

Шимкова І.В.

**ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА
НЕМЕТАЛЕВИХ
КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

ПРАКТИКУМ

2019

Вінниця



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА КОЦЮБИНСЬКОГО**

Факультет математики, фізики, комп'ютерних наук і технологій

Кафедра технологічної освіти, економіки і безпеки життєдіяльності

Шимкова Ірина Вікторівна

**ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА НЕМЕТАЛЕВИХ
КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**
Практикум

ВІННИЦЯ – 2019

УДК 620.22 + 669.018
ББК 34.2 + 34.5
III 61

Рецензенти:

Петрук В. Г., доктор технічних наук, професор – Вінницький національний технічний університет

Цвілик С. Д., кандидат педагогічних наук, доцент – Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Шимкова І. В. Технології виробництва неметалевих конструкційних матеріалів. Практикум: навчально-методичний посібник / І. В. Шимкова. Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського. Вінниця: ВДПУ, 2019. 99 с.

У посібнику подано теоретичні відомості і методичні рекомендації щодо виконання практичних робіт з основних методів виробництва неметалевих конструкційних матеріалів.

Практикум призначений для студентів вищих педагогічних закладів освіти. Може використовуватися студентами технічних ЗВО, учнями ПТНЗ, технічних коледжів і ліцеїв.

Рекомендовано до друку Вченою радою факультету математики, фізики, комп'ютерних наук і технологій

Протокол № 3 від «28» листопада 2019 року

З М І С Т

Вступ.....	4
Практична робота № 8 Композиційні матеріали.....	5
Практична робота № 9 Аморфні метали і сплави.....	20
Практична робота № 10 Технології виробництва полімерів і пластмас.....	31
Практична робота № 11 Технології виробництва гуми та гумових деталей.....	39
Практична робота № 12 Технології приготування скломаси і способи виробництва скловиробів.....	48
Практична робота № 13 Лакофарбові матеріали.....	60
Практична робота № 14 Технології приготування клеїв. Склеювання....	66
Практична робота № 15 Технології деревообробки.....	77
Список літератури.....	91
Тестові завдання для самоперевірки	92

ВСТУП

Мета практикуму – закріпити і поглибити теоретичні знання; розвинути вміння застосовувати їх для розв’язання конкретних практичних завдань, а також вивчити будову і принцип дії необхідних пристосувань й інструментів.

Навчальний час, визначений для виконання кожної практичної роботи, буде використаний з максимальною ефективністю лише за умови проведення попередньої високоорганізованої і якісної самостійної роботи студентів.

Порядок підготовки до виконання практичної роботи такий:

- уточнити і записати в зошит тему роботи, її мету, прилади, обладнання і матеріали, програму підготовки до виконання роботи, контрольні запитання;
- вивчити теоретичний матеріал до практичної роботи, опрацювати вказані літературні джерела;
- виконати в письмовій формі завдання, зазначені в розділі “Програма підготовки до виконання роботи”. Відповіді повинні бути короткі, чіткі, але досить точно і повно розкривати суть питання.

У аудиторії студентам варто дотримуватися таких правил техніки безпеки:

- починати виконання практичної роботи можна тільки з дозволу викладача, після проведеного ним інструктажу з техніки безпеки;
- на занятті студент виконує тільки ту роботу, яку визначив викладач;
- переходити на інше робоче місце, без дозволу викладача забороняється;
- включення й вимикання устаткування робить викладач, навчальний лаборант або, з їхнього дозволу, студенти;
- при виконанні практичної роботи потрібно бути досить уважним, зосередженим, не виявляти поспіху, неухважності;
- працювати в аудиторії за відсутності викладача або лаборанта, а також у невстановлений час без дозволу викладача – заборонено;
- категорично заборонено студентам виконувати в навчальній аудиторії експериментальні роботи, не пов’язані з навчальним практикумом, за відсутності викладача.

Практична робота № 8

КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Мета: вивчити теоретичні основи одержання композиційних матеріалів, їхню структуру, властивості, застосування.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Знайомство з властивостями багатьох матеріалів у навколишньому світі дозволяє говорити про їхню незвичайність. Якщо метали з властивою їм високою міцністю й пластичністю, або бетон з його високою твердістю й крихкістю, або пластики з їхньою низькою міцністю й піддатливістю є для нас звичними матеріалами, то є значна група матеріалів, що вражає незвичайною комбінацією властивостей різнорідних матеріалів. Так, усім добре відомий залізобетон дозволяє споруджувати конструкції, що витримують значно більші згинаючі навантаження (прольоти мостів, балки, оболонки), ніж вихідний бетон, – він розтріскується при досить невеликих згинаючих навантаженнях.

Якщо зрівняти міцність двох стержнів однакового перерізу з деревини й бамбука, то можна переконатися, що бамбук приблизно у два рази міцніший і гнучкіший. Упродовж тривалого часу ці його особливості використовували при виготовленні жердин для стрибків, для виготовлення корабельних щогл і т. п. Незвичайною комбінацією міцності, твердості й легкості характеризуються кістки тварин і людей. Особливо високі характеристики трубчастих кісток птахів, що мають мінімальну вагу. Виготовлені з відомих матеріалів подібні вироби мали б незрівнянно більшу масу. Нарешті, вивержена вулканічна лава, з хімічним складом досить добре відомих гірських порід, характеризується дуже низькою густиною (навіть меншою за одиницю) у комбінації з достатньою міцністю й гарними теплоізоляційними властивостями, що визначають можливість її застосування, наприклад, у будівництві. Такі матеріали, що поєднують у собі властивості, типові декільком матеріалам, називаються звичайно композиційними матеріалами (КМ).

Як пише в одній зі своїх робіт професор МТІ Альберт Дітц, «наука й техніка, подібно літературі й мистецтву, мають свої модні фрази й штампи. Одним із самих модних у наш час є вираз “композиційні матеріали”, що містить у новій формі дуже стару й просту думку про те, що спільна робота різнорідних матеріалів дає ефект, рівносильний створенню нового матеріалу, властивості якого кількісно і якісно відрізняються від властивостей кожного з його складових».

Дійсно, історія використання людиною композиційних матеріалів нараховує багато століть, а уявлення про композиційні матеріали запозичене людиною в природи. Уже на ранніх стадіях розвитку цивілізації людина використовувала для будівництва цеглу з глини, в яку замішувалася солома, що надавала підвищену міцність. Використання природних бітумів дозволило підвищити водостійкість природних матеріалів і виготовляти судна з очерету,

просоченого бітумом. Спостерігається певна аналогія між муміфікацією померлих з наступною обмоткою тіла у вигляді кокона зі смуг тканини й сучасними технологіями обмотки корпусів ракет, між виготовленням бойових луків у кочівників з використанням декількох шарів з деревини, рогів, шовку, що скріплюються за допомогою клею, і сучасними метало-дереву-тканинними шаруватими конструкціями, що з'єднуються затверділими смолами. Одним із найяскравіших прикладів такого роду є матеріал фіберглас зі скляних волокон, скріплених полімерним зв'язуючим, структура якого повторює структуру бамбука, де безперервні волокна із целюлози перебувають у більш пластичній матриці з низьким модулем (рис. 8.1).

Наведені приклади дозволяють виділити те загальне, що поєднує композиційні матеріали незалежно від їхнього походження, а саме всі ці матеріали є результатом об'ємної комбінації різнорідних компонентів, один з яких пластичний (зв'язуючий, матриця), а інший має високу міцність і твердість (наповнювач, арматура), і при цьому композиції мають властивості, яких не мають окремі складові.

Очевидно, що в якості як першого, так і другого компонента можуть виступати найрізноманітніші за природою й походженням матеріали. Відомі композити на базі металів, кераміки, скла, вуглецю, пластиків і інших матеріалів. Тобто практично всякий сучасний матеріал є композицією, оскільки всі матеріали надзвичайно рідко застосовуються в найчистішому виді. Це створює певні складності з точки зору використання терміну – він поширюється найчастіше механічно на всі складні системи, що містять кілька компонентів. Зазначимо, що наука про композиційні матеріали (розділ матеріалознавства) зародилася недавно, на рубежі 60-х років, і розроблялася головним чином для розв'язання проблеми поліпшення механічних характеристик і жаростійкості. В останні роки у зв'язку з розширенням комплексу властивостей, зреалізованих за допомогою полімерних композиційних матеріалів, значно розширилися дослідження зі створення антифрикційних композиційних матеріалів медичного й біологічного призначення, газонаповнених композиційних матеріалів, тепло- і електропровідних КМ, негорючих КМ і ін.

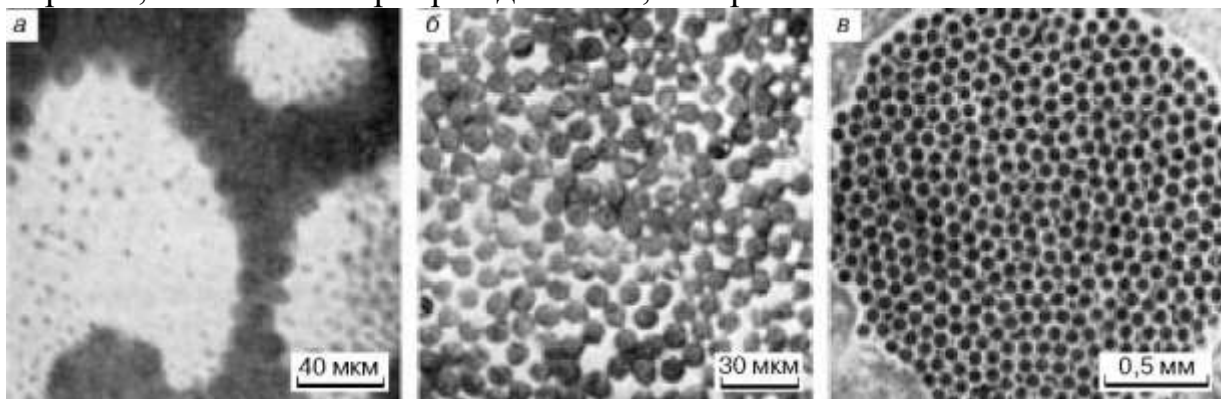


Рис. 8.1. Мікроструктура різних композиційних матеріалів (переріз армуючих елементів): а – бамбук; б – склопластик; в – композит з міді, армований вольфрамовим дротом

У цьому зв'язку доречно сказати, що сучасне визначення композиційних матеріалів припускає виконання таких умов.

1. *Композиція повинна бути комбінацією хоча б двох різнорідних матеріалів із чіткою границею поділу між фазами.*

2. *Компоненти композиції утворюють її своєю об'ємною комбінацією.*

3. *Композиція повинна мати властивості, яких немає в жодного з її компонентів окремо.*

Отже, **композиційними** називаються штучно створювані матеріали, що складаються з двох або більше хімічно різнорідних компонентів, істотно відмінних за властивостями й розділених добре вираженою міжкомпонентною межею. Основу композитів називають **матрицею**. Її виготовляють із металів (найчастіше з Al, Mg, Ni, Ti та сплавів на їхній основі, полімерів, кераміки та інших матеріалів. Матриця надає виробам певної форми і створює монолітний матеріал, а також передає зусилля, прикладені до виробу, на армуючі елементи.

Матриця, як правило, є порівняно пластичним матеріалом, вона надійно з'єднана зі зміцнювальним (армуючим) компонентом, надає готовому виробу потрібну форму й захищає зміцнювальний компонент від можливих пошкоджень. Водночас матриця надає виробу запроектовані міцність і жорсткість.

Армуючі (зміцнювальні) (від лат. „*armo*” – наповнюю) **компоненти** повинні відзначатись високими міцністю і жорсткістю, малою густиною, доброю хімічною й температурною тривкістю, а також максимально досяжною технологічністю; крім того, вони не повинні виділяти отруйних речовин у процесі виготовлення композитів. Для армування композитних матеріалів застосовують порошкові, волоконні й пластинчасті компоненти. Порошкові зміцнювальні компоненти – це зазвичай тверді тугоплавкі дрібні частинки карбідів, оксидів, нітридів, що не розчиняються у матриці в усьому інтервалі температур експлуатації композитів. Зі зменшенням їхніх розмірів і відстаней між ними підвищується міцність композитного матеріалу. До волоконних компонентів належать безперервні та короткі волокна неорганічного й органічного походження, металевий дріт і сітки на їхній основі. Волокна в композитах гальмують поширення тріщини в напрямку, перпендикулярному до них і практично виключають раптове руйнування конструкції. Міцність волоконподібних кристалів залежить від шорсткості їхньої поверхні й площі поперечного перерізу. Гладеньке волокно має менше мікрodefектів на його поверхні і воно міцніше. Як пластинчастий зміцнювальний компонент використовують, наприклад, тонку плівку карбіду бору, осаджену пошарово на поверхню матриці.

Комплекс властивостей композитного матеріалу залежить не лише від властивостей матриці та зміцнювального матеріалу, але й від міцності зв'язку між ними, від об'ємної частки зміцнювального компоненту, розмірів і орієнтації волокон, їхньої термічної тривкості. Головну роль у зміцненні композитних матеріалів відіграють армуючі компоненти. Якщо на межі поділу

між матеріалами матриці й зміцнювального компоненту утворюються тверді розчини або хімічні сполуки, то надійність з'єднання компонентів висока.

Композитний матеріал повинен мати такі властивості, які не може мати ні один із компонентів окремо. Лише при цій умові є зміст в їх застосуванні.

Проекти нових космічних кораблів, літаків, ракет, глибоководних апаратів, нових видів водного і наземного транспорту і багатьох інших виробів висувають такі вимоги, які в найкращій мірі задовольняють композиційні матеріали, а часто – тільки ці матеріали.

Композиційні матеріали надзвичайно різноманітні. Звичайно вони поділяються на три головні групи залежно від вибору армуючих матеріалів (рис. 8.2).

1. *Волокнисті матеріали, тобто матеріали, які складаються із волокон одного компонента, розподілених в іншому компоненті (матриці) – рис. 8.2, а.*

2. *Дисперсні матеріали, які складаються із одного або більше компонентів, розміщених в матриці і утворюючі з нею механічну суміш – рис. 8.2, б.*

3. *Шаруваті матеріали, які складаються з двох або більше шарів різних компонентів – рис. 8.2, в.*

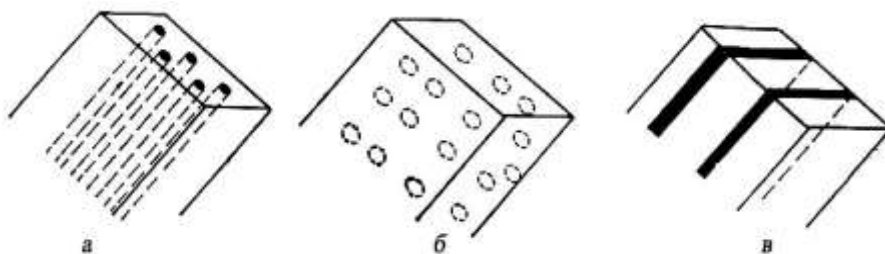


Рис. 8.2. Схема будови композиційних матеріалів:
а – волокнисті; б – дисперснозміцнені; в – шаруваті

У свою чергу кожен із перерахованих груп композитних матеріалів можна класифікувати різними способами: за видом матеріалу компонентів, їхніми розмірами, формою, орієнтуванням, а також за призначенням або методом отримання. Наприклад, волокнисті матеріали за виглядом матриці ділять на металеві, полімерні і керамічні; за виглядом волокон – на матеріали, армовані дротинами, скляні, борні, вуглецеві, керамічні і інші волокна або ниткоподібні кристали – „вуса” (діаметром від часток до кількох міліметрів і довжиною до кількох сантиметрів); за розмірами волокон – на матеріали з неперервними або короткими (дискретними) волокнами; за орієнтацією волокон – на матеріали з однонаправленими або орієнтованими в двох і більше напрямках волокнами.

Структура й властивості композиційних матеріалів

Існуючі композиційні матеріали можна розділити на три основні класи, що вирізняються мікроструктурою: *дисперсно-зміцнені, зміцнені частинками*

й армовані волокном.

Усі ці матеріали – це матриця з якої-небудь речовини або сплаву, у якій розподілена друга фаза – звичайно більш тверда, ніж матриця, яка слугує для поліпшення тої або тої властивості. В основі поділу трьох згаданих класів композиційних матеріалів лежать особливості їхньої структури. Для дисперсно-зміцнених композицій характерною є мікроструктура, коли в матриці рівномірно розподілені дрібні частки розміром від 0,01 до 0,1 мкм у кількості від 1 до 15% .

У композиціях, зміцнених частинками, розмір останніх перевищує 1 мкм, а вміст – 20-25%. Для структури армовано-зміцнених композитів типові значна анізодіаметричність армуючих волокон – їхній діаметр коливається від часток мікрона до десятків мікронів, а довжина – від мікронів до безперервних волокон практично необмеженої довжини при вмісті від декількох відсотків до 70-80 %. В останні роки з'явився ще один клас композиційних матеріалів – так звані наноккомпозити, структура яких характеризується включеннями другої фази з розмірами в кілька нанометрів, вміст якої теж достатньо невеликий.

Істотне підвищення деяких характеристик, яке є найважливішою перевагою композиційних матеріалів, на практиці призвело в цей час до відносно широкого застосування лише двох груп матеріалів на їхній основі: *високоміцних і жаростійких*. Розглянемо їх детальніше.

Природа зміцнювального ефекту в КМ пов'язана з використанням двох матеріалів з різними міцністю й модулем. Якщо говорити про зміцнювальну роль компонентів КМ, то в загальному вигляді цей ефект варто зв'язати з появою в матеріалі поверхні поділу фаз і приграничних шарів, що прилягають до неї. Саме більш високі характеристики матеріалу приграничних шарів забезпечують ріст показників міцності матеріалу, і саме з цієї причини в дисперсно-зміцнених композитах прагнуть до використання тонко дисперсних твердих компонентів, розподілених у більш пластичній матриці. У композиціях, зміцнених частинками, їхній вміст досягає більших значень – 40-50 % і більше. У такій системі реалізація найбільш високих показників досягається за умови доброго контакту (змочування) на поверхні поділу. Водночас можливість хімічної взаємодії на поверхні й у приграничному шарі, особливо в умовах експлуатації, небажана, тому що це може призвести до втрати зміцнювального ефекту.

Для досягнення максимального зміцнювального ефекту міцніший компонент повинен відігравати роль посилюючої, зміцнювальної структури. Для цього потрібно, щоб зміцнювальні елементи мали достатню довжину, в цьому разі міцність зчеплення з матрицею досить велика, щоб вони могли виконати свою основну роль арматур. Цілком природно, що в цьому разі найвигіднішою формою використання армуючої фази є тонке волокно: відомо, що зі зменшенням товщини волокон їх міцність помітно зростає.

Як і у разі дисперсно-зміцнених систем, у волокно-армованих композитах найкращі характеристики міцності зреалізуються при високому вмісті армуючих волокон – 65-70 % і більше. Теоретично на прикладі полімерних

композиційних матеріалів було показано, що максимальний вміст армуючої фази становить близько 88-90%. Однак застосування безперервних волокон необмеженої довжини далеко не завжди можливе з технологічної точки зору – занадто багато відповідальних виробів через особливості геометрії не може бути виготовлене з безперервних волокон, та й не із усіх видів матеріалів вдається виготовити безперервні волокна досить великої довжини. Було показано, що існує певна критична довжина волокна, нижче якої зміцнювальний ефект падає. Ця довжина залежить від модулів і міцності матриці й волокна, величини адгезії на поверхні й приблизно в 20 раз більша діаметра волокна. Експериментальна перевірка розрахунків ускладнена неможливістю одержання матеріалу з однаковою довжиною волокон і їхньою строгою орієнтацією через руйнування волокон у процесі виготовлення зразків.

Інший найважливіший напрямок практичного використання КМ – підвищення жароміцності, тобто здатності зберігати високий рівень механічних характеристик при підвищених температурах. У цьому разі основна небезпека, що визначає можливість застосування монолітних матеріалів, – зменшення міцності при температурах, що значно поступаються абсолютним температурам плавлення (для металів), або розм'якшення при температурах, також істотно менших за температури плавлення. Усі матеріали такого роду можуть бути зміцнені волокнами, однак для цього придатні лише такі види волокон, температура плавлення яких значно вище температури плавлення матриці. Однак і в цьому разі далеко не завжди можна використовувати комбінацію волокно-матриця. Для всіх такого роду матеріалів потрібно враховувати здатність до хімічної взаємодії при високих температурах, величину деформації при руйнуванні кожного з компонентів, а також тривалість проміжку часу до руйнування або величину відносного видовження при руйнуванні кожного з компонентів у процесі жароміцних випробувань під навантаженням.

У табл. 8.1, 8.2 подано характеристики різних матричних матеріалів для одержання волоконних композиційних матеріалів, а також дані про властивості найбільш уживаних волокон. Зазначимо, що для жароміцних матеріалів, як волокон, найцікавішими є ниткоподібні кристали різного складу й полікристалічні керамічні волокна. Разом з ними широке застосування мають також металеві волокна (дріт) зі сплавів і благородних металів (рис. 8.3).

Таблиця 8.1.

Властивості армуючих волокон

Тип волокон	Температура плавлення або розм'якшення, С	Густина, г/см ³	Межа міцності при розтягу, кгс/мм ²	Модуль Юнга $\times 10^{-3}$, кгс/мм ²	Типова товщина, мкм
Безперервні скляні					
Е-Скло	700	2,55	350	73,5	10
S-Скло	840	2,50	455	88,2	10
4Н-1	900	2,66	511	101,5	-
SiO ₂	1660	2,19	595	33,2	35

Полікристалічні					
Al ₂ O ₃	2040	3,15	210	175	-
ZrO ₂	2650	4,84	210	350	-
Вуглець/ Графіт	3650	1,50	245	210	5
BN	2980	1,90	140	91	7
Металеві					
W	3400	19,4	406	413	13
Mo	2620	10,2	224	364	25
Рене 41	1350	8,26	203	168	25
Сталь	1400	7,74	420	203	13
Be	1280	1,83	129	245	127
Вуса					
Керамічні					
Al ₂ O ₃	2040	3,96	2100	434	3-10
BeO	2570	2,85	1330	350	10-30
B ₄ C	2450	2,54	1400	490	-
SiC	2690	3,18	2100	490	1-3
Графіт	3650	1,66	1991	425	-
Металеві					
Cr	1890	7,20	903	245	-
Cu	1083	8,92	299	126	-
Fe	1540	7,83	1330	203	-
Ni	455	8,98	392	217	-

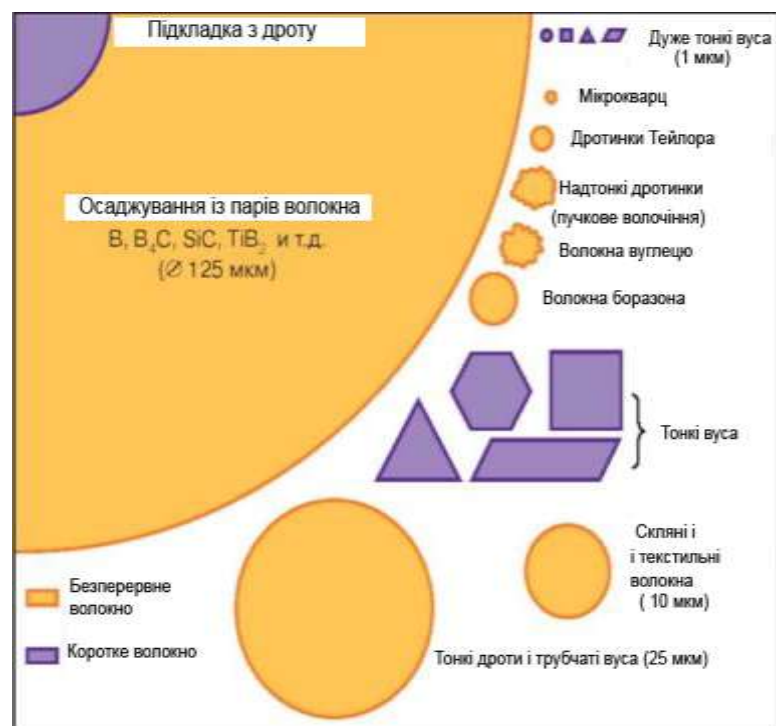


Рис. 8.3. Відносна площа й форма перерізів деяких видів армуючих волокон

Створення композиційних матеріалів, армованих ниткоподібними монокристалами ("вусами"¹), утруднене необхідністю створення умов для рівномірного розподілу цих найтонших і досить крихких волокон у матриці з

металу або кераміки. При цьому ниткоподібні волокна повинні укладатися певним чином, щоб не створювалися перешкоди для реалізації міцності кожного з них.

Таблиця 8.2.

Властивості матриці металів і сплавів

Матеріал	Щільність, г/см ³	Міцність при розтягуванні, кгс/мм ²	Модуль Юнга, Е *10 ⁻² , кгс/мм ²
Al термооброблений	2,70	32	7,0
Al відпалений	2,70	13	7,0
Ag	10,5	20	-
Ti + 6Al + 4V	4,43	45	11,3
Cu	8,7	20	1,1

Шляхи одержання композиційних матеріалів

Тут ми впритул наближаємося до найважливішої проблеми створення композиційних матеріалів – технології одержання матеріалів і виробів із них. При цьому треба мати на увазі, що в переважній більшості випадків матеріали, як такі, особливого інтересу не викликають, тому що вони не можуть оброблятися методами механічної обробки – це веде до їхньої втрати або значної частини, або ж усіх їхніх переваг. Тому, як правило, створюється технологія, орієнтована на виготовлення певних типів виробів: корпусів двигунів, турбінних насадок, профілів змінного перерізу.

Залежно від особливостей властивостей матричних матеріалів розроблене значне число різних технологічних операцій, що дозволяють виготовити досить широке коло виробів. Подробиці таких процесів мало висвітлюються в науковій і технічній літературі, тому що є плодом тривалих досліджень і коштують дуже дорого, забезпечуючи прорив у розвитку наукомістких оборонних галузей, таких, як аерокосмічна, виробництво озброєнь, засобів оборони й захисту. Опис деяких технологічних операцій одержання КМ описане в навчальній літературі. Для ілюстрації різноманіття використовуваних підходів продемонструємо лише найважливіші з них.

Якщо виходити із запропонованої раніше класифікації, то варто почати з так званих нанокомпозитів, у яких вміст однієї з фаз становить від декількох частинок до декількох відсотків, а розміри мають порядок 10-100 нм. Настільки малих розмірів частинок вдається досягти головним чином внаслідок хімічного виділення (найчастіше відновлення) з їхніх сполук із іншими елементами, зокрема з металоорганічних похідних. Природно, що в подібних системах про зміцнення не може бути й мови. Водночас введення такої кількості металів виявляється достатнім, щоб істотно змінити важливі фізичні властивості,

¹ "Вуса" (wiskers) – голкоподібні ниткоподібні високоміцні монокристали металів, окислів, карбідів і ін. зі значним відношенням довжини до діаметра (>20-25). Механічні властивості вусів близькі до теоретично розрахованих для бездефектних кристалів (див. табл. 8.1). Крім власне вусів для армування використовують також віскеризовані волокна – тонкі волокна, поверхня яких покрита вусами відносно невеликої довжини.

зокрема, такі як каталітична активність у хімічних реакціях, магнітні й електромагнітні властивості. Обмежене коло матеріалів, розробка яких поки ще не вийшла за лабораторні рамки, не дозволяє подати відомості про практичні шляхи їхнього одержання.

До групи дисперсно-зміцнених композицій належать головним чином матеріали на основі металевих матриць, де дисперсними частинками є оксиди (наприклад, SiO_2 , Al_2O_3 у мідній матриці), а також на основі деяких силікатних матриць. Через близькість форми дисперсних частинок до сферичної анізотропії властивостей у матеріалах практично не виникає. Основний механізм зміцнюючої дії в таких композиційних матеріалах пов'язаний з підвищенням опірності матриці деформаціям під дією навантажень. Величина зростання характеристик міцності відносно невелика. Однак більшу цінність цим матеріалам надає їхня здатність працювати при підвищених (у порівнянні з металами) робочих температурах, що перевищують половину абсолютної температури плавлення або фазового перетворення. Для композиційних матеріалів на основі металевих матриць найбільше поширення одержали методи порошкової металургії, електрохімічні, окисленням або відновленням, кристалізацією з розплаву (Mo-TiC). Деякі з таких композиційних матеріалів мають цікаві властивості. Так, композиційний матеріал на основі міді й окислу берилію зберігає більше 80% електричної провідності при кімнатній температурі навіть після 2000 год. витримки при 850°C , будучи при цьому більш міцним, ніж мідь і низку її сплавів. При відновленні окису нікелю, що містить дисперсний двоокис торію (3%), виходить матеріал, відомий за назвою TD-Нікель, який має значно більш високу здатність зберігати характеристики міцності при температурі 1090°C у порівнянні з надміцними сплавами нікелю (інконель і хастеллой).

Найчисельнішими за кількістю й різноманітністю властивостей є композиційні матеріали, зміцнення яких досягається завдяки використанню частинок або волокон [2, 3]. До перших належать неорганічні порошкові композиції, багаточисленні й різноманітні керамічні матеріали, а також полімерні матеріали (термопласти й реактопласти), наповнені різноманітними дисперсними наповнювачами (слюдаю, тальком, крейдою тощо). При досить високому вмісті дисперсної фази, що досягає 30-40%, у формуванні властивостей таких композитів вирішального значення набувають як особливості деформаційної поведінки кожного з компонентів, так і характер взаємодії на поверхні поділу фаз. Для виготовлення матеріалів на основі металевих матриць найчастіше використовують процеси просочення (Cu-W, Mo-Cu, Ni-Ag), попереднього компонування сумішей порошків з наступним твердофазним (Ag-графіт, Cu-Fe) або рідкофазним (W-Ni-Cu, W-Ni-Fe, Ti-SiC-Ni) спіканням.

В основі одержання таких матеріалів на базі керамічних матриць лежить процес зміни фазового стану багаточисленних систем внаслідок утворення центрів кристалізації й росту кристалів, росту зерен, твердо- і рідкофазного спікання. Добором відповідних умов нагрівання, термообробки, відпалювання

можна регулювати зміни структури й властивостей керамічних композиційних матеріалів у широких межах.

Основні їхні переваги пов'язані з високими температурами експлуатації (що характерно для кераміки) при одночасному значному підвищенні характеристик міцності. Матеріали на керамічних матрицях готуються шляхом змішування компонентів у різних установках з подальшим формуванням заготовок шляхом ущільнення, лиття й ін. Однак найважливішим етапом формування структури таких матеріалів є термічна обробка, часто досить тривала. При використанні полімерних матриць основний шлях – це інтенсивне змішування в розплаві з наступною грануляцією.

У зміцнених частинками КМ коефіцієнт зростання міцності досить великий (від 2 до 25), а високотемпературна стабільність залежить від характеру зміни властивостей дисперсної фази при високих температурах. Як і у разі дисперсно-зміцнених матеріалів, їхні властивості, зазвичай, ізотропні; поява анізотропії може бути пов'язана з витягнутою формою частинок деяких дисперсних матеріалів. У зв'язку з ростом поверхні поділу у формуванні характеристик міцності істотно зростає роль міжфазної взаємодії. Основний ефект підвищення міцності в цих КМ досягається в результаті зменшення здатності до пластичної деформації відносно більш рухливої матриці, при цьому міцність зростає зі зменшенням долі матриці.

