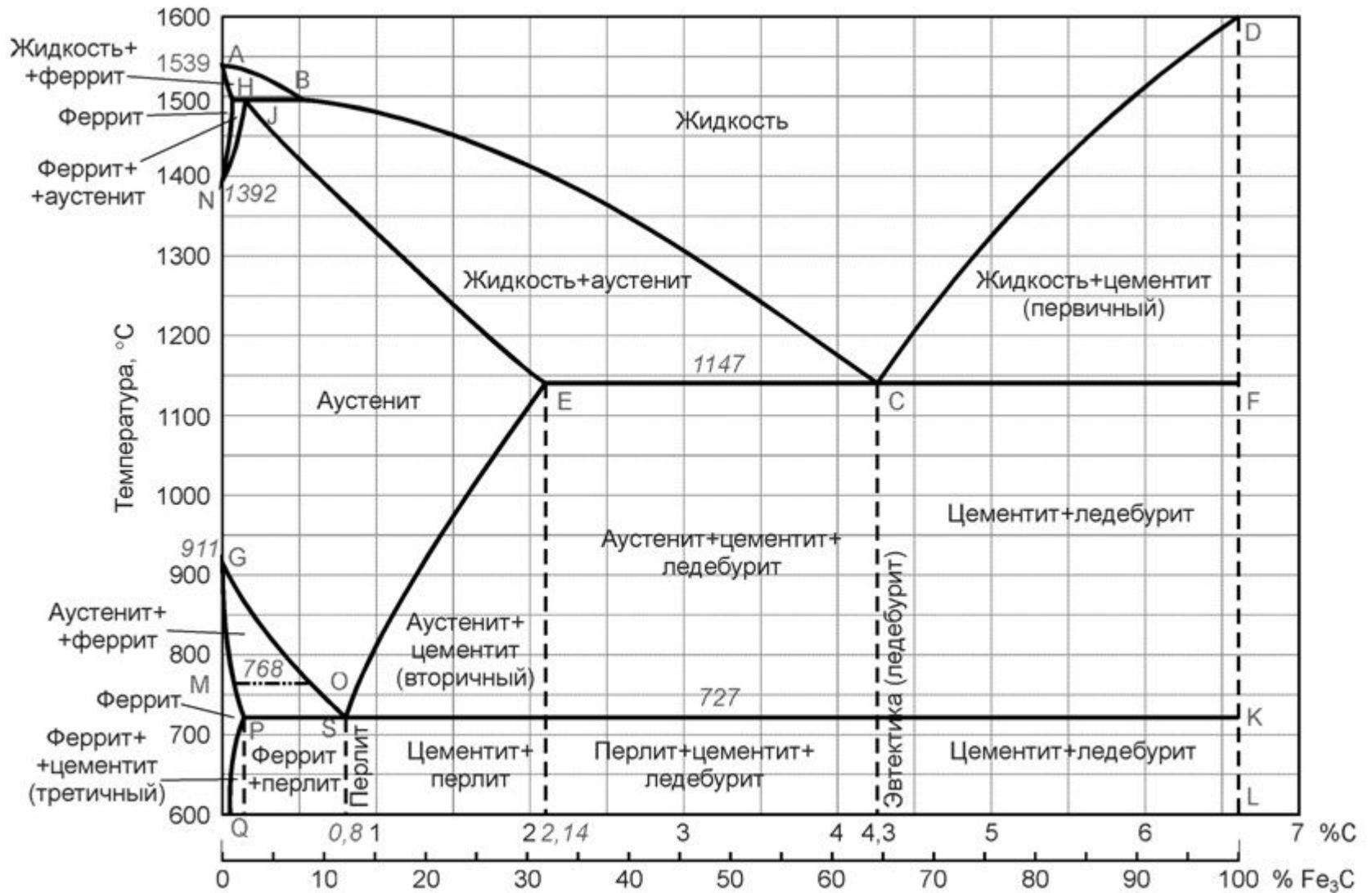


Диаграмма состояния железо - углерод



Стали

по составу

Углеродистые

Сплавы железа с углеродом, содержащие до 2,14% С, с малым содержанием других элементов

Легированные

Стали, содержащие легирующие элементы (т.е. элементы, специально вводимые в сталь для изменения ее строения и свойств)

Углеродистые стали (по качеству)

Обыкновенного качества -

содержат не более 0,05% S, не более 0,04% P.

Изготавливают по ГОСТ 380-80

Выплавляют обычно в крупных мартеновских печах и кислородных конвертерах

Маркируют буквами СТ, затем цифра (0-6) и буквы кп – кипящая; пс – полуспокойная; сп – спокойная

Чем выше цифра (0 – 6), тем выше содержание углерода в стали. В стали всех марок (кроме Ст0) содержание S $\leq 0,050\%$, P $\leq 0,040\%$ (в стали марки Ст0 S $\leq 0,060\%$, P $\leq 0,070\%$)

Пример: Ст3кп, Ст4пс, Ст6сп

Качественные –

Содержат $\leq 0,04\%$ S ($\leq 0,03\%$ для инструментальных сталей); $\leq 0,035\%$ P (в особо ответственных случаях $< 0,02\%$ S, $< 0,03\%$ P). Изготавливают по ГОСТ 1050-88.

