

УДК 669.162.267.6:621.721

А.С.Вергун, В.Г.Кисляков, А.Ф.Шевченко, Б.В.Двоскин, А.М.Башмаков**СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ
ПРОЦЕССА ВНЕДОМЕННОЙ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА
ГРАНУЛИРОВАННЫМ МАГНИЕМ БЕЗ ДОБАВОК**

Целью работы являлось дальнейшее развитие технологии десульфурации чугуна гранулированным магнием без добавок. Изложены материалы, касающиеся промышленной реализации этой технологии и оборудования нового поколения, а также предложения для реализации этой технологии на металлургических предприятиях Украины.

десульфурация, технология, оборудование нового поколения, гранулированный магний, промышленная реализация

Современное состояние вопроса. Процессы внедоменной десульфурации чугуна начали создавать в двадцатые годы прошлого века [1]. Основной задачей внедоменной десульфурации на этом этапе являлось исправление брака чугуна по сере, а также повышение качества чугуна путем перевода его в более высокие категории по вредным примесям. Решение указанных задач обеспечивалось применением в качестве обессеривающих реагентов извести, карбида кальция, соды и смесей на их основе, что позволяло снизить содержание серы в чугуне до уровня менее 0,020%.

Активное развитие процессы внедоменной десульфурации чугуна получили в 50–60 годы прошлого века в связи с широким внедрением в промышленную практику сталеплавильного производства кислородно–конвертерного процесса. В этом случае важную роль начали играть потери температуры чугуна при внедоменной десульфурации, поскольку это оказывало прямое влияние на технико–экономические показатели кислородно–конвертерной плавки. Кроме того, непрерывно ужесточающиеся требования к качеству чугуна ставили задачу снижения содержания серы в нем до уровня 0,005% и менее.

Попытки повышения эффективности десульфурации чугуна немагниевыми реагентами за счет активирующих добавок, применения восстановительных газов, использования специальных мешалок и ряда других приемов позволили в некоторой степени увеличить глубину десульфурации, но это сопровождалось большими удельными расходами реагентов и усугублением недостатков, присущих этим десульфураторам, в первую очередь, большими потерями металла со шлаком и значительным снижением температуры чугуна [2].

В 1960–1970 гг. минувшего столетия в Институте черной металлургии АН УССР (ИЧМ) под руководством проф. Н.А.Вороновой были развернуты научные исследования по совершенствованию технологии десульфурации чугуна и поиску эффективных реагентов, в том числе магния, обладающего большими потенциальными термодинамическими возможностями и имеющего весьма благоприятные кинетические предпосылки протекания тепло– и массообменных процессов. Эти достоинства магния подтверждены на практике при обработке небольших масс чугуна в авто-

клавах, где были созданы благоприятные условия для растворения паров магния в расплаве. Попытки применить слитковый магний для обработки чугуна в доменных чугуновозных ковшах показали, что из-за низкой температуры испарения магния, которая существенно ниже температуры обрабатываемого расплава, процесс протекал очень бурно, неуправляемо и неэффективно, так как образовывались продуваемые газовые полости, и пары магния покидали расплав, не успев прореагировать с серой чугуна [1].

Дальнейшие попытки совершенствования технологии десульфурации больших масс чугуна кусковым магнием с огнеупорным покрытием, пассивирующих наполнителей, кокса, пропитанного магнием, сплавов магния, брикетов с наполнителями, регулируемого ввода слитков позволили в некоторой степени снизить бурность процесса, но эффективность усвоения магния оставалась значительно ниже теоретически возможной [1]. Накопленный до 70-х годов прошлого века опыт обработки чугуна кусковым магнием показал, что высокоэффективное применение магниевых реагентов без обеспечения надежного, управляемого и контролируемого их ввода в жидкий расплав не представляется возможным [2].

Регулируемый ввод магния в жидкий расплав пытались также осуществить с помощью трайбаппаратов путем подачи в расплав порошковой проволоки, наполненной измельченным магнием или его композициями. Впервые опробованный за рубежом, этот метод не получил промышленного распространения при десульфурации чугуна ввиду значительного увеличения, по сравнению с методом инжектирования в струе газаносителя, затрат на десульфурацию, из-за роста стоимости реагента и недостаточной эффективности его использования.

