

Лиманкин В. В., Старцев Е. А., Бельский В. В.
V. V. Limankin, E. A. Startsev, V. V. Belskii

НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

DIRECTIONS FOR PROCESSING TECHNOGENIC WASTE FROM FAR EASTERN METALLURGICAL ENTERPRISES

Лиманкин Владимир Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиностроение» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); тел. 8(962)297-06-28. E-mail: vladimir.limankin@mail.ru.

Vladimir V. Limankin – PhD in Engineering, Associate Professor, Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); tel. 8(962)297-06-28. E-mail: vladimir.limankin@mail.ru.

Старцев Егор Андреевич – старший преподаватель кафедры «Технология сварочного и металлургического производства имени В. И. Муравьева» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); тел. 8(914)188-05-45. E-mail: egorstarts@inbox.ru.

Egor A. Startsev – Senior Lecturer, Department of Technology of Welding and Metallurgical Production named after V. I. Muravyov, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); tel. 8(914)188-05-45. E-mail: egorstarts@inbox.ru.

Бельский Валерий Владимирович – доцент кафедры «Химия и химические технологии» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); тел. 8(962)297-81-31. E-mail: v.belskiy63@mail.ru.

Valerii V. Belskii – Associate Professor, Chemistry and Chemical Technologies Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); tel. 8(962)297-81-31. E-mail: v.belskiy63@mail.ru.

Аннотация. Рассмотрены основные направления переработки техногенных отходов дальневосточных металлургических предприятий. Приводится анализ технологий переработки техногенных отходов, таких как шлак дуговых электросталеплавильных печей, шлак агрегатов ковш-печь, пыль газоочистки, окалина металлургическая и т. д. Приводятся возможности внедрения новых технологий для переработки техногенных отходов дальневосточных металлургических предприятий.

Summary. The main directions of processing man-made waste from Far Eastern metallurgical enterprises are considered. The analysis of technologies for processing man-made waste, such as slag from electric arc furnaces, slag from ladle furnace units, gas purification dust, metallurgical scale, etc. is given. The possibilities of introducing new technologies for processing man-made waste from Far Eastern metallurgical enterprises are presented.

Ключевые слова: металлургические предприятия, техногенные отходы, шлак ДСП, шлак АКП, пыль газоочистки, окалина металлургическая, шлам, переработка.

Key words: metallurgical enterprises, industrial waste, chipboard slag, automatic transmission slag, gas cleaning dust, metallurgical scale, sludge, processing.

УДК 669.054.8

При достигнутом уровне индустриального развития защита и сохранение окружающей среды являются основными проблемами современности [1]. Наибольший урон природе наносят промышленные предприятия, среди которых металлургические заводы занимают далеко не последнее место [2]. Современные природоохранные технологии (системы газоочистки, замкнутые циклы оборотного водоснабжения и т. п.), внедряемые при модернизации и реконструкции металлургических предприятий, значительно снижают вредное воздействие металлургического производства на окружающую среду, но не устраняют его полностью [3–5]. Интенсивное развитие промышлен-

ного потенциала российского Дальнего Востока обостряет экологические вызовы и требует поиска путей их решения.

Современное производство на металлургических предприятиях, таких как действующий в г. Комсомольске-на-Амуре Хабаровского края завод «Амурсталь», планируемый к вводу в строй в текущем десятилетии «Приморский металлургический завод» («ПМЗ») в г. Большой Камень Приморского края, литейное производство на дальневосточных машиностроительных заводах сопровождаются образованием значительного количества побочных продуктов, не находящихся применения в основной технологии и классифицируемых как техногенные отходы. К таким побочным продуктам относятся:

- шлак дуговых электросталеплавильных печей (шлак ДСП), норма образования около 0,165 т/т стали;
- шлак агрегатов ковш-печь (шлак АКП), норма образования около 0,026 т/т стали;
- пыль газоочистки, норма образования около 0,025 т/т стали;
- окалина металлургическая, норма образования около 0,04 т/т проката;
- шлам из отстойников систем оборотного водоснабжения (замасленная мелкодисперсная окалина), норма образования около 0,004 т/т проката;
- отходы от зачистки железнодорожных вагонов и контейнеров из-под металлолома, норма образования около 0,01 т/т металлолома.

С учётом достигнутой годовой производственной мощности ООО «Амурсталь» (около 1 млн т стали, 600 тыс. т проката), проектной годовой мощности «ПМЗ» (1,5 млн т проката, 220 тыс. т труб) речь идёт об образовании ежегодно более 340 тыс. т техногенных отходов, из которых более 150 тыс. т пока не имеют отработанных технологий утилизации и будут накапливаться на полигонах и в отвалах.

Ориентировочные объёмы образования техногенных отходов металлургического производства представлены в табл. 1.

