

ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ

Легирующие элементы - элементы, специально вводимые в сталь в определенных концентрациях с целью изменения ее строения и свойств.

Стали, содержащие легирующие элементы, называются **легированными сталями**.

Содержание легирующих элементов может изменяться в очень широких пределах: хром, никель, молибден – вводят от 1% до 10% процентов и более; титан и ниобий – 0,1... 0,5%, содержание бора в сталях обычно не превышает 0,005%.

Если содержание легирующих элементов $< 0,1\%$, то это принято называть **микролегированием**.

При этом, если содержание кремния более 0,4%, а марганца – более 0,8%, то они также относятся к легирующим элементам.

В **конструкционных** сталях **легирование осуществляется с целью улучшения механических свойств** (прочности, пластичности). Кроме того **улучшаются физические, химические, эксплуатационные свойства**.

Легирующие элементы повышают стоимость стали, поэтому их использование должно быть экономически обоснованным.

СХЕМА ВЛИЯНИЯ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОЛИМОРФИЗМ ЖЕЛЕЗА



Легирующие элементы по их влиянию на устойчивость феррита или аустенита делятся на две группы.

Элементы первой группы, понижающие точку A_3 и повышающие точку A_4 : **Ni, Mn** (рис. а), а также **Cu, C** и **N**, при небольшом содержании в сплаве *расширяют область существования γ -фазы* (рис. б), а при большем содержании вследствие их ограниченной растворимости в железе сначала сужают однофазную область γ -фазы и затем ее полностью выключают, хотя двухфазные области, в которых присутствует γ -фаза, сохраняются.

Элементы второй группы, понижающие точку A_4 и повышающие точку A_3 (рис. в): **Cr, V, W, Mo, Si, Al, B, Zr, Nb** даже при сравнительно небольшом содержании способствуют *сужению области γ -фазы*. Однако вследствие их малой растворимости в железе, прежде чем наступает полное замыкание однофазной области γ -фазы, образуются двухфазные сплавы (рис. з).

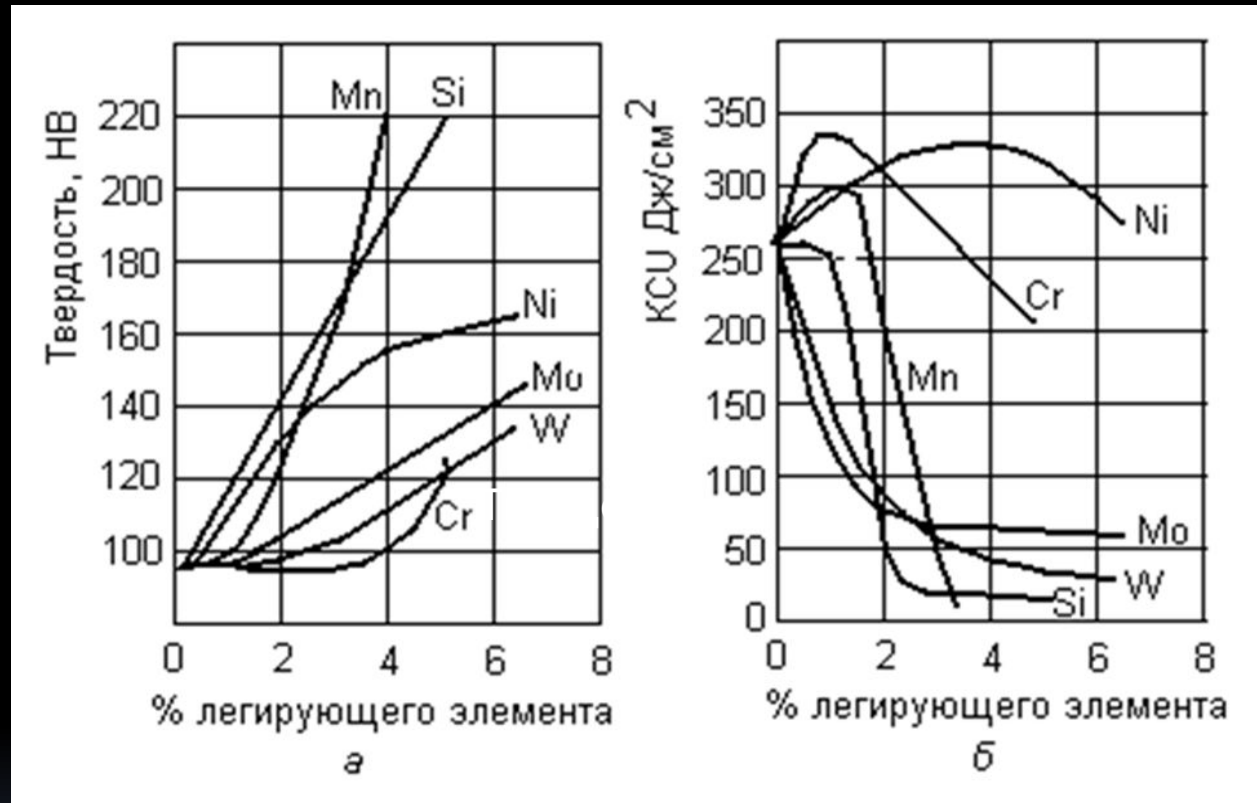
ИЗМЕНЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА СТАЛЕЙ ПРИ ЛЕГИРОВАНИИ

Легирующие элементы, вступая во взаимодействие с железом и углеродом, могут участвовать в образовании следующих фаз в легированных сталях:

- **легированный феррит** – твердый раствор ЛЭ в α -Fe;
- **легированный аустенит** – твердый раствор ЛЭ в γ -Fe;
- **легированный цементит** – твердый раствор ЛЭ в цементите $(\text{Fe}, \text{ЛЭ})_3\text{C}$;
- **специальные карбиды** – карбиды легирующих элементов, например VC , WC , Mo_2C , TiC .

