МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В.К. КОРНЕЕВА, В.М. КАПЦЕВИЧ

ТОВАРОВЕДЕНИЕ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Пособие

Минск
БГАТУ
2012

УДК 620.2
ББК 65.9(2)421.5

Рецензенты:

заместитель директора Института системных исследований в АПК НАН Беларуси, доктор экономических наук, профессор *А. С. Сайганов*;

заведующий кафедрой «Порошковая металлургия, сварка и технология материалов» учреждения образования «Белорусский национальный технический университет», кандидат технических наук, доцент *А. С. Снарский*

Корнеева, В. К.
Товароведение металлов и сплавов: пособие / В. К. Корнеева, В. М. Капцевич. – Минск : БГАТУ, 2010. – 175 с.

УДК 620.2
ББК 65.9(2)421.5

© БГАТУ, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

С.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ И АССОРТИМЕНТ ЧУГУНОВ …....
1.1. Классификация, маркировка и применение чугуна ….
1.2. Продукция чугунного литейного производства ……..
1.3. Контроль качества, условия поставки, маркировка, транспортирование и хранения чугуна и продукции чугунного производства ……

2. КЛАССИФИКАЦИЯ И АССОРТИМЕНТ СТАЛЕЙ. ПРЕЦИЗИОННЫЕ СПЛАВЫ ……..
2.1. Классификация сталей ……
2.2. Маркировка сталей по химическому составу ……..
2.3. Конструкционные стали ……
2.4. Инструментальные стали …….
2.5. Классификация продукции металлургического производства. Сортамент стального проката ……
2.6. Сортамент металлоизделий промышленного назначения ……..
2.7. Контроль качества стали ……
2.8. Прецизионные сплавы ……

3. КЛАССИФИКАЦИЯ И АССОРТИМЕНТ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ СПЛАВОВ ……...
3.1. Алюминий и сплавы на его основе ……...
3.2. Медь и сплавы на ее основе ……...
3.3. Титан и сплавы на его основе ……
3.4. Магний и сплавы на его основе …….
3.5. Антифрикционные (подшипниковые) сплавы …….
3.6. Припои …….
3.7. Твердые сплавы ……..

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. КЛАССИФИКАЦИЯ И АССОРТИМЕНТ ЧУГУНОВ

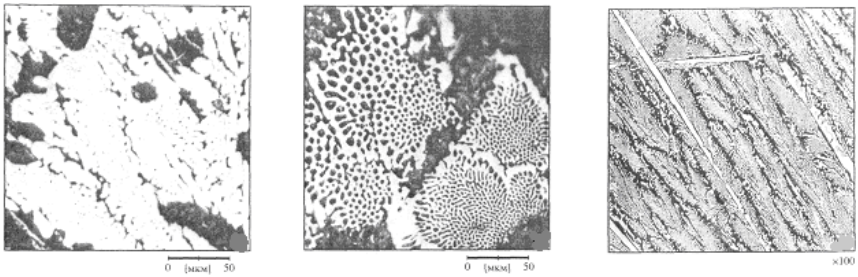
1.1. Классификация, маркировка и применение чугуна

Чугун — сплав железа с углеродом (содержанием углерода более 2,14 %), содержащий постоянные примеси Si, Mn, S, P, а иногда и легирующие элементы Cr, Ni, V, Al и др.

Основным классификационным признаком чугуна как товарной продукции является его назначение. По этому признаку его делят на передельный, литейный, чугуны специального назначения.

Передельный чугун предназначен для передела в сталь в конвертерах, мартеновских и электрических печах. Объем производства этого чугуна велик и составляет 90 % всего металла, выплавляемого в доменных печах.

В качестве передельного преимущественно используют белый чугун, в котором весь углерод находится в виде карбида железа — цементита. Микроструктура белого доэвтектического чугуна состоит из перлита, ледебурита и вторичного цементита, эвтектического чугуна — из одного ледебурита, а заэвтектического — из ледебурита и первичного цементита (рис. 1.1).



а *б* *в*

Рис. 1.1. Микроструктура белого чугуна: *а* — доэвтектический; *б* — эвтектический; *в* — заэвтектический

Белый чугун очень тверд и хрупок: он с трудом обрабатывается твердосплавным и абразивным режущим инструментом, поэтому отливки из белого чугуна находят ограниченное применение.

Основной и единственный показатель качества передельного чугуна — химический состав, т. к. он определяет способ и режим технологии его дальнейшего передела в сталь.

В зависимости от содержания кремния и назначения передельные чугуны подразделяются на четыре типа (ГОСТ 805-95):

– передельный чугун для сталеплавильного производства марок П1, П2;

– передельный чугун для литейного производства марок ПЛ1, ПЛ2;

– передельный фосфористый чугун марок ПФ1, IIФ2, ПФ3;

– передельный высококачественный чугун марок ПВК1, ПВК2, ПВК3.

В маркировке передельного чугуна буквы обозначают: П — передельный; Л — для литейного производства отливок; Ф — фосфористый; ВК — высококачественный, а цифры — порядковый номер марки. Чем он выше, тем меньше содержание кремния в чугуне.

Передельные чугуны разделяются на *группы* по содержанию марганца, на *классы* — по содержанию фосфора, на *категории* — по содержанию серы. В этом делении, в отличие от кремния, чем выше порядковый номер группы, класса, категории, тем больше содержание соответствующих элементов.

Литейный чугун предназначен для изготовления изделий методами литья (отливок). Он обладает рядом преимуществ по сравнению с другими литейными сплавами:

- высокими литейными свойствами;
- хорошей обрабатываемостью резанием;
- достаточной прочностью;
- высокой износостойкостью при работе в условиях трения.

Литейный чугун может поставляться в форме чушек (чушковый литейный чугун) или в виде готовых отливок.

Чушковый литейный чугун поставляется в виде чушек массой 18…45 кг, из которых на заводе-потребителе путем повторного переплава получают нужные отливки. Для чушкового чугуна важен только химический состав, а не его структура и свойства, т. к. последние не сохраняются при переплаве.

В зависимости от массовой доли кремния и назначения чушковые чугун подразделяются на два типа (ГОСТ 4832-95):

– литейный марок Л1, Л2, Л3, Л4, Л5, Л6;

– литейный рафинированный магнием марок ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ЛР5, ЛР6, ЛР7.

Буквы в маркировке чушковых литейных чугунов обозначают: Л — литейный, Р — рафинированный магнием. Цифры в маркировке этих чугунов (как и в маркировке передельных) обозначают порядковый номер марки — чем он выше, тем меньше содержания кремния.

Деление на группы, классы и категории внутри отдельных марок чугунов аналогично маркировке передельного чугуна.

При поставке литейного чугуна *в виде готовых отливок* потребителю важнее знать не химический состав, а его механические свойства, поэтому наименование марок чугуна для отливок принципиально отличается от маркировки чушкового чугуна. Для литейного чугуна в виде готовых отливок буквенная часть отражает наименование чугуна, что аналогично маркировке машиностроительных чугунов, которые (в зависимости от формы графитных включений) делятся на серый, высокопрочный, чугун с вермикулярной формой включений графита, а также ковкий. Металлическая основа литейных чугунов может быть ферритная, феррито-перлитная или перлитная.

Серый чугун — чугун с пластинчатой формой графитных включений (рис. 1.2). Отливки из него составляют до 80 % общего объема чугунного литья.

а *б* *в*

Рис. 1.2. Микроструктура серого чугуна: *а* — ферритный; *б* — феррито-перлитный; *в* — перлитный

Маркируется серый чугун буквами СЧ (серый чугун) и двумя цифрами, обозначающими предел прочности при растяжении в кгс/мм^2 (1 кгс/мм^2 ≈ 9,8 МПа). ГОСТ 1412-85 устанавливает следующие марки серого чугуна: СЧ10, СЧ15, СЧ20, СЧ25, СЧ30, СЧ35. По требованию потребителя допускается выпуск серого чугуна марок СЧ18, СЧ21 и СЧ24.

Для изготовления малоответственных деталей, испытывающих небольшие нагрузки в работе, с толщиной стенки отливки 10…30 мм используют чугуны марок СЧ10 и СЧ15, а для изготовления ответственных деталей применяют чугуны марок СЧ18, СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧ30 и СЧ35.

Следует отметить, что чугуны СЧ30 и СЧ35 относят к группе модифицированных серых чугунов, которые получают добавлением в жидкий чугун перед разливкой специальных добавок — модификаторов (ферросилиция, силикокальция, графита и др.). Это позволяет получать в модифицированных чугунных отливках перлитную основу с вкраплениями небольшого количества изолированных пластинок графита средней величины, что, в конечном счете, повышает их механические свойства.

Области применения серых чугунов представлены в таблице 1.1.

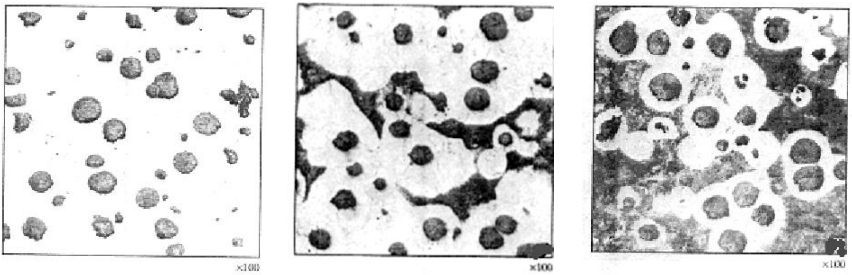
Таблица 1.1

Применение отливок из серого чугуна

Марка чугуна	Области применения
СЧ10, СЧ15, СЧ18	Детали, испытывающие низкие динамические нагрузки, а также работающие в условиях сухого трения и трения со смазкой при воздушном или гидравлическом давлении: блок цилиндра двигателя, головка блока, седла клапанов, картеры, корпуса, ступицы, маховики, крышки, кронштейны, шкивы, стойки, плиты и основания металлообрабатывающих станков, тормозные барабаны, диски сцепления и др.
СЧ20, СЧ21, СЧ24, СЧ25	Детали, испытывающие средние динамические нагрузки: блок цилиндров, головки и гильзы цилиндров, корпуса, картеры, крышки, барабаны сцепления, балансиры, станины и стойки различных станков, салазки, столы, гидроцилиндры, корпуса гидро-

	насосов и золотников и другое ответственное литье
СЧ30, СЧ35	Детали, работающие при высоких динамических и статических нагрузках или в тяжелых условиях износа: шестерни, звездочки, храповики, шпиндели, тормозные барабаны, поршневые кольца и др.

Высокопрочный чугун — чугун с шаровидной формой включений графита (рис. 1.3). Его получают обработкой расплавленного чугуна такими модификаторами, как магний, церий или другие щелочные или щелочно-земельные металлы.



а *б* *в*

Рис. 1.3. Микроструктура высокопрочного чугуна: *а* — ферритный; *б* — феррито-перлитный; *в* — перлитный

Маркируют высокопрочный чугун буквами ВЧ и цифрами, обозначающими предел прочности при растяжении (кгс/мм^2). ГОСТ 7293-85 устанавливает следующие марки высокопрочного чугуна: ВЧ35, ВЧ40, ВЧ45, ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80, ВЧ100.

Преимуществом высокопрочного чугуна является хорошее сочетание высокой пластичности и прочности при растяжении и изгибе.

Высокопрочный чугун применяется в авиации и дизелестроении (коленчатые валы, крышки цилиндров, поршневые кольца, коромысла клапанов, распределительные валы, картеры коробок передач, ступицы колес, тормозные барабаны, башмаки рессор, кронштейны двигателей и подвески, зубчатые колеса и др.), в тяжелом машиностроении для изготовления деталей прокатных станов (прокатные валки массой до 12 т), в кузнечно-прессовом оборудовании (траверсы прессов, шаботы ковочных молотов), в турбостро-

ении (корпуса паровых турбин), в химической и нефтяной промышленности (корпуса насосов, вентилей и т. д.).

Некоторые области применения высокопрочных чугунов в сельскохозяйственном машиностроении представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Области применения высокопрочных чугунов

Марка чугуна	Области применения
ВЧ35, ВЧ40	Ступицы, ободы, шестерни и кронштейны сеялок, корпуса дифференциалов, бортовые редукторы, педали сцепления, шкивы, ступицы, корпуса подшипников, опоры и рычаги рулевого управления зерноуборочных комбайнов
ВЧ45	Корпуса редукторов зерноуборочных комбайнов
ВЧ50	Тормозные колодки, фиксаторы вала, корпуса подшипников и муфт сцепления ходовой части зерноуборочных комбайнов, детали дождевальных агрегатов
ВЧ60	Лапы свеклоуборочных комбайнов, стаканы подшипников
ВЧ70	Коленчатые валы зерноуборочных комбайнов различных типов

Промежуточное положение между серым и высокопрочным чугунами занимает чугун с вермикулярной (червеобразной) формой включений графита (рис. 1.4). Его получают модифицированием серого чугуна магнием или селеном.

Маркируют чугун с вермикулярной формой включений графита буквами ЧВГ и цифрами, обозначающими предел прочности при растяжении (кгс/мм^2). ГОСТ 28394-89 устанавливает следующие марки чугуна с вермикулярным графитом: ЧВГ30, ЧВГ35, ЧВГ40, ЧВГ45.

Рис. 1.4. Микроструктура феррито-перлитного чугуна с вермикулярной формой включений графита

Отливки из чугунов с вермикулярным графитом марок ЧВГ30, ЧВГ35 и ЧВГ40 применяют взамен отливок из серого чу-

гуна для деталей общего машиностроения, работающих при повышенных циклических механических нагрузках, а также для деталей двигателей внутреннего сгорания, работающих при повышенных температурах и переменных нагрузках. Отливки из чугуна ЧВГ45 применяются для изготовления деталей, работающих при значительных механических нагрузках в условиях трения, износа, кавитации при повышенных термоциклических нагрузках.

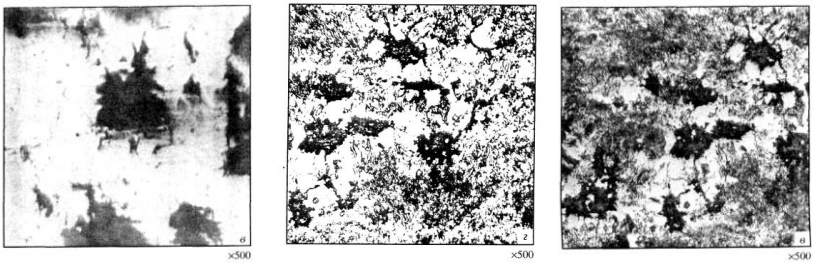
Области применения чугунов с вермикулярной формой включений графита представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Области применения чугунов с вермикулярной формой включений графита

Марка чугуна	Области применения
ЧВГ30, ЧВГ35, ЧВГ40	Базовые детали станков, корпусные детали и др. Маслопроводы для тракторов, опорные детали головок цилиндров, крепежные детали рам, бандажные кольца, шестерни автомобилей повышенной грузоподъемности, тормозные рычаги тракторов
ЧВГ45	Корпуса винтовых передач, поршни и гильзы ДВС, эксцентриковые зубчатые колеса и др.

Ковкий чугун — чугун с хлопьевидной формой графитных включений (рис. 1.5). Получают ковкий чугун путем длительного отжига отливок из белого чугуна в течение 17…32 ч при температуре 720…1050 °С.



а *б* *в*

Рис. 1.5. Микроструктура ковкого чугуна: *а* — ферритный; *б* — феррито-перлитный; *в* — перлитный

Ковкий чугун занимает промежуточное положение по прочности между серым и высокопрочным чугунами.

Маркируют ковкий чугун буквами КЧ и цифрами: первые две цифры — предел прочности при растяжении (кгс/мм^2); вторые — относительное удлинение при растяжении (%). ГОСТ 1215-79 устанавливает следующие марки ковкого чугуна: КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10, КЧ37-12, КЧ45-7, КЧ50-5, КЧ55-4, КЧ60-3, КЧ65-3, КЧ70-2, КЧ80-1,5.

Преимуществами ковкого чугуна являются достаточная пластичность и хорошие антифрикционные свойства, невысокая стоимость по сравнению со сталью, отсутствие остаточных литейных напряжений, исчезающих при отжиге, высокая коррозионная стойкость.

Ковкие чугуны, обладая высокими пластическими свойствами, находят применение при изготовлении разнообразных тонкостенных деталей от 3 до 50 мм, работающих при ударных и вибрационных нагрузках. Масса этих деталей составляет от нескольких граммов до 250 кг. Из ковкого чугуна получают отливки деталей автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин.

Области применения ковких чугунов представлены в таблице 1.4.

Таблица 1.4

Области применения ковких чугунов

Марка чугуна	Области применения
КЧ30-6	Детали, работающие при низких статических и динамических нагрузках: головки, хомутики, гайки, глушители, клапаны, ниппели, тройники, фланцы, муфты и т. д.
КЧ33-8	Детали, работающие при средних статических и динамических нагрузках: башмаки, подкладки, вилки, подшипники, хомутики, кронштейны, коробки, скобы, держатели, коромысла и т. д.
КЧ35-10 КЧ37-12	Детали, работающие при высоких статических и динамических нагрузках, материал которых по условиям работы и технологии изготовления должен обладать повышенной прочностью при высокой пластичности: картеры редукторов, задние мосты, пальцы, ступицы, крючки, хомутики, скобы и т. д.

КЧ45-7 КЧ50-5 КЧ55-4 КЧ60-3 КЧ65-3	Детали, работающие при высоких и особо высоких динамических и статических нагрузках или в тяжелых условиях износа, материал которых должен обладать повышенной или высокой прочностью и износостойкостью при достаточной пластичности: муфты, звездочки в звеньях приводных цепей, буксы, тормозные колодки, рычаги, кронштейны, храповики, коленчатые валы, вилки карданных валов, втулки, лопасти центробежных насосов и дробеметных барабанов, звенья и ролики цепей конвейеров и т. д.

Чугуны специального назначения подразделяют на антифрикционные (ГОСТ 1585-85) и легированные чугуны для отливок со специальными свойствами (ГОСТ 7769-82).

Антифрикционный чугун (ГОСТ 1585-85) предназначен для отливок, работающих в узлах трения со смазкой.

ГОСТ 1585-85 устанавливает следующие марки антифрикционного чугуна: АЧС-1, АЧС-2, АЧС-3, АЧС-4, АЧС-5, АЧС-6, АЧВ-1, АЧВ-2, АЧК-1, АЧК-2. В обозначении марки: АЧ — антифрикционный чугун, С — серый с пластинчатым графитом; В — высокопрочный с шаровидным графитом; К — ковкий с хлопьевидным графитом; цифра — порядковый номер марки.

В зависимости от формы включения графита и металлической основы антифрикционный чугун подразделяется на следующие группы:

- ковкие антифрикционные ферритно-перлитные чугуны (АЧК-1 и АЧК-2).
- антифрикционные серые чугуны (перлитные АЧС-1 и АЧС-2, перлитно-ферритные АЧС-3 и АЧС-4 и ферритные АЧС-5 и АЧС-6).
- антифрикционные высокопрочные чугуны (перлитный АЧВ-1 и ферритно-перлитный АЧВ-2).

Области применения деталей из антифрикционных чугунов представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5

Области применения антифрикционных чугунов

Марка	Области применения

чугуна	
АЧС-1 АЧС-2	Детали, работающие в паре с закаленным или нормализованным валом
АЧС-3	Детали, работающие в паре с закаленным или нормализованным валом или валом, не подвергающимся термической обработке
АЧС-4	Детали, работающие в паре с закаленным или нормализованным валом
АЧС-5	Детали, работающие в особо нагруженных узлах трения в паре с закаленным или нормализованным валом
АЧС-6	Детали, работающие в узлах трения при температуре до 300 °С в паре с валом, не подвергающимся термической обработке
АЧВ-1	Детали, работающие в узлах трения с повышенными окружными скоростями в паре с закаленным или нормализованным валом
АЧВ-2	Детали, работающие в условиях трения с повышенными окружными скоростями в паре с валом, не подвергающимся термической обработке
АЧК-1	Детали, работающие в паре с закаленным или нормализованным валом
АЧК-2	Детали, работающие в паре с валом, не подвергающимся термической обработке

Главное достоинство антифрикционных чугунов по сравнению с баббитами и антифрикционными бронзами — низкая стоимость, а основной недостаток — плохая прирабатываемость, что требует точного сопряжения трущихся поверхностей. Из таких чугунов изготавливают тормозные барабаны автомобилей, диски сцепления и др.

Легированные чугуны для отливок со специальными свойствами (ГОСТ 7769-82) подразделяют на жаростойкие, коррозионностойкие, износостойкие, жаропрочные и маломагнитные, которые обладают соответственно повышенной жаростойкостью, коррозионной стойкостью, износостойкостью, жаропрочностью и низкими магнитными свойствами.

Легированные чугуны со специальными свойствами в зависимости от преобладающего в его составе легирующего элемента под-

разделяются на хромистые, кремнистые, алюминиевые, марганцевые и никелевые, а по суммарному количеству легирующих элементов — на низколегированные и высоколегированные.

В обозначении марок чугуна буквы означают: чугун — Ч; легирующие элементы: Х — хром, С — кремний. Г — марганец, Н — никель, Д — медь, М — молибден, Т — титан, П — фосфор, Ю — алюминий. Цифры, стоящие после буквы, означают примерную массовую долю (в %) основных легирующих элементов. Буква Ш в конце марки указывает, что графит в чугуне имеет шаровидную форму. Марки и виды легированных чугунов для отливок со специальными свойствами представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6

Марки и виды легированных чугунов для отливок со специальными свойствами

Марки чугунов	Виды чугунов
Хромистые	
Низколегированные	
ЧХ1, ЧХ2	Жаростойкие
ЧХ3	Жаростойкие, износостойкие
ЧХ3Т	Износостойкие
Высоколегированные	
ЧХ9Н5	Износостойкие
ЧХ16	Износостойкие, жаростойкие
ЧХI6М2, ЧХ22	Износостойкие
ЧХ22С, ЧХ28	Коррозионно-стойкие, жаростойкие
ЧХ28П	Стойкие в цинковом расплаве
4Х28Д2	Износостойкие, коррозионно-стойкие
ЧХ32	Жаростойкие, износостойкие
Кремнистые	
Низколегированные	
ЧС5, ЧС5Ш	Жаростойкие
Высоколегированные	
ЧС13, ЧС15, ЧС17, ЧС15М4, ЧС17М3	Коррозионно-стойкие в жидкой среде
Алюминиевые	
Низколегированные	
ЧЮХШ	Жаростойкие

Высоколегированные	
ЧЮ6С5, ЧЮ7Х2	Жаростойкие, износостойкие
ЧЮ22Ш, ЧЮ30	Жаростойкие, износостойкие при высокой температуре
Марганцевые	
Высоколегированные	
ЧГ6С3Ш, ЧГ7Х4	Износостойкие
ЧГ8Д3	Маломагнитные, износостойкие
Никелевые	
Низколегированные	
ЧНХТ, ЧНХМД, ЧНМШ	Коррозионно-стойкие в газовых средах двигателей внутреннего сгорания
ЧНДХМШ	Коррозионно-стойкие в газовых средах двигателей внутреннего сгорание, повышенной прочности
ЧН2Х, ЧН4Х2	Износостойкие
ЧН3ХМДШ	Износостойкие, повышенной прочности
Высоколегированные	
ЧН11Г7Ш, ЧН15Д3Ш	Жаропрочные, маломагнитные
ЧН15Д7	Износостойкие в двигателях, маломагнитные
ЧН19Х3Ш	Жаропрочные, маломагнитные
ЧН20Д2Ш	Жаропрочные, хладостойкие, маломагнитные

Основные эксплуатационные свойства и области применения легированных чугунов для отливок со специальными свойствами представлены в таблице 1.7.

Таблица 1.7

Основные эксплуатационные свойства и области применения легированных чугунов для отливок со специальными свойствами

Марки чугуна	Эксплуатационные свойства	Области применения
ЧХ1	Повышенная коррозионная стойкость в газовой, воздушной, щелочной средах в условиях трения и износа. Жаростойкий в воздушной среде до 500 °С	Холодильные плиты доменных печей, колосники агломерационных машин, детали коксохимического оборудования, детали газотурбинных двигателей и компрессоров, горелки, кокили, выхлопные коллекторы дизелей
ЧХ2	Повышенная коррозионная стойкость в газовой, воздушной, щелочной средах в условиях трения и износа. Жаростойкий в воздушной среде до 600 °С	Колосники и балки горна агломерационных машин, детали контактных аппаратов химического оборудования, детали турбокомпрессоров, детали термических печей, электролизеров
ЧХ3	Повышенная коррозионная стойкость в газовой, воздушной, щелочной средах в условиях трения и износа. Жаростойкий в воздушной среде до 700 °С	
ЧХ3Т	Повышенная стойкость против абразивного износа и истирания в пульпо- и пылепроводах, насосах	Износостойкие детали гидромашин, перекачивающие абразивные смеси, футеровки пылепроводов и др.
ЧХ9Н5	Высокая стойкость против абразивного износа и истирания в мельницах, пескометах и дробеметах	Износостойкие детали гидромашин, перекачивающие абразивные смеси, футеровки пылепроводов, ковши пескометов и др.

ЧХ16М2	Наибольшая устойчивость против ударно-абразивного износа и истирания в мельницах, дробеметных и дробеструйных камерах	Износостойкие детали гидромашин, перекачивающие абразивные смеси, футеровки пылепроводов, ковши пескометов и др.
ЧХ16	Жаростойкий в воздушной среде до 900 °С, износостойкий при нормальной и повышенной температурах, устойчивый против воздействия неорганических кислот большой концентрации	Арматура химического машиностроения, печная арматура, детали цементных печей
ЧХ22, ЧХ28Д2	Высокоустойчивый против абразивного износа и истирания в условиях размольного оборудования, грохотов и склизов, агломашин и песко- и дробеструйных камер при повышенных температурах	Износостойкие детали гидромашин, перекачивающих абразивные смеси, футеровки пылепроводов, ковши пескометов, вставки для армирования брусьев вторичной зоны охлаждения установок непрерывной разливки стали, футеровки мельниц и т. д.
ЧХ22С	Повышенная коррозионная стойкость в запыленных газовых средах при температуре до 1000 °С, высокая кислотостойкость и сопротивление межкристаллитной коррозии	Детали, не подвергающиеся действию постоянных и переменных нагрузок. Детали аппаратуры для концентрированной азотной и фосфорной кислот, печная арматура и т. д.

ЧХ28, ЧХ32	Высокая коррозионная стойкость в растворах кислот (азотной, серной, фосфорной, соляной, уксусной, молочной и т.д.), щелочей и солей (азотнокислом аммонии, сульфате аммония, хлорной извести, хлорном железе, селитре), в газах, содержащих серу или SO_2, H_2O. Жаростойкость до температур 1 100…1 150 °С. Высокое сопротивление абразивному износу	Детали, работающие при небольших механических нагрузках в среде SO_2 и SO_2 и щелочах высокой концентрации, азотной кислоте, растворах и расплавах солей при температуре до 1000 °С. Детали центробежных насосов, печная арматура, реторты для цементации, сопла горелок и т. д. Сопла для пескоструйных аппаратов и другие детали, подверженные абразивному истиранию. Детали пищевой аппаратуры, проводковая арматура мелкосортных станов
ЧХ28П	Высокая стойкость после окислительного отжига в цинковых расплавах при температуре до 550 °С	Сопряженные детали пар трения, работающие в цинковом расплаве агрегатов горячего непрерывного цинкования
ЧС5	Жаростойкие в топочных газах и воздушной среде до 700 °С	Колосники, бронеплиты для печей обжига цементной промышленности, сероуглеродные реторты
ЧС5Ш	Жаростойкие в топочных газах и воздушной среде до 1073 К	Топочная арматура котлов, дистанционирующие детали пароперегревателей котлов, газовые сопла, подовые плиты термических печей

ЧС13 ЧС15 ЧС17	Высокая коррозионная стойкость при температуре до 200 °С, к воздействию концентрированных и разбавленных кислот, растворов щелочей, солей, кроме фтористоводородных и фтористых соединений. Не допускают резко переменных, а также ударных нагрузок и перепада температур	Простые конфигурации, детали центробежных и поршневых насосов, компрессоров и трубопроводной арматуры, трубы и фасонные детали для трубопроводной арматуры, теплообменников и другие детали химической аппаратуры
ЧС15М4 ЧС17М3	Особо высокая коррозионная стойкость в серной, азотной, соляной кислотах разной концентрации и температуры, водных растворах щелочей и солей при местном перепаде температур до 30 °С в теле детали при отсутствии динамических, а также переменных и пульсирующих нагрузок	Простые конфигурации, детали центробежных и поршневых насосов, компрессоров и трубопроводной арматуры, трубы и фасонные детали для трубопроводной арматуры, теплообменников и другие детали химической аппаратуры
ЧЮХШ	Жаростойкий в воздушной среде до 650 °С, стойкий против истирания	Детали печного оборудования, ролики чистовых клетей листопрокатных станов
ЧЮ7Х2	Жаростойкий в воздушной среде до 750 °С, стойкий против истирания	Детали печной арматуры
ЧЮ6С5	Жаростойкий в воздушной среде до 800 °С, коррозионно-стойкий в среде, содержащей соединения серы, стойкий к резким сменам температуры	Отливки, работающие при температурах до 800 °С

ЧЮ22Ш	Жаростойкий в среде, содержащей серу, сернистый газ и окислы ванадия и пары воды. В воздушной среде жаростойкий до 1100 °С. Высокая прочность при нормальной и повышенной температурах	Детали арматуры котлов, дистанционирующие детали пароперегревателей котлов, нагревательных кольцевых печей, колосники агломерационных машин
ЧЮ30	Жаростойкий в воздушной среде до 1 100 °С. Стойкий против износа	Детали печей обжига колчедана
ЧГ6С3, ЧГ7Х4	Износостойкий в абразивной среде и против истирания в пыле- и пульпопроводах, мельницах и т.д.	Износостойкие детали мелющего оборудования, детали насосов, футеровки мельниц, дробе- и пескоструйных камер
ЧГ8Д3	Немагнитный, износостойкий чугун для эксплуатации и условиях повышенных температур	Немагнитные детали, сопряженные трущиеся детали арматуры
ЧНХТ	Высокие механические свойства, сопротивление износу и коррозии в слабощелочных и газовых средах (продукты сгорания топлива, технический кислород) и водных растворах	Маслоты поршневых компрессионных и маслосъемных колец, седла и направляющие втулки клапанов дизелей и газомотокомпрессоров. Детали сглаживающих прессов и размольных мельниц бумагоделательных машин
ЧНХМД	Высокие механические свойства, сопротивление износу и коррозии в слабощелочных и газовых средах (продукты сгорания топлива, технический кислород) и водных растворах	Блоки и головки цилиндров, выхлопные патрубки двигателей внутреннего сгорания, паровых машин и турбин. Поршни и гильзы цилиндров паровых машин, тепловозных и судостроительных дизелей, детали кислородных и газовых мотоком-

		прессоров
ЧН2Х	Высокие механические свойства, сопротивление износу и коррозия в слабощелочных и газовых средах (продукты сгорание топлива, технический кислород), водных растворах и расплавах каустика	Различные типы зубчатых колес, цилиндры двигателей, абразивные диски, дроссели, матрицы штамповочных прессов
ЧНМШ	Повышенные механические свойства и термостойкость при температуре эксплуатации до 500 °С	Крышки и днища цилиндров дизелей, головки поршней, маслоты поршневых колец
ЧН4Х2	Высокая стойкость против абразивного износа и истирания	Износостойкие детали машин, перекачивающих абразивные смеси, футеровки мельниц, пылепроводов, размалывающие валки и шары
ЧН15Д3Ш, ЧН15Д7	Высокая коррозионная и эрозионная стойкость в щелочах, слабых растворах кислот, серной кислоте любой концентрации при температуре более 50 °С. в морской воде, в среде перегретого водяного пара. Чугун имеет высокий коэффициент термического расширения, может быть парамагнитным при низком содержании	Насосы, вентили и другие детали нефтедобывающей, химической и нефтеперерабатывающей промышленности и арматуростроения. Немагнитные литые детали электротехнической промышленности. Вставки гильз цилиндров, головки поршней, седла и направляющие втулки клапанов, выхлопные коллекторы двигателей внутреннего сгора-

	хрома	ния
ЧН19Х3Ш, ЧН11Г7Ш	Жаропрочность при температуре до 600 °С, высокая коррозионная и эрозионная стойкость в щелочах, слабых растворах кислот, серной кислоте любой концентрации при температуре более 50 °С в морской воде, в среде перегретого водяного пара. Имеет высокий коэффициент термического расширения, может быть парамагнитным при низком содержании хрома	Выпускные коллекторы, клапанные направляющие, корпусы турбонагнетателей в газовых турбинах, головки поршней, корпусы насосов, вентили и немагнитные детали
ЧН20Д2Ш	Высокие механические свойства при температуре до –100 °С. Чугун имеет высокую ударную вязкость и может быть пластически деформирован в холодном состоянии	Насосы и другие детали нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, детали топливной арматуры
ЧНХМДШ	Высокие механические свойства, сопротивление износу и коррозии в слабощелочных и газовых средах (продукты сгорания топлива, технический кислород) и водных растворах	Блоки и головки цилиндров, выхлопные патрубки двигателей внутреннего сгорания, паровых машин и турбин. Поршни и гильзы цилиндров паровых машин, тепловозных и судостроительных дизелей, де-

		тали кислородных и газовых мотокомпрессоров, детали бумагоделательных машин
ЧН3ХМДШ	Высокие механические свойства, сопротивление износу и коррозии в слабощелочных и газовых средах (продукты сгорания топлива, технический кислород), водных растворах и расплавах каустика	Различные типы зубчатых колес, цилиндры двигателей, абразивные диски, дроссели, матрицы штамповочных прессов

1.2. Продукция чугунного литейного производства

Все детали, получаемые из чугуна, изготавливают методами литья. Литые изделия (отливки) получают путем заливки жидкого металла в литейные формы. Процесс их изготовления называется литейным производством. Жидкий чугун для изготовления отливок получают в специальных печах (вагранках, пламенных и электропечах, тигельных горнах) из чушкового литейного чугуна, ферросплавов, чугунного лома, возврата (брака) литейного производства и флюсов.

Чугунные отливки по структуре литого чугуна подразделяются на четыре группы: серые (СЧ), ковкие (КЧ), высокопрочные (ВЧ) и специальные (жаростойкие, антифрикционные и др.). Маркировка наносится на необрабатываемую поверхность отливки в виде литых, набивных или красочных обозначений.

В зависимости от допустимых отклонений от установленных размеров чугунные отливки подразделяются на классы точности.

Чугунные отливки поставляются партиями, сопровождаемыми документом о качестве, в котором приводятся товарный знак предприятия-изготовителя, номер чертежа детали или отливки, номер или дата плавки, количество и масса отливок, марка чугуна, результаты испытаний, штамп ОТК и обозначение стандарта.

Массовой продукцией литейного производства являются чугунные трубы и соединительные изделия к ним — фитинги.

Трубы и соединительные части к ним изготавливаются из серого чугуна с пластинчатым графитом по ГОСТ 1412-85 и в соответствии с требованиями к отливкам по ГОСТ 26358-84.

Чугунные трубы на одном конце имеют раструб специальной формы, с помощью которого производится их соединение. Они отличаются, по сравнению со стальными, пластмассовыми и керамическими, повышенной стойкостью против коррозии, большей толщиной стенки (6–27 мм) и большим сроком службы.

По назначению чугунные трубы подразделяются на *напорные* (ГОСТ 9583-75), используемые для транспортировки жидкости под давлением, и *канализационные* (ГОСТ 6942-98).

В зависимости от толщины стенки напорные трубы подразделяются на три класса: ЛА, А и Б. В зависимости от длины эти трубы изготовляют мерной и немерной длины.

Основными характеристиками чугунных труб являются внутренний диаметр (условный проход), толщина стенки и длина. Сортамент чугунных труб приведен в таблице 1.8.

Таблица 1.8

Сортамент чугунных труб

Виды труб	Диаметр (условный проход), мм	Длина, м	Толщина стенки, мм		
			Класс ЛА	Класс А	Класс Б
Напорные	65…1 000	2…10	6,7…22,5	7,4…24,8	8…27
Канализационные	50	0,75; 1,0; 2,0	4		
	100	0,75; 1,0; 1,25; 2,0; 2,1; 2,2	4,5		
	150	0,75; 1,0; 2,0; 2,1; 2,2	5		

Допускается по согласованию между потребителем и предприятием-изготовителем изготовление канализационных труб без раструбов и поставка их в комплекте с муфтами МФ. Длина таких труб может отличаться от указанной в таблице 4.

