



УДК 621.74

Поступила 02.09.2013

А. В. ЧАЙКИН, СРО РАЛ, А. В. КОЛКОЛОВА, А. И. ГУЩИН ООО «СЗТЛ»,
В. А. ЧАЙКИН, филиал МГОУ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ СТАЛЕЙ В КИСЛЫХ И ОСНОВНЫХ ДУГОВЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧАХ В УСЛОВИЯХ ООО «САМАРСКИЙ ЗАВОД ТЕХНИЧЕСКОГО ЛИТЬЯ» С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Показана эффективность применения дисперсных материалов в качестве раскислительных смесей для диффузионного раскисления сталей в печах с кислой и основной футеровками.

Efficiency of using particulate materials as deoxidizing mixtures for steel diffusive deoxidation in acid and basic furnaces is shown.

В ООО «СЗТЛ» в сталелитейном цехе в дуговых печах ДСП-1,5, ДСП-3 с основной и кислой футеровками выплавляются углеродистые и легированные стали. Для повышения качества выплавляемых сталей в производство внедрены дисперсные раскислительные смеси РД21П, РД19П и Алюмокарб, а также рафинирующая смесь КСК (кальций-стронциевый карбонат).

При выплавке стали марки 110Г13Л в печах с основной футеровкой при заливке форм возникали проблемы, связанные с недостаточной жидкотекучестью стали и появлением в отливках дефектов, таких, как недолив, неспай, газовая пористость и раковины. Выплавка стали производится с использованием возвратных отходов производства и покупного лома. Плавка ведется без окисления, что позволяет сохранить значительную часть содержащихся в отходах и ломе ценных легирующих компонентов. На момент внедрения после расплавления шлак, как правило, не скачивали, сразу проводили восстановительный период. При этом раскисление и легирование металла производили обычным способом. Диффузионное раскисление металла в печи не проводили. Для снижения брака приходилось повышать температуру заливки стали, что, в свою очередь, увеличивало количество газовых дефектов, вызывало рост зерна в стали, а также повышенный пригар на отливках и трудоемкость его удаления. Несмотря на повышенную температуру заливки, металл не полностью сливали из ковшей, в результате в них часто образовывались «козлы». Кроме того, при выплав-

ке сталей получали густые шлаки, что способствовало зарастанию стопоров и высокой трудоемкости удаления из ковша остатков шлака после окончания разливки и уменьшения сроков службы ковшей. Пробы шлака имели характерный черный цвет, что свидетельствовало о высоком содержании в них FeO.

При таком методе плавки металл при плавлении и нагреве до температуры выпуска насыщается азотом и водородом примерно на 50–70% от исходного их содержания в шихте. Загрязнения шихты и заправочные материалы увеличивают в металле содержание неметаллических включений в 5–7 раз. Кроме того, во время плавления происходит обильное окисление марганца и железа. В результате содержание оксидов этих металлов в шлаке может достигать 40 и 10% соответственно, что еще больше увеличивает количество оксидов в стали. Во время восстановительного периода не удается провести качественное рафинирование и зачастую суммарное количество MnO и FeO в шлаке существенно превышает оптимальный уровень 5%, что снижает уровень механических свойств стали.

Для устранения перечисленных выше недостатков в технологический процесс плавки стали в печах с основной футеровкой ввели дополнительно диффузионное раскисление дисперсными раскислительными смесями РД19П и РД21П (ТУ 0826–003–47647304–2001). При этом решали вопросы повышения жидкотекучести стали за счет снижения в ней количества неметаллических

включений и оксидных плен, снижения концентрации газа в расплаве, повышения механических свойств сталей, экономии ферросплавов и ряд других задач.

С целью проведения качественного рафинирования при выплавке стали марки 110Г13Л в завалку вместе с шихтой загружали рафинирующую смесь КСК (ТУ 171700–003–520446233–2006) в количестве 3,3 кг на 1 т металлозавалки. Рафинирующая смесь КСК – кальций стронциевый карбонат (ТУ 171700–003–520446233–2006) предназначена для рафинирования сталей. Изготавливается она на основе порошков карбонатов кальция и стронция с добавлением соединений ЩЗМ и Al_2O_3 . Рафинирующая смесь отличается высокой дисперсностью частиц, что обеспечивает интенсификацию ее реакционной способности.

Рафинирование осуществляется по флотационно-адсорбционному принципу. В первую очередь диссоциируют карбонаты, создавая поток высокодисперсных пузырьков рафинирующего газа, внутрь которых устремляется водород. Благодаря введенным в смесь КСК соединениям ЩЗМ и Al_2O_3 образуется жидкоподвижный шлак, отличающийся высокой сульфидемкостью и способностью аккумулялировать другие неметаллические включения. В итоге рафинирующая смесь решает задачи окислительного периода и очищает сталь от газов и неметаллических включений. Кроме того, образующиеся шлаки отличаются большей жидкоподвижностью, что усиливает эффективность последующего диффузионного раскисления дисперсными РД19П и РД21П и алюмокарбом.

