

Состав шлаков металлургических заводов Карагандинской области: научный обзор

¹**АРИНОВА Саня Каскатаевна**, PhD, преподаватель, sanya_kazah@mail.ru,

¹***АЛТЫНОВА Асем Ериковна**, докторант, aasemaa@mail.ru,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»,
пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Рассмотрены техногенные отходы металлургической промышленности, содержащие ценные минеральные компоненты, которые могут быть использованы в качестве сырья для производства материалов, востребованных в различных отраслях. Одним из направлений их применения является производство огнеупоров многофункционального назначения, в том числе футеровки тепловых агрегатов металлургического производства. Приведен анализ состава шлаков сталеплавильного производства металлургических предприятий Карагандинской области. Цель исследования – определить возможности использования этих шлаков для производства огнеупорного кирпича. Оценены ключевые компоненты шлаков, такие как оксиды кальция, кремния, алюминия и магния, а также их влияние на свойства огнеупорных материалов. Полученные результаты подтверждают перспективность использования местных шлаков для производства высококачественных огнеупоров.

Ключевые слова: шлаки, сталеплавильные шлаки, химический состав, минералогические свойства, технологии переработки, огнеупорные кирпичи.

Введение

Шлаки, образующиеся в процессе металлургического производства, являются важными побочными продуктами, требующими внимательного изучения как с точки зрения технологии, так и экологии. Шлаки играют ключевую роль в металлургическом процессе. Они образуются при выплавке металлов из руды и содержат примеси, которые не удалось удалить в ходе основного процесса. Эти материалы могут оказывать значительное влияние на эффективность металлургического производства, а также на качество конечной продукции. Например, шлаки могут влиять на температуру плавления и вязкость расплавленного металла, что отражается на процессах литья и обработки.

Не менее важен экологический аспект, связанный с образованием шлаков. Неправильная утилизация этих материалов может привести к серьезным последствиям для окружающей среды, включая загрязнение почвы и водных ресурсов токсичными элементами. Поэтому разработка эффективных методов переработки и утилизации становится важной задачей для металлургической отрасли. Шлаки, образующиеся в процессе металлургического производства, могут

быть использованы в различных отраслях, и особенно перспективно их применение в производстве огнеупорных кирпичей. Эти кирпичи являются ключевыми материалами для строительства высокотемпературных печей и котлов в металлургии, где требуется высокая термостойкость и прочность.

Шлаки, богатые оксидами магния и кальция, обладают отличными огнеупорными свойствами. В частности, кальцийсиликаты и магнезиасиликаты, содержащиеся в шлаках, могут служить основными компонентами для производства огнеупорных кирпичей, обеспечивая необходимую устойчивость к агрессивным химическим средам и высоким температурам в процессе металлургической обработки.

Таким образом, анализ состава шлаков металлургических заводов Карагандинской области не только позволит лучше понять их химические и минералогические характеристики, но и оценить их пригодность для использования в производстве огнеупорных материалов. Это может способствовать более эффективному использованию отходов металлургической отрасли и снижению их негативного воздействия на окружающую среду.

Исследовательская часть и обсуждение результатов

Шлаки металлургического производства состоят из комплекса минералов и химических соединений, которые формируются в результате химических реакций в процессе плавки. Основные компоненты шлаков включают оксиды металлов, силикатные фазы, металлические включения и примеси.

Анализ шлаков металлургических заводов Карагандинской области

На основе исследований состава шлаков, проведенных для Карагандинского металлургического комбината, можно отметить, что шлаки содержат высокие концентрации оксидов кальция и кремния, что обусловлено использованием флюсов для формирования кальцийсиликатных фаз [12].

В состав шлаков также входят оксиды алюминия и магния, что улучшает их свойства. Металлические включения, такие как остаточное железо и марганец, присутствуют в меньших количествах [13].

Производственные процессы: доменная плавка чугуна и конверторная плавка стали.

Шлаки, образующиеся на ТОО «АрселорМиттал Темиртау», характеризуются

высоким содержанием кальцийсиликатов и магнезиасиликатов, что обусловлено использованием магнезия и кальция в качестве флюсов [14].

Состав шлаков также включает оксиды кремния и алюминия, а также остаточное железо и марганец [15].

Производственные процессы: доменная плавка чугуна, конверторная плавка стали и прокат.

Состав шлаков Карагандинского завода ферросплавов включает высокие концентрации оксидов кальция и марганца, что связано с производством ферросплавов, таких как ферромарганец. Также присутствуют магнезиасиликаты и алюмосиликаты, образующиеся при добавлении магнезия и алюминия.

Производственные процессы: электродуговая плавка для производства ферросплавов.