Найбільшу й найрізноманітнішу за своїм складом групу становлять КМ, армовані волокнами. Це пояснюється тим, що в композитах цього типу вдається зреалізувати найбільш високі міцності й термічні характеристики, тому що саме використання волокон дає найбільший зміцнювальний ефект. Для цієї групи КМ і теоретичні уявлення розроблені найбільше повно, і практична реалізація, незважаючи на дуже значні технологічні труднощі, просунута найбільше істотно.

Не стосуючись матеріалів на основі вуглецевих матриць, де роботи ще тільки розпочинаються, і полімерних композитів, властивості яких докладно описані в одній зі статей, уже опублікованої в "Соросовському Освітньому Журналі" [4], обмежимося трьома найважливішими видами таких КМ.

До числа найбільш універсальних видів КМ варто віднести армовані волокнами метали – вони дозволяють істотно підвищити й міцність, і жаростійкість. Для ефективного зміцнення волокно повинне бути міцніше й жорсткіше матриці, яка в цьому разі передає навантаження на міцніше волокно. Використовувані для цих цілей волокна в значній мірі визначають можливі методи одержання КМ і виробів з них: керамічні волокна й волокна з окислів (вуса окислів, боридів, карбідів, нітридів) через високу крихкість не допускають пластичного деформування матриці, тоді як більш пластичні волокна й вуса з металів допускають можливість переформування заготовок. Через погане змочування металами й з метою зменшення небезпеки передчасного руйнування керамічні волокна й вуса іноді покривають плівкою з металу (через розплав або з газової фази). Як уже зазначалося, використання дуже тонких волокон і вусів дозволяє досягати найкращих показників міцності

КМ, однак необхідність запобігання їхньому руйнуванню на всіх проміжних стадіях і надання їм орієнтації створює дуже значні труднощі в технологічному плані.

Зазвичай, усі процеси включають попереднє одержання заготовок, які потім перетворюються у вироби або напівфабрикати шляхом їхнього обпресування, прокатки, протягування через філь'єру, дифузійного зварювання й ін. До числа найбільш освоєних методів їхнього одержання належать просочування пучків волокон розплавами металів, електроосаджування (або осадження з пари), змішування з порошком металу (з подальшим пресуванням або спіканням) (рис. 8.4).

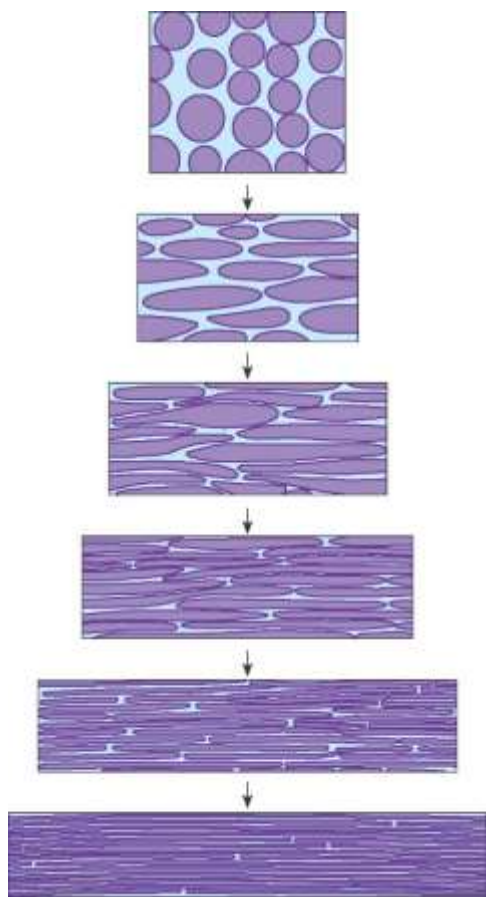


Рис. 8.4

Послідовні стадії перетворення сферичних частинок армуючої фази у волокна в процесі деформування (наприклад, при екструзії або прокатці)

8.3, 8.4). Для оцінки очікуваної міцності таких КМ широко використовується рівняння сумішей ($\sigma_{\text{КМ}}$, $\sigma_{\text{вол}}$, $\sigma_{\text{м}}$ – міцності відповідно композиційного матеріалу, волокон, матриці; $V_{\text{вол}}$, $V_{\text{м}}$ – об'ємні долі волокон і матриці)

$$\sigma_{\text{КМ}} = \sigma_{\text{вол}} V_{\text{вол}} + \sigma_{\text{м}} V_{\text{м}}$$

Однак це правомірно для безперервних волокон. У разі коротких волокон мають місце відхилення, навіть якщо середня довжина волокон вище критичної

Для одержання шаруватих заготовок іноді волокна (особливо безперервні) намотують на оправлення, укладають у спеціальні канавки в фользі, скріплюють летким клеєм – з подальшою гарячою прокаткою або пресуванням. При цьому вдається досягти високих значень міцності й працездатності при підвищених температурах. Так, у композиті зі срібла з 24% вусів Al_2O_3 межа текучості (162 кг/мм^2) в 30 раз перевищує межу текучості срібла й у два рази вище цього показника в інших зміцнених матеріалів на основі срібла. Цей же матеріал при температурі на 20°C нижче температури плавлення срібла зберігає міцність 58 кгс/мм^2 , що відповідає навантаженню на вуса в межах 40-60% їхньої міцності.

У цей час описане досить широке коло таких матеріалів на алюмінієвих, титанових, залізних, ніхромових і інших матрицях з використанням як металевих, так і оксидних армуючих волокон (табл.

(зазвичай $l/d > 20$). Це пов'язано з недостатнім зчепленням із матрицею, різницею у довжинах волокон, неоднорідністю в орієнтації волокон. Тому навіть при $l/d > 400$ не вдається досягнути показників міцності КМ із безперервними волокнами.

Таблиця 8.3.

Властивості деяких армованих волокнами металів

Матриця	Волокно	Вміст волокна, %	Міцність при розтягуванні, кгс/мм ²	Міцність/густина σ/ρ , 10 км
Al	SiO ₂	47	91	3,75
	A ₂ O ₃	35	112,7	3,55
	A ₂ O ₃	10	3,6	1,17
	B	10	30,1	1,13
	B ₄ C	10	20,3	0,76
Ni	B	8	268,8	3,67
	A ₂ O ₃	19	119,7	1,50
	W	40	112,7	0,86
Ag	Al ₂ O ₃ *	24	162,4	0,18
	Si ₃ O ₄ *	15	28,0	0,03
	Mo*	20	67,2	0,11
Cu	W	77	178,5	0,10

* Короткі волокна або вуса.

Другим видом волокно-зміцнених КМ із металевою матрицею є направлено закристалізовані евтектичні сплави. При охолодженні рідин певного складу може відбуватися кристалізація з утворенням двох фаз. Якщо при цьому вдається створити плоский фронт кристалізації, то виникає впорядкована орієнтована мікроструктура.

Таблиця 7.4.

Властивості композиційних матеріалів з матрицею Ti + 6Al + 4V, армованих берилієвим дротом

Спосіб одержання КМ	Дріт			Композиційний матеріал		
	Склад	Діаметр	Міцність, кгс/мм ²	Склад Волокна В КМ	Міцність КМ, кгс/мм ²	Модуль Юнга, $E \times 10^6$, кгс/мм ²
Гаряче вакуумне пресування						
дріт + аркуш	Хім. чистий	1,5	65	50	70	19,5
дріт і фольга	Хім. чистий	1,5	65	50	81	21,2
дріт і фольга	Метал + 0,2% BeO	0,5	98	43	94	18,4
Спільна екструзія і прокатка	Те ж	0,95	60	38	81	17,2
Спільна екструзія	Те ж	0,95	60	0	77	18,3

Практично це один зі шляхів формування ниткоподібних кристалів (типу вусів) безпосередньо в матриці.

Такі композити отримані, зокрема, з міді й хрому, алюмінію й нікелю, міді й вольфраму. В останньому випадку була досягнута міцність 175 кг/мм^2 . Металографічні дослідження показали, що процес руйнування в таких композитах починається з руйнування вусів – це свідчить про високу міцність зв'язку на поверхні поділу.

Для евтектичного сплаву Ni-Nbс (11%) середня міцність волокон 586 кгс/мм^2 , ці ж волокна, виділені шляхом розчинення матриці, мали міцність 1030 кгс/мм^2 , що свідчить про високу досконалість ниткоподібних кристалів, що формуються в процесі спрямованої кристалізації евтектики (рис. 8.5). До

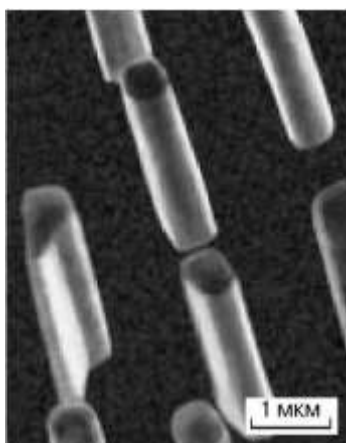


Рис. 8. 5.

Торець направлено-кристалізованого евтектичного сплаву Тас-(Co+Ni-Cr), протравлений після кристалізації.

Видні монокристалічні ниткоподібні волокна Тас

переваг таких КМ варто віднести простоту їх виготовлення – немає потреби окремого виготовлення вусів, зникають труднощі, пов'язані з їхнім використанням. Високі значення міцності зв'язку на поверхні поділу, відсутність окислених шарів забезпечують високу термічну стійкість – можливість тривалої роботи при підвищених температурах. Однак для таких КМ характерною є сталість об'ємної частки евтектичної фази, що унеможлиблює вплив на властивості шляхом зміни складу. Крім того, для реалізації плоского фронту кристалізації потрібно використовувати високочисті речовини, тому що домішки цьому перешкоджають.

Нарешті, кілька слів варто сказати про КМ на основі кераміки, армованої волокнами. Кераміка характеризується

низькою міцністю при розтягуванні в комбінації з високим модулем Юнга, низькою ударною в'язкістю. При високих температурах однією із причин виходу з ладу виробів з кераміки є розтріскування. Це створює більші труднощі при армуванні її волокнами, оскільки недостатнє видовження матриці перешкоджає передачі навантаження на волокно. Тому волокна повинні мати ще більший модуль, ніж матриця. Асортимент таких волокон обмежений, тому з цією метою часто використовують металеві волокна. Як і передбачалося, опір розтягуванню зростає при цьому мало, але істотно підвищується опір тепловим ударам. При цьому залежно від співвідношення коефіцієнта термічного розширення матриці й волокна можливі випадки, коли міцність падає [5].

Матеріали такого роду готуються методами гарячого пресування (таблетування з подальшим спіканням під тиском) або методом шлікерного

лиття, коли волокна заливаються суспензією матричного матеріалу, яка після сушіння також спікається.

Подані приклади композиційних матеріалів на різних матрицях свідчать про можливість реалізації в них надзвичайно цікавих комбінацій найважливіших експлуатаційних характеристик – високої міцності, включаючи діапазон високих температур, жаростійкості, втомленої міцності й ін. Уже зараз на керамічних матрицях робочі температури можуть досягати 1600 °С, на металевих – до 1370 °С. Збільшення робочих температур у двигунах призводить до зменшення їхніх розмірів, росту потужності й зниженню вартості експлуатації. Водночас, як засвідчує табл. 8.3, застосування для армування таких волокнистих матеріалів, як вуглецеве волокно, окисні волокна й вуса, карбіди й інші матеріали з низькою густиною, дозволяє зреалізувати в композитах значне зниження маси деталей при збереженні ними незмінної міцності. Це визначило той факт, що найбільші успіхи в практичному використанні КМ досягнуті в аерокосмічній техніці (соплові блоки ракет, носові конуса), виробництві газотурбінних двигунів (лопатки турбін), гвинтокрилобудуванні. Уже зараз КМ широко застосовуються в будівництві швидкісних автомобілів, корпусів екстремальних яхт і гоночних суден, спортивного реманенту й под. У цей час найважливішими факторами, що стримують застосування більшості КМ, є висока вартість армуючих волокон, у першу чергу ниткоподібних монокристалів, а також серйозні проблеми технологічного характеру, що утрудняють високий ступінь реалізації міцності армуючих волокон у деталях із композиційних матеріалів.

Тому основні зусилля дослідників і виробничників спрямовані на розробку ефективних, технологічних і економічних методів одержання армуючих волокон, а також на вдосконалювання технологічних процесів виготовлення матеріалів і виробів. Успішне вирішення цих проблем дозволить сподіватися, що переваги, пов'язані з використанням КМ, будуть успішно зреалізовані в самих різноманітних асортиментах виробів, з якими нам доводиться мати справу постійно.

ПРОГРАМА ПІДГОТОВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити теоретичний матеріал за цим посібником та поданою навчальною літературою.

2. Зарисувати спрощену схему будови композиційних матеріалів та схему послідовних стадій перетворення сферичних частинок армуючої фази у волокна в процесі деформування (наприклад, при екструзії або прокатці).

ЗАВДАННЯ Й МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

1. Пояснити: а) чим відрізняються властивості звичайних матеріалів від композиційних; б) що поєднує композиційні матеріали незалежно від їхнього походження; в) як називають складові композиційних матеріалів; д) для чого

виникла на 60-х років минулого століття і розроблялася наука (матеріалознавство) про композиційні матеріали; е) при яких умовах можливе сучасне визначення композиційних матеріалів; є) який компонент композиційних матеріалів надає готовому виробу потрібну форму, захищає від можливих пошкоджень і водночас надає запроектовані міцність і жорсткість; ж) які властивості повинні мати армуючі компоненти; з) які компоненти застосовують для армування композитних матеріалів; и) від чого залежить комплекс властивостей композиційного матеріалу; і) при якій умові є зміст в застосуванні композиційних матеріалів; ї) на які головні групи залежно від вибору армуючих матеріалів поділяють композиційні матеріали.

2. Розглянути структуру й властивості композиційних матеріалів. Записати в зошит: а) чим вирізняється мікроструктура трьох основних класів композиційних матеріалів; б) чому на практиці відносно широке застосування одержали лише дві групи матеріалів: високоміцній жаростійкій; в) чим утруднене створення композиційних матеріалів, армованих ниткоподібними монокристаллами ("вусами"); г) за рахунок чого можна досягнути максимального зміцнювального ефекту в композиційних матеріалах; д) теоретично на прикладі полімерних композиційних матеріалів було показано, що максимальний вміст армуючої фази становить близько 88-90%. Однак застосування безперервних волокон необмеженої довжини далеко не завжди можливе з технологічної точки зору – чому?

3. Вивчити способи одержання композиційних матеріалів та описати технології одержання виробів з них.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Схарактеризувати чим вирізняються властивості звичайних матеріалів від композиційних.

2. Що поєднує композиційні матеріали незалежно від їхнього походження? Як називають складові композиційних матеріалів?

3. При яких умовах можливе сучасне визначення композиційних матеріалів?

4. Який компонент композиційних матеріалів надає готовому виробу потрібну форму, захищає від можливих пошкоджень і водночас надає запроектовані міцність і жорсткість.

5. Які властивості повинні мати армуючі компоненти? Схарактеризувати компоненти, що застосовують для армування композитних матеріалів.

7. Від чого залежить комплекс властивостей композиційного матеріалу?

8. Пояснити зміст застосування композиційних матеріалів.

9. На які головні групи залежно від вибору армуючих матеріалів поділяють композиційні матеріали.

10. Схарактеризувати структуру й властивості композиційних матеріалів.

11. Схарактеризувати способи одержання композиційних матеріалів та технології одержання виробів з композиційних матеріалів.

Практична робота № 9 АМОРФНІ МЕТАЛИ ТА СПЛАВИ

Мета: вивчити теоретичні основи одержання аморфних металів та сплавів

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Аморфні метали та сплави – це один із видів нових конструкційних матеріалів. Їх отримують шляхом дуже швидкого охолодження розплавів. Загальна теорія кристалізації рідин допускає можливість такого значного переохолодження розплавів, при якому число центрів і швидкість росту кристалів стають рівними нулю і рідина, що переходить у твердий стан, перетворюється у скло, не зазнаючи кристалізації. Тривалий час досягнути такого стану в металах не вдавалося, і багато хто висловлював сумніви відносно отримання такого стану. Однак затвердіння металів і їхніх сплавів підлягає загальним закономірностям теорії кристалізації, і це вказує на те, що в принципі такий стан отримати можна і, нарешті, в останні десятиріччя 20 століття вдалося отримати аморфні метали.

Цьому в першу чергу сприяв розвиток техніки швидкого охолодження. Був застосований спосіб, при якому падаюча вниз крапля рідкого металу розплющується між двома холодними мідними плитами. Найкращі результати отримують, вистрілюючи краплю вздовж радіуса диска-холодильника, що швидко обертається, на якому крапля під дією відцентрової сили “розтягується” до тонкої плівки. Товщина шарів в такій плівці не перевищує десятки мікрометрів. Швидкість охолодження при цьому становить 10^5 - 10^6 °C/с. У разі більших товщин розплавів отримати аморфні метали та сплави неможливо, оскільки відведення теплоти зсередини на зовні спричинить нагрівання аморфних шарів, унаслідок чого формуються кристали. Тому аморфні метали і сплави виробляють у вигляді фольги, тонких стрічок та дроту.

Аморфні метали і сплави – це метастабільні матеріали. У разі нагрівання вони легко перетворюються у кристалічні. Чим вища температура нагрівання аморфних металів, тим швидше вони перебудовуються в кристалічні. Проте за кімнатної температури навіть найменш стабільні аморфні метали за теоретичними розрахунками можуть пролежати до 200000 р.

Перші успішні дослідження з отримання аморфних металів були проведені на сплавах системи благородний метал (Au, Pd) + 17 – 25% (ат.) елемента напівпровідника (SiGe). Рентгенограми і електронограми аморфних металів такі ж, як у рідких розплавів (відсутні дифракційні плями і кільця). Електроопір близький до електроопору розплавів. Доказом аморфного стану слугує також бурхливе виділення тепла (що варто розглядати як виділення прихованої теплоти кристалізації) при нагріванні до певної температури, зазвичай в діапазоні 300 °C. При цій температурі відбувається кристалізація – перехід із аморфного в кристалічний стан; вона відбувається упродовж певного часу

відповідно до законів кристалізації. Її можна перервати, і тоді структура металу буде складатися із дрібних кристалів, оточених склоподібною фазою.

Потрійна фосфідна евтектика була першою структурною складовою, отриманою в промисловому металі. Вона утворюється при температурі біля 950°C. У 1974 р. в аморфному стані був одержаний безфосфористий чавун, з масовим вмістом вуглецю 3,8%.

До цих пір, однак, не вдалося одержати в аморфному стані чисті метали або сплави декількох металів. Для одержання швидким охолодженням аморфного стану сплав повинен (поки що) містити деяку кількість металоїду або напівпровідника.

Оскільки аморфні метали та сплави не мають кристалічної будови, то вони не мають комірок, дефектів, меж кристалітів тощо. Саме тому аморфні метали і сплави корозієстійкіші, ніж однакові за хімічним складом кристалічні сплави. Так, аморфний сплав, який складається із заліза, нікелю та хрому, не руйнується в розчині соляної кислоти, тоді як нержавіюча сталь такого самого складу в такому самому розчині руйнується зі швидкістю 10 мкм за рік. З аморфних металів і сплавів можна виготовляти фільтри, деталі кабелів, які працюють у морській воді, їх можна використовувати для виготовлення медичної апаратури тощо.

Аморфні метали та сплави мають добрі механічні властивості. Велика міцність зумовлює їх використання для армування шин, виготовлення трубок, у яких відбуваються речовини під високим тиском тощо.

Оскільки аморфні метали мають велику твердість, зносостійкість і корозієстійкість, з них виготовляють леза різальних інструментів.

На відміну від металів, що мають форму кристалів аморфні метали практично не наклепуються в разі деформації в процесі вальцювання, штампування, волочіння за температури 20 °C, а тому вироби після виготовлення не потребують відпалювання.

Ведуться пошуки промислових способів виробництва аморфних сплавів, їхнього перетворення на вироби та отримання на їхній основі композиційних матеріалів з унікальними властивостями.

Уже впроваджено в промислове виробництво спосіб захисту виробів від корозії аморфізацією їхніх приповерхневих шарів. Для цього приповерхневі шари виробів нагріваються потужними електронними або іонними пучками і швидко охолоджуються. Унаслідок таких дій приповерхневі шари стають аморфними.

Ось чому в останні роки XX сторіччя увага фізиків і матеріалознавців зосереджена на таких конденсованих середовищах, для яких характерне неупорядковане розташування атомів у просторі. Загальний інтерес до неупорядкованого стану англійський фізик Дж. Займан виразив у такий спосіб [1]: *«Неупорядковані фази конденсованих середовищ – сталь і скло, земля й вода, нехай і без інших стихій, вогню й повітря, – зустрічаються незрівнянно частіше й у практичному відношенні ніяк не менш важливі, ніж ідеалізовані*

монокристали, якими не настільки давно тільки й займалася фізика твердого тіла».

Серед твердих конденсованих середовищ особливої уваги заслуговує так зване металеве скло – аморфні металеві сплави з неупорядкованим розташуванням атомів у просторі. Донедавна поняття “метал” пов’язували з поняттям “кристал”, атоми якого розташовані в просторі чітко впорядковані. Однак на початку 60-х років у науковому світі поширилися чутки про отримані металеві сплави, котрі не мають кристалічної структури. ***Метали й сплави з безладним розташуванням атомів стали називати аморфним металевим склом***, віддаючи належне тій аналогії, яка існує між неупорядкованою структурою металевих сплавів й неорганічним склом.

Відкриття аморфних металів – великий внесок у науку про метали, що істотно змінило наші уявлення про них. Виявилось, що аморфні метали різко відрізняються за своїми властивостями від металевих кристалів, для яких характерне впорядковане розташування атомів.

Формування аморфної структури металів і сплавів призводить до фундаментальних змін магнітних, електричних, механічних, надпровідних і інших властивостей. Деякі з них виявилися дуже цікавими як для науки, так і для практики. Цінність інших властивостей повністю ще не розкрита. Розглянемо дивний світ речовин, в основі якого лежить вільне розташування атомів у просторі.

Методи одержання аморфних металевих сплавів

Загартування з рідкого стану. Добре відомо, що атоми розплавленого металу не мають фіксованого положення в просторі. Тому давно виникла ідея "заморозити" (шляхом дуже швидкого охолодження) безладне розташування атомів, характерне для рідини. Довгий час структуру рідкого металу не вдавалося відтворити у твердому стані. Проблема полягала в тому, що в процесі охолодження атоми встигали перешикуватися, утворюючи кристал (або багато кристаликів). Тридцять п’ять років тому вчені з’ясували, що при охолодженні металевих розплавів процесу кристалізації можна запобігти, якщо охолоджувати його зі швидкістю 10^6 – 10^8 К/с. При цьому кристалізації не відбувається, тому що за настільки короткий час атоми не встигають переміститися на відстань, яка дозволила б їм сформувати кристалічні ґратки.

На початку 60-х років було показано, що можна одержати аморфну структуру сплаву, охолоджуючи рідкий розплав на холодній металевій основі. Найбільше часто на практиці використовуються два методи: у першому рідкий метал наносять на зовнішню циліндричну поверхню обертового диска (колеса), у другому розплав захоплюється обертовим диском.

На рис. 9.1 представлені схеми обладнань, що зреалізують зазначені методи. Обруч металевих дисків або циліндрів виготовляється з матеріалу, що має добру теплопровідність (мідь, бронза, латунь).

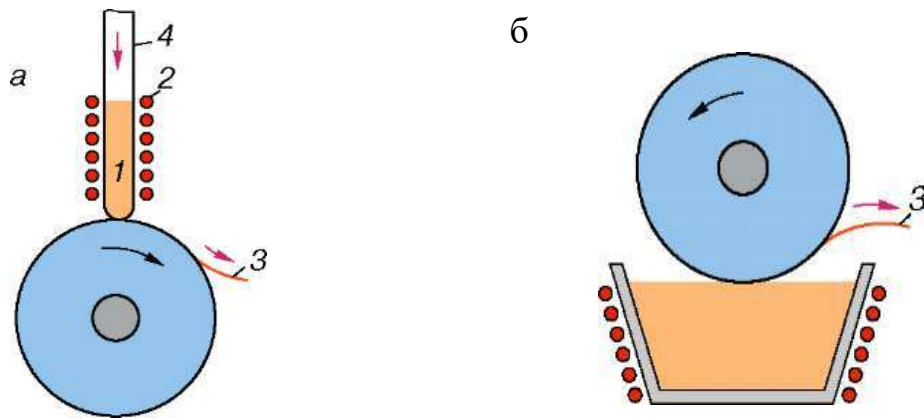


Рис. 9.1. Схеми обладнань для одержання аморфних сплавів загартуванням з рідкого стану: а – нанесення розплаву на обертовий металевий диск або циліндр; б – витягання розплаву обертовим диском; 1 – розплав, 2 – нагрівальне обладнання (індукційна піч), 3 – стрічка аморфного сплаву, 4 – кварцова трубка.

Струмінь розплавленого металу впливає під невеликим тиском (0,2 атм) через інжекторне сопло, яке зроблено із плавненого кварцу або окису алюмінію, і попадає на поверхню колеса, що швидко обертається й твердіє у вигляді безперервної стрічки шириною від 1 до 20 мм і товщиною 20 – 40 мкм. У другому методі загострений обід диска захоплює розплав, який потім твердіє і мимовільно відділяється у вигляді коротких дротиків. Частота обертання диска або циліндра повинна бути такою, щоб забезпечити лінійну швидкість обода не менш 50 м/с.

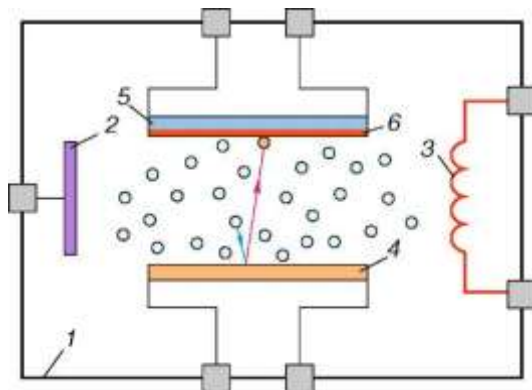


Рис. 9.2. Схема установки для чотирьохелектродного розпилення:
1– вакуумна камера, 2– анод,
3– катод, 4– мішень,
5– підкладка,
6 – аморфний матеріал

Іонно-плазмове розпилення.

Інший спосіб одержання металевого скла – високошвидкісне іонно-плазмове розпилення металів і сплавів [2]. Найбільше поширення одержало обладнання, засноване на чотирьохелектродній схемі розпилення (рис. 9.2). Уся система перебуває у вакуумній камері, що містить газ аргон під тиском 0,5 Па. Нагріваючи електричним струмом вольфрамову спіраль 3, “добувають” електрони, які переміщуються у бік анода 2 під дією потенціалу, створюваного джерелом високої напруги (порядку 3 кВ). Під час руху електрони зустрічаються з атомами

аргону й іонізують їх. Іони аргону утворюють плазму.

Після того як установився безперервний процес створення іонів, тобто “запалилася” плазма, до мішені **4** прикладається негативний потенціал, щоб витягнути позитивно заряджені іони інертного газу із плазми й направити їх на мішень. Іони аргону, маючи значно більшу енергію, зустрічаються з поверхневими атомами мішені й вибивають їх. Цей процес називається розпиленням. Атоми, що розпорошуються, залишають мішень і осаджуються на підкладку **5**. Процес ведуть отже, щоб атоми, що залишають мішень, мали невелику кінетичну енергію. Потрапляючи на підкладку, вони не відскакують, як пружні м’ячики, а відразу ж прилипають до її поверхні, тобто заморожуються. Цей процес осадження атомів на холодній підкладці еквівалентний охолодженню з дуже високою швидкістю. Розрахунки показують, що швидкість охолодження досягає значень 10^{10}K/c . Аморфні металеві сплави виходять у вигляді напиленого шару **6** товщиною від 1 до 1000 мкм.

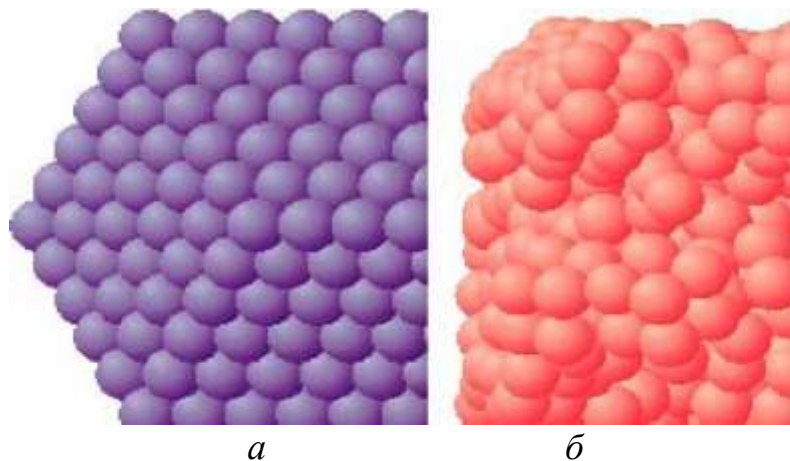


Рис. 9.3. Комп’ютерні моделі структури далекого (а) і ближнього (б) порядку

Відразу ж після одержання аморфних металевих сплавів (АМС) виникли питання, пов’язані з їхньою атомною структурою. Чи змінився структурний хаос атомів, властивий рідкому стану, при швидкому охолодженні? Якщо змінився, то яким стало нове структурне безладдя? На жаль, відповіді на ці питання непрості. Труднощі пов’язані ще й з тим, що дотепер немає прямих експериментальних методів, які могли б дати однозначну відповідь про структуру аморфних сплавів. Проте за допомогою рентгенівської, нейтронної, електронної дифракції було показано, що в АМС є більш-менш чітко обумовлений на відстані двох-трьох сусідніх атомів так званий близький порядок [3]. Щоб розібратися в сутності цього поняття, скористаємося модельними уявленнями, які слугують для ілюстрації просторового розташування атомів у кристалічних ґратках. У таких моделях атоми вважаються кульками. Структура кристала утворюється в результаті багаторазового повторення в трьох напрямках одиничної елементарної комірки. Елементарна комірка – це група атомів, взаємне розташування яких однозначно визначене. На рис. 8.3, а представлена модель структури кристала,

елементарною коміркою якої слугує група з восьми атомів, розташованих у вершинах куба. Переміщуючи елементарну комірку уздовж трьох взаємно перпендикулярних напрямків, можна побудувати весь об'ємний кристал. Розташування атомів у вигляді нескінченних рядів, що багаторазово повторюється в просторі, називають далеким порядком.

Близький порядок, що лежить в основі структури аморфних сплавів, є метастабільною системою. При нагріванні до температури кристалізації T_x він перебудовується у звичайну кристалічну структуру. У середньому для більшості аморфних сплавів перебуває в межах 650-1000 К. На щастя, при кімнатній температурі аморфні сплави можуть зберігати структуру й властивості упродовж 10^4 – 10^5 років.

