УДК 669.2/.8-034.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ЗАПОРОЖСКОГО ТИТАНО-МАГНИЕВОГО КОМБИНАТА ПРИ РАФИНИРОВАНИИ МАГНИЕВОГО СПЛАВА

В. А. Шаломеев, Э. И. Цивирко –
Запорожский национальный технический университет
Е. И. Ветошкина –
КП Запорожский титано-магниевый комбинат
В. В. Лукинов –
ОАО "Мотор-Сич", г. Запорожье

Досліджена можливість застосування відпрацьованого розплаву сольового хлоратора виробництва ЗТМК як флюсу для рафінування магнієвого сплаву. Показано позитивний вплив обробки рідкого металу розплавом сольового хлоратора на структуру й властивості вторинного магнієвого сплаву.

The opportunity of application of the fulfilled fused salt chlorine of manufacture ZTMK as a flux for refinement of a magnesian alloy is investigated. Positive influence of processing of liquid metal of the fused salt chlorine on structure and properties of a secondary magnesian alloy is shown.

В настоящее время под промышленные и бытовые отходы в нашей стране отведено 160 тысяч гектаров земли. При этом нет ни одного полигона, соответствующего европейскому уровню экологической безопасности. На Украине накопилось 1,6 мдрд т токсичных отходов, из которых 28 млрд т – особо опасные, при этом отраслевые и горнопромышленные отходы в общем обороте отходов составляют 98 % [1]. При переработке титансодержащих концентратов на Запорожском титано-магниевом комбинате образуется значительное количество хлорсодержащих отходов, часть из которых удается частично использовать в народном хозяйстве, другие еще не нашли применения на сегодняшний день. Так, при хлорировании титановых шлаков в производстве четыреххлористого титана образуется отработанный расплав солевого хлоратора (РСХ), объем производства которого составляет до 12 тыс. т в год. Отработанный РСХ имеет следующие физико-механические свойства: плотность – 2000...2300 кг/м^3, насыпной вес – 980...1100 кг/м^3, средняя температура плавления – 910 ^{0}С, теплота плавления – 420...440 Дж/град, предел прочности при сжатии – до 20,3 МПа, предел прочности на изгиб – до 0,71 МПа. Данный материал имеет третий класс экологической опасности и утилизируется методом захоронення в траншеи, оборудованные известковой "подушкой", что позволяет удерживать распространение хлоридов в почве. Предприятие тратит сотни тысяч гривен на утилизацию отходов и содержание полигонов для их захоронення.

Поэтому использование отходов для нужд промышленности с обеспечением экологической безопасности является очень актуальной задачей.

Исследовали возможность применения твердого РСХ в качестве флюса при рафинировании магниевой стружки и получения вторичного магниевого сплава, применяемого для модифицирования чугуна.

Смесь магниевой стружки сплавов Мл-5 и Мл-10 переплавляли в печи "Райт"по двум технологиям:

1) по серийной технологии с применением покрывного флюса ВИ-2 [2];

2) с использованием в качестве флюса РСХ, который предварительно измельчали до фракции 0,01…2 мм и прокаливали при температуре 150°С. Опытные плавки начинали под флюсом ВИ-2 как более легкоплавким, и по мере расплавления металла в печь присаживали РСХ. После рафинировки и отстаивания 15 мин готовый расплав при температуре 720°С заливали в изложницы и песчано-глинистые формы для получения стандартных образцов с рабочим диаметром 12 мм для механических испытаний. Доля использования РСХ по отношению к ВИ-2 составляла до 70 % на плавку, при этом изменений технологических и санитарных норм в процессе опытной плавки не было. Химический состав РСХ и традиционно применяемого флюса ВИ-2 для выплавки магниевых сплавов представлен в табл. 1.

Образцы из магниевого сплава проходили термическую обработку в печах типа Бельвью и ПАП-4М по режиму Т6 (закалка от 415±5 °С, выдержка 15 ч, охлаждение на воздухе и старение при 200±5 °С, выдержка 8 ч, охлаждение на воздухе).

Временное сопротивление разрыву ($\sigma_в$) и относительное удлинение (δ) образцов определяли на разрывной машине Р5. Твердость образцов замеряли на твердомере TWIN фирмы "Ernst".

Таблица 1

Химический состав флюса ВИ-2 и РСХ

Флюс	Массовая доля соединений, % масс										
	$MgCl_2$	KCl	$CaCl_2$	$BaCl_2$	CaF_2	MgO	$TlCl_4$	$FeCl_3$	$AlCl_3$	$CrCl_3$	NaCl
ВИ-2	38–46	32–43	10–11	5–9	3–5	<1,5	–	–	–	–	–
РСХ	15–20	24–28	2–4	–	–	–	7–10	19–21	8–10	5–9	8–10

Примечание. Кроме перечисленных хлоридов, в состав РСХ могут входить соединения Y, Nb, Sc

Таблица 2

Химический состав магниевых сплавов после перплава стружки с применением различных флюсов