Выплавляют в электропечах, кислородных конвертерах и мартеновских печах.

Маркируют двумя цифрами - среднее содержание углерода в сотых долях процента. При обозначении кипящей и полуспокойной стали в конце марки ставится «кп» или «пс», в случае спокойной стали букв нет. Требования по содержанию примесей более жесткие (S $\leq 0,040\%$, P $\leq 0,035\%$).

Пример: 20, 10пс

Качественные углеродистые стали по содержанию углерода

Низкоуглеродистые
(до 0,25 % С)

Среднеуглеродистые
(0,3 – 0,5 % С)

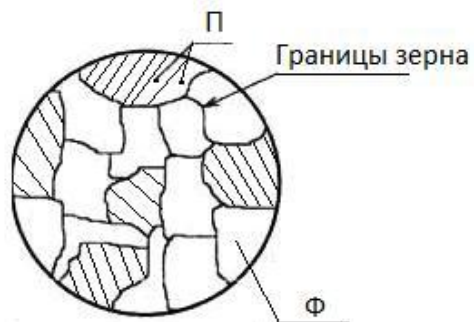
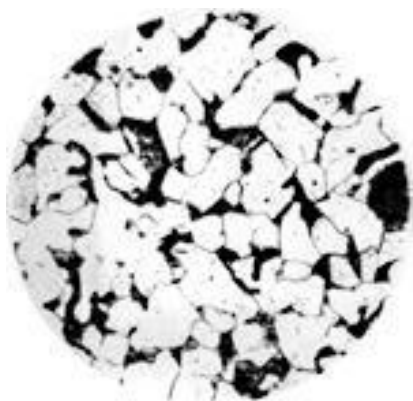
Высокоуглеродистые
конструкционные
(до 0,65 % С)

Высококачественные стали применяют для изделий ответственного назначения. Имеют еще более низкое содержание вредных примесей (серы и фосфора), что сильно удорожает производство, поэтому *высококачественные* стали чаще бывают не углеродистые, а легированные. При обозначении в конце марки добавляется буква А, например сталь У10А.

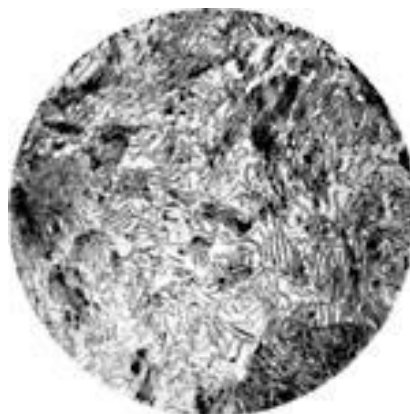
Углеродистые стали, содержащие 0,7 – 1,3 % С используют для изготовления ударного и режущего инструмента. Маркируют У7, У13, где «У» – углеродистая сталь, цифра – содержание углерода в десятых долях процента.

Углеродистые стали (по структуре)

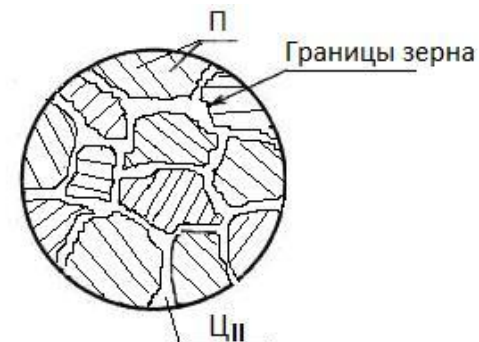
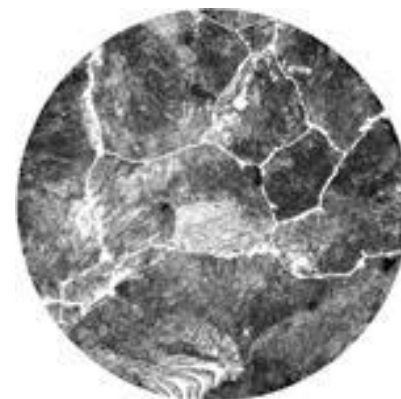
Доэвтектоидные
Содержание углерода
до 0,8%; структура
феррит + перлит



