

Металлургия

Термическая обработка соединений: способы нагрева, режимы, оборудование, изменение структуры.

Термическая обработка стали

тепловое воздействие определённой температуры

Закалка



Это процесс **термической обработки**, при которой сталь **нагревают** до оптимальной температуры, выдерживают при этой температуре и затем быстро охлаждают с целью получения определённой **структуры** металла, с **заданными свойствами**.

В результате *закалки* повышается *прочность и твердость* и понижается *пластичность* конструкционных и инструментальных *сталей и сплавов*.

Качество *закалки* зависит от *температуры* и *скорости* нагрева, времени *выдержки* и *охлаждения*.

И так: основными параметрами *закалки* являются *температура нагрева* и *скорость охлаждения*.

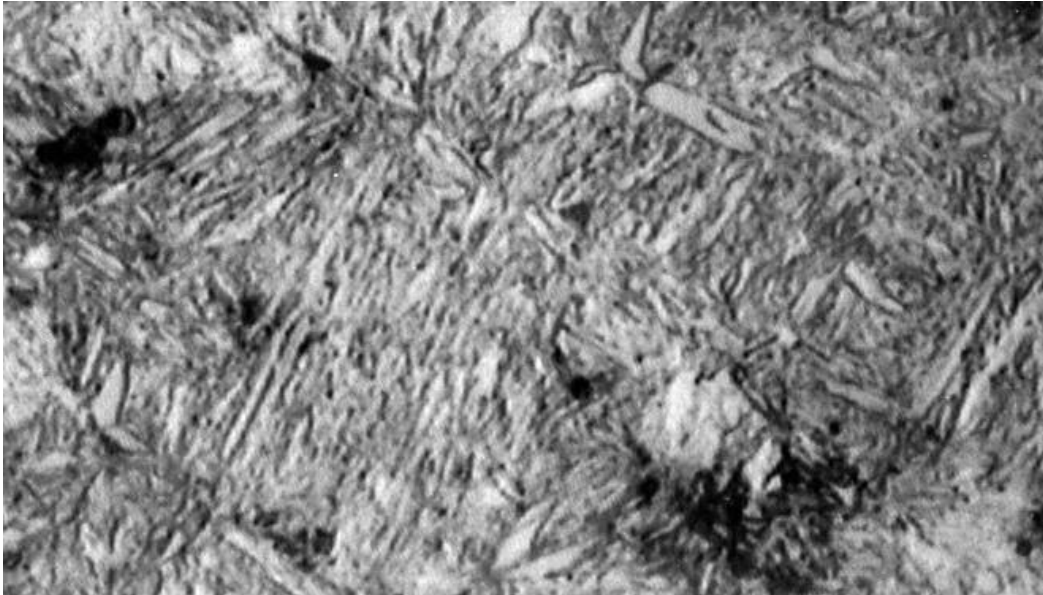


Отпуск — технологический процесс, заключающийся в **термической обработке** закалённого металла, при которой основными процессами являются распад **мартенсита**, **рекристаллизация**.



Отпуск проводят с целью получения более высокой *пластичности* и снижения *хрупкости* материала при сохранении приемлемого уровня его *прочности*. Для этого изделие подвергается *нагреву* в печи до температуры от *150—260 °C* до *370—650 °C* с последующим медленным *остыванием*.

