

**ТЕХ**  
**проф**

Г.Т. Широкий  
П.И. Юхневский  
М.Г. Бортницкая

# **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

**для монтажников технологического  
оборудования, трубопроводов  
и металлоконструкций**



◆ Учебное пособие

Г.Т. Широкий  
П.И. Юхневский  
М.Г. Бортницкая

# **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

## **для монтажников технологического оборудования, трубопроводов и металлоконструкций**

*Допущено  
Министерством образования  
Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для учащихся учреждений  
образования, реализующих образовательные программы  
профессионально-технического образования  
по специальности «Монтаж технологического  
оборудования, трубопроводов и металлоконструкций»*



МИНСК  
«ВЫШЭЙШАЯ ШКОЛА»  
2012

УДК 691:69.057(075.32)

ББК 38.3я722

Ш 64

Рецензенты: цикловая комиссия преподавателей специальных дисциплин УО «Белоозерский государственный профессионально-технический колледж электротехники» (О.В. Путькина); заведующий кафедрой материаловедения и технологии металлов УО «Белорусский государственный технологический университет» кандидат технических наук Д.В. Куис; профессор этой же кафедры доктор технических наук, профессор Н.А. Сви-  
дунович

Выпуск издания осуществлен по заказу Республиканского института профессионального образования и при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь

*Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства*

## **Широкий, Г. Т.**

Ш64     Материаловедение для монтажников технологического оборудования, трубопроводов и металлоконструкций : учеб. пособие / Г. Т. Широкий, П. И. Юхневский, М. Г. Бортницкая. — Минск : Выш. шк., 2012. — 301 с.: ил. ISBN 978-985-06-2102-3.

Отражает современные представления и уровень развития науки и техники в области материаловедения для монтажников технологического оборудования, трубопроводов и металлоконструкций. Изложено в соответствии с европейскими нормами и стандартами. Приводится информация о зарубежном опыте в данной области. Рассматриваются экологические аспекты производства и применения материалов и изделий.

Для учащихся учреждений образования, реализующих образовательные программы профессионально-технического образования. Также будет полезно учащимся и студентам учреждений среднего специального и высшего образования, проектировщикам, архитекторам, специалистам строительных компаний и индивидуальным застройщикам.

УДК 691:69.057(075.32)

ББК 38.3я722

ISBN 978-985-06-2102-3

© Широкий Г.Т., Юхневский П.И.,  
Бортницкая М.Г., 2012

© Оформление. РУП «Издательство  
“Вышэйшая школа”», 2012

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Материалами называют вещества, обладающие необходимым комплексом свойств для выполнения заданных функций отдельно или в совокупности с другими веществами. Номенклатура материалов и изделий, применяемых в промышленности, насчитывает сотни тысяч наименований. Изучить каждый из них в отдельности практически невозможно. «Материаловедение» позволяет изучить общие закономерности формирования структуры и свойств материалов и методы управления ими. Поэтому материаловедением называют прикладную науку о связи состава, строения и свойств материалов, как на стадии их производства, так и в различных условиях эксплуатации.

Знание закономерностей изменения свойств материалов во времени и в условиях эксплуатации позволяет целенаправленно воздействовать на них при переработке в изделия, создании новых материалов с заданными свойствами и прогнозировать работоспособность их в конструкциях и сооружениях.

Условно материаловедение можно подразделить на теоретическое и прикладное. Теоретическое материаловедение рассматривает общие закономерности строения материалов и процессы, происходящие в них при внешних воздействиях. Прикладное – определение оптимальных структуры и технологии переработки материалов при изготовлении изделий и конструкций.

Материаловедение является одной из основных учебных дисциплин, определяющих уровень подготовки учащихся и студентов учреждений среднего и высшего образования. Значение ее определяется, прежде всего, широким диапазоном материалов, используемых практически во всех отраслях народного хозяйства. Знания, полученные в ходе изучения дисциплины, должны обеспечить в производственных процессах

рациональное и эффективное использование материалов при соблюдении требований экономики, экологии и безопасности труда.

