**Министерство образования и науки Кыргызской Республики**

**Кыргызский Государственный Технический Университет**

**им. И.Раззакова**

**Кафедра "Теплоэнергетика"**

Методические указания к выполнению практической работы

по дисциплине “**Конструкционные материалы в теплоэнергетике**” для студентов направления **640100 *«Теплоэнергетика и теплотехника»***

профиль ***«Тепловые электрические станции»***

всех форм обучения

**Бишкек 2024 г.**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Цель изучения практической работы является приобретение знаний о строении и свойствах, способах упрочнения конструкционных материалов.

В процессе изучения практической работы студенты должны:

***уметь:***

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения.

- выбирать способы соединения материалов.

- обрабатывать детали из основных материалов.

***знать:***

**-** строение и свойства машиностроительных материалов;

- методы оценки свойств машиностроительных материалов;

- области применения материалов;

- классификацию и маркировку основных материалов;

- методы защиты от коррозии;

- способы обработки материалов.

**Практическая работа № 1**

**Закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов. Строение и свойства металлов и сплавов.**

**Цель работы:** Изучения процесса первичной кристаллизации. Строение свойства металлов.

**Теоретические основы**

**Основные типы кристаллических решеток**

Металлы являются кристаллическими телами. Атомы и занимаемом ими пространстве расположены строп упорядоченно и находятся в определенных местах на вполне определенных расстояниях друг от друга, в состоянии покои, не перемещаясь друг относительно друга. Находясь на своих местах, атомы вследствие термокинетического эффекта совершают колебания частотой 101 с1 с изменяющейся в зависимости от температуры амплитудой. В ряде случаев, под влиянием локальных тепловых процессов, атомы кристаллических тел все же могут перемещаться между соседними в другое положение; такое явление называется самодиффузией. Если соединить атомы с воображаемыми линиями в трех взаимно перпендикулярных направлениях то получится пространственная кристаллическая решетка. Ее наименьшим структурным образованием является элементарная ячейка, контур которой представляет какое-нибудь составленное из атомов геометрическое тело, например куб или шестигранную призму. Ячейки примыкают друг к другу многократно повторяясь, образуют более крупные зерна или кристаллы.