Известно, что возможность дозированной подачи реагентов в чугун и регулируемость параметров процесса ввода материалов в широких пределах обеспечивается инжектированием в расплав диспергированных реагентов. Важным преимуществом этого способа является возможность дозируемой и контролируемой, подачи магния. Комплекс технических решений, которые необходимо разработать для решения задачи регулируемого ввода магния в жидкий чугун и создания эффективного промышленного процесса десульфурации чугуна магнием, был обозначен коллективом специалистов Института черной металлургии под руководством проф. Н.А. Вороновой и включал [1,2] следующие положения:

- разработку научных основ и механизма процесса десульфурации чугуна диспергированным магнием;
- определение требований к реагенту и разработку методов получения диспергированного магниевого реагента;
- разработку технологического оборудования для регулируемого, дозируемого и надежного ввода диспергированного магния в чугун;
- разработку конструкции фурменных устройств для подачи реагента вглубь чугуна;

- разработку методик расчета и определение динамических нагрузок на элементы установок десульфурации чугуна и создание оборудования для их компенсации;
- определение требований к аппаратурному оформлению технологического процесса и разработку решений по механизации, автоматизации и управлению процессом;
- определение состава и параметров пылегазовых выбросов для разработки систем аспирации и газоочистки;
- изучение качества чугуна, рафинированного магнием;
- изучение влияния технологических факторов и параметров продувки на процесс десульфурации.

К началу 70–х годов прошлого столетия специалистами Института черной металлургии, Института титана, Днепропетровского национального университета, НПО «Энергосталь», меткомбинатов «Азовсталь», им.Ильича, «Запорожсталь», «Криворожсталь» и др. предприятий были наработаны технические решения в рамках вышеуказанного комплекса, позволившие создать на ряде комбинатов Украины и России промышленные мощности по десульфурации чугуна в доменных ковшах гранулированным магнием без добавок [1].

Достигнутые положительные результаты в области десульфурации чугуна гранулированным магнием на металлургических предприятиях Украины и России направили поиск исследователей США, Канады и Западной Европы [2,3] в сторону использования диспергированного магния. Уже к середине 80–х годов прошлого столетия в этих странах была создана индустрия по производству измельченного магния и широкое распространение получили установки десульфурации чугуна смесью порошков магния с кальцийсодержащими добавками [3].

Целью работы являлось дальнейшее развитие технологии десульфурации чугуна гранулированным магнием без добавок.

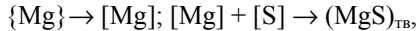
Постановка задачи. Анализ механизма десульфурации чугуна смесями магния позволяет заключить [2], что подача магния в смеси с разубоживающими порошковыми добавками значительно блокирует процессы тепло– и массообмена и растворения магния, а также растягивает по высоте зону испарения, что ухудшает условия растворения магния [4]. Соседство высокоактивного магния с кислородсодержащими соединениями добавок приводит к потерям магния на их взаимодействие. Кроме того, магний в сочетании со смесью выполняет роль восстановителя, например, в реакции



которая кинетически менее предпочтительна, чем прямая реакция десульфурации чугуна газообразным и растворенным магнием. Проведенные на меткомбинате «Азовсталь» и Уханьском меткомбинате промышленные эксперименты показали, что отказ от добавки извести к магнию

позволяет увеличить эффективность использования магния в 1,6–1,7 раза [2].

Для обеспечения в условиях недостаточной глубины ванны жидкого чугуна (ковши с массой чугуна менее 140–150 т) гарантированного испарения всего вводимого в расплав магния у дна ковша и использования уникальной способности магния растворяться в чугуне в больших количествах – до 0,4–0,8%, ввод магния в чугун осуществляется фурмами с испарительными камерами. Такие фурмы способствуют реализации механизма взаимодействия магния с серой чугуна по схеме:



которая, за счет развития диффузионных процессов, обеспечивает преимущественное взаимодействие магния и серы во всем объеме чугуна.

