



The results of investigations of metallurgical processing of non-separated aluminium scrap are given. The values of the speed of different metals and alloys dissolving in melted Al are determined.

А. А. АНДРИЦ, Г. В. ДОВНАР, БНТУ

УДК 669.716

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕРАЗДЕЛАННОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЛОМА

Одной из проблем переработки неразделанного лома является необходимость использования дорогого и энергоемкого механического оборудования для удаления нежелательных, обычно металлических приделок с целью недопущения их попадания в шихту при последующей плавке. Известны и термические способы отделения приделок от основного металла, например, оплавление алюминиевого лома в перфорированной корзине, помещенной в соляную ванну при плавке в тяжелом флюсе. Однако это приводит к необходимости использования большого количества флюсов (до 500% от массы сплава) [1] и двухстадийной переработке: оплавление неразделанного лома + переплав полученного металла из-за невозможности доводки до нужного химического состава и рафинирования на первом этапе металлургического передела. Реализация совмещенного процесса плавки и отделения приделок осуществляются в печах специальной конструкции с наклонным подом, которые не обеспечивают полного отделения даже таких тугоплавких сплавов, как сталь и чугун.

Для повышения эффективности процессов металлургической переработки неразделанного алюминиевого лома в специальных плавильных печах и изыскания возможностей их успешной плавки в печах традиционной конструкции представлялось необходимым исследовать процесс растворимости различных металлических материалов в алюминиевом расплаве для определения параметров плавки, обеспечивающих минимальное насыщение алюминия нежелательными металлическими примесями.

Приделки, входящие в состав лома, будут иметь различную скорость растворения в базовом (алюминиевом) расплаве в зависимости от вида материала, температуры расплава, интенсивности перемешивания.

Взаимная растворимость элементов определяется тремя факторами [2]: кристаллохимическим (подобие кристаллических решеток растворителя и растворяемого элемента); размерным (разница в атомных радиусах компонентов); химическим (величина электроотрицательности, характеризующая энергию связи между двумя элементами). Металлы хорошо растворяются в алюминии, если они близки к нему по положению в периодической системе, изоморфны по кристаллической структуре и не более чем на 8–10% отличаются по диаметрам атомов при разности электроотрицательности $\leq 0,2$. При большом различии этих признаков металлы взаимно плохо растворимы и склонны к образованию химических соединений. Взаимное растворение компонентов проходит без особых затруднений в системах алюминия с магнием, цинком, медью и литием. Если компоненты с эвтектикой имеют резко различающиеся температуры плавления (алюминий с железом, бериллием и др.), растворение идет медленнее и требует большего перегрева расплава. Еще более медленно проходит растворение компонентов в системах с перитектическим превращением, особенно при большой разнице в температурах плавления (алюминий с титаном, цирконием и др.).

Растворение металла в жидком расплаве состоит в разрушении кристаллической решетки первого и переходе его атомов в жидкий расплав. Движущей силой процесса является различие изобарных потенциалов растворяющегося элемента в кристаллической решетке и жидком расплаве.

Цель проведения работ – изучение скоростей растворения, входящих в состав шаговых двигателей стальных и бронзовых приделок, а также латуни, меди, серого чугуна и цинкового сплава ЦАМ 4-1 как возможных приделок в других видах

алюминиевого лома. Кроме того, исследование распределения указанных приделок в расплаве для оптимизации процессов плавки и разделения алюминиевого лома и разработки рациональных вариантов переработки неразделанного лома в зависимости от вида выплавляемого сплава.

При проведении данных экспериментов использовали силитовую печь сопротивления, графитошамотные тигли, прибор для термоанализа. Температуру контролировали ХА-термопарой.

Для исследований подбирали или изготавливали из указанных металлов и сплавов образцы в виде трубок с наружным и внутренним диаметром соответственно 5–7 и 3–5 мм. Это обеспечивало практически постоянное значение площади растворения в течение всего времени процесса, так как уменьшение наружного диаметра образца компенсировалось увеличением его внутреннего диаметра.

Базовым расплавом был технически чистый Al. Испытания проводили при температуре 750, 800 и 850 °С. Вращение образцов в расплаве осуществляли со скоростью 1 с⁻¹ по окружности диаметром 20 мм. Время выдержки образцов в расплаве было от 1 до 40 мин или до полного растворения образца.

Для каждого выбранного момента времени и температуры вычисляли значение потери массы растворяемого материала путем взвешивания извлеченного из расплава и очищенного от Al образца. Результирующее значение скорости растворения устанавливали по усредненным данным 3–5 расчетов по формуле:

$$V_p = \frac{M}{S\tau}, \text{ мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{с}),$$

где V_p – скорость растворения; M – масса образца, мг; S – площадь образца, см²; τ – время растворения, с.