Особливості структури АМС позначилися й на багатьох фізичних властивостях. Так, незважаючи на те що густина аморфних сплавів на 1-2 % нижча за густину кристалічних аналогів, міцність їхня вища в 5-10 разів. Більш висока міцність пов'язана з тим, що в АМС відсутні такі дефекти, як дислокації й межі зерен, властиві кристалічному стану. Навіть вакансії (порожні місця, утворені при видаленні атомів з вузлів кристалічних ґраток) в аморфних сплавах мають іншу форму й розміри. Вони більше схожі на порожнечі чечевицеподібної форми. Ці дефекти прийнято називати вакансійноподібними. Ці порожнечі мають вигляд вузьких щілин, і в них не може розміститися атом. Наявність таких дефектів сильно утрудняє дифузію (проникнення атомів) через аморфні металеві шари.

Безладне розташування атомів у вигляді близького порядку впливає на електропровідність металевих скла. Їхній питомий електричний опір в 3-5 разів вищий, ніж у кристалічних аналогів. Це пов'язано з тим, що при русі електронів через нерегулярну структуру АМС вони зазнають набагато більше зіткнень із іонами, ніж в кристалічних ґратках.

Аморфні феромагнетики

У цей час майже всі сфери технічного застосування АМС ґрунтуються на унікальній комбінації магнітних і механічних властивостей, яке робить аморфні метали одним із ключових елементів сучасних інформаційних технологій. На жаль, магнітні властивості речовини не є тим предметом, про який легко розповісти популярно, тому спочатку нам доведеться хоча б поверхово торкнутися дивного природного феномена, що одержав назву "феромагнетизм" (від лат. *ferrum* — залізо).

При кімнатній температурі феромагнетизм характерний для трьох чистих металів: заліза (Fe), нікелю (Ni) і кобальту (Co). Кожний з атомів цих елементів має магнітний момент, тобто може розглядатися як дуже маленька магнітна стрілка або постійний магніт. Природно, магнітний момент кожного атома малий, малий настільки, що для зручного його опису застосовується спеціальна одиниця – магнетон Бору. Магнетон Бору μ_B є самою маленькою одиницею (квантом) магнетизму, і за сучасними уявленнями ніяка фізична система не

може мати відмінний від нуля магнітний момент, менший за μ_B . Величина магнетона Бору визначається за формулою

$$\mu_B = \frac{eh}{2mc} \quad (1)$$

і є комбінацією фундаментальних фізичних констант: e, m – заряд і маса електрона, h – постійна Планка і c – швидкість світла.

Виникнення феромагнетизму пов'язане із проявом так званої обмінної взаємодії, яка одержує пояснення в рамках квантової теорії. Для нас важливий результат цього процесу, який зводиться до наступного: існує певна критична температура T_C (температура Кюрі), нижче якої весь об'єм феромагнетика розбивається на області, що одержали назву доменів, усередині яких магнітні моменти атомів паралельні один одному. Температура Кюрі залежить від сорту атомів і структурного стану речовини і є однією з найважливіших характеристик феромагнетика.

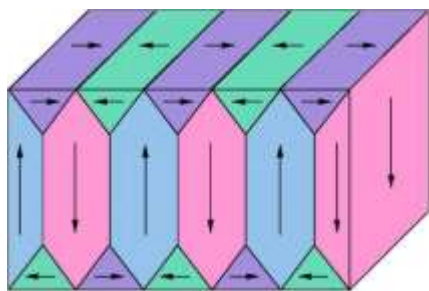


Рис. 9.4. Домена структура феромагнетика

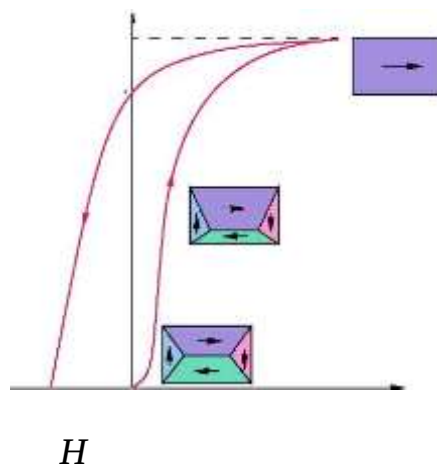


Рис. 9.5. Схематичне зображення процесу намагнічування і відповідні зміни в доменній структурі феромагнітного матеріалу

Величина магнітного поля, що виникає у речовині внаслідок упорядкування орієнтації атомних магнітних моментів, називається **намагніченістю**. У матеріалах, що не володіють феромагнетизмом, намагніченість виникає під впливом зовнішнього магнітного поля, що орієнтує магнітні моменти атомів. Усередині доменів феромагнетика намагніченість виникає мимовільно під дією сил обмінної взаємодії. Тому домени називають областями спонтанної (тобто мимовільної) намагніченості. На границі двох доменів магнітні моменти атомів поступово міняють орієнтацію в тонкому перехідному шарі, який називається доменною стінкою. Схема розташування доменів у феромагнітному матеріалі представлена на рис. 9.4.

Зміну намагніченості залежно від зовнішнього поля прийнято зображувати графічно. При цьому по осі абсцис відкладається зовнішнє

магнітне поле H , що прикладається до феромагнетика, а по осі ординат – намагніченість M . Типова крива намагніченості представлена на рис. 9.5. При відсутності зовнішнього поля намагніченість дорівнює нулю. У міру зростання зовнішнього магнітного поля відбувається рух доменних стінок отже, що обсяг доменів, спонтанна намагніченість яких паралельна зовнішньому полю, також зростає (середня частина відрізка кривої). Подальше збільшення зовнішнього поля призводить до того, що весь обсяг феромагнетика намагнічується до насичення. Максимальне значення намагніченості називають намагніченістю насичення й позначають M_s (від англ. saturation – насичення).

При зменшенні зовнішнього поля до нуля намагніченість феромагнетика не стає нульовою. Завжди залишається так звана залишкова намагніченість, яка позначається M_r (від англ. remainder – залишок). Наявність залишкової намагніченості лежить в основі існування постійних магнітів. Щоб зняти залишкову намагніченість, потрібно прикладати зовнішнє магнітне поле зі зворотним знаком (тобто в протилежному напрямку). *Значення поля, що розмагнічує, яке потрібно для того, щоб залишкова намагніченість зразка стала рівною нулю, називається коерцитивною силою* й позначається H_c . Назва не дуже вдала, ніякої сили немає, є тільки магнітне поле. Тому в наш час термін “коерцитивна сила” витісняється терміном “коерцитивне поле”.

Коерцитивне поле є дуже важливою характеристикою феромагнітного матеріалу, величина якої визначає, чи є матеріал магнітом’яким ($H_c < 100$ А/м) або магнітожорстким ($H_c > 100$ А/м). Магнітом’які матеріали застосовуються для виготовлення сердечників трансформаторів і електромагнітів, статорів електромоторів, магнітних голівок для запису й відтворення. Магнітожорсткі матеріали використовуються головним чином для виготовлення постійних магнітів.

Ще однієї важливішою характеристикою феромагнітних матеріалів (головним чином магнітом’яких) є початкова магнітна проникність

$$\mu_i = \frac{M}{H} \quad (2)$$

де H береться на висхідній ділянці кривої намагнічування рівній H_c за абсолютною величиною. Для магнітом’яких матеріалів коерцитивне поле завжди мале, тому μ_i вимірюється на початковій ділянці кривої намагнічування. Типові значення при малих (менших 1 МГц) частотах перемагнічування лежать в інтервалі 10^4 – 10^5 . З ростом частоти зміни зовнішнього поля початкова магнітна проникність кристалічних феромагнетиків зменшується до 10^2 – 10^3 .

Довгий час існувала думка, що феромагнетизм властивий тільки впорядкованим кристалічним структурам. А. І. Губанов в 1960 році першим передбачив існування феромагнетизму в аморфних металевих сплавах. Зазначимо, що феромагнетизм аморфних сплавів обумовлений наявністю в них одного, двох або всіх трьох феромагнітних елементів: заліза, нікелю й кобальту. Подвійні феромагнітні сплави можна розділити на такі групи: сплави феромагнітних елементів з перехідними металами: Fe-Au, Co-Zr, Ni-Pt і т.д.;

сплави феромагнітних елементів з неметалами: Fe-C, Co-B, Ni-P і т.д.; сплави феромагнітних елементів з одним з рідкісноземельних металів: Fe-Tb, Co-Sm, Ni-Nd і т.д. Крім подвійних розроблена велика кількість трьох-, чотирьох- і багатокомпонентних аморфних феромагнітних сплавів.

Які корисні магнітні властивості поліпшуються в результаті утворення аморфної структури? Відомо, що у звичайних феромагнетиках завжди є магнітна анізотропія³, обумовлена кристалічним порядком розташування магнітних моментів атомів. Магнітна анізотропія істотно зменшує рухливість доменних стінок і збільшує коерцитивне поле. У принципі в аморфних феромагнетиках магнітна анізотропія повинна дорівнювати нулю, оскільки відсутній кристалічний далекий порядок. Практично реальні аморфні феромагнетики все-таки мають магнітну анізотропію, яка, однак, на два порядки менше, ніж у кристалічних. Зменшення магнітної анізотропії призводить до різкого зниження коерцитивного поля до значень 0,01 А/м, що зменшує втрати при перемагнічування. Отже, аморфні металеві сплави майже завжди є магнітом'якими феромагнетиками.

Іншою корисною властивістю аморфних феромагнетиків є більш високе значення початкової магнітної проникності як на низьких (0,1-1 МГц), так і на високих (5-15 МГц) частотах. Ця властивість визначається високим питомим електричним опором аморфних феромагнетиків, що значно знижують втрати на струми Фуко.

Завершуючи опис магнітних властивостей аморфних феромагнетиків, ми доходимо висновку, що властиві їм магнітні властивості виникають завдяки невпорядкованому розташуванню атомів. Деякі із цих властивостей є унікальними й не можуть бути отримані в кристалічних сплавах.

Практичне використання аморфних сплавів

Використання аморфних сплавів як дифузійних бар'єрів. Прагнення до мініатюризації електронного обладнання призвело до того, що лінійні розміри струмоведучих доріжок, контактних площин і інших елементів сучасних інтегральних схем не перевищують 0,5-1 мкм. При субмікронних розмірах робочих елементів створюються умови для взаємного проникнення атомів – дифузії на границі поділу метал-напівпровідник. Цей процес згодом призводить до замикання струмоведучих доріжок і виходу приладу з ладу. Щоб запобігти дифузії, потрібно створити тонкий бар'єрний шар між напівпровідником і металом.

Близько десяти років тому було показано, що найкращі бар'єрні властивості мають аморфні металеві сплави [4]. Дифузія через аморфні шари сильно утруднена внаслідок нерегулярності атомної структури. Особливо добрі бар'єрні властивості мають аморфні сплави тугоплавких металів, наприклад, Re-Ta, Re-Nb.

³Магнітна анізотропія – властивість намагнічуватися неоднаково в різних напрямках.

Використання аморфних сплавів для виготовлення магнітних головок і датчиків. Як відомо, для запису й зберігання інформації використовуються феромагнітні матеріали. Внаслідок досліджень, спрямованих на збільшення інформаційної щільності, уже отримані матеріали, щільність запису на яких досягає 10^8 біт/см². При цьому розмір області, що зберігає один біт, не перевищує 1 мкм². Такі носії роблять із магнітожорстких матеріалів, що мають більше коерцитивне поле. При цьому магнітна головка, використовувана для запису інформації, повинна бути з матеріалу, що має високе значення намагніченості насичення M_s . До того ж при зчитуванні інформації важливо, щоб матеріал сердечника головки мав високу початкову магнітну проникність.

Усім цим вимогам задовольняють аморфні феромагнітні сплави. Використовуючи напилювання, можна виготовити головку, що володіє високою намагніченістю насичення $M_s = 1,2-1,5$ Тл, будь-яких можливих розмірів, здатну перемагнічувати мікроскопічні області носія (близько 0,1 мкм). Аморфні головки відносно дешеві, мають високу зносостійкість (час роботи порядку 10 000 годин), характеризуються високими значеннями початкової магнітної проникності на частотах 5-15 МГц.

Аморфні шари, отримані за допомогою іон- або плазмового напилювання, можна використовувати для створення високочутливих датчиків, сенсорних обладнань і малогабаритних трансформаторів. Нові сенсорні обладнання можна використовувати в технологічних процесах виробництва автомобілів, індустріальних роботів, у промислових вимірниках різного роду властивостей (датчики розмірів, моментів скручування, сили удару, швидкості газових потоків, обсягу рідини, що впливає, і т. п.). Сенсорні обладнання, виготовлені на основі аморфних сплавів, можуть працювати в самих складних умовах завдяки високим характеристикам пружності, ізотропності, електромагнітних і інших властивостей.

Чому виникла зацікавленість до АМС? Насамперед тому, що металеві сплави із близьким порядком розташування атомів і донині є дуже цікавими об'єктами фізики конденсованих середовищ. В останні роки отримані важливі результати при вивченні механічних, електричних і магнітних властивостей аморфних металевих матеріалів. Однак повне завершення досліджень аморфних структур ще спереду. Вимагає свого однозначного розв'язку питання про структуру близького порядку відповідно до реальної дійсності. Але ж на черзі аморфні структури, у яких відсутній навіть близький порядок.

На жаль, мало вивчений феромагнетизм аморфних систем при низьких температурах. Перші кроки в цьому напрямку показали, що є можливість створення на основі АМС принципово нового запам'ятовувального середовища з надвисокою інформаційною щільністю (сплави із властивостями спінового скла).

ПРОГРАМА ПІДГОТОВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити теоретичний матеріал за даним посібником та літературними джерелами.

2. Зарисувати спрощені схеми обладнань для одержання аморфних сплавів загартуванням з рідкого стану та схему установки для чотирьохелектродного розпилення.

ЗАВДАННЯ Й МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

1. Пояснити: а) чим аморфні метали та сплави відрізняються від звичайних матеріалів; б) завдяки чому стало можливим одержання аморфних металів і сплавів; в) при якій швидкості охолодження можна отримати аморфні метали і яким способом можна досягнути такої швидкості охолодження; д) чому до цих пір, однак, не вдалося одержати в аморфному стані чисті метали або сплави декількох металів; е) чому аморфні метали і сплави корозієстійкіші, ніж однакові за хімічним складом кристалічні сплави; є) що таке аморфне металеве скло; ж) чому формування аморфної структури металів і сплавів призводить до фундаментальних змін магнітних, електричних, механічних, надпровідних і інших властивостей; з) чому вироби з аморфних металів не потребують відпалювання.

2. Описати: а) методи одержання аморфних металевих сплавів загартуванням з рідкого стану та іонно-плазмовим розпиленням; б) структуру аморфних сплавів; в) аморфні феромагнетики.

3. Розглянути практичне застосування аморфних сплавів. Записати в зошит як використовуються аморфні сплави в якості дифузійних бар'єрів та як вони використовують для виготовлення магнітних головок і датчиків.

4. Схарактеризувати перспективи застосування аморфних металів і сплавів у майбутньому.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Чим аморфні метали та сплави різняться від звичайних матеріалів та завдяки чому стало можливим одержання аморфних металів і сплавів.

2. Яка швидкість охолодження потрібна для отримання аморфних металів і яким способом можна досягнути такої швидкості охолодження.

3. Чому досі не вдалося одержати в аморфному стані чисті метали або сплави декількох металів, а також чому аморфні метали і сплави більш корозієстійкі, ніж однакові за хімічним складом кристалічні сплави.

4. Що таке аморфне металеве скло? Чому формування аморфної структури металів і сплавів призводить до фундаментальних змін магнітних, електричних, механічних, надпровідних і інших властивостей? Чому вироби з аморфних металів не потребують відпалювання.

5. Схарактеризувати методи одержання аморфних металевих сплавів загартуванням з рідкого стану та іонно-плазмовим розпиленням.

6. Схарактеризувати практичне застосування аморфних металів і сплавів та перспективи їх застосування в майбутньому.

Практична робота № 10

ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІМЕРІВ І ПЛАСТМАС

Мета: вивчити теоретичні основи технології виробництва полімерів і пластмас.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Загальні відомості про полімери, класифікація полімерів. Вирішення багатьох актуальних народногосподарських завдань – підвищення якості, надійності і довговічності виробів, економія металу, боротьба з корозією – усе це безпосередньо пов'язане з використанням полімерів і виробів з них. Основні споживачі таких виробів – машинобудування, літакобудування, суднобудування, атомна промисловість, космічна техніка, сільське господарство, харчова, легка й інша галузі промисловості. Переважне використання полімерів пов'язане з поєднанням цінних властивостей у полімерних виробках (висока механічна міцність, низька щільність, стійкість в агресивних середовищах, еластичність, стійкість до зносу тощо) з високою технологічністю процесів їхнього виготовлення, а також з різноманітною і доступною сировинною базою.

Полімери – це речовини природного або штучного походження, макромолекули яких складаються з однакових, багаторазово повторюваних груп атомів, що називаються мономерними або елементарними ланками. Число елементарних ланок, що входять до складу макромолекули, може складати від 100 до 1000 і більше.

Властивості полімерів залежать від хімічного складу елементарних ланок і від структури полімерів.

В основу існуючих класифікацій полімерів покладені такі ознаки: хімічний склад основного ланцюга, структура ланцюга, відношення до нагрівання, метод одержання.

За хімічним складом основного ланцюга полімери розділяють на карболанцюгові (центральный ланцюг складається тільки з атомів Карбону (вуглецю) та гетероланцюгові – здебільшогоу ланцюзі можуть бути інші елементи – Оксиген, Нітроген, Сульфур, Фосфор, Силіцій і под. Приклади карболанцюгових полімерів:

Поліетилен $(-CH_2-CH_2-)n$, полівінілхлорид: $(-CH_2-\underset{\substack{| \\ Cl}}{CH}-)n$,

полістирол: $(-CH_2-\underset{\substack{| \\ C_6H_5}}{CH}-)n$ та ін.

Приклади гетероланцюгових полімерів: поліформальдегід $(-CH_2-O-)n$,

капрон: $(-\overset{\substack{O \\ ||}}{C}-(CH_2)_5-\underset{\substack{| \\ H}}{N}-)n$ тощо.

Різні структури макромолекул дозволяють розрізняти полімери лінійної, розгалуженої і тривимірної (сітчастої) структури (рис. 10.1).

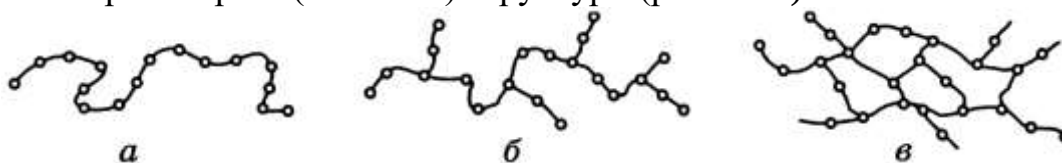


Рис. 10.1. Схема будови макромолекул полімерів: а – лінійна; б – розгалужена; в - сітчаста

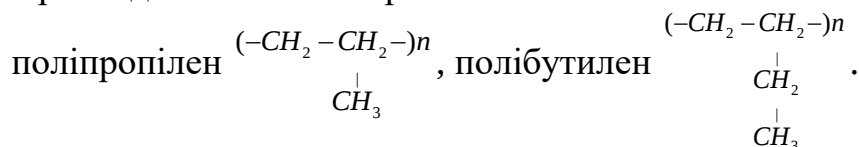
Полімери лінійної структури мають нерозгалужені молекули, подібні до нитки, з відношенням довжини до розміру поперечного перерізу порядку 1000 : 1. При цьому молекули можуть бути вигнутими або згорнутими в спіралі. Полімери, що складаються з молекул лінійної будови, легко плавляться, добре розчиняються в органічних розчинниках.

Приклади полімерів лінійної будови: поліетилен, полівінілхлорид, поліформальдегід, капрон і ін.

Макромолекули полімерів розгалуженої структури мають довгий основний ланцюг, до якого приєднані короткі гілки.

Полімери розгалуженої структури, основний ланцюг макромолекули яких відрізняється за хімічним складом від бічних ланцюжків, як правило, менш еластичні, при нагріванні розм'якшуються, але важко плавляться, у розчинниках лише набухають.

Приклади таких полімерів:



Макромолекули полімерів тривимірної(сітчастої) структури одержують внаслідок зв'язування (зшивання) лінійних і розгалужених ланцюгів поперечними зв'язками (містками). Ці полімери бувають твердими або каучукоподібними, не розчиняються ні в яких розчинниках і лише іноді здатні набухати. Приклади таких полімерів: гума, фенолоформальдегідні смоли в кінцевій стадії смолоутворення й інші поліконденсаційні смоли.

Стосовно нагрівання розрізняють термопластичні та термореактивні полімери. Термопластичні полімери можна багаторазово нагрівати до температури плавлення і охолоджувати без зміни хімічного складу і структури. Приклади таких полімерів – поліетилен, поліпропілен і ін.

Термореактивні полімери при нагріванні спочатку плавляться, а потім тверднуть, втрачаючи здатність плавитися знову. Такі полімери мають у макромолекулах кратні зв'язки або активні (функціональні) групи, що, реагуючи при нагріванні, зв'язують макромолекули між собою, утворюючи просторову структуру. Цей процес є необоротним. До термореактивних належать деякі фенолоформальдегідні полімери.

За методом **виробництва** полімери розділяють на полімеризаційні та поліконденсаційні, тобто відомі два методу синтезу полімерів, що істотно

відрізняються: полімеризація і поліконденсація. До полімеризаційних полімерів належать поліетилен, полівінілхлорид, полістирол і ін., до поліконденсаційних - капрон, фенолоформальдегідні смоли й ін.

Методи синтезу полімерів

Метод полімеризації. Реакцією **полімеризації** називається процес з'єднання багатьох молекул мономера в одну велику молекулу полімера, за рахунок розриву подвійних зв'язків або розкриття циклу. Побічні продукти реакції при цьому відсутні.

Для одержання полімерів необхідних властивостей застосовується також сополімеризація, тобто спільна полімеризація двох і більше різних мономерів.

Процеси полімеризації здійснюються в блоці (або в масі), в розчині, в емульсії і суспензії (краплинна або бісерна полімеризація).

При блоковій полімеризації полімер утворюється в середовищі мономера, і в міру зростання концентрації полімеру в'язкість середовища збільшується, що обумовлює його нерівномірне нагрівання і неоднорідний склад. Цим методом одержують листові матеріали з полістиролу, поліетилену, поліметилмета-крилату, натрійбутадієнового каучуку і т. п.

При полімеризації в емульсії мономер змішується з ініціатором і емульгатором у воді (частки мономера знаходяться в завислому стані), при нагріванні в полімер перетворюються емульсії. Емульсійний спосіб простий, дає полімер більш однорідного складу, ніж блоковий, та застосовується при одержанні полівінілхлориду, полістиролу, деяких марок і різних сополімерів бутадієну, вінілацетату, акрилонітрилу й ін.

Полімеризація в розчині відбувається із застосуванням речовин, у яких розчиняються мономер і полімер або тільки мономер. У першому разі одержують розчин полімеру, що застосовують як лак, або виділяють з нього полімер випаровуванням розчинника. В другому разі полімер випадає у вигляді осаду з розчину і відокремлюється фільтруванням. Одержувані полімери різняться однорідністю складу (полівінілацетат, полібутилакрилат і ін.).

Краплинна або суспензійна полімеризація полягає в тому, що мономер рівномірно розподіляється (диспергується) у воді; ініціатори полімеризації, застосовувані при цьому, розчиняються в мономері, але нерозчинні у воді.

Полімеризація відбувається в кожній великій краплі мономера розміром 0,05...0,3 см (на відміну від емульсії, де розмір краплі складає 10^{-4} ... 10^{-3} см). Полімер утворюється у вигляді твердих часток, що не розчиняються у воді, і відокремлюється фільтруванням.

Метод поліконденсації. Реакцією **поліконденсації** називається утворення високомолекулярної сполуки внаслідок взаємодії великої кількості молекул двох або кількох різних мономерів з одночасним виділенням побічних низькомолекулярних продуктів реакції (H_2O , NH_3 , HCl , CO_2 та под.).

Полімери, що утворюються при поліконденсації, мають як лінійну (поліаміди, поліефіри, полікарбонати), так і просторову структуру

(амінокислоти, фенолоальдегідні смоли). Відбувається процес поліконденсації в розплаві, в розчині і на поверхні двох фаз.

Сировина для синтезу полімерів. Для проведення процесів, синтезу полімерів необхідні різні мономері, що одержують на основі продуктів переробки деревини і паливних копалин: кам'яного вугілля, нафти, природних і нафтових супутніх газів.

Різноманіття продукції промисловості органічного синтезу обумовлює необхідність у досить різноманітних сировинних матеріалах. Так, наприклад, асортимент тільки основних видів пластмас налічує багато десятків найменувань. Сировина для виробництва включає більш як 300 різних хімічних продуктів і напівпродуктів.

Сировину для виробництва полімерів можна умовно розділити на такі групи: коксохімічна – бензол, фенол, ксилоли, крезолі, резорцин, фенантрен, ацетанафтен, етилен, нафталін; нафтохімічна, що одержується при переробці нафти, нафтопродуктів і побічних газів нафтовидобутку, – етилен, пропілен, бутилен, ацетилен, бензол, фенол, ацетон; сировина, одержувана при переробці природного газу, – ацетилен, метанол, аміак, карбамід; мінеральна сировина – хлор, сірчана кислота, оксид кальцію; рослинна сировина – целюлоза, фурфурол і ін.

Нафтохімічна сировина і продукти переробки природних газів складають 90...95% від загального обсягу сировини усіх видів.

Пластичні маси і виробництво виробів з них

Класифікація пластмас. Пластмаси – матеріали, що одержують на основі природних або синтетичних полімерів, здатні при нагріванні переходити до пластичного стану і під тиском здобувати форму, що стійко зберігається після охолодження або тужавіння і при подальшій експлуатації.

У залежності від складу розрізняють пластмаси **прості** (ненаповнені) і складні (наповнені).

Прості пластмаси складаються тільки з полімерів (іноді з добавкою пластифікатора). До них відноситься поліетилен, полівінілхлорид, полістирол, органічне скло.

Складні пластмаси містять, крім полімерів, низку компонентів в залежності від вимог до властивостей матеріалу. До них належать фенопласти, амінопласти і т. п., наприклад, пластикат полівінілхлориду, що містить полівінілхлорид, пластифікатор, наповнювач і інші компоненти.

Основні компоненти складних пластмас: сполучні речовини, наповнювачі, пластифікатори, змашувальні речовини, речовини, що сприяють затвердінню, каталізатори, стабілізатори, барвники та ін.

Сполучна смола забезпечує зчеплення компонентів пластмаси, здатність спочатку при нагріванні формуватись, а потім при охолодженні переходити у твердий стан. Вміст смоли в композиції становить звичайно 40-50 %.

Наповнювачі додають пластмасам цінні експлуатаційні властивості – міцність, термостійкість тощо, а також знижують вартість пластмасових виробів.

Наповнювачі становлять до 60 % композиції. Як наповнювачі звичайно застосовують дешеві органічні і неорганічні матеріали у вигляді волокон, шаруватих матеріалів: деревне борошно, сажу, целюлозу, скловолокно, папір, азбест, графіт і т. п.

Пластифікатори знижують температуру переходу смоли в текучий пластичний стан, полегшуючи тим самим переробку пластмаси у виріб. Як пластифікатори застосовують висококиплячі рідкі, рідше тверді речовини, такі як фталати; алкіл- і арилфосфати й ін.

Речовини, що змащують, вводять у композицію для полегшення виштовхування готових виробів із прес-форми, до них належать солі стеаринової кислоти, воски.

Затверджувальні речовини сприяють переходові смоли в неплавкий і нерозчинний стан завдяки зшивці лінійних ланцюгів макромолекул у тривимірну структуру з поперечними зв'язками. Як затверджувачі застосовують поліаміни й інші речовини залежно від вихідної смоли.

Загальні властивості пластмас. Найважливіші фізико-механічні властивості пластмас – низька щільність, досить високі міцність та електроізоляційна властивість, хімічна стійкість, низька теплопровідність. Крім того, пластмаси можуть бути оптично- і радіопрозорими, пружними або еластичними. З них легко формуються вироби.

Густина різних пластмас складає 900...2500 кг/м³, тобто вони в середньому в 2 рази легші за алюміній, у 5-8 разів легші від сталі, міді, свинцю, бронзи.

Механічні властивості пластмас значною мірою залежать від наявності в їхньому складі наповнювачів. Найбільш високу міцність мають пластмаси з волокнистими або шаруватими наповнювачами (азбест, скловолокно, скляна або бавовняна тканина, папір, деревна шпона). Наприклад, скловолокніти мають межу міцності при стиску 130 МПа, при вигині – 100 МПа, при розтяганні – 80 МПа.

Пластмаси не проводять електричний струм, окремі види їх є найкращими діелектриками в сучасній техніці.

На відміну від металів, більшість пластмас не взаємодіють не тільки з водою, а й з різними кислотами, лугами і без антикорозійного покриття використовуються в хімічному машинобудуванні. Фрикційні властивості пластмас змінюються в широких межах. Пластмаси, що характеризуються низьким коефіцієнтом тертя і швидкістю зношування, використовуються для виготовлення підшипників ковзання, що не вимагають змащення або в яких в якості мастильного матеріалу використовуються вода та водні емульсії. Пластмаси, що мають при терті без мастильного матеріалу високі фрикційні властивості при досить малій швидкості зношування, застосовуються як гальмовий матеріал.

Крім перерахованих фізико-механічних властивостей, пластмаси мають і недоліки, що звужують сферу їхнього застосування. Так, більшість пластмас мають низьку теплостійкість (70-250 °С), хоча деякі пластмаси перебувають у робочому стані при нагріванні до 300-350 °С. Низька теплостійкість значною мірою обмежує застосування пластичних мас, особливо як замінників металів.

При нагріванні пластмас відбувається значне збільшення їхнього об'єму. Коефіцієнт температурного розширення їх складає $(25-120) \cdot 10^{-6} \cdot 1/^\circ\text{C}$ (сталі – $11 \cdot 10^{-6} \cdot 1/^\circ\text{C}$). Це в поєднанні з малою теплопровідністю пластмас обумовлює значні залишкові внутрішні напруження у виробах, появу в них тріщин при різких змінах температури.

Крім того, при використанні пластмас потрібно враховувати їхню здатність до старіння, тобто зниження з часом показників деяких фізико-механічних властивостей.

Технологія одержання виробів із пластмас

Вироби з пластмас найчастіше одержують методами: **гарячого пресування, лиття під тиском, екструзії (видавлювання), видування, обробки різанням.**

Пресування застосовується головним чином для переробки термореактивних пластмас. Дозований прес-матеріал у вигляді порошку, волокнистої маси або попередньо відпресованої таблетки завантажується в нагріту до 130-190 °С металеву форму і пресується під тиском 20-60 МПа (рис. 10.2).

