

УДК 691

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ШЛАКОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

С.А. Дергунов, С.В. Сериков, О.В. Серикова, Д.С. Махина

Оренбургский государственный университет, Российская Федерация

e-mail: dergunow79@mail.ru, alla_ish@mail.ru

Производство металлургии в нашей стране является важнейшей и одной из старейших отраслей. Побочным сырьем при производстве металла являются шлаки, которые в свою очередь служат основным компонентом при производстве строительных материалов. Данные материалы по своей стоимости выходят более дешевыми, чем полученные из природного сырья. На сегодняшний день металлургическая отрасль приносит огромную прибыль в бюджет страны. В связи с чем вопрос о переработке и применению шлаков весьма перспективен в наше время.

Ключевые слова: *шлаки черной металлургии, производство, промышленность, строительные материалы, проблема накопления, переработка.*

PROSPECTS FOR APPLICATION OF BLACK METALLURGY SLAGS

S. Dergunov, S. Serikov, O. Serikova, D. Mahina

Orenburg State University, Russian Federation

e-mail: dergunow79@mail.ru, alla_ish@mail.ru

Metallurgy production in our country is the most important and one of the oldest industries. The slags are secondary raw materials in the metal production. They serve as the main component in the building materials production. These materials are cheaper than analogs from natural raw materials. Today, the metallurgical industry brings huge profits to the country's budget. In this connection, the issue of processing and use of slag is very promising in our time.

Keywords: *slag of ferrous metallurgy, production, industry, building materials, accumulation problem, processing.*

Все техногенные отходы металлургического производства следует разделять на черную и цветную металлургию. Основное применение шлаки черной металлургии нашли в наше время, однако металлургическая промышленность является одной из старейших отраслей промышленности. Производство металла территориально делится на три больших центра. Данными центрами являются Уральский, Сибирский и Центральный. Они пополняют производственными запасами черной и цветной металлургии всю страну. Первостепенно данные металлы идут на производство отечественного машиностроения и оборонной промышленности

Шлаки черной металлургии подразделяются на сталеплавильные, ферросплавные, ваграночные и доменные:

1) Доменные - получают путем выплавки чугуна. В связи с низкой плотностью (примерно в два раза меньше, чем у чугуна) они появляются в верхней части над расплавленным слоем чугуна и впоследствии удаляются. Его применение зависит от

химического способа охлаждения. При охлаждении он может стать камнем или рассыпаться в порошок. Крупные куски используются в качестве щебня, стоимость которого на строительном рынке значительно ниже, чем природного, однако механические свойства у такого щебня зачастую бывают ничуть не хуже.

2) Сталеплавильные – шлаки, полученные при производстве стали в открытых агрегатах. Данные шлаки также собираются на поверхности расплава. Их источники: продукты, полученные при окислении примесей, содержащиеся в чугунах и ломе, добавочные окислители и материалы и другие содержат большое количество железа (20%) и марганца (10%).

3) Ваграночные – появляются при плавке чугуна в вагранке из продуктов окисления, чугуна, золы кокса, остатков в виде пригара формовочной смеси, флюса. Основные компоненты ваграночного шлака — это оксиды (80-90 %). При таком способе производства, в большинстве случаев, получают кислые шлаки с выделением минералов (рудных, меллитов, пироксенов, анортитов), алюмокремнезернистого стекла.

4) Ферросплавные – получают в процессе производства ферросплавов. Они различаются по добавленным к железу химическим элементам: хрому, марганцу, кремнию и др.

Россия опережает все промышленно развитые страны мира по количеству образующихся техногенных отходов на душу населения, но положение с переработкой промышленных отходов в стране остаётся всё же неудовлетворительным. По-прежнему, наибольшее количество отходов производит горно-металлургическая промышленность. На металлургических предприятиях России, в отвалах и шламохранилищах уже скопилось более миллиарда тонн отходов, из которых свыше 506 млн. т. — "наследие" предприятий черной металлургии, из них более 800 млн. т. — цветной. Поэтому, немалой экологической проблемой для России являются тонны отходов металлургического производства, количество которых исчисляется миллиардами. Шлаки являются наиболее массовым техногенным продуктом металлургии, технологии переработки которых наиболее продвинуты.