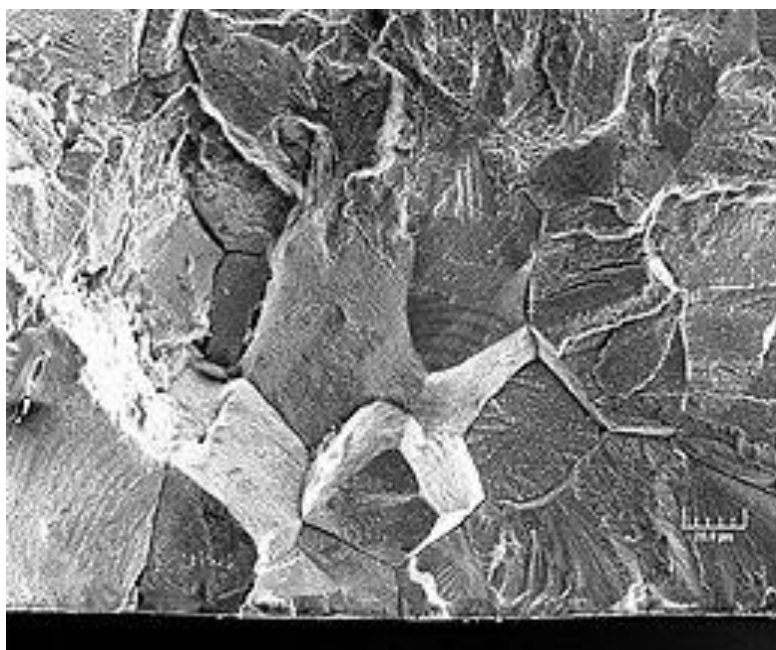
Мартенсит



– это зерна *игольчатой* формы в микроструктуре металла, представляющие собой перенасыщенный твердый раствор углерода.

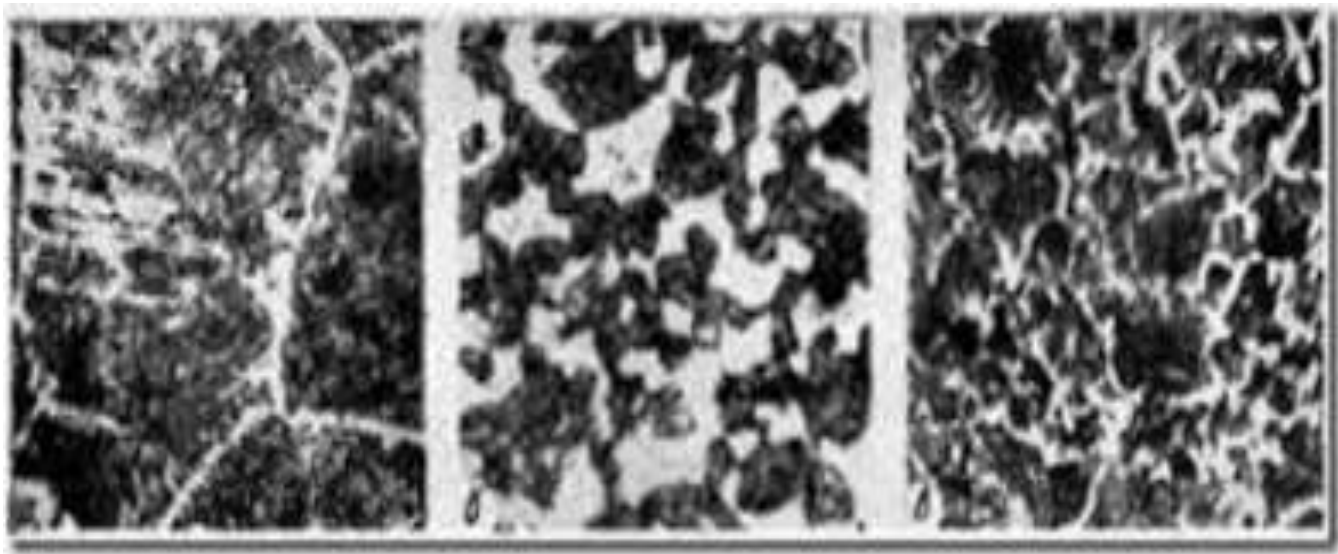
Такая структура характерна для сталей, прошедших процедуру *закалки*.

Мартенситные стали из-за особенностей своей структуры отличаются самой высокой *твердостью* среди подобных материалов.



