

Л.В. ТРИБУШЕВСКИЙ,
Г.А. РУМЯНЦЕВА, канд. техн. наук,
Б.М. НЕМЕНЕНОК, д-р техн. наук,
И.А. ГОРБЕЛЬ (БНТУ)

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ШИХТЫ НА СЕБЕСТОИМОСТЬ ПОЛУЧАЕМОГО СПЛАВА ПРИ ПЛАВКЕ В КОРОТКОПЛАМЕННОЙ РОТОРНОЙ ПЕЧИ*

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.

Для оценки засоренности стружки использовали методику, изложенную в работе [2], согласно которой от лабораторной пробы отбирали две навески массой по 500 г каждая методом квадратования. Для этого пробу разравнивали на гладкой поверхности, намечали равные квадраты, из которых шпателем отбирали пробы в шахматном порядке, захватывая стружку по всей толщине слоя. Затем навеску помещали на высушенный (без следов масла) и взвешенный противень, удаляли механические примеси в виде неметаллических материалов (мусор, дерево, упаковочные и строительные материалы) и взвешивали.

Засоренность неметаллическими материалами (x) в процентах вычисляли по формуле:

$$x = \frac{m - m_1}{m} 100\%, \quad (1)$$

где m – масса исходной навески, г; m_1 – масса навески для высушивания (после удаления засора), г.

Оставшуюся стружку сушили при температуре $(400 \pm 10)^\circ\text{C}$ до постоянной массы. Сушку прекращали, когда разность результатов двух последующих взвешиваний не превышала 0,1 % массы анализируемой пробы.

Влажность и содержание масла (x_1) в процентах определяли по формуле:

$$x_1 = \frac{m_1 - m_2}{m} 100\%, \quad (2)$$

где m_1 – масса навески для высушивания (после удаления засора), г; m_2 – масса навески после высушивания, г; m – масса исходной навески, г.

Для определения засоренности черными металлами навеску стружки после удаления влаги и масла располагали тонким слоем на чистой поверхности с немагнитным покрытием и магнитом извлекали магнитную фракцию. Ручной сортировкой из магнитной фракции выбирали цветные металлы, а из немагнитной – немагнитные черные металлы и стружку цветного металла.

Засоренность стружки черными металлами (x_2) в процентах вычисляли по формуле:

$$x_2 = \frac{m_3}{m} 100\% , \quad (3)$$

где m_3 – масса черных металлов, г; m – масса исходной навески, г.

Массовую долю цветного металла в процентах (x_3) вычисляли по формуле:

$$x_3 = \frac{m_4}{m} 100\% , \quad (4)$$

где m_4 – масса стружки цветного металла, г; m – масса исходной навески, г.

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.).

Для определения металлургического выхода использовали методику, изложенную в работе [2]. Отобранную пробу дополнительно измельчали и отбирали навеску массой 1–2 кг, которую загружали в ванну под предварительно расплавленный флюс. От полученных слитков высверливали стружку и анализировали ее на содержание алюминия.

Химический состав шлака определяли путем плавки навески без добавки алюминия, а в полученном слитке химическим или спек-

тральным методом находили концентрацию меди, железа, цинка и кремния, а содержание алюминия определяли по разности.

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

$$МВ = \frac{M_{\text{спл}} - M_{\text{прос}} \frac{a}{100} - M_{\text{шл}} \frac{b}{100}}{M_{\text{стр}} \left(1 - \frac{c}{100}\right)} 100\%, \quad (5)$$

где $M_{\text{спл}}$ – масса полученного сплава, кг; $M_{\text{прос}}$ – масса просева шлака в шихте, кг; a – количество алюминия, извлекаемого из просева шлака, %; $M_{\text{шл}}$ – масса шлака в шихте, кг; b – количество алюминия, извлекаемого из шлака, %; $M_{\text{стр}}$ – 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 мин.

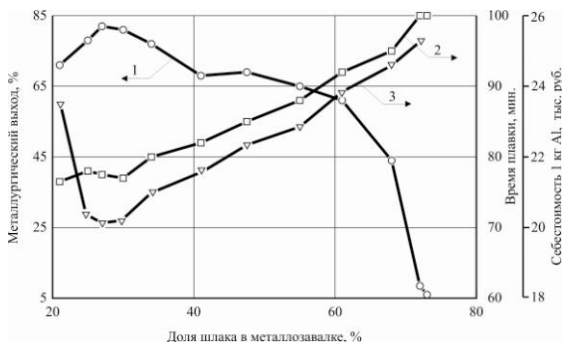


Рисунок 1 – Влияние доли шлака в металлозавалке на металлургический выход (1), длительность плавки (2) и себестоимость получаемого сплава (3)

С одной стороны при увеличении длительности плавки металлургический выход должен повыситься из-за лучшего отделения капель металла от шлака, но одновременно 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 воздуходувки 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.

