



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 914636

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 16.04.79 (21) 2745351/22-02

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 23.03.82 Бюллетень № 11

Дата опубликования описания 23.03.82

(51) М. Кл.³

С 21 С 5/44
F 27 D 1/16

(53) УДК 662.184.125
(088.8)

(72) Авторы
изобретения

В.В. Антонов, Ю.И. Бать, Э.И. Гамалей, Ф.Е. Долженков,
С.А. Донской, В.А. Куличенко, О.И. Тищенко,
В.М. Червоненко и Е.Д. Штепа

(71) Заявители

Донецкий научно-исследовательский институт черной
металлургии и Карагандинский металлургический комбинат

(54) СПОСОБ ФАКЕЛЬНОГО ТОРКРЕТИРОВАНИЯ ФУТЕРОВКИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

1

Изобретение относится к металлургии, в частности к технике ремонта футеровки металлургических агрегатов.

Известен способ горячего ремонта металлургических агрегатов цилиндрической формы путем нанесения на ремонтируемый участок футеровки огнеупорного материала, нагретого в высокотемпературном факеле до температуры пластического состояния. Огнеупорный материал на торкретирование подают в пылевидном состоянии, факел направляют тангенциально к поверхности футеровки цилиндрического агрегата [1].

Недостатком известного способа является низкое качество торкретпокрытия и значительный вынос огнеупорного материала в виде пыли, что обусловлено неудовлетворительной организацией сжигания топлива и направлением подвода факела к поверхности футеровки. Смешение топлива и кислорода происходит после истечения из сопел, компоненты подают в виде параллельных струй, вследствие чего перемешивание кислорода и топлива происходит весьма медленно, а горение смещается на значительное

2

расстояние от сопел. Направленные тангенциально к поверхности футеровки частицы огнеупора слабо внедряются в покрытие вследствие ослабления силы удара частиц в поверхность. Максимальная сила получается при направлении частиц перпендикулярно к поверхности.

Кроме того, при тангенциальном подводе уменьшается степень сепарации огнеупорного материала из двухфазного потока на поверхность футеровки. Вследствие небольшого угла поворота факела относительно поверхности футеровки значительная часть огнеупорного материала, преимущественно мелкодисперсная фаза, уносится с газами.

Наиболее близким к изобретению является способ факельного торкретирования футеровки металлургических агрегатов, заключающийся в подаче топлива огнеупорного материала и кислорода перпендикулярно к поверхности футеровки. Топливо и огнеупорный материал подают струей в пылеобразном состоянии и закручивают струей кислорода [2].

Недостаток этого способа заключается в том, что он не содержит

рекомендации по поддержанию соотношений между импульсами струй кислорода и огнеупорного материала с топливом, что может привести к неудовлетворительной организации сжигания топлива, снизить качество нагрева огнеупорного материала в факеле. Все это снижает эффективность торкретирования.

Цель - повышение эффективности торкретирования путем качественного смешения компонентов, быстрого и равномерного нагрева частиц огнеупорного материала.

Поставленная цель достигается тем, что кислород подают внешней сужающейся струей, а отношение импульса закрутки кислородной струи к импульсу струи огнеупорного материала с топливом поддерживают 0,3-3,0.

Способ осуществляют следующим образом.

Через центральное сопло, срез которого расположен внутри сопла, служащего для подачи кислорода, подают смесь топлив и огнеупорного материала. Смесь транспортируют сжатым воздухом либо азотом. В кольцевой канал между центральным и кислородным соплами подают кислород. На входе в кислородное сопло установлен специальный регистр, сообщающий потоку кислорода вращательное движение. Одновременно потоку кислорода сообщается поступательное движение вдоль сопла. Движущийся к выходному сечению и вращающийся вокруг центральной оси поток кислорода направлен тангенциально к основанию центральной струи. За срезом центрального сопла закрученный поток кислорода взаимодействует с двухфазной струей топлива и огнеупора и приводит ее во вращательное движение. В пространстве между срезами сопел происходит интенсивное предварительное перемешивание кислорода, топлива и огнеупорного материала как за счет вращения потоков, так и за счет внедрения потока кислорода в двухфазную струю вследствие сужения канала для кислорода в направлении выходного сечения. В этом пространстве происходит предварительное смешение компонентов. Перемешивание обеспечивается за счет вращения компонентов с разными скоростями друг относительно друга, а также за счет внедрения кислорода в центральную часть струи и вытеснения оттуда твердой фазы.

