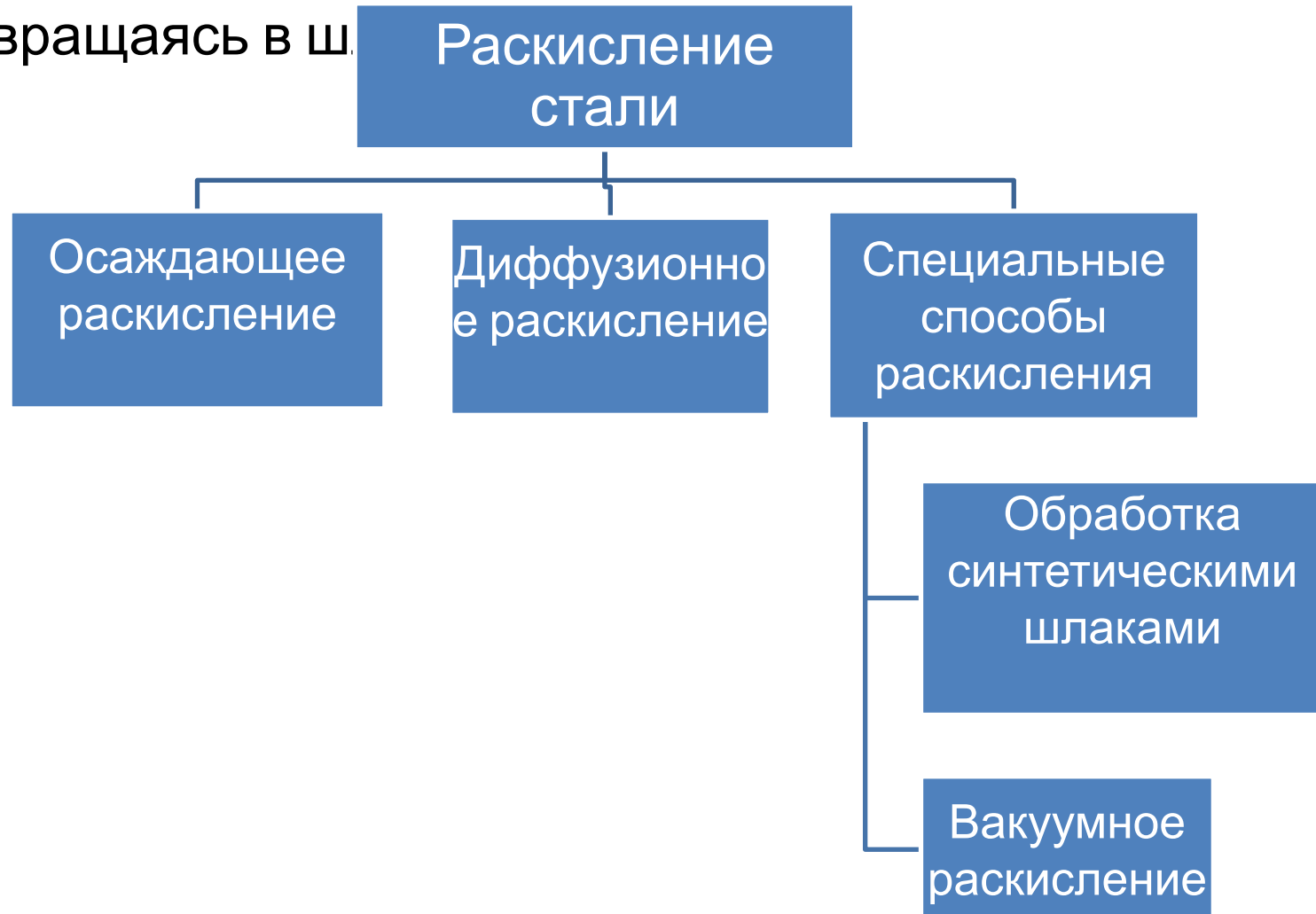


Современные способы раскисления и модифицирования стали

Раскисление стали

Раскисление стали – это технологический процесс, при котором кислород, который растворен в металле, выводится из него или переводится в нерастворимое соединение, превращаясь в ш.