В предлагаемом учебном пособии нашли отражение не только традиционные материалы и изделия, применяемые в данной области, но и приведены сведения о материалах, которые только получают прописку на рынках нашей страны. Наряду с металлическими, традиционно применяемыми в монтажных и такелажных работах, особое внимание уделено изделиям из синтетических материалов (пластмасс). При этом основные характеристики строительных материалов и изделий, требования к ним, условия применения и способы защиты от воздействия внешней среды изложены с учетом новейших достижений в области монтажных работ и нормативной базы, действующей на территории нашей страны. Кроме того, в целях устранения технических барьеров в международном сотрудничестве в области строительства, изложение учебного материала строилось по возможности в соответствии с европейскими нормами и стандартами.

Настоящее учебное пособие предназначено для подготовки высококвалифицированных специалистов в области монтажа технологического оборудования, трубопроводов и металлоконструкций, а также может быть полезно для подготовки других специалистов, в том числе и менеджеров строительных компаний.

Авторы выражают искреннюю признательность рецензентам за высказанные замечания, способствующие улучшению содержания учебного пособия, а также доктору технических наук заведующему кафедрой «Технология бетона и строительные материалы» Белорусского национального технического университета Э.И. Батыновскому за полезные советы при обсуждении материалов учебного пособия.

Все отзывы и пожелания, улучшающие содержание учебного пособия «Материаловедение для монтажников технологического оборудования, трубопроводов и металлических конструкций», просим присылать по адресу: издательство «Высшая школа», пр. Победителей, 11, 220048, Минск.

## 1.1. Определение и классификация металлов

**Общие сведения о металлах.** Термин «металл» получил свое происхождение от латинского *metallum* – шахта, на основе греческого *metallon*, обозначающего *копи, рудники*.

В настоящее время **металлами** называют кристаллические вещества с закономерным расположением атомов в узлах пространственной решетки. К ним относится около 75 % элементов периодической таблицы Д.И. Менделеева. Самым распространенным металлом в земной коре является алюминий.

Свойства металлов весьма разнообразны. Например, ртуть замерзает при  $t_{пл} = -38,8$  °С, вольфрам имеет  $t_{пл} = 3420$  °С и выдерживает рабочую температуру до 2000 °С. Литий, натрий и калий – легче воды, а иридий и осмий – в 42 раза тяжелее лития. Электропроводность серебра в 130 раз больше, чем марганца.

Для металлов характерны и общие свойства: плотная кристаллическая структура; высокая прочность; способность к значительным пластическим деформациям, что дает возможность обрабатывать их давлением (прокатка, ковка, штамповка, волочение); хорошие литейные свойства; способность к образованию сплавов; свариваемость; выносливость (способность работать при низких и высоких температурах); высокие тепло- и электропроводность; особый блеск, называемый металлическим и др. Наличие этих свойств и характеризует так называемое металлическое состояние вещества. Неметаллы не обладают вышеперечисленными свойствами и резко отличаются по внешнему виду от металлов.

Существует несколько типов классификаций металлов. Условно (исторически) они подразделяются на две большие группы: черные и цветные (рис. 1.1).

Традиционно к черным металлам, имеющим темно-серый цвет, относятся железо и сплавы на его основе (сталь, чугун и ферросплавы). Все остальные металлы и сплавы составляют группу цветных (нежелезных) металлов. Характерной окраской для них является красная, желтая и белая. Однако по не-

которым источникам к группе черных металлов относят также кобальт, никель и марганец.

Из группы цветных металлов выделяют благородные и редкие. *Благородные* получили такое название благодаря очень высоким физико-химическим и механическим свойствам как в чистом виде, так и в виде соединений с другими металлами. К ним относят золото, серебро и платиновые металлы.

Признаком *редкого* металла в технике считается сравнительная новизна его практического применения. Поэтому важнейшими отраслями их применения являются ядерная энергетика, ракетная техника, радиоэлектроника. К ним относят галлий, индий, бериллий, цезий и др.