Таблица 1

Объёмы образования техногенных отходов на заводах ДФО

Предприятие	Шлак ДСП, т	Шлак АКП, т	Пыль г/о, т	Окалина, т	Шлам, т	Зачистка ж/д вагонов, т	Всего, т
Амурсталь	165 000	26 000	25 000	64 000	2400	12 000	294 400
ПМЗ	-	-	-	40 000	6500	-	46 500
Итого	165 000	26 000	25 000	104 000	8900	12 000	340 900

Утилизация техногенных отходов металлургического производства является актуальной проблемой современности, требующей кардинального решения. В то же время при грамотном подходе техногенные отходы могут использоваться как ценное минеральное сырьё, из которого после переработки можно получить товарную продукцию, востребованную определёнными сегментами рынка [6–9]. В настоящее время найдены приемлемые технологии переработки для ограниченного числа побочных продуктов: для шлака ДСП, пыли газоочистки и металлургической окалины.

Шлак ДСП перерабатывается в шлаковые песок и щебень различных фракций, которые затем используются в строительной отрасли [10–12]. Также в последнее время активно исследуются способы переработки шлаков ДСП в сварочные материалы, такие как сварочные флюсы и порошковые проволоки, и их влияние на металл шва [13–14].

Следует отметить, что благодаря усилиям специалистов заводской экологической службы на комсомольском металлургическом предприятии, одном из немногих в стране, успешно решена проблема утилизации пыли газоочистки. В настоящее время пыль газоочистки с добавлением небольшого количества шлама из отстойников используется в качестве железосодержащей добавки на дальневосточных цементных заводах. Однако в ближайшей перспективе с увеличением в шихте

ДСП доли лома от переработки оцинкованных кузовов автомобилей из-за повышения содержания вредной для цементного оборудования окиси цинка риск отказа от этого способа утилизации пыли газоочистки значительно возрастает, следовательно, возникает необходимость в разработке альтернативной технологии.

Самый распространённый способ утилизации металлургической окалины – использование в качестве сырьевой добавки в доменном производстве, но транспортное плечо более 5000 км до ближайшего металлургического комбината с полным циклом и существующие железнодорожные тарифы делают для предприятий Дальнего Востока этот способ переработки окалины экономически нецелесообразным.

Остальные побочные продукты металлургического производства не находят применения и, как правило, складываются без переработки на шлаковых отвалах или полигонах, нанося невосполнимый ущерб окружающей среде.

В качестве возможных вариантов предлагается рассмотреть следующие направления переработки побочных продуктов, не находящихся в настоящее время применения:

1. Шлак АКП представляет собой порошкообразный материал, содержащий около 40 % СаО.

После отделения магнитной фракции и отсева остатков печного шлака (–1 %) предлагается проработать возможность использования шлака АКП в технологии Амурского гидрOMETаллургического комбината (ООО «АГМК», г. Амурск) в качестве частичной замены извести, завозимой из Сибири.

После предварительного брикетирования шлак АКП предлагается повторно использовать при выплавке стали в дуговой сталеплавильной печи для раннего шлакообразования с целью снижения расхода свежееобожжённой извести.

2. Металлургическая окалина, шлам из отстойников оборотного водоснабжения имеют одинаковую природу происхождения и являются окислами железа, отличаясь только фракцией.

В качестве основного направления переработки этих побочных продуктов предлагается разработать технологию получения товарного чугуна методом восстановительной плавки в дуговой печи небольшой ёмкости. В качестве восстановителя окислов железа предлагается использовать кокс, содержащий более 90 % углерода и получаемый на нефтеперерабатывающем заводе г. Комсомольска-на-Амуре (РН-Комсомольский НПЗ) [15], или такие восстановители, как графит, электродный бой и др. Эту же технологию можно будет использовать в качестве альтернативной для переработки пыли газоочистки в случае отказа цементных заводов от её использования.

3. Отходы от зачистки железнодорожных вагонов и контейнеров из-под металлолома представляют собой сложную смесь минеральных и органических соединений с небольшим (до 10 %) содержанием чёрных и цветных металлов. Основной задачей технологии переработки данного побочного продукта является разделение этой смеси на органическую и минеральную составляющие с отделением металлов для дальнейшей их переработки.

Имеющийся опыт показывает, что существенное влияние на стоимость переработки техногенных отходов оказывают транспортные расходы. Поэтому центры по переработке необходимо располагать в непосредственной близости от источника образования отходов. В случае с техногенными отходами ООО «Амурсталь» сложилась ситуация, когда сочетание нескольких благоприятных факторов позволяет реализовать их переработку с минимальными эксплуатационными затратами.

Ожидаемый объём образования отходов на «Приморском металлургическом заводе» гораздо ниже, чем на ООО «Амурсталь», и после ввода его в эксплуатацию достаточно будет масштабировать отработанную технологию переработки металлургической окалины и шлама и реализовать её в непосредственной близости от места их образования.

