

Материаловедение



- К машиностроительным материалам относятся металлы и их сплавы, древесина, пластмассы, резина, картон, бумага, стекло и др.
- Наибольшее применение при изготовлении машин получили металлы и их сплавы.

- **Металлами** называются вещества, обладающие высокой теплопроводностью и электрической проводимостью; ковкостью, блеском и другими характерными свойствами.
- В технике все металлы и сплавы принято делить на ***черные и цветные***.
- **К черным металлам** относятся железо и сплавы на его основе.
- **К цветным** — все остальные металлы и сплавы.

- Сплавы железа, содержащие углерода
 - до 2%, называются сталями;
 - от 2 до 6,67% - чугунами

- Для того чтобы правильно выбрать материал для изготовления деталей машин с учетом условий их эксплуатации, механических нагрузок и других факторов, влияющих на работоспособность и надежность машин, необходимо знать внутреннее строение, физико-химические, механические и технологические свойства металлов.

Свойства металлов

- Свойства металлов обычно подразделяют на
 - **физико-химические,**
 - **механические,**
 - **технологические.**

СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

| Физические | Механические | Химические | Технологические |
|--------------------------|---------------------|---------------------------|------------------------------|
| блеск | упругость | коррозионная стойкость | ковкость |
| плотность | пластичность | окисляемость | жидкотекучесть |
| электропроводность | хрупкость | растворимость | обрабатываемость резанием |
| температура плавления | вязкость | | свариваемость |
| намагничиваемость | | | |

- **Физико-химические свойства** связаны со способностью материала взаимодействовать с физическими полями, излучениями, химически активными средами (например, сопротивление коррозии, электросопротивление).

- Под **механическими свойствами** понимают способность металла или сплава сопротивляться воздействию внешних сил.
- К механическим свойствам относят **прочность, вязкость, твердость и др.**

- **Прочность** характеризует свойство металла или сплава в определенных условиях и пределах, не разрушаясь, воспринимать те или иные воздействия внешних сил.
- Важным свойством металла является **ударная вязкость** — сопротивление материала разрушению при ударной нагрузке.
- **Под твердостью** понимают свойство материала сопротивляться внедрению в него другого, более твердого тела.

- Механические свойства материалов выражаются через ряд показателей (например, пределы прочности при растяжении, относительное удлинение и сужение и т.д.)
- Пределом прочности при растяжении (σ_B , МПа), или временным сопротивлением разрыву, называется условное напряжение, соответствующее максимальной нагрузке, которую выдерживает образец в процессе испытания до разрушения.

- Твердость металлов и сплавов определяют с помощью трех методов, названных по именам их изобретателей:
 - метод Бринелля (HB),
 - метод Роквелла (HRC),
 - метод Виккерса (HV).

Применение того или иного метода зависит от твердости испытуемого образца, его толщины или толщины испытуемого слоя.

□ К основным **технологическим свойствам** металлов и сплавов относятся следующие:

- **ковкость**—свойство металла подвергаться ковке и другим видам обработки давлением;
- **жидкотекучесть** — свойство расплавленного металла заполнять литейную форму во всех ее частях и давать плотные отливки точной конфигурации;
- **свариваемость** — свойство металла давать прочные сварные соединения;
- **обрабатываемость резанием**— свойство металлов подвергаться обработке режущими инструментами для придания деталям определенной формы, размеров и шероховатости поверхности.

Классификация сталей

- Стали классифицируют по:
 - **назначению,**
 - **качеству,**
 - **химическому составу,**
 - **структуре.**

- По **назначению** стали разделяются на:
 - **конструкционные,**
 - **инструментальные,**
 - **стали и сплавы с особыми физическими свойствами.**

□ **По категориям качества** стали подразделяют на:

- **обыкновенного качества,**
- **качественные,**
- **высококачественные,**
- **особовысококачественные.**

Категории качества зависят от содержания вредных примесей — серы и фосфора, содержания неметаллических включений, однородности структуры, а также размеров и количества дефектов.

□ **По химическому составу** стали разделяют на следующие группы:

■ **по содержанию углерода —**

- на **низкоуглеродистые** (с содержанием углерода до 0,2-0,25 % — эти стали, как правило, не закаливаются),
- **среднеуглеродистые** (0,3-0,65 % C),
- **высокоуглеродистые** (> 0,65 % C);

■ **по содержанию легирующих примесей —**

- **низколегированные** (суммарное содержание легирующих примесей (≤ 5 %)),
- **среднелегированные** (5-10 %),
- **высоколегированные** (> 10 %).

