

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ВЫКСУНСКИЙ ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«МИСиС»**

# Курсовая научно- исследовательская работа

**Разработал: Лукьянов К.Н.  
студент гр. ЭМ – 17т**



# Процессы внепечной металлургии стали

Первоначально все процессы по доводке стали до нужного химического состава (операции легирования, раскисления, рафинирования, модифицирования) и температуры выполняли непосредственно в сталеплавильном агрегате. Это приводило к увеличению времени плавки (соответственно снижению производительности агрегата) и большому угару легирующих элементов (которые могут быть очень дорогими). Постепенно вышеуказанные операции стали переносить в сталеразливочный ковш и специальные агрегаты.

Данные процессы получили название внепечной обработки стали или ковшевой металлургии.



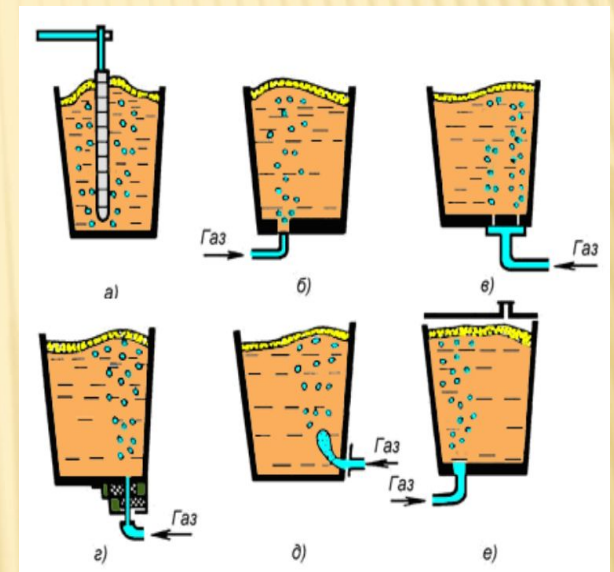


# Способы внепечной обработки стали

Продувку металла инертным газом осуществляют или отдельно в сталеразливочном ковше или применяют как операцию, сопутствующую другим процессам. В качестве инертного газа используют в основном аргон, реже азот. При продувке массу металла пронизывают тысячи пузырей инертного газа, каждый из которых представляет собой миниатюрную вакуумную камеру, поскольку парциальные давления водорода и азота в таком пузыре равны нулю. Внутри таких пузырей вовлекаются вредные газовые примеси, а к их поверхности прилипают неметаллические включения, которые выносятся на поверхность металла. Также при продувке инертным газом происходит интенсивное перемешивание металла и усреднение его состава. Если требуется понизить содержание углерода в металле, то к инертному газу можно добавить кислород.

Продувка инертным газом сопровождается снижением температуры металла (газ нагревается и интенсивно уносит тепло), поэтому продувку инертным газом часто используют для регулирования температуры металла в ковше.

Продувку металла осуществляют путем ввода инертного газа различными способами в нижнюю часть ковша



Способы продувки металла в ковше: а – через погружаемую фурму; б – через пористый блок; в – через пористые швы в днище; г – через шиберный затвор; д – через боковую стенку ковша

# Термодинамика раскисления

Удаление из металла кислорода, т.е. раскисление металла осуществляется путем:

1. Понижения растворимости кислорода в металле за счет введения в его состав металлов, имеющих более высокое сродство к кислороду, чем железо (растворитель);

2. Облегчения выделения кислорода в газообразную фазу за счет связывания его с углеродом и извлечения образующейся оксида углерода в разреженную атмосферу (раскисления вакуумированием);

3. Экстрагирование кислорода, находящегося в металле в форме атомных группировок Fe-O или в виде уже сформировавшихся оксидных включений, в шлаковую фазу, обладающую высокой растворимостью по отношению к этим атомным группировкам и к включениям.

При исследовании термодинамики раскисления стали одной из важнейших задач является определение влияния концентрации элемента-раскислителя на концентрацию и активность растворенного в металле кислорода, т.е. построение изотерм раскисления железа тем или иным раскислителем. Введение в расплав элемента-раскислителя (R) сопровождается двумя взаимно противоположными явлениями:

1) Понижением парциального давления кислорода в расплаве, следствием чего в соответствии с реакцией  $1/2O_{2газ}=[O]$ ;

является уменьшение  $[O]$ , т.е. растворимости кислорода.

2) Снижение , т.е. уменьшение активности кислорода в расплаве, что повышает растворимость этого элемента.





# Методы раскисления металла.

Во всех способах производства стали — мартеновском, конвертерном, электросталеплавильном — по ходу плавки по мере выгорания примесей (кремния, марганца и углерода) имеет место постепенное повышение содержания кислорода. В конце окислительного периода плавки содержание растворенного кислорода в жидком металле определяется в основном концентрацией углерода, причем максимальных значений кислород достигает при низком содержании углерода. Задачей раскисления является снижение концентрации растворенного кислорода и возможно полное удаление из металла продуктов раскисления. Оставшийся в металле кислород в неактивной форме в гораздо меньшей степени сказывается на ухудшении свойств готовой стали.

