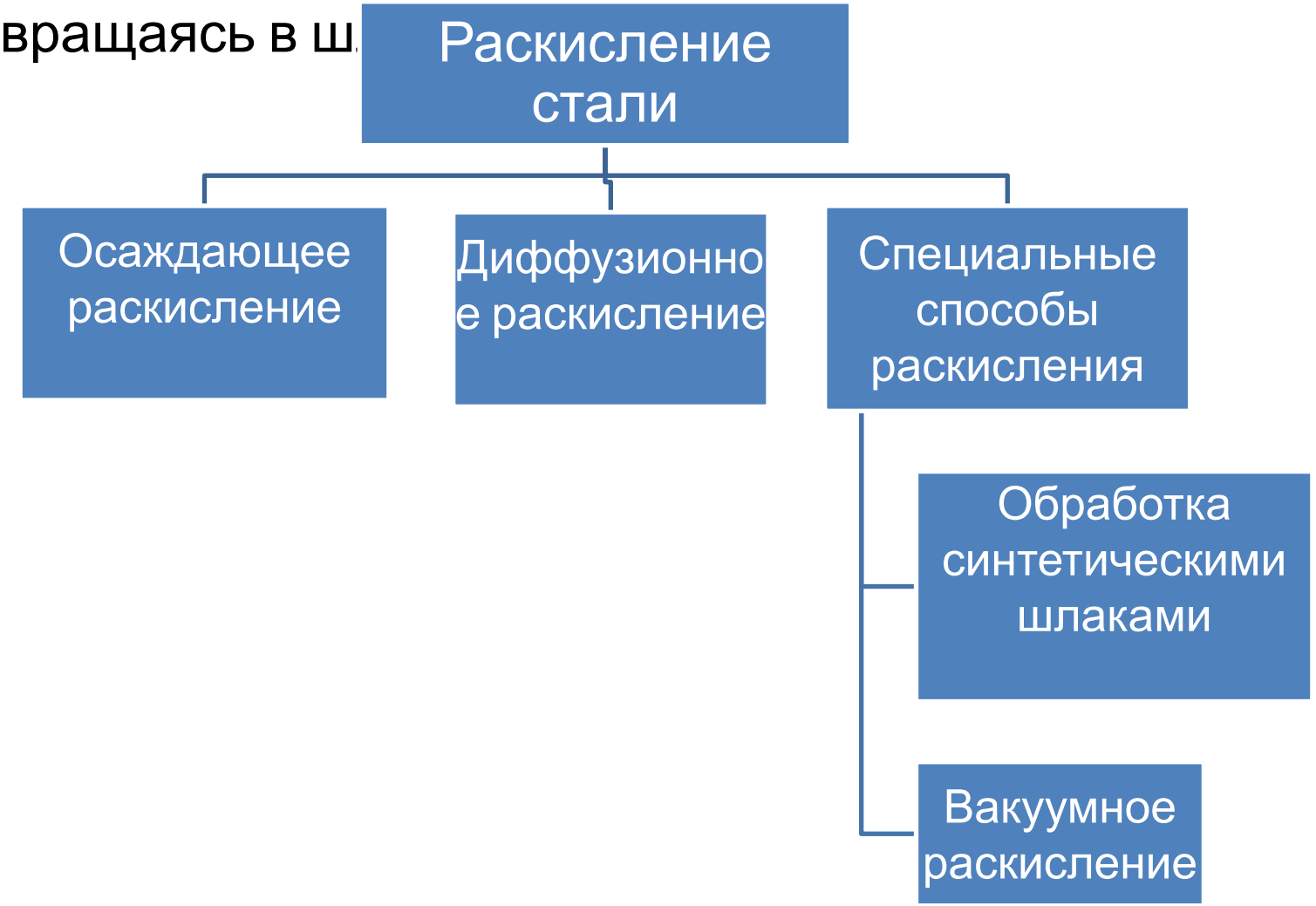
Современные способы раскисления и модифицирования стали