Из всех металлов наибольшее распространение в строительстве получили железоуглеродистые сплавы – стали и чугуны. На их долю приходится около 95 % производимой в мире металлопродукции. Железоуглеродистые сплавы имеют относительно высокую механическую прочность, твердость, плотность и сравнительно невысокую стоимость.

**Чистые металлы и сплавы.** *Чистые металлы* состоят из одного основного элемента и незначительного количества примесей других элементов. По степени чистоты различают металлы *технической, высокой и особой чистоты*.

В природе металлы встречаются как в чистом виде, так и в рудах, оксидах и солях. Однако большинство металлов в чистом виде встречаются крайне редко. В чистом виде встречаются только химически устойчивые элементы – золото, серебро, медь. Масса наибольших самородков металлов, зафиксированных в природе: меди – 420 т, серебра – 13,5 т, золото – 112 кг.

Однако чистые металлы находят ограниченное применение как в строительстве, так и в машиностроении. В большинстве случаев они обладают недостаточно высокими физическими, механическими и химическими свойствами, имеют сравнительно высокую стоимость, достаточно сложную технологию получения и переработки и мало пригодны для технических целей. Их используют, как правило, только в тех случаях, когда к материалу предъявляются высокие требования в отношении тепло- и электропроводности, высокой температуры плавления и т.п. Например, провода, кабели, обмотки электрических машин и др.

Для изменения свойств металлов в требуемом направлении их сплавляют с другими элементами. Такие соединения или

системы, состоящие из двух или нескольких металлов или металлов и некоторых неметаллов, называют **сплавами**, а элементы, входящие в их состав – *компонентами*. Компонентами могут быть как химические элементы, так и устойчивые химические соединения.

Например, *латунь* – сплав меди с цинком, *бронза* – сплав меди с оловом или другими элементами, *сталь* и *чугун* – сплавы железа с углеродом, кремнием, марганцем, фосфором и серой. В настоящее время известно более 10 тыс. используемых в промышленности сплавов.

По числу компонентов сплавы делятся на двухкомпонентные (двойные или бинарные), трехкомпонентные (тройные) и многокомпонентные.

Компонент, преобладающий в сплаве количественно, называется основным, а компоненты, вводимые в сплав для придания ему нужных свойств, – легирующими. Совокупность компонентов сплава называется *системой*. Изменяя компоненты и соотношения между ними, получают сплавы с самыми разнообразными физическими, механическими или химическими свойствами.

Сплавы тоже обладают всеми характерными свойствами металлов, однако качественные характеристики их обычно резко отличаются от чистых исходных металлов и их можно регулировать. Например, сплав, содержащий 40 % кадмия и 60 % висмута, имеет температуру плавления 144 °С, а температура плавления составляющих его компонентов – соответственно 321 °С и 271 °С, т.е. намного выше.

Сплавы, как правило, превосходят чистые металлы по прочности, твердости, износостойкости, жаропрочности, обрабатываемости резанием, литейным свойствам и т.д. Поэтому сплавы применяются значительно шире чистых металлов. Однако в технике, как чистые металлы, так и сплавы, объединены под общим термином «металлы».

## 1.2. Общее представление о строении металлов

**Внутреннее строение металлов.** Поскольку металлы в твердом состоянии в отличие от аморфных веществ имеют кристаллическое внутреннее строение, то образующие их элементарные частицы (атомы) в процессе кристаллизации из расплавленного (жидкого) состояния группируются в строго



определенной последовательности, образуя кристаллические решетки.

*Кристаллическая решетка* представляет собой элемент объема, образованный минимальным количеством атомов, многократное повторение которого в пространстве позволяет построить весь кристалл. Всего существует 14 типов кристаллических решеток. У металлов наиболее распространенными являются три типа кристаллической решетки: объемно-центрированная кубическая (ОЦК), гранецентрированная кубическая (ГЦК) и гексагональная плотноупакованная (ГПУ). Кубические решетки могут быть также тетрагональными и др. Для изображения кристаллической решетки пользуются упрощенными схемами (рис. 1.2).