Эвтектоидные
Содержание углерода
~0,8%; структура - перлит



Заэвтектоидные
Содержание углерода от
0,8 до 2,14%; структура
перлит+цементит



Все химические элементы в стали

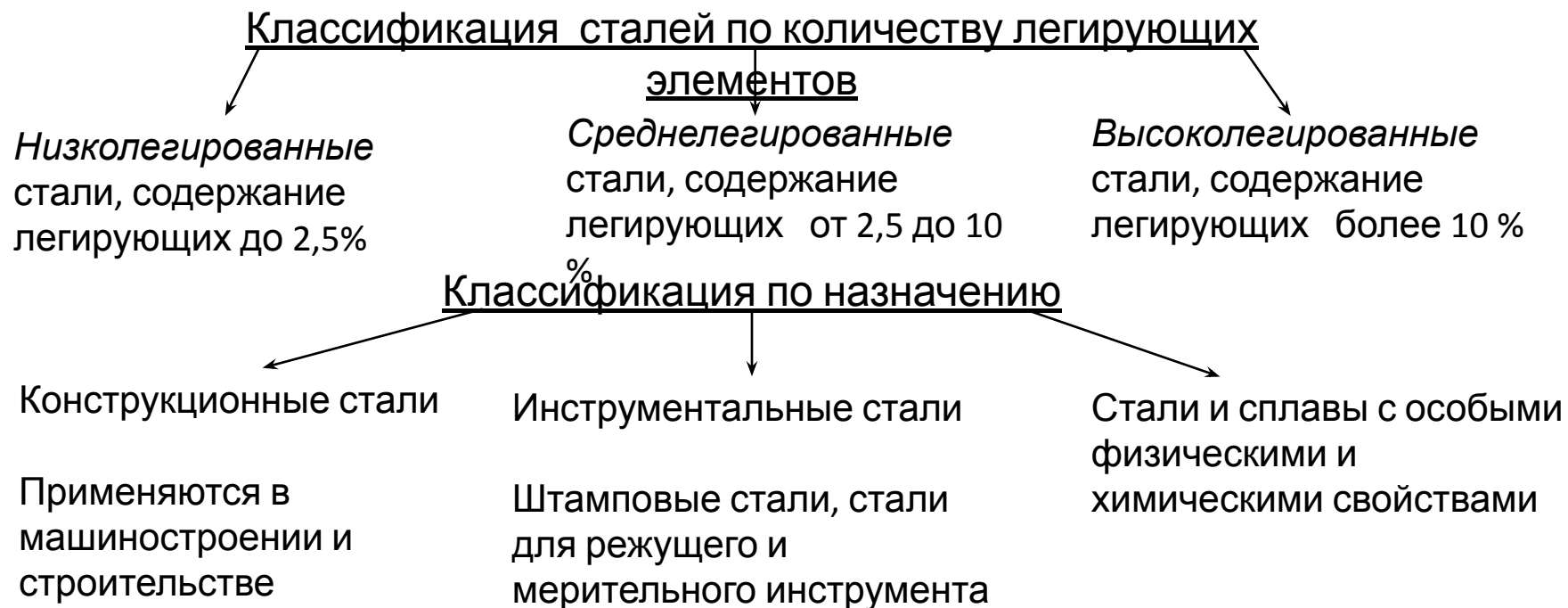
Постоянные
(обыкновенные)
примеси:

- Mn, Si и Al – раскислители, вводятся при производстве стали;
- S и P присутствуют всегда, т.к. избавиться от них невозможно.

Скрытые примеси:
кислород (O),
водород (H) и азот (N)
Присутствуют в малых количествах в любой стали.

Случайные
примеси: примеси, попадающие в сталь из шихтовых материалов или случайно

Легирующие элементы – специально вводят в сталь в определенных концентрациях с целью изменения ее строения и свойств. Стали, содержащие такие элементы называются *легированными* или *специальными*.



Стали и сплавы с особыми физическими и химическими свойствами:

- 1) Коррозионностойкие (нержавеющие) – для изделий, работающих в агрессивных средах;
- 2) Жаропрочные и теплоустойчивые – для деталей, работающих при повышенных температурах;
- 3) Износостойкие – для деталей машин, работающих в условиях трения (шарикоподшипниковые, высокомарганцовистые, графитизированные стали);
- 4) Электротехнические – для изготовления магнитопроводов электротехнического оборудования (электромагниты, трансформаторы, генераторы и др.);
- 5) Хладостойкие – для деталей машин, работающих в условиях севера и Сибири;
- 6) Магнитные – для изготовления постоянных магнитов, сердечников трансформаторов и др.;

Принципы маркировки сталей в России

Х – хром (Cr)

Н – никель (Ni)

В – вольфрам (W)

М – молибден (Mo)

Ф – ванадий (V)

Т – титан (Ti)

Ю – алюминий (Al)

Д – медь (Cu)

Г – марганец (Mn)

С – кремний (Si)

К – кобальт (Co)

Ц – цирконий (Zr)

Р – бор (B)

Б – ниобий (Nb)

В середине марки стали
указывает на легирование
азотом (специальные марки)

А

В конце марки указывает на
то, что сталь
высококачественная

Л – литейная сталь (в конце марки)

Для **конструкционных** марок стали первые две цифры показывают содержание углерода в сотых долях процента. Если содержание легирующего элемента выше 1%, то после буквы указывается среднее значение в целых процентах.

Пример:

Сталь 18ХГТ содержит, %: 0,17 – 0,23 С; 1,0 – 1,3 Cr; 0,8 – 1,1 Mn и около 0,1 Ti

Сталь 38ХНЗМФА содержит, %: 0,33 – 0,40 С; 1,2 – 1,5 Cr; 3,0 – 3,5 Ni; 0,35 – 0,45 Mo; 0,1 – 0,18 V; высококачественная

Для **инструментальных** марок стали первая цифра показывает содержание углерода в десятых долях процента. Начальную цифру опускают, если углерода около 1% или более.

