

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА СЛОЖНОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЛОМА

Магистрант АНДРИЦ А. А., канд. техн. наук, доценты ДОВНАР Г. В., СЛУЦКИЙ А. Г.

Белорусский национальный технический университет

Для проведения экспериментов по разработке технологии переработки сложного Al-лома использовались отработанные шаговые двигатели и промышленные конденсаторы типа БП – П (200 В, 2 мкФ), стружка, алюминиевый порошок. В качестве основного оборудования применялись плавильные электрические печи (силитовая и муфельная). Компоненты шихты плавилась в графитошамотных тиглях. Эксперименты проводились в соответствии с ГОСТ 28053–89.

Обработка результатов осуществлялась путем взвешивания компонентов шихты и полученных слитков, измерением температуры, а также математическим расчетом физических процессов, протекающих в ходе экспериментов.

На начальном этапе исследования были определены входящие в состав используемого сложного алюминиевого лома элементы, а также удельные поверхности алюминиевых материалов. Эти данные позволили оценить количественное и качественное соотношение составляющих используемых материалов.

При исследовании процесса переработки сложного лома применялся подогрев шихты до температур в интервале 20...500 °С перед вводом ее в «болото», что позволило снизить количество «болота» в силу уменьшения его переохлаждения при вводе шихты.

Для определения возможности использования отработанных шаговых двигателей без предварительной подготовки плавилась цельные шаговые двигатели. В процессе расплавления неразобраных двигателей в «болоте», наряду с алюминиевой составляющей, растворяются стальные и медно-сплавные приделки. В результате получается сплав, сильно загрязненный железными и медно-сплавными примесями в следующем приблизительном соотношении: алюминиевая со-

ставляющая ~ 41 %, железная ~ 51 %, медно-сплавная ~ 8 %.

С целью оценки максимального выхода годного двигателя разбирались полностью, а алюминиевые корпуса переплавлялись различными способами. В зависимости от способа плавки изменялся выход годного, т. е. при плавке в «болоте» он составил в среднем 99,7 %, при плавке без «болота», но с динамическим воздействием на шихту – 98,3 %, при плавке без «болота» и перемешивания – 98 %. В результате получается относительно чистый сплав, но метод трудоемкий и требует больших затрат времени (~ 15 мин на полную разборку одного шагового двигателя).

Для изучения возможности извлечения стальных приделок из расплава из двигателя механически отделялись только те части корпуса, которые содержали медно-сплавные приделки, а стальные части удалялись непосредственно из жидкого расплава после расплавления алюминиевой составляющей. В итоге получают удовлетворительные результаты по чистоте сплава и более высокой скорости подготовки отходов. Стальные приделки за время расплавления алюминиевого корпуса (~ 15 мин) не успевают раствориться в нем так, чтобы превысить допустимое значение железа в сплаве (ГОСТ 1583–93).

По данному варианту была построена номограмма, определяющая режимы технологического процесса (температуры перегрева «болота», предварительного нагрева компонентов шихты, количество «болота» и масса вводимых металлических составляющих), выбор которых обусловлен техническими возможностями применяемого оборудования и временем, отводимым на переработку. Для построения номограммы проводились опыты с использованием способа плавки с введением шихты в «болото», которое предварительно перегревалось до температур 750, 800,

850 °С, и необходимая масса которого определялась по уравнению теплового баланса. В расчете также учитывалось количество отработанных шаговых двигателей без медных приделок.

В ходе исследования поведения медно-сплавных приделок с различной величиной поверхности они растворялись в алюминиевом расплаве при температуре ~ 800 °С. Медно-сплавные приделки, входящие в состав шагового двигателя, подразделяются на два вида: одни растворяются одновременно с алюминиевым корпусом, другие начинают растворяться в «болоте» при 800 °С через 13...15 мин, так как они, вероятно, имеют более высокую температуру плавления и плохо смачиваются алюминиевым расплавом. Скорость растворения медных сплавов при температуре алюминиевого расплава 800 °С соответствует значениям 1200 и $510 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}) \cdot 10^{-4}$ для одного и другого вида сплавов соответственно.

Для определения скорости растворения стальных приделок с различной величиной поверхности они растворялись в алюминиевом расплаве при температуре ~ 800 °С. Было установлено, что за 30 мин нахождения в расплаве стальные приделки теряют ~ 5 % массы. Сталь растворяется при температуре алюминиевого расплава 800 °С со скоростью $7,4 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}) \cdot 10^{-4}$.

В шаговом двигателе используются оцинкованные, вороненные, хромированные стальные приделки. Металлы, применяемые для покрытия стальных изделий (Сг, Zn и др.), имеют приблизительно такую же скорость растворения в жидком алюминии, как и железо. Следовательно, покрытия могут только уменьшать содержание железа в расплаве, переходя в него сами, но на скорость растворения металлической приделки значительного влияния не оказывают.

Для изучения возможности переработки использованных конденсаторов они плавилась цельные без предварительной подготовки. При этом выход годного металла отсутствовал как при плавке в «болоте», так и без него из-за окисления алюминиевой составляющей.

