

Б.М. НЕМЕНЕНОК, д-р техн. наук,  
В.Л. ТРИБУШЕВСКИЙ, канд. техн. наук,  
С.Е. ШУРАНКОВ, канд. техн. наук,  
О.Н. КАЛЕНИК (БНТУ)

## ПРОМЫШЛЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ВЫПЛАВЛЕННЫХ ИЗ ОКИСЛЕННЫХ ОТХОДОВ

В процессе производства изделий из алюминия и его сплавов образуется значительное количество отходов. Часть из них с успехом перерабатывается по классическим технологиям плавки. Однако использование дисперсных и окисленных отходов в виде мелкой стружки, металлической пыли, фольги, а также литейных шлаков затрудняет процесс плавки, удлинняя технологический цикл, шлакуя рабочую поверхность печей, увеличивая расход топлива, что резко снижает металлургический выход сплава [1].

Исходя из полученных результатов опытно-промышленных плавок, проведенных по двухстадийной технологии плавки в роторной печи, сотрудниками научно-исследовательской лаборатории «Ресурсосберегающие технологии» была разработана схема переработки высокоокисленных отходов алюминиевых сплавов (рис. 1). В основу данной схемы положена двухстадийная технология плавки в роторной печи, базирующаяся на реализации концепции динамической идеологии плавки с активным механическим и физико-химическим воздействием на гетерогенный расплав и позволяющая интегрировать отдельные микрообъемы расплава в общий «бассейн», полностью отделять их от шлака. Данная технология обеспечивает высокий металлургический выход алюминиевых сплавов из самых низкосортных отходов при минимальных энергозатратах на плавку.

Разработанная технология была внедрена в научно-производственной фирме «Металлон» (г. Осиповичи) и позволила за 1999 – 2000 гг. переработать 1182 т высокоокисленных промышленных отходов алюминия и получить 770 т качественных чушковых сплавов.

Практика переработки окисленных отходов алюминия показала, что в процессе их подготовки к переплаву образуется значительная магнитная фракция, которая может быть использована для производства раскислителей марки АВ.

Опытные плавки для производства раскислителей были проведены при тех же технологических режимах, что и при получении чушковых сплавов. Использование в составе шихты 20% магнитной фракции и 80% немагнитной при двухстадийной загрузке флюса и продувке расплава аргоном в разливочном ковше обеспечило получение раскислителей марки АВ87 с высокой степенью чистоты по неметаллическим включениям.

Анализ химического состава и качества выплавленных алюминиевых сплавов показал, что наиболее реально использование полученных материалов по двум вариантам:

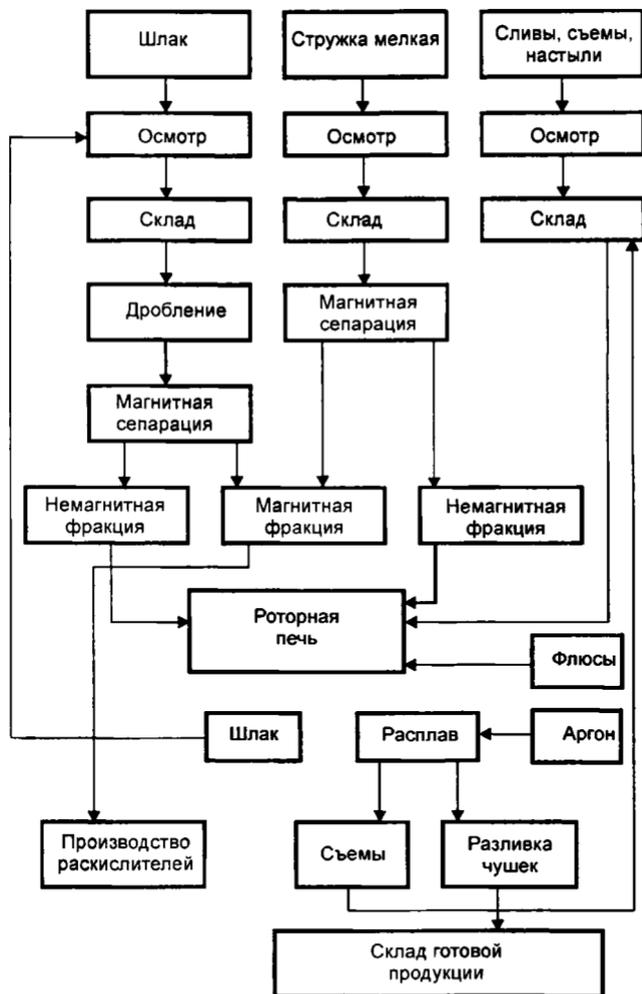


Рис. 1. Схема технологии переработки высокоокисленных отходов алюминиевых сплавов

1) в качестве компонента шихты при производстве отливок из сплавов системы Al–Si–Mg и Al–Si–Cu литьем в постоянные формы, при котором реализуются высокие скорости охлаждения расплава;

2) для раскисления сталей вместо применяемого для этих целей сплава АК5М4 или раскислителей типа АВ87, импортируемых из Российской Федерации и Украины.

Для внедрения в производство чушковых алюминиевых сплавов, выплавленных в результате переработки окисленной шихты по динамической технологии, были выбраны отливки, полученные литьем в постоянные формы, где в меньшей степени сказывается негативное влияние повышен-

ного содержания железа. Опытные плавки проводили в цехе алюминиевого литья Осиповичского завода автомобильных агрегатов в индукционных печах повышенной частоты марки ИАТ-2,5 по заводской технологии. Изменения были внесены только в состав шихты, где часть чушек из сплава АК9ч, полученного из переплава стружки, была заменена сплавом АК9, выплавленным из шлака по динамической технологии в роторной печи.

Усредненные результаты механических свойств сплава АК9ч по итогам 36 плавок показали, что по пределу прочности при растяжении в литом состоянии опытный сплав не уступает серийному. Металлографический анализ сплава не выявил существенных отличий в структуре от сплава серийного производства. Все отливки и образцы имели плотную структуру без существенных отличий от сплава АК9ч. Грубые включения железосодержащих фаз не наблюдались. Количество неметаллических включений не превышало 3...5 штук размером  $(0,2...0,3) \times 0,2$  мм на  $1 \text{ см}^2$  площади шлифа. Пористость металла соответствовала I баллу шкалы ВИАМ. Использование в шихте продукции динамической плавки шлака не вызвало увеличения брака отливок по дефектам усадочного происхождения; не было установлено отклонений в технологических свойствах расплава и в химическом составе всех проведенных плавок. Это позволило рекомендовать опробованную технологию плавки к внедрению в производство.

Завершающая стадия выплавки стали – раскисление алюминием – является одной из важнейших операций технологии производства отливок. Остаточное содержание алюминия в стали зависит от его удельного расхода и метода ввода в расплав. При низких концентрациях алюминия металл получается недораскисленным, что приводит к появлению в отливках из сталей 25Л, 35Л, 40Л газовых раковин, рыхлот, пористости, трещин и негерметичности при литье в песчано-глинистые формы. Высокое остаточное содержание алюминия в стали снижает ее жидкотекучесть, что затрудняет процесс разлива, так как вследствие вторичного окисления на струе образуется твердая пленка, которая, попадая в тело отливки, приводит к браку литья по включениям и негерметичности [2].

Целесообразность использования для раскисления стали алюминиевых сплавов объясняется тем, что возникновение смешанного (двухкомпонентного) зародыша более вероятно, чем чистого оксида одного раскислителя. Поэтому представляло интерес исследование возможности применения сплавов типа АВ87, выплавленных в роторной печи по динамической технологии с использованием в шихте магнитных фракций алюминиевой стружки и отвалных шлаков, для раскисления сталей.

