

УДК 669

Ибрагимов Владислав Эдуардович, аспирант каф. металлургии, ассистент

Бажин Владимир Юрьевич проф., д.т.н.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет» (Россия, г. Санкт-Петербург)

ПРОБЛЕМА ПРОДУЦИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЕЗОПАСНЫХ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ РЕЦИКЛИНГЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

В данной статье проанализирована ситуация, связанная с продуцированием токсичных шлаков при неметаллургическом переплаве вторичного металлизированного алюминиевого сырья в мире, в том числе и на территории Российской Федерации. Дана экономическая и экологическая оценка состояния проблемы. В работе рассмотрены научно-теоретические аспекты образования твердых отходов, а также практические аспекты процесса переработки вторичного алюминиевого сырья, приводящие к сложившимся экономической, политической и экологической ситуациям вокруг предприятий по рециклингу алюминия. Даны перспективные пути решения данной проблемы и направления для исследования.

Ключевые слова: солевые шлаки, продуцирование, рециклинг алюминия, переплав, вторичное сырье, бессолевая технология.

Повышение экономического давления в пользу выявления недорогих вторичных материалов побудило исследователей сконцентрироваться на поиске схем по переработке алюминиевых шлаков для производства высококачественных алюминиевых сплавов. Благодаря комплексу экономических и регуляторных факторов, которые характеризует современное состояние алюминиевой промышленности, погоня за менее дорогими вторичными материалами, которые обладали бы подходящими свойствами для включения их в процессе переплава алюминиевых сплавов, до настоящего времени набирает обороты. Производственные факторы, которые используются при переработке и переплаве металлизированного сырья, определяют объем, стоимость и другие характеристики производства алюминиевых сплавов. Содержание захваченного металла в алюминиевых шлаках определяет экономическую ценность для промышленного плавления.

Основная часть алюминиевого шлака состоит из оксида алюминия, который создается в результате способности алюминия окисляться при температурах процесса переплава алюминиевых сплавов. Плотность алюминиевого шлака составляет около 880 кг/м^3 , это в 3 раза меньше, чем плотность алюминия в жидком состоянии (около $2,375 \text{ кг/м}^3$), что приводит к скоплению шлака на поверхности расплава с другими материалами, обладающими низкой плотностью [1, с. 60]. Чтобы избежать ухудшения свойств конечного алюминиевого сплава, алюминиевый шлак удаляется с поверхности жидкого металла в конце операции переплава [2, с. 1862-1863]. Жидкий алюминий попадает в ловушку алюминиевого шлака в результате традиционного метода выпуска или сгребания шлака, в котором просматривается интенсивное взаимодействие между сплавом алюминия и алюминиевым шлаком [3, с. 48-51]. Металл, попадающий в алюминиевый шлак из-за такого межфазного смешивания, вызывает больше потерь алюминия-чистого металла, чем алюминиевая оксидация [3, с. 48-51].



Рис. 1. Фотография алюминиевого шлака с захваченным сплавом [4, с. 7-8]

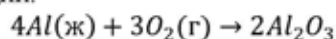
Фотография алюминиевого шлака, на рисунке 1 показывает внешний вид материала и большую объемную долю оксида алюминия относительно захваченного металла [4, с. 7-8]. Соотношение металла и шлака может варьироваться в зависимости от производственных параметров, среднее содержание захваченного металла составляет порядка 65% [5, с. 61-68]. В конечном итоге, выработка алюминиевого шлака в качестве побочного продукта представляет собой неэффективную переплавку алюминия и переработку сырья, потому что является значительным источником потерь алюминия; агрегирование общего веса алюминия в виде чистого металла может составлять до 80% по массе от шлака [6, с. 348-351].

Существуют предприятия, которые плавят алюминий и предприятия, которые перерабатывают шлаки. Так же есть плавильные предприятия, которые собственными мощностями перерабатывают шлаки как возвратные отходы, дополнительно извлекая остаточный алюминий. Они по-разному видят ценность алюминиевого шлака. Первые стремятся свести к минимуму общую стоимость алюминиевого шлака и заземленного жидкого металла при переплаве, чтобы максимизировать доход. Однако, стоимость перепродажи шлака, как побочного продукта для тех, кто перерабатывает шлаки, увеличивается с увеличением содержания захваченного алюминия в шлаке. В

дополнение к определяющим факторам образования алюминиевого шлака в качестве побочного продукта при переплаве являются свойства материала, определяющие его воздействие на окружающую среду.

