

The results of investigations of metallurgical output at melting of different dispersed aluminum materials are given. The factors, determining the waste of metal at remelting of scrap, are established. The ways of increase of degree of metal extraction from dispersed burden are shown.

Г. В. ДОВНАР, А. А. АНДРИЦ, БНТУ

669.716

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ВЫХОД ПРИ ПЛАВКЕ ДИСПЕРСНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Результаты исследований, касающиеся металлургического выхода (МВ) при плавке дисперсной алюминиевой шихты (стружки), свидетельствуют о значительном разбросе значений указанной характеристики результатов плавки в зависимости от состояния стружки (россыпью, в брикетах), способа плавки (в статическом состоянии, при динамическом воздействии, под слоем флюса и др.) и находятся в пределах 15–98%. Существенное расхождение имеется и в данных по МВ при плавке дисперсной алюминиевой шихты в одинаковых условиях. Данное обстоятельство, вероятно, связано с тем, что при переплаве указанных материалов не были учтены некоторые факторы, влияющие на процесс расплавления и коагуляции мелких частиц шихтовых материалов, а также неверно истолкована роль традиционных параметров плавки.

В настоящей работе изучена роль таких факторов, как исходное состояние, окисляемость и режимы сушки шихты, количество вводимого флюса, порционное деление шихты, термовременная обработка и перемешивание расплава на МВ при плавке алюминиевой стружки.

Окисляемость. Многие авторы утверждают, что низкий МВ при плавке стружки связан со значительными потерями металла из-за окисления. Однако некоторые литературные данные и полученные нами результаты дают основание в этом усомниться. В работах [1, 2] показано, что при нагреве алюминия до 500 °С толщина

оксидной пленки на его поверхности практически не увеличивается. Заметное увеличение толщины происходит в интервале температур 600–1300 °С (до 10 мкм) и резкий рост оксидной пленки наблюдается при температурах 1300–1600 °С (до 50 мкм). Время выдержки заметно влияет на толщину оксидной пленки при температурах выше 850 °С и при температуре 1000 °С и максимальной выдержке (14 ч) достигает 13 мкм. Увеличение времени выдержки свыше 4 ч для всего диапазона исследуемых температур не приводит к заметному росту толщины оксидной пленки.

Проведенные ранее расчеты [3] позволили установить зависимости увеличения массы алюминиевых образцов от толщины оксидной пленки и удельной поверхности (вида дисперсной шихты) и на их основе рассчитать значения теоретического МВ (рис. 1).

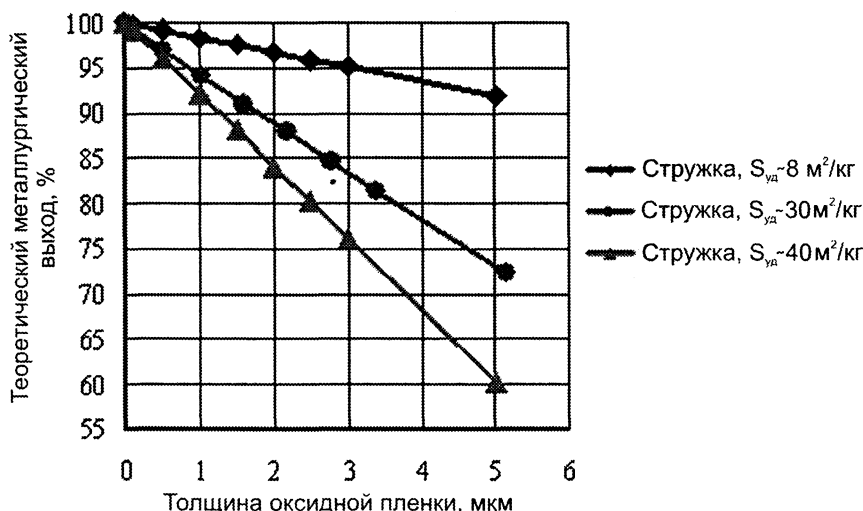


Рис. 1. Зависимость теоретического металлургического выхода алюминия от толщины оксидной пленки и удельной поверхности

