

УДК 669.18

Ю.Д. Стогний, А.П. Стовпченко, Ю.С. Пройдак, Л.В. Камкина
**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПЛАВКИ И РАЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ПОЛУЧЕНИЯ
НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ**

Аннотация: Рассмотрена технология выплавки особонизкоуглеродистой стали в условиях СЗАО ММЗ. Проанализировано влияние технологических параметров на качество конечного продукта и рационализированы режимы выплавки и внепечной обработки стали.
Ключевые слова: особонизкоуглеродистая сталь, десульфурация, окисленность, раскисление, обезуглероживание, пластичность.

Постановка задачи: Формирование требуемых характеристик стали закладывается технологией ее производства, что определяет необходимость совершенствования параметров выплавки и внепечной обработки стали.

Анализ публикаций по теме исследования: В работах [1-4] уделено много внимания параметрам выплавки и внепечной обработки. Однако вопрос рациональной технологии производства высококачественной стали, чистой по вредным примесям и неметаллическим включениям, остается открытым.

Формулировка целей статьи: Целью проведенных исследований было проведение анализа влияния технологических параметров выплавки и внепечной обработки стали на протекания процессов обезуглероживания, раскисления и десульфурации для обоснования рациональной технологии производства стали.

Основная часть. По данным паспортов плавов текущего производства низкоуглеродистых сталей выполнен статистический анализ влияния соотношения различных видов лома в шихтовке плавки, количества и вида присадок на установке ковш-печь на показатели процесса ведения плавки и внепечной обработки - температурный режим, степень десульфурации, содержание примесей в металле, угар раскисляющих элементов с целью установления значимых зависимостей технологических параметров процесса.

© Стогний Ю.Д., Стовпченко А.П., Пройдак Ю.С., Камкина Л.В.,
2010

Установлены граничные показатели и рассчитаны средние значения технологических параметров плавки и результатов ведения процесса (табл. 1).

Таблица 1

Средние и граничные значения технологических показателей процесса

Показатель, размерность	Среднее значение (по 200 плавкам)	Минимальное значение	Максимальное значение
Удельный расход электроэнергии, кВтч/т	430	344	639
Содержание элементов на выпуске, %			
Углерод	0,0658	0,0357	0,0996
Сера	0,0697	0,042	0,110
Состав готовой стали, %			
Углерод	0,055	0,032	0,078
Марганец	0,359	0,281	0,410
Кремний	0,120	0,045	0,164
Сера	0,035	0,002	0,063
Степень десульфурации, %			
Общая	80,58	48,70	93,61
В печи	-75,25	-174	-500
На УКП	88,57	56,98	92,81
Угар раскислителей, %			
Углерода	25,78	-25,23	68,58
Кремния	64,71	44,57	83,60
Марганца	57,05	30,26	75,96
Алюминия	97,73	94,94	100
Кальция	85,54	63,99	95,58

Данные таблицы показывают, что большинство рассмотренных показателей имеют довольно большой разброс значений, что может сказаться на стабильности ведения процесса.

Исследовано влияние общего расхода кислорода на содержание углерода на выпуске, определяемого химическим анализом (рис. 1). Корреляционно-регрессионный анализ позволил определить, что содержание углерода в полупродукте зависит от окисленности и от температуры металла:

$$C = 0,25 + 0,0002 \cdot T + 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot O \quad (1)$$

где C – содержание углерода в полупродукте; T – температура металла; O – окисленность металла.

Как известно, окисленность металла на выпуске определяется содержанием углерода в металле (рисунок 2 а) и зависит от расхода кислорода (рисунок 2 б) и температуры металла (рисунок 2 в).

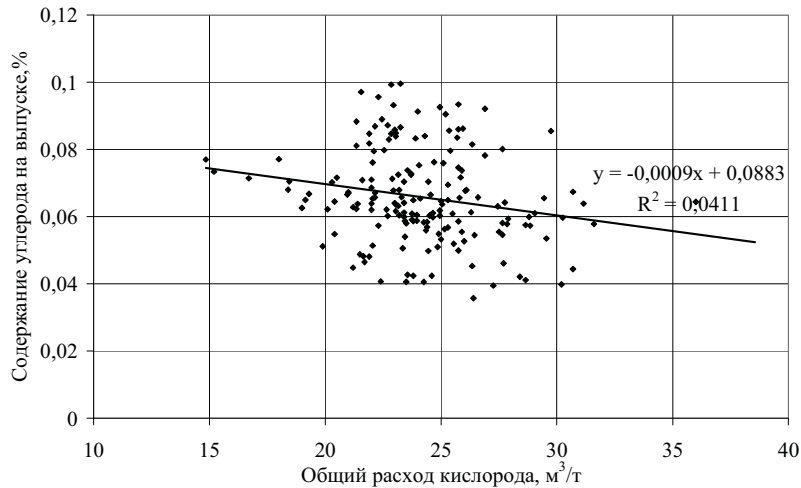


Рисунок 1 - Влияние общего расхода кислорода на содержание углерода на выпуске из ДСП

