

УДК 669.18:669.16:669.721

А.С.Вергун, А.Ф.Шевченко, В.Г.Кисляков, В.П.Корченко

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫПЛАВКИ НИЗКОСЕРНИСТОЙ СТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЕССЕРЕННОГО МАГНИЕМ ЧУГУНА

Описаны особенности выплавки низкосернистой стали с использованием обессеренного магнием чугуна. Изложены требования к компонентам шихты конвертерной плавки для получения низкого содержания серы в стали. Представлены результаты исследования поведения серы в ванне конвертера с комбинированной продувкой на заключительных этапах плавки

Состояние вопроса. При кислородно–конвертерном переделе необессеренного чугуна, содержащего 0,03–0,05% серы, ошутимое удаление серы из металла конвертерным шлаком происходит на заключительном этапе плавки (этап падения факела), когда завершаются процессы плавления металлолома и формирования гомогенного, высокоосновного (3–3,5 ед.) шлака [1]. Серопоглощительная способность шлака обычно оценивается коэффициентом распределения серы между шлаком и металлом, величина которого в этих условиях к концу плавки обычно колеблется в пределах 4–7 единиц. Эффективность процесса десульфурации металла в конвертере обычно оценивается степенью десульфурации, величина которой при этом составляет 30–40%, что обеспечивает получение содержания серы в готовой стали на уровне 0,020–0,025%.

В обычных условиях около 70% от общего количества попадающей в ванну конвертера серы вносится чугуном. Остальное количество серы в ванну конвертера вносится металлоломом, флюсами и попадающим с чугуном ковшевым шлаком. Амортизационный металлолом, длительное время контактирующий с атмосферой, может содержать до 0,1% серы. Ковшовый шлак, формирующийся в процессе десульфурации чугуна магнием, может содержать 2–3% серы. Содержание серы в извести может достигать величины 0,1%.

Изложение основных материалов исследования.

Логичным и оправданным при производстве стали с пониженным содержанием серы является сокращение количества попадающей в конвертер серы за счет применения обессеренного чугуна. Выполненная нами [2] комплексная расчетно–аналитическая оценка влияния содержания серы в чугуне, степени очищения его от ковшевого шлака, а также качества металлолома на количество вносимой в ванну конвертера серы свидетельствуют о том, что применение только одного мероприятия – использование обессеренного чугуна является недостаточным условием для существенного сокращения количества серы, попадающей в ванну конвертера с шихтой. Необходимо также обеспечение тщательного очищения чугуна от ковшевого шлака и использование лома с невысоким содержанием серы.

Расчетами установлено, что снижение содержания серы в чугуна с 0,040% до 0,005% в комплексе с использованием амортизационного металлолома (0,10% S) и невысокой степени (60%) очистки чугуна от ковшевого шлака (60%) позволяет уменьшить количество серы, поступающей в конвертер с материалами, с 0,58 кг/т металлошихты до 0,45 кг/т металлошихты, что соответствует концентрации серы в расплаве 0,045%. Т.е. в указанных условиях снижение содержания серы в чугуна в 8 раз приводит к сокращению поступающей с шихтовыми материалами серы всего в 1,3 раза.

Максимальное сокращение количества серы, поступающей в ванну конвертера с шихтовыми материалами, достигается при использовании обессеренного чугуна ($\leq 0,005\%$ S), оборотного низкосернистого металлолома ($\leq 0,01\%$ S) и степени очищения чугуна от ковшевого шлака не менее 95%. В этом случае количество вносимой в ванну конвертера серы сокращается до 0,08–0,10 кг/т металлошихты, что соответствует её концентрации в металлическом расплаве 0,008–0,010%. В случае дефицита на металлургическом предприятии чистого по сере металлолома при выплавке качественных низкосернистых (дорогих) сталей экономически целесообразно использовать в качестве охлаждающей добавки (вместо металлолома) окатыши или агломерат. Таким образом, использование на 90–95% очищенного от ковшевого шлака обессеренного чугуна, содержащего не более 0,005% серы, в комплексе с низкосернистым (не более 0,010% серы) оборотным металлоломом позволяет сократить суммарное содержание серы в металлошихте до уровня не выше 0,008–0,010%. Наряду с ограничением количества серы, поступающей в кислородный конвертер с шихтовыми материалами, важным является создание условий для максимального удаления серы из металла в процессе конвертерной плавки.