Все карбиды обладают высокой твердостью, поэтому при наличии в структуре стали частиц карбидов и уменьшении их размеров растет твердость и прочность сталей.

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СВОЙСТВА ФЕРРИТА



а – твердость

б – ударная вязкость

В конструкционных сталях **феррит** является основной структурной составляющей (~ 90% от объема металла). Следовательно, от свойств феррита во многом зависят свойства стали в целом.

Все основные легирующие элементы *повышают твердость феррита*, при этом Cr и особенно Ni почти не уменьшают вязкость стали, Ni дополнительно снижает порог хладноломкости. *Поэтому Cr и Ni являются важнейшими легирующими элементами в конструкционных сталях.*

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Достоинства легированных сталей (ЛС):

- 1) необходимый комплекс свойств обеспечивается совместно легированием и термообработкой;
- 2) ЛС имеют более высокие показатели сопротивления пластическим деформациям (предел прочности и предел текучести);
- 3) легирующие элементы стабилизируют аустенит, поэтому прокаливаемость ЛС выше;
- 4) возможно использование более «мягких» охладителей (снижается брак по закалочным трещинам и короблению), так как тормозится распад аустенита;
- 5) повышаются запас вязкости и сопротивление хладноломкости, что приводит к повышению надежности деталей машин.

Недостатки:

- 1) в высоколегированных сталях после закалки остается $A_{ост}$, который снижает твердость и сопротивляемость усталости, поэтому требуется *дополнительная обработка холодом*;
- 2) ЛС склонны к *ликвации* (развитию химической неоднородности), так как скорость диффузии легирующих элементов в железе мала. В результате послековки и прокатки образуется строчечная структура, наблюдается неоднородность свойств вдоль и поперек направления деформирования, поэтому необходим *диффузионный отжиг*.
- 3) ЛС склонны к образованию флокенов.

Флокены – мелкие тонкие трещины с различной ориентацией. Причина их появления – выделение водорода, растворенного в стали. Меры борьбы: уменьшение содержания водорода при выплавке и снижение скорости охлаждения в интервале флокенообразования (от 200°C).

МАРКИРОВКА ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Легированные конструкционные стали **маркируют цифрами и русскими буквами** (например, 15Х, 40ХФА, 12ХНЗА, 20Х2Н4А, 18ХГТ и т. д.).

Двузначные цифры, приводимые в начале марки, указывают *среднее содержание углерода в сотых долях процента*.

Буквы справа от цифры обозначают легирующий элемент:

А – азот, **Б** – ниобий, **В** – вольфрам, **Г** – марганец, **Д** – медь, **Е** – селен, **К** – кобальт, **Н** – никель, **М** – молибден, **П** – фосфор, **Р** – бор, **С** – кремний, **Т** – титан, **Ф** – ванадий, **Х** – хром, **Ц** – цирконий, **Ч** – РЗМ, **Ю** – алюминий.

Цифры после букв указывают примерное содержание соответствующего легирующего элемента **в целых процентах**; **отсутствие цифры** указывает, что оно **составляет ~ 1% и менее**.

Основная масса легированных конструкционных сталей выплавляется **качественными** (не более 0,035% серы и фосфора, каждого).

Высококачественные стали содержат меньше вредных примесей ($<0,025\% S$ и $<0,025\% P$), что обозначают **буквой А, помещенной в конце марки**.

ОСОБЕННОСТИ МАРКИРОВКИ ЛЕГИРОВАННЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Для некоторых групп сталей принимают дополнительные обозначения.

В инструментальных сталях в начале обозначения марки стали ставится цифра, показывающая содержание углерода в десятых долях процента.

Например, сталь марки 3Х2В8Ф содержит 0,3% С, 2% Cr, 8% W, до 1% V.

Если содержание углерода 1% и более, то цифру в начале марки вообще *не указывают*.

Например, сталь марки ХВГ содержит 1 % С, 1 % Cr, 1 % W, 1% Mn.

Быстрорежущие инструментальные стали имеют нестандартное обозначение. Например, сталь P18.

P – индекс данной группы сталей (от rapid – скорость). Содержание углерода в них ~ 1%. Число после буквы P показывает содержание основного легирующего элемента – вольфрама.

В указанной стали содержание вольфрама – 18 %.

Если стали содержат *другие легирующие элементы*, то их содержание указывается после буквы, обозначающей соответствующий элемент.

Например, быстрорежущая сталь P6M5 содержит ~ 1% С, 6% W, 5% Mo.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

По количеству легирующих элементов:

- низколегированные стали, содержащие легирующих элементов до 2,5 % $ЛЭ \leq 2,5\%$;
- среднелегированные стали, содержащие $2,5\% < ЛЭ \leq 10\%$;
- высоколегированные стали, содержащие $ЛЭ > 10\%$.

