

УДК 621.745.669.13

Р.Э. ТРУБИЦКИЙ (ОАО Лидский ЛМЗ)
А.Г. СЛУЦКИЙ, канд. техн. наук,
Г.В. ДОВНАР, канд. техн. наук,
В.А. СМЕТКИН, канд. пед. наук (БНТУ)

ПРИМЕНЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЛЕГИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫПЛАВКЕ ГИЛЬЗОВОГО ЧУГУНА

Вторичные металлосодержащие материальные ресурсы включают отходы производства – бракованная продукция, остатки сырья, материалов и полуфабрикатов, образующихся в процессе производства промышленной продукции различного назначения и не являющиеся целью данного производства (стружка, шлак, пыль, шлам, абразивные отходы и т.п.) и отходы потребления – бывшая в употреблении или эксплуатации готовая продукция, которая из-за физического или морального износа утратила свои потребительские качества и не может использоваться по прямому назначению (металлический лом, отработанные аккумуляторы и катализаторы и т.п.) [1].

Наиболее полно изучены процессы и имеются соответствующие технологические разработки для извлечения цветных металлов из лома, т.к. такой вид вторичного сырья содержит металлы в свободном, а не в связанном состоянии. Metallосодержащие отходы в отличие от металлического лома перерабатываются в незначительном количестве. Например, промышленные шламы гальваники и других производств перерабатываются на 16 %, отработанные железоникелевые аккумуляторные батареи и медьсодержащие шлаки, оловянно-свинцовая изгарь отгружаются в Российскую Федерацию [2].

Ранее проведенные лабораторные исследования показали перспективность использования для экономного легирования железуглеродистых сплавов медьсодержащих шлаков [3–5] Реализация разработанной технологии плавки чугуна на Лидском литейно-

механическом заводе позволила за счет замены дорогостоящей катодной меди снизить себестоимость продукции без ущерба качеству литых гильз цилиндров, что подтвердили результаты испытаний их на двигателях внутреннего сгорания в Российской Федерации.

В данной работе представлены результаты исследований по использованию олово- и никельсодержащих отходов при плавке гильзового чугуна.

На первом этапе изучали влияние различных добавок чистого олова, припоя марки ПОС61М (Sn – 61 %, Pb – 38 %, Cu – 1 %) и оловянно-свинцовой изгари (Sn – 42; Pb – 24; PbO₂ – 11; SnO – 18; Cu – 1,5; примеси – ост.) на структуру и свойства чугуна. Плавка осуществлялась в индукционной печи ИСТ-006. Были изготовлены образцы для изучения химического состава, твердости и склонности чугуна к отбелу.

В таблице 1 представлены сравнительные результаты по легированию чугуна оловом и припоем ПОС61М. Установлено, что олово оказывает влияние на механические и технологические свойства полученного сплава. Так, если в исходном чугуне твердость составляла 193 НВ, то при максимальном уровне легирования оловом (0,3 %) – 255 НВ. Такое влияние связано с эффективной перлитизацией металлической матрицы, что подтвердили результаты металлографического анализа.

Таблица 1 – Влияние олова и припоя ПОС61М на величину отбела и твердость чугуна

Величина добавки олова/ ПОС61М, %	Химический состав, %							Отбел, мм	Твердость, НВ
	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cu		
Исх./исх.	3,2	2,5	0,4	0,047	0,25	0,12	0,08	4/3	193/193
0,05/0,11	3,2	2,35	0,4	0,047	0,25	0,12	0,07	4/3	200/207
0,1/0,22	3,2	2,45	0,4	0,047	0,25	0,12	0,09	9/6	207/222
0,2/0,43	3,2	2,55	0,4	0,047	0,25	0,12	0,1	7/6	215/222
0,3/0,65	3,2	2,45	0,4	0,047	0,25	0,12	0,1	7/5	255/229

При использовании припоя ПОС61М твердость чугуна также повысилась до 229 НВ. Величина отбела при легировании чугуна,

как чистым оловом, так и припоем существенно не изменилась. Вместе с тем установлено, что при использовании припоя на изломах клиновых проб наблюдается четко выраженная зона отбеленной структуры на наружных поверхностях. Такое влияние на формирование структуры чугуна, вероятно, оказывает наличие в данном материале свинца.

С целью подтверждения данного предположения были проведены металлографические исследования по влиянию олова и других примесей на формирование графитной фазы чугуна.

