



ВВЕДЕНИЕ

Технология конструкционных материалов относится к числу основополагающих учебных дисциплин для специальностей машиностроительного профиля. Это связано прежде всего с тем, что получение и разработка новых материалов, способы их обработки являются основой современного производства. Проектирование рациональных, конкурентоспособных изделий, организация их производства невозможны без должного технологического обеспечения и достаточного уровня знаний в этой области.

Методическое пособие по курсу «Технология конструкционных материалов» содержит 14 работ, охватывающих большинство разделов курса. Его назначение — познакомить студентов с современными и распространенными в промышленности методами формообразования заготовок и деталей машин, научить инженерным расчетам по конструированию изделий и составлению технологических процессов получения заготовок. В пособии представлены все основные технологические процессы: литейное производство, обработка металлов давлением, сварка, механическая обработка.

Литейное производство — основная заготовительная база всех направлений машиностроения, приборостроения и ряда других отраслей народного хозяйства. Во многих случаях литье — единственно возможный способ получения заготовок сложной формы. Литые заготовки являются

наиболее дешевыми, а зачастую имеют минимальный припуск на механическую обработку.

В машиностроении масса литых деталей составляет около 50% массы машин и механизмов, в станкостроении — около 80%. Методом литья получают до 82% изделий из чугуна, до 23% — из стали, 3–6% — из цветных металлов.

Способы изготовления отливок делятся на две группы: литье в обычные песчаные формы и специальные способы литья. Наиболее распространенным является литье в песчаные формы.

В современном машиностроении около 20% всех деталей получены из поковок. Почти каждый машиностроительный завод имеет кузнечные или кузнечно-штамповочные цехи, в которых изготавливают поковки различного назначения методамиковки или горячей объемной штамповки массой от десятков граммов (например, детали швейных машин) до сотен тонн (например, поковки роторов турбин). Ковкой и штамповкой могут быть обработаны почти все используемые в промышленности металлы и сплавы. Для труднообрабатываемых и малопластичных сплавов применяют специальные способы обработки.

В пособии рассмотрены основные операцииковки, листовой штамповки, назначение и особенности конструирования штампов при горячей объемной штамповке, а также показаны все этапы разработки технологических процессов в соответствии с требованиями ГОСТа.

Описано устройство и принципы действия основных типов кузнечно-прессовых машин, приведены сведения, необходимые при выборе оборудования для изготовления поковок и штамповок.

Практически во всех областях машиностроения широко применяется сварка. Это технологический процесс получения неразъемных соединений различных материалов. Сварку применяют для соединения однородных и разнородных металлов и их сплавов, металлов с некоторыми неметаллическими материалами (керамикой, графитом, стеклом и т. д.).

Многообразии свариваемых конструкций и свойств материалов, используемых для их изготовления, заставляет применять различные способы сварки, которые можно отнести к одному из двух видов: сварка давлением и сварка плавлением.

В пособии рассмотрены ручная дуговая сварка (сварка плавлением) и электрическая контактная сварка (сварка давлением), а также все этапы разработки технологических процессов.

Особое внимание уделяется чистовым и отделочным методам механической обработки. Рассмотрены операции механической обработки, режимы резанья, а также разработка технологического процесса.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

Цель работы: познакомиться с механическими свойствами металлов и сплавов; научиться определять твердость; изучить маркировку сталей, сплавов на основе меди, алюминия, магния, титана.

1.1. СПЛАВЫ И ИХ МАРКИРОВКА

СТАЛИ

Сталь — сплав железа с углеродом (до 2,14% С) и другими элементами. В сталях присутствуют примеси: кремний, марганец, сера и фосфор. Сера и фосфор являются *вредными примесями* и их содержание влияет на качество стали.

Стали обыкновенного качества содержат повышенное количество серы и фосфора (до 0,045% каждого). Стали обозначают марками Ст0, Ст1, Ст2, Ст6. Буквы Ст обозначают сталь, цифры — условный номер марки. При увеличении номера от 1 до 6 в стали возрастает содержание углерода от 0,06 до 0,49%. Чем выше номер, тем выше прочность и ниже пластичность стали. Для обозначения степени раскисления добавляют индексы: кп — кипящая, сп — спокойная, пс — полуспокойная (Ст3кп, Ст3пс).

Качественные стали характеризуются более низким содержанием вредных примесей: серы и фосфора до 0,035% каждого, регламентированы по химическому составу и механическим свойствам. Марки стали обозначают цифрами, которые указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента: стали 08, 20, 25, ..., 60. Например, сталь 20 — 0,20% С.