По назначению:

- конструкционные (цементуемые, улучшаемые, высокопрочные, рессорно-пружинные, подшипниковые, износостойкие);
- инструментальные (штамповые, для режущего и мерительного инструмента);
- стали с особыми физическими и химическими свойствами (магнитные, электротехнические, коррозионностойкие, жаростойкие и т.д.)

Рассмотрим классификацию легированных сталей по назначению.

ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИОННЫМ СТАЛЯМ

Конструкционные стали должны обладать высокой конструкционной прочностью, обеспечивать длительную и надежную работу конструкций в условиях эксплуатации.

Материалы должны быть вязкими и хорошо сопротивляться ударным нагрузкам.

При знакопеременных нагрузках должны обладать высоким сопротивлением усталости, а при трении – сопротивлением износу.

Конструкционные стали должны иметь высокие технологические свойства:

- хорошие литейные свойства;
- обрабатываемость давлением;
- обрабатываемость резанием;
- хорошую свариваемость.

Основными преимуществами легированных конструкционных сталей перед углеродистыми являются: более высокая прочность, повышенная ударная вязкость, меньший рост аустенитного зерна при нагреве, более высокая прокаливаемость, возможность применения сравнительно мягких охладителей после закалки, устойчивость против отпуска за счет торможения диффузионных процессов.

ЦЕМЕНТУЕМЫЕ СТАЛИ

Содержат не более 0,2% С.

Марки: 15Х, 15ХФ, 18ХГТ, 20Х, 20ХН, 12ХНЗА, 18Х2Н4ВА.

Исходная структура: феррит + перлит.

Для повышения твердости и износостойкости поверхностного слоя детали из этих сталей подвергают цементации (вид ХТО, предусматривающий насыщение стали углеродом). *Режим цементации:* нагрев в карбюризаторе при 930–950 °С, 8-10 ч.

Последующая термическая обработка:

Закалка+ низкий отпуск.

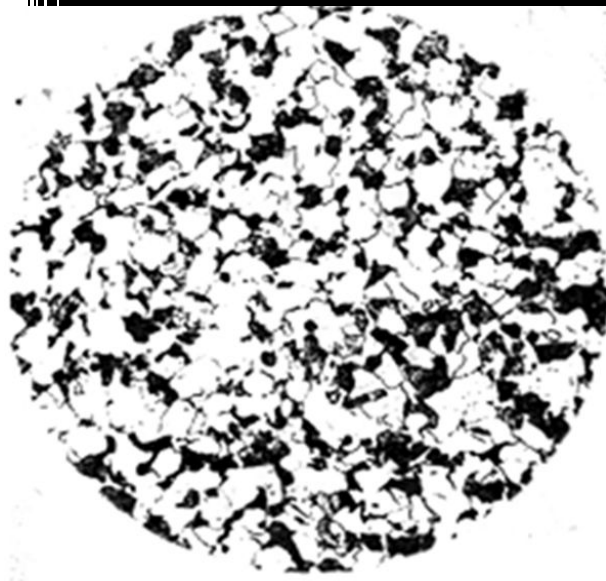
$T_{\text{закалки}} = 770\text{--}880\text{ }^{\circ}\text{C}$, охл. в воде.

$T_{\text{отпуска}} = 150\text{--}160\text{ }^{\circ}\text{C}$, охл. на воздухе (мартенсит отпуска, 61–63 HRC).

Применение: поршневые пальцы, толкатели, крестовины карданного шарнира, конические и цилиндрические шестерни коробок передач.

Детали работают под действием динамических нагрузок в условиях поверхностного износа.

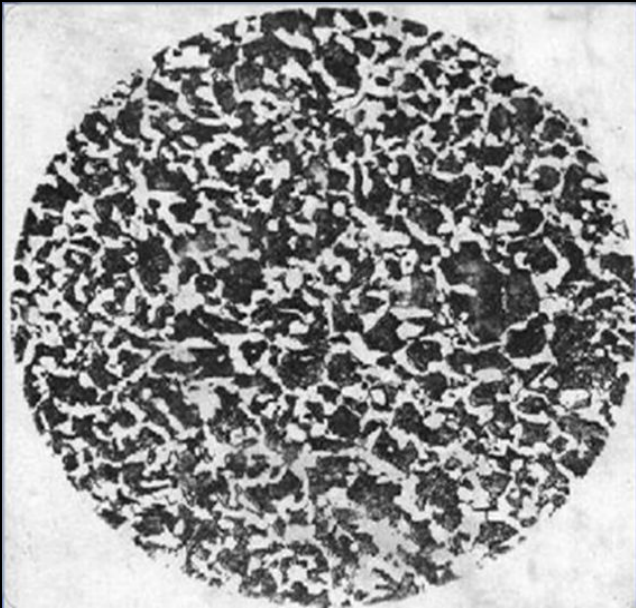
Шестерни
коробок передач



Свойства цементуемых сталей

Марка стали	σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ	КСУ, МДж/м ²
	МПа		%		
	Не менее				
15Х	700	500	12	45	0,7
15ХФ	750	550	13	50	0,8
30ХГТ	1500	1300	9	40	0,6
25ХГМ	1200	1100	10	45	0,8
12ХМ3А	950	700	11	55	0,9
12Х2Н4А	1150	950	10	50	0,9

УЛУЧШАЕМЫЕ СТАЛИ (ГОСТ 4543–71)



Содержат 0,3 - 0,5% С и не более 5% ЛЭ.