- **По структурам** классифицируют стали после их термических обработок — отжига или нормализации.
- По структурам после нормализации различают следующие классы легированных сталей:
 - **перлитный,**
 - **мартенситный,**
 - **аустенитный,**
 - **ферритный,**
 - **ледебуритный.**

Конструкционные стали

- *Конструкционными* называются стали, предназначенные для изготовления деталей машин, механизмов и конструкций.
- Они должны обладать высокой *конструктивной прочностью*, под которой понимают комплекс механических свойств, обеспечивающих надежную работу материала в условиях эксплуатации

Конструкционные стали по качеству могут быть трех категорий.

- ▣ **Стали *обыкновенного* качества** производятся только углеродистыми.
 - Примеры марок сталей обыкновенного качества: Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп,... Ст6, Ст6кп, Ст6пс, Ст6сп, соответственно, сталь кипящая, полуспокойная и спокойная. **Чем больше число, тем выше прочность стали**

- ▣ ***Качественные конструкционные углеродистые стали*** маркируются словом Сталь; цифры 05, 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 — указывают среднее содержание углерода, например, **сталь 45.**

- ▣ ***Высококачественные стали*** имеют в конце маркировки букву **А.**

7.1. Сталь углеродистая обыкновенного качества по ГОСТ 380



Ст 3 сп ГОСТ 380-94

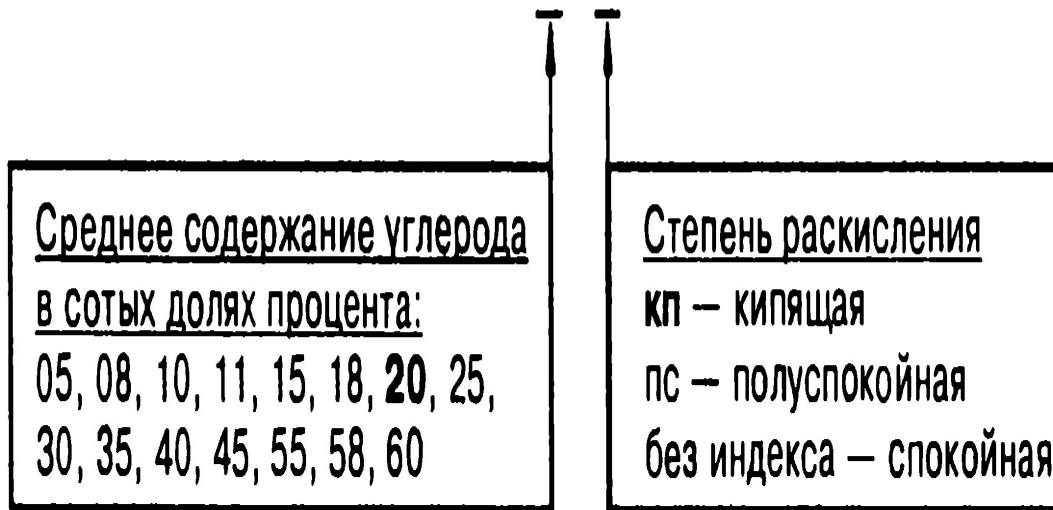
Обозначение стали углеродистой обыкновенного качества

Степень раскисления
кп — кипящая
пс — полуспокойная
сп — спокойная

Условный номер марки:
0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 — в зависимости от химического состава

7.2. Сталь углеродистая качественная конструкционная по ГОСТ 1050

Сталь 20 кп ГОСТ 1050-88



Маркировка: стали маркируют двумя цифрами, указывающими среднее содержание углерода **в сотых долях процента**

- Легированные стали содержат специально вводимые в их состав легирующие элементы для придания определенных физико-механических свойств.
- **Легирование** — это целенаправленное изменение состава материала путем введения в него дополнительных элементов вещества для изменения структуры и свойств.

Легирующие элементы имеют следующие обозначения:

- хром (Х),
- никель (Н),
- марганец (Г),
- кремний (С),
- молибден (М),
- вольфрам (В),
- титан (Т),
- тантал (ТТ),
- алюминий (Ю),
- ванадий (Ф),
- медь (Д),
- бор (Р),
- кобальт (К),
- ниобий (Б),
- цирконий (Ц),
- селен (Е)
- хром (Cr),
- никель (Ni),
- марганец (Mn),
- кремний (Si),
- молибден (Mo),
- ванадий (V),
- бор (B),
- вольфрам (W),
- титан (Ti),
- алюминий (Al),
- медь (Cu),
- ниобий (Nb),
- кобальт (Co).

Хром - повышает твердость, коррозионностойкость;

Никель - повышает прочность, пластичность, коррозионностойкость;

Вольфрам - увеличивает твердость и красностойкость, т.е. способность сохранять при высоких температурах износостойкость;

Ванадий - повышает плотность, прочность, сопротивление удару, истиранию;

Кобальт - повышает жаропрочность, магнитопроницаемость;

Молибден - увеличивает красностойкость, прочность, коррозионностойкость при высоких температурах;

Марганец - при содержании свыше 1 процента увеличивает твердость, износостойчивость, стойкость против ударных нагрузок;

Титан - повышает прочность, сопротивление коррозии;

Алюминий - повышает окислительную стойкость;

Ниобий - повышает кислотостойкость;

Медь - уменьшает коррозию.