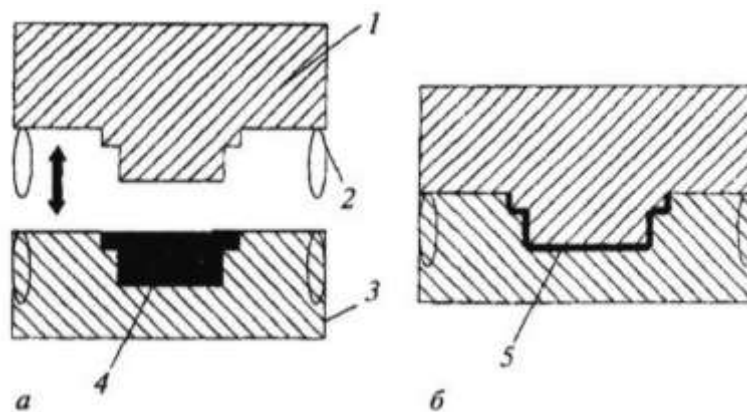


Рис. 10.2. Схема прямого пресування виробів із пластмас:

*а – форма відкрита; б – закрита; 1 – пуансон; 2 – направляючі стрижні;
3 – матриця; 4 – прес-матеріал; 5 – виріб*

Пресуванням гарячим способом одержують також шаруваті матеріали, що являють собою тканину, папір або деревну шпону, просочені розчином фенолоальдегідної смоли або карбамідної смоли і спресовані в аркуші, трубки або профілі.

Лиття під тиском найбільш раціональне при використанні як формувального матеріалу термопластичних пластмас (рис. 10.3). При цьому способі розм'якшена при нагріванні пластмаса видавлюється через ливникові канали в порожнини закритої форми.

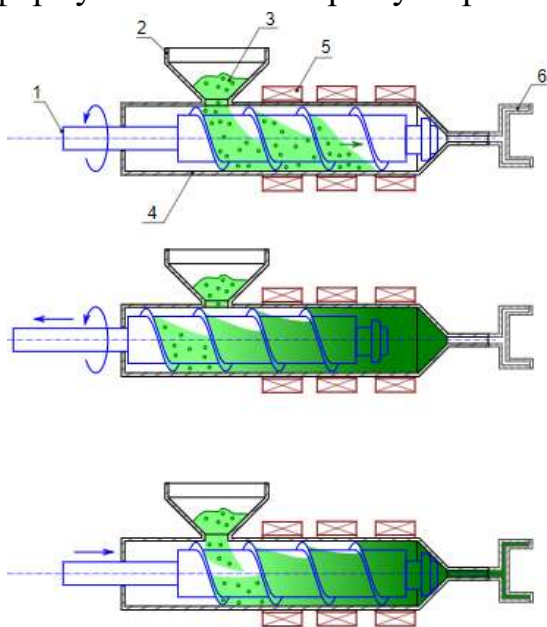


Рис. 10.3. Лиття пластмас під тиском: 1 - шнек; 2 - бункер; 3 - гранульований матеріал; 4 - циліндр ливарної машини; 5 - система нагрівання; 6 - формувальна порожнина прес-форми

Екструзія (видавлювання) є окремим випадком лиття під тиском. Цим способом із пластмас виготовляють труби, прутки, різні профілі, а також наносять ізолюючу оболонку на електропроводи.

Видування застосовується для формування порожніх і відкритих виробів з термопластичних матеріалів. Заготовка у вигляді нагрітих листа, трубки або двох листів розміщується між двома половинками роз'ємної металевої форми, що має отвори (сопла) для підведення гарячого повітря, що нагнітається під лист, у трубку або між листами. Розм'якшена заготовка під тиском повітря витягується і заповнює форму. Цим способом одержують вироби з полістиролу, поліакрилів, целулоїду й ацетилцелюлози.

Обробці різанням піддають вироби, виготовлені пресуванням або литтям, для видалення деяких дефектів. Крім цього, різанням виконують отвори, різьблення, пази у виробах, що не можуть бути отримані в процесі їхнього пресування або лиття.

ПРОГРАМА ПІДГОТОВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити теоретичний матеріал за цим посібником та навчальною літературою.
2. Зарисувати схему будови лінійної, розгалуженої і сітчастої макромолекул полімерів.

ЗАВДАННЯ Й МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

1. Вивчити теоретичні основи технології виробництва полімерів і пластмас.
2. Пояснити: а) що таке полімери? Як їх класифікують? б) в чому суть двох методів синтезу полімерів, що істотно відрізняються? в) що слугує сировиною для синтезу полімерів і на які групи її можна розділити? г) що таке пластмаса? Які вони бувають залежно від складу? д) які основні компоненти

утворюють складні пластмаси та їх призначення? ж) які фізико-механічні властивості типові для пластмас? є) які недоліки звужують сферу застосування пластмас? е) якими методами найчастіше одержують вироби з пластмас?

3. Описати технологію одержання виробів із пластмас.

.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які варіанти класифікацій полімерів ви знаєте?

2. У чому відмінність одержання полімерів методом полімеризації і поліконденсації?

3. Схарактеризувати основні компоненти складних пластмас, їхню роль у композиції.

4. Схарактеризувати найбільш цінні фізико-механічні властивості пластмас та їхні галузі застосування.

5. Схарактеризувати технологію одержання виробів із пластмас.

Практична робота № 11

ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВАГУМИ І ГУМОВИХ ДЕТАЛЕЙ

Мета: вивчити теоретичні основи одержання виробів з гуми.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Гумою називають високомолекулярні матеріали, які отримують при вулканізації суміші натурального або синтетичного каучуку з різними наповнювачами (інгредієнтами).

Гума є штучним матеріалом (продукт переробки каучуків) і має низку дуже важливих, специфічних технічних властивостей:

- 1) високу еластичність;
- 2) здатність поглинати вібрації і ударні навантаження;
- 3) низьку тепло- і звукопровідність;
- 4) відносно добру механічну міцність;
- 5) високий опір стиранню;
- 6) добру електроізоляційність;
- 7) газо- і водонепроникність;
- 8) тривкість до дій багатьох агресивних середовищ;
- 9) хімічну тривкість;
- 10) малу вагу, густину тощо.

Таке поєднання вказаних вище властивостей характерне тільки для гуми і робить її унікальним матеріалом, в якому найбільше цінується висока еластичність, тобто здатність відновлювати свою попередню форму після припинення дії сил, що викликають деформацію. Як конструкційний матеріал гума, завдяки своїм властивостям, знайшла широке застосування в самих різних областях.

Гумові технічні вироби застосовуються для:

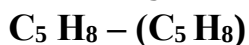
- 1) обладнання рухомих пристроїв (приводні ремні, транспортні стрічки тощо);
- 2) подачі води, рідкого палива, кислот, масла, пари і повітря, (рукава напірні і всмоктувальні);
- 3) амортизації (гумові підвіски, опори, буфери, амортизатори);
- 4) ущільнення рухомих і нерухомих контактів (сальники, манжети, клапани, мембрани, прокладкові кільця, шнури, пластини);
- 5) електроізоляції (деталі низько- і височастотної апаратури, ізоляційні трубки, ізолюючі стрічки, ебоніт);
- 6) захисту хімічної апаратури;
- 7) виготовлення повітряних і водоплавних засобів, будівельних конструкцій тощо.

Номенклатура гумових виробів нараховує біля 40 000 найменувань. Так, наприклад, тільки на автомобілі кількість деталей виготовлених із гуми

перевищує 500, а їх маса складає біля 5 % загальної маси легкового автомобіля і більше 10 % вантажного автомобіля.

Вихідні матеріали для отримання гуми

Основою гумової суміші є каучук. Каучук поділяється на натуральний і синтетичний. Природний полімер – каучук свою назву отримав від індійського слова “као чоу”, що означає – “сльози дерева”, які появляються на каучуконосному дереві при його надрізі. Натуральний каучук добувають головним чином із молокоподібного соку (**латексу**) дерева, яке називається – гевея. Гевея містить в собі до 40 % латексу. Відомі також і інші каучуконосні рослини коксагиз, таусагиз, однак вони містять в собі латексу значно менше, ніж гевея. В хімічному відношенні натуральний каучук здебільшого полімер ненасиченого вуглеводню **ізопрену**:



Молекула натурального каучуку складається із тисяч ланок ізопрену і, що особливо важливо, однаково побудованих і періодично розміщених по всьому полімерному ланцюгу. Відношення довжини молекули до її поперечного перерізу більше 20 000, а середня молекулярна маса каучуку складає 1,6-2,6 млн. одиниць.

Молекула каучуку має лінійну структуру, являє собою довгі нитки, вигнуті, переплутані, скручені в клубки, і кінці їх зближені. Молекулу каучуку порівнюють з круглою незамкненою пружиною, при розведенні кінців якої вона намагається зберегти попередню форму і розміри.

При розтягу каучуку його молекули розпрямляються, орієнтуючись за напрямом розтягуючого зусилля, а при зніманні навантаження під дією внутрішнього теплового руху повертаються в попереднє положення. При критичному навантаженні відбувається розрив внаслідок зміщення молекул одна відносно одної. Висока еластичність натурального каучуку обумовлюється характером будови його молекул і взаємодією між ними.

Каучук легко вступає в хімічні реакції із киснем, галогенами, сіркою і іншими елементами завдяки його ненасиченій хімічній природі. Так, уже при кімнатній температурі кисень, і особливо озон, втілюючись в молекули каучуку, розривають їх на більш дрібні, а каучук, руйнуючись стає крихким і втрачає свої цінні властивості.

Як уже вказувалось вище натуральний каучук має цілий комплекс позитивних властивостей. Однак уже наприкінці 20-х років у всьому світі, і перш за все у високорозвинутих країнах, де були відсутні джерела натурального каучуку, виникла необхідність в його заміні синтетичним продуктом. Причин тут декілька: дефіцитність, висока вартість, залежність від імпорту натурального каучуку.

Перший в світі промисловий синтетичний каучук – натрійбутадієновий виготовляли на базі етилового спирту, отриманого із харчових крохмаломістких продуктів. Тепер хімічна промисловість випускає десятки різновидностей синтетичних каучуків, використовуючи для цього здебільшого найбільш економічну сировину – супутні нафтові гази і гази крекінгу. Це дозволяє отримати каучуки низької вартості.

За своїми властивостями деякі синтетичні каучуки переважають натуральні, але довгий час програвали їм в еластичності. В той же час від еластичності залежить величина міжмолекулярного тертя в гумі при деформаціях і ступінь її нагрівання, що дуже важливо для шинних гум.

Однак, ні натуральний, ні синтетичний каучуки не мають тих властивостей, які вимагаються від гуми. Каучук при зниженні температури стає крихким, а при нагріванні втрачає еластичність і перетворюється в пластичний, маломіцний, легкокорозійний в нафтопродуктах матеріал. Тому каучук змішують з іншими інгредієнтами і піддають вулканізації.

Вулканізація

Вулканізація – це процес обробки відформованого з сирової гуми виробу з метою підвищення його міцності, твердості та інших фізико-механічних властивостей. Вулканізацію проводять в автоклавах або котлах при температурі 130...150°C і тиску 0,1...0,4 МПа. В цих умовах вулканізуючі речовини взаємодіють з лінійними молекулами каучуку, відбувається їх укрупнення і утворення сітчастої структури. Внаслідок цього значно зменшується пластичність каучуку, він набуває еластичності, міцності, нерозчинності в нафтопродуктах, температурну тривкість, тривкість до зношування і інші цінні властивості.

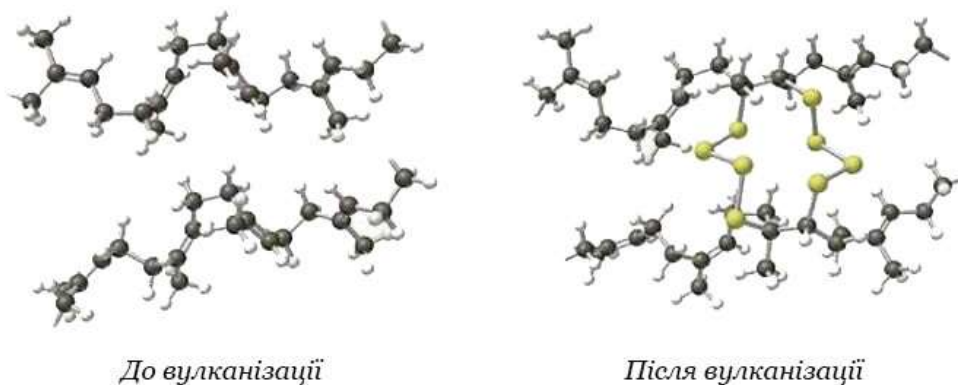


Рис. 11.1. Вулканізація каучуку

Основним вулканізуючим реагентом для шинних гум слугує сірка (рис. 11.1), її вміст в гумовій суміші від 15 до 4 % від маси каучуку. Вперше вулканізація була відкрита в 1839 р. Ч. Гудіаром в США і 1843 р. Т. Геннококом у Великобританії.

Процес вулканізації за допомогою сірки полягає в нагріванні гумової суміші до певної температури і витримці її при цій температурі на протязі часу,

достатнього для того, щоб атоми сірки з'єднали в деяких місцях молекули каучуку, утворивши гуму – матеріал з просторовою структурою молекул, що має нові властивості, відмінні від властивостей каучуку.

Від кількості сірки залежить твердість гуми. При вмісті сірки 40-60 % від маси каучуку він перетворюється в ебоніт – високотвердий матеріал, який зазнає механічній обробці різанням.

Вулканізація гумової суміші відбувається на протязі певного часу і може здійснюватися в широкому діапазоні температур. Для кожної гумової суміші встановлюється оптимальна температура і час вулканізації. Температура вулканізації повинна бути вище температури плавлення сірки і нижче температури плавлення каучуку. Для гум, із яких виготовляються шини вона рівна 130-140°C.

Інгредієнти гумової суміші

Інгредієнтами гумової суміші є **прискорювачі вулканізації**, які скорочують час вулканізації, підвищують фізико-механічні властивості і опір стиранню гуми. До них належать альтакс, каптакс, тіурам, і деякі інші, найчастіше органічні сполуки в кількості 1-2 % від маси каучуку. Від характеру прискорювачів залежить також температура вулканізації;

активатори вулканізації, які активують дію прискорювачів вулканізації, і крім того, підвищують межу міцності при розтягу і опір роздиранню. У вигляді активаторів використовують оксиди деяких металів, головним чином окис цинку, в кількості до 5 % від маси каучуку. Окис цинку підвищує також теплопровідність гуми;

активні наповнювачі (підсилювачі), які слугують для покращення властивостей гуми. Основним підсилювачем шинних гум є сажа, яка підвищує міцність гуми на розтяг, твердість і тривкість до зношування. Сажа підвищує межу міцності при розтягу гум на основі більшості синтетичних каучуків в декілька раз (до 10) і на основі натурального каучуку на 20-30 %. В той же час сажа знижує еластичність гуми, погіршує оброблюваність гумових сумішей. Крім вуглецевих саж, як підсилювачі використовують світлі наповнювачі: біла сажа (кремнезем), окис магнію, окис цинку, вуглекисла магnezія, каолін;

неактивні наповнювачі (наприклад, крейдяна мука, азбестова мука), які застосовують в кількості 30-40 % від маси каучуку для збільшення об'єму гумової суміші і її здешевлення без помітного погіршення основних технічних властивостей;

пом'якшувачі або пластифікатори, які сприяють кращому змішуванню складових частин гумових сумішей, перш за все активних наповнювачів, і роблять гуму більш пластичною. Однак їхня дія часто виходить за вказані межі. Так, пластифікатори підвищують відносне видовження, морозотривкість, знижують твердість, підвищують або знижують клейкість і ін. У більшості випадків як пластифікатори застосовують суміші різних органічних речовин, які є продуктами переробки нафти (мазут, гудрон, парафін, мінеральні масла),

кам'яновугільні смоли, продукти рослинного походження (рослинні каніфоль, соснова смола), синтетичні продукти (полідієни, складні ефіри). Вміст пластифікаторів в гумовій суміші коливається в широких межах – від 2 до 30 % від маси каучуку. При великих кількостях пластифікатор може бути одночасно і наповнювачем;

регенерат, який застосовують для часткової заміни каучуку. Він є спеціально обробленою гумою із гумових виробів, що вийшли з ладу (камери, шини тощо). Використання регенерату дозволяє знизити вартість гумових виробів, і перш за все тих, до яких висуваються не дуже високі технічні вимоги (килимки, обвідні стрічки тощо);

барвники, які фарбують світлі гумові суміші у відповідні кольори. Для цього використовують пігменти мінерального і органічного походження.

До гумових сумішей додають також речовини (в кількості 1-2 % від маси каучуку) для сповільнення протікання процесу старіння, тобто сповільнення погіршення її фізико-механічних властивостей під дією кисню повітря. Старінню сприяють нагрівання, дія сонячних променів і багаторазові згини при роботі. При старінні гуми на її поверхні утворюються тріщини, вона стає крихкою і менш міцною, менше протидіє стиранню. Старіння зменшує термін служби гумових деталей, тому підвищення опору старінню має важливе значення для скорочення затрат на експлуатацію, має важливе значення для скорочення затрат на експлуатацію гумових деталей. Це в першу чергу стосується автомобільних шин, які з однієї сторони, працюють в умовах де діють всі фактори, прискорюючі старіння, і з другої сторони, є дорогими виробами.

Підбираючи інгредієнти і їхнє кількісне співвідношення, отримують гуму різного призначення (протекторна, каркасна, камерна, клеєва, бензотривка, морозотривка, теплотривка тощо) з тими чи іншими вираженими властивостями.

Технологія виготовлення гуми і гумових виробів

Технологічний процес виготовлення гуми і гумових деталей складається із приготування сирової гумової суміші, отримання з неї напівфабрикатів або деталей і їх вулканізація.

Технологічний процес включає в себе такі операції: вальцювання, каландрування, одержання заготовок, формування і вулканізаційну обробку готових виробів.

Для **приготування сирової гуми** каучук розрізають на куски і пластифікують за допомогою багаторазового пропускання через спеціальні валки, підігріті до 40...50°C. У результаті отримують однорідну пластичну масу, що може добре змішуватися з іншими компонентами.

Пластифікований каучук змішують на валках або в спеціальних змішувачах з порошкоподібним наповнювачем і іншими складовими. При цьому дотримується не тільки певна пропорція, але і порядок завантаження.

Першими до каучуку добавляються речовини проти старіння, наприкінці добавляють сірку або прискорювач вулканізації. Отже, одержують однорідну, пластичну і малопружну масу – сиру гуму. Вона легко формується, розчиняється в органічних розчинниках і при нагріванні стає клейкою.

Провальцьована гумова суміш поступає на спеціальні машини (каландри) для одержання сирі гуми у вигляді листків або стрічок певної товщини. За конструкцією каландри складаються із трьох валків, розміщених один над одним. Верхній і середній валки підігріваються до температури 60...95°C, а нижній охолоджується до 15°C. Гумова маса направляється в зазор між верхньою парою валків; нагріваючись від них, вона обгортає середній валок і втягується в зазор між середнім і нижнім валком. Листову гуму, яка виходить з каландра накладають на прокладкову тканину, яка запобігає злипанню, і намотують на дерев'яні барабани. В такому вигляді сира каландрована гума може зберігатися при температурі 5-20°C до трьох місяців. Із каландрованих листів заготовки деталей отримують вирізанням за шаблонами, вирубуванням спеціальними ножами, формуванням на шприцмашині. Будь-який процес формування закінчується процесом вулканізації. Гума в готовому виробі перебуває в термостабільному стані, вона нерозчинна, але має здатність набухати в розчинниках і не пластична. Вихідна ж невулканізована суміш має добру пластичність, яка забезпечує можливість формоутворення різноманітних виробів.

Для отримання вискоеластичних міцних виробів (шин, трансмісійних стрічок, рукавів і ін.) гумову суміш наносять на високоміцні тканини (корд, белтінг) із бавовняного волокна, поліамідного або поліефірного волокна. Для зчеплення гуми з тканиною застосовують способи напресовування або просочування. В першому разі тонкі листи каландрованої сирі гуми на спеціальних додаткових дублюючих каландрах напресовують на тканину. В другому разі тканину просочують розчином гумової суміші (гумовим клеєм) і сушать для випаровування розчинника. Прогумовану тканину розкривають, розрізають, збирають в пакети і пресують у вироби.

Багато гумових виробів армують металами. Але між гумою і металами (сплавами) не виникає явище адгезії, тому метали можуть легко вириватися із виробу. Для виникнення адгезії між металевою арматурою і гумою на метал наносять клейову плівку або здійснюють латунування.

У гумі не всі лінійні молекули зчеплені в трьохмірні, тому вона втрачає еластичність каучуку. Якщо ж вміст сірки в гумі довести до 30...35 %, то атоми сірки скріплюють всі лінійні молекули каучуку в трьохмірні. При цьому молекули каучуку стають крупніші, еластичність зменшується, твердість збільшується, утворюється новий матеріал – ебоніт. ***Ебоніт** отримують змішуванням каучуку із значною кількістю сірки із наступним нагріванням.* Змішування проводять на валках або змішувачах. Як наповнювач використовують ебонітовий пил – подрібнені відходи виробництва. Отриману ебонітову суміш переробляють в листовий або профільний матеріал, формують і піддають вулканізації.

Ебоніт має високу хімічну тривкість, є добрим діелектриком, легко обробляється, але має низьку теплотривкість. Його застосовують для виробництва корпусів і пластин акумуляторів, деталей апаратури в хімічному машинобудуванні тощо.

Якщо сполучення молекул каучуку проводити не за допомогою атомів сірки, а прямо – вуглець з вуглецем (така реакція сполучення молекул каучуку відбувається при температурі вище 300 °С), отримується тверда речовина – ескапон, що має дуже високі електроізоляційні властивості. *Ескапон* – прозора склоподібна маса, добре оброблюється і полірується. Він хімічно стійкий, витримує нагрівання до 400...500 С, знайшов застосування як високочастотний діелектрик в радіолокації і радіотехніці і для виготовлення лаків.

Класифікація гуми

Гума, що використовується в машинобудуванні, залежно від властивостей поділяється на 10 класів:

1-й клас, група А – м'які і середньої твердості гуми 922, 1432, 1448, 2005, які працюють при незначному стиску як ущільнювачі у воді, повітря і спиртогліцеринових сумішах при температурі $-30 \dots +80^{\circ}\text{C}$; **група Б** – гума середньої твердості 3822, яка використовується для виготовлення профільних прокладок – ізоляторів води і повітря, працює в інтервалі температур $-45 \dots +80^{\circ}\text{C}$;

2-й клас – гуми кольорові середньої твердості 1Ж, 6Ж і 3853 для запресовування кінців проводів;

3-й клас, група А – гуми середньої твердості 2961 і 3109, що працюють при незначному стиску в бензині і маслі; **група Б** - тверді гуми 551, 2542, 3465, 4061, що застосовуються для виготовлення прокладок і ущільнюючих деталей, працюючих при значному терті на повітрі, в бензині, керосині і маслі; **група В** - маслобензотривка армована гума середньої твердості 3063; **група Г** - маслобензотривка гума підвищеної морозотривкості; **група Д** – м'яка гума 3508, високої маслобензотривкості, що застосовується при виготовленні ущільнюючих кілець, працюючих при незначних стисках;

4-й клас – гуми середньої твердості і підвищеної морозотривкості 2651, 2667, 2671, 3909, що застосовуються для виготовлення профільних ущільнюючих виробів, неармованих амортизаторів, кілець і прокладок, працюючих у водяному, повітряному середовищах і спиртогліцериновій суміші. Працездатні при температурі 0°C і вище.

5-й клас, група А – гуми тверді і середньої твердості 56, 3701, 3949, призначені для роботи при стиску і розтягу у воді, повітрі і спиртогліцериновій суміші; **група Б** – м'які і особливо еластичні гуми 3311, 3701, працюючі в умовах розтягу і незначного стиску в тих же середовищах, що і гуми групи А;

6-й клас – м'які, середньої твердості і тверді гуми 1847, 2959, 2462, призначені для роботи в сполучі з металом в якості амортизаторів;

7-й клас – гуми великої твердості 2696, 3491, 4094, працюючі в умовах значного стиску в інтервалі температур від -30° до $+80^{\circ}\text{C}$;

8-й клас – гуми теплостійкі середньої твердості 3687 і 5168, що застосовуються для виготовлення прокладок для гарячої води та пари і які витримують нагрівання до 150°C ;

9-й клас – гуми підвищеної морозотривкості В-14, 98-1, 4326-1, 4327, 4410 для виготовлення прокладок, кілець, манжет, працюючих в умовах стиску і тертя при низьких температурах (до -100°C);

10-й клас, група А – маслобензотривкі гуми 3819, 3823, 3824, 3836, 3834, 9722, що застосовуються для виготовлення прокладок і ущільнювачів, працюючих у воді, повітрі, бензині, керосині і маслі; **група Б** – гуми високої твердості 3825, 4004, 4008, працюючі в тому ж середовищі, що і гуми групи А; **група В** – маслобензотривкі гуми з пробковим наповнювачем 3838, 3883, 4069, що застосовуються для виготовлення ущільнюючих прокладок, працюючих у водяному і повітряному середовищах, маслі і керосині.

У техніці також широке застосування отримали особливо легкі гуми – спінені і пористі еластomers. В останні роки широкого поширення набули губчаті гуми - пористий матеріал на основі твердих каучуків або латексів (водних дисперсій полімерів) і вспінюючих. Ці гуми мають амортизаційні, тепло- і звукоізоляційні та герметизуючі властивості. Застосовуються у виробництві м'яких сидінь, ущільнюючих прокладок, амортизаторів, синтетичних килимків, штучної шкіри.

Фактори підвищення ефективності виробництва і використання полімерів, каучуків і виробів з них

Для підвищення ефективності використання каучуків і виробів з них розширюється асортимент синтетичних каучуків, намічається різке збільшення випуску високоякісних стереорегулярних бутадієнових і ізопренових каучуків загального призначення марок СКД і СКІ-3, що дозволить підвищити термін служби автомобільних шин приблизно на 20 %, а також знизити витрати натурального каучуку.

Економічні показники виробництва синтетичних каучуків значною мірою залежать від вартості вихідної сировини. Вартість сировини й основних матеріалів у промисловості синтетичних каучуків залишається високою – близько 75 %, досить значна частка витрат на сировину й у собівартості гумових виробів (у шинному виробництві до 87 %). Тому зниження вартості сировини, а також її витрат має вирішальне значення для підвищення економічної ефективності виробництва каучуку і виробів з нього.

Для підвищення ефективності використання полімерних матеріалів велике значення надається повторній переробці виробничих відходів, а також браку. Найбільш розповсюджені відходи, які використовують як вторинну полімерну сировину – ливники, облой, стружка, браковані деталі.

ПРОГРАМА ПІДГОТОВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити теоретичний матеріал за цим посібником та навчальною літературою.

ЗАВДАННЯ Й МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

1. Вивчити теоретичні основи технології виробництва гумових виробів.

2. Розглянути і записати в зошит: а) що таке гума? Які специфічні технічні властивості типові для неї? б) для чого використовується гума? в) які матеріали є вихідними для отримання гуми, їхня характеристика? г) в чому суть і мета процесу вулканізації? д) які інгредієнти гумової суміші ви знаєте та їхнє призначення? ж) в чому суть технології виготовлення гуми і гумових виробів? є) на які класи поділяється гума, що використовується в машинобудуванні, залежно від властивостей? е) які фактори підвищення ефективності виробництва і використання каучуків і виробів з них?

Контрольні запитання

1) Що таке гума? Які специфічні технічні властивості типові для неї?
Для чого використовується гума?

2) Схарактеризувати матеріали, що використовуються для отримання гуми?

3) Схарактеризувати технологію вулканізації гуми?

4) Схарактеризувати інгредієнти гумової суміші, їхнє призначення.

5) Схарактеризувати технологію виготовлення гуми і гумових виробів?

6) На які класи поділяється гума, що використовується в машинобудуванні, залежно від властивостей?

7) На рахунок яких чинників можна підвищити ефективність виробництва і використання каучуків ?

Практична робота №12

ТЕХНОЛОГІЯ ПРИГОТУВАННЯ СКЛОМАСИ І СПОСОБИ ВИРОБНИЦТВА СКЛОВИРОБІВ

Мета: вивчити теоретичні основи технології приготування скломаси і способи виробництва скловиробів

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Розрізняють органічне і неорганічне скло.

Скло органічне – це технічна назва прозорих пластмас на основі поліметилметакрилату, полістиролу, полікарбонатів, полівінілхлориду і ін.

Неорганічне скло – це аморфна речовина, отримувана внаслідок сплавлення переважно оксидів і деяких безоксидних сполук. Оксиди скла поділяють на склотвірні, модифікаційні та проміжні.

Склоподібний стан є різновидністю аморфного стану речовини. При переході скла із розплавленого рідкого стану в твердий аморфний в процесі швидкого охолодження і зростання в'язкості безладна структура, властива рідкому стану, ніби “заморожується”. В зв'язку з цим неорганічне скло характеризується невпорядкованістю внутрішньої будови.

До складу неорганічного скла входять склотвірні окисли кремнію, бору, фосфору, германію, миш'яку, що утворюють структурну сітку, та модифікаційні окисли натрію, калію, літію, кальцію, магнію барію, які змінюють фізико-механічні властивості скломаси. Крім того, до складу неорганічного скла вводять окисли алюмінію, заліза, свинцю, титану, берилію і ін., що самостійно не утворюють структурний каркас, але можуть частково замінювати склотвірні речовини і цим самим надавати склу ті або інші технічні характеристики. В зв'язку з цим промислове скло є складною багатокомпонентною системою.

Склотвірний каркас скла є неправильною просторовою сіткою, що утворена кремнієкисневими тетраедрами. На рис. 12.1, *а* показана така сітка кварцового скла. При частковому заміщенні кремнію в тетраедрах, наприклад, на алюміній або бор, утворюється структурна сітка алюмосилікатного $[\text{S}_x\text{AlO}_4]^Z$ або боросилікатного $[\text{S}_x\text{BO}_4]^Z$ скла.

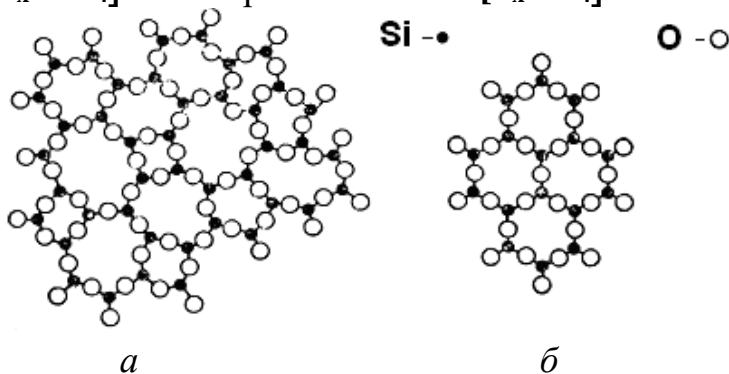


Рис. 12.1. Схема розміщення частинок в кристалі кварцу (оксиду кремнію) (а) і кварцовому склі (б)

Іони лужних (Na, K і ін.) і лужноземельних (Ca, Mg, Ba і ін.) металів називаються модифікаторами; в структурній сітці скла вони розміщуються в проміжках тетраедричних угруповань (рис. 12.1, б). Введення Na_2O або інших модифікаторів розриває міцні зв'язки Si - O - Si і знижує міцність, термо- і хімічну тривкість скла, одночасно полегшуючи технологію його виробництва.

