

3) Расчеты и лабораторные исследования, проведенные авторами, показывают, что наиболее оптимальным при низких капитальных затратах является способ «ковш с крышкой», который не требует конструктивных изменений кокильной установки, а только изготовления крышки для литейного ковша, которую легко изготовить в литейном цехе самого предприятия и обеспечивает усвоение модификатора Ферромаг 611 до 70–75 %.

4) Предлагаемые решения позволят увеличить выходного годного металла при производстве трубопрокатных валков из чугуна с шаровидным графитом марки ТШХН-50 в комбинированные литейные формы на 6,17 %.

ЛИТЕРАТУРА

1 Технологические инструкции «Производство трубопрокатных валков из ТШХН-50 в ТОО «KSP Steel» // ТОО «KSP Steel», 2015. – 30 с.

2 Ресурсоэффективность литейного производства в России: исследование и сравнительный анализ // IFC, 2010. - 88 с.

3 Воздвиженский В.М., Грачев В.А., Спасский В.В. Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1984. – 432 с.

4 Вейник А.И. Расчет отливки. - М.: Машиностроение, 1964. – 403 с.

5 Радя В.С., Горбунов К.Р., Рябов Д.Г., Воронцова В.А., Усольцев И.А. Опыт литья трубопрокатных валков ТПХН-60 в неспециализированном литейном цехе // Прогрессивные технологические процессы и подготовка кадров для литейного производства : материалы регион. науч.-практ. конф., 23 окт. 2006 г., г. Екатеринбург / Рос. гос. проф.-пед. ун-т. - Екатеринбург : Издательство РГППУ, 2007. - С. 82-89.

6 Скаланд Т. Производство высокопрочного чугуна – Сравнение альтернативных методов обработки магнием на высокопрочный чугун // Литейщик России, №3, 2011. – С. 28 – 37

7 Onsoien M.I., Grong Ø., Gundersen Ø., Skalанд T. A process model for the microstructure evolution in ductile cast iron: Part I. The model // Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science, 1999, 30(4). – P.1053 – 1068.

8 Onsjøien M.I., Grong Ø., Gundersen Ø., Skaland T. A process model for the microstructure evolution in ductile cast iron: Part II. Applications of the model // Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science, 1999, 30(4). – P.1069 – 1079.

9 Болдырев Д.А. Комбинированное влияние технологических параметров модифицирования и микролегирования на структуру и свойства конструкционных чугунов: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. – М.: ЦНИИЧермет им. И. П. Бардина, 2009. – 40 с.

10 Назаратин В.В. Исследование эффективности действия теплоизоляционных смесей на основе зол – уносов // Литейное производство. – 2009. – №2. – С. 20–25.

11 Арынгазин К.Ш., Жусупов М.Б., Алигожина Д.А. Перспективы использования отходов тепловых энергоцентралей АО «Алюминий Казахстана» // Наука и техника Казахстана, 2016 – № 3–4. – С. 28–34.

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЛАМОВ ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ВТОРИЧНЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ БЕТОНОВ

БЫКОВ П. О.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

АРЫНГАЗИН К. Ш.

к.т.н., профессор, директор, ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ», г. Павлодар

БОГОМОЛОВ А. В.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

ТЛЕУЛЕСОВ А. К.

магистр, Торайгыров университет, г. Павлодар

АЛДУНГАРОВА А. К.

PhD, асоц. профессор, декан, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

В настоящее время в Республике Казахстан в отвалах по разным независимым оценкам накоплено более 400 млн. тонн золошлаковых отходов энергетики и отходов металлургии, которые продолжают накапливаться ежегодно [1–3].

Реализация широкомасштабных Государственных программ по повышению доступности жилья, ипотечного кредитования

обеспечивает стабильный рост спроса на строительные изделия и как следствие сырья для их изготовления [1–3].

Перспективным сырьем для производства строительных изделий являются отходы металлургии [4–13]. Низкая степень утилизации металлургических отходов обусловлена спецификой и разнообразием свойств, отличающих их от природных материалов.

Данная ситуация требует исследований по разработке технологии переработки сталеплавильных шлаков и шламов глиноземного производства с получением товарной продукции.

Объектом исследования в работе являлся шлак глиноземного производства АО «Алюминий Казахстана» (АО «АК»), вторичный электросталеплавильный шлак ТОО «Кастинг».

Исследования проводились в лаборатории «Переработка металлургических отходов» НАО «Торайгыров университет». Качество бетона оценивалось по стандарту, который распространяется на тяжелые мелкозернистые (песчаные) бетоны по ГОСТ 26633.

В работе были определены составы шлама глиноземного производства и шлак электросталеплавильного производства (таблицы 1 и 2).

Таблица 1 – Химический состав отвального шлама глиноземного производства АО «АК»

Наименование	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	CL
Отвальный шлак (средняя проба)	1,69-1,93	0,7 - 08	4,48-7,6	15,1-18,1	0,38-1,13	0,03-0,37	26,3-31,9	23,3-41,6	0,07-014

Таблица 2 – Средний химический состав шлака в агрегате ковш-печь ЭСПЦ ТОО «Кастинг», %

Fe _{оc}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	S	осн	Σ
0,9 – 6,4	25,1 – 28,1	0,3 – 0,9	45,5 – 63,1	7,4 – 13,8	1,6 – 4,7	0,3 – 0,8	1,7 – 2,5	91,6 – 99,2

Также для изготовления образцов бетона использовались следующие материалы:

– песок для строительных работ по ГОСТ 8736 (с модулем крупности 2);

– портландцемент и шлакопортландцемент по ГОСТ 10178 (цемент марки М 400);
 – суперпластификатор для бетона «Химпэк С 3» (в количестве 1 % от массы цемента);
 – вода ГОСТ 23732 – «Вода для бетонов и растворов».

Шлам в состав бетонов и растворов вводили согласно рекомендациям [14] в качестве: компонента смешанного вяжущего, мелкого заполнителя (либо его части) или гидравлически активного наполнителя. Как известно из [14–22] использование шлама позволяет снизить расход цемента на 20–30 %, улучшить реологические свойства бетонных или растворных смесей, сократить сроки схватывания, повысить их пластичность и адгезию к бетонной поверхности.

В лабораторных условиях водо-цементное соотношение принималось равным 0,5. В лабораторных условиях были получены стандартные кубические образцы 100×100×100 мм для прочностных испытаний.

Образцы были получены на основе смеси «цемент-песок-шлам-сталеплавильный шлак» с вариацией соотношения компонентов с целью выявления вяжущих свойств шлама и шлака.

Варьируемыми факторами являлись:

- содержание цемента М-400 в смеси (по массе) – x_1 , %;
- содержание шлама глиноземного производства (по массе) – x_2 , %;
- содержание электросталеплавильного шлака в смеси (по массе) – x_3 , %;

Параметром оптимизации являлась прочность бетона на сжатие.

Испытание на прочность определили с помощью пресса П–10 в возрасте бетона 14 суток.



Рисунок 2 – Определение прочности образцов

Результаты лабораторных исследований приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты определения прочности образцов

№	Соотношение компонентов по массе, %				Прочность образцов после выдержки в 14 суток, кг/см ²
	Цемент	Песок	Шлак	Шлам	
1	20	30	30	20	210
2	20	30	20	30	219
3	30	30	30	10	253
4	30	30	10	30	270
5	30	70	-	-	245

Выводы

На основании испытаний образцов установлено:

- все образцы бетонов соответствуют требованиям по прочности;
- добавки в бетон шламов глиноземного производства и сталеплавильного шлака увеличивают прочность, что позволяет утверждать о наличии вяжущих свойств у данных материалов;
- анализ экспериментов позволяет утверждать, что шламы глиноземного производства проявляют большие вяжущие свойства, чем сталеплавильные шлаки.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Иванов А.И., Кожевников Г.Н., Ситдииков Ф.Г., Иванова Л.П. Комплексная переработка бокситов. – Екатеринбург : Ур.РАН, 2003. – 180 с.
- 2 Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф. Металлургия железа. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 464.
- 3 Роменец В.А. Процесс Ромелт. – М.: МИСИС, Издательский дом «Руда и Металлы», 2005, - 400 с.
- 4 Быков П.О., Лихолобов Е.Ю. Переработка шламов глиноземного производства АО «Алюминий Казахстана». – Материалы международной научной конференции молодых ученых, студентов и школьников «IX Сатпаевские чтения». Том 6. Часть 1 «Молодые ученые». – Павлодар: Кереку, 2009. – с. 62 – 68.
- 5 Быков П.О., Лихолобов Е.Ю. Получение чугуна жидкофазным восстановлением шламов глиноземного производства АО «Алюминий Казахстана». – Материалы международной научной конференции молодых ученых, студентов и школьников «X Сатпаевские чтения. Стратегический план 2020: Казахстанский

путь к лидерству». Том 22. серия «Молодые ученые». – Павлодар: Павлодарский государственный университет, 2010. – с. 28 – 33.

6 Республиканская экономическая газета «Деловой Казахстан», №38, 3 октября 2008 года.

7 Быков П.О. Особенности выплавки стали в дуговых печах с использованием добавок жидкого чугуна. – Материалы международной научной конференции молодых ученых, студентов и школьников «Х Сатпаевские чтения. Стратегический план 2020: Казахстанский путь к лидерству». Том 22. серия «Молодые ученые». – Павлодар: Павлодарский государственный университет, 2010. – с. 24 – 27.

8 Бочевская Е.Г., Абишева З.С., Загородняя А.Н., Каршигина З.Б. Безотходная технология переработки твердых отходов фосфорного производства с получением минеральных наполнителей. Труды Республиканской научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития Прибалхашья», 28 - 29 сентября 2007 г., г. Балхаш, 2007, С. 145 -148

9 Бочевская Е.Г., Абишева З.С., Загородняя А.Н., Каршигина З.Б. Получение минеральных наполнителей из шлаков фосфорного производства. Химическая технология: Сборник тезисов докл. Междунар. конфер. по химической технологии ХТ'07. Т.1 /Под ред. А.А. Вошкина, А.И. Холькина. М.: ЛЕНАНД, 17-23 июня 2007., - С. 78 - 80.

10 Быков П.О., Каршигина З.Б., Суюндиков М.М., Лихолобов Е.Ю. Акуальность повышения комплексности переработки бокситов Казахстана. Труды Международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан – 2030» (Сагиновские чтения №2), 24-26 июня 2010 г. В 5-х ч. Часть 3/ Министерство образования и науки РК, Карагандинский государственный технический университет. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2010. – с. 45 – 48.

11 Жунусов А.К., Абдулабеков Е.Э., Жунусова А.К., Жумагулов М.Г. Кинетика восстановления марганцевых брикетов // Вестник Евразийского национального университета им.Л.Н. Гумилева. – Астана, 2014. – № 6 (103). – С. 162-165.

12 Жунусов А.К., Кулумбаев Н.К., Толымбекова Л.Б., Спанов С.С. Исследования переработки отходов металлургических производств г. Павлодара // Вестник ПГУ. – Павлодар, 2015. – № 1. – С.54-58.

13 Жунусов А.К., Абсолямова Д.Р., Кулумбаев Н.К., Маженов А., Шошай Ж. Определение оптимального количества топлива при агломерации отходов алюминиевого производства // Вестник ВКГТУ. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ им. Серикбаева, 2015. – № 4. – С.24-27.

14 Торпищев Ш. К. Легкие бетоны с использованием бокситовых шламов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, – Москва: Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона Госстроя СССР, 1991.

15 Фоменко Ю.В. Мелкозернистый бетон для тротуарной плитки с пониженным высолообразованием : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Белгород, 2007.

16 Коновалов, В. В. Утилизация доменных шлаков : научное издание / В. В. Коновалов // Рынок втор. мет. - 2006. - N 2. - С. 54

17 Шаповалов Н.А., Загороднюк Л.Х. Рациональные пути использования сталеплавильных шлаков // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1. – С. 439-443.

18 Панковец А.И., Мироевский С.В. Утилизация электросталеплавильных шлаков // Литье и металлургия. – 2013. – № 1. – С. 26-27.

19 Дильдин А.Н., Чуманов В.И., Бендера Т.А. Утилизация шлаков сталеплавильного производства // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2007. – № 13. – С. 15-16.

20 Арынгазин К.Ш., Ларичкин В.В., Алдунгарова А.К., Свицерский А.К., Богомоллов А.В., Быков П.О., Тлеулесов А.К., Маусымбаева Д.К. Инновационное использование твердых техногенных отходов предприятий теплоэнергетики и металлургии Павлодарской области в производстве строительных материалов // Наука и техника Казахстана, 2016 - № 3 - 4. - С. 34 - 39.

21 Арынгазин К.Ш., Станевич В.Т., Тлеулесов А.К., Куандыков А.Б., Шапихова Н.Е. Исследование процессов производства бетонных изделий на основе сталеплавильных шлаков // Наука и техника Казахстана, 2018. - № 4

22 Быков П.О., Арынгазин К.Ш., Алдунгарова А.К., Тлеулесов А.К., Богомоллов А.В. Коммерциализация научных исследований на примере ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ» // Предпринимательский ВУЗ - наука, инновации, образование и бизнес : сборник научных трудов. - Павлодар : Toraighyrov University, 2019. - С. 31 - 44.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВЫСОКОТОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

ЕВТУШЕНКО Т. Л.

старший преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

МУСИНА Л. Р.

магистрант, гр. ММс-22н, Торайгыров университет, г. Павлодар

ДЕРЕВЯГИН С. И.

ассоц. профессор (доцент), Торайгыров университет, г. Павлодар

Основными задачами на этапе конструкторско-технологической подготовки производства ответственных деталей наукоемкой машиностроительной продукции являются обеспечение требуемой точности деталей и изделий и обеспечение требуемого качества поверхностного слоя деталей (рисунок 1).

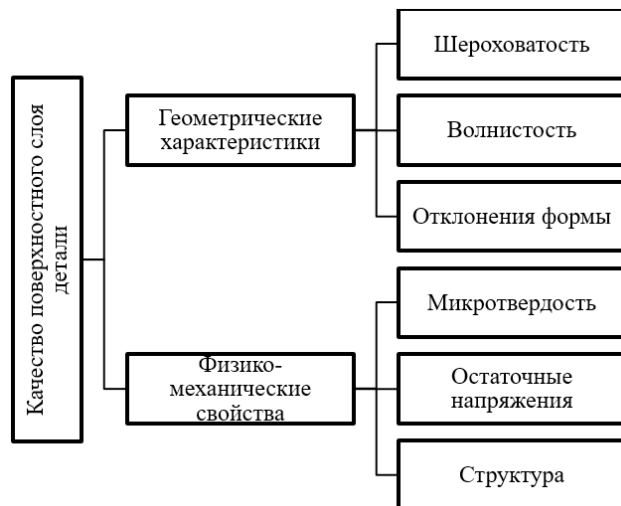


Рисунок 1 – Параметры качества поверхностного слоя детали

При этом понятие «точность» включает в себя показатели к размеру, формы, расположения, шероховатости поверхностей. Согласно исследованиям [1] точность размеров двадцатом веке возросла примерно 2000 раз. На графиках (рисунок 1) представленных в работе [1] видно, что «традиционная» обработка

производится в наше время с точностью 0,005–0,001 мм. И с развитием современных технологий продолжает расти.

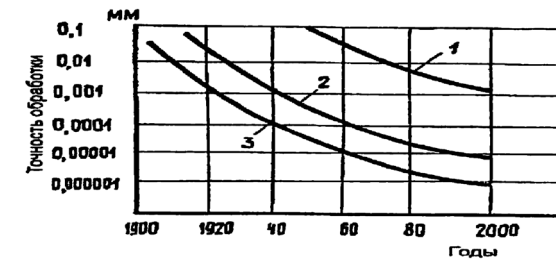


Рис. 1.1. Повышение точности размеров в текущем столетии: 1, 2, 3 – соответственно традиционная, точная и сверхточная обработка

Рисунок 2 – Повышение точности размеров в текущем столетии: 1, 2, 3 – соответственно традиционная, точная и сверхточная обработка

«Сверхточная» обработка позволяет обеспечивать точность размеров 0,000005 мм (график 3, рисунок 1).

По данным Министерства промышленности и торговли РФ допуски на ответственные поверхности деталей уменьшаются в два раза каждые 15 лет. Причем происходит увеличение доли допуска приходящиеся на шероховатость. Так то данным [2] доля допуска приходящиеся на шероховатость увеличивается с 15% в 1940 году до 50% в настоящее время. Эта тенденция приводит к резкому возрастанию шероховатости в функционировании поверхностного слоя деталей в машине.

Помимо требований точности размера, формы, взаимного расположения поверхностей, параметрам шероховатости поверхностей, формируются требования по качеству поверхностного слоя, куда включаются множество разнородных показателей физико-механического характера, таких как: твердости материала, шероховатость поверхности, степень и глубина наклепа, величина, знак, глубина залегания остаточных напряжений, химический состав поверхностного слоя и др.

Причем, чем более ответственное служебное назначение деталей и изделий, тем более высокие эксплуатационные свойства (износостойкость, контактная жесткость, усталостная прочность, коррозионная стойкость, прочность соединений с

натягом и др.) требуется обеспечивать и тем выше предъявляются требования к качеству поверхностей. Особенно актуальна эта проблема для рабочих поверхностей сопрягаемых деталей машин, где часто существует причинно-следственная связь между эксплуатационными свойствами деталей [3].

Состояние сопрягаемых поверхностей определяют многочисленные эксплуатационные свойства, как отдельных деталей, так и всей машины в целом, например:

- контактная жесткость;
- трение и износ;
- адгезионные;
- светоотражательные;
- теплоотражательные и теплопроводные;
- уплотнительные;
- маслостойкость;
- и др.

Из множества свойств выделим и рассмотрим влияние поверхностного слоя на трение и износ.

Известно, что все изделия на этапе начальной эксплуатации проходят процесс приработки, окончание которого согласно ГОСТ 27674-88 характеризуется снижением силы трения, температуры и интенсивности изнашивания. При этом исходные параметры качества поверхностного слоя изменяются на эксплуатационные, которые могут воспроизводиться (сохраняться) в течение длительного периода времени, и в этом случае называются равновесными.

Анализ научных работ в этой области показывает, что требуется проведение дальнейших исследований для получения ответов на вопросы, среди которых можно выделить выявление связи между параметрами шероховатости и механическими свойствами материалов сопрягаемых деталей, разработку рекомендации по выбору равновесной микротвердости и степени наклепа поверхностного слоя деталей, а также равновесных остаточных напряжений поверхностного слоя деталей.

Наиболее глубоко исследовал приработку сопрягаемых поверхностей М.М. Хрущов [4,5]. Согласно его исследованиям, по истечении периода приработки происходит процесс стационарного изнашивания, причем шероховатость остается, несмотря на износ, примерно одной и той же, на весь период стационарной работы до катастрофического износа.

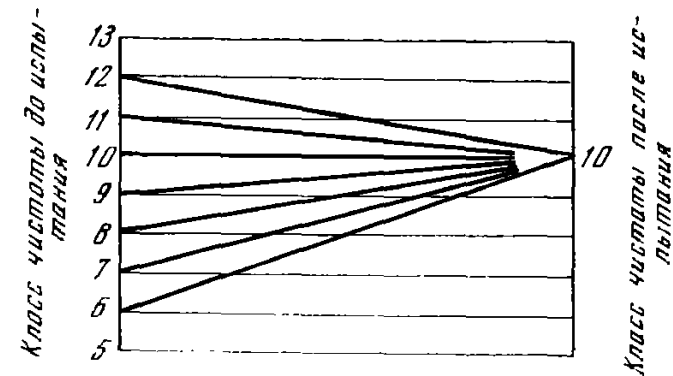


Рисунок 3 – График изменения микрорельефа поверхности трения при испытании в течение 5 час образцов, изготовленных из легированной стали, с различным исходным классом чистоты поверхности [4].

Поэтому необходимо более тщательно исследовать взаимосвязи равновесных параметров качества поверхностного слоя с эксплуатационными свойствами деталей, в частности с износостойкостью, и возможностью их обеспечения технологическими методами и условиями обработки.

Для комплексной оценки качества поверхностного слоя могут быть использованы несколько параметров.

На основе анализа выполненных работ и проведенных исследований Комбалов В. С. предлагает [6] безразмерный комплексный критерий оценки шероховатости Δ :

$$\Delta = R_{max} / r b^{i/\gamma}$$

где R_{max} – максимальная высота неровностей;

r – радиус закругления единичных неровностей;

$b^{i/\gamma}$ – параметр, учитывающий распределение неровностей по высоте.

В работе [6] Комбалов В.С. сделал попытку установить между отношением R_{max}/r и чистой поверхностью для различных видов обработки и приработанных поверхностей трения.

На основании проведенных исследований Комбалов В.С. обосновывает, что критерии оценки шероховатости сопрягаемых поверхностей R_a и R_z недостаточны для решения задач технологического обеспечения трения и износа.

Разумеется исследования не стоят на месте, и уже сегодня в Институте физики микроструктур РАН – филиале ИПФ РАН [7] разработана методика, позволяющая с помощью ионно-пучковой обработки подавить развитие шероховатости поверхности при ионном распылении и сгладить ее до атомарного уровня (размах высот на поверхности не превышает 1 нм).

Однако, учитывая общую тенденцию повышения точности обработки и возрастания влияния шероховатости на показатели качества изделий, следует также провести дополнительные исследования комплексных характеристик качества поверхностного слоя деталей работающих на износ, и в частности характеристик шероховатости поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Технологическая наследственность в машиностроительном производстве/А.М. Дальский, Б.М. Базров, А.С. Васильев и др./ Под ред. А.М. Дальского. – М.: Изд-во МАИ, 200. – 364 с.: ил.
- 2 Тибенкин А.Н. Текстура поверхности и ее измерения. Шероховатость, волнистость, профиль, топография. /А.Н. Табенкин, С.Б. Тарасов, С.Н. Степанов; Под ред. Н.А. Табачниковой. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – 265с.
- 3 Орлов П.И. Основы конструирования. – М.: Машиностроение, 1968. 568с.
- 4 Износостойкость и структура твердых наплавов. Хрущов М.М. и др. – М.: Машиностроение, 1971. 92 с.
- 5 Хрущов Михаил Михайлович, Трение, износ и микротвердость материалов: Избранные работы (к 120-летию со дня рождения)/ Отв. ред. И.Г. Горячева; Предисл. И.Г. Горячева; Вступ. ст. И.А. Буяновского, М.М. Хрущова (мл.). – М.: КРАСАНД. 2012. -512с.
- 6 Комбалов В.С. Влияние шероховатости твердых тел на трение и износ. – М.: Наука, 1974. 109 с.
- 7 Сверхточная ионно-пучковая обработка поверхности оптических элементов из монокристаллического кремния // М.С.

Михайленко, А.Е. Пестов, М.В. Зорина, Н. Кумар, И.В. Малышев, Н.Н. Салашенко, А.К. Чернышев, Н.И. Чхало. / Электронный ресурс «Научная Россия» URL: <https://scientificrussia.ru/> (Дата обращения 18.05.2023 г.)

САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН КӨЛБЕУ ТҰРАҚТЫЛЫҚТЫ ТАЛДАУ

ЖАНДАРБЕК Ж. Е.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

ЖУКЕНОВА Г. А.

PhD, асоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

РАХМЕДОВ К. Р.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Табиғи немесе ландшафттық еңістер оның ығысу беріктігінен асып кетуі нәтижесінде топырақ көлемінің жыртылатын жер бетінен ажырауы мен сырғуына байланысты тұрақтылығын жоғалтуы мүмкін. Бұл топырақтың опырылуы қазба жұмыстары мен жаңбырдың түсуіне байланысты дамуы мүмкін. Еңістің орнықтылығын талдау топырақтың механикалық қасиеттерін, мүмкін болатын сынық бетінің пішіні мен орнын анықтаудан тұрады.

