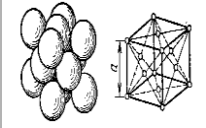
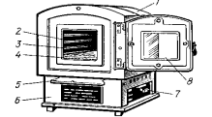
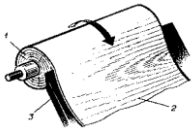


МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

сборник лекций

ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ	ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ	ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ	НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
			
КОНСПЕКТЫ ЛЕКЦИЙ	ХРЕСТОМАТИЙНЫЙ МАТЕРИАЛ	ПРАКТИКУМ ГЛОССАРИЙ	МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ Материаловедение

1.Классификация материалов. Основные свойства материалов: физические, химические, механические и технологические.

2.Определение и обозначение твердости материалов. Определение прочностных и пластических характеристик металлов при испытании на растяжение.

3.Кристаллическое строение металлов. Дефекты кристаллических решеток, методы их определения. Кристаллизация металлов, железа.

4.Чугуны, их состав, свойства, применение, классификация, маркировка. Расшифровать СЧ 12-28, ВЧ 42-12, КЧ 35-10. Общие сведения о производстве чугунов.

5.Углеродистые конструкционные стали, их классификация, маркировка, применение. Расшифровать: Ст3, БСт2, ВСт5, Сталь 45, Сталь 60Г.

6.Углеродистые инструментальные стали, их классификация, маркировка, применение. Расшифровать: У7, У13А.

7.Легированные стали, достоинства их применения, состав, классификация, маркировка. Расшифровать: 40ХНЗМА, 9ХГ, ШХ6, ХГА, Р6М5, А20.

8.Легированные конструкционные стали, достоинства их применения, состав, классификация, маркировка.

9.Легированные инструментальные стали, достоинства их применения, состав, классификация, маркировка.

10.Легированные стали с особыми свойствами. Достоинства их применения, состав, классификация, маркировка.

11.Твердые сплавы, их применение, маркировка. Твердые материалы. Антифрикционные сплавы. Расшифровать: ВКЗ, Т15К6, ТТ7К12, Б16.

12.Алюминий, его свойства, применение. Сплавы на основе алюминия. Расшифровать: АЛ2, АМг, АМц, Д16.

13.Медь, ее свойства, применение. Медные сплавы. Расшифровать: Л96, ЛМцС 58-2-2, БрОЦСН 3-7-5-1, БрАМц10-2.

14.Строение и структура, свойства пластмасс. Термопластичные, термореактивные пластмассы, их свойства, применение. Резина.

15. Конструкционные и ремонтные материалы: лакокрасочные и защитные материалы. Уплотнительные, обивочные, прокладочные, электроизоляционные материалы, клеи.

16. Литейное производство, стержневые и формовочные материалы.

17. Литейные сплавы, их применение на ж/д транспорте.

18. Способы сварки, пайка и резка металлов.

19. Применение различных видов сварки, пайки и резки металлов на ж/д транспорте.

20. Обработка металлов давлением, виды.

21. Виды топлива, свойства и применение на ж/д транспорте.

22.Смазочные материалы, виды.

23. Композиционные материалы: назначение, виды, свойства.

24. Защитные материалы: назначение, виды, свойства.

§1. Физические, химические и эксплуатационные свойства материалов

Свойство - отличительная сторона предмета (материала), обуславливающая его отличие от других и проявляющаяся в их отношении к ним. В табл. 1 обозначены основные свойства материалов, а в табл. 2 – свойства некоторых металлов.

Таблица 1
Основные свойства металлов

<i>Физические</i>	<i>Химические</i>	<i>Механические</i>	<i>Технологические</i>
Цвет Блеск Плотность Температура плавления Электропроводность Теплопроводность Намагничиваемость и др.	Коррозионная стойкость Окисляемость Жаростойкость Жаропрочность Растворимость Кислотно-щелочная упорность и др.	Пластичность Упругость Вязкость Хрупкость Твердость Прочность и др.	Обрабатываемость резанием Свариваемость Жидкотекучесть (литейные свойства) Обрабатываемость давлением (н-ер, ковкость) и др.

Таблица 2
Свойства некоторых металлов

<i>Металл</i>	<i>Плотность (кг/м³)</i>	<i>Т плавления</i>	<i>Удельная теплоемкость</i>	<i>Теплопроводность</i>	<i>НВ</i>	<i>Предел прочности при растяжении</i>
Алюминий	2700	660	879	20096	20...37	8...11
Вольфрам	19300	3377	133,98	15909	160	110
Железо	7860	1539	460	5861	50	25...33
Кобальт	8900	1480	418	6698	125	70
Магний	1740	651	1046	15491	25	17...20
Медь	8920	1083	376	41030	35	22
Никель	8900	1455	460	50241	60	40...50
Олово	7310	232	230	6698	5...10	2...4
Свинец	11300	327	129	3516	4...6	1,8
Титан	4500	1660	460	1507	-	30...45
Хром	7100	1800	464	2930	108	-
Цинк	7140	420	389	11304	30...42	1,1...15

К физическим свойствам материалов относится плотность, температура плавления, электропроводность, теплопроводность, магнитные свойства, коэффициент температурного расширения и др.

Плотностью называется отношение массы однородного материала к единице его объема. Это свойство важно при использовании материалов в авиационной и ракетной технике, где создаваемые конструкции должны быть легкими и прочными.

Температура плавления — это такая температура, при которой металл переходит из твердого состояния в жидкое. Чем ниже температура плавления металла, тем легче протекают процессы его плавления, сварки и тем они дешевле.

Электропроводностью называется способность материала хорошо и без потерь на выделение тепла проводить электрический ток. Хорошей электропроводностью обладают металлы и их сплавы, особенно медь и алюминий.

Большинство неметаллических материалов не способны проводить электрический ток, что также является важным свойством, используемом в электроизоляционных материалах.

Теплопроводность — это способность материала переносить теплоту от более нагретых частей тел к менее нагретым. Хорошей теплопроводностью характеризуются металлические материалы.

Магнитными свойствами т.е. способностью хорошо намагничиваться обладают только железо, никель, кобальт и их сплавы.

Коэффициенты линейного и объемного расширения характеризуют способность материала расширяться при нагревании. Это свойство важно учитывать при строительстве мостов, прокладке железнодорожных и трамвайных путей и т.д.

Химические свойства характеризуют склонность материалов к взаимодействию с различными веществами и связаны со способностью материалов противостоять вредному действию этих веществ. Способность металлов и сплавов сопротивляться действию различных агрессивных сред называется *коррозионной стойкостью*, а аналогичная способность неметаллических материалов — *химической стойкостью*.

К эксплуатационным (служебным) свойствам относятся жаростойкость, жаропрочность, износостойкость, радиационная стойкость, коррозионная и химическая стойкость и др.

Жаростойкость характеризует способность металлического материала сопротивляться окислению в газовой среде при высокой температуре.

Жаропрочность характеризует способность материала сохранять механические свойства при высокой температуре.

Износостойкость — это способность материала сопротивляться разрушению его поверхностных слоев при трении.

Радиационная стойкость характеризует способность материала сопротивляться действию ядерного облучения.

§2. Механические свойства материалов

Механические свойства характеризуют способность материалов сопротивляться действию внешних сил. К основным механическим свойствам относятся прочность, твердость, ударная вязкость, упругость, пластичность, хрупкость и др.

Прочность — это способность материала сопротивляться разрушающему воздействию внешних сил.

Твердость — это способность материала сопротивляться внедрению в него другого, более твердого тела под действием нагрузки.

Вязкостью называется свойство материала сопротивляться разрушению под действием динамических нагрузок.

Упругость — это свойство материалов восстанавливать свои размеры и форму после прекращения действия нагрузки.

Пластичностью называется способность материалов изменять свои размеры и форму под действием внешних сил, не разрушаясь при этом.

Хрупкость — это свойство материалов разрушаться под действием внешних сил без остаточных деформаций.

Твердость металлов измеряется путем вдавливания в испытуемый образец твердого наконечника различной формы.

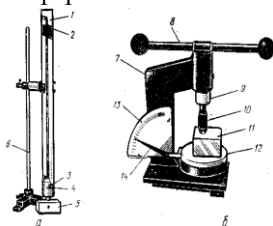


рис. 2. Приборы для определения ударной (а) и статической (б) твердости: 1 – направляющая трубка; б – груз; в – боек; 4 – винт; 5 – испытуемый образец; 6 – штатив; 7 – станина; 8 – рукоятка; 9 – маточная гайка; 10 – стальной наконечник; 11 – испытуемый образец; 12 – столик; 13 – шкала; 14 – стрелка.

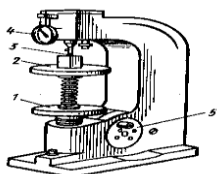


Рис. 3. Прибор Роквелла: 1 – вращающийся маховик; 2 – столик; 3 – стальной шарик или алмазный конус; 4 – циферблат; 5 – рукоятка

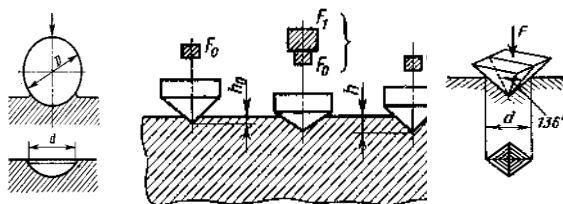


рис. 4. Методы определения твердости: а – по Бринеллю; б – по Роквеллу; в – по Виккерсу.

Метод Бринелля основан на вдавливании в поверхность металла стального закаленного шарика под действием определенной нагрузки. После снятия нагрузки в образце остается отпечаток. Число твердости по Бринеллю HB определяется отношением нагрузки, действующей на шарик, к площади поверхности полученного отпечатка.

Метод Роквелла основан на вдавливании в испытуемый образец закаленного стального шарика диаметром 1,588 мм (шкала В) или алмазного конуса с углом при вершине 120° (шкалы А и С). Вдавливание производится под действием двух нагрузок — предварительной равной 100 Н и окончательной равной 600, 1000, 1500 Н для шкал А, В и С соответственно. Число твердости по Роквеллу HRA, HRB и HRC определяется по разности глубин вдавливания.

В методе Виккерса применяют вдавливание алмазной четырехгранной пирамиды с углом при вершине 136° . Число твердости по Виккерсу HV определяется отношением приложенной нагрузки к площади поверхности отпечатка.

При статических испытаниях на растяжение определяют величины, характеризующие прочность, пластичность и упругость материала. Испытания производятся на цилиндрических (или плоских) образцах с определенным соотношением между длиной ℓ , и диаметром d_0 . Образец растягивается под действием приложенной силы P (рис. 5, а) до разрушения. Внешняя нагрузка вызывает в образце напряжение и деформацию.

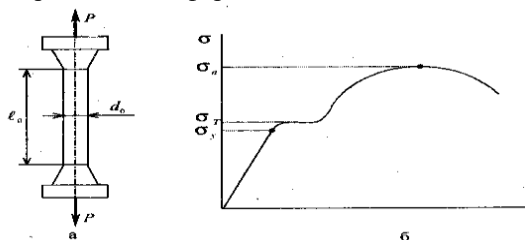


рис. 5. Образец для испытания на растяжение (а) и диаграмма растяжения (б)

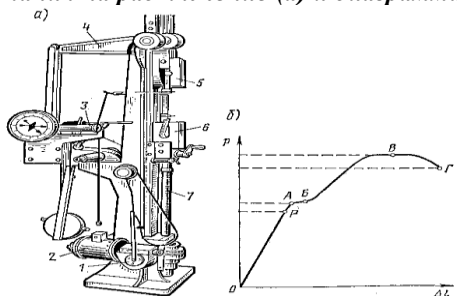


рис. 6. Разрывная машина для испытания на растяжение (а) и диаграмма растяжения (б): 1 – коробка скоростей; 2 – электродвигатель; 3 – самозаписывающий прибор; 4 – рычаг; 5 – верхний захват; 6 – нижний захват (между 5 и 6 закрепляется образец); 7 – ходовой винт.

Напряжение σ — это отношение силы P к площади поперечного сечения F , МПа:

$$\sigma = \frac{P}{F},$$

Деформация характеризует изменение размеров образца под действием нагрузки, %:

$$\epsilon = \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0} \cdot 100,$$

где: l — длина растянутого образца. Деформация может быть *упругой* (исчезающей после снятия нагрузки) и *пластической* (остающейся после снятия нагрузки).

При испытаниях строится диаграмма растяжения, представляющая собой зависимость напряжения от деформации. На рис. 1,6 приведена такая диаграмма для низкоуглеродистой стали. После проведения испытаний определяются следующие характеристики механических свойств.

σ_y
Предел упругости — это максимальное напряжение при котором в образце не возникают пластические деформации.

σ_T
Предел текучести — это напряжение, соответствующее площадке текучести на диаграмме растяжения (рис. 1,6). Если на диаграмме нет площадки текучести (что наблюдается для хрупких материалов), то определяют *условный предел текучести* $\sigma_{0.2}$ — напряжение, вызывающее пластическую деформацию, равную 0,2%.

σ_b
Предел прочности (или временное сопротивление) — это напряжение, отвечающее максимальной нагрузке, которую выдерживает образец при испытании.

Относительное удлинение после разрыва **δ** — отношение приращения длины образца при растяжении к начальной длине l_0 , %:

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100$$

где l_k — длина образца после разрыва.

Относительным сужением после разрыва **ψ** называется уменьшение площади поперечного сечения образца, отнесенное к начальному сечению образца, %:

$$\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} \cdot 100$$

где F_k — площадь поперечного сечения образца в месте разрыва. Относительное удлинение и относительное сужение характеризуют пластичность материала.

Ударная вязкость определяется работой A , затраченной на разрушение образца, отнесенной к площади его поперечного сечения F ; Дж/м²:

$$KC = \frac{A}{F}$$

Испытания проводятся ударом специального маятникового копра. Для испытания применяется стандартный надрезанный образец, устанавливаемый на опорах копра. Маятник определенной массы наносит удар по стороне противоположной надрезу.

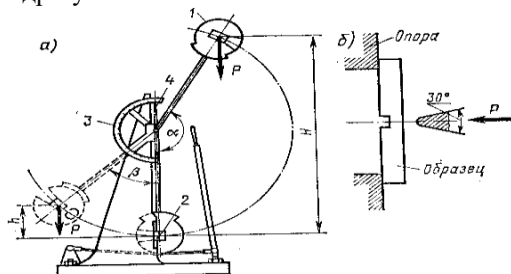
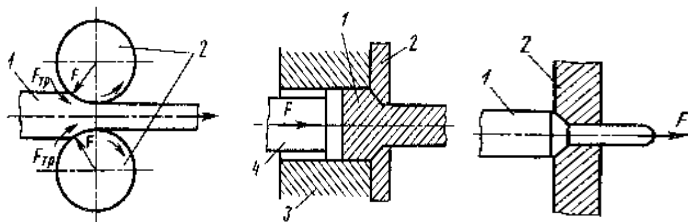


рис. 7. Маятниковый копр для испытания на ударную вязкость: 1 – маятник; 2 – образец; 3 – шкала; 4 – стрелка

§3. Технология материалов и технологические свойства

Технология материалов представляет собой совокупность современных знаний о способах производства материалов и средствах их переработки в целях изготовления изделий различного назначения. Металлы и сплавы производят путем выплавки при высоких температурах из различных металлических руд. Отрасль промышленности, занимающаяся производством металлов и сплавов, называется *металлургией*. Полимеры (пластмассы, резина, синтетические волокна) изготавливаются чаще всего с помощью процессов органического синтеза. Исходным сырьем при этом служат нефть, газ, каменный уголь.



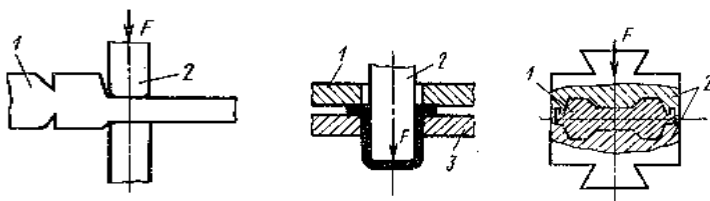


рис. 8. Схема основных способов обработки металлов давлением: прокатка; прессование; волочение; ковка; листовая штамповка; объемная штамповка.

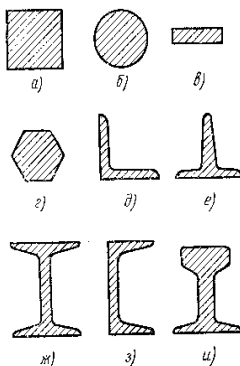


рис. 9. Профили сортовой стали: а – квадрат; б – круг; в – полоса; г – шестигранник; д – неравнополочный угольник; е – тавр; жс – двутавр; з – швеллер; и – рельс.

Таблица 2.1

Прокат сортовой (сортамент) из углеродистой стали обыкновенного качества

Вид проката	Обозначения на чертежах
Круглый	ГОСТ 2590-88
Квадратный	ГОСТ 2591-88
Полосовой	ГОСТ 103-76
Шестигранный	ГОСТ 2879-88
Угловой равнополочный	ГОСТ 8509-93
Угловой неравнополочный	ГОСТ 8510-86
Балок двутавровый	ГОСТ 8239-89
Швеллер	ГОСТ 8240-89
Круг 30 ГОСТ 2590/Ст5 ГОСТ 535-88	
Квадрат 15 ГОСТ 2591/Ст5 ГОСТ 535-88	
Шестигранник 19 ГОСТ 2879/Ст5 ГОСТ 535-88	

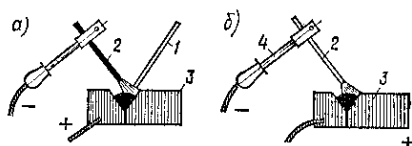


Рис. 10. Схема электродуговой сварки: а – по методу Бенардоса: ток возникает между угольным электродом 2 и свариваемым изделием 3; 1 – присадочный

материал; б – сварка по методу Славянова: дуга между металлическим электродом 2 в держателе 4 и изделием 3.