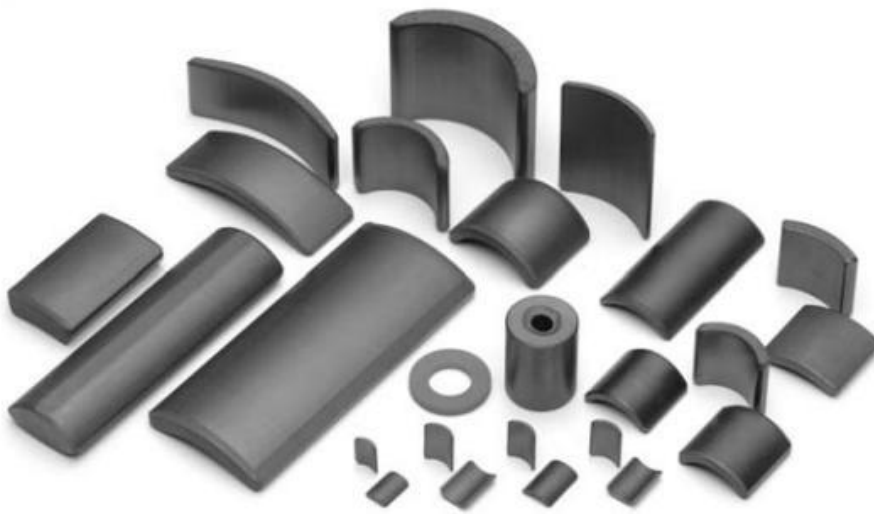
Нормализация

При нормализации одни стали нагреваются до температуры на 50 °С выше критической точки завершения *превращения избыточного феррита в аустенит*, другие до температуры на 50 °С выше точки завершения *превращения избыточного цементита в аустенит*.



Нагревание ведется до полной *перекристаллизации*. Охлаждение производится на воздухе в цехе. В результате сталь приобретает *мелкозернистую*, однородную структуру. *Твердость, прочность* стали после нормализации выше на 10-15 %, чем после отжига.

Феррит фазовая составляющая сплавов железа, представляющая собой твёрдый раствор углерода и *легирующих элементов*.



Феррит — железо или сплав железа с объёмно-центрированной кубической кристаллической решёткой, химические соединения оксида железа Fe_2O_3 с оксидами других металлов.

Отжиг

*Представляет собой операцию **термической обработки**, заключающуюся в **нагреве** стали, **выдержке** при данной температуре и последующем **медленном охлаждении** вместе с печью или в песке со скоростью 2-3° в минуту. В результате*

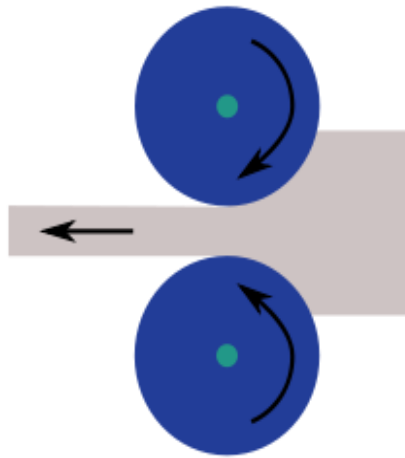
отжига образуется устойчивая структура, свободная от остаточных напряжений.



Цель отжига:

- 1) снижение **твёрдости** и повышение **пластичности** для облегчения обработки металлов резанием.*
- 2) уменьшение **внутреннего напряжения**, возникающего после обработки давлением (ковка, штамповка), механической обработки и т. д.*
- 3) снятие **хрупкости** и повышение сопротивляемости **ударной вязкости**.*
- 4) устранение структурной **неоднородности** состава материала, возникающей при затвердевании.*

обработка металлов давлением



1. Для получения заготовок постоянного поперечного сечения по длине, применяемых в строительных конструкциях или в качестве заготовок для последующего изготовления из них деталей.
2. Для получения деталей или заготовок (полуфабрикатов), имеющих приблизительно формы и размеры готовых деталей и требующих обработки резанием лишь для придания им окончательных размеров и получения поверхности заданного качества.



-Прокат. Швеллер.мр4

Виды обработки давлением:

Прокатка — процесс пластического деформирования тел между вращающимися приводными валиками.

Прессование - заключается в продавливании заготовки, находящейся в замкнутой форме, через отверстие матрицы, причём форма и размеры поперечного сечения выдавленной части заготовки соответствуют форме и размерам отверстия матрицы.

Волочение - заключается в протягивании заготовки через сужающуюся полость матрицы или через межвалковое пространство образованное двумя или более валками; площадь поперечного сечения заготовки уменьшается и получает форму поперечного сечения отверстия матрицы.

Ковка - изменяют форму и размеры заготовки путём последовательного воздействия универсальным инструментом на отдельные участки нагретой заготовки.

Штамповка - изменяют форму и размеры заготовки с помощью специализированного инструмента — штампа (для каждой детали изготавливают свой штамп), который состоит из матрицы, пуансона и дополнительных частей. Различают объёмную и листовую штамповку.

Листовая штамповка - получают плоские и пространственные полые детали из заготовок, у которых толщина значительно меньше размеров в плане (лист, лента, полоса).