Основываясь на известных данных [1], что толщина оксидной пленки на алюминии в обычных условиях литья не превышает 2 мкм, адекватным расчетному значению МВ для стружки около 97%, было высказано предположение о том, что при обычных режимах плавки стружки низкий МВ связан не с ее угаром, а с переходом соответствующей части металла в шлак. Результаты проведенного расчета материального баланса плавки стружки с засыпкой в пустой тигель, плавкой на «болоте» и под слоем флюса (с учетом установленной летучести флюса) подтвердили предположение, что окисление стружки во всех случаях незначительное. При этом МВ был разным.

Исходное состояние шихты. Исследовали стружку сухую, влажную, с остатками СОЖ, покрытую белым налетом гидрата оксида алюминия после длительного (2 мес.) хранения во влажной среде. Установлено, что независимо от исходного состояния после сушки и переплава по технологии в соответствии с ГОСТ 28053-89 «Стружка цветных металлов и сплавов. Методы отбора проб и методы испытаний» МВ во всех случаях, кроме последнего, оказался приблизительно одинаковый (95–98%). Стружка с гидрооксидным налетом показала МВ, равный 80% вследствие значительного начального окисления.

Режим сушки шихты. Исследование процесса изменения массы образцов различных видов дисперсной шихты после выдержки 2,5 ч при температурах от 80 до 900 °С позволило установить, что окисление всех видов шихты (порошок, фольга, стружка в различной степени загрязненная водой, СОЖ) до температур 600 °С незначительное (<1%). Сушка при температурах твердого состояния шихты (660–900 °С) сопровождается увеличением ее массы пропорционально величине удельной поверхности. При этом максимальные значения прироста массы стружки равны ~8%. Так как температура сушки дисперсной алюминиевой шихты перед плавкой обычно не превышает 400 °С, можно заключить, что режимы предварительной термообработки шихты независимо от ее состояния не определяют величину МВ.

Количество используемого флюса. Поскольку известны промышленные способы переработки дисперсной алюминиевой шихты, предусматривающие использование более 100% флюса по отношению к массе переплавляемого материала, в работе использовали добавки флюса в количестве до 500% к массе стружки. Минимальное количество вводимого флюса составляло 14%, так как при меньшем его содержании металл не отделялся от шлака. Состав флюса (50% NaCl + 50% KCl) и режим плавки (750 °С с перемешиванием) устанавливали по ГОСТ 28053-89. Время перемешивания составляло 0,5 мин. Получено, что макси-

мальный МВ (83–86%) достигается при использовании от 30 до 120 % флюса. Это подтверждает обоснованность установления ГОСТ минимального количества флюса (60%) для испытания алюминиевой стружки.

Температура плавки и время перемешивания. Исследовали температуры 700, 750, 850 °С и время перемешивания от 0 до 15 мин. Количество флюса – 120%. Установлено, что перемешивание сильно влияет в интервале 0–0,5 мин (МВ увеличивается от 57 до 86%). Увеличение времени перемешивания от 0,5 до 2,5 мин способствует росту МВ до 94%. Дальнейшее повышение продолжительности перемешивания практически не влияет на МВ. Зависимость МВ от температуры плавки не установлена.

Порционное деление шихты. Плавки также проводили по стандартной методике и количество вводимого флюса составляло 120%. Стружку вводили целиком, а также в две, четыре и восемь порций. Зависимости МВ от количества порций вводимой шихты не выявлено.

Для объяснения механизма процессов, протекающих при переплаве стружки, а, значит, и полученных результатов были проведены дополнительные исследования стружки и промежуточных продуктов (корольков металла) ее металлургической переработки. На рис. 2 показана структура шлифа, полученного продольным разрезом алундового тигля вместе с материалом, полученным в результате статического переплава стружки под слоем флюса (верхний слой шлифа образован затвердевшей эпоксидной смолой, использованной для уменьшения выкрашивания флюса при шлифовке).