Выполненные Институтом черной металлургии в условиях меткомбината «Азовсталь» (300–тонные конвертера с верхней продувкой, амортизационный металлолом) исследования влияния использования чугуна с различным содержанием серы при различной основности конвертерного шлака на содержание серы в металле на повалке конвертера подтверждают многофакторность процесса десульфурации металла в конвертере (рис.1).

Представленные на рис.1 данные иллюстрируют влияние основности конвертерного шлака в комплексе с использованием обессеренного чугуна на содержание серы в металле на повалке конвертера. Повышение основности конвертерного шлака от 2,5 ед. до 3,6–4,0 ед. при использовании обессеренного чугуна (0,005% S) и металлолома рядового качества позволяет снизить содержание серы в металле на повалке конвертера с 0,021% до 0,009%.

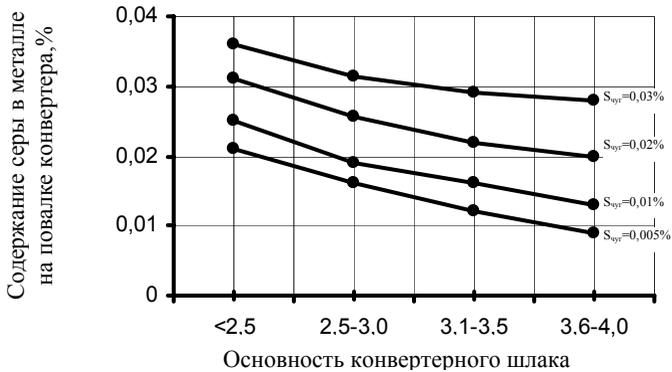


Рис.1. Зависимость содержания серы в металле на повалке 300–тонного, ЛД–конвертера от основности конвертерного шлака и содержания серы в чугуне

Выполненные в Институте черной металлургии НАН Украины исследования поведения серы в процессе кислородно–конвертерной плавки в конвертере с комбинированной продувкой при использовании обессеренного чугуна (менее 0,005% серы) подтвердили наличие особенностей в перераспределении серы между шлаком и металлом на этапах «передува» и «промывки» конвертерной ванны. Установлено, что на этапе полного падения факела при содержании углерода в металле 0,03% и окисленности шлака 14,8% последний имел основность 3,8 ед., что обеспечило достижение коэффициента распределения серы 4,2 ед., а степень десульфурации металла при этом составляла всего 12,8%. В процессе последующего «передува» конвертерной ванны и её «промывки», предпринятых для более полного завершения процесса шлакообразования в конвертере, контролируемые параметры процесса существенно изменялись. Так, содержание углерода в металле в процессе «передува» и «промывки» было снижено до 0,025–0,015%, окисленность шлака возросла до 25–26%, а основность его при этом составила 4,77 ед., степень десульфурации конвертерной ванны возросла до 35–41%, а коэффициент распределения серы составил 4,7–4,9 ед. В результате предпринятых мероприятий содержание серы в металле было снижено до уровня 0,0033% (рис.2).

Изложенные данные дают основание считать, что использование обессеренного чугуна является обязательным, но недостаточным условием для выплавки в конвертерах низкосернистой стали. Для обеспечения выплавки стали с содержанием серы менее 0,01% необходимо не только использовать обессеренный чугун, содержащий не более 0,005% серы, но также ограничить поступление серы в ванну конвертера с остальными компонентами шихты и обеспечить условия для дополнительной десуль-

фурации металла в процессе конвертерной плавки путем формирования в конвертере высокоосновного (около 4,5–4,7 ед.) шлака.