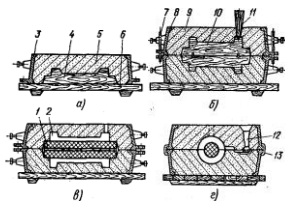


Рис.11. Схема изготовления литейной формы по разъемной модели:

а — формовка нижней опоки; б — формовка верхней опоки; в — установка стержня; г — готовая форма

Готовые изделия и заготовки для дальнейшей обработки из металлов и сплавов производятся путем литья или обработки давлением. *Литейное производство* занимается изготовлением изделий путем заливки расплавленного металла в специальную форму, внутренняя полость которой имеет конфигурацию изделия. Различают литье в песчаные формы (в землю) и специальные способы литья. Песчаные литейные формы изготавливаются путем уплотнения формовочных смесей, основой которых является кварцевый песок. К специальным способам относится литье в кокиль, литье под давлением, центробежное литье, литье в оболочковые формы, литье по выплавляемым моделям. Кокиль — это специальная металлическая форма. При литье под давлением заливка металла в металлическую форму и его застывание происходит под избыточным давлением. При центробежном литье металл заливается во вращающуюся металлическую форму. Оболочковые формы состоят из мелкого леска со связующим. При литье по выплавляемым моделям керамическая форма изготавливается путем погружения модели из легкоплавкого материала (парафина, стеарина) в керамическую суспензию и последующей выплавки модели из формы. Сплавы, предназначенные для получения деталей литьем, называются *литейными*.

Обработкой металлов давлением называют изменение формы заготовки под воздействием внешних сил. К видам обработки металлов давлением относятся прокатка, прессование, волочение, ковка и штамповка. *Прокатка* заключается в обжатии заготовки между вращающимися валками. При *прессовании* металл выдавливается из замкнутого объема через отверстие. *Волочение* заключается в протягивании заготовки через отверстие. *Ковкой* называется процесс свободного деформирования металла ударами молота или давлением пресса. *Штамповкой* получают детали с помощью специального инструмента — штампа, представляющего собой металлическую разъемную форму, внутри которой расположена полость, соответствующая конфигурации детали. Сплавы, предназначенные для получения деталей обработкой давлением, называют *деформируемыми*.

Сравнительно новым направлением производства металлических деталей является *порошковая металлургия*, которая занимается производством деталей из металлических порошков путем прессования и спекания.

Изделия из пластмасс получают путем прессования, литья или выдавливания. Резиновые изделия получают обработкой между валами (каландрированием), выдавливанием, прессованием или литьем с последующей вулканизацией. Изделия из керамических материалов получают путем формования и обжига или прессования и спекания.

Сваркой называется технологический процесс получения неразъемных соединений материалов путем установления межатомных связей между свариваемыми частями при их нагреве или пластическом деформировании или совместном действии того и другого. Сваркой соединяют однородные и разнородные металлы и их сплавы, металлы с некоторыми неметаллическими материалами (керамикой, графитом, стеклом), а также пластмассы.

Заключительной стадией изготовления изделий часто является *обработка резанием*, заключающаяся в снятии с заготовки режущим инструментом слоя материала в виде стружки. В результате этого заготовка приобретает правильную форму, точные размеры, необходимое качество поверхности.

Технологические свойства определяют способность материалов подвергаться различным видом обработки. *Литейные свойства* характеризуются способностью металлов и сплавов в расплавленном состоянии хорошо заполнять полость литейной формы и точно воспроизводить ее очертания (жидкотекучестью), величиной уменьшения объема при затвердевании (усадкой), склонностью к образованию трещин и пор, склонностью к поглощению газов в расплавленном состоянии. *Ковкость* — это способность металлов и сплавов подвергаться различным видам обработки давлением без разрушения. *Свариваемость* определяется способностью материалов образовывать прочные сварные соединения. *Обрабатываемость резанием* определяется способностью материалов поддаваться обработке режущим инструментом.

Контрольные вопросы.

1. Назовите предмет изучения дисциплины материаловедение, ее цели и задачи. Обозначьте место данной дисциплины в системе подготовки учителя технологии.

2. Качество материалов и его оценка

3. Назовите физические, химические и эксплуатационные свойства материалов

4. Механические свойства материалов

5. Какими способами определить механические свойства материалов?

6. Технология материалов и технологические свойства

§4. Строение металлов

В технике под металлами понимают вещества, обладающие комплексом металлических свойств: характерным металлическим блеском, высокой электропроводностью, хорошей теплопроводностью, высокой пластичностью.

Кристаллические решетки. Все вещества в твердом состоянии могут иметь кристаллическое или аморфное строение. В аморфном веществе атомы расположены хаотично, а в кристаллическом — в строго определенном порядке. Все металлы в твердом состоянии имеют *кристаллическое строение*.

Для описания кристаллической структуры металлов пользуются понятием кристаллической решетки. Кристаллическая решетка — это воображаемая пространственная сетка, в узлах которой расположены атомы. Наименьшая часть кристаллической решетки, определяющая структуру металла, называется *элементарной кристаллической ячейкой*.

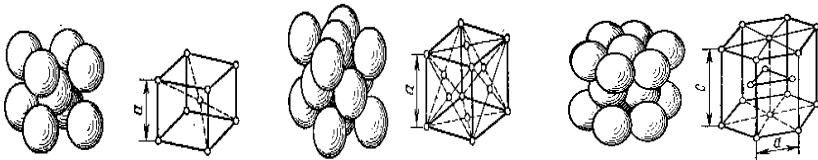


рис. 12. Элементарные кристаллические ячейки: а – кубическая объемно-центрированная (ОЦК); б – кубическая гранецентрированная (ГЦК); в – гексагональная ячейка плотноупакованная.

На рис. 12 изображены элементарные ячейки для наиболее распространенных кристаллических решеток. В *кубической объемно-центрированной* решетке (рис. 12,а) атомы расположены в узлах ячейки и один атом в центре куба. Такую решетку имеют хром, вольфрам, молибден и др. В *кубической гранецентрированной* решетке (рис. 12,б) атомы расположены в вершинах куба и в центре каждой грани. Эту решетку имеют алюминий, медь, никель и другие металлы. В *гексагональной плотноупакованной* решетке (рис. 12,в) атомы расположены в вершинах и центрах оснований шестигранной призмы и три атома в середине призмы. Такой тип решетки имеют магний, цинк и некоторые другие металлы.

Кристаллизация металлов. Процесс образования в металлах кристаллической решетки называется *кристаллизацией*. Для изучения процесса кристаллизации строят кривые охлаждения металлов, которые показывают изменение температуры (t) во времени (X). На рис. 3 приведены кривые охлаждения аморфного и кристаллического веществ. Затвердевание аморфного вещества (рис. 13,а) происходит постепенно, без резко выраженной границы между жидким и твердым состоянием. На кривой охлаждения кристаллического вещества (рис. 13,б) имеется горизонтальный участок с температурой t , называемой температурой кристаллизации. Наличие этого участка говорит о том, что процесс сопровождается выделением скрытой теплоты кристаллизации. Длина горизонтального участка — это время кристаллизации.

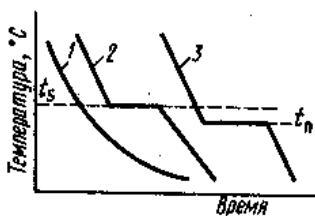


рис. 13. Кривые охлаждения расплавов веществ: 1 – аморфного; 2 – кристаллического (теоретическая);

Кристаллизация металла происходит постепенно. Она объединяет два процесса, происходящих одновременно: возникновение центров кристаллизации и рост кристаллов. В процессе кристаллизации когда растущий кристалл окружен жидкостью, он имеет правильную геометрическую форму. При столкновении растущих кристаллов их правильная форма нарушается.

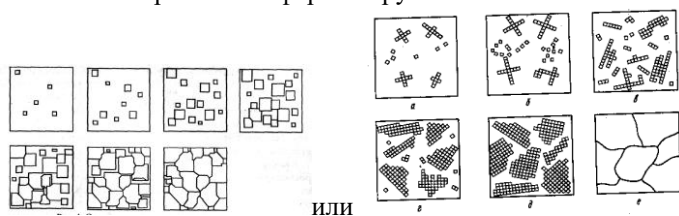


рис. 14. Последовательные этапы процесса кристаллизации металлов: а – образование зародышей или центров кристаллизации; б – д – появление новых центров кристаллизации и их быстрый рост; е – образование кристаллитов (зерен).

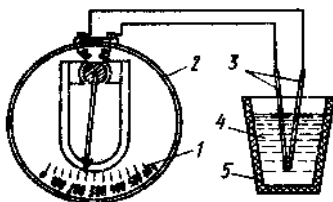


рис. 15. Схема определения температуры плавления металла: 1 – градуированная шкала; 2 – гальванометр; 3 – термопара; 4 – расплавленный металл; 5 – огнеупорный тигель.

После окончания кристаллизации образуются кристаллы неправильной формы, которые называются **зернами** или кристаллитами. Внутри каждого зерна имеется определенная ориентация кристаллической решетки, отличающаяся от ориентации решеток соседних зерен.

Полиморфизм. Некоторые металлы в зависимости от температуры могут существовать в различных кристаллических формах. Это явление называется *полиморфизм* или аллотропия, а различные кристаллические формы одного

вещества называются *полиморфными модификациями*. Процесс перехода от одной кристаллической формы к другой называется *полиморфным превращением*. Полиморфные превращения протекают при определенной температуре.

Полиморфные модификации обозначают строчными греческими буквами α , β , γ , δ и т. д., причем α , соответствует модификации, существующей при наиболее низкой температуре. Полиморфизм характерен для железа, олова, кобальта, марганца, титана и некоторых других металлов.

Важное значение имеет полиморфизм железа. На рис. 16 изображена кривая охлаждения железа. Полиморфные превращения характеризуются горизонтальными участками на кривой охлаждения, так как при них происходит полная перекристаллизация металла. До 911°C устойчиво Fe, имеющее кубическую объемно-центрированную решетку. В интервале $911-1392^{\circ}\text{C}$ существует Fe с кубической гранецентрированной кристаллической решеткой. При $1392-1539^{\circ}\text{C}$ вновь устойчиво Fe. Часто высокотемпературную модификацию Fe обозначают Fe_γ. Остановка на кривой охлаждения при 768°C связана не с полиморфным превращением, а с изменением магнитных свойств. До 768°C железо магнитно, а выше — немагнитно.

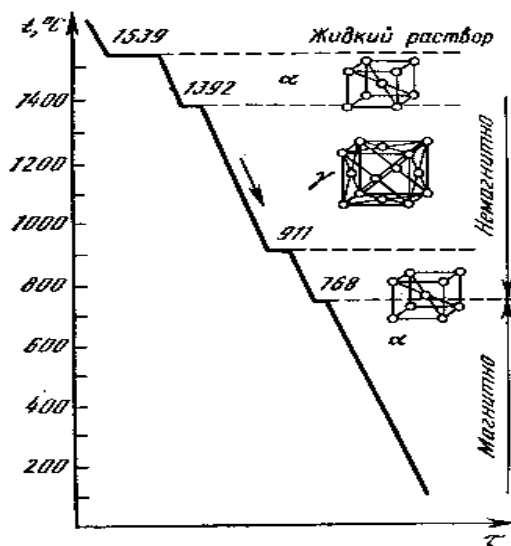


рис. 16. График кристаллизации железа и его аллотропических превращений.

Дефекты кристаллического строения. Реальный металлический кристалл всегда имеет дефекты кристаллического строения. Они подразделяются на точечные, линейные и поверхностные.

Точечные дефекты малы во всех трех измерениях. К точечным дефектам относятся *вакансии*, представляющие собой узлы кристаллической решетки в

которых отсутствуют атомы (рис. 17), а также *замещенные атомы* примеси и *внедренные атомы* которые могут быть как примесными, так и атомами основного металла. Точечные дефекты вызывают местные искажения кристаллической решетки, которые затухают достаточно быстро по мере удаления от дефекта.

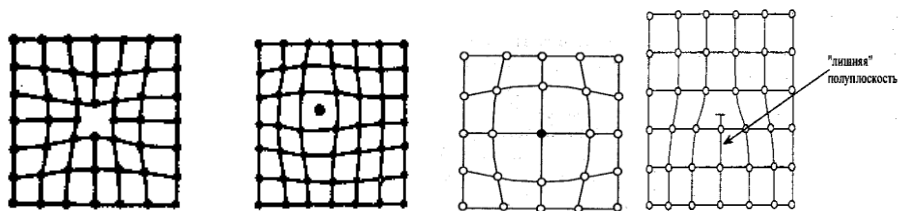


рис. 17. Дефекты кристаллической решетки: а – вакансия; б – межузельный атом; в – атом замещения; г – краевая дислокация.

Линейные дефекты имеют малые размеры в двух измерениях и большую протяженность в третьем. Эти дефекты называют *дислокациями*. Краевая дислокация представляет собой искажение кристаллической решетки, вызванное наличием «лишней» атомной полуплоскости.

Поверхностные дефекты малы только в одном измерении. К ним относятся, например, границы между отдельными зернами или группами зерен.

§5. Чугуны, их классификация.

Чугуном называют сплав железа с углеродом, содержащий от 2,14 до 6,67% углерода. Но это теоретическое определение. На практике содержание углерода в чугунах находится в пределах 2,5–4,5%. В качестве примесей чугун содержит Si, Mn, S и P.

Классификация чугунов. В зависимости от того, в какой форме содержится углерод в чугунах, различают следующие их виды. В *белом* чугуне весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита. Структура белого чугуна соответствует диаграмме Fe-Fe₃C. В *сером* чугуне большая часть углерода находится в виде графита, включения которого имеют пластинчатую форму. В *высокопрочном* чугуне графитные включения имеют шаровидную форму, а в *ковком* — хлопьевидную. Содержание углерода в виде цементита в сером, высокопрочном и ковком чугунах может составлять не более 0,8%.

Белый чугун обладает высокой твердостью, хрупкостью и очень плохо обрабатывается. Поэтому для изготовления изделий он не используется и применяется как передельный чугун, т.е. идет на производство стали. Для деталей с высокой износостойкостью используется чугун с отбеленной поверхностью, в котором основная масса металла имеет структуру серого чугуна, а поверхностный слой — белого чугуна. Машиностроительными чугунами, идущими на изготовление деталей, являются серый, высокопрочный и ковкий чугуны. Детали из них изготавливаются литьем, так как чугуны имеют очень хорошие литейные свойства. Благодаря графитным включениям эти чугуны хорошо обрабатываются, имеют

высокую износостойкость, гасят колебания и вибрации. Но графитные включения уменьшают прочность.

Таким образом, структура машиностроительных чугунов состоит из металлической основы и графитных включений. По металлической основе они классифицируются на *ферритный* чугун (весь углерод содержится в виде графита), *феррито-перлитный* и *перлитный* (содержит 0,8% углерода в виде цементита). Характер металлической основы влияет на механические свойства чугунов: прочность и твердость выше у перлитных, а пластичность — у ферритных.

Серый чугун имеет пластинчатые графитные включения. Структура серого чугуна схематически изображена на рис. 31,а. Получают серый чугун путем первичной кристаллизации из жидкого сплава.

На графитизацию (процесс выделения графита) влияют скорость охлаждения и химический состав чугуна. При быстром охлаждении графитизации не происходит и получается белый чугун. По мере уменьшения скорости охлаждения получаются, соответственно, перлитный, феррито-перлитный и ферритный серые чугуны. Способствуют графитизации углерод и кремний. Кремния содержится в чугуне от 0,5 до 5%. Иногда его вводят специально. Марганец и сера препятствуют графитизации. Кроме того, сера ухудшает механические и литейные свойства. Фосфор не влияет на графитизацию, но улучшает литейные свойства.

Механические свойства серого чугуна зависят от количества и размера графитных включений. По сравнению с металлической основой графит имеет низкую прочность. Поэтому графитные включения можно считать нарушениями сплошности, ослабляющими металлическую основу. Так как пластинчатые включения наиболее сильно ослабляют металлическую основу, серый чугун имеет наиболее низкие характеристики, как прочности, так и пластичности среди всех машиностроительных чугунов. Уменьшение размера графитных включений улучшает механические свойства. Измельчению графитных включений способствует кремний.

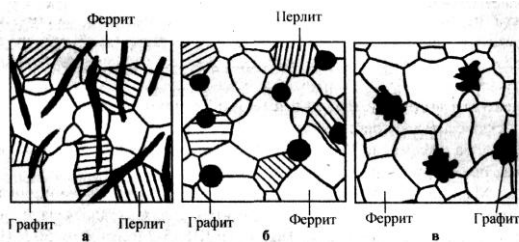


рис. 31. Микроструктуры чугунов: а – серого, б – высокопрочного, в – ковкого

Маркируется серый чугун буквами СЧ и числом, показывающем предел прочности в десятых долях мегапаскаля. Так, чугун СЧ 35 имеет $\sigma_B = 350$ МПа. Имеются следующие марки серых чугунов: СЧ 10, СЧ 15, СЧ 20, ..., СЧ 45.

Высокопрочный чугун имеет шаровидные графитные включения. Структура высокопрочного чугуна изображена на рис. 14,б. Получают высокопрочный чугун добавкой в жидкий чугун небольшого количества щелочных

или щелочноземельных металлов, которые округляют графитные включения в чугунах, что объясняется увеличением поверхностного натяжения графита. Чаще всего для этой цели применяют магний в количестве 0,03-0,07%. По содержанию других элементов высокопрочный чугун не отличается от серого.

Шаровидные графитные включения в наименьшей степени ослабляют металлическую основу. Именно поэтому высокопрочный чугун имеет более высокие механические свойства, чем серый. При этом он сохраняет хорошие литейные свойства, обрабатываемость резанием, способность гасить вибрации и т.д.

Маркируется высокопрочный чугун буквами ВЧ и цифрами, показывающими предел прочности в десятых долях мегапаскаля. Например, чугун ВЧ 60 имеет $\sigma_B = 600$ МПа. Существуют следующие марки высокопрочных чугунов: ВЧ 35, ВЧ 40, ВЧ 45, ВЧ 50, ВЧ 60, ВЧ 70, ВЧ 80, ВЧ 100. Применяются высокопрочные чугуны для изготовления ответственных деталей — зубчатых колес, валов и др.

Ковкий чугун имеет хлопьевидные графитные включения (рис. 14,в). Его получают из белого чугуна путем графитизирующего отжига, который заключается в длительной (до 2 суток) выдержке при температуре 950-970°C. Если после этого чугун охладить, то получается ковкий перлитный чугун, металлическая основа которого состоит из перлита и небольшого количества (до 20%) феррита. Такой чугун называют также светлосердечным. Если в области эвтектоидного превращения (720-760°C) проводить очень медленное охлаждение или даже дать выдержку, то получится ковкий ферритный чугун, металлическая основа которого состоит из феррита и очень небольшого количества перлита (до 10%). Этот чугун называют черносердечным, так как он содержит сравнительно много графита.

