КАРАГАНДИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АБИЛКАС САГИНОВА

SAGINOV TECHNICAL UNIVERSITY 1953




Дисциплина

# ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

## Лекция 5
## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА

Составитель: доктор технических наук, профессор Нурумгалиев А.Х.

# Лекция 5
# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА

**Цель лекции:** *Ознакомиться с методами получения металлов высокого качества.*

**План лекции:**

*1. Обработка металла вакуумом*

*2. Продувка металла инертными газами*

*3. Ускоренная или направленная кристаллизация металла*

# Обработка металла вакуумом

Вакуум в основном применяется **с целью удаления газов из стали и испарения примесных металлов.** Газы при обработке вакуумом выделяются в результате снижения растворимости из - за понижения давления, в результате развития химических реакций, не свойственных при обычном давлении, а также при переходе металлов газообразное состояние (испарение).

**Удаление кислорода** из стали в самостоятельном виде возможно только при достижении давления не более $0{,}6 \cdot 10^{-3}$ Па. Тем не менее, при обработке стали вакуумом достигается снижение содержания кислорода в стали за счет развития химических реакций. Например, в стали присутствует углерод, который взаимодействуя с растворенным кислородом образует CO. Вакуум способствует сдвигу этой реакции вправо. Удаление кислорода, соединенного в оксиды также возможно при обработки стали вакуумом. В условиях низкого давления углерод начинает восстанавливать кремний и алюминий. Рафинирование металла от кислорода углеродом называют углеродным раскислением, и этот способ раскисления позволяет получить металл, не загрязненный продуктами раскисления т.к. образуется газ.

## Удаление водорода

Как отмечалось ранее, растворимость водорода в стали подчиняется ***закону Сивертса*** и содержание его в жидком железе определяется давление водорода в газовой фазе. При понижении давления равновесие реакции $[H] = H_2$ смещается вправо.

Водород в стали обладает высокой подвижностью, коэффициент диффузии водорода достаточно велик, поэтому обработка вакуумом является высокоэффективным способом борьбы с водородом в стали. После вакуумирования, содержание водорода в стали снижается до 1 - 2см$^3$ / 100г, концентрации при которой в стали не образуется флокенов.

# Удаление азота

Также как и водород, азот растворяется в железе по закону квадратного корня и растворимость азота снижается с понижением давления. Однако, азот менее активен. Коэффициент диффузии азота в стали на порядок ниже, чем водорода. И соответственно эффективность дегазации азота вакуумом гораздо ниже, чем водорода.

Схема обработки жидкой стали вакуумом была предложена еще **Г. Бессемером**. Практическое использование метода внепечного рафинирования для повышения качества металла относится к началу 50 - х годов.

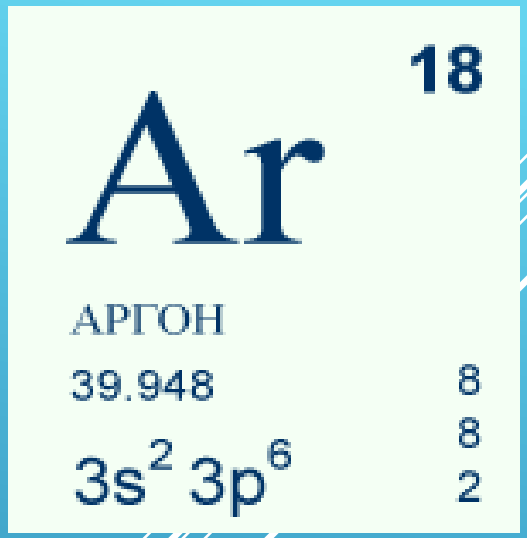


***Г. Бессемер***

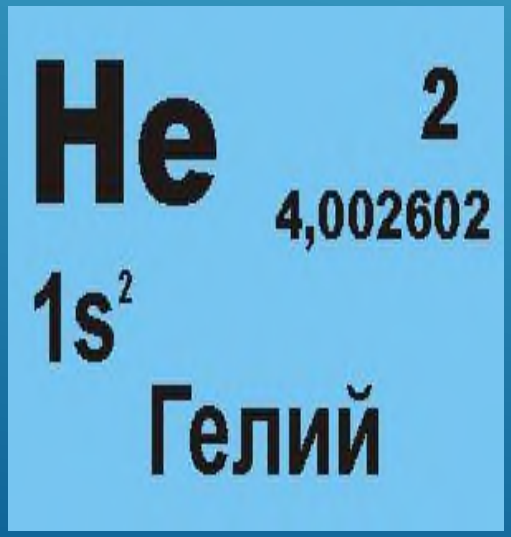
В СССР работы по исследованию влияния понижения давления на процессы газовыделения были начаты в конце 30 - х годов, а первая промышленная установка обработки металла вакуумом в ковше опробована на Енакиев -ском металлургическом заводе по инициативе ученых ИМетАН СССР **А. Самарина и Л. Новика в 1952 - 1954гг.** Ковш с металлом опускали в камеру, которую затем плотно закрывали крышкой и из закрытой таким образом камеры откачивали воздух.

