

УДК 669.131.7

В.Б. Бубликов, А.А. Ясинский, Л.Н. Сыропоршнев, Д.Н. Берчук,
И.В. Киришун, Н.П. Мусеева, В.Н. Талько*

*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,
Киев*

**Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев*

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА, ЛЕГИРОВАННОГО НИКЕЛЕМ

Получены экспериментальные данные, характеризующие влияние содержания никеля на структуру и механические свойства высокопрочного чугуна, в зависимости от качества шихтовых материалов, метода модифицирования, скорости охлаждения отливок и вида термической обработки.

Исследование влияния легирования никелем в количестве 1...2 % на механические свойства ферритного высокопрочного чугуна проводили на металле клиновидных проб толщиной 45 мм. Вырезанные из нижней части клиновидных проб темплеты были отожжены на феррит по двум режимам термической обработки.

Режим 1 – одностадийный отжиг: нагрев в печи до 720 °С, выдержка 3 часа, охлаждение на воздухе.

Режим 2 – двухстадийный отжиг: нагрев в печи до 860 °С, выдержка 3 часа, охлаждение с печью до 720 °С, выдержка 2 часа, охлаждение на воздухе.

Оба режима термической обработки в исследованных составах чугунов обеспечивали получение ферритной металлической основы. При увеличении содержания никеля от 1 до 2 % прочностные показатели и твердость повышаются на 15 %, а относительное удлинение изменяется незначительно. По сравнению с нелегированным, легированный никелем ферритный высокопрочный чугун характеризуется более высокими механическими свойствами: $\sigma_g \geq 550$ МПа; $\sigma_{0,2} \geq 430$ МПа; $\delta \geq 18$ %, твердость 170...190 НВ. По сравнению с одностадийным, двухстадийный отжиг мало влияет на изменение механических свойств, незначительно увеличивая относительное удлинение при соответствующем небольшом уменьшении прочностных показателей. Это позволяет применять более экономичный одностадийный низкотемпературный отжиг. По сравнению с легированным никелем в легированном медью ферритном высокопрочном чугуне, получаемом более энергоемким двухстадийным отжигом, достигаются более высокие прочностные свойства, но при меньшем относительном удлинении - 14...16 %.

Представленные в таблице результаты механических испытаний образцов из отливок с толщиной стенки 10 мм показывают, что в результате сочета-

ния легирования никелем с последующей нормализацией сопротивление разрыву высокопрочного чугуна увеличивается на 77 %, а условный предел текучести на 65 %. При этом обеспечивается благоприятное сочетание высокой прочности и весьма высокого, для перлитного высокопрочного чугуна, относительного удлинения – 9,1 %.

Таблица

Высокопрочный чугун	Механические свойства				Количество феррита в металлической основе
	σ_g , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	НВ, МПа	δ , %	
1. Исходный нелегированный	502	396	2170	14,6	80
2. Легированный 1,5 % Ni	650	511	2410	13,3	55
3. Легированный 1,5 % Ni после нормализации	886	651	2850	9,1	8

По сравнению с нормализацией ещё более высокий уровень механических свойств легированного никелем высокопрочного чугуна позволяет получить изотермическая закалка с 870 °С в селитровую ванну с температурой 380 °С: $\sigma_g \geq 950$ МПа; $\sigma_{0,2} \geq 670$ МПа; $\delta \geq 10$ %.

УДК 621.74

Г. А. Бялик, С. И. Адамчук, Е. С. Сидоренко

Запорожский национальный технический университет, Запорожье

РАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЛАВКИ МАЛОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА В ИНДУКЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ

Традиционной технологией получения сталей и сплавов с ограниченным до предельно низких значений (0,01 – 0,05%) содержанием углерода является выплавка в дуговых электропечах. Применяется технология с полным окислением. При этом к исходным шихтовым материалам особых требований не предъявляют. После расплавления шихты проводится интенсивный окислительный период, в процессе которого удаляют углерод до заданных предельных значений.