Феллениус пен Бишоптан бастап, бірнеше авторлар шекті тепе-теңдік негізінде еңіс орнықтылығын есептеу әдістерін ұсынды. Жетілдірілген оңтайландыру әдістерімен біріктірілген бұл процедура көлбеу тұрақтылығының кәдімгі мәселелері үшін қолайлы. Ақырлы элементтер әдістерінің дамуы олардың беріктігінің төмендеуі шегінде топырақ беткейлерінің қауіпсіздік коэффициентін бағалаудың тиімді тәсіліне әкелді. Сырғанауды болдырмау үшін еңісті тұрақтандырудың өртүрлі әдістері әзірленді. Тұрақтандырушы қадалар құлап қалған беткейлерді бекіту немесе қалпына келтіру үшін пайдаланылды. Топырақтың ығысу беріктігін болат шегелерді қолдану арқылы жақсартуға болады. Су қабатын дренаждық траншеяларда төмендетуге болады, бұл еңістің тұрақтылығын арттырады, әсіресе жауын-шашын кезінде. Еңіс қабаттарындағы топырақтың механикалық параметрлері бір жағынан зертханалық сынақтар, екінші жағынан манометрдің далалық сынақтары және сандық модельдеу негізінде анықталады. Бұл әдіс топырақтың өртүрлі түрлерінде ұнғымаларды бұрғылауды

және әртүрлі тереңдікте манометрмен далалық сынақтарды жүргізуді қамтиды. Зертханалық зерттеулер үшін осы ұңғымалардан топырақ үлгілері де алынады. Манометрдің тәжірибелік сынақтары Plaxis бағдарламалық құралының көмегімен сандық модельденді. Топырақ параметрлерін анықтағаннан кейін, еңіс плакиспен модельденеді, біз кез келген қазбаға дейінгі еңістің бастапқы күйінен бастап, осы күйге сәйкес келетін қауіпсіздік факторы мен бұзылу бетін талдаймыз.

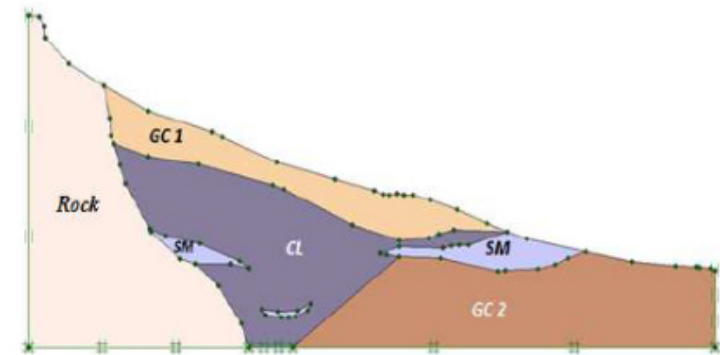
Манометрдің тәжірибелік сынақтары кері талдауды қолдану арқылы сандық түрде модельденеді. Екінші жағынан, топырақ үлгілері топырақ қабаттарының жіктелуіне әкелетін сәйкестендіру сынақтары және 18-ден 21,5 градусқа дейінгі ішкі үйкеліс бұрышын және 23-тен 23-ке дейінгі когезияны беретін ығысу қораптары сынақтары сияқты зертханалық сынақтарға ұшырады. 69 кПа. Сандық түрде есептелген ішкі үйкеліс бұрышының мәндері зертханада өлшенген мәндермен сәйкес келеді. Есептелген серпімділік модулі E мен манометрдің EM модулі арасындағы салыстыру $EM/E = \alpha$ эмпирикалық қатынасына ұқсайды, мұндағы α 0-ден 1-ге дейін. симуляциялар.

Көбінесе жолдарды, каналдарды және бөгеттерді салу кезінде еңістердің тұрақтылығы проблемалары туындайды, ал кейбір табиғи беткейлер судың болуына байланысты тұрақсыз болып қалады немесе болуы мүмкін, бұл топырақтың сипаттамаларын әлсірететін немесе қазба жұмыстары нәтижесінде. Еңістің сырғанауы апатты салдарға әкелуі мүмкін және айтарлықтай табиғи зақымнан басқа, адам өліміне әкеледі. Еңістің топырақ қабаттарының механикалық сипаттамалары қысымды өлшеу және зертханалық сынақтардың сандық нәтижелерінен алынғаннан кейін (сәйкестендіру сынақтары, ығысу қорабы, қарапайым қысу сынағы ...), еңістерді модельдеу жұмыстары екі профильді талдаудан басталады. Ең жоғары биіктігі 150 м зерттелетін еңіс 260 м-ге созылады. Екі профиль де 1 және 2-суретте көрсетілген. Олар бірнеше топырақ қабаттарынан тұрады, олардың параметрлері 1-кестеде келтірілген.

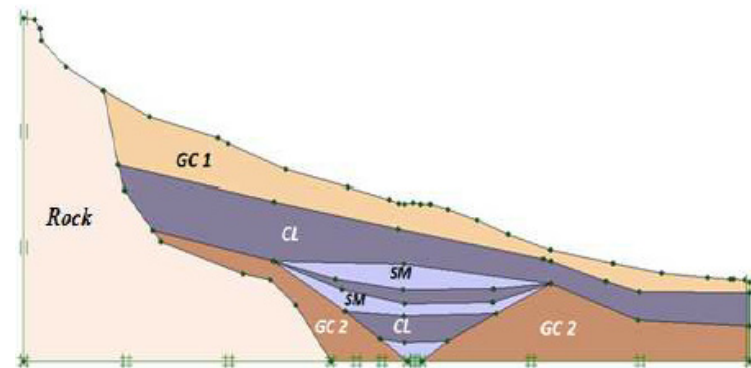
Кесте 1 – Топырақ қабаттарының қасиеттері

Қабаты	Топырақтың түрі	Серпімділік модулі E (кПа)	Ілініс коэффициенті C (кПа)	Ішкі үйкеліс коэффициенті ϕ (°)
Rock	Тас	400000	800	20

GC1	Сазды қиыршық тас	20000	80	25
CL	Құмды-сазды мергель	20000	95	12
SM	Шөгінділірген құмдар	35000	350	30
GS2	Сазды қиыршық тастар	30000	210	25



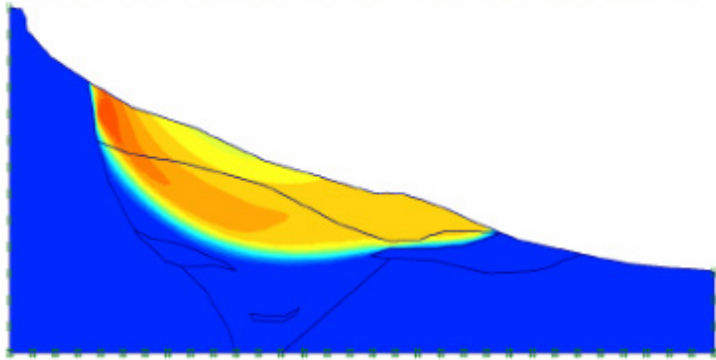
Сурет 1 – Еңіс профилінің геометриясы № 1



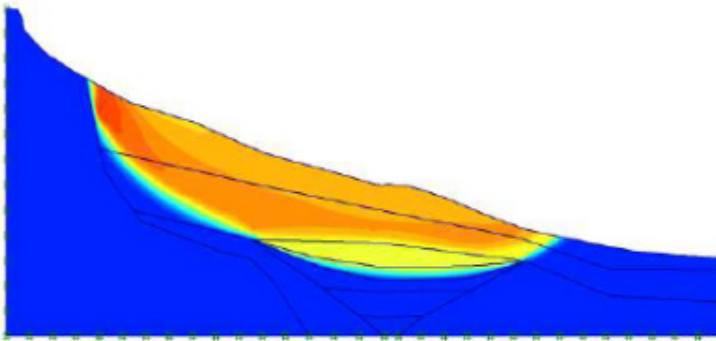
Сурет 2 – Еңіс профилінің геометриясы № 2

Біріншіден, еңістің тұрақтылығы еңісті құрайтын әрбір қабаттың біртектілігі жағдайында зерттеледі. Механикалық параметрлер зертханалық сынақтардан және қысымды сынау нәтижелерінің сандық модельдеуінен алынады. Кез келген кесулерге дейін еңіс

табиғи күйінде қарастырылады. Осы жағдайларда ағымдағы және алдыңғы ғасырда алынған ақпарат негізінде еңіс тұрақты болып қалады. Phi-с қысқарту әдісін қолданатын есептеуде өспелі орын ауыстырулар өрісі бұзылу механизмі туралы түсінік береді. Бұл бет 5 және 6-суреттерде көрсетілгендей екі еңіс профилі үшін де дөңгелек болып көрінеді. Алынған қауіпсіздік коэффициенті №1 профиль үшін 2,24 және №2 профиль үшін 2,13 болады.



Сурет 3 – Профильдің бұзылу беті No1, максималды жылжу $u = 1,3$ см, FS = 2,24



Сурет 4 – O2 профилінің бұзылу беті, максималды орын ауыстыру $u = 2$ см, FS = 2,13.

Зертханалық нәтижелерге негізделген далалық прессиометриялық сынақтарды сандық модельдеу топырақ қабаттарын сипаттауға мүмкіндік берді. Топырақтың су мөлшерінің жоғарылауына байланысты механикалық параметрлерінің төмендеуі көшкіннің негізгі себебі болып табылады. Қабаттар ішіндегі біртектілігі төмен механикалық сипаттамалары бар жұқа қабат болған кезде жазықтыққа айналатын сынықтың айналмалы түріне әкеледі. Дренаж - көлбеуді тұрақтандырудың тиімді әдісі. Беткейдің толық дренажы кезінде тұрақтылық тіпті нығайту әдістерін қолданбай-ақ қамтамасыз етіледі. Ішінара дренажды қадалар немесе шегелер сияқты басқа арматуралармен бірге жүргізу керек. Қадаларды немесе шегелерді еңіс бойымен бөлу осы еңістің бір орнында орналасқан жоғары инерция элементін пайдаланудан гөрі тұрақтылықты қамтамасыз етуде тиімдірек.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Рекомендации по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневого давления. - М.: ЦБНТИ Минмонтаж-спецстроя СССР, 1986. - 123 с.
- 2 Голованов А.И., Бережной Д.В. Метод конечных элементов в механике деформируемых твердых тел. – Казань: изд-во «ДАС», 2001. – 300 с.
- 3 Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. - М.: Недра, 1987 - 221с.
- 4 Механика грунтов, основания и фундаменты: Учеб. пособие М55 для строит. спец. вузов / С.Б. Ухов, В.В. Семенов, В.В. Знаменский и др.; Под С.Б. Ухова. - 4-е изд., стер. - М.: Высш. шк., 2007. – 566 с.
- 5 Устойчивость грунтовых массивов: учеб. метод. пособие / сост. О.П. Дружакина, К.В. Гаврилова. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2012. – 68 с.

ДОРЗИТ – ЗАПОЛНИТЕЛЬ ДОРОЖНОГО БЕТОНА

КАЛИАКПАРОВ Д. Е.
магистрант, МТС-22н, Торайгыров университет, г. Павлодар
СЫЗДЫКОВ Е. С.
магистрант, МТС-22н, Торайгыров университет, г. Павлодар
САКАНОВ К. Т.
профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

В статье рассматривается применение дорзита в виде заполнителя для дорожного бетона. Этот материал может заинтересовать тех, кто занимается дорожным строительством на территории с резко континентальным климатом, особенно как заполнителя дорожного бетона

Дорзит или как ещё его называют клинкерный щебень получается при обжиге некоторых глинистых грунтов, обладает повышенной средней плотностью и высокой прочностью. Применяют взамен щебня в дорожных конструкциях. В этой области проведены специальные исследования иными учеными в области производства строительных материалов.

Проводилось изучение различных видов сырья, разработка и оптимизация технологических параметров получения дорзита. Было установлено, что на базе технологии производства может быть получен материал для дорожного строительства с плотной, спеченной керамической структурой, высокой прочностью и низким водопоглощением. Были разработаны специальные технологические приемы и оборудование для того, чтобы получать дорзит с оптимальными характеристиками.

Ключевые слова: глинистые породы, дорзит, керамзит, клинкерный щебень, гранулированный доменный металлургический шлак, зола ТЭЦ, дорожный бетон, прочность, истираемость, морозостойкость.

Технология дорзита разрабатывалась на основании опыта НИИКерамзит и Союздорнии (Ленинградского филиала) керамзитового производства для получения высокопрочного гравия и щебня.

Проведен анализ различных авторов. Приведены изученные различные виды сырья, разработка и оптимизация технологических параметров получения дорзита. Было установлено, что на базе технологии керамзитового производства может быть получен материал для дорожного строительства с плотной, спеченной

керамической структурой, высокой прочностью и низким водопоглощением. Были разработаны специальные технологические приемы и оборудование для того, чтобы получать дорзит с оптимальными характеристиками.

Проведенные ранее испытания показали, что разработанные материалы соответствуют требованиям, предъявляемым к гравию и щебню для дорожного строительства. Испытания свойств дорзитового гравия проводились по ГОСТ 8269.0–97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний».

На основе высокопрочного дорзита можно получить легкие высокопрочные бетоны классов от В25 до В40. Модернизация технологии производства дорзита позволяет повысить его прочность R_ц до 10 МПа и получать дорзитобетон класса В60.

Ниже приведены основные данные по основным свойствам дорзита:

Плотность зерен, кг/см³ 1,8–2,3;
Насыпная плотность, кг/м³ 850–1300;
Водопоглощение, % 3 (не более 5);
Прочность при сжатии в цилиндре, МПа 6–7 (до 9–10);
Дробимость (потери массы при сжатии в цилиндре), % . . . не более 10–15;

Показатели износостойкости (истираемость), % не более 25–30;

Класс по морозостойкости F 100–300;
Коэффициент размягчения 0,9.

Известен весьма впечатляющий зарубежный опыт по использованию высокопрочного гранулированного керамического материала (аналог тяжелому керамзиту) для строительства дорог, мостов в США, Японии, Норвегии, Германии, Финляндии и других странах [6, 9].

Есть многосторонний опыт применения высокопрочного керамзитобетона при строительстве автодорожных мостов, аэродромных покрытий (легкие бетоны В25–В45), сборных плит для автомобильных дорог, что дает экономический эффект от 12 до 15 % [10, 11]. Целесообразность применения высокопрочного керамзитобетона в аэродромных покрытиях была подтверждена исследованиями, выполненными в НИИЖБ, МАДИ, Союздорнии. Конструкционный керамзитобетон классов В25–В35 в сборных

аэродромных предварительно напряженных плитах покрытия дает положительную эксплуатационную и технико-экономическую эффективность благодаря повышенной трещиностойкости, морозостойкости, долговечности (при этом уменьшаются изгибающие моменты на 18–20 %; снижается количество стержневой арматуры на 12–15 %) [8].

Таким образом, большой объем исследований опытных и промышленных испытаний свидетельствует, что высокопрочный дорзитбетон обладает высокими эксплуатационными качествами при работе в сложных условиях, что является важным обстоятельством для использования в дорожном строительстве. Теплоизолирующая способность и низкотемпературная трещиностойкость дают этому материалу преимущество в районах с жесткими климатическими условиями.

Производство дорзита необходимо наиболее эффективно развивать в первую очередь в регионах, где отсутствуют природные заполнители для дорожного строительства и требуется дорогостоящая транспортировка на большие расстояния. Например, для Западно-Казахстанской и Атырауской областей.

Проведенные работы по дорзиту показали, что важнейшее значение имеет использование в качестве сырьевой базы техногенного сырья – крупнотоннажных отходов. Необходимо указать, что при этом решается важнейшая экологическая задача обезвреживания и утилизации большого объема отходов. Решается проблема предотвращения загрязнения окружающей среды, а также получения полезных высококачественных материалов – гравия, щебня для дорожного строительства.

Таким образом, керамзитовая технология является той принципиальной основой, на которой при определенной ее модернизации может быть организовано производство дорзита. Есть несколько способов его производства.

Это способ изготовления легкого заполнителя из вспучивающихся глин, включающий рыхление глины, дробление и отделение камня на дезинтеграторных вальцах, измельчение глины с помощью вальцов, перемешивание глины и корректирующих добавок в виде гранулированного доменного металлургического шлака с добавлением воды в двухвальных смесителях, подача керамической массы в дырчатые вальцы для получения сырцовых фракций заполнителя сушка и обжиг во вращающихся печи с последующим охлаждением вспученного легкого заполнителя [13].

Второй способ изготовления легкого заполнителя с использованием золы ТЭЦ с добавкой высокопластичной глины, включающий рыхление глины, дробление и отделение камня на дезинтеграторных вальцах, измельчение глины с помощью вальцов, перемешивание глины с золой ТЭЦ с добавлением воды в двухвальных смесителях, подача керамической массы в дырчатые вальцы для получения сырцовых фракций заполнителя сушка и обжиг во вращающихся печах с последующим охлаждением вспученного легкого заполнителя.

Проведенный литературный анализ по направлению исследования показали, что важнейшее значение имеет использование в качестве сырьевой базы легкодоступных глинистых пород в композиции техногенными сырьевыми ресурсами. При этом решается не только обеспечение строительной индустрии эффективными строительными материалами, но и важнейшая экологическая задача по комплексному и рациональному использованию природных и крупнотоннажных техногенных ресурсов.

Отличительной особенностью керамического дорожного материала (дорзита) является то, что на основе предлагаемого материала открывается широкая возможность производства не только дорожных бетонов, но и целую номенклатуру строительных материалов на основе легких бетонов, что делает материал многофункциональным.

Предел прочности дорзита составляет не меньше 1200 кг/м² при сжатии, что соответствует основным требованиям ГОСТ, а также таким параметрам как прочность на расширение при сгибе, истирание, стойкость к химическим средствам.

По итогам проведенного анализа, пришли к выводу, что бетонные дороги прочны, долговечны, устойчивы к неблагоприятным факторам, универсальны и экологичны. Но так как требования к качеству дорожных бетонов довольно высокие, для безаварийной эксплуатации современных автобанов и аэродромов необходимо строгое соблюдение рецептуры бетонных составов и технологии укладки дорожных покрытий.

Заполнители занимают в бетоне до 80 % объема и оказывают влияние на свойства бетона, его долговечность и стоимость. Заполнители резко сокращают расход цемента, наиболее дорогого и дефицитного компонента, улучшают технические свойства бетона. Жесткий скелет из высокопрочного заполнителя несколько

увеличивает прочность и модуль деформации бетона, уменьшает деформации конструкций под нагрузкой и ползучесть бетона – необратимой деформации, возникающей при длительном действии нагрузки. Заполнитель уменьшает усадку бетона, способствуя получению более долговечного материала. Усадка цементного камня при его твердении достигает 1–2 мм/м. Из-за неравномерности усадочных деформаций возникают внутренние напряжения и даже микротрещины. Заполнитель воспринимает усадочные напряжения и в несколько раз уменьшает усадку бетона по сравнению с усадкой цементного камня. Подводя итоги, можно сказать, что бетонные дороги прочны, долговечны, устойчивы к неблагоприятным факторам, универсальны и экологичны.

Установлены современные состояния актуальных направлений в исследованиях касающихся технологий производства природных и искусственных заполнителей в виде дорзита.

Основные исследования ученых при производстве дорзита направлены на использования различных видов природного сырья и техногенных ресурсов.

Установлено высокая перспективность производства дорзита на основе легкодоступных глинистых пород и крупнотоннажных вторичных ресурсов.

По результатам исследования физико-механических и химико-минералогических свойств глинистых пород Западно-Казахстанской установлено возможность использования их в качестве основного сырья для производства дорзита.

Установлено, что использование крупнотоннажных вторичных ресурсов Казахстана как гранулированный металлургический шлака Карагандинского завода АО «Арселор Миттал Темиртау» и золу ТЭЦ Екибазтуской ГРЭС в качестве модифицирующих компонентов способствует улучшению физико-механических и технологических свойств дорзита.

Подводя итоги, можно сказать, что бетонные дороги прочны, долговечны, устойчивы к неблагоприятным факторам, универсальны, использование техногенных отходов снижает нагрузку на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1 СП РК 3.03-103-2014 «Проектирование жестких дорожных одежд».

2 Изыскания и проектирование автомобильных дорог. Книга 1. Федотов Г.А., Поспелов П.И. 2009.

3 СП РК 3.03-101-2013 «Автомобильные дороги».

4 Прокопец В.С., Галдина В.Д., Подрез Г.А. Асфальтобетоны на основе пористых заполнителей Западной и Восточной Сибири // Строит. материалы. 2009. № 11. С. 26–28.

5 Чазов А.В., Шишмакова М.С. Шлакощелочные материалы в дорожном строительстве / Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. № 1. – 2012. – С.114-117

6 Кондращенко В.И., Ярмаковский В.Н., Гузенко С.В. О применении конструкционных легких бетонов в мостостроении. // Транспортное строительство. 2007. № 9. С. 10–13.

7 Горин В.М., Токарева Т.А., Кабанова М.К. Состояние и перспективы производства и применения керамзита и керамзитобетона в стройкомплексе России // Строит. материалы. 2005. № 8. С. 26–27.

8 Горин, В.М. Высокопрочный керамзит и керамдор для несущих конструкций и дорожного строительства / В.М. Горин, С.А. Токарева, М.К. Кабанова // Строительные материалы. – 2010. – №1. – С.9-11.

9 Онацкий С.П. Производство керамзита. – М.: Стройиздат, 1987. 330 с.

10 Житкевич Р.К., Кац К.М. Высокопрочный легкий бетон. Всесоюзный семинар «Эффективные конструкции из легких бетонов» // Тезисы докладов. Госстрой СССР, М., 1980. С. 73–75.

11 Бужевич Г.А., Горчаков Г.И. Долговечность легких бетонов на пористых заполнителях. Всесоюзная конференция по легким бетонам // Тезисы докладов. Гостройиздат, М.: 1970. С. 61–73.

12 Сб. «Проблемы повышения прочности пористых заполнителей» // Тезисы докладов. НТО «Стройиндустрия», Куйбышев, 1972. 71 с.

13 Бескровный В.И., Трусов Т.А. Технология производства искусственного каменного материала керамдора из глинистого сырья Тюменской области: Сб. научн. тр./ Союздорнии, вып. 33. - М.: Транспорт, с. 50 -58.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФЛОТАЦИИ СУЛЬФИДНЫХ ТОНКОВКРАПЛЕННЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ТИШИНСКОЕ»

КЛЕУКИНА А. М.

магистрант, Восточно-Казахстанский технический университет
имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

БЫКОВ Р. А.

к.т.н., Восточно-Казахстанский технический университет
имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ведение. Республика Казахстан занимает одну из лидирующих позиций среди стран минерально-сырьевой базы мира. Исследователями уже разведаны более 8 тысяч месторождений, из которых на рудниках добываются более 1300 разновидностей минерального сырья. Однако в последние годы в переработку на обогатительных фабриках все больше вовлекаются труднообогатимые, бедные руды, это обусловлено тем, что богатые полезными ископаемыми месторождения иссекают. Такие типы руд отличаются сложной текстурой, тонкой зернистостью и тонкой вкрупленностью. Потери полезных компонентов, в основном, происходят из-за нераскрытых зерен или в ходе их переизмельчения. Переработка данного типа руд требует изыскания путей совершенствования технологического процесса, с максимальным извлечением ценных компонентов и минимальной потери их в процессах обогащения. Так для исследуемой сульфидной тонковкрапленной руды предлагается многоступенчатая схема флотации, с целью повышения выхода основных концентратов: меди и свинца.

Литературный обзор. Проведя обзор по статьям посвященным обогащению тонковкрапленных руд, можно провести определенную хронологию.

В 2012 году в журнале «Обогащение руд» № 5 опубликована статья австралийских авторов «Сравнение вариантов рудоподготовки при переработке тонковкрапленных магнетитовых руд» посвященная оценке экономической эффективности схем рудоподготовки при переработке тонковкрапленных магнетитовых руд. Главный вывод исследования - экономическая целесообразность применения в проектах фабрик будущего схемы на базе полного рудногалечного измельчения. Полезным является и изложенный авторами подход к стоимостной оценке выбросов CO_2 – фактору, который с большой

вероятностью придется учитывать отечественным проектировщикам в обозримом будущем [1].

В 2013 году Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) опубликовал статью «Изыскание путей повышения эффективности обогащения тонковкрапленных руд Южно-Уральского региона» авторами которого являются Шадрунова И. В., Сабанова М. Н., Орехова Н. Н. В этой статье показаны общие причины недостаточной эффективности обогащения тонковкрапленных руд.

Так же рассмотрены основные пути повышения технологических показателей флотации. Представлены результаты изучения влияния добавки реагента-диспергатора на показатели флотации [2].