Экологические проблемы, связанные с производством и утилизацией алюминиевого шлака, также побуждают исследователей искать новые методы переработки. Большой объем производства алюминиевого шлака в качестве побочного продукта является важной экологической проблемой: мировое производство его оценивается в 250,000 тонн в год [6, с. 348-351]. Этот показатель учитывает отходы, продуцируемые большинством предприятий по переплаву алюминия, также он учитывает дополнительные отходы, которые необходимы для того, чтобы обработать данный материал перед утилизацией, в связи с тем, что большинство государств в Европейском Союзе запретили закапывание алюминиевого шлака в землю [7, с. 857, 8, с. 3], к этим странам с 2014 года относится и Российская Федерация. Опасность образования потенциально вредных водорастворимых соединений и других компонентов алюминиевых шлаков, которые будут реагировать с водой, образуя опасные соединения, такие как пахучие, ядовитые и взрывоопасные газы привела к созданию регламента, ограничивающего закапывание алюминиевого шлака [2, с. 1862-1863]. Аммиак, ацетилен, метан и фосфин служат примерами опасных газов, которые генерируются и выделяются в атмосферу в результате дождевых осадков над полигонами захоронений необработанного шлака [2, с. 1862-1863, 3, с. 48-51]. Обработка и переработка алюминиевых шлаков перед захоронением ограничивает появление таких экологически вредных выбросов, но увеличивает себестоимость производства вторичных алюминиевых сплавов [2, с. 1862-1863]. В связи с неопределенной и переменной характеристикой алюминиевых шлаков, риски загрязнения также сковывают действия промышленных плавильщиков в импортировании шлака, который был произведен на других объектах.

Начиная с 2003-х годов на большинстве предприятий Европы и мира плавление ломов алюминия происходит на комплексах из отражательных печей-миксеров и наклонных (и не наклонных) роторных печей. Такой выбор оборудования обосновывается экономической рентабельностью и относительной простотой в обслуживании. Шлак, который образуется в процессе плавки алюминия в отражательных и роторных печах идет на переработку на комплекс роторных печей. Пока съемы стоят, ожидая своей загрузки, в сплавах, где легирующие элементы являются катализаторами, случаются случаи возгорания. Шлак, после съема загорается по реакции:



По данным «Объединения немецких плавильных заводов» (VDS) за одну минуту интенсивного горения шлака окисляется 1 % алюминия [5, с. 61-68].

Переработка алюминиевого шлака с целью извлечения захваченного алюминия обычно сопровождается применением солевых флюсов, как наиболее эффективных на данный момент смачивающих шлак компонентов, обычно это эвтектическая смесь хлоридов и фторидов в количестве 13%-30% от загружаемого металла [9, с. 367-368]. Время, которое затрачивается на переплавку съемов с целью доизвлечения годного продукта составляет значительную часть в общем объеме работы роторных печей плавильного цеха. Но, что более важно, такая технология создает другой отход, который обычно называют соевым шлаком (в Европе и США данный вид отходов называют «соевым тортом»), который представляет собой множество таких же экологических опасностей, как и алюминиевый шлак, закопанный без предварительной правильной переработки [5, с. 61-68]. Ряд исследователей изучили этот вопрос, и предложили альтернативу захоронению для неметаллического «соевого шлака»: бетонные блоки, покровный флюс при производстве стали, огнеупорные материалы и покрытия, которые заменят почву при закапывании горных отходов [10, с. 37, 11, с. 925, 12, с. 107-108]. Извлечение соевого флюса из «соевого шлака» так же возможно, потому что утилизированный хлорид калия может быть переработан в хлористый калий, который продается в качестве удобрения [12, с. 107-108]. Кроме того, алюминий может быть переработан в форму сульфата алюминия по технологии, включающей в себя: дробление, калибровку, очистку воды, дублирование и изоляцию [1, с. 60]. Тем не менее, реализация этих способов с учетом затрат приносит весьма небольшую, а иногда и отрицательную прибыль, в отличие от алюминия в виде чистого металла.

Экономические и экологические мотивы утилизации пост-потребительского алюминиевого сырья привлекают исследователей к поиску технологий, которые бы соответствовали высоким производственным показателям рециклинга алюминия. Повышенная цена металлизированного алюминиевого сырья и ограниченные возможности по захоронению и переработке отходов солевых шлаков стали причиной поиска методов модернизации технических отходов для снижения себестоимости продукции вторичных материалов. Модернизация технологий по переработке и применению шлаков, описанные в предыдущем абзаце, демонстрируют большой потенциал для развития утилизации, но стоимость оборудования ограничивает широкое промышленное внедрение таких технологий, особенно на территории Российской Федерации. Самая распространенная до сих пор стратегия переработки алюминиевого шлака и алюминиевых сплавов остается переработка путем промышленного переплава с восстановлением заземленного металла с помощью солевых флюсов, что в свою очередь образует токсичный соевой шлак.