## Продувка металла инертными газами

Продувка металла **инертными газами** влияет также как и обработка металла вакуумом. При продувке инертными газами металл пронизывается пузырьками инертного газа, которые представляют собой вакуумную камеру т.к. парциальное давление азота и водорода в этих пузырьках практически равно нулю.




Продувка инертным газом является более простым и дешевым способом по сравнению с вакуумированием. При продувке инертным газом происходит перемешивание металла и усреднение его состава.



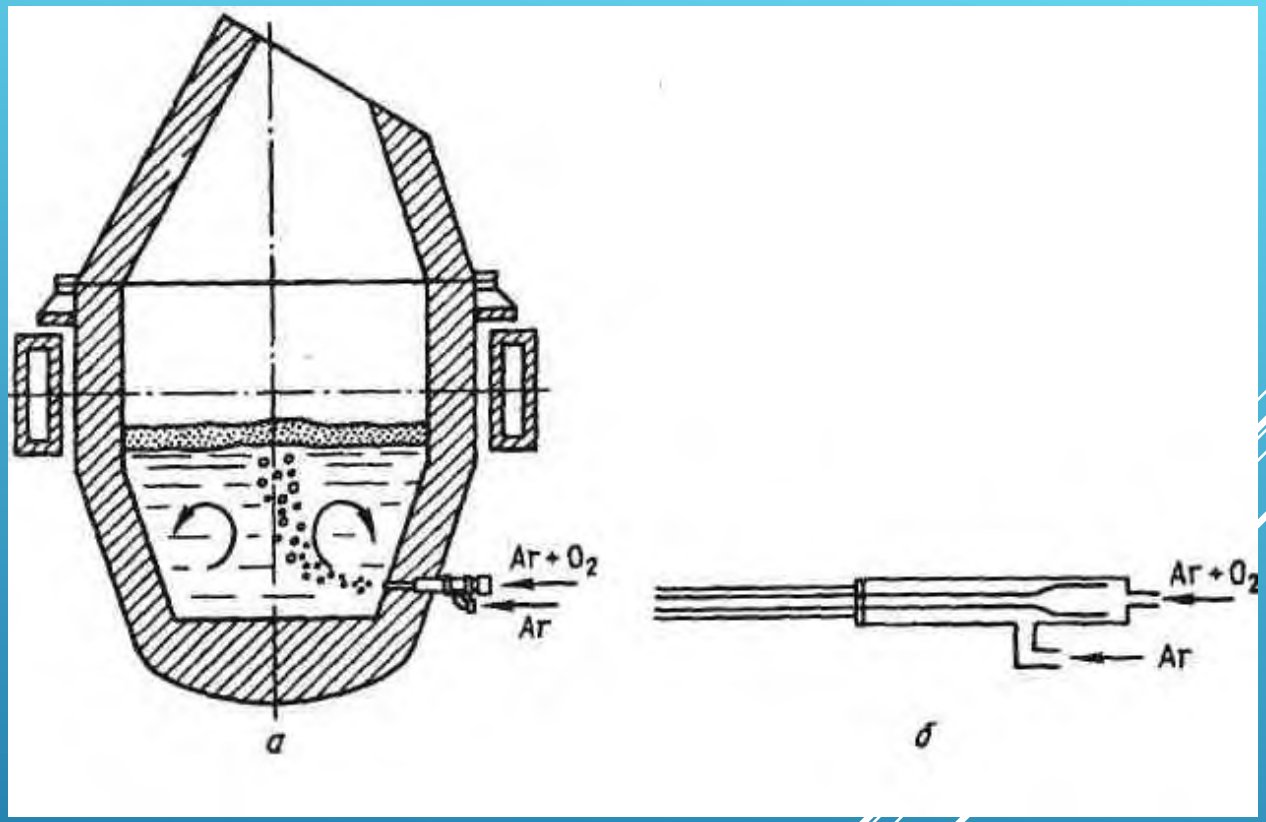

Этот способ получил распространение по мере развития способов получения дешевого аргона в больших количествах (как сопутствующего продукта при производстве кислорода, как известно, в воздухе ~ 1% Ar). На кислородных станциях аргон выделяют при ректификации жидкого воздуха. Если завод имеет мощную кислородную станцию, то объем попутно получающегося аргона достаточен для обработки больших количеств стали. В тех странах, где имеются запасы гелия, для продувки используют также гелий.

