

**Выбор рациональной технологии переработки алюминиевых шлаков**

Студенты: гр.104111 Горбель И.А., гр. 10405113 Красовский А.Л.,  
гр.10405114 Миронович А.Ю.

Научные руководители – Неменёнок Б.М., Трибушевский Л.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Переработка алюминиевой стружки и шлака являются важным источником сырья для производства раскислителей и литейных алюминиевых сплавов. Проблема переработки алюминиевого шлака с годами становится все более актуальной как с точки зрения экономической выгоды, связанной с извлечением металлического алюминия и побочных товарных продуктов, так и в плане ужесточения требований по охране окружающей среды и захоронению отходов.

Шлаки, образующиеся при плавке алюминия и его сплавов, представляют собой конгломерат высокотемпературных образований из смеси металла, оксидов и солей. При удалении шлака с поверхности расплава с ними захватывается значительное количество металла, достигающее 70 – 80 % от массы шлака.

На ОАО «Белцветмет» шлаки и стружка алюминиевых сплавов поступают разного состава и от различных производителей алюминиевого литья, что в итоге сказывается на ее засоренности, влажности, содержании металлического алюминия и фракционном составе.

Значительные изменения в составе стружки и шлаков происходят и при их длительном хранении на открытых площадках в результате протекания химических реакций алюминия и его соединений с влагой воздуха. В итоге это приводит к росту безвозвратных потерь, снижению металлургического выхода и повышению себестоимости извлекаемого алюминия.

Влияние состава шихты на металлургический выход и длительность плавки в короткопламенной роторной печи исследовали в работе [1].

Для выбора наиболее рациональных параметров технологии плавки в данной печи, обеспечивающих минимальную себестоимость получаемого алюминиевого сплава, анализировали результаты 180 плавов. При проведении исследований в качестве компонентов шихты использовали алюминиевую стружку с засоренностью 6 и 25 %; алюминиевые шлаки с содержанием 50 – 68 % алюминия; просев алюминиевого шлака с фракцией более 10 мм. При расчете себестоимости получаемого сплава учитывали затраты на топливо, электроэнергию, шихтовые материалы и заработную плату с налогами для бригады плавильщиков.

Шлаки, поступающие на переработку, подвергали осмотру с целью оценки пригодности их для плавки: выявляли куски массой более 40 кг, наличие бедных, непригодных для непосредственной металлургической переработки сильно окисленных или флюсовых шлаков, а также посторонних предметов (кирпич, лом черных металлов, графит и т.п.).

Металлургический выход (МВ) от всей металлозавалки рассчитывали по формуле:

$$МВ = \frac{M_{спл} - M_{прос} \cdot \frac{a}{100} - M_{шл.} \cdot \frac{в}{100}}{M_{ср.} \cdot (1 - \frac{с}{100})} \cdot 100\% ;$$

где  $M_{спл.}$  – масса полученного сплава, кг;

$M_{прос.}$  – масса просева шлака в шихте, кг;

$a$  – количество алюминия, извлекаемого из просева шлака, %;

$M_{шл.}$  – масса шлака в шихте, кг;

$в$  – количество алюминия, извлекаемого из шлака, %;

$M_{стр.}$  – масса стружки алюминиевых сплавов в шихте, кг;

$c$  – засоренность стружки, %

В ходе плавки массу стружки варьировали в пределах 140 – 440 кг, добавку шлака изменяли в диапазоне 0 – 360 кг, просев шлака добавляли в количестве 0 – 160 кг на плавку. Флюс при плавке не использовали.

Установлено, что увеличение доли шлака с 22 до 30 % в металлозавалке, состоящей из шлака и алюминиевой стружки, приводит к получению максимального металлургического выхода на уровне 83 % (рисунок 1). При этом длительность плавки изменяется незначительно и находится в пределах 76 – 78 минут.