Сталь легированная по ГОСТ 4543

Сталь 38 ХН2МФ А ГОСТ 4543-71

Среднее содержание углерода в сотых долях процента:
12, 15, 18, 20, 25,
27, 30, 33, 35, 36,
38, 40, 45, 47, 50

Категория:
А — высококачественная
Ш — особо высококачественная

Легировующие элементы:

Ю — алюминий

Т — титан

Ф — ванадий

Х — хром

Г — марганец

Н — никель

М — молибден

В — вольфрам

Цифры — примерное содержание легировующего элемента в целых единицах процента

Отсутствие цифры за буквой показывает, что данный элемент содержится в пределах **одного процента**

- В промышленности широко применяют конструкционные стали специального назначения:
 - рессорно-пружинные (Сталь 65; Сталь65Г),
 - подшипниковые (Сталь ШХ4),
 - коррозионно-стойкие (Сталь 20Х13; 40Х13; 12Х18Н10Т),
 - теплостойкие, жаростойкие и жаропрочные (Сталь 15Х25Т) и др.

Инструментальные стали и сплавы

- **Инструментальные стали** условно делятся на стали
 - для режущего и мерительного инструмента,
 - для холодного деформирования и
 - для горячей обработки металлов.
- *Инструментальные стали маркируются по содержанию углерода **в десятых долях процента***, а по составу и количеству легирующих — как и конструкционные.
- По качеству они поставляются качественными, высококачественными и особовысококачественными с соответствующей маркировкой.

Сталь инструментальная по ГОСТ 1435

Сталь У

8

Г

А

ГОСТ 1435-90

Обозначение
углеродистой
стали

Средняя массовая
доля углерода в
десятих долях
процента:
7, 8, 9, 10, 12

Категория:

А — высококачественная
по химическому составу;
качественная — не обозначается

Г — повышенная доля марганца
(для 8Г и 8ГА)

- Наиболее дешевыми инструментальными сталями являются *углеродистые* — качественные стали марок У7, У8, У9, У10, ...У14 и высококачественные стали марок У7А, У8А и т. д.
- Из углеродистых инструментальных сталей изготавливаются слесарные, плотничьи и мерительные инструменты.

▣ **Низколегированные**

инструментальные стали типа 8ХФ, 11Х, 9ХС, ХВГ **применяются для**

изготовления режущего

инструмента, работающего с

небольшими скоростями резания:

пил, метчиков, плашек, клейм,

пуансонов и матриц листовой штамповки

при среднесерийном производстве,

ножей для пресс-ножниц и мерительного

инструмента после закалки и низкого

отпуска.

- ▣ *Быстрорежущие стали* типа P18, P9M4K8, P6M5 являются одним из основных материалов для изготовления режущего инструмента.
- ▣ Буква P происходит от немецкого слова rapid — быстрый, стремительный; цифра, следующая за ней, определяет среднее количество **вольфрама, в процентах соответственно, 18; 9 и 6**; M — молибден, которого содержится во второй стали около 4 % и в третьей — 5 %; K — кобальт, содержащийся во второй стали в количестве около 8 %. Кроме того, в каждой стали содержится около 4,5 % хрома и 1,5 % ванадия.
- ▣ В марках быстрорежущих сталей не указывают углерод и хром (их массовая доля » 1 % и » 4 % соответственно).
- ▣ Такой состав обеспечивает быстрорежущим сталям красностойкость до температуры 560-580 °С и, соответственно, высокую скорость резания в отличие от углеродистых и низколегированных сталей, теплостойкость которых не превышает 150-180 °С.

Твердые сплавы для режущего инструмента

Твердые сплавы - это сплавы, изготовленные методом порошковой металлургии и состоящие из карбидов тугоплавких металлов (WC, TiC, TaC), соединенных кобальтовой связкой.

Твердые сплавы сочетают высокую **твердость** (74-76HRC) и **износостойкость** с высокой **теплостойкостью** и применяются для резания с высокими скоростями.

Различают 3 группы сплавов.

1. **Вольфрамовые** сплавы (система **WC-Co**).
ВК3, ВК6, ВК8, ВК10, ВК20 и другие.

Они маркируются буквами **ВК** и цифрой, показывающей содержание кобальта в процентах.

2. **Титановольфрамовые** сплавы (система **TiC-WC-Co**).
T30K4, T15K6, T5K10 и другие.