Рис. 2. Корольки металла в продукте статического переплава: алюминиевой стружки под флюсом

Из рисунка видно, что стружка после расплавления образовала металлические корольки сферической формы. Была разработана специальная методика, включающая дробление продуктов переплава, отмывку флюса и распределение корольков алюминия по размерам, позволившая установить что размеры их существенно отличаются (рис. 3)

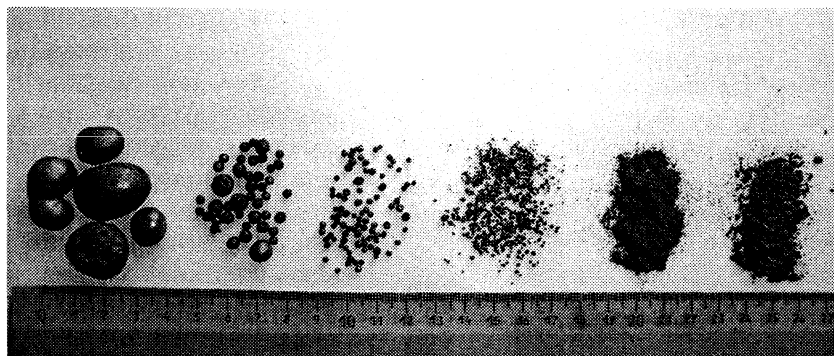


Рис. 3. Фракции продукта плавки алюминиевой стружки под флюсом

Для дальнейших исследований были образованы пять групп металлических продуктов плавки: фракции <0,063; 0,315–0,063; 1,6–0,315; 2,5–1,6; >2,5 мм. Последняя, самая крупная фракция, условно была принята за МВ. На рис. 4 показано влияние флюса на фракционный состав продуктов плавки стружки.

Из представленных результатов видно, что с учетом установленной погрешности разработанного метода исследований ($\pm 0,7\%$ при $\alpha=0,1$) между крупной фракцией (>1,6 мм) и мелкой существует обратная зависимость: чем меньше образуется в результате переплава крупных частиц, тем соответственно больше остается мелких и наоборот. При больших количествах используемого флюса (>120%), вероятно, затрудняется слияние мелких корольков металла вследствие увеличения расстояния между ними. Уменьшение МВ при снижении количества флюса с 30 до 14% пока не объяснено.

С целью изучения свойств металлических корольков каждую фракцию переплавляли по отдельности для определения минимального размера, при котором корольки еще могут сливаться. Установлено (рис. 5), что все корольки до размера >1,6 мм сливаются, фракция 1,6–0,315 мм образовала слиток массой 55% от массы исходных корольков, фракции <0,315 мм не образовали слитка.

Похожие результаты были получены и при вводе корольков указанных выше фракций в «болото». Две крупные фракции полностью перешли в расплав, из средней фракции примерно 45% перешло в «болото», а две последние самые мелкие фракции не только не перешли в «болото», но «увели» из «болота» в шлак дополнительно до 15% металла (500% от собственной массы) (рис. 6).

Таким образом, установлено, что минимальный размер корольков, при котором возможно их слияние между собой или базовым расплавом, составляет около 0,3 мм. Результаты исследований выделенных металлических корольков позволяют объяснить полученные данные по влиянию тем-