В металлургической практике применяются следующие способы раскисления стали:

- осаждающее раскисление;
- диффузионное раскисление;
- раскисление синтетическими шлаками;
- раскисление в вакууме.

## Осаждающее (глубинное) раскисление



Является основным способом раскисления. Осуществляется за счет элементов имеющих большее сродство к кислороду, чем Fe

Применяют такие раскислители, как: Al; Si; Mn и комплексный раскислитель

Особенность комплексного раскислителя является дальнейшее взаимодействие компонентов раскислителя между собой

## Диффузионное раскисление



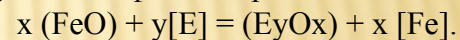
Снижение кислорода в стали происходит за счет раскисления шлака

Основной задачей метода является снижение содержания FeO в шлаке, что усиливает диффузию O<sub>2</sub> из металла в шлак

В качестве раскислителей применяют:  
C, Si, Al

Алюминий является весьма активным раскислителем. При введении алюминия в избытке, что обычно имеет место в практике раскисления, образуются твердые мелкодисперсные частицы глинозема. При малой добавке алюминия в металл образуются частицы FeO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Диффузионное раскисление, основанное на законе распределения закиси железа между металлом и шлаком, сводится к раскислению шлака. Уменьшение концентраций FeO в шлаке за счет его раскисления вызывает диффузию кислорода из металла в шлак до равновесного распределения между обеими фазами при данной температуре:



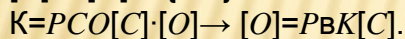
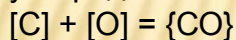


# Раскисление в вакууме

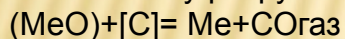
Обработка металла вакуумом, влияет, как известно, на протекание тех реакций и процессов, в которых принимает участие газовая фаза.

Газовая фаза образуется, в частности, при протекании реакции окисления углерода (образование CO), при протекании процессов выделения растворенных в металле водорода и азота, а также процессов испарения примесей цветных металлов.

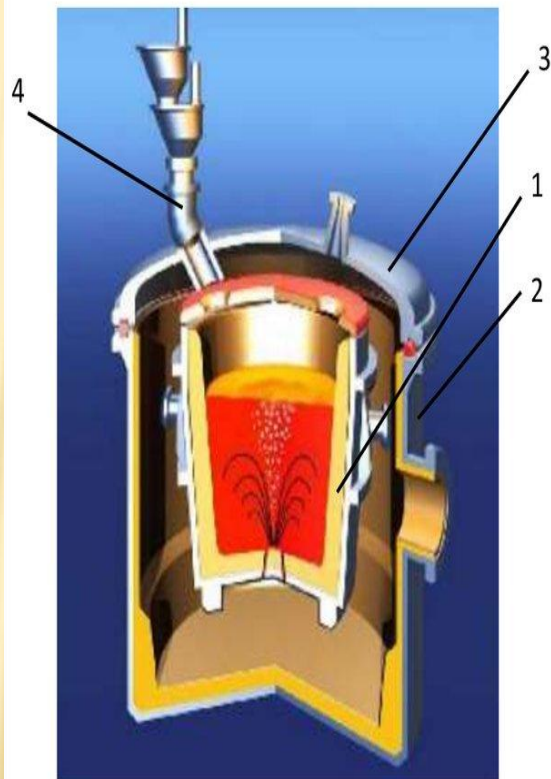
В стали практически всегда содержится определенное количество углерода. Равновесие реакции при обработке вакуумом сдвигается вправо, кислород реагирует с углеродом, образуя окись углерода.



В тех случаях, когда кислород в металле находится в составе оксидных неметаллических включений, снижение давления над расплавом приводит в результате взаимодействия с углеродом к частичному или полному разрушению этих включений:



## Металлургические агрегаты применяемые для раскисления и модифицирования стали



Общая схема камерного вакууматора VD:

1 – сталеразливочный ковш;

2 – вакуумная камера;

3 – крышка вакуумной камеры;

4 – устройство для подачи сыпучих под вакуум

# Образование продуктов раскисления

- Исследование раскислительной способности отдельных элементов показало термодинамическую возможность образования различных продуктов раскисления, в том числе и сложных, состоящих из двух и более окислов. Эти продукты раскисления выделяются в виде окисной фазы, образующей отдельные неметаллические включения. Возникновение новой фазы в гомогенной среде связано с образованием новой поверхности раздела и требует преодоления энергии межфазного натяжения. Поэтому образование зародышей критического радиуса, т. е. таких зародышей, которые могут затем расти, часто очень затруднено и невозможно даже в условиях, когда концентрации компонентов превышают равновесные.
- Из-за необходимости обеспечивать меньшие пересыщения вероятность образования жидких продуктов раскисления больше, чем твердых. Они могут образовываться даже тогда, когда в условиях равновесия., более устойчивы продукты раскисления, находящиеся при данных температурных условиях в твердом состоянии. Твердые продукты раскисления образуются при значительных пересыщениях и нехватке кислорода для образования включений с содержанием  $\text{FeO}$ , достаточным для получения низкой температуры плавления.



Спасибо за внимание!