Данная проблема накопления техногенных металлургических отходов в стране может быть решена лишь только на основе современных технологий и ответственного отношения предприятий к этой проблеме, а именно, необходимо расширение объёмов внедрения действующих технологий рециклинга отходов, стимулирование технологических разработок в области утилизации и переработки отходов и законодательное побуждение промышленных предприятий к снижению объёмов производства отходов.

В целом, металлургическое производство имеет следующие особенности:

1. Технологический процесс производства требует крупных объёмов не только рудного сырья, но и воды, топлива (коксующегося угля, природного газа) и энергии;
2. С массовыми транспортными перевозками связаны взаимозависимость сырьевой и топливно-энергетической базы, а также большой объём готовой продукции;
3. Серьёзные экологические проблемы создают отходы производства и выбросы вредных веществ;
4. Особое значение приобретает вторичная металлургия с целью снижения затрат и экологического риска.

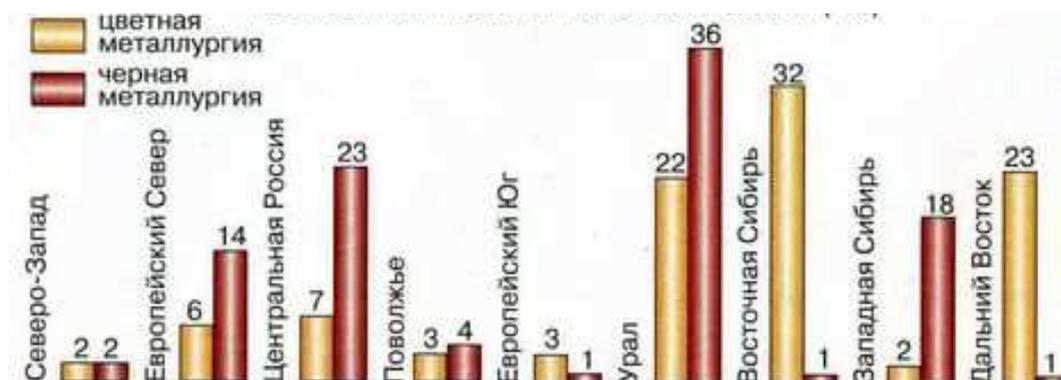


Рисунок 1. – Статистика по производству продукции черной и цветной металлургии по географическим районам России (%)

Шлаки черной металлургии представляют собой ценное сырье для производства ряда строительных материалов и изделий. Данные материалы по своей стоимости выходят более дешевыми, чем полученные из природного сырья. В настоящее время уже почти на всех действующих металлургических предприятиях организованы цехи или отделения по переработке шлака.

Шлаки черной металлургии используют во многих других отраслях. Основными направлениями являются - дорожное строительство, наполнители в асфальтобетон и бетон, в сельском хозяйстве для раскисления почв, а также в качестве железосодержащего материала для вторичной переплавки в доменных печах.

Металлургия является одним из главных "поставщиков" техногенного сырья для промышленности строительных материалов. Особенность ее многотоннажных отходов заключается в том, что техногенное сырье уже прошло высокотемпературную обработку, кристаллические структуры в отходах сформированы и не содержат органических примесей.

Основным потребителем шлаков черной металлургии является цементная промышленность, которая использует ежегодно 20-23 млн. т. гранулированного продукта. При взаимодействии с водой молотый высококальциевый гранулированный (стекло-видный) шлак способен твердеть, образуя при этом прочный камень, подобный цементу. На строительном рынке наиболее эффективным и дешевым является шлаковый цемент, а производство этого цемента не сложно и не требует специального оборудования. Технология его изготовления заключается в том, что сначала гранулированный шлак подсушивается, дозируется необходимыми составляющими и затем проходит стадию помола в мельницах различного типа. Ещё одним важным направлением в использовании гранулированных шлаков является применение их в производстве шлакопортландцемента. Введение шлака в состав цемента в количестве 30-50% не снижает марочной прочности портландцемента. Заводы изготавливают быстротвердеющие шлакопортландцементы с повышенной прочностью - до 600 кг/см², применяя активные стекло-видные шлаки. Вообще, шлакопортландцементы находят самое широкое применение в строительной практике. Особо важную роль они играют в строительстве массивных гидротехнических сооружений. Гранулированные шлаки используют также для производ-