Они маркируются буквами **Т** и **К** и цифрами, стоящими за этими буквами, показывающими содержание в процентах титана и кобальта.

3. **Титанотанталовольфрамовые** сплавы
(система **TiC-TaC-WC-Co**).

ТТ7К12, ТТ8К6 и другие.

В маркировке после букв **ТТ** стоит цифра, указывающая количество карбидов титана и вольфрама в процентах. Цифра после буквы **К** указывает содержание кобальта.

- Сплавы первой группы (например, ВКЗ, ВК8) **применяются при обработке хрупких материалов: чугуна, бронзы и др.**
- Сплавы второй группы (Т5К10, Т15К6 и др.) **предназначены для обработки более вязких материалов: стали, латуни и т.д.**
- Сплавы третьей группы (например, ТТ7К12) **используют для грубой черновой обработки стальных поковок.** Эти сплавы имеют более высокую прочность, чем сплавы ТК.

- ▣ **Сверхтвердые материалы** представлены природными (HV 98,1 ГПа) и синтетическими (HV 88,3-98,1 ГПа) **алмазами, кубическим нитридом бора (эльбор, HV 68,7-78,5 ГПа)** и др.
- ▣ Они имеют в 3-4 раза большую твердость (HV), высокую теплопроводность и теплостойкость (до 1100-1300 °С) по сравнению с твердыми сплавами.
- ▣ **Обработка таким инструментом осуществляется при высоких скоростях резания и малых подачах.**

При этом достигаются высокие значения точности обработки и качества поверхности.

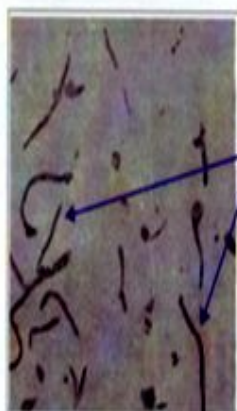
Обработка резанием этими инструментами применяется как **окончательная (чистовая)** для закаленных сталей и заменяет процессы шлифования.

Чугуны

- Чугуном называется сплав железа с углеродом, содержащий углерода от 2,14 до 6,67%.
- Чугун – дешевый машиностроительный материал, обладающий хорошими литейными качествами. Он является сырьем для выплавки стали.
- Широкое распространение при изготовлении техники получили чугуны со структурно свободным углеродом (графитом) — серые, ковкие и высокопрочные.



Виды включений графита (Нетравленные шлифы)



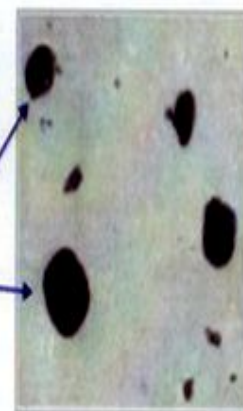
Графит
(пластинчатый)

Серый чугун



Графит
(хлопья)

Ковкий чугун



Графит
(сферический)

Высокопрочный
чугун

- ▣ **Серые чугуны** получают из жидкого чугуна при замедленном охлаждении, при этом графит кристаллизуется в виде пластин, чешуек, разделяя и ослабляя стальную основу материала.
- ▣ **Серый чугун** наиболее широко применяется в машиностроении. Он мало пластичен и вязок, но легко обрабатывается резанием, применяется для малоответственных деталей и деталей, работающих на износ.
- ▣ Серый чугун с высоким содержанием фосфора (0,3—1,2%) жидкотекуч и используется для художественного литья.
- ▣ Серый чугун получают следующих марок: СЧ10, СЧ15, СЧ20, СЧ25, СЧ30, СЧ35, СЧ40, СЧ45.

Маркировка серых чугунов

СЧ20

↑ Предель прочности на разрыв (200 МПа)

↑ Серый чугун

- ▣ **Ковкий чугун** — весь углерод или его часть находится в виде графита хлопьевидной формы.
- ▣ Ковкий чугун получил свое название из-за повышенной пластичности и вязкости (хотя обработке давлением не подвергается).
- ▣ Ковкий чугун обладает повышенной прочностью при растяжении и высоким сопротивлением удару. Из ковкого чугуна изготавливают детали сложной формы: картеры заднего моста автомобилей, тормозные колодки, тройники, угольники и т. д.

- ▣ **Маркировка: например, КЧ 370-12.**
 - Буквы КЧ означают ковкий чугун,
 - первое число—предел прочности (в МПа) на разрыв,
 - второе число — относительное удлинение (в процентах), характеризующее пластичность чугуна.

- **Высокопрочный (ВЧ)** чугу́н с шаровидным графитом обладает прочностью, равной стали, и высокой пластичностью.
- Достаточно высокие механические, литейные, технологические и эксплуатационные свойства позволяют стальное литье успешно заменять чугу́нным, а кованые детали — на литые из ВЧ.
- Так, например, из высокопрочного чугуна отливают коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания, поршневые кольца и другие ответственные детали машины.