В статье 2015 года, опубликованной в журнале «Обогащение руд», Семушкина Л. В., Турсьбеков Д. К., Тусупбаев Н. К., Бектурганов Н. С., Муханова А. А. предложили совершенствование технологии обогащения тонковкрапленной свинцово-цинковой руды месторождения Шалкия. Показано, что применение доизмельчения и аполярного реагента по сравнению с фабричным режимом позволяет увеличить содержание цинка в цинковом концентрате на 3,83 %, а его извлечение – на 9,42 %; содержание свинца в свинцовом концентрате повышается на 5,18 %, а его извлечение – на 12,36 % [3].

В рамках данного исследования был проведен обзор патентов:

1) Способ флотационного разделения коллективного свинцово-медного концентрата. Авторы патента: Горячев Борис Евгеньевич, Николаев Александр Александрович. Изобретение относится к области обогащения полезных ископаемых и может быть использовано при флотационном обогащении полиметаллических руд в цикле селективной флотации коллективного свинцово-медного концентрата. Способ включает кондиционирование пульпы, содержащей сульфиды свинца и меди, в щелочной известковой среде с бихроматом щелочного металла, вывод халькопирита в пенный продукт и вывод галенита в камерный продукт. Перед кондиционированием с бихроматом щелочного металла дополнительно вводят пероксид водорода в количестве 30–200 г/т, при этом бихромат щелочного металла вводят в количестве 0,05–1,2 кг/т руды. Технический результат - увеличение степени селективности флотации при разделении коллективного свинцово-медного концентрата, повышение извлечения свинца в свинцовый концентрат, качества свинцового и медного концентратов [4].

2) Обогащение сульфидных руд металлов с помощью пенной флотации с использованием окислителя. Авторы патента: Герхард Арнольд, Терри Браун, Инго Хаманн, Алан Хитчинер. Предложенное изобретение относится к способу пенной флотации с добавлением окислителей и может быть использовано для флотации сульфидной руды, представляющей собой сульфидсодержащие пустые породы. Способ обработки сульфидной руды металла для выделения необходимого минерала из сульфидсодержащей пустой породы включает пульпы получения суспендирования руды в воде и размола выделения руды; обогащение пульпы включает добавление минералов с помощью пенной пульпы, где пероксиды добавляют к пульпе особенно перед пропуском или во время пропуска кислорода или воздуха через указанную пульпу. Оптимальное количество содержания пероксида вещества в пульпе. Технический результат – повышение качества и усвоения основных минералов, в особенности меди из сульфидных руд [5].

3) Флотационные реагенты и процессы флотации с их использованием. Авторы патента: Девараясамудрам Рамачандран Нагарадж, Тарун Бхамбани, Мукунд Васудеван, Пуспенду Део, Хаунн-Лин Тони Чен. Способы увеличения извлечения ценных минералов сульфидов и драгоценных металлов из руды, содержащей силикат магния, шламообразующий минерал и глину. Руда подвергается процессу пенной флотации, путем добавления к одному или более поздней стадии процесса модификатор пенной фазы, содержащий полимер, содержащий одну или несколько функциональных групп, и, необязательно, модифицирующий агент с одновалентными ионами, тем самым увеличивая извлечение ценного сульфидного минерала и минерала, содержащего драгоценные металлы [6].

Ситовой анализ исследуемой пробы. Для проведения анализа была представлена лабораторно-технологическая проба сульфидная тонковкрапленная руда Тишинского месторождения – 180 кг.

Таблица 1 – Химический состав исходной пробы

№	Наименование элементов	Содержание, %
1	Медь	0,9
2	Свинец	0,3
3	Цинк	2,4
4	Железо	6,78

5	Глинозем	11,67
6	Золото, г/т	0,2
7	Серебро, г/т	32,0
8	Сера общая	8,4
9	Сера сульфидная	0,27
10	Мышьяк	0,06
11	Кальций	6,55
12	Магний	1,55
13	Диоксид кремния	56,71
14	Барий сернокислый	2,54

Ситовому анализу подвергалась тонковкрапленная руда крупностью +3 мм, общей массой 10 кг. До начала эксперимента руда тщательно перемешивалась с последующим квартованием. После квартования отбирается проба 10 кг.

Далее следует ситовый анализ на ситах. Проводилось 10 анализов тонковкрапленной сульфидной руды.

Таблица 2 – Результаты ситового анализа

№	Классы крупности	Выход			
		частный		суммарный	
		гр	%	По плюсу	По минусу
1	+2	2370	23,7	23,7	100
2	-2+1,5	1407	14,1	37,8	76,3
3	-1,5+1	1126	11,3	49,1	62,2
4	-1+0,63	1092	10,9	60	50,9
5	-0,63+0,5	650	6,5	66,5	40
6	-0,5+0,315	1135	11,3	77,8	33,5

Результаты каждого из произведенных анализов графически изображаются в виде характеристики крупности материала по надрешетному продукту (по плюсу), которые рассчитываются по методике Олевского В. А. В начале проведения ситового анализа, порцию пробы заполняют в зависимости от максимального куска руды. В этом примере был выбран класс – 35 мм и рассеивался на ситах, наиболее низкое сито было 0.074 мм. Это необходимый класс для дальнейшей флотации.

Класс – 0,074 мм каждый раз взвешивался, и от него собирался материал в зависимости от его крупности в объеме около 10 кг. По полученным данным анализа изображаем график в виде кривой.

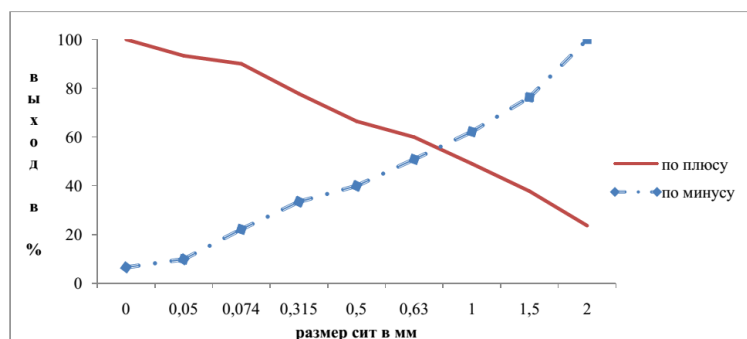


Рисунок 1 – Характеристика крупности тонковкрапленной руды

По данному графику наблюдается равномерное количество крупных и мелких частиц.

Выводы: как мы видим по обзору статей за последнее десятилетие, а также по патентному поиску, ученые с разных стран мира разрабатывают новые методы обогащения сульфидных тонковкрапленных руд, усовершенствуют действующие технологии, повышают извлечение полезных концентратов, что доказывает актуальность данной проблемы.

Данные ситового анализа позволили прийти нам к выводу что, для дальнейшей флотации тонковкрапленной сульфидной руды нам нужно принять зерна размером -0,074 мм.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Янкович А., Валери В. Сравнение вариантов рудоподготовки при переработке тонковкрапленных магнетитовых руд. Журнал «Обогащение руд» №5. 2012
- 2 Шадрюнова И.В., Сабанова М.Н., Орехова Н.Н. Изыскание путей повышения эффективности обогащения тонковкрапленных руд Южно-Уральского региона. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2013.
- 3 Семушкина Л. В., Турысбеков Д. К., Тусупбаев Н. К., Бектурганов Н. С., Муханова А. А. Совершенствование технологии

обогащения тонковкрапленной свинцово-цинковой руды месторождения Шалкия. Журнал «Обогащение руд» №2, 2015.

4 Интернет ресурс: <https://findpatent.ru>

5 Патент № 2432999С2 Российская Федерация, МПК В03Д 1/002 (2006.01). Способ флотационного разделения коллективного свинцовомедного концентрата: №2009146951/03; заявлено 18.12.2009; опубликовано 10.11.2011, Бюл.№31.

6 Интернет ресурс: <https://findpatent.ru>

7 Патент № 2631743С2 Российская Федерация, МПК В03Д 1/002 (2006.01). Обогащение сульфидных руд металлов с помощью пенной флотации с использованием окислителя: № 2014134739; заявлено 25.01.2013; опубликовано 26.09.2017, Бюл.№27.

8 Интернет ресурс: <https://patents.google.com>

9 Patent No.: 10130956B2 United States Patent. Flotation reagents and flotation processes utilizing same: Appl. No.: 14/256,042; Filed: 2014-04-18; Publication: 2018-11-20.

ИССЛЕДОВАНИЯ СВОДООБРАЗОВАНИЯ В БУНКЕРНЫХ ЕМКОСТЯХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ АНОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

КУШКУМБАЕВ Ч. А.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

АБДРАХМАНОВ Е. С.

к.т.н., PhD, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

ТЕМИРТАС Х. Б.

магистр, преподаватель (ассистент), Торайгыров университет, г. Павлодар

Анодные материалы являются неотъемлемым ресурсом в анодном производстве и взаимодействие с ними является ключевым фактором для дальнейших успехов данной промышленной отрасли. Помимо обработки углеродистых образцов и их прямого воздействия на анодную промышленность, очень важно упомянуть то, как анодная рецептура будет храниться в течении всего процесса анодного изготовления. В подобных случаях, немаловажную роль играют оборудования, нацеленные на погрузочно-разгрузочные операции сыпучих материалов.

В рамках данной статьи, будет продемонстрировано аналитическое исследование работы бункера с рецептурой анодных материалов. В ходе изучения технологического процесса бункера, наблюдалось явление сводообразования в результате которого

значительно увеличивалось время полной очистки емкостей, что, в свою очередь, приводило к разным показателям значения массы образца до применения бункера и после. Данные недостатки устройства, в промышленных условиях, могут возыметь крайне неблагоприятный эффект ввиду того, что это может привести к снижению эффективности процесса разгрузки, то есть при разгрузочных работах, полной очистки емкостей в запланированное время добиться невозможно и, кроме того, слишком велико время разгрузочных операций. Также, важно отметить то, что при сводообразовании теряется значительная часть эффекта активации материалов, которая достигалась более ранними этапами благодаря технологиям измельчения, что в конечном счёте даже может повлиять на качество получаемого продукта – анода.

Чтобы предотвратить данные негативные факторы, необходимо стимулировать разгрузку бункеров, дабы снизить потерю времени работы с грузами на предприятиях и повысить качество очистки емкостей для хранения материалов, для этого нужно разработать уникальную конструкцию, которая бы решала вышеупомянутые проблемы.

Прежде чем перейти к детальному объяснению сводообразования, нужно понять, что он представляет из себя в общих чертах. Во-первых, ранее названные негативные ситуации являются как раз таки следствием появления блокировки потока материала, что по сути своей и является сводообразованием по большей части. Во-вторых, многочисленные исследования сводообразования позволили установить лишь некоторые зависимости, объясняющие суть этого процесса. Степень влияния огромного числа различных взаимосвязанных факторов на сводообразование трудно оценить практически и предсказать теоретически, однако ссылаясь на исследования профессора Е. С. Абдрахманова можно выявить три определяющих фактора: коэффициент трения, угол естественного откоса и угол внутреннего трения.

Угол естественного откоса (также известный как угол откоса покоя) представляет собой угол наклона, при котором сыпучий материал находится в равновесии и не начинает сводообразование. Этот угол зависит от физических свойств материала, таких как размер и форма частиц, плотность, влажность и поверхностное натяжение.

Материалы с большим углом естественного откоса имеют большую степень устойчивости и меньшую склонность к

сводообразованию. Например, казахстанский кварцевый песок обычно имеет большой угол естественного откоса, что делает его более стабильными и менее склонными к сводообразованию.

Коэффициент трения — это мера силы трения между частицами материала. Он определяет сопротивление перемещению частиц друг по отношению к другу и может оказывать влияние на сводообразование.

Низкий коэффициент трения между частицами способствует их скольжению и перемещению, что уменьшает вероятность сводообразования. Например, если материал имеет гладкие частицы или содержит добавки, уменьшающие трение между ними, то это помогает предотвратить образование свода.

Однако высокий коэффициент трения может способствовать сводообразованию. Это может происходить, например, когда материал содержит липкие или слипающиеся частицы, которые трудно скользят друг по отношению к другу.

Коэффициент трения зависит от многих факторов, таких как поверхностные характеристики материала, влажность, размер и форма частиц, а также сила нормального давления между ними. Разные материалы могут иметь различные значения коэффициента трения, и его измерение может быть проведено в лабораторных условиях с использованием специального оборудования.

Угол внутреннего трения, также известный как угол трения или угол сопротивления скольжению, является важным параметром, характеризующим поверхностные свойства материала и его способность сопротивляться скольжению или движению частиц друг относительно друга. Давайте рассмотрим этот параметр подробнее.

Угол внутреннего трения является мерой силы сопротивления, которую материал оказывает на скольжение его частиц. Он представляет собой угол наклона плоскости, на которой материал находится в состоянии равновесия и не начинает движение или скольжение.

Понимая суть данных параметров, влияющих на работу бункера, можно также заключить, что они тесно взаимосвязаны друг с другом. Так, современные исследования показывают, что наибольшее уменьшение сводообразования может происходить тогда, когда угол естественного откоса меньше либо равен углу внутреннего трения. Другими словами, выражение, демонстрирующую взаимосвязь между углами будет выглядеть таким образом:

$$\theta \leq \varphi \quad (1)$$

где θ – угол естественного откоса,
 φ – угол внутреннего трения.

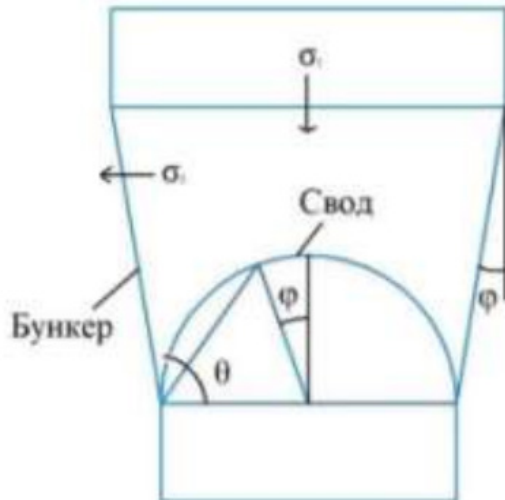


Рисунок 1 – Схема, иллюстрирующая параметры углов внутреннего трения и естественного откоса в самом бункере

Данная схема показывает, как можно представить расположение углов при сводообразовании, более того, по ней можно определить то, что угол внутреннего трения φ можно найти при помощи измерения угла между стенкой бункера и его верхним основанием. Однако угол естественного откоса можно найти простым измерением угла свода и поверхности, на которой он находится, как показано на рисунке 2.

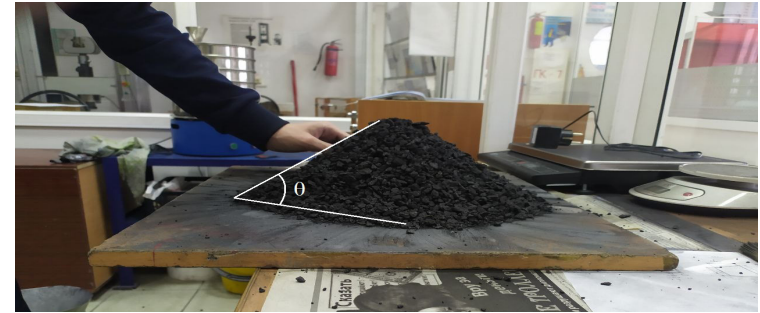


Рисунок 2 – Угол естественного откоса θ анодного огарка

Также на схеме показаны напряжения, действующие на стенки бункера в ходе формирования свода. Значение σ_1 отображает вертикальные напряжения, возникающие из-за собственного веса сводообразованной массы материала. При накоплении материала в верхней части бункера, вертикальные напряжения увеличиваются. Это, в свою очередь, приводит к сжатию материала в нижней части бункера и уплотнению свода. Вертикальные напряжения играют ключевую роль в поддержании свода. Значение σ_2 же показывает воздействие горизонтальных напряжений, появляющихся из-за взаимодействия между сводообразованной массой материала и боковыми стенками бункера. При сводообразовании материал оказывает давление на стенки бункера, вызывая горизонтальные напряжения. Эти напряжения могут привести к деформации стенок бункера или даже к их разрушению, также это является причиной для повышающегося коэффициента трения, это означает, что между стенками и материалом образуется большая сила сопротивления, не дающая образцам пройти через бункер быстро, тем самым задерживая его. Зная, как найти угол естественного откоса, можно определить коэффициент трения по следующей формуле:

$$f = \tan \varphi \quad (2)$$

где f – коэффициент трения;

φ – угол внутреннего трения.

На основе результатов проведенного исследования можно сформировать теоретическую модель поведения анодных

материалов в условиях сводообразования в бункерах. Фундаментом данной теории является утверждение о поведении образца, что все материалы состоят из твердых частиц, объединенных между собой действующими силами, по отношению к которым и рассматриваются расчеты деформируемого материала, то есть краугольным камнем во всей данной ситуации является не только показатели, которые могут измерены, но и сама природа взаимодействия измельченных частиц между собой. Помимо этого, создавая модель поведения материала в емкостях хранения, можно исходить из положения, что частица материала начнет свое движение, только если место соседней ячейки будет вакантным и ее активированная энергия будет выше заданного значения. Данный анализ поведения анодных материалов характеризуется следующими утверждениями: анодные образцы представляют собой совокупность твердых частиц, одинаковых по форме и физическим характеристикам; движение частиц происходит по траекториям, которые подчиняются одним и тем же законам; между частицами действуют силы трения, взаимодействия и активации; в процессе движения груза в случае превышения минимально допустимых усилий происходит взаимное перемещение отдельных частиц и, как следствие, силы между частицами передаются сплошным потоком через воображаемое пространство. При этом в общем случае внутренние силы непрерывно и неравномерно распределены по этой поверхности, что может также объяснять каким образом появляется сводообразование.

Выводы:

1 Разработана теоретическая модель сводообразования слежавшихся сыпучих однородных материалов, позволяющая учесть свойства образцов и их модель поведения.

2 Экспериментальное и аналитическое исследования показали, что критически важные характеристики хранения анодных материалов могут быть найдены в лабораторных, либо промышленных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1 Максимов Е.В., Бекбаев К.С., Тарабаев Б.К. и др. Исследование истечения сыпучих материалов в сводных условия // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. 2012 год (№4). – С. 94-98.

2 В.И.Лобанов, А.В.Чухлебова, И.А.Гаршин. Исследование процесса истечения сыпучих материалов из бункеров. – Б., 2021. – 2 с.

3 Семёнов В.Ф. Бункеры и хранилища: учебное пособие / Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 1999. – 221 с.

ЭКОЛОГИЧНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В КАЗАХСТАНЕ: ПРЕИМУЩЕСТВА АКТИВНЫХ, ПАССИВНЫХ И УМНЫХ ДОМОВ

ҚОЖАН И. Қ.
магистрант, Торайғыров университет, г. Павлодар
ЖУКЕНОВА Г. А.

PhD, асоц. профессор, Торайғыров университет, г. Павлодар

В последние годы интерес к энергоэффективным технологиям в сфере строительства постепенно растет в Казахстане. Этот процесс происходит в контексте не только экологических вызовов, но и экономической эффективности и удобства для жильцов. В рамках этой тенденции также появилась концепция пассивного, активного и умного дома, которые отличаются по подходу к повышению энергоэффективности.

Различные организации, такие как Министерство инноваций и развития Республики Казахстан, хорошо поддерживают и активно направляют развитие экологического строительства в стране. Основной упор делается на разработку и реализацию инновационных технологий и материалов, благодаря которым можно добиться максимально возможной экономии энергии и минимизации негативного влияния на окружающую среду.

Пассивный дом – это современная концепция строительства, которая стала популярной во многих странах мира, в том числе в Казахстане. Основным принципом пассивных домов является максимально возможное использование природных ресурсов и минимальное воздействие на окружающую среду, что и делает их экологически стойкими и экономически эффективными.

Первые пассивные дома начали строиться в Казахстане в 2015 году. Главным преимуществом таких домов является то, что они не требуют постоянного использования энергии для поддержания комфортной температуры внутри помещений. В пассивном доме

используются технологии, которые позволяют минимизировать потребление электроэнергии, тепловой и водной энергии, что делает эксплуатацию такого дома значительно дешевле по сравнению с традиционными домами.

Особенностью пассивных домов является использование специальных материалов, которые гарантируют высокую теплоизоляцию и герметичность здания. Для этого используются различные изоляционные материалы, такие как пенопласт, минеральная вата, древесноволокнистая плита и др. Все детали дома должны быть герметичными, чтобы не было утечек тепла. Из-за этого у пассивного дома отсутствуют привычные вентиляционные отверстия и вентиляционные шахты – вентиляция происходит через систему рекуперации тепла, которая позволяет сохранять до 90% тепла воздуха на выходе, что в свою очередь экономит на затратах на отопление.

Технологии, используемые в строительстве пассивных домов, также включают установку энергоэффективных окон и дверей, установку специальной системы отопления, электрических штор, солнечных коллекторов и ветряков для сбора энергии из окружающей среды.

Таким образом, использование технологий пассивного домостроения позволяет значительно экономить на затратах на отопление и связанных с ними расходах на энергию, а также создавать комфортные условия для проживания в зимний период. Этот подход к строительству домов становится все более востребованным в Казахстане, как среди застройщиков, так и среди частных лиц, что говорит о переходе к новым формам строительства и экологическим подходам в организации инфраструктуры.

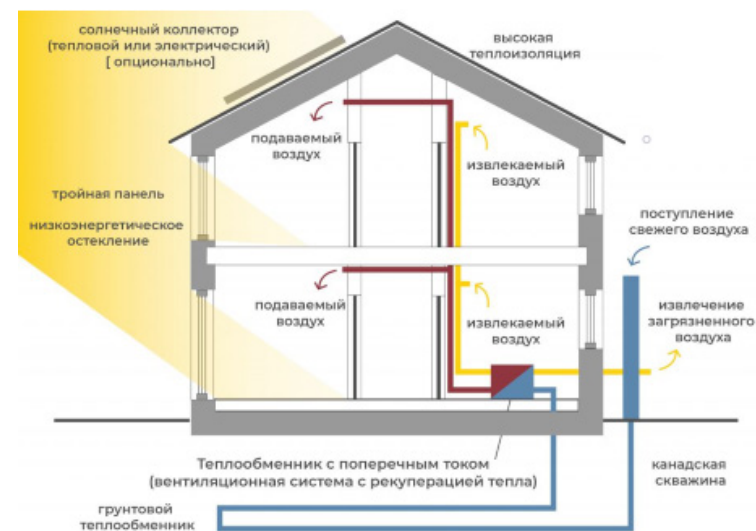


Рисунок 1 – Схема пассивного дома

Активный дом – это здание, которое пассивно поддерживает комфортный микроклимат внутри, в то же время активно производя энергию из перерабатываемых источников и питая свою инфраструктуру. Сегодня все большее количество людей в Казахстане обращает внимание на возможности, предоставляемые Активными домами. Этот тип жилья начал появляться на казахстанском рынке строительства не так давно, но уже успел завоевать популярность благодаря своим уникальным характеристикам.

Основные преимущества Активных домов – это:

1 Экономия энергии: Активные дома используют обновляемую энергию солнца, ветра и геотермальной энергии для обеспечения электроэнергией, отоплением и горячей водой;

2 Улучшенный микроклимат: благодаря инновационным технологиям вентиляции, температура и влажность воздуха внутри Активного дома поддерживаются в идеальном состоянии;

3 Автоматизация: Активные дома оборудованы системами управления, которые автоматически включают и выключают электроприборы, освещение и прочее оборудование в доме;

4 Защита окружающей среды: Активные дома имеют минимальный углеродный след благодаря использованию

обновляемых источников энергии и экономном использовании ресурсов.

Одним из основных принципов активного дома является производство энергии из перерабатываемых источников, таких как солнечная энергия и энергия ветра. В такой системе, используется набор разных технологий для получения энергии:

- Фотовольтаические панели на крыше дома;
- Ветрогенераторы;
- Тепловой насос, который также может быть связан с системой геотермального обогрева и т.д.

Активный дом может осуществлять сбор и использование осадков для орошения и полива, а также обработку и использование сточных вод. Это делает его более экологически чистым и утечки воды могут быть дополнительно сэкономлены.

Можно отметить, что активные дома сегодня являются примером высокотехнологичной и экологически чистой архитектуры. Технологии и материалы, используемые в строительстве таких домов, позволяют создавать удобные и комфортные условия для проживания людей при минимальных затратах на энергопотребление.