ства шлакощелочных цементов. Они получают путем тонкого помола гранулированного шлака совместно с малогигроскопичным щелочным компонентом или затворением молотого шлака растворами соединений щелочных металлов, так как натрий, литий или калий. Шлакощелочные цементы представляют собой гидравлические вяжущие вещества. Шлаковая пемза (термозит) представляет собой ячеистый материал, получаемый в результате вспучивания расплавленного шлака при быстром его охлаждении. Шлаковая вата представляет собой волокнистый материал, полученный из расплавленного шлака. Она обладает биостойкостью, температуростойкостью (600-7000С⁰), низким коэффициентом теплопроводности (0,038-0,055 Вт/м*град.), имеет высокие звукоизоляционные свойства. Применение шлаковатных изделий разнообразно: они применяются для теплоизоляции горячих и холодных поверхностей, трубопроводов, для утепления стен и покрытий жилых и промышленных зданий, для звукоизоляции в зданиях с повышенным шумом.

При сочетании физических и механических свойств шлакоситаллов обуславливает возможность их широкого использования в строительстве: для полов промышленных и гражданских зданий, декоративной и защитной облицовки наружных и внутренних стен, перегородок, цоколей, футеровки строительных конструкций, подверженных химической агрессии или абразивному износу, кровельных покрытий отапливаемых и неотапливаемых промышленных зданий, облицовки слоистых панелей навесных стен зданий повышенной этажности.

Перечень строительных материалов, полученных из шлаков и область их применения достаточно широка. На некоторых предприятиях (например, ОАО "Северсталь") помимо каталогов, где описана их основная продукция существуют также и прейскуранты на эти материалы, среди которых фракционный щебень из сталеплавильных (дорожное строительство) и доменных шлаков (дорожное строительство, производство бетонов и минеральной ваты), шлак доменный гранулированный (дорожное строительство, производство цементов, раскисление почв) конвертерный шлак (производство цемента).

По данным ОАО «НИИЦЕМЕНТ» около 7,5 млн. т. металлургических отходов, в том числе 3,5 млн. т. доменных гранулированных шлаков, 320 тыс. т. шлаков цветной металлургии и более 1 млн. т. отходов глинозёмного производства в виде нефелиновых ежегодно использует шлакоцементная промышленность. Остальное приходится на отходы других промышленных производств. Проблема переработки шлаков с дальнейшим получением товарных материалов организована далеко не на всех металлургических предприятиях, но с решением данной проблемы объёмы применения техногенных отходов этого типа могли бы быть значительно увеличены.

Однако, далеко не все шлаки металлургии могут быть использованы в качестве вторичных строительных материалов. Не все шлаки могут быть прямо использованы в производстве или их использование может быть экономически нецелесообразно. Это связано с тем, что некоторые из них могут содержать тяжелые металлы и большое количество кислотных соединений. Такие скопления шлаков необходимо размещать на специализированных полигонах, которые предотвращают распространение опасных для окружающей среды элементов из состава шлака.

Еще одно немаловажное использование шлаков черной металлургии нашло применение в сельском хозяйстве, т.к. в нашей стране обширные площади земель, которые имеют повышенную кислотность. Такие земли малоплодородны, так как содержат мало питательных веществ, имеют плохие физические свойства и структуру. Даже при достаточном количестве влаги, а иногда и при внесении минеральных удобрений, почва остается такой же. Вредную для сельскохозяйственных растений кислотность почвы можно устранить известкованием. Проведя процесс известкования почвы, внесенные в грунт специальные добавки обогащают его кальцием, оказывают глубокое и многостороннее действие, а именно уменьшают избыточную кислотность за счет нейтрализации почвы, значительно снижают содержание вредных для растений подвижных ионов алюминия. После этого почва становится более рыхлой, лучше удерживает влагу, повышается жизнедеятельность микроорганизмов, полезных для сельскохозяйственных растений. Материалами для известкования кислых почв являются молотые известняк и доломит. Однако не все районы страны могут позволить себе проводить известкование почвы, в связи с острым дефицитом в известковых удобрениях. Тогда, для решения проблемы повышенной кислотности почв первостепенное значение приобретает использование шлаков черной металлургии. Они могут рассматриваться, как комплексное известковое удобрение, которое наряду с нейтрализующими основаниями содержат фосфор, серу, марганец, микроэлементы. Как показали результаты исследований, внесение в почву шлака в количестве до 2,5% благоприятно сказывается на росте и развитии всех сельскохозяйственных культур.