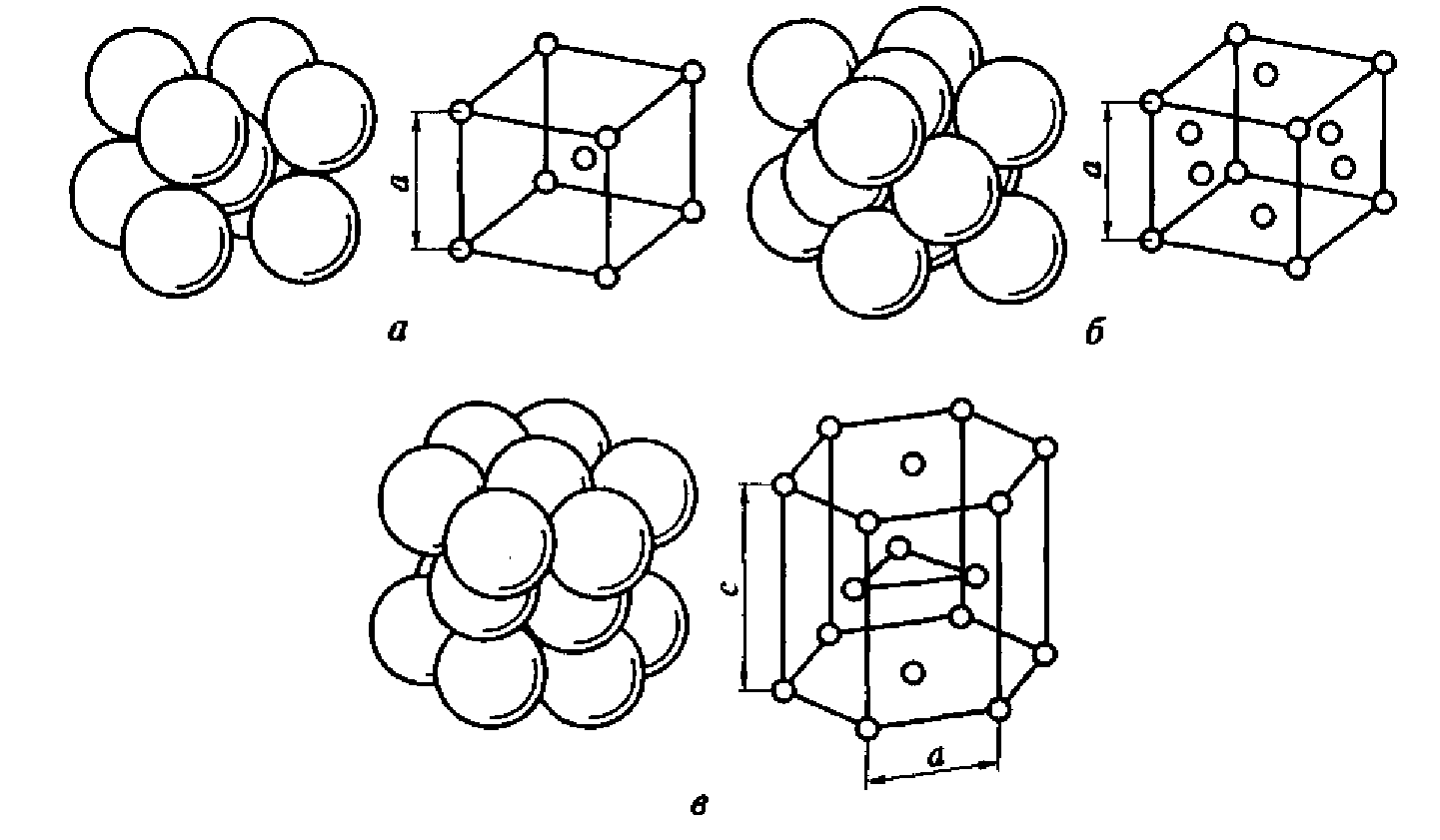


Рис. 1. Основные типы кристаллических решеток металлов;

а) кубическая объемно-центрированная (ОЦК) б) кубическая гранецентрированная (ГЦК); в) гексогональная плотноупакованная.

Ориентировка ячеек в соседних зернах металла различна, а в пределах каждого зерна одинакова. Поэтому в кристаллической решетке зерен существует ближний и дальний порядок. Ближний означает постоянство ближних атомов-соседей у каждого атома, а дальний — удаленных.

Наиболее простой кристаллической решеткой у металлов является кубическая, имеющая две разновидности кубическую объемно-центрированную (ОЦК) и кубическую гранецентрированную (ГЦК) (рис 1, а, б). У обоих типов этих решеток основу ячеек составляют восемь атомов, образующих куб, и находящихся в его вершинах. Остальные атомы находятся или в центре объема куба (один атом на пересечении диагоналей в решетке ОЦК), или в центре каждой из его граней (шесть атомов в решетке ГЦК). Кристаллические решетки ОЦК имеют альфа-железо, хром, ванадий, вольфрам, молибден, бета-титан и другие металлы. Решетку ГЦК имеют гамма-железо, алюминий, медь, никель, свинец и некоторые другие металлы. Другой разновидностью кристаллических решеток у металлов является гексагональная плотно упакованная решетка (ГПУ) (рис. 1, в). Ячейка этой решетки представляет собой шестигранную призму с центрированными основаниями, между которыми на некотором расстоянии от центров трех граней расположены еще три атома. ГПУ решетку имеют альфа-титан, магний, цинк, кадмий, бериллий и другие металлы. В ячейках кристаллической решетки всех типов атомы касаются друг друга внешними слоями электронных оболочек. Межатомные силы сцепления, обеспечивающем орфологическую целостность кристаллической решетки, создаются электромагнитным воздействием, обусловленным наличием у атомов валентных электронов. Понятие о дислокациях и других дефектах кристаллической решетки. Кристаллическая решетка реального металла не является геометрически идеальной. В ее узлах нередко отсутствуют атомы, а в зернах очень часто между полными кристаллографическими плоскостями, идущими от границы до границы зерна, находятся так называемые экстраплотности, протяженность которых ограничивается только частью размера зерна. Существуют и другие дефекты, как правило, снижающие прочность металла. Рассмотрим наиболее характерные дефекты кристаллической решетки металлов, известные под названием точечных и линейных. К точечным дефектам (соизмеримым с размерами атомов) относятся вакансии и внедренные атомы. Вакансии - это «пустые» узлы кристаллической решетки, т.е. места, где по той или иной причине отсутствуют атом (рис. 2, а). Атомы внедрения -это атомы, находящиеся не в узлах кристаллической решетки, а в ее междоузлиях. Ими могут быть атомы данного или примесного элемента (рис. 2, б).



Рис. 2. Точечные дефекты в кристаллической решетке а) вакансии;

б) атом внедрения; в) примесный атом внедрения.

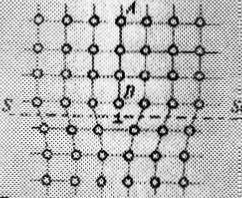


Рис. 3. Схема краевой дислокации в кристаллической решетке

Наиболее распространенными и очень важными с точки зрения формирования прочностных свойств металлов являются дефекты имеющие протяженность только в одном направлении, или линейные дефекты. Их принято называть дислокациями. Образуются дислокации в результате локальных или местных смещений кристаллографических плоскостей, происходящих в кристаллической решетке зерен различных технологических этапах их (зерен) формирования. Наиболее распространенной и характерной разновидностью дислокации является краевая дислокация (рис.3). Сформировавшейся в результате предшествующих локальных сдвиговых процессов краевой дислокацией является нижняя граница (край) изображенной на рис. 3 как бы лишней, не имеющей продолжения полуплоскости АВ и перпендикулярен линии дислокации, именуемой экстраплоскостью. Линию атомов нижней границы экстраплоскости принято называть дислокацией. На рис. 3. она уходит за плоскость чертежа. Дислокацию обозначают знаком А или Ш (экстраплоскости в верхней и нижней части зерна - положительная или отрицательная.

