

УДК 669.162.267.5.083.133

А.С.Вергун, А.Ф.Шевченко, А.Л.Руденко, В.Г.Кисляков,
Л.П.Курилова

ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ И ДЕГАЗАЦИИ ЧУГУНА

Институт черной металлургии НАН Украины,

Выполнен анализ требования к условиям и параметрам процессов удаления серы, азота, кислорода и водорода из чугуна с целью совмещения этих процессов в одной технологии. Определены основные направления разработки и исследования технологии комплексной десульфурации и дегазации чугуна.

Ключевые слова: чугун, десульфурация, технология, требования

Состояние вопроса. Повышение требований к физико-механическим и служебным свойствам металлоизделий ставит перед металлургами задачу выплавки металла повышенной чистоты по вредным примесям. Актуальной является задача получения высококачественной стали с суммарным содержанием вредных примесей (S+P+N+O+H) не более 0,010%. Минимальное содержание поддающихся удалению примесей (S,P,N,O,H) может достигаться за счет создания определенных условий и применения соответствующих оборудования и технологий.

Общепринятая технологическая схема производства качественной стали включает производство чугуна, выплавку стали в кислородном конвертере, продувку стали аргоном после выпуска металла в разливочный ковш, дополнительное обезуглероживание стали на установке вакуумного обезуглероживания, обработку стали на установке «ковш–печь» и на стенде доводки металла и, наконец, разливку стали на машине непрерывного литья [1]. Достижение требуемого содержания отдельных примесей в стали определяется качеством выполнения отдельных операций по их удалению, которые не всегда протекают в оптимальных условиях. Так, например, удаление серы из углеродистого расплава более целесообразно осуществлять из чугуна, где термодинамические условия для этого процесса более благоприятны в связи с высокой активностью серы (высокое содержание углерода и кремния), чем из стали, где условия менее благоприятные (высокое содержание кислорода и низкое содержание углерода и кремния) [2]. В связи с этим оправданным является дополнение вышеприведенной технологической схемы производства качественной стали технологическим звеном десульфурации чугуна после выпуска из доменной печи перед заливкой в конвертер [3].

Поскольку возможности кислородного конвертера, как агрегата для десульфурации железоуглеродистого расплава, ограничены, то сокращение

прихода серы в конвертер с шихтовыми материалами за счет подбора чистого по сере металлолома и предварительной десульфурации чугуна является основным условием выплавки качественной, конкурентоспособной стали. Вопрос конкурентоспособности заключается в выборе рациональной технологии десульфурации чугуна для конкретных условий стапельного цеха [4].

Фосфор, один из нежелательных примесных элементов, эффективно удаляется в кислородном конвертере и при определенных условиях (содержание фосфора в исходном чугуне 0,050–0,070 % и содержание углерода в конвертерной ванне в конце продувки не более 0,05 %) достигается его содержание в металле на выпуске из конвертера не более 0,005 %.

Поскольку насыщение железоуглеродистого расплава кислородом протекает в процессе конвертерной плавки и максимальное его содержание в металле достигается в конце продувки, то величина содержания кислорода в передельном чугуне не имеет значения. Исключение может составлять литейный чугун, где чистота его по неметаллическим включениям (в т.ч. оксидами) может существенно влиять на физико-механические характеристики готовых отливок [5].

Одним из важнейших нежелательных элементов при выплавке целого ряда чистых сталей (например, нестареющих сталей для производства холоднокатаного листа категории особосложной вытяжки) является азот [6]. Значительная часть азота вносится в ванну конвертера чугуном, содержащим обычно 0,006–0,012 % азота [7]. Поведение азота в процессе доменной плавки, влияние химического состава металла и его температуры, а также параметров доменной плавки на примере использования при его выплавке титансодержащего сырья изучены достаточно полно, что дает возможность прогнозировать содержание азота в чугуне перед сливом его в конвертер [8]. В процессе дальнейшей переработки железоуглеродистого расплава в конвертере часть азота из металла удаляется. При этом количество оставшегося в металле азота определяется соотношением интенсивности развития двух встречных потоков – поступление азота в расплав из металлолома, извести, кислорода и т.п. и удаление азота из расплава с пузырями СО в процессе обезуглероживания металла и пузырями аргона при продувке ванны через днище. Минимальная концентрация азота в ванне на выпуске может быть достигнута при минимальном содержании азота в сливаемом в конвертер чугуне [9].

