



There are given the results of the experimental investigations of processing of mixed scrap and waste of aluminium alloys with different characteristics and regimes of experiments conducting. There are developed the schemas of the metallurgical processing of the mixed aluminium scrap.

А. А. АНДРИЦ, Г. В. ДОВНАР, А. Г. СЛУЦКИЙ,
Белорусский национальный технический университет

УДК 669.714

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА СЛОЖНОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЛОМА

Целью настоящей работы является разработка технологии переработки сложного Al-лома. Для проведения экспериментов использовали компактный лом с Fe-содержащими и Si-сплавными приделками, использованные промышленные конденсаторы, стружку, алюминиевый порошок, в качестве основного оборудования – плавильные электрические печи сопротивления, графито-шамотные и алундовые тигли. Эксперименты проводили в соответствии с ГОСТ 28053-89.

Для обработки результатов проводили взвешивание компонентов шихты и полученных слит-

ков, измеряли температуру, а также выполняли математический расчет физических процессов, протекающих во время проведения эксперимента.

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

Характеристика исследуемых материалов

Материал	Средняя масса, кг	Металлическая основа составляющих	Параметры металлических составляющих					Неметаллические составляющие	
			% к общей массе	кол-во, ед.	суммарная масса, кг	удельная поверхность		наименование	% к общей массе
						м ² /кг	(м ² /м ³)·10 ³		
Сложный алюминиевый лом	0,525	Алюминиевый сплав	41	1	0,215	0,2	0,6	Пласт-масса	0,6
		Fe-содержащие приделки	50,4	105	0,270	0,08-0,67	0,6-5,2		
		Si-содержащие приделки	8	5	0,40	0,02-0,27	0,1-2,4		
Использованные конденсаторы	0,066	Fe-содержащие приделки	1	2	0,001	0,54	4,2	Текстолит	1
		Sn-содержащие приделки	1	2	0,001	0,13	9,2	Бумага	33,6
		Алюминиевый сплав	47,9	3	0,032	Корпус - 1,4 Фольга - 86,8	3,8 167,3	Битум	15,5
Стружка	-	-	-	-	-	2,1	5,7	-	-
Порошок фракции 1,0-0,63 мм	-	-	-	-	-	2,2-3,5	6,0-9,6	-	-
Порошок фракции 0,63-0,4 мм	-	-	-	-	-	3,5-5,6	9,6-15,1	-	-
Порошок фракции 0,4-0,315 мм	-	-	-	-	-	5,6-7,1	15,1-19,2	-	-

При исследовании возможности переработки сложного лома использовали подогрев шихты до температур 20 – 500 °С перед вводом ее в

«болото», что позволяет снизить количество «болота», так как уменьшается его переохлаждение при вводе шихты.

Для определения возможности переработки компактного алюминиевого лома с Fe-содержащими и Si-сплавными приделками без предварительной подготовки плавил цельный неразделенный лом. В процессе расплавления неразделенного лома в «болоте» наряду с алюминиевой составляющей растворяются стальные и медно-сплавные приделки. В результате получается сплав, сильно загрязненный железными и медно-сплавными примесями: алюминиевая составляющая ~ 41%, железная ~ 51, медно-сплавная ~ 8%.

Для определения максимального выхода годного (рис. 1) лом разделялся и алюминиевая составляющая переплавлялась 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 на разделку лома.

Для определения возможности извлечения стальных приделок из расплава лома механически отделяли только те части корпуса, которые содержали медно-сплавные приделки, а стальные части извлекали после расплавления алюминиевой

составляющей непосредственно из жидкого расплава. При этом получали удовлетворительные результаты по чистоте сплава и более высокую скорость подготовки отходов. Стальные приделки за время расплавления алюминиевого сплава (~ 15 мин) не успевают раствориться в нем так, чтобы превысить допустимое значение железа в сплаве по ГОСТ 1583-93.

По данному варианту построена номограмма (рис. 2), определяющая режимы технологического процесса (температура перегрева «болота», температура 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 проводили опыты при помощи способа плавки с введением шихты в «болото», которое предварительно перегревали до температур 750, 800, 850 °С, и массу которого рассчитывали по уравнению теплового баланса.