Проведение серии плавки на шихте, состоящей из стружки с заторенностью 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 мин. Максимальная себестоимость порядка 22,2 тыс. руб. отмечается при отношении просева шлака к стружке

34 %. Для данного состава шихты характерна меньшая длительность плавки (~ 69 мин) при металлургическом выходе 80,5 %.



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)

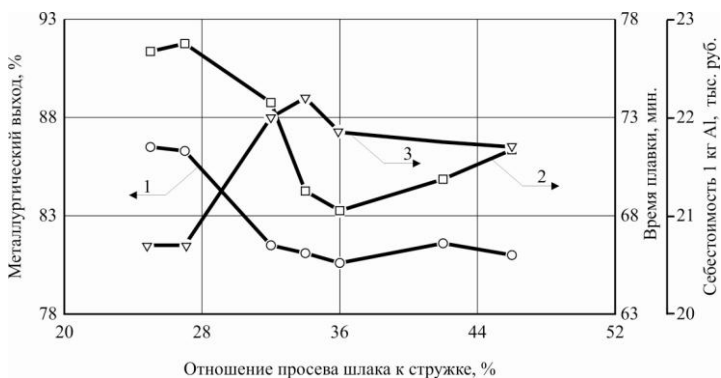


Рисунок 3 – Влияние отношения просева шлака к стружке на металлургический выход (1), длительность плавки (2) и себестоимость получаемого сплава (3)

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

Увеличение доли просева шлама в металлозавалке приводит к снижению металлургического выхода и длительности плавки, но при этом себестоимость 1 кг алюминиевого сплава увеличивается (рисунок 4).

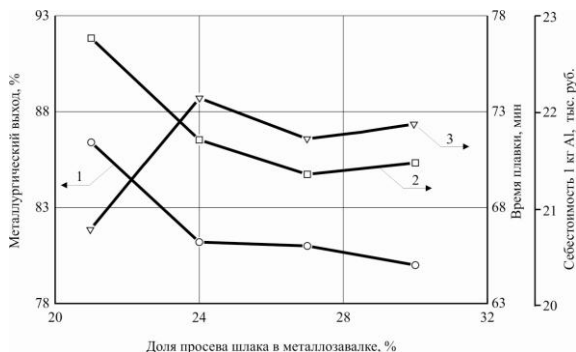


Рисунок 4 – Влияние доли просева шлама в металлозавалке на металлургический выход (1), длительность плавки (2) и себестоимость сплава (3)

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. руб. при доле шлама в металлозавалке 25–30 % и отношении шлама к стружке 35–45 %.

Следует отметить, что максимальный диапазон изменения себестоимости получаемого сплава в зависимости от исследованных вариантов состава шихты составляет 3–5 тыс. руб. 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.

Литература

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. Стружка цветных металлов и сплавов. Методы отбора, подготовки проб и методы испытаний: ГОСТ 28053-89. Введ. 20.03.89. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 16 с.

УДК 542.65

Б.М. НЕМЕНЕНОК, д-р техн. наук,
Т.Д. КОМАРОВА,
О.С. КОМАРОВ, д-р техн. наук,
И.В. РАФАЛЬСКИЙ, канд. техн. наук (БНТУ)

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ $Al(OH)_3$ ИЗ АЛЮМИНАТНОГО РАСТВОРА

В современном машино-, автомобиле- и тракторостроении доля литых изделий из различных сплавов составляет от 30 до 90 %. Поэтому долговечность и работоспособность машин во многом определяется качеством потребляемого литья. В формировании качества отливок важную роль, особенно для стального литья, играет состояние поверхности литых заготовок. Учитывая, что около 80 % чугуна и стального литья изготавливается в разовых литейных формах, то наиболее распространенным дефектом поверхности является пригар [1]. С целью его предупреждения сухие литейные формы и стержни окрашиваются специальными противопопригарными красками. Установлено, что лучшие результаты по предупреждению пригара обеспечиваются при использовании противопопригарных красок, содержащих дисперсные и ультрадисперсные частицы Al_2O_3 [2]. Однако высокая стоимость таких частиц ограничивает объемы производства и реализации противопопригарных красок.

Одним из способов повышения конкурентоспособности противопопригарных красок, содержащих дисперсные частицы Al_2O_3 , явля-