При заказе чугунных труб указывают их назначение, основные размеры и номер стандарта. Например:

– труба ЧНР 150 × 6000 Б ГОСТ 9583-75 (труба чугунная напорная раструбная мерной длины 6000 мм, диаметром 150 мм, класса Б);

– труба ЧНР 400 ЛА ГОСТ 9583-75 (труба чугунная напорная раструбная немерной длины, диаметром 400 мм, класса ЛА);

– ТЧК 100×2000 ГОСТ 6942-98 (труба чугунная канализационная, длиной 2000 мм, диаметром 100 мм).

Согласно ГОСТ 6942-98 соединительными (фасонными) частями чугунных труб являются компенсационные и переходные патрубки,

колена, отводы, отводы-тройники приборные, отступы, тройники различных конструкций (прямые, прямые компенсационные, тройники косые и др.), крестовины различных конструкций (прямые, косые, двухплоскостные и др.), муфты, ревизии, заглушки, прочистки, необходимые для сооружения сложной системы трубопроводов.

При заказе в условном обозначении фасонных частей к трубам указывают их вид, основные размеры и номер стандарта. Например:

- ПК-100 ГОСТ 6942-98 (патрубок компенсационный диаметром 100 мм);
- К-100 ГОСТ 6942-98 (колено диаметром 100 мм);
- ТК 45°-100×50 ГОСТ 6942-98 (тройник косой под углом 45° диаметрами 100 и 50 мм);
- КПС-100×50 ГОСТ 6942-98 (крестовина прямая со смещенной осью отвода диаметрами 100 и 50 мм);
- Р-100 ГОСТ 6942-98 (ревизия диаметром 100 мм).

1.3. Контроль качества, условия поставки, маркировка, транспортирование и хранения чугуна и продукции чугунного производства

Контроль качества. Методы контроля качества чугуна зависят от вида его поставки (чушки или отливки) и от назначения.

Чушковый чугун передельный и литейный контролируют по химическому составу, внешнему виду и количеству боя.

Химический анализ чушкового чугуна производят с целью установления его соответствия определенной марке, группе, классу, категории. Пробы для химического анализа отбирают из жидкого чугуна при выпуске его из домны (в начале, середине и в конце выпуска). Затем составляют среднюю пробу и производят химический анализ, на основании которого отдел технического контроля предприятия-поставщика выдает сертификат о качестве этого чугуна.

Внешний вид чушек контролируется невооруженным глазом. На поверхности чушек не должно быть песка, шлака, земли.

Количество боя (куски массой от 0,5 до 3 кг), допускаемого при поставке чушкового чугуна, ограничивается ГОСТ, например, для

передельного чугуна (ГОСТ 805-80) количество боя в чугуне не должно превышать 2 % массы партии.

Отливки из литейного чугуна контролируют по химическому составу, механическим свойства, микроструктуре, внешнему виду и точности изготовления изделия, причем виды контроля зависят от вида чугуна.

Химический состав отливок из серого, высокопрочного и ковкого чугуна проверяют в каждой плавке. В сертификате приводят химический состав, но гарантируемой характеристикой он не является. Для отливок, изготовленных из специальных легированных чугунов, химический состав является обязательной гарантируемой характеристикой, т.к. от него зависят их специальные свойства, необходимые при эксплуатации.

Механические свойства отливок определяют на специально отлитых образцах путем проведения испытаний на растяжение, изгиб, твердость, а для некоторых отливок и на ударную вязкость. Механические свойства являются главными при оценке качества почти всех чугунных отливок, т.к. они определяют пригодность отливок для эксплуатации при воздействии внешних нагрузок.

Поставщик гарантирует уровень механических свойств, из которого изготовлены отливки. Отклонения в механических свойствах всегда являются основным браковочным признаком.

Микроанализом отливок определяется структура металлической основы, количество, форма и расположение графитовых включений.

Внешний вид каждой отливки проверяют визуально. Поверхность отливки не должна иметь пригара, механических повреждений и дефектов, снижающих прочность и ухудшающих ее товарный вид.

Точность изготовления контролируют по основным размерам на каждой отливке. Отливки должны удовлетворять требованиям чертежа по форме и размерам с учетом допускаемых отклонений.

Условия поставки и маркировка. *Чушковый чугун* и *отливки* поставляют партиями. Партия должна состоять из чугуна одной марки, группы, класса, категории. Партию сопровождают сертификатом, удостоверяющим соответствие чугуна по качеству действующему ГОСТ. *Трубы* и *фасонные части* должны иметь маркиров-

ку, отлитую или нанесенную несмываемой краской на торцевой или образующей поверхности раструба или непосредственно за раструбом и включающую товарный знак предприятия-изготовителя, условное обозначение изделия и обозначение соответствующего стандарта.

Транспортирование. *Чугун* транспортируют навалом в железнодорожных вагонах или других транспортных средствах. Он должен храниться раздельно по партиям с принятием мер, исключающих их перемешивание.

Во избежание смешивания при перевозке и перевалке в вагон или другие транспортные средства чугун грузят одной марки, группы, класса, категории. Наиболее полное предохранение от смешивания обеспечивается маркировкой чугуна. Каждую чушку маркируют цветными полосами, наносимыми несмываемой краской. Цвет полос зависит от марки чугуна. Марку отливки помещают на необрабатываемой ее поверхности в соответствии с требованиями чертежа или заказа. Маркировка отливок может быть литой, набивной или нанесенной несмываемой краской.

Упаковку, транспортирование, оформление документации и хранение труб производят по ГОСТ 10692-80.

Трубы упаковывают в контейнеры, пакеты, в кассеты или в связки, увязанные проволокой. При упаковке трубы укладывают раструбами попеременно в противоположные стороны. *Фасонные части* укладывают на ящичные поддоны или контейнеры, при этом грузоподъемность контейнера должна быть использована полностью.

Трубы и фасонные части перевозят всеми видами транспорта в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на транспорте данного вида.

Транспортирование труб диаметром 65–150 мм может производиться пакетами общей массой не более 3 т. При перевозке труб длина свисающих концов не должна превышать 25 % длины трубы.

Хранение. Трубы следует хранить рассортированными по условным диаметрам, фасонные части — по типам и типоразмерам в условиях, исключающих возможность механических повреждений изделий. Хранение труб на складах и строительных площадках должно производиться в штабелях, уложенных на ровных площад-

ках. Высота штабеля не должна превышать 3 м, при этом устанавливаются боковые опоры, предотвращающие самопроизвольное раскатывание труб. Нижние и последующие ряды укладываются на деревянные прокладки. Раструбы в каждом ряду должны быть направлены попеременно в разные стороны.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ И АССОРТИМЕНТ СТАЛЕЙ. ПРЕЦИЗИОННЫЕ СПЛАВЫ

2.1. Классификация сталей

Сталь — сплав железа с углеродом и др. постоянными примесями и легирующими элементами, с содержанием углерода до 2,14 %.

Стали классифицируются по следующим признакам: по химическому составу, по способу производства, по качеству, по способу раскисления, по структуре, по способу изготовления продукции и по назначению (рис. 2.1).

По химическому составу стали классифицируют на:

- углеродистые, которые разделяют на низкоуглеродистые (≤ 0,25 % С), среднеуглеродистые (0,3…0,5 % С) и высокоуглеродистые (≥ 0,6 % С);
- легированные, которые по содержанию легирующих элементов делят на низколегированные (≤ 2,5%), среднелегированные (2,5…10 %) и высоколегированные (> 10 %).

По способу производства (выплавки) стали классифицируют на:

- мартеновские стали, выплавляемые в мартеновских печах;
- кислородно-конверторные стали, выплавляемые в конверторах с продувкой кислородом (однородны по составу, имеют низкое содержание азота, серы, фосфора);
- электростали, выплавляемые в электрических печах (по качеству превосходят все остальные виды).

По качеству в зависимости от количества вредных примесей (сера, фосфор) стали классифицируют (табл. 2.1) на стали обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особовысококачественные.

По способу раскисления стали классифицируют на спокойные, кипящие и полуспокойные.

Спокойная сталь (сп) раскислена ферромарганцем, феррокремнием, алюминием. Эта сталь кристаллизуется спокойно, в ней мало газовых пузырей. Отличительная особенность спокойной стали — повышенное содержание кремния (0,15…0,30 %).

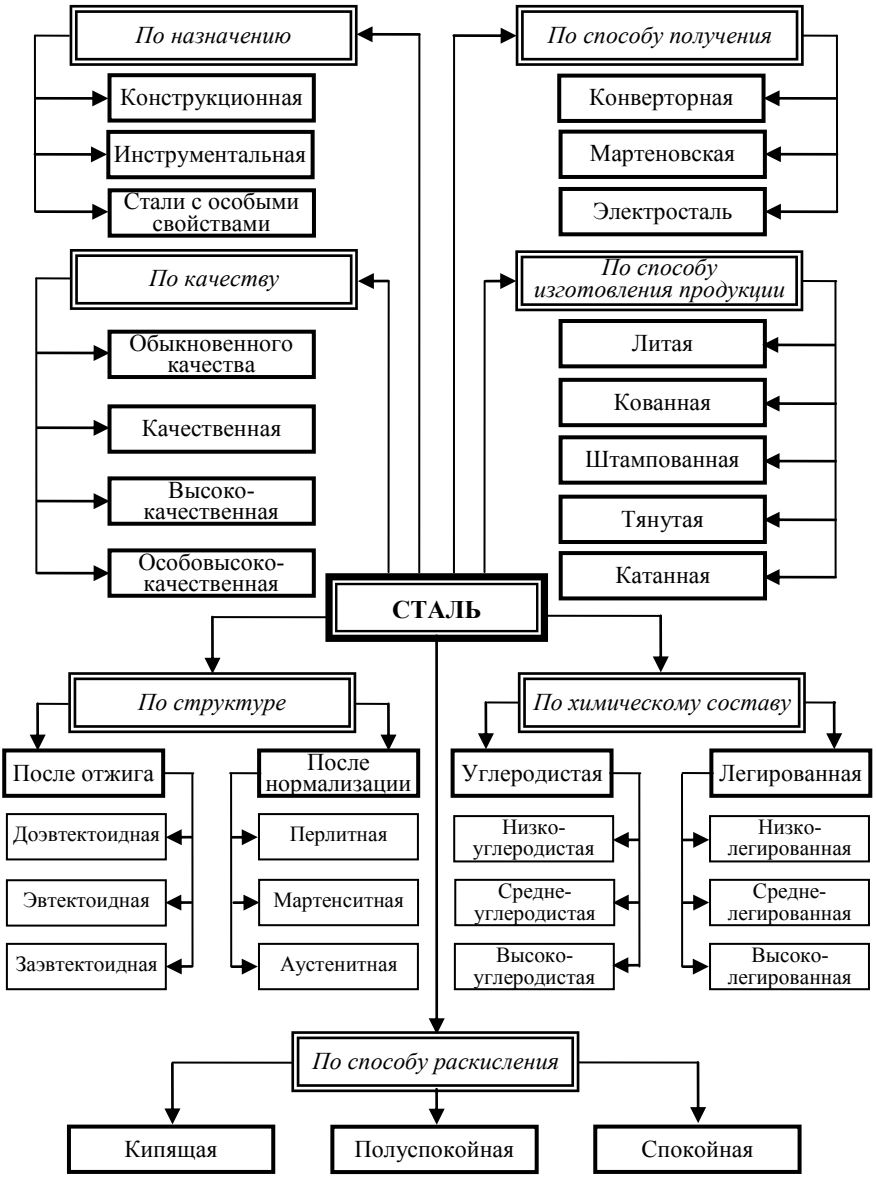


Рис. 2.1. Классификация сталей

Таблица 2.1

Содержание серы и фосфора в сталях разного качества

Стали	Сера, %	Фосфор, %
Обыкновенного качества	0,050	0,040
Качественные	0,04	0,035
Высококачественные	0,025	0,025
Особо высококачественные	0,015	0,025

Полуспокойная сталь (пс) раскислена ферромарганцем и алюминием. По содержанию кремния эта сталь занимает промежуточное положение между спокойной и кипящей сталями (0,05…0,15 % Si).

Кипящая сталь (кп) раскислена только ферромарганцем, в ней сохраняется много закиси железа FO, которая взаимодействует с углеродом стали, выделяет газ CO (пузырьки газа создают впечатление «кипения»). Содержание кремния в кипящей стали по сравнению с полуспокойной и спокойной минимальное (Si ≤ 0,05 %).

По структуре в равновесном состоянии различают стали перлитного класса — доэвтектоидные, эвтектоидные, заэвтектоидные. В неравновесном состоянии (после нормализации) стали классифицируют на перлитные, мартенситные и аустенитные.

По способу изготовления продукции стали делят на литые, кованные, штампованные, тянутые и катанные, полученные соответственно методами литья, ковки, штамповки, волочения и прокатки.

По назначению стали делят на конструкционные, инструментальные и стали с особыми свойствами. Данный вид классификации является основным признаком классификации стали для товароведения.

2.2. Маркировка сталей по химическому составу

Эта маркировка является наиболее общей, т. к. учитывает также область применения, условия производства и качество сталей. Маркировка сталей более узкого применения (автоматные, шарикоподшипниковые, быстрорежущие и др.) представлена отдельно.

Углеродистые стали. Эти стали составляют 80 % от общего объема производства сталей и сплавов, т. к. имеют невысокую стоимость, сочетают удовлетворительные механические свойства с

хорошей обрабатываемостью резанием и давлением. Однако, они менее технологичны при термической обработке.

По назначению углеродистые стали делят на конструкционные (обыкновенного качества и качественные) и инструментальные.

Сталь углеродистая конструкционная обыкновенного качества (ГОСТ 380–2005) выпускается в зависимости от химического состава следующих марок: Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс, Ст6пс, Ст6сп.

Химический состав сталей (основные элементы) согласно ГОСТ 380–2005 соответствует нормам, указанным в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Химический состав сталей обыкновенного качества

Марка стали	Массовая доля химических элементов, %		
	углерода	марганца	кремния
Ст0	не более 0,23	–	–
Ст1кп	0,06...0,12	0,25...0,50	не более 0,05
Ст1пс	0,06...0,12	0,25...0,50	0,05...0,15
Ст1сп	0,06...0,12	0,25...0,50	0,15...0,30
Ст2кп	0,09...0,15	0,25...0,50	не более 0,05
Ст2пс	0,09...0,15	0,25...0,50	0,05...0,15
Ст2сп	0,09...0,15	0,25...0,50	0,15...0,30
Ст3кп	0,14...0,22	0,30...0,60	не более 0,05
Ст3пс	0,14...0,22	0,40...0,65	0,05...0,15
Ст3сп	0,14...0,22	0,40...0,65	0,15...0,30
Ст3Гпс	0,14...0,22	0,80...1,10	не более 0,15
Ст3Гсп	0,14...0,20	0,80...1,10	0,15...0,30
Ст4кп	0,18...0,27	0,40...0,70	не более 0,05
Ст4пс	0,18...0,27	0,40...0,70	0,05...0,15
Ст4сп	0,18...0,27	0,40...0,70	0,15...0,30
Ст5пс	0,28...0,37	0,50...0,80	0,05...0,15
Ст5сп	0,28...0,37	0,50...0,80	0,15...0,30
Ст5Гпс	0,22...0,30	0,80...1,20	не более 0,15

Ст6пс	0,38...0,49	0,50...0,80	0,05...0,15
Ст6сп	0,38...0,49	0,50...0,80	0,15...0,30

Маркируют стали обыкновенного качества следующим образом. Буквы Ст обозначают сталь, цифры — условный номер марки в зависимости от химического состава, буква Г — марганец при его массовой доле в стали 0,8 % и более, буквы кп, пс, сп — степень раскисления стали: кп — кипящая, пс — полуспокойная, сп — спокойная.

Сопоставление марок стали по ГОСТ 380–2005 и международным стандартам ИСО 630 и ИСО 1052 приведено в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Обозначение марок стали по ГОСТ 380-2005 и международным стандартам ИСО 630:1995, ИСО 1052:1982

ГОСТ 380-2005	ИСО 630:1995	ИСО 1052:1982
Ст0	E 185 (Fe 310)	–
Ст1кп	–	–
Ст1пс	–	–
Ст1сп	–	–
Ст2кп	–	–
Ст2пс	–	–
Ст2сп	–	–
Ст3кп	E 235-A (Fe 360-A)	–
Ст3пс	E 235-B (Fe 360-B)	–
Ст3сп	E 235-C (Fe 360-C)	–
Ст3Гпс	E 235-B (Fe 360-B)	–
Ст3Гсп	E 235-C (Fe 360-C) E 235-D (Fe 360-D)	–
Ст4кп	E 275-A (Fe 430-A)	–
Ст4пс	E 275-B (Fe 430-B)	–
Ст4сп	E 275-C (Fe 430-C) E 275-D (Fe 430-D)	–
Ст5пс	–	Fe 490

Ст5сп	Е 355-С (Fe 510-С)	Fe 490
Ст5Гпс	–	Fe 490
Ст6пс	–	Fe 590
Ст6сп	–	Fe 590, Fe 690

Стали углеродистые обыкновенного качества предназначены для изготовления горячекатаного проката: сортового, фасонного, толстолистового, тонколистового, широкополосного и холоднокатаного тонколистового, а также слитков, блюмов, слябов, сутунки, заготовок катаных и непрерывнолитых, труб, поковок и штамповок, лент, проволоки, метизов и др.

Углеродистые стали обыкновенного качества применяют для изготовления металлоконструкций и слабо нагруженных деталей машин и приборов (например, ограждений, перил, настилов, заклепок); фасонных профилей для вагонов, автомобилей, сельскохозяйственного машиностроения; крепежных деталей, ручек, тяг, рычагов, штырей и т. д.

К недостаткам углеродистых сталей обыкновенного качества можно отнести их малую прочность, они нехладостойки, т. е. не могут работать при низких температурах.

Стали углеродистые конструкционные качественные (ГОСТ 1050-88 и 14959-79) выпускаются марок 05кп, 08, 08кп, 08пс, 10, 10кп, 10пс, 11кп, 15, 15кп, 15пс, 18кп, 20, 20кп, 20пс, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 58 (55пп), 60 (ГОСТ 1050-88), 65, 70, 75, 80, 85 (ГОСТ 14959-79).

Маркируют стали углеродистые качественные конструкционные следующим образом. Двухзначные цифры показывают содержание углерода в сотых долях процента, буквы кп, пс, сп — степень раскисления стали: кп — кипящая, пс — полуспокойная, сп — спокойная.

По содержанию углерода эти стали подразделяются на низкоуглеродистые, среднеуглеродистые и высокоуглеродистые.

Низкоуглеродистые стали имеют высокую пластичность, малую прочность, хорошую свариваемость. Стали 05кп, 08, 08пс, 08кп, 10, 10кп, 10пс применяют без термической обработки для деталей, из-

готавливаемых холодной штамповкой — листы, шайбы, прокладки, элементы сварных конструкций и др. Стали 15, 15кп, 15пс 20, 20кп, 20пс, 25 применяются для изготовления деталей, упрочняемых цементацией — болты, гайки, винты, оси, шестерни, втулки, крюки и др. детали неответственного назначения.

Среднеуглеродистые стали 35, 40, 45, 50, 55, 58 (55пп) применяются после нормализации, улучшения или закалки ТВЧ (в зависимости от требуемых свойств). Эти стали используются для изготовления деталей, от которых требуется сочетание высокой прочности с вязкостью сердцевины: валов, шестерней, шпинделей, шатунов небольшого сечения, т. к. их критический диаметр прокаливаемости — 10…12 мм.

Высокоуглеродистые стали 60, 65, 70, 75, 80, 85 применяются после закалки и среднего отпуска или закалки ТВЧ. Из этих сталей изготавливают детали, работающие в условиях трения и вибрационных нагрузок: рессоры, пружины, прокатные валки, шпиндели, крановые колеса, диски сцепления и выпускные клапаны компрессоров и т. д.

Области применения конструкционных углеродистых качественных сталей представлены в таблице 2.4.

Таблица 4

Области применения углеродистой конструкционной качественной стали

Марка стали	Применение
05кп, 08, 08пс, 08кп, 10, 10кп	Для штампуемых деталей, а также цементируемых и цианируемых деталей, не требующих высокой прочности сердцевины (втулки ушка рессоры, шайбы диафрагмы, коромысла клапанов крана автомобиля, зубчатые колеса, фрикционные диски и др.). Для деталей, которые должны обладать высокой пластичностью (трубки, прокладки, шайбы, вилки, тяги и др.)
15, 15кп, 15пс 20, 20кп, 20пс	Для цементируемых и цианируемых деталей, от которых требуется высокая твердость поверхности и невысокая прочность сердцевины (фрикционные диски, поршневые пальцы маломощных двигателей, пальцы рессор, неответственные шестерни и червяки). Для термически необрабатываемых осей, втулок, вкладышей, трубок, штуцеров. Для сварных и штамповых деталей с невысокой прочностью (подмоторные рамы, башмаки, косынки и т. п.)
25	Для осей, муфт, валиков, рычагов, фланцев, шайб и других некрупных деталей. Применяется в нормализованном, термически обработанном цементуемом или цианированном состоянии
30, 35	Для деталей, испытывающих небольшие напряжения (оси, валики, шпиндели, втулки, звездочки, тяги, траверсы, рычаги, цилиндры прессов, валы, крепежные детали, шлицевые валики и др.)
40, 45	Для коленчатых валов, шатунов, зубчатых венцов маховиков, шестерен, распределительных валиков, болтов, гаек, шпонок, храповиков, бандажей, фрикционных дисков, плунжеров, шпинделей, осей, муфт, зубчатых реек, пальцев траков гусениц и для других нормализуемых, улучшаемых и подвергаемых поверхностной термообработке деталей, от которых требуется повышенная твердость поверхности

50, 55	Для шестерен, прокатных валков, штоков, валов, осей, бандажей, эксцентриков, малонагруженных пружин и рессор, отвалов и др. Применяются после закалки и соответствующего отпуска и в нормализованном состоянии
60	Для прокатных валков, эксцентриков, осей, шпинделей, бандажей, пружинных колец, пружин амортизаторов, пружин сцепления, замочных шайб, дисков сцепления. Применяется после закалки и соответствующего отпуска, а также после нормализации (для крупных деталей). Обладает высокими прочностными и упругими свойствами
65, 70 75, 80 85	Для изготовления пружин различных механизмов и машин: рессор, пружин клапанов двигателей автомобиля, плоских пружин прямоугольного сечения толщиной от 3 до 12 мм (сталь 65Г), пружин из проволоки диаметром 0,14…8 мм с холодной навивкой пружин различных размеров после закалки с последующим средним отпуском при 300 °С

Стали углеродистые инструментальные (ГОСТ 1435–99) выпускаются марок У7, У8, У8Г, У9, У10, У11, У12, У13, У7А, У8А, У8ГА, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А.

Маркируют стали углеродистые инструментальные следующим образом. Буквы в маркировке стали означают: У — углеродистая сталь, Г — повышенное содержание марганца, А (в конце маркировки) — высококачественная сталь, цифры — содержание углерода в десятых долях процента.

Например,

У10А — сталь углеродистая инструментальная, с содержанием углерода — 1 %, высококачественная.

Области применения углеродистых инструментальных сталей представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5

Области применения углеродистых инструментальных сталей

Марка стали	Область применения
У7, У7А	Для обработки дерева: топоров, колунов, стамесок, долот Для пневматических инструментов небольших размеров: зубил, обжимок, бойков Для кузнечных штампов Для слесарно-монтажных инструментов: молотков, кувалд, бородок, отверток, комбинированных плоскогубцев, острогубцев, боковых кусачек и др.
У8, У8А, У8Г, У8ГА, У9, У9А	Для изготовления инструментов, работающих в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки Для обработки дерева: фрез, зенковок, цековок, топоров, стамесок, долот, продольных и дисковых пил Для калибров простой формы и пониженных классов точности. Для холодной термообработанной ленты толщиной от 2,5 до 0,02 мм, предназначенной для изготовления плоских и витых пружин и пружинящих деталей сложной конфигурации, клапанов и т.д.

У10А, У12А	Для сердечников
У10, У10А	Для игольной проволоки Для изготовления инструментов, работающих в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки Для обработки дерева: ручных поперечных и столярных пил, машинных столярных пил, спиральных сверл Для штампов холодной штамповки (вытяжных, высадочных, обрезных и вырубных) небольших размеров и без резких переходов по сечению Для калибров простой формы и пониженных классов точности Для накатных роликов, напильников, слесарных шаберов и др. Для напильников, шаберов Для холоднокатаной термообработанной ленты толщиной от 2,5 до 0,02 мм, предназначенной для изготовления плоских и витых и пружинящих деталей сложной конфигурации, клапанов
У12, У12А	Для ручных метчиков, напильников, слесарных шаберов Для штампов холодной штамповки обрезных и вырубных небольших размеров и без переходов по сечению, холодновысадочных пуансонов и штемпелей мелких размеров, калибров простой формы и пониженных классов точности Для инструментов с пониженной износостойкостью при умеренных и значительных удельных давлениях (без разогрева режущей кромки): напильников, бритвенных лезвий и ножей, острых хирургических инструментов, шаберов, гравировальных инструментов

Недостатком углеродистых инструментальных сталей является их низкая теплостойкость — способность сохранять большую твердость при высоких температурных нагревах. При нагреве выше 200 °С инструмент из углеродистой стали теряет твердость.

Легированные стали. В обозначении марок легированных сталей первые две цифры (для конструкционных сталей) указывают на среднее содержание углерода в сотых долях процента, первая одна цифра (для инструментальных сталей) — содержание углерода в десятых долях процента. Если в начале марки цифра отсутствует, то это означает, что количество углерода составляет 1 % и выше. Следующие далее буквы (таблица 2.6) в сочетании с цифрами указывают на легирующий элемент и его процентное содержание в стали соответственно. Если цифра отсутствует, то содержание данного элемента составляет около 1 % (исключением являются V, Ti, Mo, Nb, Zr, B, N и др., содержание которых в сталях может быть в тысячных долях процента). В конце маркировки сталей буквы обозначают: А — высококачественная; Ш — особо высококачественная (исключение — в инструментальных легированных сталях буквы А и Ш не указываются, т. к. они всегда высококачественные или особо высококачественные).

Таблица 2.6

Условные обозначения легирующих элементов в сталях

Легирующий элемент	Химический символ	Обозначение в марках сталей
Азот	N	А
Алюминий	Al	Ю
Бор	B	Р
Бериллий	Be	Л
Ванадий	V	Ф
Вольфрам	W	В
Кобальт	Co	К
Кремний	Si	С
Марганец	Mn	Г
Медь	Cu	Д
Молибден	Mo	М
Ниобий	Nb	Б
Селен	Se	К
Титан	Ti	Т
Фосфор	P	П
Хром	Cr	Х
Цирконий	Zr	Ц

Некоторые группы сталей специального назначения содержат дополнительные обозначения: марки шарикоподшипниковых сталей начинаются с буквы Ш, быстрорежущих — с буквы Р, магнитотвердых — с буквы Е, автоматных — с буквы А и др.

2.3. Конструкционные стали

Общим потребительским требованием к конструкционным сталям является наличие у них определенного комплекса механических свойств, обеспечивающего длительную и надежную работу материала в условиях эксплуатации, и технологических свойств (обрабатываемости давлением, резанием, закаливаемости, свариваемости и др.). Необходимые потребительские свойства конструкционных сталей обеспечиваются, в основном, рациональным выбором их химического состава, улучшением металлургического качества, соответствующей термической обработкой и поверхностным упрочнением.

Конструкционные стали классифицируют на строительные (арматурные) и машиностроительные, а последние, в свою очередь, подразделяются на группы общего и специального назначения. Классификация конструкционных сталей представлена на рисунке 2.2.

Конструкционные строительные стали

В качестве строительных сталей используют низкоуглеродистые (ГОСТ 380-2005) и низколегированные (ГОСТ 19281-89) стали.

Основным стандартом, регламентирующим характеристики сталей для строительных металлических конструкций, является ГОСТ 27772-88, согласно которому стали выпускаются марок С235, С245, С255, С275, С285, С345, С345Д, С345К, С375, С375Д, С390, С390Д, С390К, С440, С440Д, С590, С590К.

Сопоставление марок строительных сталей по ГОСТ 27772-88, ГОСТ 380-2005 и ГОСТ 19281-89 приведено в таблице 2.7.

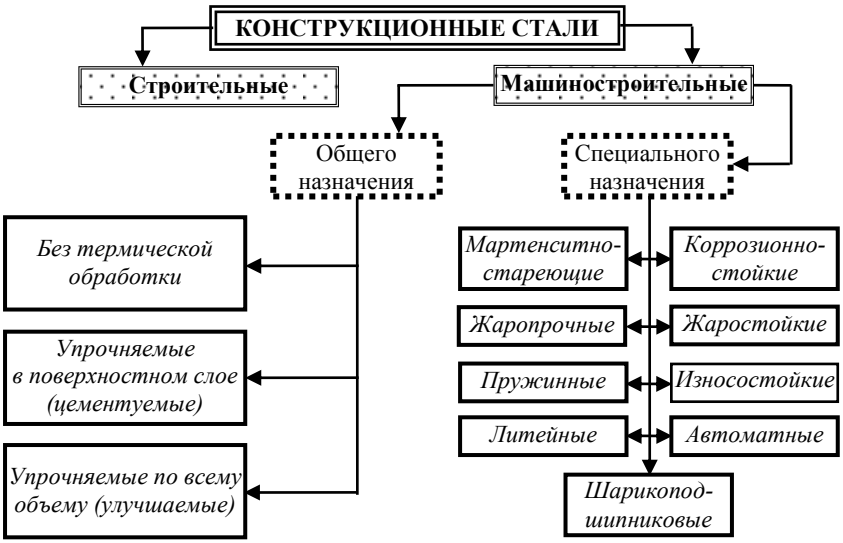


Рис.2.2. Классификация конструкционных сталей

Таблица 2.7

Соответствие марок строительных сталей по ГОСТ 27772-88, ГОСТ 380-2005 и ГОСТ 19281-89

Марка стали по ГОСТ 27772-88	Марка стали по действующим стандартам	Обозначение стандарта
С235	Ст3кп	ГОСТ 380-2005
С245	Ст3пс, Ст3сп	ГОСТ 380-2005
С255	Ст3Гпс, Ст3Гсп	ГОСТ 380-2005
С275	Ст3пс	ГОСТ 380-2005
С285	Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп	ГОСТ 380-2005
С345	12Г2С, 09Г2С	– ГОСТ 19281-89
С345Д	12Г2СД, 09Г2СД	– ГОСТ-19281-89
С345К	10ХНДП	ГОСТ 19281-89
С375	12Г2С	–
С375Д	12Г2СД	–

С390	14Г2АФ	ГОСТ 19281-89
С390Д	14Г2АФД	ГОСТ 19281-89
С390К	15Г2АФДпс	ГОСТ 19281-89
С440	16Г2АФ	ГОСТ 19281-89
С440Д	16Г2АФД	ГОСТ 19281-89
С590	12Г2СМФ	–
С590К	12ГН2МФАЮ	–

Маркируются конструкционные строительные стали следующим образом. Буква С означает «строительная» сталь, цифра — предел текучести $\sigma_т$ (МПа), буквы К — вариант химического состава, Д — повышенное содержание меди (для повышения коррозионной стойкости 0,15…0,3 %), Т — упрочнение термообработкой.

Для более полного использования прочностных свойств стали и экономии металла можно по результатам испытаний дифференцировать прокат из одной стали на несколько групп прочности. В ГОСТ 27772-88 такой подход используют для проката толщиной до 20 мм из сталей С245 и С275, а также С255 и С285, С345 и С375.

Стали обычной прочности ($\sigma_т$ < 290 МПа). К этой группе относят низкоуглеродистые стали (С235…С285) различной степени раскисления, поставляемые в горячекатаном состоянии. Обладая относительно небольшой прочностью, эти стали очень пластичны, хорошо свариваются, имеют среднюю коррозионную стойкость, поэтому конструкции, выполненные из этих сталей, следует защищать с помощью лакокрасочных и других покрытий. Однако благодаря невысокой стоимости и хорошим технологическим свойствам стали обычной прочности очень широко применяют для строительных металлических конструкций (свыше 50 % от общего объема выпуска). Недостатком низкоуглеродистых сталей является склонность к хрупкому разрушению при низких температурах (особенно для кипящей стали С235), поэтому их применение в конструкциях, эксплуатирующихся при низких отрицательных температурах, ограничено.

Стали повышенной прочности (29 МПа < $\sigma_т$ < 400 МПа). Стали повышенной прочности (С345…С390) получают либо введением при выплавке стали легирующих добавок (в основном марганца и кремния, реже никеля и хрома), либо термоупрочнением низко-

углеродистой стали (С345Т). Стали повышенной прочности несколько хуже свариваются (особенно стали с высоким содержанием кремния) и требуют иногда использования специальных технологических мероприятий для предотвращения образования горячих трещин. По показателям коррозионной стойкости большинство сталей этой группы близки к низкоуглеродистым сталям. Более высокой коррозионной стойкостью обладают стали с повышенным содержанием меди (С345Д, С375Д, С390Д). Высокое значение ударной вязкости сохраняется при температуре –40 °С и ниже, что позволяет использовать эти стали для конструкций, эксплуатируемых в северных районах. За счет более высоких прочностных свойств применение сталей повышенной прочности приводит к экономии металла до 20…25 %.

Стали высокой прочности ($\sigma_т$ > 400 МПа). Прокат из стали высокой прочности (С440…С590) получают, как правило, путем легирования и термической обработки. Применение сталей высокой прочности приводит к экономии металла до 25…30 % по сравнению с конструкциями из низкоуглеродистых сталей и особенно целесообразно в большепролетных и тяжелонагруженных конструкциях.

В конструкциях, подвергающихся атмосферным воздействиям, весьма эффективны стали с добавкой фосфора (например, сталь С345К). На поверхности таких сталей образуется тонкая оксидная пленка, обладающая достаточной прочностью и защищающая металл от развития коррозии. Однако свариваемость стали при наличии фосфора ухудшается. Кроме того, в прокате больших толщин металл обладает пониженной хладостойкостью, поэтому применение стали С345К рекомендуют при толщинах конструкций не более 10 мм.

Конструкционные строительные стали в виде листов, сортового фасонного проката применяются в строительстве и машиностроении для сварных конструкций, в основном, без дополнительной термической обработки. Стали 14Г2, 18Г2, 16ГС, 10Г2С1, 14ХГС и 15ХСНД используются для изготовления металлических конструкций, а стали 18Г2С, 25Г2С и 35ГС — для армирования железобетонных конструкций. Конструкционные строительные стали поставляют в виде прутков, профилей, листов и широких полос. Кроме того, из этих сталей изготавливают заклепки, болты, гайки, шайбы, винты, гвозди, а также стальные канаты.

Конструкционные машиностроительные стали общего назначения

Основным потребительским требованием к конструкционным машиностроительным сталям общего назначения является наличие у них определенного комплекса механических свойств с заданным распределением по сечению изделия. Комплекс механических свойств, если не предъявляются какие-либо специальные требования, включает характеристики прочности, пластичности, удельной работы деформации и разрушения (ударной вязкости).

Стали этой группы по химическому составу делятся на низко- и среднеуглеродистые (ГОСТ 1050-88, ГОСТ 380-2005) и низко- и среднелегированные (ГОСТ 4543-71), а по способу упрочнения — стали без термической обработки, упрочняемые в поверхностном слое (цементуемые) и упрочняемые по всему объему (улучшаемые).

Стали 08кп, 10кп, 15кп, 08, Ст3, используемые ***без термической обработки***, поставляются, главным образом, в листах. Они должны иметь пониженное содержание углерода и кремния, что обеспечивает их хорошую деформируемость в холодном состоянии. Для холодной штамповки из листовой стали в машиностроении используются стали 09Г2С, 09Г2, 16ГФР, 12ХМ и др.