Скло класифікують за низкою ознак: за склотвірною речовиною, за призначенням і залежно від виду модифікатора і від хімічної природи склотвірної речовини скло поділяють на *силікатне* (SiO_2), *алюмосилікатне* ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$), *боросилікатне* ($\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$), *алюмоборосилікатне* ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$), *алюмофосфатні* ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$) тощо. Залежно від виду модифікаторів скло буває лужним (містить окисли Na_2O ; K_2O), безлужним і кварцовим. За призначенням скло поділяють на технічне (оптичне, світлотехнічне), електротехнічне, хіміко-лабораторне, для приладів, для труб, будівельне (віконне, армоване, для вітрин, склоблоки) і побутове (склотара, для посуду, побутові дзеркала тощо).

Технічне скло в більшості випадків відноситься до алюмоборосилікатної групи і відрізняється різноманітністю вхідних окислів. Скло випускається промисловістю у вигляді готових виробів, заготовок або окремих деталей.

Коротка характеристика сировини потрібної для одержання скла

Сировинні матеріали поділяють на основні (кремнеземні, лужні, скляний бій), що надають склу основні фізико-хімічні властивості, допоміжні (освітлювачі, барвники, глушители), сприяючі покращенню якості скломаси, прискоренню варіння, забарвленню або знебарвленню скла.

Більшість виробів із скла одержують на основі силікатного скла, масова частка кремнезему SiO_2 в яких складає 55...82%. Для виробництва такого скла застосовують природні матеріали, що містять кремнезем: кварцовий пісок, кварцити, піщаники тощо. Поряд з цим за останні роки почали використовувати вулканічні гірські породи. Для отримання виробів із особливого чистого кварцового скла застосовують гірський кришталі і діоксид кремнію, який виробляють штучно.

Кварцовий пісок – продукт руйнування гірських порід, складається із зерен кварцу і домішок (глина, породи польового шпату, вугілля, сполуки заліза і ін.). До складу всіх цих пісків входить найбільш шкідлива домішка – оксид заліза, яка забарвлює скло в зелений або жовтий колір. В зв'язку з цим стандартом для скловаріння, встановлена концентрація оксиду в пісках, призначених для виробництва різних видів виробів:

- оптичне скло – не більше 0,001;
- кришталі – 0,01...0,015;
- технічне скло – 0,03...0,07;
- віконне скло – 0,05...0,15 ;
- скляна тара – 0,05...0,25 .

У пісках присутні також забарвлюючі оксиди хрому Cr_2O_3 і титану TiO_2 . Оксид хрому забарвлює скло в зелений колір, а діоксид титану в присутності заліза забарвлює скло в жовтий колір. Вміст в піску Cr_2O_3 не повинен бути більший за 0,0001 %, а TiO_2 – 0,05 % за масою.

Основними лужноземельними оксидами, що входять до складу скла, є оксид кальцію CaO і оксид магнію MgO . Оксид кальцію підвищує хімічну тривкість скла, полегшує процес варіння і освітлення скломаси. Вводять оксид кальцію в скло за допомогою природних карбонатів, кальцію, вапняку, крейди і мрамору. Оксид магнію покращує низку важливих фізико-хімічних властивостей скла. При заміні кальцію оксидом магнію підвищується механічна міцність скла, зменшується коефіцієнт розширення скла, зменшується схильність скла до кристалізації. Вводять оксид магнію в скло за допомогою природного матеріалу – доломіту ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$).

Лужною сировиною в складі скла є оксиди натрію Na_2O і калію K_2O . Присутність оксидів лужних металів в багатокомпонентному склі знижує термічну і хімічну тривкість скла, послаблює їхні механічні властивості. Поряд з цим вони сприяють зниженню в'язкості розплавів і температури варіння. Оксид натрію вводять в скло через кальциновану соду (Na_2CO_3) і сульфат натрію (Na_2SO_4), а оксид калію через поташ (K_2CO_3), содовопоташну суміш і селітру. Введення до складу скла оксиду калію замість оксиду натрію надає склу блиск і прозорість, покращує рисунок скла. В зв'язку з цим його вводять у скло здебільшого при виробництві сортової посуду, кришталю, кольорового і оптичного скла.

У виробництві оптичного скла, виробів із кришталю, штучного дорогоцінного каміння застосовують оксид свинцю PbO – важкий легкоплавкий матеріал, який збільшує показник заломлення скла, надає йому блиск і підвищує густину, знижує теплоємність і температуру плавлення скла, сприяє кращому розчиненню барвників в склі. Свинцеве скло легше зазнає гранці, шліфуванню і поліруванню. Вводять оксид свинцю в скло в складі свинцевого сурику Pb_3O_4 або свинцевого глету PbO .

Оксид цинку ZnO застосовують при виробництві сортової посуду, світлотехнічних виробів, а також механічно міцного, термотривкого і хімічного тривкого технічного скла. Вводять оксид цинку в скло через цинкові білила (що містять не менше 96 % ZnO); в окремих випадках через вуглекислий цинк ZnCO_3 (в природі це цинковий шпат – мінерал галмей).

Для виробництва кришталевого і спеціального скла застосовують також оксид барію BaO і інші добавки.

При виробництві виробів із скла на різних технологічних операціях (формування, відпалювання, декорування, сортування і ін.) утворюються відходи скла у вигляді забракованих виробів і скляного бою, які знову використовуються у виробництві. Скляний бій здійснює сприятливий вплив на процес скловаріння, зменшуючи при цьому розпилення і розшарування скляної шихти, знижуючи витрати палива і дефіцитних сировинних матеріалів, зокрема свинцевого сурику і соди. Звичайно використовують суміш, яка складається із

65...75 % шихти сировинних матеріалів і 25...35 % скляного бою. Введення в піч для скловаріння підвищеної кількості скляного бою (більше 50 %) призводить, як правило, до погіршення однорідності скломаси.

Для прискорення скловаріння застосовують сполуки фтору і хлору, а також нітрати натрію, калію, барію і амонійні солі сприяючи появі рідкої фази при більш низьких температурах. Шихта з добавкою 1 % фтору при 1450°C проварюється в два рази швидше, ніж шихта без фтору. Вводять дані елементи в склад шихти за допомогою кремній-фтористого натрію (**Na₂SiF₆**), хлористого натрію (**NaCl**).

Освітлювачі – матеріали, що вводяться до складу шихти і які сприяють звільненню скломаси від газових включень. Як освітлювачі використовують сульфат натрію, селітру, оксиди миш'яку і сурми, а також амонійні солі.

Для усунення зеленого відтінку, який надається склу оксидами заліза, в загальний склад шихти вводять знебарвлюючі речовини. Вони бувають фізичні і хімічні. При фізичному знебарвленні до складу скла вводять барвники, які забарвлюють його в колір, додатковий до забарвлення сполуками заліза, і нейтралізують небажаний відтінок, поглинаючи надлишок зелених променів. Як фізичні знебарвлюючі застосовують селен, закис нікелю, оксид кобальту, перекис марганцю і оксиди рідкоземельних елементів (неодиму і ербію).

При хімічному забарвленні оксиди заліза, які є в склі, переводять із двохвалентної в трьохвалентну форму, оскільки питоме поглинання світла двохвалентного заліза в області видимих променів спектра в 10 раз більше трьохвалентного заліза. Сині і фіолетові промені з довжиною хвилі 500 x 10 м трьохвалентне залізо поглинає, а червоні і жовті пропускає. Хімічно знебарвлене залізо звичайно має слабкий жовтувате зелений відтінок, маючи при цьому високе світлопроникнення.

Із метою забезпечення в шихті надлишку кисню застосовують окислювачі (речовини, які при розкладанні виділяють кисень), які є хімічними знебарвлювачами (селітри, оксиди миш'яку, сурми і церію).

У деяких випадках застосовують кольорове скло, яке забарвлюють за допомогою барвників.

Забарвлюють скло в різні кольори сполуки металів, які розчиняються в скломасі (молекулярні барвники) або рівномірно розподіляються у вигляді дрібних колоїдних частинок (колоїдні барвники). Забарвлення скла залежить не тільки від властивостей барвників, але і від хімічного складу скла і умов його варіння. Молекулярні барвники – це сполуки кобальту, марганцю, нікелю, міді, заліза, урану, селену, хрому, кадмію. Колоїдні барвники викликають утворення в масі скла завислих колоїднодисперсних складових металів або їх сполук. Це сполуки золота, сурми, закисна мідь, селен.

У деяких випадках до скла добавляють глушители, які надають йому властивість розсіювати світло і здаватися непрозорим (приглушеним). При введенні в скломасу вони утворюють сполуки, які виділяються при охолодженні розплаву у вигляді краплин і частинок величиною біля 1 мкм. Найбільш широко використовують як глушители сполуки фтору і фосфору.

Приготування скломаси і способи виробництва скловиробів

При виробництві скломаси спочатку здійснюють підготовку сирих склотвірних матеріалів: вони сушаться, просіюються, подрібнюються, старанно змішуються. Чим однорідніша шихта, тим краща якість скла.

Варка скломаси проводиться в ванних або горшкових печах. Найбільше поширення отримали ванні печі безперервної і періодичної дії типу мартенівських для плавлення сталі. Печі працюють на газоподібному або рідкому паливі. Варіння оптичного і іншого скла для ручної роботи ведуть в горщиках-тиглях різного об'єму. Прозоре скло отримують плавленням гірського кришталю, який попередньо подрібнюють і спікають у вакуум для видалення пухирців повітря. Температура варіння скла коливається в межах 1000...1500°C, для кварцового скла 1800...2000°C.

Отриману рідку однорідну масу переробляють у вироби різними методами: видуванням, витягуванням, пресуванням або прокаткою. Всі ці операції проводять з гарячою скломасою, підстиженою до температури 1200°C для тримання потрібної в'язкості.

Листове скло, трубки, стержні отримують витягуванням і прокаткою на спеціальних машинах. Суть процесу витягування листа така. В охолоджену до потрібної температури скломасу вводять спеціальний пристрій, який називається човник, що має наскрізний поздовжній розріз. Через розріз в човнику скляна маса витягується азбестовими валками, що обертаються назустріч один одному. Для покращення світлопроникнення гаряче листове скло після прокатки піддають поліруванню на спеціальних установках.

Товстостінні вироби і заготовки виготовляють методом штампування. Певну кількість розплавленої скломаси розміщують в матриці, робоча порожнина якої відповідає зовнішній формі виробу, що виготовляється. Склomasу в матриці стискають за допомогою пуансона, який має форму внутрішньої поверхні виробу. Після охолодження готовий виріб виймають із прес-форми.

Тонкостінні вироби складної конфігурації, наприклад, балони ламп, електропроменевих трубок і інших електровакуумних приладів, отримують видуванням вручну і за допомогою високопродуктивних верстатів. При видуванні розплавлену скломасу набирають на видувальну металеву трубку і розміщують її в спеціальній металевій формі. Трубка із скломасою обертається при поступовій подачі повітря, що роздуває скломасу. Через деякий час скломаса приймає конфігурацію, яка відповідає порожнині металевій форми.

Деталі, які експлуатуються в умовах великих теплових навантажень, виготовляють методом спікання із склопорошків. Порошок отримують із скляних заготовок (наприклад, трубок) шляхом розмелювання на шнекових або валкових дробилках з наступним подрібненням на кульових машинах. Спікання проводять на спеціальних установках в графітових формах, так як графіт не змочується склом. Нагрівають порошок до температури спікання звичайно струмами високої частоти.

Застосовують також методи прямого лиття (для низьков'язких мас і виготовлення простих виробів), лиття під тиском і відцентрового лиття. Техніка і технологічні прийоми ідентичні з переробкою металів.

Скляні вироби і напівфабрикати після виготовлення піддають відпалюванню для зменшення внутрішніх напружень. Відпалювання ведуть при температурі, що відповідає в'язкості скла в межах $10^{13,5}$ - $10^{14,5}$ Пуазейль. У більшості випадків призначається з врахуванням товщини стінки виробу і низької теплопровідності скла. Вироби нагріваються до температури 500...600°C і повільно охолоджуються.

Для отримання високої міцності скло гартують: нагрівають до температури, що переважає на 15...20°C температуру відпалювання, і швидко охолоджують шляхом обдування стиснутим повітрям.

Крім термічної, вироби із скла піддають хімічній, механічній обробці. Перша полягає в нанесенні на поверхню виробів матових малюнків з допомогою плавикової, сірчаної і інших кислот, що розчиняють скло; друга в гранці, шліфуванні, поліруванні і нанесенні малюнків на поверхню виробів і при цьому використовуються абразивні матеріали.

Термохімічне зміцнення полягає в гартуванні виробу в підігрітих кремнійорганічних рідинах. Міцність загартованого отже скла значно переважає міцність звичайного. Це пояснюється утворенням полімерних плівок на поверхні матеріалу.

Травлення поверхні плавиковою кислотою сприяє усуненню поверхневих дефектів, що призводить до підвищення термостійкості і міцності.

Вироби зі скла, їхнє застосування

За способом виробництва вироби із скла бувають пресовані (стакани, розетки, салатниці, ізолятори, склоблоки); видувні (склоблоки, стакани); пресовидувні (стакани, пляшки); витяжні (листова, профільне скло, облицювальні плитки); виготовлені відцентровим способом лиття (побутовий посуд, конуси кінескопів). Механізованими способами (машинними) виробляють, як правило, масові вироби із скла (побутовий посуд, листове скло), а ручними – художні і декоративні. Вироби із скла бувають кольорові і безкольорові.

За призначенням скловироби поділяють на побутові, технічні, промислові, архітектурно-будівельні і спеціальні.

Листові матеріали. Найбільше поширення в будівництві знаходять такі види листового скла, як віконне, загартоване, трьохшарове, армоване, узорчате, поліроване (див. табл. 12.1).

Формується скло здебільшого методом витягування, а скло товщиною більше 8 мм виготовляється прокаткою на спеціальних столах або машинках. Витягування листового скла проводиться на машинах; вертикального витягування за човниковим або безчовниковим способом. Середня швидкість витягування 80...100 м/год.

Маркування листового скла

Марка скла	Товщина, мм	Умовна назва	Рекомендована область застосування
M1	2...6	Дзеркальне поліпшене	Виготовлення високоякісних дзеркал, вітрового скла легкових автомобілів
M2	2...6	Дзеркальне	Виготовлення дзеркал загального призначення, безпечного скла транспортних засобів
M3	2...6	Технічне поліроване	Виготовлення декоративних дзеркал, безпечного скла транспортних засобів
M4	2...6	Віконне поліроване	Високоякісне скління світлопрозорих конструкцій
M5	2...6	Віконне неpolіроване	Скління світлопрозорих конструкцій, безпечного скла для сільськогосподарських машин
M6	2...6	Те саме	Скління світлопрозорих конструкцій
M7	6,5...12	Вітринне поліроване	Високоякісне скління вітрин, вітражів
M8	6,5...12	Вітринне неpolіроване	Скління вітрин, вітражів, ліхтарів

Віконне скло, яке виготовляється за човниковим або безчовниковим способом витягування, випускається у вигляді листів різних розмірів при товщині від 2 до 6 мм. За товщиною листа віконне листове скло поділяється на шість видів 2; 2,5; 3; 4; 5; 6 мм. В залежності від наявності дефектів віконне скло ділиться на два сорти: перший і другий. Скло має рівну поверхню і пропускає не менше 84 % падаючого на нього світла. Віконне скло має міцність при стиску 600...900 МПа, при розтягу – 10...14 МПа і витримує зміни температури в межах 70°C.

Загартоване скло (сталініт) – звичайне скло, яке пройшло гартування, тобто скло нагріте до 620...680°C, витримане при цій температурі і швидко та рівномірно охолоджене з обох боків у струмені стиснутого повітря або в мінеральній оліві. При цьому в склі у поверхневих шарах виникають напруження стиску, які підвищують міцність на стиск, ударну в'язкість і термостійкість. Загартоване скло легко витримує зміни температури в межах 270°C. Різати алмазом загартоване скло неможливо, оскільки воно руйнується на дрібні частинки з тупими краями. Загартоване скло випускається у вигляді листів певних розмірів, які нарізаються зі звичайного скла перед гартуванням. Застосовується воно на автомобільному, залізничному і повітряному транспорті, у вітринах, дверях тощо.

Трьохшарове скло (триплекс) – це два або більше листів загартованого скла товщиною 2...3 мм, склеєних еластичним прозорим полімером. Трьохшарове скло має більш високу міцність, ніж звичайне. При руйнуванні цього скла появляються тріщини, що розходяться радіально, утворюючи при цьому осколки, які не відскакують, а утримуються проміжним шаром. Випускається воно у вигляді прямокутних або фасонних листів товщиною 5 (одинарне) і 6 (подвійне) мм. Різати алмазом таке скло не можна.

Використовується в автомобілях, автобусах, тролейбусах, літаках і т.д., а також для обладнання дверей і ліхтарів денного освітлення. З бігом часу за рахунок окислення проміжного прошарку знижується його світлопроникнення.

Армоване скло має в своїй масі металеву сітку – арматуру. Виготовляється воно у вигляді плоских і хвилястих листів прямокутної або квадратної форми певних розмірів і утримує осколки, що утворюються при ударах і різкій зміні температури. Міцність на згин армованого скла 30...40 МПа. Застосовується воно для обладнання кабін підйомників, а також для покрівлі промислових будівель, обладнання перегородок і т.п.

Узорчате скло на одній або двох поверхнях має рельєфний малюнок, здатний розсіювати світло. Застосовується воно в жилих і адміністративних будівлях, щоб отримати розсіяне освітлення, захистити приміщення від прямих сонячних променів. Випускається у вигляді листів довжиною від 400 до 1806 мм, шириною від 400 до 1200 мм і товщиною від 3 до 6,5 мм.

Поліроване скло товщиною від 4 до 9 мм з паралельними відполірованими і відшліфованими поверхнями за призначенням ділиться на дзеркальне (ПЗ), транспортне (ПТ), будівельне (ПС). Найбільш якісним є дзеркальне скло, поверхні якого повинні бути строго паралельними. Виготовляється воно прокаткою на столах; застосовується для виготовлення дзеркал. Будівельне і транспортне поліроване скло виготовляють методом витягування і застосовують для обладнання вікон і дверей адміністративних будівель і вагонів.

Фотоскло – листове безкольорове скло для виготовлення фотопластинок. Товщина його може бути 0,8...2,0 мм при різнотовщинності не більше 0,1 мм.

Скляні труби випускаються довжиною від 1 до 2 м, внутрішній діаметр до 200 мм. При вертикальному або горизонтальному витягуванні отримують безшовні труби, здатні витримувати внутрішні тиски. Скляні труби порівняно з металевими мають більш високу хімічну тривкість, гладеньку внутрішню поверхню, більшу пропускну здатність, більш легко піддаються очищенню. Прозорість скляних труб дає можливість спостерігати за процесом, що відбувається всередині, виявити пошкодження і усунути несправності при експлуатації, крім того вони мають меншу і малу теплопровідність. Разом з трубами виготовляються трійники, відводи і інші деталі, що застосовуються для обладнання комунікацій і трубопроводів.

Застосовуються труби для прокладки водопроводу, каналізації, телефонного і силового кабелю, закритої електропроводки, для транспортування агресивних рідин і газів, а також для обладнання трубопроводів в молочній і спиртогорілчаній промисловості. З'єднання окремих труб проводиться за допомогою муфт або фланців з гумовими прокладками.

Вироби архітектурно-будівельного призначення – це скляні пустотілі блоки, облицювальні і коврово-мозаїчні плитки, кольорове скло для вітражів, скломрамор і т.д.

Пустотілі скляні блоки являють собою дві порожнинні половинки, з'єднані в один блок розмірами 194*194*98 і 194*194*60 мм (квадратної форми

ЕК-98) і 194*209*96 або 194*209 *60 мм (кутової БУ-98). Внутрішня поверхня має рифлення для кращого розсіювання світла. Половинки з'єднують так, щоб рифлення були взаємоперпендикулярні. Скляні блоки мають високі тепло- і звукоізоляційні властивості, необхідну міцність, повітряну непроникність. Застосовують для заповнення віконних рам, прозорих перекриттів тощо.

Облицювальні плитки отримують із прозорої або забарвленої скломаси пресуванням в металевих формах. У момент пресування плиткам може бути наданий орнамент. Облицювальні плитки мають високу хімічну і атмосферотривкість і мають високі санітарно-гігієнічні якості, легко миються, водотривкі. Випускаються вони розміром 150*150 мм і застосовуються для оздоблення зовнішніх і внутрішніх стін кухонь, санвузлів, торгових приміщень, кафе, ресторанів і інших приміщень з підвищеною вологістю. Ці плитки повністю замінюють більш дорогі керамічні глазуровані плитки.

Новим видом виробів із скла є склопакети, що являють собою два скла, герметично склеєних між собою так, що між ними залишається повітряний проміжок в 15 мм. Використання склопакетів в житловому будівництві для обладнання віконних рам скорочує втрати тепла. При цьому на 40...50 % скорочуються витрати деревини.

Піноскло – легкий пористий формований матеріал, що є затверділою скляною піною; має високі тепло- і звукоізоляційні властивості і використовується для теплоізоляції стін і перекриттів жилих, промислових і громадських приміщень, а також для ізоляції трубопроводів.

Електровакуумне скло застосовується для оболонок електричних ламп, радіоламп, фотоелементів, люмінесцентних ламп, генераторних ламп, іонних випрямлячів і ін. Як електровакуумне скло використовують силікатне, боросилікатне, алюмосилікатне і кварцове скло. Головною вимогою до електровакуумного скла є певний коефіцієнт лінійного розширення (від 5*10 до 90*10) і термічна тривкість (від 100 до 1000°C) в залежності від особливостей даного приладу.

Скло для обладнання хімічних виробництв і хіміко-лабораторне скло (для колб, реторт і т.п.) повинно мати хімічну тривкість проти різних реагентів. Використовують бороалюмосилікатне з добавками інших оксидів для збільшення стійкості.

Світлотехнічне скло використовують в таких випадках, коли потрібно змінити світловий потік, головним чином штучних джерел світла. До таких виробів належать розсіювачі, лінзи, ковпаки, світлофільтри, фари автомобілів, захисні окуляри (від сонячного світла і електродугового зварювання).

Оптичне скло застосовують в мікроскопах, телескопах, фото- і кіноапаратах і інших оптичних приладах. Основні вимоги до оптичного скла - висока ступінь однорідності, точні значення показника заломлення.

Матеріали на основі скловолокна (СВАМ) – скловолокнисті анізотропні матеріали. Армуючим в даному разі є скляне волокно, зв'язуючим – смоли. Отримуються легкі матеріали з високою тривкістю і малою гігроскопічністю, і, крім того, вони не загнивають і не руйнуються гризунами.

На основі СВАМ можуть бути виготовлені крупногабаритні панелі і плити для стін і перекрить, легкі збірні конструкції, листи для покрівлі і перегородок, плоскі листи з декоративним оздобленням для перегородок, дверей, карнизи і т. д. Міцність СВАМ визначається міцністю скловолокна і співвідношенням скловолокна і зв'язуючого елементу. Як зв'язуючі використовують карбамідні, епоксидні і інші смоли. Міцність СВАМ зростає в міру підвищення кількості скловолокна (до 65 %) діаметром 14...16 мкм. Виготовляється СВАМ на основі окремих волокон і на основі текстильних скловолокнистих матеріалів (тканини, стрічки). Представником матеріалів СВАМ є склопластики, які отримуються на основі скловолокна і синтетичних смол (фенольних, карбамідних і ін.) в результаті гарячого пресування. Із волокна для цих цілей виготовляють пряжу, тканини, рівницю. Склопластики мають високу міцність на згин (120...400 МПа) при об'ємній масі 1,4 – 1,9 г/см³.

Склопластики легкі, міцні, негігроскопічні і не піддаються загніванню і корозії. У вигляді плоских листів вони використовуються для покрівлі, а також як оздоблювальний матеріал.

Склопрофільм – швелерного або коробчастого вигляду отримується методом горизонтальної прокатки довжиною до 6 м. Він має високу міцність на згин і світло-пропускну здатність (40...70 %). Застосовується для обладнання внутрішніх перегородок, плоских покрівель, ліфтових шахт і т. п.

Ситали і шлакоситали – склокристалічні матеріали – отримують із природних і інших видів сировини, що використовується для отримання скла і шлаків з введенням добавок, обумовлюючих кристалізацію. Завдяки дрібнокристалічній структурі вони мають високу міцність (49...147 МПа), термостійкість (200...1100°C) і опір стиранню. Ситали можуть бути непрозорі і прозорі, світлих і темних кольорів. Використовують в хімічному машинобудуванні в якості трубопроводів для агресивних рідин, деталей насосів, реакторів, мішалок, а вироби із шлакоситалів – для оздоблення стін, покрить підлоги в промислових і громадських спорудах.

ПРОГРАМА ПІДГОТОВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити теоретичний матеріал за цим посібником та поданою навчальною літературою.
2. Накреслити в зошит таблицю 12.1.

ЗАВДАННЯ Й МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

1. Вивчити теоретичні відомості про технологію приготування скломаси і способи виробництва скловиробів.
2. Розглянути і записати в зошит:
 - а) що таке скло? Які компоненти утворюють неорганічне скло?
 - б) за якими ознаками класифікують скло?
- 3) Описати:

- а) сировину необхідну для одержання скла?
- б) як готують скломасу і які способи виробництва скловиробів?
- в) які вироби виготовляють зі скла та їхнє застосування?

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 1) Що таке скло? Які компоненти входять до складу неорганічного скла?
- 2) За якими ознаками класифікують скло?
- 3) Схарактеризувати сировину необхідну для одержання скла?
- 4) Схарактеризувати технологію приготування скломаси і способи виробництва скловиробів?
- 5) Схарактеризувати вироби зі скла? Де їх застосовують?.

Практична робота № 13

ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ

Мета: вивчити теоретичні основи одержання лакофарбових матеріалів, їхню структуру, властивості, застосування

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Особливості композиційної побудови лакофарбових матеріалів і покриттів

Лакофарбовими називають природні чи штучні матеріали, які наносять у в'язкорідкому стані тонким шаром (60...500 мкм) на поверхню будівельних конструкцій та деталей (бетонних, дерев'яних, металевих тощо) для утворення покриття з необхідними властивостями – захисними, декоративними, спеціальними. Загальною ознакою всіх лакофарбових покриттів є ізоляція поверхні від зовнішніх впливів, надання їм певного виду, кольору, фактури.

До лакофарбових виробів відносяться ґрунтовки, шпаклівки (шпаклівки), фарби, лаки, емалі. Для досягнення необхідної в'язкорідкої консистенції фарбової суміші без додаткової витрати зв'язуючої речовини застосовують розчинники або розріджувачі.

Лакофарбові покриття (ДСТУ Б А.1.1-45-95) – це покриття, призначені для захисту матеріалів від шкідливих дій навколишнього середовища і досягнення певного декоративного ефекту. Властивості лакофарбових покриттів залежать не тільки від виду та якості застосованих матеріалів, але й від таких факторів, як спосіб покриття до фарбування, дотримання технологічного режиму фарбування та сушіння.

До сучасних лакофарбових покриттів ставляться вимоги, які умовно можна поділити на:

- **експлуатаційні** (світлостійкість, кольоростійкість, стійкість до механічних дій, хімічна, біологічна стійкість, атмосферостійкість);
- **декоративні** (фактура, структура покриття, колір, глянсуватість, тобто здатність відбивати світло);
- **технологічні** (покритва здатність, або витрата матеріалу на 1 м² поверхні, швидкість висихання та екологічність, у тому числі безпечність для здоров'я людини і навколишнього середовища під час виробництва матеріалів та їх застосування);
- **спеціальні** (термостійкість, електроізоляційність, стійкість до рентгенівського випромінювання, стійкість до дії хімікатів, бактерицидність).

Одержання фарбових покриттів – це технологічний процес, що передбачає виконання відповідних операцій: підготовки поверхні, що фарбується (ґрунтування, шпатлювання), нанесення фарбових шарів та

сушіння. Грунтувальний шар призначений для зменшення відсмоктуючої здатності поверхні будівельної конструкції, а також для поліпшення зчеплення основного покриття з підкладкою. Шпаклювальний шар призначений для вирівнювання поверхні і усунення її дефектів. Після грунтування і шпатлювання наносять декілька шарів фарбового покриття. Грунтовка, шпаклівка і фарбова суміш утворюють багат шарове покриття.

Класифікація лакофарбових матеріалів

Лакофарбові матеріали за **складом** (типом плівкоутворюючих речовин) поділяють на: **полімерні, олійні (масляні), цементні, силікатні, клейові** тощо.

За **призначенням** лакофарбові матеріали поділяють на **спеціальні й матеріали для зовнішнього і внутрішнього застосування**.

Класифікація лакофарбових покриттів за додатковими ознаками передбачає поділ:

- *за видом використаного розчинника або розріджувача (наприклад, води або легких органічних речовин);*
- *за прозорістю утворених плівок – на прозорі (лаки, оліфи) та непрозорі (фарби, емалі, грунтовки);*
- *за наявністю пігментів – пігментовані, непігментовані;*
- *за ступенем блиску – глянцеві, напівглянцеві, напівматові, глибоко матові;*
- *за умовами сушіння – холодні та гарячі;*
- *за послідовністю нанесення шарів і типом покриття – просочувальні, грунтувальні, проміжні, покривні;*
- *за консистенцією – рідкі, в'язкі, пастоподібні.*

Маркування фарбових матеріалів виконують з позначенням виду, природи плівкоутворюючого компонента та їхнього призначення. З цією метою для маркування використовується система позначень з літер і цифр, що складається з п'яти груп знаків для пігментованих матеріалів (емалей, фарб, грунтовок, шпаклівок) та чотирьох груп знаків – для непігментованих (лаків).

Перша група знаків визначає вид лакофарбового покриття (подається у вигляді слова – лак, фарба, емаль, грунтовка, шпаклівка).

Друга група знаків визначає вид матеріалу за хімічним складом (подається у вигляді аббревіатури):

- на основі поліконденсаційних полімерів: УР – поліуретанові, АУ – алкідно уретанові, КО – кремнійорганічні, ГФ – гліфталеві, ПФ – пентафталеві, МО – мелаїнові, МЧ – сечовинні (карбамідні), ФЛ – фенольні, ЕП – епоксидні;
- на основі полімеризаційних полімерів: АК – поліакрилатні, ВА – полівінілацетатні, ВС – на основі сополімерів вінілацетату, КЧ – каучукові, НП – нафтополімерні, ФП – фторопластові, ХВ – перхлорвінілові, ХС – на основі сополімерів вінілхлориду;

- на основі органічних в'язучих речовин: БТ – бітумні, КФ – каніфольні, МА – масляні, ШЛ – шеллачні та ін.;
- на основі ефірів целюлози: АЦ – ацетилцелюлозні, НЦ – нітроцелюлозні, ЕЦ – етилцелюлозні та ін.

