

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА В ОАО ТАЛКО

К.Н. Пирназарова, Т.М. Умарова

Студентка 1 курса направления «Химия, физика и механика материалов» Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе. 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Бохтар, 35/1,
E-mail: komila.pirnazarova.04@mail.ru

Аннотация

В работе представлен анализ литературных данных по переработке отходов алюминиевого производства на различных предприятиях. Отмечены 2 задачи для решения вопроса переработки отходов алюминиевого производства: первая - поиск способа реализации некондиционного алюминия на ОАО ТАЛКО и вторая - переработка алюминиевого лома (стружка).

Ключевые слова: алюминиевое производство, отходы, некондиционный алюминий, легирование, стружка, переплав, печь.

Таджикский алюминиевый завод – одно из самых мощных промышленных предприятий в стране, в ходе своего развития в июле 2007 года получил новый, производственный статус – Государственное унитарное предприятие «Таджикская алюминиевая компания» (ТАЛКО), а с 1 ноября 2019 года оно было преобразовано в Открытое Акционерное Общество (ОАО) «Таджикская алюминиевая компания» со 100% государственной долей.

Широкое применение алюминия, как известно, обусловлено важнейшими свойствами алюминия – малой плотностью ($2,7 \text{ г/см}^3$), высокой электро- и теплопроводностью, хорошей коррозионной стойкостью в атмосфере и ряде агрессивных сред. Высокая пластичность алюминия обеспечивает хорошую обрабатываемость алюминия давлением, как в холодном, так и в горячем состоянии. Алюминий и его сплавы не теряют пластичности при отрицательных температурах, поэтому из них изготавливают резервуары для криогенных жидкостей, теплообменники для сжижения гелия. В последнее время увеличилось применение алюминия в строительстве, поэтому основная же масса алюминия расходуется на производство алюминиевых сплавов, которые благодаря малой плотности и достаточной прочности широко используются в машиностроении (особенно авиастроении) и строительстве.

Проблема переработки и дальнейшего использования отходов собственного производства становится все более актуальной в связи с возрастающей тенденцией истощения природных минеральных ресурсов. Ежегодно на таджикском алюминиевом заводе (ОАО ТАЛКО) накапливается огромное количество некондиционного алюминия, а также алюминиевый лом, нуждающийся в переработке. В связи с этим, цель работы заключается в решении данной задачи, то есть поиск путей реализации некондиционного алюминия (1) и переработка алюминиевого лома, стружки (рециклинг) (2), анализ имеющейся практики реализации отходов на различных металлургических предприятиях.

Для решения первой задачи (реализации некондиционного алюминия) наиболее эффективным можно считать превращение некондиционного алюминия (с повышенным содержанием железа) в конструкционный материал путем легирования. Решение второго вопроса с утилизацией алюминиевой стружки возможно путём его переплава.

Алюминий легируют многими металлами. Выбор металла в качестве легирующего компонента к алюминию очень важен, так как его присутствие в сплаве, как правило, снижает вредное влияние примесей за счёт образования интерметаллических соединений (Mn, Fe) Al и др. с достаточно отрицательным электродным потенциалом. Разработка новых алюминиевых сплавов путем легирования является реальным и эффективным способом повышения химической стойкости материала, физико-химических и механических свойств.

Для разработки состава конструкционного материала на основе алюминия с высоким содержанием примесей может быть использован вторичный алюминий с содержанием железа до 3%. Кроме этого, сплавы на основе алюминия с добавкой железа и РЗМ могут быть использованы в качестве проводниковых материалов в электронике, для изготовления автомобильных и авиационных двигателей, проводов, кабеля, стержней, шин и других изделий электротехнической промышленности, что позволяет расширить область применения данных сплавов.

Как известно, железо присутствует во всех марках алюминия, обычно оно попадает при использовании железных инструментов при замешивании расплава в процессе литья, а также при неправильном использовании железных остатков. Можно отметить, что сплавы как Al-Fe, которые склонны к образованию кластеров при температуре плавления и выше 500°C, в данном случае атомы в решётке распределяются беспорядочно. С термодинамической точки зрения в системе Al-Fe со стороны Al эвтектика формируется при температуре 655°C. Роль железа в алюминиевом сплаве неоднозначна, с одной стороны - это примесь, которую нужно снижать (подавлять), а с другой - она важна, так как способствует образованию твёрдых фаз, что оказывает благоприятное влияние на физико-химические свойства алюминиевых сплавов. Более того, высокое содержание железа вызывает определённый коэффициент линейного расширения соединения FeAl₃, и может линейно снижаться. Магнитные свойства при введении железа меняются незначительно, более ощутимо меняется термо-ЭДС.

