

1 СОСТАВ СТАЛИ

Сталь – сплав железа с углеродом (до 2%) и другими элементами.

Процесс получения стали из железной руды называют *выплавкой*.
Непосредственному получению стали предшествует доменный процесс.

Кроме основы (железа) – Fe

Fe

и углерода – С

C

в сталях в малых количествах присутствуют примеси, а также специально вводимые в сталь легирующие элементы.

Полезные примеси:

Mn

– марганец,

Si

– кремний.

Полезные примеси необходимы для ведения металлургического процесса выплавки стали.

Вредные примеси:

S

– сера,

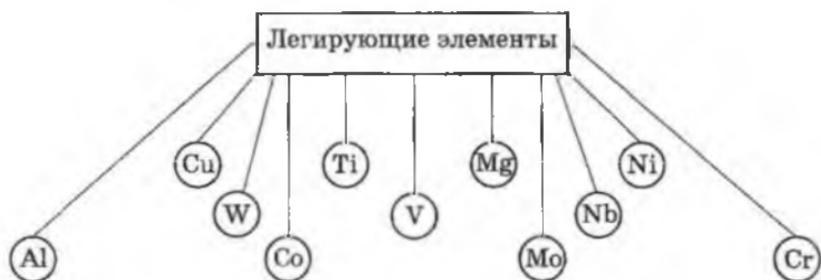
P

– фосфор.

Сера – повышает хрупкость стали.

Фосфор – снижает вязкость.

Для улучшения свойств сталей в их состав добавляют легирующие элементы: никель, хром, медь, молибден, алюминий, вольфрам, титан, ванадий, кобальт, ниобий и др.



Легирующие элементы имеют обозначения, указанные в таблице.

Легирующий элемент	Химический символ	Обозначение
Алюминий	Al	Ю
Бор	B	Р
Ванадий	V	Ф
Вольфрам	W	В
Кобальт	Co	К
Кремний	Si	С
Марганец	Mn	Г
Медь	Cu	Д
Молибден	Mo	М
Ниобий	Nb	Б
Никель	Ni	Н
Титан	Ti	Т
Хром	Cr	Х
Цирконий	Zr	Ц

Максимальное суммарное содержание легирующих элементов в стали должно быть менее 50%.

2 СВЕДЕНИЯ О СВОЙСТВАХ СТАЛЕЙ

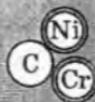
Стали являются основным конструкционным материалом промышленности.

Стали обладают комплексом физических, химических, механических, технологических свойств.

Наиболее важными для обработки металлов резанием являются физические, механические и технологические свойства.



Необходимые свойства стали достигаются путем изменения содержания углерода и легированием.



В результате введения в состав стали никеля (Ni), хрома (Cr), титана (Ti), молибдена (Mo), вольфрама (W) и других элементов, повышаются теплостойкость, жаростойкость, жаропрочность, коррозионная стойкость сталей.

К легирующим элементам относятся: никель, титан, вольфрам, хром, молибден, ванадий и т. д.



Совокупность свойств сталей определяет их обрабатываемость резанием.

2.1. Основные механические свойства сталей.

Механические свойства металла – характеристики, определяющие поведение металла при нагружении и его сопротивление возможному разрушению.

Основные механические свойства сталей представлены в таблице.

Характеристики	Обозначение	Размерность
Предел текучести	σ_T	МПа
Предел прочности	σ_B	МПа
Относительное удлинение при разрыве	δ_5	%
Относительное сужение при разрыве	ψ	%
Ударная вязкость	α_H	МДж/м ²
Твердость по Бринеллю	HB	МПа
Твердость по Роквеллу	HRC (HRA, HRB)	---



σ_T

Предел текучести стали характеризует уровень безопасных нагрузок для деталей из этой стали.

σ_B

Предел прочности стали характеризует уровень нагрузок, приводящих к разрушению деталей из этой стали.

δ_5

Относительное удлинение при разрыве и относительное сужение при разрыве стали характеризуют способность деталей изменять форму и размеры.

ψ

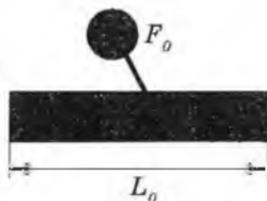
Ударная вязкость стали характеризует способность стали сопротивляться разрушению при ударных нагрузках или при низких температурах.

Предел текучести, предел прочности, относительное удлинение и относительное сужение при разрыве определяют при испытании цилиндрического образца на растяжение до разрыва.

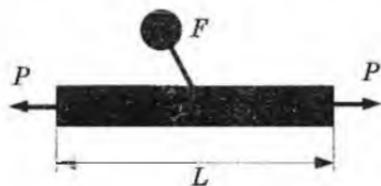
СХЕМА ИСПЫТАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ОБРАЗЦА НА РАСТЯЖЕНИЕ

Изменение длины (L) и площади поперечного сечения (F) образца:

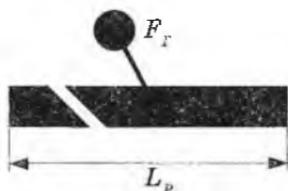
- до нагружения,



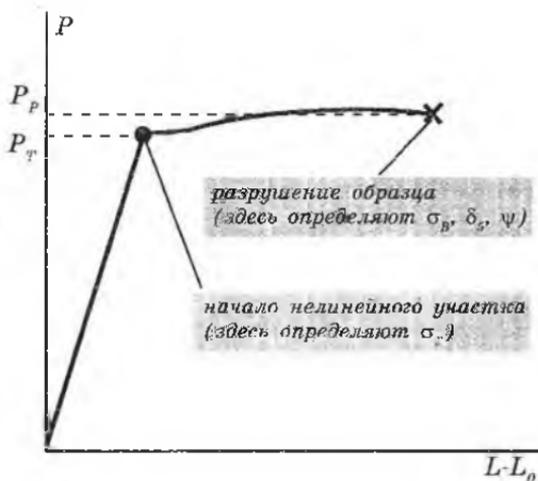
- при нагружении,



- после разрыва.



Зависимость растягивающей силы (P) от увеличения длины образца ($L-L_0$).



2.1.1. Предел текучести.



Предел текучести – это напряжение, при котором происходит рост длины образца без заметного увеличения нагрузки.

$$\sigma_T = \frac{\text{Сила } (P_T)}{\text{Площадь } (F_0)}$$

2.1.2. Предел прочности.



Предел прочности – это отношение разрушающей образец силы к его начальной площади.

$$\sigma_B = \frac{\text{Сила } (P_p)}{\text{Площадь } (F_0)}$$

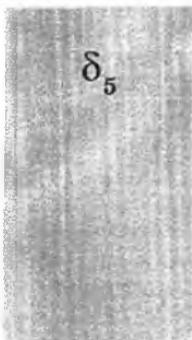
Величина сила / площадь называется **напряжением**.

Предел текучести и предел прочности – это напряжения.

Предел текучести и предел прочности:

- характеризуют способность металла воспринимать нагрузки;
- это характеристики прочности стали.

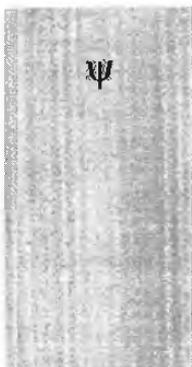
2.1.3. Относительное удлинение при разрыве.



Относительное удлинение при разрыве – это относительное изменение длины образца при разрыве.

$$\delta_5 = \frac{\text{Длина } (L_p) - \text{Длина } (L_0)}{\text{Длина } (L_0)}$$

2.1.4. Относительное сужение при разрыве.



Относительное сужение при разрыве – это относительное изменение площади поперечного сечения образца при разрыве.

$$\psi = \frac{\text{Площадь } (F_p) - \text{Площадь } (F_0)}{\text{Площадь } (F_0)}$$

Изменение формы и размеров тела при нагружении называется **деформацией**.

Относительное удлинение и относительное сужение – это деформации.

Относительное удлинение и относительное сужение при разрыве:

– характеризуют способность металла деформироваться вплоть до момента разрушения;

– это характеристики пластичности стали.

2.1.5. Ударная вязкость.



Ударная вязкость – это удельная энергия, идущая на разрушение материала при ударном нагружении.

$$\alpha_H = \frac{\text{Энергия, затраченная на разрушение}}{\text{Площадь сечения образца } (F)}$$

Величина с размерностью энергия / площадь, называется **удельной энергией**.

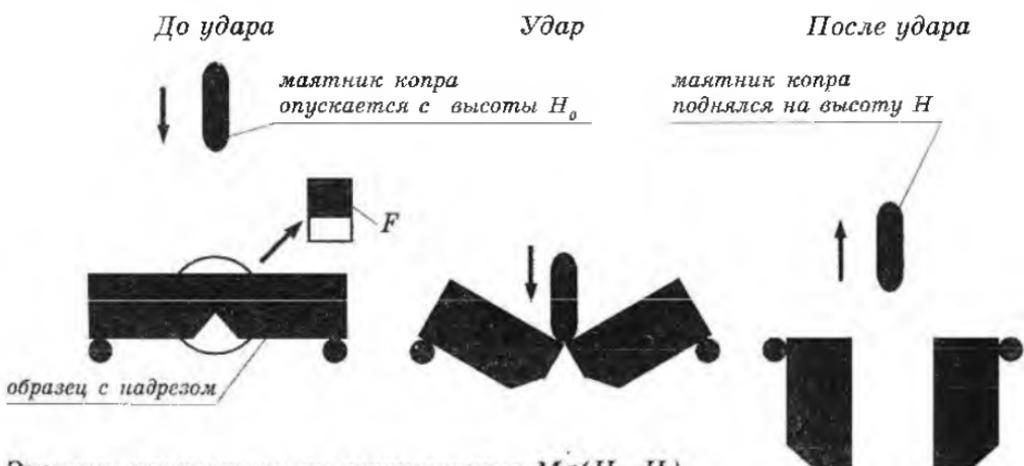
Ударная вязкость – это удельная энергия.

Ударная вязкость:

- характеризует способность металла поглощать энергию при ударном нагружении;
- это характеристика вязкости стали.

Ударную вязкость определяют при разрушении на маятниковом копре призматического образца с надрезом.

Схема определения ударной вязкости на маятниковом копре.



Энергия, затраченная на разрушение = $Mg(H_0 - H)$

M – масса маятника;

g – ускорение свободного падения.

2.1.6. Твердость.

Твердость – это сопротивление, которое одно тело оказывает проникновению в него другого, более твердого тела.

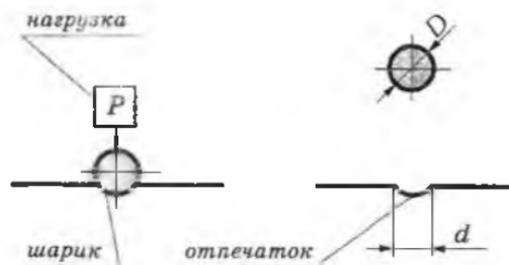
Наиболее распространенными способами измерения твердости являются *метод Бринелля* и *метод Роквелла*.

Метод Бринелля устанавливает условные числа твердости НВ путем вдавливания в поверхность испытываемого материала стального закаленного шарика при определенной нагрузке и измерения диаметра отпечатка.

Твердость по Бринеллю:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

P – нагрузка;
 D – диаметр шарика;
 d – диаметр отпечатка;
 π – 3,14.



Метод Бринелля применяется для определения твердости чугуна и незакаленной стали.

Размерность НВ – МПа (кгс/мм²).

Пример обозначения твердости стали 40Х:
НВ 2129 МПа (или НВ 217 кгс/мм²).

Метод Роквелла устанавливает числа твердости трех градаций HRA, HRB и HRC путем вдавливания в поверхность испытываемого материала алмазного наконечника (шкалы А и С) или стального шарика (шкала В).

При измерении числа твердости по Роквеллу наконечник вдавливается в образец под действием двух последовательно прикладываемых сил:

- предварительной P_0 ;
- общей $P = P_1 + P_0$.

Твердость по Роквеллу:

- при измерении по шкалам А и С

$$HR = 100 - e,$$

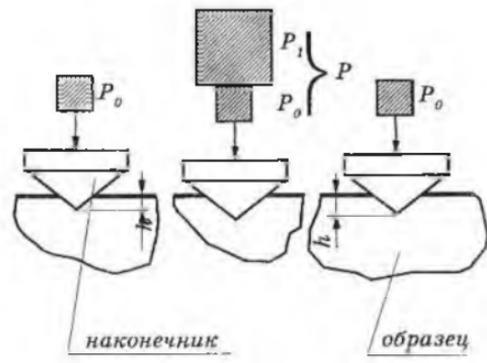
- при измерении по шкале В

$$HR = 130 - e,$$

где $e = (h - h_0) / 0,002$,

h_0 - глубина внедрения наконечника (шарика) в металл под действием предварительной нагрузки P_0 ,

h - общая глубина внедрения наконечника (шарика) после снятия основной нагрузки с оставлением предварительной нагрузки P_0 .



Шкала С применяется для определения твердости закаленных металлов.

Шкала В - для мягких материалов.

Шкала А - для очень твердых материалов (твердых сплавов).

Пример обозначения твердости закаленной стали: HRC 60.

3 ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛЕЙ

Процесс термической обработки – изменение внутреннего строения (микроструктуры) металла под воздействием изменяющихся температурных условий с целью получения определенных физико-механических свойств металла.

Процессы термической обработки подразделяются на две группы:

Процессы, обуславливающие превращения в стали при нагреве, выдержке и охлаждении.

Отжиг,
нормализация,
закалка,
отпуск.

Процессы химико-термической обработки, приводящие к изменению химического состава и свойств поверхности.

цементация,
азотирование,
литанирование,
хромирование,
алитирование.

3.1. Отжиг:

- нагрев до установленной температуры;
- выдержка;
- медленное охлаждение с печью.



Понижение твердости.
Улучшение структуры.
Улучшение обрабатываемости.

3.2. Нормализация:

- нагрев до установленной температуры;
- выдержка;
- охлаждение на воздухе.



Получение равномерной структуры.
Некоторое повышение механических свойств.
Улучшение обрабатываемости для ряда материалов.

3.3. Закалка:

- нагрев до установленной температуры;
- быстрое охлаждение в воде или масле.



Повышение прочности, твердости, износостойкости.
Ухудшение обрабатываемости.

3.4. Отпуск:

- нагрев закаленной стали до установленной температуры;
- охлаждение.



Перевод структуры в более устойчивую.
Повышение вязкости после закалки.
Улучшение обрабатываемости по сравнению с закалкой.

3.5. Цементация:

– насыщение поверхностного слоя детали углеродом с последующей закалкой.

⇒ Повышение твердости поверхности (сердцевина детали остается вязкой).

3.6. Азотирование:

– насыщение поверхностного слоя азотом.

⇒ Повышение твердости, износостойкости, коррозионной стойкости.

3.7. Цианирование:

– насыщение поверхностного слоя одновременно углеродом и азотом.

⇒ Повышение твердости, износостойкости, коррозионной стойкости.

3.8. Хромирование.

– насыщение поверхностного слоя хромом.

⇒ повышение твердости, износостойкости, коррозионной стойкости, жаростойкости.

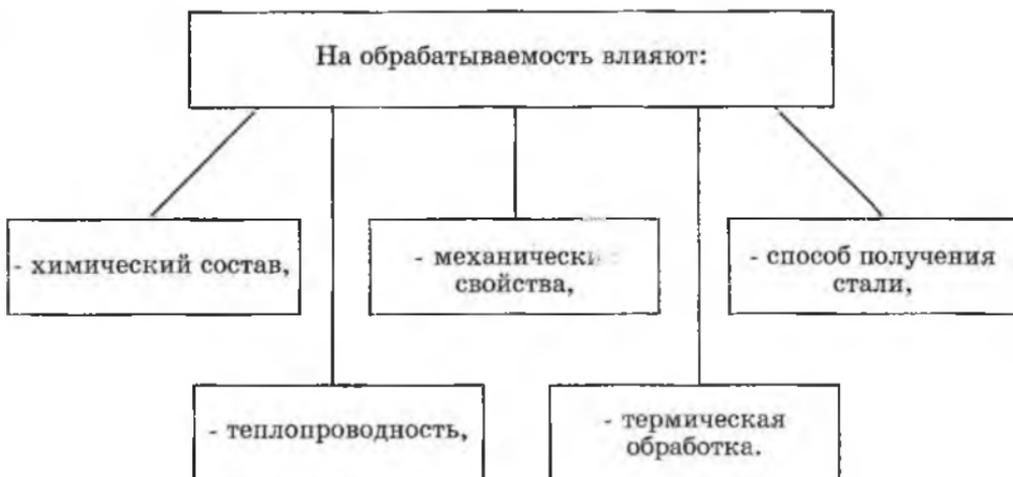
3.9. Алюминирование:

– насыщение поверхностного слоя алюминием.

⇒ Повышение коррозионной стойкости.

4 ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ СТАЛЕЙ

Обрабатываемость – совокупность качеств сталей, которые определяют производительность труда при обработке резанием.



Для сравнения материалов по обрабатываемости применяется **коэффициент относительной обрабатываемости K** .

Коэффициент обрабатываемости – это отношение допускаемой скорости резания любого металла V к допускаемой скорости резания металла, обрабатываемость которого принята за эталон – $V_э$.

$$K = V / V_э$$

В качестве эталона обычно берут наиболее распространенную конструкционную сталь 45:

$$\sigma_B = 650 \text{ МПа, НВ } 170 \text{ кгс/мм}^2.$$

Если K более 0,8, сталь хорошо обрабатывается;
 $K = 0,5-0,6$ – обрабатываемость пониженная;
 K менее 0,4 – обрабатываемость низкая.

Проверка усвоения

Контрольные вопросы

Каждый вопрос имеет один или несколько правильных ответов. Выберите правильные.

1. Что называется сталью?

- а) Любой металл.
- б) Сплав железа с углеродом и другими элементами.
- в) Сплав на основе никеля.

2. К вредным примесям в сталях относятся:

- а) кремний;
- б) сера;
- в) фосфор.

3. Предел текучести и предел прочности стали это характеристики:

- а) жаростойкости;
- б) прочности;
- в) твердости.

4. Пластичность стали характеризует:

- а) твердость;
- б) относительное удлинение;
- в) предел прочности.

5. Твердость закаленной стали обозначается:

- а) HRC;
- б) HB;
- в) HRB.

6. Метод Бринелля применяется для определения твердости:

- а) закаленной стали;
- б) сырой стали;
- в) твердого сплава.

7. Сталь хорошо обрабатывается, если коэффициент обрабатываемости K :

- а) менее 0,4;
- б) более 0,8;
- в) $K = 0,6$.

8. На обрабатываемость стали влияют:

- а) химический состав;
- б) термическая обработка;
- в) механические свойства.

9. Механические свойства стали:

- а) предел прочности;
- б) относительное удлинение;
- в) теплопроводность.

10. Особые свойства стали:

- а) пластичность;
- б) жаропрочность;
- в) коррозионная стойкость.

Цели:

Изучив данный учебный элемент, Вы будете знать:

- классификацию сталей;
- маркировку сталей;
- использование сталей.

Оборудование, материалы и вспомогательные средства:

- не требуются.