Процесс образования твердой кристаллической фазы из жидкости называется первичной кристаллизацией.

Перекристаллизация некоторых металлов и сплавов в твердом состоянии при нагреве и охлаждении называется вторичной кристаллизацией.

Любое фазовое состояние вещества (жидкого или твердого) характеризуется определенным значением свободной энергии, зависящей от температуры, что видно из рис. 4.



Рис. 4. Схема изменения свободной энергии жидкого и кристаллического металла в зависимости от температуры.

При некотором переохлаждении жидкого вещества ниже Ts начинается процесс первичной кристаллизации, протекающий в две стадии:

- образование центров кристаллизации;

- рост кристаллов.

Число центров кристаллизации, самопроизвольно зарождающихся в металле, и скорость роста кристаллов зависит от степени переохлаждения системы, которая зависит от скорости охлаждения. Эта зависимость при отсутствии переохлаждения, что, видимо, соответствует температуре Ts (см. рис. 4), число центров кристаллизации и скорость роста кристаллов равны нулю и процесс кристаллизации не идет. Для того чтобы начался процесс кристаллизации, необходимо некоторое переохлаждение.

Для металлов вследствие слабой переохлаждаемости жидкостей на опыте удалось определить лишь восходящие ветви кривых числа центров кристаллизации и скорости роста. С изменением степени переохлаждения изменяются соотношения числа центров кристаллизации и скорость роста, что и определяет размер получившихся кристаллов.

В технических металлах и сплавах большое влияние на размер зерна оказывают мельчайшие металлические взвеси, образующиеся при взаимодействии жидкого металла с материалом печи или изложницы окислы металлов, а также окислы, вводимые специально. Все эти нерастворимые включения играют роль центров кристаллизации, способствуя получению мелкозернистого металла. Процесс искусственного регулирования размеров зерна получил название модифицирования, а вещества, которые для этой цели используют - модификаторов.

На форму образующихся кристаллов большое влияние оказывают скорость охлаждения, направление теплоотвода, наличие нерастворимых частиц, которые могут сыграть роль центров кристаллизации и т.д.

При медленном и равномерном теплоотводе, а также при большом числе центров кристаллизации кристаллы растут с одинаковой скоростью по всем направлениям и принимают равновесную форму: зернистую или полиэдрическую (многогранную).

Наблюдение за процессом кристаллизации металлов и сплавов затруднено в связи с их непрозрачностью и высокими температурами кристаллизации. Поэтому изучение этих процессов осуществляется различными косвенными методами.



Рис. 5. Строение металлического слитка.

При кристаллизации стального слитка, можно наблюдать три различные зоны кристаллов, отличающиеся своей формой и величиной (рис. 5). Образование трех зон можно объяснить различными условиями кристаллизации. У краев возникает зона весьма мелких кристаллов (зона 1), что указывает на зарождение большого числа центров кристаллизации уподобить значительному переохлаждению кристаллизующегося металла.

К мелкозернистой зоне примыкает зона более крупных столбчатых кристаллов (зона 2). Направление роста этих кристаллов обычно перпендикулярно краю. Большой размер образующихся кристаллов указывает на уменьшение числа центров кристаллизации и увеличение скорости роста кристаллов. Направленный рост, обусловливающий столбчатую форму, вызван направленным отводом тепла в формы или изложницы.

В центре возникает третья зона (зона 3), состоящая из очень крупных, различно ориентированных равновесных кристаллов. Большой размер кристаллов указывает на малое число образующихся центров кристаллизации в связи с медленным охлаждением. Малая степень переохлаждения в центральной зоне слитка или отливки металла, создают условие для зарождения наибольшего числа различно ориентированных равновесных кристаллов.

**Практическая работа № 2**

**Испытание металлов и сплавов на твёрдость. Определение твердости металлов и сплавов методом Бринелля.**

**Цель работы:** ознакомить студентов с методом экспериментального определения механических свойств металлов и привить им навыки самостоятельного измерения твердости металлов методом Бринелля.

**Теоретические основы**

**Твёрдость** - свойство материала сопротивляться внедрению более твёрдого тела - индентора. Самым твердым природным материалом является алмаз. Он используется в качестве индентора (промышленный алмаз). Способ определения твёрдости по методу Бринелля заключается во вдавливании в поверхность объекта контроля (ОК) шарика-индентора (из закалённой стали или из твёрдого сплава). В результате на металле остаётся отпечаток в виде полусферы определённого диаметра и глубины, что позволяет определить меру твёрдости по Бринеллю (НВ). С помощью лупы измеряют диаметр отпечатка.