Железо в виде дисперсных частиц распределяется равномерно в деформированном состоянии. Имеются случаи получения сплавов прессованием при высоких скоростях охлаждения капель или подвергаются спеканию, где механические свойства довольно высокие даже при высоких температурах. Этот эффект связан с наличием частиц Al₂O₃, а не присутствием в сплаве железа. Исследование особо прочных и особо проводящих сплавов Al-Fe показало: модуль упругости сдвига повышается линейно и на каждый процент железа повышается на 25%; модуль сдвига 3%; коэффициент Пуассона снижается примерно на 0.0023% на каждый процента железа; концентрация железа плавно повышает скорость прохождения ультразвуковых волн; в зависимости от действия железа демпфирующая способность может увеличиваться или уменьшаться; добавка железа повышает ползучесть; присутствие крупных кристаллов FeAl₃ понижают предел усталости.

На формообразование сплавов влияют размер и распределяемость частиц. Известно, что растворение железа в алюминии имитируется скоростью диффузии, где перемешивание играет важную роль в диффузионных процессах. Смачивание, как важный фактор, например, железо с расплавом алюминия приводится в работе. Диффузия в процессе образования FeAl₃ от FeAl₆ не зависит от содержания кремния. Диффузия других металлов

в алюминии и железа заметного влияния не оказывает. Кристаллизация фазы $FeAl_3$ из твёрдого раствора протекает медленно, так как сплав содержит малое количество железа, порядка 0.04%.

Учитывая вышесказанное, выбор легирующего элемента зависит от области применения алюминиевых сплавов, полученных на основе некондиционного алюминия.

Для получения сплавов с повышенной жаропрочностью и твёрдостью, как правило, в качестве легирующих компонентов могут быть выбраны тугоплавкие металлы, для получения сплавов с особыми физико-химическими свойствами легируют микродобавкой редкоземельных металлов. В этом направлении выполнено немало работ сотрудников института химии имени В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана.

Касательно второй задачи, существуют различные технологии переработки алюминиевой стружки, в работе авторов [1] по предложенной технологии (рисунок 1) алюминиевая стружка и ферромагнитные материалы разделяют в магнитном сепараторе. Стружка предварительно сушится, защитой от окисления является расплав алюминия, в который вводят стружку с обеспечением максимально быстрого перемешивания, что осуществимо в роторной печи с высоким значением КПД.

На различных этапах производства вторичного алюминия алюминий отделяют от большинства сопутствующих материалов, а затем переплавляют и подвергают дальнейшей очистке и обработке. Алюминиевая стружка является составляющей алюминиевого лома, – это шихтовый материал, который обладает высокой удельной поверхностью, что однозначно приводит к её окислению и образованию на своей поверхности плотной оксидной плёнки Al_2O_3 с высокой температурой плавления $2072^\circ C$, поэтому - переплавлять такую шихту не просто.

На алюминии, как в твёрдом, так и в жидком состояниях образуется оксидная плёнка, но в расплаве она находится под воздействием термических сил, что сопровождается постоянным процессом окисления алюминия, который становится все более интенсивным при достаточно большой удельной площади поверхности расплавленного алюминия. Процесс окисления необходимо сдерживать, так как образование оксида сопровождается потерями алюминия в ходе переработки. Загрязнённый алюминиевый лом (стружка) плавится под защитным слоем флюса в специальных роторных печах. Применяемый флюс не только защищает расплав алюминия от окисления, но и помогает отделять оксидную пленку от жидкого алюминия и очищать от нее расплав.

Чаще всего алюминиевый лом, загружаемый в плавильную печь, не всегда полностью соответствует требованиям к конечному химическому составу заданного алюминиевого сплава, поэтому в расплав вводятся дополнительные легирующие элементы. В плавильных печах применяют флюсы (специальная добавка для защиты жидкого металла от окисления).

В машиностроении, металлургической промышленности и др. широко используются алюминиевые порошки, которые добавляют в качестве газообразователя при образовании ячеистой структуры. Авторами [1] предложен метод получения пасты из стружки (алюминиевый отход), состав фракций достигался многостадийностью процесса диспергирования (рисунок 1).