Маркируется ковкий чугун буквами КЧ и двумя числами, показывающими предел прочности в десятых долях мегапаскаля и относительное удлинение в %>. Так, чугун КЧ 45-7 имеет $\sigma_B = 450$ МПа и $\delta = 7\%$. Ферритные ковкие чугуны (КЧ 33-8, КЧ 37-12) имеют более высокую пластичность, а перлитные (КЧ 50-4, КЧ 60-3) более высокую прочность. Применяют ковкий чугун для деталей небольшого сечения, работающих при ударных и вибрационных нагрузках.

Итак, маркировки по ГОСТ некоторых чугунов:

Серый чугун СЧ 20 ГОСТ 1412-85

Высокопрочный чугун ВЧ ГОСТ 7293-85

Жаростойкий чугун ЧХ 22 ГОСТ 7769-82

Антифрикционный серый чугун АЧС-2 ГОСТ 1585-85

Антифрикционный высокопрочный АЧВ-1 ГОСТ 1585-85

Антифрикционный ковкий АЧК-2 ГОСТ 1585-85

§6. Классификация сталей

По химическому составу стали могут быть *углеродистыми*, содержащими железо, углерод и примеси и *легированными*, содержащими дополнительно легирующие элементы, введенные в сталь с целью изменения ее свойств.

По содержанию углерода стали делятся на низкоуглеродистые (до 0,25% С), среднеуглеродистые (0,25 — 0,7% С) и высокоуглеродистые (более 0,7% С).

По назначению различают стали конструкционные, идущие на изготовление деталей машин, конструкций и сооружений, инструментальные, идущие на изготовление различного инструмента, а также стали специального назначения с особыми свойствами: нержавеющие, жаростойкие, жаропрочные, износостойкие, с особыми электрическими и магнитными свойствами и др..

По показателям качества стали классифицируются на обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особо высококачественные. Качество стали характеризуется совокупностью свойств, определяемых процессом производства, химическим составом, содержанием газов и вредных примесей (серы и фосфора). В соответствии с ГОСТом Стали обыкновенного качества должны содержать не более 0,045% Р и 0,05% S, качественные — не более 0,035% и 0,01% S, высококачественные — не более 0,025% Р и 0,025% S и особовысококачественные не более 0,025% Р и 0,015% S. Углеродистые конструкционные стали могут быть только обыкновенного качества и качественными.

Таблица 4
Классификация сталей

По производству	По химическому составу	По назначению	По качеству
Кислородно-конвертерная Мартеновская Электропечного переплава и др.	Углеродистые (Fe+C) Легированные (Fe+C+легирующие компоненты)	Конструкционные Инструментальные С особыми свойствами	Обыкновенного качества Качественные Высококачественные Особо высококачественные

Таблица 5
Стали, их маркировка, применение

Группа сталей, марки	Применение	Обозначение
Углеродистая конструкционная обыкновенного качества: Ст0 –Ст6 Ст 3 ГОСТ 380-94	Строительные конструкции, крепежные детали. Листовой прокат, заклепки, трубы, арматура, проволока	Цифра – порядковый № марки
Углеродистая конструкционная качественная: Сталь 20, 25,30,35,40,45,50,55, 60,65,70,75,80, 60Г,65Г,70Г Сталь 25 ГОСТ 1050-88	Шатуны, шпиндели, зубчатые колеса, валы, оси и т.д.	Углерод в 100-х долях % Г – повышенное содержание марганца (примерно 1%)
Углеродистая инструментальная сталь: У7-У13, У7-У13А Сталь У10 ГОСТ 1435-90	Зубила, молотки, ножи, ножницы, отвертки, ножовочные полотна, напильники	Углерод в 10-х долях А- высокое качество
Легированная конструкционная сталь 15Х, 20Х, 38ХА, 40Х, 40ХФА, 18ХГТ, 30ХГТ	Валы, кулачки. Зубчатые колеса, болты, шпильки, рессоры, пружины, пальцы, втулки и т.д.	Первые 2 цифры – углерод в 100-х долях %, буквы – хим. Элемент, цифра после нее – его содержание в %
Легированная инструментальная сталь 9ХС, ХВСГ, ХВ5, ХГ Сталь 35ХГ ГОСТ 4543-90	Фрезы, зенкеры, развертки. Напильники и т.д.	Цифра впереди – углерод в 10-х долях %

Быстрорежущая сталь: Р6М5, Р18, Р12, Р12Ф3	Резцы. Фрезы, долбяки, протяжки	Р-быстрорежущая, цифра после нее - % вольфрама
Шарикоподшипниковая сталь: ШХ6, ШХ9, ШХ15 Сталь ШХ 15 ГОСТ 801-71	Тела качения, кольца шарикоподшипников	Ш-шарикоподшипниковая, 6=% хрома
Отливка из конструкционной стали		Отливка Сталь 25Л ГОСТ 977-88
Проволока (для пружин) марки А, класса 1, диаметром 2 мм		Проволока А-1-1,00 ГОСТ 9389-75

§7. Углеродистые стали

Таблица 6

Классификация углеродистых конструкционных сталей, их маркировка

Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества	Углеродистые конструкционные качественные
По назначению: Стали <i>группы А</i> имеют гарантируемые механические свойства. Ст0, Ст1, Ст2,..., Ст6. Стали <i>группы Б</i> имеют гарантируемый химический состав. БСт0, БСт1, БСт2,..., БСт6. Стали <i>группы В</i> имеют гарантируемые механические свойства и химический состав. ВСт1, ВСт2,..., ВСт5. Цифра в маркировке – порядковый номер марки	Сталь 08, 10, 15, 20, 25, ..., 85 Число означает среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Углеродистые стали обыкновенного качества в зависимости от назначения и гарантируемых свойств делятся на три группы: А, Б и В.

Стали *группы А* имеют гарантируемые механические свойства. Они используются в состоянии поставки без горячей обработки или сварки. Эти стали маркируются буквами Ст и цифрами, обозначающими порядковый номер марки. Выпускается семь марок сталей группы Л: Ст0, Ст1, Ст2,..., Ст6. Чем выше номер марки, тем больше содержание углерода и, соответственно, выше прочность и ниже пластичность.

Стали *группы Б* имеют гарантируемый химический состав. Эти стали подвергаются горячей обработке. При этом их механические свойства не сохраняются, а химический состав важен для определения режима обработки. Маркируются они так же, как стали группы А, но перед буквами Ст ставится буква

Б. Чем выше номер марки, чем больше содержание в стали углерода, марганца и кремния.

Стали *группы В* имеют гарантируемые механические свойства и химический состав. Эти стали используются для сварки, так как для выбора режима сварки надо знать химический состав, а механические свойства частей изделий, не подвергшихся тепловому воздействию, остаются без изменений. В марках сталей этой группы на первое место ставится буква В. При этом механические свойства соответствуют свойствам аналогичной марки из группы А, а химический состав — составу аналогичной марки из группы Б.

Качественные конструкционные углеродистые стали маркируются цифрами 08, 10, 15, 20, 25, ..., 85, которые обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Эти стали отличаются от сталей обыкновенного качества большей прочностью, пластичностью и ударной вязкостью. Если для сталей обыкновенного качества максимальная прочность составляет 700 МПа, то для качественной она достигает 1100 МПа. Более подробно они будут рассмотрены совместно с конструкционными легированными сталями.

§8. Легированные стали

Легированной называют сталь, содержащую специально введенные в нее с целью изменения строения и свойств легирующие элементы.

Легированные стали имеют целый ряд преимуществ перед углеродистыми. Они имеют более высокие механические свойства, прежде всего, прочность. Легированные стали обеспечивают большую прокаливаемость, а также возможность получения структуры мартенсита при закалке в масле, что уменьшает опасность появления трещин и коробления деталей. С помощью легирования можно придать стали различные специальные свойства (коррозионную стойкость, жаростойкость, жаропрочность, износостойкость, магнитные и электрические свойства).

Классификация сталей по различным признакам была рассмотрена ранее. Отметим только, что стали обыкновенного качества могут быть только углеродистыми, т.е. легированные стали, как минимум, являются качественными.

Маркируются легированные стали с помощью цифр и букв, указывающих примерный химический состав стали. Первые цифры в марке показывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Далее показывается содержание легирующих элементов. Каждый элемент обозначается своей буквой: Н — никель, Г — марганец, Ц — цирконий, Т — титан, Х — хром, Д — медь, С — кремний, А — азот, К — кобальт, Р — бор, П — фосфор, Ф — ванадий, М — молибден, Б — ниобий, В — вольфрам, Ю — алюминий. Цифры, идущие после буквы, указывают примерное содержание данного легирующего элемента в процентах. При содержании элемента менее 1% цифра отсутствует. Например, сталь 12Х18Н10Т содержит приблизительно 0,12% углерода, 18% хрома, 10% никеля, менее 1% титана. Для некоторых групп сталей применяют другую маркировку, которая будет указана при рассмотрении этих сталей.

Конструкционные стали

Конструкционные стали идут на изготовление деталей машин, конструкций и сооружений. Они должны обеспечивать длительную и надежную работу деталей и конструкций в условиях эксплуатации. Поэтому основное требование к конструкционным сталям — комплекс высоких механических свойств.

Строительные стали содержат малые количества углерода (0,1-0,3%). Это объясняется тем, что детали строительных конструкций обычно соединяются сваркой. Низкое содержание углерода обеспечивает хорошую свариваемость.

В качестве строительных используются углеродистые стали Ст2 и Ст3, имеющие предел текучести $\sigma_{0,2} = 240$ МПа. В низколегированных строительных сталях при содержании около 1,5% Мп и 0,7% Si предел текучести увеличивается до 360 МПа. К этим сталям относятся 14Г2, 17ГС, 14ХГС. Дополнительное легирование небольшими количествами ванадия и ниобия (до 0,1%) повышает предел текучести до 450 МПа за счет уменьшения величины зерна. К сталям такого типа относятся 14Г2АФ, 17Г2АФБ.

Приведенные стали применяют для строительных конструкций, армирования железобетона, магистральных нефтепроводов и газопроводов.

Цементуемые стали содержат 0,1-0,3% углерода. Они подвергаются цементации, закалке и низкому отпуску. После этой обработки твердость поверхности составляет HRC 60, а сердцевины HRC 15 — 40. Упрочнение сердцевины в этих сталях тем сильнее, чем больше содержание легирующих элементов. В зависимости от степени упрочнения сердцевины цементуемые стали можно разделить на три группы.

К сталям с неупрочняемой сердцевиной относятся углеродистые цементуемые стали 10, 15, 20. Их сердцевина имеет феррито-перлитную структуру. Эти стали имеют высокую износостойкость, но малую прочность ($\sigma_{\text{в}} = 400-500$ МПа). Поэтому они применяются для малоответственных деталей небольших размеров.

К сталям со слабо упрочняемой сердцевиной относятся низколегированные стали 15Х, 15ХР, 20ХН и др. Сердцевина имеет структуру бейнит. Эти стали имеют повышенную прочность ($\sigma_{\text{в}} = 750-850$ МПа).

К сталям с сильно упрочняемой сердцевиной относятся стали 20ХГР, 18ХГТ, 30ХГТ, 12ХНЗ, 18Х2Н4В и др. Сердцевина имеет мартенситную структуру. Стали этой группы имеют высокую прочность ($\sigma_{\text{в}} = 1200-1600$ МПа) и применяются для крупных деталей, испытывающих значительные нагрузки.

Улучшаемые стали содержат 0,3-0,5% углерода и небольшое количество легирующих элементов (до 3-5%). Эти стали подвергаются улучшению, состоящему из закали в масле и высокого отпуска.

После термообработки имеют структуру сорбита. Механические свойства разных марок улучшаемой стали в случае сквозной прокаливаемости близки ($\sigma_{\text{в}} = 900-1200$ МПа). Поэтому прокаливаемость определяет выбор стали. Чем больше легирующих элементов, тем выше прокаливаемость. Следовательно, чем больше сечение детали, тем более легированную сталь следует использовать. По прокаливаемости улучшаемые стали могут быть условно разбиты на пять групп.

В первую группу входят углеродистые стали 35, 40, 45, имеющие критический диаметр $D_{кр} = 10$ мм. Эти стали подвергаются нормализации вместо улучшения.

Ко второй группе относятся стали, легированные хромом 30Х, 40Х. Для них критический диаметр составляет $D_{кр} = 15-20$ мм.

Третью группу составляют хромистые стали, дополнительно легированные еще одним двумя элементами (кроме никеля) 30ХМ, 40ХГ, 30ХГС и др. Для этих сталей $D_{кр} = 20-30$ мм.

Четвертая группа представлена хромоникелевыми сталями, содержащими около 1% никеля: 40ХН, 40ХНМ и др. Их критический диаметр $D_{кр} = 40$ мм.

В пятую группу входят стали, легированные рядом элементов, причем содержание никеля доходит до 3-4%: 38ХНЗ, 38ХНЗМФ ($D = 100$ мм). Это лучшие марки улучшаемых сталей, хотя они сравнительно дороги.

Высокопрочные стали. Новейшая техника предъявляет высокие требования к прочности стали ($\sigma_{\text{в}} = 1500-2500$ МПа). Этим требованиям соответствуют *мартенситностареющие стали*, сочетающие высокую прочность с достаточной вязкостью и пластичностью. Они представляют собой практически безуглеродистые (до 0,03% С) сплавы железа с никелем (17-26% Ni), дополнительно легированные титаном, алюминием, молибденом, ниобием и кобальтом. Широкое распространение получила сталь Н18К9М5Т. Она подвергается закалке на воздухе с 800-850°C. Высокую прочность мартенситностареющие стали получают в результате *старения*, представляющего собой отпуск, производимый при температуре 450-500°C. В результате такой термообработки сталь Н18К9М5Т имеет предел прочности $\sigma_{\text{в}} = 2000$ МПа.

Кроме упомянутой выше стали нашли применение стали Н12К8МЗГ2, М10Х11М2Т, Н12К8М4Г2 и другие. Мартенситностареющие стали применяют в авиационной промышленности, в ракетной технике, судостроении и т. д. Они обладают хорошей свариваемостью и обрабатываемостью. Эти стали являются достаточно дорогостоящими.

Пружинные стали. В пружинах и рессорах используются только упругие свойства стали. Возникновение пластической деформации в них недопустимо, поэтому высоких требований к пластичности и вязкости не предъявляется. Основное требование к пружинной стали — высокий предел упругости a (см. раздел 1.2). Хорошие упругие свойства стали достигаются при повышенном содержании углерода (0,5-0,7%) и применении термообработки, состоящей из закалки и среднего отпуска при температуре 350-450°C. После такой термообработки сталь имеет троститную структуру.

Углеродистые пружинные стали (65, 70, 75) вследствие низкой прокаливаемости используются для пружин небольшого сечения. Они могут работать при температуре до 100° С. Стали, легированные кремнием и марганцем (60С2, 60СГ и др.) предназначены для больших по размеру упругих элементов и обеспечивают их длительную и надежную работу. Для ответственных пружин применяют высококачественные стали легированные хромом и ванадием (50ХФА,

50ХГФА). Эти стали могут работать при температуре до 300° С. Из них изготавливают, например, рессоры легковых автомобилей.

Износостойкие стали способны сопротивляться процессу изнашивания. Изнашивание — это процесс постепенного разрушения поверхностных слоев трущихся деталей, который приводит к уменьшению их размеров (износу). Износостойкие стали можно разделить на три группы.

В первую группу входят стали, износостойкость которых достигается высокой твердостью поверхности. Они подвергаются закалке и низкому отпуску или химико-термической обработке. Имеют структуру мартенсита или мартенсита с карбидными включениями. К этой группе относятся подшипниковые стали, из которых изготавливаются шарики и ролики подшипников качения. Они маркируются буквами ШХ и цифрой показывающей содержание хрома в десятых долях процента, содержат также марганец и кремний (ШХ4, ШХ15, ШХ15СГ, ШХ20СГ). Содержание углерода в них около 1%.

Ко второй группе относятся стали, износостойкость которых достигается смазывающим действием графита. Эти стали имеют в структуре графитные включения, которые в процессе изнашивания выходят на поверхность и выполняют роль сухой смазки. Эти стали имеют высокое содержание углерода (-1,5%) и кремния (~1%), что повышает способность к графитизации. Эти стали подвергаются графитизирующему отжигу, который аналогичен отжигу ковкого чугуна (см. раздел 3.3.).

Третью группу составляют стали износостойкость которых достигается повышенной склонностью к наклепу. Это, прежде всего, сталь 110Г13. Она имеет невысокую твердость, которая при действии давления и ударов резко повышается, за счет чего и достигается износостойкость. Эта сталь подвергается закалке от 1100°С в воде, после чего получает аустенитную структуру. Плохо обрабатывается резанием, поэтому применяется влитом состоянии.

Инструментальные стали.

По назначению инструментальные стали делятся на стали для режущего, измерительного и штампового инструмента. Кроме сталей, для изготовления режущего инструмента применяются металлокерамические твердые сплавы и минералокерамические материалы. Режущий инструмент работает в сложных условиях, подвержен интенсивному износу, при работе часто разогревается. Поэтому материал для изготовления режущего инструмента должен обладать высокой твердостью, износостойкостью и теплостойкостью. *Теплостойкость* — это способность сохранять высокую твердость и режущие свойства при длительном нагреве.

Таблица 7
Классификация углеродистых инструментальных сталей, их маркировка

<i>Углеродистые инструментальные качественные</i>	<i>Углеродистые инструментальные высококачественные (А)</i>
У7, У8, У9, ..., У13 Буква У и цифра, показывающая содержание углерода в десятых долях процента	У7А, У8А, У9А, ..., У13А Буква У и цифра, показывающая содержание углерода в десятых долях процента

Углеродистые инструментальные стали содержат 0,7-1,3% углерода. Они маркируются буквой У и цифрой, показывающих содержание углерода в десятых долях процента (У7, У8, У9, ..., У13). Буква А в конце марки показывает, что сталь высококачественная (У7А, У8А, ..., У13А). Предварительная термообработка этих сталей — отжиг на зернистый перлит, окончательная — закалка в воде или растворе соли и низкий отпуск. После этого структура стали представляет собой мартенсит с включениями зернистого цемента. Твердость лежит в интервале HRC 56-64.

Для углеродистых инструментальных сталей характерны низкая теплостойкость (до 200°C) и низкая прокаливаемость (до 10-12 мм). Однако вязкая незакаленная сердцевина повышает устойчивость инструмента против поломок при вибрациях и ударах. Кроме того, эти стали достаточно дешевы и в незакаленном состоянии сами хорошо обрабатываются.