Для деяких матеріалів між 1 і 2 групами вводять додаткові позначення з літерами: Б – без легкого розчинника, В – водорозбавлювальні, ВД – вододисперсійні, ОД – органодисперсійні, П – порошкові.



Рис. 13.1. Лакофарбові матеріали

Третя група вказує на переважаючі умови експлуатації та призначення лакофарбового матеріалу (позначається цифрами от 1 до 9)(табл. 13.1).

Таблиця 13.1

Класифікація лакофарбових матеріалів за умовами експлуатації

Групи лакофарбових матеріалів	Позначення груп	Умови експлуатації Покриття
Атмосферостійкі (для зовнішніх робіт)	1	Експлуатуються на відкритих майданчиках
Обмежено атмосферостійкі (для внутрішніх робіт)	2	Експлуатуються під навісом і в середині неопалювальних приміщень
Захисні, консерваційні	3	Для тимчасового захисту виробів під час виробництва, транспортування і зберігання

Водостійкі	4	Стійкі до прісної і морської води
Спеціальні	5	Стійкі до дії рентгенівських та інших випромінювань, для просочування тканин, фарбування шкіри, гуми, пластмас та ін.
Маслобензостійкі	6	Стійкі до дії мінеральних масел та консистентних мастил, бензину, гасу та інших нафтопродуктів
Хімічно стійкі	7	Стійкі до дій кислот, лугів та інших хімічних реагентів або їхніх парів.
Термостійкі	8	Стійкі до дії високої температури
Електроізоляційні й електропровідні	9	Стійкі до впливу електричного струму, поверхневих електричних розрядів

Четверта група знаків – це реєстраційний номер фарби присвоєний фарбі або лакофарбового матеріалу виготовлювачем, і для покупця корисної інформації не несуть. Для того, щоб відзначити особливості фарби або ЛФМ в деяких випадках до цифр додається літерні індекси. Наприклад, такі як: ВЕ - містить воду, емульгованих в полімері; ГС, ХС - гарячої та холодної сушки; М, ПМ - матовий, напівматовий; ПГ - зниженої горючості; В - високов'язкий; Н - з наповнювачем.

Для масляних (олійних) фарб замість порядкового номера ставлять цифру, яка відповідає виду оліфи, що є основою для цієї фарби: 1 – натуральна оліфа, 2 – оліфа оксоль, 3 – гліфталева, 4 – комбінована.

П'ята група відповідає кольору лакофарбового матеріалу – емалі, фарби, ґрунтовки, шпаклівки. Позначається повним словом, наприклад, сіро-біла, блакитна та ін.

Приклади позначення: **Емаль ХВ-16 сіро-біла** – перхлорвінілова емаль (ХВ) для атмосферостійких покриттів (1), реєстраційний номер (6), колір – сіро-білий; **Емаль ПФ-268 біла** – емаль пентафталева для внутрішніх робіт біла; **Лак БТ-577** – лак бітумний спеціальний; **Ґрунт ГФ-0163** – ґрунтовка гліфталева для зовнішніх робіт

Характеристика основних компонентів лакофарбових матеріалів

Основними компонентами для приготування лакофарбових матеріалів є плівкотвірні (зв'язуючі) речовини, пігменти й наповнювачі (для надання визначених властивостей), розчинники, розріджувачі й цільові добавки. Змінити властивості покриттів можна шляхом хімічної модифікації або застосування іншого плівкоутворювача, що веде за собою заміну інших компонентів у композиції. Більш простим і ефективним є регулювання властивостей лакофарбових матеріалів за рахунок використання різних

добавок, які додають у невеликій кількості (від 0,02 до 3...5 % залежно від призначення). Їх часто називають адитивами.

Адитиви – технологічні добавки, які інтенсифікують процеси диспергування пігментів, твердіння, змочування підкладки, усування поверхневих дефектів на стадіях виготовлення, транспортування, зберігання фарб і формування покриття. До адитивів відносять сикативи, диспергатори пігментів, емульгатори, піногасники та ін.

Плівкотвірні (зв'язуючі) речовини призначені для забезпечення зчеплення між собою частинок пігменту, наповнювача і створення захисно-декоративної плівки з високими адгезійними властивостями до поверхні будівельного матеріалу. Від якості зв'язуючої речовини залежать технологічні та експлуатаційні властивості, а головне довговічність лакофарбового покриття. До природних плівкоутворювачів можна віднести природні олії, які піддаються спеціальній обробці (оліфи), смоли природного походження (каніфоль, бурштин), бітуми і асфальти, речовини тваринного походження (казеїн, міздрю), спеціально оброблену целюлозу.

До штучних плівкоутворювачів відносять полімери, неорганічні в'язучі речовини.

Пігментами називають тонкодисперсні порошки, не розчинні у зв'язуючій речовині й розчиннику, здатні брати участь в утворенні непрозорого покриття, надавати йому не тільки різних кольорів і відтінків, але й підвищувати міцність та довговічність.

Пігменти за походженням поділяють на неорганічні (мінеральні) й органічні, за способом отримання – природні й штучні. Неорганічні пігменти отримані хімічною обробкою руд, металів і мінералів (синтетичні) і «земляні» пігменти (природні) – сурик залізний, вохра. Штучні мінеральні пігменти отримують термічною або хімічною обробкою мінеральної сировини. Органічні пігменти (барвники) мають високу барвну й покривну здатність, відрізняються яскравим кольором, характеризуються світло- й атмосферостійкістю, але недостатньою лугостійкістю.

За хімічним складом пігменти поділяють на такі класи сполук:

- *елементи* – технічний карбон, металеві пігменти (цинковий пил, алюмінієва пудра);
- *оксиди* – діоксид титану, цинкові білила, залізооксидні пігменти, сурик свинцевий та ін.;
- *солі* – карбонати (свинцеві білила), хромати (свинцеві та цинкові крона); сульфіді (ліпотон, кадмієві пігменти), фосфати (фосфати кобальту, хрому), комплексні солі (залізна лазур), алюмосилікати (ультрамарин) та ін.

Властивості пігментів оцінюють барвною здатністю, покривною здатністю, маслорозчинністю, хімічною стійкістю, атмосферостійкістю, антикорозійною стійкістю та ін.

Барвна здатність – здатність пігментів при змішуванні з іншими речовинами надавати їм свого забарвлення.

Покривність – це доза пігменту, яка необхідна для повного зафарбування нанесеної раніше на поверхню шару контрастної фарби.

Масломісткість – це здатність пігменту утримувати певну кількість масла. Властивість ця визначається кількістю масла, яке необхідно додавати до пігменту для одержання фарбової пасти.

Наповнювачі – це тверді дисперсні неорганічні природні або штучні речовини, які не розчиняються в розчинниках і плівкоутворювачах. Вони застосовуються для поліпшення малярно-технічних властивостей лакофарбових матеріалів і підвищення експлуатаційних властивостей покриттів, а також для економії пігментів.

Розчинники – це рідини, які використовують для розчинення плівкотвірних речовин, а також для розведення лакофарбових матеріалів до робочої в'язкості перед нанесенням на поверхню. Розчинниками можуть бути вода (для водно дисперсійних фарб) й легкі органічні рідини, які випаровуються у процесі висихання. Органічні розчинники (уайт-спирит, ацетон) використовують для масляних фарб та лаків, гліфталевих та бітумних речовин, епоксидних, перхлорвінілових та нітроцелюлоз них лаків і фарб.

Розріджувачі (у вигляді води або органічної легкої рідини) на відміну від розчинника тільки зменшують в'язкість фарбової суміші, вони призначені для розведення густотертих чи сухих мінеральних фарб. Кількість розріджувача для різних фарб не повинна перевищувати 22...40 %.

Сикативи – прискорювачі висихання (скорочують тривалість утворення плівки) – це сполуки деяких металів (в основному плюмбуму, мангану, кобальту, кальцію, феруму) з органічними кислотами. Вони є каталізаторами процесу висихання оліф, лаків, емалей, фарб, ґрунтовок та шпаклівок.

Пластифікатори – це органічні продукти, які надають лакофарбовим покриттям необхідної еластичності, підвищеної стійкості до світла, теплоти чи холоду. До них ставляться загальні вимоги: низька леткість, безбарвність, відсутність запаху, сумісність з іншими компонентами, нейтральність.

ПРОГРАМА ПІДГОТОВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити теоретичний матеріал за цим посібником та поданою навчальною літературою.
2. Розшифрувати марки лакофарбових матеріалів на рисунку 14.1.

ЗАВДАННЯ Й МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

1. Вивчити теоретичні відомості про технологію виробництва лакофарбових матеріалів.
2. Розглянути і записати в зошит:
 - а) що таке лакофарбові матеріали і їх види?
 - б) які ставляться вимоги до сучасних лакофарбових покриттів?
- 3) Описати:

- а) одержання фарбових покриттів;
- б) класифікація лакофарбових покриттів?
- в) дати коротку характеристику основних компонентів лакофарбових матеріалів?

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які функції виконують лакофарбові покриття?
2. Назвіть основні компоненти, що складають лакофарбову композицію. У чому відмінність лаку від фарби й фарби від ґрунтовки?
3. Які функції виконують пігменти й наповнювачі?
4. Які функції виконують плівкоутворюючі та розчинники? Які є типи плівкоутворювачів та пігментів
5. Наведіть приклад маркування лакофарбових матеріалів.
6. Які переваги мають вододисперсійні фарби в порівнянні з масляними й емалевими?

Практична робота № 14

ТЕХНОЛОГІЇ ПРИГОТУВАННЯ КЛЕЇВ. СКЛЕЮВАННЯ

Мета: вивчити теоретичні основи приготування клеїв, їхні, властивості та області застосування

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Клеями називаються речовини, іноді розплави високомолекулярних речовин, здатні за певних умов переходити в твердий стан і міцно з'єднувати між собою змочені поверхні матеріалів. Будь-який клей має зв'язуючі властивості, що базуються на його здатності змочувати матеріал, який склеюється і міцно з'єднуватися з ним. За фізичним станом клей є рідиною різної в'язкості, іноді його виготовляють у вигляді порошків або прутків, що розплавляються перед застосуванням або наносяться на гарячі поверхні.

Поряд з *основою* (звичайно полімерною) до складу клею входять різні добавки: *наповнювачі, розріджувачі, прискорювачі, затверджувачі*.

Клеї класифікують за вмістом, природою і властивостями основи і добавок, агрегатним станом (рідкі, пастові, порошкові) тощо. Розрізняють клеї холодного і гарячого затвердіння. Клеї холодного затвердіння готують безпосередньо перед склеюванням, вони тверднуть при кімнатній температурі; гарячого затвердіння – при температурі 100...180°C.

Для склеювання дерев'яних деталей між собою або дерев'яних з деталями, виконаними з інших матеріалів, рідкий розчин клею наносять тонким шаром на склеюванні поверхні, які щільно притискають одна до одної. Під час висушування, нагрівання, охолодження або в результаті хімічних перетворень, рідкий шар клею густішає, перетворюється в тверду плівку і утворює так званий клейовий шов, який міцно з'єднує обидві поверхні деталей, що склеюються.

Щоб клейовий шов був міцний і довговічний, клей повинен мати високу клеїльну здатність, гриботривкість, водотривкість, життєздатність, низьку пробійність.

Клеїльна здатність визначається міцністю затверділої клейової плівки та її здатністю з'єднуватися з поверхнями деталей, що склеюються. Всебічною характеристикою клеїльної здатності є механічна міцність шва.

Гриботривкість – це властивість клею протистояти загниванню. Деякі види клею тваринного і рослинного походження порівняно легко загнивають, внаслідок чого їх клеїльні властивості знижуються. Щоб запобігти загниванню клею, готувати його треба в чистому посуді і не змішувати рештки старого клею з новим. Крім того, для підвищення гриботривкості до клею додають антисептики – отруйні хімікати (фенол, саліцилову кислоту, оксидофелін), що вбивають гнильні грибки.

Водотривкість. Клеї тваринного і рослинного походження водотривкості не мають, але їх водотривкість підвищують додаванням у клейовий розчин

деяких хімікатів (щавлевої кислоти, мідного купоросу). Синтетичні клеї мають високу і навіть абсолютну водотривкість. Водотривкість клею визначають, намочуючи склеєні зразки у воді при температурі 15...20°C протягом 24 год. або виварюючи в кип'ятку протягом 1 год. Якщо при цьому міцність шва знижується не більш як на 30 % клей вважається водотривким.

Тужавіння клеїв тваринного і рослинного походження є результатом випаровування вологи з їх розчину, а синтетичних – результатом хімічних реакцій. У тому й другому випадках процес тужавіння прискорюється при підвищенні температури.

Життєздатність характеризує час, протягом якого приготовлений клей залишається придатним до вживання. Життєздатність клею залежить від його виду і способу зберігання; вона коливається для натуральних клеїв від кількох днів до кількох годин.

Пробійність – властивість клею за певних умов просочуватися крізь деревину. Умови, що сприяють підвищенню пробійності: надлишковий тиск, наприклад, при фанеруванні, наявність кислот і лугів у клеї або в деревині, занадто рідка консистенція клейового розчину.

Крім розглянутих загальних вимог, що ставляться до всіх клеїв, до окремих видів можуть ставитися додаткові, особливі вимоги (обмежена гігроскопічність, волого-поглинальність, водорозчинність, усадка, зажиреність, кислотність і ін.)

Склеювання – це процес з'єднання деталей машин, будівельних конструкцій та інших виробів за допомогою клеїв. Клейове з'єднання нероз'ємне.

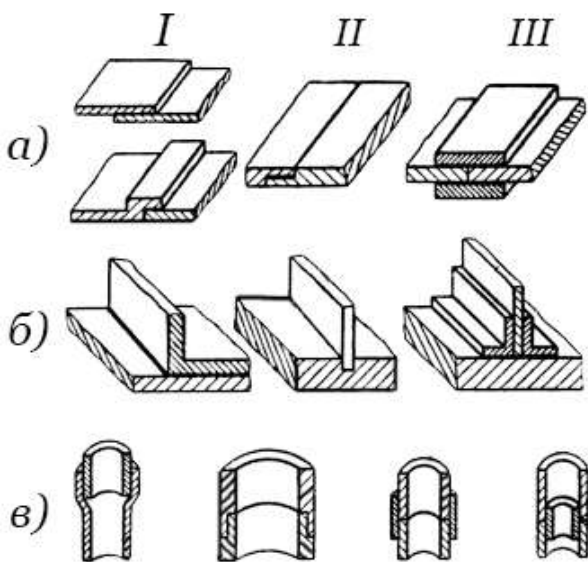


Рис. 14.1. Клейові з'єднання:
а – площинні; б – таврові; в –
циліндричні: І – напускові; ІІ – врізні
(шпунтові); ІІІ – стикові

З'єднання матеріалів склеюванням знаходить усе ширше застосування. Клейові з'єднання мають достатню герметичність, водо- і маслостривкість, високу тривкість проти вібраційних та ударних навантажень. Склеювання у багатьох випадках може замінити паяння, клепаання, зварювання, посадку з натягом.

До недоліків клейових з'єднань належать: незначна теплова тривкість (при температурі + 90 °C міцність їх різко знижується); схильність до повзучості при тривалій дії великих статичних навантажень; тривалі строки висихання; необхідність нагрівання для набуття тривкості й герметичності, низька міцність на зсув тощо.

Надійно з'єднати деталі малої товщини можна, як правило, лише склеюванням.

Клейові з'єднання здійснюються різноманітними способами. Найчастіше застосовують напусткові та стикові з'єднання за допомогою планки, втулки тощо. Найрозповсюдженіші клейові з'єднання показано на рис. 14.1, а - в.

Процес склеювання оснований на адгезії клею з поверхнею виробу. Міцність клейового з'єднання залежить від явищ адгезії, когезії і механічного зчеплення плівки з поверхнею матеріалів, що склеюються.

Адгезією (прилипанням) називається *здатність клеєвої плівки утримуватися на поверхні матеріалів, що склеюються*. Для пояснення фізико-хімічної суті явища адгезії висунуто декілька теорій: адсорбційна, електрична і дифузійна.

Адсорбційна теорія розглядає адгезію, як чисто поверхневий процес, аналогічний адсорбції; плівка утримується на поверхні матеріалу в результаті дії міжмолекулярних сил.

В основі **електричної теорії** (роботи Б. В. Дерягіна і Н. А. Кротової) лежать електричні сили. Адгезія - результат дії електростатичних і ван-дер-ваальсових сил. Електростатичні сили визначаються подвійним електростатичним шаром, що завжди виникає при контакті різнорідних тіл.

Дифузійна теорія, що розвивається С. С. Воюцким, вважає, що при утворенні зв'язку між неполярними полімерами електричний механізм адгезії неможливий і адгезія обумовлюється переплетенням макромолекул поверхневих шарів в результаті їх взаємодії.

Когезія – це власна міцність плівки. Робота когезії – це робота, що витрачається на те, щоб перебороти сили зчеплення між частинками всередині однорідного тіла. Когезія клеєвої плівки залежить від якості клею, забезпечення умов для її утворення (температура, час, тиск) і товщини. Із збільшенням товщини клеєвої плівки її когезія зменшується внаслідок зменшення впливу силового поля поверхонь, що склеюються. Забезпечення при склеюванні певних температур і часу витримки необхідне для повного протікання фізико-хімічних процесів при утворенні клейового шва. Стиск склеюваних деталей дозволяє отримувати тонку рівномірну суцільну клеєву плівку шляхом видавлювання надлишку і пухирців повітря.

Клеї в залежності від матеріалу (сировини), із якого їх виготовляють, діляться на дві групи: на основі природних (натуральних) і на основі синтетичних матеріалів.

Натуральні клеї

Клеї на основі природних матеріалів (натуральні) діляться на клеї *тваринного походження* (міздровий, кістковий, риб'ячий, казеїновий і альбуміновий) і *рослинного* (із білка насіння бобових, крохмалю, смоли, які отримують із простих речовин при хімічних реакціях).

До натуральних клеїв, що застосовуються у столярній справі, належать міздровий і кістковий, відомі під загальною назвою **глютинових**, а також казеїнові, альбумінові та риб'ячий клей.

Міздровий і кістковий клей часто називають **столярними**. Для допоміжних робіт, головним чином обробного характеру, часто застосовують більш дешеві клеї рослинного походження, до яких належать крохмальні, білкові та ефірно-целюлозні.

Міздровий клей виготовляють з міздри – підшкірної тканини тварин, обрізків шкіри та хрящів, а **кістковий** – з кісток, рогів і копит.

Клеєварні заводи випускають глютинові клеї у вигляді сухих плиток ясно-жовтого і темно-коричневого кольорів, розміром завдовжки 150...200, завширшки – 80...100 і завтовшки – 10...15 мм. Іноді клей випускають подрібненим, а також у вигляді луски і гранул. Кістковий клей випускають також у вигляді драглистої маси темно-жовтого або коричневого кольору - галерти в бочках. Галерта повинна містити не менше як 49 % сухого клею і бути однорідною, без згустків і темних плям, без гнильного запаху і плісняви. Вона зберігається в бочках, є найбільш дешевим сортом клею, який містить біля 50 % води, завдяки чому клей погано протистоїть загниванню. Щоб галерта не загнивала, до неї вводять антисептики.

За клеїльними властивостями з глютиневих клеїв найкращий міздровий – він дає найміцніший шов. Його можна відрізнити від кісткового, спаливши невеликий шматочок. Міздровий клей залишає білий порошок, а кістковий – спечений шлак.

Нормальна вологість клею – близько 17 %. Такий клей від удару розколюється на куски з гострими склоподібними краями. Якщо плитку розбити важко, вона має помітну пружність, то це говорить, про підвищену вологість. Вологість більше 20 % знижує тривкість клею проти загнивання, знижена вологість (менше 10 %) знижує його клеїльні властивості. Велика кількість пухирців свідчить про його низьку якість, але незначна їх кількість не є дефектом.

Залежно від якості міздровий клей випускають п'яти сортів: екстра, вищий, 1, 2, 3-й; кістковий – тих самих сортів, за винятком екстра; галерта - трьох сортів - 1, 2, 3-й. Чим вища якість клею, тим прозоріші плитки. На зламі плитки такого клею грані гострі, як у скла.

Глютинові клеї мають велику гігроскопічність і дуже низьку водотривкість. Тому ними склеюють вироби, призначені для сухих закритих приміщень. У контакті з водою міздровий клей поглинає її в 6..10 раз, а кістковий - у 3...7 раз більше своєї власної ваги, в результаті чого вони сильно набухають і розм'якшуються.

Коли глютинові клеї тверднуть, вони дають велику усадку, що викликає внутрішні напруження й тріщини, знижує міцність шва. Тому треба, щоб шар клею був тонкий, не більший за 0,8...0,15 мм.

У глютинових клеях є мінеральні речовини, після спалювання клею вони залишаються у вигляді золи. Зольність клеїв визначають для з'ясування

кількості домішок, що не мають клеїльних властивостей. Допускається зольність за вагою: в міздровому клеї - від 2,0 до 3,5 %, у кістковому - від 3,0 до 3,5 %. Зажиреність, кислотність знижують якість глютинових клеїв.

Казеїновий клей – це суміш кількох компонентів, основним з яких є молочний білок – казеїн (знежирений сир). Казеїн в чистому вигляді швидко набухає, але не розчиняється і клею не утворює. Добре розчиняється казеїн в лужному середовищі. Різні луги на нього діють по-різному. Приміром, розчинений у водному розчині їдкого натрію, утворює клей великої життєздатності (до 48 год.), але незначної водотривкості. Казеїн розчинений у вапняному молоці, навпаки, утворює клей високої водотривкості, але незначної життєздатності. Таким клеєм можна працювати тільки 15...20 хв., після чого він перетворюється в камінь і для подальшого використання не придатний.

Казеїновий клей, що застосовується в столярній справі, випускає промисловість у вигляді однорідного жовтуватого-білого порошку, який є сумішшю казеїну (близько 70 %), мідного купоросу, гашеного вапна, фтористого натрію, соди і гасу. Мідний купорос вводять для підвищення водотривкості і як антисептик, гашене вапно - для підвищення міцності склеювання та збільшення вологотривкості, гас, щоб утворилися тверді грудки, фтористий натрій і соду – як розчинники. Казеїновий клей випускається трьох сортів – екстра і звичайний – ОБ-1, ОБ-2. До складу клеїв ОБ мідний купорос не вводять, а казеїн застосовують 2-го сорту.

У столярному виробництві казеїновий клей готують тільки із порошку, який містить всі складові компоненти, крім води. Порошок повинен мати жовто-білий колір і бути однорідною масою без сторонніх домішок, комах, їх личинок і слідів плісняви.

Розфасовують порошок в фанерні бочки або ящики, які викладені всередині щільним пакувальним папером або в целофанові мішки. На тарі разом з іншими даними обов'язково мусить бути вказана дата приготування клею.

Переваги казеїнового клею – велика міцність і здатність не боятися вологості. Недоліки – велика усадка після висихання, крихкість. Слід прийняти до уваги і той факт, що деревні породи, що містять дубильні речовини, можуть набувати під дією цього клею небажане забарвлення. Тому, працюючи з такими породами, як дуб, каштан, червоне дерево, грецький горіх, бук, клен, груша, застосовувати казеїновий клей потрібно з певною обережністю.

Основою **альбумінового клею** є альбумін (протеїн) - білкова речовина, що міститься в крові тварин. Цей клей має темно коричневий колір і неприємний запах. Застосовують його тільки у виробництві клеєної фанери.

Риб'ячий клей виготовляють з плавальних міхурів, луски і голів риби. Ним склеюють дерев'яні деталі, головним чином музичних інструментів.

Крохмальні клеї виготовляють із крохмалю картопляного, рисового, пшеничного. Крохмаль, підданий термічній обробці або дії кислот, називається декстрином. Ці клеї мають дуже низьку вологотривкість і незначну міцність; застосовують їх лише для обробних робіт.

Крохмальний клей готують заварюванням крохмалю у киплячій воді. Крохмаль старанно розтирають у невеликій кількості холодної води до утворення однорідної кашки. Цю кашку при безперервному перемішуванні тонким струменем вливають у киплячу воду. Кип'ятять 5...10 хв., після чого клей готовий до вживання.

Декстриновий клей готують так само, як і крохмальний, або розчиняють у воді.

Білкові рослинні клеї виготовляють з білка насіння горошку, сої, люпину, рицини. До складу клею вводять, крім білка, гашене вапно та їдкий натр або рідке скло. Суміш розмішують у воді, якої беруть у 5...8 раз більше за вагою, ніж білка. Білкові клеї значно тривкіші і міцніші, ніж крохмальний, їх застосовують у виробництві фанери.

Розглянуті тваринні і рослинні клеї придатні для склеювання тільки однорідних матеріалів, наприклад деревини з деревиною, і зовсім не придатні для склеювання різнорідних матеріалів. Цей недолік натуральних клеїв усувається при використанні синтетичних клеїв.

Синтетичні клеї

Останніми роками в переважній більшості застосовуються синтетичні клеї, які виготовляються на основі штучних полімерів – смол, каучуків. Вже створено багато таких клеїв, що забезпечують відмінну якість і високу міцність склеювання як однорідних так і різнорідних матеріалів. Синтетичні клеї швидко тужавіють, мають незначну усадку, високу тепло-, водо- і гриботривкість. Але вони здебільшого не досить життєздатні (2...4 год.). Тому робочі розчини цих клеїв виготовляють, як правило, безпосередньо перед використанням.

Синтетичні клеї, як правило, токсичні; особливо ті, що створені **на основі феноло-формальдегідних смол**. У зв'язку з цим робота з синтетичними клеями вимагає загальної і місцевої припливно-витяжної вентиляції і додержання заходів безпеки.

Усі *синтетичні клеї поділяють на дві групи: **універсальні***, придатні для з'єднання різних матеріалів, і ***спеціальні***, призначені для склеювання лише 1...2 матеріалів.

Клеї бувають *оборотні*, виготовлені на основі термопластів, що розм'якшуються при нагріванні, *необоротні* – на основі термореактивних смол або затверділих полімерів, які не розм'якшуються і не втрачають міцності при нагріванні. У свою чергу необоротні клеї бувають холодного й гарячого затвердіння, коли склеювання відбувається достатньо швидко при кімнатній температурі або внаслідок нагрівання.

За теплотривкістю синтетичні клеї поділяють на три групи:

- *клеї низької теплотривкості*, здатні витримувати нагрівання лише до 60...80°C;
- *клеї теплотривкі* – до 150...350°C;

- *високої теплотривкості* – короткочасно до 1000°C.

Синтетичні клеї можуть бути рідкими (таких більшість), пастоподібними, плівковими, твердими й порошкоподібними.

До складу синтетичного клею, як і пластмаси, входять:

- 1) основа (одна або декілька синтетичних смол або суміш смоли й каучуку);
- 2) наповнювач (тальк, цементна або алюмінієва пудра та ін.);
- 3) затверджувач (поліетилен-поліамін, метафенілендіамін, ангідриди різних кислот та ін.);
- 4) пластифікатор (синтетичний каучук, дибутилфталат та ін.);
- 5) розчинники (спиртові розчини, ацетон, бензол);
- 6) спеціальні домішки.

Іноді клей складається лише з однієї смоли з розчинником або затверджувачем. На синтетичних клеях виготовляють пасти, замазки, захисні і зносотривкі покриття та інші матеріали.

До найбільш поширених належать клеї таких основних груп.

Феноло-формальдегідні клеї модифіковані полівінілбутиралом.

Найвідоміший клей БФ, який випускається під марками БФ-8, БФ-4, БФ-6 тощо.

Універсальний клей БФ-2 застосовують для склеювання металів, скла, фарфору, бакеліту, текстоліту та інших матеріалів. Його механічна міцність зберігається при нагріванні до температури не більш як 80°C. Цей клей застосовують для зарівнювання тріщин у невідповідальних місцях чавунних корпусів, зміцнення нерухомих споруджень, кріплення накладок на дисках муфт зчеплення тощо.

Клей БФ-2 бензо- і маслостійкий, вогнебезпечний, є хорошим діелектриком, захищає склеєні поверхні від корозії. Зберігати його слід у закупореному посуді й оберегати від потрапляння води.

Клей БФ-2 у рідкому стані наносять на підготовлені поверхні з'єднуваних деталей якомога тоншим шаром. Потім плівка клею сушиться до відлипання при 20...60°C протягом 50...60 хв. Після цього наносять і знову сушать другий шар, за ним – третій. Потім склеюванні деталі з'єднують і сушать при 140...150°C протягом 30...60 хв. під тиском 1...2 МПа (10...20 кгс/см²).

Клеї БФ-4 і БФ-6 застосовують для одержання еластичного шва при з'єднанні тканин, гуми, фетру. Порівняно з іншими клеями вони мають невелику міцність.

Клей № 88-Н складається з бутилфеноло-формальдегідної смоли, синтетичного каучуку і етилацетату. Використовують його для з'єднання гуми з гумою, металом, пластмасою, бетоном, деревом, а також для приклеювання до металу пінополістиролу, шаруватих пластмас, синтетичних плівок. Клей відзначається високою водо-, вібро-, і гриботривкістю, але схильний до повзучості і не тривкий до бензину й нафтових масел. Його термотривкість - від -40 до +60°C, а границя міцності на розрив у з'єднанні гуми з сталлю - до 15 кг/см².

Для склеювання гуми з металами, а також металів, пластмас, деревини, тканин і шкіри з успіхом застосовують клей марки ГЕН -150/В, що складається з бутадієнакрило-нітрильного каучуку і смоли ВДУ. За зовнішнім виглядом він нагадує столярний клей і розчиняється 20 % сумішшю ацетону (50 вагових частин), бутилацетату (35 вагових частин) і толуолу (15 вагових частин). ГЕН-150/В відзначається тривкістю до бензину, масел і води. Його теплотривкість - від -70 до +150°C, а короткочасно - до 200°C. Границя міцності на розрив - до 100 кг/см².

Поліефіроуретановий клей ПУ-2 (іноді з наповнювачем – цементом) застосовують для склеювання чорних, кольорових і дорогоцінних металів та їх сплавів, текстоліту, амінопластів, деревини та інших матеріалів. Відзначаючись високою текучістю цей клей добре заповнює всі нещільності в місці з'єднання. В атмосферних умовах відносно швидко старіє від дії води. Границя міцності на відрив – до 300 кг/см², однак при температурі 60°C міцність знижується приблизно вдвічі.

Широко відому групу клеїв для металів і багатьох інших матеріалів становлять епоксидні клеї марок ВК-32 ЕМ, Л-4, ВК-1, ВК-7, К-153, ФЛ-4С та інші, добуті головним чином на основі смол ЕД-5 і ЕД-6. Ці клеї відзначаються водо-, масло-, і бензинотривкістю, тривкістю до зміни температури, добрим заповненням зазорів, відсутністю усадки. Однак епоксидні клеї малоеластичні і мають деяку токсичність, викликаючи при необережному поводженні подразнення шкіри і слизових оболонок. Теплотривкість епоксидних клеїв коливається від -60 до +250°C, а границя міцності на відрив від 80 до 340 кг/см².