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: $x[R]+y[O]=R_xO_y$

Где R – раскислитель; x, y – стехиометрические коэффициенты

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

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

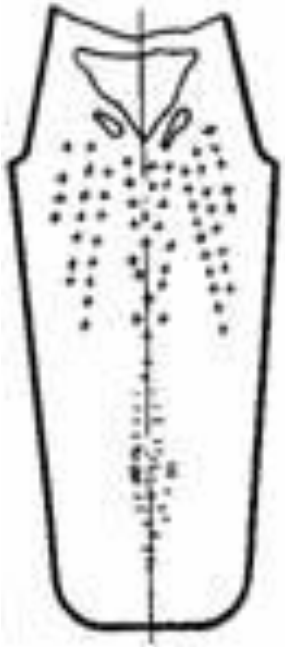
Химическое сродство - характеристика стремления элементов образовывать химические соединения.

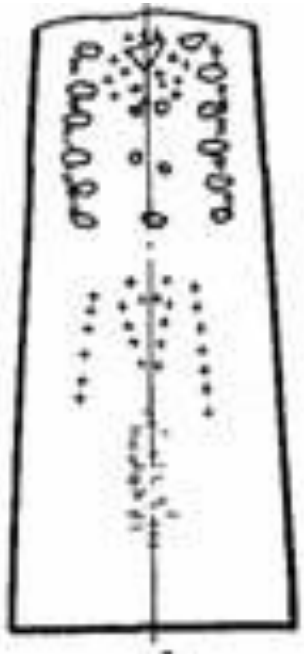
При температуре 1600 ºС химическое сродство элементов к кислороду убывает в следующем порядке

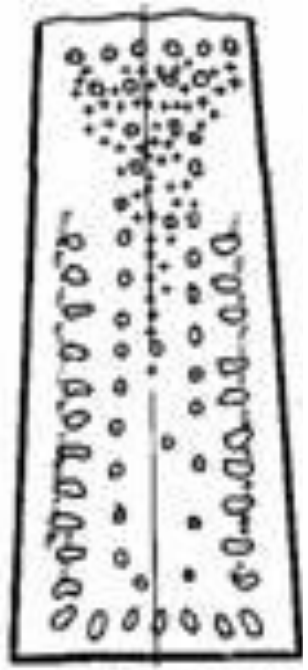
Be, Ca, Zr, Mg, Al, Ti, C, Si, V, B, Mn, Cr, Fe, W, Mo, Co, Ni, Cu, As

Виды сталей в зависимости от степени раскисления

- Спокойные (СП)
- Полуспокойные (ПС)
- Кипящие (КП)





