

**ТРАНСПОРТНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО
В ПИТАННЯХ ТА ВІДПОВІДЯХ**

Навчальний посібник

Харків 2011



УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

**ТРАНСПОРТНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО
В ПИТАННЯХ ТА ВІДПОВІДЯХ**

Навчальний посібник

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів
вищих навчальних закладів*

Харків 2011

УДК 620.22(075.8):656
ББК 30,3+39.2
Т 654

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів
(№ 1/11-5573 від 23 червня 2010 року)*

Авторський колектив:
Л.А. Тимофєєва, Г.Л. Комарова, С.С. Тимофєєв,
В.М. Остапчук

Рецензенти:
О.Я. Мовшович, д-р техн. наук, професор (Харківський
національний політехнічний університет «ХПІ»)
М.К. Резнеченко, д-р техн. наук, професор (Українська
інженерно-педагогічна академія)

Транспортне матеріалознавство в питаннях та
Т654 **відповідях:** Навчальний посібник. – Харків: УкрДАЗТ,
2011. – 236 с.
ISBN 978-966-2033-58-8

Навчальний посібник призначений для самостійного закріплення теоретичних знань з матеріалознавства шляхом розв'язання прикладних завдань, а також може бути корисним при виборі матеріалів для конкретних деталей транспортного призначення.

Посібник складається із трьох основних розділів. У першому розділі наведені питання-тести з найважливіших розділів транспортного матеріалознавства. У другому – розглядаються матеріали, які найбільш часто використовують при будівництві та експлуатації залізниць, а також при ремонті рухомого складу та основного обладнання залізничного транспорту. У третьому розділі наведено допоміжно-довідкові відомості про методи контролю якості виробів на залізничному транспорті та основи раціонального вибору конструкційних матеріалів з метою економічної ефективності їх використання.

УДК 620.22(075.8):656
ББК 30.2+39.2

ISBN 978-966-2033-58-8

©Українська державна академія
залізничного транспорту, 2011.

Навчальний посібник

Тимофєєва Лариса Андріївна,
Комарова Ганна Леонідівна,
Тимофєєв Сергій Сергійович,
Остапчук Віктор Миколайович

ТРАНСПОРТНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО
В ПИТАННЯХ ТА ВІДПОВІДЯХ

Відповідальний за випуск Комарова Г.Л.

Редактор Буранова Н.В.

Підписано до друку 14.10.10 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друкарк. 7,25. Тираж 300. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія
залізничного транспорту

61050, Харків - 50, майдан Фейєрбаха, 7

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Міністерство освіти та науки України
УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

Л.А. Тимофєєва, Г.Л. Комарова, С.С. Тимофєєв, В.М. Остапчук

**ТРАНСПОРТНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО
В ПИТАННЯХ ТА ВІДПОВІДЯХ**

Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник
для студентів вищих навчальних закладів
напрямків «Залізниця та залізнична техніка»,
«Енергетика», «Інженерна механіка»

Харків 2010

УДК 620.22 (075. 8): 656

Гриф надано Міністерством освіти і науки України

Тимофеева Л.А., Комарова Г.Л., Тимофеев С.С., Остапчук В.М. Транспортне матеріалознавство в питаннях та відповідях: Навч. посібник. - Харків: Видавництво УкрДАЗТ, 2010. – 187с.

Посібник призначений для самостійного закріплення теоретичних знань, отриманих студентами на заняттях по матеріалознавству, шляхом рішення прикладних завдань, а також може бути корисним при виборі матеріалів для конкретних деталей транспортного призначення.

Посібник складається із двох основних частин. У першій частині наведені питання-тести по найважливіших розділах транспортного матеріалознавства. Кожному розділу передують теоретичні відомості із відповідної галузі. Тести складаються із чотирьох альтернативних питань. Наприкінці кожного розділу для самоперевірки наведено правильні відповіді з роз'ясненнями.

У другій частині розглядаються матеріали які найбільш часто використовують при будівництві та експлуатації залізних доріг, а також при ремонті рухомого складу та основного обладнання залізничного транспорту

Призначено для студентів технічних вузів транспортних спеціальностей, а також може бути корисним викладачам для складання тестових індивідуальних завдань студентам.

Іл. 47. Бібліогр. 32 назв.

Рецензенти: Мовшович О.Я., доктор технічних наук, професор
(Харківський національний політехнічний університет
«ХП»)»

Резначенко М.К., доктор технічних наук, професор
(Українська інженерно-педагогічна академія)

ЗМІСТ

Вступ	5
1. Базові розділи програми. Питання – тести	7
1.1. Електронна будова і класифікація металів	7
1.2. Кристалічна будова металів і дефекти кристалічних структур	16
1.3. Теорія сплавів	33
1.3.1. Кристалізація металів	33
1.3.2. Види сплавів	38
1.3.3. Діаграми стану	45
1.4. Механічні властивості, деформація та рекристалізація металів	58
1.5. Залізовуглецеві сплави (структурний та фазовий склад)	
1.6. Теорія термообробки. Термічна і хіміко-термічна обробка сталей	75
1.7. Класифікація та маркування сталей і сплавів	91
1.8. Інструментальні матеріали	127
1.9. Кольорові метали та сплави	144
1.9.1. Мідь та сплави на її основі	158
1.9.2. Алюміній та сплави на його основі	166
1.9.3. Титан та сплави на його основі	178
1.9.4. Сплави на основі магнію та берилію. Антифрикційні сплави	185
2. Промислові матеріали для залізничного транспорту	199
2.1. Будівельні матеріали	199
2.1.1. Природні кам'яні матеріали	199
2.1.2. Будівельні керамічні вироби	201
2.1.3. Скло, скляні та плавлені вироби	202
2.1.4. Неорганічні в'язучі матеріали та домішки до них	203
2.1.5. Бетони та розчини	205
2.1.6. Безвипалювані матеріали	206
2.1.7. Теплоізоляційні будівельні матеріали	206
2.1.8. Органічні в'язучі речовини та вироби на їх основі	207
2.1.9. Деревинні матеріали	209

2.2. Паливо та мастильні матеріали	210
2.2.1. Паливо	210
2.2.2. Мастильні матеріали	212
2.3. Пластичні маси	213
2.3.1. Полімери для виготовлення пластичних мас	213
2.3.2. Пластичні маси, що застосовуються на залізничному транспорті	214
2.4. Хімічні, лакофарбові матеріали та гази	216
2.4.1. Хімічні матеріали	216
2.4.2. Гази і холодоагенти	217
2.4.3. Лакофарбові матеріали	218
2.5. Волокнисті та інші матеріали	220
2.5.1. Папір та паперові вироби	220
2.5.2. Шкіра та вироби з неї	221
2.5.3. Гума та гумотехнічні вироби	221
2.5.4. Тканини та вироби з них	222
2.6. Електротехнічні матеріали та вироби	224
2.6.1. Провідникові метали та сплави	224
2.6.2. Напівпровідникові матеріали	225
2.6.3. Магнітні матеріали	225
2.6.4. Електроізоляційні матеріали	226
2.6.5. Кабельні вироби	228
3. Допоміжно-довідкові відомості	229
3.1. Методи контролю якості виробів	229
3.2. Основи раціонального вибору конструкційних матеріалів та економічна ефективність їх використання	230
Бібліографічний список	234
Додаток. Діаграма Fe-Fe ₃ C	237

ВСТУП

Матеріалознавство є однією з основних дисциплін для машинобудівних транспортних спеціальностей. Це пов'язано з тим, що одержання, розробка нових матеріалів та способи їхньої обробки є основою сучасного виробництва і багато в чому визначають рівнем свого розвитку науково-технічний і економічний потенціал країни. Проектування раціональних, конкурентоспроможних виробів та організація їхнього виробництва неможливі без достатнього рівня знань у галузі матеріалознавства.

Матеріалознавство є основою для вивчення багатьох спеціальних дисциплін.

Матеріалознавство – це наука, яка вивчає будову і властивості металів та установлює зв'язок між їх складом, будовою та властивостями.

Основними матеріалами, які використовуються в машинобудуванні, є і ще довго залишатимуться метали та їхні сплави. Тому основною частиною матеріалознавства є металознавство, у розвиток якого значний внесок зробили вчені: П.П. Аносов, Д.К. Чернов, Н.С. Курнаков, А.П. Гуляєв та інші.

Металознавство дозволяє вибрати найбільш економічно вигідні метали та сплави для конкретних умов експлуатації. Воно є основою при розробці нових сплавів, допомагає змінювати в потрібних напрямках властивості металів та сплавів, які вже використовуються, застосовувати найбільш раціональні методи і режими обробки. В цьому і є практична цінність металознавства.

Метою викладання дисципліни є навчити майбутніх інженерів транспортних спеціальностей застосовувати основні методи керування конструкційною міцністю матеріалів і проводити обґрунтований вибір матеріалу для виробів з урахуванням умов їхньої експлуатації.

Для досягнення поставленої мети при вивченні дисципліни вирішуються такі основні завдання:

- придбання знань для оцінки технічних властивостей матеріалів, виходячи з умов експлуатації і виготовлення виробу;
- формування науково обґрунтованих уявлень про можливість раціональної зміни технічних властивостей матеріалу шляхом зміни його структури;

- ознайомлення зі способами зміцнення матеріалів, що забезпечують надійність виробів і інструментів;
- ознайомлення з основними групами сучасних матеріалів, їхніми властивостями і сферою застосування.

Використання сталей не за призначенням або порушення режимів термічної обробки може призвести до аварій.

Матеріалознавство підготовляє студента до засвоєння спеціальних дисциплін, що вивчають основні виробничі технології і процеси.

У посібнику наведені питання-тести з різних розділів матеріалознавства. Кожному підрозділу передують відомості з відповідної галузі матеріалознавства (слід мати на увазі, що відомості мають лише довідковий характер і жодним чином не замінюють необхідність роботи з підручником).

Тести складаються із чотирьох альтернативних питань. Наприкінці кожного підрозділу для самоперевірки наведено правильні відповіді з роз'ясненнями.

Наведені тестові завдання дають можливість студентам самостійно засвоїти матеріал та перевірити отримані знання при підготовці до модульного та семестрового контролю.

Всі тестові питання відповідають базовим розділам робочої програми курсу.

У другому розділі для більш повного самостійного засвоєння матеріалу і допомоги до курсового проектування стисло розглядаються промислові матеріали, які найбільш часто використовують при будівництві та експлуатації залізниць, а також при ремонті рухомого складу та основного обладнання залізничного транспорту.

Знання основ матеріалознавства також необхідно інженерові, що працює у сфері експлуатації сучасних транспортних машин і конструкцій.

У третьому розділі посібника наведено допоміжно-довідкові відомості про методи контролю якості виробів на залізничному транспорті та основи раціонального вибору конструкційних матеріалів з метою економічної ефективності їх використання.

1. БАЗОВІ РОЗДІЛИ ПРОГРАМИ

Питання – тести

1.1. Електронна будова і класифікація металів

Сучасна наука знає 105 хімічних елементів, з яких складаються різні матеріали; 83 з них – метали, характерними ознаками яких є: висока електро- і теплопровідність, пластичність і особливий металевий блиск.

Метали, або речовини, що перебувають у металевому стані, мають електронну будову, яка характеризується наявністю незаповнених підрівнів у валентній зоні. Валентні електрони не пов'язані з певними атомами, а належать усьому металевому тілу, утворюючи електронний газ, який оточує каркас із позитивно заряджених іонів.

Металевий зв'язок між атомами ненаправлений. Кожен атом намагається оточити себе якомога більшою кількістю сусідніх атомів, наслідком чого є висока компактність металів.

Електрони, які утворюють електронний газ, називають *електронами провідності*, оскільки вони легко переміщуються в зовнішньому електричному полі, створюючи електричний струм.

Недобудованість валентних енергетичних зон металів визначає їх високу електропровідність, теплопровідність, металевий блиск та ін. Всі метали мають позитивний температурний коефіцієнт електричного опору.

За низкою характерних ознак метали поділяють на дві групи: *чорні та кольорові*. До чорних відносять залізо та його сплави (сталі, чавуни). Решта металів та сплавів на їх основі – кольорові.

Нерідко до металів залізної групи відносять Ni, Co і Mn.

Метали з температурою плавлення вище 1800°C називають тугоплавкими. До них належать Ti, Zr, Cr, V, Nb, Mo, W та ін. Їх часто застосовують як домішки до металів на основі заліза при отриманні спеціальних сталей і сплавів.

Метали з низькою температурою плавлення нижче 500 °C (Hg, Sn, Bi, Cd, Pb, Zn, Sb та ін) відносять до легкоплавких.

До легких належать метали з низькою щільністю (мають щільність менше 5 г/см³). До них належать метали, які широко застосовуються в техніці: Mg, Be, Al, Ti.

Метали (Ag, Au, Os, Ir, Pt, Rh, Pd та ін.) складають групу благородних. Вони хімічно інертні. До благородних металів часто відносять мідь, яка має хімічну стійкість у сухій атмосфері.

До рідкісноземельних металів (РЗМ) відносять метали групи лантану – лантаніди (Ce, Pr, Nd та ін) і подібні з ними Y і Sc.

Групу уранових металів складають ті, що використовуються в атомній техніці, актиноїди (Th, Pa, U та ін.).

Li, Na, K та ін., що використовують як теплоносії в ядерних реакторах, складають групу лужноземельних металів.

Кількість металів у земній корі неоднакова. Перше місце посідає алюміній (8,8 % від маси земної кори), потім залізо (5,1%), магній (2,1%), титан (0,6%). Інші метали містяться в сотих і тисячних частках відсотка і, по суті, є рідкісними.

Особливість властивостей деяких металів зумовила їх широке застосування в техніці. Такі метали називають *технічними*. Це в першу чергу залізо, алюміній, магній, титан, мідь, свинець, олово, цинк, нікель, кобальт. На основі цих металів створюються сплави, властивості яких, як правило, перевершують властивості чистих металів. Чистий метал – поняття відносне. У ньому завжди містяться домішки інших елементів. Розрізняють технічно чисті метали і метали високої та особливої чистоти. Останні містять 99,99999 % металу.

Ряд металів (Fe, Ni, Co), у зв'язку з особливостями їх електронної будови, мають феромагнетизм – здатність сильно намагнічуватися у зовнішньому магнітному полі. Основні властивості феромагнетиків визначаються доменною структурою їх кристалів. Домен – це область кристала розміром $10^{-4} \dots 10^{-6}$ м, яка при відсутності зовнішнього магнітного поля спонтанно (мимовільно) намагнічена до насичення. Магнітні моменти окремих доменів спрямовані по-різному, тому повний магнітний момент феромагнетика дорівнює нулю.

Питання - тести до підрозділу 1.1

1. До якої групи металів належить залізо та його сплави?
 - A) Тугоплавкі
 - B) Чорні
 - C) Діамагнетики
 - D) Метали з високою питомою міцністю.
2. Який з наведених нижче металів (сплавів) належить до чорних?
 - A) Латунь.
 - B) Корозійностійка сталь.
 - C) Бабіт.
 - D) Дюралюміній.
3. Як називають метали з температурою плавлення вище температури плавлення титану?
 - A) Тугоплавкі.
 - B) Благородні.
 - C) Чорні.
 - D) Рідкісноземельні.
4. До якої групи металів належить вольфрам?
 - A) Актиноїди.
 - B) Благородні.
 - C) Рідкісноземельні.
 - D) Тугоплавкі.
5. В якій з наведених нижче груп містяться тільки тугоплавкі метали?
 - A) Нікель, алюміній.
 - B) Титан, актиній.
 - C) Молібден, цирконій.
 - D) Вольфрам, залізо.
6. До якої групи металів (сплавів) належить магній?
 - A) Легкоплавкі.
 - B) Благородні.

- C) Легкі.
D) Рідкісноземельні.
7. В якій з наведених нижче груп містяться тільки легкі метали?
A) Титан, мідь.
B) Срібло, хром.
C) Алюміній, олово.
D) Магній, берилій.
8. В якій з наведених нижче груп містяться тільки легкоплавкі метали?
A) Індій, магній.
B) Олово, свинець.
C) Сурма, нікель.
D) Цинк, кобальт.
9. Що є однією з ознак металевого зв'язку?
A) Скомпенсованість власних моментів електронів.
B) Утворення кристалічної решітки.
C) Усуспільнення валентних електронів в об'ємі всього тіла.
D) Спрямованість міжатомних зв'язків.
10. Яка властивість металів може бути пояснена відсутністю направленості міжатомних зв'язків?
A) Парамагнетизм.
B) Електропровідність.
C) Анізотропія.
D) Висока компактність.
11. Яка з ознак належить виключно до металів?
A) Металевий блиск.
B) Наявність кристалічної структури.
C) Висока електропровідність.
D) Пряма залежність електроопору від температури.

12. Якому матеріалу може належати крива В – залежність електроопору від температури (рис. 1)?

- А) Будь-якому металевому матеріалу.
- В) Неметалевому матеріалу.
- С) Міді.
- Д) Напівпровідниковому матеріалу.

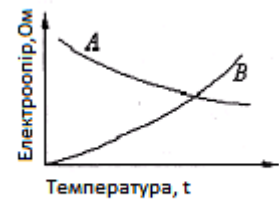


Рис. 1

13. Якому матеріалу може належати крива А залежності електроопору від температури (рис. 1)?

- А) Полімерним матеріалам.
- В) Металевим матеріалам.
- С) Будь-якому неметалевому матеріалу.
- Д) Напівпровідниковим матеріалам.

14. Чим пояснюється висока теплопровідність металів?

- А) Наявністю незаповнених підрівнів у валентній зоні.
- В) Взаємодією іонів, що знаходяться у вузлах кристалічної решітки.
- С) Дрейфуванням електронів.
- Д) Нескомпенсованістю власних моментів електронів.

15. Що таке домен?

- А) Одиниця розміру металевого зерна.
- В) Галузь спонтанної намагніченості феромагнетика.
- С) Вид дефекту кристалічної структури.
- Д) Ділянка металевого зерна з непорушеною кристалічною решіткою.

Відповіді до розділу 1.1

1. А) Неправильно. Тугоплавкі метали мають температуру плавлення вище температури плавлення заліза.

В) Правильно.

С) Неправильно. Залізо і більшість сплавів – яскраво виражені феромагнетиками.

D) Неправильно. За питомою міцністю класифікують конструкційні матеріали. До того ж такі матеріали, як сплави титану, берилію і, особливо, композити, мають більш високу питому міцність, ніж сплави на основі заліза.

2. A) Неправильно. Латуні – це кольорові сплави, основні компоненти яких – мідь і цинк.

B) Правильно.

C) Неправильно. Оловом називають кольорові антифрикційні сплави на основі олова або свинцю.

D) Неправильно. Дюралюміній – це кольоровий сплав на основі алюмінію.

3. A) Правильно.

B) Неправильно. До благородних відносять метали, що мають хімічну інертність (Rh, Pd, Ag, Os, Pt, Au та ін.). Вони мають температуру плавлення як вище (метали платинової групи), так і нижче (срібло, золото) температури плавлення заліза.

C) Неправильно. До чорних металів належать залізо і сплави на його основі.

D) Неправильно. До рідкісноземельних відносять метали групи лантану – лантаноїди (Ce, Pr, Nd, Sm та ін.), а також ітрій (Y) і скандій (Sc). Більшість РЗМ мають $t_{пл}$ нижче, ніж у заліза.

4. A) Неправильно. Основна відмінна риса актиноїдів – радіоактивність. Природний вольфрам радіоактивних ізотопів не має.

B) Неправильно. До благородних металів належать Ag, Au, метали групи платини. До них також може бути віднесена мідь. Вольфраму серед цих металів немає.

C) Неправильно. До групи рідкісноземельних металів входять лантаноїди і подібні до них ітрій і скандій. Вольфрам до лантаноїдів не належить.

D) Правильно.

5. A) Неправильно. Нікель належить до групи залізних, а алюміній – до легких металів. До того ж температури плавлення обох металів нижчі $t_{пл}$ заліза.

В) Неправильно. Ас належить до групи уранових металів. До того ж температура плавлення актинію (1050°C) нижче $t_{\text{пл}}$ Fe.

С) Правильно.

Д) Неправильно. До тугоплавких належать метали з температурою плавлення вище $t_{\text{пл}}$ заліза.

6. А) Неправильно. Температура плавлення магнію дійсно не висока (650°C), однак він має характерну ознаку, за якою його відносять до іншої групи металів.

В) Неправильно. До благородних належать срібло, золото і метали платинової групи. До них також може бути віднесена мідь. Магнію серед благородних металів немає.

С) Правильно.

Д) Неправильно. До рідкісноземельних відносять метали групи лантану, ітрій і скандій. Магній до групи лантану не входить.

7. А) Неправильно. До легких відносять метали з малою щільністю, мідь за щільністю перевищує залізо.

В) Неправильно. Срібло належить до групи благородних, а хром – до групи тугоплавких металів. До того ж Ag за щільністю значно перевищує залізо, а Сг лише трохи поступається йому.

С) Неправильно. Sn відносять до легкоплавких металів ($t_{\text{пл}} = 232^{\circ}\text{C}$), до того ж за щільністю олово лише трохи поступається залізу.

Д) Правильно.

8. А) Неправильно. Температури плавлення In і Mg дійсно не високі (157°C і 651°C відповідно), однак Mg через низьку щільність (1740 кг/м^3) відносять до легких металів.

В) Правильно.

С) Неправильно. Низьку температуру плавлення має тільки сурма (630°C), а у Ni вона досить висока (1453°C). Нікель відносять до металів залізної групи.

Д) Неправильно. Низьку температуру плавлення має тільки Zn (420°C), а у Co вона досить висока (1493°C). Кобальт відносять до металів залізної групи.

9. А) Неправильно. Орбітальні і власні моменти електронів визначає магнітний момент атома. Всім речовинам властивий діамагнетизм, що виявляється тоді, коли власні моменти всіх електронів скомпенсовані.

В) Неправильно. Металевий зв'язок мають метали. Кристалічну решітку мають не тільки метали, а й багато неметалевих матеріалів, наприклад вуглець (алмаз, графіт), кремній, сірка.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Спрямованість зв'язків характерна для ковалентних кристалів, наприклад для вуглецю, кремнію. Металевий зв'язок ненаправлений.

10. А) Неправильно. Магнітні властивості матеріалу визначаються електронною структурою. Серед металів існують не тільки парамагнетики, а і діамагнетики, наприклад Be, Zn, Cu, Ag.

В) Неправильно. Високу електропровідність мають не тільки метали, але, наприклад, і графіт – речовина зі спрямованими міжатомними зв'язками.

С) Неправильно. Анізотропія властива всім кристалічним тілам, у тому числі і з направленими міжатомними зв'язками.

Д) Правильно.

11. А) Неправильно. Металевий блиск різного ступеня інтенсивності мають деякі мінерали, наприклад графіт, піротин, пірит, нікелін, арсенопірит.

В) Неправильно. Кристалічну структуру мають як метали, так і неметалеві матеріали.

С) Неправильно. Неметалевий матеріал графіт має електропровідність, порівняно з електропровідністю металів.

Д) Правильно.

12. А) Правильно.

В) Неправильно. Електроопір неметалевих матеріалів з підвищенням температури знижується.

С) Для міді дійсно характерна пряма залежність електроопору від температури, проте так поводить себе не тільки мідь.

D) Неправильно. Для напівпровідників характерна зворотна залежність електроопору від температури.

13. A) Електроопір полімерних матеріалів дійсно знижується з підвищенням температури. Однак подібна поведінка характерна для більш широкого кола матеріалів. Шукайте більш повну відповідь.

B) Неправильно. Електроопір металів є у прямій залежності від температури.

C) Правильно.

D) Для напівпровідникових матеріалів дійсно характерна зворотна залежність електроопору від температури. Однак така взаємодія існує для більш широкого кола матеріалів. Шукайте більш повну відповідь.

14. A) Правильно.

B) Неправильно. Теплопровідність, що пояснюється в основному пов'язаними коливаннями часток, які утворюють кристалічну решітку, характерна для діелектриків.

C) Неправильно. Дрейфування електронів обумовлює електричний струм у середовищі, а перенесення тепла спостерігається і за відсутності електричного струму.

D) Неправильно. Нескомпенсованість власних моментів електронів характерна для парамагнетиків. Парамагнетизм спостерігається як у металів, так і у неметалевих матеріалів. Останні мають невисоку теплопровідність.

15. A) Неправильно. Розмір металевих зерен визначають або в одиницях довжини, або в балах.

B) Правильно.

C) Неправильно. Домени пов'язані з кристалічною структурою феромагнетика, але вони не є дефектами її.

D) Неправильно. Практично бездефектні ділянки металевих зерен називають блоками мозаїчної структури.

1.2. Кристалічна будова металів і дефекти кристалічних структур

У більшості випадків матеріали, з яких виготовлені деталі або споруди, у процесі експлуатації перебувають у твердому стані. За взаємним розташуванням атомів або молекул тверді тіла поділяють на кристалічні та аморфні.

Відомо, що метали складаються з атомів. Атоми в них (у твердому стані) розташовані відносно один одного строго закономірно, така будова називається кристалічною. В останні роки отримані метали в аморфному стані, атоми в них розташовані хаотично, так само як у рідкому. Властивості таких металів і сплавів різко відрізняються від кристалічних.

Більшість металів мають кристалічні решітки. Позитивно заряджені іони, що утворюють каркас металевого тіла, здійснюють неперервні теплові коливання поблизу точок, закономірно розташованих у певних місцях простору. Ці точки є вузлами уявної просторової кристалічної решітки.

Найменший обсяг кристала, при трансляції якого за координатними осями відтворюється вся кристалічна решітка, називається *елементарною кристалічною коміркою*. Комірка характеризується параметрами a , b і c – періодами кристалічної решітки (відстанями між атомами, розташованими на ребрах комірки, спрямованими по осях x , y і z відповідно) і кутами між координатними осями – α (між осями x і z), β (між y і z), γ (між x і y).

Розрізняють *прості* і *складні* кристалічні решітки. В елементарній комірці простої решітки атоми (іони) розташовані тільки у вершинах утворюючого комірку багатогранника. У складних – вони можуть перебувати також всередині багатогранника або на його гранях.

Метали мають складні кристалічні решітки. У більшості випадків – це *кубічна об'ємноцентрована (ОЦК)*, *кубічна гранецентрована (ГЦК)* і *гексагональна щільноупакована (ГЦУ)*.

В елементарній комірці ОЦК атоми розташовані у вершинах куба і всередині його, в точці перетину просторових діагоналей. У комірці ГЦК атоми розташовані у вершинах куба і в центрі

кожної грані. В комірці ГЦУ атоми розташовуються у вершинах правильної шестигранної призми, в центрі кожної її основи та, крім того, три атоми розташовуються усередині призми.

Розміри елементарної комірки визначаються розмірами утворюючих її атомів. При цьому вважають, що атоми, які мають вигляд твердих кульок, стикаються один з одним в напрямках комірки з найбільш щільним їх розташуванням.

У багатьох випадках у різних температурних інтервалах один і той самий метал має різні кристалічні решітки. Таке явище має назву *поліморфізм* або *алотропія*.

Важливими характеристиками кристалічної решітки є коефіцієнт компактності, координаційне число, базис.

Коефіцієнт компактності – це відношення об'єму належних кристалічній комірці атомів до обсягу всієї комірки. Слід мати на увазі, що в кристалічній решітці частина атомів, що складають комірку, належить не тільки до даної комірки, але і до комірок, які є по сусідству. Наприклад, атом, розташований у вершині кубічної комірки (проста кубічна, ОЦК, ГЦК) належить ще семи сусіднім коміркам, тобто даній комірці належить лише $1/8$ атома.

Коефіцієнт компактності простої кубічної решітки дорівнює 52%, ОЦК – 68%, ГЦК – 74% (настільки ж компактна решітка ГЦУ). Увесь інший простір зайнято порами. У комірці ГЦК у центрі розташована велика октаедрична пора з радіусом, що дорівнює 0,41 радіуса атома. В комірці ОЦК великих пор немає. Пори, розташовані на ребрах комірки, мають радіус, що дорівнює 0,16 радіуса атома.

Координаційне число – це число атомів, що розташовані в кристалічній решітці на рівній найменшій відстані від даного атома. Кожен атом простої кубічної решітки має 6 найближчих сусідів, розташованих на відстані довжини ребра куба (на відстані періоду решітки). Координаційне число такої решітки позначають К6. У ОЦК решітці у кожного атома 8 найближчих сусідів і координаційне число дорівнює 8 (К8). У ГЦК і ГЦУ решітках кожен атом має 12 найближчих сусідів. Відповідно координаційні числа – К12 і Г12.

Чим вище координаційне число, тим щільніше просторова кристалічна решітка матеріалу.

Базис кристалічної решітки – це таблиця координат атомів, які належать елементарній комірці, що розглядається в просторових координатних осях. Базис простої кубічної решітки $(0,0,0)$, ОЦК – $(0,0,0; 1/2, 1/2, 1/2)$, ГЦК – $(0,0,0; 1/2, 0,1/2; 0,1/2,1/2; 1/2, 1/2, 0)$.

Індекси площини – це три цілих числа, у круглих дужках, які являють собою приведені до цілих чисел значення зворотних величин відрізків, відсічених площиною на осях x, y, z . За одиницю довжини приймають параметри решітки a, b, c . Наприклад, площина, яка включає діагоналі куба, має індекси (101) . Якщо площину відсікають просторові відрізки, то знак мінус ставиться над відповідним індексом. Кристалографічні індекси відображають становище не тільки даної площини, але цілого сімейства площин, їй паралельних.

Індекси напрямків – це три числа, у квадратних дужках, вони являють собою приведені до цілих значень координати будь-якої точки напрямку після його паралельного переносу в початок координат. За одиницю довжини беруть параметри кристалічної решітки. Наприклад, напрямок, що збігається з просторовою діагоналлю куба, має індекси $[111]$. Якщо напрямок має негативні координати, то над відповідним індексом ставиться знак мінус.

У різних напрямках кристалічної решітки щільність розташування атомів різна, це тягне за собою різницю у властивостях кристала залежно від напрямку, в якому ця властивість виміряна. Це явище має назву *анізотронії*. У полікристалічних тілах у межах окремих зерен спостерігається явище анізотронії. Однак, оскільки орієнтація кристалічної решітки в різних зернах різна, в цілому по перерізу матеріалу властивості усереднюються. Тому реальні метали є ізотропними, тобто тілами з приблизно однаковими властивостями в усіх напрямках. Оскільки їх ізотропність є не істинною, а усередненою, то їх прийнято називати квазіізотропами. Якщо будь-яким способом, наприклад тиском, зорієнтувати кристалічні решітки в зернах однаково (створити текстуру деформації), то таке полікристалічне тіло стане *анізотропним*.

Реальні кристали завжди містять *дефекти* – спотворення правильного розташування атомів у просторі. Розрізняють точкові, лінійні, поверхневі та об'ємні дефекти.

Точкові дефекти за розмірами можна порівняти з міжатомними відстанями. До них належать вакансії (відсутність атома у вузлі кристалічної решітки), між вузлові, або дислоковані, атоми (атом розташований у міжвузловому просторі кристалічної решітки) і домішкові атоми. Серед останніх розрізняють атоми заміщення (чужорідний атом займає місце у вузлі кристалічної решітки) і атоми проникнення (чужорідний атом знаходиться у міжвузловому просторі решітки).

Лінійні дефекти за розмірами у двох напрямках порівнянні з міжатомними відстанями, а в третьому простягаються на багато тисяч періодів кристалічної решітки. Найважливішими видами лінійних недосконалостей є крайові (лінійні) і гвинтові дислокації.

Утворення крайових дислокацій викликане наявністю в кристалічній решітці неповних кристалографічних площин. Такі півплощини, що не мають продовження в нижній або верхній частинах кристалічної решітки, називаються екстраплощинами.

Крайова дислокація являє собою область пружних спотворень, які проходять уздовж краю екстраплощини. Розрізняють позитивні і негативні дислокації. Позитивна дислокація (її позначають знаком \perp) виникає, якщо екстраплощина знаходиться у верхній частині кристала, а якщо в нижній – негативна (її позначають знаком ∇).

Гвинтова дислокація – це область пружних спотворень кристалічної решітки, що проходять уздовж лінії, навколо якої атомні площини зігнуті по гвинтовій поверхні. Залежно від напрямку вигину розрізняють праві і ліві гвинтові дислокації.

Дислокації (крайові і гвинтові) не можуть обриватися усередині кристала. Вони виходять на межі кристала, перериваються іншими дислокаціями або утворюють дислокаційні петлі.

Поверхневі дефекти малі тільки в одному напрямку. Вони являють собою пружні спотворення кристалічної решітки по

межах зерен або їх фрагментів (блоків мозаїчної структури). Розрізняють багатокутові і малокутові границі.

Багатокутові границі являють собою області у декілька періодів кристалічної решітки, протягом яких решітка однієї кристалографічної орієнтації переходить у решітку іншої орієнтації. Таку будову мають міжзернові границі.

Малокутові границі являють собою ланцюжки дислокацій (дислокаційні стінки), що відокремлюють одну частину кристалічної решітки від іншої (один блок мозаїчної структури від іншого). Щільність розташування дислокацій залежить від кута між кристалографічними площинами в сусідніх блоках. Чим більше кут (у межах до декількох куткових градусів), тим частіше розташовані дислокації.

Об'ємні дефекти являють собою спотворення решітки, викликані наявністю пор, тріщин, раковин та інших макропорушень безперервності кристалічної решітки.

Питання - тести до підрозділу 1.2

1. Що таке елементарна кристалічна комірка?
 - A) Тип кристалічної решітки, характерний для даного хімічного елемента.
 - B) Мінімальний обсяг кристалічної решітки, при трансляції якого за координатними осями можна відтворити всю решітку.
 - C) Кристалічна комірка, що містить один атом.
 - D) Бездефектна (за винятком точкових дефектів) область кристалічної решітки.

2. Що таке базис кристалічної решітки?
 - A) Мінімальний об'єм кристалічної решітки, при трансляції якого за координатними осями можна відтворити всю решітку.
 - B) Відстань між сусідніми однойменними кристалічними площинами.

- C) Число атомів, які перебувають на найменшій рівній відстані від будь-якого атома.
 D) Сукупність значень координат всіх атомів, що входять в елементарну комірку.

3. Які з поданих на рис. 2 елементарних комірок кристалічних решіток належать до простих?

- A) A і D.
 B) B і C.
 C) A і C
 D) B і D.

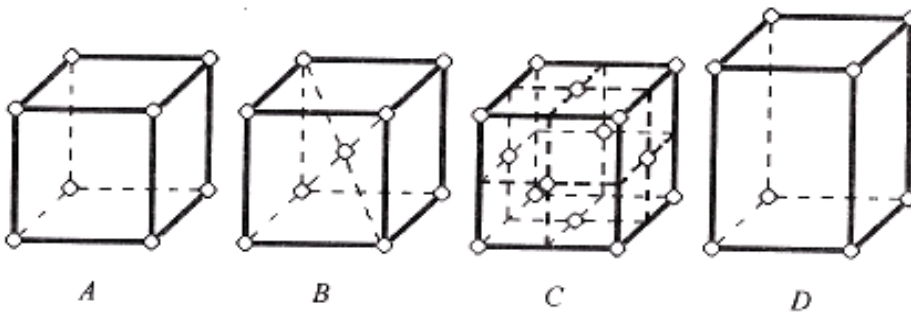


Рис. 2

4. Скільки атомів належить зображеній на рис. 3 елементарній комірці?

- A) 8.
 B) 6.
 C) 4.
 D) 14.

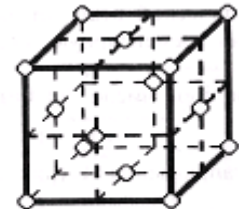


Рис. 3

5. Яка хімічна формула сплаву, кристалічна решітка якого зображена на рис. 4?

- A) A_2B .
 B) A_8B .
 C) A_4B
 D) AB .

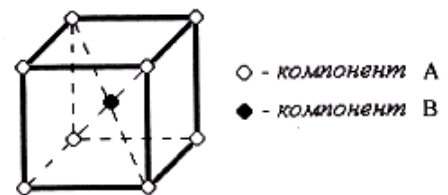


Рис. 4

6. Як називається властивість, що полягає у здатності речовини існувати в різних кристалічних модифікаціях?
- А) Поліморфізм.
 В) Ізомерія.
 С) Анізотропія.
 Д) Текстура.
7. Як називається характеристика кристалічної решітки, яка визначає число атомів, що розташовані на найменшій рівній відстані від будь-якого атома?
- А) Базис решітки.
 В) Параметр решітки.
 С) Коефіцієнт компактності.
 Д) Координаційне число.
8. Яке координаційне число кристалічної решітки, елементарна комірка якій зображена на рис. 5?