Это дает значительный экономический эффект, так как литые изделия из ВЧ на 20-25 % дешевле стальных.

- Маркировка: например, ВЧ 450-5.
 - Буквы ВЧ обозначают высокопрочный чугу́н,
 - первое число—предел прочности (в МПа) на разрыв,
 - второе число — относительное удлинение (в процентах), характеризующее пластичность чугуна.

Цветные металлы и сплавы

- Цветные металлы по ряду признаков разделяют на следующие группы:

-

тяжёлые металлы — медь, никель, цинк, свинец, олово;

- **лёгкие металлы** — алюминий, магний, титан, бериллий, кальций, стронций, барий, литий, натрий, калий, рубидий, цезий;

-

благородные металлы — золото, серебро, платина, осмий, рутений, родий, палладий;

-

малые металлы — кобальт, кадмий, сурьма, висмут, ртуть, мышьяк;

-

тугоплавкие металлы — вольфрам, молибден, ванадий, тантал, ниобий, хром, марганец, цирконий;

- Чаще всего цветные металлы применяют в технике и промышленности в виде различных сплавов, что позволяет изменять их физические, механические и химические свойства в очень широких пределах.
- Кроме того, свойства цветных металлов изменяют путём термической обработки, нагартовки, за счёт искусственного и естественного старения и т. д.
- **Цветные металлы подвергают всем видам механической обработки и обработки давлением — ковке, штамповке, прокатке, прессованию, а также резанию, сварке, пайке.**

- Наибольшее применение в машиностроении имеют следующие цветные сплавы:
 - алюминиевые сплавы;
 - сплавы на основе меди (медные сплавы);
 - титановые сплавы;
 - магниевые сплавы.

Алюминиевые сплавы

- Алюминиевые сплавы делят на:
 - литейные, применяемые для отливки изделий (силумины), и
 - деформируемые (дуралюмины), идущие для прокатки профилей, листов и т.п.

- **К литейным** алюминиевым сплавам относят **сплавы алюминия и кремния (силумины)**.
- Обычно силумин содержит 12-13 % кремния.
- Они обладают высокой жидкотекучестью, достаточно высокой прочностью, сопротивляются коррозии, хорошо обрабатываются резанием.
- Их используют для изготовления корпусов и крышек двигателей, поршней и т.д.
- Маркируются силумины буквами **АЛ** и цифрой (1,2,3...), обозначающей порядковый номер сплава по ГОСТ.
- Например, в сплаве **АЛ2** — 10—12% кремния.

□ **Деформируемые** алюминиевые сплавы:

- дуралюмины,
- алюминиевые сплавы дляковки и штамповки,
- высокопрочные алюминиевые сплавы,
- деформируемые алюминиевые сплавы, не упрочняемые термической обработкой.

- Распространенным деформируемым алюминиевым сплавом является **дуралюмин (дюраль)**, основу которого составляют **алюминий, медь и магний**.
- Дуралюмин, как и другие деформируемые сплавы, применяют для получения листов, проволоки, фасонных профилей и различных деталей ковкой, штамповкой, прессованием.
- Маркируют буквой Д и порядковым номером. Например, Д1, Д16, Д18.

Сплавы на основе меди

- Сплавы меди с другими элементами разделяют на две основные группы:
 - **латуни** — сплавы меди с цинком
 - **бронзы** — сплавы меди с другими элементами, в числе которых может быть и цинк.

Латуни

- ▣ **Латунь** содержит до 50 % цинка.
- ▣ Латуни, применяются в основном для изготовления деталей штамповкой, вытяжкой, раскаткой, вальцовкой, т.е. процессами, требующими высокой пластичности материала заготовки. Из латуни изготавливаются гильзы различных боеприпасов.

- В зависимости от числа компонентов различают **простые (двойные) и специальные (многокомпонентные) латуни.**
- Простые латуни маркируются следующим образом: буква **Л** означает название сплава — латунь, следующие за ней цифры указывают содержание меди в сплаве в процентах.
- Например, маркой **Л63** обозначается латунь, содержащая 63% меди.

- ▣ **Специальные латуни** — это группа латуней, в которые для улучшения механических и химических свойств дополнительно вводят олово, кремний, марганец, алюминий и железо.
- ▣ Специальные (сложные) латуни маркируются буквой Л (латунь), после которой следуют буквы, обозначающие легирующий элемент: А — алюминий, Ж — железо, К — кремний, М — марганец, Н — никель, С — свинец, Ц — цинк, Ф — фосфор и т. д.
- ▣ **МАРКИРОВКА:**

Первые две цифры, следующие за буквами, указывают среднее содержание меди в процентах, а остальные цифры — содержание соответствующих легирующих элементов.
- ▣ Например, **ЛАЖ60-1-1** — латунь с содержанием меди, алюминия, железа соответственно 60; 1 и 1 %, остальное цинк и примеси.

