

Н.В. Храмцов

ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ



Н.В. Храмцов

ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Рекомендовано Государственным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский государственный строительный университет» в качестве учебного пособия для студентов ВПО, обучающихся по направлениям подготовки 280100 «Безопасность жизнедеятельности» по специальности 280102 «Безопасность технологических процессов и производств», 280200 «Защита окружающей среды» по специальности 280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» и 140104 «Промышленная теплоэнергетика»



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва
2011

Рецензенты:

заслуженный строитель России, доктор технических наук, профессор
Н.А. Малюшин; доктор технических наук, профессор, заслуженный
деятель науки РФ *Г.П. Сахаров*; доктор с/х наук, профессор *Л.Н. Скитин*

Храмцов Н.В.

Основы материаловедения. Учебное пособие: – М.: Издательство АСВ,
2011. – 240 с.

ISBN 978-5-93093-770-1

В учебном пособии, предназначенном для студентов специальностей БТП, ООС и ПТ, даны основы теории и практического использования строительных материалов, технологических процессов изготовления деталей и строительных конструкций.

Книга может быть полезной и для студентов других специальностей.

ISBN 978-5-93093-770-1

© Издательство АСВ, 2011

© Храмцов Н.В., 2011

Учебное издание

Николай Васильевич Храмцов

ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Компьютерная верстка: *М.А. Родионова, Е.М. Лютова*

Редактор: *В.Ш. Мерзлякова*

Дизайн обложки: *Н.С. Романова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.

Подписано к печати 10.12.09. Формат 60х90/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. 15 п.л. Тираж 500 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511
тел., факс: (499)183–56–83, e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>

ВВЕДЕНИЕ

Материаловедение – это наука, изучающая состав, структуру, строение материалов, закономерности их изменения под тепловым, химическим, механическим и другими воздействиями, основы технологии их получения и особенности использования в практической деятельности.

В начале цивилизации для строительства человек использовал **естественные природные материалы**: камень, древесину, глину. Далее им было освоено получение керамических изделий (посуда, кирпич и др.) *обжигом* глины. Существенным шагом развития человечества стало получение сплава меди с цинком – **бронзы**. Прорывом в строительстве стало открытие и применение **цемента**.

Современное строительство немислимо без широкого использования **металлов и сплавов** в строительных и машиностроительных конструкциях.

Сейчас наступила эра применения **полимерных** материалов в строительстве (трубы, сайдинг, теплоизоляционные материалы и др.).

На основе научных достижений непрерывно создаются новые материалы с заданными свойствами. При этом и такие более «древние» материалы, как камень, древесина, металл и др., непрерывно совершенствуются, приобретая в результате научно-исследовательских работ новые свойства, позволяющие повысить эффективность их использования. Удастся не только управлять механическими, структурными, химическими и эксплуатационными свойствами, но и прогнозировать оптимальные характеристики материалов. В настоящее время огромные потенциальные возможности в создании новых и эффективных материалов отводятся **нанотехнологиям**.

Строительные материалы и изделия (песок, двутавр, лист, кирпич, труба, краска и др.) определяют основу строительной индустрии. При строительстве стоимость материалов составляет до половины суммарной стоимости строительно-монтажных работ. Для правильного использования строительных материалов инженеру надо знать их свойства, назначение, особенности монтажа и эксплуатации.

Автор благодарен друзьям студенческих и последующих лет, состоявшимся инженерам Ю.Л. Пономареву и А.Е. Полуяктову за просмотр рукописи и добротные замечания по содержанию и оформлению материала, несомненно, способствующие улучшению качества учебника.

1. Общие понятия о материалах

Мы живем в материальном мире. Нас окружают вещества. *Вещество* – вид материи, совокупность дискретных (прерывистых) образований (элементарные частицы, атомы, молекулы), обладающих массой покоя. Они могут быть простыми (образованы из одинаковых атомов) и сложные (соединения различных химических элементов).

1.1. Исходные понятия

Вещество трансформируется по стадиям жизненного цикла следующим образом: из сырья сначала получают материал, из которого далее производят изделие (*рис. 1.1*).



Рис. 1.1. Схема превращения сырья в изделие

Сырье – это вещество, предназначенное для дальнейшей переработки (руда, камень, песок, нефть, газ...), а *материал* – это вещество, предназначенное для изготовления чего-нибудь (сплав металла, полимер...).