Основные реакции происходящие при осаждающем раскислении стали

Общая схема образования оксида при раскислении [O] =

<http://metal-archive.ru/tyazhelye-metally/1472-raskislenie-stali.html>

Где R – окислитель; x, y – стехиометрические коэффициенты

Химическая реакция	Стандартное изменение энергии Гиббса $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$, КДж/моль
$[Mn] + [O] = (MnO)$	484,36-0,241T
$2[Cr] + 3[O] = (Cr_2O_3)$	1513,8-0,52T
$2[V] + 3[O] = (V_2O_3)$	401,61-0,174T
$[C] + x[O] = \{CO_x\}$	31,84-0,032T
$[Si] + [O] = (SiO_2)$	923,48-0,415T
$[Si] + 3[O] + [Fe] = (FeO * SiO_2)$	1321,3-0,595T
$2[Al] + 3[O] = (Al_2O_3)$	904,7-0,239T
$2[Al] + 4[O] + [Fe] = (FeO * Al_2O_3)$	1122,9-0,436T
$[Ti] + 2[O] = (TiO_2)$	588,69-0,198T
$[Zr] + 2[O] = (ZrO_2)$	791,9-0,23T

Сродство химических элементов к кислороду

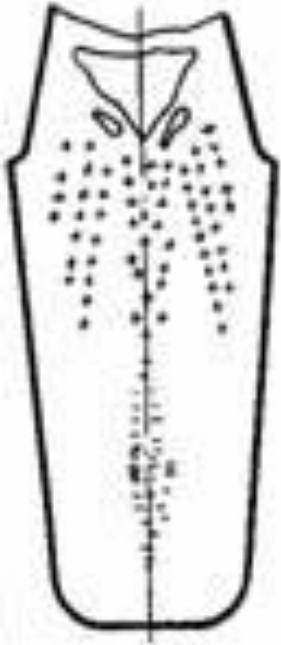
Химическое сродство - характеристика стремления элементов образовывать химические соединения.

При температуре 1600 °С химическое сродство элементов к кислороду убывает в следующем порядке

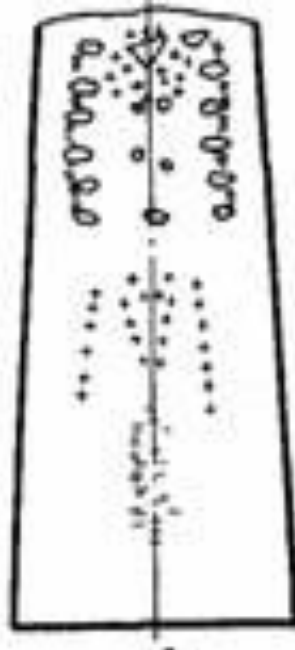
Be, Ca, Zr, Mg, Al, Ti, C, Si, V, B, Mn, Cr, Fe, W, Mo, Co, Ni, Cu, As

Виды сталей в зависимости от степени раскисления

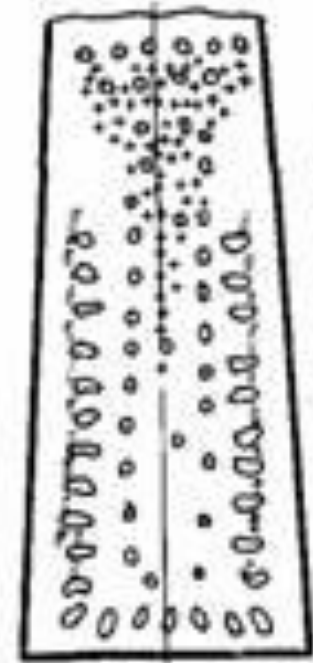
Спокойные (СП)



Полуспокойные (ПС)



Кипящие (КП)



Модифицирование стали

Модифицирование металлов и сплавов представляет собой процесс воздействия на кристаллизацию металлического расплава введением малых количеств редкоземельных и/или щелочноземельных элементов, изменяющих макро- и микроструктуру, морфологию и распределение неметаллических включений.