Следует отметить, что минимальная ёмкость дуговых электропечей составляет три тонны. В условиях рыночной экономики, а также при проведении научно-исследовательских работ, направленных на разработку новых сталей и сплавов часто требуются значительно меньшие массы плавок металла – порядка десятков и даже единиц килограммов. Наиболее приемлемым плавильным агрегатом в этом случае является индукционная электропечь.

При плавке малоуглеродистых сталей и сплавов в индукционной электропечи необходимо в качестве основного компонента шихты использовать либо чистое железо (например, карбонильное), либо специальную малоуглеродистую шихтовую заготовку, полученную выплавкой в дуговой электропечи. В последнем случае это уже дуплекс-процесс. Стоимость основного компонента шихты в значительной степени определяет себестоимость выплавляемых сталей и сплавов.

В Запорожском национальном техническом университете разработана технология выплавки малоуглеродистых сталей и сплавов на основе железа, в которой в качестве плавильного агрегата использована индукционная электропечь ОКБ-860 ёмкостью 15 кг, а основным компонентом шихты выбрали отходы электротехнической стали.

Единственным легирующим элементом в электротехнических сталях является кремний. Другие элементы являются вредными примесями и их содержание ограничивается.

Следовательно, для получения в качестве основного компонента шихты практически чистого железа из электротехнической стали необходимо удалить кремний.

Таким образом, технология выплавки малоуглеродистой стали или сплава на железной основе включает два основных этапа:

Удаление кремния;

Доведение сплава до заданного химического состава.

Удаление кремния производится за счёт его окисления и перевода из металла в шлак. Окисление кремния происходит при высоком содержании закиси железа в шлаке. Согласно данным, приведенным в работе [1], при 20% содержании закиси железа в шлаке содержание кремния в металле при плавке в печи с кислой футеровкой может быть понижено до 0,02% при 16000С. Соотношение между содержанием кремния в металле и закиси железа в шлаке, определяемые условиями равновесия реакции:

$2(\text{FeO}) + [\text{Si}] = 2[\text{Fe}] + (\text{SiO}_2)$ могут быть достигнуты при обеспечении жидкоподвижных шлаков с содержанием кремнезёма порядка 50%.

В печи с основной футеровкой основные шлаки содержат значительно меньше кремнезёма, чем кислые. В основных шлаках окись кремния связана с окисью кальция в прочные силикаты.

Активность закиси железа в основных шлаках превышает аналогичный

показатель для кислых шлаков. Высокая активность закиси железа и низкая активность окиси кремния способствует тому, что равновесие между металлом и шлаком устанавливается при низком содержании кремния в металле.

Удаление кремния до предельно низких значений не всегда необходимо, особенно в случае выплавки малоуглеродистых сталей, в которых кремний является легирующим элементом. Поэтому при использовании в качестве основного элемента шихты отходов электротехнической стали актуальным является экспресс-анализ металла на кремний по ходу плавки. В данной работе для этой цели использовали специально разработанный прибор для определения содержания кремния методом термоэдс. Образцы для экспресс-анализа отбирали методом вакуумного всасывания металла в кварцевые трубки.

При содержании кремния 0,1%, содержание кислорода в стали составляет 0,03%. Поэтому после снижения содержания кремния и удаления шлака с кремнезёмом необходимо навести новый шлак и производить раскисление металла дозированными присадками алюминия в процессе второго этапа плавки – доведения металла до заданного химического состава, для предотвращения неконтролируемого угара легирующих элементов, сродство которых к кислороду больше, чем у железа.

Конечное раскисление стали производили присадкой алюминия в разливочный ковш.

Химический анализ опытных плавок малоуглеродистых сталей подтвердил возможность выплавки металла с содержанием углерода не более 0,02 – 0,04%.

УДК 621.745.558.669.295

М. М. Ворон, Н.И. Левицкий

*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,
Киев*

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ АЛЮМИНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Ti-AL В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ГАРНИСАЖНОЙ ПЛАВКИ

Имеющийся опыт получения сплавов интерметаллидных соединений системы Ti-Al методом электронно-лучевой гарнисажной плавки [1,2] свидетельствует как о целесообразности этого метода, так и о необходимости поиска новых решений с целью оптимизации процесса плавки и совершенствования управления этим процессом.