В объемно-центрированной кубической решетке содержится девять атомов: восемь расположены в вершинах куба и один – в центре объема (рис. 1.2, *а*). Такую решетку имеют молибден, вольфрам, ванадий и другие металлы.

В гранецентрированной кубической решетке находится четырнадцать атомов, которые расположены в вершинах куба и в центре каждой грани (рис. 1.2, *б*). Такая кристаллическая решетка характерна для никеля, меди, алюминия, свинца, золота, серебра и др.

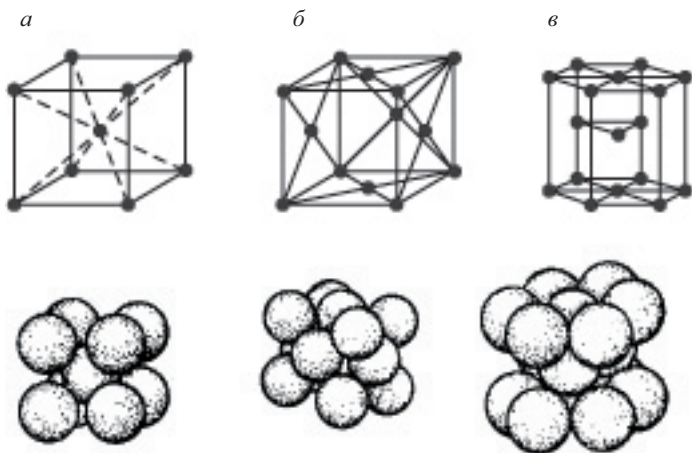


Рис. 1.2. Основные типы кристаллических решеток и схемы упаковки в них атомов:

*а* – объемно-центрированная кубическая; *б* – гранецентрированная кубическая; *в* – гексагональная плотноупакованная

В гексагональной плотноупакованной решетке содержится семнадцать атомов, которые расположены в вершинах и центре шестигранных оснований призмы и три атома в средней плоскости призмы (рис. 1.2, в). Такой тип кристаллической решетки имеют магний, цинк, кадмий, альфа-цирконий и другие металлы.

При этом линии на схемах и точечное расположение атомов в узлах кристаллической решетки является условным. В действительности атомы имеют определенные размеры, колеблются с большой частотой в узлах решетки и могут соприкасаться друг с другом внешними слоями электронных оболочек (см. рис. 1.2).

Основными параметрами кристаллической решетки являются период, коэффициент компактности, координационное число и базис.

Под *периодом решетки* понимается расстояние между ближайшими параллельными атомными плоскостями, образующими элементарную ячейку. Период решетки измеряется, как правило, в нанометрах (нм) и находится в пределах от 0,1 до 0,7 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ). Например, период решетки железа составляет 0,287 нм, меди – 0,361 нм, вольфрама – 0,316 нм. Период решетки может измеряться также в ангстремах (А) и составлять от 1 до 7 А ( $1 \text{ А} = 10^{-10} \text{ м}$ ).

Плотность кристаллической решетки, т.е. объем, занятый атомами, характеризуется *коэффициентом компактности* (коэффициентом заполнения). Он равен отношению суммарного объема атомов, входящих в решетку, к объему всей решетки.

*Координационным числом* называется количество атомов, находящихся на равном и наименьшем расстояниях от одного, так называемого базисного атома. Чем больше координационное число решетки, тем выше плотность упаковки атомов. Например, для объемно-центрированной кубической решетки координационное число равно 8, а коэффициент компактности – 68 %. Для гранецентрированной кубической и гексагональной плотноупакованной решеток координационное число равно 12. Последние являются наиболее компактными, и в них коэффициент компактности составляет 74 %.

*Базисом решетки* называется количество атомов, приходящихся на одну элементарную ячейку. Например, на одну элементарную ячейку объемно-центрированной кубической решетки приходится два атома: один, находящийся в центре куба и принадлежащий только данной ячейке, и второй – как сумма

долей, которую вносят атомы, расположенные в вершинах куба и принадлежащие одновременно восьми сопряженным элементарным ячейкам.