- Модифицирование способствует улучшению технологических свойств металла и качества металлопродукции
- Общим для всех методов модифицирования является то, что эффект воздействия имеет свойство исчезать через определённый промежуток времени после выдержки расплава за счёт перехода из термодинамически неравновесного состояния в равновесное
- Для получения наибольшего эффекта необходимо стремиться к реализации процесса модифицирования на поздних стадиях обработки стали

Способы модифицирования стали

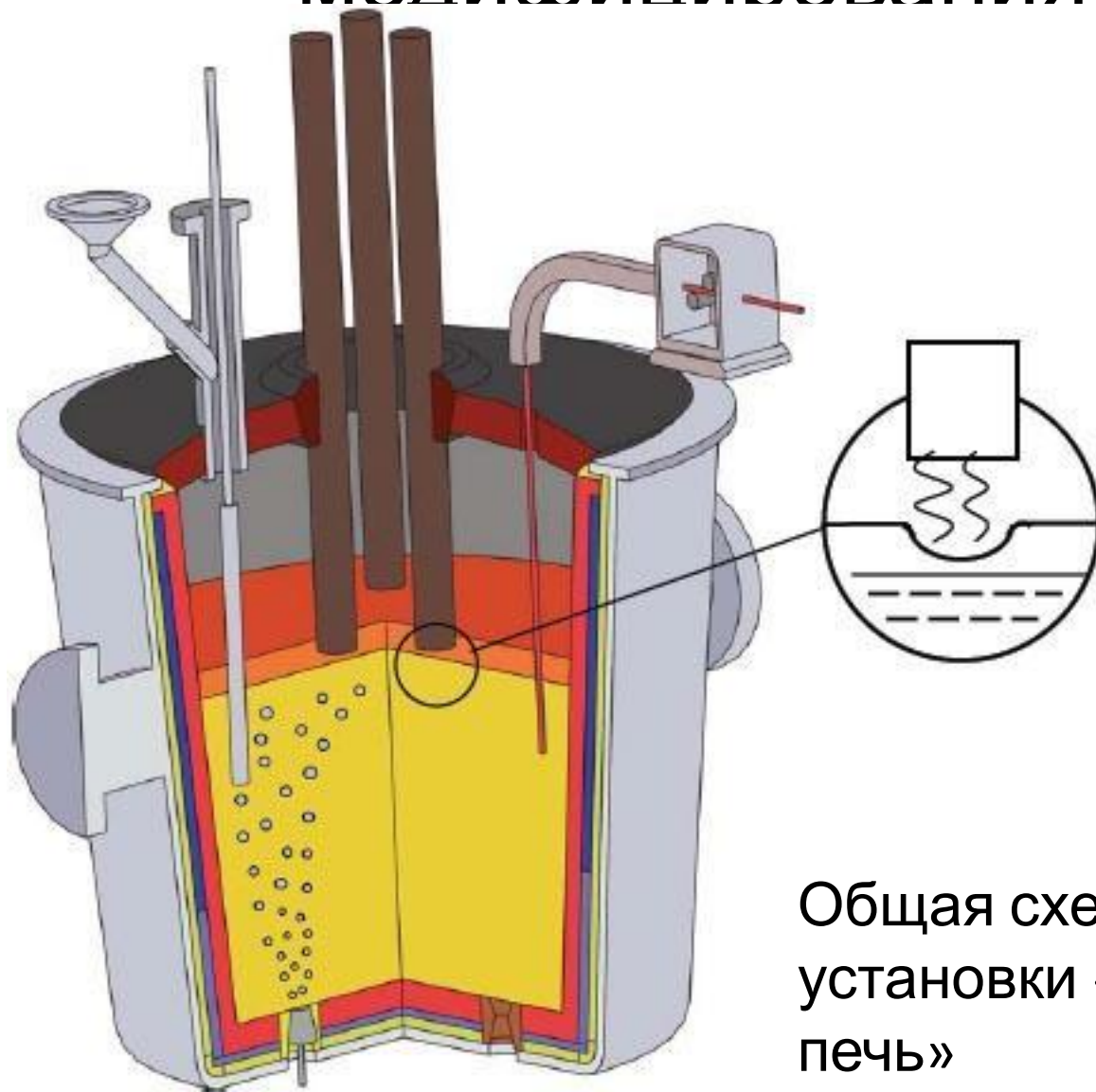
Существует три
основных способа
ввода
модификаторов в
сталь