Бронзы

- *Бронзой называется сплав меди с оловом, алюминием, никелем и другими элементами.*
- *Бронза обладает высокими антифрикционными и механическими свойствами, а также хорошей коррозионной стойкостью. Она идет на изготовление арматуры и деталей механизмов, работающих во влажной атмосфере и в других агрессивных средах.*

- ▣ **Оловянистые бронзы** (10-12 % олова). — **сплавы меди с оловом**. На практике используют бронзы с содержанием олова до 10%. Сплавы не обладают необходимой конструкционной прочностью.
- ▣ **Алюминиевые бронзы** (5 -11% алюминия) —обладают повышенными литейными свойствами и их применяют для фасонного литья.
- ▣ **Кремнистые бронзы** имеют в своем составе 3-4 % кремния. Обладают высокой устойчивостью против коррозии в ряде агрессивных сред, в особенности в щелочах.
- ▣ **Бериллиевые бронзы** содержат 2,0-2,5 % бериллия и обладают наилучшим *комплексом свойств* из всех известных бронз. Бериллиевые бронзы упрочняются закалкой и старением.
- ▣ **Свинцовистые бронзы** содержат до 30 % свинца. Имеют хорошие антифрикционные свойства. Применяют для изготовления вкладышей подшипников скольжения.

МАРКИРОВКА бронз:

- Бронзу маркируют буквами **Бр** с буквенными обозначениями элементов, входящих в состав сплава, и числовыми показателями их содержания.
- Например, **БрОФ6,5-0,15**—бронза, содержащая 6—7% олова и около 0,15% фосфора, остальное— медь.

Титановые сплавы

- **Титан** и его сплавы нашли широкое применение в технике ввиду своей высокой механической прочности, которая сохраняется при высоких температурах, коррозионной стойкости, жаропрочности, удельной прочности, малой плотности и прочих полезных свойств.
- Титановые сплавы играют большую роль в авиационной технике, в ракетостроении, где стремятся получить наиболее легкую конструкцию в сочетании с необходимой прочностью.

- В настоящее время известно довольно большое разнообразие **ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ**, отличающихся по химическому составу, механическим и технологическим свойствам.
- Наиболее употребляемые легирующие элементы в **ТИТАНОВЫХ СПЛАВАХ**: *алюминий, ванадий, молибден, марганец, хром, кремний, олово, цирконий, железо.*

- Маркируются титановые сплавы буквами **ВТ** и цифрами 0, 1, 2, ... и т. д.
- Цифры обозначают номер сплава, химический состав и свойства которого регламентированы стандартом или техническими условиями.
- Например, **Титановый сплав ВТ5** содержит помимо титана 5% алюминия.
Он отличается более высокими прочностными свойствами по сравнению с **титаном**, но его технологичность невелика. Сплав куется, прокатывается, штампуется и хорошо сваривается.

Магний и его сплавы

- Магний — очень легкий и относительно прочный металл. Он химически очень активен, вплоть до самовозгорания на воздухе.
- В промышленности магний обычно используется в виде сплавов с алюминием, марганцем, цинком и другими металлами.
- Все магниевые сплавы хорошо обрабатываются резанием

- Магниевые сплавы имеют высокую *удельную* прочность и поэтому наряду с алюминиевыми и титановыми сплавами широко применяются в авиа- и ракетостроении, приборостроении и других отраслях промышленного производства.
- Магниевые сплавы подразделяют на ***литейные и деформируемые.***

- **Маркировка сплавов:**
 - литейные МЛ и цифры, обозначающие номер (код) сплава (например, МЛ3, МЛ4, и др.);
 - деформируемые МА и соответствующий номер сплава (например, МА1, МА2 и т. д.).

Термическая обработка

- При выполнении **термической обработки** производится нагрев детали до определенной температуры (не достигающей точки плавления), выдержка в нагретом состоянии и охлаждение определенным образом.
- Выбор температурного режима, охлаждающей среды, типа оборудования зависит от типа обрабатываемого материала
- **Термообработку деталей** из металлов и сплавов выполняют с целью изменения структуры и свойств материалов для достижения требуемой величины прочности, упругости, твердости, износоустойчивости детали.

□ Виды термической обработки:

■ **Отжиг**

При отжиге деталь медленно остывает вместе с печью. При этом понижается твердость металла, что облегчает обработку резанием, снимаются внутренние напряжения, в литых деталях устраняется неоднородность структуры.

■ **Нормализация**

Это, по сути, тоже разновидность отжига, но охлаждение происходит не в печи, а на воздухе. Целью, как и при отжиге, является улучшение структуры металла и снятие в нем внутренних напряжений.

