

УДК 669.187.28:669.162.275

**В. Н. Костяков, А. А. Волошин, С. И. Клименко,
А.И. Мацкул, Н. В. Кирьякова, А. Н. Сушков**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ЛЕГИРОВАНИЕ ЧУГУНА ХРОМОМ ИЗ ОКСИДНОГО РАСПЛАВА ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА

Приведены данные о легировании чугуна добавками хрома из расплава электросталеплавильного шлака. Показано, что легирование чугуна добавками хрома из оксидного расплава электросталеплавильного шлака обеспечивает достаточно стабильное содержание хрома в сплаве за счет высокой степени извлечения его из оксида.

Ключевые слова: легирование, чугун, отвальный шлак, хром, никель, ванадий, микродобавки, оксидный расплав.

Наведено дані про легування чавуну домішками хрому з розплаву електросталеплавильного шлаку. Показано, що легування чавуну домішками хрому з оксидного розплаву електросталеплавильного шлаку забезпечує достатньо стабільний вміст хрому в сплаві за рахунок високого ступеню вилучення його з оксиду.

Ключові слова: легування, чавун, відвальний шлак, хром, нікель, ванадій, мікродобавки, оксидний розплав.

The about alloying of cast-iron are resulted by additions of chrome from fusion of steel-smelting slag. It is shown, that alloying of cast-iron by additions of chrome from oxide fusion of steel-smelting slag stable maintenance of chrome in an alloy due to the high degree of extraction of him from an oxide.

Keywords: alloying, cast-iron, slag, chrome, nickel, vanadium, microadditives, still-smelting slag.

Известно, что хром обладает особыми антикоррозионными свойствами, в качестве легирующего элемента входит в большинство легированных и высоколегированных сталей и сплавов. Концентрация хрома в зависимости от назначения и предъявляемых требований к стали измеряется от десятых долей до нескольких десятков процентов.

В конструкционных сталях, как правило, содержание хрома не превышает 1-2 %, а в хромистых среднелегированных сталях его концентрация повышается до 5-10 %.

В большинстве случаев для легирования сплавов широкого сортамента используется феррохром. На практике более широкое применение получил высокоуглеродистый феррохром, производство которого освоено на ферросплавных предприятиях России.

К сожалению, природа не наделила Украину сырьевыми ресурсами для получения феррохрома, поэтому его ферросплавное производство отсутствует.

Вместе с тем в Украине имеются вторичные ресурсы для получения феррохрома с пониженным содержанием хрома или шихтовой заготовки, используемой для получения легированных чугунов и стали, с малыми добавками хрома.

К таким вторичным ресурсам относятся металлургические шламы и шлаки, хвосты в никелевых рудах, гальваношламы, окалина металлургического и кузнечного производств и др.

В ФТИМС НАН Украины на основе многолетних исследований разработана технология получения лигатур и сплавов из оксидосодержащих материалов для технолוגования их при выплавке легированных чугунов и сталей, а также для производства высокоуглеродистого феррохрома с содержанием хрома 45-48 % [1-3]. В основу разработанных технологий положен метод жидкофазного восстановления оксидов металлов в электропечах с дуговым или плазменным нагревом [4].

Одним из направлений жидкофазного восстановления оксидов металлов является прямое легирование сплавов легирующими элементами из оксидных расплавов.

Такая технология позволяет получать чугуны и стали, легированные малыми добавками хрома, никеля, ванадия и других, с использованием различных оксидных соединений [5].

В литературе [5-7] имеются данные о технологии получения сплавов, легированных добавками хрома, никеля и ванадия из расплава оксидных материалов, и влиянии их на свойства чугуна и стали.

В данной работе исследованы особенности микролегирования чугуна хромом из оксидного расплава отвального шлака.

Целью работы явилось исследование поведения хрома при вводе смеси отвального шлака, восстановителя и флюсообразующих материалов.

Опытные плавки проведены в дуговой печи постоянного тока с основной футеровкой. В качестве шихты использованы чугунный лом и отвальный хромосодержащий шлак. Для офлюсования кремнезема и получения шлака с низкой температурой плавления использовали известь. Восстановителем служил электродный бой.

Плавки проведены по двум вариантам: в первом варианте одной из составляющих шихты была окомкованная смесь шлака, восстановителя и извести, в другом неокомкованная смесь указанных компонентов. В обоих случаях смесь загружалась в ванну печи вместе с металлической составляющей шихты в начале плавки. Содержание в шихте отвального шлака составляло до 50 % от массы металлозавалки.

Химический состав отвального шлака был следующий, %: 28,36 Cr₂O₃; 26,76 SiO₂; 3,94 Al₂O₃; 2,7 Fe₂O₃; 10,24 CaO; 9,6 MgO; 8,76 MnO.

В табл. 1 приведен химический состав чугуна, выплавленного по первому варианту.

