

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

Лекция № 51

**Тема: Конечное раскисление металла при кислой плавке.  
Применение кислорода в печах с кислой футеровкой.**

**План лекции:**

1. Конечное раскисление металла при кислой плавке.
2. Применение кислорода в печах с кислой футеровкой.

Во время плавления и окисления сталь обогащается твердыми частицами кремнезема и монооксида кремния (SiO). Для ошлакования частиц в сталь рекомендуется вводить комплексные раскислители - силикокальций, силикомарганецкальций. Эти комплексные раскислители позволяют получать легкоплавкие продукты раскисления (CaO - SiO<sub>2</sub> - MnO), относительно быстро всплывающие из стали.

Перед выпуском шлак может содержать 10 - 12% FeO и 15 - 20% MnO.

А. Д. Крамаров и С. Я. Резникова установили зависимость между содержанием кислорода в металле и содержанием закиси железа в кислом шлаке:

$$\lg L_o = \lg \frac{[O]}{(FeO)} = -\frac{6400}{T} + 0.756 \quad (14.7)$$

При содержании в шлаке 7% FeO и температуре 1650° С в металле должно быть 0,019% O.

В кислом процессе, где сера не удаляется из стали, конечное раскисление преследует дополнительную цель — обезвредить, насколько возможно, влияние серы.

При конечном раскислении алюминием среднеуглеродистой кислой стали, содержащей не более 0,25% Si, наблюдается минимум значений удлинения, сжатия поперечного сечения и ударной вязкости, соответствующий определенному количеству введенного алюминия. Это «критическое» количество соответствует количеству, необходимому для полного раскисления стали — приблизительно 0,02%. В этом случае сера находится в виде сульфидов железа, которые хорошо растворимы в стали, долго удерживаются в маточном растворе при застывании стали, поздно

выпадают из раствора и поэтому располагаются в виде пленки по границам первичных зерен.

Если алюминий введен в количестве, недостаточном для полного раскисления стали, то характер включений определяется тем, что в жидкой стали образуются растворы оксидов и сульфидов, растворимость сульфидов в стали снижается, оксисульфиды быстро выпадают из раствора при застывании стали, укрупняются и равномерно распределяются по всему объему металла.

В этом случае сульфиды имеют глобулярную форму, беспорядочно расположены в объеме металла, механические свойства будут высокими, но отливки могут оказаться пористыми.

Наконец, если присадка алюминия превышает «критическое» количество, т. е. алюминия вводится больше, чем нужно для полного раскисления (более 1 кг/т), то избыточный алюминий образует с серой устойчивый при температуре сталеварения сульфид  $Al_2S_3$ . Этот сульфид имеет высокую температуру плавления, находится в стали во взвешенном состоянии, при застывании металла является дополнительным центром кристаллизации, и, благодаря этому, располагается внутри зерна или выпадает в виде крупных глобулей двойных сульфидов. Вязкость стали, раскисленной избыточным количеством алюминия, практически равна вязкости стали, выплавленной без присадки алюминия.

Рекомендуют вводить в ковш около 1 кг силикокальция или сплава КМК, а затем около 1 кг алюминия на тонну стали. Вредное влияние серы уменьшают, применяя РЗМ при разливке в ковш.

### Применение дуговых печей с кислой футеровкой

Печь с кислой футеровкой является незаменимым агрегатом при производстве стального литья и отливок из ковкого чугуна.

В кислых электропечах в большом количестве выплавляют среднеуглеродистую сталь с 0,25 – 0,40 % С, а также среднеуглеродистые низколегированные стали для специальных отливок. Высоколегированную сталь можно выплавлять в кислых печах методом переплава, т. е. давая легирующие добавки в завалку.

Введение большого количества легирующих в жидкую ванну нерационально — расплавление добавок требует значительного времени, вследствие чего восстановление кремния может достичь недопустимых размеров.

Чтобы определить целесообразность использования кислой или основной футеровки электрических печей при производстве стального литья, рассмотрим достоинства кислой и основной печей.