Водород является нежелательной примесью в ряде марок стали (особенно, трубного сортамента), поскольку является источником образования флокенов. Основными источниками водорода при выплавке и разливке стали является влага ферросплавов и твердых шлакообразующих смесей (ТШС). При использовании прокаленных ферросплавов и свежей (без влаги) ТШС значительную роль в общем

балансе начинает играть водород, содержащийся в чугунах. В процессе конвертерной плавки определенная часть водорода «вымывается» пузырьками CO и Ag. Однако при высоком содержании водорода в чугунах этого может быть недостаточно для достижения низкого содержания водорода в готовой стали.

Опыт производства низкосернистой стали трубного сортамента с применением технологии десульфурации стали ТШС свидетельствует о том, что при таком варианте технологии возможно насыщение стали водородом из поглощаемой ТШС влаги. По этой причине авторы рекомендуют сократить объем подаваемых в сталеразливочный ковш гигроскопичных материалов (ТШС) путем использования при выплавке стали обессеренного чугуна [10].

Целью работы является определение на основе имеющихся данных основных требований к технологии комплексной десульфурации и дегазации чугуна.

Основные условия применения разрабатываемой технологии. Процесс насыщения чугуна газами представляется как сложный многостадийный процесс, состоящий из двух встречных потоков (поглощение газа металлом и выделение газа из металла). Очень важную роль при этом играет чистота межфазной поверхности (между металлической и газовой фазами) от посторонних примесей, в первую очередь – поверхностно-активной серы. В этой связи представляет интерес вопрос совмещения процессов очищения чугуна от серы с процессами дегазации чугуна. При исследовании процессов совместной десульфурации и дегазации чугуна необходимо акцентировать внимание на следующих вопросах:

- влияние типа обессеривающего реагента на растворимость газов в чугунах;
- влияние состава транспортирующего газа при инъекции в чугунах обессеривающего реагента на изменение содержания газов в чугунах;
- влияние удельного массового расхода реагента на изменение содержания газов в чугунах;
- влияние химического состава чугуна и параметров процесса десульфурации на поведение газов в чугунах;
- определение условий и параметров рациональной технологии комплексной ковшевой десульфурации и дегазации чугуна.

Разработанная Институтом черной металлургии эффективная технология десульфурации чугуна гранулированным магнием, инжектируемым в расплав в струе газа-носителя, позволяет практически до следов снижать содержание серы в металле. При этом существует вероятность при выборе определенных условий, характеристик и параметров процесса десульфурации чугуна также попутно реализовать его дегазацию.

Высокое сродство магния к кислороду, а также наличие растворенного магния в чугуне в процессе десульфурации дает основание ожидать снижение содержания кислорода в чугуне, что особенно важно при производстве товарного литейного чугуна.

Магний способен в процессе десульфурации при определенных условиях взаимодействовать с растворенным в чугуне азотом и образовывать неустойчивые нитриды магния Mg_3N_2 . При этом на полноту попутного удаления азота существенное влияние оказывает парциальное давление в газовой фазе, что требует исключения азота из состава транспортирующего газа при инъекции.