- А) К8.
 В) К12.
 С) К6.
 Д) Г12.

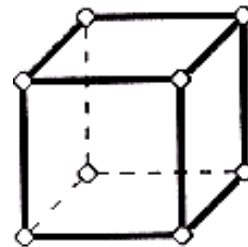


Рис. 5

9. Чому речовини, які мають кристалічну решітку, зображені на рис. 6, не утворюють розчинів проникнення з високою концентрацією розчиненого компонента?

- А) Через наявність у решітках частки ковалентного зв'язку.
 В) У решітці немає великих пор для розміщення атомів домішок.
 С) Решітка має високий ступінь компактності.
 Д) Подібні решітки утворюють висококонцентровані розчини.

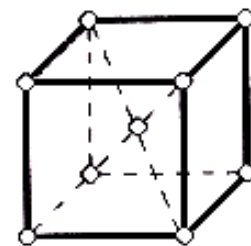


Рис. 6

10. Яка із змін характеристик кристалічної решітки спричинить зростання щільності речовини?
- A) Збільшення параметрів решітки.
 B) Зменшення кількості пор в елементарній комірці.
 C) Збільшення числа атомів у комірці.
 D) Збільшення координаційного числа.
11. Як називається характеристика кристалічної решітки, яка визначає відношення об'єму атомів, що припадають на елементарну комірку, до об'єму комірки?
- A) Коефіцієнт компактності.
 B) Координаційне число.
 C) Базис решітки.
 D) Параметр решітки.

12. Які індекси кристалографічного напрямку OB (рис. 7)?
- A) $[121]$.
 B) $[-121]$.
 C) $[122]$.
 D) $[0,5; 1; 0,5]$.

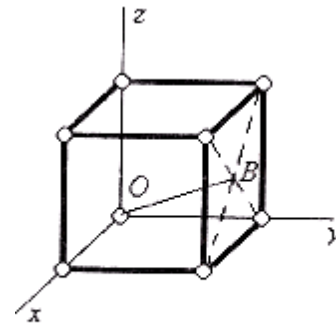


Рис. 7

13. Які кристалографічні індекси заштрихованої площини (рис. 8)?
- A) (111) .
 B) (011) .
 C) (220) .
 D) (100) .

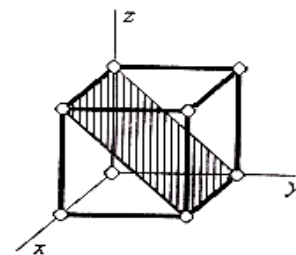


Рис. 8

14. Які кристалографічні індекси площини ABC (рис. 9)?
- A) $(2\ 1\ 4)$.
 B) $(2\ 4\ 1)$.
 C) $(1\ 2\ 1/2)$.
 D) $(1\ 1/2\ 2)$.

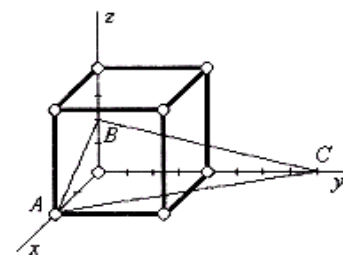


Рис. 9

15. Як називається явище, що полягає в неоднорідності властивостей матеріалу в різних кристалографічних напрямках?

- A) Ізотропність.
- B) Анізотропія.
- C) Текстура.
- D) Поліморфізм.

16. Які тіла мають анізотропію?

- A) Текстуровані полікристалічні матеріали.
- B) Феромагнітні матеріали.
- C) Полікристалічні речовини.
- D) Аморфні матеріали.

17. Які тіла мають анізотропію?

- A) Парамагнетики.
- B) Монокристали.
- C) Речовини, яким притаманний поліморфізм.
- D) Переохолоджені рідини.

18. До якої групи дефектів кристалічних структур можна віднести дефект зображеного на рис. 10 фрагмента кристалічної решітки?

- A) Точкові.
- B) Лінійні.
- C) Поверхневі.
- D) Об'ємні.

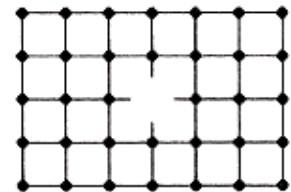


Рис.10

19. Яку групу дефектів складають викривлення, які охоплюють області в радіусі 6 ... 7 періодів кристалічної решітки?

- A) Поверхневі.
- B) Об'ємні.
- C) Точкові.
- D) Лінійні.

20. Як називається дефект, викликаний відсутністю атома у вузлі кристалічної решітки?
- A) Дислокація.
 - B) Пора.
 - C) Вакансія.
 - D) Міжвузловий атом.

21. Якого роду дефект кристалічної структури зображений на рис. 11?
- A) Домішковий атом проникнення.
 - B) Міжвузловий атом.
 - C) Домішковий атом заміщення.
 - D) Вакансія.

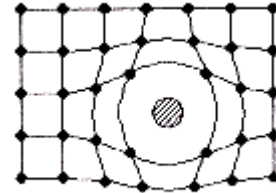


Рис. 11

22. Як називається елемент кристалічної структури, позначений на рис. 12 знаком питання?
- A) Площина ковзання.
 - B) Крайова дислокація.
 - C) Ланцюжок міжвузлових атомів.
 - D) Екстраплощина.

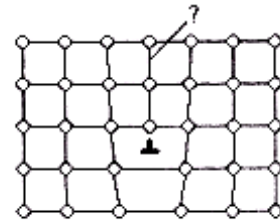


Рис. 12

23. Як називаються дефекти, що вимірюються у двох напрямках декількома періодами, а в третьому – десятками і сотнями тисяч періодів кристалічної решітки?
- A) Міжвузлові атоми.
 - B) Поверхневі дефекти.
 - C) Дислокації.
 - D) Мікротріщини.
24. Що таке екстраплощина?
- A) Площина розділу фрагментів зерна або блоків мозаїчної структури.
 - B) Поверхневий дефект кристалічної решітки.
 - C) Атомна півплощина, яка не має продовження в нижній або верхній частинах кристалічної решітки.

D) Атомна площина, по якій відбувається ковзання однієї частини кристала відносно іншої.

25. Як називається дефект, який являє собою область викривлень кристалічної решітки уздовж краю екстраплощини?

- A) Крайова дислокація.
- B) Ланцюжок вакансій.
- C) Мікротріщина.
- D) Гвинтова дислокація.

Відповіді до підрозділу 1.2

1. A) Неправильно. Тип кристалічної решітки сам по собі визначається типом її елементарної комірки.

B) Правильно.

C) Неправильно. Елементарні комірки можуть містити багато десятків атомів.

D) Неправильно. Бездефектні області кристалів зазвичай складають блоки мозаїчної структури.

2. A) Неправильно. Таку частину кристалічної решітки називають елементарною кристалічною коміркою.

B) Неправильно. Відстань між сусідніми однойменними площинами називають міжплощинною відстанню.

C) Неправильно. Число атомів, що знаходяться на найменшій однаковій відстані від будь-якого даного атома, називають координаційним числом.

D) Правильно.

3. A) Правильно.

B) Неправильно. В обох комірках атоми займають місця не тільки в вершинах куба, але і в центрі комірки (B), або в центрі кожної грані (C).

C) Неправильно. В комірці C атоми розташовані не тільки у вершинах куба, але також і в центрі кожної грані.

D) Неправильно. В комірці B атоми розташовані не тільки у вершинах куба, але також і всередині комірки.

4. А) Неправильно. Кожен з атомів, що лежать на гранях куба, належить, крім даної комірки, ще одній, а у вершинах куба – ще семи сусіднім коміркам.

В) Неправильно. Кожен з атомів, що лежать на гранях куба, належить, крім даної комірки, ще одній, а у вершинах куба – ще семи сусіднім коміркам.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Кожен з атомів, що лежать на гранях куба, належить, крім даної комірки, ще одній, а у вершинах куба – ще семи сусіднім коміркам.

5. А) Неправильно. Кожен з атомів, що лежать у вершинах куба, належить восьми елементарним коміркам.

В) Неправильно. Кожен з атомів, що лежать у вершинах куба, належить восьми елементарним коміркам.

С) Неправильно. Кожен з атомів, що лежать у вершинах куба, належить восьми елементарним коміркам.

Д) Правильно.

6. А) Правильно.

В) Неправильно. Ізомерія полягає в існуванні з'єднань, головним чином органічних, однакових за складом, але які розрізняються розташуванням атомів у просторі.

С) Неправильно. Анізотропія – це явище неоднорідності властивостей матеріалу в різних напрямках.

Д) Неправильно. Текстура – це переважна орієнтація елементів структури матеріалу. Наприклад, закономірна орієнтація кристалітів відносно зовнішніх деформуючих матеріал сил отримала назву текстури деформації.

7. А) Неправильно. Базис – це таблиця значень координат всіх атомів, що входять в елементарну комірку.

В) Неправильно. Параметри решітки – це сукупність значень довжин ребер елементарної комірки і величин кутів між ними.

С) Неправильно. Коефіцієнт компактності – це характеристика, що визначає відношення об'єму атомів, що входять в елементарну комірку, до об'єму комірки.

Д) Правильно.

8. А) Неправильно. Координаційне число К8 характеризує об'ємно центровану кубічну кристалічну решітку.

В) Неправильно. Координаційне число К12 характеризує гранецентровану кубічну кристалічну решітку.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Координаційне число Г12 характеризує гексагональну щільно упаковану кристалічну решітку.

9. А) Неправильно. При ковалентному зв'язку щільність упаковки атомів у кристалі нижче, ніж при металевому зв'язку, тому ковалентний зв'язок не є перешкодою для утворення концентрованих твердих розчинів проникнення.

В) Правильно.

С) Неправильно. Решітки ГЦК і ГЦУ компактніше решітки, зображеної на рис. 6 (ОЦК), однак вони утворюють більш концентровані розчини проникнення. Наприклад, залізо з решіткою ГЦК розчиняє до 2,14% вуглецю, а ОЦК – не більше 0,1%.

Д) Неправильно. Метали з решітками ОЦК дійсно не утворюють концентрованих твердих розчинів проникнення. Розчинність Н, В, С, N (елементи, що утворюють тверді розчини проникнення) в таких металах не перевищує десятих часток відсотка.

10. А) Неправильно. Зростання параметра решітки (при збереженні її типу, наприклад при нагріванні) спричинить збільшення її об'єму і зниження щільності речовини.

В) Неправильно. Зменшення кількості пор у комірці не означає зниження їх загального об'єму. Наприклад, кристалічна решітка К8 (багато дрібних пор) за компактністю займає проміжне положення між К6 і К12, які мають меншу кількість пор.

С) Неправильно. Наприклад, решітки Г12 (6 атомів на комірку) і К12 (4 атоми на комірку) компактні однаково.

Д) Правильно.

11. А) Правильно.

В) Неправильно. Координаційне число – це число атомів, що розташовуються на найменшій рівній відстані від будь-якого атома.

С) Неправильно. Базис являє собою сукупність координат всіх атомів, що складають елементарну комірку.

Д) Неправильно. Параметри решітки – це сукупність значень довжин ребер елементарної комірки і величин кутів між ними.

12. А) Правильно.

В) Неправильно. В даному випадку перший індекс – це не негативне число. До того ж знак мінус ставлять не перед числом, а над ним.

С) Неправильно. Координати точки напрямку визначені неправильно.

Д) Неправильно. Індекс не може бути дробовим числом. Потрібно привести значення координат точки напрямку до цілих чисел.

13. А) Неправильно.

В) Правильно.

С) Неправильно.

Д) Неправильно.

14. А) Правильно.

В) Неправильно. Відрізки, що відсікаються площиною на координатних осях, визначені неправильно.

С) Неправильно. Індекс не може бути дробовим числом. У даному випадку лише визначені відрізки, які відсічені площиною на координатних осях. Треба взяти їх зворотні значення та призвести до трьох цілих чисел.

Д) Неправильно. Індекс не може бути дробовим числом. Потрібно привести отримані значення до трьох цілих чисел.

15. А) Неправильно. Ізотропність (ізотропія) полягає в однаковості властивостей матеріалу на всіх напрямках.

В) Правильно.

С) Неправильно. Текстура полягає в переважній орієнтації структури матеріалу.

Д) Неправильно. Поліморфізм – це здатність матеріалу існувати в різних кристалічних модифікаціях.

16. А) Правильно.

В) Неправильно. Магнітні властивості визначаються електронною будовою речовини. Феромагнітними можуть бути і ізотропні матеріали, наприклад металеве скло.

С) Неправильно. Оскільки в полікристалічних речовинах кристалічні решітки в різних зернах орієнтовані по-різному, властивості тіла в усіх напрямках усереднюються. Тіло стає ізотропним (квазіізотропним).

Д) Неправильно. Аморфні матеріали ізотропні.

17. А) Неправильно. Магнітні властивості матеріалів (діамагнетизм, парамагнетизм і т.д.) визначаються електронною будовою атомів (тонкою структурою), а анізотропія – це властивість, що виявляється на рівні мікроструктури.

В) Правильно.

С) Неправильно. Поліморфізм – це здатність речовини мати різні типи кристалічних решіток. Анізотропія може проявлятися і в речовинах, що не мають такої властивості.

Д) Неправильно. Переохолоджені рідини, як і будь-які рідини, за виключенням рідких кристалів, аморфні. Такі структури ізотропні.

18. А) Правильно.

В) Неправильно. Такі дефекти припускають наявність екстраплощини або площини, зігнутої по гвинтовій поверхні.

С) Неправильно. Поверхневі дефекти являють собою дислокаційні стінки або перехідні області між кристалічними решітками різних орієнтацій.

Д) Неправильно. Об'ємні дефекти мають довжину в усіх напрямках на багато періодів кристалічної решітки.

19. А) Неправильно. Поверхневі дефекти мають розміри в одному напрямку на кілька періодів, а в двох інших – десятки і сотні тисяч періодів кристалічної решітки.

В) Неправильно. Об'ємні дефекти охоплюють області в радіусі багатьох десятків, сотень і тисяч періодів кристалічної решітки.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Лінійні дефекти простягаються у двох напрямках на кілька періодів, а в третьому – на десятки і сотні тисяч періодів кристалічної решітки.

20. А) Неправильно. Дислокації – це лінії, що вимірюються десятками і сотнями тисяч періодів кристалічної решітки, вздовж і поблизу яких порушено правильне періодичне розташування атомних площин кристала.

В) Неправильно. Пори – це порожнечі, викликані відсутністю в даній області кристалічної решітки багатьох атомів.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Міжвузловий атом – це дефект, якій полягає в місцевому збільшенні періоду кристалічної решітки, що утворюється внаслідок переходу атома з вузла решітки в міжвузля.

21. А) Правильно.

В) Неправильно. Міжвузлові атоми виникають в результаті переходу атомів, що утворюють дану речовину, з вузлів кристалічної решітки в міжвузловий простір.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Вакансія – це дефект, що складається у відсутності атома у вузлі кристалічної решітки.

22. А) Неправильно. Площина ковзання – це площина, за якою проходить зсув однієї частини кристала відносно іншої при його деформації. Зображений елемент структури існує незалежно від того, деформують кристал чи ні.

В) Неправильно. Виділений елемент структури обумовлює виникнення крайової дислокації, але сам таким не є.

С) Неправильно. Атоми виділеного елемента структури розташовані у вузлах кристалічної решітки.

Д) Правильно.

23. А) Неправильно. Дефекти будови, викликані міжвузловими атомами, мають в усіх напрямках розміри у кілька періодів кристалічної решітки.

В) Неправильно. Поверхневі дефекти мають розміри в одному напрямку кілька періодів, а в двох інших – десятки і сотні тисяч періодів кристалічної решітки.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Мікротріщини – це об'ємні дефекти кристалічної структури.

24. А) Неправильно. Такі площини називають малокутовими границями.

В) Неправильно. Поверхневі дефекти кристалічної решітки називають малокутовими (низькокутовими) і великокутовими (висококутовими) границями.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Площину кристалічної решітки, по якій відбувається ковзання однієї частини кристала відносно іншої, називають площиною ковзання.

25. А) Правильно.

В) Неправильно. Ланцюжок вакансій перериває атомну площину, але не створює екстраплощини.

С) Неправильно. Мікротріщина – це об'ємний дефект. Спотворення уздовж краю екстраплощини – лінійний дефект кристалічної структури.

Д) Неправильно. За наявності гвинтової дислокації кристал ніби складається з однієї атомної площини, закрученої у вигляді гвинтової поверхні. Екстраплощини в цьому випадку немає.

1.3. Теорія сплавів

1.3.1. Кристалізація металів

Кристалізація – це перехід рідини у твердий (кристалічний) стан. Як будь-який спонтанний процес, кристалізація протікає за термодинамічних умов, що забезпечують зниження енергії Гіббса системи.

Кристалізація складається з двох елементарних процесів – зародження центрів кристалізації і росту кристалів з цих центрів. Швидкість кожного з процесів залежить від ступеня переохолодження (n) рідини відносно рівноважної температури, тобто температури, при якій енергії Гіббса рідкого та кристалічного станів рівні. При $n=0$ утворення зародків кристалів (центрів кристалізації) неможливо, оскільки дорівнює нулю рушійний фактор процесу (різниця енергій Гіббса рідкого і твердого станів). Зі збільшенням переохолодження ця різниця зростає, викликаючи збільшення швидкості виникнення центрів (числа центрів – ЧЦ) і швидкості росту кристалів (ШК). Однак, зі збільшенням n знижується дифузійна рухливість атомів, що призводить до гальмування обох елементарних процесів. При значному переохолодженні атоми стають настільки малорухомими, що кристалізація повністю пригнічується.

При невеликих значеннях n (при малих величинах ЧЦ і великих ШК) утворюються грубозернисті структури. Зі збільшенням переохолодження структури подрібнюються (ЧЦ зростає швидше, ніж ШК).

Від ступеня переохолодження залежить *критичний розмір зародка*, тобто такий мінімальний розмір, при якому зростання зародка супроводжується зниженням енергії Гіббса системи. Зародки дрібніші критичного діаметра до зростання не здатні і розчиняються в рідині. Чим більше ступінь переохолодження рідини, тим менше критична величина зародка.

При кристалізації кристали, оточені з усіх боків рідиною, мають більш-менш правильну геометричну форму. При зіткненні зростаючих кристалів форма порушується, стає неправильною, тому що зростання граней на ділянках дотику припиняється. Такі

спотворені кристали називають *кристалітами* або *зернами*. Таким чином, форма і розмір зерен, які утворилися у результаті кристалізації, визначаються умовами зіткнення зростаючих кристалів.

У реальних умовах форма і розмір кристалів, які утворилися, крім умов зіткнення, залежать від напрямку і швидкості відводу теплоти, температури рідкого металу, вигляду і кількості домішок (при рості кристалів на частках домішок, які відіграють роль готових центрів, утворювання зародків називають *гетерогенним* на відміну від *гомогенного* – мимовільного утворення). Нерідко при кристалізації виникають розгалужені деревоподібні кристали, які називають *дендритами*.

Питання – тести до підрозділу 1.3.1

1. При якій (яких) температурі (ах) можливий процес кристалізації (рис. 13)?

- A) t_2 і t_3 .
- B) t_1 і t_2 .
- C) t_1 .
- D) t_3 .

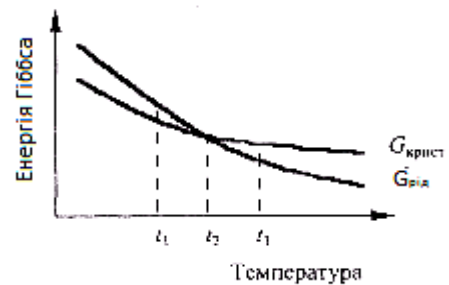


Рис. 13

2. На рис. 14 зображена зміна енергії Гіббса при утворенні зародків кристала. Чи можливо зростання кристала із зародка розміром r_1 ?

- A) До зростання здатний будь-який зародок.
- B) Зростання малоймовірно, тому що процес супроводжується підвищенням енергії Гіббса.
- C) Зростання можливо, оскільки розмір зародка перевищує критичний.
- D) Зростання такого зародка можливо тільки при гетерогенному утворенні.

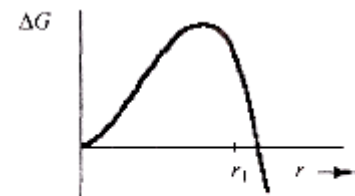


Рис. 14

3. Якими факторами визначається кристалізація?
- А) Числом часток нерозчинних домішок і наявністю конвективних потоків.
 - В) Числом центрів кристалізації і швидкістю росту кристалів з цих центрів.
 - С) Ступенем переохолодження сплаву.
 - Д) Швидкістю відведення тепла.
4. Чим визначається форма зерен металу?
- А) Умовами зіткнення зростаючих зародків правильної форми.
 - В) Формою часток нерозчинних домішок, на яких протікає кристалізація .
 - С) Інтенсивністю теплових потоків.
 - Д) Формою кристалічних зародків.
5. Як залежить розмір зерен металу від ступеня переохолодження його при кристалізації?
- А) Чим більше ступінь переохолодження, тим крупніше зерно.
 - В) Розмір зерна не залежить від ступеня переохолодження.
 - С) Чим більше ступінь переохолодження, тим дрібніше зерно.
 - Д) Залежність неоднозначна: зі збільшенням переохолодження зерно одних металів зростає, інших – зменшується.

6. Яку структуру можна очікувати, якщо при кристалізації досягнутий ступінь переохолодження n_1 (рис. 15)?

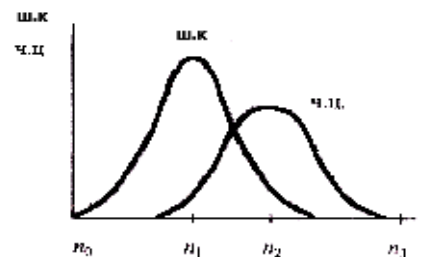


Рис. 15

- А) Будь-яку. Характер структури мало залежить від ступеня переохолодження.
- В) Аморфну.
- С) Крупнокристалічну.
- Д) Дрібнокристалічну.

7. Як називається структура, схема якої зображена на рис. 16?



Рис. 16

- А) Дендрит.
- В) Блок мозаїчної структури.
- С) Складна кристалічна решітка.
- Д) Ледебурит.

Відповіді до підрозділу 1.3.1

1. А) Неправильно. Будь-який спонтанний процес протікає лише тоді, коли рівень енергії нового стану нижче, ніж у вихідного стану. При температурі t_3 енергія кристалічного стану вище, ніж енергія рідини, а при t_2 вони рівні.

В) Неправильно. При температурі t_2 кристалізація неможлива, оскільки рівень енергії рідкого і кристалічного станів однаковий.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Будь-який спонтанний процес протікає лише тоді, коли рівень енергії нового стану нижче, ніж вихідного. При температурі t_3 енергія кристалічного стану вище рівня енергії рідини.

2. А) Неправильно. Зростання зародків з розмірами менш критичного супроводжується підвищенням рівня енергії системи, а тому малоімовірне.

В) Неправильно. Зростання зародка розміром r_1 , супроводжується зниженням енергії Гіббса.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Незалежно від того, чи утворюється зародок всередині рідини або на частках домішок, його зростання можливе лише тоді, коли воно буде супроводжуватися зниженням енергії системи.

3. А) Безумовно, обраний вами фактор має суттєвий вплив на процес кристалізації, однак він проявляється в більш загальних закономірностях, встановлених Д.К. Черновим.

В) Правильно.

С) Безумовно, обраний вами фактор має суттєвий вплив на процес кристалізації, однак він проявляється в більш загальних закономірностях, встановлених Д.К. Черновим.

Д) Безумовно, обраний вами фактор має суттєвий вплив на процес кристалізації, однак він проявляється в більш загальних закономірностях, встановлених Д.К. Черновим.

4. А) Правильно.

В) Неправильно. Форма часток, а точніше форма їх кристалів, впливає на форму зростаючих зерен лише поки зерна знаходяться в контакті з рідиною, а не одне з одним.

С) Теплові потоки безумовно впливають на орієнтацію і форму зростаючих кристалів, однак цей вплив по суті – лише прояв більш загальних закономірностей.

Д) Неправильно. Форма зародків визначає форму зростаючих кристалів лише поки вони оточені рідиною.

5. А) Неправильно. При великих ступенях переохолодження за одиницю часу утворюється велика кількість дрібних центрів кристалізації, до того ж швидкість росту кристалів з цих центрів у таких умовах невисока.

В) Неправильно. Оскільки піки кривих числа виникаючих центрів кристалізації (ЧЦ) і швидкості росту з них кристалів (ШК) не збігаються за температурою, то вид структури не може не залежати від ступеня переохолодження сплаву.

С) Правильно.

Д) Неправильно. При малих ступенях переохолодження можливо виникнення лише досить великих центрів кристалізації і, отже, не дуже великої їх кількості. Ця закономірність характерна для всіх металів.

6. А) Неправильно. Оскільки піки кривих числа виникаючих центрів кристалізації (ЧЦ) і швидкості росту з них кристалів (ШК) не збігаються за температурою, то вид структури не може не залежати від ступеня переохолодження сплаву.

В) Неправильно. Аморфна структура може бути отримана при таких переохолодженнях, коли рухливість атомів стає недостатньою для утворення центрів кристалізації.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Дрібнокристалічна структура може виникнути тоді, коли утворюється велика кількість центрів кристалізації при малій швидкості росту з них кристалів.

7. А) Правильно.

В) Неправильно. Блоки мозаїчної структури являють собою бездефектні (за винятком точкових дефектів) ділянки кристала, оточені малокутовими межами.

С) Неправильно. Складними називають решітки, у яких атоми розташовані не тільки у вершинах елементарної комірки, але також і всередині її або на її гранях або ребрах.

Д) Неправильно. Ледебурит – це структурна складова залізовуглецевих сплавів, вона являє собою механічну суміш аустеніту і цементиту або перліту і цементиту.

1.3.2 Види сплавів

Сплавами називають речовини, що складаються з двох і більше елементів, один з яких обов'язково є металом. Сплави мають такі самі характерні ознаки, як і чисті метали, однак властивості сплавів значно різноманітніші. Будова сплавів більш складна, ніж у чистих металів. Атоми домішок у сплавах можуть перебувати в місцях розташування атомів основного компонента або розташовуватися між ними.

Атоми в металах можуть переміщатися всередині твердого тіла, особливо при підвищених температурах. Такий процес називають дифузією. Отримують сплави шляхом розплавлення компонентів з наступним затвердінням або шляхом спікання, не доводячи стан компонентів до рідкого. Так роблять сплави з порошків. Завдяки дифузійним процесам між окремими дрібними частинками порошків отримують однорідний за хімічним складом і властивостями сплав.

За характером взаємодії компонентів розрізняють сплави: механічні суміші, тверді розчини, хімічні сполуки, проміжні фази.

При утворенні *механічних сумішей* компоненти хімічно не взаємодіють і не розчиняються один в одному. Металографічний аналіз структури дозволяє виявити зерна кожного з компонентів сплаву. Механічні властивості сумішей лінійно залежать від

співвідношення компонентів і є проміжними між властивостями чистих компонентів.

У *твердих розчинах* компоненти розчиняються один в одному не тільки в рідкому, але й у твердому станах. Мікроструктура таких сплавів складається з однорідних зерен, що мають кристалічну решітку елемента розчинника. Аббревіатура виду А (В) означає твердий розчин, що складається з компонентів А і В, причому компонент В розчинений у кристалічній решітці компонента А.

Механічні властивості твердих розчинів нелінійно залежать від співвідношення компонентів. Вони можуть бути істотно вище (нижче) властивостей будь-якого з утворюючих сплав компонентів.

Тверді розчини можуть бути розчинами *заміщення* і розчинами *проникнення*. В розчинах заміщення атоми розчиненого елемента заміщають атоми елемента-розчинника у вузлах його кристалічної решітки; в розчинах проникнення – атоми проникають у міжвузловий простір. Розчини заміщення можуть бути обмеженими та необмеженими (безперервними). У кристалічній решітці необмежених твердих розчинів А (В) атоми розчиненого елемента В можуть повністю замістити атоми розчинника А (компоненти А і В ізоморфні). В даному випадку неможливо встановити, який з елементів є розчинником, а який розчиненою речовиною. Тому аббревіатури необмежених розчинів А (В) і В (А) ідентичні.

Сплав – *хімічна сполука*, що утворюється при певному співвідношенні компонентів. Йому може бути приписана хімічна формула, наприклад A_mB_n , де m і n – кількість атомів компонентів А і В, які утворюють з'єднання (стехіометричні коефіцієнти). З'єднання мають власну кристалічну решітку, відмінну від решіток утворюючих його елементів. Механічні властивості сплаву сильно відрізняються від властивостей кожного компонента.

Для сучасного машинобудування і транспорту характерні безперервно зростаючі навантаження та ускладнення умов експлуатації конструкцій. Це вимагає створення нових сплавів, які б задовольняли такі умови. Кількість нових сплавів

безперечно зростає за рахунок застосування тугоплавких і рідкісних металів.

Удосконалюються і технологічні процеси одержання сплавів. Виникла нова галузь знань – космічне матеріалознавство. В умовах невагомості, в глибокому вакуумі отримано сплави з дивними властивостями, які поки що неможливо отримати на Землі.

Питання - тести до підрозділу 1.3.2

1. Мікроструктура якого сплаву зображена на рис. 17?

- A) Твердого розчину проникнення.
- B) Твердого розчину заміщення.
- C) Механічної суміші.
- D) Хімічного з'єднання.

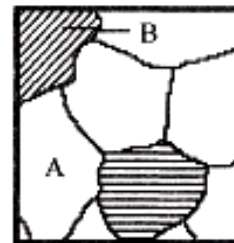


Рис. 17

2. Мікроструктура якого сплаву зображена на рис. 18?

- A) Механічної суміші.
- B) Чистого металу.
- C) Хімічного з'єднання.
- D) Твердого розчину.

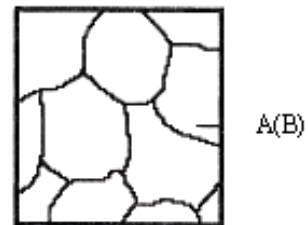


Рис. 18

3. Кристалічна решітка якого сплаву зображена на рис. 19?

- A) Механічної суміші.
- B) Твердого розчину проникнення.
- C) Хімічного з'єднання.
- D) Твердого розчину заміщення.

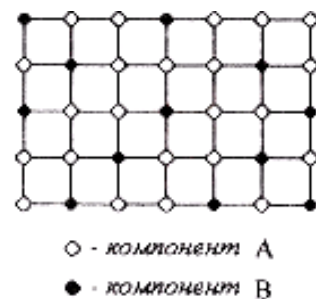


Рис. 19

4. Якому типу сплавів належить кристалічна решітка, зображена на рис. 20?

- A) Твердому розчину проникнення.
- B) Твердому розчину заміщення.
- C) Хімічному з'єднанню.
- D) Механічній суміші.

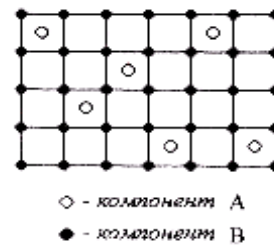


Рис. 20

5. До якого типу належить сплав, кристалічна решітка якого зображена на рис. 21?

- A) Хімічні сполуки.
- B) Тверді розчини заміщення.
- C) Тверді розчини проникнення.
- D) Механічні суміші.

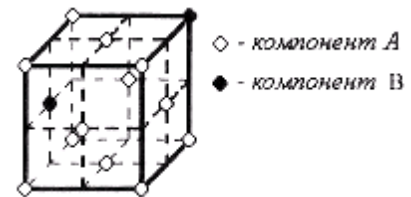


Рис. 21

6. До якого типу належить сплав, кристалічна решітка якого зображена на рис. 22?

- A) Хімічні сполуки.
- B) Тверді розчини проникнення.
- C) Тверді розчини заміщення.
- D) Механічні суміші.

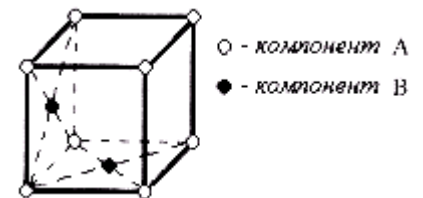


Рис. 22

7. На рис. 23 зображені кристалічні решітки, що належать сплавам однієї системи. Яка це система?

У системі ...

- A) Компоненти обмежено розчиняються один в одному;
- B) Компоненти необмежено розчиняються один в одному;
- C) Відсутня взаємна розчинність компонентів;
- D) Компоненти утворюють стійку хімічну сполуку.

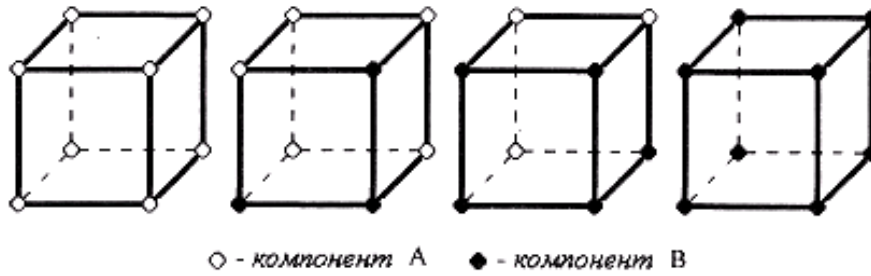


Рис. 23

8. Для яких сплавів компонентів А і В характерна рівність $A(B) = B(A)$?
- Тверді розчини впровадження.
 - Механічні суміші.
 - Хімічні сполуки.
 - Необмежені тверді розчини.
9. Чи можлива 100% концентрація розчинного компонента в решітці розчинника?
- Можлива в системі із хімічними сполуками.
 - Ні.
 - Можлива в системі механічних сумішей.
 - Можлива в системі необмежених твердих розчинів.

Відповіді до підрозділу 1.3.2

1. А) Неправильно. Тверді розчини позначають літерами грецького алфавіту, або виразами виду $A(B)$ – розчин компонента В в А. Зерна розчинів однорідні. До якого виду розчинів належить сплав можна встановити лише на атомному рівні.
- В) Неправильно. Тверді розчини позначають літерами грецького алфавіту, або виразами виду $A(B)$ – розчин компонента В в А. Зерна розчинів однорідні. До якого виду розчинів належить сплав можна встановити лише на атомному рівні.
- С) Правильно.
- Д) Неправильно. Зерна хімічних сполук однорідні. Хімічні сполуки позначають виразами виду $A_m B_n$, де А і В – компоненти з'єднань, а m і n – їх стехіометричні коефіцієнти.

2. А) Неправильно. Мікроструктура сплаву типу механічної суміші складається з різнорідних зерен.

В) Неправильно. Чисті метали позначають їх хімічними символами або, в загальному вигляді, літерами латинського алфавіту.

С) Неправильно. Хімічні сполуки позначають виразами виду A_mB_n , де А і В – компоненти з'єднання, а m і n – їх стехіометричні коефіцієнти.

Д) Правильно.

3. А) Неправильно. Механічна суміш виявляється на рівні окремих зерен або їх частин, тобто на рівні мікроструктури, а не тонкої структури, як в даному випадку.

В) Неправильно. У розчинах проникнення атоми розчиненого компонента розташовуються в міжвузлях кристалічної решітки.

С) Неправильно. У кристалічній решітці хімічної сполуки атоми компонентів розташовані закономірно: кожен атом одного компонента оточений цілком певною кількістю атомів іншого компонента.

Д) Правильно.

4. А) Правильно.

В) Неправильно. У твердих розчинах заміщення атоми розчиненого компонента займають місця у вузлах кристалічної решітки замість атомів компонента-розчинника.

С) Неправильно. У кристалічній решітці хімічної сполуки атоми компонентів розташовані закономірно: кожен атом одного компонента оточений певною кількістю атомів іншого компонента.

Д) Неправильно. Механічна суміш виявляється на рівні окремих зерен або їх частин, тобто на рівні мікроструктури, а не тонкої структури, як в даному випадку.

5. А) Неправильно. У кристалічній решітці хімічної сполуки атоми компонентів розташовані закономірно: кожен атом одного компонента оточений цілком певною кількістю атомів іншого компонента.