Исследования проводили в цехе сталеного литья Могилевского автомобильного завода в кислых электродуговых печах вместимостью 5 т для стали марки 40Л.

Сталь 40Л, выплавленная и раскисленная по заводской технологии сплавом АК5М4, после нормализации и отпуска имела следующие механические свойства:  $\sigma_{\text{в}} = 540 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{\text{т}} = 300 \text{ МПа}$ ,  $\delta = 15\%$ ,  $KCU = 0,32 \text{ МДж/м}^2$ , что удовлетворяло требованиям ГОСТ 977–88.

Для раскисления стали новым раскислителем (АВ87) его добавка была увеличена с 0,22% массы металлозавалки до 0,25% (учитывая более низкое содержание в нем алюминия). Навеску раскислителя добавляли под струю

при выпуске стали из электродуговой печи в ковш, как это было оговорено в технологической инструкции. Следует отметить, что такой метод раскисления обеспечивает низкие стабильность процесса и степень усвоения алюминия расплавом.

Для разработки лучшего способа раскисления стали новым раскислителем исследовали три варианта его ввода в металл:

- 1) под струю металла при выпуске его из печи в разливочный ковш;
- 2) закреплением на стальной штанге на 1/3 высоты от дна ковша;
- 3) на стальной штанге погружением в металл после слива его в ковш.

При работе по первому варианту получена крайне нестабильная концентрация алюминия в стали. В более 50% плавков содержание алюминия в стали составляло менее 0,025%; 30% плавков имело оптимальное содержание алюминия (0,025...0,035%); для 20% плавков остаточная концентрация алюминия составляла более 0,035%. Данный способ ввода раскислителя вызывал ошлаковывание алюминия, окисляющегося за счет воздуха и шлака, что не обеспечивало его полного растворения в металле и снижало усвоение до 12% в среднем по всем плавкам.

Второй вариант ввода раскислителя обеспечил содержание алюминия в стали в пределах 0,024...0,043%. При этом 5% плавков имели концентрацию алюминия менее 0,025%, у 12% плавков содержание алюминия превышало 0,035%, для 83% плавков остаточное содержание алюминия находилось в оптимальных пределах.

Третий вариант ввода раскислителя также дал неплохие результаты, однако количество плавков с оптимальным содержанием алюминия снизилось до 60%.

Анализ проб металла, отобранных по ходу разливки, показал, что содержание алюминия зависит от способа ввода раскислителя. При втором варианте разброс концентраций алюминия составил 5...15%, что значительно лучше, чем при первом и третьем вариантах, где данный показатель составил 20...35%.

Второй вариант обеспечил более стабильное содержание алюминия в стали как от плавки к плавке, так и по объему металла в ковше. Положительные результаты были получены и на образцах, отлитых в чугунные тигли, где затвердевание слитков происходило без искрения с образованием усадочной раковины, что свидетельствовало о высокой степени раскисления стали.

Контроль механических свойств стали 40Л подтвердил ее соответствие требованиям ГОСТ 977—88. Учитывая полученные результаты, предложенный способ раскисления стали приняли к внедрению, что позволило сократить затраты на раскисление 1 т годного литья в два раза за счет использования более дешевого раскислителя.

Таким образом, разработанная технология переработки алюминиевых шлаков и других окисленных отходов алюминия позволяет получать сплавы, успешно используемые в литейно-металлургическом производстве.

## ЛИТЕРАТУРА

1. МИКС-МЕЛТ-процесс переработки окисленных алюминиевых отходов / С.Н. Леках, В.Л. Трибушевский, В.А. Шейнерт, С.Е. Шуранков // *Металлургия и литейное производство*. Мн.: Бел. наука, 1998. С. 97—100.
2. *Ершов Г.С., Бычков Ю.Б.* Свойства металлургических расплавов и их взаимодействие в сталеплавильных процессах. М.: *Металлургия*, 1983. 216 с.