

Раздел 2. Производство стали в электропечах
Тема 2.2. Технология производства стали в электропечах

Лекция № 50

Тема: Технология выплавки стали в кислых дуговых печах.
Физико-химические условия плавки. Известь в кислой плавке

План лекции:

1. Технология выплавки стали в кислых дуговых печах.
2. Физико-химические условия плавки.
3. Известь в кислой плавке

Кислые электропечи футеруют огнеупорными материалами на основе кремнезема. Эти печи имеют более глубокие ванны и в связи с этим меньший диаметр кожуха, меньшие тепловые потери и расход электроэнергии. Стойкость футеровки свода и стен кислой печи значительно выше, чем у основной. Это объясняется малой продолжительностью плавки. Печи с кислой футеровкой вместимостью 1—3 т применяются в литейных цехах для производства стального литья и отливок из ковкого чугуна. Они допускают периодичность в работе, т. е. работу с перерывами. Известно, что основная футеровка быстро изнашивается при частом охлаждении. Расход огнеупоров на 1 т стали в кислой печи ниже. Кислые огнеупоры дешевле, чем основные. В кислых печах быстрее разогревают металл до высокой температуры, что необходимо для литья. Недостатки кислых печей связаны прежде всего с характером шлака. В этих печах шлак кислый, состоящий в основном из кремнезема. Поэтому такой шлак не позволяет удалять из стали фосфор и серу. Для того чтобы иметь содержание этих примесей в допустимых пределах, необходимо подбирать специальные шихтовые материалы, чистые по фосфору и по сере. Кроме того, кислая сталь обладает пониженными пластическими свойствами по сравнению с основной сталью вследствие присутствия в металле высококремнистых неметаллических включений.

Технология плавки в кислой электропечи имеет следующие особенности. Окислительный период плавки непродолжителен, кипение металла идет слабо, так как кремнезем связывает FeO в шлаке и тем самым скорость перехода кислорода в металл для окисления углерода снижается. Кислый шлак более вязкий, он затрудняет кипение. Шлак наводят присадками песка, использованной формовочной земли. Известь присаживают до содержания в шлаке не более 6—8 % CaO . Раскисление кислой стали проводят, как правило, присадкой кускового ферросилиция. Частично сталь раскисляется кремнием, который восстанавливается из шлака или из футеровки]. В отличие от основного процесса при кислом ферромарганец присаживают в

конце плавки в раздробленном виде в ковш. При таком способе усваивается до 90 % марганца. Конечное раскисление проводят алюминием.

Широкое распространение получают методы производства низкоуглеродистой коррозионностойкой стали вне электропечи. *Метод АО О.* В электропечи выплавляют основу нержавеющей стали, содержащей заданное количество хрома и никеля, с использованием недорогих, высокоуглеродистых ферросплавов. Затем сталь вместе с печным шлаком заливают в конвертер, профиль которого представлен на рис. 81. Футеровка конвертера изготовлена из магнезитохромитового кирпича. Стойкость футеровки до 200 плавов. В нижней зоне футеровки, в третьем ряду кирпичной кладки от днища конвертера, устанавливают 5—6 фурм для подачи газа. Фурмы представляют собой конструкцию из медной внутренней трубы и наружной трубы из нержавеющей стали, внутренний диаметр фурмы 12-Т-15 мм. Начальное содержание углерода в стали может быть для ферритных хромистых сталей 2,0—2,5 %, а для аустенитных сталей 1,3—1,7 %. Впервые 35 мин сталь продувают смесью кислорода и аргона в соотношении 3:1. Во избежание перегрева металла в конвертер присаживают лом данной марки стали, феррохром и т. п. Затем в течение 9 мин сталь продувают смесью кислорода и аргона в соотношении 1:1. В это время концентрация углерода снижается до 0,18 %. В третьем периоде в продувочном газе еще более уменьшают отношение кислорода к аргону до 1:2, продувку продолжают еще 15 мин. За это время содержание углерода снижается до 0,035 %. Температура повышается до 1720 °С. В конце продувки присаживают известь и ферросилиций для восстановления хрома из шлака. После восстановления шлак, содержащий 1 % Cr_2O_3 , скачивается и после наведения нового шлака проводят окончательную продувку аргоном. При этом в шлак переходит сера, ее содержание в металле снижается до 0,010%. В результате процесса АСЮ получают высококачественную нержавеющую сталь с низким содержанием углерода, серы, азота, кислорода, сульфидных и оксидных неметаллических включений, с высокими механическими свойствами. Для повышения экономичности процесса аргон частично заменяют азотом. Средняя продолжительность продувки составляет 60—120 мин, расход аргона составляет 10—23 м³/т, кислорода 23 м³/т. На рис. 82 представлено изменение температуры и состава металла. Степень извлечения хрома составляет 98 %.