Упругая деформация - полностью восстанавливает исходные форму и размеры после снятия внешних сил.

характеризуется смещением атомов относительно друг друга на величину, меньшую межатомных расстояний, и после снятия внешних сил атомы возвращаются в исходное положение.

Пластическая деформация - изменение формы и размеров, вызванное действием внешних сил, сохраняется и после прекращения действия этих сил.

(атомы смещаются относительно друг друга на величины, больше межатомных расстояний, и после снятия внешних сил не возвращаются в своё исходное положение, а занимают новые положения равновесия)

Холодный и **горячий** прокат

Холодно-катанный лист - напряжение равномерное по всему листу, поэтому лист всегда ровный. Точность размеров выше, лучше качество поверхности, но склонен к коррозии, неизбежно имеет внутренние (остаточные) напряжения, (**остаточная**

напряженность, которую удаляют дополнительным обжигом и обжимкой), упрочнен вследствие пластических деформаций, по толщине может иметься неоднородность упрочнения, имеет большую твердость и меньшую пластичность, для изготовления некоторых изделий понадобится **отжиг**, дороже в производстве.

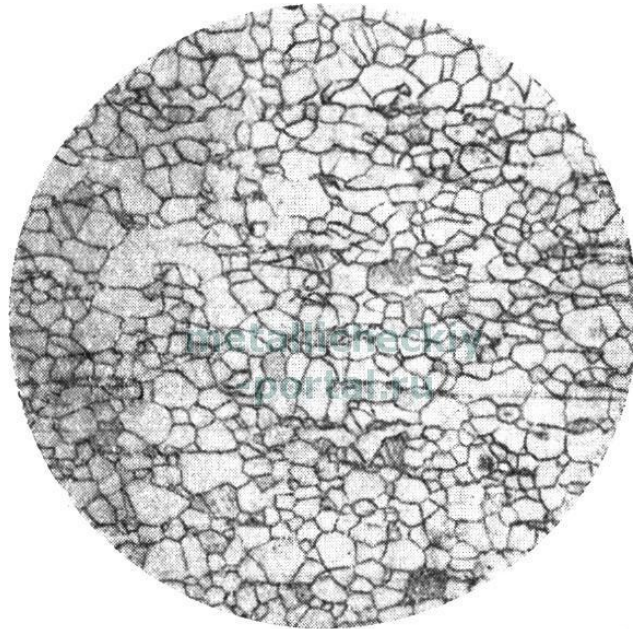


Рис. 26. Микроструктура холоднокатаного листа ($\times 100$).

Горяче-катанный лист - напряжение не равномерное за счёт невозможности равномерного остывания листа (края остывают быстрее, чем середина), лист часто бывает не ровным, и края могут чуть **подкалиться** а середина наоборот **отпустится**, из-за этого присутствуют неравномерные **остаточные напряжения**, которые готовую конструкцию могут привести потом к **деформациям**.

Зерно горячекатанного листа имеет более правильную форму, и деформационные остаточные напряжения ниже, и **прочность** горячекатанного листа тоже ниже.



Рис. 15. Микроструктура горячекатаного металла ($\times 100$).

Поверхность может быть с окалиной, **упругость, пластичность, прочность и теплоемкость** материала значительно колеблется, потому как обеспечить равномерный прогрев **сляба** перед раскаткой практически невозможно.

Горячий способ производства вызывает *окисление* поверхности металла, при сильно отрицательных температурах охрупчивается меньше.

Для горяче-катанных и холодно-катанных используются разные марки стали, к примеру: Ст3**пс** обыкновенного качества, 08**кп** качественная.

По раскислению: **кп** - кипящая; **пс** - полуспокойная; **сп** - спокойная. С точки зрения сварки **кипящая** - хуже, **сп** - лучше. В некоторых случаях, например, применение **кп** может быть **запрещено** для более ответственных узлов.

Кипящая сталь является не полностью раскисленной.

Во время разливки «кипит» из-за обильного выделения газов и является наиболее **загрязнённой и неоднородной**.

Скопление серы в определённых участках может послужить причиной появления **кристаллизационных трещин** по шву, так как на этих участках будет хрупкой.

*На прочность же **сварных соединений** способ получения проката практически не влияет, но варить проще горяче-катанную.*

При сварке холодно-катанная имеет тенденцию к короблению из-за неравномерных нагревов в процессе сварки, но правильной последовательностью сварочных прихваток можно этого избежать.