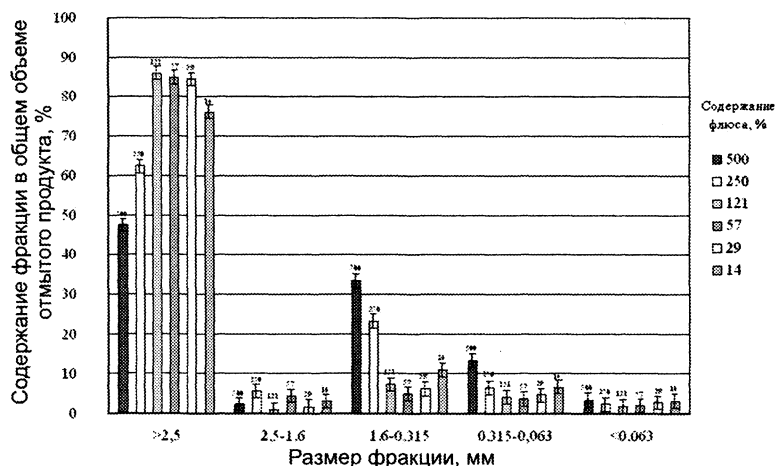


Рис. 4. Влияние количества флюса на фракционный состав продуктов плавки алюминиевой стружки

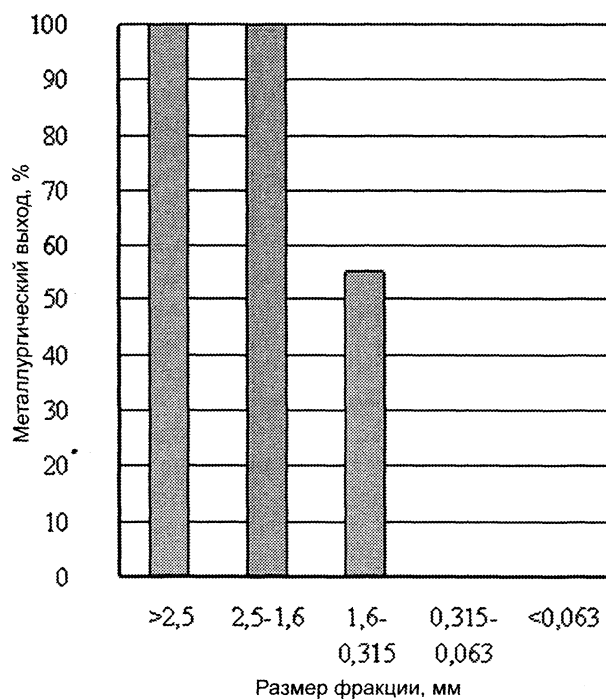


Рис. 5. Metallurgical yield при плавке корольков различных фракций

пературы плавки, времени перемешивания и порционного деления шихты на МВ.

