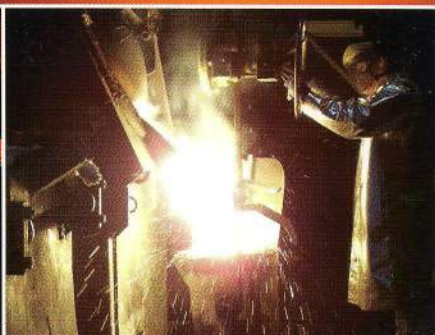
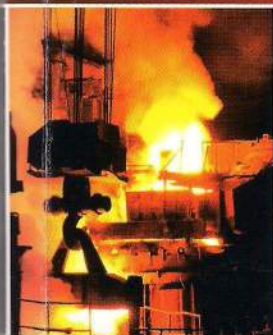




Российская ассоциация
литейщиков

Материалы X Съезда литейщиков России

Казань 2011 г.



Чайкин В.А. (филиал МГОУ, г. Сафоново), Чайкин А.В. (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Мягков К.А., Иштугин В.В. (ГУП Москвы «Литейно прокатный завод»)

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ДЕСУЛЬФУРАЦИИ СТАЛИ В УСЛОВИЯХ ГУП «ЛПЗ» (МОСКВА) И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

В ГУП «ЛПЗ», Москвы, выплавляется арматурная сталь А500С, химический состав которой приведен табл. 1.

Таблица 1. Химический состав стали А500С

Требования НД	№ арматуры		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: 1. **Контрольные пределы являются обязательными к исполнению.**

2. **Допускаются отклонения по содержанию примесей цветных металлов при соблюдении требований по углеродному эквиваленту, рассчитываемому по формуле** $C_{\text{экв.}} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$.

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 обуславливает 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 повышению её качества.

На первом этапе была произведена статистическая обработка 59 рядовых плавов стали А500С с помощью программы STATISTICS & ANALISIS 7.0. Анализировались количество серы в начальный и конечный моменты

восстановительного периода плавки в печи-ковше, а также коэффициент десульфурации. Результаты обработки представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты статистической обработки плавки стали А500С

	Количество плавки	Среднее значение	Минимум	Максимум	Ср. кв. отклонение, S	Дисперсия, S ²	Ассиметрия	Экцесс	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
Кэф. десульфурации, %	59	37,932	3,125	74,28	292,015	17,0884	0,2511	-0,752983	45,05

Как видно из данных 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 высокие 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).

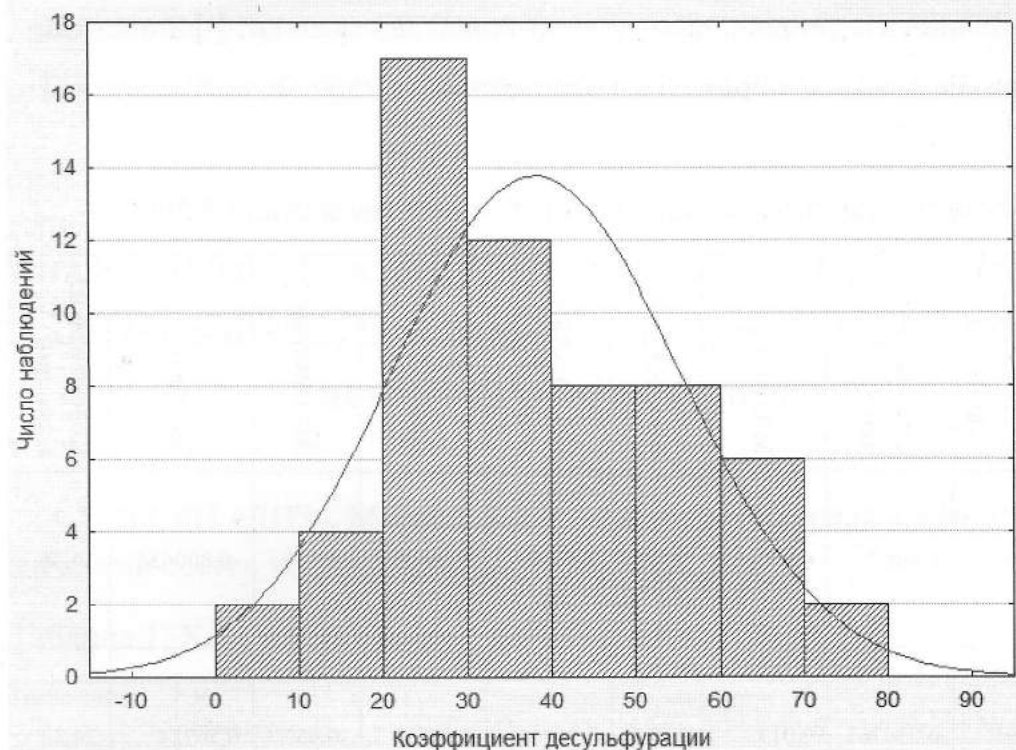
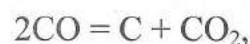