В процессе десульфурации чугуна инъектированием магния весь объем металлической ванны барботирует пузырями парообразного магния и транспортирующего газа. Поскольку парциальное давление водорода в этих пузырях в момент их образования на глубине расплава близко к нулю, то водород в процессе всплывания пузырей, стремясь к равновесному распределению между металлической и газовой фазами, удаляется из металла в газовую фазу. Степень удаления водорода может определяться количеством барботируемых пузырей (расход реагента и транспортирующего газа), содержанием поверхностно-активной среды в расплаве, степенью развития межфазной поверхности «газ–металл» и т.п.). При этом важно исключить из состава реагента флюидизированную известь, поскольку она из-за высокой гигроскопичности может поглощать влагу из атмосферы и при вводе такой извести в металлический расплав вся её влага может переходить в металлический расплав.

Заключение. Таким образом, подобрав необходимые условия протекания процесса, состав реагента, тип транспортирующего газа, параметры инъектирования реагента в расплав, можно разработать эффективную технологию комплексной десульфурации и дегазации чугуна. Основные положения предполагаемой технологии должны включать: глубокую десульфурацию чугуна инъектированием чистого магния без добавок, использование в качестве транспортирующего газа аргона, исключение контакта поверхности металла в ковше с атмосферой.

1. *Колтаков С.В., Старов Р.В., Смоктий В.В. и др.* Технология производства стали в современных конвертерных цехах. – М.: Машиностроение, 1991. – 464 с.
2. *Воронова Н.А.* Десульфурация чугуна магнием. – М.: Metallurgia. 1980. – 239 с.
3. *Особенности* концепции создания гибкой технологической схемы производства низкосернистой кислородно–конвертерной стали. / В.И.Большаков, А.С.Вергун, А.Ф.Шевченко и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*, № 1. – 2008. – С.40–42.
4. *Шевченко А.Ф., Большаков В.И., Баймаков А.М.* Технология и оборудование десульфурации чугуна магнием в большегрузных ковшах. – Киев.: Наукова думка, 2011. – 207 с.

5. Ващенко К.И., Чернега Д.Ф., Ярмоленко В.К. Получение, свойства и применение чугуна с шаровидным графитом. – Киев. – 1971. – 203 с.
6. Морозов А.Н. Водород и азот в стали. – М.: Металлургия, 1968. – 280 с.
7. Михневич Ю.Ф., Третьяков Е.В., Явойский В.И. Азот в кислородно-конвертерной стали. // Сталь. – 1971. – № 1. – С.18–20.
8. Хаастерт Г.П., Гестенберг Ю., К.-Х. Петерс, В. Ковальски. Производство титаносодержащего чугуна с низким содержанием азота.
9. Свяжин А.Г., Киндон В.Э, Ивлев С.А. Технологические методы обеспечения низкого содержания азота при выплавке низкоуглеродистой стали в кислородном конвертере. // Бюлл. Черметинформация. – № 2. – 2014. – С. 39–49.
10. Бигеев В.А., Николаев А.О., Брусникова А.В. Особенности производства низкосернистой стали с ограниченным содержанием водорода. // Сталь. – №4. – 2014. – С.18–20.

*Статья рекомендована к печати
докт.техн.наук В.Ф.Поляковым*

A.S.Vergun, A.F.Shevchenko, A.L.Rudenko, V.G.Kislyakov, L.P.Kurilova
Передумови розробки технології комплексної десульфуратія і дегазації чавуну

Виконано аналіз вимог до умов і параметрів процесів видалення сірки, азоту, кисню і водню з чавуну з метою поєднання цих процесів в одній технології. Визначено основні напрямки розробки і дослідження технології комплексної десульфуратії та дегазації чавуну.

Ключові слова: чавун, десульфуратія, технологія, вимоги

***A.S.Vergun, A.F.Shevchenko, A.L.Rudenko, V.G.Kislyakov,
L.P.Kurilova***

Prerequisite for the development of technology of complex desulfurization and degassing iron

The analysis conditions and the requirements to process parameters for removing sulfur, nitrogen, oxygen, iron, and hydrogen for the purpose of combining these processes in the same technology. The main directions of research and development of technologies for integrated iron desulfurization and degassing.

Keywords: cast iron, desulfurization technology requirements