В итоге технологический процесс внепечной десульфурации чугуна «чистым» магнием, разработанный и созданный учеными Института черной металлургии НАН Украины, включает следующие базовые положения:

- металлический магний (или его сплавы) в виде гранул или зерен вдуваемого в жидкий чугун на максимальную глубину;
- практически у дна ковша обеспечивают испарение всего магния и насыщение им чугуна;
- вдувание магния осуществляют нейтральным (к магнию) газом при высокой концентрации магния в несущем газе;
- в зоне испарения, ввода и растворения магния создают комплекс благоприятных физико–химических условий;
- состав газовой атмосферы и шлака в ковше, при необходимости корректируют, создавая рациональные условия для рафинирования чугуна.

Изложение основных материалов исследования. На базе вышеизложенных положений в конце прошлого века творческими коллективами Института черной металлургии, Института титана и ООО «Инфоком» был разработан аппаратурно–технологический комплекс нового поколения для реализации эффективной, высокопроизводительной технологии внедоменной десульфурации чугуна гранулированным магнием без добавок. Компоновка, исполнение и программное управление работой комплекса выполняются с учетом особенностей обработки и подготовки чугуна у каждого заказчика, что позволяет создать наиболее рациональное и экономичное решение в конкретном производственном случае.

На рис.1 приведена принципиальная схема одного из таких комплексов нового поколения. Предусмотрены автоматизированное программное управление всеми операциями, современная аппаратура контроля и регулирования параметров, применение технологии и оборудования в широких пределах параметров и условий обработки чугуна. Обеспечиваются наиболее высокая степень усвоения реагентов и надежность процесса (95% и более). Отличается высоким уровнем экономичности и материало–

ресурсосбережения. Комплекс включает оборудование приема и раздачи реагента по дозирующим бункерам, модуль-дозатор магния, подвижное устройство с фурмами погружения, пробоотбор и замер температуры, и машину удаления шлака из ковшей после десульфурации.

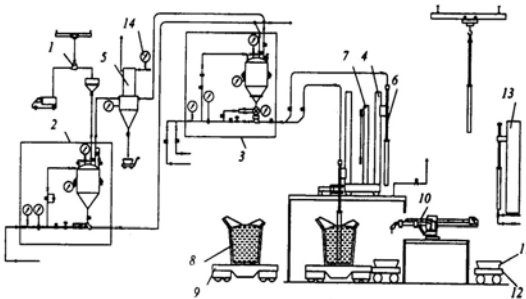


Рис. 1. Принципиальная схема аппаратно-технологического комплекса внепечной десульфурации чугуна вдуванием гранулированного магния в заливочных ковшах: 1 — контейнер с магнием; 2 — загрузочный модуль; 3 — модуль-дозатор магния; 4 — подвижное фурменное устройство; 5 —

осадитель пыли; 6 — фурма; 7 — устройство измерения температуры и отбора проб чугуна; 8 — ковш с чугуном; 9 — тележка с кантователем; 10 — машина сканирования шлака; 11 — шлаковая чаша; 12 — тележка; 13 — стенд резервных фурм; 14 — контрольно-измерительная аппаратура и приборы регулирования

Загрузочный модуль один, и он обеспечивает хранение текущего запаса магния (на одни сутки). Число модулей-дозаторов соответствует числу постановочных стендов. Модуль-дозатор обеспечивает строго запрограммированное вдувание магния в чугун. От аналогов других фирм модуль отличается исключительно высокой точностью дозирования с очень малыми величинами (в 20 – 30 раз меньшими) отклонения фактических параметров (в том числе мгновенных) от заданных. Это обеспечивается комплексом запорно-регулирующей и управляющей аппаратуры. В автоматическом или пооперационном режиме (по выбору оператора) регулируется подача магния по трубопроводу в канал фурмы и далее в чугун с интенсивностью от 0 до 18 кг/мин; погрешность дозирования питателя (кг/мин) в режиме инъекции не превышает 2%; погрешность системы взвешивания – 0,5%.