Еще одним из перспективных и важных применений шлаков черной металлургии стало производства удобрений и мелиорации почв. Процесс производства следующий: исходный шлак дробят, извлекают из него металлические включения и сортируют по крупности на грохотах. Отсев шлака крупностью 0-5 (0-10) мм подвергают пневмокласификации при скорости воздушного потока 12-18 м/с и концентрации отсева шлака в пневмокласификаторе 4-10 кг/м³. В качестве добавок к шлакам используют сыпучие органические и неорганические материалы, такие как навоз, торф, птичий помет, суперфосфат, мочевины и др. Коммерческий результат заключается в том, что снижается себестоимость производства, улучшаются качества и расширяется ассортимент удобрений и мелиорантов на основе металлургических шлаков.

Применение шлаков не ограничивается строительной отраслью. Некоторые разновидности стекол содержащиеся в шлаках, обладают нужными внешними качествами. Таким образом, отвалы шлаков в перспективе могут являться еще и поставщиками нетрадиционного ювелирного и декоративного сырья. Например, опалесцит, стекло-агат и индигофорстерит по своим декоративным характеристикам относятся к группе ювелирно-поделочных камней, которые уже применяют для изготовления вставок в виде кабшонов в броши, кольца, браслеты, серьги и другие ювелирно-художественные изделия.

Черная металлургия – это базовый сегмент отечественной промышленности страны. На данный момент металлургическая отрасль приносит существенный вклад в экономический рост России. По данным аналитиков было подсчитано, что удельный доход в общем объеме промышленных товаров этой отрасли достигает 10%, а в сегменте ва-

лового внутреннего продукта – примерно 4,5%. Стоит говорить о том, что этот вид деятельности приносит огромную прибыль в России. Именно поэтому вопрос о переработке и применении шлаков весьма перспективен в наше время. Черная металлургия - это огромный налогоплательщик, который обеспечивает 14,5% отчислений в бюджет нашего государства. На заводах сектора находится почти 6% главных производственных объемов. Принимая во внимание межотраслевой характер черной металлургии, все процессы, которые наблюдаются в промышленном секторе, оказывают влияние на ее развитие и перспективы.

Перспективы применения шлака свидетельствует о том, что он является ценным техногенным сырьем, из которого можно получать различные функциональные строительные материалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романенко, И.И., Романенко, М.И., Петровнина, И.Н. Новые материалы в дорожном строительстве // Молодой ученый. – 2015. – №7. – С. 198-200. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL <https://moluch.ru/archive/87/16615/>. – Дата доступа: 08.10.2019.
2. Боброва, З. М., Ильина, О. Ю., Хохряков, А. В., Цейтлин, Е. М. Применение отходов горно-металлургических и металлургических производств в целях рационального природопользования // Известия Уральского государственного горного университета. – 2015. – С. 12 – 26 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL <https://iuggu.ru/download/2015-4-Tseitlin.pdf>. – Дата доступа: 10.10.2019.
3. Новейшие достижения в переработке шлака [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL <http://rcit.su/proj-05-02d.html>. – Дата доступа: 15.09.2019.
4. Что такое шлак и для чего его применяют в строительстве [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL <https://zamesbetona.ru/podgotovka/shlak-jeto.html>. – Дата доступа: 05.09.2019.
5. Картамышева, Е.С. Новые технологии переработки отходов производства в современном мире /Е. С., Иванченко Д. С. // Молодой ученый. – 2017. – №51. – С. 115–118.
6. Валуев, Д.В. Технологии переработки металлургических отходов: учебное пособие / Д.В. Валуев, Р.А. Гизатулин // Томский политехнический институт, 2014.–196 с.
7. Дигонский, В.В. Металлургия будущего: учебник / В.В. Дигонский, С.В. Дигонский, А.В. Дигонский, Н.А. Дубинин, Изд-во: Наука. –2015. – 128 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2020

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72:624/628+69(082)

Редакционная коллегия:

Л. М. Парфенова (председатель),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Н. В. Давыденко, Р. М. Платонова

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ
[Электронный ресурс] : электронный сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. Л. М. Парфеновой. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-701-3.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

№ госрегистрации 3671815379.

ISBN 978-985-531-701-3

@Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Технический редактор *Т. А. Дарьянова.*

Компьютерная верстка *Т. А. Дарьяновой.*

Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой.*

Подписано к использованию 09.09.2020.

Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>