# Аргоно - кислородная продувка

Влияние продувки металла инертным газом на уменьшение парциального давления монооксида углерода, образующегося при окислении углерода, использовано при разработке такого процесса, как аргонокислородное обезуглероживание или аргонокислородное рафинирование (АКР).

$$[C] + 1 / 2O_{2(г)} = CO_{г}$$

При продувке металла кислородом равновесие реакции определяется парциальным давлением кислорода и образующегося монооксида углерода. Продувая металл смесью кислорода с аргоном, мы добиваемся «разбавления» пузырей CO аргоном и соответствующего сдвига вправо равновесия реакции. Окислительный потенциал газовой фазы при этом достаточен для проведения реакций окисления примесей ванны. Для осуществления процесса аргонокислородного рафинирования создан агрегат, обычно именуемый AOD – конвертер. Если при этом продувку вести под высокоосновным шлаком, обеспечивается также эффективная десульфурация расплава.




**Конструкция конвертера для аргонокислородной продувки (АКР - процесс; AOD - процесс) а - конвертер; б - фурма**

**Ускоренная или направленная кристаллизация металла**

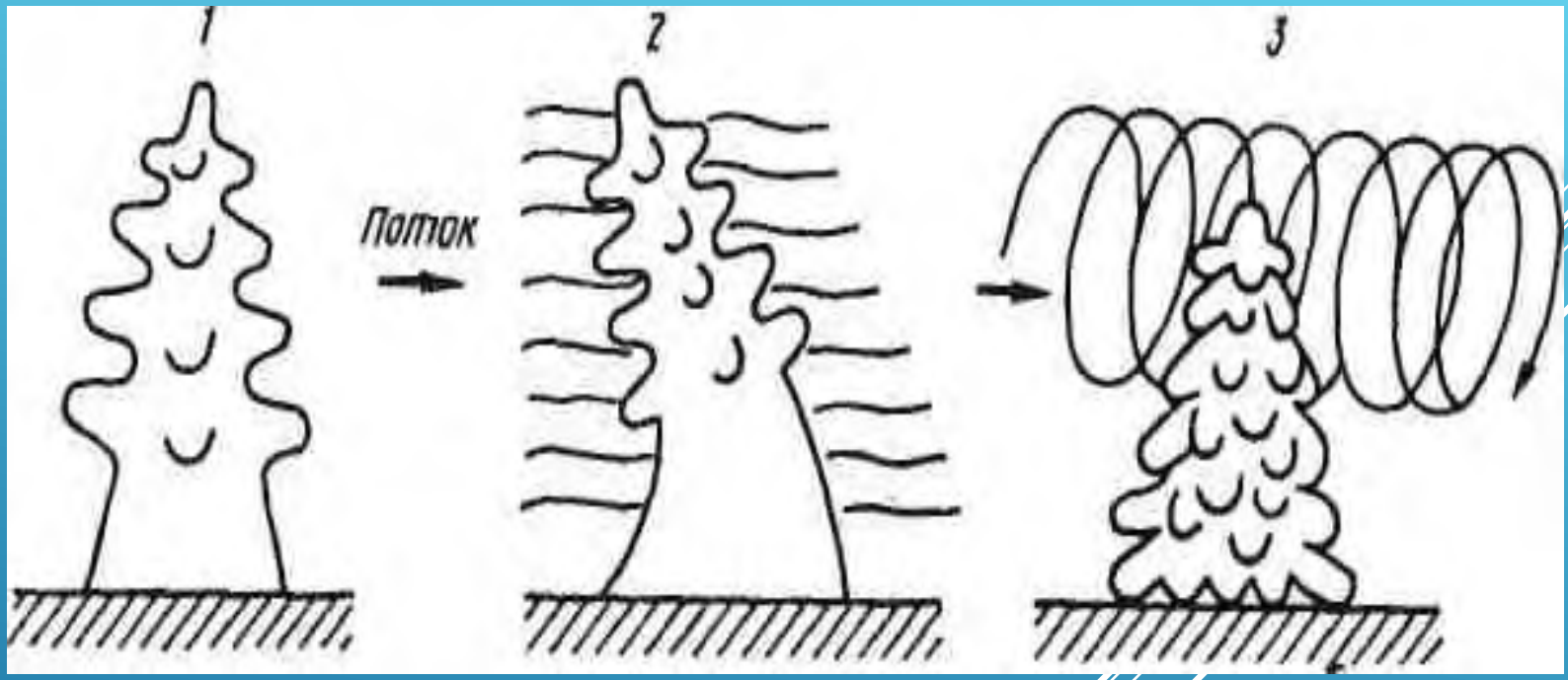
Внепечная обработка жидкой стали дополняется различными способами воздействия на кристаллизующийся металл.