К сталям, ***упрочняемым в поверхностном слое (цементуемым)***, относятся нитроцементуемые, цементуемые, азотируемые, а также стали закаливаемые и с пониженной прокаливаемостью. В качестве *цементуемых углеродистых* сталей используются качественные стали марок 15 и 20. *Легированные цементуемые* стали (12ХН3А, 12Х2Н4А,15Х, 15ХА, 15ХФ, 15ХР, 18Х2Н4В, 20Х, 20ХН, 20ХГР, 18ХГТ, 20ХГНР и др.) применяют для деталей, более сильно нагруженных, а также более крупных размеров и сложной формы — валов, осей, шестерен и др. В таблице 2.8 представлено назначение цементуемых сталей.

Таблица 2.8

Марочный состав и области применения цементуемых и улучшаемых сталей

Марка стали	Назначение
10, 15, 20	Детали небольших размеров неответственного назначения

15Х, 20Х	Детали небольшого сечения и несложной формы, работающие при повышенных удельных нагрузках
15ХА	Небольшие детали, работающие в условиях трения при средних давлениях и скоростях
20ХН, 12ХН3А	Детали средних размеров, испытывающие при работе высокие удельные нагрузки
18ХГС 25ХГМ	Ответственные детали, работающие при больших скоростях, высоких давлениях и ударных нагрузках
20ХН 20Х2Н4А	Крупные ответственные тяжелонагруженные детали
18Х2Н4МА	Крупные особо ответственные тяжелонагруженные детали, работающие при больших скоростях с наличием вибрационных и динамических нагрузок

К сталям, ***упрочняемым по всему объему (улучшаемым)***, относятся стали, содержащие ≈ 0,35 % С (углеродистые и малолегированные) и 0,2…0,3% С (средне- и высоколегированные). Марочный состав и области применения улучшаемых сталей представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9

Марочный состав и области применения улучшаемых конструкционных легированных сталей

Марка стали	Назначение
30, 35, 40, 45, 50, 55	Оси, валы, штоки, шестерни, шпиндели; с увеличением углерода прочность повышается
35Г2, 35Х, 40Х, 45Х	Оси, валы, шестерни, коленчатые и распределительные валы, пальцы, штоки, шатуны
40ХС, 40ХФА, 25ХГСА	То же, но для более сильно нагруженных деталей
30ХГТ	Оси, валы, рычаги, толкатели
30ХГС, 35ХГСА, 40ХН2МА	Оси, валы, лопатки компрессорных машин, рычаги, толкатели. Клапаны, шатуны, шестерни высокой прочности

30ХН3А, 30ХН2МФА, 38ХН3МФА	Коленчатые валы, шатуны, шпиндели, роторы и диски турбин и другие детали ответственного назначения

Конструкционные машиностроительные стали специального назначения

Специальное назначение этих сталей и сплавов определяется требованием к конкретному комплексу механических физических, физико-химических и технологических свойств, необходимому для эксплуатации изделий в строго определенных условиях, например, при очень высоких напряжениях, низких или повышенных температурах, динамических или гидроабразивных нагрузках, для специального назначения в приборах и аппаратах электро- и радиотехнической промышленности.

По основному потребительскому свойству конструкционные машиностроительные стали специального назначения делятся на следующие группы: особо высокой прочности и вязкости (мартенситно-стареющие), коррозионно-стойкие, жаростойкие, жаропрочные, износостойкие, пружинные, автоматные, шарикоподшипниковые и литейные.

Стали особо высокой прочности и вязкости (мартенситно-стареющие) по химическому составу являются безуглеродистыми (менее 0,03 % С) и высоколегированными (Ni, Co, Mo, Cr, Ti, Be и др.): Н18К9М5, Н10Х11М2Т, Н10Х12Д2Т, Н12К15М10, Н18К9М5Т, Н18К8М3, Н18К12М5Т, Н4Х12К15М4Т. Эти стали обладают повышенными технологическими свойствами: хорошие свариваемость, обрабатываемость резанием и пластичность в закаленном состоянии; незначительная деформация деталей при отпуске, выполняемом после резания и создающем необходимые высокие механические свойства. Мартенситно-стареющим сталям можно придать стойкость против коррозии и теплостойкость. Так, при дополнительном легировании хромом (≈ 12 %) эти стали становятся стойкими против коррозии даже в сильно агрессивных средах (морской воде, кислотах и др.).

Мартенситно-стареющие стали — особо высококачественные и из-за высокой стоимости применяются для изготовления деталей наиболее ответственного назначения: Н18К9М5 — шестерен, валов, корпусов ракет; Н10Х11М2Т — гидрокрылья, корпуса под-

водных лодок, батискафов; Н10Х12Д2Т — деталей химической аппаратуры, пружин; Н4Х12К15М4Т — штампов горячего деформирования, деталей теплоэнергетических установок и др.

Коррозионностойкие стали и сплавы (нержавеющие) (ГОСТ 5632-72) — стали и сплавы, обладающие стойкостью против электрохимической и химической коррозии (атмосферной, почвенной, щелочной, кислотной, солевой), межкристаллитной коррозии, коррозии под напряжением и др. Они обязательно имеют в своем составе более 12,5 % Cr, роль которого состоит в образовании на поверхности изделия защитной (пассивной) оксидной пленки, прерывающей контакт с агрессивной средой.

В таблице 2.10 представлены марочный состав и назначение коррозионно-стойких сталей и сплавов.

Таблица 2.10

Марочный состав и назначение коррозионно-стойких сталей

Марки сталей и сплавов	Назначение
20Х13, 08Х13, 12Х13, 25Х13Н2	Детали с повышенной пластичностью, подвергающиеся ударным нагрузкам (клапаны гидравлических прессов, предметы домашнего обихода), а также изделия, подвергающиеся действию слабоагрессивных сред (атмосферные осадки, водные растворы солей органических кислот при комнатной температуре и др.)
30Х13, 40Х13	Режущий, мерительный и хирургический инструмент, пружины, карбюраторные иглы, предметы домашнего обихода, клапанные пластины компрессоров
14Х17Н2	Применяется как сталь с достаточно удовлетворительными технологическими свойствами в химической, авиационной и других отраслях промышленности
95Х18	Шарикоподшипники высокой твердости для нефтяного оборудования, ножи высшего качества, втулки и другие детали, подвергающиеся сильному износу

12Х17	Предметы домашнего обихода и кухонной утвари, оборудование заводов пищевой и легкой промышленности
08Х17Т	Рекомендуется в качестве заменителя стали марки 12Х18Н10Т для конструкций, не подвергающихся воздействию ударных нагрузок и при температуре эксплуатации не ниже –20 °С. Применяется для тех же целей, что и сталь марки 12Х17, в том числе для сварных конструкций
08Х18Т1	То же, что и для марок 12Х17 и 08Х17Т, преимущественно для штампуемых изделий
15Х25Т, 15Х28,	Рекомендуется в качестве заменителя стали марки 12Х18Н10Т для сварных конструкций, не подвергающихся действию ударных нагрузок при температуре эксплуатации не ниже –20 °С для работы в более агрессивных средах по сравнению со средами, для которых рекомендуется сталь марки 08Х17Т. Трубы для теплообменной аппаратуры, работающей в агрессивных средах
20Х13Н4Г9	Заменитель холоднокатаной стали марок 12Х18Н9 и 17Х18Н9 для прочных и легких конструкций, соединенных точечной электросваркой
10Х14АГ15, 10Х14Г14Н3	То же, и для предметов домашнего обихода и стиральных машин
09Х15Н8Ю, 07Х16Н6	Рекомендуется как высокопрочная сталь для изделий, работающих в атмосферных условиях, уксуснокислых и других солевых средах и для упругих элементов
08Х17Н5М3	То же, что и сталь 08Х15Н8Ю и для сернокислых сред
08Х17Н6Т	Применяется для крыльевых устройств, рулей, кронштейнов, судовых валов, работающих в морской воде. Рекомендуется как заменитель стали марок 09Х17Н7Ю и

	09Х17Н7Ю1
08Х18Г8Н2Т	Рекомендуется как заменитель стали марок 12Х18Н10Т и 08Х18Н10Т для изготовления сварной аппаратуры, работающей в агрессивных средах, в химической, пищевой и других отраслях промышленности
20Х17Н2	Рекомендуется как высокопрочная сталь для тяжелонагруженных деталей, работающих на истирание и на удар в слабоагрессивных средах
08Х22Н6Т	Рекомендуется как заменитель стали марок 12Х18Н10Т и 08Х18Н10Т для изготовления сварной аппаратуры в химической, пищевой и других отраслях промышленности, работающей при температуре не выше 300 °С
12Х21Н5Т	Применяется для сварных и паяных конструкций, работающих в агрессивных средах
08Х21Н6М2Т	Рекомендуется как заменитель марки 10Х17Н13М2Т для изготовления деталей и сварных конструкций, работающих в средах повышенной агрессивности: уксуснокислых, сернокислых, фосфорнокислых средах
10Х14Г14Н4Т	Рекомендуется как заменитель стали марки 12Х18Н10Т для изготовления оборудования, работающего в средах слабой агрессивности, а также при температурах до –196 °С
12Х17Г9АН4	Для изделий, работающих в атмосферных условиях. Рекомендуется как заменитель стали марок 12Х18Н9 и 12Х18Н10Т
15Х17АГ14	Рекомендуется как заменитель стали марки 12Х18Н9 для изделий, работающих в средах слабой агрессивности. Хорошо сопротивляется атмосферной коррозии
10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н15М3Т, 03Х17Н14М3,	Рекомендуется для изготовления сварных конструкций, работающих в условиях действия кипящей фосфорной, серной, 10%-ной уксусной кислоты и сернокислых средах

03Х16Н15М3, 03Х16Н15М3Б, 08Х17Н13М2Т	
15Х18Н12С4ТЮ	Рекомендуется для сварных изделий, работающих в воздушной и агрессивных средах, в частности для концентрированной азотной кислоты
08Х10Н20Т2	Рекомендуется как немагнитная сталь для производства крупногабаритных деталей, работающих в морской воде
04Х18Н10	Применяется для тех же целей, что и сталь марки 08Х18Н10Т, и для работы в азотной кислоте и азотнокислых средах при повышенных температурах
03Х18Н11, 03Х18Н12	Применяется для тех же целей, что и сталь марки 08Х18Н10Т, и для работы в азотной кислоте и азотнокислых средах при повышенных температурах, а также в электронной промышленности
12Х18Н9, 08Х18Н10, 17Х18Н9, 12Х18Н10Е, 12Х18Н12Т	Применяется в виде холоднокатаного листа и ленты повышенной прочности для различных деталей и конструкций, свариваемых точечной сваркой, а также для изделий, подвергаемых термической обработке (закалке)
08Х18Н10Т	Рекомендуется для изготовления сварных изделий, работающих в средах более высокой агрессивности, чем сталь марок 12Х18Н10Т и 12Х18Н12Т
12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т	Применяется для изготовления сварной аппаратуры в разных отраслях промышленности. Сталь марки 12Х18Н9Т рекомендуется применять в виде сортового металла и горячекатаного листа, не изготовляемого на станах непрерывной прокатки
06Х18Н11	Применяется для тех же целей, что и сталь марки 08Х18Н10, при жестком ограничении

	содержания ферритной фазы
08Х18Н12Т, 08Х18Н12Б	Применяется для тех же целей, что и сталь марки 08Х18Н10, при жестком ограничении содержания ферритной фазы
10Х13Г18Д	Рекомендуется взамен стали марок 12Х18Н10Т, 08Х18Н10 для изготовления сварных изделий бытовой техники, вагоностроения, товаров народного потребления, машин и аппаратов продовольственного и торгового машиностроения, пластинчатых теплообменников
06ХН28МДТ, 03ХН28МДТ	Для сварных конструкций, работающих при температурах до 80 °С в серной кислоте различных концентраций, за исключением 55 %-ной уксусной и фосфорной кислот, в кислых и сернокислых средах
06ХН28МТ	Рекомендуется для изготовления сварных конструкций и узлов, работающих в средах, менее агрессивных, чем для стали марки 06ХН28МДТ. В частности, в серной кислоте низких концентраций до 20 % при температуре не выше 60 °С, а также в условиях действия горячей фосфорной кислоты
09Х16Н4Б	Применяется для изготовления высокопрочных штампосварных конструкций и деталей, работающих в контакте с агрессивными средами
09Х17Н7Ю	Применяется для крыльевых устройств, рулей и кронштейнов, работающих в морской воде
09Х17Н7Ю1	Применяется для судовых валов, работающих в морской воде
07Х21Г7АН5	Для сварных изделий, работающих при криогенных температурах до –253 °С и в средах средней агрессивности
03Х21Н21М4ГБ	Рекомендуется для изготовления сварных конструкций и узлов, работающих в условиях действия горячей фосфорной кислоты с при-

	месью фтористых и сернистых соединений: серной кислоты низких концентраций и температуры не выше 80 °С, азотной кислоты при высокой температуре (до 95°С)
ХН65МВ	Применяется для изготовления сварных конструкций, работающих при повышенных температурах в сернокислых и солянокислых средах, обладающих окислительным характером, в концентрированной уксусной кислоте и других весьма агрессивных средах
Н70МФВ	Применяется для изготовления сварных конструкций, работающих при высоких температурах в соляной, серной, фосфорной кислотах и других средах восстановительного характера
ХН58В	Применяется для изготовления сварных конструкций, работающих в растворах азотной кислоты в присутствии фторионов
ХН65МВУ	Применяется для изготовления сварных конструкций, работающих при повышенных температурах в агрессивных средах окислительно-восстановительного характера (серная, уксусная кислоты, влажный хлор, хлориды и т. д.)
07Х16Н4Б	Предназначается для изготовления высоконагруженных деталей изделий судового машиностроения, сварных узлов, объектов атомной энергетики, химической промышленности
65Х13	Предназначается для изготовления лезвий безопасных бритв и кухонных ножей
03Х23Н6	Предназначается для изготовления аппаратуры в химическом машиностроении
03Х22Н6М2	Предназначается для изготовления аппаратуры в химическом машиностроении
03Х18Н10Т	Применяется для изготовления сильфонов-компенсаторов

05Х18Н10Т 0Х18Н10Т	Применяется для изготовления сильфонов-компенсаторов

Жаростойкие (окалиностойкие) стали и сплавы (ГОСТ 5632–72) — стали и сплавы, обладающие стойкостью против химического разрушения поверхности в газовых средах при температурах выше 550 °С и работающие в ненагруженном или слабонагруженном состоянии. Эти стали и сплавы получают на базе системы Fe + Cr + Ni с небольшим количеством кремния.

В таблице 2.11 представлены марочный состав и назначение жаростойких сталей и сплавов.

Таблица 2.11

Марочный состав и назначение жаростойких сталей

Марки сталей и сплавов	$\tau_{раб}$*, °С	$t_{окал}$**, °С	Назначение
40Х9С2	–	850	Клапаны выпуска автомобильных, тракторных и дизельных моторов, трубы рекуператоров, теплообменники, колосники
40Х10С2М	–	850	Клапаны моторов
30Х13Н7С2	–	950	Клапаны автомобильных моторов
15Х6СЮ	–	800	Детали котельных установок, трубы
12Х13	–	700	Детали турбин, трубы, детали котлов
10Х13СЮ	–	950	Клапаны автотракторных моторов, различные детали
12Х17	–	900	Теплообменники, оборудование кухонь и т. п., трубы
08Х17Т	–	900	Теплообменники, оборудование кухонь и т. п., трубы
08Х18Т1	–	900	Теплообменники, оборудование кухонь и т. п., трубы
15Х18СЮ	–	1 050	Трубы пиролизных установок, аппаратура, детали
15Х25Т	–	1 050	Аппаратура, детали, чехлы термопар, электроды искровых зажига-

			тельных свечей, трубы пиролизных установок, теплообменники
15Х28	–	1 100…1 150	Аппаратура, детали, трубы пиролизных установок, теплообменники
08Х20Н14С2	–	1 000…1 050	Трубы
20Х20Н14С2	–	1 000…1 050	Печные конвейеры, ящики для цементации
20Х23Н13	1 000	1 050	Трубы для пиролиза метана, пирометрические трубки
09Х14Н16Б	650	850	Трубы пароперегревателей и трубопроводы установок сверхвысокого давления
08Х18Н10 12Х18Н9	800	850	Трубы детали печной арматуры, теплообменники, муфели, реторты, патрубки и коллекторы выхлопных систем, электроды искровых зажигательных свечей
08Х18Н10Т	800	850	Трубы детали печной арматуры, теплообменники, муфели, реторты, патрубки и коллекторы выхлопных систем, электроды искровых зажигательных свечей
12Х18Н10Т			Трубы, детали печной арматуры, теплообменники, муфели, реторты, патрубки и коллекторы выхлопных систем, электроды искровых зажигательных свечей
12Х18Н9Т	800	850	Трубы детали печной арматуры, теплообменники, муфели, реторты, патрубки и коллекторы выхлопных систем, электроды искровых зажигательных свечей
12Х18Н12Т	800	850	Трубы
36Х18Н25С2	1 000	1 100	Печные конвейеры и другие нагруженные детали

10Х23Н18 20Х23Н18	1 000	1 050	Трубы и детали установок для конверсии метана, пиролиза, листовые детали
12Х25Н16Г7АР	1 050	1 100	Детали газопроводных систем, изготавливаемых из тонких листов, ленты, сортового проката
55Х20Г9АН4	–	950	Клапаны автомобильных моторов
45Х22Н4М3	–	950	Клапаны автомобильных моторов
20Х25Н20С2	1 050	1 100	Подвески и опоры в котлах, трубы электролизных и пиролизных установок
ХН38ВТ	1 000	1 050	Детали газовых систем
ХН28ВМАБ	800… 1 000 (срок до 1 000 ч)	1 100	Листовые детали турбин
ХН45Ю	1 250… 1 300	–	Детали горелочных устройств, чехлы термопар, листовые и трубчатые детали печей (например, производство вспученного перлита, обжиг керамической плитки)
ХН60Ю	1 200	Более 1 250	Детали газопроводных систем, аппаратура
ХН75МБТЮ	1 050	1 100	Детали газопроводных систем, аппаратура
ХН78Т	1 100	1 150	Детали газопроводных систем сортовые детали, трубы
ХН60ВТ	1 000	1 100	Листовые детали двигателя
ХН70Ю	1 200	Более 1 250	Детали газопроводных систем

*$t_{раб}$ — рекомендуемая максимальная температура применения в течение длительного времени (до 10000 ч).

**$t_{окал}$ — температура начала интенсивного окалинообразования в воздушной среде.

Жаропрочные стали и сплавы — стали и сплавы, способные работать в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладающие при этом достаточной жаростойкостью.

Жаропрочные стали и сплавы в своем составе обязательно содержат никель, который обеспечивает существенное увеличение предела длительной коррозионной прочности при незначительном увеличении предела текучести и временного сопротивления, и марганец. Они могут дополнительно легироваться молибденом, вольфрамом, ниобием, титаном, бором, иодом и др. Микролегирование бором, а также редкоземельными и некоторыми щелочноземельными металлами повышает такие характеристики, как число оборотов при кручении, пластичность и вязкость при высоких температурах. Химический состав и структура этих сталей весьма разнообразны.

В таблице 2.12 представлены марочный состав и назначение жаропрочных сталей и сплавов.

Таблица 2.12

Марочный состав и назначение жаропрочных сталей

Марки сталей и сплавов	$t_{раб}$*, °С	$t_{окал}$**, °С	Срок службы***	Назначение
40Х9С2 40Х10С2М	650	850	Длительный	Клапаны моторов, крепежные детали
11Х11Н2В2МФ 13Х11Н2В2МФ	600	750	Длительный	Диски компрессора, лопатки и другие нагруженные детали
16Х11Н2В2МФ	600 500	750 750	Длительный Весьма длительный	Диски компрессора, лопатки и другие нагруженные детали
20Х13	500	750	Весьма длительный	Лопатки паровых турбин, клапаны, болты и трубы
12Х13	550	700	Весьма длительный	Лопатки паровых турбин, клапаны, болты и трубы
13Х14Н3В2ФР	550	750	Весьма длительный	Высоконагруженные детали, в том

				числе диски, валы, стяжные болты, лопатки и другие детали, работающие в условиях повышенной влажности
15Х11МФ	580	750	Весьма длительный	Рабочие и направляющие лопатки паровых турбин
15Х12ВНМФ	780	950	Длительный	Роторы, диски, лопатки, болты
45Х22Н4М3	850	950	Длительный	Клапаны моторов
55Х20Г9АН4	600	750	Весьма длительный	Клапаны моторов
18Х12ВМБФР	500	750	Весьма длительный	Поковки, турбинные лопатки, крепежные детали ,
08Х13	650	750	Ограниченный	Лопатки паровых турбин, клапаны, болты и трубы
37Х12Н8Г8МФБ	630	750	Длительный	Диски турбин
10Х11Н20Т3Р 10Х11Н20Т2Р	700	850	Ограниченный	Детали турбин (поковки, сорт, лист)
10Х11Н23Т3МР	700	850	Ограниченный	Пружины и детали крепежа
09Х16Н4Б	650	850	Весьма длительный	Трубы пароперегревателей и трубопроводы установок сверхвысокого давления, листовой прокат
09Х14Н19В2БР	700	850	Весьма длительный	Трубы пароперегревателей и трубопроводы установок сверхвысокого давления, листовой прокат

18Х11МНФБ 20Х12ВНМФ	600	750	Весьма длительный	Высоконагруженные детали, лопатки паровых турбин, детали клапанов, поковки дисков, роторов паровых и газовых турбин
09Х14Н16Б	650	850	Весьма длительный	Трубы пароперегревателей и трубопроводы установок сверхвысокого давления, листовой прокат
09Х14Н19В2БР1	700	850	Весьма длительный	Роторы, диски и лопатки турбин
45Х14Н14В2М	650	850	Длительный	Клапаны моторов, поковки, детали трубопроводов
14Х17Н2	400	800	Длительный	Рабочие лопатки, диски, валы, втулки
40Х15Н7Г7Ф2МС	650	800	Ограниченный	Лопатки газовых турбин, крепежные детали
08Х15Н24В4ТР	700	900	Весьма длительный	Рабочие и направляющие лопатки, крепежные детали, диски, газовых турбин
08Х16Н13М2Б	600	850	Весьма длительный	Поковки для дисков и роторов, лопатки, болты
09Х16Н15М3Б	350	850	Весьма длительный	Трубы пароперегревателей и трубопроводов высокого давления
12Х18Н10Т 12Х18Н12Т	600	850	Весьма длительный	Детали выхлопных систем, трубы, ли-

12Х18Н9Т				стовые и сортовые детали
31Х19Н9МВБТ	600	800	Весьма длительный	Роторы, диски, болты
10Х23Н18	1000	1 050	Длительный	Трубы, арматура (при пониженных нагрузках)
20Х23Н18	1000	1 050	Длительный	Детали установок в химической и нефтяной промышленности, газопроводы, камеры сгорания (может применяться для нагревательных элементов сопротивления)
12Х25Н16Г7АР	950	1 050… 1 100	Ограниченный	Листовые и сортовые детали, работающие при умеренных напряжениях
ХН35ВТ	650	850… 900	Весьма длительный	Лопатки газовых турбин, диски, роторы, крепежные детали
ХН35ВТЮ	750	900	Ограниченный	Диски и лопатки турбин, компрессоров
ХН38ВТ	950	1 050	Ограниченный	Листовые детали, работающие при умеренных напряжениях
ХН60Ю	1 100	1 200	Ограниченный	Листовые детали турбин, работающие при умеренных напряжениях (может применяться для нагревательных

				элементов сопротивления)
ХН70ВМЮТ	750 800	1 000 1 000	Весьма длительный	Лопатки, крепежные детали
ХН70ВМТЮ	850	1 000	Длительный	Лопатки турбин
ХН32Т	850	1 000	Весьма длительный	Газоотводящие трубы, листовые детали высокотемпературных нефтехимических установок
ХН80ТБЮ	700	1 050	Весьма длительный	Лопатки, крепежные детали турбин
ХН70МВТЮБ	850	1 000	Ограниченный	Лопатки турбин
ХН70Ю	1 100	1 200	Ограниченный	Листовые детали, газопроводы, работающие при умеренных напряжениях (может применяться для нагревательных элементов сопротивления)
ХН78Т	1 000	1 100	Ограниченный	Жаровые трубы
ХН67МВТЮ	800 850	1 000 1 000	Длительный Ограниченный	Лопатки, корпуса, диски, листовые детали турбин
ХН75МБТЮ	950	1 050	Ограниченный	Листовые детали турбин
ХН77ТЮР	750	1 050	Ограниченный	Диски, лопатки турбин
ХН60ВТ	1 000	1 100	Ограниченный	Листовые детали турбин
ХН57МТВЮ	850	1 000	Кратковременный	Лопатки, корпуса и другие детали турбин
ХН55МВЮ	900	1 080	Кратковременный	Лопатки, диски турбин
ХН62МВКЮ	900	1 080	Ограниченный	Лопатки, диски тур-

	800	1 080	Длительный	бин
ХН65ВМТЮ	800	1 000	Весьма длительный	Рабочие и направляющие лопатки, крепежные детали газовых турбин
ХН56ВМТЮ	800	1 050	Ограниченный	Высоконагруженные детали, штуцера, фланцы, листовые детали
ХН70ВМТЮФ	850	1 050	Длительный	Лопатки турбин
ХН75ВМЮ	850 800	1 080 1 080	Ограниченный Длительный	Лопатки турбин
ХН56ВМКЮ ХН55ВМТКЮ	950	1 050	Ограниченный	Лопатки турбин
ХН77ТЮРУ	750	1 050	Ограниченный	Диски, лопатки турбин

*$t_{раб}$ — рекомендуемая температура применения.

**$t_{окал}$ — температура начала интенсивного окалинообразования в воздушной среде.

***Под кратковременным сроком работы условно понимают время службы детали до 100 ч, под ограниченным сроком — от 100 до 1000 ч, под длительным сроком работы — от 1000 до 10 000 ч (в отдельных случаях до 20 000 ч), под весьма длительным сроком работы — время значительно больше 10 000 ч (обычно от 50 000 до 100 000 ч).

Криогенные машиностроительные стали и сплавы (ГОСТ 5632-72) по химическому составу являются низкоуглеродистыми (0,10 % С) и высоколегированными (Cr, Ni, Mn и др.) сталями аустенитного класса (08Х18Н10, 12Х18Н10Т, 03Х20Н16АГ6, 03Х13АГ19 и др.). Основными потребительскими свойствами этих сталей являются пластичность и вязкость, которые с понижением температуры (от 20 до –196 °С) либо не меняются, либо мало уменьшаются, т.е. не происходит резкого снижения вязкости, характерного при хладноломкости. Например, для криогенных сталей (ОН6А, ОН9А) после соответствующей термической обработки (двойная нормализация и отпуск или закалка в воде и отпуск) характерно при понижении температуры повышение предела ползу-

чести от 400 до 820 МПа. Криогенные машиностроительные стали классифицируются по температуре эксплуатации в диапазоне от –196 до –296 °С и используются для изготовления деталей криогенного оборудования.

Износостойкие стали (ГОСТ 5632–72) по химическому составу могут быть высокоуглеродистыми (1,1…1,3 % С) или малоуглеродистыми и высоколегированными (Si, Mn, Cr, Ni и др.). Основное потребительское свойство этих сталей — высокая стойкость деталей при кавитационной коррозии и механическом изнашивании при значительных ударных нагрузках. Эти стали (12Х18Н9Т, 30Х10Г10, 0Х14АГ12, 0Х14АГ12М, Г13, 110Г13, 110Г13ХБР) применяют чаще в литом или кованом (катаном) состоянии, т. к. их общее технологическое свойство — пониженная обрабатываемость резанием. Износостойкие стали используются для изготовления лопастей гидротурбин и гидронасосов, крестовин рельсов, щек дробилок, черпаков землеройных машин, траков и др.

Рессорно-пружинные стали и сплавы (ГОСТ 14959-79) — среднеуглеродистые (0,6…0,8% С), низколегированные (Mn, Si, Cr, Ni и др.) стали, обладающие высокими механическими свойствами, в первую очередь высокими пределами упругости и прочности, а также повышенной релаксационной стойкостью при достаточной вязкости и пластичности. Для получения этих свойств стали должны содержать более 0,5 % С и быть способными к термической обработке — закалке и отпуску. Пружинные стали (65, 70, 75, 80, 85, 60Г, 65Г, 70Г, 55С2, 55С2А, 60С2, 60С2А, 70С3А, 60С2Г, 50ХГ, 50ХГА, 55ХГР, 50ХФА, 51ХФА, 50ХГФА, 55С2ГФ, 60С2ХА, 60С2ХФА, 60С2ВА, 60С2Н2А 70С2ХА) в основном используются для изготовления пружин, рессор, торсионов, проволоки и др.

Кроме рассмотренных выше пружинных сталей общего назначения в машиностроении широко применяются *пружинные стали специального назначения,* к которым помимо требования высоких механических свойств могут предъявляться дополнительные требования по физико-химическим свойствам: немагнитности, коррозионной стойкости, низкому или постоянному температурному коэффициенту модуля упругости и др.

Области применения рессорно-пружинных сталей представлены в таблице 2.13.

Таблица 2.13

Марочный сортамент и области применения рессорно-пружинных сталей

Марка стали	Применение
60С2, 60С2А	Для рессор из полосовой стали толщиной 3…16 мм и пружинной ленты толщиной 0,08…3 мм; для витых пружин из проволоки диаметром 3…16 мм. Обрабатываются резанием плохо. Максимальная температура эксплуатации — 250 °С
70С3А	Для тяжелонагруженных пружин ответственного назначения
50ХГ, 50ХГА	Для рессор из полосовой стали толщиной 3…18 мм. Обрабатывается резанием плохо
50ХФА, 50ХГФА	Для ответственных пружин и рессор, работающих при повышенной температуре (до 300 °С); для пружин, подвергаемых многократным переменным нагрузкам
60С2ХА	Для крупных высоконагруженных пружин и рессор ответственного назначения
60С2Н2А, 65С2ВА	Для ответственных высоконагруженных пружин и рессор, изготовляемых из калиброванной стали и пружинной ленты

Автоматные стали *(сталь конструкционная повышенной и высокой обрабатываемости резанием)* (ГОСТ 1414-75) содержат 0,08…0,45 % С и повышенное содержание серы (0,05…0,3 %), фосфора (0,05…0,16 %) и часто марганца (0,6…1,55 %), которые облегчают резание, способствуют дроблению и легкому отделению стружки, обеспечивая чистоту обрабатываемой поверхности. Срок службы режущего инструмента при обработке автоматных сталей увеличивается. Улучшение обрабатываемости стали достигается также микролегированием свинцом, селеном, кальцием. Однако введение этих элементов снижает прочностные характеристики сталей, поэтому их применяют для изготовления малоответствен-

ных деталей, от которых не требуется высоких механических свойств.

Автоматные стали получили свое наименование в связи с их обработкой на станках-автоматах с повышенной скоростью резания, предназначенных для изготовления деталей массового спроса (шайб, болтов, гаек, шпилек и некоторых других деталей автомобилестроения). В обозначении марки первая буква А указывает, что сталь автоматная; цифры в ней показывают содержание углерода в сотых долях процента (например, А11). Присутствие свинца обозначается буквой С (например, АС35Г2), кальция — буквой Ц (АЦ40 и др.), селена — буквой Е (А35Е).

Марочный состав и назначение автоматных сталей представлены в таблице 2.14.

Таблица 2.14

Марочный сортамент и назначение автоматных сталей

Группы сталей	Марки сталей	Назначение
Углеродистая сернистая	А11, А12, А20, А30, А35, А40Г	Неответственные детали машин, крепежные детали, малонагруженные детали сложной формы, к которым предъявляются требования высокой точности размеров и чистоты поверхности, а также детали, испытывающие высокие напряжения (А35, А40Г)
Углеродистая свинецсодержащая	АС14, АС40	Многие детали автомобилестроения
Сернисто-марганцовистая свинецсодержащая	АС35Г2, АС45Г2	
Легированная свинецсодержащая	АС12ХН, АС14ХГН, АС19ХГН, С20ХГНМ,	

	АС30ХМ, АС38ХГМ, АС40ХГНМ, АС40Х	
Углеродистая Сернисто-селенистая	А35Е, А45Е	?????????
Хромистая сернисто-селенистая	А40ХЕ	
Углеродистая кальцийсодержащая	АЦ20, АЦ30	Термически упрочненные детали, обрабатываемые твердосплавным инструментом при высоких (100 м/мин и более) скоростях резания
Легированная	АЦ40Х, АЦ30ХН	

Подшипниковые стали (ГОСТ 801-78 и 21022-75) по химическому составу должны быть высокоуглеродистыми (0,95…1,05 % С), низколегированными (Cr, Si, Mn и др.). Основные потребительские свойства этих сталей — повышенные твердость (61…65 HRC), износостойкость и сопротивление контактной усталости. Эти стали применяют, главным образом, для изготовления шариков, роликов и колец подшипников. Номенклатура марок стали данного вида достаточно широка. Это объясняется разнообразием требований к эксплуатационным свойствам подшипников со стороны традиционных, а также новых отраслей промышленности и сельского хозяйства.

Наиболее распространённые подшипниковые высокоуглеродистые стали можно классифицировать следующим образом:

− стали для подшипников, работающих в обычных условиях (хромистая, хромистая с добавкой молибдена, хромомарганцевокремнистая, хромомарганцевая с добавкой молибдена).

− стали для подшипников, работающих в агрессивных средах и при повышенной температуре (коррозионно-стойкая, теплостойкая).

К первым относятся стали марок ШХ4, ШХ15, ШХ15СГ, ШХ20СГ (ГОСТ 801–78). Буква «Ш» в начале маркировки означает — шарикоподшипниковая, содержание хрома в данной стали приведено в десятых долях процента. В конце марки может быть

указан способ производства: Ш — сталь, полученная методом электрошлакового переплава (ШХ15Ш), В — сталь, полученная вакуумированием (ШХ15В).

Ко вторым относятся стали марок ШХ15-ШД, 95Х18-Ш, 11Х18М-ШД, 20Х2Н4А и 18ХГТ, 8Х4В9Ф2, 8Х4М4ВФ1-Ш и др. Буква Ш указывает на то, что сталь выплавлена методом электрошлакового переплава, ШД — вакуумно-дуговой переплав стали электрошлакового переплава.

Выбор стали для конкретного подшипника диктуется его размерами и условиями эксплуатации. Из хромистой и хромомарганцевокремнистой сталей изготовляют подшипники, работающие в интервале температур 60…300 °С. Эксплуатация подшипников при температуре, превышающей 100 °С, требует специальной термической обработки деталей, обеспечивающей стабильность размеров, но сопровождающейся снижением твёрдости, а также сопротивления контактной усталости стали.

Кроме изготовления деталей подшипников сталь ШХ15, например, также применяется также для производства игл распылителей форсунок, обратных клапанов и подушек впрыскивающих систем, валиков топливных насосов, роликов, осей различных рычагов и других деталей, от которых требуется высокая твёрдость и хорошее сопротивление износу.

Литейные стали (ГОСТ 977-88) содержат до 0,9 % Mn, до 0,52 % Si и не более 0,06 % S и 0,08 % P. Литейные свойства сталей значительно хуже, чем чугунов и большинства литейных цветных сплавов.

Многие литейные стали имеют ту же марку, что и деформируемые, отличаясь лишь буквой Л в конце марки (15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 35Л, 40Л, 45Л, 50Л и 35ХМЛ, 35ХГСЛ, 12Х18Н9ТЛ и др.). В этом случае химический состав литейной стали практически такой же, как деформируемой, и различается лишь допустимое количество вредных примесей (в литейной стали оно несколько больше). Немало легированных сталей разработано специально в качестве литейных и не имеет аналога среди деформируемых (например, сталь 20ФЛ, применяемая для отливки крупногабаритных деталей грузовых вагонов, и сталь 08ГДНФЛ — для изготовления ответственных крупных деталей в судостроении, работающих до 60 °С).