Стали У7-У9 применяются для изготовления инструмента, испытывающего ударные нагрузки (зубила, молотки, топоры). Стали У10-У13 идут на изготовление инструмента, обладающего высокой твердостью (напильники, хирургический инструмент). Стали У8-У12 применяются также для измерительного инструмента.

Низколегированные инструментальные стали содержат в сумме около 1-3% легирующих элементов. Они обладают повышенной по сравнению с углеродистыми сталями прокаливаемостью, но теплостойкость их невелика — до 400°C. Основные легирующие элементы — хром, кремний, вольфрам, ванадий. Маркируются эти стали так же, как конструкционные, но содержание углерода дается в десятых долях процента. Если первая цифра в марке отсутствует, то содержание углерода превышает 1%. Например 9ХС, ХВГ, ХВ5.

Термообработка низколегированных инструментальных сталей — закалка в масле и отпуск при температуре 150-200°C. При этом обычно достигается сквозная прокаливаемость. Твердость после термообработки составляет HRC 62-64.

Благодаря большей прокаливаемости и закалке в масле низколегированные стали используются для изготовления инструмента большой длины и крупного сечения (например, сверл диаметром до 60 мм). Применяются для ручного инструмента по металлу и измерительного инструмента.

Быстрорежущие стали предназначены для работы при высоких скоростях резания. Главное их достоинство — высокая теплостойкость (до 650°C). Это достигается за счет большого количества легирующих элементов — вольфрама, хрома, молибдена, ванадия, кобальта. Маркируются быстрорежущие стали буквой Р, число после которой показывает среднее содержание вольфрама в %. Далее идут обозначения и содержание других легирующих элементов. Содержание углерода во всех быстрорежущих сталях приблизительно 1 %, а хрома 4%. Поэтому эти элементы в марке не указываются. Например, Р18, Р9, Р6М5, Р6М5Ф2К8.

Термообработка быстрорежущих сталей заключается в закалке от высоких температур (1200-1300°C) и трехкратном отпуске при 550-570°C. Трехкратный отпуск применяется для того, чтобы избавиться от остаточного аустенита, который присутствует после закалки в количестве приблизительно 30% и снижает режущие

свойства. После термообработки сталь имеет мартенситную структуру с карбидными включениями. Твердость после термообработки составляет HRC 64-65.

Быстрорежущие стали применяются для инструмента, используемого для обработки металла на металлорежущих станках (резцы, фрезы, сверла). Для экономии дорогих быстрорежущих сталей режущий инструмент часто изготавливается сборным или сварным. Рабочую часть из быстрорежущей стали приваривают к основной части инструмента из конструкционной стали.

§9. Стали со специальными свойствами

Коррозионностойкие (нержавеющие) стали. *Коррозией* называется разрушение металла под действием внешней агрессивной среды в результате ее химического или электрохимического воздействия. Различают химическую коррозию, обусловленную воздействием на металл сухих газов и неэлектролитов (например, нефтепродуктов) и электрохимическую, возникающую под действием жидких электролитов или влажного воздуха. По характеру коррозионного разрушения различают сплошную и местную коррозию. Сплошная коррозия захватывает всю поверхность металла. Ее делят на равномерную и неравномерную в зависимости от того, одинаковая ли глубина коррозионного разрушения на разных участках. При местной коррозии поражения локальны. В зависимости от степени локализации различают пятнистую, язвенную, точечную, межкристаллитную и др. виды местной коррозии.

Самый надежный способ защиты от коррозии — применение коррозионностойких сталей. Коррозионная стойкость достигается при введении в сталь элементов, образующих на ее поверхности тонкие и прочные оксидные пленки. Наилучший из этих элементов — хром. При введении в сталь 12-14% хрома она становится устойчивой против коррозии в атмосфере, воде, ряде кислот, щелочей и солей. Стали, содержащие меньшее количество хрома, подвержены коррозии точно так же, как и углеродистые стали. В технике применяют хромистые и хромоникелевые коррозионностойкие стали.

Хромистые коррозионностойкие стали могут содержать 13, 17 или 25-27% хрома. Стали марок 08X13, 12X13, 20X13 подвергаются закалке от 1000°C и отпуску при 600-700°C. Их применяют для изготовления деталей с повышенной пластичностью, работающих в слабоагрессивных средах. Стали 30X13, 40X13 подвергаются закалке и отпуску при 200-300°C. Из них изготавливают режущий, мерительный и хирургический инструмент.

Стали 12X17, 15X28 имеют более высокую коррозионную стойкость. Подвергаются отжигу при температуре 700-780°C. Используются для оборудования заводов легкой и пищевой промышленности, труб, работающих в агрессивных средах, для кухонной посуды.

Хромоникелевые стали обычно содержат 18% хрома и 9-12% никеля (04X18N10, 12X18N10T, 12X18N12T и др.). Они имеют более высокую коррозионную стойкость по сравнению с хромистыми сталями, лучшие механические свойства, хорошо свариваются. Эти стали имеют аустенитную

структуру. Их термообработка состоит из закалки от температуры 1100-1150°C в воде без отпуска.

Хромоникелевые стали склонны к межкристаллитной коррозии. Она быстро распространяется по границам зерен без заметных внешних признаков. Это происходит вследствие образования карбидов хрома по границам зерен, что приводит к уменьшению содержания хрома в поверхностном слое зерна. Чтобы карбиды хрома не образовывались, надо либо использовать стали с пониженным содержанием углерода (до 0,04%), либо дополнительно легировать сталь титаном, связывающим углерод в карбид титана.

Используются хромоникелевые стали в пищевой и химической промышленности, в холодильной технике. Поскольку никель дорогостоящий элемент, иногда его частично заменяют марганцем и используют сталь 10X14Г14Н4Т.

Другие методы защиты от коррозии. Распространенным средством защиты от коррозии является нанесение на защищаемый металл различных покрытий. *Металлические покрытия* наносятся различными способами. При *погружении в расплавленный металл* поверхность изделия покрывается тонким и плотным слоем, затвердевающим после извлечения изделия. Этот способ применяется для нанесения покрытий цинком, оловом, свинцом и алюминием, температура плавления которых ниже, чем у защищаемого металла. При *диффузионной металлизации* изделие засыпают порошками алюминия, хрома, цинка и выдерживают при высокой температуре. При *напылении* поверхность изделия покрывают слоем расплавленного металла (цинка, алюминия, кадмия и др.) с помощью воздушной струи. При *плакировании* защищаемый металл подвергают совместной прокатке с защищающим (алюминием, титаном, нержавеющей сталью). *Гальванический способ* нанесения покрытий основан на осаждении под действием электрического тока тонкого слоя защитного металла (хрома, никеля, меди, кадмия) при погружении защищаемого изделия в раствор электролита.

Неметаллические покрытия подразделяются на лакокрасочные и эмалевые, смоляные, покрытия пленочными полимерными материалами, резиной, смазочными материалами, керамические покрытия и др. Покрытия, получаемые химической и электрохимической обработкой, превращают поверхностный слой изделия в химическое соединение, образующее сплошную защитную пленку. Наибольшее распространение имеют оксидные и фосфатные защитные пленки.

Протекторная защита основана на подсоединении к защищаемому изделию протектора с более отрицательным электрохимическим потенциалом. В агрессивной среде протектор будет являться анодом и разрушаться, а защищаемое изделие — катодом и разрушаться не будет.

Для уменьшения агрессивности окружающей среды в нее вводят добавки, называемые *ингибиторами* коррозии. Они значительно снижают скорость коррозии. Условием использования ингибиторов является эксплуатация изделия в замкнутой среде постоянного состава.

Жаростойкие и жаропрочные стали. Под *жаростойкими* сталями понимают стали, обладающие стойкостью против химического разрушения поверхности при высокой температуре (свыше 550°C) . При нагреве стали

происходит окисление поверхности и образуется оксидная пленка (окалина). Дальнейшее окисление определяется скоростью проникновения атомов кислорода через эту пленку. Через пленку оксидов железа они проникают очень легко. Для повышения жаростойкости сталь легируют элементами, образующими плотную пленку, через которую атомы кислорода не проникают. Эти элементы — хром, алюминий, кремний. Так как алюминий и кремний повышают хрупкость стали, чаще всего применяют хром. Чем больше его содержание, тем более жаропрочной является сталь. Сталь 15Х5 выдерживает до 600°C, 40Х9С2 — до 800°C, рассмотренные ранее 12Х17 — до 900°C и 15Х28 — до 1050°C.

Жаропрочные материалы способны противостоять механическим нагрузкам при высоких температурах. Жаропрочные стали классифицируются по структуре.

Перлитные стали содержат малое количество углерода, легируются хромом, молибденом, ванадием (12ХМ, 12Х1МФ). Используют для изготовления труб, паропроводов и др. деталей, длительно работающих при температуре 500-550°C.

Мартенситные стали в большом количестве легированы хромом (15Х11МФ, 15Х12ВНМФ). Они используются для деталей энергетического оборудования, длительно работающего при температуре 600-620°C. Особую группу мартенситных сталей составляют силхромы, применяемые для клапанов двигателей внутреннего сгорания. Они дополнительно легированы кремнием (40Х9С2, 40Х10С2М).

Аустенитные стали легированы большим количеством хрома и никеля а также другими элементами (09Х14Н16Б, 09Х14Н19В2БР). Из этих сталей изготавливают детали газовых турбин, работающих при температуре 600-700°C.

Для работы при более высоких температурах (700-900°C) служат сплавы на основе никеля, называемые нимониками. Примером нимоника является сплав ХН77ТЮР, содержащий кроме никеля приблизительно 20% Сг, 2,5% Ti, 1% Al.

Для работы при температурах свыше 1000°C используют тугоплавкие металлы и их сплавы. Это — хром, ниобий, молибден, тантал, вольфрам. Они используются в атомной энергетике и в космической технике.

Температуры 1500-1700°C выдерживают жаропрочные керамические материалы на основе карбида и нитрида кремния.

Сплавы с «памятью»

Обычные стали и сплавы после пластической деформации не восстанавливают свою форму. Особенностью сплавов, обладающих эффектом «памяти», является то, что нагрев, выполненный после холодной пластической деформации, восстанавливает форму, которую имело изделие при высоких температурах. Эта форма сохраняется и после охлаждения. Так, если проволоку закрутить в спираль при высокой температуре, а при низкой выпрямить (т.е. раскрутить), то повторный нагрев вызывает изменение формы — проволока вновь приобретает форму спирали и сохраняет эту форму при охлаждении.

В настоящее время известно большое количество таких сплавов. Наибольшее распространение получили сплавы типа «нитинол» на основе NiTi. Эффект памяти в них повторяется в течение многих тысяч циклов. Нитинол применяют в автоматических прерывателях тока, запоминающих устройствах, температурно-чувствительных датчиках. Имеются данные, что из него

изготавливают антенны спутников. Антенну скручивают в маленький бунт, в космосе она восстанавливает свою форму при нагреве.

Аморфные сплавы (металлические стекла)

Металлы и сплавы в аморфном состоянии, т. е. металлические стекла, впервые были получены в 1959-1960 гг. Свойства металлических сплавов в аморфном и кристаллическом состояниях имеют существенные отличия. Металлические стекла обладают сочетанием высоких механических, магнитных, антикоррозионных свойств.

Аморфная структура образуется при сверхвысоких скоростях охлаждения — 10^6 К/с и выше (скорость охлаждения при получении отливок традиционными методами около 1К/с). Существует ряд методов достижения таких скоростей.

1. Высокоскоростное ионно-плазменное и термическое распыление материала с последующей конденсацией паров на охлаждаемую жидким азотом подложку. Скорость охлаждения около 10^{13} К/с.

2. Оплавление тонких поверхностных слоев деталей лазерным лучом, при этом высокая скорость охлаждения обеспечивается быстрым отводом теплоты в глублежащие слои металла. Скорость охлаждения 10^7 - 10^9 К/с.

3. Закалка из жидкого состояния. Скорость охлаждения 10^6 — 10^9 К/с.

Закалка из жидкого состояния — основной метод получения металлических стекол.

Аморфная структура металлических стекол нестабильна, она стремится перейти в более равновесную, т.е. кристаллическую. Это происходит при нагреве до температуры выше температуры кристаллизации $T_{кр} = (0,4...0,65) T_{пл}$, где $T_{пл}$ — температура плавления.

Маркировка аморфных сплавов отличается от принятой для сталей и сплавов. Они обозначаются аналогично химическим соединениям. Цифры показывают содержание элемента в атомных процентах, например $Fe_{80}B_{20}$.

Металлические стекла обладают особыми электрическими и магнитными свойствами. Так, удельное электросопротивление сплава $Ni_{67}Si_7B_{26}$ в 1,5 раза больше, чем у нихрома (традиционный сплав с высоким сопротивлением), — для них значения $\rho \cdot K^4$ соответственно равны 1,55 и 1,08 Ом·см.

Железкобальтовые сплавы обладают высокой магнитной проницаемостью и малой коэрцитивной силой, что важно для магнитомягких материалов. Коэрцитивная сила тем меньше, чем крупнее зерно, структура аморфных сплавов представляет собой как бы одно зерно.

Применение этих материалов ограничено температурой. Свои свойства они сохраняют лишь ниже $T_{кр}$. Кроме того, сортамент их выпуска ограничен — это тонкие фольги, ленты, нити, так как в больших сечениях невозможно добиться сверхвысоких скоростей охлаждения. Основная область применения — микроэлектроника, радиоэлектроника, где используются фольги и тонкие пленки.

§10. Стали и сплавы с магнитными и электрическими свойствами

Стали и сплавы с магнитными свойствами. Магнитные стали и сплавы делятся на две группы: магнитотвердые и магнитомягкие.

Магнитотвердые стали и сплавы обладают высоким значением коэрцитивной силы H_c и остаточной индукции B_r . Они применяются для изготовления постоянных магнитов. Постоянные магниты небольших размеров делают из углеродистых заэвтектоидных сталей УЮ-У12.

Коэрцитивная сила углеродистых сталей резко возрастает после закалки на мартенсит вследствие появления больших напряжений.

У стали У12 после закалки в воде $H_c = 4800$ А/м, $B_r = 0,8$ Тл. Однако низкая прокаливаемость, малая стабильность остаточной индукции привели к вытеснению углеродистых сталей легированными.

Легирование металла вызывает повышение магнитной твердости (т.е. коэрцитивной силы). Коэрцитивная сила возрастает при образовании в твердом растворе второй фазы, с повышением дискретности второй фазы, при возникновении напряжений в кристаллической решетке, при измельчении зерна.

В настоящее время для изготовления постоянных магнитов широко используют стали, легированные хромом, вольфрамом, кобальтом или совместно несколькими элементами (ЕХ3, ЕХ7В6, ЕХ5К5). Буквой Е обозначается магнитная сталь.

Для получения высоких магнитных свойств стали подвергают сложной термической обработке, состоящей из нормализации, закалки в масле или в воде и низкотемпературного отпуска (при 100°С в течение 10–24 ч).

Высокое содержание углерода и легирующих элементов в этих сталях придает им повышенную твердость, поэтому перед холодной механической обработкой их подвергают смягчающему отжигу при 700—850 °С. При отжиге происходит образование карбидов, что ухудшает магнитные свойства («магнитная порча»). Поэтому перед закалкой для устранения «магнитной порчи» проводят нормализацию, при которой происходит растворение крупных карбидных фаз.

Во избежание «магнитной порчи» при закалке нагрев должен быть кратковременным (не более 15 мин). Охлаждение можно проводить в воде или в масле, но обычно охлаждают в масле, чтобы избежать коробления и образования трещин, хотя при этом несколько снижаются магнитные свойства. Обработка холодом повышает магнитные свойства, так как устраняет немагнитный (парамагнитный) аустенит.

Отпуск несколько снижает коэрцитивную силу, но обеспечивает стабильность магнитных свойств в процессе эксплуатации.

Высокие магнитные свойства имеют железоникелькобальтовые сплавы, в частности магнит (8% Al, 24% Co, 14% Ni, 3% Si, остальное железо).

Магниты из этого сплава получают литьем, так как сплав не поддается деформации и обработке резанием. Сплав подвергают закалке в магнитном поле. Сущность закалки в следующем. Нагретый до 1300°С сплав помещают между полюсами электромагнита напряженностью 160 А/м и охлаждают до температуры ниже 500°С, дальнейшее охлаждение проводят на воздухе. После такой обработки сплав обладает анизотропией магнитных свойств.

Магнитные свойства достигают высокого уровня в том направлении, в котором действовало внешнее магнитное поле при закалке. Затем сплав подвергают отпуску при 600 °С. Магнитные свойства: $J = 40\,000\text{ А/м}$, $B_c = 1,2\text{ Тл}$.

Последнее время находят применение сплавы на основе кобальта (52% Со, 14% V, остальное железо). Сплав поставляется в виде лент, полос и т.д.

Магнитомягкие сплавы и стали имеют низкую коэрцитивную силу и высокую магнитную проницаемость. Их применяют для изготовления сердечников, магнитных устройств, работающих в переменных магнитных полях. Магнитомягкие материалы должны иметь однородную (гомогенную) структуру, крупное зерно.

Незначительный наклеп сильно снижает магнитную проницаемость и повышает коэрцитивную силу. Поэтому магнитомягкие сплавы для снятия напряжений и искажений структуры подвергают рекристаллизационному отжигу.

Широкое применение получило чистое железо, в котором содержание углерода и всех примесей строго ограничено. Железо применяют для изготовления сердечников реле, электромагнитов постоянного тока, полюсов электрических машин и др.

Широкое применение в промышленности нашла *электротехническая сталь* — сплав железа с кремнием (0,05—0,005% С, 1,0—1,8% Si). Легирование кремнием повышает электросопротивление стали и тем самым уменьшает потери на вихревые токи, повышает магнитную проницаемость, снижает коэрцитивную силу и потери на гистерезис, способствует росту зерна, улучшает магнитные свойства за счет графитизирующего действия.

Маркируют электротехнические стали следующим образом: первая цифра означает вид проката и структурное состояние (1 — горячекатаная, 2 — холоднокатаная изотропная, 3 — холоднокатаная анизотропная); вторая — содержание кремния: 0 — до 0,4%; 1 — 0,4-0,8%; 2 - 0,8-1,8%; 3 - 1,8-2,8%; 4 - 2,8-3,8%; 5 - 3,8-4,8%; третья — основную нормируемую характеристику (0, 1 и 2 — удельные потери при различных значениях магнитной индукции и частоты, 6 и 7 — магнитная индукция соответственно в слабых и средних полях). Вместе первые три цифры обозначают тип стали; четвертая — порядковый номер типа стали. Чем он выше, тем меньше удельные потери, тем больше магнитная индукция.