В целом, Активные дома отличаются от стандартных домов своей инновационностью и уникальными технологиями, позволяющими добиться экономии ресурсов и высокого уровня комфорта для жильцов. Более того, такие дома оказывают положительное влияние на окружающую среду, что делает их особенно привлекательными для развития экологического строительства.



Рисунок 2 – Схема активного дома

Умный дом – это дом с системой управления, которая позволяет автоматизировать многие процессы, такие как контроль температуры, освещения, безопасности и других устройств в доме. Умные дома начали появляться на рынке Казахстана в последние годы и с каждым годом популярность этой технологии растет.

В Казахстане умные дома начали появляться сравнительно недавно. С начала 2020 года в некоторых городах страны появляются первые малоэтажные жилые комплексы, оборудованные системами «умного дома».

Одним из первых проектов с умными домами в Казахстане стал жилой комплекс «Altau Towers» в Алматы. Этот комплекс оборудован встроенными системами безопасности, освещения, отопления и кондиционирования воздуха, которые можно управлять с помощью мобильного приложения.

В Астане уже построено несколько жилых комплексов, таких как «Keremet Residence» и «Urban Center», которые также оборудованы системами «умного дома». В них установлены сенсоры, которые мониторят уровень углекислого газа и влажности воздуха в квартирах, а также управляют отоплением, кондиционированием воздуха и освещением.

Основным преимуществом умного дома является максимально возможный уровень комфорта и безопасности для жильцов. Системы умного дома позволяют автоматически регулировать освещение, температуру, аудио и видео системы, мультимедиа и другие устройства в доме. Кроме того, умный дом может быть оборудован системой безопасности, которая может обеспечить защиту от взлома, пожара, утечки газа и т.д.

Системы управления умного дома работают благодаря использованию различных устройств, таких как сенсоры, контроллеры, устройства управления и другие. Эти устройства работают в сети и обмениваются информацией, чтобы обеспечить максимально возможный уровень комфорта и безопасности.

Технологии, используемые в строительстве умного дома, могут быть очень разнообразными. Например, встроенные в стены и потолок сенсоры могут контролировать температуру и влажность, а система управления климатом может автоматически регулировать температуру и влажность в доме для создания максимально комфортных условий. Кроме того, умные дома обычно оснащены системой управления освещением, которая может регулировать яркость света, изменять цвет и т.д. В дополнение к

этому, умные дома могут быть оборудованы системой управления энергопотреблением, которая позволяет минимизировать расходы на электричество и газ.



Рисунок 3 – Схема умного дома

Использование новейших технологий внедрения экологических решений в строительстве делает Казахстан ведущей страной по экологическому строительству. За последние годы, строительные фирмы и производители материалов увеличивают усилия для производства биосистем без вредных веществ. Это является важным шагом на пути сохранения окружающей среды для будущих поколений.

В заключении, можно сказать, что экологическое строительство в Казахстане, как и во всем мире, развивается в направлении активного, пассивного и умного домостроения. Преимущества каждого типа здания зависят от климатических условий и инфраструктуры каждого региона. Однако, использование данной технологии может существенно повысить энергоэффективность зданий и уменьшить их воздействие на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1 Donald B. Corner, Jan C. Fillinger, Alison G. Kwok Passive House Details // Taylor & Francis, 2017. – 332 p.

2 Lone Feifer, Marco Imperadori, Graziano Salvalai, Arianna Brambilla, Federica Brunone. Active House: Smart Nearly Zero Energy Buildings // Springer International Publishing, 2018. – 138 p.

3 Новые технологии строительства: экологичные материалы и современный дизайн домов [Электронный ресурс] // Интернет-сайт URL: <https://building-companion.ru/blog/novye-tehnologii-stroitelstva-ekologichnye-materialy-i-sovremennyu-dizayn-domov/>

4 Паук Ю.Ю. Энергосберегающие технологии в современном строительстве // Евразийский Союз Ученых. 2019. №3-3 (60). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energoberegayuschie-tehnologii-v-sovremennom-stroitelstve> (дата обращения: 05.05.2023)

5 Технологии умный дом: Устройства и технологии системы Умный дом в Москве от компании А.Р. Technology [Электронный ресурс] // Интернет-сайт URL: <https://xn---ptbdbgnbgtm2excr.xn-p1ai/raznoe-2/tehnologii-umnyj-dom-ustrojstva-i-tehnologii-sistemy-umnyj-dom-v-moskve-ot-kompanii-a-p-technology.html>

6 Элементы системы умный дом картинка: что включает в себя система Умный дом [Электронный ресурс] // Интернет-сайт URL: <https://antibiotic.su/dom/elementy-sistemy-umnyj-dom-kartinka-cto-vklyuchaet-v-sebya-sistema-umnyj-dom.html>

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ ANSYS WB ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРОВАНИЯ С ТЕРМОФРИКЦИОННОЙ ОБРАБОТКОЙ

МАЗДУБАЙ А. В.

PhD, ассоц.й профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
ШЕРОВ К. Т.

к.т.н., профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина

СУЛЕЙМЕНОВ А. Д.

магистр, старший преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

Термофрикционная обработка – вид термомеханической технологии обработки металлов.прекращение с результирующим нагревом в зоне резания, за счет трения в точке контакт заготовки и инструмента, движущегося с большой скоростью [1]. Традиционная термофрикционная технология основана на размягчении

обрабатываемого материала в зоне резания за счет высокого коэффициента трения скольжения.

Для дальнейших исследований научное и прикладное значение имеют тепловые процессы, происходящие в зоне контакта «режущий инструмент-заготовка». Получение экспериментальной информации о физических процессах в различных точках зоны резания затруднено из-за малости площади контакта поверхности режущего инструмента и обрабатываемого материала, высокой скорости процесса и постоянного относительного движения между режущим инструментом, обрабатываемым материалом и процессом стружкообразования. В связи с этим математическое моделирование процесса термофрикционного фрезерования позволяет решить эту проблему путем компьютерного моделирования. Аналогичная проблема частично рассматривалась в ряде работ [2,3]. Однако они сделали только общий анализ физических процессов для всей режущей пластины. С помощью специальных программ, например AnsysWB, позволяет изучить динамику процессов, происходящих при резании, а также учесть многовариантность технологических решений, способных повысить эффективность процесса. Целью настоящего исследования является разработка методики определения оптимальных технологических параметров резания термофрикционным фрезерованием с AnsysWB при обработке различных марок сталей.

Целью данного исследования является разработка методики определения оптимальных технологических параметров термофрикционной обработки при обработке материалов Hardox 450 и Сталь 3сп. Для построения модели были выполнены следующие этапы: разработана CAD-модель режущего инструмента и станка; вводятся физические характеристики режущего инструмента и обрабатываемого инструментального материала; приводится тип контакта поверхности режущей пластины с обрабатываемым инструментом; условие сетки конечных элементов. Приведены физические свойства обрабатываемых материалов, используемой в модели режущей пластинчатой фрезой (Hardox 450), [4] (в таблице 1). приводится тип контакта поверхности режущей пластины с обрабатываемым инструментом; условие

сетки конечных элементов. Приведены физические свойства обрабатываемых материалов, используемой в модели режущей пластинчатой фрезой (Hardox 450), [4] (в таблице 1).

Таблица 1 – Физические свойства заготовок

Параметры	Единица измерения	Хардокс 450	40XH2MA	Ст. 3 сп
Плотность, ρ	кг/м ³	7850	7850	7850
Модуль Юнга, E	ГПа	215	215	215
Коэффициент Пуассона, ν	-	0.3	0.3	0.3
Удельная теплопроводность, сρ	Дж/(кгС)	495	477	434
Теплопроводность, λ	Вт/(мС)	37	39	61
Начальная температура, Tt	°С	22	22	22
Температура плавления, Tf	°С	-	1520	1500

Под действием больших деформаций материал ведет себя по разным законам, в том числе по закону Джонсона-Кука, который широко используется. Он учитывает явления адиабатического течения, большую пластическую деформацию и известные температурные градиенты. Этот закон мультипликативно разбивается на три функции зависимости ε (%) напряжения от степени σ и скорости деформации, а также зависящую от температуры T [4]:

$$\sigma = (A + B \cdot \varepsilon^n) \left(1 + C \cdot \frac{\dot{\varepsilon}}{\varepsilon_0} \right) \left(1 - \left[\frac{T - T_0}{T_f - T_0} \right] \right) \quad (1)$$

Первый мультипликатор описывает рост, второй - динамические тренды, а третий – явление релаксации. Постоянная скорость полиномиальной деформации, связанная с верхним индексом. A – предел упругости рассматриваемого материала, B и n – линейный и нелинейный параметры роста соответственно.

Второй множитель представляет собой мультипликативный коэффициент, описывающий динамику упрочнения материала. Это зависит от эквивалента скорости пластической деформации. C – зависимость коэффициента чувствительности от скорости деформации. Примем начальную скорость деформации 1 с⁻¹.

Третий множитель является фактором, соответствующим явлению тепловой релаксации. T_0 – начальная температура. Между T_0 и T_f , точкой плавления, движение напряжения уменьшается с температурой и становится равным нулю $T = T_f$. При температурах, приближающихся к температуре плавления, движение напряжений равно нулю. Таким образом, T_0 – отношение механизма тепловыделения к температуре, а m – степень указанного тепловыделения. Значения параметров моделей Джонсона-Кука для материалов заготовок приведены в таблице 2 [4].

Таблица 2 – Параметры модели Джонсона-Кука для заготовок [4, 5]

Заготовка	A, МПа	B, МПа	C	n	m
40ХН2МА	1579	1316	0,5	0,0028	0,85
Ст. 3сп	286	500	0,228	0,0171	0,917

В модели разделение и образование стружки реализуется по закону разложения материалов. Он основан на эрозии элемента, основанной на развитии дефектов напряженного состояния при деформации тела обрабатываемого инструмента.

Критерий склонности к коллапсу в связи с законом движения Джонсона-Кука. Расчет разбивки начинается с момента для каждого элемента:

$$\omega = \sum \frac{\Delta \bar{\epsilon}}{\Delta \bar{\epsilon}_f}, \quad (2)$$

где $\Delta \bar{\epsilon}$ – эффективный прирост пластической деформации,

$\Delta \bar{\epsilon}_f$ – результирующая деформация разложения материала [110].

В материале разложение начинается, когда $\omega = 1$.

Модель разрушения Джонсона-Кука учитывает высокую деформацию в термомеханическом процессе. Результирующее уравнение пластической деформации разрушения [4]:

$$\bar{\epsilon}_f = [D_1 + D_2 \cdot \exp(D_3 \cdot \sigma^*)] \cdot [1 + D_4 \cdot h \bar{\epsilon}^*] \cdot [1 + D_5 \cdot T^*] \quad (3)$$

здесь σ^* – (σm) отношение среднего напряжения к результирующему напряжению по Мизесу ($\bar{\sigma}$);

$\bar{\epsilon}^*$ – безразмерная степень пластической деформации скорости расчета деформации и момента ощущения и скорости деформации $\dot{\epsilon}_0$. Безразмерный температурный коэффициент T^* записывается как:

$$T^* = (\dot{\sigma} - \dot{\sigma}_0) / (\dot{\sigma}_f - T_0) \quad (4)$$

где T_f – температура плавления материала;

T_0 – начальная температура;

D_1 – первая деформация разрушения;

D_2 – экспоненциальный множитель;

D_3 – тройной фактор;

D_4 – коэффициент скорости деформации;

D_5 – тепловой фактор [111].

Размеры уравнения (5.22) пластической деформации заготовки приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Измерение пластической деформации заготовки [108, с. 25; 109, с. 14]

Заготовка	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
40ХН2МА	0,05	3,44	-2,12	0,002	0,61
Ст. 3сп	-0,8	2,1	-0,5	0,002	0,61

При выполнении критерия разрушения активируется разработка критерия разрушения. Эти критерии указывают на уровень энергии G_f .

Для научного изучения процесса резания необходимо получить следующую информацию: контактное усилие в зоне контакта и распределение температуры в заготовке. Укажем цель анализа физических процессов в зоне резания, поверхности заготовки в зоне резания, а также пронумеруем их [4].

На рис. 2 показан точечный характерный номер поверхности заготовки в зоне термофрикционного фрезерования [5].

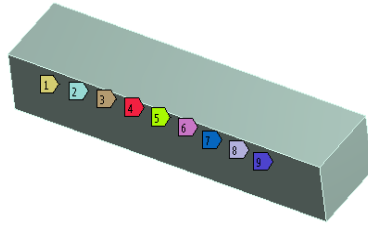
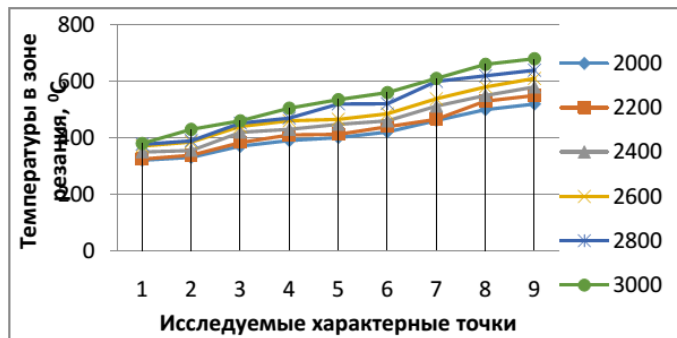
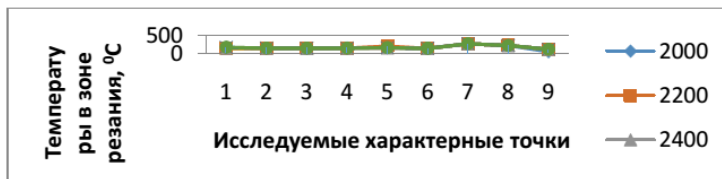


Рисунок 2 – Номера точечной характеристики поверхности заготовки в зоне фрезерования

Для получения информации о тенденциях в зоне заготовка-инструмент поверхности трения разделим их на равномерно расположенные точки. Эти точки можно рассматривать как дуговой рабочий шаг режущей пластины. Для анализа физических процессов в зоне резания построим график изменения частоты вращения инструмента от температуры.



a)



б)

$a - 40\text{XH}2\text{MA}$; $b - \text{Ст.3сп}$

$S = 21,6 \text{ мм/мин}$; $n = 2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000 \text{ об/мин}$
Рисунок 3 – Контактная температура при обработке заготовок из разных материалов

Как видно из графика, с увеличением частоты вращения инструмента происходит повышение температуры в месте контакта заготовка-инструмент.

Предлагаемый метод фрезерования требует, чтобы температура на контакте заготовки и инструмента была близка к температуре рекристаллизации обрабатываемого материала [5]. Как видно из графика, температура контакта заготовка-инструмент при данном режиме обработки не превышает температуры рекристаллизации. Данная трактовка свидетельствует об оптимальности этих режимов. Этот метод используется для определения оптимального режима резания при термофрикционной обработке различных материалов. Для повышения производительности расчетов, связанных с 40XH2MA, для использования моделей вертикально-призматических критериев, которые были предложены впервые, многие методы были использованы проф. В.Л. По предложению Колмогорова. Для повышения производительности расчетов была предложена математическая модель, где рассматриваются две цели: заготовку в виде параллелепипеда и режущую пластину в виде пятиугольной призмы. Для разных материалов были получены значения температуры в исследуемых точках при изменении числа оборотов прибора. Результаты исследования показали возможность управления тепловыми процессами при обработке за счет выбора оптимальных режимов резания [5].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Nechayev, K. N. Thermo Frictional Processing – perspective Technological Direction and Assembly of Parts., Tool and Technology, Spb. Mechanical Engineering Institute, 2005, No. 17-18, 157-162.
- 2 Kushnazarov, I. K., K.T. Sherov, R. R. Altynbayev. Technology of Thermo Frictional Milling with a High-cooled, High Technology in Machine Equipment: Col- lected Works NTU “XIII”.- Kharkiv, 2007, bull. 2, No. 15, 134-139.
- 3 Sikhimbayev, M. R. The Perspective Technology of Manufacturing Basic Details. – Germany: Publishing House Palmarium Aademi Publishing, 2013, 267 p.

4 Sikhimbayev, M. R., M. M. Musayev, B. S. Donenbayev et al. Mathematical Modelling of Temperature Field during Thermo Frictional Processing, University Proceedings. – Karaganda: Publishing House KSTU, 2016. – No. 1 (62), 27-33.

5 Mazdubay, A. B., M. M. Musayev, B. S. Donenbayev. The Investigation of Stable Disk during Thermo Frictional Cutting using Software ANSYS, Ambassador of Kazakh Academy of Transport and Communication Named by M. Tynyshpaeva – Almaty, Publishing House KazATK, 2015, No. 4 (94), 35-43.

6 Sherov, K.T. Hypothesis of Cutting with Circular Saws Friction, The materials of Scientific-theoretical and Technical Conference “ISTIQLOL-5”. Mining, Metallurgy and Machine Building. Part 1. – Publishing House Navoi, 1996, 78-79.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕГКОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА В ДОРОЖНОМ ПОКРЫТИИ: ОБЗОР

МУСА С. Е.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

КУДЕРИН М. К.

д.т.н., асоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

В результате прогресса в технологиях и изменяющихся климатических условиях материалы для покрытия дорожного полотна также претерпевают изменения, так как свойства материала являются одним из факторов, влияющих на деградацию дорожного покрытия. Исследуется возможность внедрения различных материалов в структуру дорожного покрытия с целью создания более долговечной и высокопроизводительной инфраструктуры. Факторы, учитываемые при выборе потенциальных материалов, включают выгоды с точки зрения устойчивости, удобство использования, более низкие затраты, время и несущую способность.

Одной из значительных проблем дорожных покрытий в Казахстане являются частые ремонты, связанные с дорожными покрытиями на местах с подстилающими слабыми грунтами, подверженными замерзанию из-за мороза и быстрых температурных перепадов, а также наличием органического материала вдоль дорожных путей. Эти ремонты являются дорогостоящими, приводят к нарушениям и не являются устойчивыми, особенно при

использовании первичных материалов и излишнем образовании отходов. Кроме того, дополнительная нагрузка на подстилающие слои может привести к еще большему оседанию и увеличению числа циклов ремонта.

В данном обзоре исследуется использование легких ячеистых бетонов в структуре дорожного покрытия. Он рассматривает текущие свойства, преимущества и потенциальные преимущества легких ячеистых бетонов в составе структуры дорожного покрытия в качестве подстилающего слоя. В данной работе также предлагаются практические методы и необходимые шаги для улучшения применения ЖКБ в структуре дорожного покрытия.

Термин «ячеистый бетон» или «пенообразный бетон» относится к типу легкого бетона, содержащего стабильные воздушные пузыри или газовые полости, равномерно распределенные в цементной смеси и не содержащие крупного заполнителя, такого как портландцемент

Легкий ячеистый бетон представляет собой легкий материал, состоящий из смесей из портландцемента, цемента-кремнезема, цемента-пуццолана, известняка-пуццолана или известняка-кремнезема, или содержащих смеси этих компонентов и имеющих однородную полость или клетчатую структуру, образованную с помощью газообразующих химических веществ или пенообразователей (для клетчатых бетонов, содержащих связующие компоненты помимо портландцемента, обычно используется автоклавное отверждение).

Еще одно широко цитируемое определение отмечает, что пенообразный бетон – это цементный материал, содержащий минимум 20 процентов объема механически внесенной пены в пластичный раствор или затирку.

Оба определения классифицируют ячеистый бетон или пенообразный бетон как цементный материал, содержащий воздушные пузыри или пену в смеси. Таким образом, определение для ячеистого бетона можно суммировать как цементная смесь (портландцемент или цемент известняковый ПЦ-I/II с водой), содержащая пену (не менее 20 % по объему) и сжатый воздух.

Легкий ячеистый бетон является одним из легких материалов, рассматриваемых как жизнеспособная опция для создания долговечных, более эффективных и устойчивых дорожных покрытий. Обычно ячеистый бетон имеет влажную плотность от 250 до 1600 кг/м³; однако для подземных приложений, таких как

для дорожных покрытий, влажные плотности будут составлять от 400 до 600 кг/м³. Поскольку его характеристики и легкость в значительной степени зависят от его составных частей, Легатский классифицировал клетчатый бетон на следующие виды:

– Ячеистый бетон из чистого цемента: Ячеистый бетон, содержащий цемент, воду и готовую пену без заполнителей, с ограничением использования по содержанию цемента. Типичная плотность для применения не превышает 800 кг/м³; однако повышение плотности можно достичь путем замены части цемента на пуццолановые материалы, такие как летучая зола

– Ячеистый бетон с песчаным заполнителем: Ячеистый бетон, содержащий цемент, воду и мелкозернистый заполнитель (песок). Его плотность для применения варьируется от 800 до 2080 кг/м³, и его использование зависит от содержания цемента, водоцементного коэффициента и характеристик песка.

– Ячеистый бетон с легким заполнителем: Этот тип бетона аналогичен песчаному ячеистому бетону, но песок заменяется легким заполнителем. Это делается для увеличения соотношения прочности и плотности смеси.

– Ячеистый бетон с добавками: это относится к ячеистому бетону, в который добавляются примеси для настройки и улучшения свойств. Например, прочность на сжатие ячеистого бетона повышается за счет добавления диспергирующих агентов цемента, что позволяет снизить его водоцементное отношение при заданной плотности. Добавление разрезанных волокон, таких как стекло, сталь, полипропилен, полиэфир и нейлон, увеличивает прочность на растяжение и снижает усадку при сушке. Летучая зола может заменить цемент для снижения затрат без изменения свойств, улучшения прочности на сжатие, текучести, выделения тепла гидратации и проницаемости. Латекс может использоваться для придания определенных свойств. В состав могут входить и другие виды отходов, такие как резина и пластик, для контроля прочности.

Свойства ячеистых бетонов зависят от его микроструктуры и состава, которые определяются связующим веществом, методом формирования пор и процессом отверждения. Рамамурти и др. широко классифицировали свойства на свежем и отвержденном состоянии. В данном исследовании акцент сделан на свойствах, которые являются важными для применения в покрытиях дорожного полотна.

Ячеистый бетон в свежем состоянии обычно обладает свободным течением, самовыравниванием и самоуплотнением. Эти характеристики делают его материалом с высокой работоспособностью. Для оценки свежего состояния учитывают консистенцию (течение) и стабильность (объемную стабильность), которые зависят от содержания воды в смеси и количества добавленной пены. Следует отметить, что ячеистый бетон обладает выраженной тиксотропностью, и после начала отверждения бетона сложно возобновить строительные работы.

Консистенция бетона зависит от его распространяемости и текучести. Распространяемость может быть измерена с помощью испытания распределения Брюера и испытания текучести. Текучесть определяется измерением времени, необходимого для протекания смеси через конус Марша с небольшим отверстием. Чем быстрее время протекания, тем лучше текучесть. Текучесть уменьшается с уменьшением плотности (когда объем пены значительно превышает объем твердых частиц). Жесткость смеси увеличивается с увеличением сцепления между пузырьками и твердыми частицами. Увеличение объема пены в смеси в конечном итоге снижает ее согласованность. Следует обратить внимание на соотношение воды и твердых частиц, которое должно удовлетворять требованиям к согласованности и стабильности.

Ячеистый бетон считается материалом с хорошей теплоизоляцией благодаря своей пористой структуре, которая создает больше тепла от гидратации, сохраняющегося дольше по сравнению с обычным бетоном. Факторы, влияющие на гидратацию, включают объем заливки, содержание цемента, плотность бетона, количество, тип и характеристики используемого цемента/наполнителя/заполнителя. Установлено, что максимальная температура снижается на 40 % при уменьшении содержания цемента с 600 до 300 кг/м³. Эти пиковые температуры также могут снижаться, если 30% цемента заменить золошлаковым материалом.

Поскольку ячеистый бетон может иметь широкий диапазон плотности, дополнительной переменной будет выбор физических свойств и компоновки смеси. Эти свойства рассмотрены ниже.

Сжатие при сушке Из-за отсутствия заполнителей, ячеистый бетон создает в десять раз больше сжатия при сушке, чем бетон нормальной плотности. Это явление наблюдается как снижение при уменьшении плотности. Плотность ячеистых бетонов может измеряться как мокрая (литая) или твердая (сухая) плотность.