Шлаки с Карагандинского завода по переработке вторичных материалов характеризуются переменным составом, в котором преобладают кальцийсиликаты и алюмосиликаты, полученные в процессе переработки металлургических отходов.

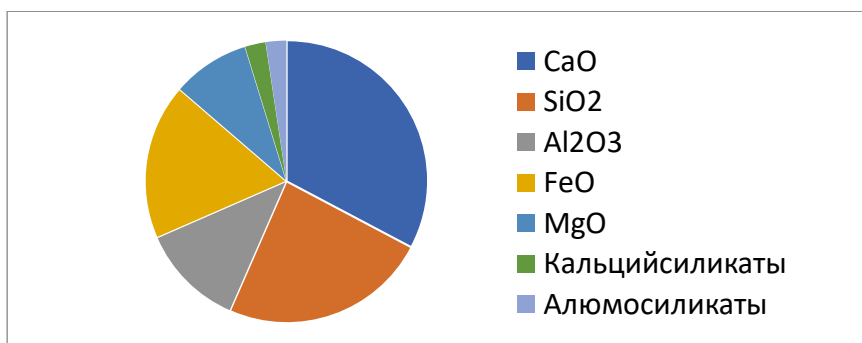


Рисунок 1 – Химический состав шлака Карагандинского металлургического комбината

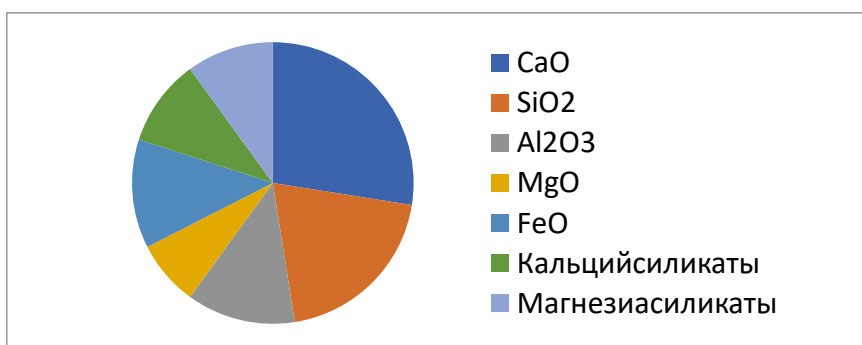


Рисунок 2 – Химический состав шлака ТОО «АрселорМиттал Темиртау», сейчас АО «Qarmet»

Присутствие остаточных металлов, таких как железо и алюминий, также наблюдается.

Состав шлаков металлургических заводов Карагандинской области варьируется в зависимости от технологии производства и используемых сырьевых материалов. Основными компонентами являются оксиды кальция, кремния, алюминия и магния, а также силикаты и металлические включения. Эти данные позволяют лучше понять химические процессы, происходящие в металлургии, и могут быть использованы для оптимизации процессов переработки шлаков и улучшения экологии региона.

Огнеупорные кирпичи являются важным элементом в строительстве и эксплуатации высокотемпературных промышленных печей и котлов. Они должны обладать высоким уровнем термостойкости, прочности и устойчивости к агрессивным химическим средам. Состав шлаков, подходящих для производства огнеупорного кирпича, определяется

их химическим составом и минералогической структурой.

На основе данных из научных исследований, как видно из таблицы, Карагандинский завод ферросплавов и Карагандинский завод по переработке вторичных материалов наиболее подходят для производства огнеупорного кирпича. Эти шлаки содержат высокий уровень кальцийсиликатов и магнезиасиликатов, что подтверждается исследованиями как ключевые факторы, обеспечивающие отличные огнеупорные свойства. Их состав также оптимально сбалансирован по содержанию магнезии и кремния, что дополнительно улучшает термостойкость.

Карагандинский металлургический комбинат и АО «Кармет» имеют более низкое содержание магнезии и могут иметь более высокое содержание FeO, что может ограничивать их использование для огнеупорных материалов. Исследования показывают, что высокое содержание FeO может негативно влиять на термостойкость, а недостаток