Материалы могут быть:

- **основными**, т.е. непосредственно расходуемыми на изготовление продукции (камень, металл, полимер...);
- **вспомогательными** (охлаждающая жидкость при резании металлов, топливо для нагрева металла, обмазка электрода...), исполь-

зубы для обеспечения технологического процесса производства изделия.

Изделие (болт, гайка, кирпич...) – это промежуточный результат человеческого труда, а строительная конструкция, машина, прибор и др. – конечный его результат.

Состав (химический или минеральный) материала – количественная характеристика содержания в нем химических элементов (Fe, C, Cr, Ni,...) в сталях, полимерах и др.) или минералов (силикаты, окислы, фосфаты, сульфиды,...) в природном сырье.

Минерал – это природное тело, однородное по химическому составу и физическим свойствам. Они являются продуктами физико-химических процессов, происходящих в земной коре. Из минералов состоят горные породы и руды. Известно более 2500 естественных минеральных видов. Распределение основных минералов в земной коре следующее: силикаты – 25%, окислы – 12,5%, сульфиды – 14%, фосфаты – 18%.

Строение материала – совокупность устойчивых связей вещества, обеспечивающих его целостность и сохранение основных свойств.

Структура материала – форма, размер и характер взаимного расположения образующих его компонентов, например, параметры кристаллической решетки металлов.

Свойства материала – признаки, составляющие его отличительную структуру (твердость, прочность, коррозионная стойкость, хрупкость...).

Качество материала – совокупность его свойств, обуславливающих возможность удовлетворять определенные потребности в соответствии с его назначением.

1.2. Классификация материалов

Материалы можно классифицировать по многим признакам: по агрегатному состоянию, по происхождению, по химическому составу, по молекулярному строению, по структуре, по электрической природе и другим показателям (рис. 1.2–1.5).

- По агрегатному состоянию (рис. 1.2) материалы могут быть:
- твердыми (лед, камень, цемент...);
 - жидкими (вода, расплавленный металл, жидкий кислород...);
 - газообразными (водяной пар, кислород...);
 - плазмой (ионизированный газ в виде молекул, атомов...).

Агрегатное состояние вещества зависит от его температуры. Так, вода в пределах 0–100 °С является жидкостью, а при температурах выше 100 °С превращается в пар, но при температурах ниже 0 °С становится твердым телом (лед или снег). При температуре выше 1539 °С железо – жидкость, а при более низких температурах – твердое тело.

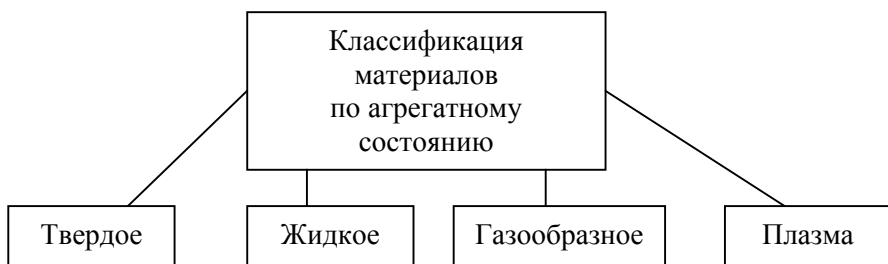


Рис. 1.2. Классификация материалов по агрегатному состоянию

По происхождению (рис. 1.3) вещество может быть:

- природным органическим (дерево, торф, уголь, нефть...);
- неорганическим (камень, вода, песок...);
- искусственным (сплав металла, стекло, полимер...).



Рис. 1.3. Классификация материалов по происхождению

По химическому составу (рис. 1.4) материалы делятся на:

- твердые однокомпонентные (свинец, железо, окись кремния...);

- твердые многокомпонентные (сплавы);
- жидкие однокомпонентные (вода, расплавленный свинец...);
- жидкие многокомпонентные (чай, кофе, нефть...).

