

The technology of metallurgical recycling of zinc scrap for bar alloys including high-strength ones with increased contents of aluminum and copper is offered.

А. М. ГАЛУШКО, В. М. КОРОЛЕВ, А. Г. СЛУЦКИЙ, А. А. ГАЛУШКО, БНТУ,
А. Н. СТЕПАНЮК, УП «Белцветмет»

УДК 669.2/8.054.8

ВОЗМОЖНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВАРИАНТЫ ПЛАВКИ ЦИНКОВЫХ СПЛАВОВ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Вторичное сырье занимает все более значимое место в суммарном объеме производства и потреблении цветных металлов и сплавов. Например, мировое производство вторичного цинка, составляющее 30% от его общего производства, по прогнозам цинковой ассоциации из Брюсселя, в 2005–2006 гг. увеличится до 40% [1]. Из всех видов исходного сырья цинковых сплавов 80% составляет цинковый лом.

В Республике Беларусь цинковые сплавы потребляют более 50 предприятий, изготавливая детали различными способами литья в машиностроении, приборостроении, детали газовой аппаратуры, бытовой техники и др. Годовая потребность в цинковых сплавах составляет 2000–2200 т. Подавляющая масса цинкового литья изготов-

ливается из покупного сырья. Согласно данным УП «Белцветмет», в Беларуси достаточно эффективно организована переработка алюминиевого лома. Практически не перерабатывается лом свинца и цинка (рис. 1).

В настоящей работе предлагается технология металлургической переработки цинкового лома на сортовые сплавы, в том числе высокопрочные с повышенным содержанием алюминия и меди. Исходным сырьем для опытных плавов служил цинковый лом, поставленный УП «Вторцветмет» в количестве 500 кг. 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 анализов и металлургических исследований. Химический состав цинкового лома приведен в табл. 1.

Из таблицы видно, что по основным элементам лом наиболее близок к сплаву типа ЦА4М1 с повышенным содержанием вредных примесей. Металлографический и микрорентгеноструктурный анализы выявили повышенное газо- и загрязненность металла оксидами типа ZnO,

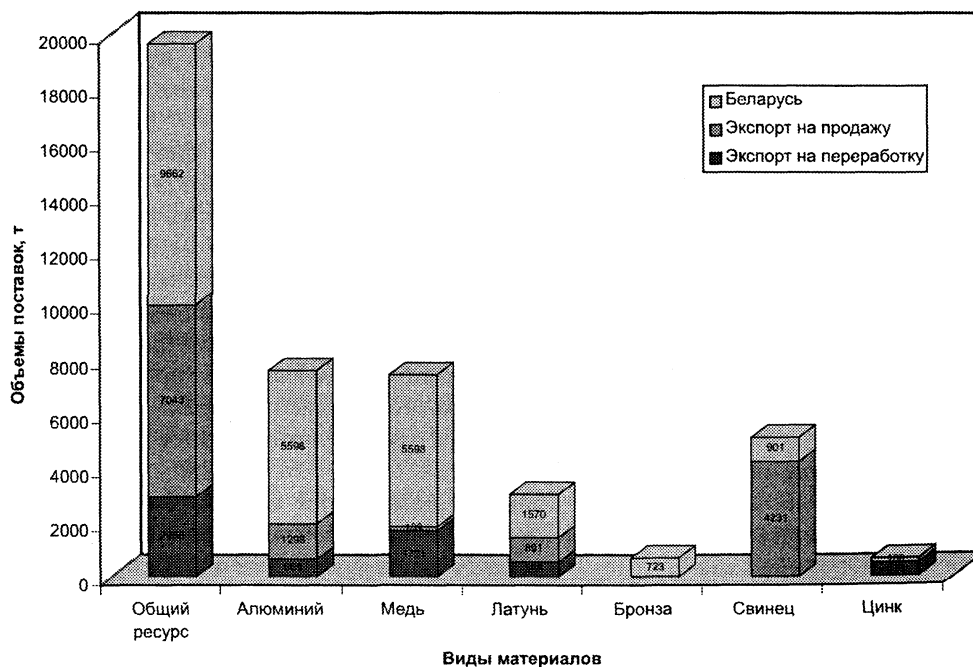


Рис. 1. Поставка лома и отходов цветных металлов предприятиям Республики Беларусь и на экспорт

Таблица 1. Химический состав цинкового лома

Содержание элементов, мас.%			Примеси, мас.%			
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

Al_2O_3 , Al_2ZnO_4 , интерметаллидами, основными из которых являются $FeZn_7$ и $FeAl_3$.

Полученные результаты хорошо согласуются с данными работы [2].

На основании проведенного анализа химического состава лома и структуры образцов разработана технологическая схема переработки исходного сырья (рис. 2).

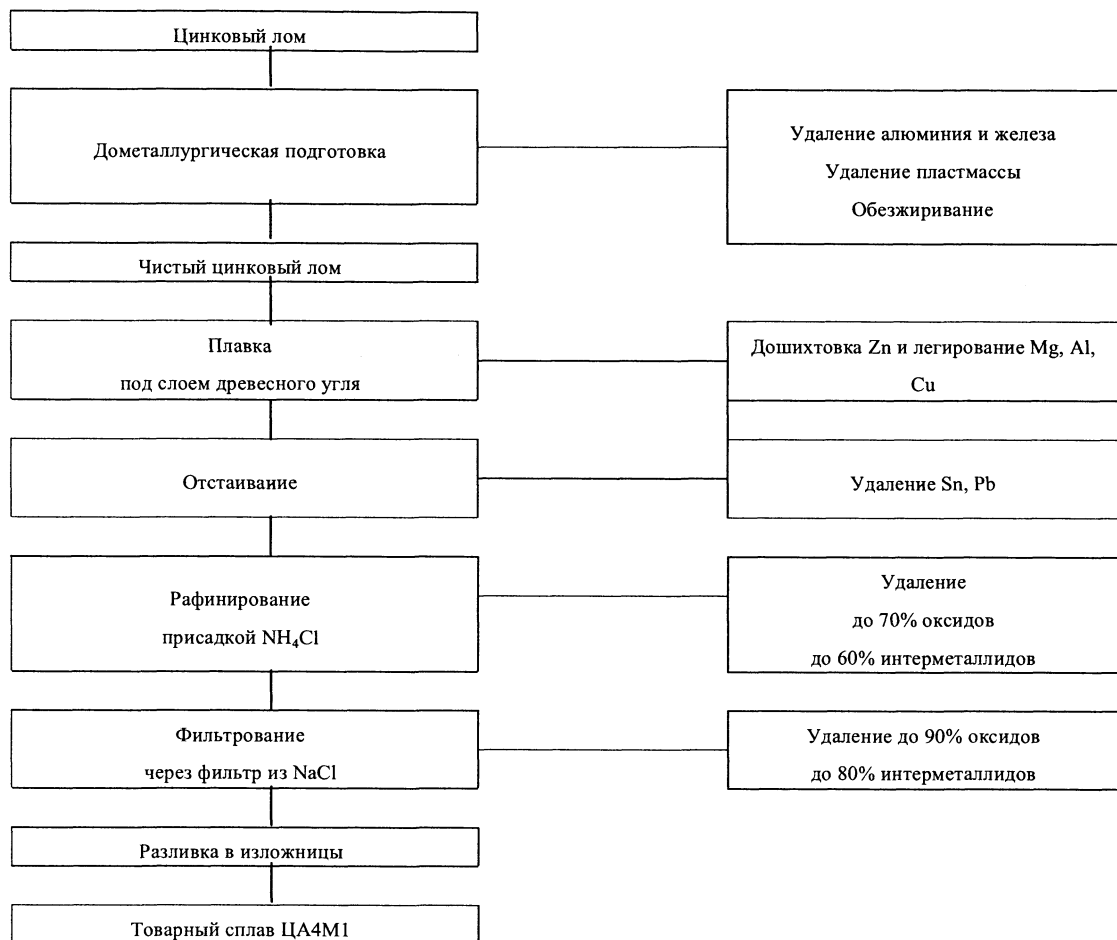


Рис. 2. Технологическая схема переработки цинкового лома

Схема лабораторной установки для плавки цинкового лома показана на рис. 3.

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

После разогрева тигля до 600 °С в него загружали порцию лома. Поверхность зеркала расплавленного металла покрывали слоем прокаленного древесного угля. При температуре 550 °С отбирали пробу для определения химического состава. При необходимости жидкий металл дошихтовывали Zn и легировали Al и Cu с целью получения сплава ЦА4М1. Медь вводили в виде лигатуры Al–Si (50% Al – 50%Si), магний – в чистом виде в конце плавки.

При температуре 550 °С производили отстаивание 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 ввиду большого различия электропотенциалов со структурными составляющими сплава увеличивает межкристаллитную коррозию.

Для дегазации сплава и частичного удаления твердых неметаллических включений расплав рафинировали хлористым аммонием в количестве 0,10–0,15%. Последний вводили с помощью колокольчика при температуре 450–470 °С. Обработ-

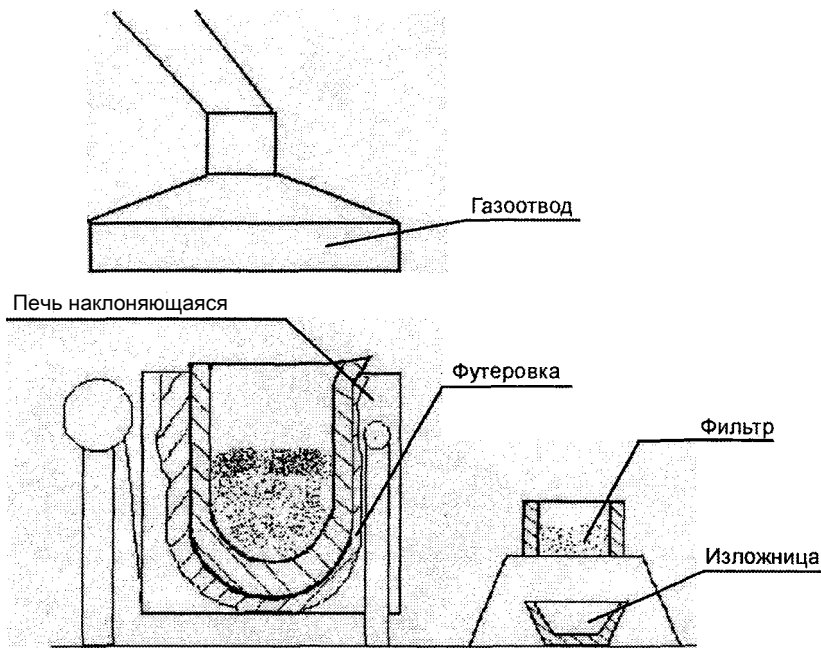


Рис. 3. Схема лабораторной установки для плавки цинкового лома

ка хлористым аммонием позволяет удалить из расплава до 70% твердых инородных вclusions 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 вклю-

чений, 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 микроскопические, нерастворимые в расплаве тела, в изобарно-изотермических условиях величина работы адгезии может быть определена по уравнению Дюпре:

$$W_a(L)^{\wedge} = \sigma_{SL} + \sigma_{SL}^{\wedge}, \text{ МДж/м}^2$$

где σ_{SL}^{\wedge} , σ_{SL} , σ_{SL}^{\wedge} — соответственно межфазная энергия на границе фильтр—расплав, включение—расплав, фильтр—включение.

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

Авторы работ [2, 5], произведя соответствующие преобразования, теоретически определили работу адгезии включений к фильтру. Наибольший интерес представляет работа адгезии включений при активных фильтрах (табл. 2).

Таблица 2. Работа адгезии при активных фильтрах

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

Учитывая эффективность рафинирования, экономику и экологичность процесса, для фильтрации использовали фильтр из NaCl.

Разливку из печи предварительно разогретого до температуры 450–470 °С металла проводили в изложнице через слой NaCl толщиной 100 мм. Одновременно заливали пробы для определения химического состава сплава, жидкотекучести и

механических свойств. Полученные результаты приведены в табл. 3, 4.

Из таблиц видно, что механические, технологические свойства цинкового сплава, выплавленного из загрязненного лома и подвергнутого отстаиванию, продувке хлористым аммонием с последующей фильтрацией через зернистый фильтр, по свойствам приближаются к сплаву ЦА4М1.

Таблица 3. Химический состав экспериментального сплава ЦА4М1

Содержание основных элементов, мас. %			Примеси, мас. %			
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^{-4} г/мин
	ОиГ, МПа	σ_b , МПа	F , мм	δ , %		
270	475	183	1,56	0,52	720	1,7

Учитывая высокую дефицитность цинка и крайнюю необходимость расширения производства цинковых сплавов, в работе исследовали влияние различных вариантов плавки на физико-механические и технологические свойства сплава ЦА30М5. Высокоалюминиевые цинковые сплавы, обладая лучшими прочностными характеристиками наряду с экономией, позволяют существенно снизить массу деталей, что является актуальным при изготовлении деталей фотоаппаратов, опти-

ческих приборов, газовых плит, редукторов и фарнитуры.

Использовали следующие варианты обработки расплава: продувку жидкого металла инертным газом (аргон или очищенный азот); обработку расплава 0,2% фторбората калия (KBF₄); микролегирование сплава стронцием.

Результаты опытных плавок приведены в табл. 5, где свойства сплава ЦА30М5 представлены в сравнении со сплавом ЦА4М1.

Таблица 5. Влияние химического состава и обработки расплава на свойства цинковых литейных сплавов

Сплав	Обработка расплава	Жидкотекучесть λ , мм	Прочность		Пластичность		НВ, МПа	Скорость износа 10^{-3} , г/мин
			$\sigma_{изг}$, МПа	σ_b , МПа	F , мм	δ , %		
ЦА4М1	-	290	577	202	2,78	0,7	1210	1,9
	Ar	305	599	235	3,26	0,83	1120	1,6
ЦА30М5*	-	300	668	299	2,9	0,91	1250	3,6
	Ar	360	722	296	2,98	1,1	1210	1,4
	0,2%KBF ₄	390	728	310	3,0	1,2	1270	1,2
	0,05%Sr	360	735	300	3,0	1,05	1250	1,3
ЦА30М5**	-	400	647	218	1,7	0,91	1290	1,15
	Ar	410	605	243	1,36	1,25	1290	1,05
	0,2%KBF ₄	420	655	252	1,45	1,2	1210	0,96
	0,05%Sr	400	670	250	1,25	1,05	1360	1,01

* Сплав приготовлен на основе ЦА4М1, алюминия и меди.

** Сплав приготовлен на основе сплавов ЦА4М2, АК5М4 и меди.

Как видно из таблицы, цинковые сплавы с повышенным содержанием алюминия обладают более высокими прочностными свойствами. При использовании в шихте сплава АК5М4 отмечается максимальная жидкотекучесть за счет добавки кремния при некотором снижении прочности.

Исследованные варианты обработки расплавов оказывают положительное влияние на весь комплекс изученных свойств, причем наибольший эффект достигается при обработке сплавов фторборатом калия, что обусловлено рафинирующим и модифицирующим действием последнего.

Таким образом, проведенные исследования показали перспективность использования цинкового лема для изготовления сплавов различного функционального назначения.

Литература

1. Уилкинсон Дж. // Металлоснабжение и сбыт, 2002. №2.
2. 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.
3. Флюсовая обработка и фильтрация алюминиевых расплавов / А.В.Курдюмов, С.В. Инкин, В.С. Чулков, Н.И. Графас. М.: Металлургия, 1980.
4. 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.
5. Емельянов Е.С. Исследование твердых включений и разработка методов удаления их из цинковых расплавов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1981.