Метод УОИ. Этот метод вакуумно-кислородного обезуглероживания с продувкой аргоном. В основе метода лежит осуществление реакции $[C]+[O]=CO$, равновесие которой в вакууме сдвигается в правую сторону. Чем ниже парциальное давление CO , тем ниже должна быть остаточная концентрация углерода в стали. При этом создаются благоприятные условия для восстановления оксида хрома результате процесса АСЮ получают высококачественную нержавеющую сталь с низким содержанием углерода, серы, азота, кислорода, сульфидных и оксидных неметаллических

включений, с высокими механическими свойствами. Для повышения экономичности процесса аргон частично заменяют азотом. Средняя продолжительность продувки составляет 60—120 мин, расход аргона составляет 10—23 м³/т, кислорода 23 м³/т. На рис. 82 представлено изменение температуры и состава металла. Степень извлечения хрома составляет 98 %.

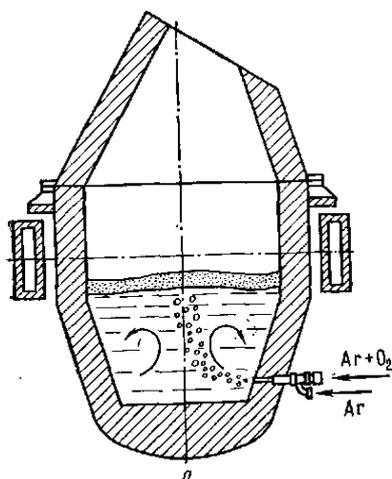


Рис. 81. Профиль конвертера АОД

Метод УОИ. Этот метод вакуумно-кислородного обезуглероживания с продувкой аргоном. В основе метода лежит осуществление реакции $[C] + [O] = CO$, равновесие которой в вакууме сдвигается в правую сторону. Чем ниже парциальное давление CO , тем ниже должна быть остаточная концентрация углерода в стали. При этом создаются благоприятные условия для восстановления оксида хрома углеродом, что позволяет проводить процесс обезуглероживания без заметных потерь хрома со шлаком. Коррозионностойкую сталь выплавляют в электропечи с достаточно высоким содержанием углерода (0,3—0,5 %); сталь выпускают в специальный ковш с хромомагнезитовой футеровкой, имеющим в днище фурму для подачи аргона. Ковш устанавливают в вакуумную камеру, откачивают воздух и начинают продувку кислородом сверху через водоохлаждаемую фурму, которую вводят в камеру через крышку. Одновременно производится продувка аргоном через дно ковша. После окончания продувки проводят присадку раскислителей и легирующих для корректировки состава. Расход аргона в этом способе значительно ниже чем в АОЭ (всего 0,2 м³/т). Получаемая сталь содержит очень низкие концентрации углерода (—0,01 %) при низком содержании азота. Окисление хрома незначительное. Для удаления серы в ковш загружают известь, что позволяет после раскисления и кратковременного перемешивания аргоном снизить

концентрацию серы в металле до необходимых пределов. По сравнению с процессом АОЭ этот метод более сложен и применяется для производства сталей ответственного назначения с низким содержанием углерода. К достоинствам того и другого процесса следует отнести экономию дорогого низкоуглеродистого феррохрома, обычно использовавшегося при получении нержавеющей стали в дуговых печах, а также достижение низких содержаний углерода без значительных потерь хрома.