Для изготовления отливок согласно ГОСТ 977-88 предусмотрены следующие марки сталей:

− конструкционные нелегированные 15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 35Л, 40Л, 45Л, 50Л;

− конструкционные легированные 20ГЛ, 35ГЛ, 20ГСЛ, 30ГСЛ, 20Г1ФЛ, 20ФЛ, 30ХГСФЛ, 45ФЛ, 32Х06Л, 40ХЛ, 20ХМЛ, 20ХМФЛ, 20ГНМФЛ, 35ХМЛ, 30ХНМЛ, 35ХГСЛ, 35НГМЛ, 20ДХЛ, 08ГДНФЛ, 13ХНДФТЛ, 12ДН2ФЛ, 12ДХН1МФЛ, 23ХГС2МФЛ, 12Х7Г3СЛ, 25Х2ГНМФЛ, 27Х5ГСМЛ, 30Х3С3ГМЛ, 03Н12Х5М3ТЛ, 03Н12Х5М3ТЮЛ;

− легированные специального назначения: коррозионно-стойкие 20Х13Л, 08Х14НДЛ, 09Х16Н4БЛ, 09Х17Н3СЛ, 10Х12НДЛ, 15Х13Л,15Х25ТЛ, 08Х15Н4ДМЛ, 08Х14Н7МЛ, 14Х18Н4Г4Л, 12Х25Н5ТМФЛ, 16Х18Н12С4ТЮЛ, 10Х18Н3Г3Д2Л, 10Х18Н9Л, 12Х18Н9ТЛ, 10Х18Н11БЛ, 07Х17Н16ТЛ, 12Х18Н12М3ТЛ; жаростойкие 20Х5МЛ, 20Х8ВЛ, 40Х9С2Л35Х23Н7СЛ, 40Х24Н12СЛ, 20Х20Н14С2Л, 55Х18Г14С2ТЛ, 15Х23Н18Л, 20Х25Н19С2Л, 18Х25Н19СЛ, 45Х17Г13Н3ЮЛ; жаропрочные 20Х12ВНМФЛ, 35Х18Н24С2Л, 31Х19Н9МВБТЛ, 12Х18Н12БЛ, 08Х17Н34В5Т3Ю2РЛ, 15Х18Н22В6М2РЛ, 20Х21Н46В8РЛ; износостойкие 110Г13Л, 110Г13Х2БРЛ, 110Г13ФТЛ, 130Г14ХМФАЛ, 120Г10ФЛ; быстрорежущие 85Х4М5Ф2В6Л (Р6М5Л), 90Х4М4Ф2В6Л (Р6М4Ф2Л).

Области применения некоторых литейных сталей представлены в таблицах 2.15…2.17.

Таблица 2.15

Назначение и общая характеристика стальных отливок из конструкционных нелегированных сталей

Марка стали	Назначение
15Л	Детали, подвергающиеся ударным нагрузкам (копровые бабы, захваты, блоки, ролики и др.) и резким изменениям температуры, а также детали сварно-литых конструкций с большим объемом сварки
20Л	Арматура и детали трубопроводов, фасонные отливки, изготовляемые методом выплавляемых моделей, детали сварно-литых конструкций, ответственные детали автосцепки (корпуса, тяговые хомуты, замковые упорные плиты)

25Л	Станины прокатных станов, шкивы, траверсы, поршни, корпуса подшипников, зубчатые колеса, арматура паровых турбин, оси, валы и др. детали, работающие под действием средних статических и динамических нагрузок при температуре от –40 до +450 °С
30Л	Корпуса редукторов, муфты, шкивы, кронштейны, станины, балки, бандажи, маховики и другие детали, работающие под действием средних статических и динамических нагрузок
35Л	Задвижки, вилки, кронштейны и другие детали, работающие под действием средних статических и динамических нагрузок
40Л, 45Л	Станины, корпуса, муфты, тормозные диски, зубчатые колеса, кожухи, вилки, звездочки, детали лебедки, храповики и другие ответственные детали, к которым предъявляют требования повышенной прочности и высокого сопротивления износу. Детали, работающие под давлением при температуре от –30 до +450° С
50Л, 55Л	Зубчатые колеса, бегунки, зубчатые венцы, зубчатые муфты, ходовые колеса

Таблица 2.16

Области применения конструкционных легированных сталей

Марка стали	Области применения
20ГЛ	Диски, звездочки, зубчатые венцы, барабаны и др. детали, к которым предъявляются требования по прочности и вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок
35ГЛ	Диски, звездочки, зубчатые венцы, барабаны, шкивы и др. тяжелонагруженные детали экскаваторов, крышки подшипников, цапфы
30ГСЛ	Зубчатые колеса, ролики, обоймы, зубчатые венцы, рычаги, фланцы, шкивы, сектора, колонны, ходовые колеса и другие детали
30ХГСФЛ	Литые детали экскаваторов
45ФЛ	Износостойкие литые детали для тракторов и металлургического оборудования
40ХЛ	Детали повышенной прочности, а также работающие на

	износ
20ХМЛ	Шестерни, крестовины, втулки, зубчатые колеса, цилиндры, обоймы и другие корпусные детали, работающие при температуре до 500 °С
20ХМФЛ	Детали арматуры, корпусные детали, цилиндры, работающие при температуре до 540 °С
35ХМЛ	Шестерни, крестовины, втулки, зубчатые колеса, печные детали и другие ответственные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок
30ХНМЛ	Ответственные нагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и достаточной вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок при температуре до 400 °С
35ХГСЛ	Зубчатые колеса, звездочки, оси, валы, муфты и др. ответственные детали, от которых требуется повышенная износостойкость
35НГМЛ, 20ДХЛ	Ответственные нагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и достаточной вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок
12Х7Г3СЛ	Ответственные высоконагруженные детали со стенкой толщиной до 100 мм, работающие в условиях статических и динамических нагрузок

Таблица 2.17

Область применения легированной стали со специальными свойствами

Марка стали	Область применения
20Х13Л	Детали, подвергающиеся ударным нагрузкам (клапаны гидравлических прессов, сегменты сопел, и др.)
40Х9С2Л	Детали, работающие длительное время под нагрузкой при температуре до 700 °С (клапаны моторов, колошники, крепежные детали)
08Х14Н7МЛ	Детали изделий, работающих при комнатных и низких (до –196 °С) температурах
14Х18Н4Г4Л	Коллекторы выхлопных систем, детали печной

	арматуры и др.
10Х18Н19Л	Коллекторы выхлопных систем, детали печной арматуры и другие детали, работающие при температуре до 400 °С
35Х18Н24С2Л	Детали, работающие при высоких температурах в сильнонагруженном состоянии (печные конвейеры, шнеки, крепежные детали)
110Г13Л, 110Г13ФТЛ	Гусеничные траки, звездочки, зубья ковшей экскаваторов, щеки дробилок и другие детали, работающие на ударный износ
120Г10ФЛ	Звенья гусениц тракторов и другие детали, работающие в условиях абразивного износа
85Х4М5Ф2В6Л (Р6М5Л), 90Х4М4Ф2В6Л (Р6М4Ф2Л)	Литые заготовки для инструмента, получаемого последующим методом горячей пластической деформации (ковка, горячее выдавливание) и для литого металлорежущего инструмента

2.4. Инструментальные стали

Инструментальные стали предназначены для изготовления режущего и измерительного инструмента, штампов холодного и горячего деформирования, а также ряда деталей точных механизмов и приборов: пружин, подшипников качения, шестерен и др. Часто из таких сталей изготавливают только рабочую (режущую) часть инструмента, а крепежные части выполняют из конструкционных сталей.

Основными потребительскими требованиями к инструментальным сталям являются высокие твердость, износостойкость и прочность при хорошей (500…800 °С) теплостойкости. Кроме эксплуатационных свойств для инструментальных сталей большое значение имеют технологические свойства: прокаливаемость, малые объемные изменения при закалке, обрабатываемость давлением, резанием, шлифуемость.

Инструментальные стали (ГОСТ 1435-99, 5950-2000, 19265-73) классифицируются по основному потребительскому свойству на стали высокой твердости, повышенной вязкости и теплостойкие. Классификация конструкционных сталей представлена на рисунке 2.3. Стали высокой твердости и повышенной вязкости используются как нетеплостойкие.

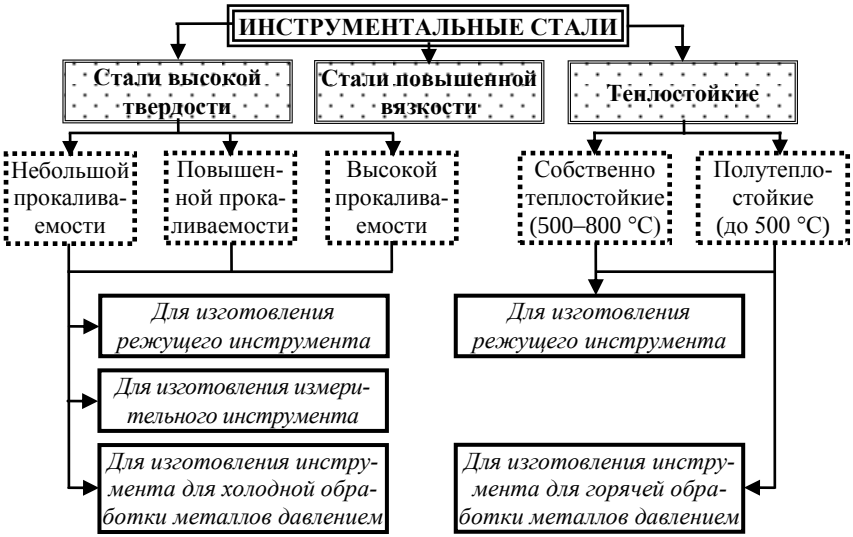


Рис. 2.3. Классификация инструментальных сталей

Инструментальные **стали высокой твердости** по химическому составу могут быть высокоуглеродистыми (0,68…1,35 % С) и низколегированными (Mn, Si, Cr и др.). Инструментальные стали высокой твердости делят по прокаливаемости на ***стали небольшой, повышенной*** и ***высокой прокаливаемости.*** Величина прокаливаемости определяет размер изделия. Инструментальные стали небольшой прокаливаемости используют для изготовления тонкого инструмента диаметром менее 12…15 мм, а стали высокой прокаливаемости — для массивного инструмента и инструмента сложной формы. Инструментальные стали высокой твердости при температуре эксплуатации изделий до 190…225 °С должны иметь твердость 60…68 HRC.

Стали высокой твердости используются *для изготовления режущего инструмента* (У12, У13, У12А, У13А, 13Х, Х, 6ХС и др.), *инструмента для холодной обработки металлов давлением* (У10, У11, У10А, У11А, 6ХВГ, ХГС, Х12 и др.) и *измерительного инструмента* (У8…У12, Х, ХВГ и др.). Последние помимо твердости

и износостойкости должны обеспечивать постоянство размеров инструментов (плиток, калибров, шаблонов) и хорошо шлифоваться.

Стали повышенной вязкости по химическому составу являются среднеуглеродистыми (0,60…0,74 % С) и среднелегированными (Mn, Si, Cr и др.). Температура эксплуатации изделий из этих сталей, как правило, менее 200 °С, а их твердость — 62 HRC. Стали повышенной вязкости (У7, У7А, 6ХС и др.) используются для изготовления инструментов для обработки древесины (пилы, ножи и др.).

Инструментальные **теплостойкие стали** по температуре эксплуатации в свою очередь делят на стали ***собственно теплостойкие*** (500…800 °С) и ***полутеплостойкие*** (до 500 °С). По химическому составу эти стали являются углеродистыми (0,22–1,65 % С), высоколегированными (Mn, Si, Cr, W, Mo и др.).

Теплостойкие стали по назначению подразделяются на стали для изготовления режущего инструмента и стали для инструмента для горячей обработки давлением.

Стали для изготовления режущего инструмента (резцы, фрезы, сверла) Р18, Р6М5, 11Р3АМ3Ф2, Р9К5 и др. являются быстрорежущими, маркируемыми по ГОСТ 19265-73. Буква Р в марке обозначает «режущие». После буквы Р следует цифра, указывающая среднее содержание в процентах вольфрама — главного легирующего элемента этих сталей (буква В — его условное обозначение — пропускается); затем, как и в остальных сталях, буквами обозначаются другие легирующие элементы с цифрами, указывающими их содержание в процентах, если это содержание больше 1…2 %. В состав всех быстрорежущих сталей непременно входят углерод (0,8–1,25 %), хром (около 4 %) и ванадий (1…2 %), содержание которых в марке не указывается. Для сталей для изготовления режущего инструмента при температуре эксплуатации до 650 °С твердость должна быть 60…62 HRC.

К *сталям для изготовления инструмента для горячей обработки металлов давлением* относятся стали марок 5ХНМ, 5ХНВ, 4Х3ВМФ, 4Х5В2ФС, 4Х5МФ1С и др. Эти стали должны обладать высокими механическими свойствами (45…52 HRC) при повышенных температурах (до 700 °С), окалиностойкостью и способностью не образовывать трещины при многократных нагревах и охлаждениях.

Марочный состав и области применения инструментальных углеродистых сталей представлены ранее в таблице 2.5, а легированных и быстрорежущих — в таблицах 2.18, 2.19.

Таблица 2.18

Марочный состав и области применения инструментальных легированных сталей (ГОСТ 5950-2000)

Марка стали	Область применения
Нетеплостойкие	
13Х	Для бритвенных ножей и лезвий, острого хирургического инструмента, шаберов, гравировального инструмента
8ХФ	Для штемпелей при холодной работе; ножей при холодной резке металла; обрезных матриц и пуансонов при холодной обрезке заусенцев; кернеров
9ХФ	Для рамных, ленточных, круглых строгальных пил; штемпелей при холодной работе; ножей при холодной резке металла; обрезных матриц и пуансонов при холодной обрезке заусенцев; кернеров
11ХФ	Для метчиков и другого режущего инструмента диаметром до 30 мм, закаливаемого с охлаждением в горячих средах
Х	Для зубил, применяемых при насечке напильников; очень твердых кулачков эксцентриков и пальцев; гладких цилиндрических калибров и калиберных колец; токарных, строгальных и долбежных резцов в лекальных и ремонтных мастерских
9Х1	Для валков холодной прокатки, дрессировочных валков, клейм, пробойников; холодновысадочных матриц и пуансонов; деревообрабатывающих инструментов
12Х1	Для измерительного инструмента (плиток, калибров, шаблонов)
6ХС	Для пневматических зубил и штампов небольших размеров для холодной штамповки;

	рубильных ножей
9Г2Ф	Для режущего и штамповочного инструмента (плашек, метчиков, ножей для ножниц, измерительного инструмента, штампов для прессования резины и пластмасс)
9ХВГ	Для резьбовых калибров, лекал сложной формы, сложных высокоточных штампов для холодных работ, которые при закалке не должны подвергаться значительным объемным изменениям и короблению
6ХВГ	Для пуансонов сложной формы при холодной прошивке преимущественно фигурных отверстий в листовом и полосовом материале; небольших штампов для горячей штамповки, главным образом, когда требуется минимальное изменение размеров при закалке
9ХС	Для сверл, разверток, метчиков, плашек, гребенок, фрез, машинных штемпелей, клейм для холодных работ
В2Ф	Для ленточных пил по металлу и ножовочных полотен
ХГС	Для валков холодной прокатки, холодновысадочных матриц и пуансонов, вырубных штампов небольших размеров (диаметром или толщиной до 70 мм). Сталь марки ХГС не может заменить сталь марок ХВГ, 9ХС, ХВСГФ при изготовлении режущих инструментов
4ХС	Для зубил, обжимок, ножниц при холодной и горячей резке металла; штампов горячей вытяжки
ХВСГФ	Для круглых плашек, разверток и другого режущего инструмента
ХВГ	Для измерительных и режущих инструментов, для которых повышенное коробление при закалке недопустимо; резьбовых калибров, протяжек, длинных метчиков, длинных развер-

	ток, плашек и другого специального инструмента, холодновысадочных матриц и пуансонов, технологической оснастки
6ХВ2С, 5ХВ2СФ	Для ножей при холодной резке металла, для резьбонакатных плашек, пуансонов и обжимных матриц при холодной работе; деревообделочных инструментов при длительной работе
6Х3МФС	Для пуансонов, работающих с повышенными динамическими нагрузками; для холодновысадочных штампов, штемпелей, клейм; чеканочных штампов и некоторых слесарно-монтажных инструментов (взамен марок 7Х3 и 6ХВ2С)
7ХГ2ВМФ	Для штампов холодного объемного деформирования и вырубного инструмента сложной конфигурации, используемых при производстве изделий из цветных сплавов и низкопрочных конструкционных сталей
9Х5ВФ, 8Х6НФТ	Для ножей, применяемых для фрезерования древесины, строгальных пил и других деревообрабатывающих инструментов подобного типа (например, цельных фрез)
6Х4М2ФС	Для вырубного и высадочного инструмента (штампов, пуансонов, пневматических зубил и др.), накатного инструмента
Х6ВФ	Для резьбонакатного инструмента (роликов и плашек), ручных ножовочных полотен, бритв, матриц, пуансонов, зубонакатников и других инструментов, предназначенных для холодной деформации, для дереворежущего фрезерного инструмента
8Х4В2МФС2	Для матриц и пуансонов штампов холодного объемного деформирования, испытывающих в процессе эксплуатации давление до 2300 МПа, резьбонакатных роликов
11Х4В2МФ3С2	Для вырубных штампов, в том числе для об-

	работки холоднокатаных электротехнических сталей Э412 и Э413 с покрытиями типа «Карлит»; пуансонов и матриц холодновысадочных автоматов, пуансонов и выталкивателей для холодного выдавливания, эксплуатируемых с удельными давлениями до 2000 МПа в условиях повышенного изнашивания и нагрева рабочих поверхностей до 400 °С; шлице- и резьбонакатного инструмента
6Х6В3МФС	Для резьбонакатных роликов, зубонакатников, шлиценакатников, обрезных матриц, пуансонов и других инструментов, предназначенных для холодной пластической деформации металлов повышенной твердости; ножей труборазрубочных машин, ножей гильотинных ножниц для резки высокопрочных сталей и сплавов; рубильных ножей, применяемых в деревообрабатывающей промышленности
Х12, Х12ВМФ	Для холодных штампов высокой устойчивости против истирания (преимущественно с рабочей частью округлой формы), не подвергающихся сильным ударам и толчкам; для волочильных досок и волок, глазков для калибрования пруткового металла под накатку резьбы, гибочных и формовочных штампов, сложных секций кузовных штампов, которые при закалке не должны подвергаться значительным объемным изменениям и короблению; матриц и пуансонов вырубных и просечных штампов; штамповки активной части электрических машин и электромагнитных систем электрических аппаратов
Х12МФ, Х12Ф1	То же, что и для марки Х12, но когда требуется большая вязкость; для профилировочных роликов сложных форм; секций кузовных штампов сложных форм; сложных дыропрошивочных матриц при формовке листового металла, эталонных шестерен, накатных пла-

	шек, волок, матриц и пуансонов вырубных, просечных штампов (в том числе совмещенных и последовательных) со сложной конфигурацией рабочих частей; штамповки активной части электрических машин
Теплостойкие	
5ХНМ	Для молотовых штампов паровоздушных и пневматических молотов массой падающих частей св. 3 т; прессовых штампов и штампов машинной скоростной штамповки при горячем деформировании легких цветных сплавов; блоков матриц для вставок горизонтальных машин
5ХНВ, 5ХНВС	Для молотовых штампов паровоздушных и пневматических молотов массой падающих частей до 3 т
7Х3, 8Х3	Для инструмента (пуансонов, матриц) горячей высадки крепежа и заготовок из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей на горизонтально-ковочных машинах; деталей штампов (матриц, пуансонов, выталкивателей) для горячего прессования и выдавливания этих материалов на кривошипных прессах при мелкосерийном производстве; гибочных, обрезных и просечных штампов
4ХМФС	Для молотовых штампов паровоздушных и пневматических молотов массой падающих частей до 3 т при деформации легированных конструкционных и нержавеющих сталей (вместо менее теплостойких сталей марок 5ХНМ, 5ХНВ); прессового инструмента для обработки алюминиевых сплавов
5Х2МНФ	Для крупногабаритных цельных штампов (со стороной квадрата или диаметром до 600 мм) для штамповки поковок из конструкционных сталей и жаропрочных сплавов на молотах и кривошипных прессах (вместо менее теплостойких сталей марок 5ХНМ, 4ХМФС); ин-

	струментов (зажимных и формующих вставок, наборных и формовочных пуансонов) для высадки конструкционных сталей и жаропрочных сплавов на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ); ножей горячей резки
4Х3ВМФ	Для мелких молотовых штампов, молотовых и прессовых вставок (толщиной или диаметром от 300 до 400 мм), инструмента горизонтально-ковочных машин при горячем деформировании конструкционных сталей и жаропрочных сталей; инструмента для высокоскоростной машинной штамповки конструкционных сталей
3Х3М3Ф	Для инструмента горячего деформирования на кривошипных прессах и горизонтально-ковочных машинах, подвергающихся в процессе работы интенсивному охлаждению (как правило, мелкого инструмента); пресс-форм литья под давлением медных сплавов
4Х5МФС	Для мелких молотовых штампов; крупных (толщиной или диаметром более 200 мм) молотовых и прессовых вставок при горячем деформировании конструкционных сталей и цветных сплавов в условиях крупносерийного массового производства
4Х4ВМФС	Для инструмента высокоскоростной машинной штамповки, высадки на горизонтально-ковочных машинах; вставок штампов для горячего деформирования легированных конструкционных сталей и жаропрочных сплавов на молотах и кривошипных прессах (вместо менее теплостойких сталей марок 4Х5В2ФС, 4Х5МФ1С, 4Х3ВМФ); пресс-форм литья под давлением медных сплавов
4Х5МФ1С, 4Х5В2ФС	Для пресс-форм литья под давлением цинковых, алюминиевых и магниевых сплавов; молотовых и прессовых вставок (толщиной или диаметром от 200 до 250 мм) при горячем де-

	формировании конструкционных сталей; инструмента для высадки заготовок из легированных конструкционных и жаропрочных материалов на горизонтально-ковочных машинах
4Х2В5МФ	Для тяжелонагруженного прессового инструмента (мелких вставок окончательного штампового ручья, мелких вставных знаков, матриц и пуансонов для выдавливания и т.п.) при горячем деформировании легированных конструкционных сталей и жаропрочных сплавов
5Х3В3МФС	Для тяжелонагруженного прессового инструмента (прошивных и формующих пуансонов, матриц и т.п.); инструмента для высадки на горизонтально-ковочных машинах и вставок штампов напряженных конструкций, для горячего объемного деформирования конструкционных сталей и жаропрочных металлов и сплавов (вместо менее теплостойких сталей марок 3Х2В8Ф и 4Х2В5МФ). Наиболее высокие прокаливаемость и теплостойкость имеет сталь марки 5Х3В3МФС
05Х12Н6Д2МФСГТ	Для инструмента формообразующих деталей пресс-форм формования резинотехнических и пластмассовых изделий

Таблица 2.19

Марочный состав и области применения быстрорежущих сталей

Марки сталей	Назначение
Р18	Для всех видов режущего инструмента при обработке углеродистых и легированных конструкционных сталей
Р6М5	То же, что и для стали марки Р18, предпочтительно для изготовления резьбонарезного инструмента, а также инструмента, работающего с ударными нагрузками
11Р3АМ3Ф2	Для инструмента простой формы при обработке углеродистых и малолегированных сталей с

	прочностью не более 784 МПа
Р6М5Ф3	Для чистовых и получистовых инструментов (фасонные резцы, развертки, протяжки, фрезы и др.) при обработке нелегированных и легированных конструкционных сталей
Р12Ф3	Для чистовых инструментов при обработке вязкой аустенитной стали и материалов, обладающих абразивными свойствами
Р18К5Ф2	Для черновых и получистовых инструментов при обработке высокопрочных, нержавеющих и жаропрочных сталей и сплавов
Р9К5	Для обработки нержавеющих сталей и жаропрочных сплавов, а также сталей повышенной твердости
Р6М5К5	Для черновых и получистовых инструментов при обработке улучшенных легированных, а также нержавеющих сталей
Р9М4К8	Для различных инструментов при обработке высокопрочных, жаропрочных и нержавеющих сталей и сплавов, а также улучшенных легированных сталей
Р2АМ9К5	Для режущих инструментов при обработке улучшенных легированных, а также нержавеющих сталей

2.5. Классификация продукции металлургического производства. Сортамент стального проката

Основными видами обработки металлов и сплавов металлургического производства являются прокатка, волочение (калибровка) и прессование. Получаемое в результате такой обработки изделие называется *прокатом* или *профилем.*

Прокатка — это вид обработки металлов давлением, заключающийся в пластическом деформировании заготовки, путем пропускания ее через вращающиеся валки прокатных станов. В зависимости от способа обработки различают горячую прокатку, проводимую при температуре выше температуры рекристаллизации, и

холодную, проводимую при температуре ниже температуры рекристаллизации.

Продукцией прокатного производства являются заготовки для последующей обработки резаньем или давлением, сортовой прокат, фасонный прокат, листовой прокат, трубы и профили специального назначения.

К **заготовкам** прокатного производства относятся блюмы, слябы и сутунки. Они прокатываются из слитков, поступающих из сталеплавильных цехов, или из жидкого металла на машинах непрерывного литья.

Блюм (блюмс, блум) — это стальная заготовка квадратного сечения со стороной более 140 мм. Блюмы получают на прокатных станах, называемых блюмингами.

Сляб — стальная заготовка прямоугольного сечения, где ширина более чем в 15 раз превосходит высоту. Слябы получают на прокатных станах, называемых слябингами.

Сутунка — плоская стальная заготовка толщиной 4…22 мм и шириной 150…730 мм. Используется для изготовления листового проката.

К **сортовому** относят прокат, у которого касательная к любой точке контура поперечного сечения данное сечение не пересекает (прокат квадратный (квадрат), круглый (круг), прямоугольный (полосовой), треугольный, шестиугольный (шестигранный), овальный, полукруглый, сегментный и др.).

К **фасонному** относят прокат, у которого касательная хотя бы к одной точке контура поперечного сечения данное сечение пересекает (балка, швеллер, уголок, однотавр, двутавр).

Трубы выпускаются общего и специального назначения, сварные и бесшовные.

К **специальным видам проката** относятся кольца, валы, зубчатые колеса, рельсы и профили с переменным поперечным сечением по длине (периодические профили).

Для изготовления профилей применяются и другие способы, в том числе ковка, калибровка и гибка.

Калибровка — процесс, совмещающий волочение и небольшое обжатие горячекатанного сортового стального проката для получения более точных размеров, улучшения качества поверхности и повышения некоторых механических свойств. *Волочение* — вид хо-

лодной обработки металлов давлением, заключающийся в пропускании заготовки через постепенно сужающееся отверстие в матрице (волока, фильера).

Гибка — процесс изготовления гнутых профилей из полосового проката, находящегося в холодном состоянии, на роликовых профилегибочных станах.

Сортамент стального проката

Прокат сортовой стальной горячекатаный квадратный **(**ГОСТ 2591-2006) выпускается с размером сторон от 6 до 200 мм включительно. Прокат размером более 200 мм изготавливают по согласованию изготовителя с потребителем. По точности прокатки прокат подразделяют на прокат повышенной точности (Б1, Б2) и обычной точности (В1, В2, В3, В4, В5). По длине прокат поставляется мерной длины (МД), мерной длины с немерной длиной (МД1), кратной мерной длины (КД), кратной мерной длины с немерной длиной (КД1), немерной длины (НД), ограниченной в пределах немерной длины (ОД), ограниченной с немерной длиной (ОД1) и в мотках (НМД). По предельным отклонениям по длине проката мерной и кратной мерной длины прокат подразделяется на группы (БД и ВД), а по кривизне — на классы (I, II, III, IV).

Сталь калиброванная квадратная (ГОСТ 8559-75) выпускается сечением от 3 до 100 мм. Квадратная сталь изготавливается в прутках. По требованию потребителя она может изготавливаться в мотках. В зависимости от назначения прутки изготавливаются мерной длины, кратной мерной длины, немерной длины с остатком до 10 % массы партии и ограниченной длины в пределах немерной.

Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый (ГОСТ 2590-2006) выпускается круглого сечения диаметром от 5 до 270 мм включительно. Прокат диаметром более 270 мм изготавливается по согласованию с потребителем (по согласованной спецификации). По точности прокатки прокат подразделяют на прокат особо высокой точности (АО1), высокой точности (А1, А2, А3), повышенной точности (Б1) и обычной точности (В1, В2, В3, В4, В5). По длине прокат поставляется мерной длины (МД), мерной длины с немерной длиной (МД1), кратной мерной длины (КД), кратной мерной длины с немерной длиной (КД1), немерной длины (НД), ограниченной в пределах немерной длины (ОД), ограниченной с

немерной длиной (ОД1) и в мотках (НМД). По предельным отклонениям по длине проката мерной и кратной мерной длины прокат подразделяется на группы (БД и ВД), а по кривизне — на классы (I, II, III, IV).

Прокат диаметром до 9 мм изготовляют в мотках, свыше 9 мм — в прутках. Прокат из углеродистой стали обыкновенного качества и низколегированной стали изготовляют длиной от 2 до 12 м включительно, из качественной углеродистой и легированной стали — от 2 до 6 м включительно, из высоколегированной стали — от 1 до 6 м включительно.

Прокат сортовой стальной горячекатаный полосовой (ГОСТ 103-2006) выпускается шириной от 10 до 200 мм и толщиной от 4 до 80 мм. По точности прокатки полосы изготавливают повышенной прочности и нормальной точности. Полосы изготавливают длиной от 3 до 10 м — из углеродистой стали обыкновенного качества, низколегированной и фосфористой и от 2 до 6 м — из углеродистой качественной и легированной стали.

В зависимости от назначения полосы изготавливают мерной длины, кратной мерной длины, мерной длины с остатком не более 15% массы партии, кратной мерной длины с остатком не более 15% массы партии, немерной длины.

Шестигранник стальной горячекатаный (ГОСТ 2879-2006) выпускается диаметром вписанного круга от 8 мм до 100 мм включительно. По точности прокатки прокат изготовляют: повышенной точности (Б) и обычной точности (В). *Шестигранник калиброванный* (ГОСТ 8560-78) выпускается размером от 3 до 100 мм.

Диаметры вписанного круга проката, предельные отклонения по ним, площадь поперечного сечения и масса 1 м длины должны соответствовать требованиям, указанным в стандартах.

В заказе на сортовой прокат указываются его вид, основные размеры, марка стали, номера соответствующих стандартов и некоторые другие сведения.

Например:

Прокат горячекатаный круглый диаметром 30 мм обычной точности прокатки (В), II класса кривизны, по ГОСТ 2590-88, марки Ст5пс, категории 1

$$\text{Круг}\ \frac{30\text{-В-II ГОСТ 2590-88}}{\text{Ст5пс-1 ГОСТ 535-88}};$$

Стальная горячекатаная полоса общего назначения, 5×50 — толщина и ширина полосы по ГОСТ 103-76, марки Ст5пс, категории 1

$$\text{Полоса}\ \frac{5\times 50\ \text{ГОСТ 103-76}}{\text{Ст5пс-1 ГОСТ 535-88}}.$$

К ***фасонному*** относят прокат, у которого касательная хотя бы к одной точке контура поперечного сечения данное сечение пересекает (балка, швеллер, уголок, однотавр, двутавр).

Уголок стальной горячекатаный равнополочный (ГОСТ 8509-93) изготавливают длиной от 4 до 12 м: мерной длины, кратной мерной длины, немерной длины и ограниченной длины в пределах немерной.

По точности прокатки уголки изготавливают высокой точности (А) и обычной точности (В).

Уголок стальной горячекатаный неравнополочный (ГОСТ 8510-86) изготавливают длиной от 4 до 12 м: мерной длины, кратной мерной длины, немерной длины и ограниченной длины в пределах немерной. Допускается изготавливать уголки длиной свыше 12 м. По точности прокатки уголки изготавливают: высокой точности (А) и обычной точности (В).

Уголок стальной гнутый равнополочный (ГОСТ 19771-93) и *уголок стальной гнутый неравнополочный* (ГОСТ 19772-93) изготавливаются на трубных станах из качественной конструкционной стали.

Швеллеры подразделяются на стальные горячекатаные (ГОСТ 8240-97), стальные специальные (ГОСТ 19425-74), стальные гнутые равнополочные (ГОСТ 8278-83) и стальные гнутые неравнополочные (ГОСТ 8281-80).

Швеллер стальной горячекатаный (ГОСТ 8240-97) делятся на:

– швеллеры с уклоном внутренних граней полок: № 5; 6,5; 8; 10; 12; 14; 16; 16а; 18; 18а; 20; 22; 24; 27; 30; 33; 36; 40.

– швеллеры с параллельными гранями полок (П): № 5П; 6,5П; 8П; 10П; 12П; 14П; 16аП; 18П; 18аП; 20П; 22П; 24П; 27П; 30П; 33П; 36П; 40П.

Балки двутавровые (ГОСТ 19425-74) выпускаются из углеродистой и низколегированной стали и стальные специальные.

Балки двутавровые стальные специальные применяются в крупнопанельном, промышленном и гражданском строительстве для перекрытий, колонных металлоконструкций, мостовых сооружений, опор и подвесных путей. Балки специальные выпускаются двух видов: С — для армировки шахтных стволов и М — балки для подвесных путей. По точности прокатки изготовляют: балки высокой точности (А) и обычной точности (В). В соответствии с заказом балки изготовляются длиной от 4 до 13 м: мерной длины, кратной мерной длины, мерной длины с остатком до 5% массы партии и немерной длины.

Двутавры стальные горячекатаные (ГОСТ 8239-89) выпускают с уклоном внутренних граней полок. Поперечное сечение двутавров должно соответствовать указанному на чертеже по ГОСТ. Уклон внутренних граней полок должен быть 6-12 %. По точности прокатки двутавры изготовляют: повышенной точности (Б) и обычной точности (В).

Профили изготавливают длиной от 4 до 12 м: мерной длины, кратной мерной длины, немерной длины. Размеры и геометрическую форму контролируют на расстоянии не менее 500 мм от торца двутавра.

В заказе на фасонный прокат указываются его вид, основные размеры, марки стали, номера соответствующих стандартов и некоторые другие сведения.

Например:

Уголок горячекатаный равнополочный размером 50х50х3 мм высокой точности прокатки (А) по ГОСТ 8509-93, марки Ст3сп, категории 2

$$\text{Уголок } \frac{50\times 50\times 3\text{-А ГОСТ 8509-93}}{\text{Ст3сп-2 ГОСТ 535-88}};$$

Двутавр горячекатаный номер 30 по ГОСТ 8239-89, повышенной точности (Б), стали марки Ст3пс, категории 4:

$$\text{Двутавр } \frac{\text{3-Б ГОСТ 8239-89}}{\text{Ст3пс-4 ГОСТ 535-88}}$$

В зависимости от размеров ***листовой*** прокат подразделяется на толстолистовой (толщиной более 4 мм), тонколистовой и фольга (менее 0,2 мм).

К основным разновидностям листового проката относятся сталь листовая горячекатаная и холоднокатаная, тонколистовая кровельная, горячекатаная рифленая, горячекатаная толстолистовая двухслойная, трехслойная горячекатаная листовая и широкополосная, декапированная (с нанесенным на поверхность слоем другого металла), электротехническая тонколистовая, толстолистовая коррозионностойкая, жаростойкая и жаропрочная и др.

Сталь листовая горячекатаная ГОСТ 19903-74 выпускается шириной 500 мм и более, изготовляемая в листах толщиной от 0,40 до 160 мм и рулонах толщиной от 1,2 до 12 мм.

По точности прокатки при толщине до 12 мм листовая сталь подразделяется на листы повышенной (А) и нормальной точности (Б); по плоскостности — на листовую сталь особо высокой плоскостности (ПО), высокой плоскостности (ПВ), улучшенной плоскостности (ПУ) и нормальной плоскостности (ПН); по характеру кромки — листовая сталь с необрезной кромкой (НО) и с обрезной кромкой (О).

Прокат, поставляемый в листах с обрезной кромкой, должен быть обрезан под прямым углом. Косина реза и серповидность не должна выводить листы за номинальный размер.

Прокат листовой холоднокатаный ГОСТ 19904-90 выпускается шириной 500 мм и более, изготовляемый в листах толщиной от 0,35 до 5,00 мм, рулонах толщиной от 0,35 до 3,50 мм.

По точности изготовления прокат подразделяется: по толщине — высокая (ВТ), повышенная (АТ) и нормальная (ВТ); по ширине — высокая (ВШ), повышенная (АШ) и нормальная (БШ); по длине: высокая (ВД), повышенная (АД) и нормальная (БД). По плоскостности листовой прокат делят на прокат особо высокой (ПО), высокой (ПВ), улучшенной (ПУ) и нормальной (ПН) плоскостности. По характеру кромки прокат делится на прокат с обрезной кромкой (О) и с необрезной кромкой (НО).

В заказе на листовой прокат указываются его основные размеры, качественные характеристики, марки стали и номера стандартов.