Двухфазная струя после истечения из сопел движется поступательно и вращается, вследствие чего увеличивается угол раскрытия струи. Кроме того, в струю интенсивно втягиваются высокотемпературные газы из рабочего пространства агрегата, что вы-

зывает воспламенение топлива в непосредственной близости от плоскости истечения. Факел получается короче, чем в случае истечения компонентов в виде параллельных струй, протяженность зоны горения уменьшается, увеличивается тепловыделение в единице объема факела и, как следствие, интенсифицируется нагрев частиц огнеупора. Наличие вращения факела вызывает выравнивание полей скоростей и температур в поперечном сечении факела. Вследствие этого частицы огнеупора при внедрении в слой имеют приблизительно одинаковую температуру и скорость.

Соотношение между импульсами поступательного и вращательного движений кислорода определяется выбором площадей поперечных сечений регистра и кольцевого канала между соплами в плоскости среза центрального сопла. Отношение импульса вращательного движения (закрутки) кислородной струи к импульсу центральной струи регулируется изменением удельного расхода воздуха на транспортировку твердой фазы.

Сужение кислородной струи необходимо для того, чтобы кислород полностью смешался с топливом. Сужение струи кислорода под небольшим углом ($10 - 20^\circ$) позволяет предотвратить растекание кислорода из периферийных участков струи в стороны под действием центробежной силы.

Отношение импульса крутки кислородной струи к импульсу центральной двухфазной струи выбирается из условия обеспечения качественного смешения компонентов, сжигания топлива с объемом ограниченных размеров, быстрого и равномерного нагрева частиц огнеупора и приблизительно одинаковых скоростей частиц огнеупора при внедрении в поверхность футеровки.

При подаче компонентов в виде параллельных струй скорости истечения кислорода составляет 200 - 300 м/сек, скорость истечения двухфазного потока 10 - 30 м/сек. При этом количество движения кислорода одной струи составляет 100 - 160 кг м/с, количество движения двухфазного потока 10 - 30 кг м/с. Однако в зависимости от условий скорость истечения кислорода может быть уменьшена до 100 - 150 м/с.

В предлагаемом способе закручивание потока осуществляется за счет энергии кислородной струи. Чем больше импульс крутки, тем, естественно, меньше импульс кислородной струи в продольном направлении, тем меньше дальность струи, тем больше

угол ее раскрытия и лучше смещение компонентов.

Однако чрезмерное увеличение импульса крутки вызывает создание в центре струи разрежение и возникновение встречного движения газов из пространства конвертера.

Эффективность смешения двухфазной струи с кислородной определяется отношением импульса крутки к импульсу двухфазной струи. Оптимальное значение этого отношения находится в пределах 0,3 - 3,0. Уменьшение отношения менее 0,3 нецелесообразно, так как эффект от вращения получается незначительным - импульс закрутки составляет при этом менее 30 % от импульса двухфазной струи, поэтому во вращательное движение вовлекается лишь периферийный слой двухфазной струи. Увеличение отношения импульсов более 3,0 вызывает существенное увеличение угла раскрытия слившейся струи, при этом в центре образуется зона с пониженной концентрацией твердой фазы.

На фиг. 1 изображена фурма для торкретирования, поперечный разрез; на фиг. 2 - разрез А-А на фиг. 1.