В процессе затвердевания металлов могут образовываться кристаллы различной формы. Форма и размер их зависят от условий роста, главным образом от скорости и направления отвода теплоты и температуры жидкого металла, а также от содержания примесей. Наиболее часто рост зерна происходит по разветвленной или древовидной форме, получившей название *дендритов* (рис. 1.3).

Дендритная форма кристаллов образуется в процессе медленной кристаллизации из расплавов. Их рост происходит в основном в направлении плоскостей с максимальной плотностью упаковки атомов, т.е. минимальным межатомным расстоянием. После возникновения зародыша начинает расти ось первого порядка – главная ось будущего дендритного кристалла. После этого перпендикулярно или под некоторым углом к ней растут оси второго порядка, перпендикулярно к ним – оси третьего порядка и т.д.

Дендриты растут до тех пор, пока не соприкоснутся между собой. После этого окончательно заполняются межосные пространства, и дендриты превращаются в равновесные кристаллы с неправильной внешней огранкой. Такие кристаллы называют *зернами* или *кристаллитами*.

**Полиморфизм (аллотропия) металлов.** Сущность полиморфизма (от греч. *polymorphos* – многообразный) состоит в том, что под влиянием определенных процессов (изменение температуры, давления) некоторые вещества, в том числе и ряд металлов способны изменять свою кристаллическую решетку при сохранении химического состава. С физической точки зрения превращение металла из одной формы в другую обуславливается внутренней перегруппировкой молекул, которая ве-

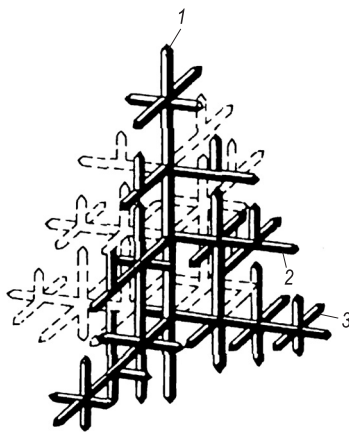


Рис. 1.3. Схема дендритного кристалла:

1 – ось первого порядка (главная ось); 2 – ось второго порядка; 3 – ось третьего порядка. Пунктиром показаны возможные направления роста кристаллов

дет к изменению его кристаллической структуры и свойств. При этом различные формы кристаллической решетки одного металла называют *полиморфными модификациями*. Каждой модификации свойственно оставаться устойчивой лишь в пределах определенного для данного металла интервала температур. Температура, при которой происходит превращение одной кристаллической модификации в другую, называется *температурой полиморфного превращения*.

Полиморфизм характерен для железа, олова, кобальта, титана и некоторых других металлов. Медь, алюминий не претерпевают полиморфных превращений. Например, железо при разных температурах может иметь объемно-центрированную или гранецентрированную кубическую решетку, кобальт – гранецентрированную или гексагональную кристаллическую решетку.

Примером аллотропического видоизменения, обусловленного изменением давления, является углерод: при низких давлениях образуется графит, а при высоких – алмаз.

Сущность полиморфного превращения состоит в том, что при нагревании в твердом металле возникают новые центры кристаллизации, что и приводит к образованию новой решетки, формирование которой происходит с поглощением тепла при нагреве и выделением – при охлаждении. Причем каждой модификации свойственно оставаться устойчивой лишь в пределах определенного для данного металла интервала температур.

Низкотемпературную модификацию железа называют  $\alpha$ -, при более высокой –  $\beta$ -, затем  $\gamma$ -модификацией. Температуры перехода одной модификации железа в другую (911 °С и 1392 °С) называются *критическими точками*. При этом углерод и другие компоненты и примеси меняют положение критических точек на температурной шкале.

В результате полиморфного превращения образуются новые кристаллические зерна, имеющие другой размер и форму. Поэтому такое превращение называют еще *перекристаллизацией*, и сопровождается оно скачкообразным изменением всех свойств металлов и сплавов: плотности, теплоемкости, тепло- и электропроводности, прочности и др.