Марки сталей: 30ХМ, 30ХГС, 40Х, 40ХГ, 40ХН, 40ХГРТ, 40ХН2МА, 38ХН3М и т. д.

Исходная структура: феррит + перлит.

Термическая обработка - улучшение (это закалка+ высокий отпуск).

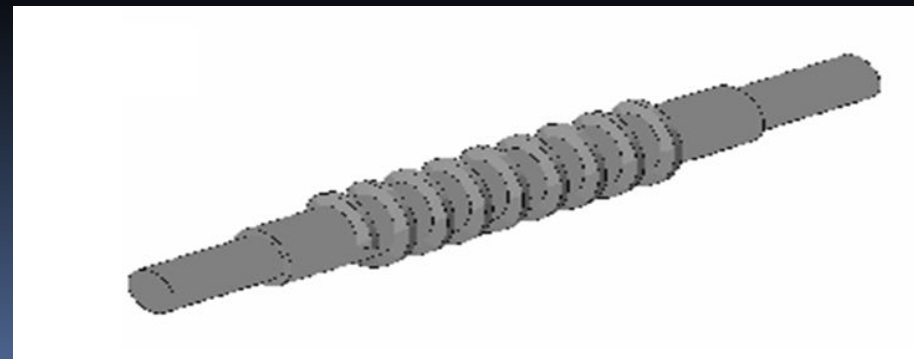
Температура закалики 860 °С, охл. в масле.

Температура отпуска 550–650 °С, охлаждение в воде, масле или на воздухе (структура - сорбит отпуска, 30–40 HRC).

Применение: валы, шестерни коробок передач, червяки.

Улучшаемые стали имеют высокую прочность, вязкость, малую чувствительность к концентраторам напряжений, хорошую прокаливаемость ($D_{95} = 10 - 100$ мм).

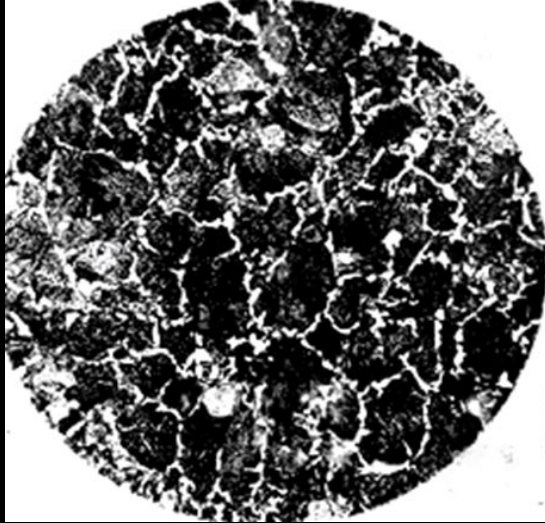
Из них изготавливают сложные по конфигурации детали, подвергаемые ударным нагрузкам.



Червячный вал коробки передач

РЕССОРНО-ПРУЖИННЫЕ СТАЛИ (ГОСТ 4543-71)

Марки: 55С2, 65Г, 60С2, 70С3А и т. д.



Высокий предел упругости обеспечивается при содержании 0,5- 0,7%С и получении *трооститной структуры* за счет заковки и среднего отпуска.

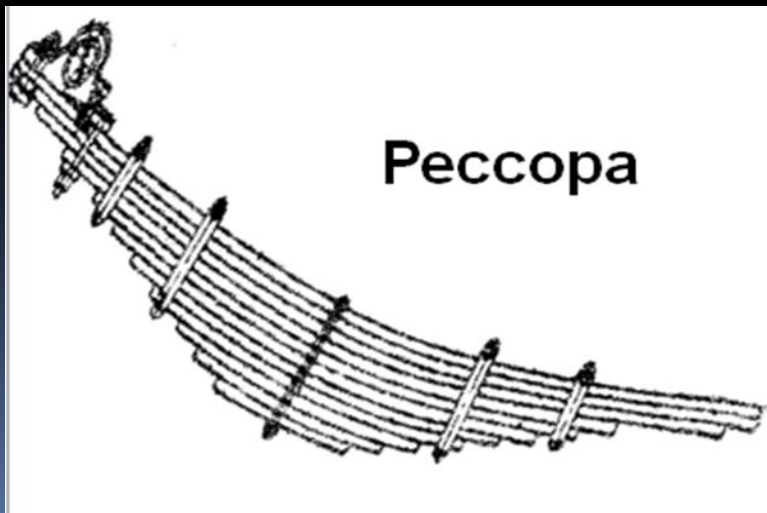
Основные ЛЭ – кремний и марганец.

Исходная структура: феррит + перлит.

Температура заковки 840–880 °С, охл. в масле.

Температура отпуска 420–460 °С (структура - троостит отпуска, 40–50 HRC).

Применение: рессоры, пружины. $T_{экспл} \leq 200^{\circ}\text{C}$.



ПОДШИПНИКОВЫЕ СТАЛИ (ГОСТ

801–78)

Содержание углерода ~ 1%. Основной ЛЭ – хром.