Для оценки максимального выхода годного, конденсаторы разбирались полностью, металл корпуса и фольга просушивались для удаления с поверхности летучих составляющих, затем проводилась плавка с различными условиями ввода

шихты: материалы вводились в «болото», в расплавленный флюс и плавилась без «болота» и без флюса. При полном механическом отделении металлических частей от неметаллических, прессовании и дальнейшей переплавке выход годного составил ~ 98...100 % от массы металлической составляющей, или 45...47 % от массы непереработанного лома при плавке как с «болотом», так и флюсом. Без предварительной прессовки материалов, выход годного при плавке алюминиевых корпусов в «болоте» составил в среднем 99,4 %, при плавке без «болота», но с динамическим воздействием на шихту – 89,7 %, при плавке без «болота» и перемешивания – 57,6 %. Но процесс полной разборки довольно трудоемкий и требует больших затрат времени (на ручную разборку одного конденсатора необходимо 10...15 мин). При плавке непрессованной фольги любым способом она выгорала полностью.

С целью упрощения разделения металлической составляющей от неметаллической из конденсатора удалялась крышка, он помещался в печь таким образом, чтобы полученная открытая часть его «смотрела» вниз. Затем разогретый в печи битум вытекал, вслед за ним выпадал рулон фольги с бумагой. Так корпус конденсатора частично освобождался от битума, а рулон фольги с бумагой покрывался толстым слоем битума, который проникал вглубь рулона по зазорам между бумагой и фольгой. В результате требовалось дополнительно выжигать остатки битума из корпуса, а фольгу из спекшегося рулона извлекать механическим путем не представлялось возможным. Необходимо было либо выжигать органические составляющие, либо измельчать с последующей сепарацией, либо растворять битум в жидкой растворяющей среде, что значительно повысило бы трудоемкость, длительность и стоимость процесса.

Для увеличения выхода годного и уменьшения трудоемкости подготовки к плавке от конденсатора механически отделялись металл корпуса и битум, а из оставшегося рулона фольги с бумагой последняя выжигалась, затем промывалась от продуктов горения, просушивалась, спрессовывалась и переплавлялась. При этом выход годного составил ~ 98...100 %. Причем корпус после механического отделения не со-

держал остатков битума, и для него не требовалась дополнительная подготовка перед плавкой. Фольга промывалась от сажи после выжигания бумаги, сушилась и прессовалась.

Также был исследован способ, когда из цельного конденсатора свободным горением (без принудительного подогрева) выжигались органические составляющие. После чего алюминиевая составляющая конденсатора (корпус, фольга) прессовалась и просушивалась перед плавкой. При выжигании органической составляющей из неразборного конденсатора с последующим прессованием алюминиевой составляющей были затрачены наименьшие время и силы на процесс переработки, а выход годного составил 98...100 %.

Исходя из результатов опытов, разработаны схемы металлургической переработки сложного алюминиевого лома.

Также для исследования применялся порошок фракций 1,0...0,63 и 0,2...0,1 мм. Выход годного металла для обеих был равен нулю при всех способах плавки, причем при вводе порошка в «болото» масса последнего уменьшалась на 30...50 %. Выход годного для порошка отсутствовал, так как его частицы из-за своей большой удельной поверхности и малого размера во время нагрева полностью окислялись.

Таким образом, определение металлургического выхода методом согласно ГОСТ 28053–89 для использованных конденсаторов показывает, что без предварительной подготовки данный материал не может приравниваться к лому цветных металлов в соответствии с ГОСТ 1639–93. Поэтому металлургическую переработку целесообразно проводить после предварительной подготовки лома и отходов с последующей плавкой под слоем флюса или в «болоте».

На скорости растворения металла в расплаве и окисления шихты влияют способ плавки, а также дисперсность материала, т. е. суммарная

поверхность материала, а также ее состояние и засоренность. Металл растворяется в расплаве тем быстрее, чем больше поверхность вводимого металла. Но при достижении определенного значения дисперсности расплав плохо смачивает частицы вводимого металла и окисление завершается раньше, чем расплавление. Поверхность окисления будет тем больше, чем меньше размер переплавляемых кусков металла и чем больше в нем трещин. Поэтому при плавке стружки, порошка и фольги получается наименьшая степень извлечения металла, которая еще больше снижается при наличии влаги и масла. Степень извлечения металла можно повысить, уменьшив засоренность и снизив его удельную поверхность, а также на выход годного металла влияет способ плавки, т. е. при плавке под флюсом или в «болоте» поверхность вводимого металла недоступна для кислорода, и металл окисляется в меньшей степени, чем при плавке без флюса или «болота». Выход годного также можно повысить динамическим воздействием на шихту, так как при этом она уплотняется, и, следовательно, уменьшается площадь контакта металла с окисляющей средой.

Наиболее рациональное и эффективное использование лома и отходов алюминиевых сплавов может быть достигнуто при условии их переработки на металлы и сплавы, аналогичные или близкие по своему составу к исходному сырью, потому что при этом обеспечивается наиболее полное и комплексное использование всех ценных компонентов, содержащихся в ломе.

Разработанные схемы переработки отработанных шаговых двигателей и использованных конденсаторов могут применяться для переработки лома с похожими характеристиками, а также содержащего дисперсные материалы.

*Рецензент докт. техн. наук,
проф. СОБОЛЕВ В. Ф.*