На практике полиморфизм используется в технологическом процессе при термической обработке металлов. Однако истории известны случаи, когда полиморфизм стал одной из причин гибели полярной экспедиции английского исследователя В.Скотта. Оловом были запаяны канистры с керосином. При

низкой температуре в условиях Севера произошло полиморфное превращение пластичного белого олова в хрупкий порошок серого цвета. В результате горячее испарилось и экспедиция осталась без топлива.

**Дефекты кристаллического строения металлов.** Существующие в природе кристаллы, получившие название «реальных», не обладают совершенной атомно-кристаллической структурой. Структура реальных кристаллов металлов, как правило, отличается от идеальных. Любые отклонения от правильного геометрического строения называют *дефектами*. Все они оказывают существенное влияние на свойства металлов.

Дефекты кристаллического строения с учетом их пространственного измерения подразделяют на точечные, линейные, поверхностные и объемные.

*Точечные (нульмерные)* дефекты характеризуются малыми, не превышающими нескольких атомных диаметров, размерами во всех трех измерениях. Они вызывают искажения кристаллической решетки на расстояниях, соизмеримых с расстояниями между соседними атомами в кристалле. К точечным дефектам относят: вакансии (свободные места в узлах кристаллической решетки, т.е. узел кристаллической решетки, в котором отсутствует атом или ион); дислоцированные атомы (атомы, сместившиеся из узлов кристаллической решетки в межузельные промежутки); примесные атомы (атомы других элементов, находящиеся как в узлах, так и в межузельных кристаллической решетки).

Образуются точечные дефекты в процессе кристаллизации металла под воздействием тепловых, механических, электрических нагрузок, при облучении электронами, нейтронами и рентгеновскими лучами. Точечные дефекты вызывают местное искажение кристаллической решетки, что приводит к изменению свойств материала.

*Линейные (одномерные)* дефекты представляют собой нарушения правильного чередования атомных плоскостей в кристаллической решетке. Они имеют малые размеры в двух измерениях и значительную протяженность в третьем. Наиболее характерными видами линейных дефектов являются дислокации (от фр. *dislocation* – смещение, перемещение) – краевые, винтовые и длинные цепочки точечных дефектов, которые возникают как при кристаллизации металлов, так и в ходе пластической деформации и фазовых превращений.

*Поверхностные (двухмерные)* представляют собой поверхности раздела между отдельными зёрнами или их блоками, посылку на границах зёрен расположение атомов менее правильное, чем в зёрне. Это дефекты упаковки (нарушения в чередовании плотноупакованных плоскостей), границы зёрен, субзёрен, двойниковые границы (переходные зоны между кристаллитами или субзёрнами с различной ориентацией кристаллографических плоскостей). Такие дефекты имеют малую толщину и значительные размеры в двух других измерениях.

*Объёмные (трехмерные)* или макродефекты имеют сравнительно большие размеры во всех трех измерениях. К ним относятся скопления точечных дефектов типа пустот, пор, трещин, инородные включения, смещения атомов из-за разной ориентации граничащих объемов кристалла.

Дефекты сохраняют подвижность, способны перемещаться в кристаллической решетке и при сближении взаимодействуют между собой. Для получения металлов высокого качества необходимо свести все дефекты к минимуму. Этого можно добиться путем специальных способов обработки металлов (например, термической обработкой и др.).

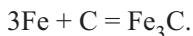
**Основные сведения о металлических сплавах.** При изучении явлений, протекающих в сплавах в процессе их превращения, пользуются понятиями «фаза», «система», «компонент».

*Фазой* называют однородную по химическому составу, внутреннему строению и физическим свойствам часть системы, отделенную от других частей поверхностями раздела, при переходе через которую свойства сплава резко изменяются (скачкообразно). Фазами могут быть металлы и неметаллы, жидкие и твердые растворы, химические соединения. Например, однофазной системой является однородная жидкость, двухфазной – механическая смесь кристаллов двух металлов.