**Электромагнитное перемешивание**

Электромагнитное перемешивание (ЭМП) используется для решения двух задач:

1) *для улучшения внутреннего строения заготовки (измельчения структуры, снижения степени ликвации в средней и центральной частях, уменьшения центральной пористости);*

2) *для улучшения поверхности заготовки (снижения количества поверхностных дефектов, количества неметаллических включений в поверхностном слое, повышения толщины наружной плотной корочки).*




***Изменение формы растущего дендрита в зависимости от характера потока металла у фронта кристаллизации: 1 - без потока; 2 и 5 - ламинарный и турбулентные потоки соответственно***

## Воздействие ультразвуком и электроразрядами

Энергия ультразвука, воздействующая на расплав, меняет кинетику процесса. При воздействии ультразвука наблюдается усиление перемешивания жидкой фазы, обламывание растущих кристаллов. Испытан ряд способов организации воздействия ультразвуком: через зеркало расплава в кристаллизаторе, через оболочку затвердевающего слитка в зоне вторичного охлаждения, через направляющие ролики, через водоохлаж-даемую ультразвуковую воронку и др. Разработчики дали способу обозначение EMBR (Electromagnetic Brake).

Украинский НИИмет и ПКБ электрогидравлики АН Украины на ряде металлургических заводов СНГ успешно исследовали способ воздействия на кристаллизующуюся середину заготовки с помощью электроразрядного генератора упругих колебаний (ЭРГУК). ЭРГУК представляет собой закрытую камеру с циркулирующей в ней водой низкого омического сопротивления и помещенным в ней электродом.

## Воздействие вибрации

Под воздействием колебаний возрастает давление жидкого металла на растущие кристаллы, которые разрушаются, образуя при этом дополнительные центры кристаллизации. Это приводит к повышению скорости кристаллизации и уменьшению продолжительности коагуляции включений.

## Искусственные холодильники и модификаторы

При воздействии микрохолодильников и модификаторов (например, РЗМ) создаются дополнительные центры кристаллизации в жидкой фазе слитка, причем образование зародышей равноосных кристаллов может произойти за зоной концентрационного переохлаждения, где металл чище и имеет высокую температуру плавления.

Ученые Института электросварки им. Патона совместно с Институтом проблем литья Украины и рядом заводов разработали технологию получения новых металлических конструкционных материалов - армированные квазимонолитные (АКМ) материалы.

## Глоссарий:

1. **Продувка металла инертными газами** - перемешивание металла и усреднение его состава.
2. **Непрерывное электроперемешивание -** движение жидкого металла ниже кристаллизатора у стенок заготовки вниз, по оси - вверх.

***Список литературы***

1. Вегман Е.Ф., Жеребин Б.Н., Похвиснев А.Н., и др. Металлургия чугуна. М.: Академкнига, 2004. - 774с.
2. Ефименко Г.Г., Гиммельфарб А.А., Левченко В.Е. Металлургия чугуна. К.: Вища школа, 1988. - 351с.
3. Явойский В.И., Кряковский Ю.В., Григорьев В.П., и др. Металлургия стали. М.: Металлургия, 1983. - 583с.
4. Борнацкий И.И., Баптизманский В.И., Исаев Е.И., и др. Современный кислородно – конвертерный процесс. М.: Металлургия, 1974. - 264с.
5. Григорян В.А., Белянчиков А.Н., Стомахин А.Я. Теоретические основы электросталеплавильных процессов. М.: Металлургия, 1989г.
6. Каблуковский А.Ф. Производство электростали и ферросплавов. М.: Академкнига, 2003. - 511с.
*7. Гасик М.И. Теория и технология производства ферросплавов. М.: Металлургия, 1988г*