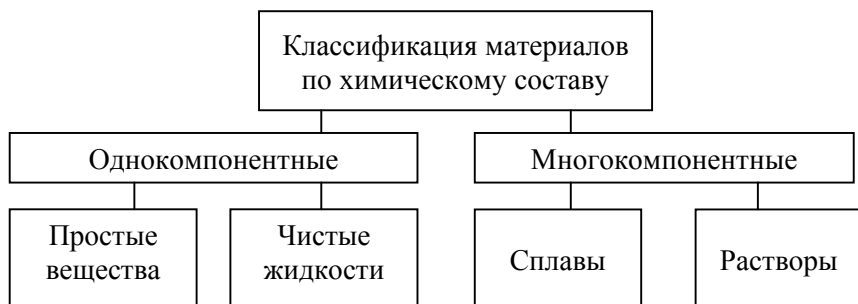


Рис. 1.4. Классификация материалов по химическому составу

По *молекулярному* строению (рис. 1.5) вещества делятся на три группы:

- кристаллические (металлы, алмаз...), имеющие четко выраженную кристаллическую структуру;
- аморфные (смола, стекло и др.), имеющие беспорядочное расположение атомов и молекул);
- полимерные (полиэтилен, нейлон, поликарбонат...), т.е. высокомолекулярные соединения, образующие линейные и разветвленные цепи или пространственную решетку.

На примере алмаза и графита, имеющих одинаковый химический состав, отчетливо видно различие влияния структуры на свойства материала; так, алмаз – это кристалл (имеет очень высокую твердость), а графит представляет собой аморфное мягкое тело.



Рис. 1.5. Классификация материалов по молекулярному строению

Аморфные вещества (янтарь, смола, битум, полимер...) в твердом состоянии имеют изотропию (одинаковые во всех направлениях) физических свойств и у них отсутствует точка плавления (переход из жидкого в твердое состояние происходит постепенно).

Особым видом состояния аморфных тел является стеклообразное состояние. Оно формируется при затвердевании переохлажденного расплава. Переход характеризуется температурным интервалом. У переохлажденного расплава при затвердевании постепенно увеличивается вязкость, что приводит к высоким механическим свойствам.

В стеклообразном состоянии могут находиться вещества: S, P, SiO₂, Se, B₂O₅, H₂O, H₂SO₄ и др.

Аморфное тело не имеет определенной температуры плавления. Аморфные материалы характеризуются не точкой, а периодом размягчения $T_{cm} \dots T_p$, для которого самой высокой температурой является температура размягчения T_p , а низкой – температура стеклования T_{cm} (рис. 1.6).

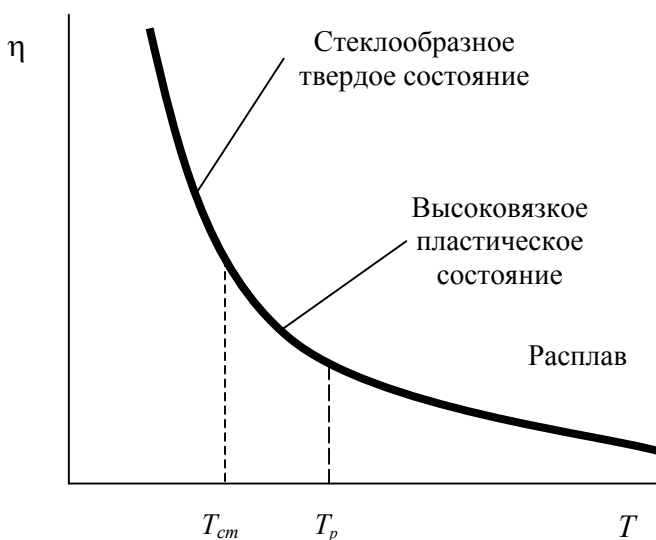


Рис. 1.6. Зависимость вязкости η стекла от температуры T

При температурах выше T_p , проводятся все технологические процессы переработки стекломассы в изделия, а при более низких температурах, т.е. ниже T_{cm} , происходит переход вещества в стеклообразное состояние.

По структуре материалы могут быть:

- однородные (моно- и поликристаллические);
- многофазные (поликристаллические или композиционные материалы).

По *электрической* природе проводимости различают (рис. 1.7):

- проводники (медь, алюминий, сплавы металлов...);
- диэлектрики (воздух, эбонит...);
- полупроводники (кремний, селен, германий...).

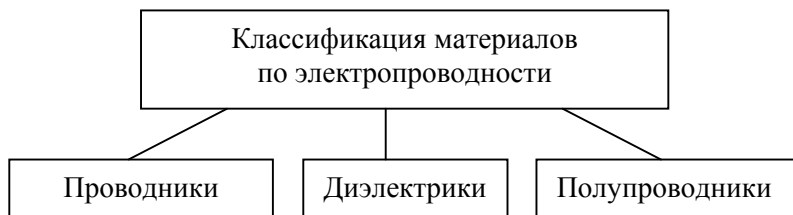


Рис. 1.7. Классификация материалов по электропроводности

1.3. Качество материалов

Для практической деятельности человека (на производстве и в быту) важнейшим является понятие качества.