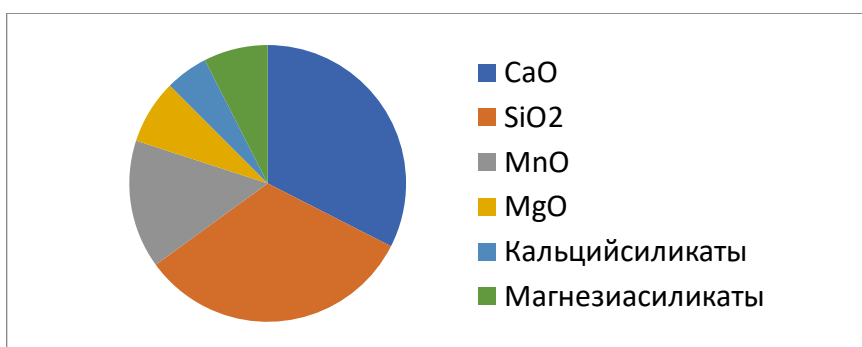


Рисунок 3 – Химический состав шлака Карагандинского завода ферросплавов

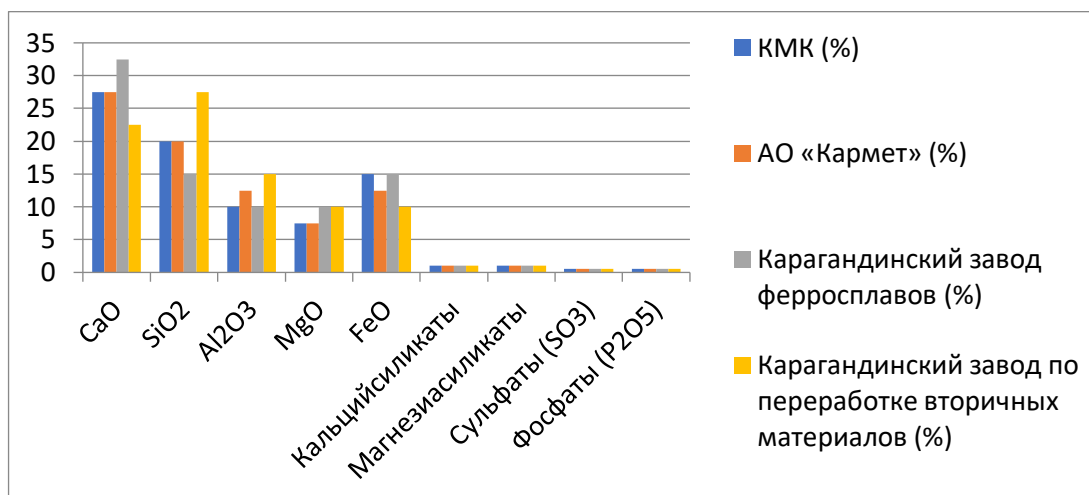


Рисунок 4 – Химический состав шлаков заводов Карагандинской области

магнезии может снижать долговечность.

Закключение

Таким образом, проведенный анализ состава шлаков предприятий Карагандинской области позволяет сделать следующие выводы:

1. Высокое содержание оксидов магния (MgO): Магнезия (MgO) обладает отличной термостойкостью и устойчивостью к основным шлакам и кислотным условиям. В огнеупорных кирпичах магнезия способствует их долговечности при высоких температурах.

2. Низкое содержание оксидов кремния (SiO_2): Высокое содержание SiO_2 может снизить термостойкость кирпичей. Для огнеупорных кирпичей требуется сбалансированное содержание кремния, чтобы избежать

образования слабых фаз в структуре материала.

3. Высокое содержание кальцийсиликатов и магнезиасиликатов: Эти фазы, такие как ($CaO \cdot SiO_2$) и ($MgO \cdot SiO_2$), обладают отличными огнеупорными свойствами и должны быть основными компонентами в составе шлаков для производства огнеупорного кирпича.

4. Низкое содержание сульфатов и фосфатов: Сульфаты (SO_3) и фосфаты (P_2O_5) могут ослаблять прочность огнеупорного материала и снижать его долговечность.

Исследование выполнено при финансировании Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP23487471).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев, В.И., & Чистяков, М.В. (2010). Химический состав и свойства шлаков доменной плавки // Металлургия.
2. Савельев, В.Н., & Киселев, В.В. (2009). Физико-химические свойства шлаков металлургического производства // Проблемы металлургии и материаловедения.
3. Ляпунов, А.В. (2004). Основы металлургии. М.: Издательство Наука.
4. Шлыков, В.П., & Хохлов, И.В. (2012). Шлаки и их переработка в металлургии // Наука и техника.
5. Смирнов, В. П. (2008). Технология металлургических процессов // Техническая литература.
6. Матвеев, А.С., & Дорофеев, И.Г. (2007). Силикатные фазы в шлаках // Научный журнал.
7. Иванов, Ю.А. (2011). Алюмосиликаты в металлургии. Издательство Техносфера.
8. Федоров, И.Н. (2013). Металлические включения в шлаках // Журнал металлургии.
9. Петров, В.В. (2012). Марганец и его соединения // Научно-техническое издание.
10. Попов, А.А. (2009). Сера в шлаках металлургического производства // Металлургический журнал.
11. Борисов, В.Н. (2010). Фосфорные соединения в шлаках // Журнал химической технологии.
12. Отчеты Карагандинского металлургического комбината. (2020). Техническая документация.
13. Отчеты ТОО «АрселорМиттал Темиртау». (2021). Корпоративные исследования.
14. Отчеты Карагандинского завода ферросплавов. (2019). Технические публикации.
15. Отчеты Карагандинского завода по переработке вторичных материалов. (2022). Научные исследования.