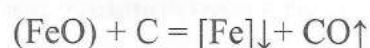
Рис.1. Гистограмма коэффицента десульфурации в рядовых плавках

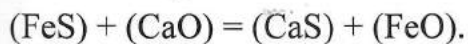
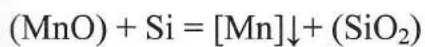
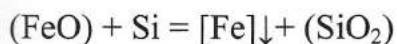
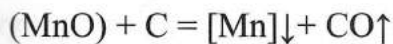
Для устранения этого недостатка было проведено 47 опытных плавок с раскислительными смесями МКрс19 и МКрс21, которые изготавливаются из высокодисперсных порошков, что резко повышает их реакционную способность за счет увеличения удельной поверхности раздела фаз. Для удобства использования смеси фасуются 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 дисперсности мгновенно разлагается на CaO и CO₂. CaO повышает основность и сульфидоёмкость шлака. CO₂ при температурах 1600 неустойчив 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 магнезита (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 тонну жидкого (6 пакетов).

После этого на поверхность шлака подавали раскислительную смесь МКрс21 в количестве 0,18 кг/т жидкого (2 пакета) для усиления восстановительной атмосферы в печи и для активизации реакции десульфурации.

В печь отдавали необходимые флюсы и ферросплавы. Металл разогревали до температуры 1627°C. 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 смесей МКрс. После экспериментов была проведена статистическая обработка полученных результатов. Анализировались количество серы в начальный и конечный момент плавов, а также коэффициент десульфурации. Полученные результаты сравнивались с данными, получен-

ными при статистической обработке 59 рядовых плавов. Результаты обработки представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты десульфурации опытных и рядовых плавов

	Количество плавов	Среднее значение	Минимум	Максимум	Ср. кв. отклонение, S	Дисперсия, S ²	Ассиметрия	Экцесс	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
Коэф. 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 плавов с раскислительными смесями МКрс19 и МКрс21, а в знаменателе – без них.

Из данных табл. 3 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.

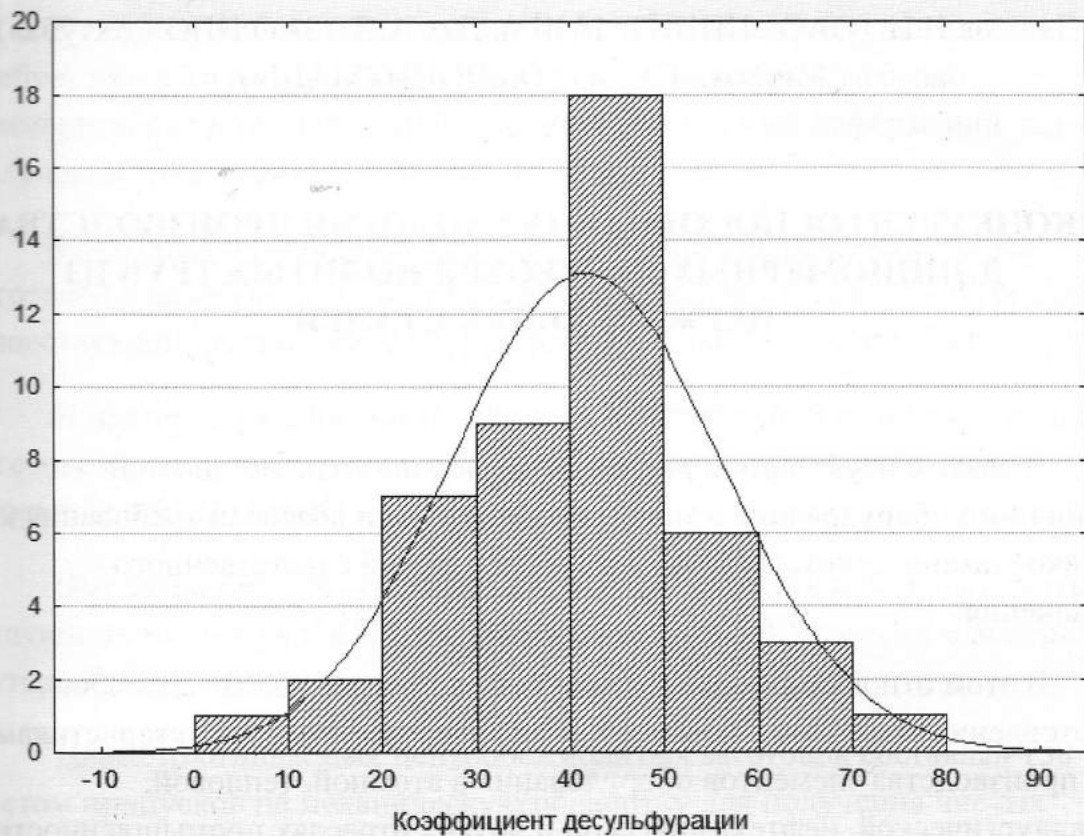


рис.2. Гистограмма коэффициента десульфурации в опытных плавках с МКрс

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