Стали маркируют буквой **Ш** – подшипниковая, **Х** – хромистая, и **цифрой**, указывающей содержание хрома в десятых долях процента.

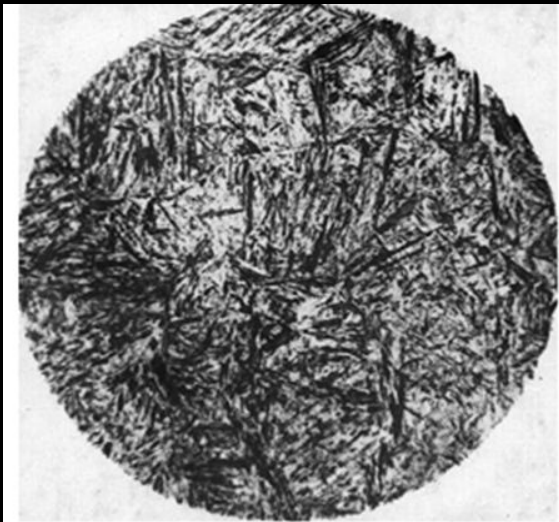
Марки: ШХ4, ШХ15, ШХ15СГ, ШХ20СГ и др.

Исходная структура: перлит + цементит.

Термическая обработка - закалка + низкий отпуск.

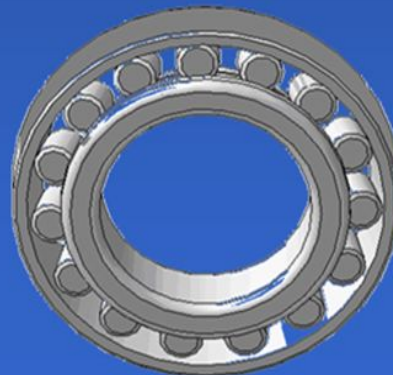
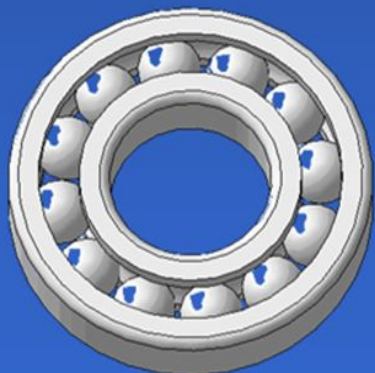
Температура закалки 840–860 °С, охл. в масле.

Температура низкого отпуска 150–170°С, охл. в масле (структура - мартенсит отпуска, 61–64 HRC).



Мартенсит, ×300

Подшипники качения



Применение: детали подшипников качения (шарики, ролики, обоймы).

ИЗНОСОСТОЙКАЯ АУСТЕНИТНАЯ ВЫСОКОМАРГАНЦЕВАЯ СТАЛЬ (ГОСТ 977-88)

Сталь 110Г13Л (сталь Гадфильда) – это износостойкая литая сталь аустенитного класса.

Химический состав стали 110Г13Л:

C = 0,9-1,4%; Si = 0,8-1,0%; Mn = 11,5-15%; Cu - до 0,3%; Ni - до 1%;
Cr - до 1%; S - до 0,05%; P - до 0,12%.

Структура стали 110Г13Л после литья - аустенит и избыточные карбиды (Mn,Fe)₃C, снижающие прочность и вязкость стали. Поэтому литые изделия **закачивают в воде с t = 1070 - 1100 °C**. При таком нагреве карбиды растворяются и сталь после закалки имеет аустенитную структуру.

Применяется для производства износостойких деталей: например, быстроизнашивающиеся детали дробильно-размольного оборудования (ДРО), зубья ковша экскаватора, траки гусеничных машин, конусы и щеки дробилок, молотки для горного оборудования, бронеплиты, била для шаровых мельниц, била для дробильных машин.

Сталь 110Г13Л в своем исходном состоянии имеет аустенитную структуру, твердость которой достигает **около 250 НВ**, она также отличается не только своей прочностью и высокой вязкостью, но и быстротой твердения.

Если на сталь 110Г13Л действует динамическая нагрузка, то под ее воздействием происходит упрочнение стали **до 600 НВ**. Поэтому детали из стали 110Г13Л, работающие в условиях высоких давлений, нагрузок и деформаций, приобретают в процессе эксплуатации *износостойкость в несколько раз большую от начальной.*

БИЛА, ДРОБЯЩИЕ ПЛИТЫ, КОВШ- ДРОБИЛКА И КОВШ КАРЬЕРНОГО ЭКСКАВАТОРА ИЗ СТАЛИ 110Г13Л И 110Г13Х2Л



Экскаватор карьерный гусеничный ЭКГ-12,5

ЛЕГИРОВАННЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ

Инструментальные стали предназначены для изготовления режущего, измерительного и штампового инструмента.

Требуемые свойства – твердость, износостойкость, достаточная прочность и вязкость. Режущие кромки могут нагреваться до температуры 500-900°C, поэтому важным свойством является красностойкость (теплостойкость).

Красностойкость (теплостойкость) – сохранение твердости и режущей способности при длительном нагреве.