Переработка алюминиевого лома - это вопрос, решаемый индивидуально на конкретном алюминиевом производстве. Например, интересна на наш взгляд статья авторов [2], в которой сформулированы рекомендации ряда перспективных отходов

алюминиевой промышленности, содержащих комплекс низковязких минерализаторов. На некоторых предприятиях используют переплав брикетированной алюминиевой стружки в газопламенных отражательных печах. Брикет (содержащий воздух и загрязняющие компоненты в порах) при нагреве до температуры плавления и выше подвергается окислению, что наряду с наличием в расплаве неметаллических включений (в первую очередь оксидов) приводит к заметному снижению металлургического выхода (30-65%), кроме того, производительность плавки не высока.

В работе [3] авторами выполнен расчёт для получения брикета при выплавке алюминиевого сплава Д16 с плотностью выше, чем плотность расплава металла в печи.

Одним из методов реализации алюминиевой стружки является её переработка в традиционных ваннах по технологии переплава кусковой шихты, но в таком случае неминуемо возникнут проблемы - снижение производительности плавки, повышение удельного расхода энергии, на выходе получим низкий металлургический выход. Поэтому ряд металлургических находят выход, переплавив брикетированную алюминиевую стружку в газопламенных отражательных печах. Известны способы переплава в защитной или инертной среде, которые, обеспечивая качество и высокий выход металла, ведут тем не менее к удорожанию и замедлению процесса [4, 5].

