



The analysis of sulphur removal of steels in the stove-basket is carried out. Besides, statistical processing of quantities of flux metals and ferroalloys, given to the stove-basket at various stages of melting which has confirmed the assumption of economy of ferroalloys due to additional processing deoxidizing mixtures, is carried out.

В. А. ЧАЙКИН, филиал МГОУ, А. В. ЧАЙКИН, МГТУ им. Н. Э. Баумана,
К. А. МЯГКОВ, В. В. ИШУТИН, ГУП «Литейно-прокатный завод»

УДК 621.74

ДЕСУЛЬФУРАЦИЯ СТАЛИ В УСЛОВИЯХ ГУП «ЛПЗ». РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ

В ГУП «ЛПЗ» (г. Москва) выплавляется арматурная сталь А500С, химический состав которой приведен табл. 1.

Для получения качественной стали необходимо проведение эффективных реакций раскисления и десульфурации, которые невозможно осуществить без высокой основности шлака восстановительного периода. Однако отжигаемая на заводе известь часто оказывается низкого качества, что приводит к образованию шлаков с пониженной основностью, имеющих характерный черный цвет. Это свидетельствует о высоком содержании FeO и MnO в шлаках, что в свою очередь обуславли-

ет повышенное содержание кислорода в стали, неполное удаление серы из металла и снижение механических свойств стали. Поэтому была проведена работа по повышению эффективности реакции десульфурации стали и улучшению ее качества.

На первом этапе была произведена статистическая обработка 59 рядовых плавков стали А500С с помощью программы STATISTICS & ANALYSIS 7.0. Анализировали количество серы в начальный и конечный моменты восстановительного периода плавков в печи-ковше, а также коэффициент десульфурации. Результаты обработки приведены в табл. 2.

Таблица 1. Химический состав стали А500С

Требования НД	Номер арматуры	Значение	С _{экв.}	Массовая доля элементов, %								
				C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	N
СТО АСЧМ 7-93	10-32	мин. макс.	0,50	0,22	0,90	1,60	0,050	0,050	не оговаривается			0,012
Контрольные пределы	12-20	мин. макс.	0,50	0,22	0,15 0,35	0,40 0,70	0,040	0,040	0,30	0,30	0,30	0,012
Контрольные пределы	22-32	мин. макс.	0,50	0,22	0,15 0,40	0,45 0,95	0,040	0,040	0,30	0,30	0,30	0,012

Примечание. Контрольные пределы являются обязательными к исполнению. Допускаются отклонения по содержанию примесей цветных металлов при соблюдении требований по углеродному эквиваленту, рассчитываемому по формуле: $C_{экв.} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$.

Таблица 2. Результаты статистической обработки плавков стали А500С

Показатель	Количество плавков	Среднее значение	Минимум	Максимум	Среднеквадратичное отклонение S	Дисперсия S ²	Ассиметрия	Экссесс	Коэффициент вариации V, %
Содержание S в начале плавки, %	59	0,0412	0,030	0,053	0,0000	0,00608	-0,015	-0,800634	14,76
Содержание S в конце плавки, %	59	0,030763	0,013	0,045	0,0000	0,00661	-0,657	0,56724	24,38
Коэффициент десульфурации, %	59	37,932	3,125	74,28	292,015	17,0884	0,2511	-0,752983	45,05

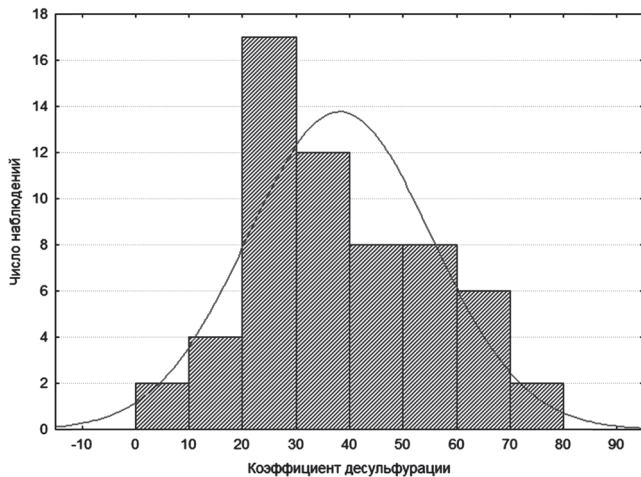


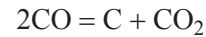
Рис. 1. Гистограмма коэффициента десульфурации в рядовых плавках