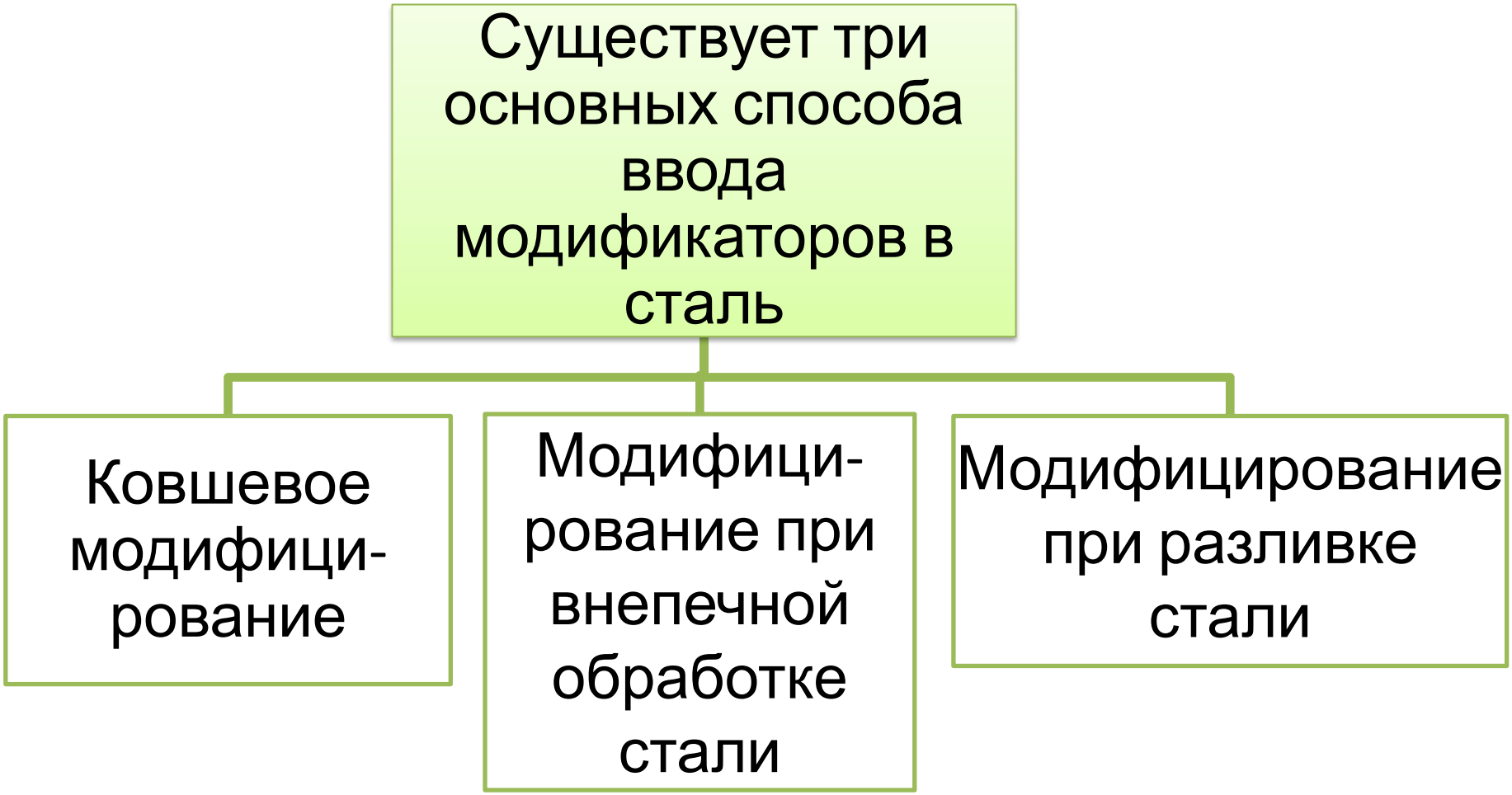


Модифицирование стали

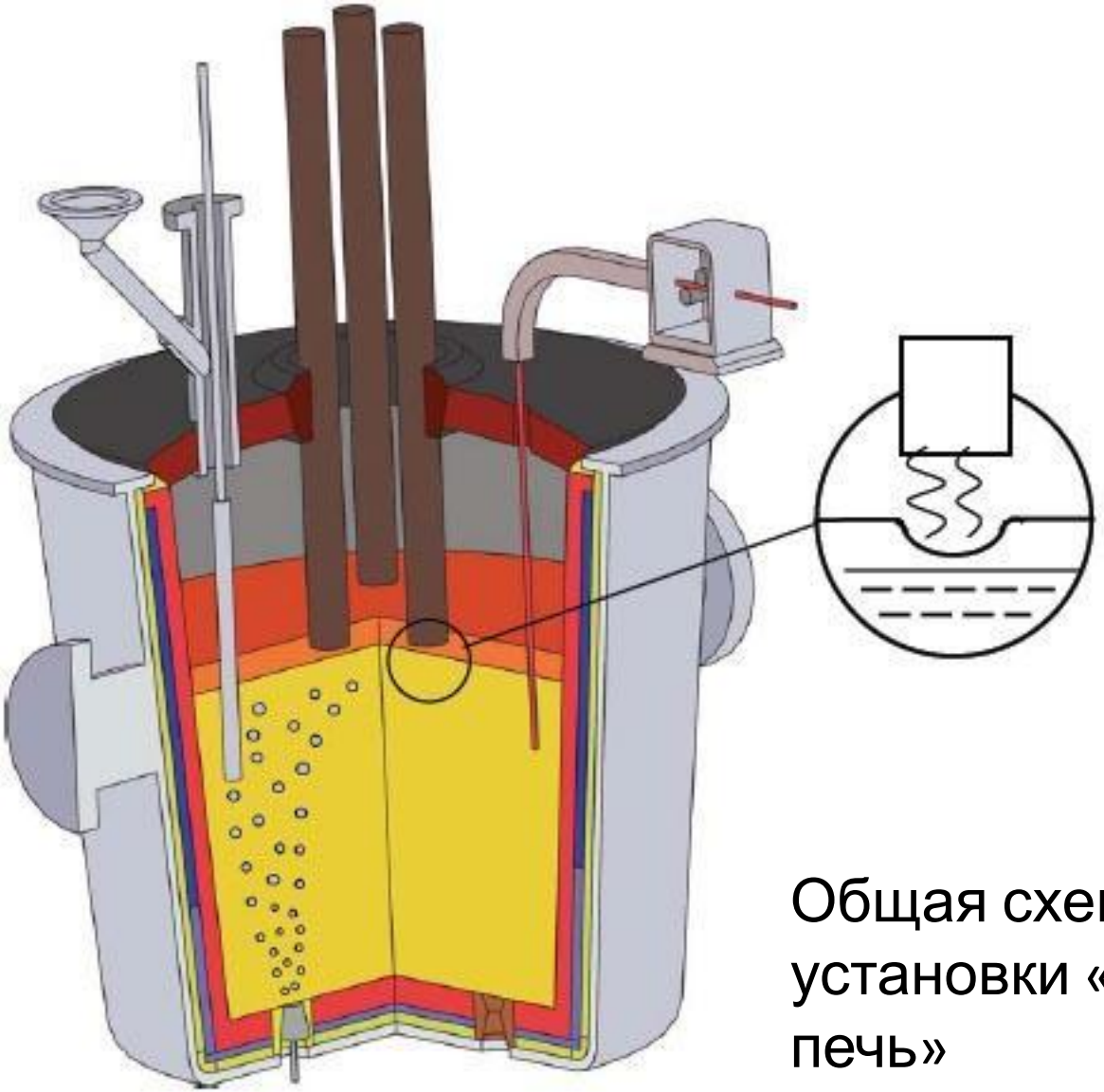
Модифицирование металлов и сплавов представляет собой процесс воздействия на кристаллизацию металлического расплава введением малых количеств редкоземельных и/или щелочноземельных элементов, изменяющих макро- и микроструктуру, морфологию и распределение неметаллических включений.