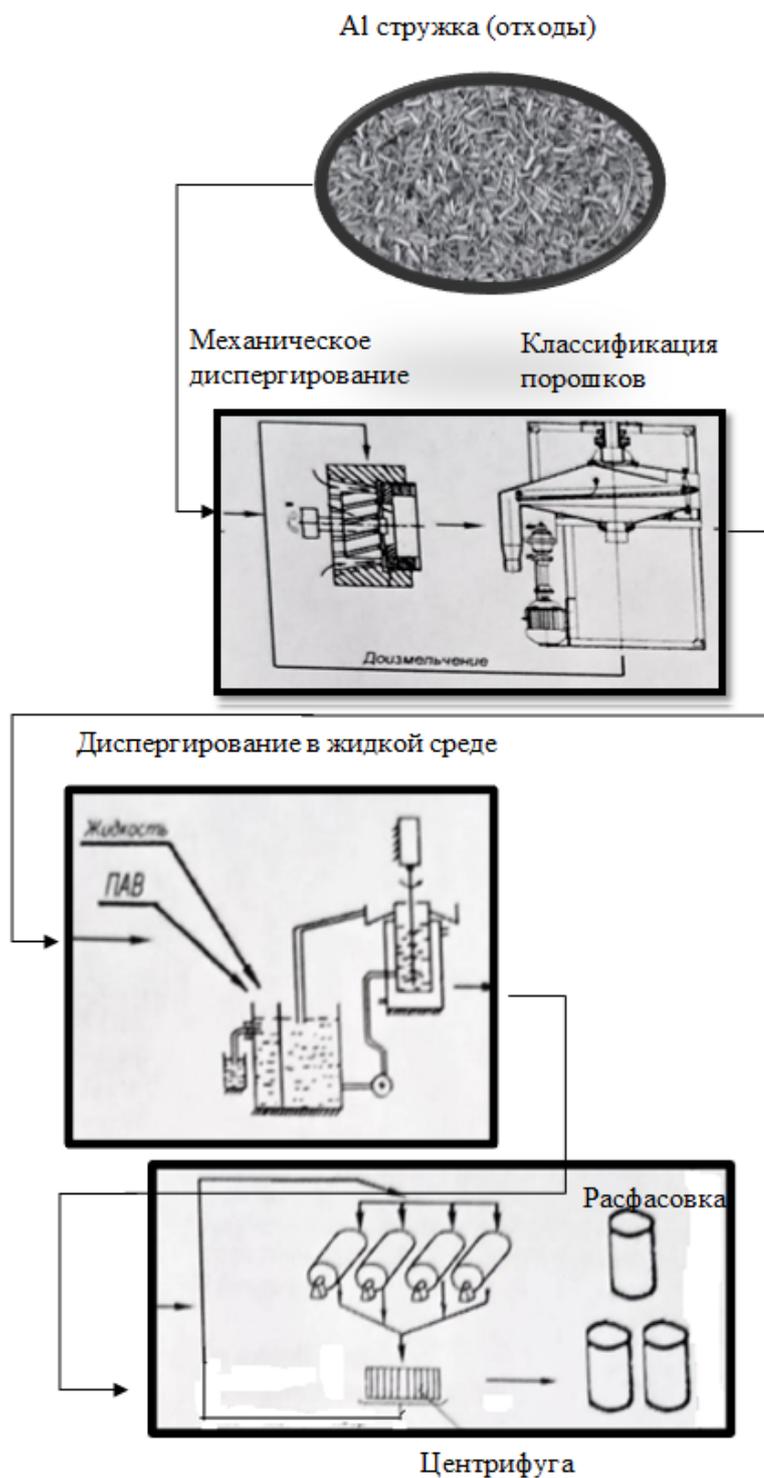


Рисунок 1 - Получение пасты из алюминиевых стружечных отходов для поробетона.

Толщина естественной оксидной пленки $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ довольно тонкая – от 1 до 3 нм в зависимости от сплава и температуры образования оксида (до 300 °С). На рисунке 2 показана зависимость толщины оксидной плёнки при её образовании от температуры (интервал от комнатной до 500°С).

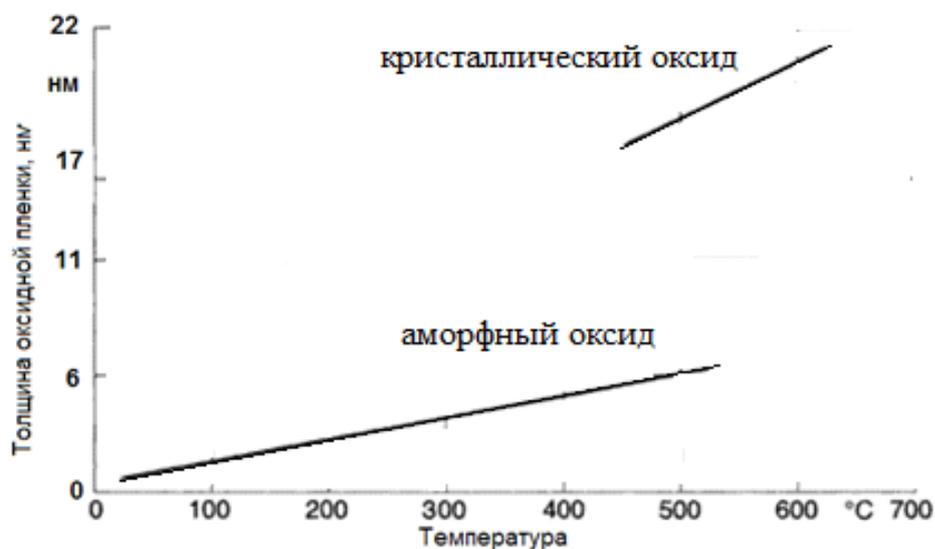


Рисунок 2 - График зависимости толщины оксидной плёнки на твёрдом алюминии от температуры (из источника: Ch. Schmitz, Handbook of Aluminium Recycling, 2006).

Затем происходит разрыв в скорости окисления и резкое увеличение толщины оксидной плёнки до 20 нм, что можно объяснить переходом от аморфной к кристаллической структуре оксида алюминия. В связи с этим при сушке алюминиевого лома и обжиге, во избежание окисления нагревают не выше 400°C. Оксидная плёнка тормозит процесс окисления алюминия. При постоянной температуре толщина оксидной пленки растёт сначала очень быстро, но затем скорость роста замедляется и сводится практически к нулю. Потеря алюминия из-за окисления при переплаве в печи пропорциональна удельной площади лома, которая выражается соотношением:

$$a = m/A,$$

где: m – общая масса партии лома,

A – общая площадь поверхности всех кусочков лома, составляющих эту загрузку.

Удельная площадь поверхности алюминиевых отходов является критическим параметром, её величина увеличивается с уменьшением размеров частиц лома. С ростом температуры расплава скорость окисления алюминия увеличивается, она довольно медленно возрастает вплоть до интервала температуры от 760 до 780°C, а затем следует резкое увеличение скорости окисления, как это показано на рисунке 3.