Например:

Прокат тонколистовой горячекатаный, повышенной точности прокатки (А), нормальной плоскостности (ПН), с обрезной кромкой (О), размером 3х1000х2000 мм по ГОСТ 19903-74, из стали марки 12ГС

$$\text{Лист}\ \frac{\text{А - ПН - О - 3}\times\text{1000}\times\text{2000 ГОСТ 19903 - 74}}{\text{12ГС ГОСТ 17066 - 94}}$$

Прокат рулонный горячекатаный, нормальной точности прокатки (Б), с обрезной кромкой (О), размером 2х1000 мм по ГОСТ 19903-74, из стали марки 12ГС:

$$\text{Рулон}\ \frac{\text{Б - О - 2}\times\text{1000 ГОСТ 19903 - 74}}{\text{12ГС ГОСТ 17066 - 94}}$$

Трубы стальные выпускаются общего и специального назначения, сварные и бесшовные.

К *трубам стальным общего назначения* относятся трубы бесшовные холоднокатаные, трубы бесшовные холоднотянутые, трубы бесшовные горячекатаные, водогазопроводные (оцинкованные и неоцинкованные, с резьбой и без резьбы, легкие обыкновенные и усиленные), тонкостенные с накатанной резьбой, электросварные (с прямым или спиральным швом, холоднотянутые и холоднокатаные).

К *трубам специального назначения* относятся трубы стальные прецизионные (повышенной точности изготовления), футерованные пластмассой, коррозионностойкие (из коррозионностойкой стали или биметаллические), из высоколегированных сталей, нарезные (бурильные), крекинговые и др.

Трубы стальные водогазопроводные (ГОСТ 3262-75) выпускаются сварные неоцинкованные и оцинкованные стальные трубы, применяемые для водопроводов и газопроводов, а также для системы отопления и деталей конструкций. Трубы обычной точности изготовления применяют для водопроводов, газопроводов и систем отопления. Трубы повышенной точности изготовления применяют для деталей водопроводных и газопроводных конструкций.

По длине трубы изготавливают от 4 до 12 м мерной или кратной мерной длины с припуском на каждый рез по 5 мм и продольным отклонением на всю длину плюс 10 мм и немерной длины.

Трубы стальные электросварные прямошовные (ГОСТ 10704-91) изготавливают немерной длины, мерной длины и кратной дли-

ны. Трубы мерной и кратной длины изготовляют двух классов точности по длине: с обрезкой концов и снятием заусенцев (I) и без заторцовки и снятия заусенцев (с порезкой в линии стана) (II).

Трубы стальные квадратные (ГОСТ 8639-82) выпускаются бесшовные горячедеформированные и холоднодеформированные, электросварные и электросварные холоднодеформированные трубы. Форма и размеры квадратных труб должны соответствовать указанным в стандарте требованиям.

Трубы стальные прямоугольные (ГОСТ 8645-68) выпускаются бесшовные горячекатанные, холоднотянутые и электросварные. Форма и размеры квадратных труб должны соответствовать указанным в стандарте требованиям

Основными характеристиками стальных труб являются наружный диаметр, толщина стенки и длина.

При заказе труб указываются основные размеры трубы, марка стали, из которой она изготовлена, номер стандарта.

Пример:

Труба обыкновенная, неоцинкованная, обычной точности изготовления, немерной длины, с условным проходом 20 мм, толщиной стенки 2,8 мм, без резьбы и без муфты:

труба 20×2,8 ГОСТ 3262-75;

То же, с муфтой:

труба М-20×2,8 ГОСТ 3262-75;

То же, мерной длины, с резьбой:

труба Р-20×2, 8-4000 ГОСТ 3262-75.

Для труб под накатку резьбы в условном обозначении после слова «труба» указывается буква Н. Для труб с длинной резьбой в условном обозначении после слова «труба» указывается буква Д. Для труб повышенной точности изготовления в условном обозначении после размера условного прохода указывается буква П.

К ***специальным видам проката*** относятся кольца, валы, зубчатые колеса, рельсы и профили с переменным поперечным сечением по длине (периодические профили).

Рельсы выпускаются железнодорожные (для широкой и узкой колеи), трамвайные, крановые, для метрополитена и др.

При заказе рельса указываются его тип, марка стали и соответствующие ГОСТы.

Например,

Рельс тавровый по ГОСТ 19240-73, стали марки Ст5сп, категории 1:

$$\text{Рельс тавровый } \frac{\text{ГОСТ 19240-73}}{\text{Ст5 сп-1 ГОСТ 535-88}}$$

Периодические профили выпускаются трех-, четырех-, пяти- и семиступенчатые для валов электродвигателей, полувалов турбокомпрессоров, тракторов, автомобилей, дорожных машин и др. Их применение позволяет сократить отходы металла в процессах обработки сложнопрофильных изделий, снизить трудоемкость и увеличить производительность труда, повысить сцепляемость с другими материалами (например, арматура в бетоне).

Некоторые виды поката представлены на рисунке 2.4.

2.6. Сортамент металлоизделий промышленного назначения

К металлоизделиям промышленного назначения (метизам) относятся стальная проволока, канаты, машиностроительные крепежные изделия, сетки и др.

Их получают прокаткой, ковкой, штамповкой, прессованием, волочением, калиброванием и другими методами.

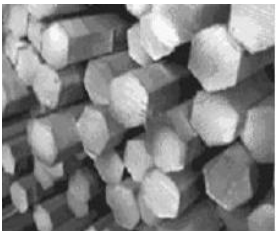
Проволока — это длинные металлические стержни небольшой толщины, изготавливаемые волочением или прокаткой (катанка).

Проволоку классифицируют по назначению, форме поперечного сечения, химическому составу и другим признакам (таблица 2.20).

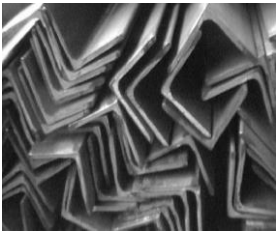
а

б

в



г



д

е

ж

з

и

к

Рисунок 2.14 – Виды проката: а — прокат квадратный **(**ГОСТ 2591-88); б — прокат стальной горячекатаный круглый (ГОСТ 2590-88); в — стальная горячекатаная полоса общего назначения (ГОСТ 103-76); г — шестигранник стальной горячекатаный (ГОСТ 2879-88); д — уголок стальной горячекатаный равнополочный (ГОСТ 8509-93); е — уголок стальной горячекатаный неравнополочный (ГОСТ 8510-86); ж — швеллер стальной горячекатаный (ГОСТ 8240-89); з — балки двутавровые (ГОСТ 19425-74); и — двутавры стальные горячекатаные (ГОСТ 8239-89); к — трубы стальные квадратные (ГОСТ 8639-82)

Таблица 2.20 – Классификация проволоки

Признак классификации	Классификационная группировка
Метод получения	Холоднотянутая, холоднокатаная, горячекатаная
Назначение	Для холодной высадки, конструкционная, инструментальная, пружинная, арматурная

Форма поперечного сечения	Круглая, плоская с закругленными гранями (плющенка), квадратная, прямоугольная, трехгранная, шестигранная, овальная, сегментная, секторная, трапециевидная, зетобразная, периодического профиля, специальных профилей
Размеры	Особо толстая (свыше 8 мм), толстая (6-8 мм), средняя (1–6 мм), тонкая (0,4–1 мм), тончайшая (0,1–0,4 мм), наитончайшая (менее 0,1 мм)
Химический состав	Низко-, средне-, высокоуглеродистая, низко-, средне-, высоколегированная
Окончательная термообработка	Термически необработанная, отпущенная, отожженная, закаленная, патентированная
Вид поверхности	Полированная, шлифованная, светлая, черная, с покрытиями, травленая, оксидированная
Качество	Обыкновенного качества, из углеродистых и легированных сталей

Проволока низкоуглеродистая общего назначения (ГОСТ 3282-74) предназначена для изготовления гвоздей, увязки ограждений и других бытовых изделий.

Проволока из низкоуглеродистой стали для армирования железобетонных конструкций (ГОСТ 6727-80) производится из стали Ст1кп, Ст2кп, Ст3кп и применяется для усиления железобетонных структур. Проволоку отгружают в мотках весом в 1300–1500 кг. Основные параметры и размеры проволоки должны соответствовать требованиям ГОСТа.

По виду обработки эта проволока изготавливается термически обработанная и термически необработанная, а по виду поверхности — без покрытия и с цинковым покрытием.

Проволока сварочная (ГОСТ 2246-70) изготавливается из сталей с низким содержанием углерода Св-08, Св-08А и легированных Св-08ГС, Св-08Г2С.

По виду поверхности эта проволока производится неомедненой и омедненой. Медное покрытие — 6 мкм. Поверхность проволоки

должна быть чистой и гладкой, без трещин, расслоений, плен, закатов, забоин, окалины, ржавчины, масла и других загрязнений. Допускаются отдельные риски, царапины, местная рябизна, вмятины глубиной не более предельного отклонения по диаметру.

В таблице 2.21 представлено назначение проволоки сварочной.

Таблица 2.21 – Назначение проволоки сварочной

Марка проволоки	Назначение
Св-08, Св-08А, Св-08АА	Автоматическая сварка под флюсом углеродистых сталей с пределом текучести 235–285 МПа, изготовление электродов, предназначенных для сварки низкоуглеродистой и низколегированной стали
Св-08Г1НМА	Автоматическая сварка под флюсом низколегированных сталей повышенного уровня прочности и хладостойкости Предназначена для однопроходной одно- или двусторонней сварки под флюсом сталей толщиной до 25 мм различного типа легирования и категорий прочности. (К55–К65)
Св-08Г2С	Механизированная сварка в защитных газах конструкций ответственного и общего назначения
Св-08ГА	Автоматическая сварка под флюсом углеродистых сталей с пределом текучести 235–440 МПа. (конструкций мостов, опор, труб, трубопроводов и котлов, работающих при высоких давлениях и температурах)
Св-08ГСНТ	Предназначена для механизированной сварки в защитных газах, применяется в судостроении и химическом машиностроении
Св-08ХМ	Автоматическая сварка под флюсом нефтегазопроводных труб и металлоконструкций ответственного назначения из углеродистых и низколегированных сталей с пределом текучести 235–440 МПа. (конструкций мостов, опор, труб, трубопроводов и котлов, работающих при высоких давлениях и температурах)
Св-10Г2	Автоматическая сварка под флюсом углеродистых сталей с пределом текучести 235–440 МПа

Св-10ГА	Автоматическая сварка под флюсом углеродистых и низколегированных сталей с пределом текучести 235-440 МПа
Св-10НМА	Автоматическая сварка под флюсом низколегированных сталей повышенного уровня прочности и хладостойкости металлоконструкций ответственного назначения. (конструкций мостов, опор, котлов, труб и трубопроводов работающих при высоких давлениях и температурах)

Стальные ***канаты*** выпускаются *несущие* (грузолюдские (ГЛ) и грузовые (Г)); *арматурные* и *авиационные* для легких (Л), средних (С) или жестких (ПС) условий работы. В зависимости от механических свойств проволоки канаты выпускаются *высшей, первой* и *второй марок,* по виду покрытия поверхности проволоки — *из светлой* или *оцинкованной проволоки,* а по материалу сердечника — *из металла, полимеров, минеральных* или *растительных волокон*.

Большое разнообразие ассортимента выпускаемых канатов обусловлено различными видами их конструкций и методами свивок. Так, по способу свивки канаты подразделяются на *раскручивающиеся* (Р) и *нераскручивающиеся* (Н), по направлению — *правой* и *левой* (Л) *свивки,* по сочетанию направлений свивки элементов конструкции (проволок, прядей, сердечника) — *крестовой* или *односторонней* (О) *свивки.* По характеру свивки проволок в прядях различают канаты *с линейным* (ЛК), *точечным* (ТК) или *точечно-линейным* (ТЛК) *касанием проволок в прядях*.

Обозначение конструкций канатов — цифровое. Здесь первая цифра — количество прядей, вторая — количество проволок в прядях. Цифры в скобках: первая — количество центральных проволок; вторая — количество проволок в первом слое; третья — количество проволок во втором слое и т.д.

Например, 6×19 (1+6+6); 1×7 (1+6) и т. д.

Основными характеристиками канатов являются диаметр каната и проволоки, временное сопротивление разрыву, расчетное разрывное усилие каната и проволок и др.

Машиностроительные крепежные изделия — изделия, предназначенные для создания разъемных или неразъемных соединений сопряженных деталей, узлов и конструкций.

К ним относятся болты, гайки, шпильки, винты, шайбы, шплинты, шпонки, штифты, заклепки, шурупы, гвозди и др.

Болты — это цилиндрические изделия с резьбой для навинчивания гайки. Отличаются точностью изготовления, общей длиной и длиной нарезной части, диаметром и ходом резьбы, размером под ключ и формой головки.

Гайки — крепежные изделия для резьбового соединения, имеющие отверстия с резьбой. В зависимости от формы они подразделяются на шести- и четырехгранные, круглые и колпачковые, утолщенные и специальных конструкций. Их основные характеристики — размеры и ход резьбы, размер под ключ и толщина.

Шпильки имеют форму цилиндра с резьбой на обоих концах. Отличаются общей длиной и длиной нарезных частей, а также диаметром и ходом резьбы.

Винты — цилиндрические изделия с нарезанной по всей длине резьбой и головкой под ключ или отвертку.

Шайбы представляют собой крепежные изделия кольцевидной формы, применяемые для предохранения поверхности соединяемых деталей от повреждения головками болтов или гайками, а также для предотвращения их самоотвинчивания. Шайбы выпускаются разрезные и неразрезные разных толщины и внутреннего диаметра.

Шплинты — это отрезки полукруглой проволоки (плющенки), используемые для предотвращения самоотвинчивания гаек и соединения слабонагруженных деталей.

Шпонки — крепежные детали прямоугольной формы. Предназначены для предотвращения взаимного перемещения соединяемых частей.

Штифты — конические или цилиндрические стержни. Используются для неподвижного закрепления соединяемых деталей.

Заклепки — крепежные изделия цилиндрической формы, предназначенные для неразъемного соединения деталей посредством клепки как в горячем, так и холодном состоянии. Они выпускаются с круглой, полукруглой, плоской и потайной головкой.

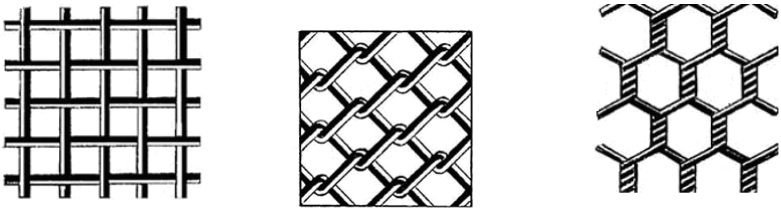
Шурупы — стержни конической формы с резьбой и головкой под отвертку. Применяются для неразъемного соединения деталей.

Гвозди — это крепежные изделия из проволоки. В зависимости от назначения, длины, толщины и диаметра головки они выпускаются строительные, толевые, отделочные, обойные, тарные, шиферные, обувные и др.

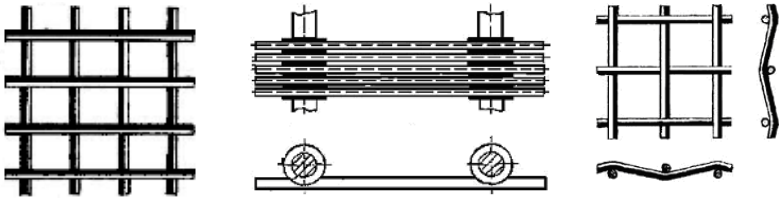
Сетки — это изделия, получаемые переплетением проволоки.

По назначению выпускаются сетки общего назначения (для изготовления перегородок, клеток, разделения сыпучих тел) и специальные (для армирования бетона, стекла, фильтрующие).

В соответствии с ГОСТ 2715-75 металлические проволочные сетки классифицируют по следующим признакам: способу изготовления (рисунок 2.5), форме ячеек (квадратные, прямоугольные, ромбические, шестигранные, трапециевидные и нулевые), размерам ячеек (от 0,0025 мм^2 до 625 мм^2), в зависимости от материала проволоки (углеродистая, легированная сталь), в зависимости от формы поперечного сечения проволоки, используемой при изготовлении (круглая, квадратная, трапециевидная, Т-образная, плоская и проволока периодического профиля), по состоянию металла (изготовленные из нагартованной или отожженной проволоки), по виду поверхности проволоки (сетки из светлой, темной, травленой, оцинкованной, луженой стальной проволоки или из проволоки, покрытой пластиком), по виду поверхности полотна (непокрытые и покрытые в полотне: оцинкованные, луженые, окрашенные, покрытые пластиком).



а б в



г д е

Рисунок 2.5 – Виды сеток, полученных различными способами: а — тканая, б — плетеная, в — крученая, г — сварная, д — щелевая, е — сборная

2.7. Контроль качества стали

Основным методом контроля сталей всех назначений и в любом состоянии поставки является ее тщательный **химический анализ** и проверка соответствия ее состава марочному, установленному в ГОСТ. Для сталей почти всех назначений и всех марок несоответствие марочному химическому составу является браковочным признаком. Важность строгого соблюдения химического состава вполне понятна. Во-первых, содержание каждого из элементов, входящих в сталь, обуславливает вполне определеннее ее свойства. Во-вторых, для получения из стали готового изделия ее во многих случаях приходится подвергать горячей обработке давлением (штамповке, ковке и т.д.) или сварке. При этом химический состав играет первостепенную роль, т. к. он предопределяет рациональные температуры нагрева, нижний уровень температуры, при которой еще можно производить обработку давлением и другие технологические данные. И, наконец, в третьих, большинство готовых стальных изделий подвергают термической обработке, режимы проведения которой (температура нагрева, выдержки, скорости охлаждения) и, самое главное, получаемые результаты по структуре и свойствам стали находятся в прямой и непосредственной зависимости от ее химического состава.

Пробы для определения среднего химического состава стали отбирают от жидкого металла при его разливке в слитки. От каждого ковша, после того как половина металла из него вылита, отбирают две пробы (вторую на случай повторного анализа) массой не менее

2 кг каждая. Пробу заливают в чугунные конусные стаканчики. Затвердевшую пробу вынимают из стаканчика и из нее сверлением или строганием получают стружку. Стружку измельчают, перемешивают и используют для химического анализа. Количество каждой входящей в сталь примеси и каждого легирующего элемента определяют в строгом соответствии с установленными в ГОСТ методиками. Только в этом случае результаты, полученные в различных лабораториях, будут сопоставлены друг с другом. Результаты химического анализа вносят в сертификат на сталь данной плавки.

Механические свойства контролируются и гарантируются для многих групп стали. Наиболее часто в ГОСТ оговариваются величина твердости, временного сопротивления разрыву, относительное сужение, относительное удлинение, удельная ударная вязкость. Эти свойства все или в отдельных случаях только некоторые из них определяют в отожженном или другом термически обработанном состоянии стали.

В состоянии поставки определяют все механические свойства для сталей, которые не подвергают последующей горячей или термической обработке.

В сталях с особыми свойствами обычно контролируют их основные эксплуатационные свойства.

Многие группы сталей, за исключением стали неответственного назначения, контролируют по **макро- и микроструктуре.**

Наиболее распространенными контролируемыми в соответствии с ГОСТ показателями макроструктуры является: разного рода ликвация, пористость, пузыри, трещинки, глубина обезуглероженного слоя. Многие из них количественно оцениваются по шкалам ГОСТ.

В микроструктуре стали контролируют: размер зерна, размер внутризеренных структурных составляющих, количество и форму специальных карбидов, нитридов, количественное соотношение различных структурных составляющих, Для оценки микроструктуры пользуются также эталонами шкал согласно ГОСТ.

Для контроля механических и специальных свойств, а также для исследования макро- и микроструктуры образцы в большинстве случаев отбирают не от жидкой стали и не от слитка, а от изделия или полуфабриката, которые в дальнейшем уже не подвергают горячей или холодной обработке давлением. Это может быть отливка, поковка, прокат или другое изделие.

Маркировка, упаковка и хранение стали производится по ГОСТ на соответствующий ее вид.

Транспортирование стальной продукции осуществляется всеми видами транспорта в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на данном виде транспорта.

2.8. Прецизионные сплавы

Прецизионные сплавы — (от франц. *précision* — точность), металлические сплавы с особыми физическими свойствами (магнитными, электрическими, тепловыми, упругими) или редким сочетанием физических, физико-химических и механических свойств, уровень которых в значительной степени обусловлен точностью химического состава, отсутствием вредных примесей, соответствующей структурой сплава. Прецизионные сплавы — незаменимые материалы при изготовлении узлов особо чувствительных приборов и установок, уникальной экспериментальной и малогабаритной аппаратуры, различного рода датчиков, преобразователей энергии. Они применяются также в бытовой технике, например в телевизорах, радиоприёмниках, часах и т.д. Прецизионные сплавы являются основой прогресса точного приборостроения, автоматики и др. отраслей техники; изготовляются преимущественно в виде тонкой ленты и проволоки, а также в виде поковок, листов, прутков, полиметаллической проволоки и ленты, монокристаллов. Для достижения наивысшего уровня свойств прецизионных сплавов необходимы, как правило, особые способы выплавки, деформирования, специальные режимы термической обработки, качественная отделка поверхности. Прецизионные сплавы требуют высокой культуры эксплуатации.

Большинство прецизинных сплавов создано на основе Fe, Ni, Co, Cu, Nb. К прецизионным сплавам относится ряд сплавов с аномалией свойств, среди которых особое место занимают сплавы с очень малым изменением физических параметров при изменении температуры, магнитного, электрического поля, механических нагрузок (например, инвар, элинвар, манганин, константан, перминвар). Важное практическое значение имеют и сплавы, характеризующиеся, наоборот, весьма большим изменением физических параметров при изменении внешних условий (например, пермал-

лой, алюмель, хромель, копель, магнитострикционные материалы, пружинные сплавы, термобиметаллы).

К прецизионным сплавам относятся также сплавы, обладающие сверхпроводимостью, сплавы с заданным значением физических параметров (например, ковар, платинит, фернико), в том числе сплавы с разнообразным сочетанием свойств и сплавы, сохраняющие требуемые свойства в условиях агрессивных сред, вибрации, электрического разряда, радиации, глубокого вакуума и т.д.

В зависимости от основных свойств прецизионные сплавы подразделяют на следующие группы: магнитно-мягкие, магнитно-твердые, сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР), сплавы с заданными свойствами упругости, сверхпроводящие сплавы, сплавы с высоким электрическим сопротивлением (в т.ч. с заданным температурным коэффициентом электрического сопротивления) и термобиметаллы.

Маркировка прецизионных сплавов (за исключением сплавов с высоким электросопротивлением) состоит из буквенных обозначений элементов и двузначного числа впереди буквы, обозначающего среднюю массовую долю элемента в процентах, входящего в основу сплава (кроме железа).

Химические элементы в марках обозначены следующими буквами: Б — ниобий, В — вольфрам, Г — марганец, Д — медь, К — кобальт, Л — бериллий, М — молибден, Н — никель, Р — бор. С — кремний, Т — титан, Ю — алюминий, Х — хром, Ф — ванадий. Буква «А» в конце марки обозначает, что сплав изготовляется с суженными пределами химического состава. При применении специальных способов выплавки или их сочетаний: вакуумно-индукционного, электронно-лучевого, плазменного, электрошлакового и вакуумно-дугового переплавов сплавы дополнительно обозначают через тире соответственно: ВИ. ЭЛ, П, Ш, ВД.

Магнитно-мягкие стали и сплавы (ГОСТ 10994–74 и 10160–75) **—** сплавы, обладающие высокой магнитной проницаемостью и малой коэрцитивной силой в слабых магнитных полях.

По химическому составу применяемые в промышленности магнитно-мягкие стали и сплавы делятся на низкоуглеродистые (0,05–0,005% С) с содержанием кремния 0,8–6,0% и сплавы железа с никелем.

По назначению магнитно-мягкие сплавы подразделяют на две группы: материалы для техники слабых токов и электротехнической стали.

Важнейшими представителями магнитно-мягких *сплавов, применяемых в технике слабых токов*, являются бинарные и легированные сплавы на основе Fe–Ni (*пермаллои*), сплавы на основе Fe–Co (например, *пермендюр*), а также магнитодиэлектрики, представляющие собой тонкие порошки карбонильного железа или пермаллоя, смешанные с кем-либо диэлектрической связкой. Из магнитномягких сплавов изготавливают сердечники трансформаторов (микрофонных, выходных, переходных, импульсных и других), магнитные экраны, элементы памяти ЭВМ, сердечники головок магнитной записи; из ферритов, кроме того, — магнитные антенны, волноводы и др.

К *электротехническим* сталям относятся сплавы на основе железа, легированные Si (0,3–6% по массе); сплавы содержат также 0,1–0,3% Mn (2011, 2012, 2013, 3406, 3411 и др.). Для электротехнических сталей (ГОСТ 21427–83) принята маркировка, основанная на кодировании. В обозначении марки используют четыре цифры, причем их значения соответствуют кодам, содержащим следующую информацию:

- первый — структура материала (по наличию и степени текстуры) и вид прокатки (горячая или холодная деформация);
- второй — химический состав по содержанию кремния;
- третий — величины потерь тепловых и на гистерезис;
- четвертый — значение нормируемого потребительского свойства.

Электротехнические стали изготавливают в виде рулонов, листов и резаной ленты. Они предназначены для изготовления магнитопроводов постоянного и переменного тока, якорей и полюсов электротехнических машин, роторов, статоров, магнитных цепей трансформаторов и др.

Марочный состав и назначение магнитно-мягких сталей, применяемых в технике слабых токов, и электротехнических сталей представлены в таблицах 2.22 и 2.23.

Таблица 2.22 – Марочный состав и области применения магнитномягких сталей, применяемых в технике слабых токов

Марки сплавов	Примерное назначение
45Н, 50Н	Для сердечников междуламповых и малогабаритных силовых трансформаторов, дросселей, реле и деталей магнитных цепей, работающих при повышенных индукциях без подмагничивания или с небольшим подмагничиванием
50НХС	Для сердечников импульсных трансформаторов и аппаратуры связи звуковых и высоких частот, работающих без подмагничивания или с небольшим подмагничиванием, для сердечников магнитных головик
40Н	Для сердечников помехоподавляющих проводов зажигания автомобилей
50НП, 34НКМП, 35НКХСП, 40НКМП, 68НМП	Для сердечников магнитных усилителей, коммутирующих дросселей, выпрямительных установок, элементов вычислительных аппаратов счетно-решающих машин
76НХД, 79НМ, 80НХС, 77НМД	Для сердечников малогабаритных трансформаторов, дросселей и реле, работающих в слабых полях магнитных экранов. В малых толщинах (0,05—0,02 мм) — для сердечников импульсных трансформаторов, магнитных усилителей и бесконтактных реле: марка 80НХС — для сердечников магнитных головок
68НМ, 79Н3М	Для сердечников импульсных и широкополосных трансформаторов
47НК, 64Н, 40НКМ	Для сердечников катушек постоянной индуктивности, дросселей фильтров, широкополосных трансформаторов
16Х	Для магнитопроводов различных систем управления якорей и электромагнитов; деталей электрических машин без защитных покрытий, работающих в сложных условиях воздействия среды, температуры и давления

36КНМ	Для магнитопроводов, работающих в морской воде
83НФ	Для сердечников малогабаритных трансформаторов и дросселей, работающих в слабых полях. Для магнитных экранов
27КХ	Для роторов и статоров электрических машин и других магнитопроводов, работающих при обычных и высоких температурах и в условиях механических нагрузок
49К2Ф	Для пакетов ультразвуковых преобразователей телефонных мембран
49КФ	Для сердечников и полюсных наконечников, магнитов и соленоидов
49К2ФА	Для трансформаторов, магнитных усилителей, роторов и статоров электрических машин
79НМП, 77НМДП	Для малогабаритных ленточных магнитных сердечников, переключающихся устройств, логических элементов, регистров сдвига
81НМА	Для сердечников магнитных головок, малогабаритных трансформаторов, дросселей, реле, дефектоскопов, магнитных экранов, феррозондов для применения в радиоэлектронной аппаратуре высокой чувствительности

Таблица 2.23 – Марочный состав и области применения электротехнических сталей

Марки сплавов	Примерное назначение
1211, 1212, 1213	Для якорей и полюсов электрических машин постоянного тока, для роторов и статоров асинхронных двигателей промышленной частоты мощностью до 100 кВт, для магнитопроводов приборов
1311, 1312	Для роторов и статоров асинхронных двигателей мощностью от 100 до 400 кВт
1411, 1412, 2411	Для роторов и статоров асинхронных двигателей мощностью от 400 до 1000 кВт, маломощных сило-

	вых трансформаторов, для двигателей повышенной частоты

Магнитно-твердые сплавы (ГОСТ 10994–74 и 17809–72)— сплавы с заданным сочетанием параметров предельной петли гистерезиса или петли гистерезиса, соответствующей полю максимальной проницаемости.

В зависимости от химического состава используемые в промышленности магнитно-твердые стали и сплавы представляют собой:

– высокоуглеродистые (1% С) сплавы железа с хромом (до 2,8%), легированные кобальтом (ГОСТ 10994–74): 52К10Ф, 35КХ4Ф, ЕХ5К5, ЕХ9К15М2 и др. Буква Е обозначает — сплав магнитно-твердый.

– высокоуглеродистые сплавы железа, алюминия, никеля и кобальта (*алнико*) (ГОСТ 17809–72): ЮНДЧ, ЮНТС, ЮНДКИ, ЮНДК, ЮНДКБА, ЮНДКТ5, ЮНДКТ5БА, ЮНДКТ5АА, ЮНДКТ8.

Марочный состав и назначение некоторых магнитно-твердых сплавов представлены в таблице 2.24.

Таблица 2.24 – Области применения магнитно-твердых сплавов

Марки сплавов	Назначение
52К10Ф, 52К11Ф, 52К12Ф, 52К13Ф	Для малогабаритных постоянных магнитов. Сплавы марок 52К10Ф и 52К11Ф, кроме того, для активной части гистерезисных двигателей
35КХ4Ф, 35КХ6Ф, 35КХ8Ф	Для активной части гистерезисных двигателей
ЕХ3, ЕВ6, ЕХ5К5, ЕХ9К15М2	Для построенных магнитов неответственного назначения
ЮНДЧ, ЮНТС, ЮНДКИ, ЮНДК, ЮНДКБА, ЮНДКТ5, ЮНДКТ5БА, ЮНДКТ5АА, ЮНДКТ8.	Для изготовления литых постоянных магнитов

Сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР) (ГОСТ 10994–74) предназначены для впаивания изделий на их основе в стеклянные и керамические корпуса вакуумных приборов. Химический состав этих сплавов базируется на системе Fe + Ni + Co с небольшим количеством меди. Точный состав каждого сплава устанавливается для конкретного вида стекла или керамики, используемых в изделиях, из условия равенства их температурных коэффициентов линейного расширения. Например, сплав 29НК (29% Ni, 18% Co, остальное — Fe) с $\alpha = (4{,}6–5{,}5) \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$, называемый *коваром,* предназначен для вакуумных впаев в молибденовые стекла в электровакуумной технике при изготовлении корпусов и токовыводов различных ламп, приборов.

Для изготовления деталей, спаиваемых со стеклом (например, в телевизионных кинескопах), применяют более дешевые ферритные железохромистые сплавы 18ХТФ и 18ХМТФ, имеющие $\alpha = 8{,}7 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$.

Особое место занимают сплавы с малым коэффициентом линейного расширения, существенно не меняющимся в высокотемпературной области. Эти сплавы предназначены для изготовления деталей измерительных приборов и технических средств. Промышленное значение имеет сплав *инвар* на базе железа и никеля (36%) с небольшим количеством углерода (0,05%). Для этого сплава $\alpha = (1–1{,}5) \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$, причем изменение величины коэффициента при температурах 600–700 °С происходит очень плавно за счет ферромагнитного эффекта. Разновидностями инвара являются сплавы с особо низким коэффициентом теплового расширения (менее $1 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$) — *суперинвар*, содержащий 64% железа, 32% никеля и 4% кобальта, и *нержавеющий инвар*, содержащий 54% кобальта, 37% железа и 9% хрома. Эти сплавы используют для изготовления деталей, впаиваемых в неорганические диэлектрики — стекло, керамику, слюду и др.

Марочный состав и назначение сплавов с заданным температурным коэффициентом линейного расширения представлены в таблице 2.25.

Таблица 2.25 — Марочный состав и назначение сплавов с заданным температурным коэффициентом линейного расширения

Марки сплавов	Назначение
36Н, 36Н-ВИ*	Для деталей приборов, требующих постоянства размеров в интервале климатических температур
32НКД	Для деталей приборов очень высокой точности, требующих постоянства размеров в интервале климатических температур
29НК, 29НК-ВИ, 29НК-1**, 29НК-ВИ-1	Для вакуумплотных спаев элементов радиоэлектронной аппаратуры со стеклами С49-1, С52-1, С48-1, С47-1
30НКД, 30НКД-ВИ	Для вакуумплотных спаев с тугоплавким стеклом С38-1 и для отдельных видов спаев со стеклом С40-1
38НКД, 38НКД-ВИ	Для вакуумплотных спаев со стеклом П-6, С72-4, с сапфиром
47НХ, 48НХ	Для вакуумплотных спаев с термометрическим стеклом 16Ш, С72-4 и т. д.
47Н3Х	Для вакуумплотных соединений с тонкими пленками мягкого стекла «Лензос» и т. д.
33НК, 33НК-ВИ	Для соединений с керамикой, слюдой и стеклом С72-4
47НД, 47НД-ВИ	Для спайки с мягким стеклом С93-4, С93-2, С95-2, С94-1, С90-1, С90-2 и т. д., для соединения с керамикой и слюдой для пружин герметических контактов
47НХР	Для вакуумных спаев элементов радиоэлектронной аппаратуры со стеклом С90-1, С93-2, С93-4, С94-1, С95-2 и т. д.
42Н, 42НА-ВИ, 42Н-ВИ	В электровакуумной технике
18ХТФ, 18ХМТФ	Для вакуумплотных соединений со стеклом С90-1, С93-4, С95-2 и герметизированных кон-

	тактов
52Н, 52Н-ВИ	Для соединения с мягким стеклом С90-1, С90-2, С93-2, С94-1, С95-2 и С93-4
58Н-ВИ	Для штриховых мер длины
35НКТ	Для деталей приборов, работающих при повышенных нагрузках
32НК-ВИ	Для изделий с полированной поверхностью, деталей сложной формы, которые нельзя подвергать закалке для получения более низкого ТКЛР
39Н, 36НХ	Для конструкций и трубопроводов, работающих мри низких температурах
* ВИ — вакуумно-индукционный способ выплавки ** Цифра 1 — суженные пределы норм ТКЛР	

Сплавы с заданными свойствами упругости (ГОСТ 10994–74) — сплавы, обладающие высокими упругими свойствами в сочетании с другими специальными свойствами (повышенной коррозионной устойчивостью, повышенной прочностью, низкой магнитной проницаемостью, заданными значениями модуля нормальной упругости к температурным коэффициентом модуля упругости).

В зависимости от химического состава используемые в промышленности сплавы с заданными свойствами упругости представляют собой:

– низкоуглеродистые (0,05% С) сплавы железа с никелем (35–45%), легированные хромом и титаном: 36НХТЮ, 42НХТЮА и др;

– сплавы никеля с хромом (до 20%) с низким содержанием железа (до 1%), легированные вольфрамом (9–10,5%): 68НХВКТЮ;

– сплавы на основе кобальта (до 41%): 40КХНМ, 40КНХМВТЮ.

Сплавы этой группы являются немагнитными, коррозионностойкими с модулем нормальной упругости до 216000 МН/м^2.

Марочный состав и области применения сплавов с заданными свойствами упругости представлены в таблице 2.26.