Епоксидні клеї не потребують теплової обробки склеюваних деталей. Для склеювання застосовують епоксидні клейові сполуки, що твердіють при 18...20 °С. Для виготовлення цих сполук до епоксидних смол (ЕД-5, ЕД-6, ЕД-40) додають затверджувач -поліетилен-поліамін (приблизно 10 мас. ч на 100 мас. ч. епоксидної смоли), дибутилфталат (10...15 мас. ч на 100 мас. ч. епоксидної смоли) і наповнювач; для цього використовують алюмінієву або бронзову пудру, сталевий або чавунний порошок, портландцемент, сажу, скловолокно тощо). Наповнювачі збільшують в'язкість епоксидної сполуки й підвищують міцність клейового шва.

Ще *теплотривкіші клеї на основі кремнійорганічних смол*. Наприклад, клей ВС-10Т застосовують для склеювання деталей, що тривалий час працюють при температурі до 300 °С. Він має високу міцність і тривкість проти впливу гасу, мастильних масел, води. Часто цим клеєм прикріплюють накладки до гальмівних колодок автомобілів.

Клей ВС-10Т випускають у готовому для використання вигляді. Зберігають його у герметичному посуді в темному приміщенні. Протягом 6 місяців він зберігає свої клейові властивості.

Клей наносять у рідкому вигляді в один-два шари. Після нанесення перший шар сушать при нормальній температурі протягом 1 год., а потім

наносять другий шар. Після цього деталі з'єднують і сушать при 140...180 °С протягом 1...2 год під тиском 50...200 кПа (0,5...2 кгс/см²).

Карбінольний клей може бути рідким або пастоподібним (з наповнювачем). Основою цього клею є карбінольний сироп, до якого додають перекис бензолу. Клей придатний для з'єднання сталі, чавуну, алюмінію, фарфору, ебоніту, пластмас і забезпечує міцність склеювання лише при використанні його протягом 3...5 год. після приготування. Механічна міцність швів, виконаних карбінольним клеєм, зберігається при температурі до 60 °С.

Склеєні деталі сушать на повітрі протягом однієї доби. Карбінольний клей бензо- і маслостійкий, не піддається впливові кислот і лугів, води, спирту та ацетону. Застосовують його для склеювання деталей карбюраторів, акумуляторних банок та інших робіт.

Пастоподібний карбінольний клей застосовують переважно для склеювання мармуру, фарфору, пористих матеріалів, для зарівнювання тріщин, отворів тощо. Недоліком цих клейових з'єднань є – низька тривкість проти високої температури.

Бакелітовий лак – розчин смол в етиловому спирті. Деталі, склеєні бакелітовим лаком, сушать при 140...160°С. Зберігають бакелітовий лак у закритому посуді при температурі не більш як 30°С в темному місці. Застосовують для наклеювання накладок на диски муфт зчеплення. Пластмасові й скляні деталі склеюють карбінольним клеєм і бакелітовим лаком.

Термотривкі клеї застосовують для склеювання деталей з різних металів і неметалевих матеріалів, які працюють в умовах високих температур і вібрацій. Клеєм ВК-32-200 склеюють деталі, що працюють безперервно до 300 год. при 200°С і до 20 год. при 300°С. Клей наносять у два шари. Після нанесення перший шар витримують 15...20 хв. при 20°С, другий шар - 15...20 хв. при 20°С і 90 хв. при 65°С. Матеріали з'єднані клеєм ВК-32-200, можуть працювати в інтервалі температур від 60 до 120°С.

Клей бензо-, масло- і водостійкий. Протягом 4 місяців матеріали, з'єднані цим клеєм, можуть працювати в умовах, близьких до тропічних (при вологості 90 % і температурі 50° С) без помітного зниження міцності з'єднання.

Термотривкі клеї на основі кремнійорганічних смол застосовують для склеювання металевих і неметалевих матеріалів. *Клей ИПЭ-9* утворює шви невеликої міцності, але забезпечує високу термо- і водостійкість, а також герметичність.

Клеєм ИПЗ-9 з'єднують метали, кераміку, гуму та інші матеріали. З'єднання дуже міцні при температурі 300 °С.

Клей БФК-9 має високу термотривкість, його застосовують для з'єднання металів з неметалами. Клей наносять на обидві поверхні тонким шаром і сушать протягом 1 год. при 20°С і 15 хв. при 60°С. Потім наносять другий шар і сушать протягом того самого часу.

Оргскло звичайно склеюють дихлоретаном, змішавши його з дрібною стружкою оргскла. Міцність такого клею дорівнює приблизно 80 % міцності самої пластмаси.

Технологічний процес склеювання

Технологічний процес склеювання незалежно від матеріалів, що склеюються, і марок клеїв складається з таких етапів: підготовка поверхонь до склеювання - взаємна підгонка, очищення від пилу й жиру і надання потрібної шорсткості, нанесення клею пензлем, шпателем, пульверизатором, витримка після нанесення клею (час витримки залежно від сортів клею і матеріалу деталей, що склеюються, коливається від 5 хв. до 30 год. і довше), затвердіння клею (використовують печі з обігріванням газами, пальники, установки з електронагрівачами, установки СВЧ тощо; температурний режим коливається від 25 до 250°C і вище); контроль якості клейових з'єднань (за допомогою лупи, ультразвукових установок тощо).

Дефекти. Основний дефект, який часто буває при склеюванні, так зване „неприклеювання” (ділянки, де не здійснилося склеювання).

Причини неміцності клейових з'єднань:

- погане очищення поверхонь, що склеюються;
- нерівномірне нанесення шару клею на поверхні (окремі ділянки поверхні не змащені клеєм або змащені густо);
- затвердіння нанесеного на поверхні клею до їх з'єднання;
- недостатній тиск на з'єднувані частини деталей, що склеюються;
- неправильний температурний режим і недостатній час просушування клейового з'єднання.

ПРОГРАМА ПІДГОТОВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити теоретичний матеріал за цим посібником та навчальною літературою.

2. Підібрати і записати у зошит у вигляді складеної таблиці марки клеїв для склеювання гуми з металами, а також металів, пластмас, деревини, тканин і шкіри.

ЗАВДАННЯ Й МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

1. Вивчити теоретичні відомості про технологію приготування скломаси і способи виробництва скловиробів.

2. Розглянути і записати в зошит:

а) що таке клеї? Як їх класифікують?

б) які властивості має мати клейовий шов для міцності й довговічності?

3) Описати:

а) що таке склеювання?

б) які готують клеї на основі природних матеріалів?

в) синтетичні клеї та область їх застосування?

г) дефекти у процесі склеювання.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке клеї? На які групи їх поділяють?
2. Назвіть основні види натуральних клеїв, на які підгрупи їх поділяють?
3. Схарактеризуйте глютинові клеї, область використання?
4. Які види синтетичних клеїв ви знаєте?
5. З чого складається синтетичний клей?
6. На які групи поділяють синтетичні клеї за теплотривкістю?
7. Які переваги мають синтетичні клеї порівняно з природніми (натуральними)?

Практична робота № 15 ТЕХНОЛОГІЇ ДЕРЕВООБРОБКИ

Мета: вивчити теоретичні основи технології отримання конструкційних матеріалів і виробів із деревини

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Лісопромисловий комплекс України інтенсивно формується в умовах малого заліснення і недостатніх запасів лісової сировини.

Лісопромисловий комплекс України включає *лісогосподарський, деревообробний, целюлозно-паперовий, лісохімічний підкомплекси*.

Лісогосподарський комплекс складається з двох підгалузей: **лісового господарства і лісозаготівельної промисловості**.

Лісове господарство займається лісовідтворенням (лісництвом) і лісозаготівлею (лісгоспзаги). **Лісовідтворення** – це розширення площ лісів, поліпшення їхнього видового складу, підвищення продуктивності лісів та їхня охорона.

Заліснення України становить 14,3 %. Характерними є досить повільні темпи приросту лісопокритих площ. *Ліси України поділяють на дві групи. До першої, яка займає 48 % загальної площі лісів, належать водоохоронні, захисні, санітарно-гігієнічні та оздоровчі ліси, а також заповідники, національні парки та інші спеціальні ліси.* Деревина там заготовлюється тільки під час догляду санітарних і лісовідновних робіт. *До другої групи (52 % площі лісів) належать ліси, що мають захисне та обмежене експлуатаційне значення.*

Повільні темпи зростання лісопокритих площ зумовлені недостатніми капіталовкладеннями в лісове господарство, радіоактивним забрудненням значної площі лісів. **Орієнтація в минулому на імпорт дешевої деревини зумовила низький рівень використання відходів деревообробної промисловості (50-60%).** Лісове господарство потребує активізації лісовідтворення і щорічного, упродовж 10-15 років, розширення лісопокритої площі на 250-280 тис. га.

Заготовляють ліс для використання у лісопильній, фанерній, целюлозно-паперовій промисловості, а також у будівництві, гірничодобувній промисловості. Ліс в Україні заготовлюється здебільшого в Івано-Франківській, Закарпатській, Волинській, Житомирській, Київській і Чернігівській областях.

Підприємства деревообробного підкомплексу розміщені як в районах лісозаготівлі, так і в районах споживання. Однією з найважливіших галузей підкомплексу є лісопильна, 80 % підприємств цієї галузі зосереджені у Карпатському економічному районі.

Найбільшими центрами лісопиляння в Україні є Брошнів, Рожнятів, Вигода, Надвірна в Івано-Франківській, Чернівці і Берегомет у Чернівецькій, Сколе, Стрий і Турка у Львівській, Рахів і Свалява в Закарпатській, Костопіль і

Сарни у Рівненській, Ковель і Камінь-Каширський у Волинській, Малин, Овруч і Коростень у Житомирській областях.

Виробництво фанери зосереджено здебільшого у Львові, Києві, Чернівцях, Оржеві і Костополі. Україна дуже відстає від розвинених країн із виробництва пиломатеріалів і фанери на душу населення.

Важливими галузями **деревообробної промисловості** є виробництво деревостружкових плит і меблів. Виробництво деревостружкових плит розміщено в Костополі, Сваляві, Брошневі, Києві і Тетереві. Проте ця галузь відстає від потреб меблевої промисловості. Тому значна кількість меблів ввозиться з інших країн.

Меблеве виробництво є однією з найбільш потужних галузей деревообробки (приблизно 50 % зайнятих у деревообробці).

Найбільші меблеві підприємства розташовані у Києві, Харкові, Ужгороді, Мукачевому, Одесі, Луганську, Дніпропетровську, Донецьку, Івано-Франківську, Чернівцях та інших містах.

Надзвичайно поширене **виробництво будівельних матеріалів з дерева**, а саме вікон, дверей, паркету, плінтусів. Найбільш масове виробництво організоване у Карпатському, Волинському і Столичному економічних районах, а також у великих містах з привізної деревини.

Целюлозно-паперова промисловість в Україні розвинена недостатньо. Виробництво зосереджене на Обухівському (Київська обл.), Жидачівському (Львівська обл.) картонно-паперових комбінатах, Рахівській картонній фабриці (Закарпатська обл.), Херсонському целюлозному заводі, паперовій фабриці в Понінці (Хмельницька обл.) і Малині (Житомирська обл.). Целюлозу виробляє Ізмаїльський комбінат в Одеській області.

Окрему підгалузь лісового комплексу становить **лісохімічний підкомплекс**.

Основними центрами лісохімії є Великий Бичків, Перечин, Свалява (Закарпатська обл.), Коростень (Житомирська обл.), Київ та ін.

Для виготовлення виробів із деревини застосовують пиломатеріали, чорнові, столярні заготовки, лущений і струганий шпон, плити столярні, деревостружкові, деревоволокнисті, фанерні та ін., фанеру клеєну тощо, які виробляються згідно з діючими стандартами.

Перспективи розвитку деревообробної промисловості пов'язані передусім із зменшенням використання ділової деревини в окремих галузях народного господарства, поглибленням комплексної переробки деревини, розширенням використання заміників деревини.

Технології лісозаготівельних та деревообробних виробництв

Лісозаготівля – це сукупність виробничих операцій, які здійснюють на ділянках, призначених під вирубку.

Кожен лісозаготівельний пункт поділяють на кілька ділянок – **лісосік**. Такі ділянки лісового масиву виділяють під порубку там, де переважна

кількість дерев вже досягла оптимальних розмірів. **Кожна ділянка займає площу близько 7-25 га.**

Лісозаготівельні роботи складаються з кількох процесів: підготовка лісосіки, розбивання на ділянки для вирубки, прокладання трелювальних шляхів, вирубка лісу, розпилювання деревини на круглий сортамент і вивезення її в місця заготівлі до проміжних або кінцевих пунктів.

Підготовляють лісосіки до розробки спеціальні, підготівельно-монтажні бригади, до обов'язків яких входять: розчищення площі під верхній склад, обладнання відвантажувального майданчика і стоянки для тракторів, побудова складів під пальне та мастила, монтаж електроосвітлювальної і телефонної мереж, прорубування трелювальних шляхів.

Рубання лісу може проводитись у будь-яку пору року. Воно складається з таких операцій: відпилювання або відрубубування стовбура від кореня; обрубубування верхівки і очищення стовбура від сучків (так званих хлистів).

Рубають ліс ручним і механічним способами. Механізацію рубання лісу здійснюють за допомогою ручних безмоторних і електричних пилок. Для обрубубування гілок і сучків застосовують дискові і ланцюгові ручні електричні пилки, стаціонарні гілкорізи і механічні гілкоруби.

Транспортують лісові матеріали (хлисти) з ділянок лісосіки до верхнього складу і вантажного майданчика трелювальними тракторами, а в болотистих місцях – трелювальними лебідками. На верхньому складі стовбури розпилюють на частини колоди, сортують їх за довжиною та товщиною і перевалюють на транспортні засоби для вивезення на нижній склад.

На нижній склад лісоматеріали транспортують по магістральній дорозі – ґрунтовій, льодовій або лежневій – тракторами і автолісовозами, а по вузькоколіїних залізницях – мотовозами. Нижні склади будують у пунктах, де лісовозні дороги прилягають до сплавної ріки або залізниці. На нижніх складах створюють цехи деревообробки, лісопиляння, заготівлі шпал та ін.

На **складах** матеріали розвантажують, сортують, укладають у штабелі і вантажать на залізничний транспорт за допомогою ланцюгових або стрічкових транспортерів, лебідок, автокрана і т. п. Широке впровадження механізації на лісозаготівлі дає змогу застосувати потоковий метод праці. **Сплавлення лісу набагато дешевше, ніж перевезення його залізничним або водним транспортом.**

Лісосплав здійснюють кількома способами: розсипом, або модем, коли сплавають окремі колоди; такий спосіб застосовують на мілких річках; плотами, коли колоди з'єднують у плоти. Таке сплавлення застосовують на великих річках і сплавних притоках. На морському лісосплаві колоди зв'язують ланцюгами, а плоту надають сигароподібної форми. Транспортують такі плоти буксируванням. Тепер більша частина лісосплавних робіт механізована. На сплаві працюють з'єднувальні машини, плавучі елеватори для вивантаження колод, потужні крани, механічні лебідки і сплавний флот. На головних водних магістралях створюють механізовані рейди, прискорювачі руху деревини на рейдах, потужні заводи для збереження деревини до її сплавлення або

формування плотів-караванів, що містять десятки тисяч кубометрів лісу кожний. Сплавляють ліс на великих річках упродовж усієї навігації.

Лісопильне виробництво

Круглий лісоматеріал, що надходить з лісозаготівельної промисловості, на лісопильних заводах **розпилюють на бруси, дошки, шпали та ін.** Лісопильні заводи мають склад сировини, лісопильний цех, склад пиломатеріалів і допоміжні цехи. Деякі лісопильні заводи мають **лісосушарні і деревообробні цехи**; поряд з пиломатеріалом вони випускають різні готові вироби: комплекти дерев'яних вузлів, деталі будинків, готову дерев'яну тару, пристрої для текстильних виробництв, взуттєві колодки, меблі та под.

Основна продукція лісопильного заводу – товарний матеріал, який випилюють з круглого матеріалу на спеціальних лісопильних рамах (рис. 15.1). **Лісопильна рама** – це машина, яка складається з кількох прямих пиляльних полотен, що встановлені в одній рамі і здійснюють поступально-зворотний рух у вертикальній площині. Відходи лісопиляння (до 25 % за об'ємом) переробляють на планки, дощечки, деревно-волокнисті плити; а також на деревний спирт.

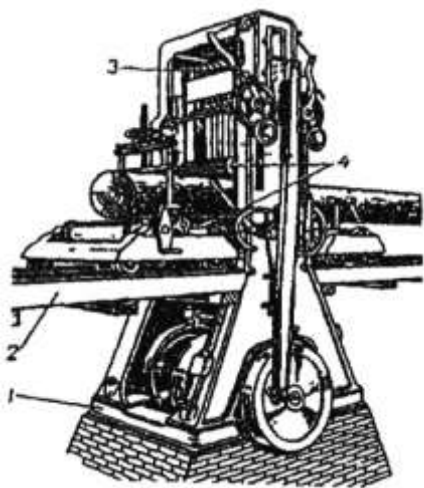


Рис. 15.1. Лісопильна рама:

1 – станина; 2 – підлога лісопильного цеху; 3 – пиляльна рама; 4 – валики для подавання колоди

Усі лісоматеріали класифікують за породою деревини, розмірами і характером обробки. Для надання пиломатеріалам потрібної форми, а також для виготовлення з них різних деталей застосовують спеціальні верстати. Деревообробні верстати, призначені для механічної обробки деревини, дуже різноманітні.

Розпилюють деревину на круглопиляльних, стрічкових і лобзикових верстатах. У круглопиляльних верстатах різальним інструментом є дискова пилка. Ці верстати дають змогу розпилювати матеріал у

поперечному і поздовжньому напрямках з великою швидкістю різання – до 60 м/с і більше.

Стрічкові верстати застосовують для поздовжнього, поперечного і криволінійного розпилювання матеріалу зі швидкістю різання до 20 – 30 м/сек. Різальним інструментом у них є нескінченне стрічкове пиляльне полотно. Для випилювання матеріалу складних кривих контурів застосовують лобзикові

верстати. У таких верстатах різальним інструментом є закріплена в затискачах тонка вузька пилка, яка може рухатись зворотно-поступально.

Для вирівнювання поверхні матеріалу або доведення товщини пиломатеріалу до потрібних розмірів застосовують **стругальні верстати: фугувальні і рейсмусні, або пропускні**, в яких матеріал обробляють обертовими ножовими валами.

Фугувальні верстати застосовують для стругання деревини вздовж волокон. Рейсмусні, або пропускні, верстати призначені для простругування пиломатеріалу за розміром по товщині. Такі верстати бувають односторонньо-стругальні, дво-, три та чотиристоронні, що являють собою **комбіновані фугувально-стругальні верстати**. На таких верстатах можна за один прохід простругувати матеріал з чотирьох боків при швидкості подачі до 48 м/хв і більше.

Для фасонної обробки матеріалів прямолінійних або криволінійних контурів і виготовлення різних профілів, пазів, гребенів, шипів та ін. застосовують **фрезерні верстати**.

На верстаті встановлено горизонтальний стіл, через який відбувається шпindel вертикального валу. На шпинделі закріплюють фрези або патрони з різцями, якими обробляють матеріал. Для обробки деталей особливо складної форми застосовують **спеціальні копіювальні верстати**. Деталі, що мають форму тіл обертання, обробляють на **токарних і токарно-копіювальних верстатах**.

Механічну обробку деревини здійснюють на лісопильних підприємствах, деревообробних заводах, будівельних майданчиках і в деревообробних цехах різних машинобудівних заводів.

Продукт лісопильного виробництва – лісоматеріали, які мають одну форму і оброблені однаковим способом, називають сортаментом. Кожен сортамент поділяють на розміри, що мають свої назви, а кожний розмір за якістю поділяють на сорти.

За формою і розмірами поперечного перерізу пиломатеріали діляться на види, що мають різноманітні назви.

Пластина – це половина розпиленої вздовж по осі колоди.

Четвертина – половина розпиленої вздовж по осі пластини.

Двокантний брус – пиломатеріал з двома паралельними площинами однакової ширини, відстань між якими 100 мм і більше. Площини бруса називаються постелями. Двокантний брус з різною шириною постелей називають **шпалою**.

Трикантний брус – це пиломатеріал з трьома площинами, що йдуть вздовж осі колоди, дві з яких паралельні між собою; відстань між ними 100 мм і більше; третя площина перпендикулярна першим двом, відстань від неї до осі колоди більше 100 мм.

Чотирикантний брус – пиломатеріал з чотирма площинами, що ідуть вздовж осі колоди. Протилежні сторони його паралельні, суміжні, перпендикулярні. Відстань між паралельними сторонами 100 мм і більше.

Дошка – пиломатеріал, товщина якого менше 100 мм, а відношення ширини до товщини більше 2. Широка сторона називається *пластя*, вузька – *кромкою*. Площина, що утворюється при обрізанні дошки впоперек волокон, зветься торцем дошки. Товщина дошки визначається відстанню між пластями, ширина – відстанню між кромками. Довжина дошки – це найкоротша віддаль між торцями. Лінія, де сходяться пласт і кромка, називається ребром.

Розрізняють дошки обрізні і необрізні. В обрізних дошках всі кромки або окремі ділянки кромок утворюються площинами. *В необрізних дошках обидві кромки є частиною поверхні колоди. Така поверхня називається обзолом.* Обзол може бути гострим і тупим. Якщо вся ширина кромки зайнята обрізом, то його називають гострим. Гострий обріз може бути у необрізної дошки; в обрізної дошки він може бути на одній з кромок або на частині довжини кромки. Якщо у обрізної дошки кромка утворена площиною, а між кромкою і пластиною залишилася частина обрізу, його називають тупим. Дошку, що не має обрізу, називають чисто обрізною.

Брусок – пиломатеріал, що має в перерізі форму прямокутника, відстань між паралельними сторонами якого менше 100 мм, а відношення ширини бруска до товщини становить від 2 до 1. Тонкі короткі бруски товщиною менше 30 і довжиною менше 3000 мм називають планками.

Обапіл – пиломатеріал, одержаний з бічної колоди.

Обапіл горбильний (горбиль) – якщо випукла сторона обаполю не пропилена або пропилена менш, ніж на 1/2 його довжини. Обапіл дощатий – коли випускна сторона обапілу обрізана (пропилена) більш, ніж на 1/2 його довжини.

Рейка – обрізана частина кромки, зрізана у дошки.

Короткі дошки і бруски, розміри яких за перерізом і довжиною відповідають або кратні розмірам майбутніх деталей, що виробляються з них, називаються чорновими заготовками. Чорнові заготовки повинні мати припуск матеріалу на обробку і усушку. В процесі виготовлення пиломатеріалів одержуються шматкові відходи.

Виробництво фанери

Фанерою називаються тонкі дерев'яні пластини або листи, які застосовують як будівельний і столярний матеріал. Залежно від способу виробництва розрізняють фанеру **ножову**, або **облицювальну**, і **клеєну**.

Клеєну фанеру виготовляють з трьох або більше шарів лущеного шпону, склеєних між собою так, що **волокна суміжних шарів перехрещуються** (рис. 15.2, б).

Таке розміщення волокон надає фанері більш рівномірної міцності і рівності її поверхні.

Клеєну фанеру широко застосовують у різних галузях промисловості. З неї виготовляють понад 2000 різних виробів. **Сучасний завод, що виробляє фанеру, складається з пропарювального відділення, луцильного цеху,**

сушильного відділення, клеїльного цеху і цеху остаточної обробки. Технологічний процес виробництва клеєної фанери складається з таких основних операцій: розпилювання колод на кряжі, пропарювання кряжів, знімання кори з кряжів, луцення шпону, розрізання шпону на листові заготовки, сушіння шпону, нанесення клею на шпон, заготівля листів (пакетів) і їх склеювання під тиском, обрізка кромки, усунення дефектів та оздоблення, пакування готової продукції.

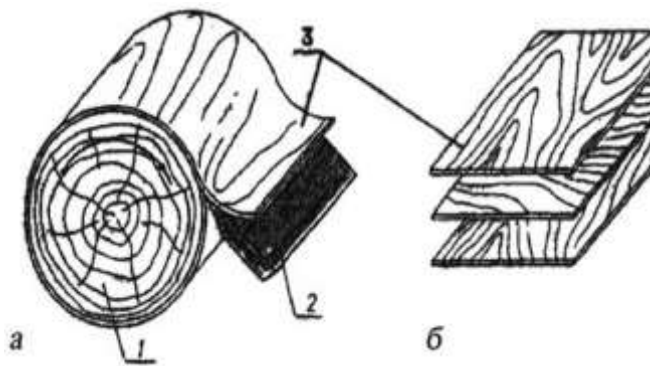


Рис. 15.2. Луцення шпону (а), заготівля та склеювання листів (б):

1 – кряж; 2 – ніж; 3 – шпон

З пропарених розм'якшених кряжів знімають кору і подають на луцильні верстати.

Луцильний верстат – це звичайний тип токарного верстата з обертовим шпинделем і поперечним супортом, на якому закріплений у вигляді різця довгий ніж з притискним пристроєм. Ніж, підведений до кряжа, що обертається, зрізає неперервну стружку шпону потрібної товщини (рис. 15.2, а).

Клеєну фанеру виготовляють з берези, вільхи, сосни, осики, липи, дуба, смереки і ялини. Листи клеєної фанери виготовляють довжиною від 1220 до 2440 мм, шириною від 1220 до 1520 і товщиною від 1 до 19 мм. Листи фанери товщиною понад 12 мм називають фанерними плитами. **Фанеру ножову** виготовляють з твердих і цінних порід деревини – дуба, ясеня, горіха, червоного дерева, зрізуючи тонкі листи деревини на спеціальних фанерно-стругальних верстатах і застосовують для оздоблення (фанерування) столярно-меблевих виробів. Крім розглянутих сортів, фанерні заводи виготовляють **спеціальну фанеру**: армовану – обклеєну листовим металом; веніровану – обклеєну з двох боків або з одного шпоном цінних порід; вогнетривку і водотривку – покриту галалітом, пластмасою, водотривкою хімічною сполукою; покрівельну – обклеєну папером, просоченим тольовою масою та ін.

Столярно-меблеве виробництво

Столярно-меблеве виробництво складається із окремих стадій технологічного процесу. Технологічна схема сучасного столярно-меблевого виробництва в узагальненому вигляді наведена на рис. 15.3.

Першою або другою стадією технологічного процесу може бути **сушіння або розкроювання матеріалів на заготовки**. Названі стадії технологічного процесу за порядком виконання можуть мінятися місцями. Сушіння деревини

можна проводити в дошках або в чорнових заготовках. Сушіння пиломатеріалу в дошках є першою стадією технологічного процесу, при сушінні в заготовках – другою. Послідовність виконання стадій технологічного процесу залежить від виду виробництва і можливості його кооперування, а також від технологічної та предметної спеціалізації.

Третьою стадією технологічного процесу є **механічна обробка чорнових заготовок** струганням, фрезеруванням, пилянням на верстатах або за допомогою ручних інструментів. Цією обробкою заготовкам надають потрібної геометричної форми та розмірів. Такі заготовки називають чистовими.

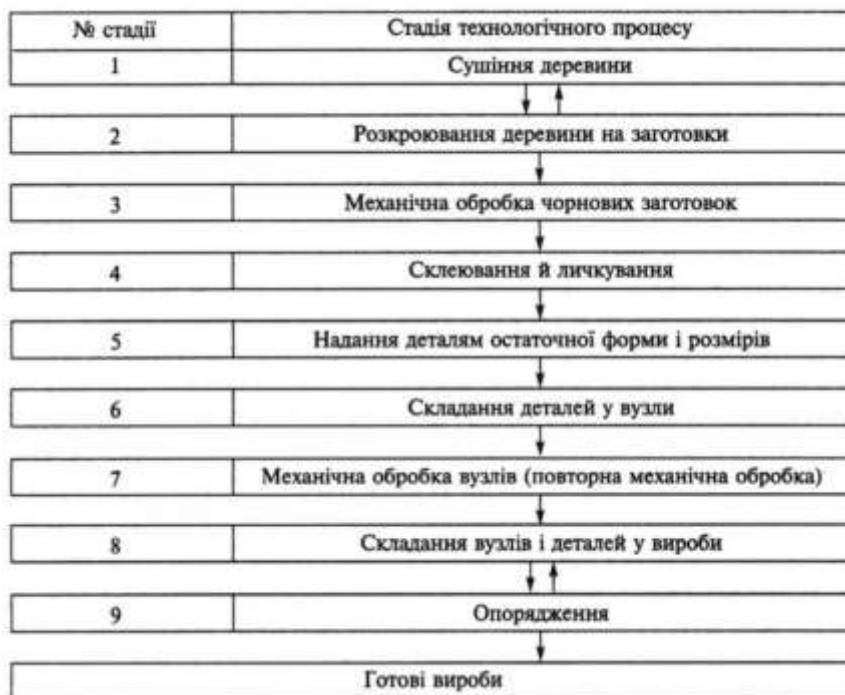


Рис. 15.3. Технологічна схема столярно-меблевого виробництва

Чистові заготовки піддаються **склеюванню та личкуванню**. Якщо технологічним процесом склеювання та личкування не передбачені, то таким заготовкам надають кінцевих розмірів, форми і шорсткості поверхні (чистота поверхні). Кінцевою обробкою чистових заготовок, виготовлених з масивної деревини, деревних матеріалів, склеєних або личкованих, є **виготовлення з'єднуючих елементів** (шипів, провусин, гнізд тощо), надання відповідного профілю окремим елементам і шліфуванням доводять поверхні деталі до потрібної шорсткості.

Процес складання виробів може виконуватись після опорядження деталей і складальних одиниць або до опорядження. Послідовність виконання стадій складання залежить від конструкції виробу. Так, наприклад, корпусні вироби продаються у розібраному вигляді. Варто мати на увазі, що процес складання виробів можна розділити на низку стадій. Перша з них – складання деталей у складальні одиниці (щити, рамки, коробки та ін.) і друга – складання (монтаж) складальних одиниць у виріб.

Технологічний процес перетворення заготовки на готову деталь складається з низки послідовно виконуваних операцій механічної та інших видів обробки. **При виконанні цих операцій із заготовки знімається шар матеріалу**, внаслідок чого вона перетворюється на деталь з точними розмірами, формою і заданою шорсткістю поверхні. Отже, **припуск** – *це шар матеріалу (деревини і деревинного матеріалу), який підлягає зняттю з поверхні заготовки для перетворення її на деталь заданої форми, розмірів і шорсткості поверхні*. Необхідність припусків зумовлюється такими причинами: похибками форми і розмірів заготовки, якщо вони виходять за межі допуску деталі, наявністю на поверхнях заготовки дефективного шару або значної шорсткості, залишених після попередньої обробки, компенсацією похибок установки заготовки на верстаті при її виготовленні тощо.

Якщо припуски завищені, то витрати матеріалу, електроенергії, часу на обробку заготовок зростають. Особливе значення має проблема вибору оптимальної величини припусків для автоматизації механічної обробки заготовок. У цих випадках завищені припуски можуть погіршити якість деталей (точність, шорсткість, форму).

