

Раздел 5 Внепечные способы обработки стали
Тема 5.1.Раскисление и легирование стали

Лекция №117

**Тема: Степень окисленности кипящей, полуспокойной и спокойной стали.
Особенности технологии раскисления и легирования углеродистых и легированных сталей**

План лекции:

- 1.Степень окисленности кипящей, полуспокойной и спокойной стали.
- 2.Особенности технологии раскисления и легирования углеродистых и легированных сталей

Сталь можно разделить на три категории по степени раскисления:

- кипящая сталь;
- спокойная сталь;
- полуспокойная сталь.

Кипящая сталь - это не окисленный вид стали, с высоким содержанием неметаллических примесей. Низкоуглеродистая сталь, выпускаемая слабо раскисленной, в связи, с чем при твердении стали процесс окисления углерода продолжается, что отражается в виде выделения пузырьков газа. Обозначается кипящая сталь двумя буквами – КП.

Полуспокойная сталь – представляет собой сталь, полученную при не полном раскислении металла по сравнению с кипящей сталью, но при этом большем, нежели кипящая сталь. Полуспокойная сталь затвердевает без кипения, но с достаточным выделением газов. Полуспокойная сталь имеет в своём составе меньшее количество пузырьков, нежели КП сталь, при этом усадочная раковина незначительно меньше, нежели у спокойной стали. Свойства и качество данной стали приближаются к спокойной и маркируются обозначением ПС.

Спокойная сталь - раскисленная сталь, в составе которой находится минимальное количество неметаллических примесей и шлаков. Спокойная сталь является более раскисленной в сравнении с полуспокойной и кипящей сталью. Данный эффект возможен при заполнении ковша или печи увеличенным количеством раскислителей: ферросилиция, алюминий итд.

Процесс кристаллизации проходит спокойно, спокойная сталь отличается плотной структурой Спокойная сталь маркируется буквами СП.

Спокойная сталь является обладателем наиболее лучших механических свойств по сравнению с другими видами стали, на втором месте находится полуспокойная сталь, третье кипящая сталь.

Полуспокойная сталь дешевле спокойной стали, кипящая сталь в свою очередь дешевле полуспокойной и спокойной.

В то же время кипящая сталь уступает спокойной и полуспокойной сталям по механическим характеристикам, в связи с этим кипящую сталь не используют для изделий, которые имеют ответственные назначения.

2. Углеродистые и легированные стали.

По химическому составу стали делятся на углеродистые и легированные. Углеродистые стали представляют собой сплавы железа Fe с углеродом С при неизбежном наличии примесей других химических элементов.

Легированные стали это тоже сплавы железа Fe с углеродом С, но с специально добавленными легирующими элементами (хром, марганец, кремний, титан, ванадий и другие химические элементы.), придающими стали какие-то необходимые свойства. По назначению (рис.1.31) углеродистые стали делятся на конструкционные и инструментальные.



Рис 1.31. Схема видов углеродистых сталей по назначению.

По способу производства могут быть стали:

мартеновские, конверторные, кислородно – конверторные и электростали.

Конструкционные стали различаются по качеству (рис. 1.32):

- обыкновенного качества;
- качественные углеродистые;
- высококачественные.



Рис.1.32. Классификация сталей по качеству.

С возрастанием цифры в марке стали обыкновенного качества группы А (табл.1.5) увеличиваются прочность σ и твердость НВ, но снижается пластичность δ и ударная вязкость стали (рис.1.33). Это происходит за счет изменения химического состава, в первую очередь содержания углерода.

Таблица 1.5.

Механические свойства сталей группы А.