Испытания на твёрдость являются очень распространёнными, поскольку определяют не только меру прочности изделия, но и его сопротивление переменным нагрузкам. Преимущество метода - испытания на твёрдость относятся к числу неразрушающих, а твердомеры для металлов могут быть как стационарными, так и портативными.

Измерения могут проводиться на эталонных образцах (изготовленных из того же материала или сплава и подвергнутых такому же режиму термической обработки) или на готовых деталях. Единственное условие - в случае испытания готовых деталей необходимо принять меры к тому, чтобы объект контроля (ОК) не имел внешних повреждений.

В качестве инденторов используются шарики из твердого сплава диаметром 1; 2,5; 5 и 10 мм. Величину нагрузки и диаметр шарика выбирают в зависимости от исследуемого материала, который разделен на 5 основных групп:

1 — сталь, никелевые и титановые сплавы;

2 — чугун;

3 — медь и сплавы меди;

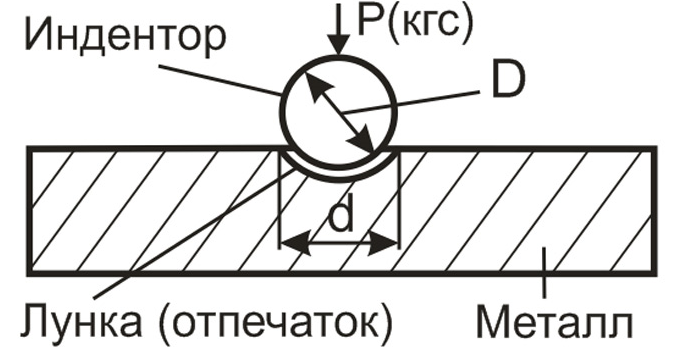
4 — легкие металлы и их сплавы;

5 — свинец, олово.

При измерении твердости по методу Бринелля необходимо выполнять следующие условия:

* образцы с твердостью выше HB 450/650 кгс/мм2 испытывать запрещается;
* поверхность образца должна быть плоской и очищенной от окалины и других посторонних веществ;
* диаметры отпечатков должны находиться в пределах 0,2D<d<0,6D;
* образцы должны иметь толщину не менее 10-кратной глубины отпечатка (или менее диаметра шарика);
* расстояние между центрами соседних отпечатков и между центром отпечатка и краем образца должны быть не менее 4d;
* продолжительность выдержки под нагрузкой должна быть от 10 до 15 с для чёрных металлов, для цветных металлов и сплавов – от 10 до 180 с, в зависимости от материала и его твёрдости.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Диаметр шарика, мм | Рекомендуемая нагрузка на индентор, кН в зависимости от материала изделия | | | | |
| Стали, чугуны, высокопрочные сплавы | Большинство цветных металлов и сплавов | Алюминий | Подшипниковые сплавы | Свинец, олово, баббиты |
| 10 | 29,42 | 9,8 | 4,9 | 2,45 | 1,225 |
| 5 | 7,335 | 2,45 | 1,225 | 0,613 | 0,307 |
| 2,5 | 1,84 | 0,613 | 0,307 | 0,153 | 0,077 |
| 1,25 | 0,459 | 0,153 | 0,076 | 0,038 | 0,019 |
| 1 | 0,294 | 0,098 | 0,049 | 0,0245 | 0,013 |
| Рекомендуемый диапазон измерения твёрдости, НВ | 67-450 | 22-315 | 11-158 | 6-78 | 3-39 |



Твердость по Бринеллю (НВ) выражается отношением взятой нагрузки Р к площади поверхности отпечатка F:

HB=P/F (1)

Если вычислить поверхность отпечатка, имеющего форму шарового сегмента, то НВ определится формулой:

HB=2P/(πD·√(D2-d2) (2)

где Р – приложенная нагрузка, кгс; D – диаметр шарика, мм; d – диаметр отпечатка, мм.

Размер шарика выбирается в зависимости от толщины испытуемого образца: обычно пользуются шариками стандартных размеров диаметрами в 10 мм, 5 мм 2,5 или 1 мм.

Нагрузка на шарик выбирается в зависимости от рода материала и должна быть пропорциональна квадрату диаметра шарика. Условные стандартные нормы, принятые для различных материалов, следующие:

для стали и чугуна Р = 30D2,

для меди и медных сплавов P= 10D2,

для баббитов и свинцовистых бронз Р = 2,5D2.

Более подробные сведения по выбору нагрузки, времени приложения нагрузки для различных материалов приводятся в соответствующей таблице в лаборатории испытания твердости.

Кроме того, нагрузка считается выбранной правильно, если выдерживается соотношение

0,2D < d < 0,6D (3)

Диаметр отпечатка измеряют с помощью лупы Бринелля или микроскопа в двух взаимно перпендикулярных направлениях и определяют как среднее арифметическое из двух измерений. Лупа имеет шкалу, малое деление которой (или цена деления) равно 0,05 мм.