Для определения поведения медно-сплавных приделок с различной величиной поверхности их растворяли в алюминиевом расплаве при температуре ~ 800 °С. Медно-сплавные приделки, входящие в состав сложного лома, подразделяются на виды: одни растворяются одновременно с

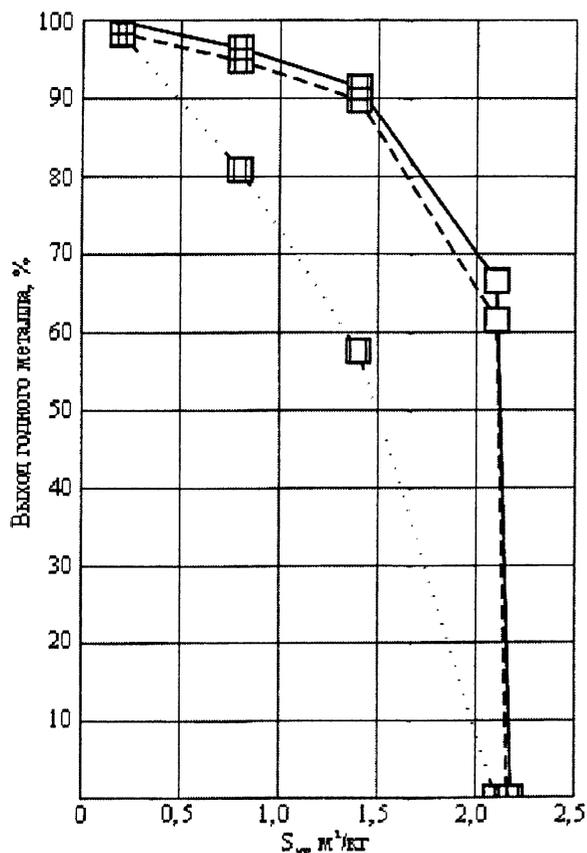


Рис. 1. Влияние удельной поверхности шихты и способа плавки на выход годного металла: — плавка с «болотом»; - - - - плавка с перемешиванием шихты; ····· плавка без воздействия на шихту

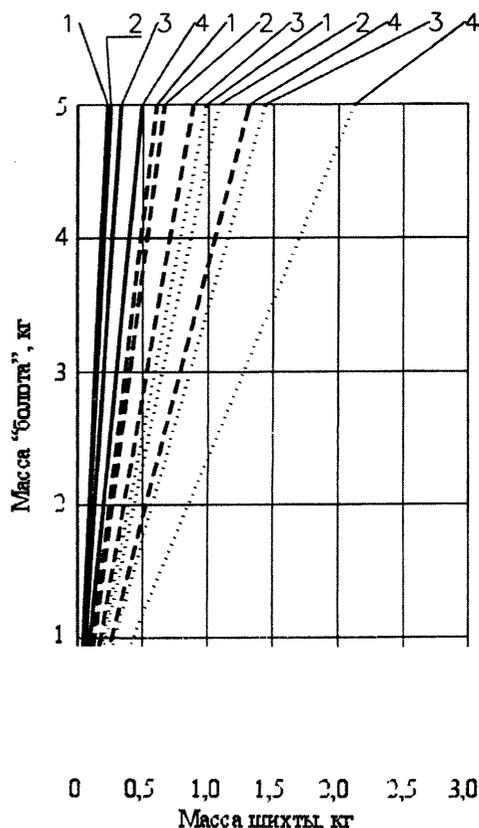


Рис. 2. Номограмма расчета параметров технологического процесса переплава сложного алюминиевого лома: 1 — $t_{пр.нагр} = 20$ °С; 2 — 100; 3 — 300; 4 — 500 °С; — $t_{пер.б.} = 750$ °С; - - - - 800; ····· 850 °С

алюминиевым сплавом, вторые 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 для одного и второго вида сплавов соответствует значениям 1200 и 510 кг/(м²/с)·10⁻⁴.