И всё же **г/к** и **х/к** одинаково реагируют на **перегрев**, но с разным результатом, **г/к** – *вытягивается*, **х/к** – *коробится*, за счёт

=====

Сплавы на основе железа с содержанием легирующих элементов, особая группа сталей с комплексом свойств, принципиально отличающихся от свойств обычных углеродистых низко- и среднелегированных сталей.

Легированные стали и сплавы на основе железа с особыми свойствами

Легированными называются *стали*, содержащие, кроме углерода, кремния, марганца и примесей серы и фосфора, добавки других элементов в количествах, превышающих 0,8...1,2 %. (легирующие элементы)

В некоторых легированных сталях **углерод** является **нежелательной примесью**, и его содержание ограничивается 0,05% и менее.

Легированными считаются также стали, имеющие в своем составе более 1% Si (кремний) или Mn (марганец).

Легирующие элементы вводят в сталь с целью повышения эксплуатационных характеристик и механических свойств



(прочность, твердость, упругость, пластичность, ударная вязкость) это в большинстве легированных сталей достигается после *термической обработки*

Легирующие элементы способствуют увеличению **закаливаемости** и **прокаливаемости** стали, замедлению процессов приводящих к смягчению стали **при отпуске**.

Некоторые легирующие элементы способствуют сильному **измельчению зерна** в сталях, а это благоприятно сказывается на свойствах. Посредством легирования удастся получить **жаропрочные, жаростойкие и коррозионностойкие стали**, а также стали и сплавы с особыми физическими свойствами.

В марках **инструментальных легированных** сталей содержание углерода выражается не в сотых, а в десятых долях процента, как и при обозначении **инструментальных углеродистых** сталей.

Например, 5ХНМ - сталь с 0,5 - 0,6% С (углерод); 0,6 - 0,7% Cr (хром); 1,2 - 1,6% Ni (никель); 0,2 - 0,3% Мо (молибден)

(при обозначении инструментальных сталей содержание углерода нередко не указывается, если оно составляет 0,9 - 1,1%)

Инструментальные стали, легированные вольфрамом, обозначают марками Р18, Р9. Буква Р указывает на то, что сталь **быстрорежущая**, а цифра показывает содержание вольфрама в процентах.

Легированные стали, предназначенные для изготовления шарикоподшипников, обозначают буквами ШХ.

Следующие за буквой Х цифры показывают содержание хрома в десятых долях процента. ШХ15 - обозначает шарикоподшипниковую сталь, легированную 1,5% Cr.

Содержание углерода в марках этих сталей не отражено, так как оно составляет всегда 0,95 - 1,15%.

Электротехнические стали и их марки начинаются с буквы «Э»



Электротехнические стали содержат от 1 до 4% Si, не более 0,1% С пониженное содержание серы и фосфора, и должны иметь более крупное зерно, и имеют ферритную структуру, предназначены для изготовления

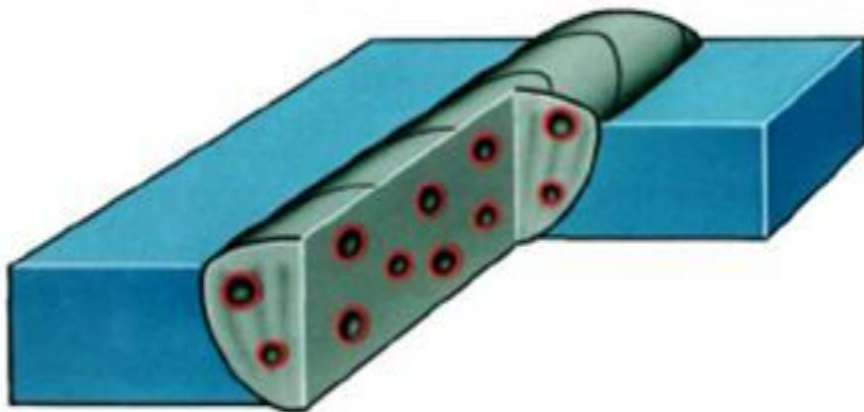
деталей и частей электрических машин и устройств, работающих в переменном магнитном поле.