Таблица 2.26 – Марочный состав и области применения сплавов с заданными свойствами упругости

Марки сплавов	Назначение
40КХНМ	Для заводных пружин часовых механизмов, витых цилиндрических пружин, работающих при температуре до 400 °С, для кернов электроизмерительных приборов, для деталей в хирургии
40КНХМВТЮ	Для заводных пружин наручных часов
36НХТЮ	Для упругих чувствительных элементов приборов и деталей, работающих при температуре до 250 °С
36НХТЮ5М	Для упругих чувствительных элементов, работающих при температуре до 350 °С
36НХТЮ8М	Для упругих чувствительных элементов, работающих при температуре до 400 °С
68НХВКТЮ	Для упругих чувствительных элементов и деталей приборов, работающих при температуре от минус 196 до плюс 500 °С
17ХНГТ	Для упругих чувствительных элементов и пружинных деталей общего и специального назначения, работающих при температуре до 250 °С
97НЛ	Для токоведущих и силовых упругих чувствительных элементов, работающих при температуре до 300 °С
42НХТЮ	Для упругих чувствительных элементов, работающих при температуре до 100 °С
42НХТЮА	Для волосковых спиралей часовых механизмов
44НХТЮ	Для упругих чувствительных элементов, работающих при температуре до 200 °С

Сверхпроводящие сплавы — сплавы, характеризующиеся специальными электрическими свойствами в области низких температур. Это безжелезистые сплавы на основе титана и ниобия (36БТ, БТЦ-ВД), и титана и молибдена (70ТМ-ВД).

Марочный состав и области применения сверхпроводящих сплавов представлены в таблице 2.27.

Таблица 2.27 – Марочный состав и области применения сверхпроводящих сплавов

Марки сплавов	Назначение
36БТ	Для сверхпроводящих экранов магнитного поля, для токопроводов сверхпроводящих магнитных систем
БТЦ-ВД	Для сверхпроводниковых топологических генераторов коммутаторов в системах ввода и вывода энергии сверхпроводящих магнитов; криогенных конструкций
70ТМ-ВД	Для датчиков температуры, уровнемеров жидкого гелия

Сплавы с высоким электрическим сопротивлением (ГОСТ 10994–74)— сплавы, обладающие необходимым сочетанием электрических и других свойств. Эти сплавы должны сочетать высокое сопротивление (1,06–1,47 мкОм · м, что более чем в 10 раз выше, чем у низкоуглеродистой стали) и жаростойкость (1000–1350°С). К технологическим свойствам таких сплавов предъявляются требования высокой пластичности, обеспечивающей хорошую деформируемость на прутки, полосу, проволоку и ленты, в том числе малых сечений, а к потребительским — малой величины температурного коэффициента линейного расширения. Для этих сплавов используются системы Fe + Cr + Al, Fe + Ni + Cr и Ni + Cr. Чем больше в сплавах хрома и алюминия, тем выше их жаростойкость. Количество углерода в сплавах строго ограничивают (0,06–0,12%), так как появление карбидов снижает пластичность и сокращает срок эксплуатации изделий.

Маркировка сплавов с высоким электросопротивлением (в отличие от других прецизионных сплавов) состоит из обозначения элемента и следующих за ним цифр. Цифры, стоящие после букв, означают среднюю массовую долю легирующего элемента в целых единицах.

Наибольшее распространение в технике получили сплавы Х15Ю5 (*фехраль*), 0Х23Ю5 (*хромель*) и 0Х27Ю5А. Эти сплавы малопластичные, поэтому изделия из них, особенно крупные, выпол-

няют при подогреве до 200–300 °С. Сопротивление ползучести этих сплавов невелико, и нагреватели при высоких температурах (1150–1200 °С) нередко провисают под действием собственного веса.

Высоким электросопротивлением обладают сплавы на основе никеля — Х20Н80 (*нихромы*). Сплавы нихрома с железом называют *ферронихромами,* например сплав Х15Н60, содержащий 25% Fe. Ферронихромы обладают более высокими технологическими свойствами и дешевле, чем нихромы. Стали и сплавы с высоким электросопротивлением предназначены для изготовления деталей и элементов нагревательных приборов, реостатов, а также резисторов, терморезисторов, тензодатчиков и др.

Марочный состав и назначение сплавов с высоким элктросопротивлением представлены в таблице 2.28.

Таблица 2.28 – Марочный состав и назначение сплавов с высоким электросопротивлением

Марки сплавов	Назначение
Х15Ю5, Х23-5	Для резистивных элементов, а также для электронагревательных устройств
Х23Ю5Т, Х27Ю5Т	Для нагревательных элементов с предельной рабочей температурой 1 400 °С (Х23Ю5), 1350 °С (Х23Ю5Т), в промышленных и лабораторных печах. Сплав Х23Ю5Т также применяется для бытовых приборов и электрических аппаратов теплового действия
Х15Н60-Н-ВИ, Х15Н60-Н, Х20Н80-Н-ВИ, Х20Н80-Н	Для нагревательных элементов с предельной рабочей температурой 1100 °С (Х15Н60-Н), 1150 °С (Х15Н60-Н-ВИ), 1200 °С (Х20Н80-Н), 1220 °С (Х20Н80-Н-ВИ) промышленных электропечей и различных электронагревательных устройств. Сплавы Х15Н60-Н-ВИ и Х20Н80-Н-ВИ рекомендуются для нагревателей электротермического оборудования повышенной надежности
ХН70Ю-Н	Для нагревательных элементов с предельной

	рабочей температурой 1200 °С промышленных электропечей
ХН20ЮС	Для нагревательных элементов с предельной рабочей температурой 1100 °С промышленных электропечей и различных нагревательных устройств
Н50К10*	Для термодатчиков и термочувствительных элементов, работающих в интервале температур от 20 до 500 °С
Х20Н80-ВИ* Х20Н80* Х15Н60*	Для изготовления ответственных деталей внутривакуумных приборов, соединителей в изделиях электронной техники, для непрецизионных резисторов
Х20Н73ЮМ-ВИ* Н80ХЮД-ВИ*	Для прецизионных резисторов (сплав Х20Н73ЮМ-ВИ для резисторов с повышенной стабильностью) и тензорезисторов
*Сплавы с заданным температурным коэффициентом электрического сопротивления	

Термобиметаллы — материалы, состоящие из двух или более слоев металлов или сплавов с различными температурными коэффициентами линейною расширения, разность которых обеспечивает их упругую деформацию при изменении температуры. Обозначение марок термобиметаллов принято по ГОСТ 10533-86.

Марочный состав и назначение термобиметаллов представлены в таблице 2.29.

Таблица 2.29 – Марочный состав и назначение термобиметаллов

Марки термобиметалла	Марка составляющих термобиметалла*	Назначение
ТБ200/113 (ТБ2013)	75Г5Г ——— 36Н	Для термочувствительных элементов приборов (тепловых реле, предохранителей, термометров и т. д.)

ТБ160/122 (ТБ1613)	75Г5Г / 45Н5	Для термочувствительных элементов, нагреваемых электрическим током приборов (автоматов защиты сети, реле и т д.)
ТБ148/79 (ТБ1523)	20Н0 / 36Н	Для термочувствительных элементов приборов (компенсаторов реле защиты и т. д.)
ТБ138/80 (ТБ1423)	24Н4 / 36Н	Для термочувствительных элементов приборов (реле–регуляторов, импульсных датчиков, предохранителей и т.д.)
ТБ129/79 (ТБ1323)	19Н9 / 36Н	
ТБ107/71 (ТБ1132)	24Н4 / 42Н	
ТБ103/70 (ТБ1032)	19Н9 / 42Н	Для термочувствительных элементов приборов (автоматов защиты сети, реле и т. д.)
ТБ73/57 (ТБ0831)	24Н4 / 50Н	Для термочувствительных элементов с малой величиной изгиба
ТБ95/62 (ТБ1031, ТБ68)	20Н0 / 46Н	Для термочувствительных элементов приборов (реле, предохранителей и т. д.)
*В числителе указан активный слой, в знаменателе — пассивный		

Маркировка биметаллов состоит из букв ТБ и последующих двух чисел, первое из которых обозначает удельный изгиб в $°C^{-1}$, умноженный на 10^7, а второе — удельное электрическое сопротивление в Ом · м, умноженное на 10^8.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ И АССОРТИМЕНТ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ СПЛАВОВ

3.1. Алюминий и сплавы на его основе

Алюминий — легкий серебристо-белый металл плотностью 2 700 кг/м^3, $t_{пл}$ = 660 °С, характеризуется невысокими прочностью ($\sigma_в$ = 50МПа) и твердостью (170*HB*) при достаточно высокой пластичности (δ = 50%), обладает низким удельным электрическим сопротивлением (0,286 Ом/(мм^2 · м)), высокой теплопроводностью (343 Вт/(м · К) при 190 °С) и коррозионной стойкостью. Среди технологических свойств у алюминия следует отметить хорошие обрабатываемость давлением, свариваемость (саривается не всеми видами сварки), полируемость (отражательная способность до 90%), анодируемость и сравнительно плохую обрабатываемость резанием.

По ГОСТ 11069–2001 алюминий первичный выпускают высокой чистоты — А995, А99, А98, А97, А95 и технической чистоты — А85, А8, А7, А7Е, А7Э, А6, А5, А5Е, А35, А0. В обозначении марки буква А (алюминий) указывается чистота (например, А999 содержит 99,995%Al, А0 — 99,0% Al). Буква Е в маркировке обозначает алюминий с гарантированными электрическими характеристиками. Кроме первичного, изготовляют алюминий технический деформируемый (ГОСТ 4784–97): АД000, АД00 (1010), АД00Е (1010Е), АД0 (1011), АД0Е (1011Е), АД1 (1013), АД (1015), АД1пл. Маркировка деформированного алюминия соответствует маркировке деформируемых алюминиевых сплавов, рассмотренной далее. Буквы Э в марке деформированного алюминия обозначают экспериментальный, пл — плакированный.

Алюминий высокой чистоты применяется в полупроводниковой технике и для получения разного рода зеркал. Деформируемый алюминий изготавливают в виде листов, профилей, прутков, проволоки и других полуфабрикатов.

Алюминиевые сплавы благодаря более высоким технологическим и потребительским свойствам, шире применяются в промышленности, чем первичный алюминий. Преимуществами алюминиевых сплавов являются высокие значения прочности ($\sigma_в$ — до 600 МПа), коррозионной стойкости, тепло- и электропроводности.

Алюминиевые сплавы классифицируются *по способу производства, возможности упрочнения термической обработкой, основным потребительским свойствам* и *химическому составу* (рисунок 3.1).

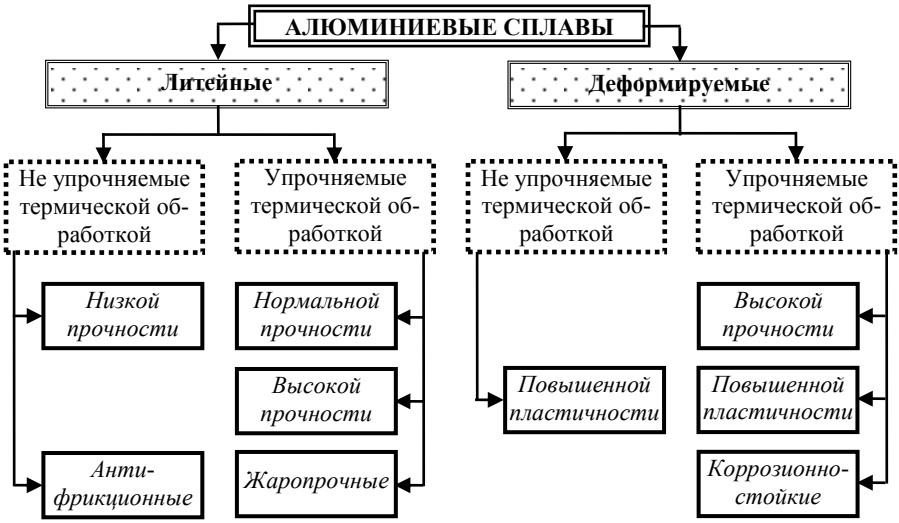


Рисунок 3.1. Классификация алюминиевых сплавов

По способу производства алюминиевые сплавы делятся на ***литейные*** и ***деформируемые***.

По возможности упрочнения термической обработкой алюминиевые сплавы делятся на сплавы ***упрочняемые термической обработкой*** и сплавы *не упрочняемые термической обработкой*.

По основным потребительским свойствам и химическому составу алюминиевые сплавы делятся на следующие группы:

– ***сплавы высокой прочности*** ($\sigma_в$ = 400–600 МПа), имеющие сложных химический состав; главными легирующими элементами являются медь и магний (у сплава В95 — цинк), ***нормальной прочности*** ($\sigma_в$ = 200–400 МПа) и ***низкой прочности*** ($\sigma_в$ до 200 МПа);

– ***жаропрочные сплавы*** (температура эксплуатации до 300–350 °С), которые при меньшем содержании меди дополнительно легируются никелем;

– ***сплавы повышенной пластичности*** (низкой прочности — $\sigma_в$ < 250 МПа), содержание меди в которых ограничивается 0,5%;

– ***сплавы повышенных пластичности*** и ***стойкости против коррозии***, которые не содержат меди и дополнительно легируются магнием (реже марганцем);

– ***антифрикционные сплавы***, представляющие собой сплавы алюминия с оловом, никелем, медью и другими элементами.

Литейные алюминиевые сплавы (ГОСТ 1583–93). Литейные не упрочняемые термической обработкой алюминиевые сплавы классифицируют как *сплавы низкой прочности* (АК12 (АЛ2), АК5М4 и др.) и *антифрикционные* (АСМ, АО20-1, АО9-2 и др.), а упрочняемые термической обработкой — как *сплавы нормальной прочности* (АК5М (АЛ5), АК12М2МгН (АЛ25), АК21М2 и др.), *высокопрочные* (АМг10 (АЛ27), АК8М (АЛ32) и др.) и *жаропрочные* (АМ5 (АЛ19)) *сплавы*.

Алюминиевые литейные сплавы маркируются (ГОСТ 1583–93) буквами и цифрами. Буква А означает — сплав алюминиевый, остальные буквы — легирующие элементы сплава (таблица 3.1). Цифры после букв обозначают среднюю массовую долю соответствующего элемента в %. Буквы в конце марки обозначают: ч — чистый; пч — повышенной чистоты; оч — особой чистоты; л — литейные сплавы; с — селективный. Рафинированные сплавы в чушках обозначают буквой р, которую ставят после обозначения марки сплава. ГОСТ 1583–93 предусматривает указание в скобках старой марки сплавов.

Таблица 3.1 – Условные обозначения легирующих элементов в цветных металлах

Легирующий элемент	Химический символ	Обозначение в марках сталей
Алюминий	Al	Ю
Барий	Ba	Бр
Висмут	Bi	Ви
Гадолиний	Gd	Гн
Галлий	Ga	Ги
Гафний	Hf	Гф
Германий	Ge	Г

Железо	Fe	Ж
Золото	Au	Зл
Индий	In	Ин
Иридий	Ir	И
Кадмий	Cd	Кд
Кремний	Si	К
Магний	Mg	Мг
Марганец	Mn	Мц
Мышьяк	As	Мш
Медь	Cu	М
Никель	Ni	Н
Ниобий	Nb	Нп
Олово	Sn	О
Осмий	Os	Ос
Палладий	Pd	Пд
Платина	Pt	Пл
Ртуть	Hg	Р
Свинец	Pb	С
Селен	Se	СТ
Серебро	Ag	Ср
Сурьма	Sb	Су
Таллий	Tl	Тл
Тантал	Ta	ТТ
Фосфор	P	Ф
Хром	Cr	Х
Церий	Ce	Се
Цинк	Zn	Ц

Для изготовления отливок в промышленности используют пять групп алюминиевых сплавов (ГОСТ 1583–93):

I. Сплавы на основе системы *алюминий – кремний (силумины)* — марки АК12 (АЛ2); АК13 (АК13); АК9 (АК9); АК9с (АК9с); АК9ч

(АЛ4); АК9пч (АЛ4-1); АК8л (АЛ34); АК7 (АК7); АК7ч (АЛ9); АК7пч (АЛ9-1); АК10Су (АК10Су);

II. Сплавы на основе системы *алюминий – медь – кремний (алькусины)* — марки АК5М (АЛ5); АК5Мч (АЛ5-1); АК5М2 (АК5М2); АК5М7 (АК5М7); АК6М2 (АК6М2); АК8М (АЛ32); АК5М4 (АК5М4); АК8М3 (АК8М3); АК8М3ч (ВАЛ8); АК9М2 (АК9М2); АК12М2 (АК11М2, АК12М2, АК12М2р); АК12ММгН (АЛ30); АК12М2МгН (АЛ25); АК21М2,5Н2,5 (ВКЖЛС-2);

III. Сплавы на основе *алюминий – медь* — марки АМ5 (АЛ19); АМ4,5Кд (ВАЛ10);

IV. Сплавы на основе *алюминий – магний* — марки АМг4К1,5М (АМг4К1,5М); АМг5К (АЛ13); АМг5Мц (АЛ28); АМг6л (АЛ23); АМг6лч (АЛ23-1); АМг10 (АЛ27); АМг10ч (АЛ27-1); АМг11 (АЛ22); АМг7 (АЛ29);

V. Сплавы *алюминия с прочими компонентами (сложнолегированные)* — марки АК7Ц9 (АЛ11); АК9Ц6 (АК9Ц6р); АЦ4Мг (АЛ24).

Области применения некоторых марок литейных алюминиевых сплавов представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Области применения литейных алюминиевых сплавов

Группа	Марка сплава	Области применения
1	*2*	*3*
I	АК12 (АЛ2)	Для изготовления герметичных деталей небольших размеров. Детали, испытывающих ударные нагрузки, тонкостенные детали сложной конфигурации. Детали автомобиле- и тракторостроения: картеры, блоки цилиндров, поршни двигателей внутреннего сгорания. Изделия пищевого назначения: теплообменников, мясорубки
	АК9ч (АЛ4), АК7ч (АЛ9)	Для изготовления отливок сложных по конфигурации, статически нагруженных деталей: корпуса водяных насосов, компрессоров, картеры и блоки цилиндров двигателей внутрен-

		него сгорания, системы водяного охлаждения, турбинные колеса турбохолодильников, вентиляторов, арматура и для изготовления посуды
	АК7пч (АЛ9-1)	Для изготовления сложных по конфигурации деталей агрегатов и приборов, испытывающих средние нагрузки и работающих при температурах до 200 °С
	АК8л (АЛ34)	Для литья крупных корпусных деталей, сложных по конфигурации и работающих под большим внутренним давлением газа или жидкости
II	АК8М (АЛ32)	Для изготовления нагруженных деталей: блоки цилиндров, головки блоков и других деталей автомобильных двигателей
	АК8М3ч (ВАЛ8)	Для производства силовых и герметичных деталей с рабочими температурами до 250 °С, изготовляемых литьем под давлением методами точного литья
	АК5М (АЛ5)	Для изготовления головок цилиндров двигателей воздушного охлаждения, деталей агрегатов и приборов, работающих при температуре не выше 250 °С
	АК12М2МгН (АЛ25)	Поршни двигателей внутреннего сгорания
III	АМ5 (АЛ19)	Для изготовления крупногабаритных отливок ответственных деталей, работающих в условиях повышенных статических и ударных нагрузок при низких температурах и повышенных до 300 °С
IV	АМг10 (АЛ27), АМг10ч (АЛ27-1)	Для изготовления силовых деталей, работающих при температурах от –60 до +60 °С. используют вместо дефицитных бронз, латуней, коррозионно-стойких сталей. Для деталей, работающих в различных климатических условиях, включая воздействие морской воды и

		тумана
	АМг5Мц (АЛ28)	Арматура трубопроводов пресной воды, масляных и топливных систем, а также детали судовых механизмов и оборудования, рабочая температура которых не превышает 100 °С
	АМг6л (АЛ23)	Детали, несущие средние статические и небольшие ударные нагрузки, в закаленном состоянии
	АМг7 (АЛ29)	Для изготовления отливок высокой прочности для работ в коррозионных средах, разработан с учетом потребности в легких сплавах, надежно работающих в любых климатических условиях, для изготовления газовой аппаратуры взамен медных сплавов
V	АК7Ц9 (АЛ11)	Детали, требующие повышенной пластичности и постоянства за счет снижения прочностных характеристик
	АЦ4Мг (АЛ24)	Детали с повышенной коррозийной стойкостью

Замена чугуна и стали литейными алюминиевыми сплавами позволяет получать значительный технико-экономический эффект за счет снижения массы (металлоемкости) конструкций; повышения эксплуатационной надежности и долговечности; уменьшения трудоемкости благодаря применению более точных литых заготовок, а также более легкой обрабатываемости резанием.

Деформируемые алюминиевые сплавы (ГОСТ 4784–97 и 1131–76). Деформируемые сплавы хорошо подвергаются прессованию, прокатке, гибке, вальцовке и используются для изготовления полуфабрикатов (профили, листы, проволока и др.) из слитков.

Деформируемые не упрочняемые термической обработкой алюминиевые сплавы определяют как *сплавы повышенной пластичности* (АМц (1400), АМг0,5 (1505), АМг1 (1510) и др.). Деформируемые сплавы, упрочняемые термической обработкой, классифицируют на *сплавы нормальной прочности* (Д1 (1110), Д16 (1160), Д19 (1190) и др.), *высокопрочные* (В95 (1950), В95оч и др.), *повышенной пластичности при комнатной* (Д18 (1180)) и *повышенной*

(АК4 (1140)) *температурах* и *коррозионно-стойкие* (АД31 (1310), АД33 (1330)).

Согласно ГОСТ 4784–97 деформируемые алюминиевые сплавы имеют двойную маркировку: буквенно-цифровую и цифровую. Смешанная буквенно-цифровая маркировка алюминиевых сплавов не отличается системой и единообразием. Буквы в этой маркировке обозначают: Д— дуралюмин, АВ — авиаль, АД — сплав алюминиевый деформированный (или алюминий технический деформированный), К — ковочный сплав, В — высокопрочный сплав, а цифры — условный номер сплава. АМг, АМц и АЦ — сплавы алюминия с магнием (Мг), марганцем (Мц) и цинком (Ц) соответственно (причем цифры, следующие за буквами Мг, Мц и Ц соответствуют примерному содержанию этих элементов в сплавах). Чистота сплавов обозначается следующими буквами, стоящими после маркировки: пч, ч, оч — соответственно практически чистый, чистый и очень чистый. Состояние полуфабрикатов из алюминиевых сплавов обозначается следующей маркировкой: М — мягкий, отожженный; Т — термически обработанный (закалка и естественное старение); Т1 — термически обработанный (закалка и искусственное старение); Н — нагартованный; П — полунагартованный, пл — плакированный и др.

В настоящее время вводится единая четырехцифровая маркировка алюминиевых сплавов. Первая цифра обозначает основу всех сплавов. Алюминию присвоена цифра один. Вторая цифра обозначает основной легирующий компонент или основные легирующие компоненты. Второй цифрой 0 обозначаются различные марки алюминия, спеченные алюминиевые сплавы (САС), различные сорта пеноалюминия. Цифрой 1 обозначают сплавы на основе системы Al–Cu–Mg; цифрой 2 — сплавы на основе системы Al–Cu; цифрой 3 — сплавы на основе системы Al–Mg–Si; цифрой 4 — сплавы на основе системы Al–Li, а также сплавы, легированные малорастворимыми компонентами, например переходными металлами (марганец, хром, цирконий); сплавы, замаркированные цифрой 5, базируются на системе Al–Mg и называются магналиями; сплавы на основе систем Al–Zn–Mg или Al–Zn–Mg–Cu обозначаются цифрой 9. Цифры 6, 7 и 8 - резервные.

Последние две цифры в цифровом обозначении алюминиевого сплава — это его порядковый номер. Последняя цифра несет до-

полнительную информацию: сплавы, оканчивающиеся на нечетную цифру, — деформируемые, на четную — литейные, на цифру 7 — проволочные сплавы; на цифру 9 — металлокерамические сплавы.

Опытные сплавы обозначают цифрой 0, которая ставится впереди единицы, т. е. для опытных сплавов в виде исключения применяется пятизначная маркировка. Например, сплав марки 01420. Эта цифра исключается из маркировки, когда сплав становится серийным.

Деформируемые алюминиевые сплавы согласно ГОСТ 4784–97 разделены на 7 групп:

I. Сплавы систем *алюминий – медь – магний* и *алюминий – медь – марганец (дуралюмины)* — марки Д1 (1110); Д16 (1160); Д16ч; В65 (1165); Д18 (1180); Д19 (1190); АК4 (1140); АК4-1 (1141); АК4-1ч, 1201; АК6 (1360); АК8 (1380); 1105;

II. Сплавы системы *алюминий – марганец* — марки ММ (1403); АМц (1400); АМцС (1401);

III. Сплавы системы *алюминий – магний* — марки АМг0,5 (1505); АМг1 (1510); АМг1,5; АМг2 (1520); АМг2,5; АМг3 (1530); АМг3,5; АМг4,0 (1540); АМг4,5; АМг5 (1550); АМг6 (1560); Д12 (1521);

IV. Сплавы системы *алюминий – магний – кремний* — марки АД31 (1310); АД31Е (1310Е); АД33 (1330); АД35 (1350); АВ (1340);

V. Сплавы системы *алюминий – цинк – магний* — марки 1915; 1925; В95оч; В95пч; В95 (1950); В93пч; В95-1; В95-2; АЦпл;

VI. Сплавы, предназначенные *для изготовления проволоки для холодной высадки* — марки Д1П (1117); Д16П (1167); Д19П (1197); АМг5П (1557); В95П (1957);

VII. Сплавы, предназначенные *для изготовления сварочной проволоки* — марки СвА99; СвА97; СвА85Т; СвА5; СвАМц; СвАМг3; СвАМг5; Св1557; Св1577пч; СвАМг6; СвАМг63; СвАМг61; СвАК5; СвАК10; Св1201.

Области применения некоторых марок деформируемых алюминиевых сплавов представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Области применения деформируемых алюминиевых сплавов

Группа	Марка сплава	Области применения
1	*2*	*3*
I	Д1	Лопасти воздушных винтов, узлы креплений, строительные конструкций и др.
	Д16	Силовые элементы конструкций самолетов (шпангоуты, нервюры, тяги управления, лонжероны), кузова грузовых автомобилей, буровые трубы и др.
	Д19	Те же деталей, что и из сплава Д16, но работающие при нагреве до 200–250 °С;
	В65, Д18	Заклепки
	АК4-1	Детали реактивных двигателей (крыльчатые насосы, колеса, компрессоры, заборники, диски, лопатки)
	АК6	Сложные штамповки (крыльчатки вентилятора для компрессоров реактивных двигателей, корпусные агрегатные детали, крепежные детали и др.)
	АК8	Высоконагруженные детали самолетов, изготовленные ковкой и штамповкой (рамы, фитинги, пояса лонжеронов и др.); детали, работающих в условиях криогенных температур
II, III	АМц, АМг2, АМг6	Изделия, получаемые глубокой вытяжкой, сваркой, от которых требуется высокая коррозионная стойкость (трубопроводы для масла и бензина, радиаторы тракторов и автомобилей, сварные бензобаки), а также заклепки, корпуса и мачты судов, узлы лифтов и подъемных кранов, рамы транспортных средств и др.
IV	АД31	Детали невысокой прочности, от которых требуется хорошая коррозионная стойкость и декоративный вид, работающие в интервале температур –70 – 50 °С; для отделки кабин самолетов и вертолетов с различными цветовыми покрытиями; в строительстве для дверных рам, оконных переплетов, эскалаторов, а также в автомобильной, легкой и мебель-

		ной промышленности
	АД33	Детали средней прочности, работающие в интервале температур –70 – 50 °С и обладающие коррозионной стойкостью во влажной атмосфере и морской вод (лопасти вертолетов, барабаны колес гидросамолетов); в судостроении и строительстве
	АВ	Для деталей, от которых при изготовлении требуется высокая пластичность в холодном и горячем состоянии (лопасти вертолетов, штампованные и кованые детали сложной конфигурации)
V	В95, В93пч	Высоконагруженные конструкции, работающие в основном в условиях напряжений сжатия (детали обшивки, стрингеры, шпангоуты, лонжероны самолетов и др.)

3.2. Медь и сплавы на ее основе

Медь — металл красного (в изломе розового) цвета плотностью ρ = 8 960 кг/м^3, $t_{пл}$ = 1 083 °С, характеризуется невысокими механическими свойствами (в литом состоянии — $\sigma_в$ = 160 МПа, δ = 25%, после горячекатаной обработки — $\sigma_в$ = 240 МПа, δ = 45%), обладает высокими электрическим сопротивлением (0,0175 мкОм · м), удельной теплопроводностью (394 Вт/(м ·К)) и коррозионной стойкостью. Среди технологических свойств у меди следует отметить хорошие обрабатываемость давлением и возможность пайки, низкие литейные свойства (большая усадка), невысокую обрабатываемость резанием и очень плохую свариваемость.

По ГОСТ 859–2001 медь выпускают следующих марок: катодная — М00к (99,99% Cu), М0к (99,97% Cu), М1к (99,95% Cu), М2к (99,93% Cu), литая и деформированная — М00б (99,99% Cu), М0б (99,97% Cu + Ag), М1б (99,95% Cu + Ag), М00 (99,96% Cu), М0 (99,93% Cu + Ag), М1 (99,90% Cu + Ag), М1р (99,90% Cu + Ag), М1ф (99,90% Cu + Ag), М2р (99,70% Cu + Ag), М3р (99,50% Cu + Ag), М2 (99,70% Cu + Ag), М3 (99,50% Cu + Ag). В обозначении марки после буквы М (медь) указывается условный номер чистоты, а затем буквой способ и условия получения меди: к — катодная, б — бескислородная, р — раскисленная, ф —

раскисленная фосфором. В обозначении меди марок М1 и М1р, предназначенной для электротехнический промышленности и подлежащей испытаниям на электропроводность, дополнительно включают букву Е.

Главное применение меди — производство электрических проводов. Примеси понижают ее электропроводность, поэтому в электротехнике используют медь с суммарным содержанием примесей менее 0,1% (М00, М0, М1). Она применяется для изготовления конструкционных изделий в теплотехнике (нагревателей, радиаторов, теплообменников, холодильников и др.) и вакуумной технике. Медь применяется в идее листов, прутков, труб и проволоки.

Более 30% меди идет на производство сплавов. Преимуществами медных сплавов являются хорошая электропроводность, низкий коэффициент трения, высокая пластичность, большая прочность (300–1 200 МПа), коррозионная стойкость в ряде агрессивных сред, возможность термомеханической обработки.

Медные сплавы подразделяются по химическому составу на *латуни, бронзы* и *медно-никелевые сплавы*, а по способу изготовления из них деталей на *деформируемые* и *литейные* (рисунок 3.2). Из деформируемых медных сплавов изготавливают листы, ленты, трубы, полуфабрикаты различного профиля. Из литейных сплавов методом литья в формы получают фасонные детали и художественные изделия.

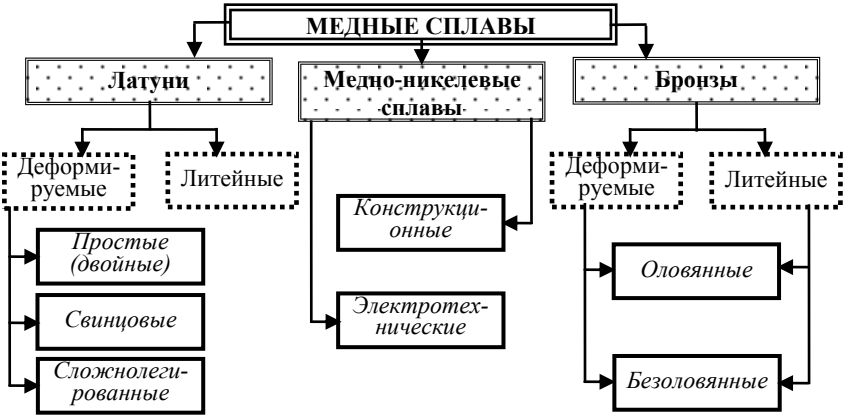


Рисунок 3.2. Классификация медных сплавов

Латуни — двойные или многокомпонентные сплавы меди, в которых основным легирующим элементом является цинк. Все латуни по способу производства делятся на деформируемые и литейные.

Деформируемые латуни (медно-цинковые сплавы, обрабатываемые давлением) (ГОСТ 15527–2004) по химическому составу подразделяются на простые (двойные), многокомпонентные (свинцовые и сложнолегированные), а по структуре — на однофазные и многофазные.

Деформируемые простые латуни маркируются буквой Л, следующая за ней цифра означает содержание меди. Марка многокомпонентной латуни включает буквы Л (латунь) и буквы, соответствующие легирующим элементам (таблица 3.1), после букв следуют цифры через дефис. Первая цифра указывает среднее содержание меди в %, остальные — содержание соответствующих легирующих элементов в том же порядке, как и буквы, их обозначающие. Содержание цинка в наименовании марки латуни не указывается и определяется по разности. Например, в латуни Л96 — 96% Cu, остальное цинк, ЛА85-1,5 — 85% Cu и 1,5% Al, остальное — цинк.

В *простых* (*двойных*) латунях основными элементами являются медь и цинк. Однофазные латуни, содержащие до 10% Zn, называют томпаком (Л96, Л90), от 10 до 20% Zn — полутомпаком, от 20 до 30% Zn — патронными (Л85, Л80, Л70). С увеличением содержания цинка цвет латуней изменяется от красноватого до светло-желтого, повышаются предел прочности от 270 до 320 МПа и твердость от 470 до 500 НВ. Прочность однофазной латуни может быть значительно повышена холодной пластической деформацией.

Томпак имеет очень хорошую пластичность и высокую коррозионную стойкость. Он применяется для изготовления радиаторных трубок, деталей конденсационно-холодильного оборудования, уплотнительных прокладок, биметалла сталь–латунь, в ювелирном деле и т.д. Патронные латуни используют для производства деталей электрооборудования, проволоки, гильз и пр.

В двухфазных латунях увеличение содержания цинка свыше 40% приводит к росту предела прочности до 360 МПа и повышению доли хрупкой фазы в их структуре, и как следствие это ведет к ограничению применения таких латуней в машиностроении. Двух-

фазные латуни марок Л68, Л63, Л60 хорошо обрабатываются давлением в горячем состоянии. Изделия из таких латуней (проволока, трубы, прутки, листы, ленты) изготавливаются холодной штамповкой и глубокой вытяжкой.

Марочный состав и области применения простых (двойных) деформируемых латуней представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4. Марочный состав и области применения простых (двойных) деформируемых латуней

Марка латуни	Примеры применения
Л96, Л90, Л85	Листы, ленты, полосы, трубы, прутки, проволока для деталей в электротехнике, для медалей и значков
Л80	Листы, ленты, полосы, проволока, художественные изделия, сильфоны, манометрические трубки, гибкие шланги, музыкальные инструменты
Л70	Радиаторные ленты, полосы, трубы, теплообменники, музыкальные инструменты, детали, получаемые глубокой вытяжкой
Л68	Проволочные сетки, радиаторные ленты, трубы для теплообменников, детали, получаемые глубокой вытяжкой
Л63	Листы, ленты, полосы, трубы, прутки, фольга, проволока, летали, получаемые глубокой вытяжкой
Л60	Трубные доски в холодильных установках, штампованные детали, фурнитура

Многокомпонентные латуни согласно ГОСТ 15527–2004 делятся на две группы: свинцовые и сложнолегированные латуни. Свинцовые латуни (1–3% Pb) являются автоматными сплавами (свинец улучшает обрабатываемость резанием), их используют для изготовления деталей в часовой и автотракторной промышленностях. В сложнолегированных латунях основными легирующими элементами являются олово, алюминий кремний, никель и марганец, которые повышают механические свойства латуней и увеличивают их коррозионную стойкость.

Области марочный состав и области применения свинцовых и сложнолегированных деформируемых латуней представлены в таблицах 3.5 и 3.6.