Пример:

Сталь 3Х2В8Ф содержит, %: 0,3 – 0,4 С; 2,2 – 2,7 Cr; 7,5 – 8,5 W; 0,2 – 0,5 V

Сталь 5ХНМ содержит, %: 0,5 С; 0,5 – 0,8 Cr; 1,4 – 1,8 Ni; 0,19 – 0,30 Mo

Сталь ХВГ содержит, %: 0,90 – 1,05 С; 0,9 – 1,2 Cr; 1,2 – 1,6 W; 0,8 – 1,1 Mn

Принципы маркировки сталей в России

Дополнительные обозначения (ставятся вначале марки):

- А – автоматные;
- Ш – подшипниковые;
- Р – быстрорежущие;
- Э – электротехнические;
- Е – магнито-твердые.

Строительные стали (С235, С345, С 590К и др.):

- С – строительная сталь;
- Цифры – предел текучести проката;
- К – вариант химического состава

Электротехнические стали:

маркировка 1211, 1313, 2211 и т.д.

Первая цифра – класс по структурному состоянию и виду прокатки;

Вторая цифра – содержание кремния;

Третья цифра – потери на гистерезис;

Четвертая цифра – группа по основной нормируемой характеристике.

Три первые цифры вместе – тип стали;

Четвертая цифра – порядковый номер типа стали.

Особо высококачественные стали в конце могут иметь обозначение способа дополнительного переплава:

ВД – вакуумно-дуговой переплав;

Ш – электрошлаковый переплав;

ПД – плазменно-дуговой переплав;

ВИ – вакуумно-индукционная выплавка.

Стали для режущего инструмента

Нетеплостойкие

Углеродистые и
низколегированные (до 3-4%
легирующих элементов)

Применяют:

- качественные стали марок
У7-У13;
- высококачественные стали
марок У7А – У13А

У7 – У9 – для режущего
инструмента при работе с
ударными нагрузками (клейма
по металлу, зубила, топоры и
т.п.)

У10 – У13 – для режущего
инструмента без ударных
нагрузок (напильники, острый
хирургический инструмент и т.
п.)

Полутеплостойкие

Среднелегированные (от 4
до 10% легирующих
элементов)

Применяют :

Стали типа 9Х5ВФ, ХВГ и др.
для изготовления сверл,
разверток и др. диаметром до
60 – 80 мм.

Низколегированные стали
типа 13Х, 9ХС и др.
применяются для
инструмента диаметром не
более 15 мм (гравировальный
инструмент, лезвия
безопасных бритв и т.п.)

Теплостойкие

Высоколегированные
(более 10% легирующих
элементов)
быстрорежущие стали

Применяют стали типа
Р18, Р6М5 и др. для
изготовления резцов,
работающих при
больших скоростях.

Стали для режущего инструмента

Углеродистые стали

Твердость готового



Достоинства: низкая стоимость, хорошая обрабатываемость давлением и резанием в отожженном состоянии.

Недостатки: невысокие скорости резания, ограниченные размеры инструмента (до 5-6 мм) из-за низкой прокаливаемости, значительные деформации после закалки.

Низколегированные – промежуточное положение между углеродистыми и среднелегированными, теплостойкость все еще недостаточная, но прокаливаемость выше, чем у углеродистых ⇒ минимальная толщина инструмента до 15 мм.

Легированные стали

Твердость готового инструмента 61 – 65 HRC



Среднелегированные – обладают хорошей теплостойкостью (скорости резания увеличиваются) и достаточно высокой прокаливаемостью, что позволяет изготавливать инструмент толщиной до 60 – 80 мм.

Недостатки – возрастает цена за счет легирования и удорожания процесса изготовления.

Быстрорежущие стали

Впервые предложены в 1902 г.

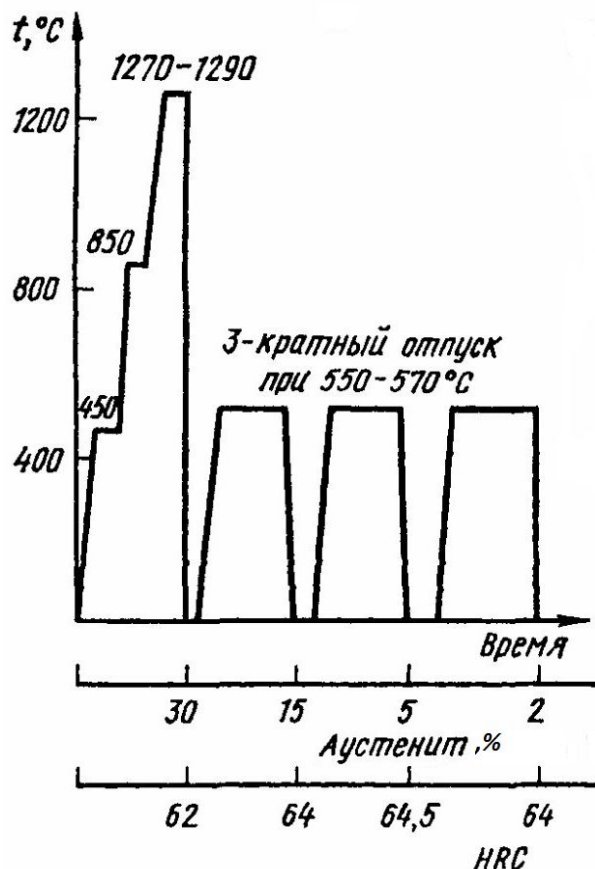
Достоинства – обладают высокой теплостойкостью (сохраняет структуру неизменной при нагреве до 600 – 620 °С), что позволяет значительно увеличить скорость резания; обладает высокой прокаливаемостью, что позволяет закаливать детали достаточной толщины и избежать коробления изделий.