Как видно из табл. 1, средний показатель концентрации серы в металле после перелива в печь-ковш превышает контрольный уровень, поэтому проведение десульфурации стали обязательный процесс. Вместе с тем, начальное содержание серы в расплаве достаточно стабильно ($V = 14,6\%$, табл. 2) и стремится к нормальному распределению. В конце восстановительного периода среднее содержание серы снижается, но процесс десульфурации не стабилен, о чем свидетельствуют высокий коэффициент вариации для серы (24,38%, табл. 2) и низкий коэффициент десульфурации (37,93%). Распределения серы и коэффициента десульфурации (рис. 1) далеки от нормального закона распределения, что подтверждает нестабильность процесса удаления серы из стали. В первую очередь это связано с качеством используемой извести. Если известь на участке хорошего качества, то во время плавки достигается удовлетворительный результат по удалению серы из расплава. Ее содержание может уменьшаться до 0,013% (табл. 2). Если же известь плохого качества или отсутствует, то возникают проблемы с десульфурацией и содержание этого элемента может превышать контрольные пределы (табл. 2).

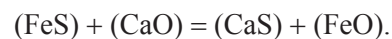
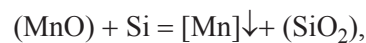
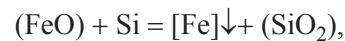
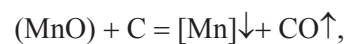
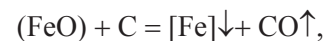
Для устранения этого недостатка было проведено 47 опытных плавов с раскислительными смесями МКрс19 и МКрс21, которые изготавливаются из высокодисперсных порошков, что резко повышает их реакционную способность за счет увеличения удельной поверхности раздела фаз. Для удобства использования смеси фасуются в пакеты по 3 кг.

Смесь МКрс19 обладает низкой температурой плавления и хорошей жидкотекучестью. Она за короткий промежуток времени равномерно распределяется по поверхности шлака. Основу смеси составляет карбонат кальция, который за счет дис-

персности мгновенно разлагается на CaO и CO₂. CaO повышает основность и сульфидоёмкость шлака. CO₂ при температурах 1600 °С не устойчив и в присутствии входящего в состав смеси графита начинает реагировать с ним по реакции:



и, тем самым, создает восстановительную атмосферу в печи. Таким образом, создаются идеальные условия для протекания реакции восстановления оксидов из шлака углеродом и кремнием, присутствующих в раскислительных смесях, а также реакций десульфурации:



В результате раскисления оксиды железа и марганца восстанавливаются в шлаке и, согласно закону распределения, переходят в металл, следовательно, количество марганца в металле увеличивается, и уменьшается необходимое количество добавок ферросиликомарганца МнС17 для доведения химического состава стали по марганцу. Кроме того, металл оказывается с более низкими содержаниями кислорода и серы, что позволяет сократить количество ферросилиция и используемой порошковой проволоки с наполнителем СК30.

Раскисление стали смесями МКрс19 и МКрс21 производили в установке «печь-ковш». Была применена следующая технология раскисления. Обработку смесями проводили только в случае наличия некачественной извести. После наведения и разогрева шлака из извести, плавикового шпата и магнетита (350, 30 и 50 кг соответственно), если шлак имел характерный черный цвет (содержание FeO и MnO > 2%), в печь-ковш вручную подавали МКрс19 в количестве 0,55 кг на 1 т жидкого (шесть пакетов). После этого на поверхность шлака подавали раскислительную смесь МКрс21 в количестве 0,18 кг/т жидкого (два пакета) для усиления восстановительной атмосферы в печи и активизации реакции десульфурации.

В печь отдавали необходимые флюсы и ферросплавы. Металл разогревали до температуры 1627 °С. В конце восстановительного периода шлак становился белым, что свидетельствовало об эффективной десульфурации и раскислении шлака и металла.

Таким образом, провели 47 опытных плавов стали А500С с использованием раскислительных

Таблица 3. Результаты десульфурации опытных и рядовых плавков

Показатель	Количество плавков	Среднее значение	Минимум	Максимум	Среднеквадратичное отклонение S	Дисперсия S ²	Ассиметрия	Экссесс	Коэффициент вариации V, %
Содержание S в начале плавки, %	47	0,0433	0,031	0,063	0,0001	0,00715	0,382	-0,212383	16,48
	59	0,0412	0,030	0,053	0,0000	0,00608	-0,015	-0,800634	14,76
Содержание S в конце плавки, %	47	0,0251	0,009	0,041	0,0000	0,00636	0,058	0,144806	15,33
	59	0,0307	0,013	0,045	0,0000	0,00661	-0,657	-0,56724	24,38
Коэффициент десульфурации, %	47	45,444	4,651	75,675	204,895	14,3141	-0,071	0,294975	24,53
	59	37,932	3,125	74,285	292,015	17,0884	0,2511	-0,752983	45,05

Примечание. В числителе указаны результаты плавков с раскислительными смесями МКрс19 и МКрс21, в знаменателе – без них.

смесей МКрс. После экспериментов была проведена статистическая обработка полученных результатов. Анализировали количество серы в начальный и конечный момент плавки, а также коэффициент десульфурации. Полученные результаты сравнивали с данными, полученными при статистической обработке 59 рядовых плавков. Результаты обработки приведены в табл. 3.

Из данных таблицы видно, что средние начальные значения содержания серы в опытных плавках больше, чем в рядовых. Тем не менее, конечные содержания серы, наоборот, больше в рядовых плавках, чем в опытных. Минимальное содержание серы в опытных плавках снизилось до 0,009%, а максимальное практически сравнялось с верхним контрольным пределом. Повысился также коэффициент десульфурации с 37,9 до 45,4%. Кроме того, в экспериментальных плавках десульфурация идет более стабильно. Распределение концентраций серы стремится к нормальному распределению. Близок к нормальному распределению и коэффициент десульфурации (рис. 2). Этот факт доказывает, что смеси МКрс19 и МКрс21 эффективно раскисляют стали и создают идеальные условия для удаления серы.

Таким образом, процесс плавки с использованием раскислительных смесей МКрс устраняет зависимость десульфурации от качества используемой извести и ее наличия на участке. В этом случае можно уверенно говорить об эффективном

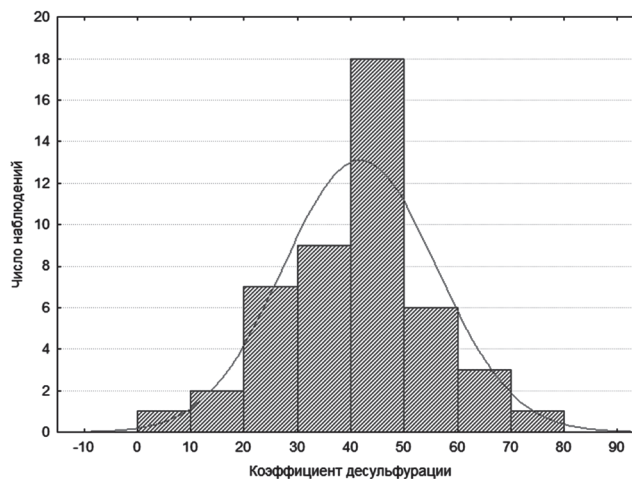


Рис.2. Гистограмма коэффициента десульфурации в опытных плавках с МКрс

и стабильном удалении серы из стали, проведении эффективных реакций восстановления марганца и железа в шлаке с последующим переходом их в металл.

Параллельно с анализом десульфурации стали в печи-ковше произвели статистическую обработку количеств флюсов и ферросплавов, отдаваемых в печь-ковш на различных стадиях плавки, которая подтвердила предположение об экономии ферросплавов за счет дополнительной обработки раскислительными смесями.

Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения раскислительных смесей МКрс19 и МКрс21 в ГУП «ЛПЗ» составит 3 млн. 766 тыс. руб.