Ковшовое
модифици-
рование

Модифици-
рование при
внепечной
обработке
стали

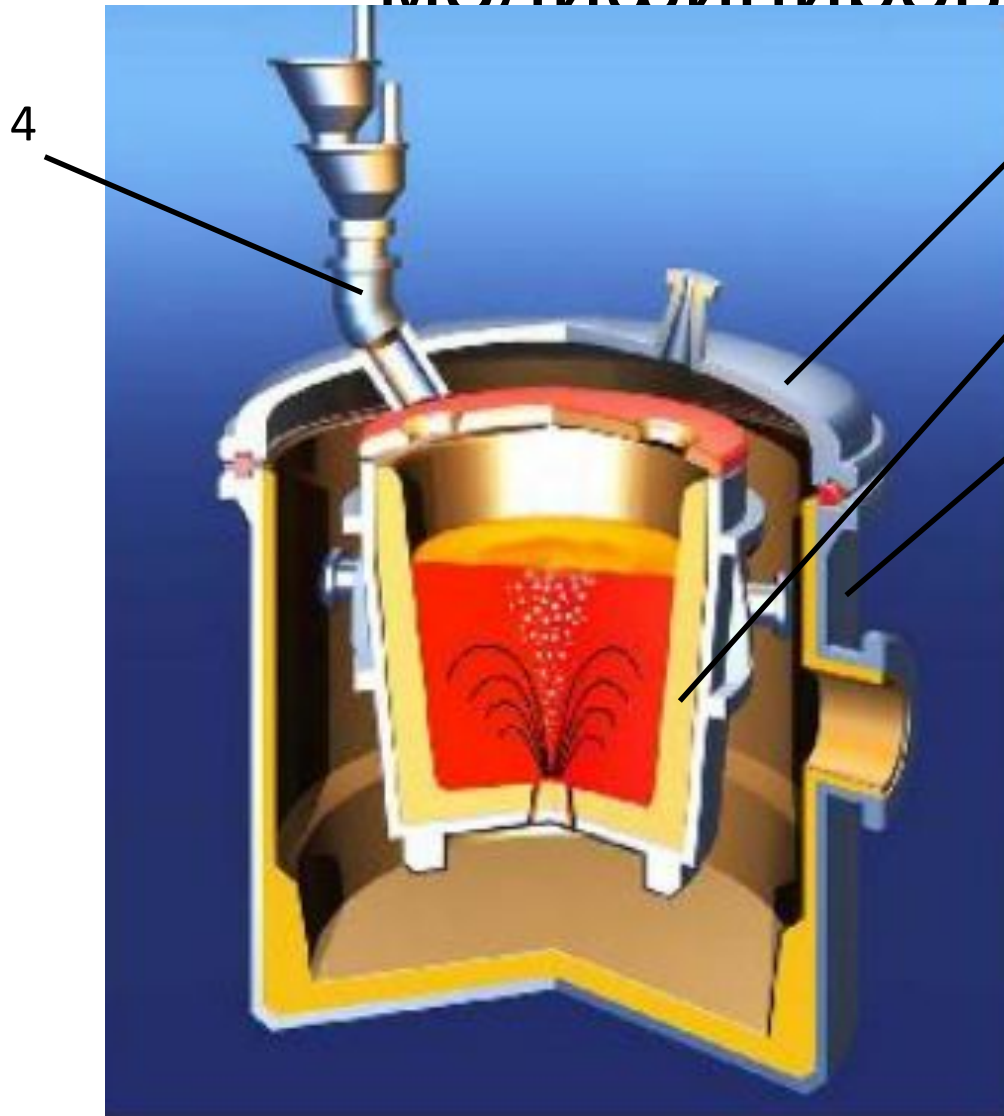
Модифицирование
при разливке
стали

Металлургические агрегаты применяемые для раскисления и модифицирования стали



Общая схема
установки «КОВШ-
ПЕЧЬ»