Таблица 3.5 – Марочный состав и области применения свинцовых деформируемых латуней

Марка латуни	Примеры применения
ЛЦ74-3; ЛС64-2	Ленты, полосы, прутки
ЛС63-3	Ленты, полосы, прутки, проволока
ЛС59-1	Листы, ленты, полосы, прутки, профили, трубы, проволока, поковки
ЛС58-2	Полосы, прутки, проволока
ЛС58-3; ЛС59-2; ЛЖС58-1; ЛС59-1В	Прутки

Таблица 3.6 – Марочный состав и области применения сложнолегированных деформируемых латуней

Марка латуни	Примеры применения
ЛО90-1	Ленты, полосы, проволока
ЛО70-1	Листы, полосы, прутки для приборостроения, трубы для конденсаторов и теплообменников
ЛОМш70-1-0,05; ЛОМш70-1-0,04; ЛАМш77-2-0,05; ЛАМш77-2-0,04; ЛА77-2у; ЛК75В; ЛМш68-0,05	Трубы
ЛО62-1	Листы, полосы, плиты для трубных решеток, прутки для приборостроения, трубы для конденсаторов и теплообменников
ЛКБО62-0,2-0,04-0,5; ЛОК59-1-0,3; ЛК62-0,5	Проволока, прутки

ЛО60-1	Проволока
ЛА77-2	Трубные доски для конденсаторов и теплообменников, стойкие к морской воде детали машин, высоконагружаемая арматура
ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5; Л75мк	Полосы, трубы
ЛАЖ60-1-1	Трубы, прутки для подшипников скольжения, судостроения и приборостроения
ЛАН59-3-2	Прутки, трубы
ЛЖМц59-1-1	Полосы, трубы, прутки, проволока
ЛМц58-2	Листы, ленты, полосы, прутки, проволока для приборостроения

Латуни, за исключением содержащих свинец, легко поддаются обработке давлением в холодном и горячем состояниях. Все латуни хорошо паяются твердыми и мягкими припоями. Хорошие технологические и широкий диапазон потребительских свойств, красивый цвет и сравнительная дешевизна латуни делают их наиболее распространенными медными сплавами.

При вылеживании или эксплуатации в латунных изделиях иногда возникают трещины — *сезонное растрескивание.* Это явление наблюдается главным образом в латунях с содержанием более 20% Zn и отчетливо обнаруживается в изделиях, полученных холодной деформацией (прутках, полых изделиях и др.). Сезонное растрескивание усиливается в химически активных средах. Образование трещин является в этом случае результатом совместного действия остаточных напряжений, вызванных холодной деформацией, и химически активными средами.

Литейные латуни (медно-цинковые сплавы литейные) (ГОСТ1020–97) по химическому составу делятся в зависимости от основного легирующего элемента на свинцовые, марганцовые, марганцово-свинцовые, кремнистые и др. Литейные латуни обладают повышенными механическим свойствами: $\sigma_в$ = 196–705МПа, δ — 6–20%, *НВ* = 60–165МПа.

Маркировка литейных латуней отличается от маркировки деформируемых: латунь обозначается буквой Л, далее следует обозначение цинка (Ц) и легирующих элементов (таблица 3.1). Цифры после буквенного обозначения цинка и элементов указывают на их среднюю массовую долю в %. Содержание меди в наименовании марки латуни не указывается и определяется по разности. Буква д в в конце марке обозначает, что латунь предназначена для получения отливок под давлением. Например, латунь ЛЦ40Сд предназначена для получения отливок под давлением и содержит 40% Zn, около 1% Pb, остальное — медь.

Легирующие элементы по разному влияют на литейные свойства сплавов. Так, железо и марганец снижают жидкотекучесть латуни, а олово (до 2,5%) — ее повышает. Алюминий и кремний (в отдельности) повышают жидкотекучесть двойных латуней. В тоже время наличие примесей алюминия в кремнистой латуни ЛЦ16К4 приводит к снижению ее жидкотекучести и способствует возникновению в отливках пористости.

Марочный состав и области применения литейных латуней представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Области применения литейных латуней

Наименование латуни	Марка латуни	Области применения
Свинцовая	ЛЦ40С	Для литья арматуры, втулок и сепараторов шариковых и роликовых подшипников
	ЛЦ40Сд	Для литья под давлением арматуры (втулки, тройники, переходники), сепараторов подшипников, работающих в среде воздуха или пресной воды
Марганцовая	ЛЦ40Мц1,5	Для изготовления деталей простой конфигурации, работающих при ударных нагрузках, а также деталей узлов трения, работающих в усло-

		виях спокойной нагрузки при температурах не выше 60 °С
Марганцово-железная	ЛЦ40Мц3Ж	Для изготовления несложных но конфигурации деталей ответственного назначения и арматуры морского судостроения, работающих при температуре до 300 °С; массивных деталей, гребных винтов и их лопастей для тропиков
Марганцово-алюминиевая	ЛЦ40Мц3А	Для изготовления деталей несложной конфигурации
Марганцово-свинцовая	ЛЦ38Мц2С2	Для изготовления конструкционных деталей и аппаратуры для судов; антифрикционных деталей несложной конфигурации (втулки, вкладыши, ползуны, арматура вагонных подшипников)
Марганцово-свинцово-кремнистая	ЛЦ37Мц2С2К	Антифрикционные детали, арматура
Алюминиевая	ЛЦ30А3	Для изготовления коррозионностойких деталей, применяемых в судостроении и машиностроении
Оловянно-свинцовая	ЛЦ25С2	Для изготовления штуцеров гидросистем автомобилей
Алюминиево-железо-марганцовая	ЛЦ23А6Ж3Мц2	Для изготовления ответственных деталей, работающих при высоких удельных и знакопеременных нагрузках, при изгибе, а также антифрикционных деталей (нажимные винты, гайки нажимных винтов прокатных станов, венцы червячных колес, втулки и др. детали)

Кремнистая	ЛЦ16К4	Для изготовления сложных по конфигурации деталей приборов и арматуры, работающих при температуре до 250 °С и подвергающихся гидровоздушным испытаниям; деталей, работающих в среде морской воды, при условии обеспечения протекторной защиты (шестерни, детали узлов трения и др.)
Кремнисто-свинцовая	ЛЦ14К3С3	Для изготовления подшипников, втулок

Бронзы — двойные или многокомпонентные сплав меди с другими элементами. Бронзы немагнитны, коррозионно-стойки, имеют высокие коэффициенты тепло- и электропроводности, обладают антифрикционными свойствами. Все бронзы по способу производства делятся на деформируемые и литейные.

Деформируемые бронзы — бронзы, обрабатываемые давлением, предназначенные для изготовления заготовок и полуфабрикатов.

Деформируемые бронзы маркируются буквами Бр и буквами, соответствующих легирующих элементов (таблица 3.1), после букв следуют цифры через дефис, указывающие содержание соответствующих легирующих элементов в том же порядке, как и буквы, их обозначающие. Содержание меди в наименовании марки бронзы не указывается и определяется по разности. Например, в бронзе БрАЖ9-4 —9% Al, 4%Fe, остальное — медь.

По химическому составу деформируемые бронзы подразделяются на оловянные и безоловянные.

Бронзы оловянные деформируемые (обрабатываемые давлением) (ГОСТ 5017–2006) обладают высокими антифрикционными и упругими свойствами, коррозионно-стойки в атмосфере и пресной воде, хорошо обрабатываются резанием, хуже свариваются, чем другие бронзы.

Марочный состав и области применения деформируемых оловянных бронз представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Марочный состав и области деформируемых оловянных бронз

Марка бронзы	Примеры применения
БрОФ8-0,3	Проволока, применяемая в целлюлозно-бумажной промышленности для изготовления сеток
БРОФ7-0,2	Прутки, применяемые в различных отраслях промышленности
БРОФ6,5-0,4	Проволока, применяемая, в целлюлозно-бумажной промышленности для изготовления сеток, а также для пружин, деталей, лент и полос, применяемых в маш9иностроении
БрОФ6,5-0,15	Ленты, полосы, прутки, применяемые в машиностроении; подшипниковые детали, трубы-заготовки для изготовления биметаллических сталебронзовых втулок
БрОФ4-0,25	Трубы, применяемые в аппаратостроении и для контрольно-измерительных приборов
БрОФ2-0,25	Винты, ленты для гибких шлангов, токопроводящие детали, присадочный материал для сварки
БрОЦ4-3	Ленты, полосы, прутки, применяемые в электротехнике, машиностроении; проволока для пружин и аппаратуры химической промышленности
БрОЦС4-4-2,5, БрОЦС4-4-4	Ленты и полосы, применяемые для прокладок во втулках и подшипниках

Бронзы безоловянные деформируемые (обрабатываемые давлением) (ГОСТ 18175–78) подразделяются на типы по основному легирующему элементу системы: алюминиевые, бериллиевые и т.д.

Марочный состав, основные характерные свойства и назначение безоловянных деформируемых бронз представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Марочный состав, характерные свойства и назначение безоловянных деформируемых бронз

Тип бронзы	Марка бронзы	Характерное свойство	Назначение
Алюминиевые	БрА5	Деформируется в холодном и горячем состояниях, коррозионно-стойкая, жаропрочная, стойкая к истиранию	Монеты, детали, работающие в морской воде, детали для химического машиностроения
	БрА7	Деформируется в холодном состоянии, жаропрочная и стойкая к истиранию, коррозионно-стойкая, в части, к серной и уксусной кислотам	Детали для химического машиностроения, скользящие контакты
	БрАЖМц10-3-1,5; БрАЖН10-4-4; БрАЖНМц9-4-4-1	Плохо деформируется в холодном состоянии, деформируется в горячем состоянии, высокая прочность при повышенных температурах, коррозионно-стойкая, высокая эрозионная и кавитационная стойкости	Трубные доски конденсаторов, детали для химической аппаратуры
	БрАМц9-2	Высокое сопротивление при знакопеременной нагрузке	Трубные доски конденсаторов, износостойкие детали, винты, валы, детали для гидравлических установок
	БрАМц10-2		Заготовки, фасонное литье в машиностроении

	БрАЖ9-4	Высокие механические свойства, хорошие антифрикционные свойства, коррозионно-стойкая	Шестерни, втулки, седла клапанов в авиапромышленности, в машиностроении для отливок массивных деталей в песчано-глинистую форму
Бериллиевые	БрБ2; БРБНТ1,9	Высокая прочность и износостойкость, высокие пружинные свойства, хорошие антифрикционные свойства, средняя электропроводность и теплопроводность, очень хорошая деформуемость в закаленном состоянии	Пружины, пружинящие детали ответственного назначения, износостойкие детали всех видов, неискрящие инструменты
Кремниевые	БрКМц3-1	Коррозионно-стойкая, пригодна для сварки, жаропрочная, высокое сопротивление сжатию	Детали всех видов для химических аппаратов, пружины и пружинящие детали, детали для судостроения, а также сварных конструкций
	БрКН1-3	Высокие механические и технологические свойства, коррозионно-стойкая, хорошие антифрикционные свойства	Ответственные детали в моторостроении, направляющие втулки

Марганцевая	БрМц5	Высокие механические свойства, хорошая деформуемость в горячем и холодном состояниях, коррозионностойкая, повышенная жаропрочность	Детали и изделия, работающие при повышенных температурах
Кадмиевая	БрКд1	Высокие электропроводность и жаропрочность	Коллекторы электродвигателей, детали машин контактной сварки и другие детали
Магниевая	БрМг0,3		
серебряная	БрСр0,1	–	Коммутаторы, коллекторные кольца, обмотки роторов турбогенераторов
Хромовая	БрХ1	–	Электроды для сварки, электродстали, оборудование сварочных машин

Литейные бронзы маркируются по аналогии с литейными латунями. Бронза обозначается буквами Бр, далее следует обозначение легирующих элементов (таблица ??); буква Л в конце марки обозначает — литейная. Цифры после буквенного обозначения элементов указывают на их среднюю массовую долю в %. Содержание меди в наименовании марки бронзы не указывается и определяется по разности. Например, бронза БрО3Ц7С5Н1 содержит 3% Sn, 7% Zn, 5% Pb, 1% Ni, остальное — медь.

По химическому составу литейные бронзы разделяют на оловянные и безоловянные.

Оловянные литейные бронзы (ГОСТ 613–79) имеют не высокие механические свойства, которые изменяются в пределах $\sigma_в$ = 150–250 МПа, δ = 3–12%, *НВ* = 440–790 МПа. Однако оловянные бронзы характеризуются высокими антифрикционными свойствами, обусловленными большим температурным интервалом кристаллизации и резко выраженной ликвацией.

Легирующие элементы оловянных бронз по разному влияют на их свойства. Так, Sn повышает механические и антифрикционные свойства, коррозионную стойкость, Zn уменьшает интервал кристаллизации, облегчает сварку и пайку, Pb улучшает жидкотекучесть, обрабатываемость резанием, а также антифрикционные и механические свойства, Ni повышает антифрикционные и механические свойства, Р повышает жидкотекучесть и износостойкость.

Из оловянной литейной бронзы изготавливается паровая и водяная арматура, выдерживающая давление до 2,5 МПа (25 атм), подшипники для валов при больших удельных нагрузках и оборотах, шестерни, втулки, работающие в условиях истирания.

Марочный состав и основные области применения оловянных бронз представлены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Марочный состав и области применения оловянных литейных бронз

Марка бронзы	Области применения
БрО3Ц12С5	Арматура общего назначения
БрО3Ц7С5Н1	Детали, работающие в масле, паре и в пресной воде

БрО4Ц7С5	Арматура, антифрикционные детали
БрО4Ц4С17	Антифрикционные детали
БрО5Ц5С5; БрО6Ц6С3	Арматура, антифрикционные детали, вкладыши подшипников
БрО5С25	Биметаллические подшипники скольжения
БрО8Ц4	Арматура, фасонные части трубопровода, насосы, работающие в морской воде
БрО10Ф1	Узлы трения арматуры, высоконагруженные детали шнековых приводов, нажимные и шпиндельные гайки, венцы червячных шестерен
БрО10Ц2	Арматура, антифрикционные, детали, вкладыши подшипников, детали трения и облицовки гребных валов
БрО10С10	Подшипники скольжения, работающие в условиях высоких удельных давлений

Безоловянные литейные бронзы (ГОСТ 493–79) являются как правило, многокомпонентными сплавами. Их механические свойства значительно выше, чем оловянных, и, кроме того, они имеют достаточно высокие антифрикционные свойства и коррозионную стойкость в пресной и морской воде и во многих агрессивных средах, хорошо сопротивляются ударным нагрузкам, обладают меньшим, чем оловянные бронзы, антифрикционным износом.

Безоловянные литейные бронзы применяют для деталей подвергающихся эксплуатации в более легких условиях, чем оловянные. Наиболее широкое применение получили алюминиевые бронзы с содержанием Al 9–11%, т. к. добавка Al повышает жидкотекучесть, механические и антифрикционные свойства сплавов. Механические, технологические и эксплуатационные свойства улучшаются также при легировании Fe, Mn, Ni, Al и др. элементами.

Безоловянные литейные бронзы имеют высокие механические свойства ($\sigma_в$ = 60–610 МПа, δ = 2–20%, *НВ* = 245–2450 МПа), коррозионные и антифрикционные свойства, многие из них хорошо противостоят разрушению в условиях кавитации.

Безоловянные литейные бронзы применяют для изготовления гребных винтов крупных судов, тяжелогруженых шестерен и зубчатых колес, корпусов насосов, арматуры для морской воды, деталей химической и пищевой промышленности.

Марочный состав и области применения безоловянных литейных бронз представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Марочный состав и области применения безоловянных литейных бронз

Марка бронзы	Области применения
БрА9Мц2Л; БрА10Мц2Л	Антифрикционные детали, детали арматуры, работающие в пресной воде, жидком топливе и в паре при температуре до 250 °С
БрА9Ж3Л; БрА10Ж3Мц2	Арматура, антифрикционные детали
БрА10Ж4Н4Л	Детали химической и пищевой промышленности, а также детали, работающие при повышенных температурах
БрА11Ж6Н6	Арматура, антифрикционные детали
БрА9Ж4Н4Мц1	Арматура для морской воды
БрС30; БрСу3Н3Ц3С20Ф; БрА7Мц15Ж3Н2Ц2	Антифрикционные детали

Медно-никелевые сплавы — сплавы на основе меди, в которых легирующим элементом, определяющим основные свойства сплава, является никель. Добавка никеля к меди увеличивает твердость, прочность и электросопротивление, уменьшает термический коэффициент электросопротивления и повышает коррозионную стойкость во многих средах.

Медно-никелевые сплавы выделены в особую группу (ГОСТ 492–2006). По направлению использования их делят на *конструкционные* (мельхиор, нейзильбер, куниаль) и *электротехнические* (копель, константан, манганин).

Маркировка этих сплавов образована из букв МН и цифр, указывающих суммарное содержание Ni + Co, например МН19 — медно-никелевый сплав, содержащий 19% (Ni + Co), остальное — медь. Если сплав легируется, в марке указывают введенные элементы и их содержание через дефисы в порядке их упоминания, например, МНМцАЖ3-12-0,3-0,3 — медно-никелевый сплав, содержащий 3% (Ni + Co), 12% Mn, 0,3% Al, 0,3% Fe, остальное — медь.

Мельхиоры — сплавы Cu (основа) главным образом с Ni (5–30%) (МН19, МНЖМц30-0,8-1 и др.) серебристого цвета; $\sigma_в$ = 350–400 МПа. Они обладают высокой коррозионной и кавитационной стойкостью на воздухе и в воде, хорошей обрабатываемостью.

Нейзильберы — сплавы Cu (основа) с Ni (5–35%) и Zn (13–45%) (МНЦ15-20, МНЦ18-27 и др.), обладающие высокими коррозионной стойкостью и прочностью ($\sigma_в$ = 500–700 МПа); при повышении содержания Ni нейзильбер приобретает красивый белый цвет с зеленоватым или синеватым отливом.

Куниали — сплавы Cu (основа) с Ni (4–20%) и Al (1–4%) (МНА 13-3 — куниаль А и МНА 6-1,5 — куниаль Б). Обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях, пресной и морской воде; по прочности не уступает некоторым конструкционным сталям.

Копель — сплав Cu (основа) с Ni (43%) и Mn (≈ 0,5%) (МНМц43-0,5), ***константан*** — сплав Cu (основа) с Ni (≈ 40%) и Mn (≈ 1,5%) (МНМц40-1,5), а также ***манганин*** — сплав Cu (основа) с Mn (11–13,5%) и Ni (2,5–3,5%) (МНМц3-12) — относятся к сплавам с высоким удельным электрическим сопротивлением, мало зависящим от температуры. Рабочая температура копеля около 600 °С, константана —500 °С, а манганина — от 15 до 35 °С.

Марочный состав и области применения медно-никелевых сплавов представлены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Марочный состав и области применения медно-никелевых сплавов

Наименование сплава	Марка сплава	Области применения
Копель	МНМц43-0,5	Для термопар и компенсационных проводов

Константан	МНМц40-1,5	Для электротехнических целей и компенсационных проводов
Манганин	МНМц3-12	Для электротехнических целей, измерительных приборов
	МНМцАЖ3-12-0,3-0,3	Для компенсационных проводов
Сплав ТП	МН0,6	Для компенсационных проводов
Сплав	МН95-5	Изделия в машиностроительной промышленности
Мельхиор (Сплав ТБ)	МН16	Для компенсационных проводов
Мельхиор	МН19	Плакировочный материал для медицинских инструментов, точная механика
	МН25	Монеты, декоративные изделия
	МНЖМц30-1-1	Конденсаторные трубы, маслоохладители, трубные доски кондиционеров в приборостроении
	МНЖМц10-1-1	Конденсаторные трубы, трубные доски кондиционеров в приборостроении
Сплав	МНЖ5-1	Трубопроводы, детали для электротехники и приборостроения
Сплав	МНЖКТ5-1-0,2-0,2	Для сварки, наплавки и пайки
Куниаль А	МНА13-3	Для изделий повышенной прочности в машиностроении
Куниаль Б	МНА6-1,5	Для пружин и других изделий в электротехнической промышленности
Нейзильбер	МНЦ12-24	Корпуса для часов, горячепрессованные детали
	МНЦ15-20	Пружины реле, детали для электротехники, детали, получаемые глубокой вытяжкой; столовые приборы, художественные изде-

		лия
	МНЦ18-20	Пружины реле-детали, получаемые глубокой вытяжкой, столовые приборы, художественные изделия
	МНЦ18-27	Корпуса для часов, горячепрессованные детали
Свинцовистый нейзильбер	МНЦС16-29-1,8	Изделия часовой промышленности

3.3. Титан и сплавы на его основе

Титан — серебристо-белый металл, легкий, тугоплавкий, прочный, пластичный, плотностью 4500 кг/м^3; $t_{пл}$ = 1665 °С.

Марки технического титана (ГОСТ 19807–91): ВТ1-00 (99,53% Ti), ВТ1-0 (99,45% Ti). Основные механические свойства технического титана: предел прочности $\sigma_в$= 300–550 МПа, δ = 20–25%, твердость 100 *НВ*.

Титан благодаря защитной пленке из TiO_2 обладает очень высокими коррозионной и химической стойкостью, сохраняющимися в интервале температур от –250 до +550 °С и значительно превосходящими эти показатели у нержавеющей стали, и других сплавов.

Технический титан используется для изготовления химических и пищевых емкостей, а как конструкционный материал — в криогенной технике, в восстановительной хирургии и т. д. Его поставляют в виде листов, труб, проволоки и других полуфабрикатов. Технический титан хорошо обрабатывается давлением, сваривается дуговой сваркой в атмосфере защитных газов и контактной сваркой, но плохо обрабатывается резанием. Карбид титана, обладающий высокой твердостью, входит в состав твердых сплавов, применяемых для изготовления режущих инструментов. Губчатый титан (ТГ90, ТГ100, ТГ110 и др.) (ГОСТ 17746–96) широко используется в вакуумной технике. Оксид титана применяется в лакокрасочном производстве. Ограничивает повсеместное использование титана его очень высокая стоимость.

Титановые сплавы относятся к группе легких сплавов (4500 кг/м^3) и характеризуются высокой удельной прочностью. Так, при одинаковой прочности (например, $\sigma_в$ = 450 МПа) изделия из титановых сплавов в 1,8 раза легче стальных.

Титановые сплавы классифицируются *по способу производства* (***литейные*** и ***деформируемые***), *механическим свойствам* (сплавы ***нормальной прочности***, ***высокопрочные***, ***жаропрочные***, ***повышенной пластичности***) и *способности упрочняться термической обработкой* (***упрочняемые*** и ***неупрочняемые термической обработкой***).

Деформируемые титановые сплавы (ГОСТ 19807–91) У этих сплавов хорошие жаропрочные свойства и отсутствует хладноломкость, в том числе при очень низких температурах. Титановые сплавы практически превосходят нержавеющие стали, медные и никелевые сплавы в стойкости против коррозии в морской воде, а также в таких агрессивных средах, как влажный хлор, горячая азотная кислота высокой концентрации и др. Титановые сплавы немагнитны, обладают низкой теплопроводностью и малым коэффициентом линейного расширения. Вместе с тем они уступают сталям, особенно с повышенным содержанием углерода, в твердости и износостойкости. Титановые сплавы удовлетворительно обрабатываются резанием, могут свариваться.

Марочный состав и области применения деформируемых титановых сплавов представлены в таблице 3.13.

Литейные титановые сплавы обладают более низкими механическими свойствами, чем соответствующие деформируемые. Упрочняющая термическая обработка для этих сплавов не применяется, т.к. резко снижает пластичность сплавов. Марочный состав литейных титановых сплавов: ВТ5Л, ВТ6Л, ВТ14Л, ВТ3-1Л, ВТ9Л, ВТ20Л. Наиболее распространены литейные сплавы ВТ1Л, ВТ5Л6 и ВТ9Л. Сплав ВТ1Л обладает наибольшей химической стойкостью, его применяют для изготовления деталей, работающих в агрессивных средах. Механические свойства низкие. Сплав ВТ5Л применяют для деталей, работающих при температурах от –235 до +350 °С. Сплав ВТ9Л наиболее высокопрочный и предназначен для изготовления нагруженных деталей, работающих при температурах до 500 °С.

Титановые сплавы находят широкое применение в следующих отраслях: в авиастроении, ракетостроении — каркасные детали, обшивка, топливные баки, детали реактивных двигателей, диски и лопатки компрессоров, детали воздухозаборника, детали корпусов ракетных двигателей второй и третьей ступени и т. д.; в судостроении — обшивка корпусов судов и подводных лодок, сварные трубы, гребные винты, детали насосов и др.; в химической промышленности: реакторы для агрессивных сред, насосы, змеевики, центрифуги и др.; в гальванотехнике: ванны для хромирования, анодные корзины, теплообменники, трубопроводы, подвески и др.; в газовой и нефтяной промышленности: фильтры, седла клапанов, резервуары, отстойники и др.; в криогенной технике: детали холодильников, насосов компрессоров, теплообменники и др.; в пищевой промышленности: сепараторы, холодильники, емкости для продуктов, цистерны и др.; в медицинской промышленности: инструмент, наружные и внутренние протезы, внутрикостные фиксаторы, зажимы и др.

Несмотря на высокую стоимость производства и обработки изделий из титановых сплавов, применение их оказывается выгодным благодаря их коррозионной стойкости, долговечности и экономии массы. Однако из-за дефицитности титана использование титановых сплавов весьма ограничено. В настоящее время применяют вторичные титановые сплавы (ВТВ1, ВТВ2, ВТВ3, ВТВ4), основу шихты которых составляют отходы технологического производства, а также слитки из этих отходов.

Таблица 3.13 – Марочный состав и области применения деформируемых титановых сплавов

Сплав	Класс прочности	Термическая обработка	Области применения
ВТ1-00	Мало-прочные, высокопластичные	Неупрочняемые	Слабонагруженные детали сложной конфигурации, работающие при температуре от –253 °С до 150 °С
ВТ0			
ОТ4-0			Детали сложной конфигурации, работающие длительно при 300–350 °С и кратковременно при 500–600 °С
ОТ4-1			Тонкостенные детали сложной формы, работающие длительно до 300 °С (3 000 ч) и 350 °С (2 000 ч)
ОТ4	Средне-прочные		Детали, длительно работающие до 350–400 °С
ВТ5			Сварные детали, работающие при температуре от –253 до 400 °С
ВТ5-1			Штампованные детали и узлы, работающие до 450 °С
ВТ20			Детали, длительно работающие до 500 °С
ПТМ7М			Трубы и другие тонкостенные сварные детали
ВТ3-1	Высоко-прочные	Упрочняемые	Кованные и штампованные детали, работающие до 400 °С (6 000 ч) и 450 °С (2 000 ч)
ВТ6			Штампосварные детали, длительно работающие до

			400–450 °С
ВТ14			Детали, длительно работающие до температуры 400 °С
ВТ16			Крепежные и резьбовые детали диаметром 40 мм, работающие до 350 °С
ВТ22			Детали, длительно работающие при 350 °С (2 000 ч)
ВТ9			Детали, работающие до 500 °С

3.4. Магний и сплавы на его основе

Магний — серебристо-белый металл плотностью 1739 кг/м^3, $t_{пл}$ = 651 °С.

Магний маркируется по чистоте и выпускается четырех марок (ГОСТ 804–93): Мг80 (99,80% Mg), Мг90 (99,90% Mg), Мг95 (99,95% Mg), Мг98 (99,98% Mg). Механические свойства литого магния: $\sigma_в$ = 115 Мпа, δ = 8%, твердость 30 *НВ*.

Изделия из магния не изготавливают, он применяется главным образом в производстве легких сплавов, для раскисления и обессеривания некоторых металлов, для восстановления Hf, Ti, U, Zr и других металлов из соединений (металлотермия). Чистый магний используется в пиротехнике и химической промышленности.

Основное преимущество магниевых сплавов по сравнению с остальными промышленными металлами — небольшая плотность (1 700–1 800 кг/м^3). Все магниевые сплавы имеют сравнительно высокую прочность ($\sigma_в$ = 200–400 МПа, δ = 6–20%), хорошо поглощают вибрации. Однако из-за пониженного модуля упругости (E = 4,3 · 10^4 МПа) пригодны лишь для мало нагруженных деталей. Магниевые сплавы обладают низкой коррозионной стойкостью, особенно в контакте с другими металлами. Недостатком также являются трудности литья и обработки давлением. Магниевые сплавы удовлетворительно свариваются дуговой сваркой в защитной среде инертных газов и хорошо обрабатываются резанием.

Маркируются магниевые сплавы буквами цифрами. Буквы обозначают: М — магниевый сплав, А — деформируемый, Л — литейный, цифры — условный порядковый номер сплава. Буквы в конце маркировки обозначают: пч — повышенной чистоты, он — общего назначения. Например, МА8пч — М — сплав магниевый, А — деформируемый, 8 — условный порядковый номер, пч — повышенной чистоты.

Магниевые сплавы классифицируют *по способу производства, уровню прочности, плотности, возможным температурам эксплуатации* и *чувствительности к упрочняющей термической обработке.*

По уровню прочности магниевые сплавы разделяют на ***малопрочные***, ***средней прочности*** и ***высокопрочные.*** По плотности магниевые сплавы делят на ***легкие*** и ***сверхлегкие*** сплавы. К сверх-

легким сплавам относятся сплавы, легированные литием (МА21, МА18 — самые легкие конструкционные металлические материалы), а к легким сплавам — все остальные сплавы. По чувствительности к упрочняющей термической обработке различают ***термически упрочняемые*** и ***термически неупрочняемые*** сплавы..

При классификации по возможным температурам эксплуатации магниевые сплавы разбивают на группы:

- сплавы ***общего назначения,*** предназначенные для работы при обычных температурах;
- ***жаропрочные*** сплавы — для длительной эксплуатации при температурах до 200°С;
- ***высокожаропрочные*** *сплавы* — для длительной эксплуатации при температурах до 250–300°С;
- сплавы ***для эксплуатации при криогенных температурах.***

По способу производства магниевые сплавы делят на ***литейные*** и ***деформируемые.***

Деформируемые магниевые сплавы (ГОСТ 14957–76), предназначенные для изготовления полуфабрикатов (листов, плит, прутков, профилей, полос, труб, проволоки, штамповок и поковок) методом горячей деформации, а также слитков и слябов, выпускаются следующих марок: МА1, МА2, МА2-1, МА2-1пч, МА5, МА8, МА8пч, МА11, МА12, МА14, МА15, МА17, МА18, МА19, МА20, МА21 (ИМВ2).

Использование деформируемых сплавов дает высокую массовую эффективность: для крупных корпусных деталей экономия по массе составляет 21, 57 и 111% по сравнению с алюминиевыми, титановыми и стальными деталями соответственно. Для снижения стоимости изделий из магниевых деформируемых сплавов (на 30%) и повышения уровня механических свойств используют гранульную технологию изготовления полуфабрикатов.

Области применения деформируемых магниевых сплавов представлены в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Области применения деформируемых магниевых сплавов

Марка сплава	Области применения

МА1	Сварные детали несложной конфигурации, детали арматуры бензо- и маслосистем, не несущие больших нагрузок
МА2	Кованые и штампованные детали сложной конфигурации для сварных конструкций
МА2-1	Панели, штамповки сложной конфигурации для сварных конструкций
МА5	Нагруженные детали
МА8	Листы, плиты, штамповки сложной конфигурации для сварных конструкций
МА11	Детали, нагревающиеся в процессе эксплуатации
МА12	
МА14	Высоконагруженные детали
МА15	Детали сварных конструкций, требующие повышенного предела текучести при сжатии
МА17	Для изготовления проводов ультразвуковых линий задержки
МА19	Детали сварных конструкций, для которых требуются повышенный предел прочности и текучесть при растяжении и сжатии

Литейные магниевые сплавы (ГОСТ 2856–79), предназначенные для получения фасонных отливок, выпускаются следующих марок: МЛ3, МЛ4, МЛ4пч, МЛ5, МЛ5пч, МЛ5он, МЛ6, МЛ8, МЛ9, МЛ10,. МЛ11, МЛ 12, МЛ15, МЛ19.

Достоинствами магниевых литейных сплавов являются малая плотность, высокая удельная прочность, способность к поглощению энергии удара и вибрационных колебаний, а также хорошая обрабатываемость резанием. Детали из современных магниевых сплавов могут длительно работать при температурах выше 300 °С и кратковременно при температуре 400 °С.

Области применения литейных магниевых сплавов представлены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Области применения литейных магниевых сплавов

Марка сплава	Области применения
МЛ2	Детали, от которых требуется повышенная коррозионная стойкость и герметичность (горловины, бензобаки, бензомасляная арматура и др.)
МЛ3	Детали с высокой герметичностью (детали арматуры корпусов насосов и др.)
МЛ4	Детали двигателей и других агрегатов, работающие в условиях высокой коррозионной стойкости, статических и динамических нагрузок (корпуса приборов и инструментов, штурвалы и др.)
МЛ5	Сплав общего назначения. Нагруженные детали, работающие в условиях морской атмосферы, а также детали двигателей, приборов и др. (тормозные барабаны, кров» штейны, штурвалы и др.)
МЛ6	Высоко- и средненагруженные детали (детали приборов, аппаратуры, корпуса и др.)
МЛ8	Нагруженные детали (реборды, барабаны колес и другие конструкции)
МЛ9	Детали двигателей, приборов и др.
МЛ10	Нагруженные детали различных конструкций, двигателей, приборов и агрегатов, требующие высокой герметичности и высокой стабильности размеров
МЛ11	Детали двигателей, приборов и агрегатов требующие повышенной герметичности и не испытывающие высоких нагрузок при комнатной температуре
МЛ12	Нагруженные детали (реборды, барабаны колес и другие конструкции)
МЛ15	Нагруженные детали двигателей, приборов, агрегатов, требующие герметичности

3.5. Антифрикционные (подшипниковые) сплавы

Антифрикционные сплавы — материалы с низким коэффициентом трения скольжения, достаточной твердостью, хорошей деформируемостью и пластичностью, способностью удерживать

смазку на поверхности. Кроме того, антифрикционные материалы должны иметь низкую способность к адгезии, хорошую теплопроводность и быть коррозионно-стойкими в рабочей среде. Антифрикционные сплавы предназначены для заливки вкладышей подшипников скольжения, паровых турбин и др.

Основные потребительские свойства антифрикционных сплавов реализуются за счет структурных особенностей — однородная, мягкая, пластичная основа с включением твердых частиц (например, SnSb). Мягкая основа должна обеспечивать хорошую прирабатываемость трущихся поверхностей, а равномерно распределенные в основе, хорошо полирующиеся твердые включения — уменьшать (наряду со смазкой) коэффициент трения. При вращении вал опирается на твердые частицы, обеспечивающие износостойкость, а основная масса, истирающаяся более быстро, прирабатывается к валу и образует сеть микроскопических каналов, по которым циркулирует смазка и уносятся продукты износа.

Наиболее распространенными металлическими антифрикционными материалами являются сплавы на основе свинца и олова (баббиты), цинковые, медные (бронзы и латуни) и алюминиевые сплавы. В меньшей мере используются чугуны и стали.

Баббиты — антифрикционные сплавы на основе Sn, Pb, Ca, Zn и др. с добавками Sb, Cu и других элементов, предназначенные для заливки вкладышей подшипников. Наименование баббитов определяется преобладающим по содержанию элементом основы: оловянные, свинцовые и кальциевые. Каждый тип баббитов характеризуется температурой эксплуатации и степенью ответственности деталей, для которых применяется.

Оловянные баббиты (ГОСТ 1320–74) базируются на системе Sn–Sb–Cu. Дополнительное легирование осуществляется Cd, Ni и Pb.

Олово (Sn) — серебристо-белый металл, мягкий и пластичный; $t_{пл}$ = 231,9 °С. Так называемое белое олово с плотностью 7 290 кг/м^3 полиморфно и ниже 13,2 °С переходит в серое олово с плотностью 5 850 кг/м^3. На воздухе тускнеет, покрываясь пленкой оксида, стойкого к химическим реагентам. Около 59% используемого олова идет на производство баббитов, типографских и других сплавов. Олово применяется для покрытия других металлов, защиты их от

коррозии *(лужение*), на изготовление белой жести для консервных банок, изготовление фольги и др.

Согласно ГОСТ 1320–74 оловянные баббиты выпускаются следующих марок: Б83, Б83, Б83С.

Оловянные баббиты маркируются буквой Б, за которой следует цифра, показывающая содержание основного компонента — олова (остальное — сурьма и медь), буква С — свинец. Например, Б83С — баббит, содержащий 83% Sn, 1% (Pb), остальное — Cu + Sb.

Оловянные баббиты обладают наилучшим сочетанием антифрикционных и физико-механических свойств. Однако ввиду большого содержания дорогостоящего олова они применяются для заливки подшипников ответственного назначения тяжело нагруженных машин (турбин).

Свинцовые баббиты (ГОСТ 1320–74) базируются на системе Pb, Sn, Sb, Cu. Дополнительное легирование осуществляется Cd, Ni и As.

Свинец (Pb) синевато-серый металл, тяжелый, мягкий, ковкий; плотность 11 340 кг/м^3, $t_{пл}$ = 327,4 °С, диамагнитен. На воздухе покрывается оксидной пленкой, стойкой к химическим воздействиям. Свинец не взаимодействует с соляной и серной кислотами. Наиболее широко используется для изготовления пластин для аккумуляторов (около 30% выплавляемого свинца), оболочек электрических кабелей, аппаратуры, устойчивой в агрессивных средах и газах, а также для защиты от гамма-излучения (стенки из свинцовых кирпичей).