Марка стали	σ_b , МПа	σ_t , МПа для толщины в мм				δ , % для толщины в мм			Изгиб на 180° для толщины до 20 мм
		до 20	21..40	41.100	> 100	до 20	21... 40	> 40	
Ст 0	> 300	—	—	—	—	23	22	20	d = 2a
Ст1кп	300 ... 390	—	—	—	—	35	34	32	d = 0,5a
Ст1пс Ст1сп	310 - 410	—	—	—	—	34	33	31	d = 0,5a
Ст2кп	320 ... 410	215	205	195	185	33	32	30	d = a
Ст2пс, Ст2сп	330 ... 430	225	215	205	195	32	31	29	d = a
Ст3кп	360 ... 460	235	225	215	195	27	26	24	d = a
Ст3пс, Ст3сп	370... 480	245	235	225	205	26	25	23	d = a
Ст3Гпс	370... 490	245	235	225	205	26	25	23	d = a
Ст3Гсп	390... 570	—	245	—	—	—	24	—	d = a
Ст4кп	400... 510	255	245	235	225	25	24	22	d = 2a
Ст4пс Ст4сп	410... 530	265	255	245	235	24	23	21	d = 2a

a — толщина образца, мм; d — диаметр оправки

При разливке стали в ней может оставаться кислород, который удаляется непосредственно в сталеразливочном ковше:



Выделяющий при раскислении углекислый газ в виде воздушных пузырьков создает иллюзию “кипения” стали.

В зависимости от степени раскисления стали могут быть:

кипящими (КП), с содержащими менее 0,05 % Si;

спокойными (СП), содержащими до 0,15... 0,3 % Si ;

полуспокойными (ПС).

По стоимости кипящие стали (Ст1кп, Ст2кп, Ст3кп, Ст4кп) самые дешевые, но имеют порог хладноломкости на 30... 40 % выше (рис.1.34), чем стали спокойные (Ст1сп, Ст2сп,...). Поэтому для ответственных сварных

конструкций, особенно работающих при низких температурах в условиях Тюменского Севера, используют спокойные стали.

С повышением содержания углерода свариваемость сталей ухудшается, поэтому стали Ст5, Ст 6 применяются для элементов строительных конструкций не подвергаемых сварке.

Стали группы Б различаются (табл. 1.6) по химическому составу: Б Ст0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6. С ростом цифры в марке стали увеличивается содержание углерода, кремния и марганца. Естественно, что это приводит к увеличению прочности и пластичности и к снижению ударной вязкости.

Таблица 1.6
Химический состав сталей группы Б, %

Марка стали	Углерод, С	Кремний, Si	Марганец, Mn
БСт0	Не более 0,23	—	—
БСт1кп	0,06 ... 0,12	Не более 0,05	0,25 ... 0,5
БСт1пс		0,05 ... 0,17	
БСт1сп		0,12 ... 0,3	
БСт2кп	0,09 ... 0,15	Не более 0,07	0,25 ... 0,5
БСт2пс	0,09 ... 0,15	0,05 ... 0,17	
БСт2сп		0,12 ... 0,3	
БСт3кп	0,14 ... 0,22	Не более 0,07	0,3 ... 0,6
БСт3пс		0,05 ... 0,17	0,4 ... 0,65
БСт3сп		0,12 ... 0,3	
БСт3Гпс		Не более 0,15	0,8 ... 1,1
БСт3Гсп	0,14 ... 0,2	0,12 ... 0,3	
БСт4кп	0,18 ... 0,27	Не более 0,07	0,4 ... 0,7
БСт4пс		0,05 ... 0,17	
БСт4сп		0,12 ... 0,3	
БСт5пс	0,28 ... 0,37	0,05 ... 0,17	0,5 ... 0,8
БСт5сп		0,15 ... 0,35	
БСт5Гпс	0,22 ... 0,3	Не более 0,15	0,8 ... 1,2
БСт6пс	0,38 ... 0,49	0,05 ... 0,17	0,5 ... 0,8
БСт6сп		0,15 ... 0,35	

Примечание: 1. В стали марки БСт 0 — фосфора не более 0,07, серы — 0,06%.
2. Во всех марках стали, указанных в таблице, кроме БСт 0, фосфора не должно быть больше 0,04%; серы — 0,05; хрома, никеля, меди — 0,3 каждого элемента; мышьяка — 0,08%.