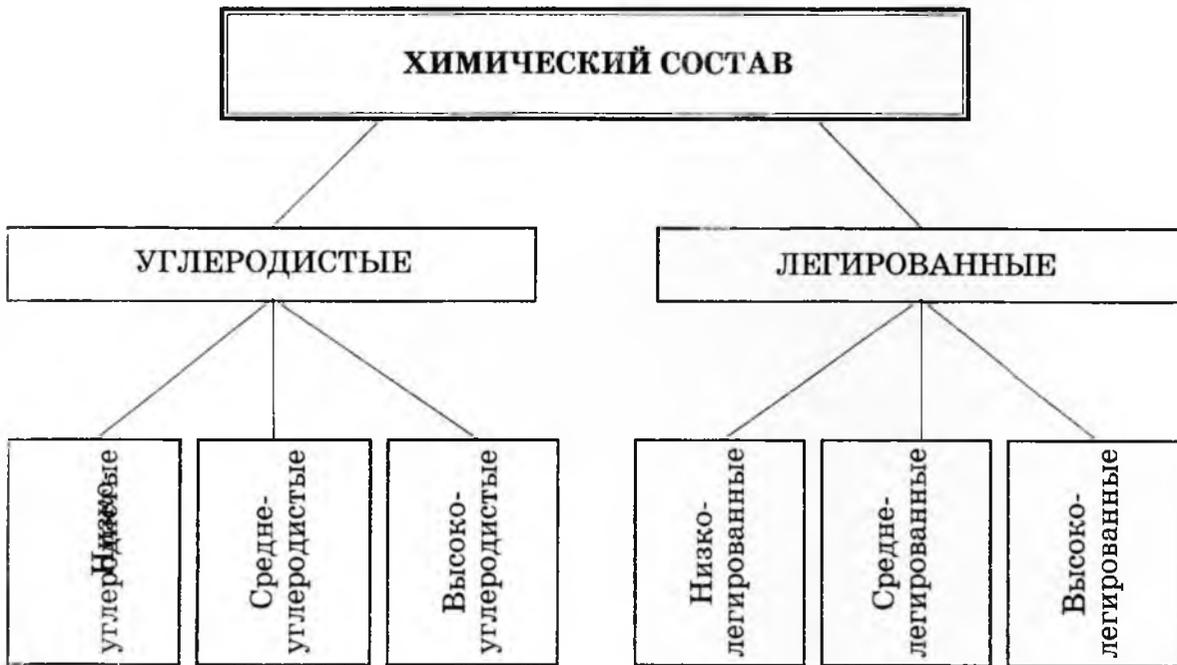
Сопутствующие учебные элементы и пособия:

- "Стали и их свойства".

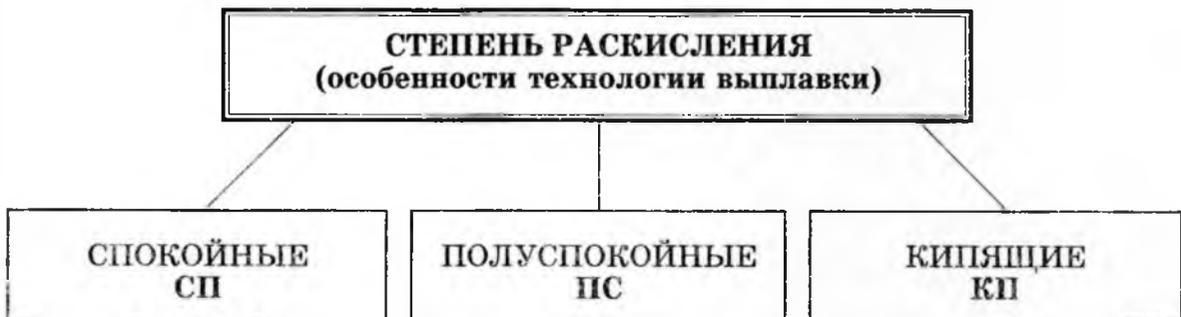
1 КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ

Стали классифицируют по химическому составу, качеству, степени раскисления, методу придания формы и размерам, назначению.

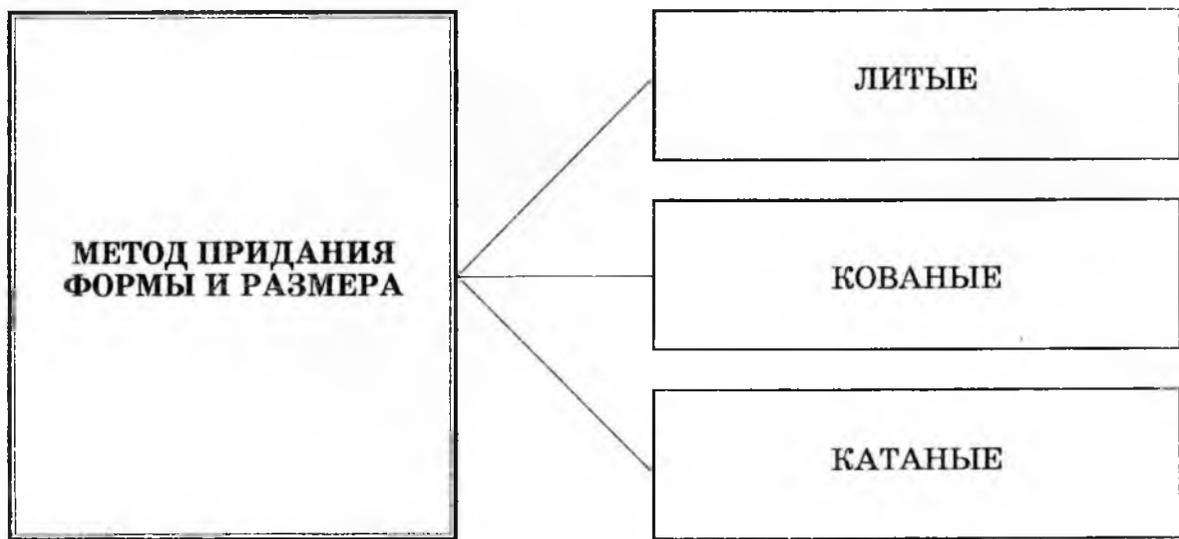
1.1. По химическому составу стали разделяют на углеродистые и легированные.



1.2. По степени раскисления стали разделяют на спокойные, полуспокойные, кипящие.



1.3. По методу придания формы и размера различают литые, кованные, катаные стали.



1.4. По назначению стали разделяют на конструкционные, инструментальные и стали с особыми свойствами.



2 УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ

Углеродистые стали сочетают удовлетворительные механические свойства с хорошей обрабатываемостью.



Количество углерода в двухкомпонентных сталях определяет комплекс свойств углеродистых сталей.

По концентрации углерода углеродистые стали разделяют на:

- **низкоуглеродистые**
(содержание углерода до 0,3%);



- **среднеуглеродистые**
(содержание углерода от 0,3 до 0,5%);



- **высокоуглеродистые**
(содержание углерода более 0,5%).



По особенностям технологии выплавки (степени раскисления) различают стали:

- **кипящие,**
- **полуспокойные,**
- **спокойные.**

Степень раскисления указывается в марке стали следующими индексами:

- кипящая – "КП";
- полуспокойная – "ПС";
- спокойная – "СП".

Раскисление – процесс удаления из жидкого металла кислорода.

Кипящие, полуспокойные и спокойные стали отличаются содержанием технологических примесей.



По качественному признаку углеродистые стали делятся на:

– *стали обыкновенного качества* групп А, Б, В.

Стали группы А поставляют с гарантированными механическими свойствами, химический состав не указывается.

Стали группы Б поставляют с гарантированным химическим составом, механические свойства не указываются.

Стали группы В поставляют с гарантированными механическими свойствами и химическим составом.

– *качественные стали* – содержат меньше вредных примесей.

2.1. Маркировка углеродистых сталей.

2.1.1. Маркировка сталей обыкновенного качества включает:

– буквы Б или В (обозначают группу стали, группа А не указывается);

– буквы Ст (обозначают "сталь");

– цифры от 0 до 6 (условный номер, связан с содержанием углерода);

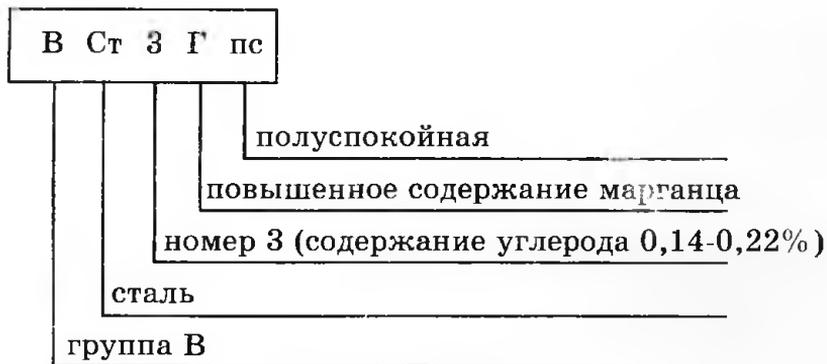
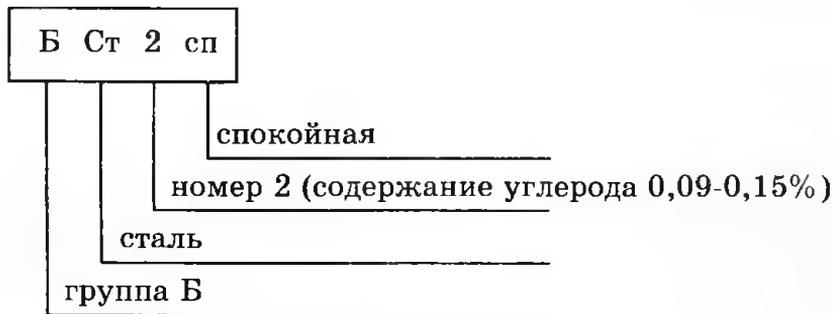
– букву Г (обозначает сталь с повышенным содержанием марганца);

– индекс кп, пс или сп (обозначает степень раскисления).

Содержание углерода в сталях обыкновенного качества:

Марка стали	Углерод, %
Ст0	<0,23
БСт1сп	0,06-0,12
БСт2сп	0,09-0,15
БСт3сп	0,14-0,22
БСт4сп	0,18-0,27
БСт5сп	0,28-0,37
БСт6сп	0,38-0,49

Примеры маркировки сталей обыкновенного качества:



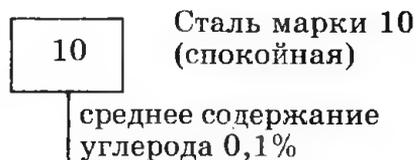
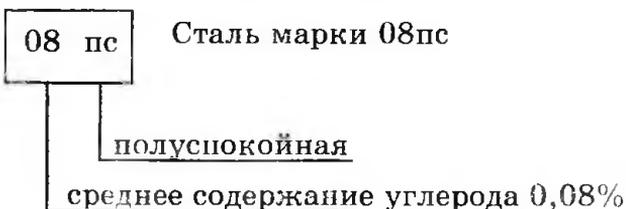
2.1.2. Маркировка качественных сталей включает:

- две цифры (обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента);
- букву Г (обозначает сталь с повышенным содержанием марганца);
- букву К (обозначает т.н. котельную сталь);
- индекс кп или пс (обозначает степень раскисления для кипящих и полуспокойных сталей).

Содержание углерода в качественных сталях:

Марка стали	Углерод, %
08	0,05-0,12
10	0,07-0,14
20	0,17-0,24
30	0,27-0,35
40	0,37-0,45
45	0,42-0,50
50	0,47-0,55
60	0,57-0,65
80	0,77-0,85

Примеры маркировки качественных сталей:



3 ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ

Обрабатываемость легированных сталей весьма различается в зависимости от их химического состава, механических свойств. Высоколегированные стали имеют низкую обрабатываемость резанием.



Легирующие элементы придают сталям высокие конструкционные свойства и используются для получения сталей с особыми свойствами.

Легированные стали разделяют на:

- *низколегированные*

(содержание легирующих элементов в сумме менее 2,5%);



- *среднелегированные*

(содержание легирующих элементов в сумме от 2,5 до 10%);



- *высоколегированные*

(содержание легирующих элементов в сумме более 10%).



3.1. Маркировка легированных сталей.

Маркировка легированных сталей включает:

– цифры

(обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента);

– букву

(обозначает легирующий элемент);

– цифры после буквы

(обозначают содержание легирующего элемента в процентах. Если содержание элемента менее 1%, то цифра не ставится);

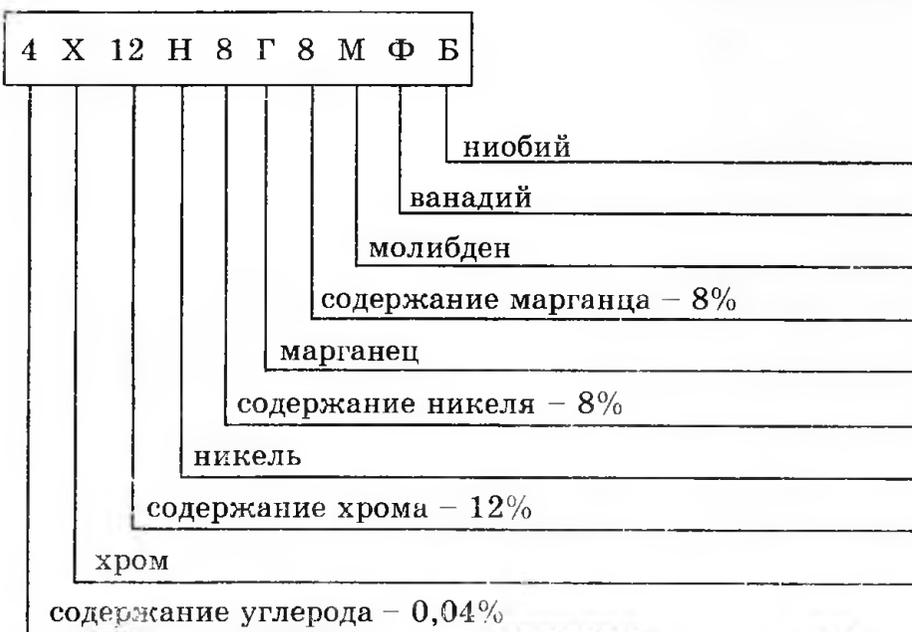
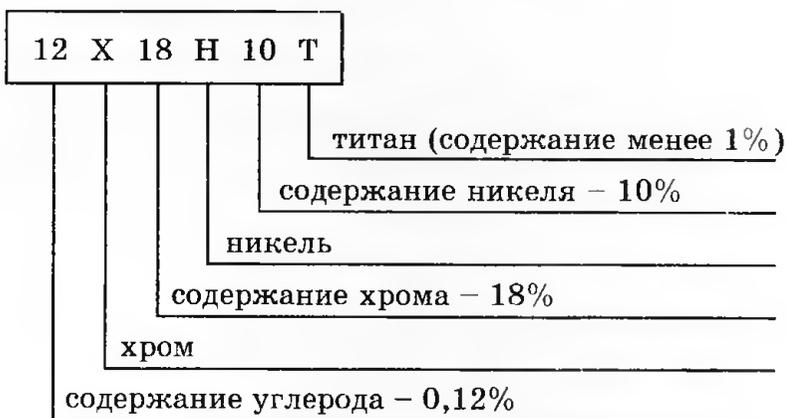
– буква А в конце

(обозначает высококачественную сталь, содержащую незначительное количество вредных примесей).

Каждый легирующий элемент обозначается буквой в соответствии с таблицей.

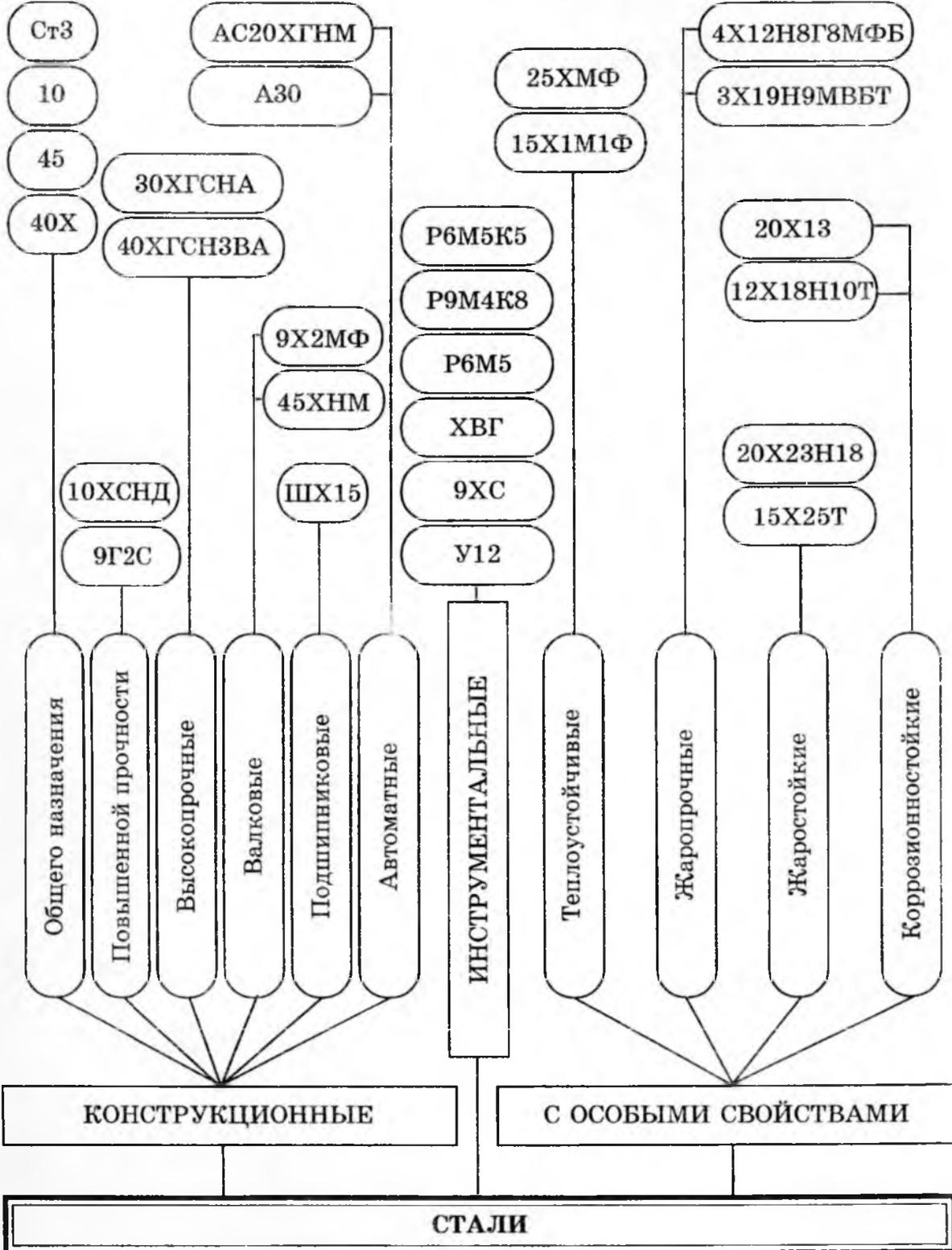
Легирующий элемент	Химический символ	Обозначение
Алюминий	Al	Ю
Азот	N	А
Бор	B	Р
Ванадий	V	Ф
Вольфрам	W	В
Кобальт	Co	К
Кремний	Si	С
Марганец	Mn	Г
Медь	Cu	Д
Молибден	Mo	М
Ниобий	Nb	Б
Никель	Ni	Н
Титан	Ti	Т
Хром	Cr	Х
Цирконий	Zr	Ц

*Пример маркировки
легированных сталей:*



4 КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

В зависимости от назначения стали делятся на конструкционные, инструментальные и стали с особыми свойствами.



4.1. Конструкционные стали.

Конструкционные стали применяются для изготовления оборудования, строительных конструкций и других сооружений.

Конструкционные стали можно разделить на стали:

- *общего назначения*
(Ст3, 10, 45, 40Х и др.);

Применяются для изготовления различных деталей машиностроения, не требующих особых свойств.

Хорошо обрабатываются резанием.

- *повышенной прочности*
(9Г2С, 10ХСНД и др.);



Применяются для изготовления деталей наружных конструкций.

Обрабатываемость удовлетворительная.

- *высокопрочные*
(30ХГСНА, 30Х2ГСН2ВМ, 40ХГСН3ВА и др.);



Применяются в самолетостроении, машиностроении для деталей, требующих высокой прочности.

Обрабатываемость резанием пониженная.

- *валковые*
(9Х2МФ, 45ХНМ и др.);



Применяются для изготовления валков, осей.

Обрабатываемость резанием удовлетворительная.

- *подшипниковые*
(ШХ15 и др.);



Применяются для изготовления деталей подшипников.

Обрабатываемость резанием удовлетворительная.

- *автоматные*
(А20, А30,
АС20ХГНМ и др.).



С целью улучшения обрабатываемости в состав сталей введены сера, селен, теллур, кальций, свинец.

4.2. Инструментальные стали.

Инструментальные стали применяются для изготовления инструментов.

Инструментальные стали делятся на:

- *углеродистые*
(У8, У8А, У12А и др.);



Используются при изготовлении инструментов для резания легкообрабатываемых материалов на низких скоростях резания.

Обрабатываемость резанием хорошая.

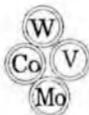
- *легированные*
(9ХС, ХВГ, ХВСГ и др.);



Применяются для изготовления некоторых видов режущего инструмента.

Обрабатываемость резанием удовлетворительная.

- *быстрорежущие*
(Р6М5, Р9М4К8, Р6М5К5,
Р9К10, Р10К5Ф5 и др.).



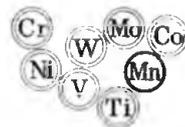
Применяются для изготовления большой номенклатуры режущего инструмента.

Обрабатываемость резанием пониженная.

4.3. Стали с особыми свойствами.

Стали с особыми свойствами – это высоколегированные стали для изготовления оборудования, работающего в особо неблагоприятных условиях.

Необходимое сочетание особых свойств достигается легированием хромом, никелем, титаном, молибденом, алюминием, ванадием, кобальтом и т.п.



Стали с особыми свойствами разделяются на:

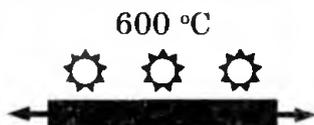
- *теплоустойчивые*
(25ХМФ, 15Х1М1Ф и др.);



Предназначены для работы при температурах до 560°.

Обработываемость резанием пониженная.

- *жаропрочные*
(1Х12Н2ВМФ, 4Х12Н8Г8МФБ, 3Х19Н9МВБТ и др.);



Предназначены для работы в условиях воздействия высоких температур и действия механических нагрузок.

Обработываемость резанием низкая.

- *жаростойкие*
(20Х23Н18, 15Х25Т, и др.);



Предназначены для работы в малонагруженном состоянии в агрессивных газовых средах при высоких температурах.

Обработываемость резанием пониженная.

- *коррозионностойкие*
(12Х18Н10Т, 20Х13 и др.).



Предназначены для работы в условиях воздействия агрессивных сред (кислоты, щелочи, морская вода и пр.).

Обработываемость резанием пониженная.

При изготовлении ответственных деталей газовых турбин, авиационных двигателей, находят применение жаропрочные сплавы на железо-никелевой основе: ХН35ВТ; ХН35ВТЮ, и сплавы на никелевой основе: ХН77ТЮР; ХН80ТБЮ; ХН70ВМЮТ; ХН65ВМ4ЮТ; ХН55ВМТФКЮ.

Эти материалы имеют высокие механические свойства и очень низкую обработываемость резанием.

Коэффициенты обрабатываемости и механические свойства сталей.

Марка стали	Механические свойства		Коэффициент обрабатываемости	
	НВ, кгс/мм ²	σ_B , МПа	быстрорежу- щая сталь	твердый сплав
Ст.3	124	400	1,6	1,8
10	107	450	1,6	1,9
20	130	470	1,6	1,7
45	170	650	1	1
60	240	690	0,6	0,7
40X	170	610	0,7	0,8
ШХ15	202	750	0,4	0,9
У12	207		0,9	1
9XC	220		0,5	0,9
XBГ	235	760	0,4	0,75
65Г	240	820	0,5	0,6
9X2MФ	200	588	0,8	0,85
45XHM	269	680	0,7	0,9
30XГCНА	217	720	0,5	0,7
20X13	240	735	0,5	0,7
12X18H10T	170	608	0,35	0,5
15X1M1Ф	200	570	0,7	0,9
25XMФ	300	780	0,3	0,7
4X12H8Г8MФБ	269	784	0,2	0,4
3X19H9MBBT	175	580	0,3	0,6
20X23H18	178	607	0,4	0,6
15X25T	160	460	0,5	0,7
XH35BT	269	950	0,15	0,3
XH67BMTЮ	217	1038	0,08	0,1
XH77TЮP	262	1058	0,08	0,2
XH65B9M4ЮT	290	920	0,07	0,15

Проверка усвоения

Контрольные вопросы

Каждый вопрос имеет один или несколько правильных ответов.
Выберите правильные.

1. Стали классифицируют по:

- а) химическому составу;
- б) назначению;
- в) качеству.

2. По качественному признаку углеродистые стали делятся на:

- а) качественные;
- б) обыкновенного качества;
- в) легированные.

3. Что означает цифра в маркировке "Ст3"?

- а) Содержание углерода 0,3% .
- б) Условный номер.
- в) Содержание углерода до 3% .

4. В маркировке легированных сталей буква Н указывает на содержание в стали:

- а) ниобия;
- б) никеля;
- в) легирующих элементов.

5. Сталь 10 содержит углерода:

- а) менее 0,07% ;
- б) 0,1% ;
- в) 0,2-0,3% .

6. Хорошо обрабатываются резанием:

- а) углеродистая сталь;
- б) жаропрочная сталь;
- в) высокопрочная сталь.

7. Нержавеющая сталь 08X18H10T содержит:

- а) хром;
- б) ниобий;
- в) титан.

8. К сталям с особыми свойствами относятся:

- а) жаростойкие;
- б) общего назначения;
- в) коррозионностойкие.

9. Сталь 12X1МФ содержит:

- а) 12% хрома;
- б) 1,2% углерода;
- в) 0,12% углерода.

10. 20ХГСА относится к сталям:

- а) высокоуглеродистым;
- б) высокопрочным;
- в) легированным.

Цели:

Изучив данный учебный элемент, Вы будете знать:

- что такое чугуны;
- классификацию чугунов;
- основные свойства чугунов;
- маркировку чугунов.

Оборудование, материалы и вспомогательные средства:

- не требуются.

Сопутствующие учебные элементы и пособия:

- "Стали и их свойства".

❶ СОСТАВ ЧУГУНОВ

Чугун – сплав железа с углеродом, содержащий углерода более 2%.

В отличие от стали чугун является более хрупким материалом.

Чугун получают из железных руд в доменных печах.

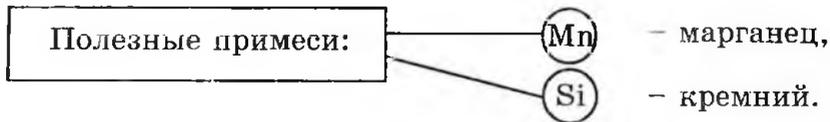
Кроме основы (железа) – Fe



и углерода – С

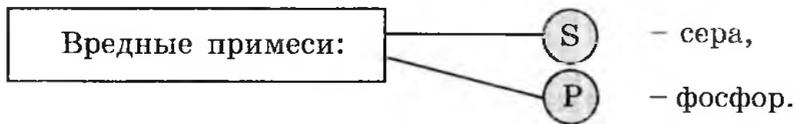


в чугунах содержатся в малом количестве примеси, а также специально вводимые легирующие элементы.



Марганец – повышает твердость чугуна.

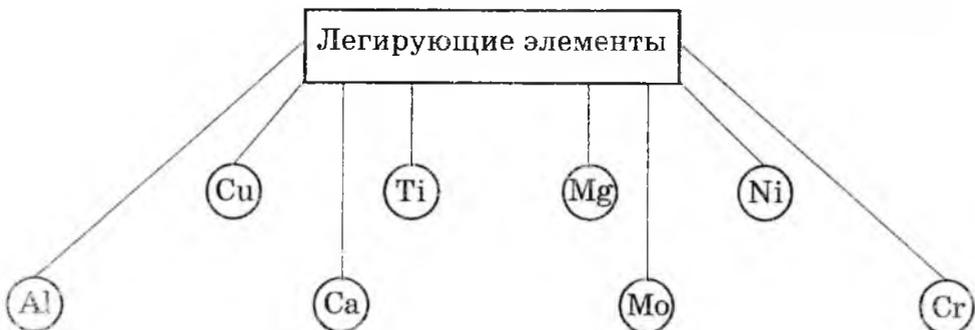
Кремний – повышает прочность и вязкость чугуна, улучшает литейные свойства.



Сера – понижает прочность, ухудшает литейные свойства чугуна.

Фосфор – повышает хрупкость.

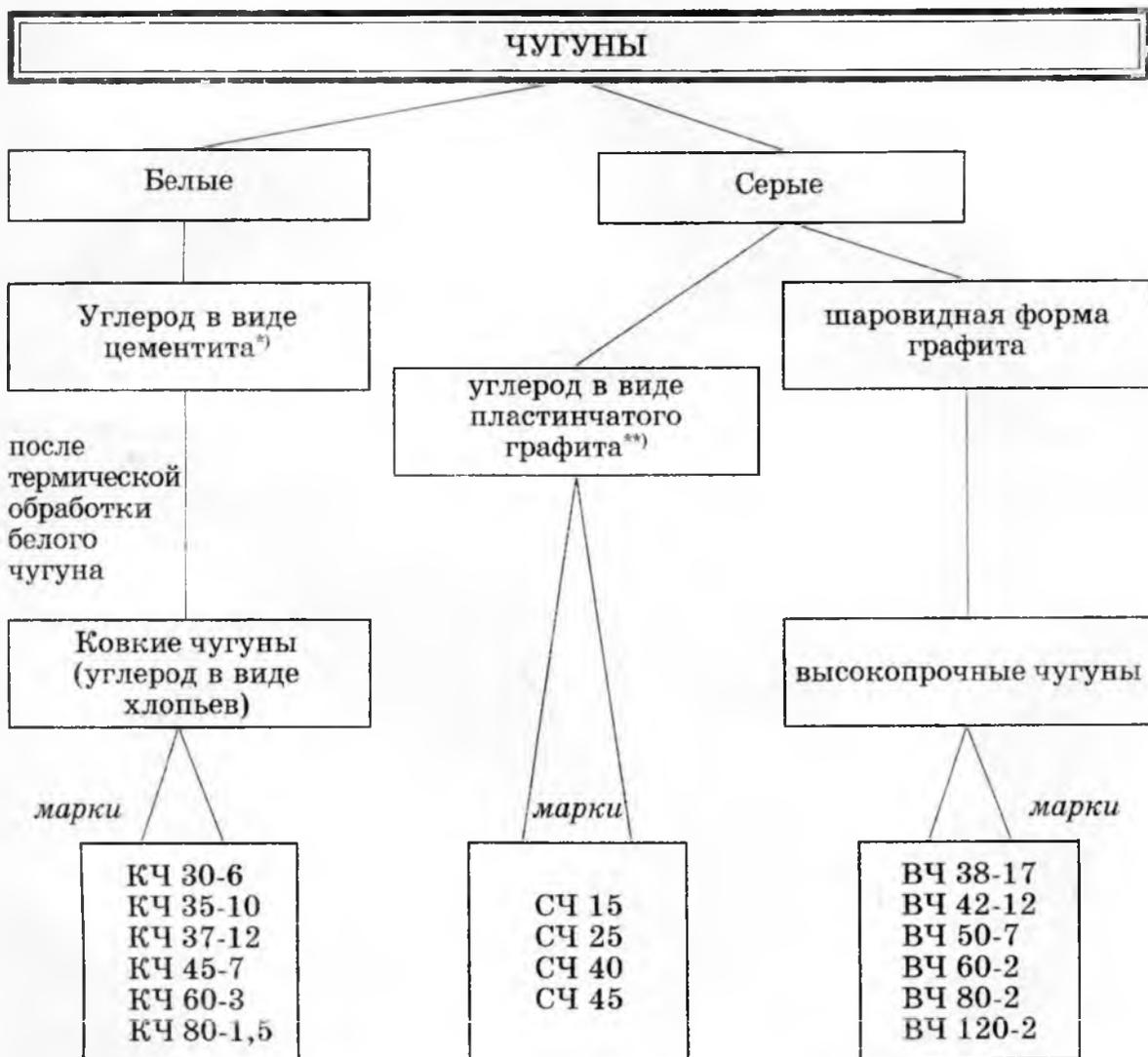
Для улучшения свойств чугунов производят их модифицирование и легирование путем добавления легирующих элементов.



2 КЛАССИФИКАЦИЯ ЧУГУНОВ

В зависимости от структуры и химического состава чугуны разделяют на ряд групп.

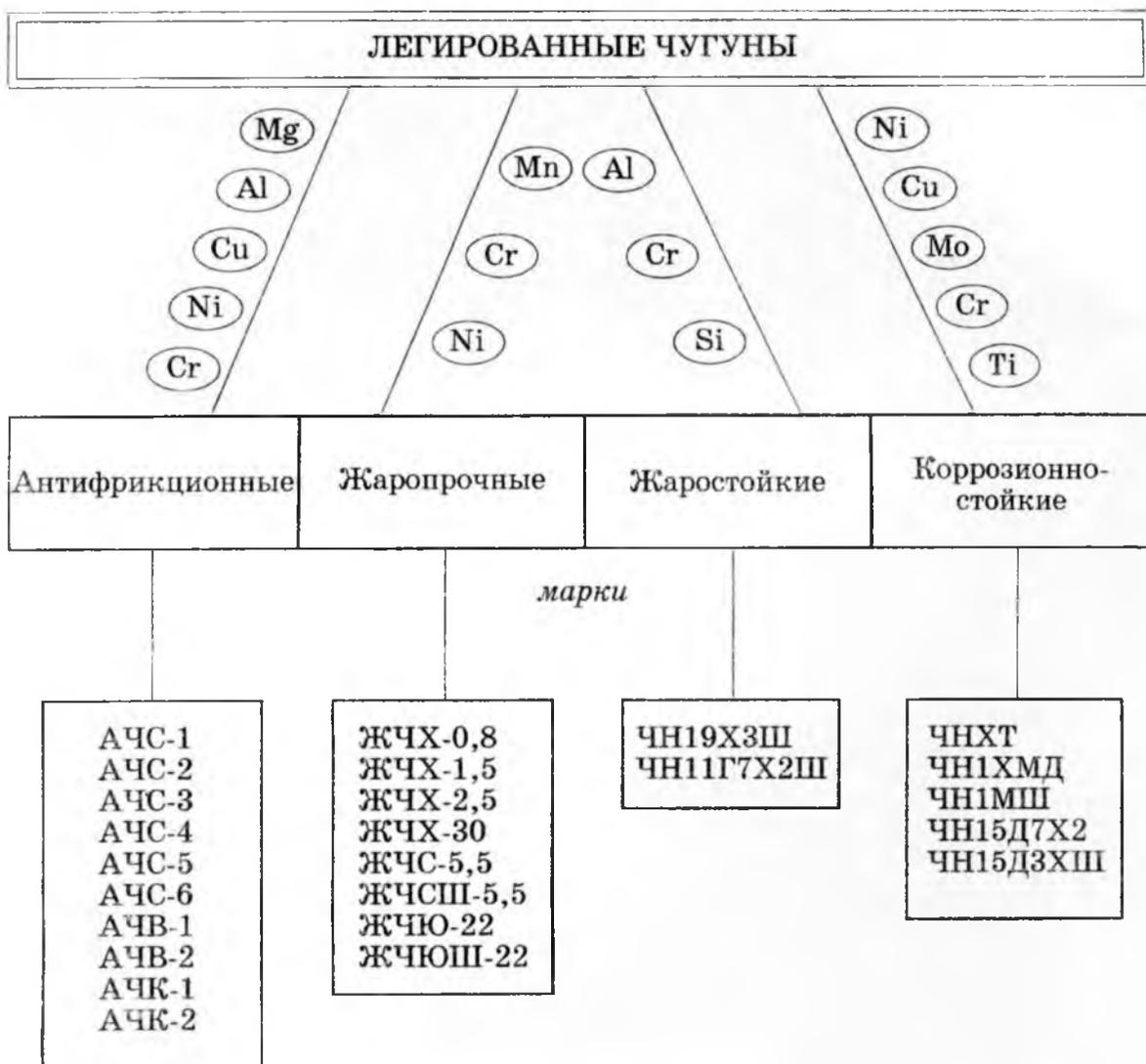
По структуре, в зависимости от характера соединения железа с углеродом, чугуны можно разделить на белые и серые.



*) Цементит – карбид железа Fe_3C (сплав железа с углеродом).

**) Графит – углерод, выделяющийся в железоуглеродистых сплавах в свободном состоянии.

По химическому составу чугуны разделяют на нелегированные и легированные, в которые вводятся специальные элементы для улучшения свойств чугуна.



2.1. Белый чугун.

Белые чугуны характеризуются наличием углерода в виде цементита (Fe_3C).

Белый чугун отличается:

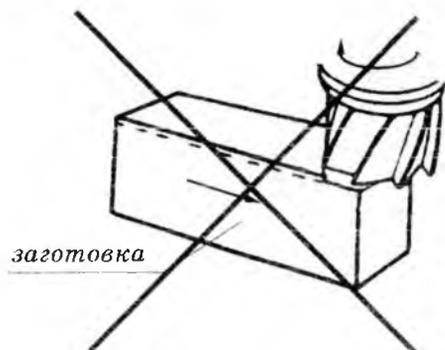
- *высокой твердостью,*
- *хрупкостью,*
- *высокой износостойкостью.*

Механические свойства белого чугуна.

Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Относительное удлинение δ , %	Твердость по Бринеллю, НВ	
		МПа	кгс/мм ²
142	0	3234-3920	330-400

Белый чугун имеет очень низкую обрабатываемость резанием.

Обычно он не подвергается механической обработке и используется для переделки в ковкий чугун.



2.2. Ковкий чугун.

Ковкими называют чугуны, в которых графит имеет хлопьевидную форму. Их получают термической обработкой белых чугунов.

Ковкие чугуны содержат:

– углерод	2,2-3,1%,	(C)
– кремний	0,7-1,5%,	(Si)
– марганец	0,3-0,6%,	(Mn)
– фосфор	до 0,18%,	(P)
– серу	до 0,12%,	(S)
– хром	до 0,2%.	(Cr)

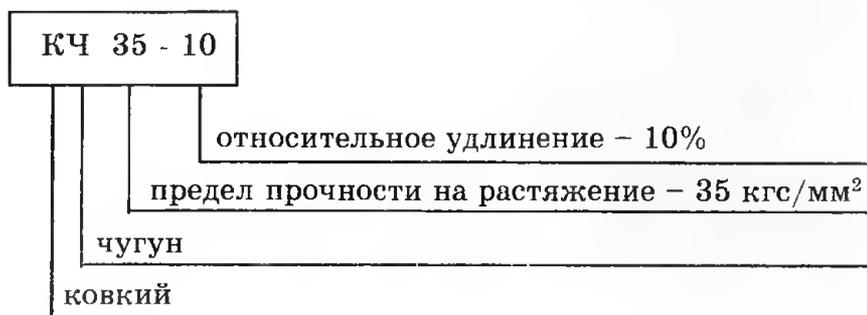
2.2.1. Маркировка ковких чугунов.

Обозначение марки ковкого чугуна включает:

– буквы **КЧ**
(обозначают "ковкий чугун");

– цифры
(первое число показывает предел прочности при растяжении σ , кгс/мм²;
второе число – относительное удлинение δ , %).

Пример маркировки ковкого чугуна:



2.2.2. Свойства ковкого чугуна.

Ковкий чугун обладает высокой прочностью и пластичностью, хорошо обрабатывается резанием.

Механические свойства ковкого чугуна.

Марка чугуна	Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Относительное удлинение δ , %	Твердость по Бринеллю, НВ	
			МПа	кгс/мм ²
КЧ 30-6	294	6	1000-1630	102-166
КЧ 35-10	343	10	1000-1630	102-166
КЧ 37-12	363	12	1100-1630	112-166
КЧ 45-7	441	7	1500-2070	153-211
КЧ 60-3	588	3	2000-2690	204-274
КЧ 80-1,5	784	1,5	2700-3200	275-326

Ковкие чугуны широко применяются в машиностроении для изготовления деталей высокой прочности.

2.3. Серый чугун.

Серый чугун характеризуется тем, что в его структуру входит пластинчатый графит.

Серые чугуны содержат:

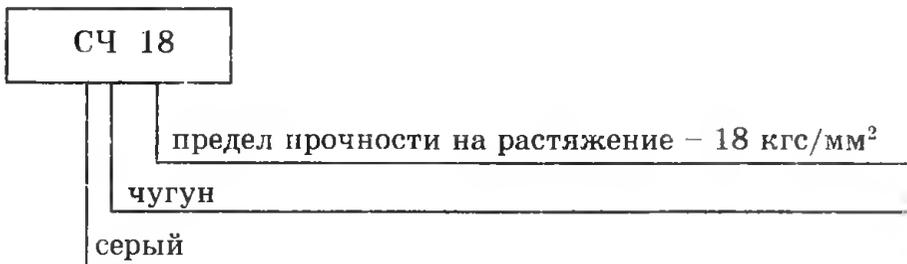
-- углерод	2,5-3,6%,	(C)
-- кремний	1,1-2,9%,	(Si)
-- марганец	0,2-1,4%,	(Mn)
-- фосфор	до 0,02-0,4%,	(P)
-- серу	до 0,02-0,15%,	(S)
-- хром	до 0,15-0,3%,	(Cr)
-- никель	до 0,5%.	(Ni)

2.3.1. Маркировка серых чугунов.

Обозначение марки серого чугуна включает:

- буквы СЧ (обозначают "серый чугун");
- цифры (показывают предел прочности при растяжении σ , кгс/мм²).

Пример маркировки серого чугуна:



2.3.2. Свойства серого чугуна.

Серый чугун обладает высокими литейными свойствами, хорошо обрабатывается резанием.

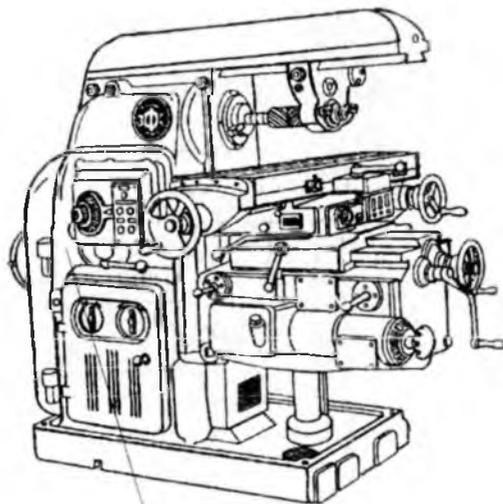
Широко применяется в машиностроении.

Механические свойства серого чугуна:

Марка чугуна	Предел прочности при растяжении σ_B , МПа	Твердость по Бринеллю, НВ	
		МПа	кгс/мм ²
СЧ 15	150	1630-2290	166-234
СЧ 25	250	1800-2500	183-255
СЧ 40	400	2070-2850	211-290
СЧ 45	450	2290-2890	234-294

Для повышения механических свойств производится модифицирование серого чугуна путем добавления алюминия или кальция.

Отливки из чугуна СЧ 40, СЧ 45 относятся к особо качественным, получаемым специальным способом производства. Применяются для наиболее ответственного литья.



станина из серого чугуна

2.4. Высокочроный чугуи.

Высокочроный чугуи от остальных марок отличается тем, что в структуре имеет шаровидную форму графита.

Высокочроные чугуи содержат:

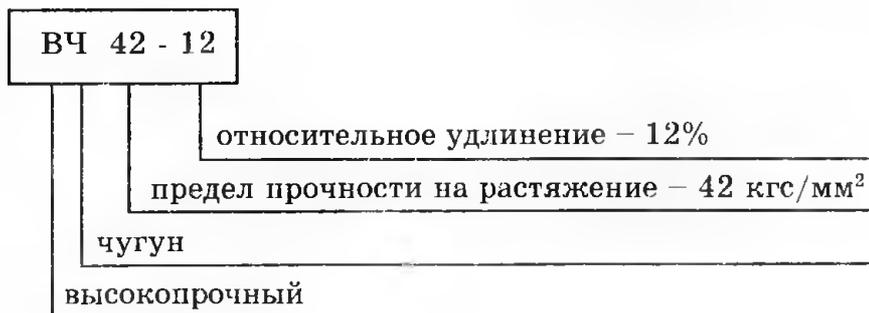
– углерод	2,7-3,6%,	(C)
– кремний	1,0-3,8%,	(Si)
– марганец	0,4-0,9%,	(Mn)
– фосфор	до 0,1%,	(P)
– серу	до 0,14%,	(S)
– хром	до 0,1%,	(Cr)
– никель	0,2-0,8%.	(Ni)

2.4.1. Маркировка высокочроных чугуиов.

Обозначение марки высокочроного чугуиа включает:

- буквы **ВЧ** (обозначают "высокочроный чугуи");
- цифры (первое число показывает предел прочности при растяжении σ , кгс/мм²; второе число – относительное удлинение δ , %).

Пример маркировки высокочроного чугуиа:



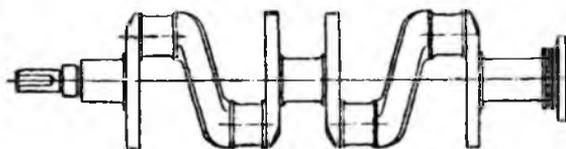
2.4.2. Свойства высокопрочного чугуна.

Высокопрочный чугун обладает высокой прочностью и удовлетворительной пластичностью.

Механические свойства высокопрочного чугуна.

Марка чугуна	Предел прочности при растяжении σ_v , МПа	Относительное удлинение δ , %	Твердость по Бринеллю, НВ	
			МПа	кгс/мм ²
ВЧ 38-17	380	17	1400-1700	142-173
ВЧ 42-12	420	12	1400-2000	142-204
ВЧ 50-7	500	7	1710-2410	174-246
ВЧ 60-2	600	2	2000-2800	204-285
ВЧ 80-2	800	2	2500-3300	255-336
ВЧ 120-2	1200	2	3020-3800	308-388

Высокопрочный чугун применяется в различных отраслях техники при изготовлении прокатных станов, кузнечно-прессового оборудования, деталей турбин и других ответственных деталей.



коленчатый вал из высокопрочного чугуна

2.5. Антифрикционный чугун.

Антифрикционные чугуны получают на основе серых, высокопрочных и ковких чугунов.



Чугуны АЧС легированы: хромом (0,2-0,4%), никелем (0,2-0,4%), медью (0,3-2%), алюминием (0,4-0,8%).

Чугуны АЧВ легированы: медью ($\leq 0,7\%$), магнием ($\leq 0,03\%$).

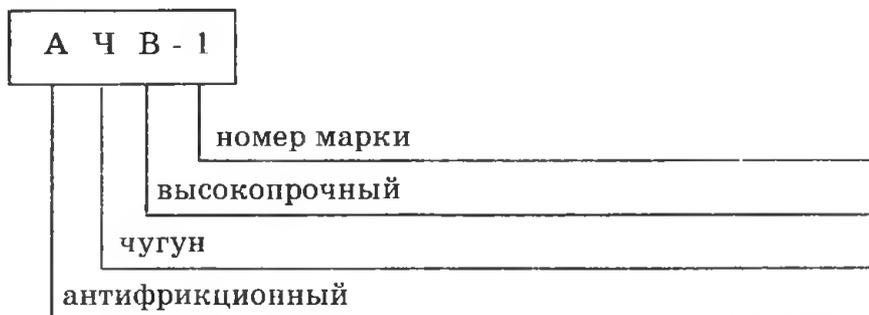
Чугуны АЧК легированы: медью (1-1,5%).

2.5.1. Маркировка антифрикционных чугунов.

Обозначение марки антифрикционного чугуна включает:

- буквы **АЧ** (обозначают "антифрикционный чугун");
 - С** - серый;
 - В** - высокопрочный;
 - К** - ковкий;
- цифры (указывают номер марки).

Пример маркировки антифрикционного чугуна:



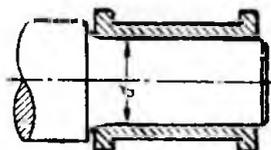
2.5.2. Свойства антифрикционного чугуна.

Антифрикционный чугун обладает хорошей износостойкостью.

Механические свойства антифрикционного чугуна:

Марка чугуна	Твердость по Бринеллю, НВ	
	МПа	кгс/мм ²
АЧС-1	1766-2364	180-262
АЧС-2	1766-2246	180-229
АЧС-3	1570-1864	160-190
АЧС-4	1766-2246	180-229
АЧС-5	1766-2246	180-229
АЧС-6	981-1177	100-120
АЧВ-1	2058-2550	210-260
АЧВ-2	1638-1933	167-197
АЧК-1	1834-2573	187-262
АЧК-2	1638-1933	167-197

Антифрикционные чугуны используются для изготовления деталей, работающих в условиях трения скольжения.



Подшипник скольжения из антифрикционного чугуна

2.6. Жаропрочный чугун.

Путем введения легирующих элементов создаются чугуны со специальными физическими и химическими свойствами.

Жаропрочный чугун предназначен для эксплуатации при температуре до 600°C.

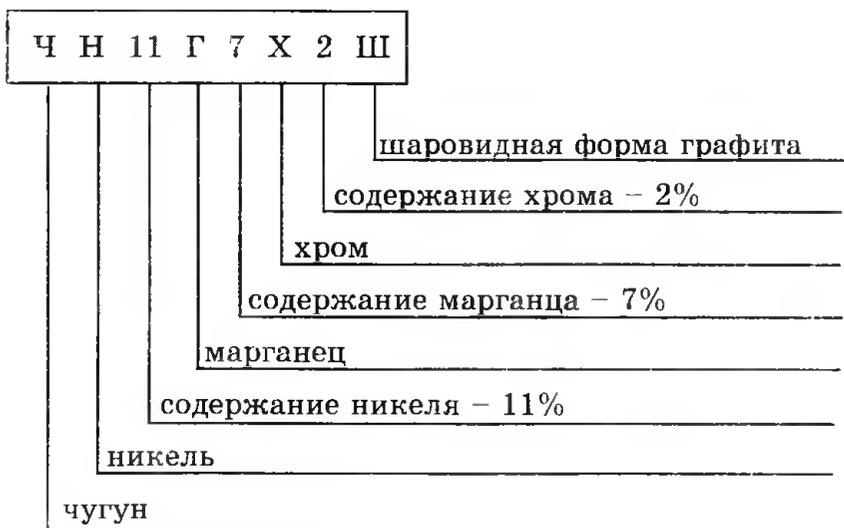
Легирован никелем, хромом, марганцем.

2.6.1. Маркировка жаропрочных чугунов.

Обозначение марки жаропрочного чугуна включает:

- букву **Ч**
(обозначает "чугун");
- буквы **Н, Х, Г**
(обозначают легирующие элементы – никель, хром, марганец);
- букву **Ш**
(обозначает, что графит имеет шаровидную форму);
- цифры за буквой
(указывают процентное содержание легирующих элементов).

Пример маркировки жаропрочного чугуна:



2.6.2. Свойства жаропрочного чугуна.

Жаропрочный чугун сохраняет прочность при температурах до 600°C. Имеет пониженную обрабатываемость резанием.

Химический состав и механические свойства жаропрочных чугунов.

Марка чугуна	Химический состав, %							Механические свойства при 20°C		
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	σ_B , МПа	δ , %	HB, МПа
				не более						
ЧН19Х3Ш	2,5-3,0	1,8-2,5	1,0-1,6	0,05	0,03	2,5-3,5	17-20	392	5	1176-2499
ЧН11Г7Х2Ш	2,5-3,0	1,8-2,5	5,0-8,0	0,05	0,03	1,0-2,5	10-12	392	4	1176-2499

Жаропрочный чугун применяется для изготовления деталей газовых турбин, насосов, двигателей внутреннего сгорания.

2.7. Жаростойкий чугун.

Жаростойкий чугун обладает способностью противостоять окислению при повышенных температурах.

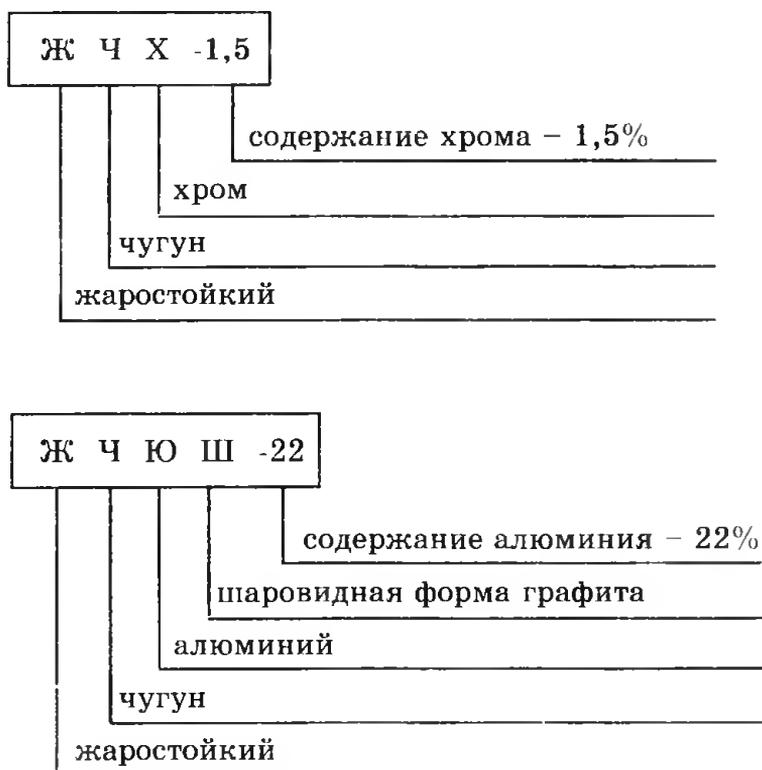
Легирован хромом, кремнием, алюминием.

2.7.1. Маркировка жаростойких чугунов.

Обозначение марки жаростойкого чугуна включает:

- буквы **ЖЧ**
(обозначают "жаростойкий чугун");
- буквы **Х, С, Ю**
(обозначают легирующие элементы – хром, кремний, алюминий);
- букву **Ш**
(обозначает, что графит имеет шаровидную форму);
- цифры
(указывают процентное содержание легирующих элементов).

Пример маркировки жаростойкого чугуна:



2.7.2. Свойства жаростойкого чугуна.

Жаростойкий чугун сохраняет свойства при температуре до 600-1100°C.

Химический состав и механические свойства жаростойких чугунов:

Чугун	Марка чугуна	Химический состав, %							Механические свойства при 20°C	
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	σ_B , МПа	НВ, МПа
Хромистый	ЖЧХ-0,8	3,0-3,9	1,5-2,5	$\leq 1,0$	$\leq 0,3$	$\leq 0,12$	0,5-1,0	--	176	2029-2803
	ЖЧХ-1,5	3,0-3,9	1,7-2,7	$\leq 1,0$	$\leq 0,3$	0,12	1,1-1,9	--	147	2029-2803
	ЖЧХ-2,5	3,0-3,9	2,8-3,8	$\leq 1,0$	$\leq 0,3$	$\leq 0,12$	2,0-2,7	--	--	2234-3567
	ЖЧХ-30	2,4-3,0	1,0-2,0	$\leq 0,7$	$\leq 0,1$	$\leq 0,08$	28-32	--	294	3626-5390
Кремнистый с пластинчатым графитом	ЖЧС-5,5	2,4-3,2	5,0-6,0	0,5-1,2	$\leq 0,3$	$\leq 0,12$	0,5-0,9	--	98	1372-2499
Кремнистый с шаровидным графитом	ЖЧСШ-5,5	2,5-3,5	5,0-6,0	$\leq 0,7$	$\leq 0,2$	$\leq 0,03$	$\leq 0,2$	--	215	2234-3146
Алюминиевый с пластинчатым графитом	ЖЧЮ-22	1,6-2,5	1,0-2,0	0,4-0,8	$\leq 0,2$	$\leq 0,08$	--	19-25	88	1372-2803
Алюминиевый с шаровидным графитом	ЖЧЮШ-22	1,6-2,5	1,0-2,0	0,4-0,8	$\leq 0,2$	$\leq 0,05$	--	19-25	245	2362-3675

Жаростойкий чугун применяется для изготовления деталей турбин, двигателей, работающих при температурах до 1100 °C.

2.8. Коррозионностойкий чугун.

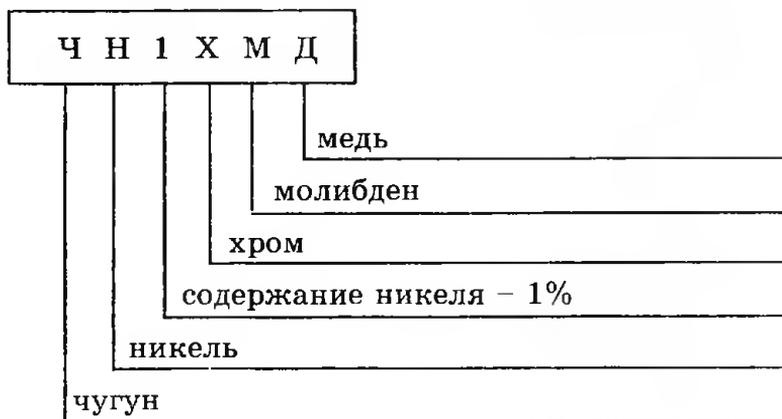
В состав чугуна вводится хром, титан, молибден, медь, никель с целью повышения его коррозионной стойкости.

2.8.1. Маркировка коррозионностойких чугунов.

Обозначение марки коррозионностойкого чугуна включает:

- букву **Ч**
(обозначает "чугун");
- буквы **Х, Т, М, Д, Н**
(обозначают легирующие элементы – хром, титан, молибден, медь, никель);
- букву **Ш**
(обозначает, что графит имеет шаровидную форму);
- цифры
(указывают процентное содержание легирующих элементов).

Пример маркировки коррозионностойкого чугуна:



2.8.2. Свойства коррозионностойкого чугуна.

Коррозионностойкий чугун сохраняет свойства при работе в газовых средах, водных растворах.

Химический состав и механические свойства коррозионностойких чугунов.

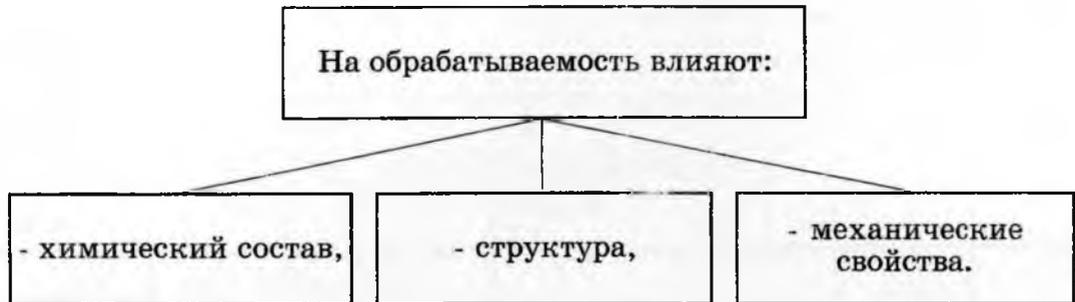
Чугун	Марка чугуна	Химический состав, %										Механические свойства при 20°C	
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti	σ _B , МПа	НВ, МПа
					не более								
Низко-легированный	ЧНХТ	2,7-3,4	1,4-2,0	1,0-1,6	0,5	0,15	0,2-0,4	0,3-0,7	--	--	0,05-0,12	235	1970-2803
	ЧН1ХМД	2,8-3,2	1,6-2,0	0,9-1,2	0,15	0,12	0,2-0,6	0,7-1,5	0,3-0,6	0,2-0,5	--	294	1970-2803
	ЧН1МШ	3,2-3,8	2,4-2,8	0,8-1,2	0,1	0,03	0,1	0,8-1,4	0,3-0,6	--	--	490	1793-2803
Высоко-легированный	ЧН15Д7Х2	2,5-3,0	1,5-3,0	0,5-1,2	0,3	0,1	1,5-3,0	14-17	--	6,0-8,0	--	176	1176-1931
	ЧН15Д3ХШ	2,5-3,0	2,0-2,5	1,3-1,8	0,1	0,03	0,2-0,6	14-17	--	3,0-3,5	--	343	1176-2524

Коррозионностойкий чугун применяется для изготовления деталей паровых машин и турбин, дизелей, двигателей внутреннего сгорания, деталей нефтехимического оборудования.

③ ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ ЧУГУНОВ

Обрабатываемость – совокупность качеств металла, которые определяют производительность труда при обработке резанием.

Обрабатываемость чугуна зависит от многих факторов.



Обрабатываемость чугуна снижается при:

- уменьшении содержания графита;
- увеличении твердости;
- наличии пластинчатого графита по сравнению со сфероидальной формой графита;
- увеличении содержания молибдена, марганца, хрома, фосфора;
- наличии литейной корки.

Хорошо обрабатываются серый, ковкий чугун.

Практически не обрабатывается белый чугун.

Проверка усвоения

Контрольные вопросы

Каждый вопрос имеет один или несколько правильных ответов.
Выберите правильные.

1. Чугун представляет собой:

- а) сплав железа с углеродом, содержащий углерода до 2%;
- б) сплав железа с углеродом, содержащий углерода более 2%;
- в) сплав на никелевой основе.

2. Вредными примесями в составе чугуна являются:

- а) кремний;
- б) сера;
- в) фосфор.

3. Белый чугун содержит углерод в виде:

- а) цементита;
- б) шаровидного графита;
- в) пластинчатого графита.

4. Свойства ковкого чугуна:

- а) хорошая пластичность;
- б) плохая обрабатываемость резанием;
- в) хрупкость.

5. Серый чугун характеризуется:

- а) пластинчатой формой графита;
- б) высокими литейными свойствами;
- в) плохой обрабатываемостью резанием.

6. Какое относительное удлинение имеет высокопрочный чугун марки ВЧ 38-17?

- а) 38%.
- б) 17%.
- в) в обозначении чугуна не указано.

7. Сколько марганца содержит жаропрочный чугун марки ЧН11Г7Х2Ш?

- а) 11%.
- б) 2%.
- в) 7%.

8. Хорошо обрабатывается резанием:

- а) белый чугун;
- б) серый чугун;
- в) ковкий чугун.

9. Жаростойкий чугун содержит:

- а) железо;
- б) хром;
- в) вольфрам.

10. Обрабатываемость чугунов снижается при:

- а) увеличении содержания графита;
- б) увеличении твердости;
- в) наличии литейной корки.

Цели:

Изучив данный учебный элемент, Вы будете знать:

- основные свойства медных и алюминиевых сплавов;
- 0 классификацию и маркировку медных и алюминиевых сплавов.

Оборудование, материалы и вспомогательные средства:

- не требуются.

Сопутствующие учебные элементы и пособия:

- "Стали и их свойства".

Среди сплавов цветных металлов наибольшее применение в промышленности находят:

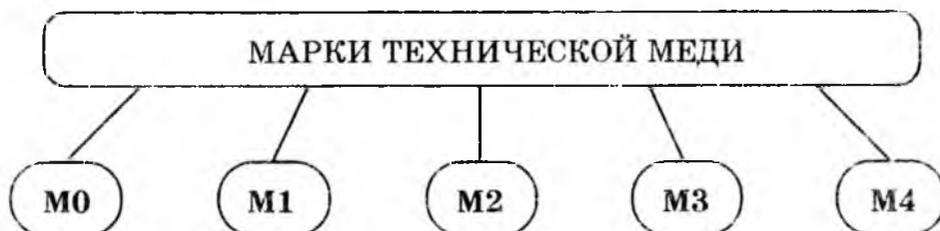


❶ МЕДЬ И ЕЕ СПЛАВЫ

1.1. Техническая медь.

Техническая медь отличается от большинства металлов следующими свойствами:

- *высокой теплопроводностью,*
- *высокой электропроводностью,*
- *высокой коррозионной стойкостью,*
- *высокой пластичностью.*



1.1.1. Маркировка технической меди.

Обозначение марки технической меди включает:

- букву **М** (обозначает медь),
- цифры (обозначают номер марки).

Пример маркировки технической меди:



Техническая медь содержит:

- медь – 99-99,9% ;
- примеси (сурьма, висмут, сера, свинец, никель и др.).

Механические свойства ряда марок технической меди приведены в таблице*.

Марки меди	Предел прочности σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относительное удлинение δ_5 , %	Твердость НВ
М2	200	75	44	40
М3	240	150	55	50

*) определение основных механических свойств приведено в Учебном элементе "Стали и их свойства".

1.2. Латунь.

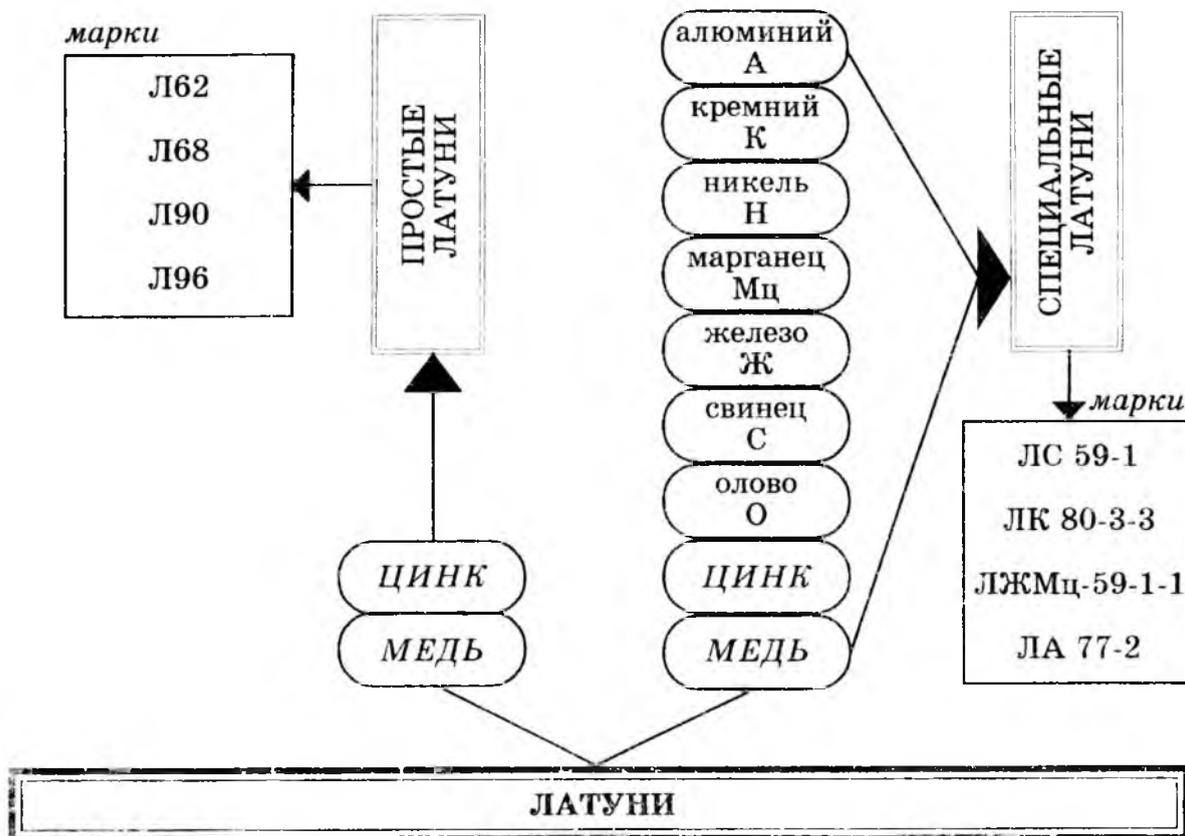
ЛАТУНИ – сплавы меди и цинка с различными легирующими добавками (алюминий, кремний, никель, марганец, железо, свинец, олово и др.).

1.2.1. Классификация латуней.

В зависимости от химического состава латуни делятся на две группы: *простые* и *специальные*.

Простые латуни состоят только из меди и цинка.

Специальные латуни содержат кроме меди и цинка от 1 до 8% различных легирующих элементов.

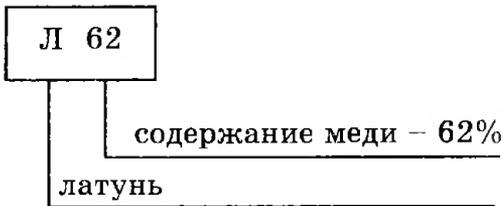


1.2.2. Маркировка латуней.

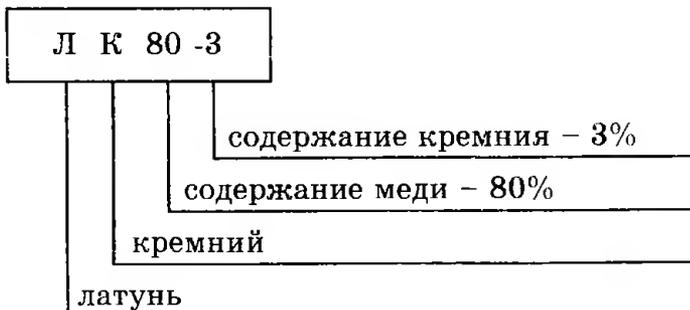
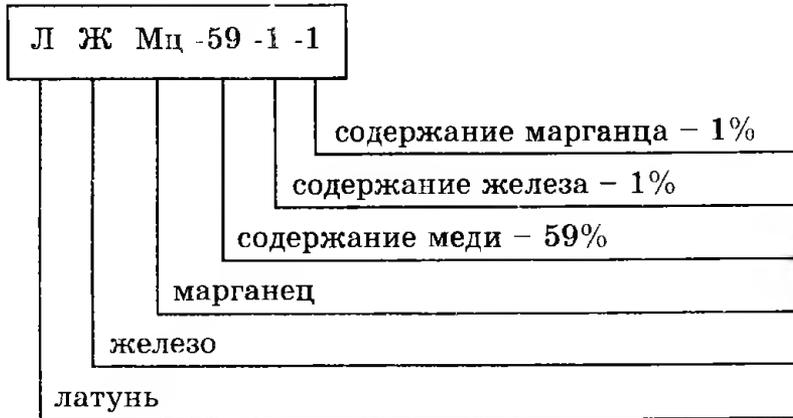
Обозначение марки латуни включает:

- букву **Л** (обозначает "латунь");
- буквы **А, К, Н, Мц, Ж, С, О** (обозначают легирующие элементы);
- цифры (показывают процентное содержание меди и легирующих элементов).

Пример маркировки простых латуней:



Пример маркировки специальных латуней:



1.2.3. Свойства латуней.

Латуни обладают хорошими литейными свойствами.

Превосходят медь по прочности, вязкости и коррозионной стойкости.

Хорошо обрабатываются резанием.

Механические свойства латуней

Марка латуни	σ_B , МПа	δ_5 , %	НВ
Л62	330	49	56
Л68	300	55	62
Л90	270	45	53
ЛКС 80-3-3	300	15	110
ЛЖМц-59-1-1	450	50	88
ЛА 77-2	400	55	60

В зависимости от назначения латуни разделяются на две группы:

- *литейные*, из которых изделия получают способом литья,
- *обрабатываемые давлением*, из которых получают прутки, листы, поковки, штамповки.

1.3. Бронзы.

БРОНЗЫ – сплавы меди и олова,
а также сплавы меди с другими элементами
(алюминий, кремний, марганец, бериллий, свинец).

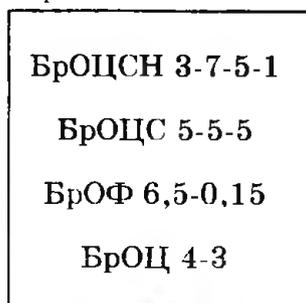
1.3.1. Классификация бронз.

В зависимости от химического состава бронзы делятся на две группы:
оловянистые и **безоловянистые**.

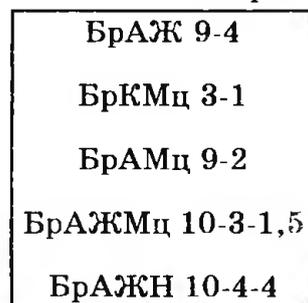
Оловянистые бронзы – сплавы меди и олова.

Безоловянистые бронзы – сплавы меди с другими элементами.

марки



марки



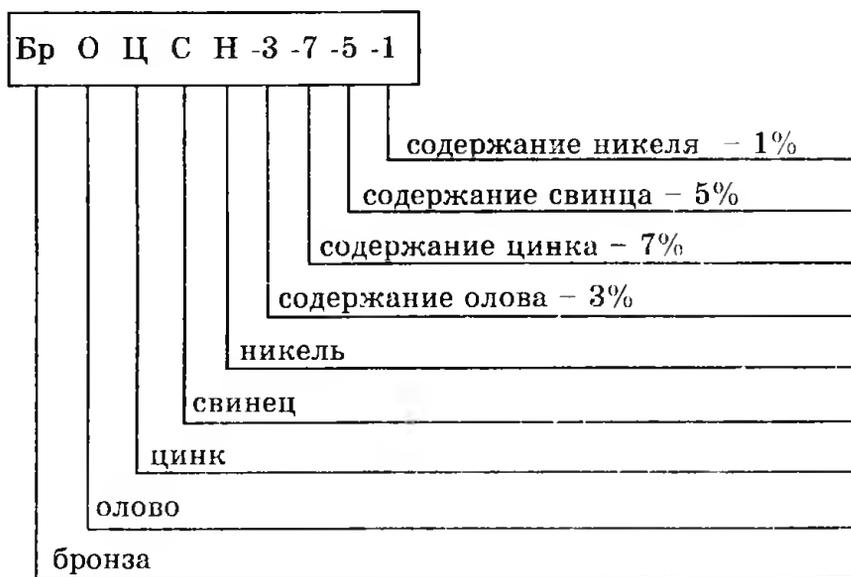
БРОНЗЫ

1.3.2. Маркировка бронз.

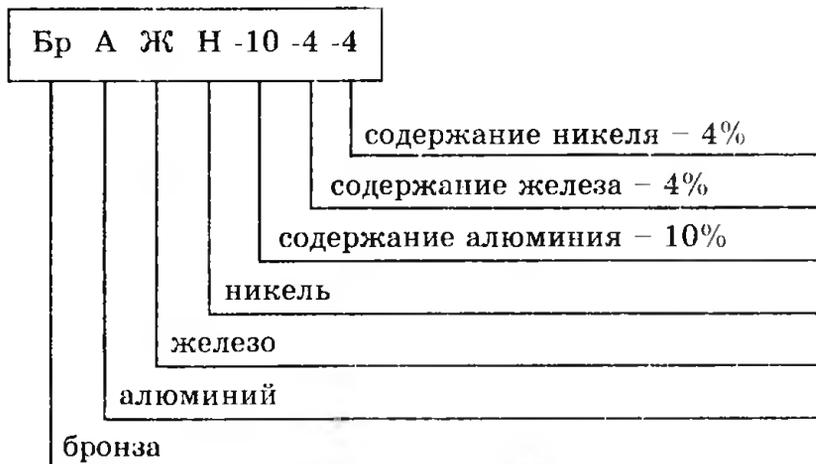
Обозначение марки бронзы включает:

- буквы **Бр** (обозначают "бронза");
- буквы **О, А, К, Н, Мц, Ж, Б, С, Ф, Ц** (обозначают легирующие элементы);
- цифры (показывают процентное содержание олова и легирующих элементов).

Пример маркировки оловянистых бронз:



Пример маркировки безоловянистых бронз:



1.3.3. Свойства бронз.

Бронзы имеют высокую коррозионную стойкость, хорошие антифрикционные свойства.

Хорошо обрабатываются резанием.

Механические свойства бронз

Марка бронзы	σ_B , МПа	δ_5 , %	НВ
БрОЦСН 3-7-5-1	210	5	60
БрОЦС 5-5-5	180	4	60
БрОЦС 4-4-17	150	5	60
БрОФ 6,5-0,15	350	70	70
БрОФ 4-0,25	340	52	55-70
БрОЦ 4-3	350	40	60
БрАЖ 9-4	400	10	110
БрАМц 9-2	400	25	160
БрАЖН 10-4-4	600	35	140-160

По технологическим свойствам различают:

- *деформируемые* бронзы,
- *литейные* бронзы.

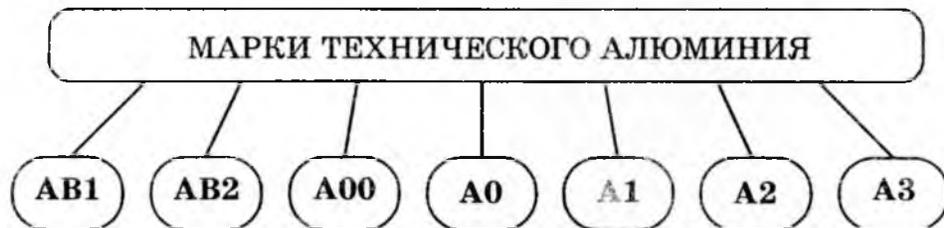
Из бронз изготавливают антифрикционные детали; изделия, работающие в воде и парах.

2 АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

2.1. Технический алюминий.

Технический алюминий отличается от большинства металлов следующими свойствами:

- *высокой электропроводностью,*
- *хорошей пластичностью,*
- *высокой коррозионной стойкостью,*
- *малым удельным весом.*



2.1.1. Маркировка технического алюминия.

Обозначение марки технического алюминия включает:

- букву **А** (обозначает алюминий),
- цифры (обозначают номер марки).

Пример маркировки технического алюминия:



Технический алюминий содержит:

- алюминий - 98-99,9%;
- примеси (железо, медь, кремний и др.).

Механические свойства ряда марок технического алюминия приведены в таблице.

Марки алюминия	Предел прочности σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относительное удлинение δ_s , %	Твердость НВ
А1, А2	80-140	30-100	6-35	25-30

Обрабатываемость алюминия резанком пониженная.

2.2. Силумины.

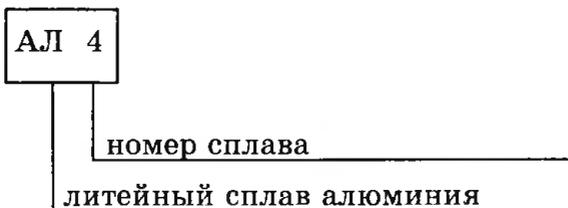
СИЛУМИНЫ – сплавы алюминия и кремния с добавками магния, марганца, железа, меди и др.

2.2.1. Маркировка силуминов.

Обозначение марки силуминов включает:

- буквы **АЛ** (обозначают литейный сплав алюминия),
- цифры (обозначают номер сплава).

Пример маркировки силумина:



2.2.2. Свойства силуминов.

Силумины обладают хорошими литейными и механическими свойствами.

Обработываемость резанием удовлетворительная.

Механические свойства силуминов

Марка силумина	σ_B , МПа	δ_5 , %	НВ
АЛ2	150	4	50
АЛ4	150-200	2-1,5	50-70
АЛ9	160-200	2-4	50-60

Силумины применяются для изготовления деталей приборов, двигателей, самолетов.

2.3. Дюралюминий.

ДЮРАЛЮМИНИЙ – алюминиевый сплав,
содержащий медь, магний, марганец.

2.3.1. Маркировка дюралюминия.

Обозначение марки дюралюминия включает:

- букву **Д** (обозначают сплав типа дюралюминия),
- цифры (обозначают номер сплава),
- буквы после цифр (указывают состояние полуфабрикатов).

например:

- М** – мягкий, отожженный;
- Т** – закаленный;
- Н** – нагартованный;
- В** – повышенное качество выкатки;
- П** – сплав для проволоки;
- А** – улучшенный алюминий;
- Б** – листы без лакировки.

Пример маркировки дюралюминия:



2.3.2. Свойства дюралюминия.

Дюралюминий имеет увеличенную прочность, твердость, коррозионную стойкость.

Хорошо деформируется.

Обрабатываемость резанием удовлетворительная.

Механические свойства дюралюминия

Марка дуралюминия	σ_B , МПа	δ_5 , %	НВ
Д1	420	18	100
Д16	46	17	105
Д18П	300	24	70

Дюралюминий применяются для изготовления деталей и элементов конструкций средней прочности, штампованных деталей, заклепок и др.

Проверка усвоения

Контрольные вопросы

Каждый вопрос имеет один или несколько правильных ответов.
Выберите правильные.

1. К сплавам цветных металлов относятся:

- а) латуни;
- б) силумины;
- в) нержавеющие стали.

2. Простая латунь содержит:

- а) медь;
- б) никель;
- в) цинк.

3. Сколько меди содержит латунь ЛК 80-3?

- а) 3%.
- б) 8%.
- в) 80%.

4. Бронзы относятся к:

- а) сплавам меди;
- б) жаропрочным сплавам;
- в) алюминиевым сплавам.

5. Медный сплав БрАЖМ 10-4-4 содержит:

- а) железо;
- б) олово;
- в) никель.

6. Алюминиевые сплавы имеют:

- а) высокую коррозионную стойкость;
- б) низкую электропроводность;
- в) большой удельный вес.

7. Силумин это:

- а) сплав меди с цинком;
- б) сплав алюминия с кремнием;
- в) сплав алюминия, содержащий медь, марганец, магний.

8. Хорошо обрабатываются:

- а) алюминий;
- б) латунь;
- в) бронза.

9. Дюралюминий имеет:

- а) низкую прочность;
- б) повышенную твердость;
- в) хорошую коррозионную стойкость.

10. Буквы в обозначении марки Д16ТН означают:

- а) Д – дюралюминий;
- б) Н – содержание никеля 1%;
- в) Т – закаленный полуфабрикат.

Цели:

Изучив данный учебный элемент, Вы будете знать:

- материалы для изготовления режущего инструмента;
- состав, механические свойства, маркировку инструментальных материалов;
- рекомендуемые марки инструментальных материалов.

Оборудование, материалы и вспомогательные средства:

Наименование	Количество
Токарный резец со сменной твердосплавной пластиной	1
Развертка из быстрорежущей стали	1
Сверло с напайной пластиной из твердого сплава	1
Монолитное твердосплавное сверло	1
Фреза из быстрорежущей стали	1
Фреза со сменными твердосплавными пластинами	1
Фреза с вставками из синтетического сверхтвёрдого материала	1
Сверло со сменными твердосплавными пластинами	1
Резец с пластинами из минералокерамики	1

Сопутствующие учебные элементы и пособия:

- "Классификация сталей";
- "Стали и их свойства";
- "Чугуны и их свойства";
- "Цветные металлы и сплавы, их свойства".

Материалы, из которых изготавливают режущие инструменты, должны обладать достаточной твердостью, прочностью, износостойкостью, способностью сохранять свои свойства при высоких температурах.

Для изготовления инструментов применяют следующие инструментальные материалы:

- твердые сплавы;
- быстрорежущие стали;
- синтетические сверхтвердые материалы (ССМ);
- керамику;
- углеродистые и легированные инструментальные стали.

① ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ

Твердые сплавы – тугоплавкие, износостойкие металлические материалы большой твердости, способные сохранять эти свойства при высоких температурах.

Для изготовления инструментов используют твердые сплавы трех основных групп:

- вольфрамовые;
- титановольфрамовые;
- титанотанталовольфрамовые.

1.1. Состав и механические свойства твердых сплавов.

Состав и основные свойства ряда твердых сплавов приведены в таблице:

Марка	Массовое содержание, % (без учета примесей)				Средний предел прочности при изгибе, МПа	Твердость по Роквеллу, HRA
	карбида ¹⁾ вольфрама (WС)	карбида титана (TiC)	карбида тантала (TaC)	кобальта (Co)		
<i>Вольфрамовая группа</i>						
ВК3М	97	--	--	3	1080	91
ВК4	96	--	--	4	1320	89,5
ВК6М	94	--	--	6	1320	90
ВК6	94	--	--	6	1420	88,5
ВК8	92	--	--	8	1570	87,5
<i>Титановольфрамовая группа</i>						
T30K4	66	30	--	4	880	92
T15K6	79	15	--	6	1120	90
T14K8	78	14	--	8	1225	89,5
T5K10	85	5	--	10	1320	88,5
T5K12B	83	5	--	12	1570	87
<i>Титанотанталовольфрамовая группа</i>						
TT7K12	81	4	3	12	1570	87
TT10K8B	82	3	7	8	1370	89

¹⁾ карбид – химическое соединение металла с углеродом

Обозначения химических элементов:

Ⓜ – вольфрам

Ⓣa – тантал

Ⓢ – углерод

Ⓣi – титан

Ⓢo – кобальт

1.2. Маркировка твердых сплавов

Обозначение марки твердого сплава включает:

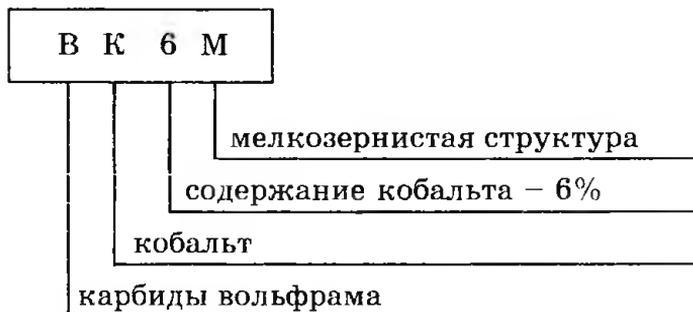
- буквы **В, К, Т, ТТ**
(обозначают основные составляющие сплава);
- букву **М**
(обозначает мелкозернистую структуру);
- букву **В**
(в конце маркировки означает, что спекание пластины производится в атмосфере водорода);
- цифры
(обозначают процентное содержание основных составляющих сплава).

1.2.1. Маркировка сплавов вольфрамовой группы.

В маркировку входят:

- буква **В** – карбид вольфрама;
- буква **К** – кобальт;
- цифры – показывают процентное содержание кобальта;
- буква **М** – мелкозернистая структура.

Пример маркировки твердого сплава группы ВК:

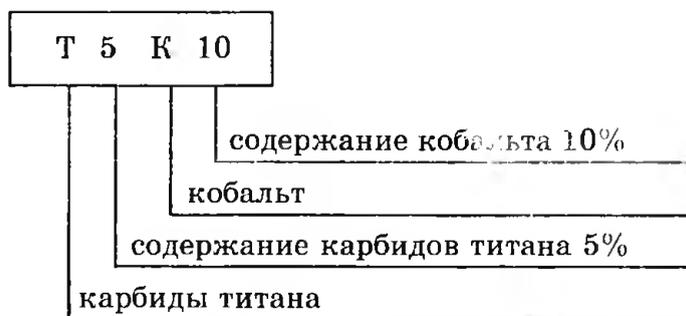


1.2.2. Маркировка сплавов титановольфрамовой группы.

В маркировку входят:

- буква **Т** – карбиды титана;
- буква **К** – кобальт;
- цифры – показывают процентное содержание карбидов титана и кобальта;

Пример маркировки твердого сплава группы ТК:

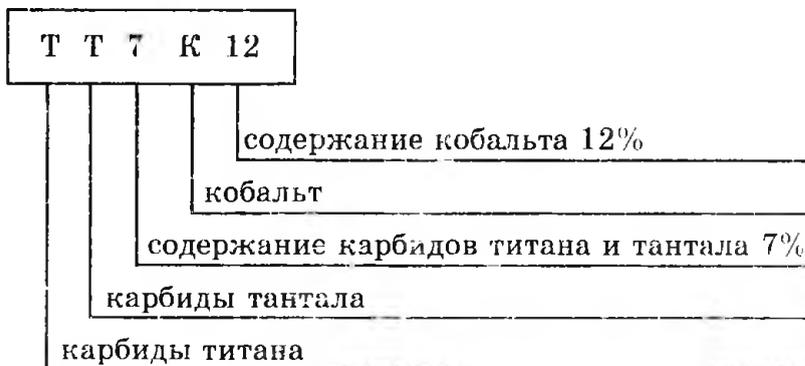


1.2.3. Маркировка сплавов титанотанталовольфрамовой группы.

В маркировку входят:

- буква **Т** – карбиды титана;
- буква **Т** – карбиды тантала;
- буква **К** – кобальт;
- цифры – показывают процентное содержание карбидов титана, тантала и кобальта;

Пример маркировки твердого сплава группы ТТК:



1.3. Способы использования твердых сплавов для изготовления инструментов.

Различают следующие типы твердосплавного инструмента:

– мелкогабаритные, изготовленные целиком из твердого сплава;

*монокристаллическая концевая
твердосплавная фреза*



– с напайными перетачиваемыми пластинами.

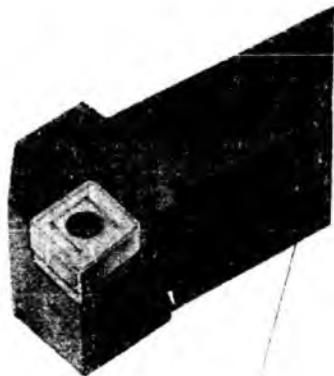
*сверло с напайной
твердосплавной пластиной*



напайная пластина

– со сменными многогранными
неперетачиваемыми пластинами (при
износе производится поворот
пластины).

Применяют пластины квадратной,
ромбической, круглой, трех-пяти-
шестигранной формы.

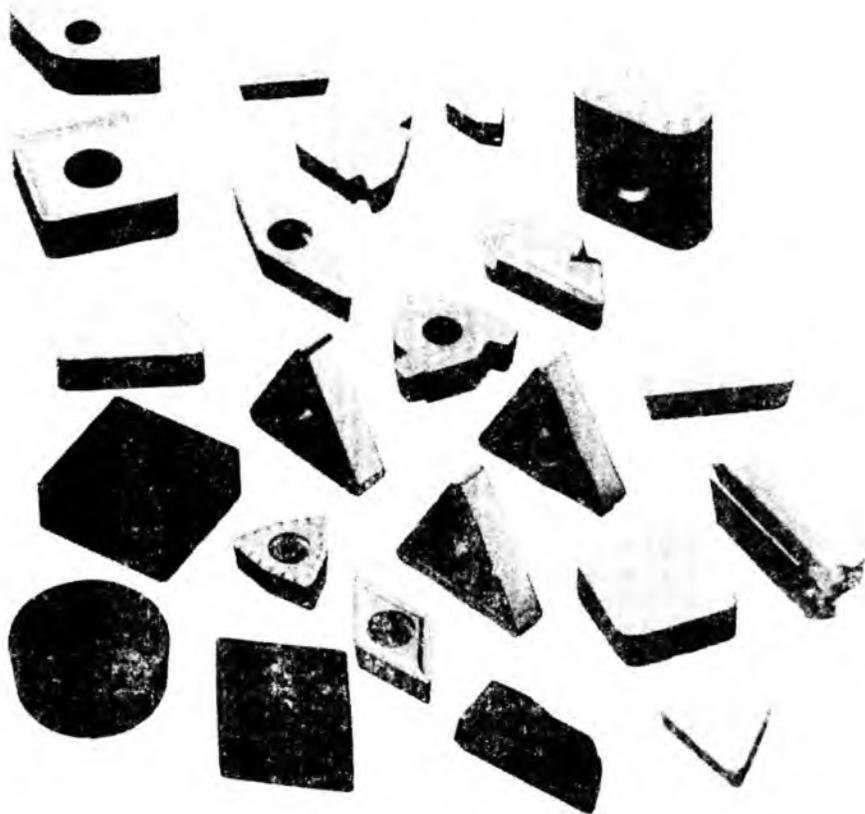


*резец со сменной пластиной
квадратной формы*



*концевая фреза со сменной
пластиной треугольной формы*

Формы твердосплавных пластин.



1.4. Выбор марки твердого сплава.

Твердые сплавы могут работать при высоких скоростях резания и температурах, но они менее прочные, чем быстрорежущие стали. Твердосплавный инструмент сложен в изготовлении, имеет высокую стоимость.

Выбор марки твердого сплава производится в зависимости от обрабатываемого материала и условий обработки.

Рекомендуемые марки твердого сплава при обработке металлов приведены в таблице.

Характер обработки	Рекомендуемые марки твердого сплава при обработке							
	углеродистых и легированных сталей	жаропрочных сталей и сплавов	нержавеющих сталей	титана и титановых сплавов	чугуна НВ < 240	чугунов НВ 400-700	цветных металлов и сплавов	неметаллических материалов
Чистовая	T30K4 T15K6 T14K8	T14K8 BK4	T14K8	BK4 BK8	BK4 BK6	BK6M	BK3M BK4 BK6	BK3M BK4
Получистовая	T15K6 T14K8 T5K10	T15K6 T14K8 T5K10 BK6	T15K6 T14K8 T5K10	BK4 BK8	BK4 BK6	BK6M	BK4 BK6	BK3M BK6
Черновая	BK8 T5K10 TT7K12	BK10 TT7K12 TT10K8E	BK8 TT10K8B	BK8	BK6 BK8	BK8	BK6M BK8	BK6 BK8

Для повышения стойкости инструментов применяют покрытие твердосплавных пластин высокоизносостойкими компонентами из карбидов и нитридов титана, вольфрама, окиси алюминия.

2 БЫСТРОРЕЖУЩИЕ СТАЛИ

Быстрорежущая сталь – это высоколегированная сталь повышенной прочности, способная осуществлять резание без существенной потери твердости и прочности, но при более низких скоростях резания, чем твердый сплав.

2.1. Состав и механические свойства быстрорежущих сталей.

Состав и свойства основных марок быстрорежущих сталей приведены в таблице.

Марка стали	Содержание элементов, %						HRC после термообработки (не менее)
	C	Cr	W	V	Co	Mo	
P18	0,7-0,8	3,8-4,4	17,5-19,0	1,0-1,4		0,5-1,0	64-65
P12	0,8-0,9	3,2-3,7	12,0-13,0	1,5-1,9		до 1,0	63-64
P9	0,85-0,95	3,8-4,4	8,5-10,0	2,0-2,6		до 1,0	62-64
P18Φ2	0,85-0,95	3,8-4,4	17,5-19,0	1,8-2,4		0,5-1,0	63-66
P6M5	0,8-0,88	3,8-4,4	5,5-6,5	1,7-2,1		5,-5,5	64-65
P9Φ5	1,4-1,5	3,8-4,4	9,0-10,5	4,3-5,1		до 1,0	63-66
P14Φ4	1,2-1,3	4,0-4,6	13,0-14,5	3,8-4,1		до 1,0	63-66
P9K5	0,9-1,0	3,8-4,4	9,0-10,5	2,0-2,6	5,0-2,6	до 1,0	63-66
P9K10	0,9-1,0	3,8-4,4	9,0-10,5	2,0-2,6	9,5-10,5	до 1,0	63-66
P10K5Φ5	1,45-1,55	4,0-4,6	10,0-11,5	4,3-5,1	5,0-6,0	до 1,0	63-66
P18K5Φ2	0,7-0,8	3,8-4,4	17,5-19,0	4,3-5,1	5,0-6,0	0,5-1,0	63-66
P9M4K8	1,0-1,1	3,0-3,6	8,5-9,6	2,1-2,5	7,5-8,5	3,8-4,3	66-69
P6M5K5	0,8-0,88	3,8-4,3	9,0-10,5	1,7-2,2	4,8-5,3	4,8-5,8	65-67

Обозначения химических элементов:

Ⓒ – углерод

⒱ – ванадий

Ⓒr – хром

Ⓒo – кобальт

⒱ – вольфрам

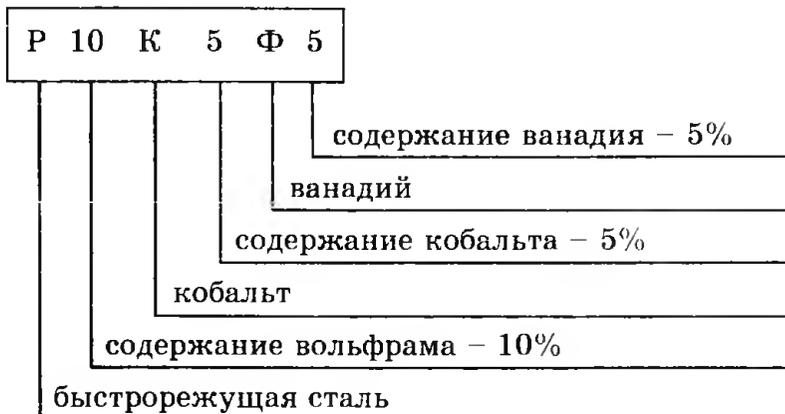
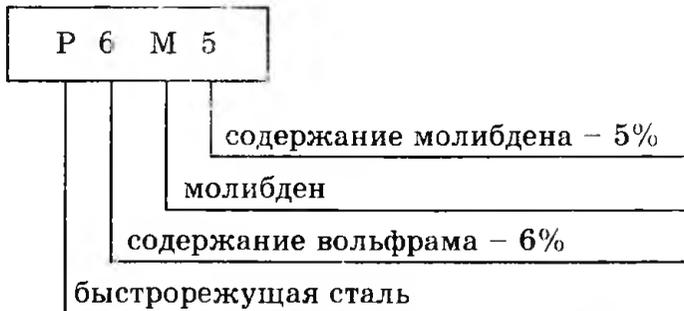
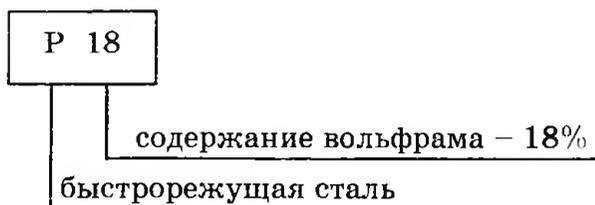
⒱o – молибден

2.2. Маркировка быстрорежущих сталей

Обозначение марки быстрорежущей стали включает:

- букву **Р**
(обозначают быстрорежущую сталь);
- буквы **М, Ф, К**
(обозначают легирующие элементы – молибден, ванадий, кобальт);
- цифры
(показывают процентное содержание легирующих элементов).

Пример маркировки быстрорежущих сталей:



2.3. Способы использования быстрорежущих сталей при изготовлении инструментов.

Быстрорежущие стали применяют при изготовлении:

- концевых фрез;
- цилиндрических фрез;
- шпоночных фрез;
- фасонных фрез;
- сверл, зенкеров, разверток;
- метчиков и др. инструментов.



Сверло из быстрорежущей стали.



Развертка из быстрорежущей стали.



Метчики из быстрорежущей стали.



2.4. Выбор марки быстрорежущей стали.

Быстрорежущие стали обладают большей прочностью, чем твердые сплавы. Могут работать в условиях прерывистой обработки с ударами в зоне относительно низких скоростей резания.

Выбор марки быстрорежущей стали производится в зависимости от обрабатываемого материала и условий обработки.

Рекомендации по выбору быстрорежущей стали приведены в таблице.

<i>Обрабатываемый материал</i>	<i>Марка быстрорежущей стали</i>
Углеродистые и легированные стали	P6M5, P12, P9
Жаропрочные сплавы	P6M5K5, P9M4K8, P18K5Ф2
Нержавеющие стали	P6M5K5, P9M4K8, P10K5Ф5
Титановые сплавы	P9M4K8, P6M5K5
Чугуны	P6M5, P9M4K8
Цветные металлы и сплавы	P6M5

③ СИНТЕТИЧЕСКИЕ СВЕРХТВЕРДЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Синтетические сверхтвердые материалы (ССМ) – поликристаллы сверхтвердых материалов на основе поликристаллических алмазов, кубического и вюрцитоподобного нитрида бора.

Отличаются высокой твердостью, теплостойкостью, хорошей теплопроводностью.

3.1. Свойства синтетических сверхтвердых материалов.

В зависимости от исходных материалов и технологии изготовления (давление, температура, время выдержки) получают несколько разновидностей поликристаллов кубического нитрида бора.

Для изготовления инструментов применяют следующие ССМ:

- композит 01 (Эльбор-Р);
- композит 05;
- композит 10 (Гексанит-Р).

Свойства ССМ приведены в таблице.

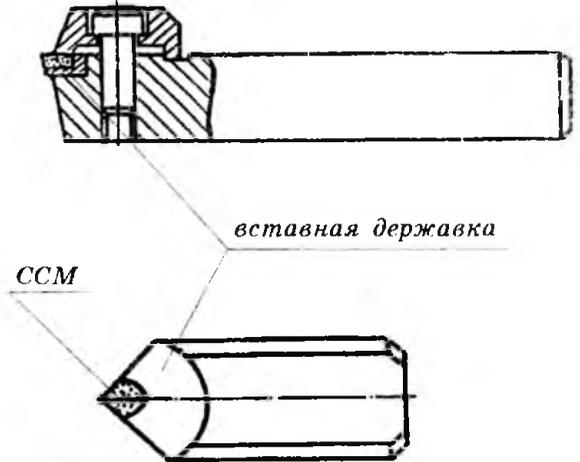
Марка	Твердость, HV ^{*)}	Прочность на сжатие, ГПа
Композит 01 (Эльбор-Р)	37	2,7
Композит 05	18,8	2,2
Композит 10 (Гексанит-Р)	30	2–4

^{*)} HV – твердость, измеренная по методу Виккерса

3.2. Способы использования ССМ при изготовлении инструментов.

Применяют два способа использования синтетических сверхтвердых материалов при изготовлении инструментов:

– вставные державки армируются ССМ путем пайки заготовок;



– пластины из ССМ закрепляют в корпусе инструмента механически.

ССМ используются в виде пластин различной формы: треугольной, круглой, квадратной.



Резец, оснащенный пластиной из синтетического сверхтвердого материала.



3.3. Применение синтетических сверхтвердых материалов.

Синтетические сверхтвердые материалы предназначены для получистовой и чистовой обработки закаленных сталей, чугунов при высоких скоростях резания и малых толщинах срезаемых стружек.

Области применения режущих инструментов, оснащенных ССМ, приведены в таблице.

Марка	Условия применения
Эльбор-Р	Чистовая обработка закаленных сталей (HRC 45-60), чугунов любой твердости
Композит 05	Получистовая и чистовая обработка закаленных сталей (HRC 45-60), чугунов любой твердости
Гексанит-Р	Получистовая и чистовая обработка с ударами закаленных сталей и чугунов любой твердости

4 КЕРАМИКА

Пластины из керамики получают методом прессования. Они обладают высокой твердостью и красностойкостью.

4.1. Состав и механические свойства керамики.

Керамику в зависимости от состава и методов производства можно разделить на ряд групп:

- оксидная керамика;
- оксидно-карбидная керамика;
- оксидно-нитридная керамика;
- керамика на основе нитрида кремния.

Состав и свойства основных марок керамики приведены в таблице.

Марка	Состав	Твердость	$\sigma_{и}$, МПа	$\sigma_{ск}$, Мпа	Цвет
<i>1. Оксидная керамика</i>					
ЦМ-332	Al_2O_3	HRA91	350-400	--	белый
В0-13	Al_2O_3	HRA92	450-500	2700-3000	белый
ВШ-75	Al_2O_3	HRA91-92	500	2500-3000	черно-серый
<i>2. Оксидно-карбидная керамика</i>					
ВОК-60	Al_2O_3+TiC	HRA94	650	--	черный
В-3	Al_2O_3+TiC	HRA93	550-650	--	
ВОК-63	Al_2O_3+TiC	HRA94	650-700	--	
<i>3. Оксидно-нитридная керамика</i>					
кортинит ОНТ20	Al_2O_3+TiN	HRA90-92	640	--	темно-коричневый
<i>4. Керамика на основе нитрида кремния</i>					
Силинит-Р	$Si_3N_4+Al_2O_3$	HRA92-94	500-700	2500	коричневый

Обозначения химических элементов:

Al_2O_3 – оксид алюминия;

TiC – карбид титана;

TiN – нитрид титана;

Si_3N_4 – нитрид кремния.

Оксид – соединение металла с кислородом.

Нитрид – соединение металла с азотом.

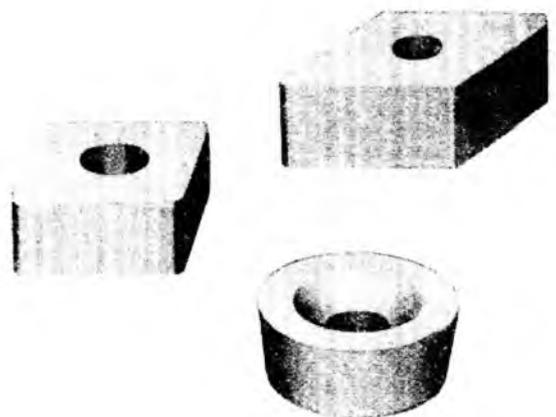
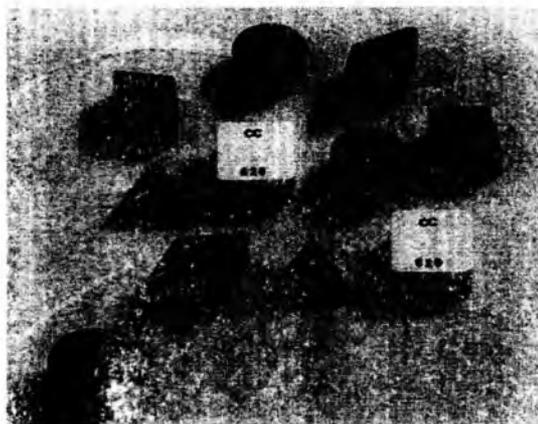
Карбид – соединение металла с углеродом.

4.2. Способы использования керамики при изготовлении инструментов.

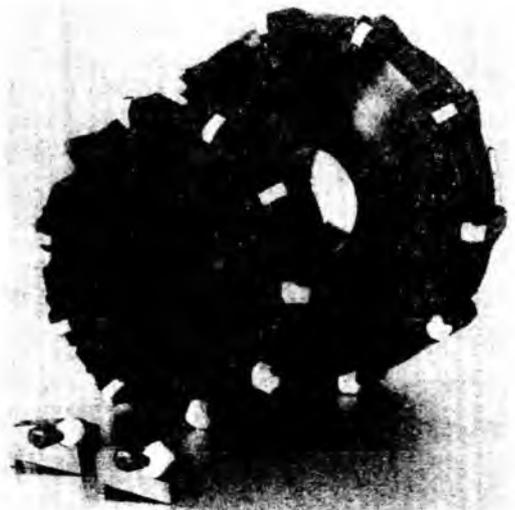
Керамика применяется для изготовления резцов и фрез в виде сменных многогранных пластин.

Используются пластины трехгранной, квадратной, ромбической, круглой формы без отверстия и с отверстием для крепления пластины.

Формы керамических пластин.



Фрезы, оснащенные керамическими пластинами без отверстия.



Резец, оснащенный керамической пластиной с отверстием.



4.3. Применение керамики.

Керамика предназначена для получистовой и чистовой обработки сталей, чугунов, некоторых цветных металлов с высокими скоростями резания.

Области применения режущих инструментов, оснащенных керамикой, приведены в таблице.

Марка	Условия применения
ВО-13 ЦМ-332 ВШ-75	Чистовая и получистовая обработка сталей, серых чугунов с высокими скоростями резания
ВОК-60 В-3 ВОК-63 кортинит ОНТ-20	Чистовая и получистовая обработка ковких, высокопрочных, модифицированных чугунов, сталей (HRC ₂ до 60)
кортинит ОНТ-20	Обработка цветных металлов на основе меди
Силинит-Р	Получистовая обработка чугунов

5 УГЛЕРОДИСТЫЕ И ЛЕГИРОВАННЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ

В группу инструментальных сталей входят углеродистые и легированные стали.

5.1. Состав и механические свойства инструментальных сталей.

Для изготовления инструментов применяются:

- углеродистые стали (У8, У8А, У12А);
- легированные стали (9ХС, ХВГ, ХВСГ).

Состав и свойства инструментальных сталей приведены в таблице.

Марка стали	Содержание элементов, %								Твердость НRC
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	W	V	
У8	0,75-0,84	0,15-0,35	0,2-0,4	≤0,2	≤0,25	≤0,25			60-62
У8А	0,75-0,84	0,15-0,3	0,15-0,3	≤0,15	≤0,2	≤0,2			60-62
У12А	1,15-1,24	0,15-0,3	0,15-0,3	≤0,15	≤0,2	≤0,2			>62
9ХС	0,85-0,95	1,2-1,6	0,3-0,6	0,95-1,25	≤0,35	≤0,3			62
ХВГ	0,9-1,05	0,15-0,35	0,8-1,1	0,9-1,2	≤0,35	≤0,3	1,2-1,6		62-63
ХВСГ	0,95-1,05	0,65-1,0	0,6-0,9	0,6-1,1	≤0,25	≤0,3	0,5-0,8	0,05-0,15	60-62

Обозначения химических элементов:

(C) – углерод

(Ni) – никель

(Si) – кремний

(Cu) – медь

(Mn) – марганец

(W) – вольфрам

(Cr) – хром

(V) – ванадий

5.2. Маркировка инструментальных сталей.

Обозначение марки инструментальных сталей включает:

– буквы **X, В, С, Г**

(обозначают легирующие элементы – хром, вольфрам, кремний, марганец);

– букву **У**

(обозначает углеродистую сталь);

– букву **A** в конце маркировки

(обозначает высококачественную сталь);

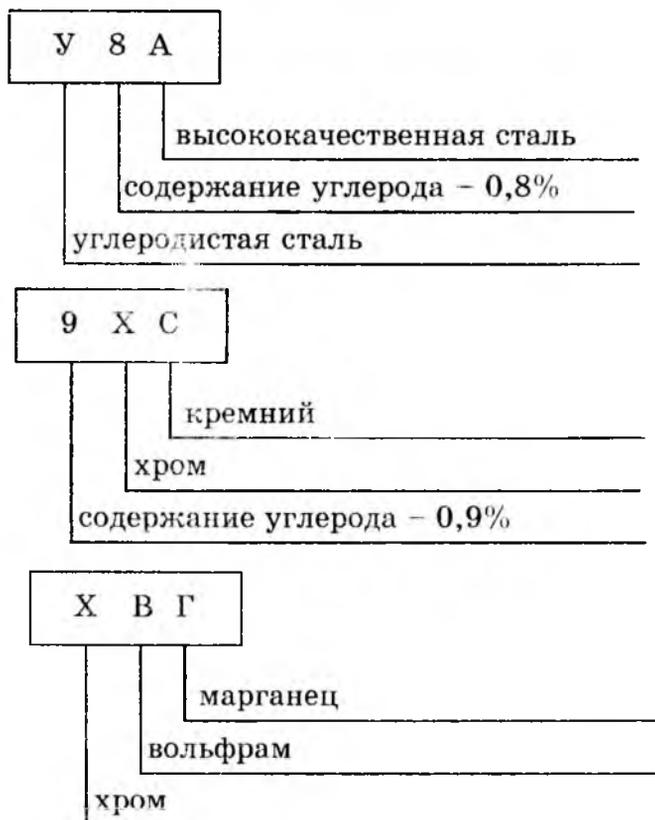
– цифры перед буквами

(указывают содержание углерода в десятых долях ‰. Если содержание углерода близко к 1‰, то цифра не указывается);

– цифры после букв

(указывают процентное содержание легирующих элементов; отсутствие цифр означает содержание элемента $\approx 1\%$).

Пример маркировки углеродистой стали:



5.3. Применение инструментальных сталей

Углеродистые и легированные инструментальные стали находят органическое применение при изготовлении резцов, фасонных фрез малых диаметров, дисковых зуборезных фрез малых модулей и других инструментов, работающих при низких скоростях резания и малых сечениях стружки при обработке легкообрабатываемых материалов, дерева, неметаллических материалов.

Проверка усвоения

Контрольные вопросы

Каждый вопрос имеет один или несколько правильных ответов.
Выберите правильные.

1. Для изготовления инструментов используют:
 - а) твердые сплавы;
 - б) жаропрочные сплавы;
 - в) быстрорежущие стали.

2. Преимущества твердых сплавов:
 - а) высокая прочность;
 - б) работа при высоких температурах;
 - в) низкая стоимость.

3. Для обработки труднообрабатываемых жаропрочных сталей используют:
 - а) твердый сплав ВК8;
 - б) инструментальная сталь ХВГ;
 - в) быстрорежущая сталь Р9.

4. Синтетические сверхтвердые материалы применяют при обработке:
 - а) сталей с пониженной твердостью;
 - б) сталей с высокой твердостью;
 - в) чугунов.

5. Преимущества сменных многогранных твердосплавных пластин:
 - а) простота заточки;
 - б) быстрота замены при износе;
 - в) возможность применения пластин различной формы.

6. Быстрорежущие стали имеют:
 - а) высокую прочность;
 - б) способность работать при высоких скоростях резания;
 - в) преимущество перед синтетическими сверхтвердыми материалами при обработке закаленных сталей.

7. К вольфрамовой группе твердых сплавов относятся:

- а) Т5К10;
- б) ВК6;
- в) ВКЗМ.

8. Быстрорежущая сталь Р6М5 содержит:

- а) вольфрам;
- б) кобальт;
- в) молибден.

9. Легированные инструментальные стали применяют при обработке:

- а) титановых сплавов;
- б) жаропрочных сталей;
- в) неметаллических материалов.

10. Инструментальный материал ВСК-60 это:

- а) керамика;
- б) твердый сплав;
- в) быстрорежущая сталь.

Цели:

Изучив данный учебный элемент, Вы будете знать:

- назначение и эффект действия смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС);
- классификацию СОТС;
- применение СОТС при работе на станках с ЧПУ.

Оборудование, материалы и вспомогательные средства:

Наименование	Количество
Емкости с водосмешиваемой жидкостью	3
Емкость с масляной жидкостью	1
Емкость со смазкой	1



Сопутствующие учебные элементы и пособия:

- "Стали и их свойства";
- "Классификация сталей";
- "Чугуны и их свойства";
- "Цветные металлы и сплавы, их свойства".