### **Преимущества кислой печи:**

1. стоимость кислой футеровки на тонну стали в 2,5 раза ниже, чем основной;
2. удельный расход электроэнергии в кислой печи на 13% ниже;
3. кислый шлак менее проницаем для водорода и азота, чем основной;
4. жидкотекучесть кислой стали несколько выше, чем в основной, при низких температурах и такая же при температурах выше 1600° С;
5. кислый шлак более вязкий; при таком шлаке удобнее разливать сталь из малых ковшей.

Кислые печи допускают периодичность в работе, что соответствует технологическому процессу многих литейных. Основная футеровка, как известно, при частом охлаждении быстро изнашивается.

Расход огнеупоров на тонну кислой стали ниже, чем на тонну основной стали. Динасовый кирпич и кварцевый песок дешевле магнезитового кирпича и порошка. Стойкость кислой футеровки в несколько раз выше, чем основной.

Печь с кислой футеровкой позволяет быстро разогреть металл до температуры, соответствующей сложности заливаемых форм. Это связано с более высоким электрическим сопротивлением кислого шлака.

### **Преимущества основной печи:**

1. состав стали в основной печи легче регулировать; фосфор и серу можно удалить до желательного уровня;
2. расход ферромарганца в основной печи ниже;
3. при выплавке легированных сталей основная печь дает большую экономию на ферросплавах;
4. при выплавке нержавеющей сталей на отходах с применением кислорода в основной печи шлака получается меньше и восстановить хром из шлака легче;
5. по горячим трещинам качество отливок из основной стали выше.

Сопоставление преимуществ и недостатков кислых и основных печей позволяет заключить, что кислые печи быстрее расплавляют и нагревают металл.

Сталь, получаемая в кислых печах, обладает более высокой жидкотекучестью, поэтому эти печи предпочтительнее для выплавки стали

для литья. Для производства массового недорогого стального литья кислые печи являются более экономичными, чем основные, В случае необходимости получения высококачественного литья с пониженным содержанием серы и фосфора, а также при наличии шихты, загрязненной серой и фосфором, предпочтение следует отдавать печам с основной футеровкой или вводить в состав шихты специальную заготовку, чистую по сере и фосфору, выплавленную в основных печах.

## 2 Применение кислорода при плавке в дуговой печи с кислой футеровкой

Кислород в печи с кислой футеровкой применяют для ускорения плавления шихты и для ускорения обезуглероживания. Продувку начинают приблизительно через 30 мин после включения тока. В зависимости от условий применения кислорода продолжительность плавления сокращается на 25 - 35 мин, расход энергии на плавление - на 70 - 110 кВт-ч/т при расходе кислорода 12 - 15 м<sup>3</sup>/т.

Половина экономии энергии обусловлена протеканием экзотермических реакций окисления углерода, марганца, кремния и железа, остальное - уменьшением тепловых и электрических потерь.

Применение кислорода в окислительный период плавки позволяет сократить этот период до нескольких минут; при расходе кислорода 4 - 5 м/т и давлении 8 - 10 ат скорость окисления углерода превышает 2 %/ч, т. е, 0,20% С выжигают за 6 мин.

Температура металла при этом повышается на 60 - 70° С, удельный расход энергии уменьшается на 30 - 60 кВт-ч, а расход электродов на 10%.

В конце окислительного периода в стали остается больше марганца (0,20%), в результате чего расход ферромарганца уменьшается на 10 - 15 %.

Продувка кислородом обеспечивает

- более высокое качество литья - меньше брак по пористости
- меньшее количество скрапа.

### Вопросы для самоконтроля.

1. Чем обогащается во время плавления и окисления сталь?
2. Что рекомендуется вводить в сталь для ошлакования частиц?
3. Расскажите какие комплексные раскислители вы знаете?
4. Для чего применяют кислород в печи с кислой футеровкой ?
5. Для производства массового недорогого стального литья какие печи с

какой футеровкой являются более экономичными?

6. Сталь, получаемая в каких печах, обладает более высокой жидкотекучестью?

7. Преимущество кислой печи?

8. Какая футеровка, при частом охлаждении быстро изнашивается?

9. Печь с какой футеровкой позволяет быстро разогреть металл до температуры, соответствующей сложности заливаемых форм?

10. Преимущества основной печи?

**Использованная литература:**

<http://uas.su/books/2011/dsp/127/razdel127.php>