Инструментальные стали подразделяют на три группы:

- 1) нетеплостойкие - углеродистые и легированные стали, содержащие до 3...5% Cr ;
- 2) полутеплостойкие - содержащие свыше 0,6...0,7% C и 3...18% Cr ;
- 3) теплостойкие - высоколегированные стали, содержащие Cr, W, Mo, V, Co получившие название **быстрорежущих**.

В особую группу инструментальных материалов входят **твердые сплавы**, применяемые для инструмента, работающего на особо высоких скоростях резания.

Применение. Углеродистые и легированные стали применяют для режущего инструмента при легких условиях работы и для измерительного инструмента. Быстрорежущие стали используют для изготовления режущего инструмента, работающего при повышенных режимах резания.

МАРКИРОВКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Легированные инструментальные стали **X, 9X, 9XC, 6XBG** и т. д. маркируют цифрой, показывающей среднее содержание углерода в десятых долях процента, если его содержание $<1\%$.

Если содержание углерода $\sim 1\%$, то цифра чаще отсутствует.

Буквы означают легирующие элементы, а следующие за ними *цифры* – содержание (*в целых процентах*) соответствующего легирующего элемента.

Быстрорежущие стали маркируют буквой **P**.

Следующая за ней цифра указывает среднее содержание главного легирующего элемента быстрорежущей стали – *вольфрама* (в процентах).

Среднее содержание ванадия в стали обозначают цифрой, проставляемой за буквой **F**, кобальта – цифрой за буквой **K** и т. д.

Среднее содержание **хрома** в большинстве быстрорежущих сталей составляет **4%** и поэтому в обозначении марки стали не указывается.

СТАЛИ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Они *после закалки и низкого отпуска* должны иметь высокую твердость по режущей кромке (HRC 60...65), высокую износостойкость, достаточную прочность при некоторой вязкости, и теплостойкость, когда резание выполняется с повышенной скоростью.

Нетеплостойкие легированные инструментальные стали пригодны только для резания относительно мягких материалов с небольшой скоростью. Их используют для инструмента, подвергаемого в работе нагреву **не выше 200...250°C**.

Структура этих сталей: после отжига – зернистый перлит (легированный феррит и карбиды Me_3C), после закалки – мартенсит и карбиды Me_3C .

Легированные стали по сравнению с углеродистыми обладают большей прокаливаемостью. Инструменты из этих сталей можно охлаждать при закалке в масле и в горячих средах (ступенчатая закалка), что уменьшает деформацию и коробление инструмента.

Марки: низколегированные стали 11X, 11XФ и 13X.

стали повышенной прокаливаемости X, 9XC и XBСГ.

Вольфрамовые стали **B2Ф** и **XB4** имеют очень высокую твердость и применяются для пил (по металлу) и граверных инструментов.

БЫСТРОРЕЖУЩИЕ СТАЛИ

Они обладают **высокой теплостойкостью** (краснотойкостью), сохраняют мартенситную структуру при нагреве до 600...620°C, поэтому применение их позволяет повысить скорость резания в 2-4 раза и стойкость инструмента в 10-30 раз по сравнению со сталями, не обладающими теплостойкостью.

Основными легирующими элементами быстрорежущих сталей, обеспечивающими их теплостойкость, являются в первую очередь **вольфрам и молибден**.

Сильно повышают теплостойкость (до 645...650°C) и твердость после термической обработки (HRC 67...70) **кобальт и ванадий**.

Составы широко применяемых быстрорежущих сталей:

P18: C – 0,7...0,8; Cr – 3,8...4,4; W – 17,5...19; V – 1...1,4; Mo – 0,5...1

P6M5: C – 0,8...0,88; Cr – 3,8..4,4; W – 5,5...6,5; V – 1,7...2,1; Mo – 5...5,5

Наиболее широко используют сталь P6M5 с меньшим содержанием вольфрама. Стали P12 и P18 рекомендуется использовать при чистовом резании твердых сталей.

ОСОБЕННОСТИ ФАЗОВОГО СОСТАВА БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

Быстрорежущие стали относятся к карбидному (ледебуритному) классу.

Их фазовый состав в отожженном состоянии представляет собой легированный феррит и карбиды Me_6C , $Me_{23}C_6$, MeC , Me_3C .

Основным карбидом быстрорежущей стали является Me_6C , в котором также растворен ванадий.