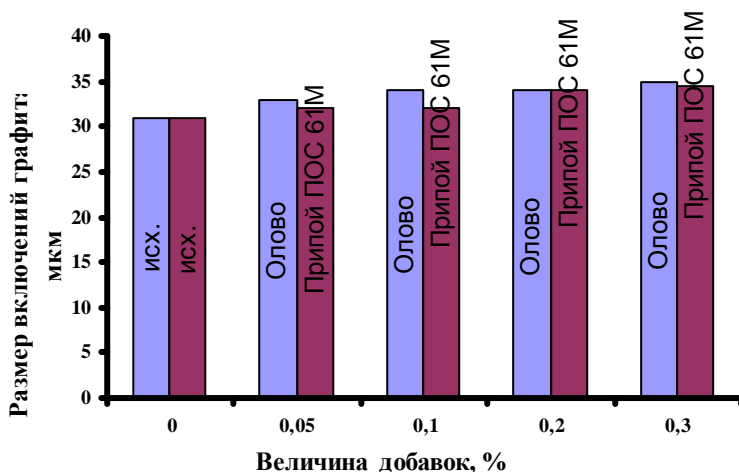


Рисунок 1 – Влияние величины добавок олова и припоя на размер графитных включений

Металлографический анализ показал (рисунок 1), что добавки в чугун чистого олова не оказывают существенного влияния на размер графитных включений. Так, если в исходном чугуне средний размер графита составлял 31 мкм (79 замеров), то при максимальном уровне легирования этот показатель не превышал 40 мкм (66 замеров). Аналогичная картина наблюдается при использовании припоя ПОС61М.

Дальнейшие исследования проводились в заводских условиях на базе легированного перлитного гильзового чугуна. Введение в ковш с жидким чугуном олова в чистом виде (0,1 %), а также в составе припоя ПОС61М (0,1 %) и оловянно-свинцовой изгари (0,4 %) по-

казало, что все присадки хорошо усваиваются расплавом (таблица 2). Сопутствующий олову в припое и изгари свинец также практически полностью переходит в чугун.

Данные по химическому составу полученные с использованием установки OBLF QSN 750 хорошо согласуется с результатами исследования третьего и четвертого образцов (с добавкой припоя и изгари) на спектроскане МАКС–GV (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты исследования на установке спектроскан МАКС–GV химического состава гильзового чугуна, полученного с использованием оловосодержащих добавок

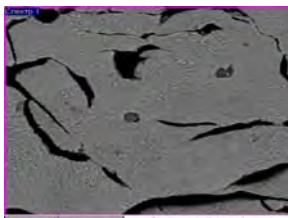
Величина добавки, %	Расчетное содержание олова, %	№ образца и вид добавки	Компонент	Концентрация, %
0,18	0,08	3 Припой ПОС61М	Fe	95,21
			S	0,06
			Si	2,36
			P	0,15
			Cr	0,32
			Mn	0,85
			Ni	0,16
			Sn	0,13
			Cu	0,64
0,38	0,22	4 Оловяно- свинцовистая изгарь	Pb	0,12
			Fe	95,33
			S	0,07
			Si	2,35
			P	0,13
			Cr	0,30
			Mn	0,70
			Ni	0,15
			Sn	0,20
Cu	0,62			
Примечание: относительная погрешность результатов – ±5 %				

Таблица 2 – Результаты производственных испытаний оловосодержащих добавок

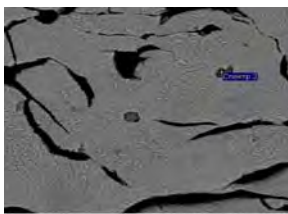
Добавки в ковш	Масса металла в ковше, кг	Химический состав чугуна, %									НВ	Структура
		C	Si	Mn	P	Cr	Ni	Cu	Sn (рас-чет.)	Pb		
исходный чугун	~ 40	3,37	2,28	0,61	0,19	0,31	0,12	0,37	0,015	0,008	229	ПГф1 Пгр1;3 ПГд45-90 П(ФО) Пд0,5 ФЭр2 ФЭЗ
чистое олово 47,3 г	~ 40	3,4	2,35	0,74	0,18	0,31	0,12	0,38	0,14 (0,12)	0,009	255	ПГф1 Пгр1;3 ПГд45-90 П(ФО) Пд0,5 ФЭр2 ФЭЗ
припой ПОС61М 26,6 г	~ 20	3,4	2,33	0,72	0,19	0,31	0,12	0,39	0,066 (0,08)	0,104	255	ПГф1 Пгр1;3 ПГд25-45 П(ФО) Пд0,5 ФЭр2 (ФЭр2) ФЭЗ
изгарь 150 г	~ 40	3,35	2,35	0,69	0,18	0,31	0,11	0,45	0,15 (0,22)	0,134	260	ПГф1 Пгр1;3 ПГд25-45 П(ФО) Пд0,5 ФЭр2 ФЭЗ