Фурма состоит из центральной трубы 1, служащей для подачи смеси топлива и огнеупорного материала, трубы 2, кольцевой канал между которой и трубой 1 служит для подвода кислорода, труб 3 и 4, образующих кольцевые каналы для подвода и отвода охлаждающей воды, цилиндрической втулки 5, являющейся регистром для закручивания потока кислорода, центрального сопла 6, служащего для подачи смеси топлива и огнеупорного материала, и сужающегося сопла 7, служащего для подачи кислорода. Срез центрального сопла 6 расположен внутри кислородного сопла 7. Для придания потоку кислорода вращательного движения в стенке втулки 5 выполнены щелевые отверстия 8, направленные по касательной к цилиндрической поверхности центрального сопла 6. В принципе, устройством для закручивания потока кислорода может быть и другое, например, камера с тангенциальным вводом кислорода, устройство с лопатками, установленными под определенным углом и т. п.

Пример 1. Конвертер емкостью 350 т, внутренний диаметр 6,8 м, а диаметр горловины 4,1 м. При торкретировании ось фурмы совпадает с осью конвертера, подача компонентов осуществляется через элементы типа "сопло в сопло". Через центральное сопло подается смесь топлива и огнеупора, через кольцевой канал - кислород. Фурма содержит 10 пар сопел, расход торкрет-массы составляет 500 кг/мин, расход кислорода 210 м³/мин.

Внутренний диаметр центрального сопла 24 мм, наружный 40 мм, внутренний диаметр кислородного сопла 56 мм, срез центрального сопла расположен внутри кислородного на расстоянии 35 мм. Торкретирование цилиндрической и конусной частей футеровки производится при разных расходах воздуха для транспортировки твердой фазы с целью регулирования процессов горения топлива и нагрева частиц огнеупора при изменении расстояния между срезами сопел и футеровкой.

Торкретирование цилиндрической части.

При прямоточной подаче компонентов процесс горения и нагрева частиц огнеупора не успевает закончиться в факеле до контакта с футеровкой. С целью интенсификации горения топлива и нагрева частиц огнеупора в факеле производится закручивание потоком кислорода.

В предлагаемых условиях требуется незначительное сокращение длины зоны горения по сравнению с прямоточным факелом (расстояние между срезами сопел и футеровкой равной 3,3). Расход воздуха для пневмотранспорта составляет 10 м³/мин, из которых 5 м³/мин поступает в камерный питатель, и 5 м³/мин добавляется в тракт на выходе из питателя. Поток кислорода при помощи специальных лопаток (или устройство с тангенциальным вводом) подается под углом 80° по отношению к плоскости, перпендикулярной оси сопла. При указанных расходах и геометрических размерах сопел начальный импульс струи кислорода составляет $(m\omega)_{O_2} = v \cdot \rho \cdot \omega = 0,35 \cdot 1,33 \cdot 300 = 139,8 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$, где v - объемный расход кислорода через одно сопло, м³/с; ρ - плотность кислорода, кг/м³; ω - скорость истечения кислорода, м/с.

Начальный импульс центральной струи $(m\omega)_{TM} = m_{TM} \cdot \omega_{TM} = 0,853 \cdot 37 = 31,6 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$, где m_{TM} - массовый расход смеси топлива, огнеупора и воздуха, кг/с; ω_{TM} - скорость истечения смеси, м/с.

Начальный импульс вращения кислородной струи при этом равен $(m\omega)_{O_2}^{sp} = (m\omega)_{O_2} \cdot \cos \alpha = 139,8 \cdot \cos 80^\circ = 24,5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.

Отношение импульса крутки кислородной струи к импульсу центральной струи равно 0,77. Длина зоны горения получается короче, а угол раскрытия факела больше, чем в случае прямоточного факела. Частицы огнеупора успевают нагреваться и оплавиться до контакта с футеровкой, вследствие чего увеличивается степень внедрения час-

тиц огнеупора в футеровку и улучшается качество торкрет-покрытия.

