**Пособие для самоподготовки   
ко Всероссийской Олимпиаде школьников   
по Технологии в номинации   
«Техника и Техническое Творчество»**

**«Теория Технологии»**

**Латков Владимир Вячеславович**   
учитель технологии, ГБОУ «Школа №293 имени А.Т. Твардовского»;   
методист, ГАОУ ДПО Центр Педагогического Мастерства

Москва 2021 год

**Раздел «Материаловедение. Металлы»**

## Материаловедение

[***Материалове́дение***](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) – междисциплинарный раздел науки, занимающийся изучением *материалов* и их свойств.

В различных отраслях промышленности и науки существуют устойчивые словосочетания, в которых используется слово «материал». Это слово употребляется в различных смыслах. Например, материалы для возведения [зданий](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5) и [сооружений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) называются «[*строительные материалы*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B)*»*. В медицине есть понятие «биоматериал» – образцы живых тканей или жидкостей и т.д. В средствах массовой информации используют понятие «[информационный материал](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB&action=edit&redlink=1)» – то есть сведения или набор данных, имеющих определённое значение.

Применительно к разделу «**Технология обработки материалов**», мы будем использовать следующее определение:

***Материа́л*** – [вещество](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE) или [смесь](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BC%D0%B5%D1%81%D1%8C_(%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%8F)) веществ, из которых изготавливается [продукция](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F), которые способствуют процессу труда, либо придают изготовленной продукции определенные [свойства](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE).

Материалом не являются *энергия*, *пища*, *топливо* и *лекарства*, поскольку в процессе использования они вступают в химические реакции и постепенно почти полностью исчезают.

Под материалами понимают только продукты, прошедшие предварительную обработку, в отличие от [*сырья*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%8B%D1%80%D1%8C%D1%91).

***Сырьё́*** – это продукты сельского хозяйства, животноводства или добывающей промышленности, в значительной степени сохранившие свои природные свойства, но предназначенные для дальнейшей промышленной обработки, с целью получения материалов (например, древесина, хлопок, шерсть, руда и т.п.).

## Классификация материалов

Все материалы могут быть разделены на группы, по разным признакам классификации. Такое деление позволяет легче запоминать виды и названия различных материалов, а в ряде случаев прогнозировать свойства отдельных материалов на основе групповых свойств.

По встречаемости в природе:

*Естественные*, *искусственные*

***Естественные*** (природные или натуральные) материалы – это материалы, встречающиеся в природе, и пригодные для изготовления изделий или деталей механическим способом, без дополнительных преобразований (термических, химических, электрических, магнитных и т.п.).

***Искусственные*** материалы – это материалы, полученные путём преобразования естественных материалов. В «чистом» виде они не встречаются в природе.

Естественные материалы по происхождению можно разделить на:

*Органические* и *неорганические*

***Органические*** материалы – это материалы, получаемые из веществ растительного или животного происхождения. К ним относятся *биоматериалы* и *зооматериалы.*

***Неорганические*** (минеральные) материалы – это [простые вещества](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8B%D0%B5_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0) и их [соединения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D0%BE%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5), не относящиеся к [органическим](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0). К ним относятся *геоматериалы*.

***Геоматериалы*** – это материалы, залегающие в земной коре, относящиеся к «неживой» природе. Например, полезные ископаемые (исключением является нефть и газ, имеющие «биологическое» происхождение), руды металлов, минералы, и т.п.

***Биоматериалы*** – это материалы, получаемые из растений и продуктов, производимых ими (смола, сок, пыльца и т.п.).

***Зооматериалы*** – это материалы, получаемые из живых организмов. Например, шерсть, пух, мех, кожа, кость, бивень, клык, рог, сухожилия, а также вещества такие как амбра, бобровая струя, мёд и т.д.

По агрегатному состоянию вещества:

*Твёрдые, Жидкие, Газообразные, Плазменные*

По группам: материалы делятся на:

*Основные*, [*вспомогательные*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B).

***Основные*** – материалы, входящие в состав готовой продукции в виде его главной субстанции (например, цемент при производстве железобетонных конструкций).

***Вспомогательные***– материалы, которые используются в процессе производства для придания объекту обработки новых свойств (например, сахар, лакокрасочные материалы), либо способствуют нормальному протеканию производственного процесса (например, смазочно-охлаждающие материалы).

По времени (создания, открытия) изобретения:

*Традиционные*, *современные*, *инновационные*

## Свойства материалов

***Свойство*** – это качество или характеристика материала, определяющая область его использования. Свойства проявляются в процессе переработки, применения и эксплуатации материала.

**Простое свойство** – свойство материала (изделий), которое нельзя подразделить на другие. Например, масса материала» или «длина изделия» не могут быть представлены другими, более простыми свойствами.