■ **Закалка**

Заключается в нагреве детали и охлаждении в жидкой среде – в воде, масле и других жидкостях. В результате возрастает твердость и прочность стальных деталей.

■ **Отпуск**

Применяется после закалки для уменьшения хрупкости и повышения обрабатываемости стали. Заключается в нагреве до относительно невысоких температур и охлаждении в масле или в воде.

Черные металлы

Стали

Чугуны

Углеродистые

- Среднеуглерод.
- Низкоуглерод
- Высокоуглерод.

Легированные:

- Среднелегир.
- Низколегир.
- Высоколегир.

• Белые

• Серые

• Ковкие

• Высокопрочные

Конструкционные:

- Обычного качества
- Качественные
- Высококачественные

Инструментальные

- Быстрорежущие
- Углеродистые
- Низколегированные
- Твердые сплавы

Спецназначения:

- Коррозионно-стойкие
- Теплостойкие
- Пружинные и др.

СПЛАВЫ

Цветные металлы и сплавы

● **Алюминиевые**

● **Медные**

● **Титановые**

● **Магниевые**

Практическая работа

- Задание 1. Расшифруйте марки сплавов и охарактеризуйте:
 - Ст2 кп
 - 40ХНМА
 - КЧ 36-10
 - БрОЦС 5-5-5
 - ЛС59-1Л
 - Р18К5Ф2

▣ **Ст2кп** представляет собой углеродистую конструкционную сталь обыкновенного качества группы А, кипящую. Стали содержат повышенный процент вредных примесей серы (до 0,060%) и фосфора (до 0,080%).

Стали этой группы маркируются буквами Ст и цифрами 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6. Чем больше число, тем выше прочность стали

▣ **40ХНМА** является конструкционной легированной сталью. По количеству легирующих элементов относится к низколегированным (общее содержание ЛЭ не превышает 5%).

Её химический состав: ~ 0,4% углерода (40), ~ 1% хрома (Х), ~ 1% никеля (Н), ~ 1% молибдена (М).

Сталь высококачественная (буква А в конце маркировки).

▣ **КЧ 36-10** представляет собой ковкий чугун (КЧ), имеющий предел прочности при растяжении $\sigma_v = 36$ кгс/мм² и относительное удлинение $\delta = 10\%$.

Ковкий чугун имеет хлопьевидную форму графита и по прочности занимает промежуточное положение между серыми и высокопрочными чугунами.

- ▣ **БрОЦС5-5-5** представляет собой оловянистую бронзу (Бр), содержащую ~5% олова (О), ~5% цинка (Ц), ~5% свинца (С) и ~ 85% меди.







Оловянистые бронзы (содержание олова до 20%) обладают хорошими литейными свойствами, высокой химической стойкостью и хорошими антифрикционными свойствами. В практике применяют оловянистые бронзы с 10—12% олова. Бронзы с более высоким содержанием олова очень хрупкие.

- ▣ **ЛС 59-1Л** Латунь содержит 59% меди, 1% свинца, остальное – цинк. Латунь – литейная (Л в конце маркировки)

- **P18K5Ф2** - инструментальная, быстрорежущая высоколегированная сталь (легирующих элементов более 10%).
- Состав: 1% углерода
18% вольфрама
5% кобальта
2% ванадия

Сталь предназначена для изготовления режущего инструмента.

Обрабатываемые материалы по ISO

| | | | | | |
|---|--|---|--|---|--|
|  P Сталь |  M Нержавеющая сталь |  K Чугун |  N Алюминий |  S Жаропрочные сплавы |  H Закалённая сталь |
|---|--|---|--|---|--|