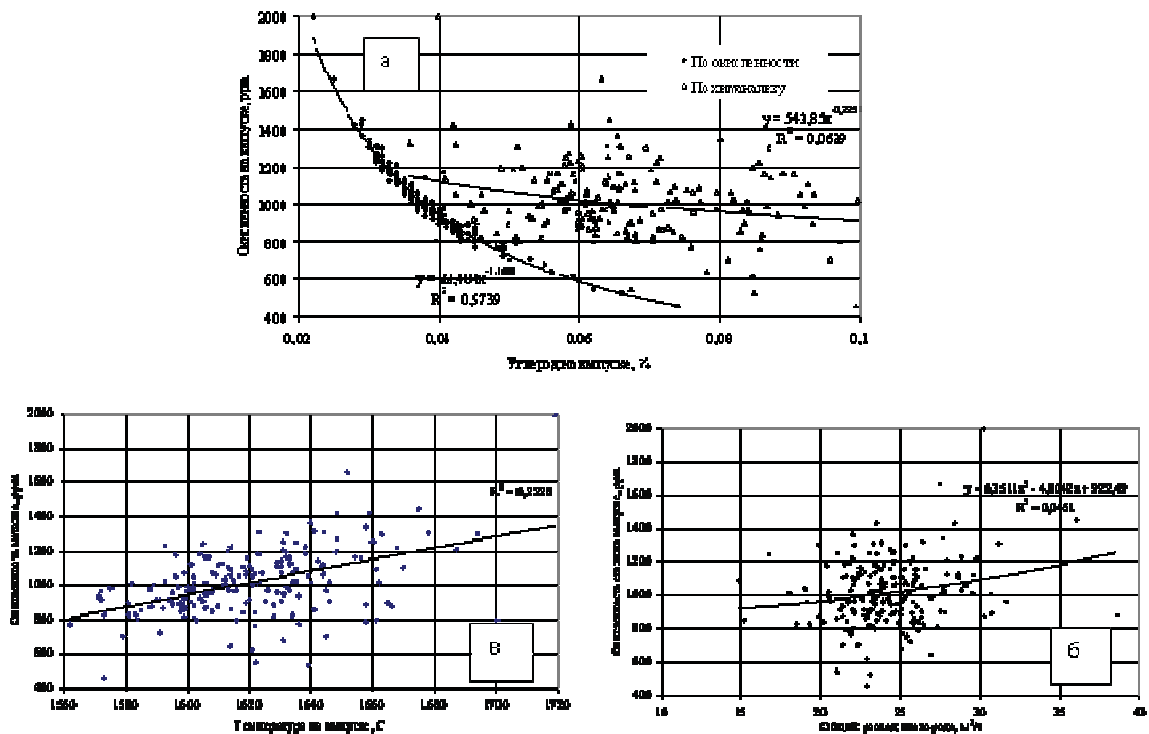


Рисунок 2 - Зависимость окисленности металла на выпуске от содержания углерода (а), расхода кислорода (б) и температуры металла (в)

Неотъемлемой стадией в производстве стали является внепечная обработка и от ее технологических параметров во многом зависит качество полученной заготовки. Анализировали влияние входных факторов (содержание углерода и окисленность металла на выпуске из ДСП) на обезуглероживание металла на установке ковш-печь

(УКП), а также угары элементов-раскислителей и степень десульфурации металла при внепечной обработке.

Установлено, что с увеличением содержания углерода на выпуске угар углерода на УКП (с учетом углерода вводимого раскислителями) увеличивается (рисунок 3).

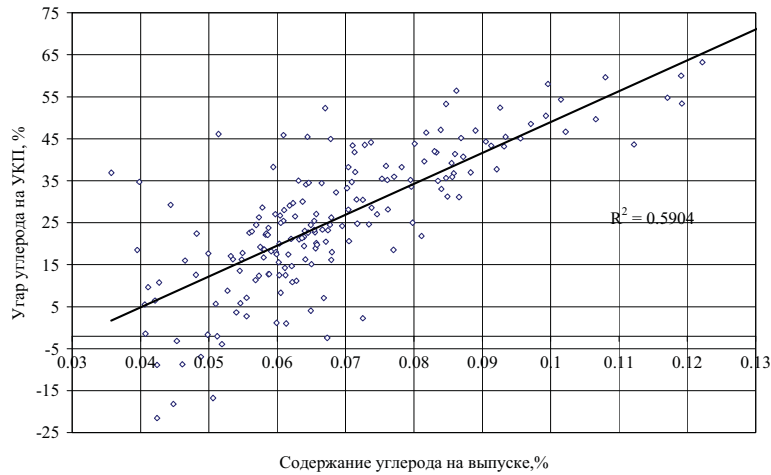


Рисунок 3 – Зависимость угара углерода на УКП от содержания углерода на выпуске

Обезуглероживанию металла в ковше в значительной степени способствуют высокие величины окисленности металла.