*Системой* называется совокупность фаз, находящихся в равновесии при определенных внешних условиях (температура, давление). Система может быть простой, если она состоит из одного элемента (чистый металл), и сложной – из нескольких элементов (сплав).

Сплав считается металлическим, если его основу (свыше 50 % по массе) составляют металлические *компоненты*. В сплавах компоненты могут вступать во взаимодействие с образованием различных фаз. В составе металлических сплавов после их затвердевания образуются следующие фазы: химические соединения, твердые растворы или механические смеси.

**Химические соединения** образуются на основании общих химических законов при строго определенном количественном соотношении компонентов. Например, в сплавах железа с углеродом образуется карбид железа (цементит):



В сплавах алюминия с медью образуется интерметаллическое соединение  $\text{CuAl}_2$ .

Химические соединения имеют, как правило, кристаллическую решетку другого типа, чем у каждого из компонентов в отдельности. Наличие их в сплавах повышает прочность, твердость, хрупкость и электросопротивление металла с одновременным понижением пластичности и ударной вязкости.

**Твердым раствором** называется вещество, состоящее из двух и более компонентов, один из которых, сохраняя кристаллическую решетку, является растворителем, а другие распределяются в кристаллической решетке растворителя, не изменяя ее типа. При этом растворимый компонент может замещать часть атомов основного металла или внедряться между ними, но без образования молекул определенного состава. В зависимости от характера распределения атомов растворенного вещества в кристаллической решетке растворителя различают твердые растворы замещения и внедрения (рис. 1.4).

В *твердом растворе внедрения* атомы растворенного компонента размещаются в свободных промежутках между атомами основного металла. Обычно твердый раствор внедрения возникает в системе, состоящей из металла и неметалла. Например, в железоуглеродистых сплавах атомы углерода внедряются в поры решетки железа.

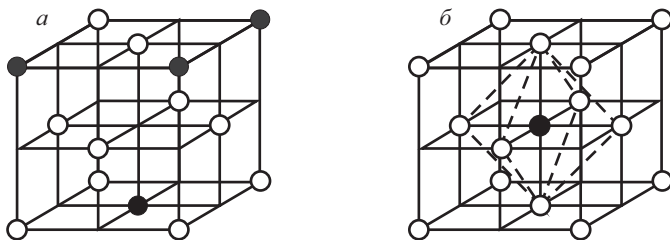


Рис. 1.4. Схема твердого раствора замещения (а) и внедрения (б)

## Оглавление

Предисловие .....	3
<b>ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ .....</b>	<b>5</b>
1.1. Определение и классификация металлов .....	5
1.2. Общее представление о строении металлов .....	8
1.3. Методы исследования строения и качества металлов .....	16
1.4. Свойства металлов .....	18
Вопросы и задания для самоконтроля .....	34
<b>ГЛАВА 2. ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫЕ СПЛАВЫ .....</b>	<b>35</b>
2.1. Общие сведения .....	35
2.2. Чугун .....	35
2.3. Производство стали .....	42
2.4. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов .....	46
2.5. Классификация и маркировка сталей .....	51
2.6. Разновидности сталей .....	57
Вопросы и задания для самоконтроля .....	63
<b>ГЛАВА 3. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ МЕТАЛЛОВ .....</b>	<b>64</b>
3.1. Сущность термической обработки .....	64
3.2. Виды термической обработки металлов .....	65
3.3. Химико-термическая обработка .....	72
3.4. Термомеханическая обработка .....	76
Вопросы и задания для самоконтроля .....	78
<b>ГЛАВА 4. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ .....</b>	<b>79</b>
4.1. Общие сведения и классификация .....	79
4.2. Алюминий и его сплавы .....	79
4.3. Медь и ее сплавы .....	86