Стали, содержащие более 0,7% углерода, относятся к инструментальным сталям. Эти стали маркируют буквой У, что означает «углеродистая», и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в десятых долях процента. Например, сталь У7 — 0,7% С, сталь У13 — 1,3% С.

Легированные стали. Марки легированных сталей состоят из сочетания букв и цифр, обозначающих их хими-

ческий состав. Две цифры в начале марки показывают содержание углерода в сотых долях процента, буквами обозначают легирующие элементы, а цифрами справа от буквы — их среднее содержание (например, сталь 30Х13 содержит 0,30% углерода и 13% хрома).

Условные обозначения легирующих элементов: Х — хром, Н — никель, Г — марганец, С — кремний, В — вольфрам, М — молибден, Ф — ванадий, К — кобальт, Ю — алюминий, Д — медь, Р — бор.

Высококачественные стали содержат серы и фосфора не более 0,025%, в конце марки ставится буква А. Например, У11А, 30ХНЗМА. Буква Ш в конце марки обозначает, что сталь особо высококачественная (10ГНШ). Высоколегированные стали являются высококачественными.

Стали с особыми свойствами (спецстали). При маркировке спецсталей используются буквенные обозначения, которые ставятся в начале марки: Ш — шарикоподшипниковая сталь (ШХ15 — хрома 1,5% и углерода около 1%); Р — быстрорежущая (Р18 — сталь инструментальная, быстрорежущая, содержит 18% вольфрама и около 1% углерода); Э — электротехническая (Э21).

АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Из сплавов на основе алюминия получили распространение сплавы с кремнием, медью, марганцем, магнием, цинком. Сплавы делят на литейные и обрабатываемые давлением (деформируемые).

Литейные сплавы маркируются либо буквами АЛ с цифрой — АЛ2, АЛ4, АЛ9 и т. д., где АЛ означает «алюминий литейный», а цифра обозначает условный номер сплава, либо буквами и цифрами типа АК7Мц2, где буквы обозначают компоненты, а цифры — их процентное содержание.

Деформируемые сплавы маркируют АМц, АМг, Д16, АК8, В95 и др.

МЕДНЫЕ СПЛАВЫ

Латунь — сплав меди с цинком. Латунь обозначают буквой Л. Легирующие элементы указывают буквами, а цифры показывают их содержание. В маркировке *литей-*

ных латуней после буквы Л ставится Ц (цинк) и цифра, указывающая среднее процентное содержание цинка, далее следует буквенное обозначение легирующих элементов. Например, марка ЛЦ23А6ЖЗМц2 — 23% Zn, 6% Al, 3% Fe, 2% Mn, остальное — медь.

В маркировке *деформируемых латуней* за буквой Л следует буквенное обозначение легирующих элементов и цифры, указывающие среднее процентное содержание меди (первая) и элементов (последующие). Например, ЛЖМц59-1-1 — 59% Cu, 1% Fe, 1% Mn, остальное — цинк.

Бронзы — сплавы на основе меди, в которых цинк не является основным легирующим элементом. В маркировке бронз на первом месте стоят буквы Бр — «бронза». Дальнейшие буквы обозначают легирующие элементы, а цифры — их среднее процентное содержание. Название бронз определяется главным легирующим элементом: оловянные, алюминиевые, кремниевые и т. д.

Литейная бронза — БрО3Ц7С5Н1 (3% Sn, 7% Zn, 5% Pb, 1% Ni, остальное — медь).

Деформируемая бронза — БрАЖ9-4 (9% Al, 4% Fe, остальное — медь).

МАГНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Это сплавы магния с алюминием, цинком и другими металлами. Магниевые сплавы подразделяют на деформируемые и литейные. Марки деформируемых сплавов обозначаются буквами МА (МА14, МА19), литейных — МЛ (МЛ1, ..., МЛ15).

ТИТАНОВЫЕ СПЛАВЫ

Сплавы титана с алюминием, ванадием, молибденом и другими элементами маркируют ВТ5, ВТ6, ВТ14. Цифра указывает на условный номер.

Химический состав и механические свойства некоторых алюминиевых, медных, магневых и титановых сплавов приведены далее в таблице 1.1.

1.2. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

При выборе материала исходят из комплекса свойств, которые подразделяют на механические, физические, химические, технологические и эксплуатационные. К основным механическим свойствам относят прочность, упругость, ударную вязкость, пластичность, твердость.

Для определения механических свойств материалов разработаны различные методы испытаний. При статических методах материал подвергают воздействию постоянной силы или силы, возрастающей весьма медленно. При динамических испытаниях материал подвергают воздействию удара или силы, быстро возрастающей.