Литературные данные по влиянию свинца на структуру и свойства чугунов противоречивы [6]. Поэтому были проведены дополнительные исследования (рисунок 2), результаты которых позволяют утверждать, что свинец равномерно распределяется по сечению отливки.

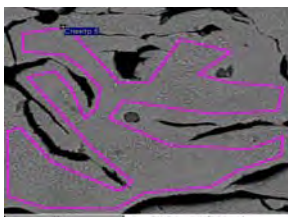
Элемент	Весовой %
Si	2,83
P	0,29
S	0,13
Cr	0,39
Mn	0,94
Fe	94,14
Ni	0,14
Cu	0,53
Sn	0,44
Pb	≤0,18



Элемент	Весовой %
Si	≤0,23
S	35,34
Cr	≤0,10
Mn	58,08
Fe	6,04
Pb	≤0,20
Sn	≤0,20



Элемент	Весовой %
C	9,13
Si	2,68
Cr	0,24
Mn	0,58
Fe	86,68
Cu	0,57
Sn	≤0,20
Pb	≤0,20



Элемент	Весовой %
Si	3,16 ±0,11
Cr	0,26 ±0,18
Mn	0,71 ±0,12
Fe	94,92±0,39
Cu	0,44±0,18
Sn	0,32 ±0,16
Pb	0,18±0,17

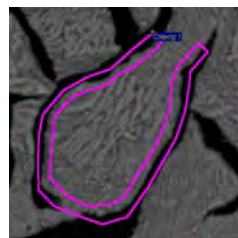
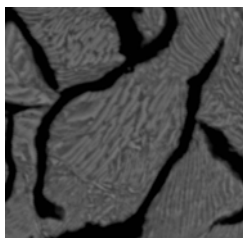


Рисунок 2 – Электронные изображения и химические составы ограниченных участков образца отливки из гильзового чугуна (углерод не определялся), полученного после добавки в ковш 0,38 % оловянно-свинцовой изгари (относительная погрешность анализа – 0,15 %)

Заметных изменений структуры в этой серии плавков не выявлено. Все выше сказанное позволяет утверждать, что использование отходов производства вместо чистых металлов при легировании чугуна не ухудшает структуру чугуна, не оказывает существенного влияния на распределение элементов по исследованной поверхности и, соответственно, не изменяет свойства чугуна. Установлено, что металлические примеси, присутствующие в отходах и не входящие в состав контролируемых химических элементов чугунов не оказывают существенного влияния на структуру и свойства.

Таким образом, проведенные исследования показали реальную возможность использования в качестве легирующего компонента в составе металлошихты, взамен чистого олова, оловосодержащих отходов в виде изгари от плавки припоя.

Литература

1. Ресурсы материальные вторичные. Термины и определения: ГОСТ 25916-83. – Введ. 01.01.85. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 6 с.

2. Худяков, И.Ф. Технология вторичных цветных металлов: учеб. пособие / И.Ф. Худяков, А.П. Дорошкевич, С.Э. Кляйн. – Свердловск: УПИ, 1980. – 75 с.

3. Экономное легирование гильзового чугуна медью / Р.Э. Трубицкий [и др.] // Литье и металлургия. – 2010. – № 4. – С.115–118.

4. Слуцкий, А.Г. Исследование особенностей легирования гильзового чугуна медьсодержащими отходами / А.Г. Слуцкий, Р.Э. Трубицкий, В.А. Сметкин // Литье и металлургия. – 2005. – № 2. – С.113–116.

5. Влияние способа легирования чугуна медью на его структуру и свойства / А.Г. Слуцкий [и др.] // Металлургия: Республ. межведом. сб. научн. тр.: в 2 ч. – Минск: БНТУ, 2011. – Вып. 33, ч.1. – С. 117–125.

6. Чугун: справочник / Ю.Н. Левченко [и др.]; под общ. ред. А.Д. Шерман, А.А. Жукова. – М.: Металлургия, 1991. – 575 с.