Комплекс работает следующим образом. Магний поступает на установку в контейнерах 1 (типа «биг-бег») и загружается в модуль загрузочный 2. Модуль загрузочный (один) обеспечивает хранение текущего запаса магния (на одни сутки) и быструю (1–2 мин.) загрузку магния в модуль-дозаторы. Модуль-дозатор обеспечивает запрограммированное вдувание магния в жидкий чугун. Отклонение фактических параметров от запрограммированных минимальное в сравнении с аналогами. Автоматический или пооперационный режим работы выбирает оператор.

Вдувание магния в чугун осуществляют через погружаемую фурму 6. Подвижное фурменное устройство имеет, как правило, 2 фурмы для воз-

возможности поочередной продувки разных ковшей и повышения пропускной способности стэнда десульфурации. В зависимости от конкретных условий обработки (массы чугуна, температуры, глубины расплава в ковше, исходного и конечного содержания серы и других условий заказчика) применяются либо фурма с испарительной камерой на выходе, либо фурма без испарительной камеры.

Обработка чугуна осуществляется в камере; для этого ковш 8 на подвижной тележке 9 подается в камеру. После десульфурации гидросистема чугуновозной тележки 9 скантовывает ковш и осуществляется скачивание шлака машиной 10. Имеющееся вспомогательное оборудование (поз. 5, 13 и др.) обеспечивает требуемые условия работы и эксплуатации комплекса внепечной обработки чугуна. Система автоматизации, промышленное телевидение и пульт управления реализуют автоматизированное программное управление всеми операциями в тесной связи с системой АСУ ТП всего сталеплавильного завода и других подразделений металлургического комбината. Представленная выше схема реализована в комплексах десульфурации чугуна и скачивания шлака различных металлургических комбинатов КНР при обработке чугуна в ковшах с массой расплава от 40 до 280 т. (табл.1) На рис.2 представлен в разрезе один из вариантов расположения комплекса десульфурации на участке подачи чугуна в конвертера. Всего на предприятиях КНР к 2009 году по предложенной технологии с участием ИЧМ, ИТ, ООО «Инфоком» создано около 50 комплексов десульфурации чугуна и скачивания шлака общей производственной мощностью более 50 млн.т обессеренного чугуна в год.

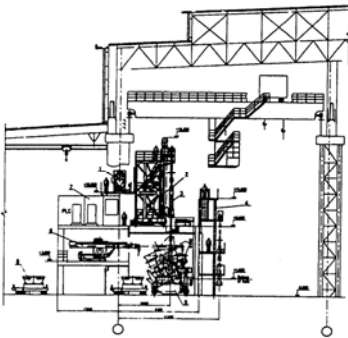


Рис.2. Комплекс десульфурации чугуна гранулированным магнезитом и скачивания шлака в 110–тонных заливочных ковшах конвертерного цеха: 1 – модуль-дозатор магнезита; 2 – подвижное фурменное устройство с двумя фурмами; 3 – фурма для вдувания магнезита; 4 – стэнд резервных фурм; 5 – чугуновозная тележка с ковшом и кантователем; 6 – машина скачивания шлака; 7 – пульт управления; 8 – самоходная тележка со шлаковой чашей

Достаточно компактное выполнение комплекса позволяет удобно вписать его в действующем конвертерном производстве. При продолжительности общего цикла всех операций не более 30 мин и массе чугуна в ковше, например 110 т, пропускная способность одного стэнда обработки составляет свыше 1,7 млн. т/год обессеренного чугуна, а комплекса десульфурации из двух стэндов – более 3,4 млн.т/год. Производительность комплекса десульфурации и скачивания шлака определяется производственными условиями в каждом конкретном случае и зависит от ряда факторов, в т.ч. массы чугуна в ковше, со-

держания серы, организации наполнения и подачи ковшей, системы их взвешивания, отбора проб чугуна и их анализа, замера температуры и ряда других операций и условий в цехе табл.2).