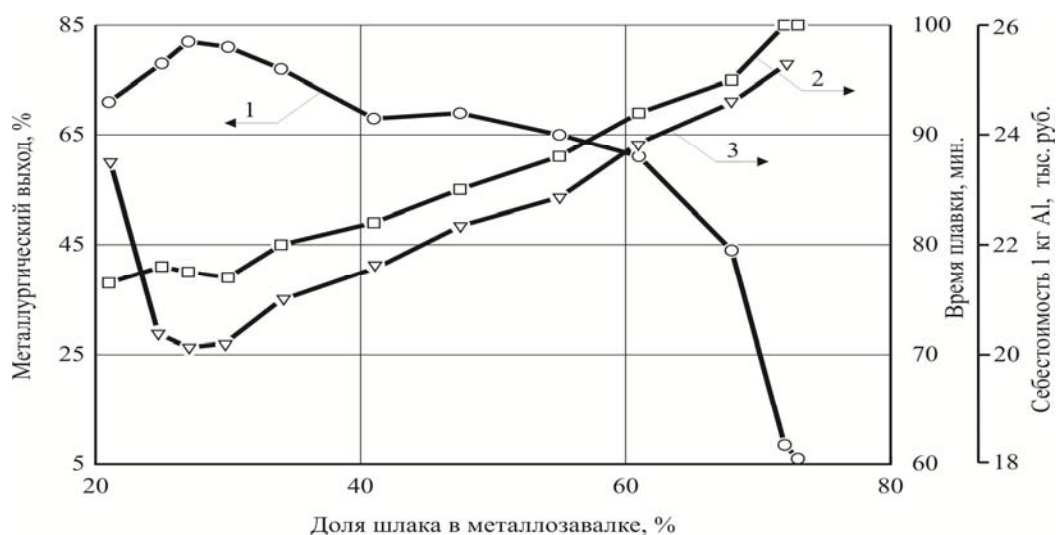


Рисунок 1 – Влияние доли шлака в металлозавалке на металлургический выход (1), длительность плавки (2) и себестоимость получаемого сплава (3)

С одной стороны при увеличении длительности плавки металлургический выход должен повыситься из-за лучшего отделения капель металла от шлака, но одновременного протекают и окислительные процессы, которые способствуют угару металла и его выносу вместе с дымовыми газами, учитывая конструктивные особенности плавильной печи. При этом растут затраты на топливо, электроэнергию для воздухоподогревателя и заработную плату. Использование более качественного сырья позволяет минимизировать время плавки и снизить затраты на ее проведение.

Как следует из рисунка 1, увеличение длительности плавки приводит к снижению металлургического выхода с повышением доли шлака в металлозавалке.

Себестоимость получаемого сплава является интегральной характеристикой, зависящей от ряда факторов: качества и стоимости сырья, длительности плавки и металлургического выхода. Поэтому зависимость себестоимости алюминиевого сплава от состава металлозавалки имеет экстремум, приходящийся на содержание шлака в шихте соответствующее 25–30 % (рисунок 1). Увеличение доли шлака сверх указанного или ее уменьшение в составе металлозавалки приводит к росту себестоимости. Можно допустить, что при таком соотношении компонентов шихты обеспечивается ее хорошая теплопроводность за счет заполнения шлаком промежутков между частицами стружки.

Увеличение отношения шлака к стружке в составе металлозавалки (рисунок 2) на себестоимость получаемого сплава имеет аналогичную зависимость. При этом минимальная себестоимость 20,09 – 20,2 тыс. руб. за 1 кг сплава отмечается при отношении шлака к стружке на уровне 32 – 50 %. Для данного соотношения компонентов шихты наблюдается также малая длительность плавки и максимальный металлургический выход.

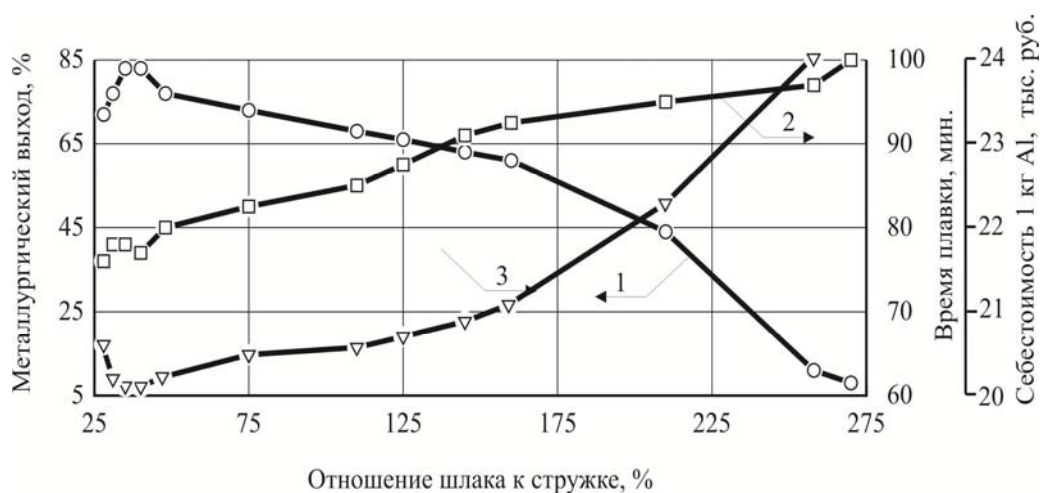


Рисунок 2 – Влияние отношения шлака к стружке с засором 25 % в составе металлозавалки на металлургический выход (1), длительность плавки (2) и себестоимость получаемого сплава(3)