Недостатки – дорогостоящее легирование, дорогостоящий процесс производства.

Твердость готового инструмента 63 – 65 HRC

Маркируют – Р (rapid – быстрый), цифры показывают среднее содержание вольфрама – основного легирующего элемента; затем буквы и цифры, указывающие содержание остальных легирующих. Содержание Cr (до 4%) и С (до 1%) не указывается.

Примеры: P18, P6M5, P6M5K5 и др.



Автоматные стали

Стали с повышенным содержанием S и P хорошо обрабатываются резанием при больших скоростях, при этом получается высокое качество поверхности

Сера образует включения MnS , которые способствуют образованию короткой и ломкой стружки и снижают трение между стружкой и инструментом.

Фосфор повышает твердость и снижает пластичность \Rightarrow приводит к образованию ломкой стружки и получению гладкой блестящей поверхности при резании.

Легирование **свинцом** \Rightarrow округлые включения свинца больше способствуют образованию ломкой стружки, при резании образуется пленка свинца, уменьшающая трение между инструментом и изделием.

Недостатки – такие стали обладают большой анизотропией механических свойств, склонны к хрупкому разрушению, имеют пониженный предел

выносливости.

Маркируют – буква А, цифра (среднее содержание S в сотых долях процента), при повышенном содержании марганца в конце добавляют букву Г.

Примеры: А20, А30, А40Г, А12.

Применяют для изготовления метизов и т.п.



Рессорно-пружинные стали

Основные требования – высокий предел упругости;

- высокий предел выносливости ;
- повышенная релаксационная стойкость с сохранением упругих свойств в течение долгого времени.

Для достижения требований стали должны обладать хорошей закаливаемостью и прокаливаемостью, а также мелкозернистой структурой (повышение сопротивления пластической деформации).

Такие стали обычно легируют Si и Mn – упрочняют феррит, увеличивают прокаливаемость стали. Si – задерживает распад мартенсита при отпуске.

Пружины из углеродистых, марганцевых и кремнистых сталей работают при 200°С;

При 300°С – 50ХФА, до 500°С – 3Х2В8Ф.

В агрессивных средах – пружины из коррозионностойких сталей типа 40Х13 и др. Химический состав некоторых марок пружинных сталей, % (ГОСТ

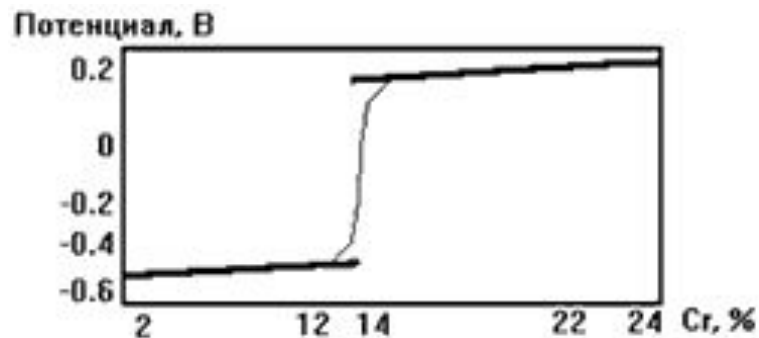
14959-79) Марка-стали	C	Mn	Si
65	0,62–0,70	0,5–0,8	0,17–0,37
70	0,67–0,75	0,5–0,8	0,17–0,37
65Г	0,62–0,70	0,9–1,2	0,17–0,37
60С2	0,57–0,65	0,6–0,9	1,5–2,0
70СЗА	0,66–0,74	0,6–0,9	2,4–2,8
60СГ	0,57–0,65	0,8–1,0	1,3–1,8
40ХФА	0,37–0,44	0,5–0,8	0,17–0,37



Коррозионностойкие стали

Основной легирующий элемент – хром, при содержании 12 – 14% Cr сталь устойчива против коррозии в атмосфере, морской воде, ряде кислот, щелочей и солей.

Коррозионная стойкость достигается за счет образования непрерывной прочной пассивирующей пленки на поверхности металла.