В процессе испытаний под действием внешних нагрузок происходит деформация материала, изменяющая его форму и размеры. Деформации, исчезающие после снятия нагрузки, называются упругими. При таких деформациях атомы в кристаллической решетке смещаются на расстояния, не превышающие параметры решетки.

Деформация, не исчезающая после прекращения действия нагрузки, называется пластической. Такая деформация связана со смещением атомов в кристаллических решетках на расстояния, превышающие параметры решетки.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ, ПЛАСТИЧНОСТИ, УПРУГОСТИ

Для определения прочности, упругих и пластических свойств проводят испытания на растяжение.

Прочность — способность материала сопротивляться разрушению под действием внешних сил.

Пластичность — способность материала к пластической деформации, т. е. к получению остаточного изменения формы и размеров без разрушения сплошности.

Для испытаний изготавливают круглые или плоские образцы (см. рис. 1.1). Размеры образцов стандартизированы.

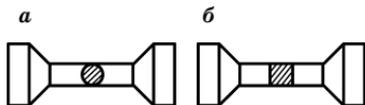


Рис. 1.1
Образцы для испытания на прочность и пластичность:
а — круглый; б — плоский.

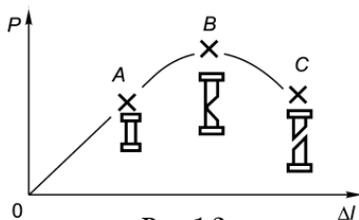


Рис. 1.2
Диаграмма зависимости деформации от нагрузки

Растягивающее усилие создает напряжение в образце и вызывает его удлинение. Когда напряжение превосходит прочность образца, он разрушается.

Если проследить процесс деформации удлинения образца при его нагружении, можно наблюдать три участка (рис. 1.2).

Участок *OA* характеризуется прямой линией и, следовательно, пропорциональностью между нагрузкой и удлинением (на этом участке упругая деформация); участок *AB* характеризуется необратимой деформацией образца, а в точке *B* на образце образуется шейка. Участок *BC* характеризуется снижением нагрузки и продолжающейся пластической деформацией образца, в конце происходит его разрушение. Точка *B* характеризуется наибольшей нагрузкой, которую может выдержать образец перед разрушением. Условное напряжение в этой точке называется временным сопротивлением разрыву (пределом прочности) σ_B , Па (кгс/мм²), и определяется по формуле

$$\sigma_B = P_{\max}/F_0,$$

где P_{\max} — нагрузка в точке *B*, кгс; F_0 — площадь поперечного сечения образца до испытания, мм².

Пластичность материала характеризуется относительным удлинением S , %, и относительным сужением площади поперечного сечения Ψ , %. Относительное удлинение определяют по формуле

$$\delta = (l_1 - l_0)/l_0 \cdot 100,$$

где l_1 — длина образца после разрыва, мм; l_0 — расчетная длина, мм.

Относительное сужение (%) $\Psi = (F_0 - F_1)/F_0 \cdot 100$, где F_0 — начальная площадь поперечного сечения образца, мм²; F_1 — площадь в месте разрыва, мм².

У хрупких материалов δ и Ψ близки к нулю, у пластичных достигают нескольких десятков процентов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ

Ударная вязкость — способность материала поглощать механическую энергию в процессе деформации и разрушения под действием ударной нагрузки.

Для оценки вязкости материалов и установления их склонности к переходу из вязкого в хрупкое состояние проводят испытания при динамических нагрузках.

Метод основан на разрушении образца с надрезом посередине (рис. 1.3а) одним ударом маятничкового копра (рис. 1.3б).

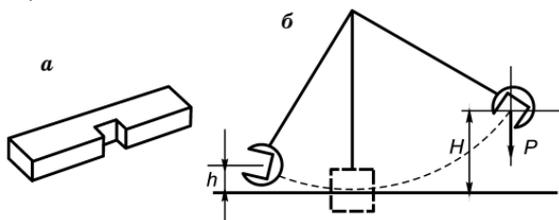


Рис. 1.3

Схема испытания образца на маятничковом копре

Ударная вязкость определяется по формуле $KС = A/F$, Дж/м², где A — работа, затраченная на разрушение образца; F — площадь поперечного сечения образца в месте надреза, м. $KС$ — ударная вязкость, индексы V , U ($KС V$, $KС U$) характеризуют форму надреза.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ

Твердость — способность материала сопротивляться проникновению в него другого тела.