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 кг/(м²/с)·10⁻⁴.

В сложном ломе встречаются оцинкованные, вороненные, хромированные стальные приделки. Металлы, используемые 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, но на скорость растворения металлической приделки значительного влияния не оказывают.

Используемые конденсаторы состоят в основном из алюминиевого корпуса, битума, алюминиевой фольги и бумаги.

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

Для определения максимального выхода годного конденсаторы разбирали полностью, металл корпуса и фольгу просушивали для удаления с поверхности летучих составляющих, затем проводили плавку с различными условиями ввода шихты. Материалы вводили в «болото», в расплавленный флюс и плавил без «болота» и без флюса. При полном механическом отделении алюминиевых частей, прессовании и дальнейшей переплавке выход годного составил ~ 98% от массы металлической составляющей или 45–47% от массы непереработанного лома при плавке с

использованием как «болота», так и флюса. 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% (см. рис. 1). Но процесс полной разборки довольно трудоемкий и требует больших затрат времени. При плавке непрессованной фольги любым способом она выгорала полностью.

Приблизительная схема разделения металлической составляющей от неметаллической состоит в следующем: из конденсатора удаляется крышка, конденсатор помещается в печь таким образом, чтобы полученная открытая часть его смотрела вниз. Затем разогретый в печи битум вытекает, вслед за ним выпадает рулон фольги с бумагой. Таким образом, частично освобождается от битума корпус конденсатора, а рулон фольги с бумагой покрывается толстым слоем битума, который проникает в глубь рулона по зазорам между бумагой и фольгой. Таким образом, из корпуса требуется дополнительно выжигать остатки битума, а фольгу из спекшегося рулона извлекать механическим путем не представляется возможным. Для этого требуется либо выжигание органических составляющих, либо измельчение с последующей сепарацией, либо растворение битума в жидкой растворяющей среде, что значительно увеличивает трудоемкость, длительность и стоимость процесса.

Для увеличения выхода годного металла и уменьшения трудоемкости подготовки к плавке от конденсатора механически отделяли металл корпуса и битум, а из оставшегося рулона фольги с бумагой последняя выжигалась, затем промывалась от продуктов горения бумаги, просушивалась, спрессовывалась и переплавлялась. При этом выход годного составил ~98–100%. Причем корпус после механического отделения не содержал остатков битума и для него не требовалась дополнительная подготовка перед плавкой. Фольга промывалась от сажи после выжигания бумаги, сушилась и прессовалась.

Исходя из результатов опытов, были разработаны схемы металлургической переработки сложного алюминиевого лома (рис. 3).