- В) Правильно.
- С) Неправильно. У розчинах проникнення атоми розчиненого компонента розташовані в міжвузлях кристалічної решітки.
- Д) Неправильно. Механічна суміш виявляється на рівні окремих зерен або їх частин, тобто на рівні мікроструктури, а не тонкої структури, як в даному випадку.
- 6.** А) Неправильно. У кристалічній решітці хімічної сполуки атоми компонентів розташовані закономірно: кожен атом одного компонента оточений цілком певною кількістю атомів іншого компонента.
- В) Правильно.
- С) Неправильно. У твердих розчинах заміщення атоми розчиненого компонента займають місця у вузлах кристалічної решітки замість атомів компонента-розчинника.
- Д) Неправильно. Механічна суміш виявляється на рівні окремих зерен або їх частин, тобто на рівні мікроструктури, а не тонкої структури, як в даному випадку.
- 7.** А) Неправильно. На схемі чітко проглядається плавний перехід від решітки чистого компонента А до чистого компонента В.
- В) Правильно.
- С) Неправильно. У кристалічних комірках сплавів міститься змінна кількість атомів як компонента А, так і В.
- Д) Неправильно. Хімічна сполука має постійну решітку, в якій місце розташування всіх атомів цілком виразне.
- 8.** А) Неправильно. У твердих розчинах проникнення атоми розчиненого компонента містяться в міжвузлях решітки розчинника. У цьому випадку розчин А (В) і В (А) істотно різні.
- В) Неправильно. Вирази виду А (В) означають твердий розчин компонентів В в А. Механічні суміші розчинів не утворюють.
- С) Неправильно. Вирази виду А (В) означають твердий розчин компонентів В в А, але не хімічну сполуку.
- Д) Правильно.

9. А) Принципово можливі хімічні сполуки, які необмежено розчиняються одне в одному. Однак, якщо всі атоми з'єднання замінити атомами одного розчинного компонента, то хімічна сполука перестане бути з'єднанням.

В) Неправильно. Якщо всі атоми в кристалічній решітці одного компонента можуть бути заміщені атомами іншого компонента, то це і буде розчин із 100% концентрацією.

С) Неправильно. У системі механічних сумішей не утворюється твердих розчинів.

Д) Правильно.

1.3.3 Діаграми стану

Діаграми стану в графічній формі показують рівноважний фазовий склад сплавів залежно від температури та концентрації компонентів.

Загальні закономірності існування фаз у рівноважних умовах у математичній формі виражаються правилом фаз Гіббса:

$$C = K - F + 1,$$

де K - число компонентів, які утворюють систему;

F - число фаз;

C - число степенів вільності.

Компонентами називають речовини, що утворюють систему.

Фаза – це однорідна частина системи, відокремлена від інших частин (фаз) поверхнею розділу, при переході через яку властивості речовини змінюються стрибком.

Під степенями вільності розуміють зовнішні і внутрішні фактори (температура, концентрація), які можна змінювати, не виводячи систему з даного фазового складу. (Використовуйте правило фаз при відповіді на запитання 1, 2, 3, 4, 5).

При побудові діаграм стану використовують криві охолодження сплавів, отримані при термічному аналізі. За точками перегину і температурними зупинками, які викликані тепловим ефектом перетворень, визначають температури фазових перетворень.

Однокомпонентна діаграма являє собою температурну шкалу з нанесеними на неї точками фазових перетворень.

Двокомпонентна діаграма, крім температурної осі (осі ординат), має вісь концентрацій (вісь абсцис). Один кінець осі абсцис відповідає чистому компоненту, наприклад А, інший – В. Усі проміжні точки осі відповідають сплавам з різним співвідношенням компонентів.

Трикомпонентні діаграми мають вигляд тригранної рівносторонньої призми, в основі якої лежить концентраційний трикутник, а ребра є температурними осями. Вершини концентраційного трикутника відповідають чистим компонентам, сторони – концентраційним осям подвійних систем, точки всередині трикутника – потрійним сплавам. При визначенні концентрації компонентів у потрійному сплаві через задану точку (фігуративну точку) трикутника проводять лінії, паралельні його сторонам. Відрізок лінії, укладений між фігуративною точкою і стороною трикутника, віднесений до довжини сторони, дорівнює вмісту компонента (у частках одиниці), якому відповідає вершина, протилежна стороні.

Діаграма, подібна до зображеної на рис. 24, називається діаграмою з необмеженою розчинністю компонентів у твердому стані.

Лінія діаграми $A'B'$ називається лінією *ліквідус*. Вище цієї лінії всі сплави існують у вигляді однофазного рідкого розчину (L).

Лінія $A'B'$ – лінія *солідус*. Нижче неї усі сплави перебувають у твердому стані (у цьому випадку у вигляді необмеженого твердого розчину α). Між лініями $A'B'$ та $A'fB'$ сплави мають двофазний склад (L + α).

Хімічний склад фаз і їх відносну кількість у сплаві при температурі, відповідній двофазній області, визначають за допомогою правила відрізків.

Щоб визначити хімічний склад фаз, потрібно через задану точку, яка характеризує стан сплаву (фігуративна точка), провести коноїд (*коноїдом* називається горизонтальна лінія, що

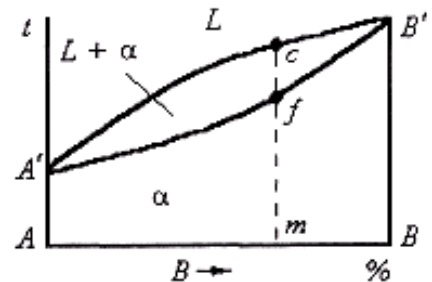


Рис. 24

лежить у двофазній області діаграми і спирається своїми кінцями на фазові границі). Проекції кінців границь на вісь концентрацій покажуть склад відповідних фаз. Відношення довжини відрізка, укладеного між фігуративною точкою і одним з кінців границь, до довжини всієї границі дорівнює відносній кількості фази, на границю якої спирається другий кінець границі. (Використовуйте правило відрізків при відповіді на запитання 8, 9).

На рис. 30 зображена діаграма з відсутністю розчинності компонентів у твердому стані. Тут лінія АСВ – ліквідус, DCE – солідус. Кристалізація всіх сплавів цієї системи закінчується на лінії DCE евтектичним перетворенням залишку рідкої фази в механічну суміш кристалів компонентів А і В.

Суміш, яка утворилась таким чином, називається *евтектичною* або *евтектикою*. Сплав, кристалізація якого починається безпосередньо з евтектичного перетворення (у даному випадку сплав, фігуративна лінія якого проходить через точку С), називається *евтектичним*.

На рис. 31 подана діаграма з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані (діаграма з евтектикою). Крім ліній ліквідус і солідус (АСВ і ADCEB), діаграма містить лінії DF і EG граничної розчинності компонента В у твердому розчині α (А (В)) та компонента А у твердому розчині β (В (А)), відповідно. Кристалізація сплаву «с» починається після перетину лінії ліквідус з виділення кристалів твердого розчину β . Потім при перетину лінії DCE (лінії евтектики) утворюється евтектична суміш із твердих розчинів α і β . При подальшому охолодженні, у зв'язку зі зменшенням розчинності компонента А в В (А) виділяються кристали твердого розчину α , багатого компонентом А. У кінцевому стані структура сплаву представлена: первинними кристалами β , евтектикою ($\alpha + \beta$) і вторинними кристалами α .

На рис. 33, в подана діаграма з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані (діаграма з перитектикою). Перитектичне перетворення протікає на лінії CDE. Сутність його полягає в тому, що кристали твердого розчину α , що виділилися при охолодженні нижче лінії АЕ, взаємодіють із залишком рідкої фази, наслідком чого є утворення твердого розчину β .

Діаграми зі стійким хімічним з'єднанням мають вигляд двох або декількох діаграм, прикладених одна до одної по фігуративній лінії хімічного з'єднання. Діаграми з нестійкою хімічною сполукою зовні нагадують діаграму з перитектикою, проте замість твердого розчину тут утворюється хімічна сполука.

Вигляд діаграм стану, в яких компоненти зазнають поліморфні перетворення, залежить від характеру взаємодії алотропічних модифікацій компонентів. У ряді випадків вони нагадують звичайні діаграми, розташовані поперехами. Нерідко в таких системах зустрічаються перетворення, подібні за видом до евтектичних, але з розпадом не рідини, а твердого розчину. Перетворення подібного типу, на відміну від евтектичного, називають *евтектоїдним*.

Питання-тести до підрозділу 1.3.3

- Який вигляд має рівняння правила фаз?
 - $C = K + F - 1$.
 - $C = F + K + 1$.
 - $C = F - K + 1$.
 - $C = K - F + 1$.
- Яким відрізком визначається концентрація компонента А в точці m діаграми стану (рис. 24)?
 - Am.
 - fm.
 - mB.
 - cf.
- Яка діаграма стану зображена на рис. 25?
 - Однокомпонентна діаграма.
 - Діаграма з хімічним з'єднанням.
 - Діаграма з відсутністю розчинності компонентів у твердому стані.
 - На рисунку подана не діаграма, а лише її температурна вісь.

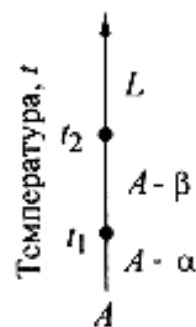


Рис. 25

4. Яка діаграма стану зображена на рис. 26?

- A) З необмеженою розчинністю компонентів у твердому стані.
- B) З хімічною сполукою.
- C) З відсутністю розчинності компонентів у твердому стані.
- D) З обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані.

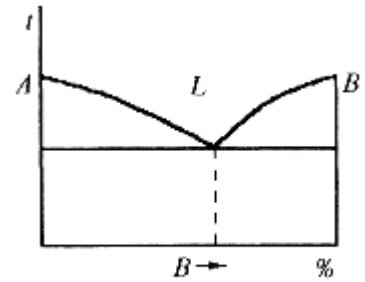


Рис. 26

5. Що таке евтектика?

- A) Речовина, що утворюється при певному співвідношенні компонентів і має кристалічну решітку, яка відрізняється від решіток речовин, що складають евтектику.
- B) Механічна суміш двох компонентів.
- C) Необмежений твердий розчин компонентів один в одному.
- D) Механічна суміш, яка утворюється у результаті одночасної кристалізації компонентів або твердих розчинів з рідкого розчину.

6. Діаграма стану якого типу подана на рис. 27?

- A) З необмеженою розчинністю компонентів у твердому стані.
- B) З обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані.
- C) З нестійким хімічним з'єднанням.
- D) З відсутністю розчинності компонентів у твердому стані.

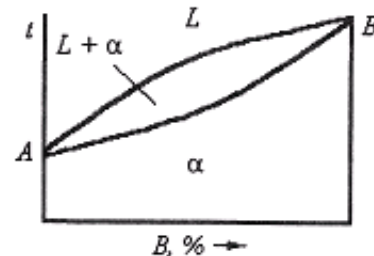


Рис. 27

7. Яка діаграма стану зображена на рис. 28?

- A) З необмеженою розчинністю компонентів у твердому стані.
- B) З обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані.
- C) З хімічним з'єднанням.
- D) З відсутністю розчинності компонентів у твердому стані.

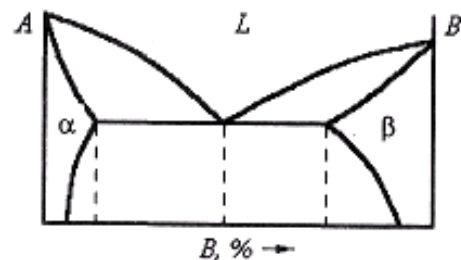


Рис. 28

8. Відношенням яких відрізків визначається кількість кристалічної фази у сплаві I - I у точці b (рис. 29)?

- A) bc / ac .
 B) bc / ab .
 C) ab / ac .
 D) ab / bc .

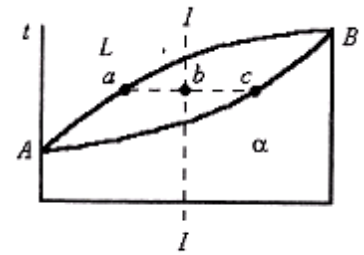


Рис. 29

9. У якому з сплавів евтектична реакція забиратиме більше часу, якщо швидкість кристалізації у всіх сплавах однакова (рис. 30)?

- A) e.
 B) c.
 C) В усіх сплавах однаково.
 D) d.

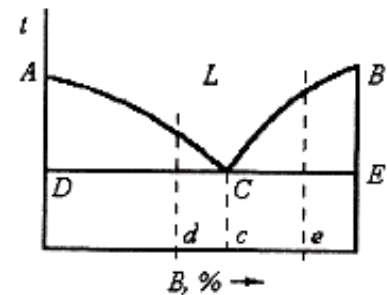


Рис. 30

10. При яких температурних умовах кристалізуються чисті метали?
- A) Залежно від природи металу температура може знижуватися в одних випадках, підвищуватися в інших і залишатися постійною в третіх.
 B) При температурі, яка знижується.
 C) При зростанні температури.
 D) При постійній температурі.
11. При яких температурних умовах кристалізуються сплави в системі з необмеженою розчинністю компонентів у твердому стані?
- A) Всі сплави кристалізуються при температурі, яка знижується.
 B) Кристалізація сплавів протікає при температурі, яка знижується, а завершується – при постійній.
 C) Всі сплави кристалізуються при постійній температурі.
 D) Сплави кристалізуються при зростаючій температурі (через виділення прихованої теплоти кристалізації).

12. При яких температурних умовах кристалізується евтектика у двокомпонентних сплавах?
- При температурі, яка знижується.
 - Залежно від виду сплаву температура може підвищуватися в одних випадках, знижуватися в інших і залишатися постійною в третіх.
 - При постійній температурі.
 - При зростаючій температурі.
13. Як змінюється температура сплавів системи з відсутністю розчинності компонентів у твердому стані в процесі кристалізації?
- Знижується (крім евтектичного сплаву), завершується кристалізація всіх сплавів при постійній температурі.
 - Залишається постійною.
 - Знижується.
 - Знижується (крім евтектичного сплаву), завершується кристалізація деяких сплавів при постійній температурі.
14. У чому полягає відмінність евтектоїдного перетворення від евтектичного?
- При евтектоїдному перетворенні виникають проміжні фази, при евтектичному – механічні суміші.
 - Принципової відмінності немає. Це однотипне перетворення.
 - При евтектоїдному перетворенні розпадається твердий розчин, при евтектичному – рідкий.
 - При евтектоїдному перетворенні з твердих розчинів виділяються вторинні кристали, при евтектичному – з рідини – первинні.
15. Якому сплаву (яким сплавам) належить крива охолодження В (рис. 31)?

- d.
- a і d.
- b.
- b і c.

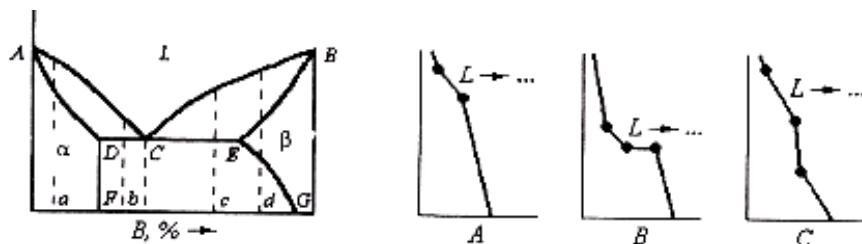


Рис. 31

16. Яка з наведених структур належить сплаву I - I при кімнатній температурі (рис. 32)?

- A) В.
- B) С.
- C) А.
- D) D.

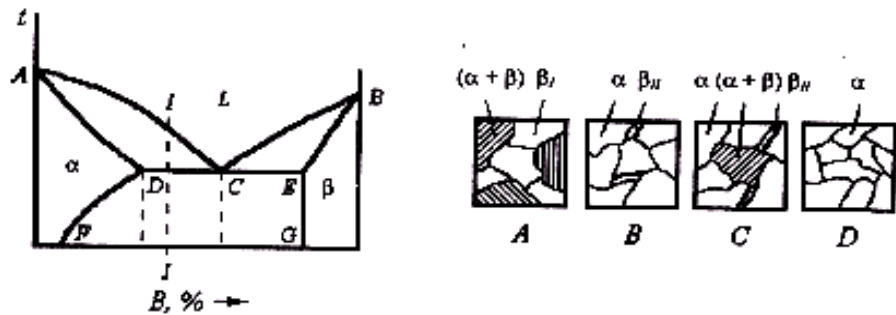


Рис. 32

17. У якій із діаграм (рис. 33) є нестійке хімічне з'єднання?

- A) D.
- B) С.
- C) В.
- D) А.

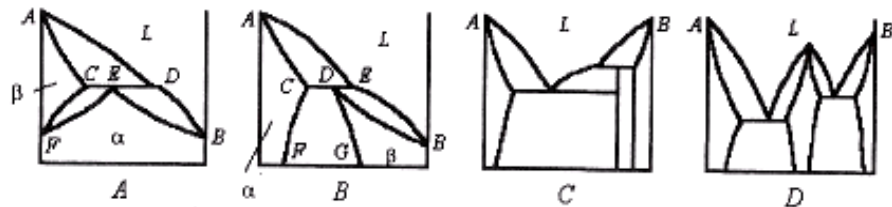


Рис. 33

18. На рис. 34 зображена діаграма стану з поліморфним перетворенням компонента А. Яке з визначень про цю діаграму справедливе?

- A) Високотемпературна модифікація компонента А ізоморфна компоненту В.
- B) Тип кристалічної решітки компонента А відмінний від компонента В.
- C) Низькотемпературна модифікація А ізоморфна компоненту В.
- D) Компонент А має кристалічну решітку того ж типу, що і компонент В.

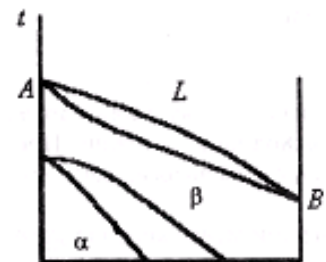


Рис. 34

19. Яке із суджень щодо наведеної на рис. 35 діаграми справедливе?

На рис. 35 наведена діаграма ...

- A) А - В. Компоненти А і В необмежено розчиняються один в одному;

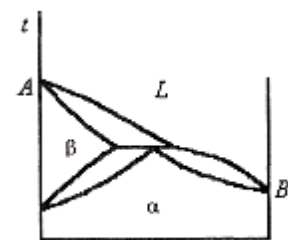


Рис. 35

- В) з поліморфним перетворенням. Обидві модифікації А ізоморфні компоненту В;
- С) з евтектики. Низькотемпературна модифікація А і компонент В мають одностипні решітки;
- Д) з перитектикою. Компонент А має поліморфне перетворення. Низькотемпературна модифікація А ізоморфна В.

20. В якій діаграмі (яких діаграмах) стану є поліморфне перетворення (рис. 36)?

- А) D.
- В) А.
- С) С.
- Д) В і С.

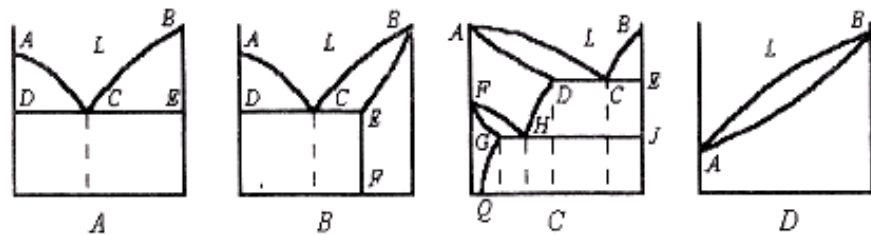


Рис. 36

Відповіді до підрозділу 1.3.3

1. А) Неправильно.
В) Неправильно.
С) Неправильно.
Д) Правильно.
2. А) Неправильно. Відрізок Am, прилеглий до компонента А, визначає концентрацію компонента В.
В) Неправильно. Обраний відрізок є частиною фігуративної лінії сплаву з концентрацією, що відповідає точці m.
С) Правильно.
Д) Неправильно. Обраний відрізок є частиною фігуративної лінії сплаву з концентрацією, що відповідає точці m.
3. А) Правильно.
В) Неправильно. У діаграмі з хімічною сполукою мають бути присутні принаймні два компоненти.

С) Неправильно. У діаграмі з відсутністю розчинності компонентів мають бути присутні принаймні два компоненти.

Д) Неправильно. Поданий рисунок має всі атрибути діаграми стану. За нею можна визначити, в якому стані перебуває сплав при будь-якій температурі.

4. А) Неправильно. У цій системі твердих розчинів немає.

В) Неправильно. Діаграми з хімічною сполукою складаються ніби з двох діаграм, прикладених одна до одної по лінії хімічної сполуки.

С) Правильно.

Д) Неправильно. У цій системі твердих розчинів немає.

5. А) Неправильно. Обрана відповідь описує ознаки хімічного з'єднання, але не евтектики.

В) Відповідь неповна. Механічною сумішшю є, наприклад, евтектоїд, який має певні відмінності від евтектики.

С) Неправильно. Там, де мають місце необмежені тверді розчини, евтектики бути не може.

Д) Правильно.

6. А) Правильно.

В) Неправильно. У системі у твердому стані немає механічних сумішей, немає хімічних сполук і немає іншого розчину, крім α .

С) Неправильно. У системі у твердому стані немає механічних сумішей, немає хімічних з'єднань і немає іншого розчину, крім α .

Д) Неправильно. У системі у твердому стані немає механічних сумішей, немає хімічних сполук і немає іншого розчину, крім α .

7. А) Неправильно. При охолодженні сплавів, що лежать між точками D і E, утвориться механічна суміш (евтектика) з твердого розчину α і компонентів B.

В) Правильно.

С) Неправильно. Діаграми з хімічною сполукою складаються ніби з двох діаграм, прикладених одна до одної по лінії хімічної сполуки.

Д) Неправильно о. В області, що лежить лівіше лінії ADF, в діаграмі присутній твердий розчин α .

8. А) Неправильно. Вираз bc/ac визначає відносну кількість рідкої фази сплаву.

В) Неправильно. Вираз bc/ab визначає співвідношення рідкої і твердої фаз сплаву.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Вираз ab/bc визначає співвідношення твердої та рідкої фаз сплаву.

9. А) Неправильно. Час кристалізації визначається кількістю рідкої фази. Застосувавши правило відрізків, ви переконаєтесь, що у вибраному варіанті він не найбільший.

В) Правильно.

С) Неправильно. Час кристалізації визначається кількістю рідкої фази, а він до моменту утворення евтектики у всіх сплавах різний.

Д) Неправильно. Час кристалізації визначається кількістю рідкої фази. Застосувавши правило відрізків, ви переконаєтесь, що у вибраному варіанті він не найбільший.

10. А) Неправильно. Поведінка системи в різних термодинамічних умовах визначається законом Гіббса. Застосуйте правило фаз і ви отримаєте однозначну відповідь на поставлене запитання.

В) Неправильно. Поведінка системи в різних термодинамічних умовах визначається законом Гіббса. Застосуйте правило фаз і ви отримаєте однозначну відповідь на поставлене запитання.

С) Неправильно. Поведінка системи в різних термодинамічних умовах визначається законом Гіббса. Застосуйте правило фаз і ви отримаєте однозначну відповідь на поставлене запитання.

Д) Правильно.

11. А) Правильно.

В) Неправильно. Температура може змінюватись так само, якщо кристалізація завершується утворенням евтектики, чого в розглянутій системі немає.

С) При постійній температурі кристалізуються лише нонваріантні системи. У даному випадку кристалізація всіх сплавів (крім чистих компонентів) протікає при степенях вільності, відмінних від нуля.

Д) Неправильно. Деяке зростання температури на початку кристалізації можливе лише при значному переохолодженні сплаву.

12. А) Неправильно. Відведення тепла при евтектичних перетвореннях повністю компенсується прихованою теплотою кристалізації. Для відповіді на поставлене питання застосуйте правило фаз.

В) Неправильно. Застосувавши правило фаз до цієї системи, ви отримаєте однозначну відповідь на поставлене запитання.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Зростання температури можливе лише на початковій стадії кристалізації при сильному переохолодженні рідини.

13. А) Правильно.

В) Неправильно. При постійній температурі в таких системах кристалізується лише один сплав – евтектичний.

С) Неправильно. Для більшості сплавів системи це лише один з етапів процесу кристалізації.

Д) Неправильно. Так кристалізуються сплави в системах з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані.

14. А) Неправильно. При евтектоїдних перетвореннях можуть виникнути проміжні фази, але це зовсім не обов'язково.

В) Дійсно, ці перетворення за типом близькі одне одному, проте між ними є істотна відмінність.

С) Правильно.

D) Неправильно. Вторинні кристали виділяються з твердих розчинів у результаті зменшення розчинності при умовах, які змінилися, наприклад, при зміні температури.

15. A) Неправильно. При охолодженні (нагріванні) цей сплав не зазнає перетворень, що протікають при постійній температурі.

B) Неправильно. При охолодженні (нагріванні) ці сплави не зазнають перетворень, що протікають при постійній температурі.

C) Відповідь неповна. Крім сплаву b, аналогічну криву охолодження має ще один з виділених сплавів.

D) Правильно.

16. A) Неправильно. У структурі мають бути присутні зерна евтектики (фігуративна лінія перетинає лінію евтектики).

B) Правильно.

C) Неправильно. Первинні кристали β можуть утворитися лише в сплавах, що лежать правіше евтектичного.

D) Неправильно. Таку структуру мають сплави, що лежать лівіше лінії граничної розчинності твердого розчину α .

17. A) Неправильно. Це діаграма зі стійким хімічним з'єднанням, утворюються тверді розчини з компонентами A та B.

B) Правильно.

C) Неправильно. Діаграма B – це діаграма з перитектичною реакцією, в результаті якої при охолодженні утворюється обмежений твердий розчин компонента A в B.

D) Неправильно. Діаграма A – це діаграма з перитектичною реакцією, в результаті якої при охолодженні утворюється необмежений твердий розчин низькотемпературної модифікації компонента A і компонента B.

18. A) Правильно.

B) Таке судження може бути справедливим лише щодо низькотемпературної модифікації компонента A. Високотемпературна модифікація однотипна з компонентом B.

C) Неправильно. Ізоморфні компоненти утворюють необмежені тверді розчини. Розчин α обмежений.

D) Це справедливо лише відносно високотемпературної модифікації компонента А, але для низькотемпературної модифікації у подібного судження підстав немає.

19. А) Це правильно лише щодо низькотемпературної модифікації компонента А. Високотемпературна модифікація А і компонент В утворюють обмежений твердий розчин β .

В) Дійсно, компонент А має поліморфне перетворення, але ізоморфна В лише низькотемпературна модифікація А.

С) Справді, кристалічні решітки низькотемпературної модифікації А і компонента В однотипні, але в діаграмі немає евтектичного перетворення.

D) Правильно.

20. А) Неправильно. Діаграма D – це діаграма з необмеженою розчинністю компонентів у твердому стані.

В) Неправильно. Діаграма А – це діаграма з відсутністю розчинності компонентів у твердому стані.

С) Правильно.

D) Неправильно. У діаграмі В жоден з компонентів поліморфних перетворень не відчуває.

1.4. Механічні властивості, деформація та рекристалізація металів

Властивості металів і сплавів визначають сферу їх раціонального застосування для виготовлення деталей машин, механізмів, інструментів тощо.

Можна виділити 4 основні групи властивостей – фізичні, хімічні, механічні і технологічні.

До *фізичних* властивостей металів і сплавів відносять температуру плавлення, щільність, електричні, теплові та магнітні властивості і деякі інші. Методи їх визначення описані у відповідних розділах курсу «Фізика».

Хімічні властивості визначаються здатністю металів хімічно взаємодіяти з іншими елементами та сполуками. Однією з

найважливіших хімічних властивостей металів і сплавів є їх корозійна стійкість. Швидкість корозії оцінюють показником «міліметри на рік». Вона залежить від складу навколишнього середовища, температури та деяких інших факторів.

Механічні властивості визначають поведінку металів в умовах навантаження, тобто коли в них виникають напруження. Напруження є відношення прикладеного статичного навантаження в ньютонах до площі поперечного перерізу в квадратних метрах деталі або зразка. Вони виражаються в паскалях ($\text{Н/м}^2 = \text{Па}$).

Технологічні властивості необхідно знати при безпосередній переробці матеріалів у виробі.

Розглянемо більш докладно механічні властивості.

Механічними називають властивості матеріалу, які визначають його опір дії зовнішнім механічним навантаженням. Останні поділяються на статичні і динамічні.

Статичні навантаження не викликають у конструкції значних інерційних сил. Прикладом статичного навантаження може служити вплив снігу на ферми даху. *Динамічні* навантаження характеризуються швидким, часто миттєвим, зростанням їх до кінцевої величини. При цьому виникають інерційні сили, які мають додатковий вплив на конструкцію. Прикладом динамічного навантаження може служити вплив поїзду на балки мосту.

Механічні властивості матеріалів характеризуються міцністю, твердістю, пластичністю, в'язкістю та ін.

Міцність металу при статичному навантаженні – це властивість, яка визначає його здатність чинити опір деформації і руйнуванню. Стандартними характеристиками міцності є межа пружності, межа текучості і тимчасовий опір.

Межею пружності називають напругу, при якій пластична деформація досягає заданої малої величини, встановленої умовами (наприклад, 0,005% - $\sigma_{0,005}$).

Межа текучості (умовна) – це напруга, якій відповідає пластична деформація 0,2% ($\sigma_{0,2}$). Межу текучості фізично встановлюють за діаграмою розтягування, якщо на ній є площина текучості (наприклад, рис. 38).

Тимчасовий опір (σ_B) характеризує максимальне напруження перед руйнуванням зразка. Розрізняють напруги умовні та істинні. *Умовною* напругою називають відношення величини навантаження до вихідного перерізу зразка; *істинною напругою* називають відношення величини навантаження до перерізу, яке зразок отримав до моменту досягнення даного навантаження.

Діаграми розтягування пластичних металів з умовними напругами відрізняються від діаграм з істинними напруженнями.

Конструкційну міцність матеріалу характеризує комплекс механічних властивостей, що забезпечують надійну і тривалу роботу в умовах експлуатації. Конструкційна міцність визначається критеріями міцності, *надійності* і *довговічності*.

До критеріїв міцності при статичних навантаженнях відносять σ_B (при оцінці розрахунків міцності пластичних матеріалів використовують твердість) або $\sigma_{0,2}$, модуль пружності. У деяких випадках мають значення питомі характеристики, критерії жароміцності.

Твердість характеризує властивість поверхневого шару матеріалу чинити опір пружній та пластичній деформації при місцевих контактних впливах.

Питомі механічні властивості (питома міцність, питома жорсткість) характеризують ефективність матеріалів за масою і являють собою відношення відповідних характеристик матеріалу до його щільності.

Жароміцні матеріали характеризуються тривалою міцністю. *Під межею тривалої міцності* розуміють напругу, яка викликає руйнування матеріалу, при заданій температурі за певний час. *Межею повзучості* називають напругу, яка викликає задану швидкість деформації при заданій температурі.

Надійністю називають здатність матеріалу протистояти крихкому руйнуванню. Важливими критеріями надійності є пластичність (відносне подовження – δ , відносне звуження – ψ), в'язкість руйнування (K_{1c}), ударна в'язкість (K_{CU} , K_{CV} , K_{CT}), холодноламкість.

δ і ψ характеризують зміни геометричних параметрів стандартних зразків при нарузі, що викликає руйнування.

K_{1c} показує, якої інтенсивності досягає напруга поблизу вершини тріщини в момент руйнування.

Ударна в'язкість – це опір руйнуванню при динамічних навантаженнях.

Холодноламкість визначає вплив зниження температури на схильність матеріалу до крихкого руйнування. Поріг холодноламкості характеризується температурою або інтервалом температур переходу металу у крихкий стан. Крихкий злам має кристалічну будову. Зазвичай у зламі можна бачити форму і розмір зерен, тому що злам відбувається без значної пластичної деформації і зерна при руйнуванні металу не спотворюються.

Довговічність називають здатність матеріалу деталі чинити опір розвитку поступового руйнування, забезпечуючи її працездатність протягом заданого часу.

Одним з критеріїв довговічності є *витривалість*, під якою розуміють здатність матеріалу чинити опір утомі, або поступовому накопиченню пошкоджень під дією циклічно повторюваних навантажень. Витривалість залежить від *живучості*, що визначає тривалість роботи деталі від моменту зародження першої макроскопічної тріщини втоми (розміром 0,5 ... 1,0 мм) до руйнування. Втоминий злам завжди має дві зони руйнування: втомну зону попереднього руйнування з дрібнозернистою, часто східчато-шаруватою будовою, іноді з окремими ділянками блискучої поверхні, і зону долому, що має характер в'язкого або крихкого (залежно від властивостей металу) руйнування.

При циклічному навантаженні руйнування починається в місцях концентрації напруг (деформації), які локалізуються на різного роду пошкодженнях поверхневого шару. Поверхнєве зміцнення (хіміко-термічна обробка, поверхнєве гартування, пластичне деформування) ефективно знижує роль концентраторів, ускладнюючи деформацію поверхні деталей.

Матеріал при прикладанні до нього зовнішніх сил деформується. *Деформація* може бути *пружною*, яка зникає після зняття навантаження, і *пластичною*, що залишається після припинення дії прикладених сил. При пружному деформуванні атоми обернене зміщуються від положення рівноваги. При

пластичному – атоми обмінюються місцями, внаслідок чого деформація стає необоротною.

При пластичній деформації ковзання в кристалічній решітці відбувається по площинах з найбільшою щільністю розташування атомів (з найбільшою ретикулярною щільністю). Наприклад, у решітці ГЦК такими площинами є $\{111\}$, в ОЦК – $\{110\}$. (Фігурними дужками позначається сукупність площин з однаковою атомною будовою. Наприклад, $\{110\}$ включає еквівалентні площини (110) , (101) , (011) та ін.).

На властивості металів дуже впливає їх дислокаційна структура. Міцність без дислокаційних кристалів (теоретична міцність) у сотні разів перевищує міцність реальних матеріалів. При щільності дислокації порядку $10^6 \dots 10^8 \text{ см}^{-2}$, яка характерна для чистих не зміцнених металів, опір деформації найменший. При збільшенні щільності понад зазначених значень рухливість дислокацій знижується, що сприймається нами як зростання міцності. Ефективними способами підвищення щільності дислокацій (та інших дефектів) і зниження їх рухливості є: легування, пластичне деформування (деформаційне зміцнення), зміцнювальна термічна і хіміко-термічна обробка.

Стан пластично деформованого металу термодинамічно не стійкий. Перехід у більш стабільний стан відбувається при нагріванні. Процеси, що протікають при нагріванні, підрозділяють на дві основні стадії: повернення і рекристалізація.

Під *поверненням* розуміють всі зміни кристалічної будови і пов'язаних з ними властивостей. При поверненні розрізняють стадії: відпочинок та полігонізація. *Відпочинок* охоплює зміни у тонкій структурі (в основному зменшення кількості точкових дефектів). *Полігонізація* – процеси утворення субзерен з малокутовими границями, що виникли при ковзанні і переповзанні дислокацій.

Під *рекристалізацією* розуміють групу явищ, які охоплюють процеси зародження і зростання нових зерен з меншою кількістю дефектів будови. Розмір рекристалізованих зерен залежить від величини перегріву вище температурних порогів рекристалізації і від ступеня попередньої деформації. Ступінь деформації (зазвичай 3 ... 8%), при якому нагрів деформованого тіла

призводить до гігантського зростання рекристалізованих зерен, називається *критичним*.

Температура рекристалізації залежить від температури плавлення металу і визначається за формулою

$$T_{\text{рекр}} = aT_{\text{пл.}}$$

де $T_{\text{рекр}}$ і $T_{\text{пл}}$ – абсолютні температури рекристалізації і плавлення;

a – коефіцієнт, що залежить від чистоти металу. Чим чистіше метал, тим a менше.

Якщо деформування металу проводять при температурі, нижче температури рекристалізації, то таку обробку називають *холодною*. При холодній обробці метал деформаційно зміцнюється. При обробці, яка проводиться вище температури рекристалізації, зміцнення знімається рекристалізаційними процесами. Така обробка називається *гарячою*.

Питання - тести до підрозділу 1.4

1. Яка властивість матеріалу характеризує його здатність чинити опір пружній пластичній деформації при вдавлюванні в нього іншого, більш твердого тіла?

- A) Витривалість.
- B) Міцність.
- C) Пружність.
- D) Твердість.

2. При випробуванні на розтяг зразок навантажили до напруги R , після чого навантаження зняли. Яка величина відносного подовження зразка (рис. 38)?

- A) 6%.
- B) 4%.
- C) 3%.
- D) 8%.

