

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

**Лекция № 48**

**Тема: Технология плавки под основным шлаком. Пути сокращения восстановительного периода плавки.**

**План лекции:**

1. Технология плавки под основным шлаком.
2. Пути сокращения восстановительного периода плавки

По окончании окислительного периода сталь раскисляют. При этом возможны два варианта выполнения этой технологической операции: глубинное раскисление без наводки восстановительного шлака, т. е. без восстановительного периода; раскисление в восстановительный период. Глубинное раскисление без скачивания окислительного и наводки восстановительного шлака начали применять в последние годы и толчком к развитию этого метода послужило значительное увеличение мощности печных трансформаторов, которая в восстановительный период используется в малой степени. Минуя восстановительный период выплавляют главным образом углеродистую и низколегированную конструкционную сталь. При выплавке стали под одним шлаком (без наводки восстановительного шлака) после окончания окислительного периода в дуговую печь присаживают кусковой 45%-ый или 75%-ный ферросилиций (0,1%) и ферромарганец из расчета получения среднего заданного содержания марганца в металле. Затем при выплавке хромсодержащей стали в печь присаживают феррохром из расчета получения среднего заданного содержания хрома в стали. Длительность раскисления в печи составляет 10—20 мин, после чего сталь выпускают в ковш, где ее окончательно раскисляют ферросилицием и алюминием. Выплавка стали под одним шлаком позволяет сократить длительность плавки и уменьшить расход электроэнергии и раскислителей, а также упростить ведение плавки. Однако при выплавке стали, к которой предъявляются повышенные требования по свойствам и в которой необходимо получить пониженное содержание окисных включений, особенно при низком содержании углерода (0,15—0,20%), или низкое содержание серы (0,015—0,020%), а также при выплавке стали, в которую вводится значительное количество окисляемых легирующих элементов (Al, Ti, V, W, Cr), раскисление проводят в восстановительный период под восстановительным шлаком, который наводят после скачивания окислительного шлака. Основными задачами восстановительного периода являются: раскисление стали, удаление серы, корректировка химического состава стали, регулирование температуры металла, подготовка к выпуску высокоосновного жидкоподвижного шлака. В начале восстановительного

периода содержание углерода должно быть на 0,03—0,10% меньше нижнего предела в готовой стали. При меньшем содержании углерода металл необходимо науглеродить. Для этого на поверхность металла после скачивания окислительного шлака присаживают кокс или электродный бой и металл перемешивают. При этом усваивается примерно 60—70% углерода кокса и 70—80% углерода, вносимого электродным боем. Науглероживание является нежелательной операцией, так как оно увеличивает продолжительность плавки, а кроме того, нужно иметь в виду, что открытая поверхность металла быстро охлаждается и он поглощает из атмосферы водород и азот, уже не удаляемые в восстановительный период. Поэтому окислительный период должен быть проведен так, чтобы необходимость науглероживания исключалась. Восстановительный период начинается наведением известкового шлака из смеси извести, плавикового шпата и шамота в соотношении 5:1:1 в количестве 2,0—3,5% от массы металла. Для быстрого проплавления шлаковой смеси первые 10—15 мин после включения тока рекомендуется работать на средней ступени напряжения трансформатора. Остальную часть рафинировки проводят на низшей ступени напряжения, за исключением случаев присадки большого количества ферросплавов. Подводимую мощность регулируют в соответствии с температурой металла. В течение длительного времени при выплавке легированных сталей применяли «классическую» технологию, основанную на диффузионном раскислении металла через шлак, когда раскисляющие вещества (кокс, ферросилиций, силикокальций, алюминий) в виде порошков присаживали к шлаку. Углерод, кремний, кальций и алюминий в шлаке восстанавливают окислы железа, марганца и хрома, и в объеме печи образуется восстановительная атмосфера. Понижение содержания окиси железа в шлаке вызывает переход кислорода из металла в шлак. Диффузионное раскисление можно проводить под белым или карбидным шлаком. Для получения белого шлака в начале восстановительного периода шлак обрабатывают порошком кокса, а затем смесью порошков кокса и 75%-ного ферросилиция, причем количество кокса в смеси постепенно уменьшается. После 25—40 минут выдержки шлак светлеет (в нем понижается содержание окислов железа, марганца, хрома). При остывании такой шлак рассыпается в белый порошок. Расход кокса на раскисление под белым шлаком составляет 1—2 кг на 1 т стали. При увеличении расхода кокса до 2—3 кг/т количества углерода может хватить не только для восстановления окислов тяжелых металлов и компенсации окисляющего влияния атмосферы, но некоторая его часть может пойти на восстановление окиси кальция по реакции:  $\text{CaO} + 3\text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO}$ . Образованию карбида кальция способствуют высокие температуры и концентрация в шлаке углерода и окиси кальция, а также и восстановительная атмосфера. В герметизированной печи образуется карбидный шлак, содержащий более 2%  $\text{CaC}_2$ . Такой шлак при определенных содержании взвешенного углерода и концентрации карбида кальция при охлаждении рассыпается в виде серого или темно-серого порошка. Выдержка под карбидным шлаком

сопровождается значительным науглероживанием металла, поэтому можно раскислять под карбидным шлаком только высокоуглеродистые стали. Если выплавляют среднеуглеродистые стали, вместо карбидного шлака наводят слабокарбидный, содержащий 1,0—1,5%  $\text{CaC}_2$ , что уменьшает скорость науглероживания металла. Карбид кальция хорошо смачивает металл, поэтому при выпуске и разливке возможно запутывание карбидного шлака в металле с образованием грубых шлаковых включений. Во избежание этого в конце восстановительного периода перед выпуском плавки карбидный шлак необходимо перевести в белый, для чего в нем надо окислить избыточный углерод и карбид кальция. За 20—30 мин до выпуска в дуговую печь присаживают шлаковую смесь с повышенным содержанием плавикового шпата и шамота и на некоторое время оставляют открытым рабочее окно. Усиленный приток воздуха окисляет углерод и карбид кальция, в результате чего шлак превращается в белый.

### **Вопросы для самоконтроля.**

1. Глубинное раскисление когда происходит?
2. До выпуска в дуговую печь, что присаживают в печь?
3. Зачем при присаживании шлаковой смеси на некоторое время оставляют открытым рабочее окно.
4. Длительность процесса раскисления?
5. В результате чего шлак превращается в белый.
6. Каков расход кокса на раскисление под белым шлаком ?
7. Как происходит науглероживание?
8. Зачем при выплавке хромсодержащей стали в печь присаживают феррохром?

### **Использованная литература:**

Источник: [http://emchezgia.ru/plavkavotkrytyh/7\\_vosstanovitelnyi\\_period.php](http://emchezgia.ru/plavkavotkrytyh/7_vosstanovitelnyi_period.php)