Качество – это степень удовлетворения заказчика (покупателя, потребителя) изделием или услугами. Качество нельзя оценить каким-либо одним показателем, а требуется сложная многоуровневая оценка.

Для примера рассмотрим показатели качества внешне такого очень простого изделия, как кирпич. Показателей качества у него очень много: химический и минеральный состав; геометрические размеры и отклонения формы; структура, плотность, прочность, теплопроводность, морозостойкость и влагопоглощаемость; эстетические показатели (цвет, шероховатость, блеск...); долговечность; особенности применения (хранения, кладки...); технологические, экологические, экономические и другие показатели.

Основной причиной необходимости оценки качества продукции при ее производстве является *разрыв во времени и пространстве изготовителя и потребителя* продукции.

В историческом плане можно выделить три этапа в развитии проблемы оценки качества:

1. На первом этапе соединения исполнителя с орудием труда качество зависело только от мастерства человека. Изготовление и потребление продукции не было разделено во времени и пространстве.

2. На стадии машинного производства с усилением разделения труда, когда продукция производится для неизвестного потребителя и в массовом количестве, возникла необходимость получения объективной характеристики.
3. На этапе автоматизированного производства из-за значительного усложнения, увеличения номенклатуры и сокращения периодичности смены изделий возрасла серьезность последствий вследствие неправильной оценки, поэтому значительно повысилась актуальность проблемы оценки качества продукции.

В настоящее время, в период острой конкуренции, побеждает производитель, выпускающий материалы и изделия более высокого или узконаправленного (монополист) качества.

Существуют следующие **направления** обеспечения качества.

1. *Научное* (материаловедение как вид научного обеспечения качества: разработка новых материалов и технологий изготовления, методов их оценки и проч.).

2. *Организационное* (Госстандарт России координирует деятельность различных контролирующих организаций).

3. *Нормативно-техническое* (система государственных стандартов, система показателей качества).

4. *Метрологическое* (государственная система обеспечения требуемой точности и единства измерений, государственная система стандартных справочных данных).

5. *Правовое* (основные законы РФ, в том числе закон о защите прав потребителей).

6. *Информационное*: обеспечивает Всероссийский научно-исследовательский центр стандартизации, информации и сертификации сырья, материалов и веществ Госстандарта России, располагающий информационным центром стандартов: таблицами рекомендуемых и стандартных данных по свойствам материалов и веществ, методиками контроля, паспортами безопасности материалов, копиями аттестатов аккредитации испытательных лабораторий, авторскими свидетельствами и патентами по изобретениям (материалам, веществам и методам их получения).

7. *Уровень материально-трудовых ресурсов* предприятия, обеспечивающий прогрессивность технологического процесса производства.

Имеются стандартные образцы (цемент, сталь, стекло, горная порода, почва...) веществ и материалов (в мире их около 20 тысяч). Есть соответствующий реестр стандартов.

В государственных стандартах РФ *общих технических условий* на продукцию содержатся требования к конкретной продукции:

1. Классификация, основные параметры и (или) размеры.
2. Общие технические требования.
3. Требования безопасности.
4. Требования охраны окружающей среды.
5. Методы контроля.
6. Правила приемки.
7. Транспортирование и хранение.
8. Указания по эксплуатации (ремонту и утилизации).
9. Гарантии изготовителя.

Качество выполнения отдельных технологических операций изготовления материалов определяется уровнем технологического процесса, который, в свою очередь, зависит от уровня технологической базы, инженерной подготовки производства и рабочей силы (*рис. 1.8*). Из приведенной схемы видно, что для обеспечения необходимого качества продукции следует создать определенный уровень материальных трудовых ресурсов.

Воздействовать на единичные факторы технологии производства можно путем соответствующего повышения уровня производственных ресурсов: использованием новых технологических процессов, введением недостающего или нового оборудования, оснастки и инструмента, улучшением снабжения запасными частями и материалами по номенклатуре и качеству, совершенствованием рабочих мест и внедрением более совершенных форм труда, усилением контроля за всеми стадиями технологического процесса, укреплением дисциплины труда, повышением квалификации кадров и ответственности исполнителей.