- 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

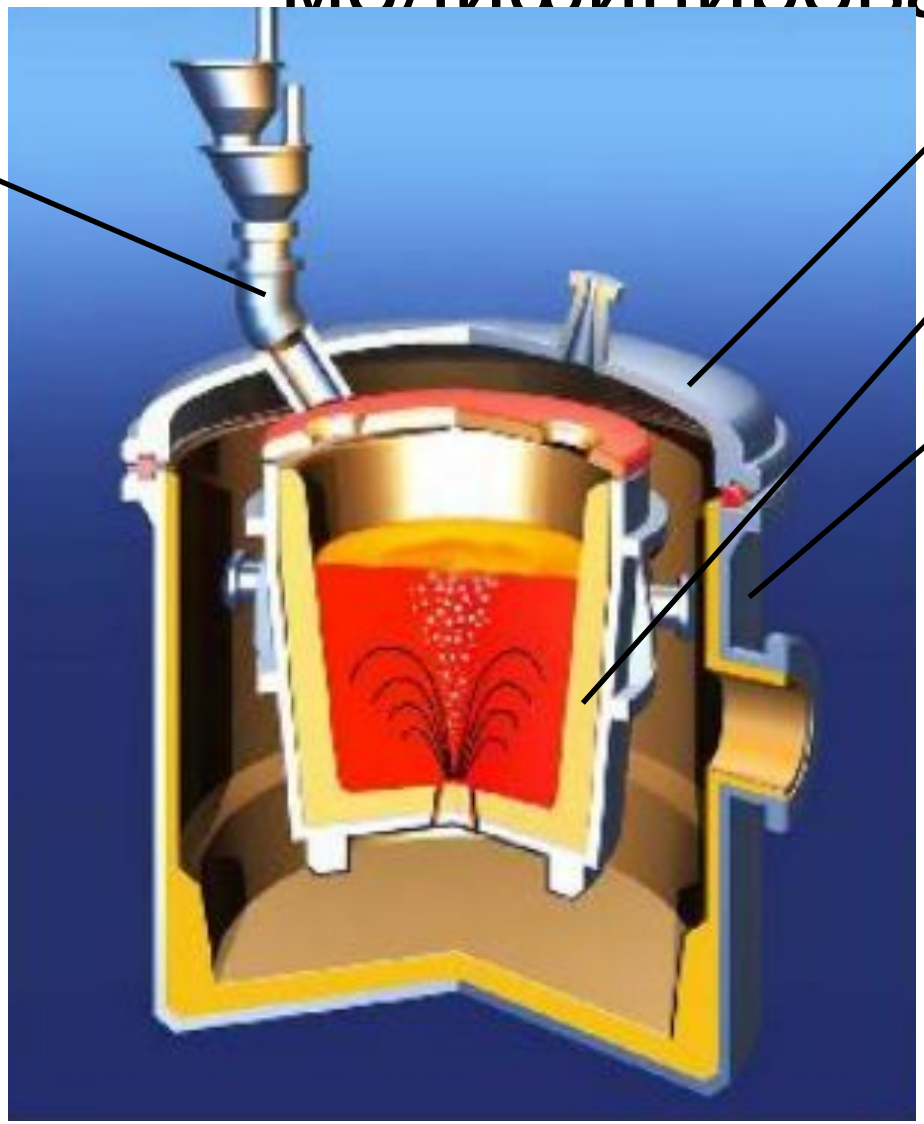


Металлургические агрегаты применяемые для раскисления и модифицирования стали



Общая схема установки «ковш-печь»

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

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

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 и железом.

Химическая реакция	$\lg K = -A/T + B$	
	A	B
$CaO = [Ca] + [O]$	9843	–2,377
$CaO \cdot Al_2O_3 = [Ca] + 2[Al] + 4[O]$	71 047	15,212
$CaO \cdot 2Al_2O_3 = [Ca] + 4[Al] + 7[O]$	137 521	36,476
$CaO \cdot 6Al_2O_3 = [Ca] + 12[Al] + 19[O]$	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
$BaO = [Ba] + [O]$	23 400	8,73
$BaO \cdot Al_2O_3 = [Ba] + 2[Al] + 4[O]$	84 000	25,76
$3BaO \cdot Al_2O_3 = 3[Ba] + 2[Al] + 6[O]$	127 800	40,95
$BaO \cdot 6Al_2O_3 = [Ba] + 12[Al] + 19[O]$	402 350	125,99