Электротехническую сталь для снятия наклепа после прокатки и для укрупнения зерна подвергают отжигу при 1100-1200 °С в атмосфере водорода. При рубке листов, резке, штамповке, гибке магнитные свойства ухудшаются. Для восстановления магнитных свойств электротехнической стали рекомендуется отжиг при 750—800 °С в течение 2 ч с медленным (- 50 град/ч) охлаждением до 400 °С. При этом необходимо исключить окисление и науглероживание стали.

Электротехническую сталь изготавливают в виде листов толщиной от 1 до 0,05 мм.

Железоникелевые сплавы (от 40 до 80% Ni) — пермаллои — имеют высокую магнитную проницаемость, что очень важно для приборов, работающих в слабых полях (радио, телефон, телеграф). Магнитные свойства пермаллоя сильно зависят от термической обработки.

Для улучшения магнитных свойств после механической обработки пермаллои подвергают отжигу при 1100—1200 °С в вакууме или атмосфере

водорода. При этом укрупняется зерно, устраняются остаточные напряжения и удаляются примеси углерода.

Охлаждение в магнитном поле также ведет к повышению магнитных свойств.

Немагнитные стали. В электромашиностроении и приборостроении многие детали изготавливают из немагнитных сталей. Раньше для этой цели применяли цветные металлы, а теперь широко используют немагнитные аустенитные стали. Применение этих сталей резко снижает стоимость деталей, а также повышает механические свойства и уменьшает потери на вихревые токи в электроаппаратуре. Применение марганцовистой аустенитной износоустойчивой стали (110Г13Л) в качестве немагнитной ограничивается ее плохой обрабатываемостью резанием, что обусловлено высокой склонностью ее к наклепу, а также нестабильностью прочностных свойств.

Широкое применение находят аустенитные коррозионно-стойкие стали 12Х18Н9, 12Х18Н9Т. Желательно, чтобы содержание никеля в них соответствовало верхнему пределу, так как в противном случае при больших степенях холодной деформации возможно частичное протекание $\gamma \rightarrow \alpha$ - превращения, ведущего к появлению феррита, обладающего ферромагнитными свойствами.

Кроме того, применяются более дешевые стали 55Г9Н9ХЗ и 45Г17ЮЗ, в которых никель частично или полностью заменен марганцем.

Стали и сплавы с электрическими свойствами. Элементы электросопротивления должны иметь низкую электропроводность или высокое электросопротивление. Так как образование твердых растворов при легировании сопровождается повышением электросопротивления, то все сплавы высокого сопротивления, как правило, представляют собой твердые растворы.

Различают сплавы *реостатные* (для изготовления реостатов) и *окалиностойкие сплавы высокого электросопротивления* (для нагревательных элементов печей и электроприборов).

Сплавы высокого электросопротивления должны удовлетворять следующим требованиям:

- иметь большое удельное электросопротивление;
- иметь малый температурный коэффициент электросопротивления (т.е. электросопротивление должно мало изменяться при изменении температуры);
- обладать высокой окалиностойкостью, т.е. способностью противостоять образованию окалины при высоких температурах.

В качестве реостатных сплавов широкое применение нашли сплавы меди с никелем — константан и никелин. Константан содержит 40% Ni, 1—2% Mn, остальное медь; никелин — 45% Ni, остальное медь.

В качестве сплавов высокого электросопротивления применяют сплавы Ni — Cr (нихромы), Fe — Ni — Cr (ферронихромы) и Fe — Cr — Al (фехраль) и др.

На свойства сплавов высокого электросопротивления вредное влияние оказывают такие примеси, как углерод, сера, фосфор и т.д. Примеси способствуют окислению границ зерен и тем самым уменьшают окаливаемость и повышают хрупкость.

В приборостроении часто требуются сплавы с определенным коэффициентом линейного расширения, например таким же, как у стекла, равным нулю. Для удовлетворения этих требований в каждом конкретном случае изготавливают сплавы строго определенного состава.

Износостойкие стали. Износ деталей в процессе эксплуатации может быть вызван двумя причинами: трением деталей друг о друга и царапанием твердых частиц о поверхность деталей (абразивный износ).

При обычном трении поверхность металла наклепывается и сопротивление износу возрастает. Следовательно, износостойкость определяется способностью металла к наклепу.

В случае абразивного износа, когда твердые частицы, абразивы, вырывают мельчайшие кусочки металла, стойкость против износа определяется сопротивлением металла отрыву и твердостью.

Для изготовления деталей, работающих на износ в условиях трения и высоких давлений и ударов, применяют высокомарганцовистую аустенитную сталь 110Г13Л, содержащую 1,0-1,3% С и 11,5-14,5% Мп. Сталь применяют в литом и реже в горячедеформированном состоянии. Структура литой стали состоит из аустенита и избыточных карбидов $(Fe, Mn)_3C$, выделяющихся по границам зерен и снижающих прочность и вязкость стали. Для повышения прочности и вязкости сталь подвергают закалке с температуры 1050—1100°C в воде. При такой температуре карбиды растворяются, а быстрое охлаждение в воде полностью задерживает их выделение. После закалки сталь имеет аустенитную структуру и обладает следующими механическими свойствами: $\sigma_b = 800-900$ МПа, $\sigma_{0,2} = 310...350$ МПа, $\delta = 15 \dots 25\%$, $\psi = 20 \dots 30\%$, 180 ... 220 НВ.

Высокая износостойкость стали 110Г13Л при трении с давлением и ударами объясняется повышенной способностью к наклепу.

Если при эксплуатации наблюдается только абразивный износ без значительного давления и ударов, вызывающих наклеп, то сталь не обнаруживает повышенной износостойкости.

Таблица 8

Механические свойства некоторых черных и цветных металлов и сплавов

Марка	Предел прочности при растяжении, σ_b , МПа	Относительное удлинение, δ , %	НВ
Ст0	310	20	
Ст6	600	12	
Сталь 10	340	31	-
Сталь 45	610	197	16
Сталь 75	1100	241	7
15Х	700	12	179
50Х	1100	9	229
40ХС	1260	12	255
У7, У8			187
ХГ			58
Д1	410	15	
Д16	520	11	
Д20	400	12	

Л96	240	50	
Л80	320	52	
ЛА77-2	400	55	
ЛмцА57-3-1	550	25	
Бр ОЦ 10-2	250-350	10-20	
Бр А7	600	10	
Бр Б2	500	30	
СЧ12-28	120		143-229
СЧ28-48	280		170-241
СЧ38-60	380		207-269
ВЧ 45-0	450	-	187-255
ВЧ 40-10	400	10	156-197
КЧ 30-6	300	6	163
КЧ 45-6	450	6	241

§11. Алюминий и его сплавы

Алюминий — металл серебристого цвета, характеризующийся низкой плотностью ($2,7 \text{ г/см}^3$), высокой пластичностью ($\delta = 40\%$), низкими прочностью ($\sigma_{\text{в}} = 80 \text{ МПа}$) и твердостью (НВ 25). Температура плавления — 659°C . Обладает высокой электропроводностью и коррозионной стойкостью. Кристаллизуется в кубической гранецентрированной решетке и полиморфных превращений не имеет. Маркируется буквой А. В зависимости от количества примесей различают алюминий особой чистоты А999 (99,999% А1), высокой чистоты А995, А99, А97 и технической чистоты А85, А8, А7, А6, А5, АО. Применяется алюминий для производства фольги, электрических проводов. Как конструкционный материал используется редко вследствие малой прочности. Сплавы алюминия делятся на литейные и деформируемые.

Литейные сплавы алюминия маркируются буквами АЛ и числом, показывающим условный номер сплава. Чтобы сплав обладал хорошими литейными свойствами, он должен иметь низкий температурный интервал кристаллизации. Кроме того, желательно, чтобы он имел низкую температуру плавления. Этим требованиям удовлетворяют эвтектические сплавы. Наибольшее распространение получили сплавы алюминия с кремнием, образующие эвтектику при содержании 11,6% кремния. Эти сплавы называются *силуминами*.

Широко применяется силумин эвтектического состава АЛ2, содержащий 10-12% кремния. Он имеет очень хорошие литейные свойства, но малую прочность ($\sigma_{\text{в}} = 180 \text{ МПа}$). Уменьшение содержания кремния и добавка меди, магния и марганца ухудшает литейные свойства силуминов, но улучшает механические. Кроме силуминов используются литейные сплавы алюминия с медью (АЛ7) и магнием (АЛ8), не содержащие кремния. Они обладают значительно большей прочностью, чем силумины, но их литейные свойства хуже.

Деформируемые сплавы алюминия делятся на упрочняемые и не упрочняемые термической обработкой. К сплавам, не упрочняемым термической обработкой относятся сплавы алюминия с марганцем (маркируется АМц) и магнием

(маркируются АМг1, ..., АМг7). Эти сплавы имеют низкую прочность, но высокую пластичность и коррозионную стойкость.

К сплавам, упрочняемым термической обработкой относятся дюралюминий, ковочные сплавы, высокопрочные сплавы алюминия. *Дюралюминий* (дуралюмин) представляет собой сплав алюминия с медью (до 5%), марганцем (до 1,8%) и магнием (до 0,9%). Маркируется буквой Д и цифрой, показывающей порядковый номер (Д1, Д16 и др.). Подвергается термической обработке, которая состоит из закалки от температуры 500°C и естественного старения, заключающегося в выдержке при комнатной температуре в течение нескольких суток. В результате такой обработки прочность повышается в два раза (с 200-240 МПа до 450-500 МПа), а пластичность практически не меняется. Достоинством дюралюминия является высокая удельная прочность (отношение предела прочности к плотности), что особенно важно в самолетостроении. Дюралюминий выпускается в виде листов и прутков.

Высокопрочные сплавы алюминия содержат кроме меди и магния дополнительно цинк (до 10%). Эти сплавы маркируются буквой В (В95, В96). Подвергаются термообработке, аналогичной термообработке дюралюминия, но естественное старение заменяется искусственным старением, заключающимся в выдержке при температуре 120-140°C в течение 16-24ч. В результате предел прочности доходит до 600-700 МПа.

Ковочные сплавы алюминия предназначены для производства деталей ковкой и штамповкой. Маркируются буквами АК и числом, показывающим порядковый номер. По химическому составу близки к дюралюминию (сплав АК1 совпадает по составу с Д1), иногда отличаясь более высоким содержанием кремния (АК6, АК8). Подвергаются аналогичной термообработке.

Малая плотность и высокая удельная прочность обусловили широкое применение алюминиевых сплавов в самолетостроении. Они составляют до 75% массы пассажирских самолетов. Из дюралюминия изготавливаются обшивки, каркасы, из высокопрочных сплавов — тяжело нагруженные детали, из ковочных — кованые и штампованные детали (например, лопасти винта).

Алюминий — самый распространенный на Земле металл — называют летающим металлом. Из него, вернее из его сплавов, самый известный из которых дуралюмин (сплав алюминия с медью, магнием и марганцем) делают фюзеляжи и крылья самолетов. Из сплавов алюминия была изготовлена оболочка нашего первого в мире *искусственного спутника Земли*.

Алюминий широко применяют в различных отраслях промышленности и в строительстве. Многие детали самых разных машин, перекрытия, наружная облицовка и оконные рамы высотных зданий, аппаратура для производства кислот и многих органических веществ, резервуары для хранения жидкого кислорода, моторные и весельные лодки, посуда, мебель — все это делается из алюминия. Во Франции построен целиком алюминиевый океанский лайнер длиной свыше 300 м. Не только его корпус, но и внутренние переборки, стены кают, даже мебель — алюминиевые.



Рис.52. Применение алюминия

§12. Медь и ее сплавы

Медь — металл красно-розового цвета. Плотность меди $8,94 \text{ г/см}^3$, температура плавления — 1083°C . Кристаллизуется в кубической гранецентрированной решетке и полиморфных превращений не имеет.

Характеризуется невысокими прочностью ($\sigma = 150\text{-}250 \text{ МПа}$) и твердостью (НВ 60) и хорошей пластичностью ($\delta = 25\%$ в литом состоянии и $\delta = 50\%$ в горячедеформированном). Обладает высокой электропроводностью, теплопроводностью, коррозионной стойкостью в пресной и морской воде. Благодаря высокой электропроводности около половины производимой меди используется в электро- и радиопромышленности. Как конструкционный материал медь не используется из-за высокой стоимости и низких механических свойств. Маркируется буквой М и цифрами, зависящими от содержания примесей. Медь марок М00 (0,01 % примесей), М0 (0,5%) и М1 (0,1 %) используется для изготовления проводников электрического тока, медь М2 (0,3%) — для производства высококачественных сплавов меди, М3 (0,5%) — для сплавов обыкновенного качества. Основные сплавы меди — латуни и бронзы.

Латунями называют сплавы меди с цинком. Цинк повышает прочность и пластичность сплава, но до определенных пределов. Наибольшей пластичностью обладают латуни, содержащие 30% цинка, а наибольшей прочностью — 45%. Поэтому более 45% цинка в латунях содержаться не может. Кроме того, цинк удешевляет сплав, так как он дешевле меди. Латуни характеризуются высокой электропроводностью и теплопроводностью, коррозионной стойкостью, хорошо обрабатываются резанием.

По технологическому признаку латуни делятся на деформируемые и литейные. По химическому составу латуни делятся на простые (двойные), в которых присутствуют только медь и цинк и сложные (многокомпонентные), в которые для улучшения различных свойств добавлены другие элементы. Наиболее распространены добавки алюминия, олова, кремния, никеля и др.

Латуни маркируются буквой Л. В деформируемых латунях указывается содержание меди и легирующих элементов, которые обозначаются соответствующими буквами (О — олово, А — алюминий, К кремний, Н — никель, Мц — марганец, Ж — железо и т.д.). Содержание элементов дается в % после всех буквенных обозначении. Например, латунь Л63 содержит 63% меди и 37% цинка. Латунь ЛАЖ 60 1-1 содержит 60% меди, 1% алюминия, 1% железа и 38% цинка. В марках литейных латуней указывается содержание цинка, а количество легирующих элементов (в %) ставится после букв их обозначающих. Например, литейная латунь ЛЦ40Мц3А содержит 40% цинка, 3% марганца, менее 1% алюминия и 56% меди.

Бронзами называются сплавы меди с оловом, алюминием, свинцом и другими элементами, среди которых цинк не является основным. Бронзы обладают высокой коррозионной стойкостью, хорошими литейными свойствами, хорошо обрабатываются давлением и резанием. По названию основного легирующего элемента бронзы делятся на оловянные, алюминиевые, кремнистые, бериллиевые, свинцовые и др.

По технологическому признаку бронзы делят на деформируемые и литейные. Маркируются бронзы буквами Бр, за которыми показывается содержание легирующих элементов в %. Обозначения легирующих элементов и отличия в марках деформируемых и литейных сплавов у бронз такие же, как у латуней. Например, деформируемая бронза БрОФ 6,5-0,4 содержит 6,5% олова и 0,4% фосфора, а литейная бронза Бр03Ц7С5Н — 3% олова, 7% цинка, 5% свинца, менее 1% никеля.

Особенно широкое применение в машиностроении имеют оловянные бронзы. Деформируемые оловянные бронзы обладают высокой пластичностью и упругостью. Из них изготавливают прутки, трубы, ленты. Литейные оловянные бронзы имеют хорошие литейные свойства, высокую коррозионную стойкость. Из них изготавливают арматуру, работающую в условиях пресной и морской воды. Олово — относительно дорогой металл, поэтому его стремятся частично или полностью заменить, в составе бронз другими.

Алюминиевые бронзы (БрА7, БрАЖН 10-4-4) обладают более высокими механическими свойствами и коррозионной стойкостью по сравнению с оловянными. Кремнистые бронзы (БрКМц 3-1) имеют хорошую упругость и поэтому используются для изготовления пружинящих деталей. Свинцовые бронзы (БрСЗО) обладают высокими антифрикционными свойствами и применяются в подшипниках скольжения. Бериллиевые бронзы (БрБ2) отличаются высокой твердостью, прочностью, упругостью и износостойкостью.

Медь имеет самую высокую (после серебра) электрическую проводимость. Из нее делают обмотки *трансформаторов* и *генераторов*, *линии электропередачи* (ЛЭП), электрические провода внутри машин и зданий и многие другие электротехнические изделия, а также коррозионностойкую химическую аппаратуру. Широко используют в технике и медные сплавы — латунь, бронзу и др.

Таблица

Обозначение марок деформируемых и литейных бронз и латуней

Обозначение марок деформируемых латуней и	Обозначение марок литейных латуней и бронз
---	--

<i>бронз</i>	
Латуни маркируются буквой Л. В деформируемых латунях указывается содержание меди и легирующих элементов, которые обозначаются соответствующими буквами (О — олово, А — алюминий, К кремний, Н — никель, Мц — марганец, Ж — железо и т.д.). Содержание элементов дается в % после всех буквенных обозначении. Например, латунь Л63 содержит 63% меди и 37% цинка. Латунь ЛАЖ 60 1-1 содержит 60% меди, 1% алюминия, 1%	В марках литейных латуней указывается содержание цинка, а количество легирующих элементов (в %) ставится после букв их обозначающих. Например, литейная латунь ЛЦ40Мц3А содержит 40% цинка, 3% марганца, менее 1% алюминия и 56% меди.
Деформируемая бронза БрОФ 6,5-0,4 содержит 6,5% олова и 0,4% фосфора,	Литейная бронза Бр03Ц7С5Н — 3% олова, 7% цинка, 5% свинца, менее 1% никеля.



Применение меди



§13. Антифрикционные (подшипниковые) сплавы.

Баббиты

Баббиты — это легкоплавкие подшипниковые сплавы, применяемые для вкладышей подшипников скольжения. Металл вкладыша должен обладать малым коэффициентом трения, достаточной износостойкостью и хорошей прирабатываемостью. Второе и третье требования противоречат друг другу. Высокая износостойкость обеспечивается высокой твердостью, а прирабатываемость достигается при низкой. Оба эти требования удовлетворяются, если в структуре имеются твердая и мягкая фазы. В этом случае после непродолжительной работы (приработки) происходит износ мягкой фазы — основы, а на поверхность выступают твердые частицы, обеспечивающие износостойкость. При этом между валом и вкладышем образуются пустоты, в которых удерживается смазка.