Стали группы В нормируются как по химическому составу, так и по механическим характеристикам: ВСт 1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5.

Стали обыкновенного качества выпускаются в виде проката: швеллер, труба, лист, прутки, балка и т. д. Углеродистые стали специального назначения (мосто - и судостроения, сельскохозяйственного машиностроения). имеют дополнительные индексы, например, для мостовых конструкций используется сталь Ст3мост.

Спокойные стали имеют более высокие ударные вязкости и сопротивление динамического разрушения.

Качественные углеродистые стали подразделяются на две группы: с нормальным содержанием марганца (0,5кп, 0,8кп,...20, 25,...., 85.) и с повышенным(0,7 ...1,2 % Mn) содержанием марганца (15Г, 20Г,...,70Г) и содержат меньшее количество серы S (до 0,04%) и фосфора P (до 0,03%), чем стали обыкновенного качества.

Цифры в марках качественных углеродистых и легированных сталей означают сотые доли % содержания углерода в ней. По содержанию углерода в стали они делятся на низкоуглеродистые (до 0,3 % C), среднеуглеродистые (0,3...0,5 % C) и высокоуглеродистые (свыше 0,5 % C).

Низкоуглеродистые стали 0,8кп, 0,5кп используются для листовой штамповки., а стали 10,15,...20,25 – для изготовления сварных конструкций.

Среднеуглеродистые стали 30, 35, 40, 45 и 50 применяются для изготовления (с нормализацией и поверхностной закалкой) деталей, подверженных большим нагрузкам, так, например, из сталей 45, 50 изготавливаются коленчатые валы и другие ответственные детали.

Высокоуглеродистые качественные стали 55, 60, 65 и 70 используются для изготовления деталей (пружины, рессоры, зубчатые колеса и т. д.) с последующей их термической обработкой.

Высококачественные стали обозначаются буквой А в конце марки: У7А, У8А,..., У13А, они содержат еще более низкое по сравнению с качественными сталями количество серы S (до 0,02%) и фосфора P (до 0,03%).

Инструментальные качественные углеродистые стали (У 7 , У8,...,У13) используются для изготовления режущего (сверло, резец,...), измерительного (линейки, калибры,...) и штамповочного инструмента. Цифра в марке инструментальных сталей показывает содержание углерода в десятых долях процента (в других марках сотые доли процента)

Строение и свойства сталей.

Углеродистой сталью называется сплав железа с углеродом, содержащим до 2% C и постоянные примеси: кремний до 0.5 %, марганец до 1%, сера и фосфор до 0.05%. Элементы, специально вводимые в сталь при ее производстве в определенных концентрациях с целью повышения ее свойств называют легирующими, а сталь - легированной. Основным элементом, при помощи которого изменяются свойства стали является углерод. К числу наиболее часто используемых специальных легирующих элементов относятся Cr, Ni, Mo, V, Ti, W, Si и Mn.

Свойства стали в значительной степени определяются тем, какие фазы образуются при сплавлении с легирующими элементами, в результате термической обработки. Основными структурными составляющими сталей являются феррит, аустенит, перлит, ледебурит, сорбит, троостит, бейнит и мартенсит. Легирующие элементы присутствуют в сталях в виде твердого раствора в железе, в виде карбидной фазы, в форме интерметаллидных соединений с железом, бором, азотом, кремнием и углеродом или между собой.

Каждая структура определяется химическим составом и технологией стали, т.ж. зависят ее свойства. Обычно, сталь имеет плотность 7.6 -7.9 г/см. куб., временное сопротивление растяжению от 800 до 3000 МПа, относительное удлинение от 5 до 12 %, ударную вязкость от 10 до 160 Дж/см. кв.

Влияние углерода и постоянных примесей на структуру и свойства стали

С увеличением содержания углерода изменяется структура стали. Сталь, содержащая углерода меньше 0.8%, состоит из феррита и перлита, при содержании С, равном 0.8%, сталь состоит только из перлита, при увеличении содержания углерода более 0.8% в стали кроме перлита появляется вторичный цементит. Изменение химического состава приводит к изменению структуры стали и ее свойств. Увеличение содержания углерода приводит к повышению прочности и понижению пластичности.

