



European Commission
TEMPUS

The received results show that dephosphorization of alloyed cast irons provides improvement of mechanical properties, decrease of cold-shortness of moulded pieces at low consumption of dephosphorator.

А. Г. ГЕОРГАДЗЕ, В. И. ГЕРНЕР, М. И. ЕЛАШВИЛИ, П. А. НИКИФОРОВ,
А. Н. ПЛЕТНЕВ, С. А. СМИРНОВ, ООО ТД «СХМ»

УДК 621.74

УСЛОВИЯ ДЕФОСФОРАЦИИ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА В РАЗЛИВОЧНОМ КОВШЕ

В последнее время в промышленности повысились требования к металлу по содержанию фосфора. Снижение содержания фосфора в металле при выплавке чугунов и особенно сталей в машиностроении и металлургии является актуальной проблемой.

В литературе известны способы рафинирующей обработки чугуна и стали и составы шлакообразующих смесей, предназначенные для удаления из металла неметаллических включений, в том числе фосфора [1]. Однако известные способы в основном относятся к процессам дефосфорации жидкого металла в плавильных агрегатах с основной футеровкой.

При использовании плавильных агрегатов с кислой футеровкой удаление фосфора из металла можно проводить непосредственно в разливочных ковшах, имеющих обычно футеровку из нейтрального материала – шамота.

Исследования показали, что эффективное удаление фосфора из жидкого металла в ковше возможно при обработке его рафинирующими шлаковыми смесями и при соблюдении некоторых основных условий проведения процесса.

Основными условиями являются высокая основность и окисленность шлака, низкая температура его плавления, пониженная температура обработки металла.

Высокую основность рафинирующего шлака достигают обычно при применении в его составе большого количества оксида кальция (CaO). Однако чистый оксид кальция имеет высокую температуру плавления (около 2650°C). Поэтому в составах рафинирующих шлаков совместно с оксидом кальция необходимо применять различные добавки, которые понижают его температуру плавления.

Часто в известных способах для удаления из жидкого металла неметаллических включений, в том числе фосфора, используют предварительно расплавленные синтетические шлаки на основе оксида кальция, которые смешивают с жидким металлом и затем отделяют шлак от металла. Однако указанные операции являются энергозатратными, трудоемкими, длительными в исполнении и не всегда приемлемы для условий литейного производства.

Для кинетики процесса дефосфорации жидкого металла в ковше важным является легкоплавкость шлаковой смеси. Быстрое и легкое расплавление шлаковой смеси при взаимодействии с заливаемым в ковш нагретым металлом обеспечивает более глубокое и быстрое удаление фосфора в шлак.

При проведении исследований разработан состав легкоплавкой шлаковой смеси, который можно использовать в твердом состоянии при загрузке его непосредственно в разливочный ковш.

Компоненты шлаковой смеси выбирали исходя из конкретных требований к составу металла и условиям проведения процесса дефосфорации в разливочном ковше.

Согласно результатам испытания на высокотемпературном дериватографе системы «Паулик – Эрдеи», начало расплавления рафинирующей шлаковой смеси происходит уже при температуре 880–890°C с быстрым переходом в активное жидкое состояние при температурах от 1280°C и выше. Это является достаточным для обеспечения дефосфорации металла в ковше даже в диффузионном режиме процесса.

Поэтому разработанный состав рафинирующей шлаковой смеси удовлетворяет условию для дефосфорации металла в ковше по легкоплавкости.

При выплавке литейных и передельных чугунов в металлургии снижение содержания фосфора даже на 10–15% позволяет перевести их класс, согласно ГОСТ 805–95, из марки «Б» в марку «А» и, тем самым, расширить поставки чугунов в машиностроении и обеспечить повышение рентабельности производства.

В литейном производстве стало необходимым снижать содержание фосфора не только в легированных, но и в серых выплавляемых чугунах, особенно для изготовления отливок с особой формой графита.

Проблемой является также удаление фосфора при выплавке сталей в печах с кислой футеровкой. Это связано с тем, что наиболее эффективно процесс дефосфорации протекает при использовании шлакообразующих материалов с высокой «основностью»: оксидов кальция, магния, калия, натрия. Однако эти материалы активно взаимодействуют с «кислотными» материалами и поэтому способствуют разрушению кислых футеровок печей.

На Челябинском предприятии ООО «ЭКОС» разработаны комплексные шлакообразующие материалы для проведения дефосфорации жидких металлов в плавильных агрегатах с основной футеровкой и в разливочных ковшах при выпуске металла из печей с кислой футеровкой.

Предприятие производит и поставляет комплексные дефосфораторы. Дефосфоратор марки ДФЧ-1 применяется для обработки жидкого чугуна в плавильных печах и разливочных ковшах, а дефосфоратор марки ДФС-1, ДФС-2 – для обработки жидкой стали.

Дефосфораторы содержат до пяти компонентов, эффективно удаляющих фосфор в виде химических соединений из расплавленного металла в шлак и исключают процесс рефосфорации в разливочных ковшах.