Першою стадією механічної обробки є розкроювання матеріалів на заготовки. **За видом заготовки поділяються на чорнові і чистові**. Розкроюючи деревинні матеріали на чорнові заготовки, дотримуватися високої точності їх розмірів не обов'язково, бо вони піддаються наступній чистовій механічній обробці. Відповідно до цього для розкроювання матеріалів на чорнові заготовки застосовується обладнання, яке забезпечує відповідну точність заготовок. При чистому розкроюванні застосовується обладнання, інструменти і прийоми, які забезпечують підвищену точність заготовок і потрібну якість.

Основними конструктивними матеріалами при виготовленні виробів з деревини є деревостружкова, деревоволокниста плита та фанера клеєна. Процес розкроювання таких матеріалів порівняно з пиломатеріалами значно простіший. Ці матеріали стабільніші за розмірами та якістю. Тому при розкроюванні цих матеріалів основним є забезпечення належної ефективності використання, кількості та розміри отримуваних заготовок.

Процес розкроювання плитних матеріалів повинен забезпечуватися відповідною ефективністю, яка характеризується коефіцієнтом виходу заготовок, який залежить від багатьох факторів. Для його забезпечення складають карти і план розкроювання. Карти розкроювання являють собою графічне зображення розміщення заготовок на стандартному форматі матеріалу, який розкроюється. Складаючи карту розкроювання, для забезпечення високого коефіцієнта виходу потрібно враховувати низку конструктивних і технологічних факторів.

Процес виготовлення деталей супроводжується послідовним виконанням технологічних операцій, за яких з заготовки знімаються шари деревини механічними діями. При цьому заготовка з неточними розмірами і формою набуває потрібних розмірів, форми і шорсткості поверхні. Безумовно,

що процес механічної обробки заготовки супроводжується при відповідній її фіксації відносно ріжучого інструменту. Ця фіксація відбувається при відповідному базуванні заготовки на призначених для цього поверхнях стола верстата або інших пристосуваннях.

Чорнові заготовки, отримані при розкроюванні вихідних матеріалів на круглопилкових верстатах, мають похибки розмірів і форми. Для надання заготовці потрібної точності розмірів і форми проводиться механічна обробка.

Механічна обробка заготовок в розмір по товщині та ширині проводиться на односторонніх (з одним валом) та двосторонніх рейсмусових верстатах (з двома горизонтальними ножовими валами, які розміщені послідовно один над столом, а другий – під ним).

Розміри чистових заготовок формуються також на чотирьох сторонніх поздовжньо-фрезерувальних та універсально-фрезерних верстатах. На цих верстатах змонтовано не менше як 4 головки, за допомогою яких заготовка обробляється з 4-х боків за один прохід.

Формування чистових заготовок у розмір по довжині проводиться на верстатах однопилкових з кареткою, двопилкових кінцевзрівнювачах та ін.

Досконаліший процес формування брускових заготовок у розмір і виготовлення чистових деталей можна виконувати:

- на автоматичній лінії обробки брускових деталей з програмним керуванням;
- на комплекті обладнання для виготовлення деталей стільця столярного;
- на автоматичній лінії по виготовленню паркету;
- на комплексах обладнання, призначених для виготовлення віконних та дверних блоків;
- на установці склеювання та обробки брусків у виробництві вікон та дверей та ін.

При виготовленні виробів з деревини застосовують різні способи з'єднання деталей у складальні одиниці і складальних одиниць у вироби. Основним способом отримання нерознімних з'єднань є клейові з'єднання. Такі з'єднання забезпечують високу міцність. У низці випадків міцність клейового з'єднання вища від міцності деревини й деревинних матеріалів. Крім цього, клейові з'єднання застосовуються не тільки для отримання складальних одиниць при виготовленні виробів, а й для підвищення фізико-механічних характеристик конструктивних елементів виробів, раціонального використання малоцінних сировинних матеріалів, застосовування відходів виробництва для створення нових видів продукції тощо.

Перелік основних клеїв та їх умовне позначення наведені у табл. 15.1.

Клей на поверхні конструктивних елементів, що склеюються, наноситься ручним способом пензлем або зануренням, а також за допомогою різних механічних пристроїв: одновальцьових та двовальцьових.

Одновальцьовий верстат для нанесення клею складається з ванни, в якій перебуває привідний валець і клей. Такий верстат застосовується для нанесення

клею на деталі малих розмірів, особливо на бруски при їх склеюванні в щити і блоки.

Таблиця 15.1

Глютинові (колагенові)	Гл
Казеїнові	Кз
Карбамідоформальдегідні	Мн
Меламіноформальдегідні	Мл
Фенолформальдегідні	Фн
Полівінілацетатні	ПВА
Поліуретанові	Пу
Перхлорвінілові	Пхв
Поліакрилатні	Па
Ефірцелюлозні	Ец
Епоксидні	Еп
Клеї-розплави	Кр
Клеї на основі синтетичного каучуку	Ск
Клеї на основі натурального каучуку	Нк
Латексно-дисперсійні	Лд

Двовальцевий верстат з живленням від нижнього вальця призначений для нанесення клею на дві поверхні деталей будь-якої довжини.

Для нанесення клею на профільні поверхні використовують розпилювання. Цей спосіб є універсальним.

Сфери застосування клеїв визначають залежно від їх властивостей і наведені в табл. 15.2.

Таблиця 15.2

Матеріали, склеюються з деревиною	Рекомендовані клеї
Деревина і дерев'яні матеріали (фанера, ДВП, ДСП)	Мн, Мл, Пва, Гл, Кз, Лд та їх модифікації
Декоративні паперово-шаруваті пластики	Мп, Пва, Мл, Лд модифіковані Пва, Ск
Плівки на основі просоченого паперу	Мн, Пва, Мл модифіковані наповнювачами, Лд
Полімерні плівки і штучна шкіра	Лд, Пва, Ск, Мл модифіковані
Окрайковий пластик	Кр
Деталі і плівки з полівінілхлориду	Ск, Пхв, Пхв модифіковані, Еп
Полістерол	Ец, Пхв модифікований, Еп
Поліетилен	Ск, Пу
Поліуретан	Пу, Ск, Пхв, модифікований Ск
Поліефіри	Ск, Па
Тканина	Лд, Ец, Пва, Пхв, Ск, Кз, Гл
Шкіра	Лд, Ец, Пва, Ск
Гума	Ск, Нк
Скло і кераміка	Пу, Па
Метали	Еп, Ск, Фн, модифікований Ск і Пва

Личкування – це процес наклеювання на поверхні брускових і щитових заготовок тонкого шару матеріалу з натурального або синтетичного шпону, декоративного паперово-шарувального пластика або різного роду плівок, штучної або натуральної шкіри тощо. При цьому брускові заготовки можуть бути з малоцінної або клеєної деревини, а щитові – з деревостружкової або волокнистої плити, фанери тощо. В разі личкування поверхні заготовок облагороджуються, а міцність клеєних конструкцій підвищується.

Личкувати можна гарячим або холодним способом склеювання. При холодному склеюванні температура клейового шару в процесі твердіння відповідає кімнатним умовам. Гаряче склеювання проводиться при підвищеній температурі, в результаті чого швидкість твердіння клею зростає.

Технологічний процес личкування виконується в такій послідовності: підготовка основи, підготовка личівок, нанесення клею на основу і формування пакетів, запресовка і витримування пакетів під тиском до схоплення клею, технологічне витримування, личкування крайок заготовок.

Чистові розміри готових деталей відповідно до технологічних вимог креслення формуються подальшою обробкою чистових заготовок. Тобто завданням вторинної механічної обробки є усунення неточності деталі після склеювання, личкування і доведення до потрібної точності і якості.

Складання виробів з деревини – це складний і водночас трудомісткий технологічний процес, оскільки від його виконання залежить міцність, надійність і довговічність виробів. Тим більше що при складанні окремі елементи виробу відповідним способом з'єднуються між собою з використанням простих і механічних пристроїв, які в низці випадків не можуть забезпечити потрібної точності. Зумовлено це тим, що окремі елементи виробу можуть мати відхилення розмірів в той чи інший бік у межах допуску, а самі операції складання поки що недостатньо механізовані.

Деталі при складанні з'єднуються за допомогою шипових з'єднань, гвинтів, стяжок, болтів тощо. Найпростішим є складання за допомогою столярних в'язок на клею. В процесі складання на з'єднуванні елементи деталей наноситься клей і затискують їх за допомогою складальних пристроїв (вайми). Для стискування деталей при складанні застосовують вайм з гвинтовим, педальним кривошипним, кулачковим, пневматичним та гідравлічним притискними механізмами.

Складання виробів в загальному вигляді можна розділити на чотири типових етапи:

- утворення каркаса виробу;
- підсилення жорсткості каркаса за рахунок кріплення до нього нерухомих елементів;
- встановлення рухомих складових частин;
- кріплення другорядних і комплектуючих виробів.

При складанні використовують рознімні та нерознімні з'єднання. Перші виконують за допомогою стяжок різних конструкцій і болтів, нерознімні – на клею.

Разом з цим складання поділяється на **стаціонарне і рухоме**.

При стаціонарному складанні виріб перебуває на одному місці, не змінює свого положення і положення базової деталі або складальної одиниці, є незмінним. У таких умовах змога використати спеціалізовані пристрої для складання обмежується, а дозволяється використати лише універсальні пристрої. Стаціонарний спосіб складання застосовується в одиночному й серійному виробництвах.

При стапельному складанні застосовується вузькоспеціалізоване обладнання – стапелі, що дозволяє робітникові виконувати операції точно й за короткий час. Стапель обладнується різними пристроями, які дозволяють подавати деталі і складальні одиниці в зону складання, фіксувати їх у певному положенні тощо.

Рухоме складання може бути потоковим і непотоким. При поточному (конвеєрному) складанні кожна операція виконується за визначений час, який дорівнює ритму. Виріб, який складається, може переміщуватися на конвеєрі з одного робочого місця на інше безперервно або перервно. Конвеєрне складання дозволяє провести вузьку спеціалізацію робітників і виконувати роботи у відповідному ритмі. Це можна здійснити лише у тому разі, коли виріб складається з окремих складальних одиниць і деталей, які можна складати у виріб незалежно одна від одної.

ПРОГРАМА ПІДГОТОВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити теоретичний матеріал за цим посібником та поданою нижче навчальною літературою.
2. Зарисувати технологічну схему столярно-меблевого виробництва.

ЗАВДАННЯ Й МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

1. Вивчити теоретичні відомості про лісопромисловий комплекс України та технології деревообробки.
2. Пояснити, що таке лісопромисловий комплекс України, його склад і призначення.
3. Описати технології лісозаготівельних та деревообробних виробництв.
4. Коротко описати лісопильне виробництво.
5. З'ясувати і записати в зошит, що таке фанера? З чого її виготовляють? З яких основних операцій складається технологічний процес виробництва клеєної фанери?
6. Описати: а) суть кожної стадії технологічного процесу столярно-меблевого виробництва; б) суть технологічного процесу складання виробів з деревини в) на які типові етапи можна розділити складання виробів в загальному вигляді та які з'єднання при цьому використовують? яке буває складання?

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Схарактеризувати структуру лісопромислового комплексу України?
2. Які виробництва зосереджені у деревообробній промисловості?
3. Які виробничі операції виконуються у лісозаготівельних та лісопильних виробництвах?
4. Пояснити суть технології виробництва клесної фанери?
5. Схарактеризувати суть кожної стадії технологічного процесу столярно-меблевого виробництва.
6. Пояснити що таке личкування і складання виробів.
7. Пояснити на які чотири типових етапи в загальному вигляді можна розділити складання виробів.
8. Схарактеризувати стаціонарне і рухоме складання виробів.

Список літератури

1. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник для вищих навчальних закладів. Київ : Кондор, 2006. 528 с.
2. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник для вищих навчальних закладів. Вінниця : ДОВ «Вінниця», 2003. 371 с.
3. Атаманюк В. В., Шимкова І. В. Лабораторний практикум з технології конструкційних матеріалів: навчально-методичний посібник для вищих навчальних закладів. Вінниця : ДОВ «Вінниця», 2007. 165 с.
4. Желібо Є. П., Анопко Д. В., Буслик В. М., Овраменко М. А., Петрик Л. С., Пирч В. П. Основи технологій виробництва в галузях народного господарства : навч. посібник. Київ : Кондор, 2005. 716 с.
5. Курська Т. М., Чернобай Г. О., Єрмоменко С. Б. Матеріалознавство та технології матеріалів: конспект лекцій. Харків: УЦЗУ, 2008. 136 с.
6. Бялік О. М., Черненко В. С., Писаренко В. М., Москаленко Ю. М. Металознавство: підручник. Вид. 2-ге., перероб. і доп. Київ: Політехніка, 2002. 384 с.
7. Опальчук А. С., Котречко О. О. Роговський Л. Л. Лабораторний практикум з технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства: навч. посібник. Київ: Вища освіта, 2006. 287 с.: іл.
8. Остапчук М. В., Рибак А. І. Система технологій (за видами діяльності): навчальний посібник. Київ: ЦУЛ, 2003. 888 с.
9. Пахолюк А.П., Пахолюк О.А. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали : посібник. Львів: Світ, 2005. 172 с.
10. Попович В., Голубець В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: навчальний посібник для вищих навчальних закладів: У 2-х кн. Книга II. Суми: ВТД «Університетська книга», 2002. 260 с.
11. Сологуб М. А., Рожнецький І. О., Некоз О. І. Технологія конструкційних матеріалів: підручник. Вид 2-ге., перероб. і доп. Київ: Вища школа, 2002. 374 с

Тестові завдання для самоперевірки

ТЕСТИ до тем «КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТА АМОРФНІ МЕТАЛИ І СПЛАВИ»

1. Вкажіть для яких матеріалів властиві висока твердість і крихкість

- 1) металів;
- 2) бетону;
- 3) композиційних матеріалів;

2. Вкажіть для яких матеріалів властиві висока міцність і пластичність

- 1) металів;
- 2) композиційних матеріалів;
- 3) пластиків.

3. Вкажіть для яких матеріалів властиві незвичайна комбінація властивостей різнорідних матеріалів

- 1) металів;
- 2) композиційних матеріалів;
- 3) пластиків.

4. Вкажіть для яких матеріалів властиві низька міцність і піддатливість

- 1) металів;
- 2) композиційних матеріалів;
- 3) пластиків.

5. Композиційними називаються:

1) штучно створені матеріали, що складаються з двох або більше хімічно різнорідних компонентів, істотно відмінних за властивостями й розділених добре вираженою міжкомпонентною межею;

2) природні матеріали, що складаються з двох хімічних компонентів, відмінних за властивостями й розділених добре вираженою міжкомпонентною межею;

3) штучно створені матеріали, що складаються з декількох хімічних компонентів, мають властивості, схожі до металів і сплавів;

6. Основу композитів називають:

- 1) полімером;
- 2) матрицею;
- 3) бамбуком;

7. Матриця надає виробам:

1) певної форми і створює монолітний матеріал, а також передає зусилля, прикладені до виробу, на армуючі елементи полімером;

2) спеціальних властивостей пластику та кераміки;

3) прикладені зусилля на монолітний матеріал.

8. Матриця є порівняно:

- 1) зміцнювальним матеріалом;
- 2) армуючим матеріалом;
- 3) пластичним матеріалом;

9. Матрицю виготовляють із:

- 1) полімерів, глинозему та титанової губки;
- 2) кераміки та деревини;
- 3) металів та сплавів на їхній основі, полімерів, кераміки та інших матеріалів;
- 4) сплавів Al, Mg, Ni, Ti.

10. За видом матеріалу матриці поділяють на:

- 1) глиноземні, титанові, вуглецеві;
- 2) керамічні та дерев'яні;
- 3) металеві, керамічні, полімерні, вуглецеві;

11. Зміцнювальні (армуючі) компоненти повинні відзначатись:

- 1) високими міцністю і жорсткістю
- 2) доброю хімічною й температурною тривкістю
- 3) високими міцністю і жорсткістю, малою густиною, доброю хімічною й температурною тривкістю, а також максимально досяжною технологічністю

12) Для армування композитних матеріалів застосовують:

- 1) порошкові, волоконні й пластинчасті компоненти
- 2) порошкові і пластинчасті компоненти
- 3) волоконні та порошкові компоненти

13) Порошкові зміцнювальні компоненти:

- 1) тверді тугоплавкі дрібні частинки карбідів, оксидів, нітридів, що не розчиняються у матриці в усьому інтервалі температур експлуатації композитів;
- 2) м'які великі частини карбідів, оксидів, нітридів;
- 3) тверді тугоплавкі дрібні частинки карбідів, оксидів, нітридів, що розчиняються у матриці;

14) До волоконних компонентів належать:

- 1) безперервні та короткі волокна неорганічного й органічного походження, металевий дріт і сітки на їхній основі;
- 2) короткі волокна неорганічного й органічного походження;
- 3) металевий дріт і сітки на їхній основі.

15) Від чого залежить міцність волокноподібних кристалів?

- 1) від шорсткості їхньої поверхні й площі поперечного перерізу;
- 2) від шорсткості поверхні
- 3) від площі поперечного перерізу

16) Чи використовується пластинчастий зміцнювальний компонент?

- 1) ні;
- 2) так – це тонка плівка карбиду бору, осаждена пошарово на поверхню матриці
- 3) частково.

17) Волокна в композитах гальмують поширення тріщини в напрямку:

- 1) перпендикулярному до них;
- 2) паралельному до них
- 3) під кутом 120 °.

18) Від чого залежить комплекс властивостей композитного матеріалу:

- 1) від об'ємної частки зміцнювального компоненту, розмірів і орієнтації волокон;
- 2) від властивостей матриці та зміцнювального матеріалу й від міцності зв'язку між ними, від об'ємної частки зміцнювального компоненту, розмірів і орієнтації волокон, їхньої термічної тривкості.
- 3) від властивостей матриці й від розмірів і орієнтації волокон, їхньої термічної тривкості.

19) Головну роль у зміцненні композитних матеріалів відіграють:

- 1) армуючі компоненти;
- 2) тверді розчини.
- 3) хімічні сполуки.

20) Що вказує на надійність з'єднання компонентів:

- 1) на межі поділу між матеріалами матриці й зміцнювального компоненту не повинно утворюватися сполук
- 2) на межі поділу між матеріалами матриці й зміцнювального компоненту утворюються механічні суміші.
- 3) на межі поділу між матеріалами матриці й зміцнювального компоненту утворюються тверді розчини або хімічні сполуки;

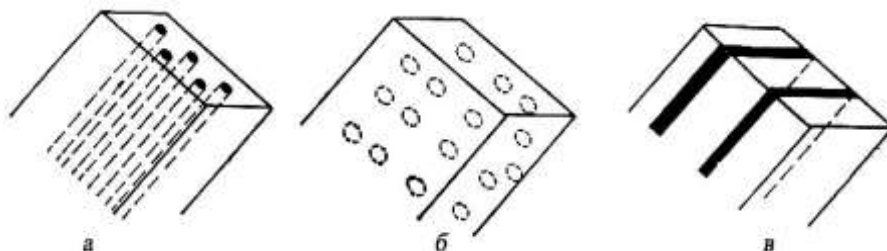
21) Композиційні матеріали поділяються на три групи:

- 1) Волокнисті, пластикові, деревні матеріали
- 2) Дисперсні, шорсткі та рідкі матеріали.

3) Дисперсні, Волокнисті і Шаруваті матеріали;

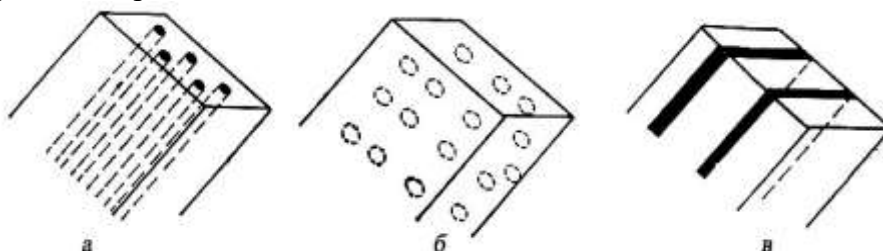
22) На рисунку схематично зображені будови композиційних матеріалів. Рисунок а - це

- 1) Волоконні матеріали
- 2) Дисперснозміцнені матеріали.
- 3) Шаруваті матеріали;



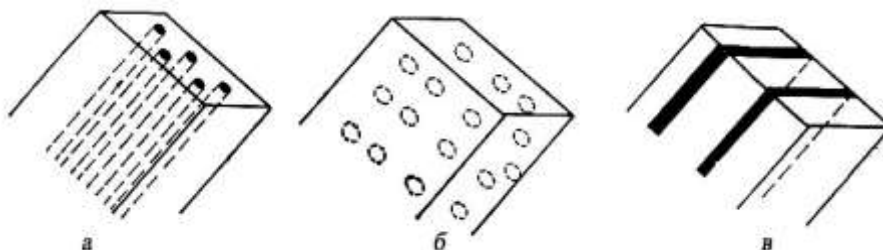
23) На рисунку схематично зображені будови композиційних матеріалів. Рисунок б - це

- 1) Волоконні матеріали
- 2) Дисперснозміцнені матеріали.
- 3) Шаруваті матеріали;



24) На рисунку схематично зображені будови композиційних матеріалів. Рисунок в - це

- 1) Волоконні матеріали
- 2) Дисперснозміцнені матеріали.
- 3) Шаруваті матеріали;



25) Аморфні метали та сплави можна отримати:

- 1) при дуже швидкому охолодженні розплавів
- 2) при дуже повільному охолодженні розплавів.
- 3) при дуже швидкому нагріванні розплавів;

26) Що сприяє кристалізації аморфних металів?

- 1) кімнатна температура
- 2) висока температура нагрівання
- 3) різке охолодження

27) Аморфний сплав, який складається із заліза, нікелю та хрому:

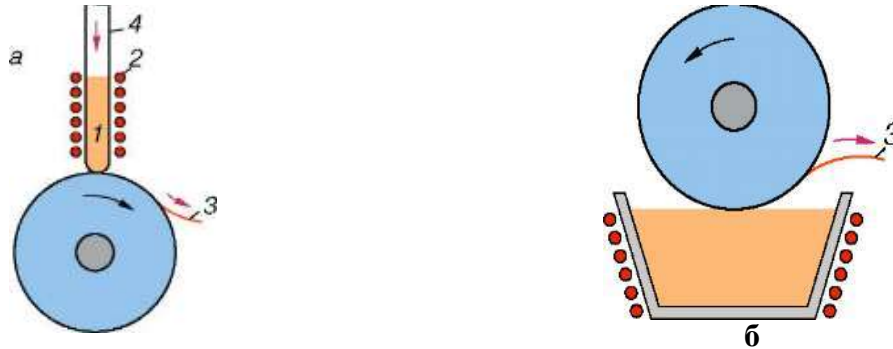
- 1) не руйнується в розчині соляної кислоти
- 2) руйнується в розчині соляної кислоти зі швидкістю 10 мкм за рік
- 3) такого аморфного сплаву не існує – це нержавіюча сталь

28) Вироби з аморфних металів практично не наклепуються у разі деформації, тому вони не потребують:

- 1) відпалювання
- 2) гартування
- 3) відпускання

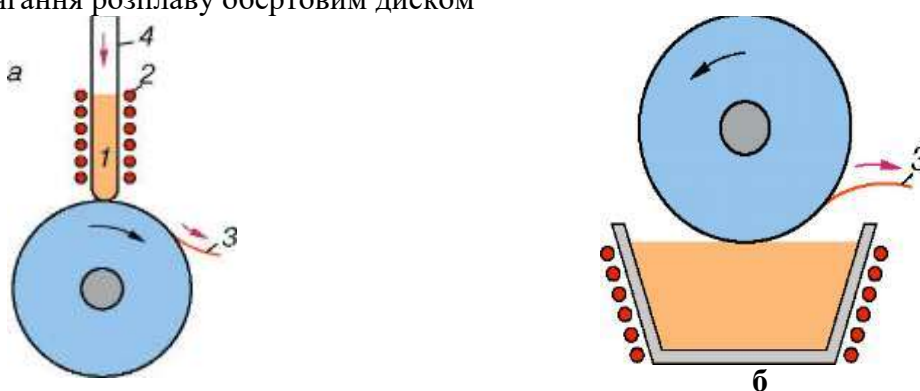
29) На рисунку зображені схеми обладнань для одержання аморфних сплавів загартуванням з рідкого стану, рисунок а - це:

- 1) нанесення обертливим циліндром розплаву
- 2) нанесення розплаву на обертливий металевий диск або циліндр
- 3) витягання розплаву обертливим диском



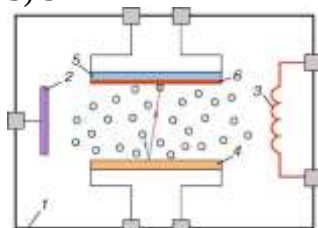
30) На рисунку зображені схеми обладнань для одержання аморфних сплавів загартуванням з рідкого стану, рисунок б - це:

- 1) нанесення обертливим циліндром розплаву
- 2) нанесення розплаву на обертливий металевий диск або циліндр
- 3) витягання розплаву обертливим диском



31) На рисунку зображена схема установки для чотирьохелектродного розпилення, вольфрамова спіраль позначена цифрою:

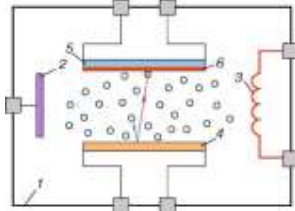
- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3



32) На рисунку зображена схема установки для чотирьохелектродного розпилення, вакуумна камера позначена цифрою:

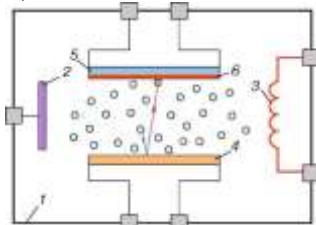
- 1) 1
- 2) 2

3) 3



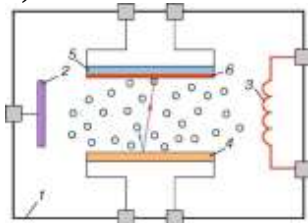
33) На рисунку зображена схема установки для чотирьохелектродного розпилення, анод позначений цифрою:

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3



34) На рисунку зображена схема установки для чотирьохелектродного розпилення, аморфний матеріал позначений цифрою:

- 1) 2
- 2) 6
- 3) 4



35) Розташування атомів у вигляді нескінченних рядів, що багаторазово повторюється в просторі, називають:

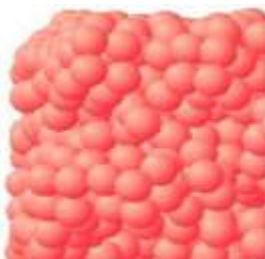
- 1) ближнім порядком
- 2) далеким порядком
- 3) центральним порядком

36) Розташування атомів у речовині, яке повторюється лише на відстанях, порівнянних з відстанями між атомами, називають:

- 1) ближнім порядком
- 2) далеким порядком
- 3) центральним порядком

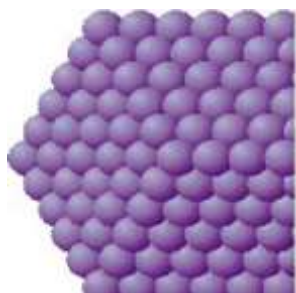
37) На рисунку зображено модель структури:

- 1) ближнього порядку
- 2) далекого порядку
- 3) центрального порядку



38) На рисунку зображено модель структури:

- 1) ближнього порядку
- 2) далекого порядку
- 3) центрального порядку



39) При кімнатній температурі феромагнетизм характерний для трьох чистих металів:

- 1) заліза (Fe), нікелю (Ni) і кобальту (Co)
- 2) заліза (Fe), золота (Au), срібла (Ag)
- 3) алюмінію (Al), титану (Ti) і магнію Mg

40) Величина магнітного поля, що виникає у речовині внаслідок упорядкування орієнтації атомних магнітних моментів, називається:

- 1) парамагніченістю
- 2) намагніченістю
- 3) магнетизмом

41) Феромагнетизм аморфних сплавів обумовлений наявністю в них одного, двох або всіх трьох феромагнітних елементів:

- 1) заліза, нікелю й кобальту
- 2) цинку, нікелю й кобальту
- 3) заліза, алюмінію й олова

42) Подвійні феромагнітні сплави можна розділити на такі групи:

- 1) сплави феромагнітних елементів з перехідними металами, сплави феромагнітних елементів з неметалами, сплави феромагнітних елементів з одним з рідкісноземельних металів
- 2) сплави феромагнітних елементів з неметалами, металами, композитами
- 3) сплави феромагнітних елементів з одним, двома або трьома з рідкісноземельних металів

43) Подвійні феромагнітні сплави можна розділити на такі групи на прикладі подвійних сплавів:

- 1) Fe-Au, Co-Zr, Ni-Pt; Fe-C, Co-B, Ni-P; Fe-Tb, Co-Sm, Ni-Nd
- 2) Co-Zr, Co-Sm, Ni-Nd
- 3) Fe-Au, Ni-Nd

44) Які корисні магнітні властивості поліпшуються в результаті утворення аморфної структури?

- 1) аморфні металеві сплави майже завжди є магнітом'якими феромагнетиками
- 2) аморфні металеві сплави майже завжди є магнітом'якими феромагнетиками; високе значення початкової магнітної проникності як на низьких так і на високих частотах

3) низьке значення початкової магнітної проникності як на низьких так і на високих частотах

45) Яке практичне використання аморфних сплавів?

- 1) як дифузійних бар'єрів
- 2) для виготовлення магнітних головок і датчиків
- 3) як дифузійних бар'єрів, сенсорних обладнань і малогабаритних трансформаторів, для виготовлення магнітних головок і датчиків

46) Особливо добрі бар'єрні властивості мають аморфні сплави:

- 1) тугоплавких металів
- 2) дорогоцінних металів
- 3) твердих розчинів

47) Магнітна головка, використовувана для запису інформації, повинна бути з матеріалу:

- 1) що має високе значення намагніченості насичення M_s
- 2) що має низьке значення намагніченості насичення M_s
- 3) що немає значення намагніченості насичення M_s

48) Чи вивчений феромагнетизм аморфних систем при низьких температурах?

- 1) так
- 2) мало вивчений
- 3) це неможливо зробити

49) Чи можливий стан сплаву, при якому рідина перетворюється на скло не зазнаючи кристалізації?

- 1) так, при цьому число центрів і швидкість росту кристалів стають рівними нулю
- 2) ні, число центрів і швидкість росту кристалів стають не можуть бути рівними нулю
- 3) це неможливо зробити

50) Що називають «металевим склом»?

- 1) металеві сплави з упорядкованим розташуванням атомів у просторі
- 2) аморфні металеві сплави з неупорядкованим розташуванням атомів у просторі
- 3) металеві сплави з ближнім розташуванням атомів у просторі

Навчальне видання

Шимкова Ірина Вікторівна

**ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА НЕМЕТАЛЕВИХ
КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**
Практикум

Підписано до друку 28 листопада 2019 р.

Ум. друк. арк. 5,7

Гарнітура Times New Roman.

Вінницький державний педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського

21100, м. Вінниця, вул. К. Острозького, 32, ВДПУ,
тел. (0432) 27-90-76