Проведение серии плавок на шихте, состоящей из стружки с засоренностью 25 %, и просева шлака показало, что минимальная себестоимость 1 кг сплава на уровне 20,7 тыс. руб. обеспечивается при отношении просева шлака к стружке 27 % (рисунок 3). При этом металлургический выход составляет 86,3 %, а длительность плавки ~ 77 минут. Максимальная себестоимость порядка 22,2 тыс. руб. отмечается при отношении просева шлака к стружке 34 %. Для данного состава шихты характерна меньшая длительность плавки (~ 69 минут) при металлургическом выходе 80,5 %.

Очевидно, что для данного состава шихты на снижение себестоимости сплава более сильное влияние оказывает показатель металлургического выхода. Даже увеличение длительности плавки на 3 минуты не сказывается на изменении себестоимости, если отмечается незначительное (0,5 %) повышение металлургического выхода.



Рисунок 3 – Влияние отношения просева шлака к стружке на металлургический выход (1), длительность плавки (2) и себестоимость получаемого сплава (3)

Анализ проведенных плавок показывает, что состав шихты существенно влияет на металлургический выход, длительность плавки и себестоимость получаемого сплава. При этом результирующий показатель (себестоимость) получается минимальным на уровне

20,0 – 20,2 тыс. рублей при доле шлака в металлозавалке 25 – 30 % и отношении шлака к стружке 35 – 45 %.

Следует отметить, что максимальный диапазон изменения себестоимости получаемого сплава в зависимости от исследованных вариантов состава шихты составляет 3 – 5 тыс. рублей за 1 кг без учета затрат на экологический налог и захоронение образующихся вторичных шлаков.

Дальнейшее снижение себестоимости возможно при реализации безотходной или малоотходной технологии плавки, которая предусматривает не захоронение образующихся отходов от вторичной плавки, а использование их для производства нового товарного продукта, востребованного в металлургии или в других производственных сферах [2].

#### **Список использованных источников**

1. Анализ процесса плавки алюминиевой стружки и шлака в короткопламенной роторной печи / Л.В. Трибушевский [и др.] // Литье и металлургия. – 2015. – № 2. – С. 42 – 48.

2. Влияние состава шихты на себестоимость получаемого сплава при плавке в короткопламенной роторной печи / Л.В. Трибушевский [и др.] // Металлургия: Республ. межведом. сб. науч. тр. – Минск: БНТУ, 2015. – Вып.36. – С. 151 – 158.

УДК 669.187.2; 669.187.25

#### **Анализ десульфуряющей и раскислительной способности алюминия при обработке стали**

Магистрант Никитюк П.А., студенты гр. 104111 Горбель И.А., Самута С.В., гр.10405114 Самусева А.И.

Научные руководители – Немененок Б.М., Трибушевский Л.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Современные технологические процессы выплавки стали не позволяют получать расплавы чистые по неметаллическим включениям. Обычно количество неметаллических включений в стали не превышает 0,1 % (объемн.). Однако в связи с их малыми размерами число включений в металле очень велико. Так, если общее содержание включений равно 0,1 % (объемн.), то число включений в 1 см<sup>3</sup> стали при размерах частиц 0,1-10 мкм составляет 10<sup>9</sup>-10<sup>3</sup>. Неметаллические включения, нарушая однородность металла, являются концентраторами напряжений и оказывают значительное влияние на механические свойства стали. Часть неметаллических включений попадает в металл из шихтовых материалов, футеровки плавильных агрегатов и разливочных ковшей, а также образуется в результате химического взаимодействия компонентов расплава со шлаками, печной атмосферой и в процессе кристаллизации расплава из-за снижения растворимости кислорода, водорода и азота в железе при переходе металла из жидкого состояния в твердое.

Наибольшее количество неметаллических включений связано с присутствием в расплаве серы и кислорода. Для их вывода из металла проводятся операции по десульфурации и раскислению стали за счет ввода элементов с большим сродством к кислороду и сере чем у железа.

Учитывая высокую химическую активность вводимых добавок нельзя исключать и возможность протекания побочных процессов, которые могут способствовать или препятствовать выполнению присадками их прямого назначения.

Как известно [1], для раскисления стали, т.е. удаления из расплава растворенного кислорода, широко используются добавки алюминия или его сплавов. Поэтому в настоящей работе ставилась задача по изучению вероятности протекания других процессов, кроме взаимодействия алюминия с кислородом, т.к. вопрос о способности любого вводимого в