По результатам измерения диаметра отпечатка на данном материале твердость по Бринеллю определяется с помощью формулы [2] или по таблице определения чисел твердости по Бринеллю.

Как отмечалось ранее, между механическими свойствами (в частности, пределом прочности σB и твердостью по Бринеллю) существует определенная зависимость, которая может быть представлена эмпирической формулой:

σB=C·HB·10; МПа,

где С – коэффициент пропорциональности.

Для сталей С = 0,33…0,36

Для алюминия С = 0,4

Для меди С = 0,48

Для дуралюмина С = 0,37

Для латуни, бронзы С = 0,53

Следует отметить, что для хрупких материалов (чугун, силумин) надежной корреляции между твердостью и пределом прочности получить не удается. В частности, для определения предела прочности серого чугуна пользуются следующей эмпирической формулой:

σB=10\*(HB-40)/6; МПа

Пример обозначения твердости по Бринеллю:

600 HBW 10/3000/20,

где *600* - значение твердости по Бринеллю, кгс/мм2;

*HBW* - символьное обозначение твердости по Бринеллю;

*10 -* диаметр шарика в мм;

*3000* - приблизительное значение эквивалентной нагрузки в кгс (3000 кгс = 29420 Н);

*20* - время действия нагрузки, с.

**Практическая работа № 3**

**Испытание металлов и сплавов на твёрдость. Определение твердости металлов и сплавов методом Роквелла.**

Измерение твердости металлов по Роквеллу заключается во вдавливании в испытуемое изделие или образец алмазного конуса или стального шарика под определенной нагрузкой Р и в небольшой выдержке под нагрузкой. Применяемые при испытании нагрузки различны и определяются твердостью металлов. При испытании же твердости по методу Роквелла на испытуемом изделии остается иголочный след глубиной меньше 0,2 мм и примерно такого же диаметра.

В отличие от предыдущего способа твёрдость по Роквеллу заключается в определении глубины вдавливания. Метод Роквелла считается более оперативным, а в таких твердомерах автоматизируется как процесс испытания, так и последующая обработка его результатов.

Суть метода Роквелла заключается в том, что предварительно выбирается некоторая реперная точка, и полученная для этой координаты глубина внедрения индентора вычитается из произвольно выбранной наибольшей глубины вдавливания.

Существует 11 шкал определения твердости по методу Роквелла (A; B; C; D; E; F; G; H; K; N; T), основанных на комбинации «индентор (наконечник) — нагрузка». Величина твёрдости определяется как относительная разница в глубине проникновения индентора при приложении основной и предварительной (10 кгс) нагрузки. Для обозначения твёрдости, определённой по методу Роквелла, используется символ HR, к которому добавляется буква, указывающая шкалу, по которой проводились испытания (HRA, HRB, HRC).

Наиболее часто используемые шкалы Роквелла:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Шкала | Сокращённое обозначение | Испытательная нагрузка | Тип индентора | Область применения | N | S |
| A | HRA | 60 кгс | 120° алмазный сфероконический\* | Карбид вольфрама | 100 | 0,002 мм |
| B | HRB | 100 кгс | Диаметр 1⁄16 дюйма (1,588 мм) стальной, сферический | Алюминиевые сплавы, бронза, мягкие стали | 130 | 0,002 мм |
| C | HRC | 150 кгс | 120° алмазный, сфероконический | Твёрдые стали с HRB > 100 | 100 | 0,002 мм |
| D | HRD | 100 кгс | 120° алмазный, сфероконический |  | 100 | 0,002 мм |
| E | HRE | 100 кгс | Диаметр 1⁄8 дюйма (3,175 мм) стальной, сферический |  | 130 | 0,002 мм |
| F | HRF | 60 кгс | Диаметр 1⁄16 дюйма (1,588 мм) стальной, сферический |  | 130 | 0,002 мм |
| G | HRG | 150 кгс | Диаметр 1⁄16 дюйма (1,588 мм) стальной, сферический |  | 130 | 0,002 мм |
| \**Радиус сферического скругления вершины конуса 0,2 мм* | | | | | | |

Шкалы нагрузок и твердости по Роквеллу:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| А | 100 | HRA | 60 | Свыше 70 | Свыше 700 | Твердые сплавы, цементированные изделия |
| С | 100 | HRC | 150 | 20-67 | 230-700 | Термически обработанные  стали |
| В | 130 | HRB | 100 | 25-100 | 60-230 | Мягкие металлы |

**Практическая работа № 4**

**Материалы на основе полимеров. Строение и свойства**

**пластических масс.**

**Пластические массы (пластмассы)** – неметаллические композиционные материалы на основе полимеров (смол), способные под влиянием нагревания и давления формироваться в изделия и устойчиво сохранять в результате охлаждения или отверждения приданную им форму. Для пластмасс характерны малая плотность, высокая устойчивость против коррозии, в большинстве случаев, низкий коэффициент трения, высокие электроизоляционные, теплоизоляционные и демпфирующие свойства, декоративность. Их недостатки - низкие теплостойкость и теплопроводность, гигроскопичность, склонность к старению и снижению прочностных свойств под воздействием температуры; времени и различных сред.