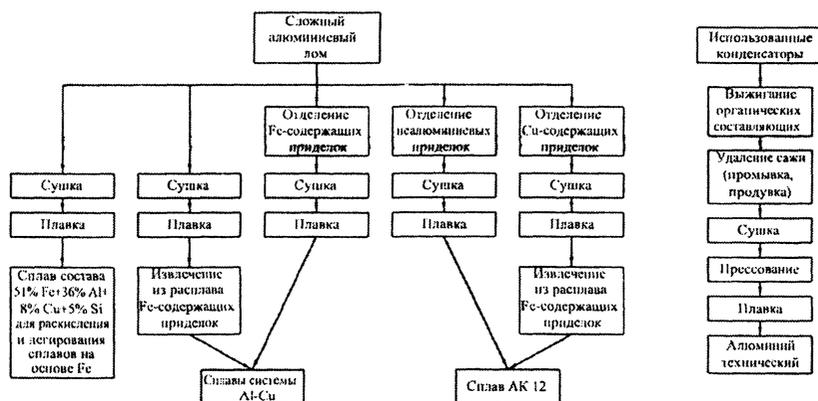


Рис. 3. Схемы металлургической переработки сложного алюминиевого лома

Для исследования применяли также порошок фракций 1,0–0,63, 0,63–0,4 и 0,4–0,315 мм с первоначальной окисленностью порошка ~15%. Для определения окисляемости исследуемые материалы расфасовывали в алундовые тигли и подвергали сушке в муфельной печи (рис. 4). Из рисунка видно, что изменение массы (Δm) составило около 0,8 мас. %. Далее материалы нагревали в муфельной печи и выдерживали при разных температурных режимах (рис. 5). Интервал взвешивания – 1 ч. В результате установлено, что окисление при нагреве до 800 °С и выдержке 1 ч составило для стружки ~ 0,2 мас. %, для порошка фракции 0,63– 0,4 мм – ~ 1, для порошка фракции 0,4– 0,315 мм – ~ 0,8 мас. %, что указывает на незначительное окисление порошка.