Необходимо исследовать новые, экологически безопасные эффективные технологии переработки вторичного алюминиевого сырья. Актуальным является разработка новых научно-технических решений

по повышению эффективности переработки металлизированного сырья для синтеза алюминиевых сплавов системы Al-Mg. Известно, что некоторые частные фирмы – производители вторичных алюминиевых сплавов начинают применять свои собственные разработки для экологически чистого производства лигатур и сплавов, но как правило технология применения, так же, как и состав активных рафинирующих агентов являются коммерческой тайной, обеспечивающей конкурентоспособность данных предприятий.

Перспективны поиски композиций флюсов с применением оксидных расплавов, способных растворять значительные количества Al_2O_3 , а также некоторых распространенных минералов горных пород, позволяющих существенно уменьшить выделение вредных выбросов при обработке алюминиевых расплавов.

Работы по развитию разработок в данной сфере уже осуществляются в ведущих научно-исследовательских университетах Российской Федерации, таких как Национальный Минерально-Сырьевой Университет «Горный» и Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», а также в университетах Соединенных Штатов Америки и Японии.

Список литературы

1. Amer, A. (2010). "Aluminum extraction from aluminum industrial wastes." JOM Journal of the Minerals, Metals and Materials Society 62(5), p. 60.
2. Xiao, Y., M. A. Reuter, et al. (2005). "Aluminium Recycling and Environmental Issues of Salt Slag Treatment." Journal of Environmental Science and Health, Part A 40(10), p. 1862-1863.
3. Manfredi, O., W. Wuth, et al. (1997). "Characterizing the physical and chemical properties of aluminum dross." JOM Journal of the Minerals, Metals and Materials Society 49(11): p. 48-51.
4. Urbach, R. (2010). Where are we now in the field of treatment of dross and salt cake from aluminum recycling. International Aluminum Recycling Workshop, Trondheim, Norway., p. 7-8.
5. Ilti, N. and M. G. Drouet (2002). "Comparison of salt-free aluminum dross treatment processes." Resources, Conservation and Recycling 36(1), p. 61-68.
6. Yan, X. (2008). "Chemical and Electrochemical Processing of Aluminum Dross Using Molten Salts." Metallurgical and Materials Transactions B 39(2), p. 348-351
7. Prillhofer, R., B. Prillhofer, et al. (2009). Treatment of residues during aluminum recycling. EPD Congress. M. TMS (The Minerals, & Materials Society), p. 857.
8. Union, T. C. o. t. E. (1999). Council directive 1999/31/EC on the landfill of waste. T. C. o. t. E. Union, Official Journal of the European Communities., p. 3
9. Ch. Schmitz, Handbook of Aluminium Recycling, Vulkan-Verlag, Essen, Germany (2006) p. 367-368.
10. Shinzato, M. C. and R. Hypolito (2005). "Solid waste from aluminum recycling process: characterization and reuse of its economically valuable constituents." Waste Management 25(1), p. 37.
11. Ueda, M., S. Tsukamoto, et al. (2005). "Recovery of aluminum from oxide particles in aluminum dross using molten salt." Journal of Applied Electrochemistry 35(9), p. 925.
12. Hermsmeyer, D., R. Diekmann, et al. (2002). "Physical properties of a soil substitute derived from an aluminum recycling by-product." Journal of Hazardous Materials 95(12): p. 107-108.

Ibragimov Vladislav Eduardovich, postgraduate student of metallurgy department, assistant

Bazhin Vladimir Yuryevich, professor, Ph. D.

Saint-Petersburg mining University (Russia, Saint-Petersburg)

THE PROBLEM OF ENVIRONMENTALLY UNSAFE SOLID WASTES BY THERMAL RECYCLING OF ALUMINUM ALLOYS

This paper analyzes the situation connected with the production of the toxic slag in the pyrometallurgical remelting of secondary metal aluminum raw materials in the world, including in the Russian Federation territory. Given the economic and ecological assessment of the problem. In the article the scientific and theoretical aspects of generation of solid waste, as well as practical aspects of the process of recycling aluminum raw materials, leading to the current economic, political and environmental situation of the enterprises for recycling of aluminum. Given the promising solutions to this problems and directions for research.

Key words: salt slag production, recycling of aluminum, remelting of secondary raw materials, salt-free technology.

УДК 004

Киреева Альбина Ильшатовна, студент

Башкирский государственный университет (Россия, г. Уфа)

КРАТКИЙ ОБЗОР СИСТЕМЫ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

В данной статье определена актуальность применения системы криптографической защиты информации, рассмотрена принцип ее работы. А также представлены способы криптографического закрытия информации.

Ключевые слова: информация, защита информации, криптография, система криптографической защиты информации.

Актуальность защиты информации с каждым днем все возрастает и возрастает. Это связано, прежде всего, тем что, общество перешло на постиндустриальную ступень. Иными словами, 21 век считается информационным обществом, в котором информация представляет себя как товар. И поэтому, получение прибыли за счет продажи информации на сегодняшний день обыденная ситуация.