Таблица 1. Техническая характеристика некоторых комплексов десульфурации чугуна и скачивания шлака, сооруженных и введенных в эксплуатацию по украинским разработкам (ИЧМ, ИТ, НПО «Инфоком», ОАО «Черметмеханизация») совместно с СК «Десмаг» (КНР)

Предприятие КНР, № завода		№ комплекса десульфурации	Типоразмер ковша	Мощность комплекса, млн.т чугуна/год
1	Уханьский меткомбинат, сталывавод № 2	№ 1	Заливочный, 100–150 т	1,2
		№ 2	—>—	1,2
2	Тайюаньский меткомбинат	№ 1	Заливочный, 90 т	0,9
		№ 2	—>—	1,0
		№ 3	—>—	1,0
3	Пекинский меткомбинат, сталывавод № 2	№ 1	Заливочный, 200 т	1,4
4	Сянганьский меткомбинат, сталывавод № 2	№ 2	Заливочный, 85–95 т	1,2
5	Ханданский меткомбинат	№ 1	Заливочный, 120 т	1,0
6	Циндаоский меткомбинат, сталывавод № 1	№ 1	Доменный, 50–60 т	0,5
		№ 2	—>—	0,5
7	Тангшаньский меткомбинат, сталывавод № 2	№ 1 №2	Заливочный, 160 т	3,0

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности и устойчивости технологии десульфурации гранулированным магнием (рис.3)

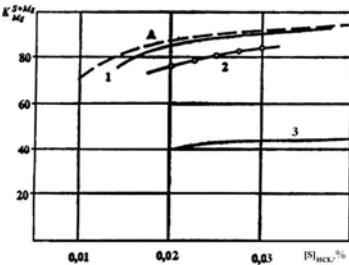


Рис.3. Изменение суммарной степени усвоения магния при десульфурации чугуна в ковшах по различным технологиям: А – процесс ИЧМ на комбинате «Азовсталь»; вдувание гранулированного магния (без добавок) аргоном; Т – 1300°C; масса чугуна 250–300 т; 1 – процесс ИЧМ на ПекМК (КНР); вдувание гранулированного магния (без добавок) азотом; Т – 1350°C; масса чугуна 195 т; 2 – процесс ESM (США) на комбинате «Baostel» (КНР); вдувание смеси CaC_2

+ Mg; Т – 1350°C; масса чугуна 280 т; 3 – обработка порошковой магниевой проволокой на комбинате им. Дзержинского; Т – 1240–1300°C; масса чугуна 200 т.

Таблица 2. Основные производственные технологические показатели комплексов десульфурации чугуна и скачивание шлака в заливочных ковшах ряда металлургических комбинатов Китая