В качестве баббитов используют сплавы систем «Pb—Sb», «Sn—Sb» и др., а также сплавы на основе цинка, легированные алюминием и медью.

В сплавах системы «Pb—Sb» роль мягкой фазы играет свинец (его твердость 3НВ), а роль твердой — сурьма (30НВ). Используют заэвтектические сплавы с содержанием 16—18% Sb. Помимо названных в состав баббитов могут входить и некоторые легирующие элементы, например медь. Баббиты (не на цинковой основе) маркируются буквой «Б» и порядковым номером или дополнительной буквой (например, Б6, БН).

Цинковые сплавы обозначают буквами «ЦАМ» и цифрами, показывающими содержание алюминия и меди, например, ЦАМ-10-5 (10% Al, 5% Cu, основа - Zn).

§14.Металлокерамические твердые сплавы

Они представляют собой спеченные порошковые материалы, основой которых служат карбиды тугоплавких металлов, а связующим — кобальт. Их теплостойкость доходит до 900-1000°C, а твердость HRA 80-97.

Твердые сплавы делятся на три группы. *Вольфрамовые* изготавливаются на основе карбида вольфрама и кобальта. Маркируются буквами ВК и цифрой показывающей содержание кобальта в % (ВК2, ВК6, ВК10). *Титановольфрамовые* твердые сплавы содержат дополнительно карбид титана. Они маркируются буквами Т, К и цифрами. После буквы Т указывается содержание карбида титана в %, а после буквы К кобальта (Т15К10, Т15К6). *Титанотанталовольфрамовые* твердые сплавы содержат дополнительно карбид титана. Маркируются буквами ТТ, после которых указывается суммарное содержание карбидов титана и тантала в % и буквой К, после которой указывается содержание кобальта (ТТ7К12, ТТ10К8).

Твердые сплавы изготавливаются в виде пластин которые припаиваются к державке из углеродистой стали. Применяют твердые сплавы для резцов, сверл, фрез и другого инструмента. Главный недостаток твердых сплавов — высокая хрупкость.

Таблица 10
Твердые металлокерамические сплавы, их маркировка, применение

<i>Группа , марки</i>	<i>Применение</i>	<i>Обозначение</i>
Твердые сплавы А)вольфрамовая группа ВК3, ВК4, ВК8	Режущий инструмент для обработки чугуна, цв.мет.	В-вольфрамовая группа, к – колбольт с его содержанием (цифра)
Твердые сплавы Б)титано-вольфрамовая группа Т5К10, Т15К6	Режущий инструмент для обработки стали	Т-титано-вольфрамовая группа, 5 - %карбид титана, К10-10%кобальта, остальное – карбид вольфрама
Твердые сплавы В)титано-тантано-вольфрамовая группа ТТ7К12	Режущий инструмент	ТТ7-7%карбидов титана и тантала, 12%кобальта, остальное- карбид вольфрама

§ 15. Пластические массы

Свойства, состав и классификация пластмасс. *Пластическими массами* (пластмассами) называются материалы, получаемые на основе природных или синтетических полимеров. Пластмассы являются важнейшими современными конструкционными материалами. Они обладают рядом ценных свойств: малой плотностью (до 2 г/см³), высокой удельной прочностью, низкой теплопроводностью, химической стойкостью, хорошими электроизоляционными свойствами, звукоизоляционными свойствами. Некоторые пластмассы обладают оптической прозрачностью, фрикционными и антифрикционными качествами, стойкостью к истиранию и др. Кроме того, пластмассы имеют хорошие технологические свойства: легко формуются, прессуются, обрабатываются резанием, их можно склеивать и сваривать. Недостатками пластмасс являются низкая теплостойкость, низкая ударная вязкость, склонность к старению для ряда пластмасс.

Основой пластмасс являются полимерные *связующие* вещества. Кроме связующих в состав пластмасс входят: *наполнители* для повышения прочности и придания специальных свойств; *пластификаторы* для повышения пластичности, что необходимо при изготовлении изделий из пластмасс; *отвердители*, ускоряющие переход пластмасс в неплавкое, твердое и нерастворимое состояние; *стабилизаторы*, предотвращающие или замедляющие процесс старения; *красители*.

По поведению при нагреве все пластмассы делятся на термопластичные и термореактивные. *Термопластичные* при неоднократном нагревании и охлаждении каждый раз размягчаются и затвердевают. *Термореактивные* при нагревании размягчаются, затем еще до охлаждения затвердевают (вследствие протекания химических реакций) и при повторном нагревании остаются твердыми.

По виду наполнителя пластмассы делятся на порошковые, волокнистые, слоистые, газонаполненные и пластмассы без наполнителя.

По способу переработки в изделия пластмассы подразделяются на литьевые и прессовочные. Литьевые перерабатываются в изделия методами литьевого прессования и являются термопластичными. Прессовочные перерабатываются в изделия методами горячего прессования и являются термореактивными.

По назначению пластмассы делятся на конструкционные, химически стойкие, прокладочные и уплотнительные, фрикционные и антифрикционные, теплоизоляционные и теплозащитные, электроизоляционные, оптически прозрачные, облицовочно-декоративные и отделочные.

Классификация пластмасс

Слоистые пластмассы получают прессованием (или намоткой) слоистых наполнителей, пропитанных смолой. Они обычно выпускаются в виде листов, плит, труб, из которых механической обработкой получают различные детали.

Текстолит — это материал, полученный прессованием пакета кусков хлопчатобумажной ткани, пропитанной смолой. Обладает хорошей способностью поглощать вибрационные нагрузки, электроизоляционными свойствами. Теплостоек до 80°C. *Стеклотекстолит* отличается от текстолита тем, что в качестве наполнителя используется стеклоткань. Более прочен и теплостоек, чем текстолит, имеет лучшие электроизоляционные свойства. В *асботекстолите* наполнителем является асбестовая ткань. Кроме электроизоляционных, ни имеет хорошие теплоизоляционные и фрикционные свойства. *Гетинакс* представляет собой материал, полученный прессованием нескольких слоев бумаги, пропитанной смолой. Он обладает электроизоляционными свойствами, устойчив к действию химикатов, может применяться при температуре до 120-140°C. *Стекловолокнистый анизотропный материал* (СВАМ) получают прессованием листов стеклошпона, пропитанных смолой. Стеклошпон изготавливается из стеклянных нитей, которые склеиваются между собой сразу после изготовления. Листы стеклошпона располагаются в материале так, чтобы волокна соседних листов располагались под углом 90°. СВАМ обладает высокой прочностью, хорошими электроизоляционными свойствами, теплостоек до 200-400°.

Волокнистые пластмассы представляют собой композиции из волокнистого наполнителя, пропитанного смолой. Они делятся на волокниты, асбоволокниты и стекловолокниты.

В *волокнитах* в качестве наполнителя применяется хлопковое подокно. Они используются для относительно крупных деталей общего назначения с повышенной стойкостью к ударным нагрузкам. *Асбоволокниты* имеют наполнителем асбест — волокнистый минерал, расщепляющийся на тонкое волокно диаметром 0,5 мкм. Обладают теплостойкостью до 200°C, устойчивостью к ударным воздействиям, химической стойкостью, электроизоляционными и фрикционными свойствами. *Стекловолокниты* имеют в качестве наполнителя короткое стекловолокно или стеклонити. Прочность, электроизоляционные свойства и водостойкость стекловолокнитов выше, чем у волокнитов. Применяются для изготовления деталей, обладающих повышенной прочностью.

Порошковые пластмассы в качестве наполнителя используют органические порошки (древесная мука, порошкообразная целлюлоза) и минеральные порошки (молотый кварц, тальк, цемент, графит). Эти пластмассы обладают невысокой прочностью, низкой ударной вязкостью, электроизоляционными свойствами. Пластмассы с органическими наполнителями применяются для ненагруженных деталей общетехнического назначения — корпусов приборов, рукояток, кнопок. Минеральные наполнители придают порошковым пластмассам химическую стойкость, водостойкость, повышенные электроизоляционные свойства.

Рассмотренные выше пластмассы со слоистыми, волокнистыми и порошковыми Наполнителями имеют чаще всего термореактивные связующие, ХОТЯ имеются пластмассы с термопластичными связующими.

Пластмассы без наполнителя чаще всего являются термопластичными материалами. Рассмотрим наиболее важные из них.

Полиэтилен $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ — продукт полимеризации бесцветного газа — этилена. Один из самых легких материалов (плотность $0,92 \text{ г/см}^3$), имеет высокую эластичность, химически стоек, морозостоек. Недостатки — склонность к старению и невысокая теплостойкость (до 60°C). Используется для изготовления пленки, изоляции проводов, изготовления коррозионно-стойких труб, уплотнительных деталей. Занимая! ное место в общем объеме производства пластмасс.

Полипропилен $(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-)_n$ — продукт полимеризации газа пропилена. По свойствам и применению аналогичен полиэтилену, но более теплостоек (до 150°C) и менее морозостоек (до -10°C).

Поливинилхлорид $(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$ используется для производства винипласта и пластиката. *Винипласт* представляем! собой твердый листовой материал, полученный из поливинилхлорида без добавки пластификаторов. Обладает высокой прочностью, химической стойкостью, электроизоляционными свойствами. *Пластикат* получают при добавлении в поливинилхлорид пластификаторов, повышающих его пластичность и морозостойкость.

Полистирол $(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-)_n$ — твердый, жесткий, прозрачный полимер. Имеет очень хорошие электроизоляционные свойства. Его недостатки — низкая теплостойкость, склонность к старению и растрескиванию. Используется в электротехнической промышленности.

Органическое стекло — прозрачный термопластичный материал на основе полиакриловой смолы. Отличается высокой оптической прозрачностью, в 2 раза легче минеральных стекол, обладает химической стойкостью. Недостатки — низкая твердость и низкая теплостойкость. Используется для остекления в автомобиле- и самолетостроении, для прозрачных деталей в приборостроении.

Фторопласты имеют наибольшую термическую и химическую стойкость из всех термопластичных полимеров. Фторопласт-4 $(-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$ водостоек, не горит, не растворяется в обычных растворителях, обладает электроизоляционными и антифрикционными свойствами. Применяется для изготовления изделий, работающих в агрессивных средах при высокой температуре, электроизоляции и др. Фторопласт-3 $(-\text{CF}_2-\text{CFCl}-)_n$ по свойствам и применению аналогичен фторопласту-4,

уступая ему по термо- и химической стойкости и превосходя по прочности и твердости.

Газонаполненные пластмассы представляют собой материалы на основе синтетических смол, содержащие газовые включения. В *винипластах* поры, заполненные газом, не соединяются друг с другом и образуют замкнутые объемы. Они отличаются малой плотностью ($0,02-0,2 \text{ г/см}^3$), высокими тепло-, звуко- и электроизоляционными свойствами, водостойкостью. Недостатки пенопластов — низкая прочность и низкая теплостойкость (до 60°C). Используются для теплоизоляции и звукоизоляции, изготовления непотопляемых плавательных средств, в качестве легкого заполнителя различных конструкций. Мягкие виды пенопластов используются для изготовления мебели, амортизаторов и т.п.

Поропласты это газонаполненные пластмассы, поры которых сообщаются между собой. Их плотность составляет $0,02-0,5 \text{ г/см}^3$. Они представляют собой мягкие эластичные материалы, обладающие водопоглощением.

§16. Резиновые материалы

Резина представляет собой искусственный материал, получаемый в результате специальной обработки резиновой смеси, основным компонентом которой является каучук. *Каучук* — это полимер, отличительной особенностью которого является способность к очень большим обратимым деформациям при небольших нагрузках. Это свойство объясняется строением каучука. Его макромолекулы имеют вытянутую извилистую форму. При нагрузке происходит выпрямление макромолекул, что и объясняет большие деформации. При разгрузке макромолекулы принимают исходную форму. Различают натуральный и синтетический каучук. Натуральный каучук добывают из некоторых видов тропических растений в незначительных количествах. Поэтому производство резины основано на применении синтетических каучуков. Сырьем для производства синтетического каучука служит спирт, на смену которому приходит нефтехимическое сырье.

Резину получают из каучука путем *вулканизации*, т.е. в процессе химического взаимодействия каучука с *вулканизатором* при высокой температуре. Вулканизатором чаще всего является сера. В процессе вулканизации сера соединяет нитевидные молекулы каучука и образуется пространственная сетчатая структура. В зависимости от количества серы получается различная частота сетки. При введении 1-5% серы образуется редкая сетка и резина получается мягкой. С увеличением содержания серы сетка становится все более частой, а резина более твердой. Приблизительно при 30% серы получается твердый материал, называемый эбонитом.

Кроме каучука и вулканизатора в состав резины входит ряд других веществ. *Наполнители* вводят в состав резины от 15 до 50% к массе каучука. Активные наполнители (сажа, оксид цинка и др.) служат для повышения механических свойств резины. Неактивные наполнители (мел, тальк и др.) снижают стоимость резиновых изделий. *Пластификаторы* (парафин, вазелин, стеариновая кислота, мазут, канифоль, и др.) предназначены для облегчения переработки резиновой

смеси, повышения пластичности и морозостойкости резины. *Противостарители* служат для замедления процесса старения резины, приводящего к ухудшению ее эксплуатационных свойств. *Красители* служат для придания резине нужного цвета. В резину также добавляются *регенераты* — продукты переработки старых резиновых изделий и отходы резинового производства. Они снижают стоимость резин.

Основное свойство резины — очень высокая эластичность. Резина способна к большим деформациям, которые почти полностью обратимы. Кроме того, резина характеризуется высоким сопротивлением разрыву и истиранию, газо- и водонепроницаемостью, химической стойкостью, хорошими электроизоляционными свойствами, небольшой плотностью, малой сжимаемостью, низкой теплопроводностью.

По назначению резины подразделяются на резины общего и специального назначения. Из резин общего назначения изготавливаются автомобильные шины, транспортные ленты, ремни ременных передач, изоляция кабелей, рукава и шланги, уплотнительные и амортизационные детали, обувь и др. Резины общего назначения могут использоваться в горячей воде, слабых растворах щелочей и кислот, а также на воздухе при температуре от -10 до +150°C.

Резины специального назначения подразделяются на теплостойкие, которые могут работать при температуре до 250-350°C; морозостойкие, выдерживающие температуру до -70°C; маслобензостойкие, работающие в среде бензина, других топлив, масел и нефтепродуктов; светоозоностойкие, не разрушающиеся при работе и атмосферных условиях в течении нескольких лет, стойкие к действию сильных окислителей; электроизоляционные, применяемые для изоляции проводов и кабелей; электропроводящие, способные проводить электрический ток.

Обозначение неметаллических материалов:

Текстолит марки ПТК, толщиной 20 мм – Текстолит ПТК-20 ГОСТ 5-78

Литьевой сополимер полиамида – Соплимер полиамида литьевой АК-80/20
ГОСТ 19459-87

Фторопласт - Фторопласт-4П ГОСТ 10007-80

Резиновые (тип 1) и резинотканевые (тип 11)

пластины тип 1 толщиной 3 мм – Пластина 1Ф-1-ТМКЩ-С-3 ГОСТ 7338-90
-Пластина 1Ф-11-АМК-С-25 ГОСТ 7338-90

§17. Стекло

Полтора века назад стекло варили только в огнеупорных горшках. В них засыпали ручную шихту, состоящую из кварцевого песка, соды, мела, доломита и других материалов. Шихта при высокой температуре превращалась в прозрачную массу. Из жидкой стекломассы стеклодувы выдували различные сосуды, бутылки, посуду, цилиндры, из которых затем получали листы стекла. Это был тяжелейший труд. В 30-х гг. прошлого столетия в России появились первые ваннные печи для промышленного производства стекла. Потребность в нем росла очень быстро. Один

за другим возводились стекольные заводы. И на каждом — одна или несколько ванн печей, выпускающих за сутки несколько тонн стекла.

Современные ванн печей — большие сооружения. Длина печи для производства оконного стекла — несколько десятков метров. Шихту в печь загружают непрерывно по 10—15 т в час с помощью механических устройств. Печь вмещает более 2500 т стекломассы и дает в сутки 350 т стекла и больше.

Даже при высокой температуре стекломасса обладает очень большой вязкостью, в десятки тысяч раз большей, чем вода. Поэтому в ней надолго задерживаются пузырьки газов, выделяемых содой, мелом и другими компонентами шихты. Кроме того, сотни тонн вязкой стекломассы трудно перемешать и сделать однородной. Все эти процессы требуют много времени.

Чем больше ванная печь и чем выше температура варки стекла, тем производительнее работает печь. Повысить температуру варки стекла можно, если не только обогревать печь газом или жидким топливом, но и использовать еще и электротермический эффект в самой стекломассе. Ведь расплав стекла при высокой температуре проводит электрический ток. Сейчас температуру ванн печей повышают до 1580—1600° С и широко применяют электрообогрев.

Каждый год мы выпускаем сотни миллионов квадратных метров оконного стекла. Мало того, из стекла научились делать прочные трубы, стекловолокно, стеклопластик, бронестекло пустотелые строительные блоки, сложную, термостойкую лабораторную посуду. Стекло успешно конкурирует с металлом. Это очень перспективный материал в самых различных отраслях народного хозяйства.

Огромно значение Стекла и в нашем быту — это различная посуда, вазы, зеркала... Да разве все перечислишь. Можно только сказать, что почти каждый из нас знакомится со стеклом еще с пеленок, с бутылочки, в которой дают наш первый «обед».

Стекло — это не только различная посуда, вазы, зеркала, но и прочные трубы, изоляторы, строительные блоки, витраж



Рис. 64. Изделия из стекла

§18. Керамика

Керамика — это и фарфор, и фаянс, и майолика, и многие другие материалы и изделия из них. Что же такое керамика? Что же объединяет все эти материалы и

изделия? В современном понимании керамика — изделия и материалы, получаемые спеканием до камневидного состояния природные глины и их смесей с минеральными добавками, а также оксидов и других неорганических соединений (слово «керамика» происходит от греческого «керамикос» — «глиняный», «гончарный»).

Пластичность глины была известна человеку еще на заре его существования. Обжиг, который придает глиняной массе твердость, водостойкость, жаропрочность, начал применяться человеком около 7 тыс. лет тому назад.