Это контролируется путем добавления расчетного количества воздуха в виде предварительно образованной пены в цементную смесь. Мокрая плотность обычно требуется для компоновки смеси и контроля за литьем, однако большинство физических свойств зависят от твердой плотности. Твердая плотность (воздухо-сухая) примерно на 80 кг/м³ меньше, чем мокрая плотность. Влажность имеет значение при определении плотности, и факторы, такие как размер и количество заполнителей, тип пенообразователя и соотношение песка/цемента, влияют на плотность материала. При уменьшении плотности снижается прочность материала и теплопроводность, однако обычно возможно выбрать плотность, которая может обеспечить необходимую прочность и повышенную изоляцию при сниженных плотностях.

Механические свойства смеси с равномерным распределением воздушных полостей, круглыми воздушными полостями и оптимальным расстоянием между полостями могут обеспечить бетоны хорошими механическими свойствами.

Сжимающая прочность Сжимающая прочность отражает способность материала или конструкции сопротивляться нагрузкам. Типичная сжимающая прочность бетонов с плотностью в сухом состоянии от 400 кг/м³ до 1600 кг/м³. Сжимающая прочность прямо пропорциональна плотности. Некоторые факторы, влияющие на сжимающую прочность, включают размер и форму образцов, содержание воды, направление нагрузки, возраст, тип используемых ингредиентов, метод отверждения и тип пенообразователей. Означается, что небольшое изменение соотношения воды и цемента не влияет на прочность. Кроме того, замена 30 % цемента золошлаковым пеплом не приводит к существенной разнице в сжимающей прочности в долгосрочной перспективе (180 дней) по сравнению с обычным. Исследования также показали, что до 75 % цемента может быть заменено золошлаковым пеплом без существенного влияния на прочность.

Прошлые исследования легкого ячеистого бетона в основном сосредотачивались на его механических свойствах. Хотя применение легкого ячеистого бетона было упомянуто в нескольких исследованиях, способ его укладки и внедрения на месте ограничен, особенно в дорожных покрытиях. Из этого обзора стало известно, что основным преимуществом легкого ячеистого бетона в структуре дорожного покрытия является его низкая плотность, которая, в сочетании с другими свойствами, указывает на то, что он может

потенциально принести пользу в составе дорожного покрытия. Однако его производительность в качестве материала для дорожного покрытия ограничена, и не ясно, насколько он может заменить традиционный несвязный основной материал. В настоящее время все еще есть значительный пробел в полном изучении его долгосрочной производительности по сравнению с традиционным основным материалом, используемым в Казахстане. Кроме того, отсутствует руководство по применению ячеистого бетона в дорожных покрытиях.

Поскольку в настоящее время при определении толщины слоев и прогнозировании производительности используются традиционные методы дорожного покрытия, возникает проблема, поскольку они могут не быть репрезентативными для условий на месте, так как используемые проектировочные параметры в основном основаны на лабораторных данных. Хотя традиционные методы проектирования в настоящее время кажутся достаточными, важно включить данные о производительности на месте для разработки более репрезентативных проектов с более точным прогнозированием производительности. Для этого потребуются приборные экспериментальные участки с материалом в качестве нижнего слоя и традиционным несвязанным материалом основы.

Данные с экспериментального участка должны быть использованы для калибровки существующих проектных инструментов для материалов бетонов, чтобы предоставить более репрезентативные проекты.

Следует провести сравнительное полевое исследование между ячеистым бетоном и традиционным несвязанным материалом для дорожного покрытия. Необходимо оценить влияние внешних факторов, таких как движение транспорта, температура, осадки и влажность.

ЛИТЕРАТУРА

1 Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Строкова В.В. Сухие строительные смеси для неавтоклавных ячеистых бетонов, 2009. 144 с..

2 S.R. Sarhat, E.G. Sherwood, The prediction of compressive strength of ungrouted hollow concrete block masonry, Constr. Build. Mater. 58 (2014) 111–121

3 <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-proizvodstva-i-primeneniya-yacheistyh-betonov/viewer>

4 Сахаров Г.П. Развитие производства и повышение конструктивных свойств автоклавного ячеистого бетона и изделий на его основе // Материалы 7-й Междунар. науч.-практ. конф., 22-24 мая 2012. Мн.: Стринко, 2012. С. 32–36

5 Concrete masonry prisms partially filled by general mortar, J. Mater. Civ. Eng. 26 (2014) 12–13.

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ЯЧЕИСТЫХ СТРУКТУР

МУСА С. Е.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

КУДЕРИН М. К.

д.т.н., асоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Основной целью статьи было изучение возможностей формализации структуры клетчатого бетона и формирования универсальной модели клетчатого бетона, на основе которой было бы возможно получение аналитических зависимостей. Создана универсальная модель для изучения и предсказания свойств клетчатых материалов (в частности, пенобетона и газобетона), учитывающая существующий опыт моделирования и основанная на принципах конструирования газоструктурных элементов для материалов с сферической пористостью. С помощью универсальной модели были получены зависимости соединительных характеристик структурных элементов с прочностью на сжатие, теплопроводностью и влажностью газобетона. Рассматривается возможность предсказания свойств газобетона в условиях эксплуатации. Исследование свойств газобетона в диапазоне средних плотностей 100...400 кг/м³, соответствующих принятому интервалу для теплоизоляционного газобетона, показало хорошую сходимость результатов.

Ячеистые структуры являются типичными для многих видов теплоизоляционных материалов. Материалы такого рода могут быть классифицированы в соответствии с средним размером пор, их геометрической формой, типом матрицы (вещества), связью с внешними факторами: влажностью, циклами замораживания и оттаивания, температурой, механическим напряжением и группой горючести. Материалы, основанные на минеральном сырье (теплоизоляционный клетчатый бетон, пеностекло, кремниевый

гель, известково-кремниевые изделия, теплоизоляционная высокопористая керамика, экспандированный перлит, теплоперлит), относятся к негорючей группе. Пенопласты, полиуретановые пены и полиизоциануратные пены являются горючими материалами, что ограничивает их области применения. Форма пор в значительной степени зависит от технологических особенностей пенообразования материалов. Минеральные материалы пенообразуются либо за счет выделения газа (низкая температура для газобетона и высокая температура для экспандированного перлита или пеностекла), а также путем смешивания с пеной или кавитационного пенообразования (пенобетон) или удаления пенообразующего агента (известково-кремниевые изделия). Пенообразование минеральных материалов за счет выделения газа не позволяет получать поры с правильной геометрией, поверхность пор оказывается неровной (и в некоторых случаях пылеватой), межпоровые стенки могут содержать (и содержат) микрокапиллярные плотные поры. Для общих материалов, таких как пеностекло или пенокерамика, можно получить структуры с более высокой плотностью перегородок. Форма пор у пенопластов, как правило, близка к правильным многогранникам, и структура межклеточных перегородок конструкций плотная и способна выдерживать значительные тяговые напряжения. Поэтому представители этой группы, такие как пенополистирол и полиолефиновые пены, не впитывают воду, хорошо выдерживают компрессионные нагрузки и обладают высокой стойкостью к агрессивным средам. Форма пор, их распределение по размерам и геометрия, вместе с типом матрицы, определяют многие свойства материалов, прежде всего, прочностные характеристики, плотность и теплопроводность. Моделирование структуры клетчатых материалов позволяет лучше понять закономерности формирования свойств и предполагает различную степень формализации: наивысшую для продуктов с нерегулярной геометрией пор. Решая проблемы науки о строительных материалах высокопористых материалов, экспериментатор, так или иначе, обращается к структуре их пористости.

Основной целью статьи было изучение возможностей формализации структуры газобетона и создание универсальной модели газобетона, на основе которой было бы возможно получение аналитических зависимостей, связывающих основные свойства материала с характеристиками его структурных элементов.

Газобетон (газосиликатный, пенобетон и газобетон) является одним из наиболее распространенных комбинированных структурных и теплоизоляционных материалов для стен. С развитием технологий газобетона стало возможным получать теплоизоляционный материал с плотностью до 100 кг/м^3 и сухой теплопроводностью от $0,096$ до $0,98 \text{ Вт/(м·К)}$. Материал характеризуется смешанной пористостью, а межклеточные перегородки пронизаны микрокапиллярами. Характерная форма пор пенобетона близка к сферической, в то время как поры газобетона имеют нерегулярную конфигурацию.

Была создана универсальная модель для изучения и предсказания свойств клетчатых материалов, учитывающая существующий опыт в моделировании с использованием правил формирования макроструктур на основе газоструктурных элементов и основанная на использовании принципов элементарного объема для материалов с сферической пористостью. В качестве основы для моделирования использовались клетчатые структуры теплоизоляционного пенобетона и газобетона. Моделирование клетчатых и гранулярных структур, как правило, реализуется на основе формализации моделей с использованием пустотелых или плотных шариков разных размеров, с различными промежуточными слоями между шариками и их различной упаковкой. Эти модели были реализованы в формализации структур различных материалов: крупнопористого глинобетона, клетчатых материалов (таких как пеностекло, пенокерамика, теплоперлит, пенопласты) и минеральных смесей [16–18].

Структурные модели формируются в трехмерном пространстве, однако иногда для упрощенной интерпретации используются их двумерные проекции на плоскость, что учитывается при аналитическом описании таких моделей с помощью коэффициентов формы. Плоские проекции наглядны, но не полностью отражают структуру и характер связей между элементами модели.

Методология моделирования анизотропных сред и структур основана на пошаговой формализации реальной структуры материала к упрощенной, которая может быть описана цифровым образом. Далее допускается усложнение формализованных моделей на основе статистического учета колебаний свойств и размеров идеализированных структурных элементов. Основа формализации - реализация последовательных, пошаговых предположений, шагов моделирования (рис. 1). Первый этап

моделирования заключается в предположении, что структура состоит из регулярных (повторяющихся) элементов. Эти элементы (газоструктурный элемент или аналогичный элементарный объем) имеют форму, поддающуюся геометрическому описанию. Наиболее перспективной версией правильной структуры являются круглые частицы - сферические, эллиптические и подобные.

Сама клетчатая структура рассматриваемого бетона включает в себя регулярные элементы: сами ячейки и перегородки между ними. Преобладающая форма ячеек - эллипсоиды, деформированные на контактных поверхностях с размером от $0,1$ до $1,1 \text{ мм}$. Фактор формы (отношение полуосей эллипсоида) составляет $1,1 \dots 1,3$, что позволяет геометрически приблизить ячейки в виде пустотелого шара. Средняя толщина перегородок зависит от содержания минерального вещества в материале (его средней плотности) и находится в диапазоне от $0,01$ до $0,08 \text{ мм}$. Перегородки имеют микрокапиллярную пористость и шероховатую поверхность.

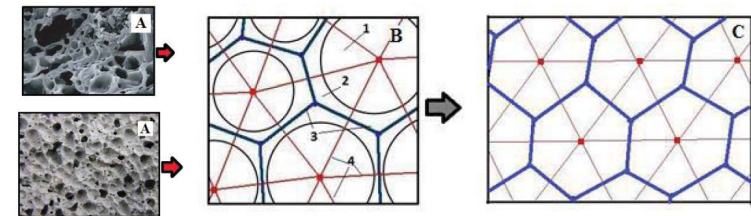


Рисунок 1 – Формализация структуры газобетона: А – реальная структура; В – модель пористости; С – формализованная структура: 1 – поры (ячейки) в материале; 2 – интерпорные перегородки; 3 – расположение осей каркаса (минеральная матрица); 4 – расположение осей конвективных потоков

На основе результатов моделирования выделяются основные геометрические характеристики структурного элемента: оси, соединяющие центры сферических поверхностей, а также криволинейные поверхности, проходящие через перегородки ячеек. На плоскости это прямые линии, соединяющие центры ячеек (приближенных кругам) и линии, проходящие через середину проекций межпоровых (межячейчатых) перегородок (осьрамы). Второй этап моделирования: формализация структуры и формирование структурной и внутри ее рамок математической модели материала (см. рис. 1С). В зависимости от целей

моделирования: оценка прочностных характеристик, плотности и теплопроводности клеточных изделий, а также изучение процессов тепло- и массопереноса в материалах.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Б. М. Румянцев, А.Д. Жуков и Т.В. Смирнова, Вестник МГТУ 3 (2012), p.108–114.
- 2 <https://kursiv.kz/news/otraslevye-temy/2021-04/kogda-v-kazakhstan-prorastet-zelenoe-stroitelstvo>
- 3 <https://stroyinfo.kz/eto-interesno/112-mezhdunarodnye-standarty-ekologicheskogo-stroitelstva.html>
- 4 К. Тер-Закарян А., Жуков А.Д. Краткий обзор практического применения и дальнейших перспектив материалов на основе сшитого полиэтилена // Сшиваемый полиэтилен. Горизонты материалов: от природы к наноматериалам, под редакцией Дж. Томаса, С. Томаса, 3. Ахмада (Springer, Сингапур, 2021 г.), стр. 349–377.
- 5 М. Асаматдинов, Э. Шокодко, А. Ушаков, Бессонов И., С. Козлов, А. Жуков, E3S Web of Conf. 97

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ПРИОПОРНЫХ УЧАСТКОВ ПУСТОТНЫХ ПЛИТ: СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

МУСАБАЕВА А. Е.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

САКАНОВ К. Т.

научный руководитель, Торайгыров университет, г. Павлодар

Пустотные плиты имеют широкое распространение в промышленном и гражданском строительстве. В связи с увеличением этажности зданий увеличивается и уровень нагружения несущих элементов, вследствие чего повышаются требования к прочности приопорных участков плит перекрытий. Широкое применение в строительстве жилых зданий многопустотных плит перекрытий сдерживается их низкой прочностью на сжатие в зоне опирания на несущие стены. На сегодняшний день в качестве усиления опорных зон многопустотных плит применяются такие методы, как: заделка пустот бетонными пробками; увеличение толщины продольных ребер в опорных зонах путем заведения металлических пустообразователей с противоположных сторон при изготовлении

плиты; механизированная заделка пустот в заводских условиях путем добетонирования с вибропригрузом опорных участков плит. При этом каждый метод заделки пустот имеют ряд недостатков. Поэтому определение наиболее эффективного метода как практически, так и экономически является актуальной проблемой на сегодняшний день.

Метод заделки пустот бетонными пробками является самым распространенным. Однако при использовании данного метода усиления трудно контролировать качество заделки пустот и качество опорных поверхностей плит, что можно отнести к значимым недостаткам. Кроме того, для использования этого метода необходимы большие трудо- и энергозатраты.

В 1969 году Ю.В.Барковым была разработана модель многопустотной плиты, особенностью которой является то, что при изготовлении плит пустообразователи не доводятся до опорной зоны через одну пустоту. При этом заводят их с двух противоположных сторон. Разработанная панель перекрытия имеет аналогичную прочность опорного сечения, что и сплошное бетонное сечение. Данный фактор значительно повышает прочность опорной зоны плиты.

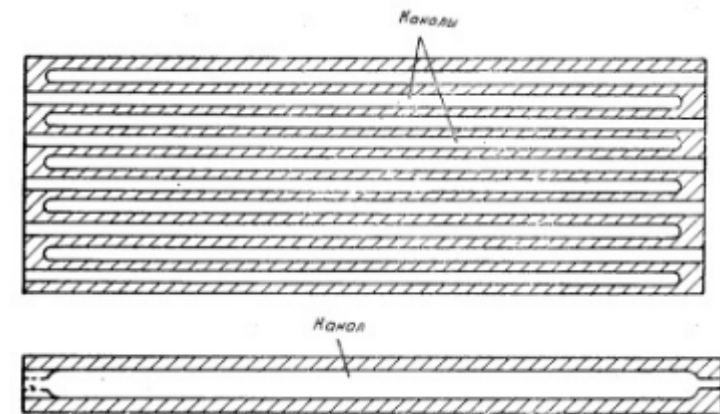


Рисунок 1 – Схема многопустотной панели

В 1983 году ЦНИИСК совместно с ЦНИИЭП жилища испытывали платформенные стыки. Они изучали прочность платформенных стыков панелей стен с многопустотными плитами

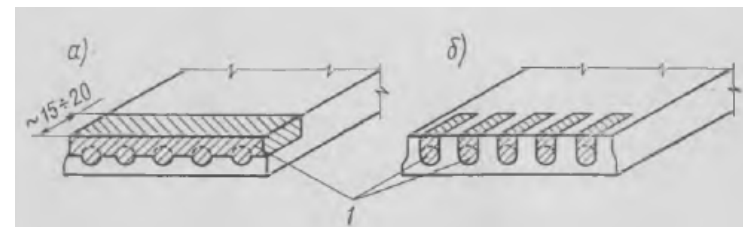
перекрытий разработанными Ю.В. Барковым. В ходе исследования было установлено, что конструктивное решение плит перекрытий, опорная часть которых имеет следующие характеристики: толщина 22 см, диаметр отверстия 139 мм и шаг пустот 23 см, повышает прочность платформенных стыков на 30 %, в отличие от плит перекрытий с диаметром отверстий 159 мм. Также было установлено, что при увеличении шага пустот в опорной зоне с 23 см до 46 см прочность повышается более чем в 2 раза.



Рисунок 2 – Испытание платформенного стыка в прессе

Третьим способом повышения прочности пустот является механизированная заделка пустот в заводских условиях путем добетонирования с вибропригрузом опорных участков плит. Суть данного метода заключается в следующем: на один из торцов плиты укладывается определенное количество бетонной смеси, объем которой соответствует объему пустот на опорных участках плит при ширине пустот 15–20 см. Под давлением специального вибробруса смесь продавливают верхнюю грань плиты, заполняет пустоты в ее опорной зоне и уплотняется. Один из недостатков данного способа заключается в том, что при уплотнении бетонной смеси происходит частичное обрушение бетонных ребер [3].

В 1985 году на заводе в г.Сыктывкар был улучшен вышеуказанный метод усиления опорной части плиты. В процессе формирования плиты бетонная смесь, уложенная на один из ее торцов и предназначенная для заделки пустот, уплотняется с помощью игольчатых вибраторов, установленных над пустотами плит. При данном способе можно избежать разрушения опорных участков бетонных ребер и обеспечить надежную работу конструкции как изгибаемого элемента [3].



а – по 3 способу повышения прочности; б – по способу завода КПД; 1 – зона обрушения

Рисунок 3 – Характер обрушения торцов плит перекрытий:

В том же году были проведены исследования по методике ЦНИИСК. В этот раз в качестве образцов были использованы плиты перекрытий, с уменьшенным диаметром пустот в опорной части; плиты, изготовленные на заводе по вышеуказанному методу и плиты, у которых отверстия диаметром 127 мм в опорной части не заделывались бетоном.

По результатам исследования было установлено, что несущая способность последних образцов снижается на 43 % по сравнению с двумя предыдущими. В 1 и 2 образцах было отмечено одновременное появление трещин – в опорной зоне стеновой панели и в плитах перекрытий в местах их заделки стены. В образцах 3 разрушение стыка происходило в результате среза бетона опорной зоны плиты.

Анализ научной литературы, посвященной разработке проблемы повышения прочности опорных участков пустотных плит, позволяет сделать следующие выводы применение технологий описанных в данной статье позволяют оптимизировать строительный процесс и повышают прочность на приопорных участках, тем самым обеспечивает современные потребности в строительстве.

ЛИТЕРАТУРА

1 Авторское свидетельство № 248180 А1 СССР, МПК E04C 2/06, E04B 5/04. Панель перекрытия : № 949636/29-14 : заявл. 29.03.1965 : опубл. 10.08.1969 / Ю. В. Барков ; заявитель Центральный научно-исследовательский и проектный институт типового и экспериментального проектирования жилища. – EDN WLOVXQ.

2 Камейко В.А., Грановский А.В., Аграновский В.Д и др. Повышение прочности платформенных стыков //Бетон и железобетон. – 1983. – №5. – С. 23-24.

3 Грановский А. В. и др. Повышение прочности опорных зон многопустотных плит перекрытий //Бетон и железобетон. – 1985. – №. 2. – С. 18-19.

АНАЛИЗ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТОНКОСТЕННЫХ БАЛОК ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ЗАГРУЖЕНИЙ

ОРДАБАЕВ М. М.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

КУДЕРИН М. К.

д.т.н., асоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Большой интерес ученых к теории тонкостенных стержней обусловлен широким применением их в различных областях современной техники, как в качестве основных несущих конструкций типа колонн и балок в промышленном и гражданском строительстве, трубчатых и ячеистых пилонов и балок в мостостроении, силовых каркасных аппаратов в машиностроении, так и в виде вспомогательных элементов типа подкрепляющих ребер пластин и оболочек в летательных аппаратах, судах, вагонах, в металлических конструкциях подъемно-транспортных машин и т.д.

Первые задачи устойчивости тонкостенных стержней были поставлены еще в конце прошлого века. Начиная с 20-х годов, теория расчета тонкостенных стержней получила дальнейшее существенное развитие под влиянием запросов строительной практики и, в значительной степени, авиастроения.

Большой вклад в теорию расчета тонкостенных стержней внесли отечественные ученые. Благодаря их творческим усилиям оформилась техническая теория расчета тонкостенных стержней. Большая заслуга в разработке теории общей устойчивости упругих тонкостенных

стержней принадлежит В. З. Власову. О внимании, которое в настоящее время уделяется исследованиям прочности и устойчивости тонкостенных стержней, свидетельствует большое количество работ, посвященных этой проблеме. Однако имеется еще целый ряд задач, очень мало разработанных или требующих дальнейшей разработки. К таким относятся вопросы о несущей способности тонкостенных стержней с различного рода несовершенствами (в виде геометрических неправильностей, неоднородности материала, начальных напряжений) при одновременном учете их местной потери устойчивости.

Анализ несущей способности тонкостенных балок для различных типов нагрузок может быть проведен с помощью различных методов, таких как метод конечных элементов, метод теории упругости, метод теории пластичности и др.

При анализе несущей способности тонкостенных балок для различных типов нагрузок необходимо учитывать многие факторы, такие как геометрические параметры балки, свойства материала, способ крепления и тип нагрузки.

Для анализа несущей способности тонкостенных балок под действием изгибающей нагрузки, необходимо учитывать эффекты Пуанкаре и Вальтера, которые также приводят к изменению формы балки.

Для одиночных тонкостенных балок под действием одноосной силы нагрузки, необходимо учитывать эффект Пуанкаре, который проявляется в изменении формы балки.

В строительстве эффект Пуанкаре может использоваться для анализа динамики конструкций, подверженных колебаниям или вибрациям. Например, при проектировании высотных зданий или мостов, которые могут быть подвержены ветровым или сейсмическим нагрузкам, эффект Пуанкаре позволяет оценить устойчивость конструкции и ее поведение в условиях возможных внешних воздействий.

Эффект Пуанкаре также может быть использован при проектировании систем контроля и управления конструкциями, которые должны быть способны определять и регулировать возможные колебания и вибрации. Например, системы контроля вибраций мостов или системы контроля вибраций и шума в зданиях.

В целом, эффект Пуанкаре играет важную роль в проектировании и анализе конструкций в строительной отрасли, позволяя инженерам

и архитекторам оценить и предотвратить возможные динамические проблемы и повысить устойчивость и надежность конструкций.

Эффект Вальтера (также известный как резонансная связь) является явлением, когда динамические нагрузки, возникающие в конструкции, совпадают с ее собственными частотами колебаний, что может привести к увеличению амплитуды колебаний и разрушению конструкции.

В строительстве эффект Вальтера может проявляться, например, при проектировании мостов или зданий, подверженных вибрациям или ветровым нагрузкам. Если конструкция не учитывает ее собственные частоты колебаний, возможно возникновение резонансной связи, что может привести к дополнительным динамическим нагрузкам, увеличению амплитуды колебаний и повреждению конструкции.

Для предотвращения эффекта Вальтера в строительстве могут использоваться различные методы и технологии, такие как использование специальных материалов с различными собственными частотами, изменение формы конструкции, установка демпферов и других систем контроля колебаний.

Таким образом, учет эффекта Вальтера является важным аспектом в проектировании и анализе конструкций в строительной отрасли, позволяющим обеспечить их надежность и безопасность в условиях возможных динамических нагрузок.

Кроме того, при анализе несущей способности тонкостенных балок для различных типов нагрузок необходимо учитывать эффекты усталости материала и крепления балки.

Таким образом, при анализе несущей способности тонкостенных балок для различных типов нагрузок необходимо учитывать многие факторы и использовать соответствующие методы анализа для достижения точных результатов.

Для более точного анализа несущей способности тонкостенных балок для различных типов нагрузок часто используются методы численного моделирования, такие как метод конечных элементов (МКЭ) и метод конечных разностей (МКР).