Конечно, перечень предлагаемых технологий переработки техногенных отходов металлургического производства не является исчерпывающим и может быть значительно расширен после детального изучения сути проблемы, для чего необходимо активно использовать интеллектуальные и технические ресурсы как вузовской, так и академической науки ДФО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Снижение экологической нагрузки при обращении со шлаками чёрной металлургии: моногр. / К. Г. Пугин [и др.]. – Пермь: Перм. гос. техн. ун-т, 2008. – 316 с.
2. Панфилов, М. И. Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии / М. И. Панфилов [и др.]. – М.: Металлургия, 1987. – 238 с.
3. Румянцева, Г. А. Анализ технологий комплексной переработки сталеплавильных шлаков / Г. А. Румянцева, Б. М. Немененок, Т. Х. Джураев // Металлургия: республиканский межведомственный сборник научных трудов. Вып. 36. – Минск: БНТУ, 2015. – С. 30-39.
4. Современные технологии и оборудование по переработке и использованию техногенных отходов металлургического производства / Л. А. Смирнов [и др.] // Труды Конгресса с международным участием и Конференции молодых учёных «Фундаментальные исследования и прикладные разработки процессов переработки и утилизации техногенных образований» V Форума «Уральский рынок лома, промышленных и коммунальных отходов». – Екатеринбург: УрО РАН, 2017. – С. 29-33.
5. Экологически чистые технологические процессы и оборудование для переработки металлургических шлаков / Ю. В. Сорокин [и др.] // Международная конференция «Чёрная металлургия в XXI веке». – М.: Металлургия, 1994. – С. 273-276.
6. Демин, Б. Л. Техногенные образования из металлургических шлаков как объект комплексной переработки / Б. Л. Демин, Ю. В. Сорокин, А. И. Зимин // Сталь. – 2000. – № 11. – С. 99-102.
7. Шешуков, Ю. А. Безотходная переработка ковшевого и электропечного шлака / Ю. А. Шешуков, Д. К. Егизарьян, Д. А. Лобанов // Известия вузов. Чёрная металлургия. – 2021. – Т. 64. – № 3. – С. 192-199.
8. Tsakiridis P. E., Papadimitriou G. D., Tsivilis S., Koroneos C. Utilization of steel slag for Portland cement clinker production // Journal of Hazardous Materials. 2008. Vol. 152. No. 2. P. 805-811. <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.07.093>.
9. Бардин, И. П. Шлаки – ценнейший материал / И. П. Бардин // Строительная газета. – 1955. – № 7. – С. 10.
10. ГОСТ 3344-83. Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия = Slag crushed stone and slag sand for road construction. Specifications: межгосударственный стандарт: издание официальное: утверждён и введён в действие Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 20 октября 1983 г. № 281: взамен ГОСТ 3344-73 и ГОСТ 23759-79: дата введения 1985-01-01 / Госстрой России. – М.: Стандартинформ, 2007. – 11 с.
11. ГОСТ 5578-2019. Щебень и песок из шлаков чёрной и цветной металлургии для бетонов. Технические условия = Slag crushed stone and slag sand of ferrous and non-ferrous metallurgy for concretes. Specifications: межгосударственный стандарт: издание официальное: утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 ноября 2019 г. №11107-ст: взамен ГОСТ 5578-94: дата введения 2020-06-01 / Разработан Техническим комитетом по стандартизации ТК 144 «Строительные материалы и изделия». – М.: Стандартинформ, 2020. – 15 с.
12. ГОСТ 32826-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и песок шлаковые. Технические требования = Automobile roads of general use. Slag rubble and sand. Technical requirements: межгосударственный стандарт: издание официальное: утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 февраля 2015 г. № 48-ст: введён впервые: дата введения 2015-07-01 / Разработан Обществом с ограниченной ответственностью «Центр метрологии, испытаний и стандартизации», Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 418 «Дорожное хозяйство». – М.: Стандартинформ, 2019. – 12 с.
13. Бахматов, П. В. Влияние режимов дуговой сварки под слоем экспериментального флюса на распределение внутренних напряжений в сварных образцах, выявленных методом магнитной памяти металлов / П. В. Бахматов, Е. А. Старцев // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2023. – № V (69). – С. 83-96.
14. Старцев, Е. А. Разработка и исследование сварочной порошковой проволоки, полученной с использованием переработанных отходов металлургического предприятия / Е. А. Старцев, П. В. Бахматов, К. А. Михайлов // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2022. – № V (61). – С. 117-122.
15. ГОСТ 22898-78. Коксы нефтяные малосернистые. Технические условия = Low-sulphur petroleum cokes. Specifications: межгосударственный стандарт: издание официальное: утверждён и введён в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 05 января 1978 г. № 20: взамен ГОСТ 3278-62 и ГОСТ 15833-70: дата введения 1979-01-01 / Разработан и внесён Министерством химической и нефтеперерабатывающей промышленности СССР. – М.: Стандартинформ, 2007. – 14 с.