Торкретирование конусной части заключается в том, что на этом участке расстояние между срезами сопел и футеровкой уменьшается с 3,3 м до 1,9 - 2,0. Поэтому необходимо сократить зону горения с тем, чтобы частицы огнеупора нагревались и оплавились в пределах прямого участка факела до контакта с футеровкой. Достигается это уменьшением расхода воздуха для пневмотранспорта. Например, при прекращении подачи дополнительного воздуха в тракт на выходе из камерного питателя расход воздуха для транспортировки уменьшится вдвое и будет составлять $5 \text{ м}^3/\text{мин}$, массовый расход смеси останется прежним, а скорость истечения смеси уменьшится в 2 раза. Импульс центральной струи при этом уменьшится также в 2 раза и будет составлять $15,8 \text{ кг м/с}$. Параметры кислородной струи не изменяются, отношение импульса крутки кислородной струи к импульсу центральной струи составляет 1,54. Истекающая с меньшей скоростью двухфазная струя становится менее жесткой и быстрее размывается кольцевой струей кислорода. Угол раскрытия факела увеличивается, протяженность зоны горения сокращается. Кроме того, при этом уменьшается среднemasсовая скорость слившегося потока кислорода и смеси, вследствие чего увеличивается время движения частиц топлива и огнеупора от срезов сопел до футеровки. Частицы огнеупора нагреваются и оплавляются в пределах прямого участка факела и внедряются в покрытие в размягченном состоянии.

Более широкий настильный факел не оказывает значительного локального динамического воздействия на футеровку, не выдувает и не разрушает наращенный ранее поверхностный слой.

Изменением соотношения импульсов представляется возможным качественно торкретировать участки поверхности футеровки, находящиеся на разных расстояниях от плоскости истечения.

Пример 2. Свод мартеновской печи емкостью 440 т. Торкретирование производится с уровня осей рабочих окон. Расстояние от фурмы до свода в середине печи составляет 2,2 м, вблизи передней и задней стенок - 0,8 - 1,2 м. Так как расстояние между срезами сопел и поверхностью свода в мартеновской печи значительно меньше, чем в конвертере, то для обеспечения необходимого времени для протекания процессов горения топлива и нагрева частиц огнеупора производится более интенсивное закручивание струй. Кроме того,

компоненты подаются с меньшими скоростями, чем в конвертере. При торкретировании центральной части свода отношение импульсов поддерживается равным 1,5 - 2,0, при торкретировании участков свода, прилежащих к передней и задней стенкам, отношение увеличивается до 2,5 - 3,0. Достигается это уменьшением расхода воздуха на транспортировку твердой фазы, однако предусматривается возможность изменения расхода воздуха в более широких пределах. Например, при торкретировании центральной части свода расход воздуха составляет $10 - 12 \text{ м}^3/\text{мин}$ на 500 кг торкрет-массы, а при торкретировании наклонных участков уменьшается до $2 - 3 \text{ м}^3/\text{мин}$. При отношении импульсов 2,5 - 3,0 факел становится воронкообразным, процессы горения и нагрева частиц протекают в объеме ограниченных размеров и заканчиваются до удара факела в поверхность свода.

Сила динамического воздействия такого факела значительно меньше, чем в случае прямого факела. Факел мягче, настильнее, отложение огнеупорного материала более равномерное. Вводимые в смесь связующие оплавляются в факеле и в вязком состоянии наносятся на поверхность свода, при этом укрепляются связи между зернами огнеупора и не происходит сдувания факелом размягченного поверхностного слоя футеровки.

Для различных металлургических агрегатов соотношение импульсов подбирается следующим образом.

В крупных агрегатах, где расстояние между плоскостью истечения и поверхностью футеровки составляет 3 - 4 м и где требуется обеспечить необходимую дальнoбойность факела, производится слабая закрутка, отношение импульсов составляет 3,0 - 1,0 в агрегатах с ограниченными геометрическими размерами, в которых расстояние между плоскостью истечения и поверхностью футеровки составляет 1 м и менее, и в которых лимитирующими являются процессы горения и нагрева частиц, требуется интенсивное закручивание факела, отношение импульсов составляет 2 - 3.

Эффективность применения предлагаемого способа заключается в увеличении производительности агрегатов за счет сокращения ремонтов и в снижении удельных расходов огнеупоров.