№ пп	Показатель, параметр	Уханьский меткомбинат, стальзавод №1	Пекинский меткомбинат, стальзавод №2	Сянтаньский меткомбинат, стальзавод №92	Циндаоский меткомбинат, стальзавод №1	Тайюаньский меткомбинат, стальзавод №2	Тангшаньский меткомбинат, стальзавод №2
1	Масса чугуна в ковше, т	<u>98–106</u> 102	<u>180–206</u> 197	<u>74–88</u> 80	<u>34–63</u> 51	<u>51–85</u> 77	<u>127–168</u> 154
2	Глубина расплава в ковше, м	2,2–2,3	3,0–3,2	2,0–2,2	1,3–1,9	2,0	3,0–3,2
3	Температура чугуна перед обработкой, °С	<u>1178–1402</u> 1300	<u>1283–1396</u> 1350	<u>1250–1358</u> 1300	<u>1207–1359</u> 1311	<u>1273–1390</u> 1330	<u>1238–1370</u> 1320
4	Исходное содержание серы в чугуне (перед десульфурацией), %	<u>0,020–0,084</u> 0,027	<u>0,014–0,058</u> 0,027	<u>0,018–0,035</u> 0,021	<u>0,017–0,160</u> 0,063	<u>0,015–0,061</u> 0,034	<u>0,020–0,099</u> 0,040
5	Количество шпака в ковше перед обработкой, % от массы чугуна	<u>0,5–2,0</u> 1,1	<u>0,03–2,8</u> 1,35	<u>0,8–3,3</u> 1,7	<u>0,8–9,0</u> 3,8	<u>0,5–3,5</u> 1,62	<u>0,4–4,5</u> 1,83
6	Тип инжектирующего газа и его расход при вдувании магния, нм³/час	<u>азот</u> 45	<u>азот</u> 140–150	<u>азот</u> 45–50	<u>азот</u> 30	<u>азот</u> 45–50	<u>азот</u> 145
7	Задаваемые программой конечные содержания серы в чугуне, %	≤0,015; ≤0,010; ≤0,005; ≤0,002	≤0,015; ≤0,010; ≤0,005	≤0,010; ≤0,005	≤0,040; ≤0,030; ≤0,025; ≤0,015; ≤0,010; ≤0,005	≤0,015; ≤0,010; ≤0,005; ≤0,002	≤0,020; ≤0,015; ≤0,010; ≤0,005
8	Высота свободного пространства в ковше при вдувании магния, м	0,5–0,7	0,3–0,4	0,5–0,6	0,2–0,5	0,5–0,6	0,2–0,3
9	Средняя продолжительность вдувания магния, мин	4,2	6,4	4,5	8	7,1	9,9
10	Среднее содержание серы в чугуне после десульфурации, %	0,011	0,007	0,005	0,014	0,0036	0,010
11	Расход магния на серу удаленную (показатель β, кг/кг) при снижении с 0,04 до 0,01%.	1,15	1,1	1,4	1,7	1,4	1,1
12	Степень десульфурации (итоговая), %	59,2	74	76	78	89	75

Многолетний опыт эксплуатации высокоэффективной технологии десульфурации чугуна гранулированным магнием без добавок был положен в основу технологических рекомендаций на создание установок десульфурации чугуна гранулированным магнием, разработанных Институтом черной металлургии и Институтом титана для ряда вновь создаваемых и реконструируемых конвертерных цехов предприятий Украины (МК «Азовсталь», им. Ильича, «Запорожсталь», ДМК им. Дзержинского, ЕМЗ) (табл.3). Общим для всех технических предложений является использование технологии десульфурации чугуна гранулированным магнием без добавок.

Таблица 3. Основные параметры, характеризующие условия и результаты предложений по применению технологии десульфурации чугуна гранулированным магнием, разработанных Институтом черной металлургии и Институтом титана для металлургических предприятий Украины

№ п/п	Предприятия	Назначение разработанных предложений	Производственная мощность, млн.т/год	Масса обрабатываемого чугуна, т/ковш	Содержание серы в чугуне, %		Удельный массовый расход магния, кг/т чугуна
					исх.	конечн.	
1.	МК «Азовсталь»	Реконструкция существующего ОДЧ в доменном цехе	7,0	90	$\frac{0,025-0,060^*}{0,040}$	0,020	$\frac{0,15-0,70}{0,30}$
		Создание новой УДЧ в ККЦ	7,0	300	$\frac{0,015-0,035}{0,025}$	$\frac{0,001-0,005}{0,003}$	$\frac{0,20-0,58}{0,38}$
2.	МК им. Ильича	Создание новой УДЧ в ККЦ	5,0	$\frac{80-100^*}{90}$	$\frac{0,015-0,035}{0,025}$	$\frac{0,003-0,010}{0,005}$	$\frac{0,20-0,580}{0,38}$
3.	«Запорожсталь»	Создание УДЧ в комплексе строящегося ККЦ	4,0	$\frac{190-210}{200}$	$\frac{0,040-0,050}{0,045}$	$\frac{0,005-0,010}{0,007}$	$\frac{0,18-0,56}{0,45}$
4.	ДМК им.Дзержинского	Создание УДЧ в ККЦ	1,5	$\frac{220-230}{225}$	$\frac{0,025-0,050}{0,035}$	$\frac{0,005-0,020}{0,010}$	$\frac{0,21-0,48}{0,34}$
5.	Енакиевский метзавод	Создание УДЧ в комплексе строящегося ККЦ	3,65	$\frac{120-130}{125}$	$\frac{0,040-0,100}{0,060}$	$\frac{0,003-0,030}{0,015}$	$\frac{0,22-1,17}{0,52}$

* числитель – пределы колебаний, знаменатель – среднее значение.