Конструкционные стали

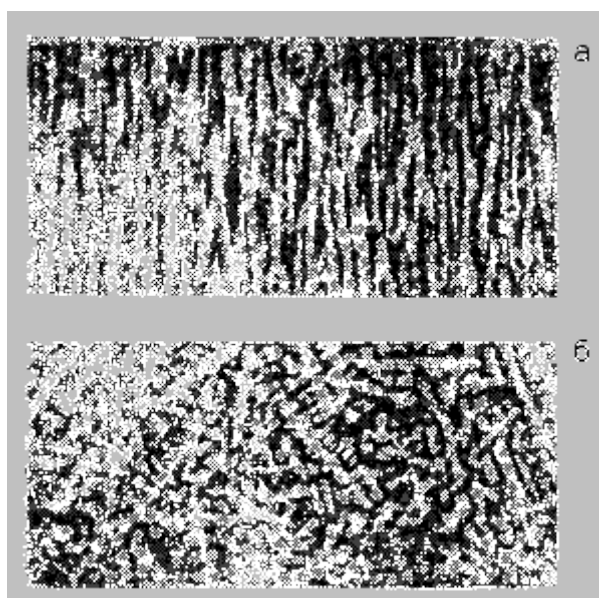


Строительные стали выпускают в виде листов и профилей (уголки, швеллеры, двутавры, трубы...)

Строительные легированные стали содержат **не более 0,25%** углерода, это вызвано необходимостью иметь хорошую **свариваемость**. При больших содержаниях углерода в **сварных швах** появляется усадочная пористость и возможно охрупчивание металла из-за **частичной закалки**.



По условиям использования (сварные фермы, колонны, мостовые пролеты) легированные строительные стали не могут подвергаться **термической обработке**, и необходимый уровень **механических свойств** достигается в период охлаждения после горячей обработки давлением.



(Во время термической обработки, при значительном повышении температуры, происходит рекристаллизация – процесс, при котором

образуются и растут зёрна (равноосные гранулы, меняется структура металла, который приобретает иные свойства)

Строительные стали содержат до 2% Mn (марганец), до 1% Si (кремний), до 1% Cr (хром)

ГОСТ 5058-65

В обозначении марок стали двузначные цифры слева указывают (приблизительно) содержание углерода в сотых долях процента. Буквы справа от цифр обозначают: Г - марганец, С - кремний, Х - хром, Н - никель, Д - медь, Ц - цирконий, Ф – ванадий, и т.д.

Цифры после букв указывают (приблизительно) процентное содержание соответствующего элемента в целых единицах.

для примера:

Сталь 10ХСНД является:

конструкционной, хромо-кремние-никелевой, низколегированной сталью, категория - низкоуглеродистые стали. По химическому составу - сплав состоит: 96% железа, 0,12% углерода, до 1% хрома, и кремния, никель, медь, марганец - 0,8%, азот, мышьяк, сера, фосфор - остальное...

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
до 0.12	0.8 - 1.1	0.5 - 0.8	0.5 - 0.8	до 0.04	до 0.035	0.6 - 0.9	до 0.008	0.4 - 0.6	до 0.08

Конструкционные легированные стали применяют в строительстве, машиностроении, приборостроении и т.д. По сравнению с углеродистыми, легированные стали обладают *благоприятным* сочетанием *прочности, пластичности и вязкости*, а также высокой хладостойкостью. Из них производят металлоконструкции промышленных зданий, пролёты мостов и эстакад, магистральные нефте- и газопроводы.

В машиностроении из **легированных сталей** изготавливают детали ответственного назначения – шестерни, толкатели, оси, плунжеры, гайки, болты, рессоры, пружины...

Легированные конструкционные стали маркируются цифрами и буквами, например, 15Х, 10Г2СД, 20Х2Н4А и т.д.

Двузначные цифры, приводимые в начале марки, указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Буквы русского алфавита обозначают легирующий элемент:

Б – ниобий (Nb) **Н** – никель (Ni) **Ф** – ванадий (V)

В – вольфрам (W) **М** – молибден (Mo) **Х** – хром (Cr)

Г – марганец (Mn) **П** – фосфор (P) **Ц** – цирконий (Zr)

Д – медь (Cu) **Р** – бор (B) **Ч** – редкоземельный

Е – селен (Se) **С** – кремний (Si) **Ю** – алюминий (Al)

К – кобальт (Co) **Т** – титан (Ti) **А** – азот (N)

Цифры после букв указывают примерное содержание соответствующего **легирующего элемента** в целых процентах. Отсутствие цифры указывает, что содержание легирующего элемента составляет до 1,5 % и менее.