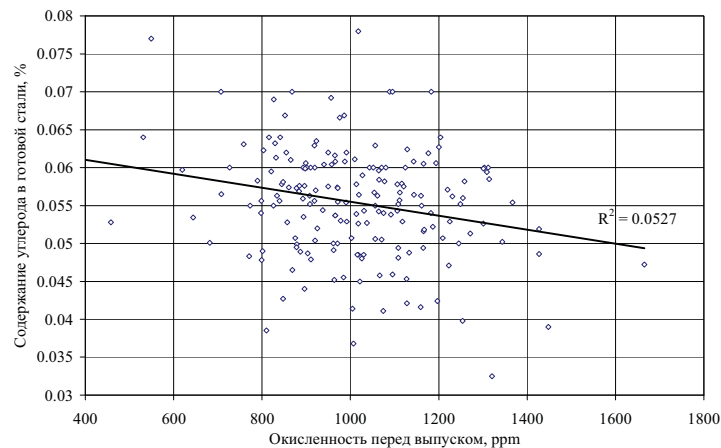


Рисунок 4 – Влияние содержания активного кислорода в стали на выпуске из ДСП на содержание углерода в готовой стали

Содержание углерода и активного кислорода в исходном металле перед УКП оказывают существенное влияние на угар элементов-раскислителей (обратно и прямо пропорционально, соответственно). Зависимости угара кремния и марганца от содержания углерода на выпуске из печи (рисунок 5 а) и изменения

содержания углерода на УЖП (рисунок 5 б) показывают, что чем более полно происходит обезуглероживание металла на УЖП, тем ниже угар раскислителей, особенно кремния.

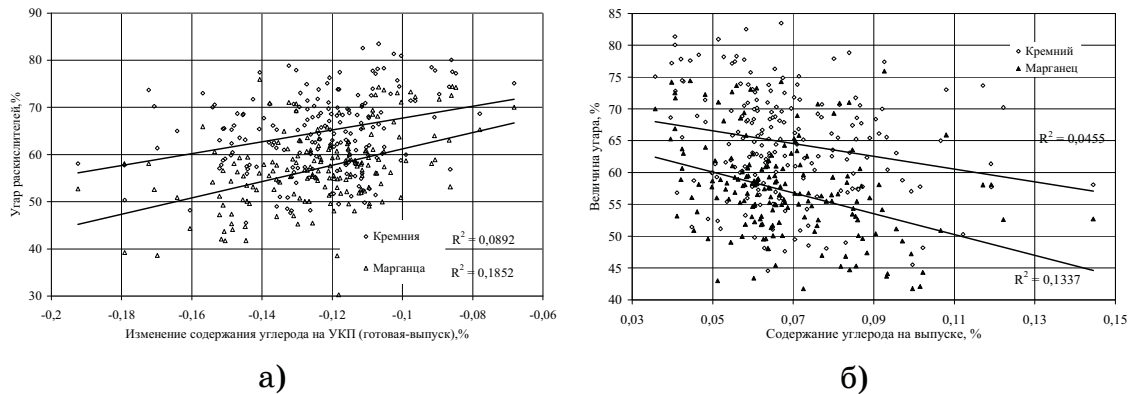


Рисунок 5 – Влияние содержания углерода на выпуске из ДСП (а) и изменения содержания углерода на УЖП (б) на величину угара раскислителей

Анализ данных по содержанию серы в металле на выпуске (табл. 1), показывает, что даже если принять среднее содержание серы в металлореализации на уровне верхнего предела рядовых марок сталей (равного 0,04%), то первое существенно выше. В печи наблюдается увеличение содержания серы за счет вдувания углеродсодержащих материалов. В то же время известно, что в сталеплавильных процессах при продувке кислородом, высоких температуре и окисленности металла сера частично удаляется в газовую фазу. Так, в работе [5], приводятся сведения о том, что в окислительный период плавки в электродуговой печи от 36 до 50% серы внесенной всеми шихтовыми материалами удаляется из печи с печными газами. Тенденция связи между концентрацией серы в полупродукте на выпуске и окисленностью металла прослеживается и для рассмотренных плавок (рис. 6).