Различие предложений обусловлено условиями реализации технологии (масса чугуна в ковше, исходное содержание серы в чугуне, производительность УДЧ, требование к конечному содержанию серы в чугуне), что обуславливает удельные расходы магния на десульфурацию. Кроме того, в зависимости от массы обрабатываемого чугуна и глубины погружения фурмы в расплав рекомендованы различные типы фурм (прямоточная или с испарителем), что в комплексе с исходным и требуемым конечным содержанием серы в чугуне обуславливает параметры обработки.

Меткомбинат «Азовсталь». Для этого комбината разработаны два варианта реализации технологии: 1 – реконструкция существующего отделения десульфурации чугуна инжектированием гранулированного магния через фурму с испарителем в 140–тонных чугуновозных ковшах со снижением содержания серы в чугуне с 0,040% до 0,020%; 2 – создание в заливочном пролете ККЦ новой установки десульфурации чугуна в заливочных ковшах инжектированием гранулированного магния через прямоточную фурму без испарителя со снижением содержания серы в чугуне с 0,025% до 0,003%. Объем обрабатываемого чугуна составляет 7 млн.т/год.

Меткомбинат им. Ильича. Для этого комбината разработаны предложения по созданию новой УДЧ в заливочном пролете ККЦ в 100–тонных заливочных ковшах. В разработанных предложениях рекомендовано использовать технологию инжектирования магния через фурму с испарительной камерой, что позволит снижать содержание серы с 0,025% до 0,003% при удельном массовом расходе реагента 0,38 кг/т чугуна. Объем обрабатываемого чугуна составляет 5 млн.т/год.

Меткомбинат «Запорожсталь». Для комбината «Запорожсталь» разработаны предложения по созданию УДЧ в 200–тонных заливочных ковшах создаваемого конвертерного цеха. Рекомендована технология инжектирования гранулированного магния в расплав через прямоточную фурму без испарителя, позволяющая снизить содержание серы в чугуне с 0,045% до 0,007% при расходе гранулированного магния 0,45 кг/т чугуна. Предложения разработаны для объема производства обесеренного чугуна 4 млн.т/год.

ДМК им. Дзержинского. В предложениях для ДМК им. Дзержинского предусмотрено создание в существующем ККЦ установки десульфурации чугуна инжектированием гранулированного магния через фурму без испарительной камеры в 230–тонных заливочных ковшах производственной мощностью 1,5 млн.т чугуна/год. При расходе гранулированного магния 0,34 кг/т чугуна будет обеспечено снижение содержания серы с 0,035% до 0,010%.

Енакиевский металлургический завод. В строящемся на ЕМЗ конвертерном цехе предусмотрено создание УДЧ в 130–тонных заливочных ковшах. Разработанные ИЧМ и ИТ предложения предусматривают реализацию технологии десульфурации чугуна инжектированием гранулированного магния через фурму погружения с испарительной камерой. При этом технология гарантирует снижение содержания серы в чугуне с 0,060% до 0,015% при удельном массовом расходе реагента 0,52 кг/т чугуна. Производственная мощность УДЧ составляет 3,65 млн.т чугуна/год.

Во всех предложениях приведены конкретные данные, иллюстрирующие преимущества рекомендуемой технологии перед предлагаемыми

рядом западных фирм технологиями десульфурации чугуна смесями магния с известью или карбидом кальция (табл.4). [4].