Электрохимический потенциал железохромистой стали

Хромистые ферритные

Содержат 12 – 25% Cr и 0,07 – 0,2 % С.

Примеры: 08Х13, 12Х13

Хромистые мартенситные

Содержат 12 – 18% Cr и 0,15 – 1,2 % С.

Примеры: 30Х13, 40Х13

Хромоникелевые аустенитные

Содержат 12 – 18% Cr, 8 – 30 % Ni и 0,02 – 0,25% С

Примеры: 12Х18Н10Т, 04Х18Н10 и др.

Применение – подшипники, втулки, ножи и др. детали, работающие в агрессивных средах, трубы теплообменной аппаратуры, в холодильной и криогенной технике, в пищевой промышленности и др.

Жаростойкие и жаропрочные стали – стали, работающие при высоких температурах

Жаростойкость – способность материала сопротивляться химической коррозии в сухой газовой среде при высоких температурах.

Fe и O образуют три вида оксидов: FeO, Fe₃O₄, Fe₂O₃. До 560 - 600°C – плотные Fe₃O₄, Fe₂O₃, свыше 600°C – рыхлый оксид FeO.

Для повышения жаростойкости легируют Cr (основной легирующий элемент), Al и Si.

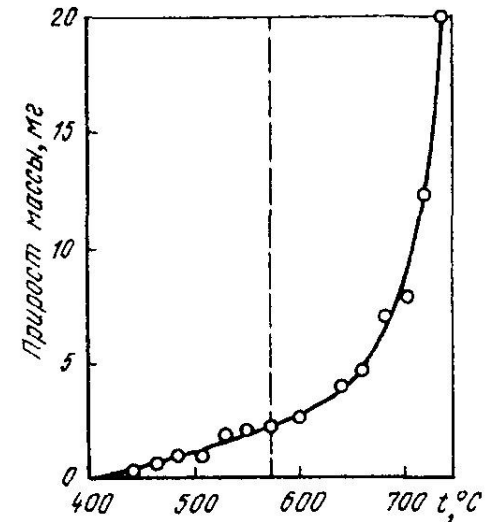
Жаростойкость ↑ с ростом содержания хрома:
40Х9С2 – жаростойкость до 800°C, 08Х17Т – до

900°C
Жаропрочность – способность материала сопротивляться деформации и разрушению при высоких температурах. Достигается легированием элементами с высокой $T_{пл}$ – Cr, Mo, W, Nb, Ta.

Перлитные стали – 12ХМ, 12Х1МФ и др. Назначение – для крепежа, труб, паропроводов и др., работающих при 500 - 550°C.

Мартенситные стали – 15Х11МФ, 15Х12ВНМФ и др. Детали энергетического оборудования, работающие при 600 - 620°C.

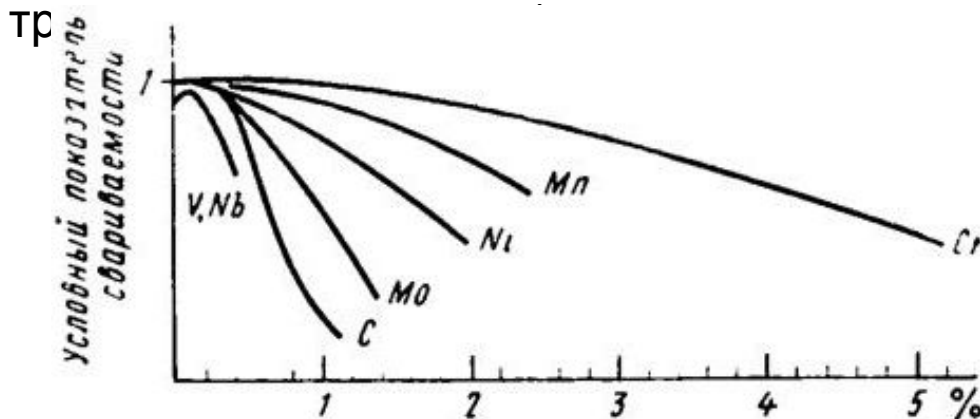
Аустенитные стали – 09Х14Н16Б, 45Х14Н14В2М и др. Роторы, диски, лопатки газовых турбин и др., работающих при 600 - 700°C.



Зависимость скорости окисления Fe от T.

Свариваемость сталей-

возможность получения на данной стали сварного соединения с высокими свойствами, не уступающими свойствам основного свариваемого металла и высокого качества — отсутствия различного рода сварочных дефектов (пор,



Влияние легирующих элементов на свариваемость стали с 0,2% C.

Основная масса сталей для сварных конструкций — низкоуглеродистые и среднеуглеродистые стали с небольшим содержанием углерода (0,15 – 0,25%).

Кремний (Si) – до 1,7% существенно не влияет; образует тугоплавкие окисные пленки (снижает свариваемость), упрочняет феррит – приводит к трещинообразованию.