Широкому распространению керамики способствовала относительная простота ее производства: глины, которые имеются почти повсюду, обжигают на огне. Первоначально керамику использовали в основном для изготовления посуды и делали ее вручную. Около 6 тыс. лет назад в Шумере появился гончарный круг, что облегчило процесс формования посуды. Около 5 тыс. лет назад в Египте, Вавилонии и странах Ближнего Востока керамику научились покрывать глазурью (тонкий слой специальных составов, которые при обжиге приобретают вид стекла и защищают керамику от размокания, делают изделия более красочными). В это же время и там же научились делать *кирпич*.

В зависимости от требований к будущему изделию в состав глинистой массы вводят кварц, оксиды алюминия, титана и других металлов. Наибольшее распространение в керамической промышленности получил метод пластического формования. Заключается он в следующем. Глину дробят и перемешивают с добавками (если в них есть необходимость), добавляют воду и «проминают» полученную массу до получения однородного пластичного теста требуемой густоты. Затем либо формируют изделия на специальных прессах (см. *Ковка, штамповка, прессование*), либо разливают тесто в гипсовые формы. Далее массу обрабатывают в вакууме для удаления из нее воздуха, что улучшает пластические свойства массы и качество получаемой керамики. После этого массу сушат и обжигают.

В процессе обжига из массы удаляется вода и происходит разложение глинистого вещества с образованием стекловидного расплава, который при остывании связывает частицы более тугоплавких составных частей в прочное камневидное тело. В зависимости от того, какие исходные материалы используются и какое изделие требуется получить, обжиг ведется при температуре от 900° С (например, для изготовления строительного кирпича) до 2000° С (при производстве огнеупорных изделий). Продолжительность обжига составляет от 2—3 ч для мелких изделий до нескольких суток для крупных.

«Обычная», не имеющая специального названия керамика — это и обычный кирпич, и кирпич огнеупорный, и покрытые химически стойкими глазурями канализационные трубы, и плитка для полов, в том числе так называемая метлахская плитка, и электрические изоляторы, и многое другое. Свойства, исходный состав, режимы обжига «обычной» керамики очень разнообразны. Неглазурованная, пористая керамика, так называемая терракота, используется в основном для отделки зданий и изготовления художественных изделий; покрытая особыми прозрачными или непрозрачными (глухими) глазурями майолика используется для декоративной отделки.

Из других разновидностей керамики наибольшей известностью пользуется фарфор — изделия из керамики, имеющие непроницаемый для воды, белый, звонкий, просвечивающий в тонком слое черепок без пор.

Фарфор впервые появился в Китае в VI—VII вв.. Объясняется это скорее всего тем, что составной частью фарфора является каолин — глинистый материал, впервые найденный в местности Китая Каолин.

В Европе долгое время не могли разгадать секрета фарфора. Только в конце XVI в. в Италии был получен «мягкий» фарфор (без каолина), и лишь в начале XVIII в. был создан твердый фарфор.

В России еще Петр I положил начало длительным поискам секрета фарфора. Над загадкой фарфора работал *М.В.Ломоносов*, но лишь в 1744 г. Д. И. Виноградову удалось определить состав фарфора и научно обосновать его технологию.

По составу и условиям обжига различают 2 вида фарфора: твердый и мягкий (отметим, что слова «мягкий» и «твердый» характеризуют не твердость фарфора — мягкий может быть тверже, — а температуру обжига). Наиболее ценен твердый. В его состав входят лишь глинистые вещества (беложгущиеся глины и каолин), кварц и полевой шпат и в виде исключения оксид кальция. Обжигается он при температуре до 1450° С. Мягкий фарфор более разнообразен по составу, а температура его обжига ниже — 1300° С. Технология подготовки массы обычная для керамики, но для получения фарфора высокого качества массу перед формованием выдерживают в темном сыром помещении. Раньше эта выдержка длилась годами, внедрение вакуумной обработки массы позволило сократить этот срок до двух недель. Как и любая керамика, фарфор бывает глазурованный и неглазурованный (в этом случае его называют бисквитом).

Многие из нас любовались в музеях посудой и художественными изделиями из фарфора (см. рис.). Но кроме этого, фарфор, обладающий химической стойкостью, твердостью, хорошими диэлектрическими свойствами, используется во многих областях науки и техники — в химии, электротехнике, электронике и др.

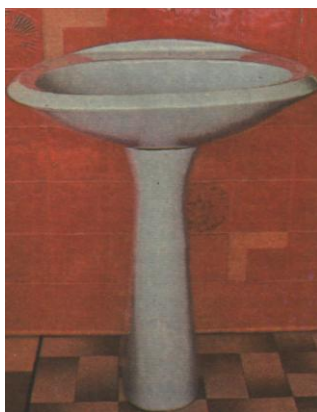


Рис. 65. Изделия из керамики

Близкий родственник фарфора — фаянс. Он отличается от фарфора в основном пористостью, из-за чего его выпускают лишь глазурованным. История возникновения фаянса относится к Древнему Египту. Фаянс используется для изготовления столовой и чайной посуды, а в строительстве — для изготовления облицовочных плиток, умывальников и другого санитарно-технического оборудования.

Трудно найти область человеческой жизни и деятельности, где керамика не используется. В быту и ракетостроении, радиотехнике и металлообработке, медицине, химии, физике,— наверное, всюду. Изделия из керамики украшают наш быт — приятно пить чай из легкой, почти прозрачной фарфоровой чашки, а керамические резцы успешно конкурируют и часто превосходят резцы, изготовленные из самых жаропрочных и твердых сплавов. Керамика позволяет укротить высокие температуры и не боится самых агрессивных химических веществ.

ГЛОССАРИЙ

1. *Материаловедение* — наука о связях между составом, строением и свойствами материалов и закономерностях их изменений при внешних физико-химических воздействиях.
2. *Чугуном* называют сплав железа с углеродом, содержащий от 2,14 до 6,67% углерода.
3. *Сталью* называется сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится не более 2,14%.
4. *Легированной* называют сталь, содержащую специально введенные в нее с целью изменения строения и свойств легирующие элементы.
5. *Конструкционные стали* – стали, идущие на изготовление деталей машин, конструкций и сооружений.
6. *Теплостойкость* — это способность сохранять высокую твердость и режущие свойства при длительном нагреве.
7. *Быстрорежущие стали* – стали, предназначенные для работы при высоких скоростях резания.
8. *Металлокерамические твердые сплавы* представляют собой спеченные порошковые материалы, основой которых служат карбиды тугоплавких металлов, а связующим — кобальт.

9. *Коррозией* называется разрушение металла под действием внешней агрессивной среды в результате ее химического или электрохимического воздействия.
10. *Жаростойкими стали* - стали, обладающие стойкостью против химического разрушения поверхности при высокой температуре (свыше 550°C).
11. *Доменная печь*, или, как ее часто называют, домна, предназначена для выплавки железа из железной *руды*.
12. *Кислородный конвертор* - стальной сосуд, отдаленно напоминающий грушу, выложен внутри огнеупорным кирпичом.
13. *Мартеновская печь* - предназначена для выплавки стали из доменного чугуна.
14. *Алюминий* — металл серебристого цвета, характеризующийся низкой плотностью (2,7 г/см³), высокой пластичностью (δ = 40%), низкими прочностью (σв= 80МПа) и твердостью (НВ 25).
15. *Медь* — металл красно-розового цвета, плотностью 8,94 г/см³, температурой плавления — 1083°C.
16. *Латунями* называют сплавы меди с цинком.
17. *Бронзами* называются сплавы меди с оловом, алюминием, свинцом и другими элементами, среди которых цинк не является основным.
18. *Магний* — самый легкий металл, используемый в промышленности (плотность - 1,74 г/см³).
19. *Титан* — легкий (плотность 4,5 г/см³) и пластичный металл серебристо-белого цвета.
20. *Баббиты* — это легкоплавкие подшипниковые сплавы, применяемые для вкладышей подшипников скольжения.
21. *Пластическими масса*ми (пластмасса) называются материалы, получаемые на основе природных или синтетических полимеров.
22. *Текстолит* — это материал, полученный прессованием пакета кусков хлопчатобумажной ткани, пропитанной смолой.

23. *Гетинакс* представляет собой материал, полученный прессованием нескольких слоев бумаги, пропитанной смолой.
24. *Стекловолоконистый анизотропный материал* (СВАМ) получают прессованием листов стеклошпона, пропитанных смолой.
25. *Волокнистые пластмассы* представляют собой композиции из волокнистого наполнителя, пропитанного смолой.
26. *Порошковые пластмассы* - в качестве наполнителя используют органические порошки (древесная мука, порошкообразная целлюлоза) и минеральные порошки (молотый кварц, тальк, цемент, графит).
27. *Полиэтилен* $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ - продукт полимеризации бесцветного газа — этилена.
28. *Полипропилен* $(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-)_n$ — продукт полимеризации газа пропилена. По свойствам и применению аналогичен полиэтилену, но более теплостоек (до 150°C) и менее морозостоек (до -10°C).
29. *Поливинилхлорид* $(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$ используется для производства винипласта и пластика.
30. *Винипласт* представляет собой твердый листовой материал, полученный из поливинилхлорида без добавки пластификаторов.
31. *Пластикат* получают при добавлении в поливинилхлорид пластификаторов, повышающих его пластичность и морозостойкость.
32. *Полистирол* $(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-)_n$ — твердый, жесткий, прозрачный полимер.
33. *Органическое стекло* — прозрачный термопластичный материал на основе полиакриловой смолы.
34. *Фторопласты* имеют наибольшую термическую и химическую стойкость из всех термопластичных полимеров.
35. *Газонаполненные пластмассы* представляют собой материалы на основе синтетических смол, содержащие газовые включения.
36. *Поропласты* это газонаполненные пластмассы, поры которых сообщаются между собой.

37. *Резина* представляет собой искусственный материал, получаемый в результате специальной обработки резиновой смеси, основным компонентом которой является каучук.
38. *Каучук* — это полимер, отличительной особенностью которого является способность к очень большим обратимым деформациям при небольших нагрузках.
39. *Древесина* — это органический материал растительного происхождения, представляющий собой сложную ткань древесных растений.
40. *Древесный шпон* — это широкая ровная стружка древесины, получаемая путем лущения.
41. *Древесноволокнистые плиты* изготавливают путем прессования древесных волокон при высокой температуре, иногда с добавлением связующих веществ.
42. *Модифицированная древесина* представляет собой материал, полученный при обработке древесины каким-либо химическим веществам (смолой, аммиаком и др.) с целью повышения механических свойств и придания водостойкости.
43. *Древесностружечные плиты* изготавливают прессованием древесной стружки со связующим.
44. *Прессованная древесина* — это материал, получаемый при горячем прессовании брусков, досок и других заготовок поперек волокон под давлением до 30 МПа.
45. *Текстурой* называется естественный рисунок на обработанной поверхности древесины, который получается вследствие перерезания ее волокон, годичных слоев и сердцевинных лучей.
46. *Теплопроводность* — теплообмен, при котором перенос энергии в форме теплоты в неравномерно нагретой среде имеет атомно-молекулярный характер (не связан с макроскопическим движением среды).
47. *Усушка* - уменьшение линейных размеров и объема древесины при высыхании.

48. *Разбуханием* древесины называют увеличение ее размеров и объема при увлажнении.
49. *Коробление* - изменение заданной формы пиломатериалами и заготовками при сушке, а также выпилровке и хранении.
50. *Деформация* - изменение формы и размеров тел под действием внешних сил.
51. *Твердостью* древесины называют ее способность сопротивляться проникновению другого твердого тела.
52. *Упругостью* древесины называют ее способность принимать первоначальную форму и размеры после прекращения действия силы.
53. *Прочностью* древесины называется ее способность сопротивляться разрушению от механических усилий.
54. *Керамика* — это и фарфор, и фаянс, и майолика, и многие другие материалы и изделия из них.

ИТОГОВЫЙ ТЕСТОВЫЙ КОНТРОЛЬ

Тесты закрытого типа

Задание: Запишите на индивидуальном бланке правильный ответ (а,б или в) напротив соответствующего вопроса.

Варианты: 1 и 2.

Количество вопросов: 130

Время ответа: 90 минут.

Критерии оценки:

90-100% правильных ответов – «5»

80-89% - «4»

70-79% -«3»

Менее 69% -«2»

Индивидуальный бланк ответа на тест

Дисциплина: Материаловедение

Курс (класс): _____, форма обучения: ---очная

ФИО учащегося _____

Дата тестирования: «____» _____ 200__ г.

Поставь знак «X» или «*» в колонку правильного ответа

	А	Б	В
1			
2			
3			
...			
...			
129			
130			
Итого			

ИТОГИ

Всего вопросов: 130

Всего правильных ответов: _____, неправильных: _____

% качества: _____%

Оценка: _____

Преподаватель: _____

ВАРИАНТ № 1. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

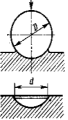
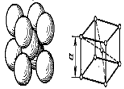
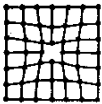
Самый, самый!!!

		А	Б	В
1	Самая низкая t° плавления (= -38,8°)	Ртуть	Свинец	Осмий

2	Самый «плотный» металл ($\rho=22,6$ г/куб.см)	Вольфрам	Свинец	Осмий
3	Самый «легкий» металл ($\rho=0,53$ г/куб.см)	Литий	Алюминий	Пенопласт
4	Самая высокая t° плавления ($=3410^\circ$)	Тантал	Титан	Вольфрам
5	Лучший проводник электрич. тока	Медь	Серебро	Алюминий
6	Самый коррозионно-стойкий металл	Нержавеющая сталь	Иридий	Золото
7	Самый пластичный металл (из 1 г можно вытянуть нить в 2,4 км)	Золото	Серебро	Медь
8	Этот металл на некоторых древних языках именовался «небесным» камнем	Золото	Медь	Железо
9	Стойкий, твердый, пластичный металл получил свое название по имени детей неба и земли, боровшихся с Зевсом	Титан	Ванадий	Никель
10	Самый «легкий» из семейства пластмасс	Полиэтилен	Оргстекло	Пенопласт
11	Правильная триада веков	Бронзовый железный каменный век	Каменный бронзовый железный век	Каменный железный бронзовый век
12	Термин «каучук» берет начало от индейских слов, «кау» -«дерево», что означает «учу»?	Плакать	Резина	Гудьир

Основы материаловедения

		А	Б	В
13	Баббит относят к...	Цветным металлам и сплавам	Черным металлам и сплавам	Антифрикционным сплавам
14	Обозначить физические свойства металлов	Цвет, блеск, плотность и др.	Ковкость, свариваемость и др.	Прочность, хрупкость, твердость...
15	К какой группе свойств относят жидкотекучесть?	Технологические	Химические	Механические

16	Способность материала принимать форму под нагрузкой и сохранять ее	Прочность	Пластичность	Вязкость
17	Какими свойствами должна обладать сталь для изготовления пружины?	Твердость	Упругость	Пластичность
18	Какое строение имеют металлы?	Аморфное	Кристаллическое	Аллотропическое
19	Физическое свойство, характерное только древесине	Влажность	Цвет	Плотность
20	 Вид определения твердости материалов	Определение твердости по Бринеллю	Определение твердости по Роквеллу	Определение твердости по Виккерсу
21	Обозначение числа твердости по Роквеллу	НВ	HR	НV
22	 Вид кристаллической решетки металлов	Гранецентрированный куб	Гексагональная ячейка	Объемно-центрированный куб
23	Название кристаллической решетки с 14 атомами	Гранецентрированный куб	Гексагональная ячейка	Объемно-центрированный куб
24	Несовершенство кристаллического строения	Дефект	Нарушение	Ячейка
25	Вид дефекта кристаллической решетки металлов 	Вакансия	Межузельный атом	Краевая дислокация
26	Переход металла	Аллотропия	Модификация	Кристаллизация

	из жидкого состояния в твердое			ция
27	Свойство менять кристаллическую решетку при изменении температуры t°	Аллотропия	Модификация	Кристаллизация
28	Укажите значение относительного удлинения при растяжении	$\sigma_v = F_k / S$	$\delta = (l_k - l_0) / l_0$	$\sigma_c = F_c / S$
29	Изучение структуры металлов с использованием микроскопа	Микроанализ	Макроанализ	Рентгеновский анализ
30	Механическое напряжение, отвечающее max нагрузке, которую выдерживает образец при растяжении	Предел прочности	Предел текучести	Относительное сужение
31	Разрушение металлов под действием внешней среды	Коррозия	Аллотропия	Деформация
32	Соединение двух или несколько элементов	Сплав	Компонент	Металл
33	Элемент, входящий в сплав	Металл	Компонент	Неметалл

Чугуны

		А	Б	В
34	Где производят чугун?	Мартеновских печах	Доменных печах	Кислородных конверторах
35	Исходный материал для производства чугуна	Железные руды	Известняки	Стали
36	Служат для ошлакования	Известняки	Уголь	Железные руды
37	Продукты доменного производства	Чугуны, шлаки, доменный газ	Стали, шлаки, доменный газ	Твердые сплавы, шлаки
38	Назначение литейных чугунов	Для чугунных отливок	Для производства стали	Для производства разных чугунов
39	В чугуне СЧ 12-28 что означает	$\sigma_v = F_k / S$	$\delta = (l_k -$	$\sigma_c = F_c / S$

	первое число 12 ?		l_0/l_0	
40	Состав марки ковкого чугуна, где относительное удлинение (δ) 5%, предел прочности при растяжении (σ_B) 450 МПа?	КЧ 45-5	КЧ 5 - 45	КЧ 450-5
41	Что означает второе число в марке высокопрочного чугуна ВЧ?	Относительное удлинение	Предел прочности при растяжении	Предел прочности при изгибе
42	Какой из высокопрочных чугунов пластичнее: ВЧ 42-12 или ВЧ 45-10	ВЧ 42-12	ВЧ 45-10	Пластичность одинакова
43	Какой чугун прочнее?	ВЧ 35	ВЧ 40	ВЧ 60

Углеродистые стали

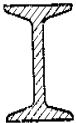
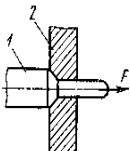
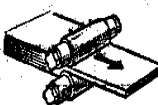
		А	Б	В
44	Название сплава железа (Fe) с углеродом (C=0-2,14%)	Сталь	Чугун	Железо
45	Где производится сталь?	Доменных печак	Электropечак	Гидролизных ваннах
46	В чем состоит сущность производства стали из чугуна?	Уменьшении углерода	Увеличении углерода	Изменении свойств
47	Название стали с основным компонентом – углеродом (C)?	Углеродистые	Легированные	Инструментальные
48	Стали, идущие на изготовление инструментов	Конструкционные	Инструментальные	С особыми свойствами
49	Расшифровать: БСтЗ	Углеродистая конструкционная обыкновенного качества группа Б, 3 – 0,3% углерода	Углеродистая конструкционная качественная, группа Б, 3 – порядковый номер	Углеродистая конструкционная обыкновенного качества группа Б, 3 – порядковый номер
50	Найти марку стали: углеродистая	Сталь 6,0	Сталь 60	Ст60