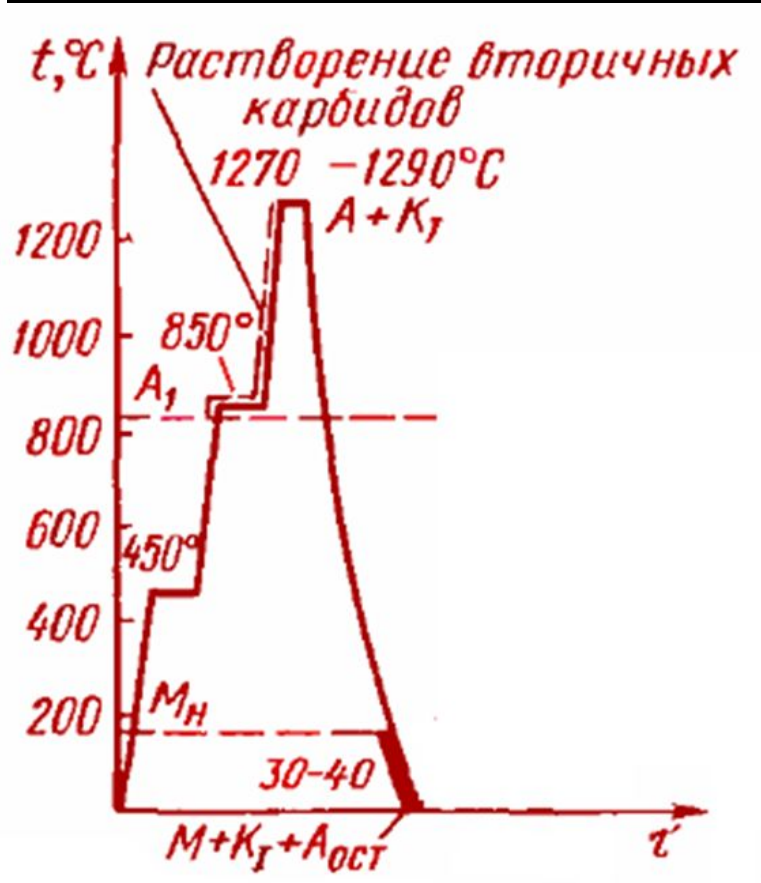
В феррите растворена большая часть хрома;

в карбидах находятся почти весь вольфрам, молибден и ванадий.

Количество карбидной фазы в стали Р18 достигает 25...30% , а в стали Р6М5 количество карбидной фазы 22%.

После *ковки* быстрорежущую сталь подвергают *отжигу* при 840...860°C (сталь Р6М5 при 800...830°C) для снижения твердости, улучшения обработки резанием и подготовки структуры стали к закалке.

СХЕМЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ. ЗАКАЛКА.



Для придания стали теплостойкости инструмент подвергают закалке и 3-х кратному отпуску.

Температура закалки:

для стали P18 – 1270...1290°C,

для стали P12 – 1225...1245°C,

для стали P6M5 – 1210...1230°C.

Высокие температуры закалки необходимы для полного растворения вторичных карбидов и получения высоколегированного аустенита.

Во избежание образования трещин при нагреве применяют подогрев инструмента при 450°C и 800...850°C в течение 10...15 мин.

Структура после закалки представляет собой высоколегированный мартенсит с 0,3...0,4%С, остатки избыточных карбидов и остаточный аустенит.

Обычно содержание $A_{ост}$ в стали P18 составляет 25...30%, а в стали P6M5 28...34%.

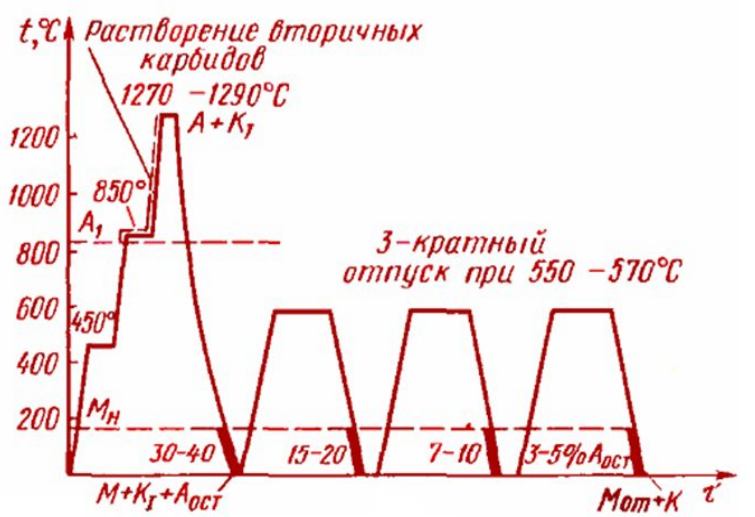
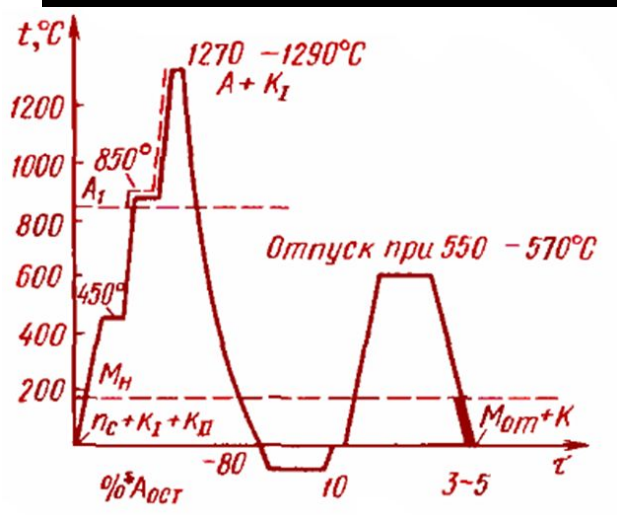
СХЕМЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ. ОТПУСК.

После закалки проводится отпуск при $550...570^{\circ}\text{C}$ для превращения остаточного аустенита в мартенсит и дисперсионного твердения стали за счет частичного распада мартенсита и выделения дисперсных карбидов.