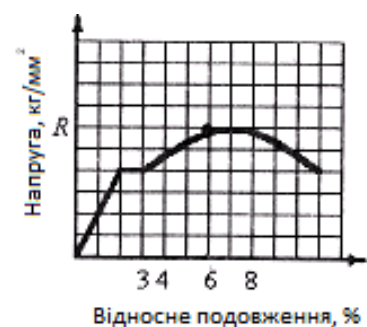


Рис. 38

3. На рис. 39 зображена діаграма розтягування для умовних напруг. Поведінку яких металів вона відображає?

- A) Пластичних.
- B) Вона може належати будь-якому металу.
- C) Метали не можуть мати таку діаграму. Це неметалеві матеріали.
- D) Крихких.

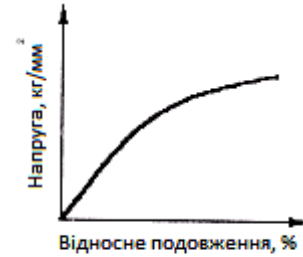


Рис. 39

4. Уздовж якої площини ГЦК найлегше відбувається ковзання?

- A) (111).
- B) (100).
- C) (200).
- D) (110).

5. Які фактори будови реальних кристалів викликають пластичні деформації при напругах, менших, ніж розраховані для ідеальної моделі кристалічної решітки?

- A) Точкові дефекти.
- B) Дислокації.
- C) Поверхневі дефекти.
- D) Дефекти кристалічної будови.

6. При якому виді зламу в зоні руйнування добре проглядаються форма і розмір зерен?

- A) Транскрісталітний.
- B) Крихкий.
- C) В'язкий.
- D) Утомний.

7. При якому виді зламу в області руйнування видно дві зони (попереднього руйнування і долому)?

- A) Крихкий.
- B) Утомний.
- C) Транскрісталітний.
- D) В'язкий.

8. Як називається механічна властивість, що визначає здатність металу чинити опір деформації і руйнуванню при статичному навантаженні?
- A) Міцність.
 - B) В'язкість руйнування.
 - C) Ударна в'язкість.
 - D) Живучість.
9. Що називають конструкційною міцністю матеріалу?
- A) Здатність протистояти утомі.
 - B) Здатність працювати в пошкодженому стані після утворення тріщини.
 - C) Здатність чинити опір розвитку поступового руйнування, забезпечуючи працездатність деталі протягом певного часу.
 - D) Комплекс механічних властивостей, який забезпечує надійну і тривалу роботу в умовах експлуатації.
10. Яку властивість матеріалу називають надійністю?
- A) Здатність протистояти утомні.
 - B) Здатність працювати в пошкодженому стані після утворення тріщини.
 - C) Здатність чинити опір розвитку поступового руйнування, забезпечуючи працездатність деталі протягом заданого часу.
 - D) Здатність протистояти крихкому руйнуванню.
11. Яку властивість матеріалу називають довговічністю?
- A) Здатність надавати при певних умовах тертя опір зношуванню.
 - B) Здатність чинити опір розвитку поступового руйнування, забезпечуючи працездатність деталей протягом заданого часу.
 - C) Здатність протистояти крихкому руйнуванню.
 - D) Здатність працювати у пошкодженому стані після утворення тріщини.

- 12.** Яку властивість матеріалу називають витривалістю?
- A) Здатність чинити опір розвитку поступового руйнування, забезпечуючи працездатність деталей протягом заданого часу.
 - B) Здатність протистояти утомі.
 - C) Здатність працювати в пошкодженому стані після утворення тріщини.
 - D) Здатність протистояти крихкому руйнуванню.
- 13.** Що таке живучість?
- A) Тривалість роботи деталі від моменту зародження перших макроскопічних втомних тріщин розміром 0,5 – 1,0 мм до руйнування.
 - B) Здатність чинити опір розвитку поступового руйнування, забезпечуючи працездатність деталей протягом певного часу.
 - C) Здатність матеріалу надавати при певних умовах тертя опір зношуванню.
 - D) Здатність протистояти крихкому руйнуванню.
- 14.** Що таке поріг холодноламкості?
- A) Максимальна ударна в'язкість при температурах крихкого стану.
 - B) Максимальна міцність при температурах крихкого стану.
 - C) Відповідне зниження ударної в'язкості при переході з в'язкого стану в крихкий.
 - D) Температура переходу у крихкий стан.
- 15.** Як впливає поверхнєве зміцнення на чутливість металу до концентраторів напруг?
- A) Не впливає на чутливість.
 - B) Характер впливу залежить від виду зміцнення.
 - C) Знижує чутливість.
 - D) Підвищує чутливість.

16. Що таке тривала міцність?

- A) Напруга, що викликає руйнування при певній температурі за даний відрізок часу.
- B) Властивість матеріалу чинити опір розвитку поступового руйнування, забезпечуючи працездатність деталі протягом заданого часу.
- C) Довговічність деталі від моменту зародження першої макроскопічної втомної тріщини до руйнування.
- D) Напруга, що викликає задану швидкість деформації при даній температурі.

17. Що таке межа повзучості?

- A) Етап повзучості перед руйнуванням, при якому метал деформується з постійною швидкістю.
- B) Напруга, при якій пластична деформація досягає заданої малої величини, встановленої умовами.
- C) Напруга, якій відповідає пластична деформація 0,2%.
- D) Напруження, що викликає дану швидкість деформації при даній температурі.

18. Що таке питомі механічні властивості?

- A) Відношення зміцнювальних властивостей матеріалу до його пластичності.
- B) Відношення механічних властивостей матеріалу до його щільності.
- C) Відношення механічних властивостей матеріалу до площі перерізу виробу.
- D) Відношення механічних властивостей матеріалу до відповідних властивостей заліза.

19. Як називається явище зміцнення матеріалу під дією пластичної деформації?

- A) Текстура.
- B) Поліпшення.
- C) Деформаційне зміцнення.
- D) Полігонізація.

20. Що таке критичний ступінь деформації?

- A) Ступінь деформації, що призводить після нагріву деформованого матеріалу до гігантського зростання зерна.
- B) Ступінь деформації, при якому досягається найбільша можлива щільність дефектів кристалічної структури.
- C) Мінімальний ступінь деформації, при якому запас в'язкості матеріалу дорівнює нулю.
- D) Мінімальний ступінь деформації, при якому рекристалізаційні процеси не викликають зростання зерна.

21. Що таке рекристалізація?

Це група явищ, що відбуваються при нагріванні деформованого металу і охоплюють ...

- A) процеси утворення субзерен з малокутовими границями, які виникають при ковзанні і переповзанні дислокацій;
- B) всі зміни кристалічної будови і пов'язаних з цим властивостей;
- C) процеси зародження і зростання нових зерен з меншою кількістю дефектів будови;
- D) зміни тонкої структури (головним чином зменшення кількості точкових дефектів).

22. Що таке відпочинок?

Це група явищ, що відбуваються при нагріванні деформованого металу і охоплюють ...

- A) процеси зародження і зростання нових зерен з меншою кількістю дефектів будови;
- B) процеси утворення субзерен з малокутовими границями, що виникають при ковзанні і переповзанні дислокацій;
- C) зміни тонкої структури (головним чином зменшення кількості точкових дефектів);
- D) всі зміни кристалічної будови і пов'язаних з цим властивостей.

23. Що таке повернення?

Це група явищ, що відбуваються при нагріванні деформованого металу і охоплюють ...

- A) процеси утворення субзерен з малокутовими границями, що виникають при ковзанні і переповзанні дислокацій;
- B) зміни тонкої структури (головним чином зменшення кількості точкових дефектів);
- C) процес зародження і зростання нових зерен з меншою кількістю дефектів будови;
- D) всі зміни кристалічної будови і пов'язаних з цим властивостей.

24. Що таке полігонізація?

Це група явищ, що відбуваються при нагріванні деформованого металу і охоплюють ...

- A) процеси зародження і зростання нових зерен з меншою кількістю дефектів будови;
- B) процеси утворення субзерен з малокутовими границями, що виникають при ковзанні і переповзанні дислокацій;
- C) зміни тонкої структури (головним чином зменшення кількості точкових дефектів);
- D) всі зміни кристалічної будови і пов'язаних з ним властивостей.

25. Яке деформування металу називають холодним?

- A) Деформування, при якому не виникає деформаційного зміцнення.
- B) Деформування при температурі нижче температури рекристалізації.
- C) Деформування при кімнатній температурі.
- D) Деформування при негативних температурах.

26. Як залежить температура рекристалізації металу від його чистоти?

- A) Чим чистіше метал, тим вища температура рекристалізації.
- B) Температура рекристалізації не залежить від чистоти металу.

- C) Для металів залежність має знак плюс (чим чистіше метал, тим вища температура), для легованих сплавів – мінус.
- D) Чим чистіше метал, тим нижче температура рекристалізації.

Відповіді до підрозділу 1.4

1. A) Неправильно. Витривалістю називають здатність матеріалу протистояти втомі.

B) Неправильно. Міцністю називають здатність матеріалу чинити опір деформації і руйнуванню.

C) Неправильно. Пружністю називають здатність матеріалу зворотно деформуватися під дією прикладеного навантаження.

D) Правильно.

2. A) Неправильно. У відповіді не врахована пружна деформація зразка.

B) Неправильно. У відповіді не точно визначена величина пружної деформації.

C) Правильно.

D) Неправильно.

3. A) Неправильно. У разі розтягнення пластичних зразків перед руйнуванням деформація зосереджується в одній зоні, що призводить до появи на діаграмі спадної ділянки.

B) Неправильно. У разі розтягнення пластичних зразків перед руйнуванням деформація зосереджується в одній зоні, що призводить до появи на діаграмі спадної ділянки.

C) Неправильно.

D) Правильно.

4. A) Правильно.

B) Неправильно. Зрушення однієї частини кристала щодо іншої найлегше протікає по площинах з найбільш щільним розташуванням атомів. Ця площина такою не є.

С) Неправильно. Зрушення однієї частини кристала щодо іншої найлегше протікає по площинах з найбільш щільним розташуванням атомів. Ця площина такою не є.

Д) Неправильно. Зрушення однієї частини кристала щодо іншої найлегше протікає по площинах з найбільш щільним розташуванням атомів. Ця площина такою не є.

5. А) Неправильно.

В) Правильно.

С) Неправильно.

Д) Неправильно.

6. А) Форма і розмір зерен у зоні зламу при транскристалітному руйнуванні можуть бути як спотвореними, так і непошкодженими.

В) Правильно.

С) Неправильно. При в'язкому зламі форма і розмір зерен у зоні руйнування сильно спотворені.

Д) Неправильно.

7. А) Неправильно. При інтеркристалітному руйнуванні в зоні зламу добре проглядається форма і розмір зерен.

В) Правильно.

С) Форма і розмір зерен у зоні зламу при транскристалітному руйнуванні можуть бути як спотвореними, так і непошкодженими.

Д) Злам від утомленості має дві зони: зону попереднього руйнування (у ній зерна сильно спотворені) і зону долому, в якій форма і розмір зерен не порушені.

8. А) Правильно.

В) Неправильно. В'язкість руйнування характеризує опір матеріалу поширенню в'язкої тріщини.

С) Неправильно. Ударна в'язкість характеризує опір матеріалів руйнуванню при динамічних навантаженнях.

Д) Неправильно. При в'язкому зламі форма і розмір зерен у зоні руйнування сильно спотворені.

9. А) Неправильно. Здатність матеріалу протистояти втомі називають витривалістю.

В) Неправильно. Здатність працювати в пошкодженому стані після утворення тріщини визначає живучість матеріалу.

С) Неправильно. Таку властивість матеріалу називають довговічністю.

Д) Правильно.

10. А) Неправильно. Здатність матеріалу протистояти втомі називають витривалістю.

В) Неправильно. Здатність працювати в пошкодженому стані після утворення тріщини визначає живучість матеріалу.

С) Неправильно. Таку властивість матеріалу називають довговічністю.

Д) Правильно.

11. А) Неправильно. Таку властивість матеріалу називають стійкістю.

В) Правильно.

С) Неправильно. Здатність матеріалу протистояти крихкому руйнуванню називають надійністю.

Д) Неправильно. Здатність працювати в пошкодженому стані після утворення тріщини визначає живучість матеріалу.

12. А) Неправильно. Таку властивість матеріалу називають довговічністю.

В) Правильно.

С) Неправильно. Здатність працювати в пошкодженому стані після утворення тріщини визначає живучість матеріалу.

Д) Неправильно. Здатність матеріалу протистояти крихкому руйнуванню називають надійністю.

13. А) Правильно.

В) Неправильно. Таку властивість матеріалу називають довговічністю.

С) Неправильно. Таку властивість матеріалу називають стійкістю.

D) Неправильно. Здатність матеріалу протистояти крихкому руйнуванню називають надійністю.

14. A) Неправильно.
B) Неправильно.
C) Неправильно.
D) Правильно.

15. A) Неправильно. Вплив концентраторів позначається в основному при напругах на розтягування при знакозмінних згинальних навантаженнях. Поверхнєве зміцнення створює на поверхні напруги стиснення, які знімають частину зовнішнього навантаження.

B) Неправильно. Від виду зміцнення залежать лише кількісні характеристики, а напрямок впливу для всіх видів зміцнення постійний.

C) Правильно.

D) Неправильно. Вплив концентраторів позначається, в основному, при напругах на розтягування при знакозмінних згинальних навантаженнях. Поверхнєве зміцнення створює на поверхні напруги стиснення, які знімають частину зовнішнього навантаження.

16. A) Правильно.

B) Неправильно. Таку властивість матеріалу називають довговічністю.

C) Неправильно. Таку характеристику матеріалів називають живучістю.

D) Неправильно о. Таку характеристику називають межею повзучості.

17. A) Неправильно. Це характеристика постійної стадії повзучості.

B) Неправильно. Таку напругу називають межею пружності.

C) Неправильно. Таку напругу називають межею текучості (умовною).

D) Правильно о.

18. А) Неправильно.

В) Правильно.

С) Неправильно.

Д) Неправильно о.

19. А) Неправильно. Текстура полягає в переважній орієнтації структури матеріалу.

В) Неправильно. Поліпшенням називають термічну обробку сталей, що полягає в гартуванні і подальшому високому відпуску.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Полігонізація – це стадія повернення, яка полягає у фрагментації кристалів на субзерна (полігони) з малокутовими межами.

20. А) Правильно.

В) Неправильно.

С) Неправильно. Якщо існує така мінімальна деформація, то вона є і максимальною, оскільки подальше деформування призведе матеріал до руйнування. Ця гіпотетична характеристика не є критичним ступенем деформації.

Д) Неправильно.

21. А) Неправильно. Обрана відповідь характеризує одну із стадій повернення, полігонізацію.

В) Неправильно. Обрана відповідь характеризує повернення.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Обрана відповідь характеризує одну з стадій повернення, відпочинок.

22. А) Неправильно. Обрана відповідь характеризує рекристалізацію.

В) Неправильно о. Обрана відповідь характеризує одну із стадій повернення, полігонізацію.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Обрана відповідь характеризує повернення. Відпочинок є однією з стадій повернення.

23. А) Неправильно. Обрана відповідь характеризує одну із стадій повернення, полігонізацію.

В) Неправильно. Обрана відповідь характеризує одну із стадій повернення, відпочинок.

С) Неправильно. Обрана відповідь характеризує рекристалізацію.

Д) Правильно.

24. А) Неправильно. Обрана відповідь характеризує рекристалізацію.

В) Правильно.

С) Неправильно. Обрана відповідь характеризує одну із стадій повернення, відпочинок.

Д) Неправильно. Обрана відповідь характеризує повернення. Полігонізація є однією із стадій повернення.

25. А) Неправильно. Деформаційного зміцнення зазвичай не виникає при гарячому деформуванні.

В) Правильно.

С) Неправильно. Кімнатна і навіть негативні температури для легкоплавких металів (Sn, Pb, Zn та ін.) лежать в області температур гарячого деформування.

Д) Неправильно. Кімнатна і навіть негативні температури для легкоплавких металів (Sn, Pb, Zn та ін.) лежать в області температур гарячого деформування.

26. А) Неправильно.

В) Неправильно.

С) Неправильно. Метал не знає, легований він чи просто забруднений. Тому зміна знака впливу виглядає нелогічно.

Д) Правильно.

1.5. Залізовуглецеві сплави (структурний та фазовий склад)

До залізовуглецевих належать сплави, основними компонентами яких є залізо і вуглець.

За поширеністю в земній корі залізо посідає друге місце після алюмінію, однак виробництво сплавів на основі заліза перевищує

виробництво алюмінієвих сплавів. Це пов'язано з тим, що їх властивості та вартість у більшій мірі в даний час задовольняють потреби сучасної техніки. Сталі та чавуни – основні конструкційні метали, які застосовуються в усіх галузях народного господарства. Залізничний транспорт – найбільший споживач сталей і чавунів.

Залізо – метал сріблясто-білого кольору, має щільність $7,85 \text{ г/см}^3$ і температуру плавлення $1539 \text{ }^\circ\text{C}$; залежно від температури залізо може мати різні типи кристалічних решіток і властивості.

Механічні властивості заліза при чистоті 99, 95%: $\sigma_B=250 \text{ МПа}$; $\sigma_T=120 \text{ МПа}$; $\delta=50\%$; $\psi=90\%$.; $HV - 800 \text{ МПа}$; $KCU (a_H)=3 \text{ МДж/м}^2$.

Залізо має температурний поліморфізм і може існувати у двох алотропічних модифікаціях: у вигляді α -заліза з ОЦК і γ -заліза з ГЦК кристалічними решітками. З вуглецем залізо утворює тверді розчини та хімічну сполуку.

Твердий розчин проникнення вуглецю в α -залізі називається *феритом*. Розчинність вуглецю в ньому дуже мала (максимум 0,02% при температурі 727°C). Ферит має дуже низьку твердість ($HV - 1000 \text{ МПа}$) і високу пластичність.

Твердий розчин проникнення вуглецю в γ -залізі називається *аустенітом*. Максимум розчинності вуглецю в аустеніті 2,14% (при температурі $1147 \text{ }^\circ\text{C}$). У рівноважному стані аустеніт існує при температурі лише вище 727°C . Він має високу пластичність і низьку твердість ($HV - 2500 \text{ МПа}$).

Залізо утворює з вуглецем хімічну сполуку Fe_3C , яка має назву *цементиту*. Цементит дуже твердий і крихкий. Він має дуже складну кристалічну решітку (типу алмазу), магнітний до $210 \text{ }^\circ\text{C}$, $HV - 8000 \text{ МПа}$.

У сталі і чавуні залежно від температури і вмісту вуглецю в структурі можуть бути присутніми всі перелічені вище фази.

Залізовуглецеві сплави з концентрацією вуглецю, яка не перевищує 2,14%, називають *сталями*, з більш високою – *чавунами*.

Кристалізація сталей завершується на лінії АЕ діаграми Fe- Fe_3C (див. додаток).

За рівноважністю структури сталі залежно від вмісту вуглецю підрозділяють на технічне залізо ($C \leq 0,02\%$), доевтектоїдні ($0,02 < C < 0,8 \%$), евтектоїдні ($C = 0,8 \%$) і заевтектоїдні сталі ($0,8 < C \leq 2,14 \%$).

У структурі технічного заліза присутні ферит і третинний цементит, що виділяється при охолодженні сплаву нижче 727°C з фериту.

Структура доевтектоїдних сталей складається з фериту та перліту. *Перліт* – це евтектоїд – механічна суміш фериту і цементиту, що утворюється в результаті евтектоїдних реакції з аустеніту при охолодженні сплавів нижче 727°C (лінії PSK діаграми Fe-Fe₃C). Перліт містить 0,8 % вуглецю. За відповідною кількістю перліту можна визначити вміст вуглецю в сплаві. Для цього досить помножити частку видимої на мікрошліфу площі, зайнятої перлітом, на 0,8.

Евтектоїдна сталь містить 0,8% вуглецю. Структура її повністю складається з перліту.

У структурі заевтектоїдних сталей містяться перліт і вторинний цементит, що виділяється при охолодженні сплаву в інтервалі температур $1147 \dots 727^\circ\text{C}$ з аустеніту відповідно до лінії граничної розчинності SE діаграми Fe-Fe₃C.

Чавуни в системі Fe-Fe₃C називають *білими*. Ці сплави містять вуглець виключно в хімічно зв'язаному стані у вигляді Fe₃C.

Кристалізація білих чавунів завершується евтектичним перетворенням при температурі нижче 1147°C (лінія ECF діаграми Fe-Fe₃C) з утворенням евтектики, яка називається *ледебуритом* і являє собою механічну суміш аустеніту і цементиту. При охолодженні нижче 727°C аустеніт зазнає евтектоїдного перетворення і ледебурит стає сумішшю перліту і цементиту.

За рівноважністю структури білі чавуни підрозділяють на доевтектичні, евтектичні і заевтектичні.

Вміст вуглецю в доевтектичному чавуні може перебувати в межах 2,14...4,3%. Структура його складається з перліту, вторинного цементиту і ледебуриту.

Евтектичний чавун містить 4,3 % вуглецю. Структура його складається повністю з ледебуриту.

У заевтектичних чавунах міститься більше 4,3 % вуглецю (до 6,67 %). Його структура складається з первинного цементиту, який виділився з рідини, і ледебуриту.

Білі чавуни дуже крихкі, важко піддаються механічній обробці і як конструкційний матеріал практично не застосовуються.

Якщо чавун охолоджувати дуже повільно з рідкого стану, то замість цементиту при кристалізації може виділятися графіт, а вторинний цементит і цементит перліту – розпадаються з утворенням фериту і графіту.

Чавуни зі структурно вільним вуглецем залежно від геометричної форми графітних включень називають: *сіримми* (графіт пластинчастої форми), ковкими (графіт пластівчастої форми), високоміцними (графіт кулястої форми). Отримання тієї чи іншої структури сірого чавуну визначається його складом і швидкістю охолодження виливка.

Металева основа чавунів може бути феритною, феритно-перлітною і перлітною. У феритних чавунах (чавунах з феритною металевою основою) немає вуглецю, зв'язаного у Fe_3C . У перлітних – 0,8 % вуглецю зв'язано в цементит. При однаковій металевій основі механічні властивості чавунів зростають від сірого до високоміцного.

Для конкретної деталі із чавуну важливо знати механічні властивості, які залежать від його складу, структури, а також від форми та кількості графітових включень.

Сірі чавуни одержують при охолодженні виливків зі звичайними швидкостями, характерними для піщаних форм (при великих швидкостях отримують білий чавун). Маркують сірі чавуни буквами СЧ і числом, що позначає тимчасовий опір σ_B в kg/mm^2 (у десятих частках MN/m^2). Твердість їх коливається від 1500 до 3000 МПа. Виливки з сірого чавуну широко застосовуються в машинобудуванні, як для вузлів тертя, так і для нерухомих з'єднань. Вони служать хорошим конструкційним матеріалом для багатьох відповідальних деталей, у тому числі на залізничному транспорті: гальмівні колодки, колінчаті вали та ін.

Високоміцний чавун з кулястим графітом отримують обробкою розплавленого чавуну магнієм. Хімічний склад чавуну у виливках не є ознакою бракування. Головні механічні властивості: σ_b , σ_T , δ , a_n , (КСУ) і НВ. Маркується високоміцний чавун буквами ВЧ, після яких стоять дві цифри: перша – межа міцності при розтягуванні σ_b і друга – відносне подовження δ , наприклад ВЧ 120-2 та ін.

Ковкий чавун з графітом пластівчастої форми отримують з білого чавуну шляхом тривалого відпалу. Його маркують буквами КЧ, а далі, як і у високоміцному чавуні, ставлять дві цифри, наприклад КЧ30-6. КЧ45-7 тощо.

Особливу групу складають антифрикційні чавуни, призначені для роботи у вузлах тертя з мастилом. Вони є замінниками дорожчих кольорових сплавів. Форма графіту у них може бути різна. Випускається шість марок антифрикційних сірих чавунів АЧС1 – АЧС6 і по дві марки ковких АЧК1, АЧК2 і високоміцних АЧВ1 і АЧВ2.

Виливки з жаростійкого чавуну призначені для роботи при високих температурах, наприклад марки ЖЧХ – при 500°C, ЖЧХ 16 – при 900°C, ЖЧЮ30 – при 1100°C і т.д.

Для виготовлення деталей, що працюють у різних агресивних середовищах і при підвищених температурах, призначені виливки з корозійностійкого і жароміцного чавуну. Їх маркування починається з букви Ч (ЧНХТ, ЧН19Х3 і ін.). Для гільз циліндрів і колінчатих валів дизелів тепловозів використовується хромонікелевий чавун ЧХНТ.

Питання - тести до підрозділу 1.5

1. Як називається структура, що являє собою твердий розчин вуглецю в α -залізі?
 - А) Перліт.
 - В) Цементит.
 - С) Ферит.
 - Д) Аустеніт.

2. Як називається структура, що являє собою твердий розчин вуглецю в γ -залізі?
 - A) Цементит.
 - B) Ферит.
 - C) Аустеніт.
 - D) Ледебурит.

3. Як називається структура, що являє собою карбід заліза Fe_3C ?
 - A) Ферит.
 - B) Аустеніт.
 - C) Ледебурит.
 - D) Цементит.

4. Як називається структура, що являє собою механічну суміш фериту і цементиту?
 - A) Перліт.
 - B) α - ферит.
 - C) Аустеніт.
 - D) Ледебурит.

5. Як називається структура, що являє собою механічну суміш аустеніту і цементиту?
 - A) Перліт.
 - B) Ферит.
 - C) Ледебурит.
 - D) δ -ферит.

6. На якій ділянці діаграми залізо-цементит відбувається евтектоїдна реакція?
 - A) В області QGPSK
 - B) В області SECFK.
 - C) На лінії ECF.
 - D) На лінії PSK.

7. На якій ділянці діаграми залізо-цементит відбувається евтектична реакція?
 - A) На лінії ECF.
 - B) В області SECFK.

- C) В області АЕС.
D) На лінії PSK.
8. Яка із структурних складових залізовуглецевих сплавів має при кімнатній температурі найбільшу пластичність?
A) Аустеніт.
B) Ферит.
C) Цементит.
D) Перліт.
9. Яка із структурних складових залізовуглецевих сплавів має найбільшу твердість?
A) Аустеніт.
B) Перліт.
C) Ферит.
D) Цементит.
10. Скільки відсотків вуглецю (C) міститься у вуглецевій заевтектоїдній сталі?
A) $0,02 < C < 0,8$.
B) $4,3 < C < 6,67$.
3) $2,14 < C < 4,3$.
D) $0,8 < C \leq 2,14$.
11. Який структурний склад заевтектоїдної сталі при температурі нижче $727\text{ }^\circ\text{C}$?
A) Ледебурит + первинний цементит.
У) Ферит + третинний цементит.
C) Перліт + вторинний цементит.
D) Ферит + перліт.
12. На рис. 40 зображена схема структури сталі. Яка це сталь?
A) Технічне залізо.
B) Евтектоїдна.
C) Заевтектоїдна.
D) Доевтектоїдна.

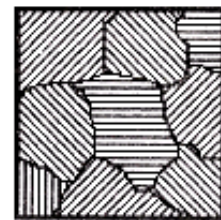


Рис. 40

13. На рис. 41 зображена схема структури доєвтектоїдної сталі. Як називається структурна складова, позначена знаком питання?

- А) Ферит.
- В) Аустеніт.
- С) Вторинний цементит.
- Д) Перліт.



Рис. 41

14. Які залізовуглецеві сплави називають чавунами?

- А) Які містять вуглецю більше 0,8 %.
- В) Які містять вуглецю більше 4,3 %.
- С) Які містять вуглецю приблизно 0,02 %.
- Д) Які містять вуглецю приблизно 2,14 %.

15. Який чавун називають білим?

- А) У якому весь вуглець або частина його міститься у вигляді графіту.
- В) У якому весь вуглець перебуває у хімічно зв'язаному стані.
- С) У якому металева основа складається з фериту.
- Д) У якому разом з графітом міститься ледебурит.

16. Яка форма графіту у білому чавуні?

- А) Пластівчаста.
- В) У білому чавуні графіту немає.
- С) Куляста.
- Д) Пластинчаста.

17. У доєвтектичних білих чавунах при температурі нижче 727°C присутні дві фазові складові: цементит і Як називається друга фаза?

- А) Ферит.
- В) Аустеніт.
- С) Ледебурит.
- Д) Перліт.

18. У якому з перелічених у відповіді сплавів одна із структурних складових є ледебурит?
- A) Доевтектичний білий чавун.
 - B) Доевтектоїдна сталь.
 - C) Феритний сірий чавун.
 - D) Технічне залізо.
19. Як за мікроструктурою чавуну визначають його вид (сірий, ковкий, високоміцний)?
- A) За розмірами графітних включень.
 - B) За характером металевої основи.
 - C) За формою графітних включень.
 - D) За кількістю графітних включень.
20. Як за мікроструктурою чавуну визначають його вид (феритний, феритно-перлітний, перлітний)?
- A) За розмірами графітних включень.
 - B) За кількістю графітних включень.
 - C) За формою графітних включень.
 - D) За характером металевої основи.
21. Які залізовуглецеві сплави називають феритним чавуном?
- A) Сплави, в яких весь вуглець (більше 2,14 %) міститься у вигляді графіту.
 - B) Чавуни, в структурі яких поряд з цементитом є ферит.
 - C) Сплави з феритною структурою.
 - D) Чавуни, в яких графіт має пластинчасту форму.
22. Скільки містить зв'язаного вуглецю феритний сірий чавун?
- A) 4,3 %.
 - B) 0,0 %.
 - C) 2,14 %.
 - D) 0,8 %.
23. Скільки містить зв'язаного вуглецю перлітний сірий чавун?
- A) 2,14 %.
 - B) 0,8 %.

- C) 4,3 %.
- D) 0%.

24. У якій із відповідей чавуни з однаковою металевою основою розміщені в порядку зростання міцності при розтягу?
- A) Високоміцний-ковкий-сірий.
 - B) Сірий-високоміцний-ковкий.
 - C) Ковкий-високоміцний-сірий.
 - D) Сірий-ковкий-високоміцний.

25. На рис. 42 зображена схема структури залізобуглецевого сплаву. Який це сплав?
- A) Технічне залізо.
 - B) Феритний сірий чавун.
 - C) Заевтектичний білий чавун.
 - D) Евтектоїдна сталь.

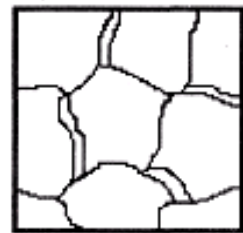


Рис. 42

26. На рис. 43 зображена схема структури залізобуглецевого сплаву. Який це сплав?
- A) Феритний високоміцний чавун.
 - B) Технічне залізо.
 - C) Феритний ковкий чавун.
 - D) Доевтектичний білий чавун.

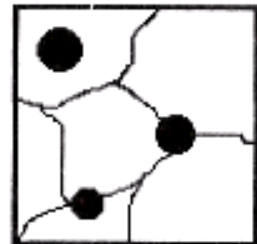


Рис. 43

27. Який чавун одержують шляхом тривалого відпалу білого чавуну?
- A) Ковкий.
 - B) Вибілений.
 - C) Сірий.
 - D) Високоміцний.
28. Який чавун одержують шляхом модифікування рідкого розплаву магнієм або церієм?
- A) Сірий.
 - B) Білий.
 - C) Високоміцний.
 - D) Ковкий.

Відповіді до підрозділу 1.5

1. А) Неправильно. Перліт – це евтектоїдна суміш, однією із складових якої є твердий розчин вуглецю у Fe α .
В) Неправильно. Цемент – це хімічна сполука – карбід заліза з формулою Fe₃C.
С) Правильно.
D) Неправильно. Аустеніт – це твердий розчин вуглецю в γ -залізі.
2. А) Неправильно. Цемент – це хімічна сполука – карбід заліза з формулою Fe₃C.
В) Неправильно. Ферит – це твердий розчин вуглецю в α -залізі.
С) Правильно.
D) Неправильно. Ледебурит – це евтектика, однією із складових якої є твердий розчин вуглецю в γ -залізі (при температурах, вище 727°C).
3. А) Неправильно. Ферит – це твердий розчин вуглецю у Fe α .
В) Неправильно. Аустеніт – це твердий розчин вуглецю в γ -залізі.
С) Неправильно. Ледебурит – це евтектична суміш, яка складається з аустеніту і цементиту (в інтервалі температур 1147 ... 727°C) або з перліту і цементиту (нижче 727°C).
D) Правильно.
4. А) Правильно.
В) Неправильно. δ -ферит – це твердий розчин вуглецю в δ -залізі.
С) Неправильно. Аустеніт – це твердий розчин вуглецю в γ -залізі.
D) Неправильно. Ледебурит – це евтектична суміш, яка складається з аустеніту і цементиту (в інтервалі температур 1147 ... 727°C) або з перліту і цементиту (нижче 727°C).

5. А) Неправильно. Перліт – це механічна суміш фериту і цементиту.

В) Неправильно. Ферит – це твердий розчин вуглецю в α -залізі.

С) Правильно.

Д) Неправильно. δ -ферит – це твердий розчин вуглецю в δ -залізі.

6. А) Неправильно. У цій області діаграми евтектоїдна реакція вже завершена.

В) Неправильно. В області SECFK евтектоїдна реакція ще не починається.

С) Неправильно. На лінії ECF відбувається евтектична реакція.

Д) Правильно.

7. А) Правильно.

В) Неправильно. У цій області діаграми евтектична реакція вже завершена.

С) Неправильно. АЕС – область діаграми, в якій перебувають у рівновазі рідина і кристали аустеніту.

Д) Неправильно. На лінії PSK відбувається евтектоїдна реакція.

8. А) Аустеніт, дійсно, найбільш пластична структурна складова залізовуглецевих сплавів, але він існує лише при температурі, вище 727°C .

В) Правильно.

С) Неправильно. Цемент – найбільш крихка структурна складова залізовуглецевих сплавів.

Д) Неправильно. Перліт – це механічна суміш двох фаз, одна з яких дуже пластична, а інша – крихка.

9. А) Неправильно. Твердість аустеніту 1600 ... 2500 НВ, а найтвердішої структурної складової – 8000 НВ.

В) Неправильно. Твердість перліту близько 3000 НВ, а найтвердішої структурної складової – 8000 НВ.

С) Неправильно. Ферит – найм'якіша структурна складова залізовуглецевих сплавів. Його твердість 650 ... 1300 НВ.

Д) Правильно.

10. А) Неправильно. Такий вміст вуглецю в доєвтектоїдних сталях.

В) Неправильно. Такий вміст вуглецю в заєвтектичних чавунах.

С) Неправильно. Такий вміст вуглецю в доєвтектичних чавунах.

Д) Правильно.

11. А) Неправильно. Такий структурний склад мають заєвтектичні білі чавуни.

В) Неправильно. Такий структурний склад мають сплави типу технічного заліза.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Такий структурний склад мають доєвтектоїдні сталі.

12. А) Неправильно. Структура технічного заліза складається з фериту і третинного цементиту. Перліту в ній немає.

В) Правильно.

С) Неправильно. У структурі заєвтектоїдної сталі, крім перліту, присутній вторинний цементит.

Д) Неправильно. У структурі доєвтектоїдних сталей, крім перліту, присутній ферит.

13. А) Неправильно. Ферит після травлення сплаву виглядає як світла структурна складова.

В) Неправильно. У залізовуглецевих сплавах аустеніт існує лише при температурах, вище 727 °С.

С) Неправильно. У доєвтектоїдних сталях немає структурно вільного цементиту.

Д) Правильно.

14. А) Неправильно. Сплави з концентрацією вуглецю в інтервалі від 0,8 до 2,14% називають заевтектоїдними сталями.

В) Дійсно, такі сплави належать до чавуну, однак інтервал можливих у чавунах концентрацій вуглецю занижений. Шукайте більш повну відповідь.

С) Неправильно. Сплави з концентрацією вуглецю в інтервалі 0,02 ... 0,8% називають доевтектоїдними сталями.

Д) Правильно.

15. А) Неправильно. Весь вуглець або частина його міститься у вигляді графіту в чавунах із структурно вільним вуглецем (сірому, ковкому, високоміцному).

В) Правильно.

С) Неправильно. Металева основа складається з фериту у феритних чавунах зі структурно вільним вуглецем.

Д) Неправильно. Чавуни, в яких поряд з графітом міститься ледебурит, називаються половинчастими.

16. А) Неправильно. Графіт пластівчастої форми міститься в ковких чавунах.