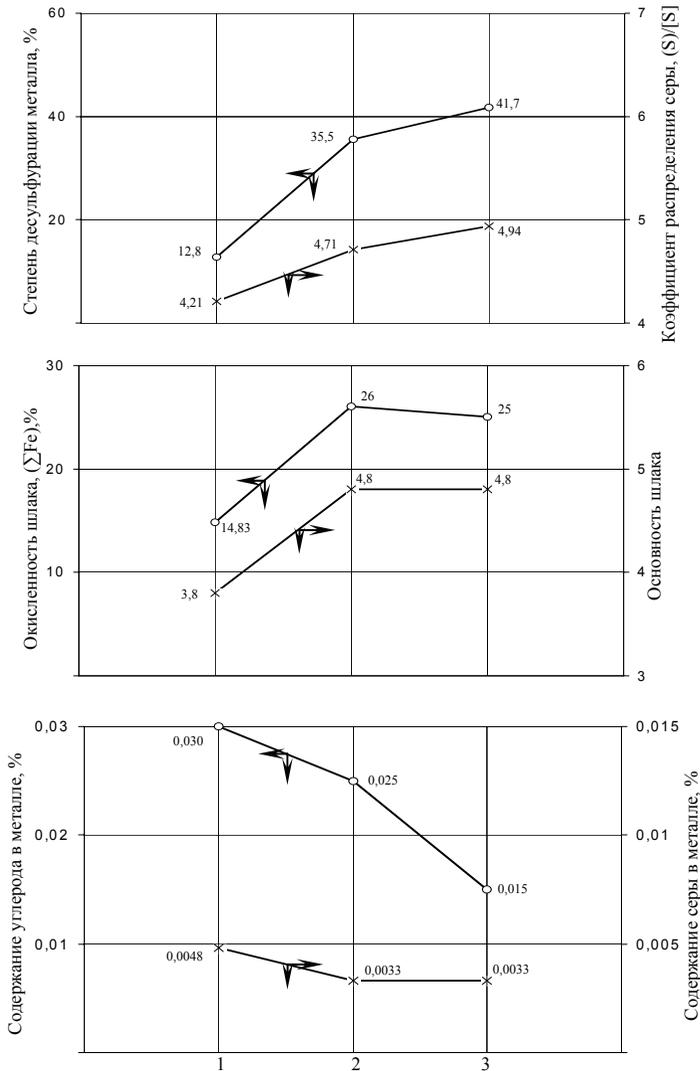


Рис.2. Изменение состава металла и шлака, а также показателей процесса десульфурации конвертерной ванны на заключительных этапах плавки с комбинированной продувкой (1 – полное падение факела; 2 – передув; 3 – промывка)

Разработанные Институтом черной металлургии рекомендации по эффективному использованию обессеренного магнием чугуна были вне-

дрены на металлургическом комбинате «Азовсталь» при выплавке в 300–тонных конвертерах низкосернистых марок стали для производства газонепроводных труб высокого давления [3].

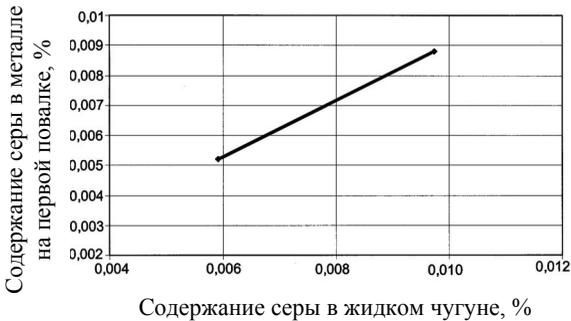


Рис.3. Зависимость содержания серы в металле на плавке 300–тонного конвертера от содержания серы в чугуна (оборотный низкосернистый металлолом, 90–95% скаченного ковшевого шлака) [3]