Раскислитель диффузионный РД19П предназначен для создания восстановительной атмосферы и разжижения шлака качественных углеродистых и высоколегированных сталей, выплавляемых в дуговых электропечах с кислой и основной футеровкой. Материал присаживается на поверхность шлака перед раскислительной смесью РД21П. Основу смеси РД19П составляют карбонаты кальция и стронция. Кроме того, в ее состав вводятся оксиды алюминия и других ЩЗМ, а также углеродсодержащий материал. За счет дисперсности смесь за короткий промежуток времени равномерно распределяется по поверхности шлака, делает его жидкоподвижным и реакционноспособным. При этом в печи создается восстановительная атмосфера. Затем в печь присаживается РД21П, в состав которой входят углерод-, кремний-и кальцийсодержащие материалы. За счет дисперсности эти элементы чрезвычайно реакционноспособны. Они восстанавливают оксиды железа, марганца и другие и способствуют переходу восстановленных

элементов в сталь. При этом в печи поддерживается восстановительная атмосфера, вспенивается шлак. Восстановительная атмосфера и вспененный шлак экранируют дуги, уменьшают облучение откосов и свода печи, улучшают усвоение тепла ванной, что дает возможность быстрее нагревать металл, приводит к экономии электроэнергии, повышает срок службы свода. Диффузионное раскисление позволяет экономить ферромарганец, повысить выход годного за счет перехода железа в металл. Кроме того, увеличивается жидкотекучесть стали за счет уменьшения в ней неметаллических включений, что, в свою очередь, позволяет снизить температуру заливки на 10–20 градусов и повысить механические свойства. Расход смесей составляет по 2–3 кг на 1 т жидкого. Смеси фасуются в пакеты массой по 3 кг, что улучшает точность дозировки и позволяет вести контроль за рациональным расходом материалов.

Внедренная комплексная рафинирующая обработка стали 110Г13Л позволила повысить однородность расплава, измельчить микроструктуру, увеличить механические свойства стали. Кроме того, использование смесей позволило снизить долю дефектов по пористости отливок, значительно повысить жидкотекучесть стали за счет уменьшения доли неметаллических включений и, как следствие, несколько снизить температуру заливки, устранить образование наростов и «козлов» в литейных ковшах, повысить срок их службы.

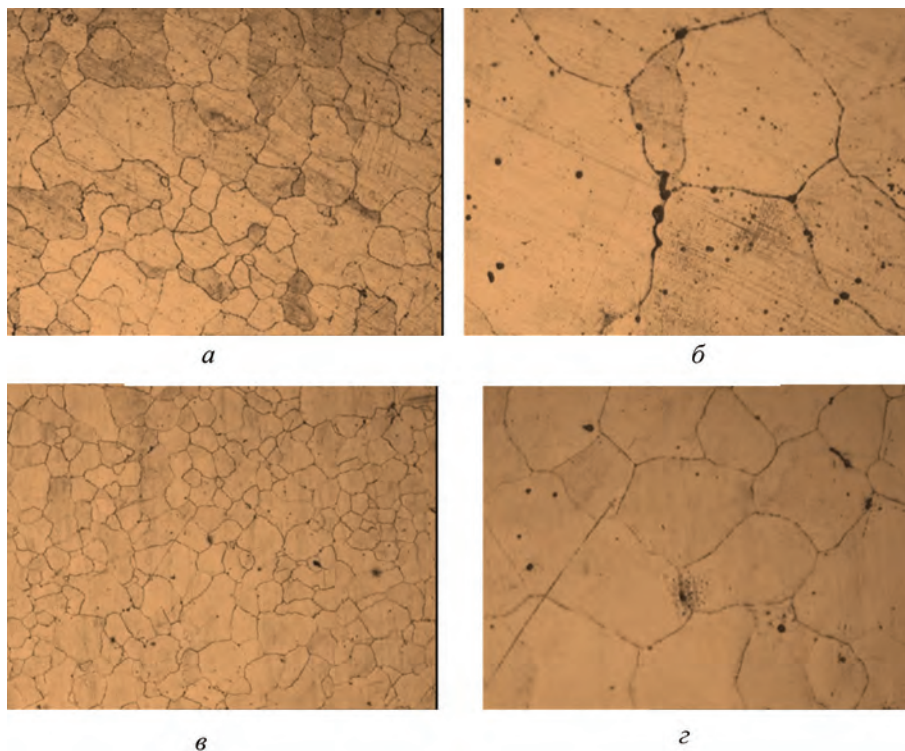
Расход раскислительных смесей РД19П и РД21П для печей с основной футеровкой составил 4 кг на 1 т загруженной шихты, Алюмокарба – 2 кг/т, рафинирующей смеси КСК – 3,3 кг/т.

Микроструктуры стали марки 110Г13Л, выплавленных различными способами, приведены в табл. 1 и показаны на рисунке.

Т а б л и ц а 1. Микроструктуры стали 110Г13Л

Способ выплавки стали	Балл зерна аустенита, ГОСТ 5639		Распределение карбидов, ОСТ 23.1.165	
	Без ТО	ТО	Без ТО	ТО
Метод переплава	2	2	7–9	3–5
Метод переплава с использованием КСК, РД19П и РД21П	3	3–4	6–8	1–3

Как видно из таблицы и рисунка, микроструктура стали, обработанной рафинирующей смесью КСК и диффузионными раскислителями, стала более благоприятной. В стали (см. рисунок, в, г), измельчилось зерно, устранена разнотекучесть, присущая стали, выплавленной обычным способом (см. рисунок, а, б), уменьшилось количество карби-



Микроструктура стали 110Г13Л после термической обработки: *а, б* – сталь, выплавленная методом переплава; *в, г* – сталь, выплавленная методом переплава с применением рафинирующей смеси КСК и диффузионных раскислителей РД19П и РД21П. *а, в* – $\times 50$; *б, г* – $\times 200$

дов (табл. 1). Это свидетельствует об эффективности внедренного комплексного технологического процесса рафинирования и диффузионного раскисления сталей при выплавке их переплавом в печах с основной футеровкой.

По мере внедрения новых материалов при выплавке сталей в печах с основной футеровкой и получении положительной динамики внедрения было принято решение опробовать применение дисперсных материалов при производстве сталей в печах с кислой футеровкой. При выплавке стали в печах с кислой футеровкой приходилось сталкиваться с проблемами повышенного содержания газа в расплаве, недостаточной жидкотекучестью металла, нестабильностью механических свойств стали. Для устранения этих недостатков была разработана технологическая схема применения рафинирующей и раскислительных смесей для печей с кислой футеровкой.

В ООО «СТЗЛ» при выплавке сталей в печах с кислой футеровкой после окончания окислительного периода и доведения концентраций марганца и кремния в расплаве до нижних пределов на шлак отдаются раскислительные смеси из расчета по 2 кг на 1 т жидкого (по 2 пакета). Вначале отдается РД19П, затем РД21П. Сразу же в печи создается восстановительная атмосфера, о чем свидетельствует интенсивное вытеснение кислорода из зава-

лочного окна и экономайзеров. Шлак вспенивается и, как следствие, экранирует дуги, которые горят более устойчиво, а все их тепло расходуется на нагрев металла. При этом интенсивно проходят реакции восстановления оксидов железа, марганца, кремния и других и переход восстановленных элементов в металл, а также обратный процесс перемещения оксидов из металла в шлак. По окончании реакции в печь отдается Алюмокарб (ТУ 171700–003–520446233–2006), содержащий в своем составе алюмосодержащий порошок. Шлак в печи становится жидким и успокаивается. Пробы шлака обычно плотные и имеют блестящий зелено-голубой цвет, что свидетельствует о содержании в нем FeO и MnO меньше 1%. После выпуска металла шлак в ковше остается жидким. Во время опорожнения ковша шлак опускается вместе с металлом, корку на поверхности ковша не образует. По окончании разливки металл сливается в изложницу, а остатки шлака удаляются в шлаковню. Ковш под очередную разливку подается с чистыми стенками и дном.

В табл. 2 приведены усредненные данные химического состава и механических свойств стали 35ГЛ, выплавляемой в печах с кислой футеровкой за месяц работы цеха до и после внедрения.

Как видно из таблицы, химический состав стали до и после внедрения практически не из-

Т а б л и ц а 2. Качественные показатели стали 35ГЛ

	Химический состав, мас.%					σ _B , МПа	σ _T , МПа	δ, %	Ψ, %	КСУ, кДж/м ²
	С	Si	Mn	S	P					
ГОСТ 977–88	0,30–0,40	0,20–0,40	1,20–1,60	0,04	0,04	540	294	12	20	294
До внедрения	0,34	0,36	1,48	0,028	0,031	615	414	18,4	29	620
После внедрения	0,32	0,38	1,51	0,029	0,033	645	453	20	32	721

менился, а механические свойства сплава выросли от 5 до 12%, что свидетельствует об эффективности внедренного технологического

процесса диффузионного раскисления сталей, выплавляемых в дуговых печах с кислой футеровкой.