В) Правильно.

С) Неправильно. Графіт кулястої форми міститься у високоміцних чавунах.

Д) Неправильно. Графіт пластинчастої форми міститься в сірих чавунах.

17. А) Правильно.

В) Неправильно. У залізовуглецевих сплавах аустеніт існує лише при температурах, вище 727°C .

С) Неправильно. Ледебурит – це структурна складова залізовуглецевих сплавів, що складається з двох фаз: аустеніту і цементиту або фериту і цементиту.

Д) Неправильно. Перліт – це структурна складова залізовуглецевих сплавів, що складається з двох фаз: фериту і цементиту.

18. А) Правильно.

В) Неправильно. При температурі вище евтектоїдного перетворення сталь складається з фериту і аустеніту, аустеніту або аустеніту і цементиту.

С) Неправильно. Структурними складовими феритного сірого чавуну є ферит і пластинчастий графіт.

Д) Неправильно. Структурними складовими технічного заліза є ферит і третинний цементит.

19. А) Неправильно. Розмір або кількість графітових включень визначають властивості чавунів, але не їх вигляд.

В) За характером металевої основи визначають різновид чавунів (феритний, феритно-перлітний, перлітний).

С) Правильно.

Д) Неправильно. Розмір або кількість графітових включень визначають властивості чавунів, але не їх вигляд.

20. А) Неправильно. Розмір або кількість графітових включень визначають властивості чавунів, але не їх вигляд.

В) Неправильно. Розмір або кількість графітових включень визначають властивості чавунів, але не їх вигляд.

С) Неправильно. За формою графітових включень визначають різновид чавунів (сірий, ковкий, високоміцний).

Д) Правильно.

21. А) Правильно.

В) Чавуни із структурно вільним цементитом належать до білих чавунів. Ферит в них може з'явитися в результаті відпалу, але такий чавун не належить до феритного.

С) Неправильно. У структурі чавуну, крім металевої основи, має бути високовуглецева фаза.

Д) Чавуни, в яких графіт має пластинчасту форму, називають сірими.

22. А) Неправильно. У феритних чавунах немає зв'язаного вуглецю.

В) Правильно.

С) Неправильно. У феритних чавунах немає зв'язаного вуглецю.

Д) Неправильно. 0,8% зв'язаного вуглецю міститься в перлітних чавунах. У феритних чавунах зв'язаного вуглецю немає.

23. А) Неправильно. Перліт не може містити такої кількості вуглецю.

В) Правильно.

С) Неправильно. Перліт не може містити такої кількості вуглецю.

Д) Неправильно. Не містять зв'язаного вуглецю феритні чавуни.

24. А) Неправильно. Це порядок, при якому міцність чавунів на розтяг зменшується.

В) Неправильно.

С) Неправильно.

Д) Правильно.

25. А) Правильно.

В) Неправильно. У структурі сірих чавунів присутній пластинчастий графіт.

С) Неправильно. Характерною структурною складовою білих чавунів є ледебурит.

Д) Неправильно. Структура евтектоїдної сталі складається з перліту.

26. А) Правильно.

В) Неправильно. У технічному залізі немає графіту.

С) Неправильно. У ковких чавунах графіт має пластівчасту форму, до того ж при феритно-перлітній металевій основі фон складається не тільки із світлих зерен.

Д) Неправильно. У білих чавунах немає графіту.

27. А) Правильно.

В) Неправильно. Вибілений чавун одержують при прискореному охолодженні виливків у поверхневих шарах і більш повільному – в серцевинних ділянках.

С) Неправильно. Сірий чавун одержують шляхом уповільненого охолодження рідини.

Д) Неправильно. Високоміцні чавуни отримують шляхом модифікування рідини магнієм або церієм.

28. А) Неправильно. Сірий чавун одержують шляхом уповільненого охолодження рідини.

В) Неправильно. Білий чавун одержують шляхом прискореного охолодження рідини.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Ковкі чавуни отримують шляхом тривалого відпалу низько крем'янистих білих чавунів.

Теорія термообробки.

Термічна і хіміко-термічна обробка сталей

Більшість відповідальних деталей залізничного транспорту в процесі їх виготовлення або ремонту піддаються термічній обробці (рейки, колеса, корпуси автозчеплення і поглинального апарата, осі, деталі дизелів тепловозів, електричних двигунів і машин, тягових редукторів і ін.).

Термічною називають обробку, пов'язану з нагріванням і охолодженням металу з метою зміни його структури і властивостей.

Температурні режими термообробки сталей пов'язані з діаграмою Fe-Fe₃C. Рівноважні температури, які відповідають положенню ліній PSK, GS і SE діаграми, позначають A₁, A₃ і A_m відповідно (додаток).

При нагріванні нерівноважні температури перетворень (критичні точки) позначають: перліту в аустеніт – A_{c1}; а перетворення, які пов'язані з отриманням однофазної аустенітної структури, – A_{c3} (для доевтектоїдних сталей), A_{cm} (для

заевтектоїдних). При звичайних швидкостях нагрівання нерівноважні температури на 30 ... 50°C вище відповідних рівноважних.

Залежно від схильності аустенітного зерна при нагріванні до зростання розрізняють *спадково крупнозернисті* (зерно схильне до зростання) та *спадково дрібнозернисті* (зерно не схильне до зростання) сталі. Властивості сталі, які виникли в результаті тієї чи іншої обробки, визначають зерном, що реально утворилося, – *дійсним зерном*. Спадкова зернистість має враховуватися при призначенні режимів обробки, яка впливає на розмір одержуваного дійсного зерна, наприклад, при гартуванні та відпалі.

Основними видами термічної обробки сталей є відпал (першого і другого роду), нормалізація, гартування, відпуск.

Відпал полягає в нагріванні металу, витримці і подальшому повільному охолодженні (разом з піччю). Відпал наближає метал до рівноваги.

Відпал першого роду проводять для одержання більш рівноважної, ніж початкова, структури, не пов'язуючи цю мету з наявністю або відсутністю фазової перекристалізації. Прикладами відпалу першого роду є рекристалізаційний відпал, дифузійний відпал.

При *рекристалізаційному відпалі* деформаційно зміцнений метал нагрівають трохи вище температурного порога рекристалізації. У результаті відпалу матеріал набуває таких самих механічних властивостей, які він мав до деформації.

Дифузійний (гомогенізований) відпал проводять нагріванням до високих температур (стосовно до сталей – значно вище A_{c3} або A_{cm}), які припускають інтенсивну дифузію атомів. Такому відпалу піддають, наприклад, виливки для усунення дендритної ліквізації (гомогенізації сплаву).

При *відпалі другого роду* неодмінно протікає (хоча б годину) фазова перекристалізація. До відпалу другого роду належать неповний відпал, повний відпал.

При неповному відпалі нагрівання ведуть до температури A_{c1} (нижче A_{c3} або A_{cm}). Відбувається часткова перекристалізація сплаву (змінюється перлітна складова). Частіше неповний відпал

застосовують для заевтектоїдних сталей (сфероїдизований відпал).

При повному відпалі сталь нагрівають до A_{c3} або A_{cm} . Відбувається повна рекристалізація сплаву.

Гартування полягає в нагріванні сплавів вище температур фазових перетворень і наступному швидкому охолодженні, що фіксує їх високотемпературний стан (істинне гартування) або стан, проміжний між високотемпературним і рівноважним, характерним для нормальної температури.

Теоретична можливість здійснення гартування визначається видом діаграми стану системи, якій належить сплав. Необхідно, щоб при нагріванні він відчував, хоча б часткову, твердофазову перекристалізацію. При гартівних швидкостях охолодження дифузійні процеси в металі в значній мірі пригнічені, і отже, фазові перетворення не можуть не відрізнитися від рівноважних. (Відставання дифузійних процесів у твердій фазі при нерівномірному охолодженні навіть при кристалізації з рідкого розплаву призводить до різномірності складу кристалів у центрі і на периферії).

Щодо сталей нагрівання при гартуванні зазвичай ведуть до температури A_{c3} (доевтектоїдні сталі) і A_{c1} (заевтектоїдні сталі). Якщо нагрівання ведеться до температур A_{c3} або A_{cm} , то таке гартування називається *повним*, якщо до A_{c1} – *неповним*.

Залежно від швидкості охолодження існують два принципово різні способи гартування – гартування на феритно-цементитні суміші і гартування на мартенсит. При охолодженні зі швидкістю нижче критичної, тобто такої мінімальної швидкості, яка необхідна для утворення мартенситу, виникають структури перлітного типу (*перліт, сорбіт, тростит, бейніт*). Сорбіт і тростит відрізняються від перліту і один від одного ступенем дисперсності (тростит більш дисперсний, ніж сорбіт, а останній більш дисперсний, ніж перліт). Чим більш дисперсна структура, тим вище її механічні властивості.

Охолодження зі швидкістю вище критичної веде до перетворення аустеніту в мартенсит. Суть перетворення полягає в перебудові кристалічної решітки аустеніту (ГЦК) у решітку фериту (ОЦК). При цьому вуглець, розчинений в аустеніті,

виявляється повністю в решітці фериту. Таким чином, *мартенсит* являє собою пересичений твердий розчин вуглецю у фериті. Кристалічна решітка мартенситу – тетрагональна (перекручена решітка фериту зі збільшеним параметром c).

Якщо при повному гартуванні (повному відпалі) охолодження нагрітої заготовки проводять на повітрі, то така термічна обробка називається *нормалізацією*.

Більшість легуючих елементів, розчинених в аустеніті, підвищують його тимчасову стійкість. Вони зсовують С-подібні криві ізотермічного перетворення аустеніту вправо по координатній осі часу. При цьому критична швидкість гартування зменшується. (В сталях мартенситного типу цього зменшення виявляється досить, щоб вже при нормалізації отримати мартенситну структуру).

Мартенситне перетворення протікає по *бездифузійному, зсувному механізму*. Під дією напружень, що виникають при швидкому охолодженні сплаву, у кристалічній решітці аустеніту відбувається зсув по площинах легкого ковзання $\{111\}$ з одночасною $\gamma \rightarrow \alpha$ перебудовою. Відмінними особливостями мартенситного перетворення є бездифузійність і орієнтованість (голки мартенситу розташовуються під певними кутами відносно один до одного відповідно до розташування площин легкого ковзання в аустеніті).

Мартенситне перетворення не захоплює всю аустенітну структуру. Частина аустеніту зберігається в загартованій сталі. Такий аустеніт називають залишковим. Кількість залишкового аустеніту визначається режимами термічної обробки і залежить від температур початку та кінця мартенситного перетворення.

Мартенсит – найтвердіша структура, що утворюється при термообробці сталей. Чим більше в ній вуглецю, тим вона твердіше (НВ 8000-9000 МПа) та міцніше, вона добре чинить опір зносу.

Заевтектоїдні сталі, на відміну від доевтектоїдних, піддають неповному гартуванню. Це пояснюється тим, що надмірна фаза заевтектоїдних сталей (цементит) має високу твердість. Наявність дисперсних включень цементиту підвищує зносостійкість сталі. Нагрівання вище A_{cm} призвело б до

розчинення цементиту і, крім того, до укрупнення аустенітного зерна, а, отже до виникнення після гартування структури крупногольчастого мартенситу, який має знижені механічні властивості. Якщо неповному гартуванню піддають доевтектоїдну сталь, то надлишкова фаза (ферит, який має малу твердість), знизить механічні властивості загартованого сплаву.

Температура початку мартенситного перетворення не залежить від швидкості охолодження, але визначається складом сплаву. Вуглець і більшість легуючих елементів зсовують точки початку і кінця перетворення мартенситу до більш низьких температур.

Мартенсит – термодинамічна нестійка структура. Нагрівання, підвищуючи рухливість атомів, призводить до утворення більш стійких структур (тростит, сорбіт, перліт). З підвищенням температури знижується твердість і зростає пластичність сплаву.

Недоліками загартованої сталі є її крихкість і низькі значення ударної в'язкості. Для підвищення пластичності і в'язкості загартовану сталь піддають відпуску.

Термічна обробка, яка полягає в нагріванні загартованої сталі до температури нижче A_{c1} , витримці і наступному охолодженні з довільною швидкістю, називається *відпуском*. Чим вище нагрів, тим більшою мірою структура наближається до рівноважної. Розрізняють три види відпуску: низький ($t = 150 \dots 250^\circ\text{C}$), середній ($t = 350 \dots 500^\circ\text{C}$) і високий ($t = 500 \dots 680^\circ\text{C}$).

Низький відпуск застосовують для різного виду інструментів, підшипників кочення і деяких інших виробів. Низьковідпущена сталь практично зберігає таку саму твердість, що і після гартування, але стає менш крихкою через зниження залишкових (гартівних) напруг.

Середньому відпуску піддають в основному деталі пружних елементів – ресори, пружини, а також рейки, оскільки сталь в цьому випадку має найкращий комплекс пружних і пластичних властивостей.

Якщо ж деталі працюють в особливо важких умовах навантаження з ударами і вібраціями, то їх піддають високому відпуску. При цьому сталь набуває максимальних значень ударної в'язкості.

Поєднання гартування і високого відпуску називають *поліпшенням*, а сталі, призначені для такої обробки (середньовуглецеві сталі), – сталі, які поліпшують. Поліпшення застосовують для коліс, корпусів поглинального апарата автозчеплення і деяких інших деталей.

У деяких випадках нагрівання при відпуску замінюють тривалою витримкою при нормальній температурі. Така обробка називається *старінням*. Якщо старіння проводять з невеликим нагріванням, то його називають штучним.

Зазвичай при середньому відпуску утворюється троститна структура, при високому – сорбітна. Від однойменних структур гартування тростит і сорбіт відпуску відрізняється тим, що цементитні частки в них мають зернисту форму (в структурах гартування – пластинчасту).

Більшість легуючих елементів стримують мартенситне перетворення, зсовуючи його в область більш високих температур.

Слід розрізняти терміни "загартованість" і "прогартування".

Загартованість – це здатність металу підвищувати твердість при гартуванні.

Прогартування – це глибина, на яку поширюється загартована область. При наскрізному прогартуванні властивості матеріалу однорідні і досить високі по всьому перерізу. Кількісно прогартування оцінюється критичним діаметром, під яким розуміють найбільший діаметр прутка, який прогартується наскрізь (у центрі виникає напівмартенситна структура, яка складається на 50% із троститу і на 50% з мартенситу) в цьому охолоджувачі. Чим більше швидкість тепловідведення (охолодження), тим на більш велику глибину прогартується виріб. Тому критичний діаметр при охолодженні у воді більший, ніж у маслі, і тим більше, ніж на повітрі. Особливо сильно збільшують прогартування сталей легуючі елементи (крім кобальту), розчинені в аустеніті. Критичний діаметр залежить від критичної швидкості гартування. Чим швидкість менше, тим більше діаметр.

Якщо потрібно додати особливі властивості поверхневим шарам деталі, застосовують різні методи поверхневого

зміцнення: поверхневе гартування з нагрівом струмами високої частоти (СВЧ), методи хіміко-термічної обробки (цементацию, азотування, нітроцементацию, цинкування, хромування і ін.).

У ряді випадків застосовують гартування, при якому високому нагріву піддають лише поверхневий шар матеріалу (поверхневе гартування). У результаті поверхневого гартування виріб набуває високої поверхневої твердості, серцевина ж залишається в'язкою.

Широко застосовують гартування з індукційним нагріванням струмами високої частоти (СВЧ). Чим вище частота струму, тим тонше шар, в якому індукуються струми, і тим тоншим виявиться загартований шар.

Обробка, при якій метал нагрівають у спеціальних середовищах, змінюючи хімічний склад поверхневого шару, називається хіміко-термічною обробкою (ХТО).

Поширеними видами ХТО сталей є *цементация* (насичення поверхневого шару виробу вуглецем), *азотування* (насичення азотом), *нітроцементация* і *ціанування* (насичення азотом та вуглецем одночасно).

Режими хіміко-термічної обробки, які полягають в дифузійному насиченні металу А компонентом В, визначаються видом діаграми стану системи А-В. Термодинамічно така обробка можлива, якщо в діаграмі є високотемпературна область значної розчинності компонента В в А.

Наприклад, цементация сталей проводиться в аустенітній області діаграми стану Fe-Fe₃C. Цементациї піддають низьковуглецеві сталі (цементуючі сталі). Як насичувальне середовище (при цементациї такі середовища називають карбюризаторами) використовують деревне вугілля з домішками вуглецевих солей; газу, які мають вуглець; розплави солей з домішками карбідів. Максимальне можливе насичення поверхневого шару визначається лінією SE (діаграми Fe-Fe₃C) – лінією граничної концентрації вуглецю в аустеніті. Цементована сталь при охолодженні від температури цементациї витримує евтектоїдні перетворення, внаслідок чого насичений вуглецем шар (дифузійний шар) набуває складної структури: на поверхні – *перліт* + *цементит*, глибше – *перліт* і потім – *перліт* + *ферит*.

Кінцева мета цементації – отримання високоміцного поверхневого шару при збереженні в'язкої серцевини, що досягається за допомогою термообробки (після насичення вуглецем), гартування і низького відпуску. Після термообробки поверхневий шар виробу складається з високовуглецевого мартенситу, серцевина – з низьковуглецевого в'язкого мартенситу (при достатньому прогартуванні) або зберігає феритно-перлітну структуру доєвтектоїдної сталі.

Хіміко-термічна обробка, що полягає в дифузійному насиченні поверхневого шару азотом і вуглецем та проводиться в розплавлених солях (які містять групу CN), називають *ціануванням*.

Якщо насичення азотом та вуглецем здійснюється в газовому середовищі (в якому є азот та вуглець), то така хіміко-термічна обробка називається *нітроцементацією*.

Ці процеси, як правило, тривалі, але ефект від їх застосування завжди дуже високий.

Питання-тести до підрозділу 1.6

1. Чим відрізняються кристали, які виділяються в даний момент, від тих, що виділилися раніше, при рівноважній кристалізації сплаву системи з безперервним рядом твердих розчинів?
 - A) Кристали, які виділяються раніше, мають більше тугоплавких компонентів.
 - B) Склад кристалів змінюється від компонента А до В.
 - C) Відмінності немає.
 - D) Кристали, які виділяються раніше, мають більше тугоплавких компонентів.
2. Чим відрізняються кристали, які утворюються при даній температурі, від тих, що виділилися раніше, при нерівноважній кристалізації сплаву системи з безперервним рядом твердих розчинів?
 - A) Раніше виділилися кристали, у яких більше тугоплавких компонентів.

- В) Раніше виділилися кристали, у яких більше легкоплавких компонентів.
- С) У процесі кристалізації склад кристалів змінюється від чистого компонента А до В.
- Д) Відмінності немає.

3. Які сплави системи А-В (рис. 44) можуть бути загартовані?

- А) Будь-який сплав.
- В) Сплави, що лежать між Е і b.
- С) Жоден із сплавів.
- Д) Сплави, що лежать між а і Е.

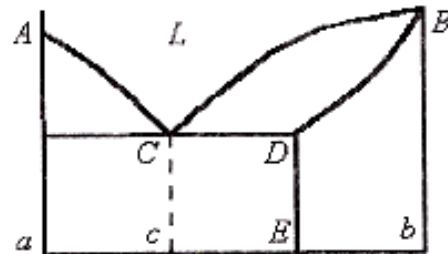


Рис. 44

4. Як називається схильність (або відсутність такої) аустенітного зерна до зростання?
- А) Відпускна крихкість.
 - В) Спадкова або природна зернистість.
 - С) Аустенізація.
 - Д) Дійсна зернистість.
5. Які з перелічених у відповідях технологічні процеси треба проводити з урахуванням спадкової зернистості?
- А) Холодна обробка тиском.
 - В) Лиття в піщані форми.
 - С) Високий відпуск.
 - Д) Гартування, відпал.
6. Металографічний аналіз спадково дрібнозернистої сталі показав, що розмір її зерна перебуває в межах 0,05 ... 0,08 мм. Яке це зерно?
- А) Дійсне.
 - В) Початкове.
 - С) Спадкове.
 - Д) Вихідне.

7. Чим пояснюється, що тростит має більшу твердість, ніж сорбіт?
- Форма цементитних часток у троститі відрізняється від форми часток у сорбіті.
 - У троститі менші термічні напруги, ніж у сорбіті.
 - Тростит містить більше (за масою) цементитних часток, ніж сорбіт.
 - У троститі цементитні частки більш дисперсні, ніж у сорбіті.

8. Яку кристалічну решітку має мартенсит?

- Кубічну.
- ГПУ.
- Тетрагональну.
- ГЦК.

9. Яка з швидкостей охолодження, нанесених на діаграму ізотермічного розпаду аустеніту (рис. 45), критична?

- V1.
- V4.
- V3.
- V2.

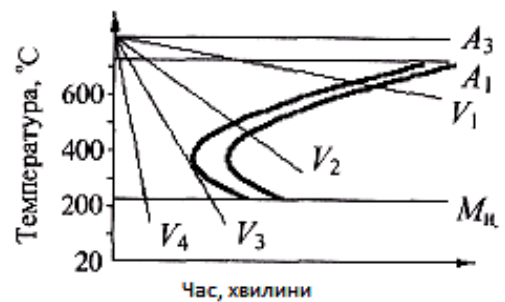


Рис. 45

10. Як називається структура, що являє собою пересичений твердий розчин вуглецю в α -залізі?

- Мартенсит.
- Цемент.
- Ферит.
- Аустеніт.

11. Яку швидкість охолодження при гартуванні називають критичною?

- Максимальну швидкість охолодження, при якій ще відбувається розпад аустеніту на структури перлітного типу.

- B) Мінімальну швидкість охолодження, необхідну для отримання мартенситної структури.
 - C) Мінімальну швидкість охолодження, необхідну для фіксації аустенітної структури.
 - D) Мінімальну швидкість охолодження, необхідну для гартування виробу по всьому перерізу.
- 12.** Які основні ознаки мартенситного перетворення?
- A) Дифузійний механізм перетворення і чітка залежність температури перетворення від швидкості охолодження сплаву.
 - B) Залежність повноти перетворення від температури аустенізації і малі спотворення в кристалічній решітці.
 - C) Слабко виражена залежність температури перетворення від складу сплаву і малі напруги в структурі.
 - D) Бездифузійний механізм перетворювання та орієнтована структура.
- 13.** Беручи до уваги зсувний механізм утворення мартенситу, назвіть, уздовж якої площини кристала аустеніту має відбутися зсув?
- A) (110).
 - B) (111).
 - C) (100).
 - D) (101).
- 14.** Як впливає швидкість охолодження при гартуванні на температуру початку мартенситного перетворення?
- A) Чим вище швидкість охолодження, тим нижче температура.
 - B) Температура початку мартенситного перетворення не залежить від швидкості охолодження.
 - C) Чим вище швидкість охолодження, тим вище температура.
 - D) Залежність температури початку мартенситного перетворення від швидкості охолодження неоднозначна.

15. Від чого залежить кількість залишкового аустеніту?
- A) Від температури точок початку і кінця мартенситного перетворення.
 - B) Від швидкості нагрівання при аустенізації.
 - C) Від однорідності вихідного аустеніту.
 - D) Від швидкості охолодження сплаву в області вигину C-подібних кривих.
16. Якій температурі (яким температурам) відповідають критичні точки A_{c3} залізовуглецевих сплавів?
- A) 727°C .
 - B) $727 \dots 1147^{\circ}\text{C}$ (залежно від вмісту вуглецю).
 - C) $727 \dots 911^{\circ}\text{C}$ (залежно від вмісту вуглецю).
 - D) 1147°C .
17. Що означає точка A_{c3} ?
- A) Температурну точку початку розпаду мартенситу.
 - B) Температурну точку початку перетворення аустеніту в мартенсит.
 - C) Температуру критичної точки переходу перліту в аустеніт при нерівномірному нагріванні.
 - D) Температуру критичної точки, вище якої при нерівномірному нагріванні доєвтектоїдні сталі набувають аустенітної структури.
18. На якій лінії діаграми стану Fe-Fe₃C розташовані критичні точки A_{cm} ?
- A) PSK.
 - B) SE.
 - C) ECF.
 - D) GS.
19. Як називається термічна обробка сталі, яка полягає в нагріванні її вище A_{c3} або A_{cm} , витримці і наступному швидкому охолодженні?
- A) Істинне гартування.
 - B) Повне гартування.

- C) Неповне гартування.
D) Нормалізація.
- 20.** Який структурний склад буде мати доевтектоїдна сталь після гартування від температури вище A_{c1} , але нижче A_{c3} ?
A) Мартенсит + ферит.
B) Перліт + вторинний цементит.
C) Мартенсит + вторинний цементит.
D) Ферит + перліт.
- 21.** Від якої температури (t) проводять гартування вуглецевих заевтектоїдних сталей?
A) Від t на $30 \dots 50 \text{ }^\circ\text{C}$ вище A_{cm} .
B) Від t на $30 \dots 50 \text{ }^\circ\text{C}$ нижче лінії ECF діаграми Fe-Fe₃C.
C) Від t на $30 \dots 50 \text{ }^\circ\text{C}$ вище евтектичних.
D) Від t на $30 \dots 50 \text{ }^\circ\text{C}$ вище A_{c1} .
- 22.** Чому для доевтектоїдних сталей (на відміну від заевтектоїдних) не застосовують неповне гартування?
A) Утворюється мартенсит з малим ступенем пересиченості вуглецем.
B) Утворюється структура немартенситного типу (сорбіт, тростит).
C) Виріб прогартується на недостатню глибину.
D) У структурі, поряд з мартенситом, залишаються включення фериту.
- 23.** Яка температура гартування сталі 50 (сталь містить 0,5% вуглецю)?
A) $600 \dots 620 \text{ }^\circ\text{C}$.
B) $810 \dots 830 \text{ }^\circ\text{C}$.
C) $740 \dots 760 \text{ }^\circ\text{C}$.
D) $1030 \dots 1050 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 24.** Яка температура гартування сталі У12 (сталь містить 1,2% вуглецю)?
A) $760 \dots 780 \text{ }^\circ\text{C}$.

- B) 600 ... 620 ° C.
C) 1030 ... 1050 ° C.
D) 820 ... 840 ° C.
- 25.** Скільки відсотків вуглецю міститься у мартенситі загартованої сталі марки 45 (сталь містить 0,45% вуглецю)?
A) 0,45%.
B) 2,14%.
C) 0,02%.
D) 0,80%.
- 26.** Що таке загартовування?
A) Глибина проникнення загартованої зони.
B) Процес утворення мартенситу.
C) Здатність металу швидко прогріватися на всю глибину.
D) Здатність металу підвищувати твердість при гартуванні.
- 27.** У чому полягає відмінність сталей У10 і У12 (вміст вуглецю 1,0 і 1,2% відповідно), загартованих від температури 760 ° C?
A) У структурі сплаву У12 більше вторинного цементиту.
B) Відмінностей немає.
C) Мартенсит сплаву У12 містить більше вуглецю.
D) Мартенсит сплаву У10 більш дисперсний, ніж У12.
- 28.** Як впливає більшість легуючих елементів на мартенситне перетворення?
A) Не впливають на перетворення.
B) Зсувають точки початку і кінця мартенситного перетворення до більш високих температур.
C) Зсувають точки початку і кінця мартенситного перетворення до більш низьких температур.
D) Звужують температурний інтервал мартенситного перетворення.
- 29.** Яка концентрація вуглецю в мартенситі загартованої сталі марки У12 (сталь містить 1,2% вуглецю)?
A) ~ 0,02%.

- B) ~ 0,8%.
- C) ~ 2,14%.
- D) ~ 1,2%.

30. Що називають критичним діаметром?

- A) Діаметр виробу, при гартуванні якого в центрі забезпечується критична швидкість гартування.
- B) Максимальний діаметр виробу, який приймає наскрізне гартування.
- C) Діаметр виробу, при гартуванні якого в центрі утворюється напівмартенситна структура.
- D) Максимальний діаметр виробу, який прогартується наскрізь при охолодженні в даному гартівному середовищі.

31. Як залежить прогартування сталі від інтенсивності охолодження при загартуванні?

- A) Взаємозв'язок між інтенсивністю охолодження і прогартування неоднозначний.
- B) Чим інтенсивніше охолодження, тим менше прогартування.
- C) Прогартування не залежить від інтенсивності охолодження.
- D) Чим інтенсивніше охолодження, тим більше прогартування.

32. Розташуйте зразки сталі, які були загартовані у воді, у маслі і на повітрі, за ступенем зменшення глибини загартованого шару, якщо зразок, загартований у воді, наскрізь не прогартувався.

- A) У маслі – на повітрі – у воді.
- B) На повітрі – у маслі – у воді.
- C) У маслі – у воді – на повітрі.
- D) У воді – у маслі – на повітрі.

- 33.** У чому полягає значення наскрізного прогартування сталей? Наскрізне прогартування забезпечує ...
- A) підвищення твердості термообробленого виробу, однак при цьому ударна в'язкість у серцевині нижче, ніж у зовнішніх шарах;
 - B) одержання після термообробки зернистих структур по всьому об'єму виробу і високих однорідних по перерізу механічних властивостей;
 - C) отримання однакової твердості по перерізу виробу;
 - D) скорочення кількості залишкового аустеніту, що призводить до підвищення механічних властивостей сталі.
- 34.** Як залежить твердість напівмартенситної структури доевтектоїдних сталей від концентрації вуглецю?
- A) Чим більше вуглецю, тим більше твердість.
 - B) Чим більше вуглецю, тим менше твердість.
 - C) Залежність неоднозначна. Твердість напівмартенситної структури визначається також характером термообробки.
 - D) Твердість не залежить від концентрації вуглецю.
- 35.** Як впливають більшість легуючих елементів, розчинених в аустеніті, на прогартуванні сталі?
- A) Збільшують прогартування.
 - B) Зменшують прогартування.
 - C) Не впливають на прогартування.
 - D) Вплив неоднозначний. Велика залежність від режимів відпуску.
- 36.** У сплаву А критична швидкість гартування більше, ніж у сплаву Б. У якого сплаву більше критичний діаметр?
- A) У сплаву А.
 - B) У сплаву Б.
 - C) Залежність між критичною швидкістю гартування і критичним діаметром неоднозначна.
 - D) Критичний діаметр не залежить від критичної швидкості гартування.

37. На рис. 46 подані С-подібні криві двох марок сталі (А і Б). У якої з них менше прогартовуваність?

А) Б.

В) За С-подібними кривими не можна судити про прогартовуваність.

С) А.

Д) Вихідних даних недостатньо.

Потрібні відомості про гартівні середовища.



Рис. 46

38. Чим досягається наскрізне прогартовування великих деталей?

А) Багаторазовим гартуванням.

В) Застосуванням при гартуванні швидкодіючих охолоджувачів.

С) Обробкою холодом після гартування.

Д) Застосуванням для їх виготовлення легованих сталей.

39. Як називається термічна обробка, яка полягає в нагріванні загартованої сталі нижче A_{c1} , витримці і наступному охолодженні?

А) Відпал.

В) Аустенізація.

С) Відпуск.

Д) Нормалізація.

40. При якому виді відпуску загартований виріб набуває найбільшої пластичності?

А) При низькому відпуску.

В) При високому відпуску.

С) Пластичність сталі є її природною характеристикою і не залежить від виду відпуску.

Д) При середньому відпуску.

41. При якому виді термічної обробки доевтектоїдних сталей виникають зернисті структури?

А) Ізотермічне гартування.

В) Гартуванні зя швидкістю вище критичної.

С) Повний відпал.

Д) Відпуск на сорбіт або тростит.

42. Як впливає температура нагрівання при відпуску на твердість виробів з вуглецевої сталі?
- A) Вплив температури відпуску на твердість неоднозначний.
 - B) Чим вище температура нагрівання, тим вище твердість.
 - C) Чим вище температура нагрівання, тим нижче твердість.
 - D) Твердість не залежить від температури відпуску.
43. При якій термічній обробці вуглецевої сталі найбільш імовірно утворення структури зернистого сорбіту?
- A) Нормалізація.
 - B) Поліпшення.
 - C) Гартування на мартенсит і середній відпуск.
 - D) Гартування на сорбіт.
44. Як називається термічна обробка, яка складається з гартування і високого відпуску?
- A) Нормалізація.
 - B) Поліпшення.
 - C) Сфероїдизація.
 - D) Повне гартування.
45. Як впливає більшість легуючих елементів на перетворення в сталі при відпуску?
- A) Стримують процес мартенситно-перлітного перетворення, зрушуючи його в область більш високих температур.
 - B) Не впливають на перетворення при відпуску.
 - C) Зсувають процес мартенситно-перлітного перетворення в область більш низьких температур.
 - D) Прискорюють мартенситно-перлітне перетворення.
46. Як називається обробка, яка полягає в тривалій витримці загартованого сплаву при кімнатній температурі або при невисокому нагріванні?
- A) Рекристалізація.
 - B) Нормалізація.
 - C) Високий відпуск.
 - D) Старіння.

47. Як називається термічна обробка сталі, яка полягає в нагріванні її вище $A_{с3}$ або $A_{сm}$, витримці і наступному охолодженні разом з піччю?
- A) Неповний відпал.
 - B) Повний відпал.
 - C) Рекристалізаційний відпал.
 - D) Низький відпал.
48. Який відпал слід застосувати для зняття деформаційного зміцнення?
- A) Рекристалізаційний.
 - B) Повний (фазова перекристалізація).
 - C) Сфероїдизований.
 - D) Дифузійний.
49. Яка мета дифузійного відпалу?
- A) Гомогенізація структури.
 - B) Зняття напруги в кристалічній решітці.
 - C) Поліпшення феритної складової структури.
 - D) Отримання зернистої структури.
50. Як регулюють глибину загартованого шару при нагріванні струмами високої частоти?
- A) Силою струму.
 - B) Інтенсивністю охолодження.
 - C) Частотою струму.
 - D) Типом охолодної рідини.
51. Як називається термічна обробка сталі, яка полягає в нагріванні її до аустенітного стану і подальшому повільному охолодженні на повітрі?
- A) Гартування.
 - B) Поліпшення.
 - C) Неповний відпал.
 - D) Нормалізація.

- 52.** Які особливості повинна мати діаграма стану системи «насичуваний метал – насичувальний компонент» для здійснення хіміко-термічної обробки?
- A) ХТО можлива тільки для систем, що утворюють механічні суміші кристалів компонентів.
 - B) Повинна бути високотемпературна область значної розчинності компоненту в металі.
 - C) ХТО можлива тільки для систем, які утворюють безперервні тверді розчини.
 - D) У діаграмі мають бути присутні стійкі хімічні сполуки.
- 53.** Які зі сплавів системи А-В (рис. 44) можуть бути піддані хіміко-термічній обробці?
- A) Сплави, що лежать між E і b, можуть бути насичені компонентом А.
 - B) Сплави, що лежать між a і c, можуть бути насичені компонентом В.
 - C) Всі сплави можуть бути насичені як компонентом А, так і В.
 - D) Жоден із сплавів не може бути підданий ХТО.
- 54.** Як називається обробка, яка полягає в насиченні поверхні сталі вуглецем?
- A) Цементация.
 - B) Нормалізація.
 - C) Поліпшення.
 - D) Ціанування.
- 55.** Яка кінцева мета цементації сталі?
- A) Створення дрібнозернистої структури серцевини.
 - B) Підвищення вмісту вуглецю в сталі.
 - C) Отримання у виробі твердого поверхневого шару при збереженні в'язкої серцевини.
 - D) Збільшення пластичності поверхневого шару.
- 56.** Що таке карбюризатор?
- A) Речовина, що служить джерелом вуглецю при цементації.
 - B) Карбід легуючих елементів.

- C) Пристрій для одержання паливоповітряного середовища.
D) Суміш вуглекислих солей.
- 57.** Яка структура дифузійного шару, отриманого у результаті цементації сталі?
A) Цементит + перліт; перліт; перліт + ферит.
B) Цементит + ферит; перліт; ферит.
C) Перліт + ферит; ферит; ферит + цементит.
D) Перліт; перліт + цементит; цементит + ферит.
- 58.** Чим відрізняється мартенсит (отриманий після гартування цементованого виробу) в серцевинних ділянках від мартенситу в зовнішніх шарах?
A) У серцевині через низьке прогартування сталей утворюються структури перлітного типу.
B) У зовнішніх шарах мартенсит високовуглецевий, у серцевині – низьковуглецевий.
C) У серцевині мартенситу немає.
D) У зовнішніх шарах мартенсит дрібноголчастий, у серцевині – крупноголчастий.
- 59.** Як називається обробка, яка полягає в насиченні поверхні сталі азотом та вуглецем у розплавлених солях (які містять групу CN)?
A) Нітроцементация.
B) Поліпшення.
C) Ціанування.
D) Модифікування.
- 60.** Як називається обробка, яка полягає в насиченні поверхні сталі азотом та вуглецем в газовому середовищі?
A) Ціанування.
B) Поліпшення.
C) Модифікування.
D) Нітроцементация.