Параллельно проводили экспресс-анализ процесса с помощью специальной, разработанной в БНТУ, системы термоанализа путем изучения кривых охлаждения расплава и сопоставления полученных значений температур фазовых превращений в сплаве с соответствующей двойной диаграммой состояния (Al–Fe и Al–Cu). Было установлено, что данные по химическому составу сплавов, полученные в результате термического анализа, коррелируют с соответствующими значениями, установленными при определении потерь массы образцов.

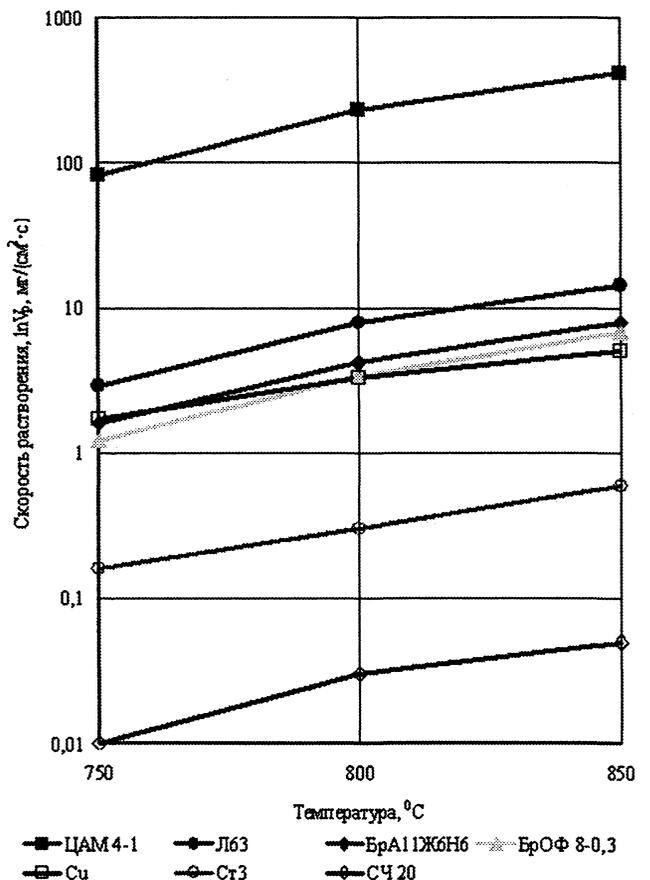
Результаты проведенных экспериментов по определению скорости растворения приведены на рисунке.

Как видно из рисунка, минимальную скорость растворения в расплавленном алюминии из всех исследуемых материалов имеет серый чугун, самую высокую – цинковый сплав ЦАМ 4-1. Например, при температуре 850 °С рассчитанные

по результатам опытов значения V_p можно расположить в следующий ряд (по возрастанию): СЧ – 0,05 мг/(см²·с); Ст 3 – 0,6; Cu – 5,06; БрОФ 8-0,3 – 6,86; БрА11Ж6Н6 – 8,03; латунь Л63 – 14,26; ЦАМ 4-1 – 413,62 мг/(см²·с).

Следует отметить, что результаты по скорости растворения Fe и Cu в Al имеют близкие значения с аналогичными данными, приведенными в работе [2]. Сведения по V_p для других исследуемых материалов в литературе обнаружить не удалось. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что стальные и особенно чугунные приделки при попадании в алюминиевый расплав будут растворяться в нем медленно. Это позволяет при определенных параметрах процесса плавки и быстрым извлечением железосодержащих компонентов со дна тигля получать сплав с минимальным количеством вредной примеси Fe.

В отношении Cu и ее сплавов можно отметить, что они растворяются в несколько раз быстрее сплавов Fe и вероятность насыщения алюминиевого сплава медью значительно выше, чем железом при плавке неразделанного лома в обычных печах. Однако полученные данные показывают, что при стационарной плавке растворенная в Al медь вследствие значительной зональной ликвации по удельному весу концентрируется в основном в нижней части слитка, что также предполагает возможность получения из лома с



Влияние температуры на скорость растворения образцов в расплавленном Al при вращении со скоростью 1 с⁻¹

медными приделками алюминиевых сплавов с низким содержанием Си за счет разделения расплава.

Таким образом, полученные в результате исследования значения скорости растворения различных металлов и сплавов в расплавленном Al создали предпосылки для разработки оптимальных техпроцессов плавки неразделанного лома. Кроме того, полученные данные могут быть полезными для оценки интенсивности насыще-

ния алюминиевых расплавов железом при плавке в стальных и чугунных тиглях, а также применяться для разработки процессов получения лигатур.

Литература

1. Казанцев Г.Ф. и др. Переработка лома и отходов цветных металлов в ионных расплавах / Екатеринбург: УрО-РАН, 2005.
2. Напалков В.И. Лигатуры для производства алюминиевых и магниевых сплавов. М.: Металлургия, 1983.