Изложенные выше рекомендации были опробованы на ряде металлургических предприятий КНР. Так, например, в 2005 году в условиях сталзавода № 3 Циндаосского меткомбината после ввода в эксплуатацию комплекса по десульфурации чугуна гранулированным магнием и скачивания ковшевого шлака был опробован вариант выплавки стали, содержащей менее 0,01% серы, с использованием чистых по сере шихтовых материалов. В качестве охлаждающей добавки (10%) использовали низкосернистый металлолом и офлюсованные окатыши. В результате проведения серии промышленных плавок было показано, что использование обессеренного чугуна (с содержанием серы 0,003–0,004%) в комплексе с чистым по сере металлоломам позволило уже на плавке конвертера получить содержание серы в металле 0,006–0,009%.

Закключение

1. Применение обессеренного чугуна является основным, но недостаточным условием для выплавки стали с низким содержанием серы.
2. Применение обессеренного чугуна в комплексе с рядовым металлоломом и недостаточной степенью скачивания ковшевого шлака не позволяет существенно снизить содержание серы в стали.
3. Для эффективного использования обессеренного чугуна при выплавке низкосернистой стали необходимо дополнительно ограничить поступление серы в конвертер с другими шихтовыми материалами (металлоломом, известью) и ковшевым шлаком, а также повысить основность конвертерного шлака.

При отсутствии на металлургическом предприятии металлоломам требуемого качества экономически оправданным при выплавке высококачественных сталей может быть использование в качестве охлаждающей добавки других железосодержащих материалов (например, окатышей или агломерата).

4. В случае использования в шихте конвертерной плавки обессеренного (около 0,005% S) чугуна конвертерный шлак обычной основности (3–3,5 ед.) не является обессеривающей системой, позволяющей эффективно удалять серу из металла в конвертере. Для повышения обессеривающей способности конвертерного шлака необходимо повысить его основность до уровня 4,5–4,8 ед., например, за счет улучшения шлакообразования в конвертере с комбинированной продувкой на стадии «передува» и «промывки».

5. Применение очищенного на 90–95% от ковшевого шлака обессеренного чугуна с содержанием серы 0,003–0,004% в комплексе с низкосернистым металлоломом и известью газового обжига позволяет при высокой основности конвертерного шлака уже на повалке конвертера достичь содержание серы в стали 0,006–0,009%.

6. Получение стали с очень низким содержанием серы – 0,003–0,005%, может быть обеспечено при использовании особо чистого по сере чугуна – 0,001–0,002%, удалении 96–100% ковшевого шлака, применении низкосернистого металлолома, извести высокого качества и обеспечении основности конвертерного шлака на уровне 4,5–4,7 единиц.

1. *Бойченко Б.М., Охотский В.Б., Харлашин П.С.* Конвертерное производство стали: теория, технология, качество стали, конструкции агрегатов, рециркуляция материалов и экология. Учебник – Днепропетровск. – РВА «Дніпро-ВАЛ», 2006. – 454 с.
2. *Об эффективном использовании обессеренного чугуна при производстве низкосернистой кислородно-конвертерной стали.* / А.С.Вергун, Лю Дун Ие, А.Ф.Шевченко и др. // Труды Всекитайского совещания сталеплавыльщиков. – 2008. – С.155–159.
3. *Особенности выплавки низкосернистой стали с использованием обессеренного магнием чугуна.* / А.С.Вергун, А.В.Гнедаш, П.С.Лындя и др. // Теория и практика металлургии. – № 3. – 2005. – С. 13–17.
4. *К вопросу о выборе рациональной схемы производства качественной стали.* / А.С.Вергун, А.Ф.Шевченко, П.С.Лындя и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2006. – № 3. – С.21–23.

*Статья рекомендована к печати
докт.тхн.наук, проф. Э.В.Приходько*