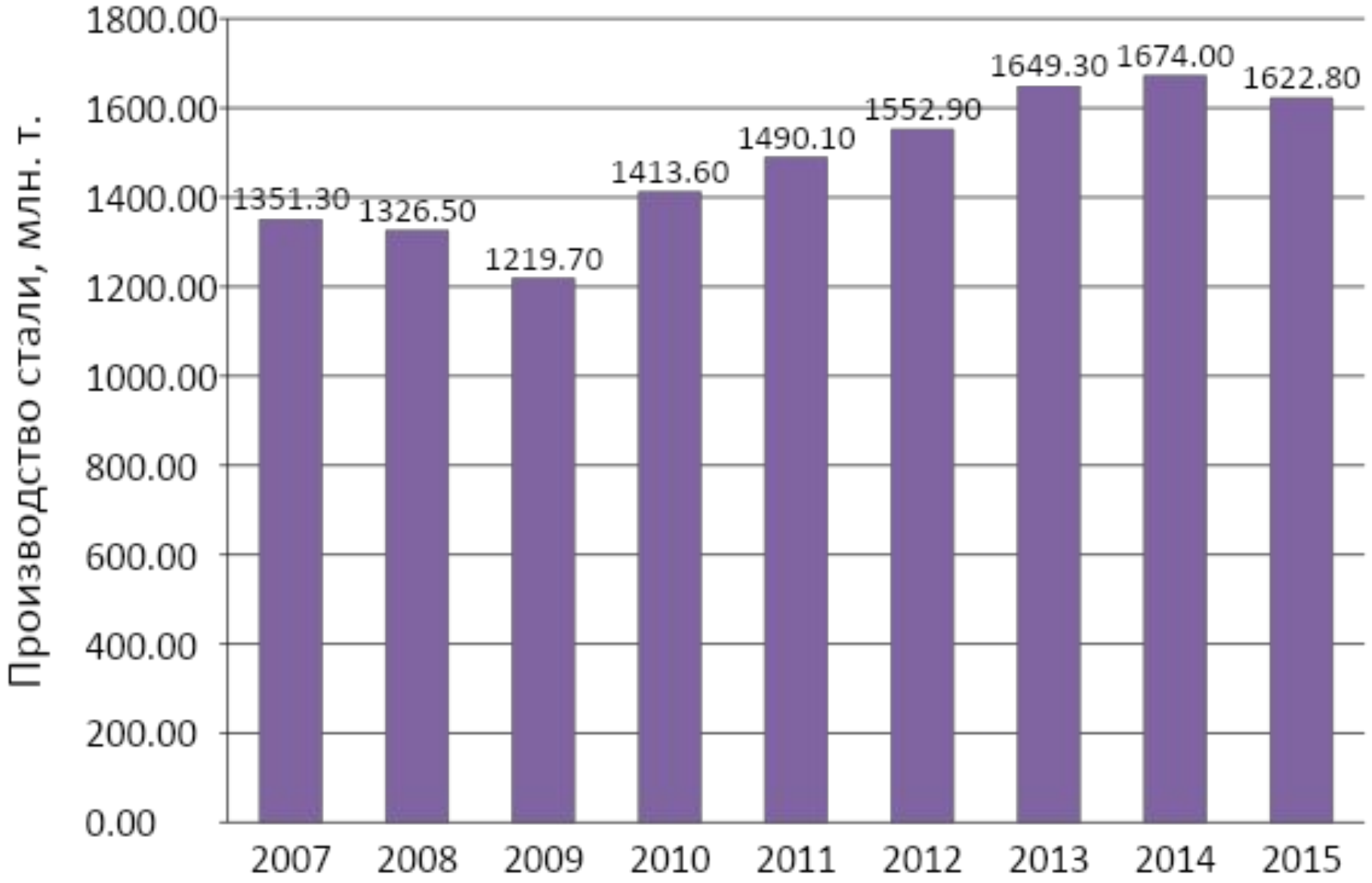
Применение комплексного раскислителя и модификатора содержащего щелочноземельные металлы при производстве стали