Твердость материала испытывается при статическом характере вдавливания в него шарика, конуса или пирамиды. Наиболее широко применяются методы определения твердости по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу.

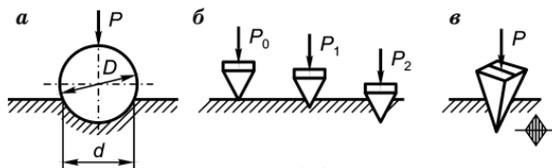


Рис. 1.4
Определение твердости:

a — по Бринеллю; *б* — по Роквеллу; *в* — по Виккерсу.

Твердость по Бринеллю (НВ) определяется вдавливанием в испытываемую поверхность под нагрузкой P стального шарика диаметром D (рис. 1.4*a*).

После снятия нагрузки на поверхности образца остается отпечаток (лунка).

Твердость определяется по формуле

$$\text{НВ} = \frac{P}{F} = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \text{ Па (кгс/мм}^2\text{)},$$

где F — площадь поверхности отпечатка; d — диаметр отпечатка.

Диаметр шарика выбирают в зависимости от толщины изделия ($D = 10; 5; 2,5$ мм). Нагрузку P выбирают в зависимости от диаметра шарика и измеряемой твердости. При $D = 10$ мм $P = 3000$ кгс, $\tau = 10$ с (τ — время нагружения). Практически величину твердости определяют не по формуле, а по таблицам в зависимости от d отпечатка.

Между твердостью по Бринеллю и пределом прочности металла существует приближенная зависимость

$$\sigma_{\text{в}} = k \cdot \text{НВ}, \text{ Па (кгс/мм}^2\text{)}.$$

Для стали $\sigma_{\text{в}} = (0,34-0,35)\text{НВ}$, для медных отожженных сплавов $\sigma_{\text{в}} = 0,55\text{НВ}$, для алюминиевых $\sigma_{\text{в}} = (0,35-0,36)\text{НВ}$.

Твердость по Роквеллу (HR) определяют по глубине отпечатка. Метод основан на вдавливании в испытуемый образец закаленного стального шарика диаметром 1,588 мм (шкала В, HRВ) или алмазного конуса (шкалы А и С, HRA, HRC), вдавливание производится под действием двух нагрузок — предварительной P_1 и окончательной P_2 (рис. 1.4*б*).

Таблица 1.1

Механические свойства сплавов цветных металлов

Материал	Легирующие элементы	σ_b , МПа	δ , %	НВ, МПа
ЛЦ40С	Pb	215	20	80
ЛЦ40Мц1,5	Mn	400	18	110
ЛЦ30А3	Al	392	15	90
ЛЦ23А6Ж3Мц2	Al, Fe, Mn	705	7	165
БрО3Ц7С5Н1	Sn, Pb, Zn, Ni	206	5	60
БрО10С10	Sn, Pb	196	6	78
БрА9ЖМц1	Al, Fe, Mn	587	12	160
АМц	Mn	130	20	300
АМг6	Mg	340	20	704
АЛ4	Si	130	2	500
АЛ9	Si, Mg	220	2	500
АЛ19	Cu, Mg, Ti	300	3	800
МЛ5	Al, Zn, Mn	225	5	—
МЛ10	Zn, Zr, Nd	230	6	—
МА1	Mn	220	8	—
МА14	Zn, Zr	340	6	—
ВТ5	Al	950	15	150–200
ВТ14	Al, V, Mo	1200	8	150–200

Таблица 1.2

Механические свойства сталей

Сталь	Содержание С, %	σ_b , МПа	δ , %	Ψ , %	НВ, МПа
Ст0	≤ 0,23	310	20	—	—
Ст1	0,06–0,12	320–420	31	—	—
Ст2	0,09–0,15	340–440	29	—	—
Ст3	0,14–0,22	380–490	23	—	—
Ст4	0,18–0,27	420–540	21	—	—
Ст5	0,28–0,37	500–640	17	—	—
Ст6	0,38–0,49	600	12	—	—
08	0,05–0,12	320	33	60	1310
10	0,07–0,14	340	31	55	1430
20	0,17–0,24	420	25	55	1630
25	0,22–0,3	460	23	50	1700
30	0,27–0,35	500	21	50	1790
40	0,37–0,45	580	19	45	2170
50	0,47–0,55	640	14	40	2410
60	0,57–0,65	690	12	35	2550
70	0,67–0,75	730	9	30	2690
80	0,77–0,85	1100	6	30	2850
30ХГТ	0,30	1500	9	40	—

Метод Роквелла используют для испытаний твердых металлов и сплавов.