Согласно ГОСТ 1320–74 свинцовые баббиты выпускаются следующих марок: Б16 (15–17% Sn, 15–17% Sb, 1,5–2,0%Cu, остальное — Pb), БН (9–11% Sn, 13–15% Sb, 1,5–2,0%Cu, 0,1% Ni, 0,5–0,9%As, остальное — Pb), БС6 (5,5–6,57% Sn, 5,5–6,5% Sb, 0,1–0,3%Cu, остальное — Pb).

Свинцовые баббиты применяют для менее нагруженных подшипников, чем оловянные. Свинцовый баббит Б16 является дешевым заменителем оловянных баббитов. Он используется для изготовления подшипников скольжения высокоскоростных двигателей, хорошо воспринимает ударные и знакопеременные нагрузки.

Кальциевые баббиты (ГОСТ 1209–90) базируются на системах Ca–Pb–Na–Sn и Ca–Pb–Na–Al–Zn.

Кальций (Ca) — щелочноземельный металл серебристо-белого цвета плотностью 1 540 кг/м^3, $t_{пл}$ = 851 °С. Химически очень активен; при обычной температуре легко окисляется на воздухе. Как активный восстановитель служит для получения U, Th, V, Cr, Zn, Be и других металлов и их соединений, для раскисления сталей, бронз и т. д. Входит в состав антифрикционных сплавов. Соединения кальция применяют в строительстве.

Согласно ГОСТ 1209–90 кальциевые баббиты выпускаются следующих марок: БКА (0,95–1,15% Ca, 0,7–0,9% Na, 0,4–0,6% Zn, остальное — Pb), БК2 (0,3–0,55% Ca, 0,2–0,4% Na, 1,5–2,1% Sn, остальное — Pb), БК2Ш (0,65–0,9% Ca, 0,7–0,9% Na, 1,5–2,1% Sn, остальное — Pb), БК2Ц (0,95–1,15% Ca, 0,7–0,9% Na, 1,5–2,1% Sn, 0,4–0,6% Zn остальное — Pb). Буквы БК в маркировке обозначают — баббит кальциевый, Ш — сплав, предназначенный для подшихтовки сплавов, А и Ц — легированный алюминием и цинком соотвественно.

Кальциевые баббиты, имея небольшую прочность ($\sigma_в$ = 60–120 МПа, 20–30 НВ), могут применяться только в подшипниках с прочным стальным (чугунным) или бронзовым корпусом, как, например, на железнодорожном транспорте для подшипников вагонов, коленчатого вала тепловозных двигателей и др. Для автомобильного транспорта их применяют в виде тонкостенных подшипниковых вкладышей, получаемых штамповкой из биметаллической ленты.

Области применения оловянных, свинцовых и кальциевых баббитов представлены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Области применения оловянных, свинцовых и кальциевых баббитов

Марка баббита	Области применения
Оловянные баббиты	
Б88	Подшипники, работающие при больших скоростях и высоких динамических нагрузках; подшипники для быстроходных и среднеоборотных дизелей; нижние половины крейцкопфных подшипников малооборотных дизелей

Б83	Подшипники, работающие при больших скоростях и средних нагрузках; подшипники турбин, крейцкопфные, мотылевые и рамовые подшипники малооборотных дизелей, опорные подшипники гребных валов
Б83С	
Свинцовые баббиты	
БН	Подшипники, работающие при средних скоростях и средних нагрузках; подшипники дизелей компрессоров, судовых
Б16	Моторно-осевые подшипники электровозов, путевых машин, детали паровозов и другое оборудование тяжелого машиностроения
БС6	Подшипники автотракторных двигателей
Кальциевые баббиты	
БКА	Для заливки подшипников трения для вагонов и тендеров железных дорог
БК2	Для заливки вкладышей коренных и шатунных подшипников дизелей и газовых двигателей
БК2Ш	Для подшихтовки сплавов при заливке вкладышей коренных и шатунных подшипников дизелей и газовых двигателей
БК2Ц	

Цинковые антифрикционные сплавы (ГОСТ 21437–95) — антифрикционные сплавы системы Zn–Al–Cu–Mg.

Цинк (Zn) — синевато-белый металл плотность 7 130 кг/м^3, $t_{пл}$ = 419,5 °С. На воздухе покрывается защитной пленкой оксида. Применяют в щелочных аккумуляторах, для покрытия других металлов с целью защиты их от коррозии *(цинкование)* и получения многих сплавов.

Цинковые антифрикционные сплавы маркируются буквой Ц и буквами, соответствующих легирующих элементов (А — алюминий, М — медь), после букв следуют цифры через дефис, указывающие содержание соответствующих легирующих элементов в % в том же порядке, как и буквы, их обозначающие. Содержание цинка в наименовании марки сплава не указывается и определяется по разности. Буква Л в конце марки сплава обозначает — сплав литейный. Например, в антифрикционном сплаве ЦАМ10–

5Л —литейный цинковый антифрикционный сплав с 10% Al, 5%Cu, остальное — цинк.

Согласно ГОСТ 21437–95 цинковые антифрикционные сплав выпускаются четырех марок: деформируемые — ЦАМ9-1,5, ЦАМ10-5; литейные — ЦАМ9-1,5Л, ЦАМ10-5Л.

Цинковые баббиты обладают высокими антифрикционными свойствами и прочностью ($\sigma_в$= 250–400 МПа) и могут применяться для узлов трения, температура которых не превышает 100 °С, при сравнительно небольших скоростях скольжения (до 8 м/с).

Области применения цинковых антифрикционных сплавов представлены в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Области применения цинковых антифрикционных сплавов

Марка сплава	Области применения
ЦАМ9-1,5Л	Для отливки монометаллических вкладышей, втулок, ползунов и т.д.; для получения биметаллических изделий с металлическим каркасом для литья
ЦАМ9-1,5	Для получения биметаллической ленты из стали и дюралюминия методом прокатки с последующей штамповкой вкладышей
ЦАМ10-5Л	Для отливки подшипников и втулок различных агрегатов
ЦАМ10-5	Для получения прокатных полос для направляющих скольжения металлорежущих станков и других изделий

Антифрикционные сплавы на медной основе — *бронзы* (оловянные и безоловянные) и ***латуни***. Подшипники изготовляют из бронзы в монометаллическом и биметаллическом исполнении. Монометаллические подшипники (вкладыши, втулки и др.) изготовляют из бронз, обладающих достаточной прочностью и твердостью. Бронзы, употребляемые в таких подшипниках, подразделяют на сплавы с высоким (до 10%) и низким (до 3%) содержанием олова. Бронзы с высоким содержанием олова используют в наиболее ответственных деталях и узлах.

Для изготовления свертных втулок, торцовых дисков и других антифрикционных деталей применяют деформируемые оловянные бронзы.

Для биметаллических подшипников в качестве антифрикционного слоя употребляются бронзы, содержащие повышенное количество свинца без олова (БрС30) или с 1% Sn. Для монометаллических подшипников иногда используется свинцовистая бронза БрОС5-25.

Помимо оловянных бронз сравнительно широко используют сплавы, не содержащие олово (безоловянные). Некоторые из сплавов по свойствам не уступают, а иногда и превосходят оловянные бронзы.

В тяжелонагруженных трущихся деталях (дорожные машины, тяжелое станочное оборудование, скользящие соединения теплопередаточного оборудования и др.) применяют высокопрочные алюминиевые бронзы.

В качестве антифрикционных используются кремнистые и марганцовистые латуни и находят применение алюминиево-железные латуни.

Алюминиевые антифрикционные сплавы (ГОСТ 14113–78) — алюминиевые сплавы, предназначенные для изготовления монометаллических и биметаллических подшипников методом литья и монометаллической и биметаллической ленты и полосы методом прокатки или сварки взрывом с последующей штамповкой из них вкладышей.

Антифрикционные алюминиевые сплавы согласно ГОСТ 14113–78 выпускаются следующих марок: сплавы на основе Al–Sn–Cu — АО9-2, АО3-7, АО6-1, АО9-1, АО12-1, АО20-1; сплав на основе Al–Ni — АН-2,5; сплавы на основе Al–Sb (с добавками Cu и Ti) — , АСМ, АМСТ; сплав на основе Al–Cu–Si — АМК.

Алюминиевые антифрикционные сплавы маркируются буквой А и буквами, соответствующих легирующих элементов, после букв следуют цифры через дефис, указывающие содержание соответствующих легирующих элементов в том же порядке, как и буквы, их обозначающие. В марках сплавов системы Al–Sn–Cu вторая цифра — содержание меди в %. Содержание алюминия в наименовании марки сплава не указывается и определяется по разности.

Например, сплав АО20–1 — алюминиевый антифрикционный сплав с 20% Sn, 1%Cu, остальное — алюминий.

Хорошие антифрикционные свойства алюминиевых сплавов определили тенденцию к замене ими антифрикционных сплавов на свинцовой и оловянной основе, а также свинцовистой бронзы.

Области применения алюминиевых антифрикционных сплавов представлены в таблице 3.18.

Таблица 3.18 – Области применения алюминиевых антифрикционных сплавов

Марка сплава	Области применения
АО9-2	Для отливки монометаллических вкладышей и втулок
АО3-7	
АО6-1	Для получения биметаллической ленты со сталью и дюралюминием методом прокатки или сварки взрывом с последующей штамповкой вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 1 мм
АО9-1	
АО12-1	Для получения биметаллической ленты со сталью методом прокатки
АО20-1	Для получения биметаллической ленты со сталью и дюралюминием методом прокатки с последующей штамповкой вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 1 мм
АН-2,5	Для отливки вкладышей и получения прокатной монометаллической и биметаллической ленты с последующей штамповкой вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 0,5 мм
АСМ	Для получения биметаллической ленты со сталью методом прокатки с последующей штамповкой вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 0,5 мм
АМСТ	
АМК	Для получения биметаллической ленты со сталью методом прокатки с последующей штамповкой вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 1 мм

Сплавы на железной основе. В качестве антифрикционных материалов ***стали*** используют в очень легких условиях работы при небольших давлениях и невысоких скоростях скольжения. Будучи твердыми и имея высокую температуру плавления, стали плохо прирабатываются, сравнительно легко схватываются с сопряженной поверхностью цапфы и образуют задиры. Обычно используют медистые стали, содержащие малое количество углерода, либо графитизированные стали, имеющие включения свободного графита.

Чугуны применяют для подшипников и других трущихся деталей большем количестве и ассортименте, чем стали. Антифрикционные свойства чугунов определяются в значительной степени строением графитовой составляющей. Чугун с глобоидальной формой графита и с толстыми пластинкам более износостоек, чем чугун с тонкими пластинками. В структуре антифрикционного чугуна желательно иметь минимальное количество свободного феррита (не более 15%) и должен отсутствовать свободный цементит. Область использования антифрикционных чугунов ограничивается легкими условиями работы (см. ?????????).

3.6. Припои

Припой — металл или сплав, предназначенный для соединения деталей пайкой или лужения. Температура плавления припоев должна быть ниже температуры плавления материалов паяемых деталей, а в расплавленном состоянии припой должен хорошо смачивать поверхности металлов. Температурные коэффициенты линейного расширения металла и припоя должны быть близки по величине.

К наиболее распространенным основным компонентам припоя относятся олово, цинк, медь, свинец, титан, серебро. Припой, состоящий из смеси расплавляемых металлических частиц и наполнителя, не расплавляющегося при пайке, называется *металлокерамическим*; а припой, легированный флюсующими элементами, — *самофлюсующим*.

Припои разделяют на мягкие (низкотемпературные) с температурой плавления $t_{пл} < 400$ °С и твердые (высокотемпературные) с $t_{пл} > 400$ °С.

Основные материалы ***мягких (низкотемпературных) припоев*** — сплавы олова и свинца (ГОСТ 21930–76). Дополнительное легирование мягких (низкотемпературных) припоев с целью повышения температуры плавления выполняется сурьмой (до 6%) или кадмием. В зависимости от химического состава оловянно-свинцовые припои делятся на бессурьмянистые (ПОС10, ПОС93, ПОСК50-18 и др.), малосурьмянистые (ПОССу61-0,5, ПОССу25-0,5 и др.) и сурьмянистые (ПОСу95-5, ПОССу10-2, ПОССу4-4 и др.).

Маркировка мягких (низкотемпературных) припоев состоит из букв, обозначающих: П — припой, ОС — оловянно-свинцовый, Су и К — соответственно легированный сурьмой или кадмием, и цифр, следующих после букв через дефис, обозначающих соответственно содержание олова и сурьмы или кадмия Буква М в марке припоя ПОС61М обозначает легирующий элемент Cu (1,2–2%). Содержание свинца в марке не указывается и определяется по разнице. Например, ПОССу 18-2: П — припой, ОС — оловянно-свинцовый, 18%Sn, 2Sb, остальное — Pb.

Марочный состав и области применения оловянно-свинцовых припоев представлены в таблице 3.19.

Таблица 3.19 – Марочный состав и области применения оловянно-свинцовых припоев

Марка сплава	Области применения
Бессурьмянистые	
ПОС90	Для лужения и пайки внутренних швов пищевом посуды и медицинской аппаратуры
ПОС63	Групповая пайка печатного монтажа, пайка на автоматизированных линиях волной припоя, окунанием с протягиванием
ПОС61	Для лужения и пайки электро- и радиоаппаратуры, печатных схем, точных приборов с высокогерметичными швами, где недопустим перегрев
ПОС40	Для лужения и пайки электроаппаратуры, деталей из оцинкованного железа с герметичными швами

ПОС10	Для лужения и пайки контактных поверхностей электрических аппаратов, приборов, реле, для заливки и лужения контрольных пробок топок паровозов
ПОС61М	Для лужения и пайки электропаяльниками тонких (толщиной менее 0,2 мм) медных проволок, фольги, печатных проводников в кабельной. электро- и радиоэлектронной промышленности. Применение припоя при лужении и пайке в тиглях и ваннах не допускается
ПОСК50-18	Для пайки деталей, чувствительных к перегреву, металлизированной керамики, для ступенчатой пайки конденсаторов
ПОСК-2-18	Для лужения и пайки металлизированных и керамических деталей
Малосурьмянистые	
ПОССу61-0,5	Для лужения и пайки электроаппаратуры, пайки элементов печатных плат, обмоток электрических машин, оцинкованных радиодеталей при жестких требованиях к температуре
ПОССу50-0,5	Для лужения и пайки авиационных радиаторов, для пайки пищевой посуды с последующим лужением пищевым оловом
ПОССу40-0,5	Для лужения и пайки жести, обмоток электрических машин, для пайки монтажных элементов, моточных и кабельных изделий, радиаторных трубок, оцинкованных деталей холодильных агрегатов
ПОССу35-0,5	Для лужения и пайки свинцовых кабельных оболочек электротехнических изделий неответственного назначения, тонколистовой упаковки
ПОССу30-0,5	Для лужения и пайки листового цинка, радиаторов
ПОССу25-0,5	Для лужения и пайки радиаторов
ПОССу18-0,5	Для лужения и пайки трубок теплообменников, электроламп
Сурьмянистые	

ПОСу95-5	Для пайки в электропромышленности, для пайки трубопроводов, работающих при повышенных температурах
ПОССу40-2	Для лужения и пайки холодильных устройств, тонколистовой упаковки. Припой широкого назначении
ПОССу30-2	Для лужения и пайки в холодильной аппаратостроении, электроламповом производстве, автомобилестроении, для абразивной пайки
ПОССу 18-2	Для пайки в автомобилестроении
ПОССу15-2	
ПОССу10-2	
ПОССу8-3	Для лужения и пайки в электроламповом производстве
ПОССу5-1	Для лужения и пайки деталей, работающих при повышенных температурах, для лужения трубчатых радиаторов
ПОССу4-6	Для пайки белой жести, для лужения и пайки деталей с закатанными и клепаными швами из латуни и меди, для шпатлевки кузовов автомобилей
ПОССу4-4	Для лужения и пайки в автомобилестроении

Твердые (высокотемпературные) припои выполняют на медно-латунной, медно-никелевой или серебряной основах. Серебряные припои применяют для пайки черных и цветных металлов, кроме сплавов алюминия и магния, а припои на медной основе — для пайки углеродистых и легированных сталей, никеля и его сплавов.

Маркировка серебряных припоев (ГОСТ 19738–74) состоит из букв, обозначающих: П — припой, Ср — серебро, буквы, обозначающие легирующие элементы (таблица ??), и цифр, следующих после букв через дефис, обозначающих соответственно содержание серебра и легирующих элементов в % ???????. Например, ПСрКдМ50-34-16 — П — припой, 50% Ag, 34% Cd, 16% Cu.

Марочный состав и области применения серебряных припоев представлены в таблице 3.20.

Таблица 3.20 – Марочный состав и области применения серебряных припоев

Марка сплава	Области применения
ПСр72; ПСр71; ПСр62; ПСр50Кд; ПСр50; ПСр45; ПСр37,5; ПСр25; ПСр15; ПСр10; ПСр2,5; ПСр72	Лужение и пайка меди, медных и медно-никелевых сплавов, никеля, ковара, нейзильбера, латуней и бронз
ПСр72	Пайка железоникелевого сплава с посеребренными деталями из стали
ПСр72; ПСр62; ПСр40; ПСр25; ПСр12М	Пайка стали с медью, никелем, медными и медно-никелевыми сплавами
ПСр72; ПСр62	Пайка меди с никелированным вольфрамом
ПСрМО68-27-5; ПСр70; ПСр50	Пайка титана и титановых сплавов с нержавеющей сталью
ПСр37,5	Пайка меди и медных сплавов с жаропрочными сплавами и нержавеющими сталями
ПСр40	Пайка меди и латуни с коваром, никелем, с нержавеющими сталями и жаропрочными сплавами, пайка свинцово-оловянных бронз
ПСрО10-90; ПСрОСу8; ПСрМО5; ПСрОС3,5-95; ПСрО3-97; ПСрОС3-58; ПСрОС2-58; ПСр2; ПСр1,5	Пайка и лужение меди, никеля, медных и медно-никелевых сплавов с посеребренной керамикой, пайка посеребренных деталей
ПСр3; ПСр2; ПСр1,5	Пайка меди и никеля со стеклоэмалью и керамикой
ПСр72; ПСр70; ПСр65; ПСр45; ПСр25; ПСр15; ПСр2	Пайка и лужение ювелирных изделий
ПСр71; ПСр25Ф; ПСр15	Самофлюсующиеся припои для пайки

	меди с бронзой, меди с медью, бронзы с бронзой
ПСр3Кд	Пайка меди, медных сплавов и сталей по свеженанесенному медному гальваническому покрытию не менее 10 км
ПСрМО68-27-5; ПСрКдМ50-34-16; ПСрМЦКд45-15-16-24; ПСр3; ПСр2,5	Пайка и лужение цветных металлов и сталей
ПСр1	Пайка и лужение серебряных деталей

Припои для высокотемпературной пайки обеспечивают более прочные соединения, чем припои для низкотемпературной пайки, т. к. вследствие высокой температуры нагрева легче происходит взаимная диффузия элементов основного металла и припоя. Переходное электросопротивление таких припоев ниже, чем низкотемпературных припоев.

Для высокотемпературной пайки меди и медных сплавов наиболее эффективен медно-фосфористый припой ПФОЦ7-3-2, обладающий хорошими коррозионными и прочностными свойствами. Для пайки алюминиевых сплавов применяют бессеребряный припой ВПр19. Соединения, выполненные этим припоем, после анодирования имеют окраску, одинаковую с основным материалом, что особенно важно для получения хорошего товарного вида изделий.

Бессеребряные припои по сравнению с серебросодержащими обеспечивают значительно более высокую коррозионную стойкость паяных соединений (при той же прочности), а, следовательно, и их надежность.

3.7. Твердые сплавы

Твердые сплавы — сплавы на основе карбидов тугоплавких материалов (вольфрама, титана и др), связанных мягкой матрицей (кобальтом, молибденом, никелем и др). Их изготовляют из порошков методами порошковой металлургии: прессованием и спеканием.

Твердые сплавы можно разделить на две группы по содержанию вольфрама: вольфрамовую и безвольфрамовую.

Материалы *вольфрамовой* группы изготавливают на основе карбидов вольфрама, титана и др. с кобальтовой связкой. Структура материалов этой группы: твердые частицы карбидов вольфрама и титана (у некоторых сплавов, кроме того, карбидов тантала), связанные мягкой эвтектикой. С увеличением содержания кобальта снижаются твердость и износостойкость, но возрастает прочность.

В соответствии с ГОСТ 3882–74 твердые сплавы волфрамовой группы делятся на три группы: ***вольфрамовые*** (ВК3, ВК6, ВК8 и др.), ***титановольфрамовые*** (Т30К4, Т5К10 и др.) и ***титанотанталовольфрамовые*** (ТТ7К12, ТТ8К6 и др.).

Потребительские свойства твердых сплавов по твердости (HRA 73–75), величине модуля Юнга (E = 500 000 МПа) и температуре эксплуатации ($t_э$ = 620–720 °С) превосходят аналогичные показатели быстрорежущих сталей, однако уступают им по показателям прочности ($\sigma_в$ = 900–1 000 МПа, $\sigma_{изг}$ = 1 400–1 650 МПа).

В марках таких материалов первые буквы обозначают группу, к которой относится сплав (В — вольфрамовая, Т — титановольфрамовая, ТТ — титанотанталовольфрамовая); цифры в вольфрамовой группе — количество кобальта в %; первые цифры в титановольфрамовой группе — количество карбида титана в %, а вторые — количество кобальта в %; первые цифры в титанотанталовольфрамовой группе — количество карбидов титана и тантала в %, а вторые — количество кобальта %. Количество карбида вольфрама в марке твердого сплава не указывается и определяется по разнице в %. В марках после дефиса может быть указана крупность порошков: ОМ — особо мелкие порошки; М — мелкие порошки; В — крупнозернистый карбид вольфрама; ВК — особо крупный карбид вольфрама.

Твердые сплавы вольфрамовой группы используются для обработки материалов резанием, для оснащения горного инструмента и для бесстружковой обработки металлов, быстроизнашивающихся деталей машин, приборов и приспособлений с собственными показателями HRC 65–69. Получаемая чистота обрабатываемой поверхности из-за высокой жесткости порошковых материалов лучше, чем после резания инструментами из быстрорежущих сталей. Стойкость режущего инструмента из порошковых сталей по срав-

нению со стойкостью инструмента из аналогичных литых сталей в 1,2–2 раза выше.

Марочный состав и области применения твердых сплавов вольфрамовой группы представлены в таблице 3.21.

Таблица 3.22 – Марочный состав и области применения твердых сплавов вольфрамовой группы

Марка сплава	Области применения
Для обработки материалов резанием	
Вольфрамовые	
ВК3	Чистового точения с малым сечением среза, окончательного нарезании резьбы, развертывании отверстий и других аналогичных видов обработки серого чугуна, цветных металлов и их сплавов и неметаллических материалов (резины, фибры, пластмассы, стекла, стеклопластиков и т.д.). Резки листового стекла
ВК3-М	Чистовой обработки (точения, растачивания, нарезании резьбы, развертывания) твердых, легированных и отбеленных чугунов, цементированных и закаленных сталей, а также высокоабразивных неметаллических материалов
ВК6-ОМ	Чистовой и получистовой обработки твердых, легированных и отбеленных чугунов, закаленных сталей и некоторых марок нержавеющих высокопрочных и жаропрочных сталей и сплавов, особенно сплавов на основе титана, вольфрама и молибдена (точения, растачивания, развертывания, нарезания резьбы, шабровки)
ВК6М	Получистовой обработки жаропрочных сталей и сплавов, нержавеющих сталей аустенитного класса, специальных твердых чугунов, закаленного чугуна, твердой бронзы, сплавов легких металлов, абразивных неметаллических материалов, пластмасс, бумаги, стекла. Обработки закаленных сталей, а также сырых углеродистых и легированных сталей при тонких сечениях среза на весьма малых скоростях резания

ВК6	Чернового и получернового точения, предварительного нарезания резьбы токарными резцами, получистового фрезерования сплошных поверхностей, рассверливания и растачивания отверстий, зенкеровании серого чугуна, цветных металлов и их сплавов и неметаллических материалов
ВК8	Чернового точения при неравномерном: сечении среза и прерывистом резании, строгании, чернового фрезерования, сверления, чернового рассверливании, чернового зенкерования серого чугуна, цветных металлов и их сплавов и неметаллических материалов. Обработки нержавеющих, высокопрочных и жаропрочных труднообрабатываемых сталей и сплавов, в том числе сплавов титана
ВК10-ОМ	Сверления, зенкерования, развертывания, фрезерования и зубофрезерования стали, чугуна, некоторых труднообрабатываемых материалов и неметаллов цельнотвердосплавным, мелкоразмерным инструментом
ВК15	Режущего инструмента для обработки дерева
Титановольфрамовые	
Т30К4	Чистового точения с малым сечением среза (типа алмазной обработки), нарезания резьбы и развертывания отверстии незакаленных и закаленных углеродистых сталей
Т15К6	Получернового точения при непрерывном резании, чистового точения при прерывистом резании, нарезания резьбы токарными резцами и вращающимися головками, получистового и чистового фрезерования сплошных поверхностей, рассверливания и растачивания предварительно обрабатываемых отверстий, чистового зенкерования, развертывания и других аналогичных видов обработки углеродистых и легированных сталей
Т14К8	Чернового точения при неравномерном сечении среза и непрерывном резании, получистового и чистового точения при прерывистом резании, чернового фрезерования сплошных поверхностей, рассверливания литых и кованых отверстий, чернового зенкерования и других подобных видов обработки углеродистых и легированных ста-

	лей
Т5К10	Чернового точения при неравномерном сечении среза и прерывистом резании, фасонного точения, отрезки токарными резцами, чистового строгания, чернового фрезерования прерывистых поверхностей и других видов обработки углеродистых и легированных сталей, преимущественно в виде поковок, штамповок и отливок по корке и окалине
Титанотанталовольфрамовые	
ТТ7К12	Тяжелого чернового точения стальных поковок, штамповок и отливок по корке с раковинами при наличии песка, шлаки и различных неметаллических включений, при неравномерном сечении среза и наличии ударов. Всех видов строгания углеродистых и легированных сталей. Сверления отверстий и стали. Тяжелого чернового фрезерования углеродистых и легированных сталей
ТТ10К8	Черновой и получистовой обработки некоторых марок труднообрабатываемых материалов, нержавеющих сталей аустенитного класса, маломагнитных сталей и жаропрочных сталей и сплавов, в том числе титановых
ТТ20К9	Фрезерования стали, особенно фрезерования глубоких пазов и других видов обработки, предъявляющих повышенные требования к сопротивлению сплава тепловым и механическим циклическим нагрузкам
Т8К7	При фрезеровании труднообрабатываемых чугунов
ТТ8К6	Чистового и получистового точения, растачивания, фрезерования и сверления серого и ковкого чугуна, а также отбеленного чугуна. Непрерывного точения с небольшими сечениями среза стального литья высокопрочных, нержавеющих сталей, в том числе и закаленных. Обработки сплавов цветных металлов и некоторых марок титановых сплавов при резании с малыми и средними сечениями среза
Для бесстружковой обработки металлов, быстроизнашивающихся деталей машин, приборов и приспособлений	

Вольфрамовые	
ВК3, ВК3-М, ВК4, ВК6, ВК6-М	Сухого волочения проволоки из стали, цветных металлов и их сплавов при небольшой степени обжатия. Быстроизнашивающихся деталей машин, приборов и измерительного инструмента, работающих без ударных нагрузок
ВК8	Волочения, калибровки и прессования прутков, труб из стали, цветных металлов и их сплавов. Быстроизнашивающихся деталей машин, приборов и измерительного инструмента, работающих при небольших ударных нагрузках
ВК10	Волочения и калибровки прутков и труб из стали, цветных металлов и их сплавов при средней степени обжатия. Быстроизнашивающихся деталей машин, приборов и измерительного инструмента, работающих при ударных нагрузках средней эффективности
ВК15	Волочения и прессования прутков и труб из стали при повышенной степени обжатия. Штамповки, высадки, обрезки, вытяжки углеродистых и качественных сталей при ударных нагрузках малой интенсивности
ВК20	Штамповки, высадки, обрезки углеродистых и качественных сталей при ударных нагрузках средней и высокой интенсивности
ВК10-КС	Штамповки, высадки, вытяжки легированных и специальных сталей при ударных нагрузках малой интенсивности
ВК20-КС	Штамповки, высадки, обрезки легированных и специальных сталей и сплавов при ударных нагрузках средней интенсивности

Твердые сплавы второй группы — ***безвольфрамовые*** — изготавливают на основе карбида титана TiC (сплав ТН-20, ТН-30, ТН-50) (ТУ 48–19-223–768) или карбонитрида титана Ti(NC) (сплав КНТ-16) с Ni и Mo. Никель и молибден образуют связывающую матрицу. Из безвольфрамовых материалов, обладающих более низкими, чем вольфрамовые материалы, потребительскими свойства-

ми, изготавливаются инструменты для обработки сталей цветных металлов, а также бурения менее прочных горных пород.

Технологическим недостатком твердых сплавов является невозможность обработки их резанием, так как они не поддаются термической обработке и не изменяют своей твердости. Таким образом, изделия из твердых сплавов с учетом технологии их изготовления делают только простой формы (короткие сверла) или в виде пластин-накладок, закрепляемых в режущем инструменте или штампе. На рабочие поверхности многогранных неперетачиваемых пластин (МНП) нередко наносят тонкие износостойкие карбидные (TiC) или нитридные (TiN) покрытия, повышающие срок службы инструмента в 3–4 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ржевская, С.В. Материаловедение: учебник для вузов / С.В. Ржевская – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва: Логос, 2004. – 424 с.
2. Дурнев, В.Д. Товароведение промышленных материалов: учебник /В.Д. Дурнев, С.В. Сапунов, В.К. Федюкин. – Москва: Информационно-издательский дом «Филинъ», 2002. – 532 с.
3. ГОСТ 805–95. Чугун передельный. Технические условия.
4. ГОСТ 4832–95. Чугун литейный. Технические условия.
5. ГОСТ 1412-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки.
6. ГОСТ 7293-85. Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки.
7. ГОСТ 28394-89. Чугун с вермикулярным графитом для отливок. Марки.
8. ГОСТ 1215–79. Отливки из ковкого чугуна. Общие технические условия.
9. ГОСТ 1585-85. Чугун антифрикционный для отливок. Марки.
10. ГОСТ 7769-82. Чугун легированный для отливок со специальными свойствами. Марки.
11. ГОСТ 9583-75. Трубы чугунные напорные, изготовленные методами центробежного и полунепрерывного литья. Технические условия.
12. ГОСТ 6942-98. Трубы чугунные канализационные и фасонные части к ним. Технические условия.
13. ГОСТ 9583-75. Трубы чугунные напорные, изготовленные методами центробежного и полунепрерывного литья. Технические условия.
14. ГОСТ 10692-80. Трубы стальные, чугунные и соединительные части к ним. Приемка, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
15. ГОСТ 380–2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.
16. ГОСТ 1050–88. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия.

17. ГОСТ 14959–79. Прокат из рессорно-пружинной углеродистой и легированной стали. Технические условия.
18. ГОСТ 1435–99. Прутки, полосы и мотки из инструментальной нелегированной стали. Общие технические условия.
19. ГОСТ 19281–89. Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия.
20. ГОСТ 27772-88. Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия.
21. ГОСТ 4543-71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия.
22. ГОСТ 5632–72. Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.
23. ГОСТ 1414–75. Прокат из конструкционной стали высокой обрабатываемости резанием. Технические условия.
24. ГОСТ 801–78. Сталь подшипниковая. Технические условия.
25. ГОСТ 21022–75. Сталь хромистая для прецизионных подшипников. Технические условия.
26. ГОСТ 977–88. Отливки стальные. Общие технические условия.
27. ГОСТ 5950–2000. Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия.
28. ГОСТ 19265–73. Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические условия.
29. ГОСТ 2591-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный квадратный. Сортамент.
30. ГОСТ 8559-75. Сталь калиброванная квадратная. Сортамент.
31. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент.
32. ГОСТ 103-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный полосовой. Сортамент.
33. ГОСТ 2879-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный шестигранный. Сортамент.
34. ГОСТ 8509-93. Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент.
35. ГОСТ 8510-86. Уголки стальные горячекатаные неравнополочные. Сортамент.
36. ГОСТ 19771-93. Уголки стальные гнутые равнополочные. Сортамент.

37. ГОСТ 19772-93. Уголки стальные гнутые неравнополочные. Сортамент.
38. ГОСТ 8240-97. Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент.
39. ГОСТ 19425-74. Балки двутавровые и швеллеры стальные специальные. Сортамент.
40. ГОСТ 8239-89. Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент.
41. ГОСТ 19904-90. Прокат листовой холоднокатаный. Сортамент.
42. ГОСТ 3262-75. Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия.
43. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент.
44. ГОСТ 8639-82. Трубы стальные квадратные. Сортамент.
45. ГОСТ 8645-68. Трубы стальные прямоугольные. Сортамент.
46. ГОСТ 3282-74. Проволока стальная низкоуглеродистая общего назначения. Технические условия.
47. ГОСТ 6727-80. Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия.
48. ГОСТ 2246-70. Проволока стальная сварочная. Технические условия.
49. ГОСТ 2715-75. Сетки металлические проволочные. Типы, основные параметры и размеры.
50. ГОСТ 10994–74. Сплавы прецизионные. Марки.
51. ГОСТ 10160–75. Сплавы прецизионные магнитно-мягкие. Технические условия.
52. ГОСТ 21427.1–83. Сталь электротехническая холоднокатаная анизотропная тонколистовая. Технические условия.
53. ГОСТ 21427.2–83. Сталь электротехническая холоднокатаная изотропная тонколистовая. Технические условия.
54. ГОСТ 17809–72. Материалы магнитотвердые литые. Марки.
55. ГОСТ 10533-86. Лента холоднокатаная из термобиметаллов. Технические условия.
56. ГОСТ 11069–2001. Алюминий первичный. Марки.
57. ГОСТ 4784–97. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки.
58. ГОСТ 1583–93. Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия.
59. ГОСТ 859–2001. Медь. Марки.

60. ГОСТ 15527–2004. Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки.
61. ГОСТ 1020–97. Латуни литейные в чушках. Технические условия.
62. ГОСТ 5017–2006. Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением. Марки.
63. ГОСТ 18175–78. Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением. Марки.
64. ГОСТ 613–79. Бронзы оловянные литейные. Марки.
65. ГОСТ 493–79. Бронзы безоловянные литейные. Марки.
66. ГОСТ 492–2006. Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые, обрабатываемые давлением. Марки.
67. ГОСТ 19807–91. Титан и сплавы титановые деформируемые. Марки.
68. ГОСТ 17746–96. Титан губчатый. Технические условия.
69. ГОСТ 19807–91. Титан и сплавы титановые деформируемые. Марки.
70. ГОСТ 804–93. Магний первичный в чушках. Технические условия.
71. ГОСТ 14957–76. Сплавы магниевые деформируемые. Марки.
72. ГОСТ 2856–79. Сплавы магниевые литейные. Марки.
73. ГОСТ 1320–74. Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия.
74. ГОСТ 1209–90. Баббиты кальциевые в чушках. Технические условия.
75. ГОСТ 21437–95. Сплавы цинковые антифрикционные. Марки, технические требования и методы испытаний.
76. ГОСТ 14113–78. Сплавы алюминиевые антифрикционные. Марки.
77. ГОСТ 21930–76. Припои оловянно-свинцовые в чушках. Технические условия.
78. ГОСТ 19738–74. Припои серебряные. Марки.
79. ГОСТ 3882–74. Сплавы твердые спеченные. Марки.

Учебное издание

КОРНЕЕВА Валерия Константиновна
КАПЦЕВИЧ Вячеслав Михайлович

ТОВАРОВЕДЕНИЕ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Пособие

Ответственный за выпуск *В.М. Капцевич*
Редактор
Компьютерная верстка

Подписано в печать Формат
Бумага офсетная. Печать офсетная
Усл. печ. л. 6,84. Уч.-изд. л. 5,3. Тираж экз. Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет»
ЛИ № 02230/013174 от 10.02.2006.
ЛП № 02330/0131656 от 02.02.2006.
пр. Независимости, 99–2, 2220023, Минск