

- изменение хвостовика вкладыша с целью исключения образования на его торце настывшей чугуна;
- выполнение проточек на рабочей поверхности вкладыша в местах охлаждения угловых поверхностях затвердевшего чугуночного профиля;
- использования для литья чугуна, который при затвердевании не образует на поверхности профиля отбел;
- создание условий интенсивного охлаждения верхних поверхностей отливаемого профиля за счет изменения толщины стенки вкладыша водоохлаждаемой рубашки кристаллизатора.

Кроме этих требований, кристаллизатор должен иметь высокую стойкость, высокую производительность. Конструкция его должна обеспечить автоматизацию контроля формирования заготовок и ремонт. Под стойкостью кристаллизатора понимают способность его работать в течение определенного времени с сохранением такого состояния, при котором обеспечивается удовлетворительное качество поверхности отливаемой трубы в условиях безопасной работы. Экономическая эффективность применения различных конструкций кристаллизаторов должна оцениваться по относительной стоимости изготовления и ремонта кристаллизатора, приходящейся на 1 т выпускаемой продукции, или, если учесть специфику работы кристаллизаторов и трудность сопоставления, по объему выпускаемой продукции (при различном ее сортаменте по размерам).

В практике непрерывной разливки наибольшее распространение получили металлические водоохлаждаемые кристаллизаторы, основной частью которых являются рабочие стенки, отводящие тепло от затвердевающего изделия. Рабочие стенки крепятся различными способами в корпусе, который представляет собой достаточно жесткую металлоконструкцию, воспринимающую основные механические нагрузки. Для прохода охлаждающей воды на рабочих стенках или в корпусе фрезеруются каналы. Существует большое число самых разных кристаллизаторов, используемых в черной и цветной металлургии. Их классификация во многом связана с формой готовых слитков, характером взаимодействия и взаимного перемещения слитка и кристаллизатора, а также от способа охлаждения кристаллизатора.

УДК 669.046

Восстановление железа и хрома из оксидов углеродом

Магистрант Лукашенко К.А.,
студенты гр. 10405112 Прокопчук Д.А., Матюшенко С.А.
Научный руководитель – Довнар Г.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Переработка отходов металлообработки – для повторного их вовлечения в металлургический передел – актуальная тема современности, несмотря на то, что ей уделяют внимание уже несколько десятилетий.

Говоря о стружке, первое, на что следует обратить внимание – это не только развитая поверхность, подвергаемая окислению с момента образования, но и ее незначительная толщина, что может приводить к полному окислению стружки. Рост температуры в плавильных агрегатах (особенно в интервале 600 – 7000 °С) приводит к резкому увеличению процесса окислению поверхности, тем самым увеличивая и без того не малый угар и безвозвратные потери металла.

Исходя из этого, стружка должна рассматриваться не как микро кусок, а скорее как железорудный материал, требующий технологии передела учитывающих особенности восстановительных процессов железа из оксидов, только в этом случае можно добиться высоких результатов.

Процессы взаимодействия оксидов железа и хрома с углеродом лежат в основе производства чугуна и феррохрома. Поэтому исследование реакций восстановления этих металлов имеет важное значение. Знание реакций, их последовательность протекания в конкретных условиях, а также взаимное влияние на скорость каждой из них, позволит оптимизировать процесс восстановления и разработать новые технологические процессы выплавки ферросплавов.

Положение о ведущей роли газовой фазы в процессах восстановления металлов углеродом, является основополагающим, оно достаточно аргументировано и не вызывает сомнений. Менее изучены вопросы, касающиеся первой стадии процесса и скорости реакций взаимодействия между твердыми телами.

Согласно двухстадийной схеме восстановления активным восстановителем является оксид углерода, а продуктом реакции – CO_2 . Роль углерода при этом сводится к непрерывной регенерации CO по реакции $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$. Однако оксид углерода – слабый восстановитель металлов из оксидов даже «средней» термодинамической устойчивости (FeO , NiO , CoO). Изменение энергии Гиббса $\Delta G_T = -17514 + 21,74 T$ для реакции:



Из реакции 1 следует, что при температуре более 544°C энергии Гиббса имеет положительное значение. Следовательно, восстановление Fe из FeO и тем более хрома из Cr_2O_3 оксидом углерода без твердого не благоприятно. Наряду с этим для реакций оксидов металлов с оксидом углерода существуют кинетические затруднения. Например, на поверхности оксидов карбидообразующих металлов оксид углерода может адсорбироваться в диссоциативной форме с образованием поверхностных комплексов типа MeC и MeO . При этом атомы C и O остаются поблизости друг от друга и способны снова соединяться, образуя CO . В связи с этим реакции FeO и Cr_2O_3 с оксидом углерода едва ли могут обеспечить высокие скорости восстановительных процессов.