Таблица 4. Сопоставление основных затрат при десульфурации чугуна вдуванием гранулированного магния (технология Украины), вдуванием смеси извести и магния (ESM, «Hoogovens», «Rossborough») и вдуванием смеси карбида кальция с магнием (ESM) при содержании серы в чугуне начальном 0,025%, конечном 0,005% и массе чугуна в ковше более 150 т*

Показатель	Вдувание гранулированного магния		Продувка смесью извести с магнием («Remacon», «Rossborough»)	Продувка смесью карбида кальция с магнием (ESM, Баошаньский комбинат)
	комбинат «Азовсталь» (несущий газ – аргон)	Пекинский комбинат (несущий газ – азот)		
Расход реагентов, кг/т чугуна:				
магния	0,26	0,30	0,40	6,32
извести	–	–	1,60	–
карбида кальция	–	–	–	1,28
Всего реагентов, кг/т	0,26	0,30	2,00	1,60
Количество дополнительно образующегося шлака, кг/т чугуна	0,52	0,60	4,00	3,20
Потери чугуна с дополнительным шлаком, кг/т чугуна	0,234	0,270	1,80	1,44
Снижение температуры чугуна за период вдувания реагентов, °С	5	6	12	12
Затраты при десульфурации, долл. США/т чугуна:				
на магний	0,572	6,660	0,880	0,704
на известь (молотую)	–	–	0,304	–
на карбид кальция (порошок)	–	–	–	0,702
на потери чугуна с дополн. шлаком	0,026	0,030	0,198	0,158
на потери температуры чугуна	0,100	0,120	0,240	0,240
Суммарные затраты по пунктам	0,698	0,810	1,622	1,804

*Приведенные в таблице параметры, касающиеся зарубежных фирм, приняты по результатам проверки на металлургических комбинатах Китая; цены на материалы приняты по уровню цен на рынке Китая в 2002 г.

Закключение.

По сравнению с технологиями обработки чугуна продувкой порошковыми смесями магния с известью или карбида кальция (процессы

Западной Европы и Америки) украинская технология позволяет снизить затраты более чем вдвое. Приведенные в табл. 4 более низкие затраты при десульфурации гранулированным магнием получаются из-за меньших расходов на реагент и потерь чугуна со шлаком, а также потерь температуры обрабатываемого чугуна (табл.4). Следует обратить внимание на то, что в представленных в таблице данных не учтены преимущества украинской технологии десульфурации чистым гранулированным магнием: более низкие капитальные затраты, простота и гарантированная безопасность, самые малые затраты на удаление и утилизацию ковшевых шлаков, а также на обслуживание установок.

Освоение предложенных разработок на металлургических предприятиях Украины позволит реализовать в комплексе «УДЧ – конвертер – АКП» концепцию создания гибкой технологической схемы производства кислородно–конвертерной стали [5], что повысит конкурентоспособность украинской металлопродукции.

1. *Воронова Н.А.* Десульфурация чугуна магнием. – М.: Металлургия, 1980. – 239с.
2. *Шевченко А.Ф.* Разработка и развитие теории и технологии процессов внепечной десульфурации чугуна в ковшах вдуванием диспергированных реагентов: Автореф. дисс. д-ра техн. наук. – Днепропетровск, 1997. – 42 с.
3. *Zebrowski G.R.* A love affair with sulfur. IMA, The international Desulfurization Seminar Prague, 21 October 1999. – P.4–21.
4. *Шевченко А.Ф., Александров В.А., Баранник И.А.* Теоретические основы и технологические преимущества десульфурации чугуна гранулированным магнием без кальцийсодержащих добавок. // Сб. тр. VI Международного симпозиума по десульфурации чугуна и стали. – Магдебург, 2000. – С.2.1–2.14.
5. *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, 2008. – № 1. – С. 40–42.

*Статья рекомендована к печати:
заместитель ответственного редактора
раздела «Внепечная обработка чугуна и стали»
канд.техн.наук В.П.Питтюк*

О.С.Вергун, В.Г.Кисляков, А.Ф.Шевченко, Б.В.Двоськін, О.М.Башимаков

Стан і перспективи промислової реалізації процесу позадоменної десульфурції чавуну гранульованим магнієм без домішок

Метою роботи є подальший розвиток технології десульфурції чавуну гранульованим магнієм без домішок. Наведено матеріали, що стосуються промислової реалізації цієї технології та устаткування нового покоління, а також пропозиції для реалізації цієї технології на металургійних підприємствах України.