Метод Виккерса используют для определения твердости деталей малой толщины (рис. 1.4в).

Механические свойства различных металлов и сплавов представлены в таблицах 1.1, 1.2.

Порядок выполнения работы и содержание отчета

1. Изучить маркировку сталей, бронз, латуней, алюминиевых, магниевых и титановых сплавов.
2. Изучить механические свойства металлов и сплавов и способы их определения.
3. Получить образцы для испытаний.
4. Провести испытания образцов на твердость.
5. По результатам испытаний построить графики зависимости твердости, прочности, пластичности от состава сплава.
6. Составить письменный отчет по работе. *Содержание отчета:* теоретическая часть, результаты работы (таблицы и графики), выводы.

Контрольные вопросы

1. Как маркируют стали обыкновенного качества, качественные, легированные?
2. Что такое бронза, латунь? Как маркируют бронзу, латунь?
3. Как маркируют сплавы на основе алюминия, магния, титана?
4. Что такое прочность, твердость? Дайте их определение.
5. Чем отличаются статические методы испытаний от динамических?
6. Какая деформация называется упругой, пластической?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ «ЖЕЛЕЗО–УГЛЕРОД»

Цель работы: ознакомиться с диаграммой «железо–углерод», процессами кристаллизации при охлаждении и нагревании железоуглеродистых сплавов и практическим применением диаграммы.

2.1. ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ. КОМПОНЕНТЫ

Диаграммой состояния называется графическое изображение, показывающее фазовый состав и структуру сплавов в зависимости от температуры и химической концентрации компонентов в условиях равновесия.

Компонентами сплава называют химические элементы, из которых составлен сплав.

Железо — полиморфный металл с плотностью $\gamma = 7,86 \text{ г/см}^3$ и температурой плавления $t_{\text{пл}} = 1539^\circ\text{C}$.

Низкотемпературное α -железо (ниже 910°C) и высокотемпературное δ -железо (выше 1392°C) до температуры плавления имеют одинаковую объемно центрированную кубическую решетку (ОЦК). В интервале температур $910\text{--}1392^\circ\text{C}$ существует γ -железо с гранецентрированной кубической решеткой (ГЦК).

Углерод — неметаллический элемент с плотностью $\gamma = 2,5 \text{ г/см}^3$ и температурой плавления $t_{\text{пл}} = 3500^\circ\text{C}$. В свободном состоянии встречается в виде алмаза и графита.

2.2. ФАЗЫ. СТРУКТУРНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ

Фазой называют однородную часть системы, отделенную от других частей системы поверхностью раздела, при переходе через которую свойства сплава меняются скачкообразно.

При взаимодействии железа с углеродом образуются следующие типы сплавов: твердый раствор, химическое соединение и механическая смесь.

Цементит — химическое соединение железа с 6,67% углерода — карбид железа (Fe_3C). Цементит имеет температуру плавления примерно 1600°C, обладает твердостью НВ более 8000, отличается большой хрупкостью. По условиям образования различают цементит первичный Ц_I , который образуется при кристаллизации из жидкости; вторичный Ц_{II} выделяется из аустенита; третичный Ц_{III} выделяется из феррита.

Феррит — твердый раствор внедрения углерода в α -железо с предельной концентрацией углерода 0,02% при температуре 727°C. Феррит имеет малую плотность и высокую пластичность.

Аустенит — твердый раствор внедрения углерода в γ -железо с предельной концентрацией углерода 2,14% при температуре 1145°C. С понижением температуры концентрация углерода уменьшается до 0,8%. Сталь со структурой аустенита немагнитная и имеет высокие пластичность и вязкость.

Перлит — механическая смесь (эвтектоид) феррита и цементита, образующаяся при эвтектоидном распаде аустенита (0,8% С). Сталь, имеющая структуру перлита, обладает большой прочностью и твердостью.

Ледебурит (4,3% С) — механическая смесь (эвтектика) аустенита и цементита в интервале температур 727–1147°C или феррита и цементита ниже 727°C.

Графит — углерод в свободном состоянии, образующийся при распаде цементита или выделяющийся из пересыщенных твердых растворов железа с углеродом, располагается в основной массе металла и имеет развитую объемную форму — пластинчатую, шаровидную или хлопьевидную. В железоуглеродистом сплаве графит образуется при содержании в чугунах кремния больше 1,5% и при очень медленном охлаждении. Графит мягок и обладает низкой прочностью.

В соответствии с диаграммой состояния «железо–углерод» фазами являются: цементит, феррит, аустенит, графит; структурными составляющими являются все фазы, а также перлит и ледебурит.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru