

А.М. ГАЛУШКО, канд. техн. наук,  
 В.М. КОРОЛЕВ, канд. техн. наук,  
 А.Г. СЛУЦКИЙ, канд. техн. наук,  
 М.М. СИТНИЧЕНКО, А.А. ГАЛУШКО,  
 А.И. КОРОЛЬ (БНТУ)

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЦИНКОВОГО ЛОМА НА СОРТОВЫЕ СПЛАВЫ

Металлы и сплавы, получаемые из вторичного сырья, занимают видное место в суммарном объеме производства и потребления цветных металлов. Мировое производство вторичного цинка составляет 30% его общего производства [1]. В последующие годы предполагается рост объемов вторичного цинка. Из всех видов исходного сырья цинковых сплавов 80% составляет цинковый лом.

В Республике Беларусь цинковые сплавы потребляет более 50 предприятий. Широко используемым является сплав ЦА4М1, из которого изготавливают детали различными способами литья в автостроении, приборостроении, детали газовой аппаратуры, бытовой техники и др. Отсутствие научно обоснованной технологии плавки цинковых сплавов значительно усложняет поставку сплавов предприятиям-потребителям.

В данной работе предпринята попытка исследовать эффективную технологию переработки цинкового лома.

Предварительно цинковый лом подвергался дометаллургической обработке. Она состояла из разборки изделий, отделения алюминиевых деталей, стальных гаек и болтов, пластмассовых элементов и других инородных включений. Затем в лабораторных условиях отливались пробы для химического микрорентгеноструктурного анализа и металлографических исследований. Химический состав цинкового лома представлен в табл. 1, из которой видно, что по легирующим элементам лом не соответствует составу цинковых сплавов типа ЦА4М1, а также отличается более высоким содержанием вредных примесей. Металлографический и микрорентгеноструктурный анализ выявил повышенное газосодержание и загрязненность металла оксидами типа  $ZnO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Al_2ZnO_4$  и интерметаллидами, основными из которых являются  $FeZn_7$  и  $FeAl_3$ . Полученные результаты хорошо согласуются с данными работы [1].

Таблица 1

Химический состав цинкового лома

Содержание элементов, % (по массе)			Примеси, % (по массе)			
Al	Cu	Mg	Si	Pb	Fe	Sn
3,8...5,7	0,7...1,9	0,04...0,46	< 0,1	0,01...0,02	0,06...0,10	0,01...0,1

На основании проведенного анализа химического состава лома и структуры образцов разработана технологическая схема переработки исходного сырья (рис. 1).

Лабораторная установка для плавки цинкового лома изображена на рис. 2.

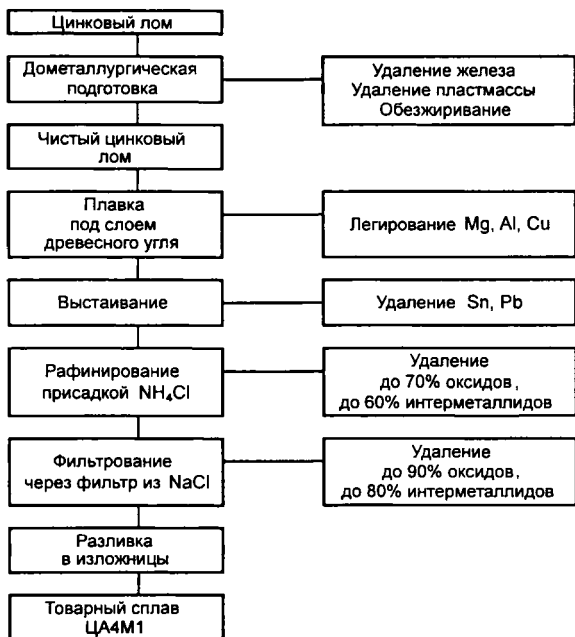


Рис. 1. Технологическая схема переработки цинкового лома

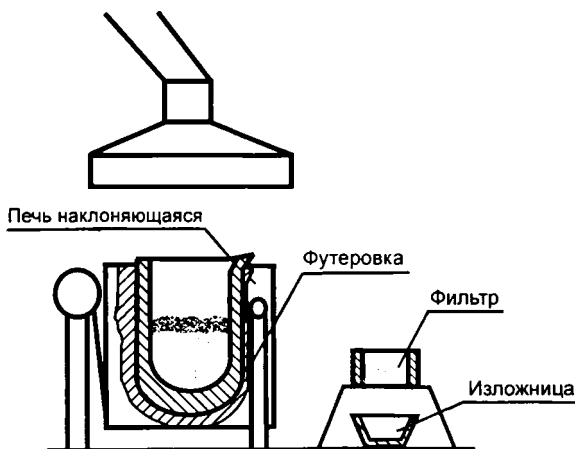


Рис. 2. Лабораторная установка для плавки цинкового лома

Плавку проводили в тигельной наклоняющейся печи вместимостью 100 кг. Чугунный тигель покрывался огнеупорной краской, состоящей из каолина на жидком стекле.

После разогрева тигля до температуры 600 °С в него загружалась порция лома. Поверхность зеркала расплавляемого металла покрывалась слоем прокаленного древесного угля. При температуре 550 °С отбиралась проба для определения химического состава. При необходимости жидкий металл легировался алюминием и медью с целью получения сплава ЦА4М1. Медь вводилась в виде лигатуры Al – Cu (50% Al и 50% Cu), магний – в чистом виде в конце плавки.

При температуре 550 °С производилось выстаивание сплава, обеспечивающее оседание на дно тигля элементов и соединений, имеющих более высокую плотность по сравнению с выплавляемым сплавом (например, свинца и других легкоплавких соединений). В количестве сотых долей процента эти примеси резко ухудшают пластическую деформацию сплава, вызывая явление краснотомкости. Свинец вследствие большого различия электропотенциалов со структурными составляющими сплава увеличивает межкристаллитную коррозию.

Для дегазации сплава и частичного удаления твердых неметаллических включений расплав рафинировали хлористым аммонием (0,10...0,15%). Последний вводился с помощью колокольчика при температуре 450...470 °С. Обработка хлористым аммонием позволяет удалить из расплава до 70% твердых инородных включений за счет флотации их газовыми пузырьками.

Наиболее эффективным методом рафинирования металлических расплавов от твердых включений является фильтрация через зернистые фильтры. Очистка расплава при фильтрации обусловлена как механическим отделением крупных включений, так и адгезией дисперсных частиц к поверхности зерен фильтра.

Работа адгезии включений к фильтру численно равна термодинамически обусловленной убыли удельной свободной энергии в системе расплав – включение – фильтр при переходе включения из расплава на поверхность зерен фильтра. Применительно к системе, в которой включения представляют собой микроскопические не растворимые в расплаве тела, в изобарно-изотермических условиях работа адгезии может быть определена по уравнению Дюпре:

$$W_a(L)^{S1.S2} = \sigma_{S1L} + \sigma_{S2L} + \sigma_{S1S2} \text{ [МДж/м}^2\text{]},$$

где  $\sigma_{S1L}$  – межфазная энергия на границе фильтр – расплав;  $\sigma_{S2L}$  – межфазная энергия на границе включение – расплав;  $\sigma_{S1S2}$  – межфазная энергия на границе фильтр – включение.

Уравнение Дюпре в общем виде не применимо для практических расчетов, поскольку в настоящее время межфазная энергия большинства твердых тел неизвестна.

Авторы работ [1 – 4], выполнив соответствующие преобразования, теоретически определили работу адгезии включений к фильтру. Наибольший интерес представляет работа адгезии включений при активных фильтрах. Эти результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Работа адгезии при активных фильтрах [4]

Материал фильтра	Работа адгезии включений к фильтру, МДж/м <sup>2</sup>	
	ZnAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	FeAl <sub>3</sub>
KF	1307	72,2
CaF <sub>2</sub>	1183	-51,3
KCl	1323	88,4
CaCl <sub>2</sub>	1340	105,8
NaCl	1358	103,8
MgF <sub>2</sub>	1341	107,1

Учитывая эффективность рафинирования, экономику и экологичность процесса, для фильтрации использовали фильтр из хлористого аммония (NaCl).

Разливку из печи предварительно разогретого до температуры 500 °С металла производили в изложницы через слой NaCl толщиной 100 мм. Одновременно заливались пробы для определения химического состава сплава, жидкотекучести и механических свойств. Полученные результаты представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Химический состав экспериментального сплава ЦА4М1

Содержание основных элементов, % (по массе)			Примеси, % (по массе)			
Al	Cu	Mg	Si	Pb	Fe	Sn
3,5 ... 4,5	0,7 ... 1,3	0,04 ... 0,06	< 0,015	< 0,01	< 0,07	< 0,002

Таблица 4

Свойства экспериментального сплава ЦА4М1

Жидкотекучесть λ, мм	Прочность		Пластичность		НВ, МПа	Скорость износа, 10 <sup>-3</sup> г/мин
	σ <sub>изг.</sub> , МПа	σ <sub>в.</sub> , МПа	f, мм	δ, %		
270	475	183	1,56	0,52	720	1,7

Видно, что механические и технологические свойства цинкового сплава, выплавленного из загрязненного лома и подвергнутого выстаиванию, продувке хлористым аммонием с последующей фильтрацией через зернистый фильтр, приближаются к свойствам сплава ЦА4М1.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Курдюмов А.В., Емельянов Е.С. Неметаллические и интерметаллические включения в отливках из цинкового сплава производства различных заводов // Литейное производство. 1993. № 3. С. 11 – 12.
2. Флюсовая обработка и фильтрация алюминиевых расплавов / А.В. Курдюмов, С.В. Инкин, В.С. Чулков, Н.И. Графас. М.: Металлургия, 1980. 195 с.
3. Инкин С.В., Курдюмов Н.В., Выговский Е.В. Роль дисперсионных молекулярных сил и расклинивающего давления при фильтрации металлических расплавов через зернистые материалы // Изв. вузов. Цветная металлургия. 1972. № 4. С. 36 – 42.
4. Емельянов Е.С. Исследование твердых включений и разработка методов удаления их из цинковых расплавов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1981. 22 с.

УДК 621.791

**М.П. КУЛЬГЕЙКО**, канд. техн. наук, **И.В. ГРИНКЕВИЧ**,  
**С.В. РОГОВ**, **В.Ю. КОВАЛЬЧУК** (ГГТУ им. П.О. Сухого)

### **СТАБИЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ ДОЗИРУЮЩЕГО ПИТАТЕЛЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКИ**

Работоспособность узлов машин и механизмов в экстремальных условиях эксплуатации во многом определяется состоянием поверхностного слоя детали. Широкий спектр требований к физико-механическим и электрохимическим характеристикам поверхностей деталей обуславливает поиск эффективных способов упрочнения. Одним из таких методов упрочнения является электромагнитная наплавка (ЭМН).

Эксплуатационные свойства электромагнитных покрытий зависят от сплошности и однородности наносимого слоя, которые находятся в прямой зависимости от стабильности работы установки электромагнитной наплавки.

Устройство для упрочнения, исследуемое в этой работе, подробно описано в [1, 2]. Оно выполнено с осциллирующим движением полюсного наконечника (рабочего органа), имеет шарнирно-рычажный соединительный механизм с приводом через эксцентрик (рис. 1) [3], связанный через упругую центробежную муфту (рис. 2) с валом электродвигателя.

Дозирующий питатель предназначен для управляемой подачи упрочняющих металлических порошков на восстанавливаемые электромагнитной наплавкой участки поверхности детали.

В [4] описан дозирующий питатель, содержащий шнековый транспортно-распределительный механизм, кинематически связанный с загрубочным бункером и системой подающих лотков вибрационного действия.