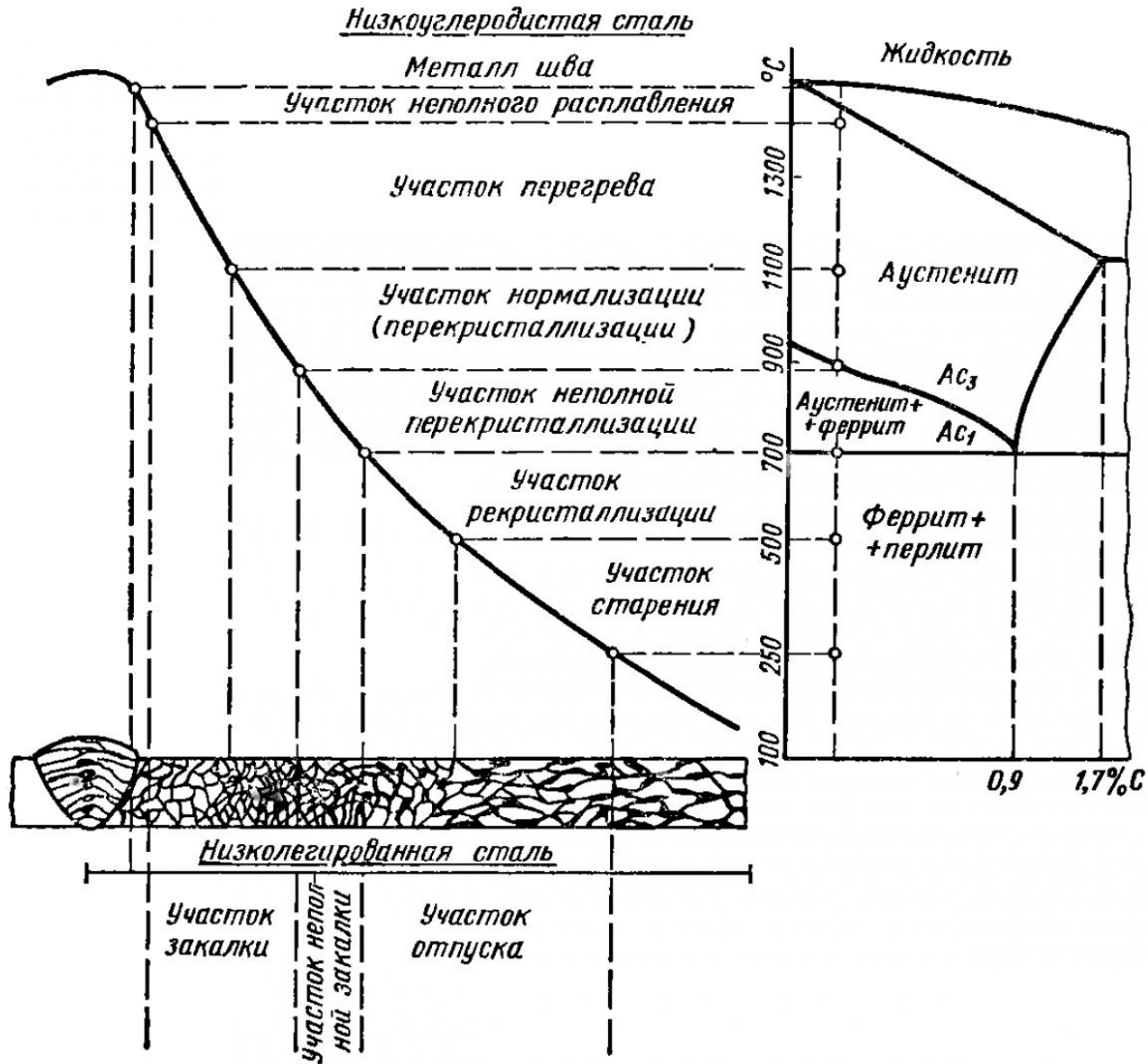
Сера (S), фосфор (P) – вредные примеси, снижают свариваемость.

Марганец (Mn), хром (Cr) – чем ↑ содержание C, тем сильнее отрицательное влияние Mn и Cr – приводят к охрупчиванию в зоне термического влияния (ЗТВ).

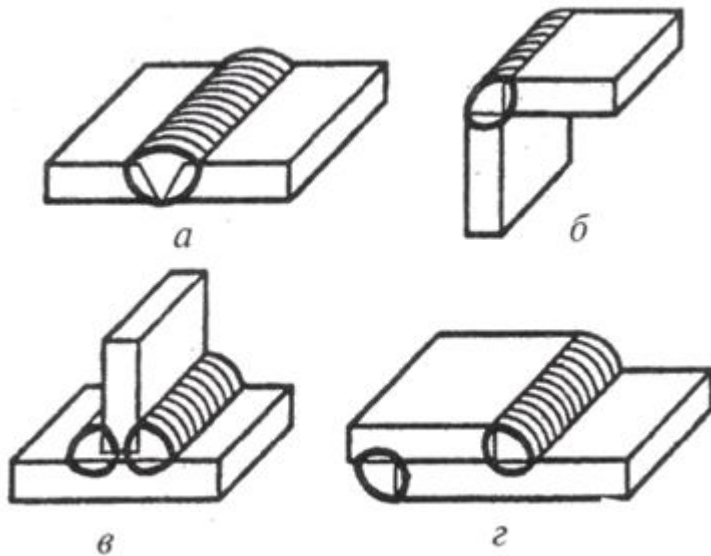
Никель (Ni) - чем ↑ содержание C, тем сильнее влияние Ni – повышает склонность к водородному охрупчиванию в ЗТВ.