**Сложное свойство** – такое свойство материала (изделия), которое может быть подразделено на два или большее количество менее сложных или простых свойств. Например, сложное свойство: функциональность материала (изделия). Оно определяется совокупностью эксплуатационно-технических и технологических свойств, характеризующих функцию материала, его назначение, утилитарную способность.

Материалы обладают определённым набором свойств.   
Различают: *физические*, *химические*, *механические*, *технологические*   
и *эксплуатационные* свойства материалов.

***Физические***свойства – природные свойства материала, обусловленные его химическим составом и структурой.

**К** основным **физическим свойствам** материалов относятся:

* Свойства вещества, из которого состоит материал: [температура плавления](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F), [температура кипения, температура горения,](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) вязкость, [цвет](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B2%D0%B5%D1%82), запах, прозрачность, отражающая способность и т.д.;
* Характеристики структур и массы: плотность, удельный вес, пористость, пустотность и др.;
* Свойства, определяющие отношение материалов к действию воды, пара, газов: гигроскопичность, водопоглощение, водопроницаемость, влагостойкость, водостойкость, паропроницаемость, газопроницаемость и др.;
* Отношение материалов к действию тепла, огня, холода, электрического тока, звуковых волн, излучений: теплопроводность, термостойкость, огнестойкость, огнеупорность, хладостойкость, электропроводность, звукоизолирующая и звукопоглощающая способность, радиационная стойкость и др.;
* Отношение к комплексному действию внешней среды, например, одновременного действия воды и холода (морозостойкость) и т.п.

***Механические***свойства – свойства, характеризующие способность материалов сопротивляться действию внешних сил.

К основным механическим свойствам относятся: прочность, твердость, ударная вязкость, упругость, пластичность, хрупкость, истираемость и др.

***Химические***свойства – характеризуют способность материала к химическим превращениям или его стойкость к влиянию веществ, с которыми он контактирует.

Например, коррозионная стойкость, кислотостойкость, щелочестойкость, адгезия и т.д.

***Технологические***свойства характеризуют способность материалов подвергаться обработке различными способами (литьем, давлением, сваркой, резанием). К **технологическим** **свойствам** относятся литейные **свойства**, ковкость, свариваемость, обрабатываемость резанием, спекаемость, формуемость.

***Эксплуатационные***свойства материала – это свойства, которые определяют длительность рабочего ресурса и надежность изделий в соответствии с их функциональным назначением и условиями эксплуатации.

Например, в эксплуатационных условиях строительные материалы и изделия подвергаются, как правило, одновременному действию физических, механических, химических, биологических, физико-химических, химико-биологических и других факторов. Так, например, материалы для наружных ограждающих конструкций здания подвергаются действию различных механических нагрузок, воды, тепла, холода, ультрафиолетового облучения и других факторов внешней среды. **Свойства материалов, характеризующие их стойкость к такому одновременному или циклическому действию различных агрессивных (разрушающих) факторов, являются комплексными.** Это – долговечность, надежность, совместимость, длительная прочность, износостойкость, теплостойкость, жаропрочность и жаростойкость, кавитационная стойкость, сопротивление коррозии и эрозии.

***Упругость*** – свойство материала принимать после снятия нагрузки первоначальную форму и размеры. Количественно упругость характеризуют пределом упругости, который условно приравнивают напряжению, при котором материал начинает получать остаточные деформации очень малой величины, устанавливаемой в технических условиях для данного материала.

***Пластичность*** – свойство материала при нагружении в значительных пределах изменять размеры и форму без образования трещин и разрывов и сохранять эту форму после снятия нагрузки.

***Хрупкость*** – свойство материала под действием нагрузки разрушаться без заметной пластической деформации.

***Прочность*** – свойство материала сопротивляться, не разрушаясь, внутренним напряжениям и деформациям, возникающим под действием нагрузки или других факторов.

***Ударная вязкость*** (ударная или динамическая прочность) – свойство материала сопротивляться ударным нагрузкам.

***Твердость*** – свойство материала сопротивляться проникновению в него другого более твердого материала.

***Истираемость*** – свойство материала сопротивляться истирающим воздействиям.

***Макроструктура материала*** – строение, видимое невооруженным глазом или при небольшом увеличении.

***Микроструктура материала*** – строение, видимое под микроскопом. Внутреннее строение веществ изучают методами рентгеноструктурного анализа, электронной микроскопии и т. д.

Во многом свойства материала определяют количество, размер и характер пор. Например, пористое стекло (пеностекло), в отличие от оконного стекла, непрозрачное и очень легкое.

Форма и размер частиц твердого вещества также влияют на свойства материала. Так, если из расплава обычного стекла вытянуть тонкие волокна, то получится легкая и мягкая стеклянная вата.

В зависимости от формы и размера частиц и их строения макроструктура твердых строительных материалов может быть:

* зернистой (рыхлозернистой или конгломератной);
* ячеистой (мелкопористой);
* волокнистой;
* слоистой.

По взаимному расположению атомов и молекул материалы могут, быть ***кристаллическими*** *и* ***аморфными***. Неодинаковое строение кристаллических и аморфных веществ определяет и различия в их свойствах. Аморфные вещества, обладая нерастраченной внутренней энергией кристаллизации, химически более активны, чем кристаллические такого же состава (например, аморфные формы кремнезема – пемзы, туфы, трепелы, диатомиты и кристаллический кварц).

Существенное различие между аморфными и кристаллическими веществами состоит в том, что кристаллические вещества при нагревании имеют определенную температуру плавления (при постоянном давлении), а аморфные размягчаются и постепенно переходят в жидкое состояние.

## Свойства, характеризующие особенности физического состояния материалов

***Средняя плотность* ρо** (г/см3) – масса единицы объема материала в естественном виде (вместе с порами и пустотами)

**ρо=m/V,** (1.2)

где m – масса образца материала, г; V – объем образца в естественном виде, см3.

**Плотность некоторых материалов**



**Свойства, определяющие отношение материалов к различным физическим процессам.** Среди физических процессов наибольшее значение в практике имеют воздействия водной и паровой среды, тепловые воздействия, распространение звуковых волн, электротока, ядерных излучений и т. п. Отношение материала к статическому или циклическому воздействию воды или пара характеризуется гидрофизическими свойствами (гигроскопичность, капиллярное всасывание, водопоглощение, водостойкость, водопроницаемость, паропроницаемость, влажностные деформации, морозостойкость).

***Гигроскопичность* W** (%) – способность материала поглощать и конденсировать водяные пары из воздуха.

***Водопоглощение*** (% или без размерности) – свойство материала поглощать и удерживать воду при непосредственном с ней соприкосновении. Количество поглощенной образцом материала воды, отнесенное к его массе в сухом состоянии, называют водопоглощением по массе***Wm***, а отнесенные к его объему***Wо*** – водопоглощением по объему:

**Wm = [(mв — mc)/mc] 100%,** (1.9)

**Wо = [(mв— mc)/(pвV )100%**, (1.10)

где mс и mв – масса материала соответственно в сухом и насыщенном водой состоянии, кг; рв – плотность воды, кг/м3.

***Водостойкость*** – способность материала сохранять прочность при увлажнении. Числовой характеристикой водостойкости является коэффициент размягчения

***Воздухостойкость*** – способность материала выдерживать циклические воздействия увлажнения и высушивания без заметных деформаций и потери механической прочности.

Многократное гигроскопическое увлажнение и высушивание вызывает в материале знакопеременные напряжения и со временем приводит к потере им несущей способности.

***Влагоотдача*** (кг/сут) – свойство, характеризующее скорость высыхания материала, при наличии соответствующих условий в окружающей среде (понижение влажности, нагрев, движение воздуха).

***Паропроницаемость* и *газопроницаемость*** – способность материала пропускать через свою толщу водяной пар или газы, (воздух).

***Морозостойкость*** – свойство материала, насыщенного водой, выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без значительных признаков разрушения и снижения прочности. микрокапилляры при этом заполняются водой частично и служат резервными порами, куда отжимается вода в процессе замораживания.

***Теплопроводность*** – свойство материала передавать теплоту через толщу от одной поверхности к другой. Теплопроводность λ [Вт/(м°С)] характеризуется количеством теплоты (Дж), проходящей через материал толщиной 1 м, площадью 1 м2 в течение 1 с, при разности температур на противоположных поверхностях материала 1 °С.

***Теплоемкость*** – свойство материала аккумулировать теплоту при нагревании.

***Термическая стойкость*** – способность материала выдерживать чередование (циклы) резких тепловых изменений.

***Огнестойкость*** – свойство материала противостоять действию высоких температур и воды в условиях пожара без значительной потери несущей способности. По степени огнестойкости строительные материалы делят на три группы:

* несгораемые,
* трудносгораемые
* сгораемые.

***Радиационная стойкость*** – свойство материала сохранять свою структуру и физико-механические характеристики после воздействия ионизирующих излучений.

***Акустические свойства*** – это свойства, связанные с взаимодействием материала и звука. Звук (звуковые волны) – это механические колебания, распространяющиеся в твердых, жидких и газообразных средах.

Химические свойства характеризуют способность материала вступать в химическое взаимодействие с веществами внешней среды, в которой он находится, или сохранять свой состав и структуру в условиях инертной окружающей среды

***Дисперсность*** – характеристика размеров твердых частиц и капель жидкости.

***Адгезия*** – свойство одного материала прилипать к поверхности другого.

***Структурная прочность*** – прочность внутренних связей между частицами материала. Ее оценивают пре дельным напряжением сдвига, соответствующим напряжению в материале, при котором он начинает течь подобно жидкости. Это происходит тогда, когда в материале нарушаются внутренние связи между его частицами – разрушается его структура.

***Вязкость*** – способность материала поглощать механическую энергию при деформировании образцов.

***Химическая стойкость*** – свойство материала сопротивляться действию агрессивной среды. Агрессивная среда (кислоты, щелочи, растворы солей, газы), взаимодействуя с материалом, может вызвать его разрушение (коррозию).

***Долговечность*** – способность материала (изделия) сохранять требуемые свойства до предельного состояния, заданного условиями эксплуатации.

***Надежность*** – одно из основных комплексных свойств материала, определяющее его способность выполнять свои функции в течение заданного времени и при данных условиях эксплуатации, сохраняя при этом в определенных пределах установленные характеристики.

***Жаропрочность*** охватывает комплекс свойств: кратковременную и длительную прочность, ползучесть, длительную пластичность.

***Жаростойкость*** характеризует способность материала противостоять при высокой температуре химическому разрушению. Указанными выше свойствами обладают специальные жаропрочные и жаростойкие металлы и сплавы, бетоны и композиционные материалы, которые могут эксплуатироваться при температуре 750 °С и выше. Материалы на основе сложных карбидных композиций сохраняют прочность при температуре до 3000°С.

***Теплостойкость*** – характеризует способность материала (изделия) сохранять эксплуатационные характеристики при одновременном механическом и химическом воздействии в условиях повышенной температуры (до 600°С).

## Металлы

***Металлы*** – это простые вещества, обладающие в обычных условиях характерными свойствами: высокой электро- и теплопроводностью, пластичностью, ковкостью и др. В твёрдом состоянии имеют кристаллическое строение.

***Сплавы*** – это вещества, полученные сплавлением двух или нескольких простых веществ при их нагреве выше температуры плавления. Сплав считается металлическим, если его основу (50 % и более) составляют металлические компоненты.

## Классификация и обозначение сталей

***Сталь*** – сплав железа с углеродом и другими элементами, содержащий менее 2,14 % углерода.

Стали классифицируют по следующим признакам:

* химическому составу;
* способу производства;
* содержанию вредных примесей;
* структуре;
* области применения.

Основным признаком, по которому классифицируют стали, является их химический состав. Он определяет марку и название стали.

По химическому составу стали подразделяют на *углеродистые* и *легированные*.

По способу производства стали бывают: *конвертерные*, *мартеновские*, *электростали* и стали особых методов выплавки.

По степени раскисления стали производят *кипящие*, *спокойные* и *полуспокойные*.

По качеству, которое формируется в основном на стадии выплавки и определяется содержанием таких вредных примесей, как сера и фосфор, стали бывают:

1) *обыкновенного качества* (массовая доля серы не более 0,05% и фосфора – до 0,04%);

2) *качественные* (массовая доля серы до 0,04% и фосфора – до 0,035%);

3) *высококачественные* (массовая доля серы до 0,025% и

фосфора – до 0,025%);

4) *особовысококачественные* (массовая доля серы до

0,015% и фосфора – до 0,025%);

По прочности стали условно делят на 3 группы:

1) *обычной прочности* (σт до 290 МПа (Н/мм 2));

2) *стали повышенной прочности* (σт от 290 до 390 МПа);

3) *стали высокой прочности* (σт от 440 МПа и выше).

По областям применения стали делят на строительные, *арматурные*, *подшипниковые*, *котельные* и т.д.

**Углеродистые стали**

Углеродистыми называют стали, в которых отсутствуют специальные добавки легирующих элементов, но имеется небольшое количество примесей, обусловленное технологией выплавки. При этом допускаются примеси марганца и кремния в пределах 0,8…1%, которые практически не оказывают влияния на механические свойства стали.

В зависимости от содержания углерода углеродистые стали бывают:*низкоуглеродистые* (С до 0,25 %); *среднеуглеродистые* (С=0,3...0,6%); *высокоуглеродистые* (С > 0,6 %).

По назначению углеродистые стали делят на *конструкционные* и *инструментальные*. Они имеют разное обозначение.

**Конструкционные стали**

Конструкционные стали применяются для изготовления конструкций и сооружений, деталей машин и механизмов. Содержание углерода в конструкционных сталях не превышает 0,5…0,6 %. Углеродистые конструкционные стали производят обыкновенного качества и качественные. Углеродистые стали обыкновенного качества являются основным металлическим материалом, применяемым в машиностроении и в строительных металлоконструкциях.

В соответствии с ГОСТ 380-2005 углеродистую сталь обыкновенного качества изготовляют следующих марок: Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс.

Буквы Ст обозначают "Сталь", цифры – условный номер марки, буквы "кп", "пс", "сп" − степень раскисления ("кп" − кипящая, "пс" – полуспокойная, "сп" – спокойная); буква "Г" свидетельствует о повышенном содержании марганца (до 0,8…1,2 %).

Условный номер марки соответствует определённому содержанию углерода в стали. Эти стали содержат не более 0,05% S и 0,04% Р. Структура стали обыкновенного качества в состоянии поставки обычно феррит + перлит. Чем выше условный номер марки, тем больше в стали углерода и перлита, и тем выше её прочность, но меньше вязкость и пластичность.

Качественные углеродистые стали в соответствии с ГОСТ 1050-88\* выпускаются следующих марок: 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 58, 60; 05кп, 08кп, 08пс, 10кп, 10пс, 11кп, 15кп, 15пс, 18кп, 20кп, и 20пс.

В обозначении качественных углеродистых сталей слово "Сталь" или "Ст" в марке стали не пишется, а ставятся двузначные числа, показывающие содержание углерода в сотых долях процента. При этом допускается слово "Сталь" перед маркой для пояснения. По степени раскисления сталь обозначают: кипящую – "кп", полуспокойную – "пс", спокойную – без индекса.

Эти стали содержат не более 0,04% и 0,035% Р. Их структура в термоупрочнённом состоянии – феррит и перлит.

В соответствии с ГОСТ 977-88, если сталь предназначена для изготовления отливок, к марке углеродистой качественной конструкционной стали добавляется буква «Л», которая ставится в конце марки. Предусмотрены следующие марки литейной углеродистой стали: 15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 35Л, 40Л, 45Л, 50Л.

**Углеродистые инструментальные стали**

Инструментальные стали применяют для изготовления режущего и измерительного инструмента, а также инструментов, применяемых при обработке давлением (штампов,

бойков и т.д.). Содержание углерода в них от 0,7 до 1,5%. Сталь для режущего инструмента должна обладать высокими твёрдостью, износостойкостью, теплостойкостью. Углеродистые инструментальные стали маркируют буквой У с цифрой, обозначающей среднее содержание углерода, выраженное в десятых долях процента (ГОСТ 1435-99). Например, сталь марки У8 содержит в среднем 0,8 % углерода, сталь У10 – 1 % и т. д. Стали выпускают качественные и высококачественные. Для высококачественных сталей в конце марки ставят букву А. Например, стали У8, У10 – качественные, У8А, У10А – высококачественные.

Из сталей У7, У8, У8А изготовляют зубила, штамповую оснастку, молотки, ножи, метчики, отвертки и другие изделия, которые подвергаются ударным нагрузкам. Из сталей с более высоким содержанием углерода (У 10, У11 У10А, У12А, У13А) изготовляют напильники, надфили, фрезы, развертки, плашки, ножовочные полотна (для ручных пил), рашпили и шаберы.

**Легированные стали**

Легированными называют стали, в которых кроме обычных примесей и углерода содержатся специально вводимые в определённых сочетаниях легирующие элементы (хром, никель, молибден и др., а также марганец и кремний в количествах, превышающих 0,8…1,2 %). В зависимости от суммарного содержания легирующих элементов легированные стали делят на:

*низколегированные* (содержание легирующих элементов в сумме не более 2,5 %);

*легированные* (от 2,5 до 10 %);

*высоколегированные* (более 10 %).

По назначению легированные стали делят на:   
*конструкционные*, *инструментальные* и стали *специального назначения*.

Конструкционные легированные стали применяют в строительстве, машиностроении, приборостроении и т.д. По сравнению с углеродистыми легированные стали обладают

благоприятным сочетанием прочности, пластичности и вязкости, а также высокой хладостойкостью. Из них производят рамы машин и вагонов, металлоконструкции промышленных зданий, пролёты мостов и эстакад, магистральные нефте- и газопроводы. В машиностроении из легированных сталей изготовляют детали ответственного назначения – шестерни, толкатели, оси, плунжеры, гайки, болты, червяки, кулачки, звездочки, рессоры, пружины, сварные конструкции в самолетостроении, шпиндели, валы и т.д.

Легированные конструкционные стали маркируются цифрами и буквами, например, 15Х, 10Г2СД, 20Х2Н4А и т.д. Двузначные цифры, приводимые в начале марки, указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Буквы русского алфавита обозначают легирующий элемент:

Б – ниобий (Nb)

Н – никель (Ni)

Ф – ванадий (V)

В – вольфрам (W)

М – молибден (Mo)

Х – хром (Cr)

Г– марганец (Mn)

П – фосфор (P)

Ц – цирконий (Zr)

Д – медь (Cu)

Р – бор (B)

Ч – редкоземельный

Е – селен (Se)

С – кремний (Si)

Ю – алюминий (Al)

К – кобальт (Co)

Т – титан (Ti)

А – азот (N) только в середине обозначения

Цифры после букв указывают примерное содержание соответствующего легирующего элемента в целых процентах. Отсутствие цифры указывает, что содержание легирующего элемента составляет до 1,5 % и менее. Основная масса легированных конструкционных сталей выплавляется качественными (например, 30ХГС). Высококачественные легированные стали обозначаются буквой "А", помещённой в конце марки (например, 30ХГСА). Особовысококачественная сталь обозначается буквой «Ш», располагаемой в конце марки (например, 30ХГС-Ш, 30ХГСА-Ш). Если буква «А» расположена в середине марки (например, 16Г2АФ), то сталь легирована азотом. При обозначении литейной легированной стали к марке конструкционной легированной стали добавляется буква «Л», которая ставится в конце обозначения, например, 15ГЛ, 40ХНЛ и т.д.

**Легированные инструментальные стали**

В марках легированных инструментальных сталей, например, 9ХФ, 7X3, 3Х2В8Ф и др., цифра в начале марки указывает среднее содержание углерода в десятых долях процента, если его содержание менее 1 % (ГОСТ 5950-2000). При содержании углерода в сталях более 1 % цифру не пишут. Расшифровка марок инструментальных сталей по содержанию легирующих элементов такая же, как для конструкционных сталей. Все инструментальные легированные стали всегда высококачественные и поэтому в обозначениях этих сталей буква «А» не ставится.

Инструментальные легированные стали используют для изготовления:

а) режущего и измерительного инструмента (9ХВГ, Р6М5, Р9, Р18, и др.). Буква «Р» в сталях обозначает «режущая», цифра, стоящая после буквы «Р», указывает на содержание вольфрама в процентах (от 8 до 19%);

б) штампов холодного и горячего деформирования и накатного инструмента (Х6ВФ, 9X1, Х12Ф1, ЗХ2В8Ф, 4ХС, В2С, 6Х6ВЗМФС, и др.).

Стали специального назначения – это стали, обладающие специальными свойствами – например, жаропрочные, жаростойкие, коррозионностойкие и т.д. Например, для изготовления различного рода высокотемпературных установок, деталей печей и газовых турбин применяют жаростойкие стали 12Х17, 15Х25Т, 20Х23Н13, 36Х18Н25С2 и др. Содержание углерода и легирующих элементов в марках этих сталей определяют так же, как и в марках конструкционных сталей.

При обозначении литейной стали со специальными свойствами к марке стали добавляется буква «Л», которая ставится в конце марки, например: 20Х23Н13Л и т.д.

***Чугун*** – сплав железа с углеродом и другими элементами, с содержанием углерода от 2,14 % до 6,67 %.

Чугуны классифицируют по следующим признакам: химическому составу, способу производства, от формы содержания в них углерода, структуре, области применения.

По химическому составу различают *нелегированный* и *легированный* чугуны.

По назначению чугуны делятся на:

1) *передельные*, предназначенные, в основном, для переработки в сталь;

2) *литейные*, служащие для производства фасонного литья различной степени сложности;

3) *специальные*, то есть коррозионностойкие, антифрикционные, жаростойкие и др.

Литейные чугуны, предназначенные для получения отливок, различают по виду высокоуглеродистых фаз, химическому составу, назначению и технологии получения.

В зависимости от вида и формы содержания углерода в чугуне различают:

1) *белый чугун*, в котором почти весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита Fe3C и других карбидов;

2) *половинчатый отбеленный чугун* (поверхностный слой отливки имеет структуру белого чугуна, а сердцевина − структуру серого графитизированного чугуна);

3) *графитизированный чугун*, характеризуемый наличием в структуре свободного графита.

Белый чугун в изломе имеет блестящий белый цвет, тверд, хрупок, трудно поддается механической обработке.

Графитизированный чугун по сравнению с белым чугуном имеет более тёмный цвет излома из-за наличия графита.

Структура графитизированных чугунов состоит из металлической основы и графитных включений.

## Алюминий и его сплавы

Алюминий. В зависимости от чистоты различают алюминий особой чистоты: А999 (99,999 % А1); высокой чистоты: А995 (99,995 % Al), A99 (99,99 % Al), A97 (99,97 % А1), А95 (99,95 % А1) и технической чистоты: А85, А8, А7, А6, А5, А0 (99,0 % А1) (ГОСТ 4784-97\*).

Технический алюминий изготовляют в виде листов, профилей, прутков, проволоки и других полуфабрикатов и маркируют АД0 и АД1. В качестве примесей в алюминии присутствуют Fe.

Алюминиевые сплавы классифицируют по технологии изготовления, способности к упрочнению термической обработкой и свойствам.

К деформируемым алюминиевым сплавам (ГОСТ 4784-97\*) относят сплавы систем: Al–Mn; Al–Mg; Al–Cu–Mg; Al–Cu–Mn; Наиболее широко применяются сплавы алюминия с марганцем и магнием: АМц (1,0 – 1,6 % марганца) и сплавы АМг2, АМг5 (соответственно 1,8 – 2,6 и 4,8 – 5,8 % магния и 0,2 – 0,6 и Сплавы систем А1−Сu−Mg, Al–Cu–Mn и Al–Mg–Si называют дюралюмины и авиали. Дюралюмины – сплавы системы А1−Сu−Mg и системы Al–Cu–Mn. Наиболее известны сплав Д18, содержащий 2,2 – 3,0 % меди и 0,2 – 0,5 % магния, и сплав Д16, содержащий 3,8 – 4,6 % меди, 1,2 – 1,8 % магния и 0,3 – 0,9 % марганца. Сплавы авиаль (АВ и др.) − многокомпонентные сплавы системы Al – Mg – Si, содержащие, кроме основных компонентов (алюминия, марганца и кремния), в небольших количествах (не более 0,5 %) железо, медь, титан и др. элементы.

Высокопрочными алюминиевыми сплавами являются сплавы типа В95, содержащие 1,4 – 2,0 % меди, 1,8 – 2,8 % магния, 0,2 – 0,6 % марганца, 5,0 – 7,0 % цинка и 0,1 – 0,25 % хрома. Известен и ряд других сложных деформируемых сплавов для ковки, штамповки и работы при повышенных температурах: АК4, АК6, АК8, АК4-1.

Литейные алюминиевые сплавы (ГОСТ 1583-93) принято маркировать буквами и цифрами, где первая буква «А», а последующие буквы обозначают другие компоненты сплава с содержанием более 1 %. Цифра, стоящая после обозначения компонентов сплава (кроме алюминия), указывает их содержание в округлённых целых процентах. Например, в марке АК12 12 % кремния, остальное − алюминий, в марке АК5М2 5 % кремния и 2 % меди, остальное − алюминий. Все литейные алюминиевые сплавы делят

на пять групп, из которых наибольшей известностью пользуются силумины − сплавы алюминия с кремнием и сплавы алюминия с медью. Типичным силумином является сплав АК12, содержащий 10 – 13 % кремния. В конце марок литейных алюминиевых сплавов могут стоять дополнительные обозначения: ч − чистый; пч − повышенной чистоты; оч − особой чистоты; л − литейные сплавы; с − селективный, например, АМг10ч.

Порошковые алюминиевые сплавы − сплавы, получаемые спеканием порошка алюминия с порошками других металлов и неметаллов. Например, САП (спеченная алюминиевая пудра) − спечённые сплавы на основе А1-А12О3, и САС (спечённые алюминиевые сплавы) − спечённые сплавы на основе алюминия, содержащие кремний и никель.

Алюминий имеет малую плотность, высокие электропроводность, теплопроводность и коррозионную стойкость, что определяет его широкое применение. Алюминий и его сплавы применяют в электротехнике, авиации, машиностроении, пищевой промышленности, строительстве и многих других отраслях производства.

## Медь

В зависимости от чистоты медь изготовляют следующих марок: М00 (99,99 % Сu), М0 (99,97 % Сu), Ml (99,9 % Сu), М2 (99,7 % Сu), М3 (99,50 % Сu), М4 (99,0 % Сu), М0б *бескислородная* (99,97 % Cu), медь *вакуумная* (99,99 % Cu) (ГОСТ 859-2001). Присутствующие в меди примеси оказывают большое влияние на ее свойства.

**Медные сплавы**

Различают две основные группы медных сплавов:

1) ***латуни*** − сплавы меди с цинком;

2) ***бронзы*** − сплавы меди с другими элементами, в числе которых может быть и цинк, но только наряду с другими элементами.

**Латуни**

Медно-цинковые деформируемые латуни выпускают восьми марок: Л96, Л90, Л85, Л80, Л70, Л68, Л63, Л60, где буква «Л» − латунь, число указывает среднее содержание меди.

В обозначениях марок латуней более сложного состава после буквы Л следует сокращенное обозначение легирующих элементов:

А – алюминий

Ж – железо

Кд – кадмий

Б – бериллий

С – свинец

О – олово

Мц – марганец

Мг – магний

Ф – фосфор

Су – сурьма

Ср – серебро

Х – хром

К – кремний

Мш – мышьяк

Ц – цинк

Н – никель

Т– титан

Цифры, стоящие после обозначения легирующих элементов, указывают содержание меди и этих элементов. Например: ЛС-59-1 означает латунь свинцовистая, содержащая 59 % меди и 1 % свинца; ЛМцА-57-3-1 − латунь марганцовисто-алюминиевая, содержащая 57 % меди, 3 % марганца и 1 % алюминия. Содержание цинка определяется по разности от 100 % (ГОСТ 15527-2004).

В марках литейных латуней указывается содержание цинка, а количество каждого легирующего элемента ставится непосредственно за буквой, его обозначающей. Например, латунь ЛЦ40Мц3А содержит 40 % цинка, 3% марганца и 1 % алюминия.

В группу латуней входят также томпак (90 % и более меди, остальное — цинк, если эти сплавы содержат до 86 % меди, их называют полутомпаками) и много других, не только двойных, но и более сложных сплавов.

**Бронзы**

Бронзы маркируют русскими буквами Бр, за которыми ставятся буквы и числа. В марках деформируемых бронз сначала помещают буквы − символы легирующих элементов: О − олово, А − алюминий, Ж − железо, Ф − фосфор, Т − титан, Ц − цинк и др., а затем числа, указывающие их содержание. Например, бронза БрОЦ4-3 содержит в среднем 4 % олова, 3 % цинка, остальное − медь. В марках литейных бронз после каждой буквы легирующего элемента указывается его среднее содержание. Например, БрО6Ц6С3 содержит 6 % олова, 6 % цинка, 3 % свинца, остальное − медь.

## Источники информации

1. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 3 / Под общ. ред. В.В. Кузнецова. – М.: Изд-во АСВ, 1999 – 528 с.
2. Арзамасов, Б.Н. Материаловедение: учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин [и др.]; Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001 – 648 с.
3. Технология конструкционных материалов: учебное пособие для вузов / Под ред. М.А. Шатерина. – СПб.: Политехника, 2005 – 597 с.
4. Изучение микроструктуры чугунов: методические указания / Сост. Т.Ю. Малеткина, В.П. Першин. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2006 – 16 с.
5. ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.
6. ГОСТ 535-88\*. Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические требования.
7. ГОСТ 1050-88\*. Прокат сортовой, калиброванный со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические требования.
8. ГОСТ 14637-89\*. Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия.
9. ГОСТ 16523-89\*. Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия.
10. ГОСТ 17066-94. Прокат тонколистовой из конструкционной низколегированной стали. Технические условия.
11. ГОСТ 27772-88\*. Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия.
12. ГОСТ 1414-75\*. Прокат из конструкционной стали высокой обрабатываемости резанием. Технические условия.
13. ГОСТ 801-78\*. Сталь подшипниковая. Технические условия.
14. ГОСТ 19281-89\*. Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия.
15. ГОСТ 5950-2000. Прутки и полосы из инструментальной легированной стали. Технические условия.
16. ГОСТ 6727-80. Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия.
17. ГОСТ 10884-94. Сталь арматурная термомеханически упрочнѐнная для железобетонных конструкций. Технические условия.
18. ГОСТ 5781-82\*. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия.
19. ГОСТ 1412-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки.
20. ГОСТ 28394-89. Чугун с вермикулярным графитом для отливок. Марки.
21. ГОСТ 7293-85\*. Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки.
22. ГОСТ 1585-85\*. Чугун антифрикционный для отливок. Марки.
23. ГОСТ 18175-78. Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением. Марки.
24. ГОСТ 17328-78Е. Бронзы безоловянные литейные в чушках. Технические условия.
25. ГОСТ 11069-74. Алюминий первичный. Марки.
26. ГОСТ 4784-97\*. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки.
27. ГОСТ 1583-93. Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия.
28. ГОСТ 859-2001. Медь. Марки.
29. ГОСТ 5017-74. Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением. Марки.
30. ГОСТ 19807-91. Титан и сплавы титановые деформируемые. Марки.
31. ГОСТ 15527-2004. Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки.
32. ГОСТ 1435-99. Прутки, полосы и мотки из инструментальной нелегированной стали. Общие технические условия.
33. ГОСТ 4543-71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия.
34. ГОСТ 19265-73. Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические условия.
35. [*М. Л. Бернштейн*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%88%D1%82%D0%B5%D0%B9%D0%BD,_%D0%9C%D0%B0%D1%80%D0%BA_%D0%9B%D1%8C%D0%B2%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87)*, В. А. Займовский.* Механические свойства металлов. — 2-е изд.. — М.: Металлургия, 1979.
36. [*Я. Б. Фридман*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BC%D0%B0%D0%BD,_%D0%AF%D0%BA%D0%BE%D0%B2_%D0%91%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87)*.* Механические свойства металлов. — Изд. 3, в 2-х частях. — М.: Машиностроение, 1974.
37. *Ходаков Ю. В., Эпштейн Д. А., Глориозов П. А. и др.* Преподавание неорганической химии в средней школе. Методическое пособие для учителей. — М.: Просвещение, 1975. — 416 с. — (Методическая библиотека школы).