- 61.** Які сталі називають цементованими?
- A) Високовуглецеві (більше 0,7% C).
 - B) Високолеговані.
 - C) Низьковуглецеві (0,1 ... 0,25% C).
 - D) Середньовуглецеві (0,3 ... 0,5% C).

Відповіді до підрозділу 1.6

- 1.** A) Неправильно. При рівноважній кристалізації дифузійні процеси повністю вирівнюють склад як рідкої, так і твердої фаз.
B) Неправильно. У системах з безперервним рядом твердих розчинів не можуть кристалізуватися чисті компоненти.
C) Правильно.
D) Неправильно. Не можуть кристалізуватися спочатку легкоплавка, а потім тугоплавка складові сплаву.
- 2.** A) Правильно.
B) Неправильно. Не можуть кристалізуватися спочатку легкоплавка, а потім тугоплавкі складові сплаву.
C) Неправильно. У системах з безперервним рядом твердих розчинів не можуть кристалізуватися чисті компоненти.
D) Неправильно. При нерівноважній кристалізації дифузійні процеси не встигають вирівняти склад фаз, особливо твердої фази.
- 3.** A) Неправильно. Жоден із сплавів системи не зазнає при нагріванні (до температури плавлення) фазових перетворень, і отже, не може бути загартований.
B) Неправильно. Жоден із сплавів, що лежать у цьому інтервалі, не зазнає при нагріванні (до температури плавлення) фазових перетворень, і отже, не може бути загартований.
C) Правильно.
D) Неправильно. Жоден із сплавів, що лежать у цьому інтервалі, не зазнає при нагріванні (до температури плавлення) фазових перетворень, і отже, не може бути загартований.

4. А) Неправильно. Відпускною крихкістю називають зниження в'язкості деяких легованих сталей при відпуску при температурах 250 ... 400°C та 500 ... 550°C.

В) Правильно.

С) Неправильно. Аустенізацією називають процес перетворення вихідної структури сталей в аустеніт при нагріванні вище критичних точок.

Д) Неправильно. Дійсним зерном називають зерно, існуюче в сталі при даній температурі.

5. А) Неправильно. При холодній обробці тиском не утворюється аустенітного зерна.

В) Неправильно. При литті аустеніт утворюється в процесі кристалізації сплаву, коли неспадкова зернистість ще не сформувалася.

С) Неправильно. При відпуску не утворюється аустеніту.

Д) Правильно.

6. А) Правильно.

В) Неправильно. Початкове зерно – це розмір аустенітного зерна в момент закінчення перлітно-аустенітного перетворення.

С) Неправильно. Спадкова зернистість – це схильність аустенітного зерна до зростання.

Д) Неправильно. Початкове зерно – це величина перлітного зерна перед нагріванням.

7. А) Неправильно. При однотипних видах термообробки форма цементитних часток у перлітних структурах однакова.

В) Неправильно. Термічні напруги визначаються, за інших рівних умов, швидкістю зміни температури сплаву. Тростит гартування утворюється при великих швидкостях охолодження, ніж сорбіт.

С) Неправильно. Обидві структури – це феритно-цементитні суміші. Твердження, що в одній із структур виникає більше цементиту, ніж в іншій, означало б порушення закону збереження речовини.

Д) Правильно.

8. A) Неправильно.
B) Неправильно.
C) Правильно.
D) Неправильно.
9. A) Неправильно. Ця швидкість охолодження нижче критичної.
B) Неправильно. Швидкість охолодження V_4 вище критичної.
C) Правильно.
D) Неправильно. Ця швидкість охолодження нижче критичної.
10. A) Правильно.
B) Неправильно. Цементит – це хімічна сполука – карбід заліза з формулою Fe_3C .
C) Неправильно. Ферит – це рівноважний твердий розчин вуглецю в α -залізі.
D) Неправильно. Аустеніт – це твердий розчин вуглецю в γ -залізі.
11. A) Неправильно. Швидкості охолодження, при яких протікає аустенітно-перлітне перетворення, нижчі критичних.
B) Правильно.
C) Неправильно. У вуглецевих сталях при гартуванні утворюється не аустеніт, а проміжна фаза – мартенсит.
D) Неправильно. Критична швидкість гартування залежить від складу сталі, але не від перерізу виробу.
12. A) Неправильно. Обидва чинники мають прямо протилежний характер.
B) Неправильно. Мартенситне перетворення супроводжується максимальними спотвореннями кристалічної решітки. Повнота аустенітно-мартенситних перетворень не залежить від температури аустенізації.
C) Неправильно. Обидва чинники мають прямо протилежний характер.
D) Правильно.

13. А) Неправильно. Зсув однієї частини кристала відносно іншої легше за все відбувається по площинах з найбільш щільним розташуванням атомів. Ця площина такою не є.

В) Правильно.

С) Неправильно. Зрушення однієї частини кристала відносно іншої легше за все відбувається по площинах з найбільш щільним розташуванням атомів. Ця площина такою не є.

Д) Неправильно. Зрушення однієї частини кристала відносно іншої легше за все відбувається по площинах з найбільш щільним розташуванням атомів. Ця площина такою не є.

14. А) Неправильно. Така закономірність властива фазовим перетворенням, що відбуваються при значній дифузії атомів.

В) Правильно.

С) Неправильно. Фазові перетворення не можуть підкорятися подібним закономірностям.

Д) Неправильно. Слід врахувати, що мартенситне перетворення відбувається бездифузійним способом.

15. А) Правильно.

В) Неправильно. Від швидкості нагрівання при аустенізації залежать температури перлітно-аустенітного перетворення. На кількість залишкового аустеніту швидкість нагрівання не впливає.

С) Неправильно. Однорідність вихідного аустеніту впливає на характер аустенітно-перлітного перетворення (утворення зернистих або пластинчастих структур).

Д) Неправильно. Швидкість охолодження в області вигину С-подібних кривих визначає, які структури утворюються при гартуванні (пластинчасті або голчасті).

16. А) Неправильно. Температурі $727\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідають критичні точки A_{c1} .

В) Температури $727 \dots 1147\text{ }^{\circ}\text{C}$ іноді відносять до критичних точок A_3 , проте зазвичай їх називають A_m .

С) Правильно.

Д) Неправильно.

17. А) Неправильно.
В) Неправильно. Таку температурну точку зазвичай позначають M_n .
С) Неправильно. Такому переходу відповідають критичні точки A_{c1} .
D) Правильно.
18. А) Неправильно. На лінії PSK розташовані критичні точки A_{c1} .
В) Правильно.
С) Неправильно.
D) Неправильно. На лінії GS розташовані критичні точки A_{c3} .
19. А) Неправильно. При істинному гартуванні фіксується (при нормальній температурі) високотемпературний стан сплаву. Для сталей істинне гартування не характерне.
В) Правильно.
С) Неправильно. При неповному гартуванні нагрівання ведуть вище A_{c1} , але нижче A_{c3} або A_m .
D) Неправильно.
20. А) Правильно.
В) Неправильно. Таку структуру має відпалена заевтектоїдна сталь.
С) Неправильно. Такої структури набуває після гартування заевтектоїдна сталь.
D) Неправильно. Таку структуру має доевтектоїдна сталь у відпаленому стані.
21. А) Неправильно. Такі температури відповідають повному гартуванню, а заевтектоїдні сталі піддають неповному гартуванню.
В) Неправильно. Лінія ECF лежить в області чавунів, а не сталей.
С) Неправильно. Евтектична температура в системі Fe-Fe₃C – 1147°C. У сталях при температурах близько 1200°C спостерігається інтенсивне зростання аустенітного зерна.
D) Правильно.

22. А) Неправильно. Мартенсит, який утворився при неповному гартуванні доевтектоїдних сталей, має більше вуглецю, ніж при повному.

В) Неправильно. Тип структур, які утворилися при гартуванні, залежить від швидкості охолодження сталі.

С) Неправильно. Глибина прогартування сталі залежить від її складу та інтенсивності охолодження при гартуванні.

Д) Правильно.

23. А) Неправильно. Ці температури лежать нижче критичних точок.

В) Правильно.

С) Неправильно. При гартуванні від таких температур у структурі загартованої сталі зберігається деяка кількість фериту.

Д) Неправильно. При таких температурах інтенсивно росте аустенітне зерно.

24. А) Правильно.

В) Неправильно. Ці температури лежать нижче критичних точок.

С) Неправильно. При таких температурах інтенсивно росте аустенітне зерно.

Д) Неправильно. Ці температури трохи вище оптимальних температур гартування заевтектоїдних вуглецевих сталей.

25. А) Правильно.

В) Неправильно. Мартенсит не може містити вуглецю більше, ніж вихідний аустеніт.

С) Неправильно. Структура загартованої сталі 45 майже повністю складається з мартенситу.

Д) Неправильно. Мартенсит не може містити вуглецю більше, ніж вихідний аустеніт.

26. А) Неправильно. Глибина проникнення загартованої зони характеризує не загартування, а прогартування.

В) Неправильно. Мартенситна структура не завжди характеризує загартуваність, наприклад, не гартують

низьковуглецеві сталі, тим більше не характеризує загартовування процес утворення мартенситу.

С) Неправильно. Здатність металу швидко прогріватися визначається його теплоємністю і теплопровідністю.

Д) Правильно.

27. А) Правильно.

В) Неправильно. При температурі 760°C сплави мають якісно однакові, але кількісно різні структури. Ця різниця зберігається і після гартування.

С) Неправильно. При 760°C обидва сплави мають двофазну структуру з аустеніту однакового складу, отже, і мартенсит в обох сплавах однаковий.

Д) Неправильно. При 760°C обидва сплави мають двофазну структуру з аустеніту однакового складу, отже, і мартенсит в обох сплавах однаковий.

28. А) Не впливає на температурний інтервал мартенситного перетворення, наприклад, Si, проте вплив більшості легуючих елементів виявляється досить виразно.

В) Деякі елементи (Al, Co), дійсно, підвищують мартенситну точку, однак більшість легуючих елементів впливають на мартенситне перетворення інакше.

С) Правильно.

Д) Неправильно.

29. А) Неправильно. У мартенситі стільки ж вуглецю, скільки у вихідному аустеніті. Концентрація вуглецю 0,02% відповідає технічному залізу, але не заевтектоїдній сталі.

В) Правильно.

С) Неправильно. Мартенсит не може містити вуглецю більше, ніж вихідний аустеніт.

Д) Неправильно. Мартенсит не може містити вуглецю більше, ніж вихідний аустеніт (слід мати на увазі, що при температурі гартування заевтектоїдних сталей вуглець розподілений між аустенітом і вторинним цементитом).

30. А) Неправильно. Для різних охолоджувачів (різних швидкостей охолодження) це виявляться різні діаметри.

В) Неправильно. Для різних охолоджувачів (різних швидкостей охолодження) це виявляться різні діаметри.

С) Неправильно. Для різних охолоджувачів (різних швидкостей охолодження) це виявляться різні діаметри.

Д) Правильно.

31. А) Розподіл швидкості охолодження по перерізу виробу визначається інтенсивністю охолодження його поверхні. Звідси випливає, що залежність між інтенсивністю охолодження і прогартовуванням цілком однозначна.

В) Неправильно. Чим інтенсивніше охолоджується поверхня виробу, тим на більшій глибині ймовірно досягнення надкритичної швидкості охолодження і отримання до цієї глибини мартенситної структури.

С) Розподіл швидкості охолодження по перерізу виробу визначається інтенсивністю охолодження його поверхні. Звідси випливає, що залежність між інтенсивністю охолодження і прогартовуванням цілком однозначна.

Д) Правильно.

32. А) Неправильно. Глибина загартованого шару залежить від швидкості охолодження сталі. Максимальна швидкість охолодження у воді, мінімальна – на повітрі.

В) Неправильно. Глибина загартованого шару залежить від швидкості охолодження сталі. Максимальна швидкість охолодження у воді, мінімальна – на повітрі.

С) Неправильно. Глибина загартованого шару залежить від швидкості охолодження сталі. Максимальна швидкість охолодження у воді, мінімальна – на повітрі.

Д) Правильно.

33. А) Неправильно. При наскрізному прогартовуванні по перерізу виробу утворюються однорідні структури, а отже, однорідні і властивості.

В) Правильно.

С) Неправильно. Однорідну твердість по перерізу виробу можна одержати відпуском і під час відсутності наскрізного прогартовування.

Д) Неправильно. Скорочення кількості залишкового аустеніту досягається обробкою холодом або багаторазовим відпуском.

34. А) Правильно.

В) Неправильно. Напівмартенситна структура складається на 50% з троститу постійного складу і на 50% з мартенситу. Твердість мартенситу тим більше, чим більше в ньому вуглецю.

С) Неправильно. При оптимальних режимах гартування залежність цілком однозначна.

Д) Це правильно для заевтектоїдних сталей, загартованих від температури вище A_{c1} , але нижче A_{cm} . Для доевтектоїдних сталей така відповідь помилкова.

35. А) Правильно.

В) З елементів, розчинених в аустеніті, зменшує прогартовування тільки Со. Зменшують прогартовування нерозчинені в аустеніті карбіди Ti, Nb, V та ін. Більшість легуючих елементів, розчинених в аустеніті, впливають інакше.

С) Неправильно. Склад сталі – фактор, який найбільшою мірою впливає на прогартовування.

Д) Неправильно. Прогартовування визначаються складом сталі і режимом гартування. Відпуск на прогартовування не впливає.

36. А) Неправильно.

В) Правильно.

С) Неправильно. Обидві характеристики пов'язані з прогартовуванням сплавів. Зв'язок між ними цілком однозначний.

Д) Неправильно. Обидві характеристики пов'язані з прогартовуванням сплавів. Зв'язок між ними цілком однозначний.

37. А) Неправильно.

В) Неправильно. С-подібні криві – надійне джерело оцінки, тим більше порівняльної оцінки прогартовування сталей.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Порівняльну оцінку прогартування сталей можна зробити за величинами критичних швидкостей охолодження. Наведених даних для цієї мети цілком достатньо.

38. А) Неправильно. При повторному гартуванні прогартування не збільшується, тому що кожна наступна обробка знімає результати попередньої.

В) Неправильно. При охолодженні великих деталей у швидкодіючих охолоджувачах висока ймовірність тріщиноутворення.

С) Неправильно. При обробці холодом зростає кількість мартенситу внаслідок перетворення залишкового аустеніту. Прогартування при цьому не збільшується.

Д) Правильно.

39. А) Неправильно. Загартовані сталі не піддають низькому відпалу (температури нижче A_{c1} – область низького відпалу).

В) Неправильно. Аустенізацією називають процес перетворення вихідної структури сталей в аустеніт при нагріванні вище критичних точок.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Нормалізація полягає в нагріванні сталей вище критичних точок і правильному охолодженні на повітрі.

40. А) Неправильно. Низький відпуск дає найменший приріст пластичності загартованої сталі.

В) Правильно.

С) Неправильно. Характер структури відпущеної сталі залежить від виду відпуску.

Д) Неправильно. Середній відпуск зазвичай супроводжується деяким спадом наростаючої при нагріванні пластичності сталі.

41. А) Неправильно. При ізотермічному гартуванні утворюється бейніт, який має голчасту структуру.

В) Неправильно. При гартуванні зі швидкістю вище критичної утворюється мартенсит, який має голчасту структуру.

С) Неправильно. Нагрівання при повному відпалі призводить до утворення однорідного аустеніту, що перетворюється при охолодженні в пластинчастий перліт.

Д) Правильно.

42. А) Неправильно. У вуглецевих сталей вплив температури відпуску на твердість простежується досить чітко.

В) Неправильно. Чим вище температура відпуску, тим повніше протікає мартенситно-перлітне перетворення. Мартенсит загартованих сталей значно твердіше перліту.

С) Правильно.

Д) Неправильно. При відпуску в сталі відбуваються фазові і структурні перетворення, а зміна структури завжди тягне за собою зміну властивостей.

43. А) При нормалізації з однорідного аустеніту утворюються пластичні структури перлітного типу.

В) Правильно.

С) Неправильно. При середньому відпуску найбільш ймовірно утворення троститу.

Д) Неправильно. При гартуванні з однорідного аустеніту утворюються пластинчасті структури. У даному випадку – пластинчастий сорбіт.

44. А) Неправильно. Нормалізація полягає в нагріванні сталей вище критичних точок і охолодженні на спокійному повітрі.

В) Правильно.

С) Неправильно. Сфероїдизація – це один з різновидів відпалу. Сфероїдизацію застосовують для отримання структур із зернистим цементитом.

Д) Неправильно. Повне гартування сталі – гартування з аустенітного стану. Поняття повного гартування відпуску не включає.

45. А) Правильно.

В) Неправильно. Більшість легуючих елементів сповільнюють карбідні перетворення, особливо на стадії коагуляції.

С) Неправильно. Більшість легуючих елементів сповільнюють карбідне перетворення, особливо на стадії коагуляції.

Д) Неправильно. Більшість легуючих елементів сповільнюють карбідні перетворення, особливо на стадії коагуляції.

46. А) Неправильно. Рекристалізація полягає у відновленні структури пластично деформованого металу шляхом рекристалізаційного відпалу.

В) Неправильно. Нормалізація полягає в нагріванні сталей вище критичних точок і охолодженні на спокійному повітрі.

С) Неправильно. Високий відпуск полягає в нагріванні загартованої сталі до 600 ... 650°C, витримці і охолодженні.

Д) Правильно.

47. А) Неправильно. При неповному відпалі нагрівання ведуть вище A_{c1} , але нижче A_{c3} або A_{cm} .

В) Правильно.

С) Неправильно. При рекристалізаційному відпалі нагрівання ведуть нижче температури фазових перетворень.

Д) Неправильно. При низькому відпалі нагрівання ведуть нижче A_{c1} .

48. А) Правильно.

В) Неправильно. Повний відпал застосовують, як показує назва, для повної фазової перекристалізації.

С) Неправильно. Сфероїдизований відпал застосовують для отримання структур з цементиту сферичної форми.

Д) Неправильно. Дифузійний відпал зазвичай застосовують для усунення дендритної ліквіації.

49. А) Правильно.

В) Неправильно. Для зняття напруги проводять низький відпал.

С) Неправильно.

Д) Неправильно. Зернисті структури отримують в результаті сфероїдизованого відпалу або в результаті гартування і високого або середнього відпуску.

50. А) Неправильно. При зміні сили струму змінюється швидкість нагрівання. Регулювати глибину загартованого шару таким способом важко.

В) Дійсно, зміна інтенсивності охолодження змінює глибину загартованого шару, однак СВЧ дають більш потужний засіб її регулювання.

С) Правильно.

Д) Дійсно, різні рідини мають різну охолоджувальну здатність, але СВЧ за своєю природою дають потужний засіб регулювання глибини гартування.

51. А) Неправильно. При істинному гартуванні фіксується (при нормальній температурі) високотемпературний стан сплаву. Для сталей істинне гартування не характерне.

В) Неправильно. Поліпшенням називають термічну обробку сталей, яка полягає в гартуванні і подальшому високому відпуску.

С) Неправильно. При неповному відпалі сталь нагрівають вище A_{c1} , але ніжче A_{c3} або A_{cm} . Охолодження ведуть разом із піччю.

Д) Правильно.

52. А) Неправильно. У системах механічних сумішей неможливе дифузійне перенесення через відсутність у фазах постійного складу градієнта концентрацій.

В) Правильно.

С) Дійсно, в таких системах ХТО можлива, однак вимоги до системи завищені. Шукайте більш точну відповідь.

Д) Неправильно. Хіміко-термічна обробка припускає дифузійне насичення поверхневих шарів виробу насичувальним компонентом. Наявність у діаграмі стану стійких хімічних з'єднань не передбачає можливості дифузії.

53. А) Правильно.

В) Неправильно. У структурі сплавів, що лежать в інтервалі а-с, немає твердих розчинів компонента В, і отже, насичення ним неможливе.

С) Неправильно. У діаграмі немає твердих розчинів компонента В, отже, жоден із сплавів не може бути ним

насичений. Жоден із сплавів інтервалу a-E не можна наситити компонентом А (розчин В (А), який входить в евтектику, максимально насичений).

Д) Неправильно. Сплави, що лежать в інтервалі E - b, можуть бути насичені компонентом А.

54. А) Правильно.

В) Неправильно. Нормалізація полягає в нагріванні сталей вище критичних точок і охолодженні на спокійному повітрі.

С) Неправильно. Поліпшенням називають термічну обробку сталей, що полягає в гартуванні і подальшому високому відпуску.

Д) Неправильно. Ціануванням називають ХТО сталевих виробів, яка полягає у насиченні азотом та вуглецем.

55. А) Неправильно. Зміна структури по перерізу сталевого виробу досягається термообробкою і під час відсутності цементації.

В) Неправильно. У такому випадку було б простіше виготовити виріб із сталі з більш високим вмістом вуглецю.

С) Правильно.

Д) Неправильно. При цементації поверхневий шар насичується вуглецем. При цьому пластичність зменшується, а не зростає.

56. А) Правильно.

В) Неправильно.

С) Неправильно. Пристрої для отримання паливоповітряного середовища застосовують у двигунах внутрішнього згорання, і називаються вони не карбюраторами, а карбюраторами.

Д) Неправильно. Вуглекислі солі є лише однією з складових частин твердих карбюраторів.

57. А) Правильно.

В) Неправильно. Структури ферит і ферит + цементит зустрічаються в сплавах, що містять вуглецю менше, ніж у сплавах, які застосовуються для цементації.

С) Неправильно. Структури ферит і ферит + цементит зустрічаються в сплавах, що містять вуглецю менше, ніж у сплавах, які застосовуються для цементації.

D) Неправильно. Поверхневий шар (перліт) виявився біднішим вуглецем, ніж перліт + цементит, який лежить глибше. Структура цементит + ферит зустрічається в сплавах, які містять вуглецю менше, ніж у тих, що застосовуються для цементації.

58. A) Неспроможність однозначності такого твердження очевидна. Вироби з малими перерізами, навіть при низькому прогартовуванні, приймуть наскрізне гартування.

B) Правильно.

C) Однозначність такого твердження неправомірна. Утворюється мартенсит у серцевині чи ні, залежить від складу сталі, величини перерізу виробу та інтенсивності охолодження його при гартуванні.

D) Однозначність такого твердження неправомірна. Розмір зерна по перерізу виробу визначається характером термічної обробки.

59. A) Неправильно. При нітроцементації джерелом атомів вуглецю та азоту є газова фаза.

B) Неправильно. Поліпшенням називають термічну обробку сталей, яка полягає в гартуванні і подальшому високому відпуску.

C) Правильно.

D) Неправильно. Модифікування полягає у введенні в рідкий метал спеціальних домішок для отримання дрібного зерна.

60. A) Неправильно. При ціануванні джерелом атомів азоту та вуглецю є розплав солей, що містять групу CN.

B) Неправильно. Поліпшенням називають термічну обробку сталей, яка полягає в гартуванні і подальшому високому відпуску.

C) Неправильно. Модифікування полягає у введенні в рідкий метал спеціальних домішок для отримання дрібного зерна.

D) Правильно.

61. A) Неправильно.

B) Неправильно.

C) Правильно.

D) Неправильно.

1.7. Класифікація та маркування сталей і сплавів

За хімічним складом сталі класифікують на *нелеговані (вуглецеві) і леговані*.

Легованими сталями називають сплави на основі заліза, в які спеціально введені легуючі елементи для надання потрібних властивостей. Легуючою домішкою може бути будь-який елемент періодичної системи.

Останні у свою чергу поділяють на хромисті, нікелеві, хромонікелеві, хромонікельмолібденові і т.д. Класифікаційною ознакою є наявність у сталі тих або інших легуючих елементів.

По відношенню до вуглецю ці елементи підрозділяють на карбідотвірні (W, V, Cr, Mo, Ti та ін.) і такі, що не утворюють карбідів (Co, Ni, Si, Сі).

За *рівноважним складом* (за вмістом вуглецю) сталі класифікують на: доевтектоїдні (містять менш 0,8% С), евтектоїдні (0,8% С), заевтектоїдні (більше 0,8% С) і ледебуритні. Останні є високолегованими сплавами, в литій структурі яких є евтектика.

За *ступенем розкиснення* сталі класифікують на *киплячі* (розкиснення тільки марганцем), *напівспокійні* (розкиснення марганцем і кремнієм) і *спокійні* (розкиснення марганцем, кремнієм і алюмінієм). Киплячі сталі характеризуються зниженою щільністю вилівка, низьким вмістом кремнію і підвищеною пластичністю. Спокійні сталі дають щільний вилівок. Напівспокійні – мають проміжне місце між киплячими і спокійними. Киплячі сталі позначають індексом *кп*, напівспокійні – *нс*, спокійні – *сп*.

За *якістю* сталі поділяють на *сталі звичайної якості, якісні, високоякісні і особливо якісні*. Основним критерієм якості є вміст у сталі сірки і фосфору. Наприклад, в якісних сталях граничний вміст S і P не повинен перевищувати 0,035% (кожного елемента), у високоякісних – 0,025%.

За *призначенням* сталі класифікують на конструкційні, інструментальні та сталі з особливими властивостями.

Сталі звичайної якості маркують буквами Ст та однозначним числом 0, 1,2, ..., 6 – номером сплаву. Чим більше число, тим

вище середній вміст вуглецю в сталі. Інформацію про кількісний хімічний склад сплаву марка не містить. Після цифри може стояти індекс розкиснення. Наприклад, Стбсп – сталь звичайної якості, спокійна, номер 6.

Конструкційна вуглецева сталь звичайної якості – найдешевша і широко вживана. З неї випускається до 70% прокату. Залежно від призначення підрозділяється на 3 групи (А, Б і В).

Сталь групи А поставляється з гарантованими механічними властивостями, у відпаленому стані, тобто після повільного охолодження від температури прокатування. У такому стані вона має мінімальні значення твердості і міцності і максимальну пластичність. Сталь групи А призначена для виготовлення деталей механічною обробкою без нагрівання (наприклад Ст5).

Сталь групи В поставляється з гарантованими механічними властивостями і хімічним складом і застосовується, головним чином, для зварних конструкцій (наприклад ВСт3).

Сталь групи Б поставляється з гарантованим хімічним складом. Застосовується для виробів, виготовлених способом гарячої обробки тиском (наприклад БСт3).

Вуглецеві конструкційні якісні сталі маркують двозначним числом, яке показує середній вміст вуглецю, виражений в сотих частках відсотка. Наприклад, сплав марки 30 відповідає якійсь сталі, яка містить 0,30% вуглецю. Іноді марки низьковуглецевих сталей містять індекс розкиснення *кп* або *нс* (спокійні сталі маркують без індексу). Наприклад 08*кп* – вуглецева конструкційна якісна кипляча сталь, що містить 0,08% вуглецю.

Низьковуглецеві листові сталі 05, 08, 10 використовують, головним чином, для виробів, які одержують холодним штампуванням (холоднодеформовні сталі). Низько вуглецеві сталі 15, 20, 25 частіше застосовують для деталей, які зміцнюються цементациєю (цементовані сталі).

Середньовуглецеві сталі 30, 35, 40, 45, 50, 55 використовують для найрізноманітніших деталей транспортного машинобудування у поліпшеному, нормалізованому або поверхнево загартованому стані (поліпшені сталі).

Високовуглецеві сталі 60, 65, 70, 75, 80, 85 переважно застосовують для виготовлення силових пружних елементів – плоских і круглих пружин, ресор, пружних кілець і інших деталей пружинного типу (ресорно-пружинні сталі).

Вуглецеві інструментальні сталі маркують буквою У (вуглецева) і числом, відповідним вмісту вуглецю, вираженим у десятих частках відсотка. Наприклад, У8А – вуглецева інструментальна сталь, у якій 0,8 % вуглецю. Буква А показує, що сталь високоякісна.

Інструмент, виготовлений з таких сталей, після термічної обробки має високу твердість ($HRC = 60...65$), підвищену зносостійкість, задовільну міцність і пластичність. Це, головним чином, мало відповідальний мірильний, різальний і штампувальний інструмент і деталі технологічного оснащення. Інструментальні вуглецеві сталі дешеві, легко обробляються різанням, мають малу твердість після відпалу ($HV = 1900...2200$ МПа).

Залізничний транспорт – найбільший споживач вуглецевих сталей. Залізничні рейки виготовляють із сталей марок М75 (0,67 - 0,80 % С) і М76 (0,69 - 0,82 % С) з невеликою кількістю хрому. Це сталь спеціального призначення.

Сталь для суцільнокатаних коліс містить 0,50...0,60 % вуглецю, останніми роками з невеликим вмістом ванадію. Виготовлення і термообробка колеса також проходять копрові випробування.

Особливі вимоги ставлять до сталі для осей локомотивів і вагонів. Вона містить близько 0,40 % вуглецю. Виготовлені осі піддають різним методам неруйнівного контролю.

Висока якість сталей для рейок, коліс і осей багато в чому визначає безпеку руху на залізницях.

Залізничні мости почали виготовляти із сталі 16Д з невеликою кількістю міді для підвищення її корозійної стійкості. Ця сталь добре зварюється.

Леговані конструкційні сталі маркують цифрами та літерами. Двозначне число, що стоїть на початку марки, відповідає середньому вмісту вуглецю в сотих частках відсотка. Букви вказують на наявність леуючих елементів: Б-Nb, В-W, Г-Mn, Д-Cu, Е-Se, К-Co, М-Mo, Н-Ni, П-P, Р-V, С-Si, Т-Ti, Ф-V, Х-Cr,

Ц-Zr, Ч – рідкісноземельні елементи, Ю-Al. Число, що стоїть після букви, показує приблизний відсотковий вміст легуючого елемента, який позначений буквою. Відсутність числа вказує, що середній вміст відповідного елемента не перевищує 1,0 ... 1,5 %. Буква А наприкінці марки показує, що сталь високоякісна (А всередині марки відповідає легованому елементу – азоту). Наприклад, сплав марки 20ХН3А – конструкційна високоякісна сталь, яка містить (у середньому) 0,20 % С, 3 % Ni і не більше 1,5 % Cr.

На початку марок шарикопідшипникових сталей стоїть буква Ш, електротехнічних – Е, спеціальних – ЕП або ЕІ, швидкорізальних – Р. В інструментальних легованих сталях перша цифра показує вміст вуглецю в десятих частках відсотка. Якщо ж стоїть цифра, то вміст вуглецю в таких сталях більше 1%.

Буква А на початку марки вказує, що сталь автоматна, тобто добре оброблюється різанням. Такі сталі мають підвищений склад сірки. Крім того, вони можуть бути додатково леговані свинцем, селеном або кальцієм. Наприклад, А20 – сірчиста автоматна вуглецева (~ 0,2% С) сталь; АЦ30 – вуглецева (~ 0,3% С) автоматна сталь з кальцієм та домішками свинцю і телуру; АС14ХГН – свинцева автоматна легована сталь, яка містить приблизно 0,14 % С, з підвищеною кількістю сірки, легована свинцем, а також хромом, марганцем та нікелем (Cr, Mn і Ni не більше 1,0 ... 1,5 % кожного).

Впорядкувати леговані сталі можна за різними ознаками: структурою, кількістю легуючих елементів та ін. Для споживача цих сталей важливо знати класифікацію легованих сталей за призначенням. За цією ознакою розрізняють: конструкційні леговані сталі; інструментальні леговані сталі; сталі та сплави з особливими властивостями.

Кожен з легуючих елементів впливає на характеристики сталей. Наприклад, нікель збільшує прогартуваність сталі і інтенсивно знижує температуру переходу в крихкий стан. Хром збільшує прогартуваність. При концентрації хрому 13% і більше сталь стає корозійностійкою (нержавіючою). Ванадій і титан є сильними подрібнювачами зерна. Молібден і вольфрам запобігають розвитку відпускнуї крихкості і т.д.

Конструкційні леговані сталі у свою чергу можна поділити на цементовані і поліпшувані. Відмінною ознакою цементованих легованих сталей є низький вміст вуглецю (до 0,25%). Відомі марки вуглецевих цементованих сталей 08, 10, 15, 20. Однак для великогабаритних деталей міцність серцевини цементованих вуглецевих сталей може виявитися недостатньою. У цьому випадку треба застосовувати прості, леговані сталі типів 15Х, 20Х, 18ХГ, 15ХМ або складнолеговані типів 12ХН3А, 25ХГСА, 14Х2Н3МА. Хромонікелеві цементовані сталі використовують, головним чином, для особливо відповідальних деталей типу колінчатих валів, шатунів, шестерень через дефіцитність нікелю.

Чим відповідальніше деталь і чим більше її розміри, тим більш леговані сталі застосовують.

До групи конструкційних легованих сталей можна віднести також ресорно-пружинні і шарикопідшипникові сталі.

Ресорно-пружинні сталі містять 0,5...0,8% вуглецю. Вуглецеві сталі для ресор і пружин марок 65, 70, 75, 80 і 85 практично не застосовують через їх невисокі пружинні властивості (особливо в перерізах більше 20 мм) і низьку корозійну стійкість. Ресорно-пружинні сталі випускаються загального і спеціального призначення (нержавіючі). Перші як легуючі елементи містять кремній (близько 2%) або хром, марганець (по 1%) і ванадій (0,1...0,2%). Це сталі марок 60С2А, 70С3А, 60С2ХФА, 50ХГФА та ін. Їх термічна обробка полягає у гартуванні та середньому відпуску (410-520°C) на твердість 40-50 НРС. Поверхня зазвичай зміцнюється обдувкою дробом або карбуванням. На залізничному транспорті застосовують в основному ресорно-пружинну сталь 60С2А ($\sigma_{0,2}$ – 1300 МПа). Для пружин поглинального апарата автозчеплення застосовують сталь 602ХФА з більш високими значеннями межі текучості ($\sigma_{0,2}$ – 1700 МПа).

Для виготовлення кілець і тіл кочення підшипників широко використовують сталі ШХ15 і ШХ15СГ. У даний час кільця роликових вагонних підшипників виготовляють зі сталі ШХ4РП з об'ємним нагріванням струмами високої частоти.

Леговані інструментальні сталі зазвичай маркують однозначним числом, яке вказує на середній вміст вуглецю,

виражений у десятих частках відсотка, і буквами, що позначають легуючі елементи. Наприклад, сплав 5ХНМ – якісна інструментальна сталь, яка містить у середньому 0,5 % вуглецю; хром, нікель і молібден у кількостях, що не перевищують 1,5 % кожного. Якщо сплав містить близько 1 % вуглецю, то число на початку марки не ставиться, наприклад, В2Ф (1 % С, 2 % W і не більше 1 % V), Х12 (1 % С і 12 % Cr).

Щорічні втрати металів від корозії становлять 15-20% річного обсягу виробництва сталі в країні. Це дуже великі втрати. На залізничному транспорті до корозії схильні рейки та інші металеві елементи верхньої будови колії, металеві залізничні мости, рухомий склад та ін.

Метали і сплави, які здатні чинити опір корозійному впливу в газоподібному середовищі при високих температурах, називаються *жаростійкими* або *окалиностійкими*. Жаростійкими є, наприклад, високохромисті сталі 08Х17Т, 15Х25Т, 20Х23Н18.

Метали і сплави, які здатні тривалий час чинити опір деформуванню і руйнуванню при підвищених температурах, називають *жароміцними*. Жароміцними є, наприклад, алюмінієві сплави АК4-1, АЛ33, магнієві сплави МА12, МЛ19, титанові сплави ВТ3-1, ВТ-6, сталі 10Х11Н20Т3Р, 45Х14Н14В2М та ін.

Мартенситно-старіючими сталями називають безвуглецеві високолеговані сплави, зміцнені після гартування і старіння внаслідок виділення інтерметалідних фаз. Наприклад, мартенситно-старіючими є сталі 03Н18К9М5Т, 03Н12К15М10, 03Х11Н10М2Т.

Питання-тести до підрозділу 1.7

1. У полі мікроскопа близько чверті площі мікрошліфа зайнято перлітом. Сталь якої марки може перебувати під мікроскопом?
 - A) 40.
 - B) 05.
 - C) 10.
 - D) 20.