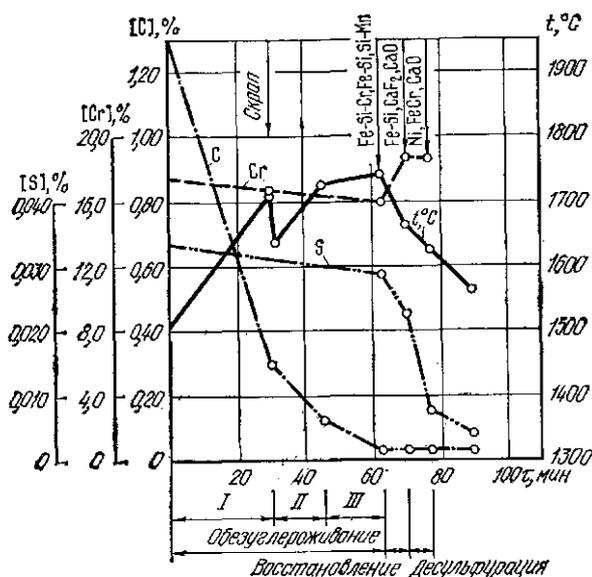


Рис. 82. Изменение температуры и состава металла в процессе

Технология плавки кислого процесса - принципиальные особенности кислого процесса определяют ряд отличий технологии выплавки стали в кислых дуговых печах по сравнению с плавкой в основных дуговых печах. В кислых печах сталь обычно выплавляют методом переплава, применяя или не применяя кипения. Технология без кипения находит ограниченное применение при переплаве хромистых, хромоникелевых, хромокремнистых и хромомолибденовых сталей, так как отсутствие кипения позволяет полнее использовать хром из отходов. В основном же плавка в кислой дуговой печи проводится с кипением ванны печи, поскольку оно, как и в основном процессе, способствует рафинированию металла от газов. Шихтовые материалы для кислой плавки. Ввиду того, что в процессе умелой плавки фосфор и сера не удаляются, а их содержание в стали за счет вводимых добавок даже несколько увеличивается, шихтовые материалы должны содержать фосфора и серы минимум на 0,01% у меньше, чем допускается в готовой стали. Сообразно с этим собственные отходы не должны превышать 50% от массы завалки, а остальную часть должны составлять скрап и

отходы основной мартеновской или электропечной углеродистой стали. Меньшая активность закиси железа в кислых шлаках и более высокая вязкость шлаков затрудняют окисление углерода. Но так как кислые шлаки менее проницаемы и для газов (азота и водорода), то интенсивность окисления углерода в кислой дуговой печи не имеет такого большого значения, как в основной. Плавка стали в кислых дуговых печах даже при скорости выгорания углерода 0,3% С/ч позволяет получать сталь, содержащую 3—4 см³ на 100 тонн стали, что в 1,5—2 раза меньше, чем в стали, выплавленной в основных печах. Ввиду этого кислые плавки шихтуют навыгорание меньшего количества углерода. Шихтовые материалы должны внести такое его количество, чтобы в период кипения окислилось 0,1—0,2% С. В случае необходимости недостающее количество углерода в завалку вносят в виде кокса, электродного боя или малофосфористого и малосернистого чугуна. Металлический лом не должен быть ржавым, так как окислы железа растворяя SiO₂, способствуют разрушению кислой футеровки. При использовании сильно окисленного лома вредное действие окислов железа можно нейтрализовать, добавив в шихту необходимое для их ошлакования количество кварцевого песка. В остальном требования к шихтовым материалам и порядку завалки их в кислую дуговую печь аналогичны требованиям, предъявляемым к исходным материалам при основной плавке. Период плавления Процесс плавления проводят так же, как и в основных дуговых печах. Поскольку же шихта кислых печей, как правило, более легковесна и более склонна к образованию мостов, необходимо сталкивать чаще, чем в основных печах. По этой же причине восстановление кремния происходит главным образом вследствие восстановления кремнезема футеровки печи и шлака углеродом. При этом возможны и другие реакции: $(\text{SiO}_2) + 2 [\text{C}] = [\text{Si}] + 2\text{CO}(\text{г})$, (1) $(\text{SiO}_2) + 2 [\text{Fe}] = [\text{Si}] + 2 (\text{FeO})$, (2) $(\text{SiO}_2) + 2 [\text{Mn}] = [\text{Si}] + 2 (\text{MnO})$. (3) Взаимодействие углерода с кремнеземом вследствие образования газообразного продукта реакции представляет собой необратимый процесс. Реакции (2), (3) могут протекать как в прямом, так и в обратном направлении. Развитие прямой или обратной реакции определяется температурой ВАНЫ ДУГОВОЙ ПЕЧИ, химическим составом металла и шлака, консистенцией шлака. Реакции (1)—(3) эндотермичны, и поэтому повышение температуры металла способствует восстановлению кремния. Реакция (1) протекает при достаточно высокой температуре и при недостатке в зоне реакции закиси железа. В хорошо прогретом металле по этой реакции углерод восстанавливает кремнезем футеровки, а образующийся кремний окисляется на границе раздела металл—шлак закисью железа или закисью марганца по реакциям (2) или (3).