Нагрев алюминиевого расплава выше этих температур приводит к повышенным потерям алюминия от его окисления (угар).

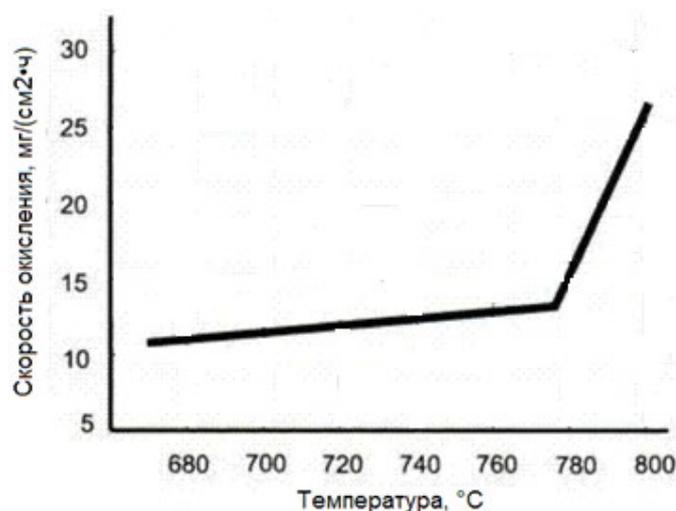


Рисунок 3 - Зависимость скорости окисления алюминия от температуры.

Таким образом, анализ указанных работ разных авторов позволяет прийти к следующим **выводам**:

1. Наиболее эффективным методом реализации некондиционного алюминия в ОАО ТАЛКО на сегодняшний день является легирование.

2. Развитие металлургического производства необходимо рассматривать с позиции безотходной металлургии, данный вопрос не ограничивается лишь возвращением металла из отходов, его решение кардинально улучшит экологические показатели производства и позволит предприятию обеспечить выпуск новых видов товарной продукции (алюминиевые сплавы). В таком случае переработка отходов алюминиевого производства позволит получать в стенах предприятия товарный продукт.

Литература

1. Волочко, А. Технологии и оборудование переработки алюминиевых отходов / А. Волочко, В. Овчинников, М. Садоха // Наука и инновации. -2012. -№9(115). - С.12-14.
2. Еромасов, Р.Г. Утилизация отходов алюминиевого производства в керамической промышленности / Р.Г. Еромасов, Э.М. Никифорова, Ю.Е. Спектор // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 4. - 2012. -№5. -Р.442-453.
3. Kim, H.G., Lee, H.M., Kim, K.T. // Journal of Engineering Materials and Technology. -2001. -V.123. -P.221-228.
4. Первухина, Д.Н. Расчёт параметров брикета для легирования алюминиевого сплава / Д.Н. Первухина, Ю.Н. Логинов, Н.А. Бабайлов // Инновационная наука. -2015. -№5. -С.117-122.
5. Применение алюминиевых шлаков и продуктов их переработки в металлургическом производстве / Л.В. Трибушевский, Б.М. Немененок, Г.А. Румянцева, А.В. Арабей // Foundry Production and Metallurgy. -2021. -№4. -Р.42-51.

Сведения об авторах:

Пирназарова Комила Назаралиевна - студентка 1 курса направления «Химия, физика и механика материалов» Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе. 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Бохтар, 35/1,

E-mail: zumrat.pirnazarova@mail.ru

Умарова Татьяна Мухсиновна - д.т.н., доцент, главный специалист отдела науки Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе. 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Бохтар, 35/1, E-mail: umarova04@mail.ru.

PROCESSING OF WASTE OF ALUMINUM PRODUCTION AT JSC TALCO

K.N. Pirnazarova, T.M. Umarova

1st year student of the direction "Chemistry, Physics and Mechanics of Materials" of the Branch of Moscow State University named after M.V. Lomonosov in Dushanbe. 734003, Republic of Tajikistan, Almaty, st. Dushanbe, st. Bokhtar, 35/1,

E-mail: komila.pirnazarova.04@mail.ru

Abstract

The paper presents an analysis of literature data on the processing of aluminum production waste at various enterprises. Two tasks were noted for solving the issue of aluminum production waste processing: the first one is the search for a way to sell substandard aluminum at TALCO OJSC and the second one is the processing of aluminum scrap (shavings).

Key words: aluminum production, waste, substandard aluminum, alloying, shavings, remelting, furnace.