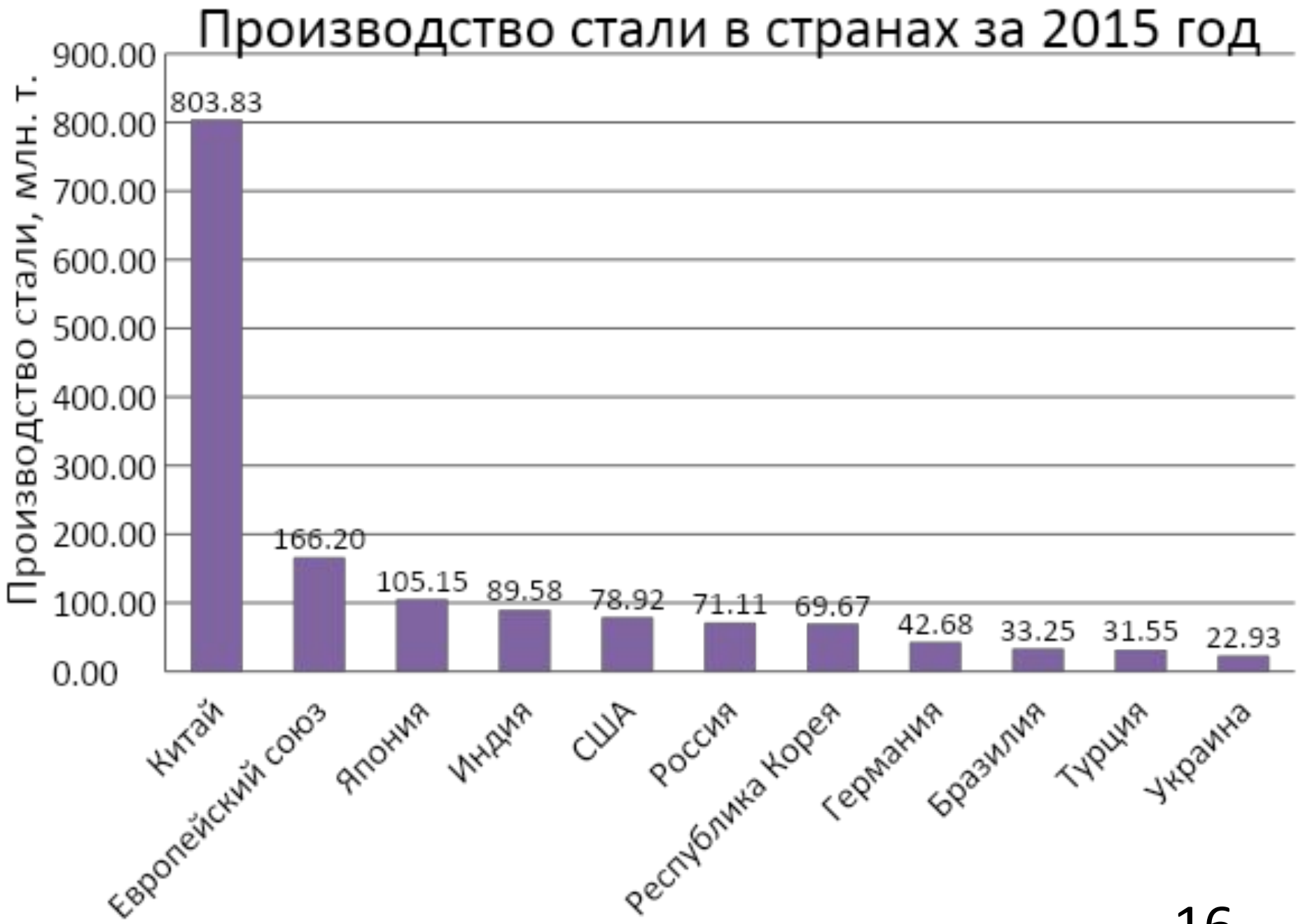
Особенности применения комплексного раскислителя - сплава FeSiCaBa:

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, Ba_3P_2, CaO, CaS и Ca_3P_2 переходят в шлак. В силу малых размеров они легко поглощаются шлаком, способствуя снижению содержания

Применение редкоземельных металлов для раскисления и модифицирования стали

Производство стали в мире за 2007-2015 года




Производство стали в странах за 2015 год
Производство стали, млн. т.
900.00
800.00
700.00
600.00
500.00
400.00
300.00
200.00
100.00
0.00
803.83
166.20
105.15
89.58
78.92
71.11
69.67
42.68
33.25
31.55
22.93
Китай
Европейский союз
Япония
Индия
США
Россия
Республика Корея
Германия
Бразилия
Турция
Украина