Если же концентрация окислов железа и марганца в шлаке не велика или вследствие большой вязкости шлака затруднена их диффузия к границе раздела металл—шлак, в металле может происходить накопление восстановленного кремния. Таким образом, регулируя температуру ванны печи, содержание закиси железа в шлаке и его консистенцию в окислительный период кислой плавки можно регулировать не только интенсивность выгорания углерода и окисление или восстановление марганца, но также и ход реакций окисления и восстановления кремния. Следует иметь в виду, что при интенсификации окислительных процессов присадками железной руды или вдуванием газообразного кислорода нежелательно получать сильножелезистые шлаки, так как они способны растворять кислую футеровку дуговой печи. Во избежание этого руду надо давать мелкими порциями и только после израсходования предыдущей порции, а продувку кислородом вести менее интенсивно, чем в основных печах. Для этой же цели в окислительный период целесообразно присаживать небольшие порции песка, поддерживая тем самым состояние насыщения шлака кремнеземом. К концу окислительного периода, определяемому по содержанию углерода, шлак содержит 55—60% SiO₂, причем почти половина шлака бывает образована из материала футеровки.

Восстановительный период

Из-за отсутствия условий для удаления серы и в связи с ограниченными возможностями легирования восстановительный период в кислой дуговой печи либо вообще отсутствует, либо проводится по упрощенной технологии. При выплавке углеродистой стали назначение восстановительного периода сводится к раскислению металла. Если плавка выпускается КЗ печи целиком, то можно проводить так называемый кремневосстановительный процесс. Шлак окислительного периода при этом загущают присадками кварцевого песка и металл нагревают. В густом шлаке диффузия закиси железа к поверхности металла замедляется, вследствие чего кремний, восстанавливающийся по реакциям (1)—(3) из футеровки и шлака, накапливается в металле и восстанавливает находящиеся в нем окислы. Скорость восстановления кремния при кремневосстановительном процессе достигает 0,01% в минуту, и поэтому надо уметь хорошо управлять реакциями восстановления кремния. Чрезмерное их развитие может привести к получению излишне высокого содержания кремния. По этой же причине кремневосстановительный процесс мало пригоден в цехах мелкого литья, где плавку разбирают малыми порциями в несколько приемов, поскольку оставшийся в печи металл будет обогащаться кремнием. Прекратить увеличение содержания кремния можно присадками в шлак извести,

разжижающей шлак и способствующей увеличению его окислительной способности. В цехах мелкого литья металл в печи целесообразнее раскислять присадками ферросилиция, а окончательное раскисление марганцем и алюминием осуществлять в ковше. При выплавке легированных сталей ответственного назначения шлак окислительного периода удаляют на 70—80% и присадками песка, шамотного боя и извести заводят маложелезистый шлак. Под этим шлаком металл раскисляют ферросилицием или силикомарганцем и легируют. Окончательное раскисление алюминием проводят в кислой дуговой печи за 2 — 3 мин до выпуска или в ковше. Количество алюминия для раскисления выбирают таким, чтобы не только предотвратить развитие процесса окисления углерода при охлаждении и кристаллизации металла, но и ослабить вредное влияние повышенного в кислой стали содержания серы. В некоторых случаях требуется получение крупнозернистой структуры отливок. Сталь для таких отливок не следует раскислять алюминием, так как его избыток способствует измельчению структуры. Получить плотные отливки из кислой стали без раскисления алюминием довольно трудно, так как даже хорошо просушенные песчаные формы содержат около 5% влаги, кислород которой попадает в металл. Поэтому при выплавке без присадок алюминия сталь должна быть очень хорошо раскислена в печи. Это достигается, например, многократным скачиванием шлака или раскислением его молотым коксом, в результате чего содержание закиси железа в шлаке удается понизить до 5—7%. Содержание кремния в металле, необходимое для получения высококачественных отливок без алюминия, должно возрастать с повышением содержания в стали углерода. Например, при 0,15% С необходимо, чтобы содержание кремния составляло 0,40—1,50, а при 0,50% С оно должно составлять 1,10— 2,20%. Следовательно, величину зерна в отливках в определенных пределах целесообразнее регулировать, прибегая к термической обработке.

Вопросы для самоконтроля.

1. Расскажите чем кислые электропечи футеруют?
2. Все ли марки стали можно раскислять алюминием?
3. Расскажите о стойкости футеровки свода и стен кислой печи?
4. Недостатки кислых печей?
5. Как по характеру шихтовых материалов основной мартеновский процесс разделяется.
6. Кислые огнеупоры дешевле или дороже, чем основные.?
7. Как быстро изнашивается основная футеровка печи и почему?
8. Где и для чего применяются печи с кислой футеровкой?.

Использованная литература:

Источник: http://emchezgia.ru/plavkavotkrytyh/18_kislaya_plavka.php