Таблица 1. Химический состав выплавленного чугуна

C	Si	Mn	Cr	Ti	Al
4,57	0,58	1,30	7,16	0,32	0,55
4,20	0,52	0,88	7,39	-	0,38
4,71	0,75	1,03	7,93	0,23	-
4,43	0,72	1,16	7,92	-	0,13
4,67	1,01	1,54	7,75	-	0,31

Анализ приведенных данных показывает, что выплавленный чугун представляет собой сплав **C-Fe-Cr**, содержащий в небольших количествах другие элементы. По своему химическому составу выплавленный сплав близок к хромистым чугунам типа ЧХ. Выплавленные сплавы могут быть использованы для получения марочного чугуна путем корректировки химического состава по углероду и никелю.

Полученные данные показывают, что во всех плавках имеет место достаточно стабильный выход хрома, содержание которого изменяется в узких пределах.

Выявлено, что содержание Cr₂O₃ в конечном шлаке в среднем составляет 0,8 %, что говорит о высокой степени восстановления хрома.

Ранее выполненными исследованиями установлено, что при жидкофазном восстановлении хрома из отвального шлака она составляет 96 % [3]. Исследования показали, что дополнительное раскисление шлака **FeSi** или **Al** не влияет на показатели процесса, но приводит к удорожанию конечного продукта.

Установлено, что при соотношении отвального шлака и чугуна в шихте, равном 0,5, достигается содержание хрома в выплавленном сплаве в пределах 7-8 %.

Концентрация хрома в сплаве может быть увеличена за счет скачивания шлака. Однако это снижает производительность печи и приводит к дополнительным затратам электроэнергии.

В другом варианте исследований легирование чугуна производилось малыми добавками хрома из отвального шлака, расчетная величина которых составляла 0,10; 0,25; 0,50; 1,0 %. Неокомкованная смесь шлака, электродного боя и извести вводилась в ванну печи вместе с металлической составляющей шихты в начале плавки.

В табл. 2 приведен химический состав чугуна, легированного малыми добавками хрома из расплава шлака.

Из данных таблицы видно, что содержание хрома во всех плавках в выплавленном чугуне довольно близко к расчетному. В среднем для всех плавков отношение фактического содержания хрома в чугуне от расчетного составляет 11,5 %. Это обусловлено высокой степенью восстановления хрома из его оксида. Из анализа данных также следует, что высокий выход хрома из шлака позволяет выплавлять чугун со стабильным содержанием хрома в сплаве.

Таблица 2. Химический состав выплавленного хромистого чугуна

Расчетное содержание хрома в чугуне, %	Содержание элементов, %			
	C	Si	Mn	Cr
0,10	3,85	0,52	0,93	0,09
0,25	3,90	0,79	0,96	0,22
0,50	3,69	0,65	0,81	0,43
1,00	3,78	0,55	0,84	0,90

В заключение следует отметить следующее. Технологическая схема переплава окомкованного отвального шлака с низким содержанием оксида хрома позволяет выплавлять чугун и шихтовую заготовку из чугуна и стали. При необходимости получения марочного сплава при плавке могут быть введены легирующие элементы (например, никель, молибден, ванадий) путем использования в шихте гальваношламов, окалины легирующих сталей, пыли дуговых печей, шламов травильных ванн, металлургических шлаков или шламов и др.

При легировании чугуна малыми добавками хрома при использовании в шихте неокомкованного шлака достигается высокая стабильность химического состава сплава по содержанию хрома.

В обоих вариантах применение отвального шлака для легирования чугуна экономически оправдано, а технология легирования может быть реализована в условиях действующего производства.



Список литературы

1. Выплавка феррохрома из отвальных электросталеплавильных шлаков / В. Н. Костяков, В. Л. Найдек, Е. Б. Полетаев и др. // Процессы литья. – 2006. – № 1. – С. 72-80.
2. Костяков В. Н. Резервы ценного сырья // Металлы Евразии. – 2005. - № 1. – С. 72-73.
3. Технологические процессы получения лигатур и сплавов из техногенных отходов в электропечах / В. Н. Костяков, Е. Б. Полетаев, С. Н. Медведь и др. // Процессы литья. – 2007. – № 1-2. – С. 8-19.
4. Костяков В. Н., Найдек В. Л., Тарасевич Н. И. Механизм восстановительной плавки // Процессы литья. – 2005. – № 2. – С. 3-10.
5. Костяков В. Н., Сидак В. Б. Перспективы применения технологии прямого легирования литейных сплавов оксидами металлов // Там же. – 2008. – № 6. – С. 26-30.
6. Филиппенков А. А. Отливки из ванадийсодержащих сталей. – М.: Машиностроение, – 1982. – 126 с.
7. Бобкова О. С., Барсебян В. В. Перспективы развития технологии прямого легирования стали из оксидных расплавов // Металлург. – 2006. – № 9. – С. 43-46.