Расход дефосфораторов определяется опытным путем применительно к условиям предприятий и требованиям к качеству выплавляемых металлов.

Опыт работы на ряде предприятий показывает, что при соблюдении требований по химическому составу сплавов часто имеет место отклонение механических свойств деталей от требований ТУ. При снижении содержания фосфора и серы в сплавах даже на 10–20% обеспечивается стабилизация механических свойств и структуры металла отливок.

Имеется опыт применения дефосфоратора при выплавке серых чугунов, низколегированных чугунов с последующим их модифицированием для получения в металле отливок с вермикулярной или глобулярной формой графита, а также при обра-

ботке в ковше жидкой стали, выплавляемой в печи с кислой футеровкой.

Так, при обработке серых чугунов расход дефосфоратора марки ДФЧ-1 составлял от 0,6 до 1,2 мас.% на 1 т жидкого чугуна. При этом из металла удаляется от 18 до 25% фосфора в зависимости от величины его исходного содержания в сером чугуне.

При обработке низколегированных чугунов расход дефосфоратора может быть увеличен до 1,6 мас.%, при необходимости может обеспечивать снижение фосфора до более низких значений в конечном чугуне.

Исследование, проведенное при изготовлении литых деталей втулок из низколегированного чугуна марки ЧНХМД, показало, что при выполнении операции дефосфорации металла в ковше добавками дефосфоратора марки ДФЧ-1 с расходом его 1,2 мас.% на 1 т жидкого металла получено снижение содержания фосфора в отливках на 26,4 %: с 0,106 до 0,078%. При этом достигнуто повышение механических свойств деталей и формирование структуры с вермикулярной и шаровидной формой графита.

В табл. 1 приведены механические свойства образцов в сравнении с требованиями по ТУ 24-22-086-2000.

Т а б л и ц а 1

Номер образца	Наименования механических свойств		
	$\sigma_{в}$, кгс/мм ²	$\sigma_{т}$, кгс/мм ²	Твердость НВ
1	45,5	44,2	255
2	41,0	39,0	262
3	47,0	46,0	269
Требования по ТУ	≥ 40	≥ 32	187–269

Как видно из таблицы, при снижении содержания фосфора в чугуне при обработке его в ковше дефосфоратором марки ДФЧ-1 механические свойства деталей повышаются и стабилизируются в сравнении с требованиями ТУ. Это позволяет гарантированно исключить отклонения по механическим свойствам в серийном производстве деталей и вывести их на уровень верхних рекомендуемых пределов по ТУ.

Указанное стабильное повышение механических свойств при проведении дефосфорации низколегированных чугунов достигается за счет снижения содержания фосфора в сплаве и формирования значительной части структуры металла с шаровидной формой графита.

В табл. 2 приведены результаты микроанализа шлифов образцов, вырезанных из деталей отливок, изготовленных из низколегированного чугуна и обработанного дефосфоратором марки ДФЧ-1.

Т а б л и ц а 2

Номер образца	Графит		Перлит		Цементит		Фосфидная эвтектика	
	вермикулярный ВГф	шаровидный ШГф	содержание	дисперсия	количество	площадь включений	распределение	площадь включений
1	3	15	П82	Пд0,3	Ц4	4200	0,5	1200
2	3	18	П88	Пд0,3	Ц6	3800	1,2	1250
3	3	22	П79	Пд0,3	Ц7	3200	0,8	1150
Требования по ТУ	2–3	5–20	П45	Пд0,3–1	Ц2–10	До6000	1–2	До 6000

Полученные результаты показывают, что дефосфорация легированных чугунов обеспечивает повышение механических свойств, снижение хладноломкости литых деталей даже при малых расходах дефосфоратора.

При расходе дефосфоратора 0,8–1,5 % из металла удаляется 20–25% фосфора, однако подбор расхода для конкретных условий производства необходимо проводить расчетным путем или экспериментально.

Имеется положительный опыт обработки комплексным дефосфоратором ДФЧ-2 доменных передельных и литейных чугунов, обеспечивающим перевод марок чугунов из класса «Б» в класс «А».

На ряде предприятий проведены с положительным результатом испытания по дефосфорации стали в разливочных ковшах с шамотной футеровкой при выплавке металла в печах с кислой футеровкой.

Челябинским предприятием ООО «ЭКОС» дефосфораторы поставляются в виде брикетов размером 20×40×60 мм или фракциями 3–10 и 3–20 мм в различных упаковках по желанию потребителя.

Дефосфораторы заказывается по письму-запросу. По запросу высылаются ТУ на материал и краткая технологическая инструкция по применению дефосфораторов.

Более подробные сведения о технологиях приведены на сайтах www.sxm.ru и www.uralvim.ru, тел. +7 (343) 338.34.44, +7 (351) 280.46.13.

Литература

1. Воскобойников В. Г., Кудрин В. А., Якушев А. М. Общая металлургия: Учеб. для вузов. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 2000.