2. Яка з наведених у відповідях сталей належать до заевтектоїдних?
- A) Ст1кп.
 - B) У10А.
 - C) 10пс.
 - D) А11.
3. Яка з ознак може характеризувати киплячу сталь?
- A) Низький вміст кремнію.
 - B) Висока щільність виливка.
 - C) Низька пластичність.
 - D) Низький вміст марганцю.
4. Яку сталь називають киплячою (наприклад, Ст3кп)?
- A) Сталь з підвищеною щільністю.
 - B) Сталь, доведена до температури кипіння.
 - C) Сталь, розкиснену марганцем, кремнієм і алюмінієм.
 - D) Сталь, розкиснену тільки марганцем.
5. Який основний критерій для розподілу сталей за якістю?
- A) Ступінь розкиснення сталі.
 - B) Ступінь легування сталі.
 - C) Вміст у сталі сірки і фосфору.
 - D) Вміст у сталі неметалевих включень.
6. Який граничний вміст сірки і фосфору у високоякісних сталях?
- A) S - 0,05%, P - 0,04%.
 - B) S - 0,015%, P - 0,025%.
 - C) S - 0,025%, P - 0,025%.
 - D) S - 0,035%, P - 0,035%.
7. Який граничний вміст сірки і фосфору в якісних сталях?
- A) S - 0,015%, P - 0,025%.
 - B) S - 0,025%, P - 0,025%.
 - C) S - 0,035%, P - 0,035%.
 - D) S - 0,05%, P - 0,04%.

8. До якої категорії за якістю належить сталь Стбсп?
А) Високоякісні сталі.
В) Особливо високоякісні сталі.
С) Якісні сталі.
D) Сталі звичайної якості.
9. До якої категорії за якістю належить сталь 08кп?
А) Сталі звичайної якості.
В) Якісні сталі.
С) Високоякісні сталі.
D) Особливо високоякісні сталі.
10. Чи містять інформацію про хімічний склад (вміст вуглецю) марочні позначення сталей звичайної якості, наприклад, Ст4?
А) Ні. Число 4 характеризує механічні властивості сталі.
В) Ні.
С) Так. У сплаві Ст4 міститься 0,4% вуглецю.
D) Так. У сплаві Ст4 міститься 0,04% вуглецю.
11. Який із сплавів СтЗсп або сталь 30 містить більше вуглецю?
А) СтЗсп.
В) В обох сплавах вміст вуглецю однаковий.
С) Сталь 30.
D) Для відповіді на поставлене питання слід склад сплаву СтЗсп уточнити за ГОСТ 380-88.
12. Вироби якого типу можуть виготовлятися зі сталей марок 65, 70?
А) Вироби, які виготовляються глибокою витяжкою.
В) Пружини, ресори.
С) Невідповідальні елементи зварних конструкцій.
D) Цементовані вироби.
13. Який хімічний склад сталі 20ХНЗА?
А) ~ 0,2% С, не більше 1,5% Cr, ~ 3% Ni. Сталь високоякісна.
В) ~ 2% С, не більше 1,5% Cr і N, ~ 3% Ni.
С) ~ 0,02% С, ~ 3% N і ~ по 1% Cr і Ni.
D) ~ 20% Cr, не більше 1,5% Ni і близько 3% N.

- 14.** Який хімічний склад сплаву 5ХНМА?
- А) $\sim 0,5\%$ С; не більше ніж по 1,5% Cr, Ni та Mo. Сталь високої якості.
 - В) $\sim 5\%$ С; не більше ніж по 1,5% Cr, Ni, Mo і N.
 - С) $\sim 0,05\%$ С; не більше ніж по 1,5% Cr, Ni та Mo. Сталь високої якості.
 - Д) $\sim 5\%$ Cr; Ni, Mo та N не більше ніж по 1,5%.
- 15.** Які сталі називають автоматними?
- А) Сталі, які призначені для виготовлення відповідальних пружин, працюючих в автоматичних пристроях.
 - В) Сталі, які тривалий час працюють при циклічному знакозмінному навантаженні.
 - С) Сталі з поліпшеною оброблюваністю різанням, які мають підвищений вміст сірки або додатково леговані свинцем, селеном або кальцієм.
 - Д) Інструментальні сталі, які призначені для виготовлення металорізального інструмента, що працює на верстатах-автоматах.
- 16.** До якої групи матеріалів належать сплав марки А20?
- А) Вуглецеві інструментальні сталі.
 - В) Вуглецеві якісні конструкційні сталі.
 - С) Сталі з високою оброблюваністю різанням.
 - Д) Алюмінієві сплави
- 17.** До якої групи матеріалів належать сплав марки АЦ20? Який його хімічний склад?
- А) Конструкційна сталь, яка містить $\sim 0,2\%$ С і легована N і Zr.
 - В) Високоякісна конструкційна сталь, яка містить $\sim 0,2\%$ С і $\sim 1\%$ Zr.
 - С) Автоматна сталь. Містить $\sim 0,2\%$ С, легована Ca з додаванням Pb і Ti.
 - Д) Алюмінієвий сплав, що містить $\sim 2\%$ Zn.

- 18.** До якої групи матеріалів належить сплав марки АС40? Який його хімічний склад?
- А) Високоякісна конструкційна сталь. Містить близько 0,4 % вуглецю і близько 1 % кремнію.
 - В) Антифрикційний чавун. Хімічний склад у марці не відображено.
 - С) Конструкційна сталь, легована азотом і кремнієм. Містить близько 0,4 % вуглецю.
 - Д) Автоматна сталь. Містить близько 0,4% вуглецю, підвищена кількість сірки, легована свинцем.
- 19.** Дано дві марки сталей: 40Х9С2 і 40Х13. Яка з них є корозійностійкою (нержавіючою)?
- А) 40Х9С2.
 - В) 40Х13.
 - С) Жодна з цих марок сталей не може бути віднесена до корозійностійких (нержавіючих).
 - Д) Обидві марки відносять до корозійностійких (нержавіючих) сталей.
- 20.** Які метали називають жаростійкими?
- А) Метали, які здатні чинити опір частому нагріванню і охолодженню.
 - В) Метали, які здатні чинити опір корозійному впливу газу при високих температурах.
 - С) Метали, які здатні зберігати структуру мартенситу при високих температурах.
 - Д) Метали, які здатні тривалий час чинити опір деформації і руйнуванню при підвищених температурах.
- 21.** Які метали називають жароміцними?
- А) Метали, які здатні зберігати структуру мартенситу при високих температурах.
 - В) Метали, які здатні чинити опір корозійному впливу газу при високих температурах.
 - С) Метали, які здатні тривалий час чинити опір деформації і руйнуванню при підвищених температурах.

- D) Метали, які здатні чинити опір частому нагріванню і охолодженню.
- 22.** Які сталі називають мартенситно-старіючими?
- A) Сталі, у яких мартенситно-перлітне перетворення відбувається при природному старінні.
 - B) Сталі, у яких мартенсит утворюється внаслідок гартування і старіння.
 - C) Безвуглецеві високолеговані сплави, які зміцнюються після гартування і старіння внаслідок виділення інтерметалідних фаз.
 - D) Високолеговані аустенітні сталі, які зміцнюються гартуванням і наступною термомеханічною обробкою з великими ступенями обтиску.
- 23.** До якої групи матеріалів належить сплав марки У10А? Який його хімічний склад?
- A) Високоякісна вуглецева конструкційна сталь. Містить близько 0,1 % С.
 - B) Високовуглецева сталь. Містить близько 1 % С, легована N.
 - C) Титановий сплав. Містить близько 10 % Al.
 - D) Високоякісна вуглецева інструментальна сталь. Містить близько 1 % С.
- 24.** Яка форма графіту у чавуні марки КЧ 35-10?
- A) Пластинчаста.
 - B) Пластівчаста.
 - C) У цьому чавуні графіту немає.
 - D) Куляста.
- 25.** Яка форма графіту у чавуні марки СЧ 40?
- A) Пластинчаста.
 - B) Куляста.
 - C) Пластівчаста.
 - D) У сплаві графіту немає.

26. Яка форма графіту у чавуні марки ВЧ 50?
- А) Куляста.
 - В) Пластівчаста.
 - С) У сплаві графіту немає.
 - Д) Пластинчаста.
27. Що означає число 10 у марці сплаву КЧ 35-10?
- А) Відносне подовження, у відсотках.
 - В) Ударна в'язкість, кДж/м².
 - С) Тимчасовий опір, кг/мм².
 - Д) Межа текучості, МПа.
28. Що означає число 40 у марці сплаву СЧ 40?
- А) Межа текучості, МПа.
 - В) Межа міцності, кг/мм².
 - С) Ударна в'язкість, кДж/м².
 - Д) Тимчасовий опір, кг/мм².

Відповіді до підрозділу 1.7

1. А) Неправильно. У цьому випадку перлітом було б зайнято половину площі мікрошліфа.
В) Неправильно. У цьому випадку перлітом було б зайнято лише 6 % площини мікрошліфа.
С) Неправильно. У цьому випадку перлітом було б зайнято трохи більше ніж 12 % площі мікрошліфа.
Д) Правильно.
2. А) Неправильно. Ст1кп – кипляча сталь звичайної якості. За рівноважністю структури вона є доевтектоїдною.
В) Правильно.
С) Неправильно, 10пс – напівспокійна низьковуглецева якісна конструкційна сталь. За рівноважністю структури вона є доевтектоїдною.
Д) Неправильно. А11 – автоматна сталь. За рівноважністю структури вона є доевтектоїдною.

3. А) Правильно.
В) Неправильно. У киплячих сталях багато газових бульбашок, тому вони утворюють найменш щільні виливки.
С) Неправильно. Марганець у кількостях, характерних для нелегованих сталей, не знижує пластичності.
D) Неправильно. Киплячі сталі – це сталі, які розкиснювані одним Mn, отже, його вміст не може бути дуже низьким.
4. А) Киплячі сталі, навпаки, мають знижену щільність.
В) Неправильно.
С) Сталь, яка розкиснена марганцем, кремнієм і алюмінієм, називають спокійною.
D) Правильно.
5. А) Неправильно. За ступенем розкиснення сталі підрозділяють на киплячі, напівспокійні і спокійні.
В) Неправильно. За ступенем легування сталі поділяють на низько, середньо-та високолеговані.
С) Правильно.
D) Безумовно, неметалеві включення дуже сильно впливають на властивості сталі, проте вони не є критерієм для розподілу сталей на якість.
6. А) Неправильно. Таким є граничний вміст S і P в сталях звичайної якості.
В) Неправильно. Таким є граничний вміст S і P в особливо високоякісних сталях.
С) Правильно.
D) Неправильно. Таким є граничний вміст S і P в якісних сталях.
7. А) Неправильно. Таким є граничний вміст S і P в особливо високоякісних сталях.
В) Неправильно. Не більше ніж по 0,025% сірки і фосфору містять високоякісні сталі.
С) Правильно.
D) Неправильно. Таким є граничний вміст S і P у сталях звичайної якості.

8. А) Неправильно. Наприкінці марки високоякісних сталей має ставитись буква А.

В) Неправильно. Наприкінці марки сталей особливо високої якості має бути буква Ш.

С) Неправильно.

Д) Правильно.

9. А) Неправильно. Сталі звичайної якості маркують буквами Ст та номерами з 0 по 6, наприклад, Ст3.

В) Правильно.

С) Неправильно. Наприкінці марки високоякісних сталей має бути буква А.

Д) Неправильно. Наприкінці марки сталей особливо високої якості має бути буква Ш.

10. А) Дійсно, інформацію про хімічний склад марка сплаву Ст4 не містить, а 4 – це лише її номер.

В) Правильно.

С) Неправильно. Число на початку марки позначає вміст вуглецю в десятих частках відсотка в інструментальних сталях.

Д) Неправильно. Число на початку марки позначає вміст вуглецю в сотих частках відсотка в якісних (і більш високої якості) конструкційних сталях.

11. А) Середній вміст вуглецю в сталі марки 30 видно за марочним позначенням, а в Ст3 – ні.

В) Середній вміст вуглецю в сталі марки 30 видно за марочним позначенням, а в Ст3 – ні.

С) Середній вміст вуглецю в сталі марки 30 видно за марочним позначенням, а в Ст3 – ні.

Д) Правильно.

12. А) Неправильно. З вуглецевих сталей для глибокої витяжки придатна лише сталь 05 кп.

В) Правильно.

С) Неправильно. Зварювання матеріалів з настільки високим вмістом вуглецю складне і вимагає спеціальних заходів.

Д) Неправильно.

13. А) Правильно.

В) Неправильно. У конструкційних сталях число на початку марки показує вміст вуглецю в сотих долях відсотка. Числа після букв – відповідні елементи у відсотках. Азоту в цій сталі немає.

С) Неправильно. У конструкційних сталях число на початку марки показує вміст вуглецю в сотих частках відсотка. Числа після букв – відповідні елементи у відсотках. Азоту в цій сталі немає.

Д) Неправильно. Концентрацію елементів у сплавах вказують числа, які стоять не перед буквами, а після них. Азоту в цій сталі немає.

14. А) Правильно.

В) Неправильно. 5ХНМА – інструментальна сталь. У таких сплавах число на початку марки вказує на вміст вуглецю в десятих частках відсотка. Азоту в цій сталі немає.

С) Неправильно. 5ХНМА – інструментальна сталь. У таких сплавах число на початку марки вказує на вміст вуглецю в десятих частках відсотка.

Д) Неправильно. Концентрацію елементів у сплавах вказують числа, що стоять не перед буквами, а після них. Азоту в цій сталі немає.

15. А) Неправильно. Такі сталі називають пружинними.

В) Неправильно. Такі сталі називають сталями з підвищеною цикловою міцністю.

С) Правильно.

Д) Неправильно.

16. А) Неправильно. Вуглецеві інструментальні сталі маркують буквою У, наприклад, У12.

В) Неправильно. Вуглецеві якісні конструкційні сталі не містять у марці букву А.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Сталі звичайної якості маркують числами від 0 до 6, наприклад, Ст3.

17. А) У цій сталі, дійсно, міститься близько 0,2 % вуглецю, але ні азоту, ні цирконію в ній немає.

В) Неправильно. Високоякісні сталі мають букву А наприкінці марки. До того ж у цьому сплаві немає Zr.

С) Правильно.

Д) Неправильно.

18. А) Ця відповідь суперечить принципам маркування сталей.

В) Неправильно. Марки антифрикційних чавунів починаються з букв АЧ.

С) У марках конструкційних сталей на початку стоїть число, що позначає вміст вуглецю в сплаві.

Д) Правильно.

19. А) Неправильно. У сталі 40Х9С2 кількість хрому не досягла величини, коли сплав стає електропозитивним.

В) Правильно.

С) Неправильно. 40Х13 – корозійностійка (нержавіюча) сталь мартенситного класу.

Д) Неправильно. У сталі 40Х9С2 кількість хрому не досягла величини, коли сплав стає електропозитивним.

20. А) Неправильно. Такі метали називають жаростійкими або стійкими проти термічної втоми.

В) Правильно.

С) Неправильно. Такі метали називають червоностійкими.

Д) Неправильно. Такі метали називають жароміцними.

21. А) Неправильно. Такі метали називають червоностійкими.

В) Неправильно. Такі метали називають жароміцними.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Такі метали називають жаростійкими або стійкими проти термічної втоми.

22. А) Неправильно. Мартенситно-перлітні перетворення в сталях відбуваються при відпуску.

В) Неправильно. Мартенсит у сталях утворюється при гартуванні, але не при старінні.

- С) Правильно.
Д) Неправильно. Такі сплави називають метастабільними аустенітними сталями (трипсталями).
- 23.** А) Неправильно. Даний сплав не належить до конструкційних сталей. Він містить значно більше вуглецю.
В) Це, дійсно, високовуглецева сталь, але в ній немає азоту.
С) Неправильно.
Д) Правильно.
- 24.** А) Неправильно. КЧ35-10 – ковкий чавун. Графіт пластинчастої форми містять сірі чавуни.
В) Правильно.
С) Неправильно. КЧ35-10 – ковкий чавун. Немає графіту в білих чавунах.
Д) Неправильно. КЧ35-10 – ковкий чавун. Графіт кулястої форми містять високоміцні чавуни.
- 25.** А) Правильно.
В) Неправильно. Графіт кулястої форми міститься в сплавах, які маркуються буквами ВЧ.
С) Неправильно. Графіт пластівчастої форми міститься в сплавах, які маркуються буквами КЧ.
Д) Неправильно.
- 26.** А) Правильно.
В) Неправильно. Графіт пластівчастої форми міститься в сплавах, які маркуються буквами КЧ.
С) Неправильно.
Д) Неправильно. Графіт пластинчастої форми міститься в сплавах, які маркуються буквами СЧ.
- 27.** А) Правильно.
В) Неправильно.
С) Неправильно. В марці сплаву КЧ 35-10 тимчасовий опір показує число 35.
Д) Неправильно.

28. А) Неправильно.
В) Неправильно.
С) Неправильно.
D) Правильно.

1.8. Інструментальні матеріали

Інструментальні леговані сталі підрозділяють на низьколеговані (неглибоким і глибоким прогартовуванням), штампові (холодного та гарячого деформування) і швидкорізальні.

Низьколеговані інструментальні сталі марок 7ХФ, 11ХФ, 13Х та ін. використовують для виготовлення інструментів, що піддаються місцевому гартуванню робочих поверхонь (пил, зубил, штемпелів, обрізних матриць і пуансонів тощо). Сталі глибокого прогартовування марок Х, 9ХС, ХВГ застосовують для виготовлення різального інструменту більш відповідального призначення (мітчики, плашки, протяжки, розвертки, фрези тощо). Їх піддають гартуванню і низькому відпуску (150...250°C) на твердість 60...65 НРС.

Штампові сталі холодного деформування повинні мати високу зносостійкість, задовільну міцність і пластичність і хороші технологічні властивості шліфування, малу деформованість при термічній обробці та ін. Це сталі марок Х12М, Х12Ф1, Х6ВФ, 7Х3ВМФС та ін. Через їх малу теплопровідність гартування ведуть з попереднім підігрівом до 650...750°C. Температура гартування 950...1050°C. Твердість їх після відпуску при 200...300°C складає 58...62 НРС.

Штампи гарячого деформування працюють в особливо складних умовах. Сталі для цих штамів повинні зберігати структуру і властивості при нагріванні (теплостійкість), мати хорошу зносостійкість при підвищених температурах, добре чинити опір термічній і термомеханічній втомі. Такими є сталі марок 3Х2В8Ф, 5ХНМ, 4Х4ВМФС, 6ХВГ та ін. Їх також гартують з попереднім підігрівом, але температура відпуску в них вище, а твердість трохи нижче, ніж у сталей для штамів

холодного деформування. Так, сталь 3X2B8Ф після відпуску при температурі 1130...1160°C має твердість 52...56 HRC, а після відпуску при 600...630°C – від 47 до 50 HRC, при 630...660 °C – від 44 до 48 HRC, при 660...680°C – від 40 до 45 HRC. Така сталь найбільш теплостійка з цієї групи сталей, але дуже дорога і дефіцитна через високий вміст вольфраму. Вибір сталі для штамів залежить від безлічі факторів, таких як конструкція штампа, тип кувального обладнання та ін.

Швидкорізальні сталі використовують, головним чином, для виготовлення різальних інструментів, що експлуатуються в умовах значного силового навантаження та розігріву робочих крайок. Іноді їх застосовують для важких штамів, підшипників кочення.

Швидкорізальні сталі являють собою високолеговані інструментальні сплави ледебуритного класу. Для підвищення структурної однорідності литу сталь піддають гарячій обробці тиском, що дроблять сітку евтектики. У структурі прокованої і відпаленої сталі проглядаються великі первинні карбіди – осколки ледебуритної евтектики, дрібні вторинні карбіди, які виділилися в литій сталі з аустеніту при охолодженні сплаву в інтервалі температур між евтектичними і евтектоїдними перетвореннями, і дуже дрібні евтектоїдні карбіди, що входять до сорбіту.

Висока теплостійкість (червоностійкість) швидкорізальних сталей досягається термічною обробкою з отриманням високолегованого мартенситу, здатного чинити опір відпуску аж до 600...650°C і, отже, зберігати до цих температур високу твердість, міцність, зносостійкість. Ступінь легування мартенситу визначається складом вихідного аустеніту. Чим вище температура нагрівання, тим більше легуючих елементів (W, Mo, V), що входять до складу вторинних карбідів, розчиняється в аустеніті. Тому швидкорізальні сталі нагрівають при гартуванні до 1200...1300°C. Первинні карбіди в аустеніті не розчиняються, але стримують зростання аустенітних зерен, блокуючи їх межі. Швидкорізальні сталі мають досить низьку теплопровідність, тому їх нагрівання до температури гартування ведуть ступінчасто з однією-двома температурними зупинками, що дозволяє

попередити появу тріщин. Високе легування аустеніту зумовлює досить низькі температури початку і кінця мартенситного перетворення, що обумовлює, у свою чергу, збереження при гартуванні значних кількостей (більше 30%) залишкового аустеніту, який знижує різальні властивості сталі. Зменшення вмісту залишкового аустеніту досягається дво-триразовим високим відпуском.

При відпуску із залишкового аустеніту виділяються карбіди легуючих елементів, це тягне за собою підвищення температури мартенситного перетворення, і при охолодженні аустеніт перетворюється на мартенсит. Для зменшення кількості залишкового аустеніту іноді загартовану сталь охолоджують в область негативних температур (-80°C), що також сприяє збільшенню кількості мартенситу.

Швидкорізальні сталі маркують буквою Р, після якої стоїть число, яке вказує на вміст вольфраму у відсотках. Щодо іншого маркування таке ж, як у легуваних інструментальних сталей. Наприклад, Р18 (18% W), Р6М5 (6% W, 5% Мо), Р18К5Ф2 (18% W, 5% Со, 2% V).

На залізничному транспорті, крім прямого призначення, швидкорізальну сталь Р18 використовують для виготовлення голки розпилювача паливного насоса дизелів тепловозів.

Такі сталі залишаються червоностійкими до $620\dots 640^{\circ}\text{C}$, зберігаючи при цьому твердість не нижче 58 НРС. Найбільш поширені сталі марок Р18, Р12, Р9, Р6М5, Р14Ф4 та ін.

Спечені тверді сплави отримують з порошків карбідів і нітридів металів шляхом їх спікання при наявності зв'язувального металу. Використовують, головним чином, карбіди вольфраму, титану, танталу і ніобію, нітрид титану, а зв'язувальним металом є або кобальт, або нікель-молібденовий сплав. Вони виготовляються методом порошкової металургії.

При спіканні у вакуумі або в атмосфері водню в спресованих виробках із суміші цих порошків зв'язувальний метал плавиться ($1300\dots 1500^{\circ}\text{C}$), змочує карбіди і при охолодженні, при твердненні зв'язує їх в єдиний моноліт.

Сучасні тверді сплави випускають у вигляді стандартних пластин різної форми і розмірів, які кріплять механічно або

припадають до відповідних державок різзального інструменту, а також у вигляді матриць для пресування та волочіння дроту або фасонного інструменту – спіральних свердел, мітчиків, фрез.

Ці матеріали застосовуються як інструментальні, при обробці різних сталей і сплавів. Тверді сплави мають високу твердість (до 90...92 HRA), зносостійкість, червоностійкість (900...1100°C).

Існують сплави таких груп: *вольфрамові, титановольфрамові і титанотанталовольфрамові.*

Вольфрамові сплави, наприклад ВК2, ВК8, ВК15, ВК25, складаються з карбідів вольфраму і металевого кобальту (число, яке стоїть у марці сплаву після букви К, вказує на відсотковий вміст кобальту). Чим більше в сплаві карбиду вольфраму, тим сплав твердіший, але тим більше він крихкий. В'язкість сплаву, що дає можливість сприймати ударні навантаження, забезпечується кобальтом. Сплав ВК2, що містить лише 2% кобальту, має досить низьку в'язкість. Ним можна вести лише чистову обробку, яка не супроводжується динамічними навантаженнями. Твердість та зносостійкість сплаву настільки високі, що дозволяють обробляти загартовані сталі. Сплав ВК8 більш в'язкий, але менш твердий, має меншу зносостійкість і червоностійкість. Цим сплавом можна оброблювати виливки по ливарній корці. Сплав ВК15 може бути використаний для армування бурового інструменту, який працює по міцних породах зі значними ударними навантаженнями. Сплав ВК25 настільки в'язкий, що з нього можна виготовляти деталі штампів, що сприймають удари, які виникають при роботі молота.

Титановольфрамові сплави, наприклад Т5К10, Т15К6, Т30К4, виготовляють з карбідів титану, карбідів вольфраму і металевого кобальту. У марці сплаву число, яке стоїть після букви Т, вказує на вміст у шихті сплаву карбиду титану у відсотках; число, після К – на вміст кобальту. Вміст карбиду вольфраму визначають за різницею. Так, у шихті твердого сплаву Т5К10 міститься 5 % TiC, 10% Co і 85% WC. Карбід титану має ще більш високу твердість, ніж карбід вольфраму. Чим більше у сплаві TiC (точніше, твердого розчину карбиду вольфраму в карбіді титану), тим більшу твердість і зносостійкість має сплав. Найбільш твердий сплав Т30К4. Сплави з більшим вмістом кобальту (Т15К6, Т5К10) менш тверді, але

мають більшу експлуатаційну міцність. Застосовують титановольфрамкові сплави, головним чином, для обробки сталей.

Титанотанталовольфрамкові сплави виготовляють з карбідів титану, карбідів танталу, карбідів вольфраму і металевого кобальту. Наприклад, шихта сплаву ТТ7К12 містить 7 % карбідів титану і танталу, 81% карбіду вольфраму і 12% кобальту. Застосовують титанотанталовольфрамкові сплави для чорнової (наприклад, сплав ТТ7К12) і чистової (наприклад, сплав ТТ8К6) обробки важкооброблюваних матеріалів (жароміцних сталей, титанових сплавів та ін.).

У позначенні марок твердих сплавів у кінці марки можуть стояти букви Д (дрібнозернисті), ОМ (особливо дрібнозернисті) або Б (КС) – середньозернисті підвищеної міцності.

Як інструментальні матеріали застосовують також мінералокераміку (для чистових операцій). Це також порошкові матеріали на основі, головним чином, оксидів (мінералів) типу Al_2O_3 , SiO_2 та ін. Зв'язками в них служать склоподібні суміші. Вони досить тверді, але дуже крихкі.

При обробці металів використовують природні та штучні алмази. Для різців застосовують природні алмази масою вище 0,3 карата (1 карат = 0,2 г), а волокни (фільєри) для виготовлення ниткоподібного дроту роблять зі штучних алмазів. Для шліфування і полірування використовують алмазні пасти з різною зернистістю алмазної крихти від 3 (жовта) до 40 мкм (червона).

Ельбор (кубічний нітрит бору BN) за твердістю близький до алмазу ($HV = 85\ 000$ МПа) і має більш високу теплостійкість (до $1200^\circ C$). Різці, оснащені вставками з ельбору, застосовують при чистовому точінні загартованих сталей.

Питання - тести до підрозділу 1.8

1. До якого класу за рівноважністю структури належать швидкорізальні сталі?
 - A) Заевтектоїдні сталі.
 - B) Евтектоїдні сталі.
 - C) Доевтектоїдні сталі.
 - D) Ледебуритні сталі.

2. Що таке червоностійкість швидкорізальних сталей?
- A) Стійкість проти високотемпературної корозії.
 - B) Здатність сталей до пластичної деформації при високих температурах.
 - C) Здатність сталей протистояти відпуску.
 - D) Здатність протистояти циклічному нагріванню-охолодженню.
3. Чи має швидкорізальна сталь високу червоностійкість у литому стані?
- A) Ні. Сталь має бути попередньо прокована для руйнування ледебуритної евтектики.
 - B) Так. Червоностійкість забезпечується хімічним складом сплаву.
 - C) Це залежить від марки сплаву.
 - D) Ні. Висока червоностійкість забезпечується високолегованим мартенситом, якого в литій сталі немає.
4. Яка роль первинних карбідів у швидкорізальних сталях?
- A) Первинні карбіди стримують зростання аустенітного зерна при температурі гартування сталей.
 - B) Первинними карбідами забезпечується висока червоностійкість швидкорізальних сталей.
 - C) Первинні карбіди поряд зі вторинними підвищують легування аустеніту.
 - D) Наявність первинних карбідів викликана технологічними особливостями виготовлення швидкорізальних сталей.
5. До яких орієнтовно температур слід нагрівати швидкорізальні сталі при гартуванні?
- A) 750 ... 800°C.
 - B) 1200 ... 1300° C.
 - C) 1400 ... 1500°C.
 - D) 800 ... 900°C.
6. Чому при гартуванні швидкорізальних сталей застосовують ступінчасте нагрівання?
- A) При ступінчастому нагріванні забезпечується краща розчинність карбідів.

- В) Ступінчасте нагрівання дозволяє запобігти появі у виробі, який нагрівають, тріщин (сталь має низьку теплопровідність).
- С) При ступінчастому нагріванні легуючі елементи розподіляються по перерізу виробу більш рівномірно.
- Д) Ступінчасте нагрівання дозволяє запобігти зростанню аустенітного зерна.
7. Чому швидкорізальні сталі при гартуванні нагрівають до температур значно більш високих, ніж, наприклад, вуглецеві сталі?
- А) У швидкорізальних сталях перлітно-аустенітні перетворення відбуваються при більш високих температурах.
- В) При високому нагріванні більш повно розчиняються вторинні карбіди і утворюється високолегований аустеніт.
- С) При високому нагріванні повністю розчиняються первинні та вторинні карбіди.
- Д) При високому нагріванні відбувається укрупнення аустенітного зерна.
8. Чому швидкорізальні сталі при гартуванні іноді охолоджують в область негативних температур?
- А) Така термообробка забезпечує перетворення залишкового аустеніту в мартенсит.
- В) Охолодження в область негативних температур призводить до більш рівномірного розподілу карбідів.
- С) При такій термообробці підвищується легування мартенситу.
- Д) Охолодження в область негативних температур подрібнює карбіди.
9. Який з процесів, що відбуваються при відпуску, призводить до підвищення твердості загартованої швидкорізальної сталі?
- А) Зняття напружень кристалічної решітки.
- В) Виділення з аустеніту первинних карбідів.

- C) Коагуляція карбідів.
D) Виділення тонкодисперсних карбідів і перетворення залишкового аустеніту в мартенсит.
- 10.** Скільки відсотків вольфраму та ванадію (W і V) містить сталь P18K5Ф2?
A) У цій сталі вольфраму немає, V - 5%.
B) W - 2%, V - 18%.
C) W - 18%, V - 2%.
D) W - 18%, V - 5%.
- 11.** Який з перелічених у відповідях технологічних методів застосовують для отримання твердих сплавів?
A) Обробку надвисоким тиском у поєднанні з високим нагріванням.
B) Порошкову металургію.
C) Лиття з наступною термічною обробкою.
D) Термомеханічну обробку.
- 12.** Яка роль кобальту у твердому сплаві?
A) Є зв'язувальним компонентом. Збільшує в'язкість сплаву.
B) Збільшує зносостійкість сплаву.
C) Збільшує твердість сплаву.
D) Збільшує червоностійкість сплаву.
- 13.** Яка роль карбіду вольфраму (WC), що входить до складу твердих сплавів?
A) Відіграє роль зв'язувального матеріалу.
B) Забезпечує в'язкість сплаву.
C) Забезпечує твердість сплаву.
D) Забезпечує міцність сплаву.
- 14.** Як називається сплав T15K6? Який його хімічний склад?
A) Сталь. Містить більше 1% вуглецю, 15% титану, 6% кобальту.
B) Мідний сплав. Містить 15% танталу, 6% кремнію, інше – мідь.

- C) Алюмінієвий сплав.
D) Твердий сплав. Містить 15 % карбіду титану, 6 % кобальту, 79 % карбіду вольфраму.
- 15.** Скільки відсотків заліза міститься у сплаві T5K10?
A) 85.
B) 10.
C) 5.
D) 0.
- 16.** Скільки відсотків карбіду вольфраму міститься в шихті твердого сплаву T30K4?
A) 4.
B) 30.
C) 0.
D) 66.
- 17.** Скільки відсотків карбіду вольфраму міститься в шихті твердого сплаву TT7K12?
A) 81.
B) 7.
C) 12.
D) 0.
- 18.** Який з наведених у відповідях інструментальних матеріалів має найбільшу червоностійкість?
A) У8А.
B) P6M5.
C) T30K4.
D) Алмаз.
- 19.** Карбіди тугоплавких металів, які входять до складу твердих сплавів, крихкі. Чому не руйнуються інструменти, що працюють з великими ударними навантаженнями, наприклад, штампи?
A) В'язкість твердих сплавів забезпечується зв'язувальним компонентом.

- В) Зменшення ударних навантажень досягається конструктивними рішеннями (амортизатори, демпфери та ін.).
- С) Для таких інструментів тверді сплави не застосовують.
- Д) Збільшення ударної в'язкості досягається спеціальною пом'якшувальною термообробкою.
- 20.** Якому з перелічених у відповідях твердих сплавів слід віддати перевагу для виготовлення штампового інструменту?
- А) Т5К10.
- В) ВК8.
- С) Т15К6.
- Д) ВК25.
- 21.** Який з наведених у відповідях інструментальних матеріалів слід застосувати для чистової обробки сталевого загартованого виробу?
- А) ВК15.
- В) Р6М5.
- С) У8А.
- Д) Т30К4.
- 22.** Який з наведених у відповідях твердих сплавів кращий для чорнової обробки вилівка з сірого чавуну?
- А) ВК3.
- В) Т30К4.
- С) ВК25.
- Д) ВК8.

Відповіді до підрозділу 1.8

- 1.** А) Неправильно.
В) Неправильно.
С) Неправильно.
Д) Правильно.

2. А) Неправильно. Стійкість проти високотемпературної корозії називається жаростійкістю.

В) Знижена здатність деяких сталей до пластичної деформації при високих температурах називається червоноламкістю. Але поняття червоноламкість і червоностійкість не антиподи.

С) Неправильно.

Д) Неправильно. Здатність протистояти циклічним нагріванню - охолодженню називається жаростійкістю.

3. А) Руїнування ледебуритної евтектики необхідно для одержання високих механічних властивостей сталі, але цього не достатньо для одержання високої червоностійкості.

В) Хімічний склад, властивий швидкорізалним сталям, необхідна, але не достатня умова для отримання високої червоностійкості.

С) Неправильно.

Д) Правильно.

4. А) Правильно.

В) Неправильно. Висока червоностійкість забезпечується високолегованим мартенситом. Первинні карбіди участі в легуванні мартенситу не беруть.

С) Неправильно. Первинні карбіди в аустеніті не розчиняються і, отже, підвищити його легування не можуть.

Д) Неправильно.

5. А) Неправильно. Для швидкорізалних сталей такі температури лежать нижче температури евтектоїдних перетворень.

В) Правильно.

С) Неправильно. При таких температурах швидкорізалні сталі плавляться.

Д) Неправильно. Такі температури не забезпечать достатнє легування аустеніту карбідотвірними елементами.

6. А) Дифузійні процеси, що протікають при високих температурах, сприяють кращому розчиненню і більш

рівномірному розподілу легуючих, однак причина ступеневого нагрівання інша.

В) Правильно.

С) Дифузійні процеси, що протікають при високих температурах, сприяють кращому розчиненню і більш рівномірному розподілу легуючих, однак причина ступеневого нагрівання інша.

Д) Неправильно.

7. А) Температура перлітно-аустенітного перетворення у швидкорізальних сталей вище, ніж у вуглецевих приблизно на 100°C , а гартування ведуть від температур, вище на $300\text{...}500^{\circ}\text{C}$.

В) Правильно.

С) Вторинні карбіди повністю в аустеніті не розчиняються. Первинні карбіди не розчиняються в аустеніті взагалі.

Д) При термообробці швидкорізальних сталей аустенітне зерно збільшується незначно. При збільшенні зерна механічні властивості сталей погіршуються.

8. А) Правильно.

В) Неправильно. Охолодження в області негативних температур знижує дифузійну рухливість атомів і сприяти більш рівномірному розподілу карбідів не може.

С) Неправильно. Легування мартенситу залежить від складу аустеніту, легування ж останнього зростає з підвищенням температури гартування.

Д) Неправильно. Тонкодисперсні карбіди виділяються з мартенситу та залишкового аустеніту при відпуску, тобто при нагріванні.

9. А) Неправильно. Зняття напруги в кристалічній решітці може призвести лише до зниження твердості.

В) Неправильно. Первинні карбіди не можуть ні розчинитися в аустеніті, ні виділитися з нього.

С) Неправильно. Коагуляція карбідів, якби вона відбувалася, призвела б до зниження твердості.

Д) Правильно.