МКЭ позволяет рассчитывать напряжения и деформации в балке на основе ее геометрических параметров и свойств материала. Он может использоваться для анализа не только одиночных балок, но и систем балок, таких как фермы.

МКР, с другой стороны, рассчитывает распределение напряжений и деформаций в балке на основе дискретизации ее поверхности и решения уравнений, описывающих ее поведение под нагрузкой.

Этот метод может быть полезен для анализа балок с необычными геометрическими формами.

Кроме того, существуют аналитические методы анализа несущей способности тонкостенных балок, такие как методы теории упругости и теории пластичности. Они используются для расчета напряжений и деформаций в балках на основе математических уравнений, которые описывают поведение материала под нагрузкой.

В целом, выбор метода анализа несущей способности тонкостенных балок для различных типов нагрузок зависит от многих факторов, включая геометрические параметры балки, свойства материала и доступность инструментов и программного обеспечения для проведения анализа.

При проведении анализа несущей способности тонкостенных балок для различных типов нагрузок также следует учитывать условия крепления балки. Например, если балка закреплена на концах, то при анализе изгибающей нагрузки необходимо учитывать наличие момента на концах балки, что может значительно повлиять на ее несущую способность.

Кроме того, при анализе несущей способности тонкостенных балок необходимо учитывать их устойчивость. Тонкостенные балки, особенно те, которые имеют большую длину, могут подвергаться боковому изгибу или боковой устойчивости, что может привести к их деформации и разрушению. Поэтому при анализе несущей способности тонкостенных балок необходимо учитывать их устойчивость и производить соответствующие расчеты.

В заключение, анализ несущей способности тонкостенных балок для различных типов нагрузок является важной задачей в инженерном проектировании. Для достижения точных результатов необходимо учитывать многие факторы, такие как геометрические параметры балки, свойства материала, условия крепления и тип нагрузки. Использование соответствующих методов анализа и инструментов для проведения анализа может помочь получить точные и достоверные результаты.

В роли объекта исследования выступает здание склада, расположенного по адресу: г. Павлодар, Промышленная зона Центральная, строение 265/1.

Проектирование конструкций выполнено в соответствии со СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия». Расчет стальных конструкций выполнен на эксплуатационные, технологические и атмосферные

нагрузки. Согласно техническому заданию, объект исследования имеет следующие технические характеристики:

- Класс сооружения КС2, уровень ответственности нормальный, коэффициент надежности по ответственности: 1
- Нормативное значение снегового покрова 70 кг/кв.м.
- Сейсмичность площадки строительства: 6 баллов
- Нормативное значение ветрового давления составляет 38 кгс/кв.м.
- Тип местности В
- Расчетная температура наружного воздуха наиболее холодных суток: – 42,2
- Степень огнестойкости: V
- Агрессивность среды: неагрессивная

Каркас здания склада представляет собой двухпролетное отдельно стоящее здание, в плане имеющее прямоугольную форму с размерами по осям 24х96х6 метров. Отметка до низа несущих конструкций +6.000 м, кровля односкатная, с уклоном 2 %.

Ограждающие конструкции:

- Стены: сэндвич-панель с утеплителем из пенополиизоцианурата (ПИР), толщиной 100 мм, раскладка горизонтальная, обшивка наружная.
- Кровля: мягкая мембранная кровля с внутренним профилированным листом, с утеплителем из минералловатного волокна толщиной 150 мм.

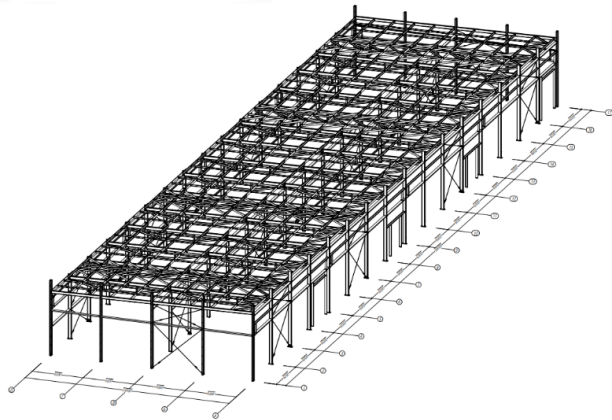


Рисунок 1 – Общий вид каркаса здания

- Основными несущими конструкциями каркаса являются
 - рядовые и торцевые рамы здания, состоящие из колонн и ригелей покрытия, соединенных между собой,
 - Соединения элементов конструкций между собой следующее!
 - соединение колонн рядовых рам с фундаментом - жесткое;
 - соединение колонн торцевых рам и колонн по оси «В», с фундаментом – шарнирное;
 - соединение ригелей с колоннами - шарнирное,
- Рамы соединены между собой по покрытию прогонами кровли, а также раскреплены распорками, вертикальными и горизонтальными связями,

Устойчивость и пространственная неизменяемость каркаса обеспечивается поперечная устойчивость каркаса обеспечивается жестким соединением колонн рядовых с фундаментом;

- Пространственная устойчивость каркаса обеспечивается за счет системы горизонтальных и вертикальных связей/распорок по покрытию и стенам.

Каркас здания включает в себя следующие элементы конструкции:

- колонны торцевых и рядовых рам - холодногнутый оцинкованный профиль по ТУ25.11.23-001-97638531-2017;
- ригели покрытия – холодногнутый оцинкованный профиль по ТУ25.11.23-001-97638531-2017;
- распорки по стенам - холодногнутый оцинкованный профиль по ТУ25.11.23-001-97638531-2017;
- Прогоны кровли – холодногнутый оцинкованный профиль по ТУ 25.11.23-001-97638531-2017;
- горизонтальные связи по кровле и тяжи по покрытию - холодногнутый оцинкованный профиль по ТУ 25.11.23-001-97638531-2017;
- тяжи по кровельным прогонам - холодногнутый оцинкованный профиль по ТУ 25.11.23-001-97638531-2017,

Вертикальные связи по торцевым рамам из проката круглого диаметром 16 мм устанавливаются с предварительным натяжением 1,2 т.

Вертикальные связи по осям «А» и «Д» из проката круглого диаметром 20 мм устанавливаются с предварительным натяжением 2,0 т. Контроль натяжения вертикальных связей осуществляется по моменту закручивания. При установке связей и затяжек необходимо

соблюдать последовательность их натяжения, исключаящую появления перекосов и деформаций каркаса и его отдельных частей.



Рисунок 2 – Монтаж конструкций покрытия

Основным преимуществом указанных конструкций является снижение веса до 20 % за счет рационального расположения материала в соответствии с характером распределения внутренних усилий. Материал концентрируется в наиболее напряженных участках, а в местах, где напряжения малы (близки к нулю), излишние затраты сокращаются.

Конструктивные системы зданий с применением технологии легких стальных тонкостенных конструкций неуклонно набирают популярность благодаря своим огромным преимуществам по сравнению с традиционными техническими решениями. В результате присущей технологии ЛСТК конкурентоспособности их использование постепенно увеличивается как при изготовлении несущих конструкций зданий, так и при изготовлении ненесущих конструкций.

Основной задачей, при выборе объекта исследования была доступность к возможности наблюдения в реальных условиях. Наблюдение производится с июня 2022 года, то есть с момента возведения нулевого цикла и до момента окончания исследования. При наблюдении, учитываются метеорологические условия, степень загруженности каркаса по мере производства монтажа ограждающих конструкций, техногенных вмешательств.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Власов В.З , Тонкостенные упругие стержни. – Москва: Издательство академии наук СССР, 1959. –574 с.
- 2 Полторацнев А.С. Вариация прочности отсеков при проектировании балок с плоской и гофрированной тонкой стенкой. – С.-Петербург: СПбГАСУ. Архитектура. Строительство. Транспорт, 2012.–179 с.
- 3 Паспорт объекта 2813.170122-СТ-КМД каркаса здания склада. – Обнинск: ООО «Стиллер», 2022. – 24 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЖЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОГО ЭЛЕМЕНТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ «ANSYS»

САВРОВА А. Ю.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
КУДЕРИН М. К.
д.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Моделирование статического нагружения предварительно напряженной железобетонной балки с несвязанным элементом натяжения является активной областью исследований из-за сложности анализа и понимания ее поведения.

Данная работа проводится для демонстрации возможностей моделирования с использованием пакета численного анализа программы ANSYS, статического нагружения несвязанных предварительно напряженных железобетонных конструкций. Исследование проводится с тремя различными размерами конечных элементов для получения оптимальных данных, отражающих поведение моделей под приложенной статической нагрузкой. Модель с оптимальной плотностью элементов используется в дальнейшем для моделирования всех железобетонных конструкций. в этом исследовании. Твердотельные модели были построены в программе КОМПАС-3D а затем перерформатированны и загружены в формате программы ANSYS, поскольку программное обеспечение ANSYS, позволяет это сделать. Твердотельные модели были загружены с надлежащими граничными условиями в плоскости симметрии и поддержкой для достижения того же отклика, что и у полномасштабной экспериментальной балки, доступной в литературе.

Материалы и методы эксперимента. Для построения и проверки моделей ANSYS FE используются экспериментально испытанные, две полноразмерных свободно опертых частично преднапряженных балки [8] (рисунок 1). Свойства материала экспериментальных балок приведены в таблице 1,

Таблица 1 – Механические свойства материала бетонной балки [10]

Балка	f'_c (МПа)	A_{ps} (мм ²)	f_{pe} (МПа)	A_{st} (мм ²)	f_y (МПа)
Б-1	30,6	58,8	960	157	267
Б-2	30,6	156,8	820	236	430

Балки обозначаются как Б-1 и Б-2. Общая длина балки = 4400 мм, поперечное сечение шириной = 160 мм и глубиной = 280 мм. На балку действуют две равноудаленные точечные нагрузки, расположенные на расстоянии 1400 мм друг от друга, со свободно опертыми концами (рисунок 1).

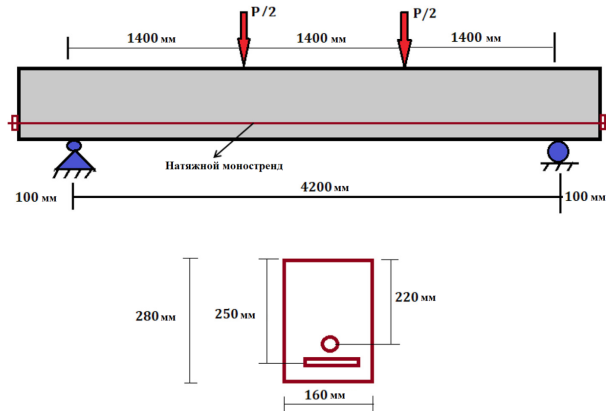


Рисунок 1 – Геометрические параметры балки

Для конечно-элементного моделирования используется программа ANSYS находящаяся в свободном доступе для скачивания и использования в учебных целях [9]. Геометрия бетонного элемента (балки) построена при помощи программы КОМПАС 3D и импортирована в проект ANSYS. Линейные и нелинейные свойства материала бетонного элемента моделируются с использованием трехмерного (3D) шестиугольного восьмиузлового элемента SOLID

185. Этот элемент способен имитировать явление растрескивания и дробления бетона. для моделирования линейного поведения были назначены Модуль Юнга и коэффициент Пуассона, а соотношение сжимающего напряжения и деформации для моделирования нелинейного поведения конструкции основано на положениях приведенных Торенфельдте и др. [10] (уравнение 1).

$$f_c = f'_c \frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} \frac{1}{(n-1) + \frac{\epsilon_c n K}{\epsilon_0}} \quad (1)$$

при этом:

$$\epsilon_0 = \frac{f'_c n}{E_c (n-1)}$$

$$n = 0,8 + \frac{f'_c}{17}$$

$$K = 1, \text{ где } \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_0}\right) < 1 \text{ либо}$$

$$K = 0,67 + \frac{f'_c}{62} \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_0}\right), \text{ где } \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_0}\right) > 1$$

$$E_c = 3320 \sqrt{f'_c + 6200}$$

где ϵ_0 = соответствующая деформация при f'_c (МПа); f_t = максимальная прочность бетона на растяжение (МПа); f_c = прочность бетонной балки на сжатие (МПа); ϵ_c = деформация при f_c , n = коэффициент аппроксимации кривой; K = коэффициент, контролирующий профиль кривой, и E_c = начальный модуль касательной (МПа). Растрескивание бетона моделируется путем назначения четырех основных параметров на основе модели Вильяма и Варнке, а именно коэффициентов удерживания при открытом и близком сдвиге, предела прочности при растяжении

(модуля напряжения разрыва) бетона, который рассчитывается на основе уравнения (2).

$$f_t = 0,62\sqrt{f'_c} \quad (2)$$

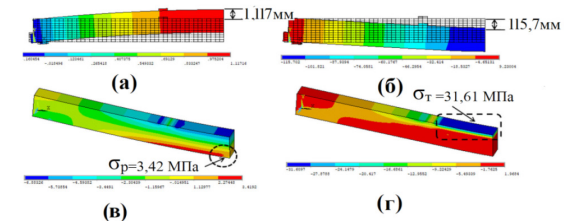
Ненапряженная арматура. Ненапряженная стальная арматура (растягивающая, сжимающая и сдвигающая) моделируется с помощью метода дискретного армирования, двух узловым элементом фермы link180. Элементу link180 присваиваются реальные константы, представляющие площадь стальных стержней. Этот элемент способен имитировать большие прогибы, свойства ползучести и пластичности. Модуль упругости стальных стержней для описания линейных свойств $E_s = 200$ ГПа и коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$. Нелинейное поведение моделируется путем присвоения значений предела текучести и касательного модуля звену.

Предварительно напряженная стальная арматура моделируется также с помощью метода дискретного армирования, двух узловым элементом фермы link180. Элементам звена 180 также присваивается модуль упругости предварительно напряженной стали $E_{ps} = 195$ МПа и коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$ в линейных исходных данных. Для проведения анализа используется предварительно напряженная сетка с низкой релаксацией с классом прочности $R_{yk} = 1860$ МПа и пределом текучести $R_{yk} = 1675$ МПа. Предварительная деформация применяется к элементу link180 с использованием кода «inistate command».

Граничные условия и нагрузки. Для оптимизации продолжительности моделирования в области APDL строится половинная модель с симметрией условий нагрузки и поддержки. Здесь задаются граничные условия, одно для симметричной плоскости, а другое для опорного условия. Плоскость симметрии находится ровно посередине длины балки, где все узлы имеют ограничение в направлении x путем присвоения значения нулевого смещения. Все центральные узлы опорной пластины лежат вдоль направления ширины с заданным значением нулевого смещения в направлениях y и z для имитации шарнирного состояния. Эффективное предварительное напряжение передается бетону с помощью команды inistate. Собственный вес балки определяется путем умножения массовой плотности предварительно

напряженного бетона ($R_b = 2400$ кг/м³) на ускорение свободного падения ($g = 9,81$ м/с²), $\gamma = 23\,544$ Н/м³.

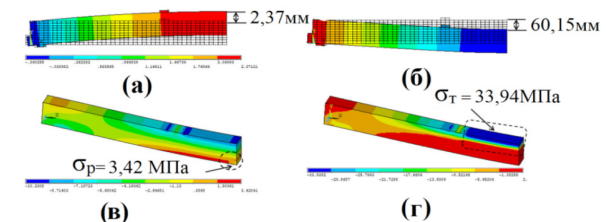
Результаты и обсуждение. Обсуждения диаграмм деформации. Балка Б-1 изгибается на 1,117 мм за счет предварительного напряжения, как показано на рисунке 2 а. Балка Б-2 изгибается вверх на 2,37 мм соответственно, как показано на рисунках 3а. Графики контуров максимального прогиба для балок Б-1 и Б-2 показаны на рисунках 2б, 3б где прогнозируемые значения максимального прогиба 115,7 и 60,15 мм соответственно.



(а) – изгиб от преднапряжения; (б) – деформация от приложенной нагрузки; (в) – напряжение растрескивания; (г) – напряжение сжатия при разрушающей нагрузке;

Рисунок 2 – Диаграмма деформаций балки Б-1

Контурная диаграмма продольных напряжений бетона при образовании первой трещины растяжения показана на рисунках 2в, 3в где напряжения растрескивания обеих моделей почти одинаковы (3,42 МПа).



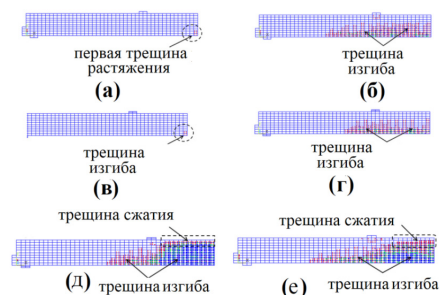
(а) – изгиб от преднапряжения; (б) – деформация от приложенной нагрузки; (в) – напряжение растрескивания; (г) – напряжение сжатия при разрушающей нагрузке;

Рисунок 3 – Диаграмма деформаций балки Б-2

Напряжение сжатия в бетоне при разрушающей нагрузке составило 31,61 и 33,94 МПа для балок Б-1 и Б-2 соответственно, как показано на рисунке 2г и 3г. Максимальное сжимающее напряжение в бетоне сосредоточено на верхней поверхности балки как показано на рисунках 2г и 3г.

Балка Б-1 демонстрирует максимальный уровень напряжения 1529,19 МПа, при 1127,29 МПа у балки Б-2. Снижение напряжений в предварительно напряженных элементах при растрескивании, текучести и разрушающих нагрузках составило 15,77 %, 7,25 % и 26,25 % для балки Б-2.

Развитие трещин. На рисунке 3 показано развитие трещин балок Б-1 и Б-2.



(а) – первая трещина балки Б-1; (б) – дальнейший рост трещин балки Б-1; (в) – первая трещина балки Б-2; (г) – дальнейший рост трещин балки Б-2; (д) – полная схема растрескивания балки Б-1; (е) – полная схема растрескивания балки Б-2;

Рисунок 3 – Развитие трещин и разрушение балок Б-1 и Б-2

Первая трещина при растяжении развивается в крайней нижней части волокна в середине пролета, когда предел прочности бетона на растяжение превышает модуль прочности бетона на разрыв. Первая трещина растяжения образовалась для балок Б-1 и Б-2 при величине нагрузки 17,83 и 29,97 кН соответственно, как показано на рисунках 4а, и 4в. При дальнейшем увеличении нагружения до условного предела текучести стали развиваются многочисленные вертикальные трещины, имеющие тенденцию к распространению в сторону зоны сжатия. Деформация балок Б-1 и Б-2 произошла при величине нагрузки 26,1 и 65,4 кН соответственно, а соответствующие схемы растрескивания показаны на рисунках 4б и 4г. После напряжения

предела текучести стали из-за эффекта Пуассона образуется множество первичных (красный цвет), вторичных (зеленый цвет) и третичных трещин (синий цвет), а вертикальные трещины достигают верхней поверхности балки, и далее балка разрушается. На стадии обрушения балки Б-1, и Б-2 выдержали максимальную нагрузку 39,02 и 81,15 кН соответственно, а полные схемы растрескивания показаны на рисунке 4д и 4е.

Разработанная модель способна прогнозировать приращения напряжения в несвязанном натяжном элементе; значения нагрузок и прогибов при растрескивании, текучести и предельной стадии; графики изолиний бетонных напряжений; развитие моделей растрескивания; изолинии напряжений обычной стали при текучести; и полную историю нагрузки до сбоя. Таким образом, сгенерированная модель конечных элементов предоставляет полную информацию для нелинейного моделирования предварительно напряженных железобетонных балок с внутренними несвязанными стальными связями. Предложенная модель описывает и предсказывает развитие растрескивания бетона при критических нагрузках, текучесть ненапряженной стальной арматуры, приращение напряжения в напрягаемой арматуре, напряжения в бетонных элементах и полное поведение нагрузки-прогиба балок. Максимальное расхождение предельных моментов и прогибов валидированных КЭ-моделей составляет 13% и 5% соответственно по сравнению с экспериментальными результатами.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Madhubhashana H.S.A. Post-tensioned concreting: its suitability for and acceptability in Sri Lanka / H.S.A. Madhubhashana, B.A.K.S. Perera and C.S.R. Perera, Journal of Engineering [Text]. // Design and Technology. - 2019. - №. 17.4. - pp. 719-735.
- 2 Bruna M. L. Using Element-Embedded Rebar Model in ANSYS for the Study of Reinforced and Prestressed Concrete Structures / M. L. Bruna, A.C. Filho, P.M. Lazzari, and A.R. Pacheco [Text]. // Computers and Concrete -2017. -№ 19.4 - pp. 347–56.
- 3 Musach M.T. Post-tension concrete beam modelling and analysis in DIANA via Python/ Bachelor's thesis Norwegian University of Science and Technology / M.T.Musach [Text]. // Faculty of Engineering. Department of Structural Engineering. - 2020. P 93.
- 4 Klemenc I. In-situ Tests of Permanent Prestressed Ground Anchors with Alternative Designs of Anchor Bond Length / I. Klemenc and J.

Logar [Text]. // 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. -2013. pp. 2031-2034.

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАТЯЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

САВРОВА А. Ю.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

КУДЕРИН М. К.

д.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Разработка и расчет железобетонных конструкций с предварительным нагружением связан с рядом сложностей. На сегодняшний день во всем мире большое применение находит разработка моделей железобетонных конструкций с предварительным напряжением для оценки их поведения под нагрузкой методом конечных элементов. Для этого применяется специальное программное обеспечение, которое позволяет с большой вероятностью предсказать поведение конструкции и значительно снизить материальные затраты. Однако проведенный литературный обзор показал некоторый пробел в данном направлении в отечественной науке, в том числе и по причине малого числа практических рекомендаций в этом направлении. В данной работе проводится обзор для демонстрации возможностей моделирования с использованием пакета численного анализа ANSYS, а также содержатся практические рекомендации по проведению проектирования предварительно напряженных железобетонных конструкций

Практические рекомендации по проведению исследований поведения предварительно напряженного железобетонного изделия не связанной системы метода конечных элементов с помощью программного обеспечения ANSYS.

На основании проведенного обзора были разработаны практические рекомендации по технологии применения способа расчета преднапряженных конструкций методом конечных элементов с использованием программы «Ansys».

1 На первом этапе необходимо произвести установку программы «Ansys» с учетом минимальных требований к устройству, на которое производится установка данной программы. Необходимо учитывать тот факт, что чем больше производительности процессора и больше емкость оперативной памяти, тем быстрее будет произведен расчет. Соответственно, чем меньше размеры конечного элемента, тем большей производительности электронного устройства требуется. Это крайне актуально для расчетов в построечных условиях т.к. при расчете предварительно напряженных конструкций, чем меньше размеры элемента, тем точнее будет модель. Так при параметрах процессора Core(TM) i5-8400 CPU @ 2.80GHz 2.81 GHz и оперативной памяти = 8 ГБ расчет предварительно напряженной строительной балки с размерами ячейки конечного элемента 25x20x28 мм занимает более 2-х часов.

2 Помимо требований к производительности электронного устройства необходимо учитывать тот факт, что учетная запись пользователя, весь путь установки программы, и файлы в которых будут храниться документы должны быть прописаны латиницей.

3 Моделирование поведения железобетонного элемента проводится с помощью ANSYS Mechanical (Static Structural). Построение объемного тела ведется либо с помощью элемента Solid 65, либо в более новых версиях программы Solid 185. При выборе модуля «Static Structural» появится рабочее окно, показанное на рисунке 1.



Рисунок 1 – Модуль «Static Structural»

В зависимости от версии программы он может иметь некоторые изменения. Расчетная платформа программы ANSYS Workbench имеет свой встроенный 3D дизайн моделлер «Geometry», который позволяет с легкостью создавать достаточно сложные

геометрические модели. Однако при отсутствии навыков в работе с инструментами ANSYS, для пользователя имеющего навыки в работе с программами КОМПАС и др. есть возможность произвести предварительное построение твердотельных 3D моделей рассчитываемых конструкций наиболее привычным способом и, сохранив их в формате «x_t», произвести затем загрузку с помощью команды «Geometry import». Для задания граничных условий в объеме моделируемой конструкции, она может быть разделена на несколько тел по границам приложения усилий. Для оптимизации продолжительности моделирования Static Structural при условии симметричности модели, строится модель половины конструкции с симметрией условий нагрузки и поддержки с заданными граничными условиями, как и у полноразмерной модели.