Формула изобретения

Способ факельного торкретирования футеровки металлургических агрегатов, включающий подачу струей огнеупорного материала с топливом и закрутку ее вокруг собственной оси.

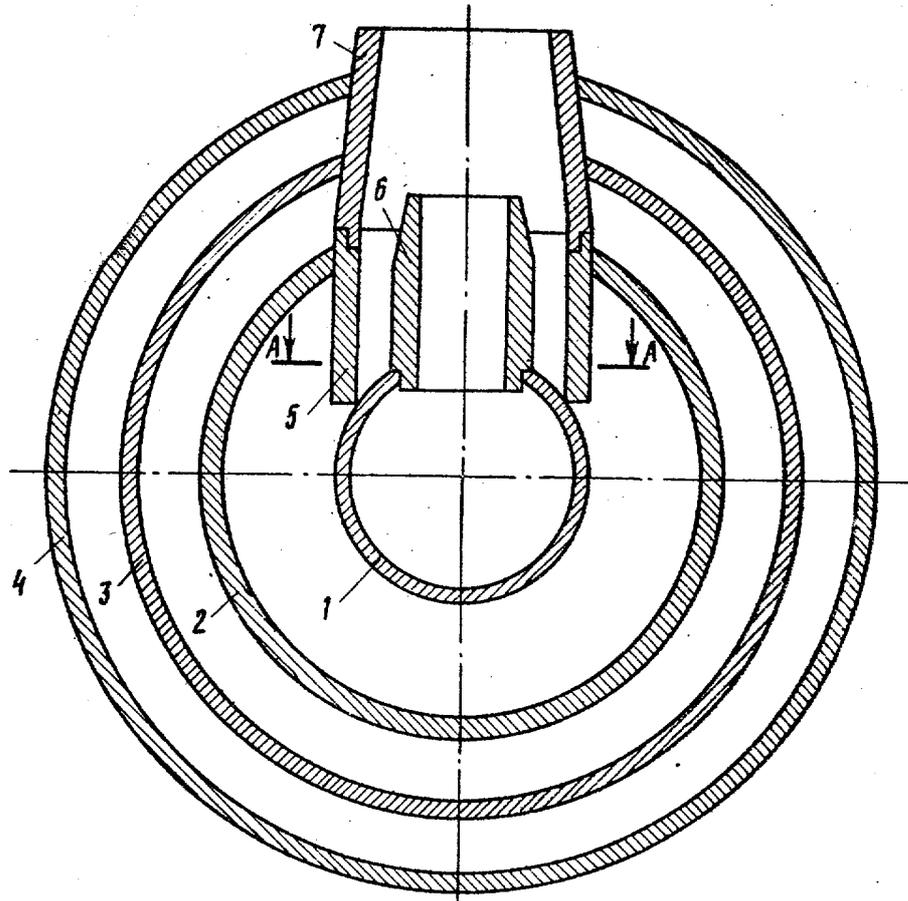
струей кислорода, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности торкретирования путем качественного смешения компонентов, быстро и равномерного нагрева частиц огнеупорного материала, кислород подают внешней сужающейся струей, а отношение импульса закрутки кислородной струи к импульсу струи огнеупорного материала с

топливом поддерживают равным 0,3 - 3,0.

Источники информации,

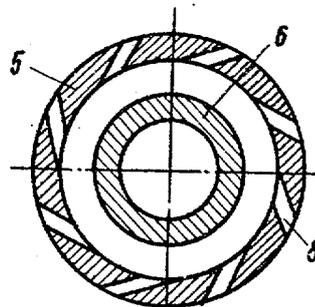
принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 381687, кл. С 21 С 5/44, 1968.
2. Авторское свидетельство СССР по заявке № 2741529/22-02, кл. С 21 С 5/44, 1979.



Фиг. 1

A-A



Фиг. 2

ВНИИПИ Заказ 1592/35 Тираж 587 Подписное

филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4