Показателями прогрессивности технологических процессов производства материалов можно назвать:

- высшее качество продукции;
- высшую производительность;
- минимум расхода природного сырья;
- минимум расхода топлива;
- максимальную экономию электроэнергии;
- повышение экономичности производства;
- минимум материалоемкости технологического оборудования;

5. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение: Учеб. пособие для строит. спец. вузов / И.А. Рыбьев. – М.: Высш. шк., 2003. – 701 с.
6. Храмцов Н.В. Металлы и сварка (лекционный курс): Учебное пособие / Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2001. – 160 с.
7. Храмцов Н.В., Шулаева Л.В. Металлы и сварка: Лабораторный практикум / Н.В. Храмцов, Л.В. Шулаева Л.В. – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2003. – 156 с.
8. Храмцов Н.В. Ремонт деталей и сборочных единиц: Учеб. пособие / Н.В. Храмцов. – Тюмень: Изд. ТюмГНГУ, 2006. –134 с.
9. Юхневский П.И, Широкий Г.Т. Строительные материалы и изделия: Учеб. пособие / П.И. Юхневский, Г.Т. Широкий. – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – 476 с.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О МАТЕРИАЛАХ	4
1.1. Исходные понятия	4
1.2. Классификация материалов	5
1.3. Качество материалов	9
2. СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ	14
2.1. Химический состав. Макро- и микроструктура металлов	16
2.2. Физические свойства материалов	17
2.3. Механические характеристики материалов	36
2.4. Технологические свойства	44
2.5. Потребительские показатели качества материалов	48
2.6. Влияние воздуха и воды на свойства материалов	51
2.7. Экологическая безопасность строительных материалов	55
3. МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ	60
3.1. Кристаллическая структура металлов	60
3.2. Чугуны и стали	63
3.3. Углеродистые и легированные стали	67
3.4. Жаростойкие и тугоплавкие металлы и сплавы	76
3.5. Термообработка сталей	78
3.6. Общие свойства цветных металлов и сплавов	80
3.7. Алюминиевые сплавы	81
3.8. Медные сплавы	83
3.9. Свинец, олово, серебро и цинк	85
3.10. Титан и его сплавы	87
4. КАМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	88
4.1. Природные каменные материалы	89
4.2. Вяжущие неорганические материалы	91
4.3. Искусственные каменные материалы	96
4.4. Современные стеновые строительные материалы	107

5. ОРГАНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ	114
5.1. Лесоматериалы	114
5.2. Строительные изделия из древесины	117
5.3. Использование древесных отходов	119
5.4. Органические вяжущие	120
5.5. Современные технологии деревянного домостроения	122
6. ПОРОШКОВЫЕ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	124
6.1. Классификация порошковых материалов	126
6.2. Получение металлических порошков и изготовление деталей	129
6.3. Композиционные материалы	131
7. ПОЛИМЕРНЫЕ И ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ	134
7.1. Общие свойства	134
7.2. Термопластичные полимеры	137
7.3. Изготовление и ремонт деталей	141
7.4. Сварка полимерных материалов	144
7.5. Резиновые материалы	151
8. ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ СЫРЬЯ, ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И СБОРКИ КОНСТРУКЦИЙ	153
8.1. Добыча сырья	154
8.2. Изготовление материалов	155
8.3. Обработка камня	157
8.4. Обработка древесины	158
8.5. Литье и прокатка металлов	160
8.6. Резка металлов	165
8.7. Антикоррозионная защита металлов и сплавов	168
8.8. Механическая обработка металлов	175
8.9. Сборка деталей	178
9. СВАРКА МЕТАЛЛОВ	182
9.1. Классификация способов сварки	182
9.2. Тепловые процессы при сварке	184
9.3. Основы электродуговой сварки и наплавки	188
9.4. Ручная электродуговая сварка и наплавка	190
9.5. Особенности сварки чугуна и алюминия	195
9.6. Механизированная наплавка и сварка	199
9.7. Газовая сварка и наплавка	208
9.8. Оценка качества сварки	211
10. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	218
10.1. Нанотехнологии	218
10.2. Фаббер-технологии в производстве деталей и строительных конструкций	227
10.3. Лазерные технологии	231
Приложения	231
Литература	238
Содержание	239