Металлургические агрегаты применяемые для раскисления и молибдирирования стали



Общая схема
камерного
вакууматора VD:
1 – сталеразливочный
ковш;
2 – вакуумная камера;
3 – крышка вакуумной
камеры;
4 – устройство для
подачи сыпучих под
вакуум

Применение щелочноземельных металлов для раскисления и модифицирования стали

Преимущества применения щелочноземельных металлов для раскисления и модифицирования стали:

1. Снижение загрязненности модифицированной стали неметаллическими включениями, благодаря повышению ее жидкотекучести.
2. Разрушение скоплений неметаллических включений за счет коротковременного снижения поверхностного натяжения стали.
3. Придание глобулярной формы неметаллическим включениям остающимся в металле
4. Очищением межзеренных границ благодаря взаимодействию ЩЗМ с кислородом, серой и фосфором и снижением их остаточных концентраций
5. Оказание возмущающего действия на микростроение расплава и приведение его к более равновесному состоянию в силу размерного несоответствия атомов ЩЗМ с атомами железа 10

Применение кальция для раскисления и модифицирования стали

1. Применение кальциевого сплава для окончательного раскисления обеспечивает контролируемые состав и форму неметаллических включений и получение стали с низким содержанием кислорода. Кальций обладает прекрасным химическим свойством - весьма сильным сродством к кислороду, но в то же время при температурах сталеварения находится в газообразном состоянии.
2. Кальций быстро удаляется из металла, расходуясь частично на раскисление, а частично на восстановление других окислов, поэтому с помощью только кальция, по-видимому, невозможно получить устойчиво глубоко раскисленный металл. Поэтому, как правило, кальций применяют совместно с другими раскислителями, в частности в виде сплавов с кремнием, алюминием

Химическая реакция	$\lg K = -A/T + B$	
	A	B
$\text{CaO} = [\text{Ca}] + [\text{O}]$	9843	-2,377
$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = [\text{Ca}] + 2[\text{Al}] + 4[\text{O}]$	71 047	15,212
$\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 = [\text{Ca}] + 4[\text{Al}] + 7[\text{O}]$	137 521	36,476
$\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3 = [\text{Ca}] + 12[\text{Al}] + 19[\text{O}]$	401 927	122,115

Применение бария для раскисления и модифицирования стали

1. В силу малой растворимости в жидком металле и высокой поверхностной активности барий не может быть эффективным раскислителем стали.
2. Высокая поверхностная активность бария позволяет рассматривать барий как достаточно эффективный модификатор. Использование бария в лигатурах приводит к измельчению неметаллических включений, гомогенизации жидкого металла, понижению температуры ликвидус, измельчению первичного зерна литой стали, увеличению технологической пластичности. Все перечисленные эффекты получены на промышленных плавках стали.

Химическая реакция	$\lg K = -A/T + B$	
	A	B
$\text{BaO} = [\text{Ba}] + [\text{O}]$	23 400	8,73
$\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = [\text{Ba}] + 2[\text{Al}] + 4[\text{O}]$	84 000	25,76
$3\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = 3[\text{Ba}] + 2[\text{Al}] + 6[\text{O}]$	127 800	40,95
$\text{BaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3 = [\text{Ba}] + 12[\text{Al}] + 19[\text{O}]$	402 350	125,99

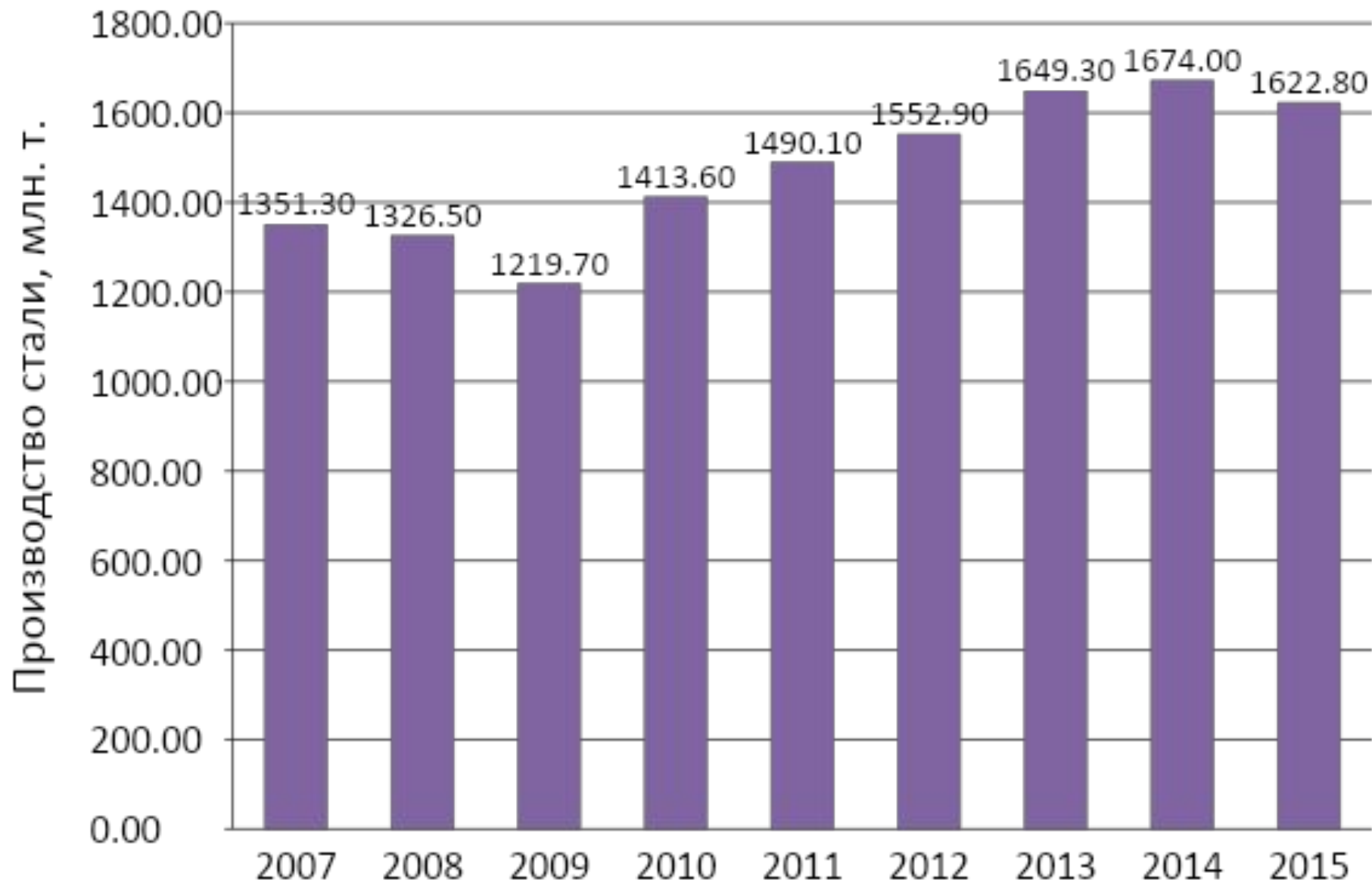
Применение комплексного раскислителя и модификатора содержащего щелочноземельные металлы при производстве стали

Особенности применения комплексного раскислителя - сплава FeSiCaBa:

1. Сталь должна быть предварительно раскислена
2. Железо и кремний растворяются в стали
3. Жидкие частицы нерастворимого CaBa-сплава взаимодействуют с элементами, к которым Ca и Ba имеют высокое химическое сродство, в частности, с кислородом, серой, фосфором и углеродом
4. Возникновение огромного множества микро- и наночастиц Ba и Ca в металлическом расплаве
5. Время химического взаимодействия заглубленного в сталь кальция составляет всего 3-4 минуты
6. Атомы или наночастицы бария и кальция в металле и при выходе на границу металл - шлак соединяются с адсорбированными поверхностноактивными металлоидами (O, S и P) и в виде соединений BaO, BaS, Ba₃P₂, CaO, CaS и Ca₃P₂ переходят в шлак. В силу малых размеров они легко поглощаются шлаком, способствуя снижению содержания

I Применение редкоземельных металлов для раскисления и модифицирования стали

Производство стали в мире за 2007-2015 года



Производство стали в странах за 2015 год