	конструкционная, качественная, 0,60% углерода			
51	Какие доли углерода в марке У12?	В сотых	В десятых	В нормальных
52	Расшифровать марку стали: У11А	Углеродистая инструментальная сталь высококачественная с 1,1% углерода	Легированная инструментальная сталь высококачественная с 1,1% углерода	Углеродистая инструментальная сталь качественная с 1,1% углерода
53	Какая сталь содержит больше углерода?	Сталь 60	У8А	40ХГ2
54	Назовите марку стали: Углеродистая инструментальная сталь качественная с 0,9% углерода (С)?	У9А	У9	У0,9
55	Укажите марку стали : Углеродистая конструкционная обыкновенного качества группа В, где 4 –порядковый номер	ВСт4	Ст4	Сталь 4
56	Укажите марку стали, идущей для изготовления молотков	У7А	У17А	Ст7
57	Какая сталь тверже?	У7	У10	У13
58	Укажите марку стали для изготовления болтов, винтов	Ст3	У3	Сталь3

Легированные стали

		А	Б	В
59	Сталь, в состав которых введены дополнительные элементы для изменения ее свойств	Углеродистые	Легированные	С особыми свойствами

60	Какой химический элемент в марке легированной стали обозначается буквой «Г»?	Марганец	Магний	Вольфрам
61	Что означает число 12 в марке стали 12Х18?	0,12%C	1,2%C	0,12%Fe
62	Найти марку стали с 1% углерода (C).	ХГ2	10Н2Т3А	1ХГ2
63	Укажите марку легированной конструкционной качественной стали с 0,17% углерода (C), 1% марганца (Mn), 1% кремния (Si).	17ГС	17Г1С1	1,7ГС
64	Найти марку стали: 38ХН3	Легированная конструкционная качественная сталь с 0,38%C, 1%Cr, 3% Ni	Легированная конструкционная качественная сталь с 3,8%C, 1%Cr, 3% Ni	Легированная конструкционная качественная сталь с 0,38%C, 1%Cr, 0,3% Ni
65	Указать марку шарикоподшипниковой стали?	ШХ15СГ	Х15СГШ	Ш15
66	Значение числа 110 в износостойкой стали 110Г13	1,1%C	0,11%C	11%C
67	Найти марку: 1%Cr+2%Mn+0,18%C	1,8ХГ2	ХГ2-18	18ХГ2
68	В марке ШХ6 цифра 6 означает	6% хрома	0,6% хрома	6% углерода
69	Где марка быстрорежущей стали?	Б16	Р18	БрОФ
70	Значение числа 18 в марке стали Р18?	18% углерода	18%вольф-рама	18% железа
71	Марка стали для режущих инструментов	Х12Ф1	Р6М5	Т15К6
72	Что за сталь Х20Н80?	Нихромовая сталь	Хромаль	Фехраль

73	Стали устойчивые к коррозии	12X18H10	A12	Э11
74	 Вид стального проката	Швеллер	Двутавр	Тавр
75	 Вид обработки стали	Волочение	Прокатка	Прессование
76	Вид обработки стали 	Прокатка	Ковка	Волочение
77	Какая сталь тверже?	15X	30XГС	08
78	Материал шариков и колец шарикоподшипника 	18ХГ2Ш	ШХ15	Ш15Х

Цветные металлы и сплавы

		А	Б	В
79	Назовите температуру плавления алюминия	1083°	3370°	660°
80	Как классифицируются сплавы	литейные и деформируемые	упрочняемые и неупрочня-	литейные и высокопрочные

	алюминия в зависимости по способу производства из них изделий		емые термо-обработкой	
81	Как классифицируются деформируемые сплавы алюминия	литейные и высокопрочные	упрочняемые и неупрочняемые термообработкой	силумины и дюралюмины
82	Какие сплавы алюминия относятся к деформируемым неупрочняемым термообработкой	АМг, АМц	Д16, АК-6, В95	АЛ4, АЛ9
83	Какие сплавы алюминия относятся к деформируемым упрочняемым термообработкой	АМг, АМц	Д16, АК-6, В95	АЛ4, АЛ9
84	Марки дюралюминов	Д1, Д16	ДМ12, ДМц12	В95, В96
85	Исходные материалы для производства меди	Алюминиевых	халькопирит, халькозин	красный железняк, бурый железняк
86	<i>К группе каких сплавов относятся латуни и бронзы?</i>	алюминиевых	медных	железных
87	Сплав меди с цинком?	Баббит	Бронза	Латунь
88	Расшифруйте марку ЛЦ32 (новый ГОСТ)?	латунь простая, 68% латуни, 32% меди	латунь простая, 68% цинка, 32% меди	латунь простая, 68% меди, 32% цинка
89	Найдите марку «Латунь специальная, содержит 66% меди, 6% алюминия, 3% железа, 2% марганца, остальное — цинк	ЛАЖМц 23-6-3-2	ЛАЖМц 66-6-3-2	ЛАЖМц 66-3-6-2
90	От какого элемента	цинка	меди	алюминия

	главным образом зависят свойства латуни?			
91	Расшифруйте марку БрО4Ц4С3 (новый ГОСТ).	бронза оловянно-цинко-свинцовая, 4% олова, 4% цинка, 3% свинца, остальное - бронза	баббит, 4% олова, 4% цинка, 3% свинца, остальное - медь	бронза оловянно-цинко-свинцовая, 4% олова, 4% цинка, 3% свинца, остальное – медь
92	<i>Найдите по описанию марку (по старому ГОСТ) «Бронза, 82% меди, 10% алюминия, 4% железа, 4% никеля»</i>	БрАЖН 82-10-4-4	БрАЖН 10-4-4	БАЖН 10-4-4
93	Назовите материалы, представляющие собой твердый раствор карбидов вольфрама, титана, тантала в металлическом кобальте	Металлокерамические твердые сплавы	Минерало-керамические твердые сплавы	Антифрикционные (подшипниковые) сплавы
94	Двухкарбидный твердый сплав титановольфрамовой группы, где 10% кобальта, 85% карбида вольфрама и 5% карбида титана	T5K10	T5B85K10	B85K10
95	Марка однокарбидного сплава ВК6	твердый минерало-керамический сплав, вольфрамовая группа, 6% кобальта, остальное – карбид вольфрама	твердый металло-керамический сплав, титано-вольфрамовая группа, 94% карбида вольфрама, 6% кобальта	твердый металло-керамический сплав, вольфрамовая группа, 94% карбида вольфрама, 6% кобальта
96	Область	изготовление	изготовлени	изготовление

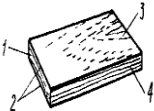
	применения твердых металлокерамич еских сплавов	вкладышей подшипников скольжения	е пластин к режущим инструмент ам, буров, кромки фильмов и др.	хирургического инструмента, гидравлических прессов и др.
97	Область применения сплава Б83	изготовление вкладышей подшипников скольжения	изготовлени е пластин к режущим инструмент ам, буров, кромки фильмов и др.	изготовление хирургического инструмента, гидравлических прессов и др.

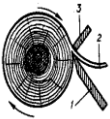
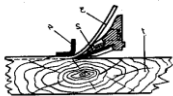
Пластмассы и резиновые материалы

		А	Б	В
98	Основу пластических масс составляют...	Природные и синтетические смолы	Наполни- тели	Пластифи- каторы
99	Предназначены для повышения прочности и придания спец. свойств пластмасс	Пластифика- торы	Наполни- тели	Стабили- заторы
100	Служат для повышения пластичности пласт-масс	Пластифика- торы	Наполни- тели	Отверди- тели
101	При неоднократном нагревании и охлаждении каждый раз размягчаются и затвердевают	Термо- реактивные пластмассы	Термо Пласти-чные	Термо стабиль-ные
102	Текстолит относится к группе..	Волокнистых	Слоистых	Порошко- вых
103	Полиэтилен по поведению при нагреве относится к	Термо- реактивным	Термо Пласти- чным	Термо стаби- льным
104	Наполнителем в гетинаксе служит...	Х/б ткань	Волокно	Бумага
105	Пластмассами без наполнителя являются	Стеклово- локно	Пено-пласт	Поли- этилен
106	Основным компо- нентом резиновой смеси является	Каучук	Сера	Сажа, оксид цинка

107	Вулканизатором резиновой смеси служит	Каучук	Сера	Наполнители
-----	---------------------------------------	--------	------	-------------

Древесные материалы

		А	Б	В
108	Свойство вдоль и поперек волокон различны	Анизотропность	Изотропность	Аллотропия
109	Рисунок на разрезах древесины при перерезании ее волокон	Текстура	Рисунок	Разрез
110	Степень насыщения древесины влагой	Плотность	Влажность	Влагопроводность
111	Древесины с малой плотностью	Березы	Осины	Белой акации
112	Скорость высыхания древесины	Влажность	Влагопроводность	Водопоглощение
113	Уменьшение размеров и объема при высыхании	Усушка	Разбухание	Коробление
114	«Мягкие» породы древесины	Береза, дуб	Груша, белая акация	Сосна, липа
115	Для рукояток ударных инструментов важна?	Вязкость	Влажность	Текстура
116	 разрез 2	Радиальный	Тангенсальный	Поперечный
117	Ствол поваленного дерева без корней и сучьев	Бревно	Хлыст	Кряж
118		Пласть	Торец	Ребро
119	 Вид материала на основе древесины	Шпон	Фанера	Столярная плита

120	 Процесс получения шпона, показанный на рисунке.	Лущение	Строгание	Пиление
121	 Процесс получения шпона, показанный на рисунке.	Лущение	Строгание	Пиление
122	Материал из смеси стружек со смолой, полученный прессованием при t	ДВП	ДСП	Фанера
123	Тонкие листы древесины для получения фанеры	Фанера	Шпон	Плита столярная
124	Материал из трех реек, оклеенных со сторон шпоном	Фанера	Столярная плита	Лигностон
125	Пиломатериал с шириной и толщиной менее 10 см	Доска	Брус	Брусок
126	Вид пиломатериала 	Брус трехкантный	Брус однокантный	Брусок
127	Вид пиломатериала 	Доска обрезная	Горбыль	Доска необрезная
128	Вид пиломатериала 	Доска обрезная с острым обзолом	Доска обрезная с тупым обзолом	Доска необрезная
129	Вид пиломатериала 	Доска обрезная с острым обзолом	Доска обрезная с тупым обзолом	Доска необрезная
130	Вид пиломатериала 	Доска необрезная	Горбыль	Доска необрезная с тупым обзолом

ЛИТЕРАТУРА

Использованная литература

1. Пейсахов А.М. Материаловедение: конспект лекций/А.М. Пейсахов. — СПб: Изд-во Михайлова А.В., 2000. -73 с.
2. Титов С.В. Альбом иллюстраций: материаловедение/С.В. Титов. — Мензелинск, 2005. — 24 с.
3. Энциклопедический словарь юного техника/ Сост. Б.В. Зубков, С.В. Чумаков. —М., 1987.
4. Юдицкий Ю.А. Ребусы в подготовке школьников к труду/ Ю.А. Юдицкий//Школа и производство. —2002. -№1. —с.71-75.
5. Юдицкий Ю.А. Технические загадки на уроках технологии/ Ю.А. Юдицкий//Школа и производство. —2002. -№3. —с.19-21.

Рекомендуемая литература

1. Геллер Ю. А. Материаловедение/ Ю.А. Геллер, А.Г. Рахштадт.—М.: Металлургия, 1983.
2. Горбунов Б. И. Обработка металлов резанием, металлорежущий инструмент и станки/Б.И. Горбунов. — М.: Машиностроение, 1981.
3. Гуляев А. П. Материаловедение/А.П. Гуляев. —М.: Металлургия, 1986.
4. Геллер Ю.А. Материаловедение/ Ю.А. Геллер. —М., 1983.
5. Дриц М. Е. Технология конструкционных материалов и материаловедение/М.Е. Дриц, М.А. Москалев. —М., 1990.
6. Ефименко Г. Г. Металлургия чугуна/Г.Г. Ефименко. — Киев: Вища школа, 1981.
7. Жадан В. Т., Гринберг Б. Г., Никонов В. Я. Технология металлов и других конструкционных материалов/Под ред. П. И. Полухина — М.: Высшая школа, 1970.
8. Жуков А.П. Основы материаловедения и теории коррозии/ А.П. Жуков, А.И. Малахов. —М., 1991.
9. Кузьмин Б.А. Металлургия, материаловедение и конструкционные материалы/Б.А. Кузьмин. —М., 1977.
10. Кнорозов Б.В. Технология металлов/Б.В. Кнорозин. —М., 1978.
11. Колачев Б. Материаловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов/Б. Колачев.—М.: Металлургия, 1981.
12. Кудрин В. А. Металлургия стали/В.А. Кудрин.—М.: Металлургия, 1981.
13. Казаков Н.С. Технология металлов и других конструкционных материалов/Н.С. Казаков. —М., 1975.
14. Лахтин Ю.М. Материаловедение/Ю.М. Лахтин. —М., 1980.
15. Лахтин Ю. М. Материаловедение и термическая обработка металлов/Ю.М. Лахтин. — М.: Металлургия, 1985.
16. Никифоров В.М. Технология металлов и другие конструкционные материалы/В.М. Никифоров. —М.. 1975.

ОЧЕНЬ УДОБНАЯ ШПАРГАЛКА

ШПАРГАЛКА – МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ И ИХ СПЛАВЫ (СТАЛИ И ЧУГУНЫ)

Чугун =железо + углерод (2,14-6,67%) из железных руд, в доменных печах

Марка чугуна	Расшифровка	1 число	2 число
СЧ 12-28	Серый чугун	Предел прочности при растяжении (12= 12х10= 120МПа	Предел прочности при изгибе
КЧ 35-10	Ковкий чугун	Предел прочности при растяжении (35= 35х10= 350МПа	Относительное удлинение % (10%)
ВЧ 42-12	Высокопрочный чугун	Предел прочности при растяжении (12= 12х10= 120МПа	Относительное удлинение % (12%)

Сталь =железо + углерод (0-2,14%) из перепельных чугунов, стального лома; в мартеновских, электропечах, кислородных конвертерах и т.д. Суть – уменьшить лишний углерод из чугуна, соединяя его с кислородом (н-р, кислорода)

УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ

Углеродистая конструкционная сталь (по качеству)	
<i>Обыкновенного качества</i>	<i>Качественная</i>
Ст0-Ст6 – группа А, поставляется по механическим	Сталь 45 Сталь 45Г

свойствам БСт0-Бст6 – группа Б, поставляется с учетом химического состава ВСт1-Вст5 – группа В, поставляется с учетом механических свойств и химического состава !!! Цифры (0-6) означают порядковый № марки, хим. Состав можно узнать п таблицам	!!!Цифра означает %ое содержание углерода в сотых долях % Сталь 45= 45:100%=0,45% Г – наличие марганца (примерно 1%)
--	--

Углеродистая инструментальная сталь (по качеству)	
Качественная	Высококачественная
У7-У13 У-углеродистая (инструментальная) !!!Цифры (7-13) означает содержание углерода в десятих долях % У7 (7:10= 0,7% углерода)	У7А-У13А У-углеродистая (инструментальная) !!!Цифры (7-13) означает содержание углерода в десятих долях % У7А (7:10= 0,7% углерода) А - высококачественная

ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ (по назначению)

Конструк- ционные	Инструменталь- ные	С особыми свойствами
48ХНЗМГА 48- углерод в сотых долях% (0,48%) Х-хром (1%) НЗ – никель 3% М-молибден (1%) Г-марганец (1%) А-высокое качество ШХ9 Шарикоподшипни- ковая сталь (Ш) Х – хром 9=0,9% хрома А20 –автоматная	9ХГ 9-углерод в десятых долях% Х- хром 1% Г-марганец 1% ХГ Углерода примерно 1% Х- хром 1% Г-марганец 1% Р18 Быстрорежущая сталь (Р) 18-% вольфрама	40Х13, 20Х20Н12 –нержавеющая Э12 –электро- техническая И др.

сталь		
-------	--	--

АЛЮМИНИЙ (А99 и др.) И ЕГО СПЛАВЫ (по назначению)

Литейные	Деформируемые	
	<i>Не упрочняемые термообработкой</i>	Упрочняемые термообработкой
АЛ2 и др - силумины	АМг-магналий= алюминий +магний АМц=алюминий+ марганец	Д1, Д16-дюралюминий ВК96- АК10-

МЕДЬ (М и др.) и ЕЕ СПЛАВЫ

Латунь	=медь+цинк	Бронза	=медь+другие, где цинк – не основной
Марки по старому ГОСТ	Марки по новому ГОСТ	Марки по старому ГОСТ	Марки по новому ГОСТ
Л68 Л-латунь простая 68=68% медь, остаток (32%)-цинк	ЛЦ32 Л-латунь простая Ц32=32% цинка Остаток (68%)-медь	БрОЦС 4-3-2 Бр-бронза О4=олова 4% Ц3=цинка 3% С2=свинца 2% Остаток – медь (91%)	БрО4Ц3С2 Состав тот же самый
ЛС72-3 Латунь составная 72=72% меди С3=3% свинца Остаток-цинк (25%)	ЛЦ25С3 Латунь составная Ц25=25% цинка С3=3% свинца Остаток – медь (72%)		

ТВЕРДЫЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ СПЛАВЫ =
сплавы карбидов вольфрама (В), титана (Т), тантала (Та) со
связующим кобальтом (К)=

для пластин режущих инструментов, фильер для волочения, армирования штампов и др.

Вольфрамовая группа	Титано-вольфрамовая группа	Титано-тантало-вольфрамовая группа
ВК6 Твердый металоокерамический твердый сплав вольфрамовой группы, где К6 =6% кобальта, остаток (94%) – карбид вольфрама	Т15К6 Т15=15% карбида титана К6=6% кобальта Остаток (79%)= карбид вольфрама	ТТ7К10 ТТ7=7% карбидов титана и тантала К10=10% кобальта Остаток = карбид вольфрама

АНТИФРИКЦИОННЫЕ СПЛАВЫ (ПОДШИПНИКОВЫЕ) –
ДЛЯ ВКЛАДЫШЕЙ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

Б16 - БАББИТЫ