Қарағанды облысының металлургиялық зауыттарынан алынған қождың құрамы: ғылыми шолу

¹**АРИНОВА Сания Қасқатайқызы**, PhD, оқытушы, sanya_kazah@mail.ru,

^{1*}**АЛТЫНОВА Асем Ериковна**, докторант, aasemaa@mail.ru,

¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақалада металлургиялық өндірістің техногендік қалдықтары қарастырылған, олар түрлі өндіріс салаларында сұранысқа ие материалдар өндіру үшін шикізат ретінде пайдаланылуы мүмкін бағалы минералды компоненттерді қамтиды. Олардың қолданы-

луының бір бағыты – көпфункционалды отқа төзімді материалдар, оның ішінде металлургиялық өндірістің жылу агрегаттарының футеровкасы. Қарағанды облысындағы металлургиялық кәсіпорындардың болат балқыту өндірісі қалдықтарының құрамы талданған. Зерттеудің мақсаты – бұл қалдықтардың отқа төзімді кірпіш өндірудегі қолдану мүмкіндіктерін анықтау. Қалдықтардың негізгі компоненттері, мысалы, кальций оксиді, кремний оксиді, алюминий және магний оксидтері, сондай-ақ олардың отқа төзімді материалдардың қасиеттеріне әсері бағаланған. Алынған нәтижелер жергілікті қалдықтарды жоғары сапалы отқа төзімді материалдар өндіру үшін пайдаланудың перспективасын растайды.

Кілт сөздер: қождар, болат қождары, химиялық құрамы, минералогиялық қасиеттері, қайта өңдеу технологиялары, отқа төзімді кірпіштер.

Composition of Slag from Metallurgical Plants of The Karaganda Region: Scientific Review

¹**ARINOVA Sania**, PhD, Teacher, sanya_kazah@mail.ru,

¹***ALTYNOVA Asem**, Doctoral Student, aasemaa@mail.ru,

¹NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,

*corresponding author.

Abstract. The technogenic waste from the metallurgical industry is considered, which contains valuable mineral components that can be used as raw materials for the production of materials in demand across various industries. One of the applications of these wastes is the production of multifunctional refractories, including linings for thermal units in metallurgical production. The composition of steelmaking slag from metallurgical enterprises in the Karaganda region is analyzed. The aim of the study is to assess the feasibility of using these slags for the production of refractory bricks. Key components of the slags, such as calcium, silicon, aluminum, and magnesium oxides, and their impact on the properties of refractory materials, are evaluated. The results confirm the potential of using local slags for the production of high-quality refractories.

Keywords: slags, steelmaking slags, chemical composition, mineral properties, recycling technologies, refractory bricks.

REFERENCES

1. Gusev, V.I., & Chistyakov, M.V. (2010). The chemical composition and properties of blast furnace slag // Metallurgy.
2. Saveliev, V.N., & Kiselyov, V.V. (2009). Physico-chemical properties of metallurgical slags // Problems of metallurgy and materials science.
3. Lyapunov, A.V. (2004). Fundamentals of metallurgy. Moscow: Nauka Publishing House.
4. Shlykov, V.P., & Khokhlov, I.V. (2012). Slags and their processing in metallurgy // Science and technology.
5. Smirnov, V.P. (2008). Technology of metallurgical processes // Technical literature.
6. Matveev, A.S., & Dorofeev, I.G. (2007). Silicate phases in slags // Scientific journal.
7. Ivanov, Yu.A. (2011). Aluminosilicates in metallurgy. Technosphere Publishing House.
8. Fedorov, I.N. (2013). Metal inclusions in slags // Journal of Metallurgy.
9. Petrov, V.V. (2012). Manganese and its compounds // Scientific and technical publication.
10. Popov, A.A. (2009). Sulfur in slags of metallurgical production // Metallurgical Magazine.
11. Borisov, V.N. (2010). Phosphoric compounds in slags // Journal of Chemical Technology.
12. Reports of the Karaganda Metallurgical Plant. (2020). Technical documentation.
13. Reports of ArcelorMittal Temirtau LLP. (2021). Corporate research.
14. Reports of the Karaganda Ferroalloy plant. (2019). Technical publications.
15. Reports of the Karaganda recycling plant. (2022). Scientific research.