- C – определяет группу свариваемости: - низкоуглеродистые стали (C до 0,25%) свариваются без ограничений;
- среднеуглеродистые стали (до 0,35%) свариваются удовлетворительно,
- стали с C до 0,45% - свариваются ограниченно;
- высокоуглеродистые стали (C от

Строение сварного шва



Виды сварных соединений



По расположению элементов друг относительно друга: а – стыковые; б – угловые; в – тавровые; г – нахлесточные.
Стыковые соединения - наиболее распространенные, имеют самое низкое значение напряжения, а также меньше всего поддаются деформации в процессе сваривания. Толщина свариваемого металла от 1 до 60 мм.

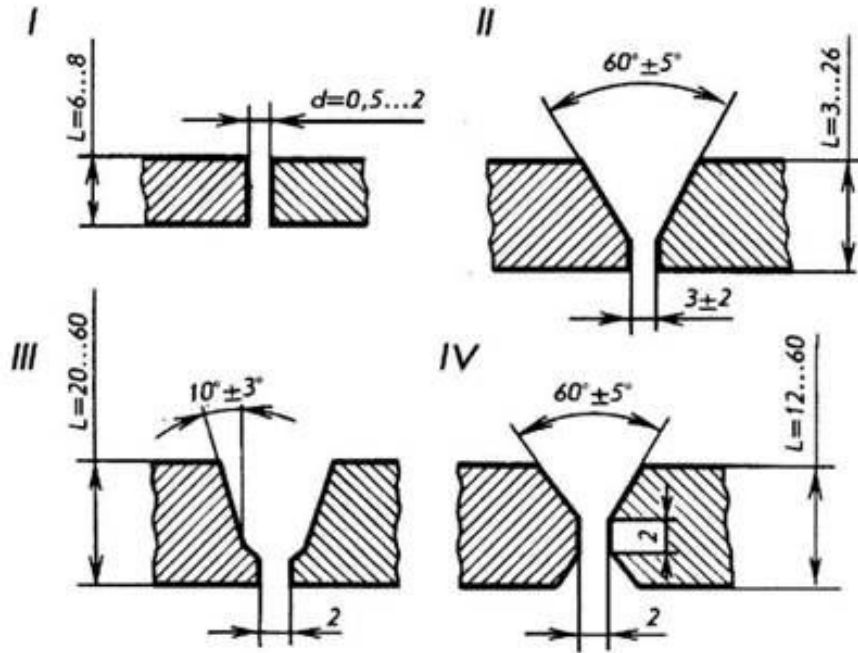
Угловые соединения – элементы сваривания расположены под любым углом один к другому, но не несут большой нагрузки. Применяется для различных сосудов, емкостей, резервуаров. Толщина металла 1-3 мм.

Нахлесточные соединения – не требует особенной обработки кромок. Толщина металла не более 12 мм. Чаще всего используется двухсторонний шов, чтобы с противоположной стороны шва не проникала влага.

Тавровые соединения – применяется для сварки колонн, стоек, балок. В сечении это соединение представляет собой букву Т, причем сварочный шов может быть как с одной, так и с двух сторон.

Виды разделки кромок-

в зависимости от толщины свариваемых деталей



I – без разделки кромок
(толщина до 8 мм);

II – V-образная разделка
кромки (толщина до 26 мм);

III – U-образная разделка
кромки (толщина 20-60 мм);

IV – двусторонняя X-образная
разделка кромок (толщина
12-60 мм).

Послесварочная термообработка – проводится в основном для углеродистых и низколегированных сталей. Цель – снижение остаточного напряжения, повышение пластичности и ударной вязкости, освобождение диффундирующего водорода – отжиг для снятия напряжений.

Послесварочная термообработка **коррозионностойких** сталей проводится в тех случаях, когда сварная конструкция будет работать в агрессивных средах – цель повысить коррозионную стойкость путем растворения карбидов хрома и перевода хрома в твердый раствор.

Дефекты сварных соединений металлов ГОСТ

30242-97

Группа 1 – трещины: микротрещины, продольные, поперечные и др., могут располагаться как в металле шва, так и в ЗТВ.



Группа 2 – поры: газовая пора, пористость, скопление пор, усадочная раковина и др., располагаются в металле шва.



Группа 3 – твердые включения: шлаковое, флюсовое, оксидное, металлическое; располагаются в металле шва.



Группа 4 – несплавление и непровар – между металлом шва и основным металлом, между сварочными валиками, в корне шва.



Группа 5 – нарушение формы шва: подрез, наплав, смещение, натек, прожог и др.

Группа 6 – прочие дефекты: брызги металла, задиры, утонение металла и др.