Основу пластмасс составляют полимеры, от типа и количества которых зависят физические, механические и технологические свойства пластмасс. *Полимеры* - это высокомолекулярные соединения (рис. 51), имеющие линейную (а), разветвленную (б) или пространственную (в) структуру. Молекула полимера - это длинная цепь, состоящая из отдельных звеньев (рис. 2), однотипных по химическому составу и строению (гомополимер) или разнотипных (сополимер).

Полимер, у которого макромолекулы состоят из разнородных относительно крупных звеньев (осколков макромолекул), называют блок-сополимером. Если к макромолекулам прививаются «боковые» отростки макромолекул другого вещества, то получаются привитые сополимеры. Создавая привитые сополимеры, можно получать материалы с новыми, заранее заданными свойствами.



Рис. 1. Структура полимеров: а - линейная, б - разветвленная,

в - пространственная

Полимеры могут находиться в аморфном и кристаллическом состояниях. При переходе полимера из аморфного в кристаллическое состояние существенно меняются его физико-механические свойства, повышается прочность и теплостойкость. Под действием теплоты аморфные полимеры переходят из твердого (стеклообразного) состояния в высокоэластичное и вязкотекучее состояние

Для кристаллических полимеров термомеханические кривые имеют иной вид, чем для аморфных полимеров. Некоторые полимеры с увеличением температуры разлагаются, не переходя и в вязкотекучее состояние. *Линейные и разветвленные полимеры* служат основой термопластичных пластмасс (термопластов). Макромолекулы линейных полимеров представляют собой цепи, имеющие длину, в сотни и тысячи раз превышающую размеры поперечного сечения. При разветвленной структуре полимера макромолекулы имеют боковые ответвления, длина и число которых могут быть различными.



Рис. 2. Схема строения полимеров: А и В – звенья различных макромолекул

*Полимеры*, способные образовывать *пространственные структуры*, служат основой термореактивных пластмасс (реактопластов). Пространственные структуры получаются из отдельных линейных цепей полимеров в результате возникновения поперечных связей. При этом полимер становится полностью неплавким и нерастворимым. При редких связях возможно некоторое набухание под воздействием растворителя и незначительное размягчение при нагреве.

Полимеры с течением времени могут значительно изменять свои свойства и стареть. При этом снижается механическая прочность, уменьшается эластичность, повышается хрупкость. Старение полимеров происходит в результате физико-химических процессов, в основном деструкции - разрыва химических связей в основной цепи макромолекул. Деструкцию полимеров вызывает нагрев, воздействие окислительных реагентов, облучение и т. д.

Механическая деструкция происходит при истирании и разрыве полимерных материалов. Термическая деструкция зависит от структуры полимера и приводит к его распаду на исходные мономеры. Химическая деструкция возникает под влиянием кислорода воздуха и может ускоряться под действием света.

Для замедления процесса старения в пластмассы добавляют различные стабилизаторы - органические вещества, которые уменьшают действие того или иного фактора. Например, амины предохраняют полимеры от окисления; сажа, поглощая свет, служит светостабилизатором и т. д.

**Классификация пластмасс.** В зависимости от вида связей между молекулами полимеров и их поведения при повышенных температурах пластмассы разделяют на термопластичные (термопласты) и термореактивные (реактопласты).

*Термопласты* получают на основе полимеров, молекулы которых связаны слабыми межмолекулярными силами. Наличие таких межмолекулярных связей позволяет полимеру много раз размягчаться при нагревании и твердеть при охлаждении, не теряя свои первоначальные свойства. К термопластам относят полиэтилен, капрон, полиамиды, поливинилхлорид, винипласты, фторопласты, органическое стекло и др.

*Реактопласты* получают на основе полимеров, молекулы которых наряду с межмолекулярными силами могут связываться химически. Возникновение прочных химических связей в полимерах происходит при нагревании или при введении отверждающих добавок - отвердителей. *Отвердителями* называют вещества, которые в количестве нескольких процентов вводят в реактопласты для соединения полимерных молекул химическими связями. В результате введения отвердителя образуется пространственная молекулярная сетка, а молекулы отвердителя становятся частями этой сетки. При возникновении химических связей полимер превращается в жесткое неплавящееся и нерастворимое вещество. Примером реактопластов могут служить эпоксидные и полиэфирные смолы, фенопласты и другие полимеры.

Пластмассы разделяют на *пластики и эластики*. Первые называют жесткими, они имеют незначительное относительное удлинение, вторые - мягкими, они имеют большое относительное удлинение и малую упругость.

По составу пластмассы разделяют на две группы - ненаполненные и наполненные (композиционные).

*Ненаполненные пластмассы* – это полимеры в чистом виде, например полиэтилен, полиамид, органическое стекло и др.