4.4. Другие разновидности цветных металлов .....	92
Вопросы и задания для самоконтроля .....	97
<b>ГЛАВА 5. ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ И АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....</b>	<b>98</b>
5.1. Твердые сплавы .....	98
5.2. Определение и классификация абразивных материалов и инструментов .....	101
5.3. Свойства абразивных материалов и инструментов .....	102
5.4. Разновидности абразивных материалов .....	106
5.5. Разновидности абразивных инструментов .....	111
5.6. Маркировка абразивных инструментов .....	114
Вопросы и задания для самоконтроля .....	116
<b>ГЛАВА 6. КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ .....</b>	<b>117</b>
6.1. Общие сведения .....	117
6.2. Виды коррозии металлов .....	118
6.3. Методы защиты металлов от коррозии .....	124
Вопросы и задания для самоконтроля .....	127
<b>ГЛАВА 7. ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....</b>	<b>128</b>
7.1. Общие сведения и классификация .....	128
7.2. Разновидности полимеров .....	133
7.3. Способы переработки полимеров в изделия .....	145
Вопросы и задания для самоконтроля .....	149
<b>ГЛАВА 8. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ .....</b>	<b>150</b>
8.1. Определение и классификация .....	150
8.2. Проводниковые материалы и изделия .....	152
8.3. Свойства электроизоляционных материалов .....	154
8.4. Разновидности электроизоляционных материалов .....	157
Вопросы и задания для самоконтроля .....	164
<b>ГЛАВА 9. СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....</b>	<b>165</b>
9.1. Назначение, составы и классификация .....	165
9.2. Качественные характеристики смазочных материалов .....	168
9.3. Разновидности смазочных материалов .....	170
Вопросы и задания для самоконтроля .....	175
<b>ГЛАВА 10. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....</b>	<b>176</b>
10.1. Крепежные изделия .....	176

10.2. Паяльные материалы	186
10.3. Гидроизоляционные материалы	193
10.4. Герметизирующие и уплотнительные материалы	204
10.5. Теплоизоляционные материалы	224
10.6. Лакокрасочные материалы	237
Вопросы и задания для самоконтроля	243
<b>ГЛАВА 11. ТРУБЫ И ФИТИНГИ</b>	<b>245</b>
11.1. Общие сведения	245
11.2. Полимерные трубы	246
11.3. Трубы стальные	258
11.4. Чугунные трубы	262
11.5. Трубы из цветных металлов и сплавов	265
11.6. Металлополимерные трубы	266
11.7. Керамические трубы	269
11.8. Бетонные и железобетонные трубы	271
11.9. Асбестоцементные трубы	274
Вопросы и задания для самоконтроля	277
<b>ГЛАВА 12. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ И КОНСТРУКЦИИ</b>	<b>278</b>
12.1. Классификация металлических изделий	278
12.2. Листовой прокат	280
12.3. Сортовой прокат	284
12.4. Изделия из цветных металлов	287
12.5. Металлические конструкции	289
Вопросы и задания для самоконтроля	297
Литература	298

Учебное издание

**Широкий** Геннадий Титович  
**Юхневский** Павел Иванович  
**Бортницкая** Майя Геннадьевна

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ДЛЯ МОНТАЖНИКОВ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ,  
ТРУБОПРОВОДОВ И МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ**

Учебное пособие

Редактор *Ю.А. Мисюль*  
Художественный редактор *Е.Э. Агунович*  
Технический редактор *А.Н. Бабенкова*  
Корректор *Ю.А. Мисюль*  
Компьютерная верстка *А.Н. Бабенковой*

Подписано в печать 22.05.2012. Формат 84×108/32. Бумага офсетная.  
Гарнитура «Times New Roman». Офсетная печать. Усл. печ. л. 15,96.  
Уч.-изд. л. 16,05. Тираж 500 экз. Заказ 1162.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”».  
ЛИ № 02330/0494062 от 03.02.2009. Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.  
e-mail: [market@vshph.com](mailto:market@vshph.com) <http://vshph.com>

Филиал № 1 открытого акционерного общества «Красная звезда».  
ЛП № 02330/0494160 от 03.04.2009. Ул. Советская, 80, 225409, Барановичи.