Структура кодов MC

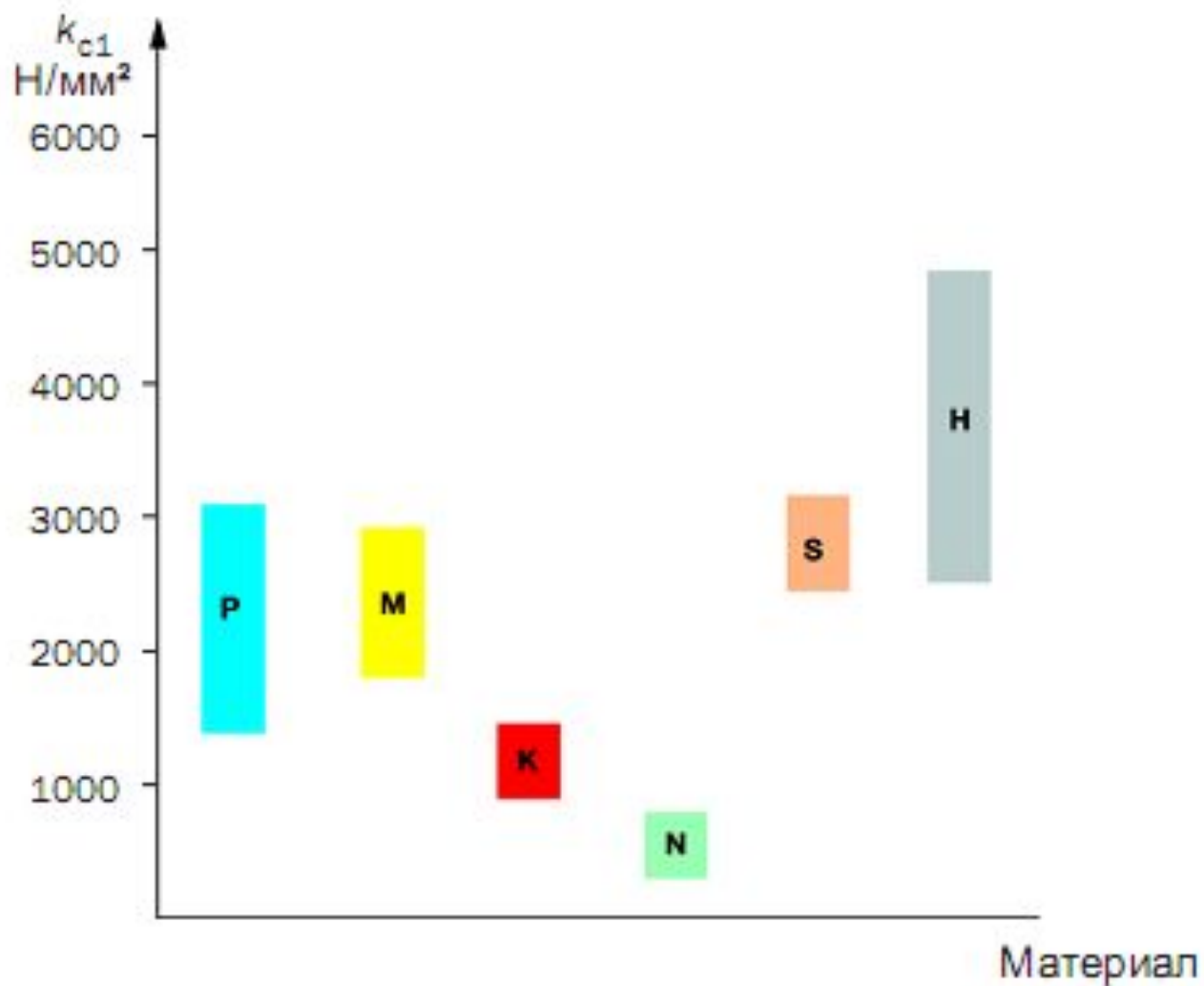
Структура классификации такова, что один код MC может отображать несколько свойств и характеристик материала посредством буквенно-цифровой комбинации.

Пример 1:

Код P1.2.Z.AN

- **P** это код ISO для стали
- **1** это группа "нелегированная сталь"
- **2** это подгруппа "содержание углерода 0,25% до 0,55 %" от
- **Z** это технология изготовления "ковка/прокат/холодная вытяжка"
- **AN** это термическая обработка - "отжиг", и соответствующее значение твёрдости

Удельная сила резания



Обрабатываемость

На обрабатываемость материала влияет три основных фактора.

- 1. Классификация обрабатываемого материала с точки зрения металлургии/механики.
 - 2. Микро- и макро геометрия режущей кромки.
 - 3. Материал режущего инструмента (марка сплава), например, твёрдый сплав с покрытием, керамика, CBN, PCD и пр.
- К второстепенным факторам относятся:
- параметры резания,
 - режущие усилия,
 - термическая обработка материала,
 - состояние поверхностного слоя,
 - включения в материале,
 - закрепление инструмента и условия обработки в целом.

- Низколегированная углеродистая сталь обрабатывается проще по сравнению с более требовательной аустенитной нержавеющей сталью.
- Считается, что низколегированная сталь обрабатывается лучше, чем нержавеющая сталь.
- Понятие “хорошая обрабатываемость” обычно означает беспроблемное резание и предсказуемую стойкость инструмента.

Практическая работа

▣ **Задание 2. Определите код МС для сталей и сплавов:**

- Сталь 45
- 12Х18Н9Т
- 40Х13
- Р18К5Ф2
- ЛС59-1Л

- Сталь 45 – P1.2.Z.HT
- 12X18H9T – M1.3.Z.AQ
- 40X13 – P5.1.Z.AN
- P18K5Φ2 – P3.1.Z.AN
- ЛС59-1Л – N3.2.C.UT

Спасибо за внимание!