Приводимые механические свойства относятся к горячекатанным изделиям без термической обработки, т.е. при структуре *перлит + феррит* или *перлит + цементит*. С увеличением содержания углерода плотность изменяется незначительно от 7.85 до 7.7 г./см.куб., коэрцетивная сила, электросопротивление возрастают на от 3 до 18 Э. и от 0.12 до 0.23 Омммкв/м, соответственно, при изменении С от 0.2 до 1.6 %. Хрупкой фазой в стали является цементит. Увеличение содержания углерода приводит в стали к образованию структур на основе перлита (феррит + цементит), в связи с чем при С = 0.8 % прочность стали при растяжении начинает падать, а твердость продолжает увеличиваться. Для сохранения прочностных свойств стремятся получить не пластинчатый, а зернистый цементит после термической обработки. Постоянными примесями в стали считают марганец, кремний, фосфор, серу, а также газы (водород, азот, кислород).

Марганец - вводят в сталь при раскислении для устранения вредного влияния закиси железа. Mn повышает прочность горячекатанной стали, прокаливаемость, упругие свойства. При содержании более 1.5% сообщает склонность к отпускной хрупкости. При содержании более 13% и выше придает стали аустенитную структуру, противоударную стойкость, высокую износостойкость. При нагреве способствует росту зерна.

Кремний - вводится для раскисления. Полностью растворим в феррите. Увеличивает прочность, износостойкость и придает антифрикционные и упругие качества. Более 2% - снижает пластичность. Повышает прокаливаемость, но увеличивает температуры закалки, нормализации и отжига.

Фосфор - Растворяясь в феррите, вызывает хладноломкость стали. При совместном действии С и Р (Р не более 1.2%) вызывается фосфидная эвтектика, плавящаяся при Т менее 1100 С. Фосфор - вредная примесь стали. Однако повышает обрабатываемость резанием и в присутствии меди повышает сопротивление коррозии.

Сера - нерастворима в железе, образует с Fe соединение FeS сульфид железа. Последний входит в состав эвтектик, плавящихся при 988 С. Наличие зерен хрупкой и легкоплавящейся эвтектики по границам зерен стали делает ее при температурах 800 С и выше (в районе температур красного каления) - красноломкой. В т.ж. время, сера повышает обрабатываемость резанием. Вредное влияние серы нейтрализуют введением марганца, образующего с ней сульфид MnS. MnS при горячей обработке давлением деформируется и создает продолговатые линзы - строчки. Их присутствие стали, как и других включений, в стали не допустимо для ответственных изделий. MnS стремятся перевести в шлак при плавке стали.

Водород, азот, кислород - растворяются в стали. Кислород и азот образуют твердые труднодеформирующиеся вредные включения. Водород вызывает флокены. А газы вообще - эффекты деформационного старения, снижающие усталостные характеристики (вязкость и порог хладноломкости). Неметаллические включения после обработки давлением создают - полосчатость (или строчечность), вызывающую сильную анизотропию свойств. Для устранения вредного влияния растворяющихся газов применяют вакуумную разливку стали и специальные приемы раскисления.

Вопросы для самоконтроля:

1. По химическому составу стали как делятся?
2. Перечислите название легирующих элементов?
3. Водород что вызывает?
4. Фосфор - вредная примесь или полезная и почему ?
5. Назначение инструментальной качественной углеродистой стали?
6. Какие стали используются для листовой штамповки?
7. Как делятся стали по содержанию углерода?
8. По стоимости кипящие стали (Ст1кп, Ст2кп, Ст3кп, Ст4кп) самые дорогие или дешевые?
9. Назовите степень окисленности кипящей стали?
10. Назовите степень окисленности полуспокойной стали?
11. Назовите степень окисленности спокойной стали?

Источник: http://emchezgia.ru/plavkavotkrytyh/7.3_legirovaniye_stali.php ©