*Наполненные пластмассы* – это сложные композиции, содержащие кроме полимера различные добавки. Добавки позволяют изменять свойства полимера в нужном направлении. К добавкам относят наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, катализаторы, красители, отвердители и специальные добавки.

*Наполнители* упрочняют материал, удешевляют его и придают ему специальные свойства, например, повышают теплостойкость, уменьшают усадку и т. д. В качестве наполнителей используют органические (древесная мука, целлюлоза, хлопковые очесы, хлопчатобумажная ткань, древесный шпон, бумага и т. д.) и неорганические (графит, тальк, асбест, кварц, слюда, стекловолокно, стеклоткань и др.) вещества. В пластмассе может содержаться до 70% наполнителей.

*Пластификаторы* облегчают переработку пластмасс и делают их более эластичными. Кроме того, пластификаторы увеличивают гибкость, уменьшают хрупкость и улучшают формуемость пластмасс. Пластификаторы уменьшают межмолекулярное взаимодействие и хорошо совмещаются с полимерами. В качестве пластификаторов используют эфиры, дибутилфталат, касторовое масло и др. Их добавляют в пластмассы в количестве 10-20%.

*Стабилизаторы* - различные органические вещества, способствуют предотвращению старения пластмасс и сохранению их полезных характеристик.

*Отвердители* ускоряют процессы отвердения смол и получения пластмасс. *Катализаторы* – вещества (известь, магнезия и д р.), ускоряющие отвердение пластмасс.

*Красители* - вещества (сурик, мумия, нигрозин и др.), придающие пластмассам требуемый цвет.

*Специальные добавки* - вещества, которые служат для изменения или усиления какого-либо свойства. К ним относят смазывающие вещества (стеарин, олеиновая кислота и др.), которые увеличивают текучесть, уменьшают трение между частицами композиций и устраняют прилипание к пресс-формам, вещества для уменьшения статических электрических зарядов, уменьшения горючести, защиты от плесени и т. д.

**Практическая работа № 5**

**Эластомеры (каучуки) и резины.**

Резина — продукт вулканизации композиции, содержащей связующее вещество — натуральный или синтетический каучук.

В конструкции современных автомобилей используют несколько сот изделий, выполненных из резины. Это шины, камеры, шланги, уплотнители, герметики, детали для электро- и виброизоляции, приводные ремни и т. д. Их масса составляет до 10 % от общей массы автомобиля.

Широкое применение резиновых изделий в автомобилестроении объясняется их уникальными свойствами:

• эластичностью;

• способностью поглощать ударные нагрузки и вибрацию;

• низкой теплопроводностью и звукопроводностью;

• высокой механической прочностью; • высокой сопротивляемостью к истиранию;

• высокой электроизоляционной способностью;

• газо- и водонепроницаемостью;

• устойчивостью к агрессивным средам;

• низкой плотностью.

Основное свойство резины — обратимая эластичная деформация — способность многократно изменять свою форму и размеры без разрушения под воздействием сравнительно небольшой внешней нагрузки и вновь возвращаться в первоначальное состояние после снятия этой нагрузки. Подобным свойством не обладают ни металлы, ни древесина, ни полимеры.

Резину получают вулканизацией резиновой смеси, в состав которой входят: • каучук; • вулканизирующие агенты; • ускорители вулканизации; • активаторы; • противостарители; • активные наполнители или усилители; • неактивные наполнители; • красители; • ингредиенты специального назначения.

Натуральный каучук — природный полимер, представляющий собой непредельный углеводород — изопрен (С5Н8)n. Натуральный каучук добывают главным образом из млечного сока (латекса) каучуконосных растений, в основном из бразильской гевеи, в котором его содержится до 40 %. Для выделения каучука латекс обрабатывают уксусной кислотой, под действием которой он свертывается, и каучук легко отделяется. Затем его промывают водой, прокатывают в листы, сушат и коптят для устойчивости против окисления и действия микроорганизмов.

Производство натурального каучука (НК) требует больших затрат и не покрывает промышленных потребностей. Поэтому наибольшее распространение получил синтетический каучук (СК).

Свойства СК зависят от строения и состава.

Изопреновый каучук (обозначается СКИ) по своему составу и строению близок к натуральному каучуку, по некоторым показателям уступает ему, а по каким-то превосходит. Резина на основе СКИ отличается газонепроницаемостью, достаточной стойкостью против воздействия многих органических растворителей, масел. Существенные его недостатки — низкая прочность при высоких температурах и низкая озоно- и атмосферостойкость.

Бутадиен-стирольный (СКС) и бутадиен-метилстирольный (СКМС) СК наиболее широко используются в автомобилестроении. Резины на основе этих каучуков имеют хорошие прочностные свойства, высокое сопротивление изнашиванию, газонепроницаемость, морозо- и влагостойкость, однако нестойки при воздействии озона, топлива и масел.

Резина на базе бутадиенового каучука (СКД) эластична, износостойка, имеет хорошие физико-механические свойства при низких температурах, однако существуют трудности при переработке резиновых смесей. Она имеет недостаточно прочную связь с металлокордом при производстве армированных изделий.