Существенной зависимости содержания серы в полупродукте от температуры металла на выпуске установлено не было, что свидетельствует о преобладающем влиянии вдувания кислорода в печь и окисленности металла на удаление серы в газовую фазу.

Ввиду того, что на выпуске из печи содержание серы существенно выше (табл. 1), чем требуется стандартами, очевидно, что все процессы обработки металла с целью десульфурации осуществляются на УЖП. Проведенный анализ параметров внепечной обработки показал, что десульфурации металла способствует рост

расхода извести, а также кальций-содержащих ферросплавов. Установлено также, что влияние расхода плавикового шпата на десульфурацию носит слабо экстремальный характер, что может косвенно свидетельствовать о несбалансированности шлакового режима на УКП.

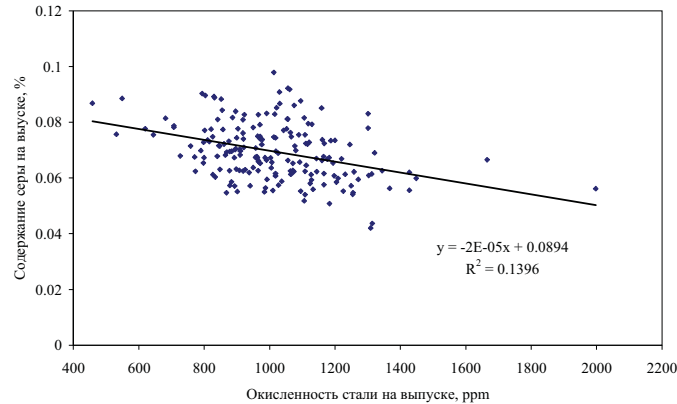


Рисунок 6 – Окисленность металла на выпуске и содержание серы в полупродукте

Выполнен статистический анализ влияния химического состава металла на пластические свойства стали. В диапазоне реальных концентраций углерода (0,03-0,08%), марганца (0,28-0,41%), кремния (0,045-0,164%) существенного их влияния на прочностные и пластические свойства не выявлено. В то же время, отмечено необъяснимое аномальное влияние бора на прочностные свойства – с увеличением концентрации бора с 0,003 до 0,009 % % падение предела прочности составляет около 15 МПа, и предела текучести до 27 МПа.

Выводы и перспективы дальнейших исследований

На основании выполненного статистического анализа показателей существующей технологии выплавки и внепечной обработки низкоуглеродистой стали определены технологические параметры, которые обеспечивают низкие концентрации углерода в стали:

- высокая окисленность стали на выпуске плавки, которая обеспечивает окисление тех количеств углерода, которые попадают в металл с ферросплавками, а также при нагреве на УКП (за счет электродов);
- низкое содержание углерода на выпуске плавки;
- высокая температура металла на выпуске плавки.

Для получения низкого содержания углерода в металле на выпуске можно рекомендовать шлаковый режим нагрева ванны в последний период плавки.

Определено, что активное протекание процесса обезуглероживания в ковше способствует снижению угара раскислителей (особенно кремния).

Основываясь на полученные результаты в дальнейшем планируется исследовать возможность изменения схемы раскисления металла в ковше: на выпуске из печи металл не раскислять ферросилицием и силикомарганцем (или раскислять в минимальном количестве) или заменить их минимальным количеством алюминия для предотвращения вскипания металла при понижении температуры во время наполнения ковша. Затем подраскисленный металл следует передавать на вакуумирование, с отработкой режимов обезуглероживания и контролем дегазации, а затем последующей доводкой по химсоставу и температуре на УКП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гудим Ю. А. Рациональные способы интенсификации плавки в современных дуговых сталеплавильных печах / Ю. А. Гудим, И. Ю. Зиннуров, А.Д. Киселев // *Электromеталлургия*. – 2005. - № 9. - С. 2-6.
2. Бодяев Ю.А. Отработка технологии вакуумирования особонизкоуглеродистой стали / Ю.А. Бодяев, А.Д. Носов, В.И. Фролов и др. // *Седьмой конгресс сталеплавильщиков (г. Магнитогорск).*-2003.- С. 460-462.
3. Матвеев Б. Н. Совершенствование листовых сталей для автомобилестроения за рубежом / Б.Н. Матвеев // *Чёрная металлургия*. - 2001. - № 7.- С. 6-14.
4. Ярошенко А. В. Совершенствование технологии производства низкоуглеродистой стали / Ярошенко, А. И. Дагман, Ю. Ф. Суханов, В. Н. Хребин // *7-ой конгресс сталеплавильщиков (Магнитогорск)*. - 2003.- С. 152-153.
5. Меджибожский М. Я. Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов / М. Я. Меджибожский. - Киев-Донецк: Высшая школа, 1986. - 280 с.