Смазочно-охлаждающие технологические среды (СОТС) – это специальные составы в жидком, консистентном и твердом состоянии, применяемые для повышения производительности и качества обработки.

① ЦЕЛЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОТС

СОТС применяются с целью:

- уменьшение износа режущего инструмента;
- повышение производительности труда;
- снижение шероховатости поверхности;
- улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

② ЭФФЕКТ ДЕЙСТВИЯ СОТС

В результате применения СОТС достигается снижение температуры резания, уменьшение сил трения, улучшение удаления стружки.

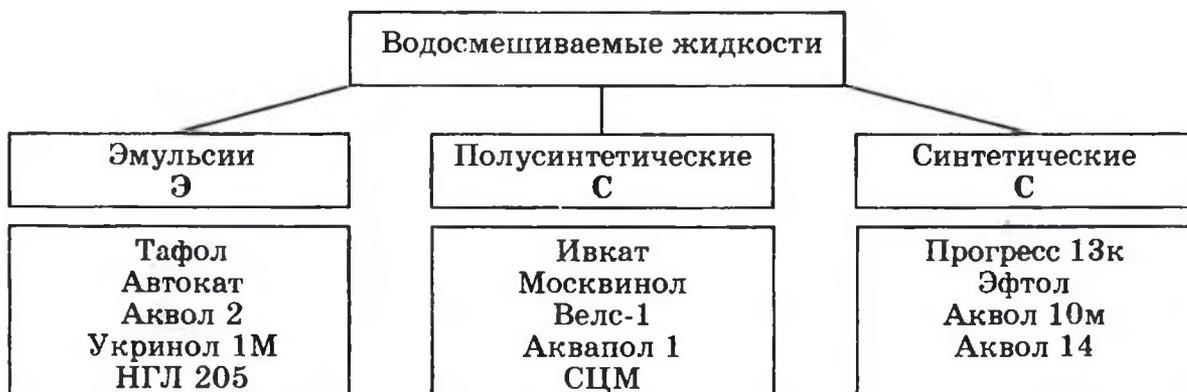


3 КЛАССИФИКАЦИЯ СОТС

Смазочно-охлаждающие технологические среды разделяются на три основных класса: водосмешиваемые и масляные жидкости, смазки.



3.1. Водосмешиваемые жидкости имеют три группы: эмульсии, полусинтетические и синтетические жидкости.



Основные преимущества водосмешиваемых жидкостей:

- охлаждающая способность;
- хорошие санитарно-гигиенические свойства;
- пожаробезопасность;
- невысокая стоимость растворов.

3.2. *Масляные жидкости* разделяются на две основные группы: масла без присадок и масла с присадками.



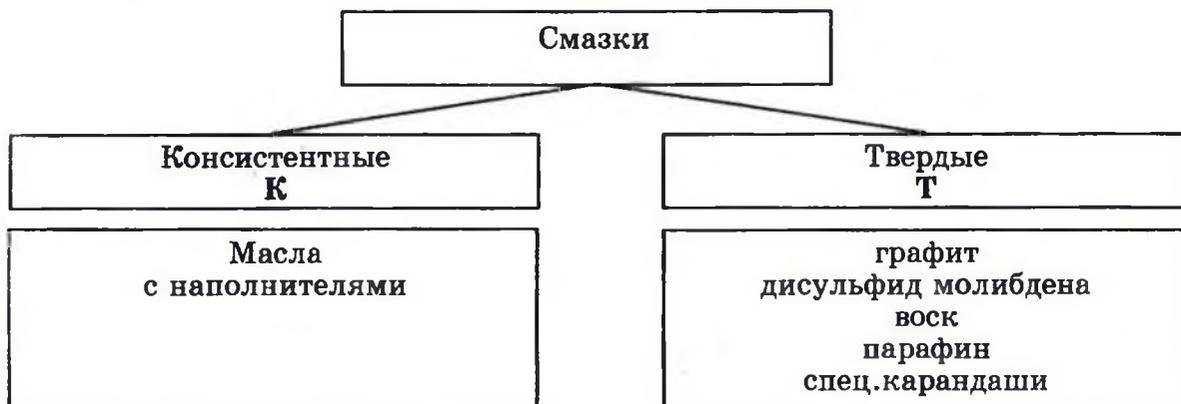
^{*)} концентрат может разбавляться минеральным маслом.

^{**)} может использоваться как эмульсия разведением концентрата в воде.

Основные преимущества масляных жидкостей:

- высокая смазывающая способность
- хорошие антикоррозионные свойства.

3.3. *Смазки* разделяются на 2 группы: консистентные и твердые



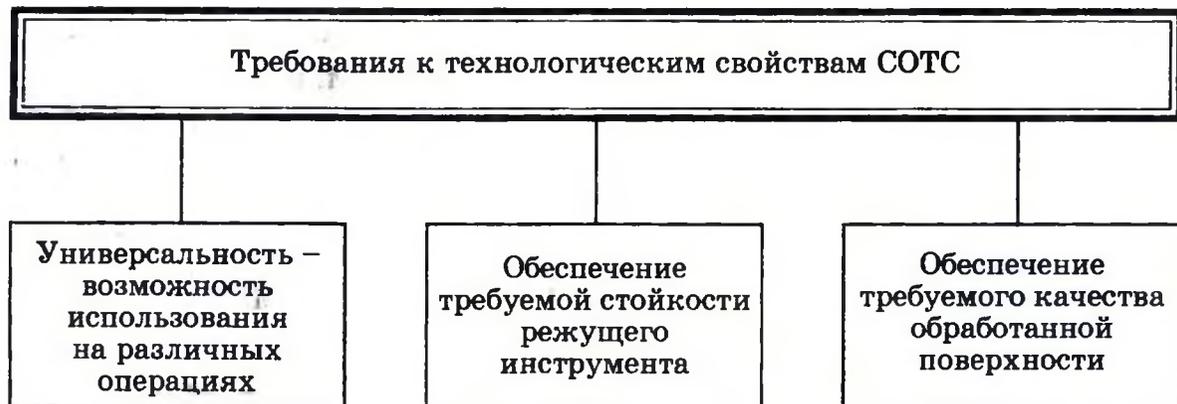
Основные преимущества смазок:

- возможность применения при отсутствии на станке системы подвода СОТС.

4 ПРИМЕНЕНИЕ СОТС НА СТАНКАХ С ЧПУ

4.1. Требования к СОТС

СОТС для станков с ЧПУ должны иметь высокие технологические и эксплуатационные свойства.



4.2. Выбор СОТС

СОТС для станков с ЧПУ выбираются в зависимости от обрабатываемого материала и вида обработки резанием.

Основные рекомендации по выбору СОТС приведены в таблице.

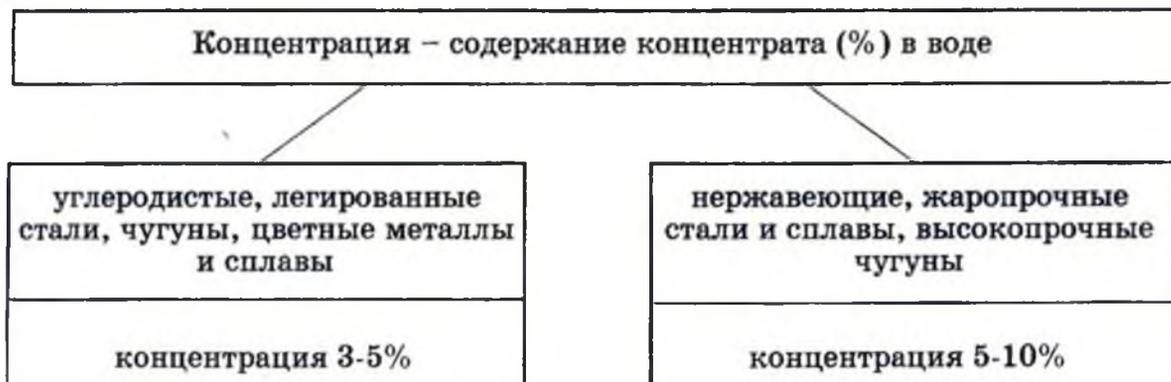
Обрабатываемый материал	Вид обработки			
	точение	фрезерование*	сверление, развертывание	нарезание резьбы
стали углеродистые, легированные, чугуны	Э, С	Э, С, М, МП	Э, С, МП	Э, МП
нержавеющие, жаропрочные стали и сплавы	Э, С	Э, С, МП	Э, С, МП	МП
цветные металлы и сплавы	Э, С	Э, С, МП	Э, С	МП

ВНИМАНИЕ:



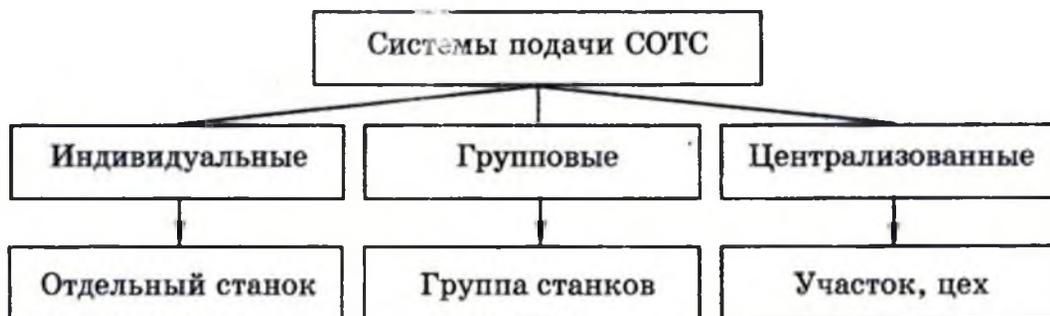
*) при торцевом фрезеровании твердосплавными фрезами при высоких скоростях резания применение водных СОТС может вызвать растрескивание пластин.

В зависимости от обрабатываемого материала применяют различную концентрацию водосмешиваемых жидкостей.



5 СИСТЕМЫ ПОДАЧИ СОТС

Различают три системы подачи СОТС: индивидуальные, групповые, централизованные



Преимущества индивидуальных систем:

– возможность быстрого переключения на новый состав СОТС в условиях индивидуального и мелкосерийного производства.

Преимущества групповых и централизованных систем:

- эффективность применения в условиях серийного и массового производства;
- сокращение затрат на приготовление и очистку СОТС;
- упрощение конструкции станков.

6 ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ СОТС

Основное оборудование включает:

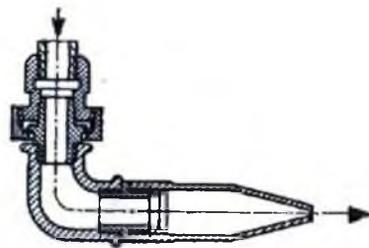
- насос;
- бак, трубопроводы, сопла;
- вентили, клапана, краны;
- регуляторы давления;
- фильтры для очистки СОТС;
- лотки для стока жидкостей в бак;
- щитки, предохраняющие от разбрызгивания СОТС.

Для водосмешиваемых жидкостей применяют центробежные насосы.

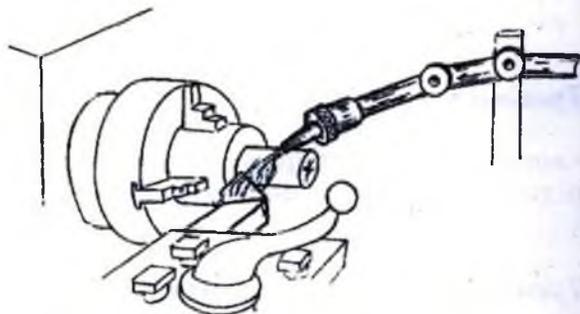
Для масляных жидкостей применяют шестерчатые, винтовые, пластинчатые насосы.

Для подвода СОТС в зону резания применяются сопла.

Сопло для подачи СОТС.



На станках установлена специальная система для подачи СОТС в зону реания.



7 СПОСОБЫ ПОДВОДА СОТС

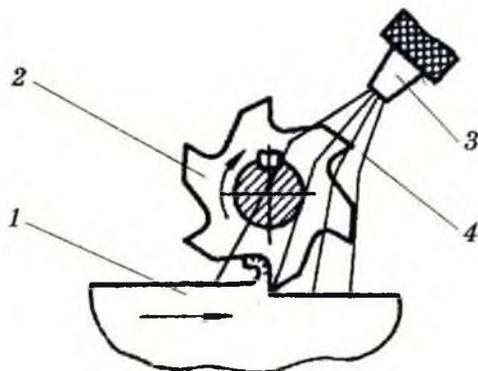
Различают четыре основных способа подвода СОТС в зону резания:

- подача свободно-падающей струей;
- напорной струей;
- подача в распыленном состоянии;
- нанесение кистью, шприц-масленкой.

Способ ⇒ Подача СОТС	Подача свободно-падающей струей	Подача напорной струей	Подача в распыленном состоянии	Нанесение кистью, шприц-масленкой
Давление ⇒	0,03÷0,1 МПа	1,5÷2,5 МПа	0,2 МПа	---
Кол-во ⇒	10÷20 л/мин	0,3÷0,6 л/мин		

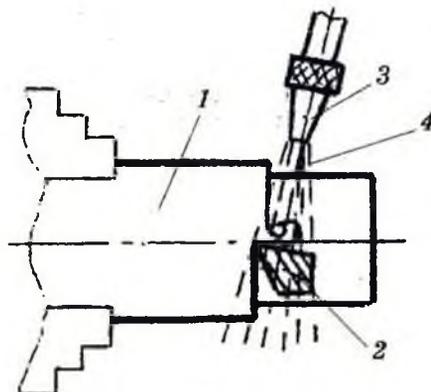
Подача СОТС свободно-падающей струей при фрезеровании.

- 1 - заготовка
- 2 - фреза
- 3 - сопло
- 4 - свободно-падающая струя



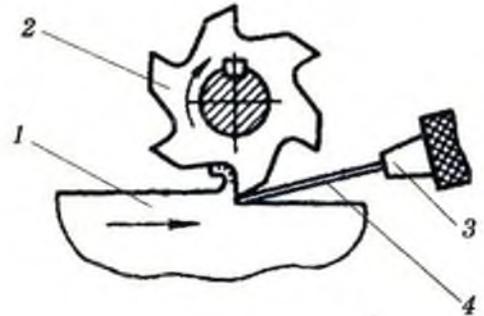
Подача СОТС свободно-падающей струей при точении.

- 1 - заготовка
- 2 - резец
- 3 - сопло
- 4 - свободно-падающая струя



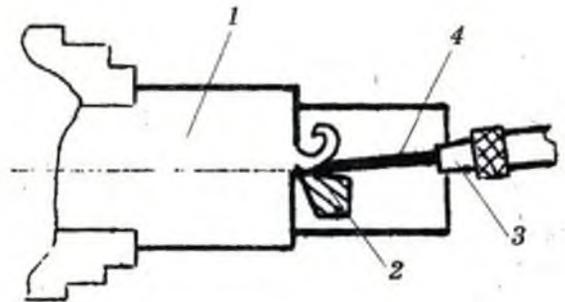
Подача СОТС напорной струей при фрезеровании.

- 1 – заготовка
- 2 – фреза
- 3 – сопло
- 4 – напорная струя

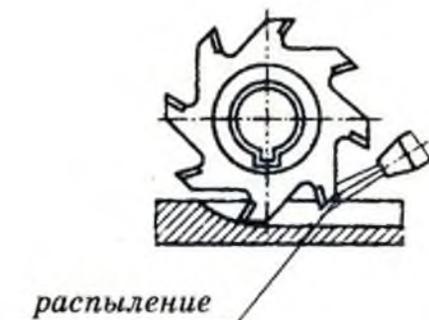


Подача СОТС напорной струей при точении.

- 1 – заготовка
- 2 – резец
- 3 – сопло
- 4 – напорная струя

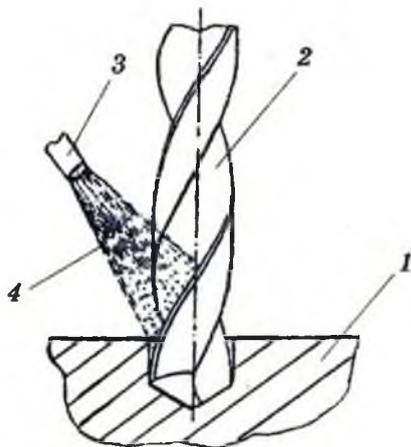


Подача СОТС в распыленном состоянии при фрезеровании.



Подача СОТС при сверлении.

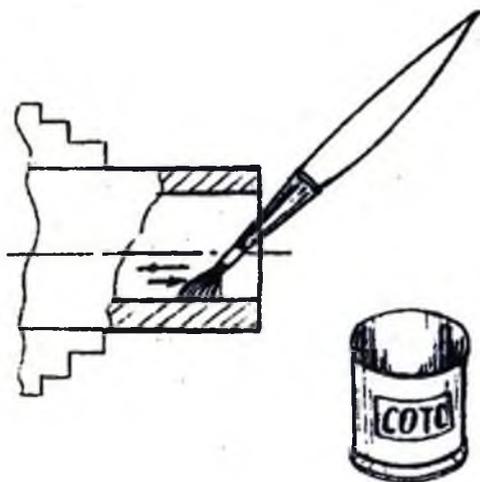
- 1 – заготовка
- 2 – сверло
- 3 – сопло
- 4 – струя СОТС



Нанесение СОТС шприц-масленкой.



Нанесение СОТС кистью.



ВНИМАНИЕ:

При работе с СОТС строго соблюдайте правила производственной санитарии и личной гигиены, правила пожарной безопасности.



Проверка усвоения

Контрольные вопросы

Каждый вопрос имеет один или несколько правильных ответов.
Выберите правильные.

1. Цель применения СОТС:

- а) уменьшение износа режущего инструмента;
- б) снижение шероховатости поверхности;
- в) повышение производительности труда.

2. Эффект действия СОТС – это:

- а) повышение сил трения;
- б) снижение температуры резания;
- в) удаление стружки.

3. Классы СОТС:

- а) масляные жидкости;
- б) смазки;
- в) синтетические жидкости.

4. Преимущества водосмешиваемых жидкостей:

- а) высокая стоимость растворов;
- б) пожаробезопасность;
- в) высокая охлаждающая способность.

5. Масляные жидкости имеют:

- а) хорошие антикоррозионные свойства;
- б) высокую смазывающую способность;
- в) высокую пожаробезопасность.

6. При обработке жаропрочных сплавов рекомендуется концентрация водосмешиваемых СОТС:

- а) до 1%;
- б) 3-5%;
- в) 5-10%.

7. При фрезеровании нержавеющей, жаропрочных сталей и сплавов рекомендуются:

- а) масла с присадками;
- б) эмульсии;
- в) масла без присадок.

8. При точении углеродистых сталей надо применять:

- а) водосмешиваемые жидкости с концентрацией более 10%;
- б) водосмешиваемые жидкости 3-5% концентрации;
- в) масляные жидкости.

9. Оборудование для подвода СОТС включает:

- а) насос;
- б) трубопроводы;
- в) сопла.

10. СОТС в зону резания подается:

- а) напорной струей;
- б) свободно-падающей струей до 1 л/мин;
- в) свободно-падающей струей до 20 л/мин.