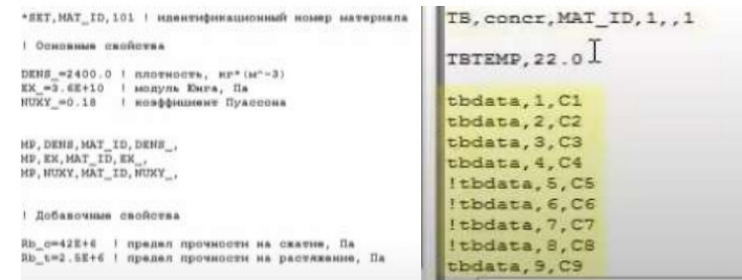
Процесс построения модели начинается с создания конечно элементной сетки командой «mesh» модуля «model». На рисунке 2а показано дерево проекта модуля «Static Structural». В расчете используются элементы формы гексаэдра для построения структурированной сетки. Узлы объемных элементов должны совпадать с узлами линейных элементов как показано на рисунке 2б.



а) б)
Рисунок 2 – Дерево проекта модуля «Static Structural»

Для смены типов конечных элементов и подключения нужных моделей материалов в раздел «Geometry» добавляются команды «set; mat_ID 101». Где ID 101 это идентификационный номер свойств вводимого материала (рисунок 3а). Вводятся все данные для построения объемной модели бетонной конструкции. К этому номеру привязываются все параметры материала. Затем вводится мель Виллами Варнке с помощью команды TB, concr. (рисунок 3б).

Задаются все коэффициенты математической модели. Задаются предел прочности на растяжение и сжатие материалов.



а) б)
Рисунок 3 – Команды для смены типов конечных элементов и подключения нужных моделей материалов

Ненапряженная стальная арматура (растягивающая, сжимающая и сдвигающая) и напряженная стальная арматура моделируется с помощью метода дискретного армирования, двух узловым (линейным) элементом LINK180, которому присваиваются реальные константы, модуль упругости и коэффициент Пуассона. Дерево проекта показано на рисунке 4.

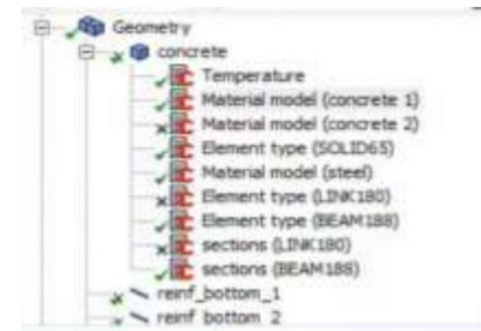


Рисунок 4 – Дерево проекта с введенными данными по объемной части модели (Solid 65) и линейным элементам (LINK180).

Необходимо учесть, что каждому из элементов железобетонной балки присваивается свое имя в разделе «name selection» для задачи нагрузок в препроцессоре. После построения элементной сетки и

задачи граничных условий дается команда «Solution» и результаты выводятся в виде скриншотов

Выводы

Проведенный анализ литературы показал, что с помощью моделирования методом конечных элементов можно получать довольно полное представление о поведении предварительно напряженных железобетонных балок различных конструкций. Модель способна прогнозировать приращения напряжения в несвязанном натяжном элементе; значения нагрузок и прогибов при растрескивании, текучести и предельной стадии и т.д. Практические рекомендации приведенные в статье призваны помочь ликвидировать образовавшийся пробел в данном направлении и помочь в развитии отечественного моделирования методом конечных элементов с помощью инструментов программы «ANSYS»

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Vavrus M. Study of Application of Fiber Reinforced Concrete in Anchorage Zone / M. Vavrus, J. Kralovanec [Text]. // Buildings - 2023; №13(2):524
- 2 Janda Z. ATENA Program Documentation — Part 4-3. / Z. Janda, J. Červenka [Text]. // J. Tutorial for Construction Process Modelling in ATENA 2D. Prague, 9 March 2009. Available online
- 3 Hu H.-T. Constitutive modeling of reinforced concrete and prestressed concrete structures strengthened by fiber-reinforced plastics / H.-T. Hu. [Text]. // Composite Structures 92 (2010) 1640–1650
- 4 Kim Y.J. Ductility and cracking behavior of prestressed concrete beams strengthened with prestressed CFRP sheets / Y.J. Kim, C. Shi, M. F. Green. [Text]. // J Compos Construct - 2008;12(3):274–83.
- 5 Mani P. & Raju P. & Geddada Y. Finite-element modeling of partially prestressed concrete beams with unbonded tendon under monotonic loadings Finite-element modeling / P. Mani, & P. Raju & Y. Geddada [Text]. // Journal of Engineering Design and Technology. - 2022. ahead-of-print. 10.1108/JEDT-09-2021-0495.
- 6 Barour S. and Zergua A. “Numerical analysis of reinforced concrete beams strengthened in shear using carbon fiber reinforced polymer materials” / S. Barour and A. Zergua [Text]. // Journal of Engineering, Design and Technology, -2020, №19,2, pp. 339-357.

7 Czaderski C. Iron based shape memory alloys as shear reinforcement for bridge girders. / C. Czaderski, M. Shahverdi, J. Michels [Text]. // Constr. Build. Mater. - 2021, №274, 121793.

8 Yeon Y.M. Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Beams Prestressed by Fe-Based Shape Memory Alloy Bars./ Y.M. Yeon, W. Lee, K.-N. [Text]. // Hong Appl. Sci. - 2022, 12, 3255. <https://doi.org/10.3390/app12073255>

9 Du G.C. Ultimate stress of unbonded tendons in partially prestressed concrete beams / G.C. Du and X.K. Tao [Text]. // PCI Journal. - 1985 - №. 30.6. - pp. 72-91.

10 Afanador García N. Evaluation of uncertainty in determining the physical properties of concrete using Bootstrap / N. Afanador, C.J. Noriega Sanchez, C. Nolasco Serna [Text]. // Journal of Physics: Conference Series – 2020, №1645(1) 012008:1-7

11 Afanador García N. J. Reinforced concrete beams subjected to threepoint bending using finite element method / N. Afanador García Phys.: Conf. Ser. – 2021, №1938, 012008

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ТЕМЕРТАС Б. К.

магистрант, МС-22н, Торайгыров университет, г. Павлодар

САКАНОВ К. Т.

к.т.н., ассоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Современные технологии имеют огромное влияние на различные отрасли, и строительная промышленность не является исключением. Организация строительства на основе современных технологий становится все более популярной, поскольку она предлагает более эффективные, экономически выгодные и экологически устойчивые подходы к строительству. В данной статье мы рассмотрим основные аспекты организации строительства, основанного на современных технологиях, и приведем примеры их применения.

Организация строительства с использованием современных технологий

Планирование и управление проектом

Современные технологии играют ключевую роль в планировании и управлении строительными проектами, обеспечивая

их успешное выполнение. Некоторые преимущества, связанные с использованием современных технологий в планировании и управлении проектами, включают:

Программное обеспечение для управления проектами (Project Management Software): существуют различные программные решения, специально разработанные для планирования, контроля и управления строительными проектами. Эти программы позволяют создавать графики выполнения работ, управлять ресурсами, отслеживать прогресс проекта, управлять бюджетом и коммуникацией с участниками проекта. Они помогают упростить процесс планирования и управления, улучшить координацию между участниками проекта и повысить прозрачность в выполнении работ.

Компьютерное моделирование (Building Information Modeling, BIM): Технология BIM позволяет создавать виртуальные трехмерные модели строительных объектов, содержащие информацию о их конструкции, материалах, системах и расположении. BIM-модели обеспечивают улучшенное визуальное представление проекта, помогают выявлять возможные проблемы и конфликты, оптимизировать использование ресурсов, а также улучшить планирование и координацию работ между различными участниками проекта.

Коммуникация и сотрудничество

Эффективная коммуникация и сотрудничество между всеми участниками строительного процесса являются ключевыми факторами успешного выполнения проекта. Современные технологии предоставляют различные инструменты для улучшения коммуникации и сотрудничества, включая:

Цифровые платформы совместной работы: существуют онлайн-платформы, которые облегчают сотрудничество между участниками проекта, позволяя им обмениваться информацией, документами и обсуждать вопросы в реальном времени. Это способствует более эффективному обмену информацией, снижает время реакции и повышает общую продуктивность команды.

Виртуальные конференц-залы и видеосвязь: Технологии видеоконференций позволяют участникам проекта взаимодействовать и общаться на расстоянии, без необходимости физического присутствия. Это особенно полезно в случаях, когда участники проекта находятся в разных географических местах. Виртуальные конференц-залы обеспечивают возможность проведения совещаний, презентаций и обсуждения важных

вопросов, что способствует более эффективной коммуникации и сотрудничеству.

Контроль качества и безопасность

Современные технологии играют важную роль в обеспечении высокого уровня качества и безопасности в строительстве. Некоторые преимущества, связанные с использованием современных технологий в контроле качества и безопасности, включают:

Дистанционный мониторинг и инспекция: С использованием дистанционных технологий, таких как дроны, удаленные камеры и сенсоры, можно осуществлять мониторинг и инспекцию строительных объектов с высокой точностью и эффективностью. Это позволяет выявлять потенциальные проблемы, контролировать качество выполняемых работ и обеспечивать соблюдение безопасности на строительной площадке.

Использование систем контроля качества: Современные технологии позволяют использовать различные системы контроля качества, такие как автоматизированные системы проверки стыков и соединений, системы мониторинга и контроля качества материалов, а также системы анализа данных для выявления отклонений и проблем. Это способствует улучшению качества строительных работ и предотвращению возможных дефектов.

Эффективное использование ресурсов

Оптимальное использование ресурсов является важной задачей в строительстве. Современные технологии помогают рационализировать использование ресурсов и снизить их потребление. Некоторые преимущества, связанные с использованием современных технологий в эффективном использовании ресурсов, включают:

Аналитика данных и прогнозирование: с помощью аналитических инструментов и алгоритмов машинного обучения можно анализировать данные о потреблении ресурсов, производительности и эффективности процессов. Это позволяет выявить области, где можно снизить расходы ресурсов, оптимизировать процессы и повысить эффективность использования ресурсов.

Энергоэффективные технологии: Внедрение энергоэффективных технологий позволяет сократить потребление энергии на строительной площадке. Например, использование энергоэффективных систем освещения, отопления и вентиляции может значительно снизить энергозатраты и экологическую нагрузку.

Управление отходами и рециклинг: Современные технологии также позволяют эффективно управлять отходами и осуществлять их рециклинг. Это включает использование специальных систем сортировки и переработки отходов, а также внедрение практик сокращения отходов на строительной площадке. Это способствует уменьшению негативного воздействия на окружающую среду и оптимизации использования материалов.

Управление сроками и бюджетом

Эффективное управление сроками и бюджетом является одной из основных задач в строительных проектах. Современные технологии предоставляют инструменты и методы для более точного планирования, контроля и управления сроками и бюджетом проекта. Некоторые преимущества, связанные с использованием современных технологий в управлении сроками и бюджетом, включают:

Программное обеспечение для управления проектами: Упомянутое ранее программное обеспечение для управления проектами предоставляет инструменты для создания графиков выполнения работ, распределения ресурсов, отслеживания прогресса и контроля бюджета. Это позволяет управлять ресурсами и расписанием проекта, а также отслеживать выполнение задач и контролировать затраты с целью соблюдения установленных сроков и бюджета.

Автоматизация процессов и использование роботизированных систем: Современные технологии автоматизации и роботизации позволяют сократить время выполнения некоторых задач и улучшить их точность. Например, использование роботов в строительстве может значительно сократить время на укладку кирпича, бетона или выполнение других рутинных операций. Это помогает ускорить процесс строительства и соблюдать заданные сроки проекта.

Мониторинг и анализ данных проекта: Собираение и анализ данных проекта позволяют отслеживать прогресс выполнения работ, идентифицировать возможные задержки или проблемы и принимать своевременные меры для их решения. Современные технологии предоставляют инструменты для автоматизированного сбора данных, их анализа и визуализации, что облегчает процесс принятия управленческих решений и позволяет управлять сроками и бюджетом более эффективно.

Разделение задач и параллельное выполнение: Современные технологии позволяют разбивать проект на более мелкие задачи и выполнять их параллельно, сокращая время выполнения проекта. Такой подход позволяет ускорить процесс строительства и снизить затраты на выполнение работ, что способствует управлению сроками и бюджетом.

Использование методологий управления проектами: Современные методологии управления проектами, такие как Agile или Lean Construction, также вносят вклад в эффективное управление сроками и бюджетом. Эти методологии основаны на гибком и итеративном подходе к планированию и выполнению работ, что позволяет быстро реагировать на изменения, минимизировать риски и оптимизировать использование ресурсов.

Применение технологий прогнозирования и моделирования: С использованием современных технологий, таких как симуляция, моделирование и прогнозирование, можно предсказывать возможные срывы сроков и перерасходы бюджета, а также определять оптимальные решения для управления проектом. Это позволяет принимать предупреждающие меры и прогнозировать возможные проблемы, что способствует эффективному управлению сроками и бюджетом.

Заключение: Организация строительства на основе современных технологий играет важную роль в улучшении эффективности и качества строительных проектов. Преимущества, которые предоставляют современные технологии, включают более точное планирование, улучшенную коммуникацию, повышенный контроль качества и безопасности, а также сокращение времени и затрат на строительство.

Одним из ключевых аспектов организации строительства с использованием современных технологий является планирование и управление проектом. С помощью 3D-моделирования и виртуальной реальности строители могут создавать детальные визуализации проектов, архитектурные модели и симуляции, что позволяет предвидеть возможные проблемы и оптимизировать процесс строительства.

Эффективная коммуникация и сотрудничество также играют важную роль в организации строительства. Современные технологии предоставляют возможность использования облачных платформ, цифровых инструментов и мобильных приложений,

что упрощает обмен информацией между участниками проекта, повышает прозрачность и сокращает риски недоразумений.

Контроль качества и безопасность также являются важными аспектами организации строительства. Современные технологии, такие как датчики мониторинга и системы видеонаблюдения, позволяют более точно контролировать строительные процессы, обнаруживать возможные дефекты и улучшать безопасность рабочей среды.

Организация строительства на основе современных технологий также способствует более эффективному использованию ресурсов. Применение модульных конструкций и префабрикации позволяет сократить время строительства и минимизировать отходы материалов. Кроме того, использование экологически чистых и энергоэффективных материалов помогает снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Наконец, внедрение систем умного дома и автоматизации в строительство обеспечивает повышенный уровень комфорта, безопасности и энергоэффективности в зданиях. Системы умного дома позволяют автоматизировать управление освещением, климатическими системами, безопасностью и другими аспектами жилого или коммерческого объекта. Это не только обеспечивает удобство для жильцов, но также снижает энергопотребление и влияние на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ананьин, М. Ю. Архитектурно-строительное проектирование производственного здания: учеб. пособие для СПО / М. Ю. Ананьин. – Москва, Екатеринбург: Юрайт: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 216 с. – (Профессиональное образование).
- 2 Ананьин, М. Ю. Реконструкция зданий. Модернизация жилого многоэтажного здания и сооружений: учеб. пособие для сред. проф. образования / М. Ю. Ананьин. – Москва: Юрайт, 2020. – 142 с. – (Профессиональное образование).
- 3 Андропова, Н. Л., Макаров, Н. В., Андропова, И. Ю. Кадровый менеджмент: учеб. пособие / Н. Л. Андропова, Н. В. Макаров, И. Ю. Андропова. – Москва: Академия, 2020. – 216 с.
- 4 Архитектурные конструкции и теория конструирования: малоэтажные жилые здания: учеб. пособие / Е. В. Сысоева, С. И. Трушин, В. П. Коновалов. – Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2018. – 280 с.

5 Базаров, Т. Ю. Управление персоналом: учеб. пособие / Т. Ю. Базаров. – Москва: Академия, 2010. – 560 с.

6 Баландина, И. В. Основы материаловедения. Отделочные работы: учеб. для СПО / И. В. Баландина. – Москва: Академия, 2019. – 304 с.

7 Барabanщиков, Ю. Г. Строительные материалы и изделия: учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования / Ю. Г. Барabanщиков. – Москва: Академия, 2018. — 416 с.

8 Батиенков, В. Т. Технология и организация строительства. Управление качеством в вопросах и ответах / В. Т. Батиенков, Г. Я. Чернобровкин, А. Д. Кириев. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 400 с. – (Среднее профессиональное образование).

9 Белиба, В. Ю. Архитектура зданий / В. Ю. Белиба, А. Т. Юханова. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. – 365 с.

10 Болотин, С. А., Вихров, А. Н. Организация строительного производства : учеб. для вузов / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. – Москва: Академия, 2007. – 208 с.

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ НОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, СВЯЗАННЫХ С РАЗВИТИЕМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

ТЕМЕРТАС Б. К.

магистрант, МС-22н, Торайгыров университет, г. Павлодар

САКАНОВ К. Т.

к.т.н., ассоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

В статье рассматриваются достоинства и недостатки новых строительных технологий, которые непосредственно связаны с развитием научно-технического прогресса в мировом пространстве. На основе научного исследования предлагается решение проблем, связанных с научно-техническим прогрессом в целом и с внедрением новых технологий в строительство в частности. Перспективы исследований автор связывает с изучением применения новых материалов в промышленном и гражданском строительстве.

Научно-технический прогресс (НТП) в строительной отрасли способствует качественным изменениям в применяемых технологиях, конструкциях и материалах. Внедрение новых технологий имеет двойственный характер, так как, с одной стороны, способствует снижению расходов застройщика, с другой

– требует высококвалифицированных кадров, современной техники, технологий, оборудования, программных средств (продуктов) и систем.

Цель статьи – на основе проведенного научного исследования выявить достоинства и недостатки современных технологий, связанных с научно-техническим прогрессом в целом и с внедрением в строительство в частности. Объект исследования – строительные организации, осуществляющие деятельность в установленном законом порядке. Предмет исследования – новые технологии, которые позволяют развивать научно-технический прогресс в мире в целом и в строительной отрасли в частности. При исследовании применялись системный, комплексный, логический, исследовательский, научный и функциональный подходы.

Тема статьи недостаточно изучена в зарубежной и отечественной литературе, так как обычно описываются преимущества и характеристики технологий, применяемых в строительстве, но не заостряется внимание на недостатках, которые свойственны каждой технологии. Так, А. Алексеев, О. Ерахтина, К. Кондрашева, Т. Никитин представили научному сообществу классификацию новых технологий, опирающиеся на разработки в области искусственного интеллекта [1, с. 012001]; А. А. Акбирова изучила проблемы производства строительно-технических экспертиз зданий, при строительстве которых были применены новые материалы и технологии [2, с. 354–357]; А. О. Алексеев, Т. В. Адыева рассмотрели юридические и математические проблемы определения категории риска членов саморегулируемых организаций [3, с. 10–14]; А. О. Алексеев, И. Е. Алексеева, О. С. Ерахтина исследовали факторы, влияющие на определение уровня риска применения систем искусственного интеллекта (при этом авторы приходят к выводу, что для определения уровня риска необходимо оценить влияние таких взаимосвязанных факторов, как тип технологии искусственного интеллекта, сфера его применения, а также статус разработчика) [4, с. 325–331]; А. О. Алексеев, Э. Р. Галиаскаров, К. С. Коскова рассмотрели развитие технологии концептуального проектирования жилой недвижимости, способ развития технологии концептуального проектирования объектов жилой недвижимости на основе синтеза методов системно-когнитивного анализа с матричными технологиями комплексного оценивания [5, с. 1983–1988]; Е. А. Андреев, Ю. В. Сапрыгина, А. В. Тышкевич, А. А. Потехин представили технологию 3D-печати

в строительстве как новое направление развития эффективных строительных технологий [6, с. 6–9]; В. В. Демина, Е. А. Трусова, Д. В. Гулякин описали новые информационные технологии и виртуальные объекты строительства [7, с. 215–218]; Д. С. Евсеенкова рассматривала преимущества использования BIM-технологий на примере строительной отрасли в целом и применение данных технологий в России [8, с. 129–130]; И. М. Кобзарь рассмотрел новую технологию строительства «TOP DOWN», которая используется в целях более рационального использования земельных участков для возведения зданий и сооружений на урбанизированной территории [9, с. 80–83]; С. А. Ковтун, С. В. Ялынская представили расчет экономической эффективности от применения новых материалов и технологий в малоэтажном строительстве [10, с. 341–345]; Т. В. Кудряшова, Л. Е. Скрипкина изучили новые технологии в совершенствовании организации строительства магистральных газотранспортных сетей [11, с. 43–51]; Е. В. Курочкина представила обзор технологий, позволяющих эффективно управлять этапами жизненного цикла зданий и сооружений [12, с. 27–30]; О. С. Ларина из-учила новые технологии в строительстве [13, с. 70–74]; Д. А. Медведникова рассмотрела влияние инноваций и технологий на рынок недвижимости [14, с. 634–637]; А. Ю. Немцов, Н. С. Тихонова изучили новые технологии «зеленого» строительства [15, с. 215–217]; Ю. Л. Нестерова, Л. А. Шильдт, О. М. Сафина предложили систему классификации рисков в строительной отрасли и методы воздействия на риск либо на его причины [16, с. 33–35]; С. В. Пономарева, А. А. Жигит, С. А. Лашкин изучили моделирование рисков, влияющих на несвоевременное завершение гражданского и промышленного строительства; Н. А. Старостина представила краткую историю развития аддитивных технологий, преимущества и недостатки использования 3D-печати в строительстве [18, с. 149–156]; Е. М. Тишина, И. С. Боченков представили обзор развития BIM-технологий [19, с. 6–8]; В. М. Толмачева, Н. Е. Семичева, В. Ю. Аме-лин поднимают вопросы актуальности варт-строительства [20, с. 18–20]; С. С. Федоров предложил схему системы управления для продвижения новых технологий при проектировании объектов строительства в рамках общей парадигмы биосферно-совместимых технологий, разработанной РААСН [21, с. 86–94]; В. Я. Швидкий представил научной общественности геодезическое обеспечение строительства мостов с применением новых технологий [22, с. 46–52].

Достижения научно-технического прогресса активно используются строительными компаниями всего мира. Научно-технический прогресс в строительной отрасли – это, прежде всего, применение новых материалов, а также сокращение сроков работ. Внедрение передовых технологий и материалов невозможно представить без современных программных продуктов, систем и моделирования.

Целесообразно также отметить, что современное материаловедение с учетом передовых технологий и материалов продвинулось значительно в XXI в. Представим современные материалы, которые будут использоваться в строительстве настоящих и будущих объектов (рис. 1).

Данные, представленные на рис. 1, демонстрируют, что научно-технический прогресс затрагивает и такую область знаний, как материаловедение, так как появляются новые материалы для строительства, дизайна, конструкций, ремонта и пр.

В результате исследования были сделаны следующие выводы:

- научно-технический прогресс в мировом пространстве активно развивается, но при этом наравне с новыми технологиями, которые, несомненно, приносят пользу, также имеют и недостатки (экологический вред; безработица; утилизация отходов; дефицит высококвалифицированных работников; качество материалов; высокая стоимость материалов и технологий; высокое время на разработку; проектирование и внедрение новых технологий и пр.);
- научно-технический прогресс направлен на снижение расходов и увеличение скорости строительства (3D, 4D, 5D, 6D);
- многие технологии в строительстве на-правлены на обеспечение безопасности (умный дом, инженерные сети, электрические сети и пр.);
- технологии приводят к экономии ресурсов и переработки отходов производства и строительства;
- технологии решают проблемы человеческого фактора, исключая ошибки;
- технологии позволяют моделировать современный дизайн и увеличивать эргономичность;
- научно-технический прогресс способствует облегчению и упрочнению строительных конструкций за счет применения новых композиционных материалов;
- благодаря научно-техническому прогрессу снижается брак в промышленном и

гражданском строительстве.

Перспективы своих будущих исследований связаны с изучением применения новых материалов в промышленном и гражданском строительстве.