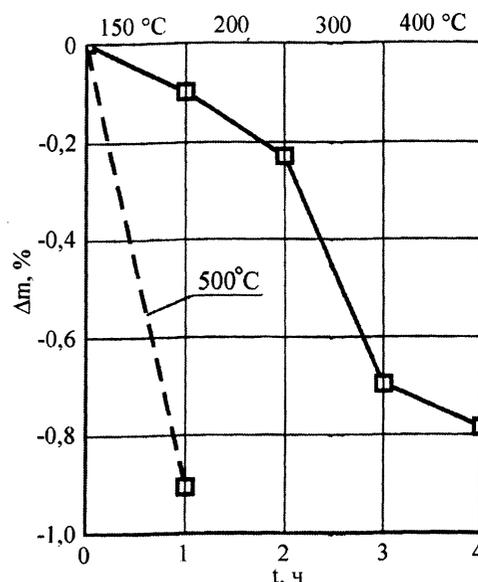


Рис. 4. Влияние режимов сушки на изменение массы порошка фракции 0,63–0,4 мм

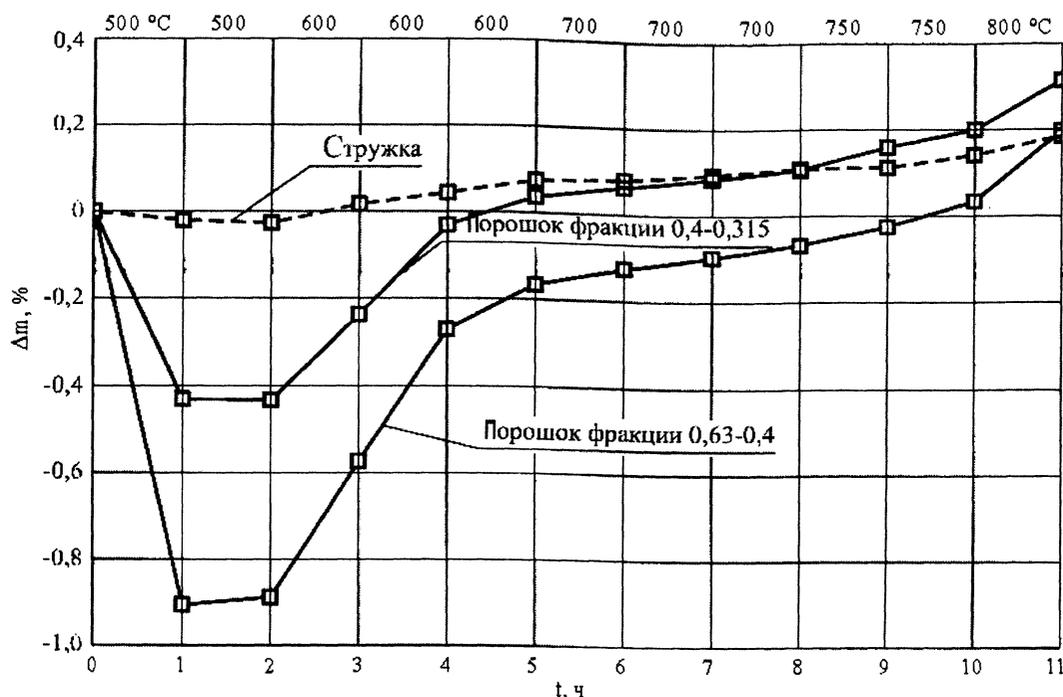


Рис. 5. Кинетика окисления различных алюминиевых материалов

Таким образом, мелкодисперсный шихтовый материал имеет выход годного, близкий к нулю, вероятно, не столько из-за окисления металла, а из-за того, что соотношение толщины оксидной пленки и количества окруженного ею металла такое, что при расплавлении металл не может разрушить пленку и вытечь наружу. Это подтверждается серией опытов, когда выход годного металла для порошка был равен нулю при всех способах плавки, причем при вводе порошка в «болото» масса последнего уменьшалась на 30–50%. Выход годного для стружки составил около 60 % только при динамическом воздействии на нее в процессе нагревания (см. рис. 1).

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 скорость растворения металла в расплаве и скорость 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. Поверхность окисления будет тем больше, чем мельче 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 удельную его

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». Также выход годного можно повысить динамическим воздействием на шихту, так как она при этом уплотняется, а, следовательно, уменьшается площадь контакта металла с окисляющей средой.



Цены на лом и отходы черных металлов на рынке Западной Европы

	2003 г.	
	5 марта	2 апреля
Великобритания (ф. ст. за т)		
Нержавеющий лом		
Кусковой 18/8	460-480	440-460
Стружка 18/8	340-360	320-340
Кусковой, 12-13% Cr	65-75	65-75
Кусковой, 16-17% Cr	90-100	90-100
Быстрорежущий (пенс. за кг)		
Кусковой 18-4-1	42-44	42-44
Стружка 18-4-1	18-20	18-20
Кусковой 6-5-2	51-52	51-52
Стружка 6-5-2	26-27	26-27
Сиф порты Европы (долл. за т)		
Нержавеющий лом		
Кусковой 18/8	860-880	800-820
Стружка 18/8	760-780	700-720
Фоб Роттердам (долл. за т)		
Крупногабаритный стальной лом		
№1	155-156	150-151
№1 и №2	152-153	147-148
Дробленый лом	158-159	153-154
Бельгия (евро за т)		
Крупногабаритный стальной лом	110,00	113,00
Стружка тяжелого лома	79,00	84,00
Литейный чугунный лом	115,00	120,00

	2003 г.	
	Февраль	Март
ФРГ		
Амортизационный лом		
1 (толщиной не менее 4 мм)		
Северные земли	105-120	105-120
Юго-Западные земли	71-86	76-92
3 (толщиной не менее 6 мм)		
Восточные земли	89-99	94-04
Новый лом		
2 (толщиной не менее 3 мм)		
Западные земли	115-120	115-120
Примечание. Цены с доставкой лома на завод потребителя.		

Экспортные цены на черные металлы

По данным журнала "Metal Bulletin", экспортные цены на чугун и стальную продукцию, вывозимую из СНГ, составляли (долл. за т, I – фоб порты Черного и Балтийского морей, II – фоб порты Дальнего Востока):

	2 апреля 2003 г.	
	I	II
Чугун	150-155	150-155
Заготовка	250-260	250-260
Слябы	235-245	235-245
Арматурная сталь	270-275	270-275
Сортовая сталь	270-275	270-275
Катанка	275-280	275-280
Балки и швеллеры	260-300	260-300
Толстый лист (10-50 мм)	300-345	300-345
Рулонная сталь		-
Горячекатаная	280-300	280-300
Холоднокатаная	390-440	390-440

Импортные цены на черные металлы

Ниже приводятся, по данным журнала "Metal Bulletin", импортные цены в КНР на ввозимую из СНГ стальную продукцию (долл. за т, каф основные порты КНР):

	2003 г.	
	7 марта	4 апреля
Слябы	285-290	260-275
Стальная заготовка	280-290	265-275
Арматурная сталь	290-300	280-290
Катанка	305-310	300-310
Конструкционные профили	305-315	295-315
Средний лист	320-330	300-310
Рулонная сталь		-
Горячекатаная	345-350	280-305
Холоднокатаная	485-495	400-430

Источник: "Metal Bulletin".
БИКИ 15.IV.2003 ВИ