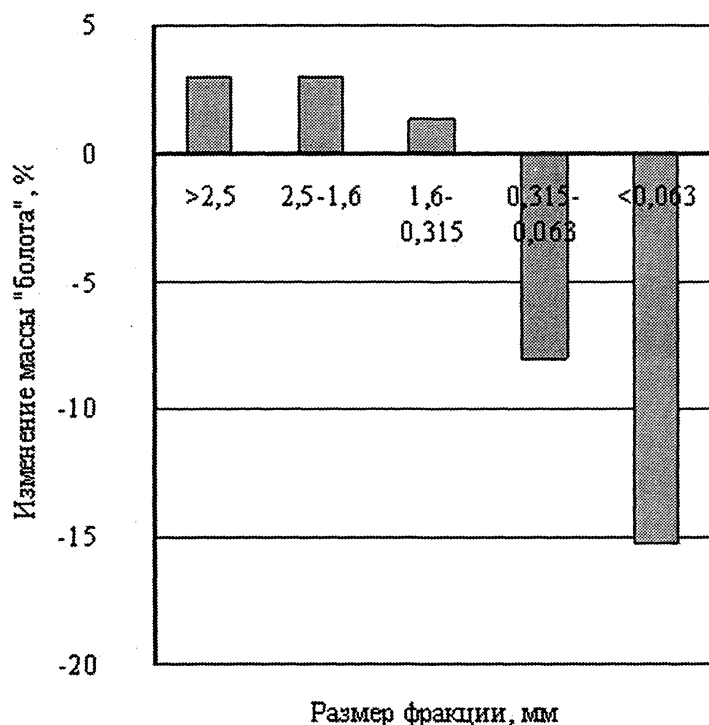


Рис. 6. Изменение массы «болота» при введении 3% корольков различной фракции

Для исследования причин образования корольков при переплаве дисперсных материалов был проведен структурный анализ используемой стружки. Из рис. 7 видно, что стружка имеет зазубренные края. Вероятно, при плавке происходит разделение стружки на фрагменты с границей раздела, проходящей через основание зуба. Для проверки этого предположения были проведены плавки с использованием параллельно со стружкой специального материала (фольги) с габаритными параметрами, соответствующими средним

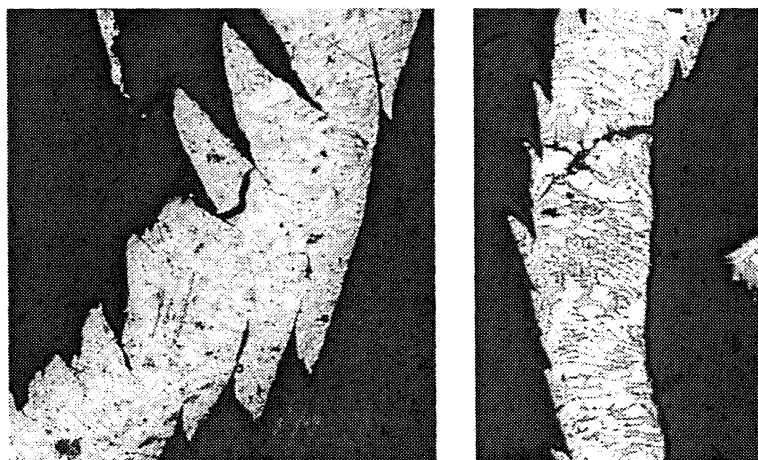


Рис. 7. Форма образцов исследуемой стружки. x125

значениям длины, ширины и толщины стружки, но без зазубрин.

Получено, что количество образующейся мелкой фракции при переплаве равных кусочков фольги почти в 2 раза меньше, чем при переплаве стружки, что косвенно подтверждает выдвинутое предположение о механизме образования мелких корольков. Возникновение мелкой металлической фракции при плавке фольги можно объяснить обламыванием консольных участков фольги при расплавлении под действием гравитационных сил или перемешивания.

Таким образом, установлено, что:

- потери алюминиевой стружки за счет окисления при традиционных способах плавки незначительны и, как правило, не превышают 1%;

- наиболее значимыми факторами, оказывающими существенное влияние на МВ при плавке стружки под флюсом, являются количество флюса и время перемешивания;

- минимальное влияние на величину МВ оказывают наличие влаги и СОЖ в исходном состоянии стружки, режимы су-

шки, порционное деление шихты, температура плавки;

- при плавке стружки под флюсом образуется от 4 до 32% мелкой фракции металлических корольков, которые переходят в шлак, уменьшая МВ;

- оптимизация технологии плавки алюминиевой стружки с перемешиванием под слоем флюса позволяет достичь МВ, равного 95%. Дальнейшее повышение МВ можно достичь созданием условий, обеспечивающих переход мелкой фракции корольков в металлический расплав;

- максимально возможный МВ (99% и выше) может быть достигнут, очевидно, при изолированном переплаве каждой частицы стружки в среде жидкого металла.

Литература

1. Лепинских Б.М., Киташев А.А., Белоусов А.А. Окисление жидких металлов и сплавов. М.: Наука, 1979.
2. Флюсовая обработка и фильтрование алюминиевых расплавов / А.В. Курдюмов, С.В. Инкин, В.С. Чулков и др. М.: Металлургия, 1980.
3. Андриц А.А., Довнар Г.В. Анализ окисляемости дисперсных алюминиевых отходов в процессе подготовки их к металлургическому переделу // Литье и металлургия. 2005. № 1. С. 76–78.