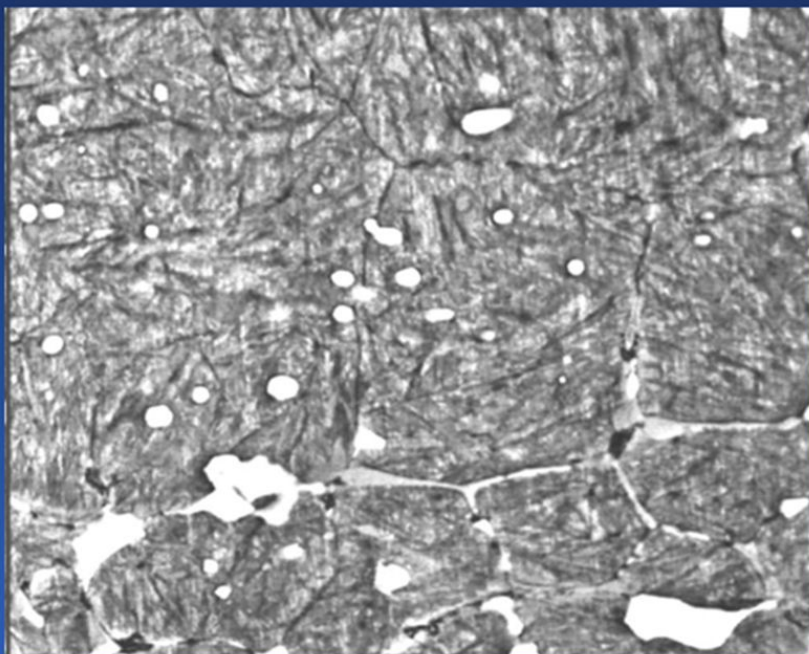
В процессе **однократного отпуска** только часть остаточного аустенита превращается в мартенсит.

Чтобы весь остаточный аустенит перешел в мартенсит и произошел отпуск вновь образовавшегося мартенсита, **применяют трехкратный отпуск**. Продолжительность каждого отпуска $45...60$ мин.

Многokратный отпуск повышает прочность быстрорежущей стали и снимает напряжения, созданные закалкой и превращением остаточного аустенита в мартенсит. Твердость стали после закалки составляет 62-63 HRC, а после отпуска 63-65 HRC.



СТРУКТУРА БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ И ИЗДЕЛИЯ ИЗ НЕЕ



Структура стали P6M5K5 после закалки и трехкратного отпуска: мартенсит + карбиды, х 500



Фрезерный инструмент

Сверла



ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ

Твердые сплавы – это металлические материалы, состоящие из твердых карбидов и связующей фазы.

Они содержат в структуре большое количество карбидов W, Ti, Ta, Cr, Fe.

Сами по себе карбиды не могут образовать прочных компактных изделий по причине их высокой твердости и хрупкости, поэтому для связки используют Co, Ni, Fe.

Изготавливаются методами порошковой металлургии. Сплавы получают спеканием порошков карбидов с порошком кобальта при 1400-1550°C после предварительного прессования.

Эти сплавы применяют в виде пластинок к режущему инструменту и к инструменту для буров (при бурении горных пород). Пластинки медным припоем припаивают к державке из обычной углеродистой стали.

Инструмент из твердых сплавов характеризуется высокой твердостью 87...92 HRA, износостойкостью и высокой теплостойкостью (до 800-1000°C). Их недостатком является высокая хрупкость.

Скорость резания твердыми сплавами в 5...10 раз выше по сравнению с быстрорежущими сталями. Износостойкость инструментов из твердых сплавов превышает износостойкость инструментов из быстрорежущих

ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ ТВЕРДЫХ

СПЛАВОВ

В зависимости от состава карбидной основы выделяют три группы твердых сплавов:

- ✓ вольфрамовые, их обозначают ВК ($WC + Co$),
- ✓ титан-вольфрамовые ТК ($WC + TiC + Co$),
- ✓ и титан-тантал-вольфрамовые ТТК ($WC + TiC + TaC + Co$).

Сплавы группы ВК. Наиболее распространенными сплавами этой группы являются сплавы марок ВК3, ВК6, ВК8, ВК10, ВК20, где число показывает содержание кобальта в процентах, остальное – карбиды вольфрама WC . Сплавы этой группы имеют более низкую твердость, чем сплавы других групп. Они теплостойки до $800^{\circ}C$.

Применение. Для обработки чугуна, сплавов цветных металлов и неметаллических материалов, дающих прерывистую стружку.

Сплавы группы ТК марок Т30К6, Т14К8 – первое число показывает содержание карбидов титана в процентах, второе – содержание кобальта в процентах.

Сплавы этой группы лучше противостоят изнашиванию, обладают большей твердостью, тепло- и жаростойкостью, стойкостью к коррозии, но меньшей теплопроводностью и большей хрупкостью. Они теплостойки до $1000^{\circ}C$.

Применение. Используются на средних и высоких скоростях резания при обработке сталей.

Сплавы группы ТТК марок ТТ7К12, ТТ20К9 - первое число показывает суммарное содержание карбидов титана и тантала в процентах, второе – содержание кобальта в процентах.

Сплавы этой группы имеют более высокую прочность и лучше противостоят ударным воздействиям, вибрации и выкрашиванию. Они теплостойки до $1000^{\circ}C$.

Применение. Для более тяжелых условий резания – черновое точение труднообрабатываемых материалов - нержавеющей сталей, жаропрочных сталей, сплавов титана.

ИНСТРУМЕНТ ИЗ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