В процессах высокотемпературного восстановления металлов углеродом важное место занимают реакции с участием жидких фаз. В частности, исследование восстановления железа из оксидного расплава графитом с использованием рентгеновского дефектоскопа показало, что вокруг графита создается сплошная газовая прослойка. Шлак контактирует только с частицами металла, образующимися на графите. Высокая скорость растворения углерода в жидком железе создает необходимые предпосылки для протекания реакции:



Высокая скорость восстановления железа чугуном из оксидного расплава связана, очевидно, с поверхностными явлениями на границе раздела фаз. При взаимодействии твердого FeO с чугуном, насыщенным углеродом, при температурах $1260 - 1320^\circ\text{C}$ реализуется диффузионный режим, и кинетика реакции определяется доставкой углерода чугуна к поверхности FeO . При этом скорость восстановления железа углеродом чугуна на два порядка выше, чем графитом.

Известно, что скорость взаимодействия углерода с CO_2 в интервале температур $827 - 3227^\circ\text{C}$, определяется скоростью реакции с атомарным кислородом, который образуется в результате химической диссоциации CO_2 .

В газовой фазе над Cr_2O_3 при 1500°C содержание атомарного и молекулярного кислорода 22,5 и 19,8% соответственно. Масс-спектрическим методом установлено наличие газообразных соединений CrO и CrO_2 . Необходимо отметить, что малая величина давления O и O_2 в нейтральных условиях не может быть достаточно серьезным аргументом для отрицания возможности диссоциации Cr_2O_3 в восстановительной среде. В присутствии углерода условия диссоциации Cr_2O_3 существенно меняются. Образующийся в результате диссоциации

атомарный кислород обладает высокой химической активностью и как следствие более высокой скоростью реакции с углеродом, нежели углерода с O_2 и CO_2 .

При температурах 927 – 1723 °С взаимодействие графита с атомарным кислородом происходит в 5 – 80 раз быстрее, чем с молекулярным. Вероятность окисления, выраженная отношением числа удалившихся с поверхности графита молекул CO к числу соударений атомов кислорода с его поверхностью, оказалась близкой к единице. Поскольку диффузия окислителя к поверхности углерода, при повышении температуры, не лимитирует процесс, у поверхности оксида создается практически безкислородная зона.

Наличие контактной поверхности между оксидом и углеродом облегчает переход тепла, выделяющегося в результате экзотермического окисления, от поверхности к поверхности оксида, что будет способствовать эндотермической диссоциации оксида.

Измельчение оксидов хрома и железа увеличивает скорость восстановления больше, чем при измельчении восстановителя. Восстановления хрома в смеси $Cr_2O_3 - C - Fe$ наблюдается уже при 1100 °С, тогда как без железа хром при указанной температуре не восстанавливается. Было замечено, что при бесконтактном расположении Cr_2O_3 и C , восстановление хрома при 1550 °С в атмосфере CO протекало с заметной, но весьма низкой скоростью, существенно зависящей от расстояния между реагентами.

В восстановительной среде, при достаточно высокой температуре, вблизи поверхности углеродистого восстановителя, наряду с оксидом углерода, может находиться ряд неустойчивых субоксидов C_2O , C_3O_2 и др. Эти короткоживущие соединения в присутствии твердых оксидов или металлов, играющих роль катализаторов, разлагаются на их поверхности с выделением атомарного углерода. Косвенным доказательством существования неустойчивых газообразных соединений можно считать результаты восстановления хрома углеродом в атмосфере аргона. Об этом свидетельствуют и масс-спектрометрические исследования.

Атомарный углерод, обладающий более высокой реакционной способностью в сравнении с применяемыми на практике углеродистыми восстановителями, является эффективным восстановителем хрома. Восстановление хрома, возможно, также и газообразным субоксидом углерода, который в сравнении с оксидом углерода обладает более высоким восстановительным потенциалом, что подтверждается изменением энергии Гиббса газофазного восстановления хрома углеродом.

УДК 621.74

Исходные компоненты для изготовления катодов-мишеней из сплавов металл-кремний металлотермическим восстановлением

Магистрант Ковалевич Э.В., студент гр. 10401115 Иванов А.И.

Научный руководитель – Слуцкий А.Г.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Изготовление катодов из сплавов металл-неметалл с заданным содержанием неметалла, может осуществляться различными способами, одним из которых является металлотермическое восстановление из компонентов [1]. Перспективным представляется метод металлотермического восстановления компонентов, который может обеспечить в получаемом катоде высокую плотность, химическую и структурную однородность, низкое содержание примесей благодаря явлению самоочистки в волне горения, достижение требуемых механических, тепло- и электрофизических свойств, необходимых для обеспечения качества наносимых покрытий. При этом существенно снижаются материальные и энергетические затраты.

При использовании такого метода плавки в исходных смесях тепла химической реакции может быть не достаточно для протекания восстановительного процесса в режиме стационарного горения. С этой целью проведены термодинамические расчеты процесса метал-