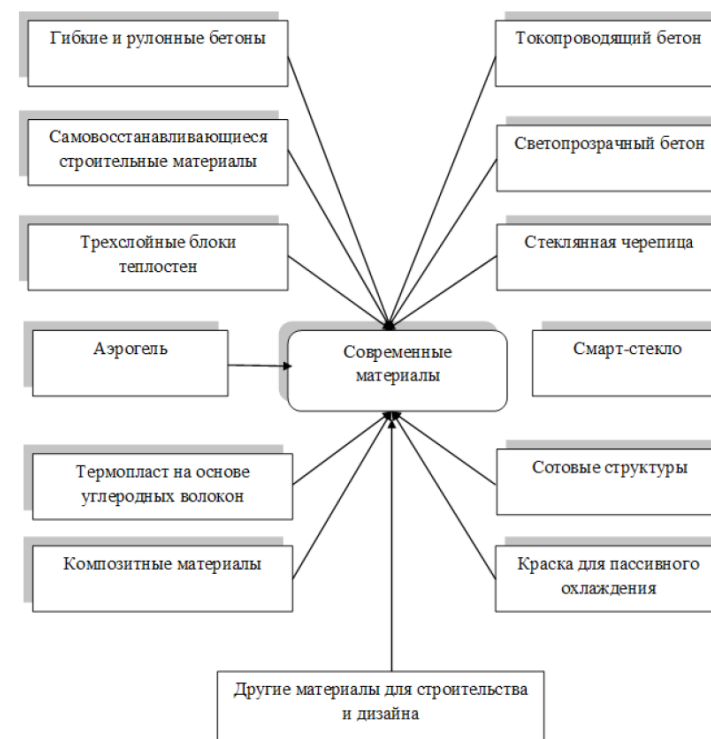


Рисунок 1 – Современные материалы, применяемые для строительства объектов

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Алексеев А. О., Алексеева И. Е., Ерахтина О. С. Об оценке риска применения технологий искусственного интеллекта // Цифровые технологии и право: сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции. В 6 томах / под редакцией И. Р. Бегишева [и др.]. Казань, 2022. С. 325–331.
- 2 Алексеев А. О., Галиаскаров Э. Р., Коскова К. С. Развитие технологии концептуального проектирования жилой недвижимости.

Часть 1 // XIII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2019 : сборник трудов XIII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2019. Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН. 2019. С. 1983-1988.

3 Андреев Е. А., Сапрыгина Ю. В., Тышкевич А. В., Потехин А. А. Технология 3D-печати в строительстве, как новое направление развития эффективных строительных технологий // Инновационные подходы в современной науке : сборник статей по материалам II международной научно-практической конференции . 2017. С. 6-9.

4 Демина В. В., Трусова Е. А., Гулякин Д. В. Новые информационные технологии и виртуальные объекты строительства // Наукосфера. 2021. № 12-2. С. 215-218.

5 Евсеенкова Д. С. BIM-технологии – качественно новый уровень в строительстве // Информационные и графические технологии в профессиональной и научной деятельности: сборник статей Международной научно-практической конференции / отв. ред. Н. И. Красовская. 2017. С. 129-130.

6 Кобзарь И. М. TOP DOWN – новая технология строительства // Военно-инженерное дело на Даль-нем Востоке России. Материалы V Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 80-83.

7 Ковтун С. А., Ялынская С. В. Экономическая эффективность применения новых материалов и технологий в малоэтажном строительстве // Между-народный студенческий строительный форум-2017. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2017. С. 341-345.

8 Кудряшова Т. В., Скрипкина Л. Е. Новые технологии в совершенствовании организации строительства магистральных газотранспортных сетей // Beneficium. 2019. № 3 (32). С. 43-51.

9 Курочкина Е. В. Новые информационные системы в строительстве: технологии информационных систем в проектировании, строительстве, эксплуатации зданий // Научный Лидер. 2022. № 25 (70). С. 27-30.

10 Ларина О. С. Новые технологии в строительстве // Наука и образование XXI века : Материалы XI международной научно-практической конференции. Современный технический университет. 2017. С. 70-74.

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ «МЕТАЛЛ-НЕМЕТАЛЛ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРО- И НАНОКРЕМНЕЗЕМА

ТУЫСХАН К.

м.т.н., докторант, Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау

АХМЕТОВА Г. Е.

PhD, и.о. доцент, Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау

В настоящее время, отличающееся стремительным развитием промышленной индустрии, материаловедение ставит перед исследователями разработку новых материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками при условии снижения сырьевых, энергетических затрат. Многие композиты превосходят традиционные материалы и сплавы по своим механическим и физическим свойствам, например, они намного легче металлических материалов [1]. Это приводит к уменьшению материалоемкости всей конструкции при сохранении или улучшении ее физико-механических характеристик. А композиционные материалы на основе металл-металл могут состоять совершенно из различных по структуре и свойствам металлов и сплавов на их основе. По сравнению со сплавами того же состава они могут обладать более улучшенными эксплуатационными свойствами, включая трещиностойкость, поведение при разрушении, ударе и т.д. [2].

В соответствии с этим актуальностью данной работы является необходимость в разработке новых технологий получения композиционных материалов, обладающих уникальным сочетанием механических и физических свойств, на основе отходов кремниевого производства – микро- и нанокремнезема – приобретает важную особенность.

Микро- и нанокремнезем из отвалов является надежной, доступной и экономически выгодной альтернативой для подверженного сильным колебаниям цен и дефициту поставок рынку первичного сырья. Важной проблемой является тот факт, что при переработке кремния значительное его количество переходит в брак или трудно утилизируемые отходы. Это также требует рассмотрения и научно-технологической проработки. В настоящее время накопились большие количества отходов, содержащих элементарный кремний достаточно высокой чистоты в форме

тонкодисперсного порошка, что закономерным становится вопрос об их утилизации [3].

На сегодняшний момент известны области применения микро- и нанокремнезема в качестве упрочняющего модификатора при получении бетонов [4–6], а также при производстве сухих строительных смесей, бетона, пенобетона, цемента, керамик, облицовочных плит, тротуарных плит, бордюров, черепицы, огнеупорных масс, резины, покрытий.

Авторы представленной работы рассматривают микро- и нанокремнезем как основу для создания новых композиционных материалов, поэтому в качестве исходных материалов рассматриваются два типа образцов:

- 1) на основе «металл-неметалл» – образцы состоят из микро- и нанокремнезема, изгари цинка и жидкого стекла;
- 2) на основе «металл-металл» – образцы состоят из микро- и нанокремнезема, изгари цинка и жидкого олова.

Методика исследования

Порошок микро- и нанокремнезема весом 100 г разделили по фракциям 45-63 и менее 45 μm на аналитической лабораторной просеивающей машине «Retsch AS200 control» [7].

Просеянный порошок микро- и нанокремнезема фракции менее 45 μm тщательно перемешивали с исходными материалами, вручную формовали в металлических тиглях. Время застывания образцов составило 24 часа. В таблице 1 приводится рецептура образцов.

Таблица 1 – Состав образцов

Компоненты	Образец № 1	Образец № 2
Изгарь цинка, г	5	5
Микросилика, г	5	5
Связующее:		
- жидкое стекло, мг	3	-
- жидкое олово, мг	-	4

Результаты исследования

Образцы полученных новых материалов испытывали на прочностные (твердость, предел прочности на сжатие) и физические (электрическое сопротивление) свойства (таблица 2):

– твердость определяли по шкале Бринелля с помощью портативного комбинированного твердомера марки МЕТ-УД

(посредством измерения изменения ультразвуковой частоты и на определении отношения скоростей бойка, находящегося внутри датчика, до и после удара) определена твердость полученных образцов;

– электропроводность определяли расчетным путем, как обратную величину электросопротивления, замеренного омметром;

– предел прочности на сжатие определяли с помощью разрывной машины МИ-40КУ.

Таблица 2 – Результаты физико-механических испытаний полученных образцов

Параметр	Номера опытов	
	1	2
Основа	Металл-неметалл	Металл-металл
Твердость, НВ	212,6	40,0
Электропроводность, Ом-1	отсутствует	отсутствует
Предел прочности на сжатие, кН:		
– образование трещин	3	2
– разрушение	10	7,5

Как видно из таблицы 2, образец на основе металл-неметалл обладает повышенными прочностными свойствами по сравнению с образцом на металлической основе. Этот эффект связан с влиянием связующего материала – жидкого олова в системе «металл-металл», который является пластичным металлом, в отличие от кристаллизующегося жидкого стекла в системе «металл-неметалл».

На рисунках 1, 2 приводятся диаграммы сжатия полученных образцов. Отсутствие явного пологого участка (площадки текучести) на рис.1 показывает, что образец системы «металл-неметалл» является более хрупким, но прочным, в отличие от диаграммы сжатия образца системы «металл-металл», на которой прослеживается некоторая площадка текучести (рис.2). Это говорит, что образец № 2 является более пластичным.

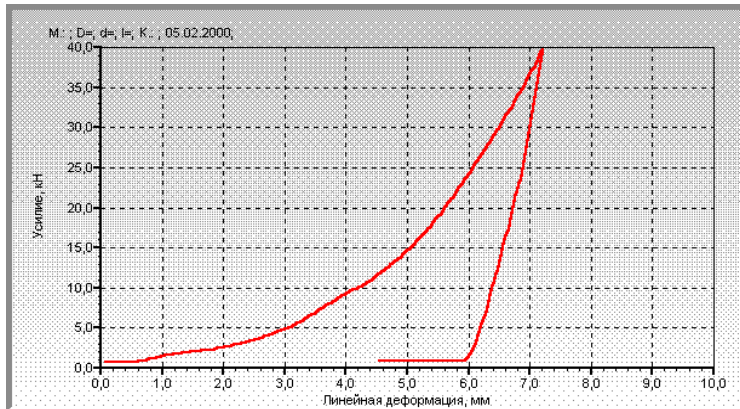


Рисунок 1 – Диаграмма испытания на сжатие образца № 1

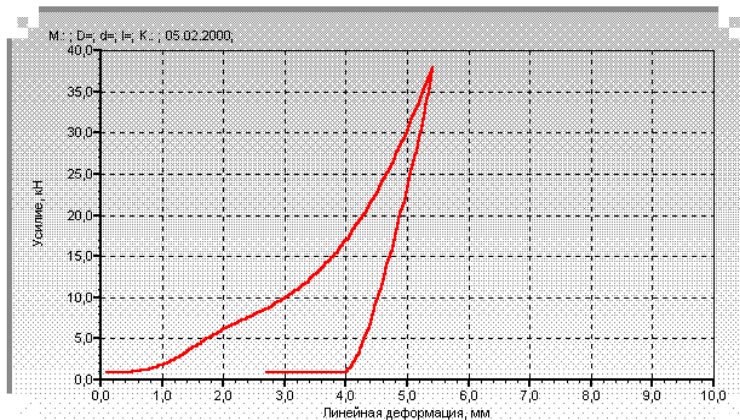


Рисунок 2 – Диаграмма испытания на сжатие образца № 2

Получается, что образец №1 при испытании на сжатие претерпевает стадию прогрессирующей ползучести, предшествующей разрушению, то есть скорость ползучести возрастает вплоть до разрушения. Образец №2 при испытании на сжатие проходит стадии неустановившейся ползучести, при которой скорость ползучести непрерывно уменьшается; стадию установившейся ползучести, при которой скорость ползучести является наименьшей и постоянной; и стадию прогрессирующей ползучести [8].

Таким образом, при создании новых композиционных материалов на основе микро- и наносилики (SiO_2), изгари цинка (ZnO), жидкого олова (Sn) и жидкого стекла (раствор силиката) видно, что взаимодействие компонентов указанных веществ в большей части способствуют образованию эвтектики/эвтектоида, а их диаграммы состояния относятся к эвтектическому типу. Это значит, что исходные компоненты при создании новых материалов не растворяются друг в друге и не образуют химических соединений (за некоторым исключением), и в процессе кристаллизации (охлаждения и др. явлений) только перемешиваются, сохраняя кристаллическое строение. Такие эвтектические (эвтектоидные) структуры имеют зернистое или пластинчатое строение. При этом пластинчатое строение может способствовать повышению прочностных свойств.

Проведенные эксперименты демонстрируют возможность рециклинга производственных отходов и получения новых композиционных материалов с применением их различных комбинаций, что позволяет снизить экологическую нагрузку региона и расширить сырьевую базу страны, сохраняя природные ресурсы.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Garg R., Garg R., Bansal M., Aggarwal Y. Experimental study on strength and microstructure of mortar in presence of micro and nano-silica // *Materials Today: Proceedings*. 2021. - Vol. 43. - Part 2. - pp. 769-777 [на англ. яз.].
- 2 Желтякова И.С. Получение, структура и свойства слоистых композитов типа металл-металл и металл-интерметаллоид: автореф. диссер. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук. - Черногловка, 2020. – 24 с.
- 3 Баранов К.В. Технология переработки отходов производств, использующих высокочистый кремний: автореф. диссер. на соиск. уч. степ. канд. хим. наук. - Москва, 2008. – 23 с.
- 4 Nandhini K., Karthikeyan J. A review on sustainable production of self-compacting concrete utilizing industrial by-products as cementitious materials // *Innov. Infrastruct. Solut.*, 2022. – 7. – 199 [на англ. яз.].
- 5 Polonina E.N., Leonovich S.N., Khroustalev B.M., Sadovskaya E.A., Budrevich N.A. Cement-Based Materials Modified with Nanoscale Additives // *Science and technology*. 2021. - Vol. 20. - No 3. - pp. 189–194 [на англ. яз.].

6 Barbhuiya G.H., Moiz M.A., Hasan S.D., Zaheer M.M. Effects of the nanosilica addition on cement concrete: A review // Materials Today: Proceedings. 2020. - Vol. 32. - Part 4. - pp. 560-566 [на англ. яз.].

7 Туысхан К., Ахметова Г.Е., Ульева Г.А., Арбуз А.С., Толубаев К.С. Разработка электроизоляционных композиционных материалов на основе микрокремнезема // Материаловедение. 2021. - № 8. – С. 27-30.

8 Рудицын М.Н., Артемов П.Я., Любошиц М.И. Справочное пособие по сопротивлению материалов. 3-е издание, перераб. и доп. – Минск: издательство «Вышэйшая школа», 1970. – 630 с.

МАЗМҰНЫ

«Торайғыров университеті» КЕАҚ
Басқарма Төрағасы-ректор
Е. Т. Садықовтың алғы сөзі3

Быков П. О.

Разработка и реализация образовательных программ для ГМК с учетом атласа новых профессий и компетенций Казахстана в Торайғыров университеті6

Ержанов А. С.

Литейно-прокатные агрегаты20

Заякин О. В., Леонтьева Л. И., Волков А. И.

Проблемы и перспективы развития металлургической отрасли России с учётом состояния минерально-сырьевой базы26

Султангазиев Р. Б.

Құрамында бор бар силикохромды қолдану арқылы төмен көміртекті феррохромды балқыту процесін термодинамикалық модельдеу29

Сүйіндіков М. М.

Металлургия мамандарын дайындаушы кафедраның қысқа тарихы33

1 секция. Қара және түсті металдар өндірісінің ғылыми негіздері мен технологиялары, металлургиялық процестер және қайта өңдеу

1 секция. Научные основы и технологии производства черных и цветных металлов, металлургические процессы и рецилинг

Абдрахманов Е. С., Толымбекова Л. Б., Теміртас Х. Б.

Технология получения коксика агломерационного производства из отходов анодного производства и угольных брикетов41

Әбдірашит А. М., Махамбетов Е. Н.,

Мыңжасар Е. А., Юджел О.

HSC chemistry 6.0 бағдарламалық кешенін қолдану арқылы орта көміртекті ферромарганецті балқыту термодинамикалық модельдеу48

Адамова Г. Х., Ким А. С., Акбердин А. А., Султангазиев Р. Б.

Құрамында бор бар силикохромды қолдану арқылы төмен көміртекті феррохромды балқыту процесін термодинамикалық модельдеу52

Аубакиров А. М., Калиакпаров А. Г., Жунусов А. К. Сравнительная характеристика восстановителей при углетермическом восстановлении марганцевого сырья	57
Ахметжанов А. Х., Жакупов А. Н. Физикохимия доменных шлаков	62
Бекенова А. М. Дефекты наружной и внутренней поверхности бесшовных труб.....	66
Богомолов А. В., Канаев А. Т. Технология регулируемого охлаждения угловых прокатных профилей 71	
Быков П. О. Исследование стальных непрерывнолитых заготовок для производства помольных шаров большого диаметра	77
Быков П. О., Жунусов А. К. Перспективы применения водорода для металлургических процессов в Казахстане	82
Deigraf I. E., Zhunusov A. K., Kuandykov A. B. Aluminum rod usage in steel production	85
Yepaneshnikova A. A., Ulyeva G. A., Merculov V. V. Recycling of glass waste	88
Yerzhanov A. S., Zhaslan R. K., Bulekova G. A., Yerden B. Zh. Casting and rolling units	94
Жакупов А. Н., Жакупова А. Т., Богомолов А. В. Совершенствование технологии термической обработки бесшовных труб.....	100
Жунусова А. К., Быков П. О. Жунусов А. К., Заякин О. В. Отходы металлургического производства как альтернативные минерально-сырьевые ресурсы	106
Кажмухамбетов Ж. Б. Современная технология получения мелющих катаных шаров	112
Калиакпаров А. Г. Некоторые аспекты подготовки инженерных кадров для металлургии и проектного дела.....	118
Камаров А. У. Влияния динамических нагрузок прокатных станов на геометрические дефекты прокатной продукции.....	124
Каменов А. А. Методы исследования электрических свойств чугуна, применяемого для заливки анодов алюминиевых электролизеров	128
Кель И. Н., Заякин О. В., Сычев А. В., Михайлова Л. Ю., Ренев Д. С. Алюминотермический способ получения комплексных ниобийсодержащих ферросплавов	135

Куандыков А. Б., Быков П. О. Применение активных зернистых фильтров при обработке первичного алюминия.....	140
Каршыға З. Б., Ультаракова А. А., Найманбаев М. А., Силачѳв И. Ю., Орынбаев Б. М. Извлечение редкоземельных металлов при кислотном выщелачивании твердых отходов производства экстракционной фосфорной кислоты... 145	
Муратбек Л., Быков П. О., Шошай Ж. Жіксіз болат құбырларды илемдеу барысында сапасын арттыру жағдайында отқабыршықты зерттеу.....	153
Мухтарханова Г. К., Әділканова М. Ә., Быков Р. А. Особенности переработки окисленных медных руд месторождений Казахстана	157
Мырғасар Е. А., Махамбетов Е. Н., Әбдірашит А. М., Нурумғалиев А. Х., Юджел О. Силикомарганецті зертханалық жағдайда жаңа шикіқұраммен алуды зерттеу	164
Abdullina S. A., Maslennikov O. O., Nurkanova M. K. Investigation of zinc ore processing using heap leaching.....	169
Пермяков Н. А., Заякин О. В., Кель И. Н., Шартдинов Р. Р. Изучение зависимости температур кристаллизации оксидной системы $NB_2O_3-SiO_2-CAO-TiO_2-Al_2O_3$ от основности.....	175
Теміртағ Х. Б., Жунусов А. К., Жунусова А. К. Ақсу феррокорытпа зауытында марганец агломератын өндіру.....	180
Толымбекова Л. Б. Способы переработка отвалных шлаков феррохрома.....	185
Тугелбай Е. С., Әділканова М. Ә. Изучение вещественного состава сульфидной медной руды.....	192
Тюлюбаев Р. А., Таскарина А. Ж., Абдрахманов Е. С. Исследования размалывающего оборудования для измельчения высокодисперсных материалов	196
Тюлюбаев Р. А., Жунусов А. К., Кулумбаев Н. К. Анализ переработки алюминиевых отходов	201
Шошай Ж., Жунусов А. К., Жунусова А. К., Кулумбаев Н. К. Болат өндірісінде тотықсыздандырғыштарды қолдану	206
Шошай Ж., Абсолямова Д. Р., Жунусов А. К. Ақсу феррокорытпа зауытының агломерациялық цехы жағдайында «Шығыс қамыс» марганец концентратының қалдықтарын агломерациялау	209
Шошай Ж. Ш., Сапинов Р. В., Сүйіндіков М. М., Бакиров А. Г. Металл балқымаларындағы металл емес кірінділердің сипатын зерттеу	212
Шошай Ж., Тусупбекова М. Ж., Жунусов А. К., Жунусова А. К. Феррокорытпа өндірісінде көміртекті материалдарды пайдалануды талдау	217

Шошай Ж., Сапинов Р. В., Саденова М. А., Варбанов П. С. Техногендік және электронды қалдықтардан алтынды алу мүмкіндіктері мен мәселелері.....	220
Секция 2. Инженериядағы заманауи технологиялар Секция 2. Современные технологии в инженерии	
Алькеева А. Ж., Жуkenова Г. А. Әлсіз негіздерде қалқымалы үйінділерді жобалаудың теориялық негіздері.....	224
Бекберген Ұ. Е., Әділқанова М. Ә. Исследование по снижению содержания примесей Na, K в цинковом концентрате, за счет обогащения руды в тяжелых суспензиях.....	228
Белякова С. А., Кудерин М. К. Экспериментальные исследования по технологии уплотнения слабых водонасыщенных глинистых грунтов с устройством прорезей в основании.....	237
Быков П. О., Суханова Ж. Г. Компьютерное моделирование процессов литья прокатных валков из ТШХН-50.....	243
Быков П. О., Арынгазин К. Ш., Богомолов А. В., Глеулесов А. К., Алдунгарова А. К. Комплексное использование шламов глиноземного производства и вторичных сталеплавильных шлаков при получении бетонов.....	250
Евтушенко Т. Л., Мусина Л. Р., Деревягин С. И. Анализ влияния шероховатости сопрягаемых поверхностей на показатели эксплуатационных свойств высокоточных изделий.....	256
Жандарбек Ж. Е., Жуkenова Г. А., Рахмедов К. Р. Сандық модельдеуге негізделген көлбеу тұрақтылықты талдау.....	261
Калиакпаров Д. Е., Сыздықов Е. С., Саканов К. Т. Дорзит – заполнитель дорожного бетона.....	266
Клеукина А. М., Быков Р. А. Оптимизация процесса флотации сульфидных тонковкрапленных руд месторождения «Гишинское».....	272
Кушкумбаев Ч. А., Абдрахманов Е. С., Теміртас Х. Б. Исследования сводообразования в бункерных емкостях для хранения анодных материалов.....	277
Қожан И. Қ., Жуkenова Г. А. Экологичное строительство в Казахстане: преимущества активных, пассивных и умных домов.....	283

Маздубай А. В., Шеров К. Т., Сулейменов А. Д. Применение программы ANSYS WB для математического моделирования процесса фрезерования с термофрикционной обработкой.....	289
Муса С. Е., Кудерин М. К. Возможности использования легкого ячеистого бетона в дорожном покрытии: обзор.....	296
Муса С. Е., Кудерин М. К. Математический метод для моделирования свойств ячеистых структур.....	302
Мусабаева А. Е., Саканов К. Т. Анализ прочности приопорных участков пустотных плит: способы повышения надежности конструкций.....	306
Ордабаев М. М., Кудерин М. К. Анализ несущей способности тонкостенных балок при различных видах загрузений.....	310
Саврова А. Ю., Кудерин М. К. Моделирование нагружения предварительно напряженного элемента железобетонной конструкции с помощью программы «ANSYS».....	317
Саврова А. Ю., Кудерин М. К. Обзор современных подходов и практические рекомендации по проектированию систем предварительного натяжения с использованием метода конечных элементов.....	324
Темертас Б. К., Саканов К. Т. Организация строительства на основе современных технологий.....	329
Темертас Б. К., Саканов К. Т. Достоинства и недостатки новых строительных технологий, связанных с развитием научно-технического прогресса.....	335
Туысхан К., Ахметова Г. Е. Разработка композиционных материалов на основе «Металл-неметалл» с использованием микро- и нанокремнезема.....	341

**«МЕТАЛЛУРГИЯ» КАФЕДРАСЫНЫҢ
40-ЖЫЛДЫҒЫНА ОРАЙ ӨТЕТІН
«МЕТАЛЛУРГИЯ САЛАСЫНЫҢ МӘСЕЛЕЛЕРІ МЕН
ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ: ТЕОРИЯ ЖӘНЕ ПРАКТИКА»
КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ
МАТЕРИАЛДАРЫ**

Техникалық редактор: А. Р. Омарова
Корректор: Д. А. Кожас
Компьютерде беттеген: З. С. Исакова, З. Ж. Шоқубаева
Басуға 31.05.2023 ж.
Әріп түрі Times.
Пішім $29,7 \times 42 \frac{1}{4}$. Офсеттік қағаз.
Шартты баспа табағы 20,25. Таралымы 500 дана.
Тапсырыс № 4097

«Toraighyrov University» баспасы
«Торайғыров университеті» КЕ АҚ
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64.