Основная масса легированных конструкционных сталей выплавляется **качественными** (например, 30ХГС).

Высококачественные легированные стали обозначаются буквой "А", помещённой в конце марки (например, 30ХГСА).

Особовысококачественная сталь обозначается буквой «Ш», располагаемой в конце марки (например, 30ХГС-Ш, 30ХГСА-Ш).

Если буква «А» расположена в середине марки (например, 16Г2АФ), то сталь легирована **азотом**.

Легированные инструментальные стали

*В марках легированных инструментальных сталей, например 9ХФ, 7ХЗ, 3Х2В8Ф, цифра в начале марки указывает среднее содержание углерода в десятых долях процента, если его содержание **менее 1 %** (ГОСТ 5950-2000).*

*При содержании углерода в сталях **более 1 %** цифру не пишут. Расшифровка марок инструментальных сталей по содержанию **легирующих элементов** такая же, как для конструкционных сталей.*

*Все инструментальные легированные стали всегда **высококачественные** и поэтому в обозначениях этих сталей буква «А» не ставится.*

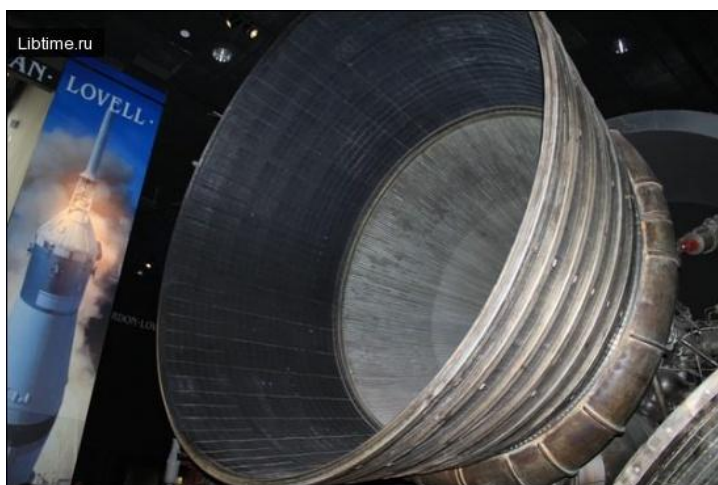
Инструментальные легированные стали используют для изготовления:

*режущего и измерительного инструмента (7ХФ, 9ХФ, 9ХС, 9ХВГ, 9Х5ВФ, Р6М5, Р9, Р12, Р18, Р6МЗ, Р9К5, Р9К10, Р18К5Ф2), буква «Р» в сталях обозначает «**режущая**», цифра, стоящая после буквы «Р», указывает на содержание **вольфрама** в процентах (от 8 до 19%);*

*штампов **холодного и горячего** деформирования и накатного инструмента (Х6ВФ, 9Х1, Х12Ф1, ХВГ, 3Х2В8Ф, 4Х8В2, 5ХНВС, 4ХС, В2С, 6Х6ВЗМФС, 8Х4ВЗМЗФ2 и др.).*

Легированные стали специального назначения

*Стали специального назначения – это стали, обладающие специальными свойствами – например, **жаропрочные, жаростойкие, коррозионно-стойкие.***



Для изготовления различного рода высокотемпературных установок, деталей печей и газовых турбин применяют жаростойкие стали: 12X17, 15X25T, 20X23H13, 36X18H25C2

Содержание углерода и легирующих элементов в марках этих сталей определяют так же, как и в марках конструкционных сталей.

Обозначение сталей в зависимости от области применения



Строительные стали

В строительстве для изготовления металлоконструкций используют различные виды стального проката:

листовой, фасонный (уголки, двутавры, швеллеры), универсальный широкополосный прокат, гнутые профили из тонколистового проката, трубы и др.

*При выборе сталей для строительных металлических конструкций уровень **прочностных свойств** является **определяющим**, поскольку размеры поперечных сечений многих элементов металлоконструкций, и их масса, определяются расчётом, учитывающим прочностные свойства материала - **предел текучести и временное сопротивление разрыву при растяжении**.*

*Обозначение строительной стали, в отличие от марки стали, отражает не химический состав, а **назначение стали**.*



=====