Из СК специального назначения бутадиен-нитрильный (СКН) каучук отличается высокой бензомаслостойкостью, сохраняет свои свойства в широком интервале температур, обеспечивает прочную связь с металлами, поэтому применяется для изготовления металлорезиновых изделий, работающих в контакте с нефтепродуктами. Недостаток — быстрое старение.

Резины на основе фторкаучука (СКФ) и акрилатного каучука (АК) обладают очень высокими прочностными свойствами, стойки к воздействию топлив, масел, многих других веществ, высоких температур, однако низкая морозостойкость ограничивает их применение.

Комплексом положительных свойств обладают силиконовые каучуки. Молекулы СК являются полимерными цепями с небольшим числом боковых ответвлений.

При нагревании с некоторыми вулканизирующими веществами между молекулами каучука образуются химические связи — «мостики», что резко изменяет механические свойства смеси. Чаще всего в качестве вулканизирующего ингредиента используют серу (1—3 %). Для ускорения вулканизации в резиновую смесь добавляют ускорители и активаторы.

Чрезвычайно важным ингредиентом резины являются наполнители. Активные наполнители резко усиливают прочностные свойства резины. Чаще всего роль активного наполнителя выполняет технический углерод (сажа). Введение технического углерода делает резину более прочной, повышает износостойкость, упругость, твердость. Неактивные наполнители (мел, асбестовая мука и др.) служат для увеличения объема резиновой смеси, что удешевляет изготовление резины, но ее физико-механических свойств не улучшают (некоторые наполнители даже ухудшают). Пластификаторы (мягчители) облегчают приготовление резиновой смеси, формование изделий, а также улучшают эластичность резины при низких температурах. В качестве пластификаторов используют высококипящие фракции нефти, каменноугольную смолу, растительные масла, канифоль, синтетические смолы. Для замедления процессов старения резины и увеличения ее ресурса в состав резиновой смеси вводят противостарители (антиокислители, стабилизаторы).

Особая роль отводится армирующим наполнителям. Они не входят в состав резиновой смеси, а вводятся на стадии формования изделия.

Текстильная или металлическая арматура снижает нагрузку на резиновое изделие, ограничивает его деформацию. Изготавливают такие армированные резиновые изделия, как шланги, приводные ремни, ленты, автопокрышки, где для усиления прочности используют текстильный и металлический корды.

Подбором соответствующих каучуков, рецептуры резиновой смеси, условий вулканизации создают материалы, имеющие определенные свойства, что позволяет получать изделия, обладающие различными эксплуатационными свойствами, причем устойчиво сохраняющие свои качества продолжительное время и обеспечивающие функциональное назначение деталей и работоспособность узлов и агрегатов.

Из отработавших резинотехнических изделий изготовляют по специальной технологии регенерат, который добавляют в резиновую смесь в качестве заменителя части каучука. Однако резина, в состав которой входит регенерат, не отличается хорошими эксплуатационными свойствами, а потому из нее изготовляют изделия (коврики, ободные ленты), к которым не предъявляют высоких технических требований.

**Контрольные вопросы**

1. Какие виды кристаллических ячеек вы знаете, и какие металлы обладают такими решетками?

2. Что такое параметр кристаллической решетки (КР)? 3 Что такое металлическая связь?

3. Какие три зоны бывают в слитках металлов?

4. В чем сущность измерения твердости металлов по Бринеллю и Роквеллу?

5. Как определяется твердость по Бринеллю и Роквеллу?

6. Перечислить преимущества метода измерения по Бринеллю и Роквеллу.

7. Чем термопластичные полимеры отличаются от термореактивных?

8. Какие пластмассы являются наполненными?

9. Что используют в качестве наполнителей для пластмасс?

10. Что дает вулканизация каучуков?

11. Для чего вводят в резину различные наполнители?

**Библиографический список**

1. Пасютина, О.В. Материаловедение: [12+] / О.В. Пасютина. – Минск: РИПО, 2018. – 276 с.: ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497495. – Библиогр.: с. 233-236. – ISBN 978-985-503-790-4. – Текст: электронный.

2. Моисеев, О.Н. Материаловедение / О.Н. Моисеев, Л.Ю. Шевырев, П.А. Иванов; под общ. ред. О.Н. Моисеева. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2017. – 244 с.: ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=464215 (дата обращения: 10.10.2019). – Библиогр.: с. 12. – ISBN 978-5-4475-9139-7. – DOI 10.23681/464215. – Текст: электронный

3. Материаловедение и технологии конструкционных материалов: учебное пособие / О.А. Масанский, В.С. Казаков, А.М. Токмин и др.; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2015. - 268 с.: табл., граф., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7638-3322-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435698

4. Слесарчук, В. А. Материаловедение и технология материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. А. Слесарчук. — Электрон.текстовые данные. — Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2015. — 392 c. — 978-985-503-499-6. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/67649.html