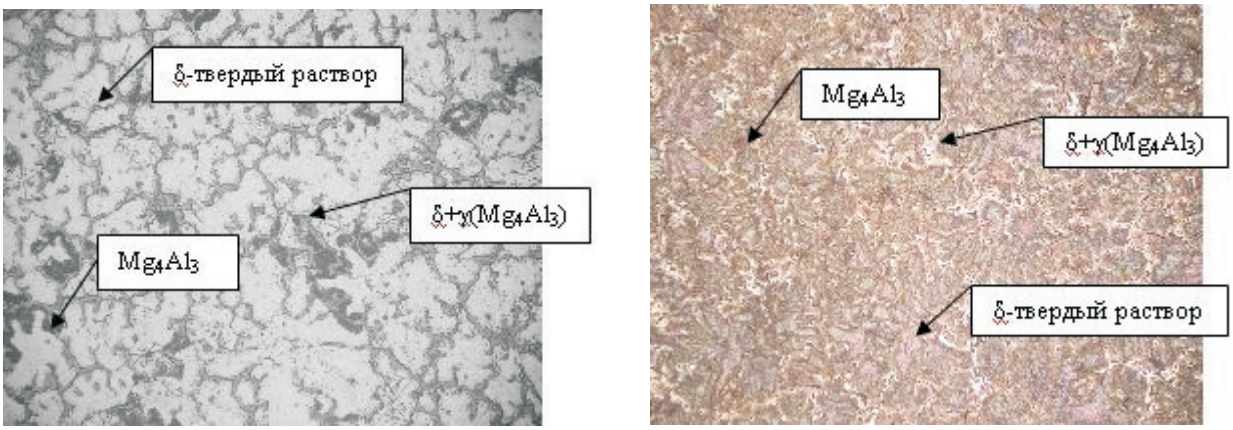
Сплав	Средняя массовая доля элементов, %					
	Al	Zn	Mn	Si	Fe	Cu
серийный	11,0	0,87	0,11	0,60	0,03	0,09
опытный	11,7	0,95	0,24	0,80	0,05	0,08

Таблица 3

Механические свойства* образцов из магниевых сплавов при переплаве стружки

Сплав	Механические свойства		
	$\sigma_в$, МПа	δ, %	HB
серийный	82	1,4	75
опытный	105	1,8	88

Примечание: * – средние значения.



а **б**

Рис. 1. Микроструктура стандартного (а) и опытного (б) магниевого сплава при переплаве стружки, х 100

Микроструктуру металла разрывных образцов изучали на микроскопе "Neophot 32" после травления реактивом, состоящим из 1 % азотной кислоты, 20 % уксусной кислоты, 19 % дистиллированной воды, 60 % этиленгликоля.

Химический состав исследуемых сплавов различных вариантов переплава магниевой стружки по содержанию основных элементов находился примерно на одном уровне (табл. 2).

Макроструктура образцов исследуемых сплавов была плотной, однородной без усадочных рыхлот, плен, газовых пор и др. видимых дефектов.

Микроструктура образцов обеих технологий состояла из δ-твердого раствора алюминия, цинка и марганца в магнии с четкими границами зерен, эвтектоида $\delta+\gamma(Mg_4Al_3)$, имеющего вид чередующихся пластин, и мелкодисперсной упрочняющей интерметаллидной (Mg_4Al_3)-фазы (рис. 1 а, б). Эвтектоидная фаза была сосредоточена по границам зерен, интерметаллидная фаза выделялась в виде частиц округлой формы.

Диаметр зерна серийного сплава составлял 0,04 – 0,06 мм. Значения твердости этих образцов находились на уровне 74…77 НВ (табл. 3). В образцах из сплава с применением РСХ размер зерна уменьшился более чем в два раза и составлял 0,02 – 0,03 мм, при этом твердость их повысилась до 85…90 НВ.

Механические свойства термообработанных образцов в магниевых сплавах опытных плавок с использованием РСХ имели более высокий уровень как прочностных, так и пластических характеристик металла (табл. 3). Возможно, этому способствовало микролегирование и модифицирование металла компонентами РСХ.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

Установлена возможность использования РСХ в качестве флюса при переплаве магниевой стружки и получения вторичного магниевого сплава.

Применение РСХ в качестве флюса не требует никаких дополнительных изменений в технологическом процессе проведения плавки и получения вторичного магниевого сплава, при этом его экологическая безопасность отвечает установленным нормам.

Отмечено положительное влияние РСХ при переплаве магниевой стружки на показатели механических свойств и гранулярность структуры металла.

Использование РСХ позволяет экономить до 400 кг флюса ВИ-2 на тонну годного и снизить стоимость вторичного магниевого сплава на 150 грн. за тонну годного.

Возможность использования РСХ в качестве флюса позволит ЗТМК снизить затраты на его утилизацию и повысить экологическую безопасность своего производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крапива С.Н. Отвальная страна // Бизнес. – К., 2006. – № 33 (708). – С. 85–87.
2. Белоусов Н.Н. Плавка и разливка сплавов цветных металлов. – Л.: Машиностроение, 1981. – 80 с.