10. А) Неправильно. P18K5Ф2 – швидкорізальна вольфрамова сталь. Кількість W у таких сплавах вказується після букви P, кількість V – після букви Ф.

В) Неправильно. P18K5Ф2 – швидкорізальна вольфрамова сталь. Кількість W у таких сплавах вказується після букви P, кількість V – після букви Ф.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Ванадій у марках сталей позначають буквою Ф, а не К.

11. А) При отриманні твердих сплавів, дійсно, використовують нагрівання до досить високих температур, але застосований тиск до надвисоких не належить.

В) Правильно.

С) Неправильно.

Д) Неправильно.

12. А) Правильно.

В) Неправильно. Збільшення кількості кобальту в сплаві призводить до зниження зносостійкості.

С) Неправильно. При збільшенні кількості кобальту в сплаві твердість останнього знижується.

Д) Неправильно. Збільшення кількості кобальту в сплаві призводить до зниження червоностійкості.

13. А) Неправильно.

В) Неправильно. Чим більше в сплаві карбиду вольфраму (сплави ВК), тим більше він крихкий і менш міцний.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Чим більше в сплаві карбиду вольфраму (сплави ВК), тим більше він крихкий і менш міцний.

14. А) Неправильно.

В) Неправильно.

С) Неправильно.

Д) Правильно.

15. А) Неправильно. У шихті сплаву Т5К10 міститься 85% карбідів вольфраму.

В) Неправильно. Число 10 у марці сплаву Т5К10 позначає кількість кобальту.

С) Неправильно. Число 5 у марці сплаву Т5К10 позначає кількість карбідів титану.

Д) Правильно.

16. А) Неправильно. У шихті сплаву Т30К4 міститься 4% кобальту.

В) Неправильно. У шихті сплаву Т30К4 міститься 30% карбіду титану.

С) Неправильно.

Д) Правильно.

17. А) Правильно.

В) Неправильно. У шихті твердого сплаву ТТ7К12 міститься 7 % карбідів титану і танталу (в сумі).

С) Неправильно. У шихті твердого сплаву ТТ7К12 міститься 12 % кобальту.

Д) Неправильно.

18. А) Неправильно. Червоностійкість інструментальних вуглецевих сталей дорівнює приблизно 200°C.

В) Неправильно. Червоностійкість швидкорізальних сталей дорівнює приблизно 600°C.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Алмаз при нагріванні вище 800°C графітизується.

19. А) Правильно.

В) Подібні рішення навряд чи доцільні, оскільки вони призведуть до зниження ударної дії на деформований матеріал.

С) Неправильно. Для штампів застосовують, наприклад, сплав ВК25.

Д) Неправильно. Тверді сплави не піддають пом'якшувальним видам термічної обробки.

20. А) Сплав Т5К10 застосовують для чорнового точіння, фрезерування та стругання сталей.

В) Сплав ВК8 застосовують для чорнових видів обробки чавуну, жароміцних сплавів і кольорових металів, а також для волочіння та калібрування труб, прутків, дроту.

С) Сплав Т15К6 застосовують для чорнового точіння, фрезерування та стругання сталей.

Д) Правильно.

21. А) Сплав ВК15 має високу в'язкість, але його твердість і зносостійкість для обробки загартованих сталей недостатні.

В) Швидкорізальні сталі не мають твердості і червоностійкості, достатніх для обробки загартованих сталей.

С) Сталь У8 (У8А) застосовують для виготовлення деревообробного інструменту, зубила, викрутки, кернери тощо.

Д) Правильно.

22. А) Сплав ВК3 має низьку міцність і для чорнових видів обробки, пов'язаних з ударними навантаженнями, не придатний.

В) Сплав Т30К4 має високу твердість, але він не досить в'язкий для сприйняття ударних навантажень, які супроводжують чорнові види обробки.

С) Сплав ВК25 застосовують для виготовлення інструменту, який сприймає високі ударні навантаження, наприклад, для виготовлення штампів.

Д) Правильно.

1.9. Кольорові метали та сплави

1.9.1. Мідь та сплави на її основі

Мідь – метал червоного кольору з ГЦК кристалічною решіткою. Щільність Cu дорівнює 8890 кг/м^3 . При 1083°C мідь плавиться. Вона має високу електро- і теплопровідність, а також корозійну стійкість у сухій атмосфері (Cu належить до групи благородних металів). Механічні властивості міді

характеризуються високою пластичністю і невисокими міцністю і твердістю.

Залежно від чистоти підрозділяється на марки М00, М0, М1, М2, М3, М4. Буква *б* в кінці марки означає, що мідь безкиснева (М0б), а *р* – розкиснена (М1р). Марка М00 містить 99,993 %, М0 – 99,95%, М4 – 99,0% Cu. Мідь, призначену для переплавлення, випускають у вигляді злитків, а використовують як напівфабрикат для виготовлення мідних або комбінованих деталей, у вигляді прутків, листів, стрічки, дроту, фольги та інших катаних і тягнутих виробів з нормуванням фізичних та механічних властивостей.

У техніці поряд з чистою міддю широко використовуються її сплави. Найбільшого поширення набули сплави міді з цинком, які мають назву *латуні*, та сплави з іншими елементами (Sn, Si, Al, Be і т. д.), що отримали назву *бронзи*.

Латуні в порівнянні з міддю мають більшу пластичність та міцність, корозійну стійкість, пружність і кращу оброблюваність.

Цинк розчиняється в міді до концентрації 39 %, утворюючи твердий розчин (відповідні йому сплави називають α -латунь). Чим більше в α -латуні цинку, тим вище міцність і пластичність сплаву. Збільшення концентрації Zn понад 39 % приводить до появи в структурі сплаву фази β -твердого розчину на базі хімічної сполуки CuZn з електронним типом зв'язку. Міцність сплавів $\alpha + \beta$ по мірі зростання вмісту цинку збільшується, а пластичність знижується. При концентрації Zn більше 45 % сплав стає однофазним твердим розчином β . Такі сплави крихкі і практичного застосування не мають.

Крім основних компонентів (Cu і Zn), латунь може містити легуючі елементи (Al, Fe, Pb, Sn і т.д.).

Деформовні латуні маркують буквою Л і наступними за нею позначеннями легуючих елементів, якщо такі є. Потім слідують групи чисел, перше з яких вказує на концентрацію міді, а кожне з послідовних – на вміст відповідного легуючого елемента. Концентрація цинку визначається за різницею. Наприклад, сплав Л62 містить 62 % Cu і 38 % Zn; ЛАН59-3-2 містить 59 % Cu, 3 % Al, 2 % Ni і 36 % Zn.

Ливарні латуні у вигляді чушок постачають 12 марок (ЛЗ, ЛК, ЛМцС та ін.) Позначають їх буквою Л, за якою стоїть цифра. У марках ливарних латуней в явній формі вказується вміст цинку (вміст міді визначають за різницею). Числа, які відповідають відсотковій концентрації цинку і легуючих елементів, йдуть безпосередньо за буквеними символами. Наприклад, сплав ЛЦ40Мц3А містить 40 % Zn, 3 % Mn, 1 % Al і 56 % Cu.

Латунні чушки маркують кольоровими смугами (ЛС – біла, ЛК – біла і червона і т. д.). У складних, тобто додатково легованих, латунях кожен елемент позначають буквою: Ж – залізо, Мц – марганець, С – свинець, К – кремній, О – олово, Н – нікель. Кількість компонента вказують цифрою.

Латуней, які оброблюються тиском, випускають вісім марок простих і 23 марки складних. Їх постачають у вигляді дроту, смуг, листів, стрічок, труб у м'якому М (відпаленому), напівтвердому НТ (ступінь холодної деформації 10...30%), твердому Т (30...50 %) і особливо твердому ОТ (більше 60 %) станах.

Принципи маркування бронзи загалом близькі з маркуванням латуней. Різниця полягає у тому, що на першому місці у марці пишуть не Л, а Бр, крім того, ні в деформованих, ні в ливарних сплавах не вказують у явній формі концентрацію міді, маючи на увазі, що вона завжди є основою сплаву. Наприклад, сплав БрОЦС 4-4-17 – деформовна бронза, яка містить 4 % Sn, 4 % Zn, 17% Pb, основа сплаву – мідь; сплав БрОЗЦ12С5 – ливарна бронза, яка містить 3 % Sn, 12 % Zn, 5 % Pb, основа сплаву – мідь.

Бронзи олов'янисті (у процесі обробки тиском деформуються), підрозділяють на групи: олов'яно-фосфористі БрОФ8-03 – для дроту сіток, БрОФ6,5-20,4 – для пружин, стрічок, смуг, БрОФ4-0,25 – для трубок вимірювальних приладів тощо; олов'яно-цинкові БрОЦ-4-3 – для стрічок, смуг, прутків, для пружинного дроту та ін.; олов'яно-цинково-свинцевисті БрОЦС4-4-4 і БрОЦС4-4-2,5 використовуються для прокладок у втулках і підшипниках ковзання. Неолов'янисті бронзи, які оброблюються тиском, випускаються 13 марок (БрА7, БрАМц9-2, БрАЖ9-4, БрБ2, БрБН1, 7 та ін.). Вони мають різноманітне

призначення. Берилієві бронзи, наприклад БрБ2, застосовують для виготовлення відповідальних пружин, мембран, пружних контактів.

Сплави міді широко застосовують для виробів, які мають високу теплопровідність (різна теплообмінна апаратура, наприклад сплави Л62, Л68), електричну провідність (контакти, деталі реле, струмопровідна арматура та ін.), корозійну стійкість (парова і водяна арматура, наприклад морська латунь ЛО70-2, бронзи БрО5Ц5С5, БрО3Ц7С5Н).

Питання - тести до підрозділу 1.9.1

1. Якими з наведених у відповідях властивостями характеризується мідь?
 - А) Низькою $t_{пл}$ (651°C), низькою теплопровідністю, низькою щільністю (1740 кг/м^3).
 - В) Низькою $t_{пл}$ (327°C), низькою теплопровідністю, високою щільністю ($11\ 600 \text{ кг/м}^3$).
 - С) Високою $t_{пл}$ (1083°C), високою теплопровідністю, високою щільністю (8890 кг/м^3).
 - Д) Високою $t_{пл}$ (1665°C), низькою теплопровідністю, низькою щільністю (4500 кг/м^3).

2. Який тип кристалічної решітки міді?
 - А) У модифікації α – ГПУ, в модифікації β – ОЦК.
 - В) Кубічна гранецентрована.
 - С) Гексагональна щільно упакована.
 - Д) Кубічна об'ємноцентрована.

3. Що таке латунь?
 - А) Сплав міді з цинком.
 - В) Сплав заліза з нікелем.
 - С) Сплав міді з оловом.
 - Д) Сплав алюмінію з кремнієм.

4. Який максимальний вміст цинку у латунях, які мають практичне значення?
- A) 45%.
 - B) 39%.
 - C) 52%.
 - D) 18%.
5. Як впливає збільшення концентрації цинку на міцність і пластичність α -латуней?
- A) Обидві характеристики знижуються.
 - B) Обидві характеристики зростають.
 - C) Міцність збільшується, пластичність знижується.
 - D) Міцність знижується, пластичність зростає.
6. Як впливає на міцність і пластичність $\alpha+\beta$ латуней збільшення концентрації цинку?
- A) Міцність та пластичність знижуються.
 - B) Міцність та пластичність збільшуються.
 - C) Міцність збільшується, пластичність знижується.
 - D) Міцність знижується, пластичність збільшується.
7. Як називається сплав марки Л62? Який його хімічний склад?
- A) Ливарна сталь, що містить 0,62% С.
 - B) Ливарний алюмінієвий сплав, що містить 62% Al.
 - C) Сплав міді з цинком, який містить 62% Cu.
 - D) Сплав бронзи з міддю, що містить 62% бронзи.
8. Як називається сплав марки ЛК80-3? Який його хімічний склад?
- A) Ливарний алюмінієвий сплав (силумін).
 - B) Латунь. Містить приблизно 80 % Zn, 3 % Cd, решта – Cu.
 - C) Ливарна евтектоїдна сталь. Містить приблизно 0,8 С та ~ 3 % Со.
 - D) Латунь має приблизно 80 % Cu, 17 % Zn і 3 % Si.
9. Яка марка деформованого сплаву, що містить 36 % Zn, 3 % Al, 2 % Ni (основа – Cu)?
- A) БрАЦН 3-36-2.
 - B) ЛЦ36А3Н2.

- С) ЛАН 59-3-2.
 D) БрЦ36А3Н2.
- 10.** Яка марка ливарного сплаву, що містить 40% Zn, 3% Mn, 1 % Al (основа – Cu)?
 А) БрЦАМц40-1-3.
 В) ЛЦ40Мц3А.
 С) БрЦ40АМц3.
 D) ЛАМц 56-1-3.
- 11.** Як називають сплави міді з іншими елементами (кремнієм, алюмінієм, оловом, берилієм і т. д.)?
 А) Бронзи.
 В) Латуні.
 С) Інвари.
 D) Олово.
- 12.** Яка марка ливарного сплаву, що містить 12% Zn, 3% Sn, 5% Pb (основа – Cu)?
 А) БрОЦС 3-12-5.
 В) ЛЦ12О3С5.
 С) ЛОС 80-3-5.
 D) БрО3Ц12С5.
- 13.** Яка марка деформованого сплаву, що містить 4 % Sn, 4 % Zn, 17 % Pb (основа – Cu)?
 А) БрО4Ц4С17.
 В) БрОЦС 4-4-17.
 С) ЛОС 75-4-17.
 D) ЛЦ4О4С17.

Відповіді до підрозділу 1.9.1

- 1.** А) Неправильно. У вибраної відповіді наведені характеристики Mg.
 В) Неправильно. У вибраної відповіді наведені характеристики Pb.

С) Правильно.
D) Неправильно. У вибраної відповіді наведені характеристики Ті.

2. А) Мідь не має поліморфізму.
B) Правильно.
C) Неправильно.
D) Неправильно.

3. А) Правильно.
B) Неправильно.
C) Сплав міді з оловом (крім Sn, додатково можуть бути інші легуючі) називається олов'янистою бронзою.
D) Сплави алюмінію з кремнієм називаються силумінами.

4. А) Правильно.
B) Неправильно.
C) Неправильно.
D) Неправильно.

5. А) Неправильно.
B) Правильно.
C) Зі збільшенням концентрації Zn пластичність α -латуней зростає.
D) Зі збільшенням концентрації Zn міцність α -латуней зростає.

6. А) Міцність $\alpha + \beta$ латуней зі збільшенням у сплаві концентрації цинку збільшується.
B) Пластичність $\alpha + \beta$ латуней зі збільшенням концентрації цинку зменшується.
C) Правильно.
D) Неправильно.

7. А) Неправильно. У ливарних сталей буква Л стоїть у кінці марки.
B) Неправильно.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Бронза сама є сплавом на основі міді.

8. А) Неправильно. Ливарні сплави алюмінію маркують буквами АЛ. Зокрема марки силумінів АЛ2, АЛ4, АЛ9.

В) Це, дійсно, латунь, але склад сплаву розшифровано неправильно.

С) Неправильно. У марках ливарних сталей буква Л стоїть у кінці. Щодо іншого ливарні сталі маркують за загальними правилами маркування сталей.

Д) Правильно.

9. А) Неправильно. Даний сплав – це сплав Cu з Zn (інші елементи – легуючі). Отже, це не бронза.

В) Неправильно. Так маркують ливарні латуні.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Даний сплав – це сплав Cu з Zn (інші елементи – легуючі). Отже, це не бронза.

10. А) Неправильно. Даний сплав – це сплав Cu з Zn (інші елементи – легуючі). Отже, це не бронза.

В) Правильно.

С) Неправильно. Даний сплав – це сплав Si з Zn (інші елементи – легуючі). Отже, це не бронза.

Д) Неправильно. ЛАМц 56-1-3 – марка деформовної латуні.

11. А) Правильно.

В) Неправильно. Латуні – це сплави міді з цинком.

С) Неправильно. Інвар – це залізонікелевий сплав з дуже низьким температурним коефіцієнтом лінійного розширення.

Д) Неправильно. Бабіти – це антифрикційні сплави на основі олова або свинцю.

12. А) Неправильно. Так маркують деформовні бронзи.

В) Неправильно. У розглянутому сплаві Zn наявний поряд з іншими елементами в порівняній з ними кількості. Отже, це не латунь.

С) Неправильно. У розглянутому сплаві Zn наявний поряд з іншими елементами в порівняній з ними кількості. Отже, це не латунь.

Д) Правильно.

13. А) Неправильно. БрО4Ц4С17 – марка ливарної бронзи.

В) Правильно о.

С) Неправильно. У розглянутому сплаві Zn наявний поряд з іншими елементами в порівняній з ними кількості. Отже, це не латунь.

Д) Неправильно. У розглянутому сплаві Zn наявний поряд з іншими елементами в порівняній з ними кількості. Отже, це не латунь.

1.9.2. Алюміній та сплави на його основі

Алюміній – найпоширеніший метал у земній корі. Зустрічається в природі у вигляді руди, яка містить Al_2O_3 або гідрати цього оксиду (боксити та ін.). Алюміній – легкий метал (густина 2700 кг/м^3) білого кольору з ГЦК кристалічною решіткою. Температура плавлення Al 660°C . Має високу електро- і теплопровідність, високу хімічну активність і одночасно високу корозійну стійкість, що пояснюється утворенням на поверхні тонкої міцної безпористої оксидної плівки Al_2O_3 , яка надійно захищає метал від подальшого окиснення. Механічні властивості алюмінію характеризуються низькою міцністю і твердістю, але високою пластичністю.

Алюміній поставляється в чушках масою 5; 15 і 1000 кг або в циліндричних злитках. Він має σ_b близько 60 МПа, $\delta = 40\%$, $HB = 250$ МПа.

Сплави на основі алюмінію характеризуються малою густиною, високими питомими механічними властивостями, високою корозійною стійкістю, зварюваністю і т.д.

Алюмінієві сплави підрозділяються на *деформовні* (в їх структурі відсутня евтектика), *ливарні* (сплави з евтектикою) *сплави, які не зміцнюються термічною обробкою* (нагрівання

таких сплавів не супроводжується твердофазними перетвореннями), *сплави, які зміцнюються термічною обробкою* (сплави з твердофазними перетвореннями), і *спечені*.

Крім того, сплави підрозділяють на жароміцні, високоміцні, кувальні, сплави для заклепок і т.д.

Деформовні сплави, які не зміцнюються термообробкою, це сплави на основі системи Al-Mg (магналії), наприклад AМr2, AМr3, AМr6; сплави системи Al-Mn, наприклад АМц.

Найважливішими деформовними сплавами, які зміцнюються термічною обробкою (яка ґрунтується на змінній розчинності міді та інших елементів в алюмінії), є:

- сплави на основі системи Al-Cu-Mg з домішками Mn (дюралюміні), наприклад Д1, Д16, ВД17, Д18, Д19, В65 (сплав ВД17 жароміцний, Д18 і В65-сплави для заклепок);

- сплави на основі системи Al-Mg-Si (авіалі), наприклад АВ, АД31, АД35;

- кувальні сплави на основі системи Al-Mg-Si-Cu, наприклад АК6, АК8, на основі системи Al-Cu-Mg з домішками Fe і Ni, наприклад АК4-1 (сплав жароміцний);

- високоміцні сплави на основі системи Al-Zn-Mg-Cu, наприклад В93, В95, В96Ц. До високоміцних сплавів належить сплав, на основі системи Al-Cu-Li,-ВАД23.

Деформовні алюмінієві сплави випускають переважно у вигляді листового прокату, фасонного профілю, сортових прутків, дроту і труб. Листи з алюмінієвих сплавів постачають товщиною від 0,3 до 10 мм. Для підвищення корозійної стійкості їх плакують (прокатують разом з тонким листом чистого алюмінію) нормальним плакуванням Б (наприклад АМг6Б) або потовщеною У (наприклад Д16У).

Ливарними сплавами є сплави, на основі систем Al-Si (силуміни) з вмістом 10-13% Si, наприклад АК12 (АЛ2), АК7ч (АЛ9); Al-Cu, наприклад АЛ19, АЛ33; Al-Mg, наприклад АЛ8, АМг10 (АЛ27).

Їх випускають у вигляді чушок для підшихтування при виплавці деформовних сплавів і в злитках. Чушковий алюміній маркують буквами та цифрами, наприклад АК4М4 (4% Si і 4 % Cu), АК12М2гН (12 % Si, 2 % Cu, 1 % Mg, 1 % Ni), а ливарні

сплави в готових виливках – АЛ2, АЛ9 і т. д., де цифра – порядковий номер сплаву.

Відповідно до нової цифрової системи маркування алюмінієвих сплавів одиниця, що стоїть на початку марки, характеризує основу сплаву – алюміній. Друга цифра позначає основний легуючий елемент або групу елементів. Третя або третя і друга цифри такі самі, що і в старому маркуванні. Непарне число або нуль, що стоять на четвертому місці, позначають деформований сплав. У ливарних сплавах четверта цифра парна. При такому маркуванні сплав Д16, наприклад, позначається 1160.

Чистота сплавів за контрольованими домішками (Fe, Si та ін.) позначається буквами: пч (практично чистий), ч (чистий), дч (дуже чистий), що стоять після марки сплаву, наприклад, АМг5дч.

Стан деформованих сплавів, який відображає термічний і термомеханічний вплив, має позначення: М – м'який, відпалений; Т – загартований і природно зістарений; Т1 – загартований і штучно зістарений на максимальну міцність; Н – нагартований (деформація 1...7%); Н1 або НН – посилено розпечений; ТН – загартований, природно зістарений і розпечений. Наприклад, АК6Т1 – позначення загартованого і штучно зістареного деформованого (кувального) алюмінієвого сплаву АК6, АМг2Н1 – позначення посилено розпеченого деформованого сплаву АМг2, який не зміцнюється термічною обробкою.

Термічне зміцнення алюмінієвих сплавів досягається гартуванням та наступним старінням.

Обґрунтувати режими термообробки таких сплавів, як дюралюміні, можна в першому наближенні, розглядаючи їх як сплави системи Al-Cu (в дюралюмінах мідь головний легуючий елемент). Свіжозагартовані сплави мають досить низьку твердість і міцність, високу пластичність.

При тривалому перебуванні загартованого сплаву при нормальній температурі (*природне старіння*) або при порівняно нетривалому нагріванні (*штучне старіння*) атоми легуючих елементів (у сплавах системи Al-Cu – атоми міді), розташовані у свіжозагартованому сплаві випадково, вони збираються у певних

місцях кристалічної решітки, утворюючи ділянки підвищеної концентрації – зони Гін'є-Престона. У результаті природного старіння утворюються зони товщиною 0,5...1 нм і довжиною 3...6 нм (їх називають зони ГП-1), які викликають зміцнення сплаву.

Якщо природно зістарений сплав піддати короткочасному нагріванню до 250...270°C, то зони ГП розчиняються і сплав повертається у свіжозагартований стан з характерними для нього властивостями (низькою твердістю і високою пластичністю). Це явище отримало назву *повернення*. Після повернення сплав може бути знову зміцнений при природному або штучному старінні.

Природно старіють тільки сплави типу дюралюмінію. Види термообробки мають свою символіку для позначення в марках, наприклад Т2 – відпал, Т4 – гартування, Т6 – гартування і штучне старіння і т. д.

При штучному старінні зони Гін'є-Престона збільшуються, досягаючи 1...4 нм товщиною і 20...30 нм довжиною (зони ГП-2). Концентрація міді в них наближається до стехіометричного співвідношення у сполуці CuAl_2 . Подальший розвиток процесів штучного старіння призводить до утворення метастабільних когерентно пов'язаних з твердим розчином, а потім стабільних відокремлених від розчину фаз. Швидкість штучного старіння залежить від температури. Підвищення температури прискорює процес. Однак у сплавах системи Al-Cu з 3...5% міді одержувана при цьому максимальна міцність тим менша, чим вище температура старіння. Найбільше зміцнення отримують при природному старінні в результаті утворення зон ГП-1.

Не завжди максимум міцності досягається природним старінням, більше того, у багатьох високоміцних сплавах (В93, В95 та ін.) природного старіння не відбувається взагалі (зміцнення при тривалій витримці і при нормальній температурі не відбувається).

Спечені алюмінієві сплави виробляють на основі порошків чистого алюмінію та оксиду Al_2O_3 шляхом пресування і спікання (САП). При підвищених температурах їх міцність вище, ніж у дюралюмінію, хоча при нормальній температурі вони їм поступаються.

Питання - тести до підрозділу 1.9.2

1. Які основні характеристики алюмінію?

- A) Мала щільність; низька теплопровідність; низька корозійна стійкість.
- B) Висока щільність; висока теплопровідність; висока корозійна стійкість.
- C) Мала щільність; висока теплопровідність; висока корозійна стійкість.
- D) Мала щільність; висока теплопровідність; низька корозійна стійкість.

2. Який тип кристалічної решітки алюмінію?

- A) Кубічна гранецентрована.
- B) У модифікації α – ГПУ, в модифікації β – ОЦК.
- C) Кубічна об'ємноцентрована.
- D) Гексагональна щільноупакована.

3. На рис. 47 зображено фрагмент діаграми Al-Cu. Які із сплавів системи належать до деформовних?

- A) d.
- B) a.
- C) c.
- D) b.

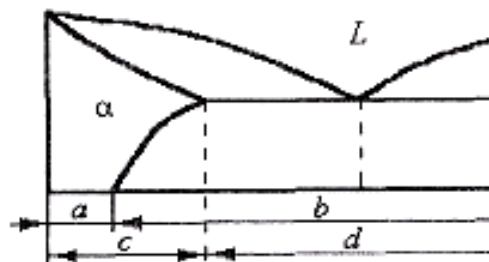


Рис. 47

4. На рис. 47 зображено фрагмент діаграми Al-Cu. Які із сплавів системи належать до тих, що зміцнюються термообробкою?

- A) a.
- B) b.
- C) d.
- D) c.

5. Що є зміцнювальним фактором при термічній обробці сплавів системи Al-Cu?

- A) Утворення при старінні зон Гін'є-Престона.

- В) Фіксація при кімнатній температурі високотемпературного стану.
- С) Утворення при гартуванні мартенситної структури.
- Д) Виділення при старінні дисперсних фаз.
6. Що таке зони Гіньє-Престона?
- А) Метастабільний ϵ -карбід, який утворюється при відпуску.
- В) Малі об'єми твердого розчину з підвищеною концентрацією розчиненого компонента, які зберігають решітку розчинника.
- С) Метастабільні фази, які утворилися у розчині, з решітками, відмінними від решіток розчину, але мають з ним когерентну решітку.
- Д) Стабільні дисперсні фази, що виділилися із зістарених твердих розчинів.
7. Як залежить максимально досяжна міцність сплавів системи Al-Cu від температури старіння?
- А) Міцність не залежить від температури старіння.
- В) Чим вище температура, тим вище міцність.
- С) Чим вища температура, тим нижче міцність.
- Д) Міцність досягається гартуванням, старіння ж тільки знімає напруги, які виникли при гартуванні.
8. Чим пояснити, що в сплавах системи Al-Cu при штучному старінні після досягнення максимальної міцності настає знеміцнення?
- А) Виділенням стабільної фази CuAl_2 .
- В) Утворенням зон Гіньє-Престона.
- С) Розпадом мартенситних структур.
- Д) Упорядкуванням твердого розчину.
9. Що називають поверненням для природно зістарених алюмінієвих сплавів?
- А) Для алюмінієвих сплавів повернення – це синонім відпалу.
- В) Перехід сплаву у свіжозагартований стан під дією короткочасного нагрівання.

- C) Перехід спотвореної під дією гартівних напружень кристалічної решітки в рівноважний стан.
- D) Перехід пластично деформованої кристалічної решітки в рівноважний стан.
- 10.** Чим пояснюється явище повернення для зістарених алюмінієвих сплавів?
- A) Виділенням стабільних фаз.
- B) Виділенням метастабільних фаз.
- C) Розчиненням зон Гін'є-Престона.
- D) Усуненням спотворень кристалічної решітки.
- 11.** До якої групи належать алюмінієві сплави типу АМг, наприклад, АМгб?
- A) Ливарні сплави.
- B) Деформовні сплави, які не зміцнюються термообробкою.
- C) Деформовні високоміцні сплави.
- D) Деформовні сплави, які зміцнюються термообробкою.
- 12.** Який з алюмінієвих сплавів марок АМг2Н1 або АМг5дч має більшу міцність?
- A) АМг2Н1 міцніше у зв'язку з деформаційним зміцненням.
- B) АМг5дч міцніше у зв'язку з більшою легованістю.
- C) Міцність обох сплавів приблизно однакова.
- D) На поставлене питання можна відповісти тільки при однакових сплавах або при рівних чистоті і виду обробки.
- 13.** До яких матеріалів належить сплав ВАД23?
- A) Жароміцні алюмінієві сплави.
- B) Алюмінієві сплави, які не зміцнюються термообробкою.
- C) Ливарні алюмінієві сплави.
- D) Високоміцні алюмінієві сплави.
- 14.** До яких матеріалів належить сплав В96?
- A) Алюмінієві сплави, які не зміцнюються термообробкою.
- B) Високоміцні алюмінієві сплави.
- C) Ливарні алюмінієві сплави.
- D) В96 – криогенний титановий сплав.

- 15.** Якою маркою чотирицифрового маркування можна позначити алюмінієвий сплав АД31?
- A) 1031.
 - B) 1013.
 - C) 1310.
 - D) 3101.
- 16.** Що означає буква Т у кінці марки алюмінієвих сплавів, наприклад АК4Т?
- A) Термічну обробку: гартування + штучний відпуск.
 - B) Механічну обробку: сплав зміцнений (Т-твердий) холодною пластичною деформацією.
 - C) Термічну обробку: гартування + природний відпуск.
 - D) Систему легування: сплав додатково легований титаном.
- 17.** Який сплав позначають маркою АК6Т1?
- A) Природно зістарений кувальний алюмінієвий сплав АК6.
 - B) Загартований і штучно зістарений деформований алюмінієвий сплав АК6.
 - C) Алюмінієвий сплав, який містить 6 % Si і 1 % Ti.
 - D) Деформований алюмінієвий сплав АК6, додатково легований титаном.
- 18.** Чи можливе існування алюмінієвого сплаву марки АМг6Т?
- A) Ні. Сплави типу АМг не піддають деформаційному зміцненню.
 - B) Ні. АМг6 належить до сплавів, які не зміцнюються термообробкою.
 - C) Так. Так маркують сплав АМг6, додатково легований титаном.
 - D) Так. Так маркують природно зістарений сплав АМг6.
- 19.** Яке старіння застосовують для високоміцних сплавів марок В93, В95 та ін. Чому?
- A) Ефект від старіння у цієї групи сплавів невеликий, тому старіння, як правило, не застосовують.

- В) Природний. При штучному старінні сплави дуже зміцнюються.
- С) Штучне. При природному старінні сплави цієї групи не зміцнюються.
- Д) Для досягнення максимальної міцності – природне, для максимальної жароміцності – штучне.

20. Які деталі виготовляють із сплавів В65, Д18?

- А) Лопатки і диски компресорів реактивних двигунів.
- В) Деталі, які працюють в умовах вібраційних навантажень, наприклад, колеса шасі літаків.
- С) Конструкції з високою жорсткістю, наприклад, елерони.
- Д) Заклепки для конструкцій літаків.

Відповіді до підрозділу 1.9.2

1. А) Дійсно, алюміній має малу щільність. Інші властивості вибрані неправильно.

В) Алюміній належить до групи легких металів, тому він не може мати високу щільність.

С) Правильно.

Д) Алюміній має високу корозійну стійкість, тому що на його поверхні утворюється щільна окисна плівка.

2. А) Правильно.

В) Алюміній не має поліморфізму.

С) Неправильно.

Д) Неправильно.

3. А) Сплави, які позначені буквою d, входять до групи ливарних сплавів.

В) Сплави, які позначені буквою a, входять до групи деформовних сплавів (сплави, що не зміцнюються термообробкою).

С) Правильно.

Д) Сплави, які позначені буквою b, входять до групи деформовних і ливарних сплавів, що зміцнюються термообробкою.

4. А) Сплави, які позначені буквою а, входять до групи деформовних сплавів (сплави, що не зміцнюються термообробкою).

В) Правильно.

С) Сплави, які позначені буквою d, входять до групи ливарних сплавів.

Д) Сплави, які позначені буквою с, входять до групи деформовних сплавів (що зміцнюються і не зміцнюються термічною обробкою).

5. А) Правильно.

В) Фіксація гартуванням високотемпературного стану не викликає в сплавах системи Al-Cu зміцнення.

С) Неправильно. В алюмінієвих сплавах мартенситної структури не утворюється.

Д) У сплавах системи Al-Cu металографічне виявлення дисперсних фаз збігається з початком розміцнення сплаву.

6. А) Неправильно.

В) Правильно.

С) Неправильно.

Д) Неправильно.

7. А) Від температури старіння залежить характер нових зміцнювальних фаз, які визначають міцність сплаву.

В) Неправильно.

С) Правильно.

Д) Підвищення міцності сплавів системи Al-Cu досягається старінням загартованих сплавів.

8. А) Правильно.

В) Неправильно. Утворювання зон ГП, навпаки, забезпечує зміцнення сплавів.

С) Неправильно. В алюмінієвих сплавах мартенситні структури не утворюються.

Д) Неправильно. Зазвичай упорядкування твердих розчинів супроводжується підвищенням твердості з одночасним

зниженням пластичності. Упорядкування для алюмінієвих сплавів не характерне.

9. А) Неправильно. Відпал наближає сплав до рівноваги, а повернення – віддаляє.

В) Правильно.

С) Структуру, отриману в результаті повернення, навряд чи можна назвати рівноважною.

Д) Ця відповідь характеризує повернення – стадію рекристалізаційного відпалу сталей, але не природно зістарених алюмінієвих сплавів.

10. А) Неправильно. Виділення стабільних фаз наближає сплав до рівноваги. При поверненні сплав від рівноваги віддаляється.

В) Неправильно. Виділення метастабільних фаз наближає сплав до рівноваги. При поверненні сплав віддаляється від рівноваги.

С) Правильно.

Д) При поверненні, дійсно, усуваються локальні викривлення, але в цілому кристалічна решітка виявляється спотвореною не менше, ніж до повернення.

11. А) Неправильно.

В) Правильно.

С) Неправильно.

Д) Неправильно.

12. А) Деформація, дійсно, зміцнює сплав, але чи можна стверджувати, не спираючись на експериментальні дані, що він став міцніше, ніж сплав іншого хімічного складу.

В) АМг5дч, дійсно, містить більше зміцнювальних легованих елементів. Але сплав АМг2 зміцнюється обробкою .

С) Для подібного твердження, яке не спирається на експериментальні дані, немає підстав.

Д) Правильно.

13. А) Неправильно.
В) Неправильно.
С) Неправильно.
D) Правильно.

14. А) Неправильно.
В) Правильно.
С) Неправильно.
D) Неправильно.

15. А) Неправильно.
В) Неправильно.
С) Правильно.
D) Неправильно.

16. А) Термічну обробку алюмінієвих сплавів, що складається з гартування і штучного відпуску, позначають T1.

В) Зміцнювальну обробку алюмінієвих сплавів, що складається з пластичної деформації металу, позначають, залежно від ступеня деформації, буквами H або HH.

С) Правильно.

D) Неправильно.

17. А) В кінці марки загартованих і природно зістарених алюмінієвих сплавів буква T ставиться без цифр.

В) Правильно.

С) Неправильно.

D) Позначення T1 наприкінці марки сплаву вказує на вид термічної обробки.

18. А) Наведене позначення не припускає деформаційного зміцнення. Деформаційне зміцнення сплавів позначають буквою H, а не T.

В) Правильно.

С) Неправильно. Буква T на кінці марки алюмінієвого сплаву вказує на характер термічної обробки (гартування + природне старіння).

D) Неправильно. Сплави типу AMg старінню не піддають.

19. А) Неправильно.
В) Неправильно.
С) Правильно.
D) Неправильно.
20. А) Неправильно.
В) Неправильно.
С) Неправильно.
D) Правильно.

1.9.3. Титан та сплави на його основі

Титан зустрічається в природі у вигляді руд, що містять рутил TiO_2 і ільменіт $FeTiO_3$. В результаті збагачення руд з них отримують титанові концентрати. Отримати титан з цих концентратів відразу не вдається через те, що він активно розчиняє в собі кисень і азот, а в розплавленому стані реагує з усіма вогнетривами. Тому спочатку отримують тетрахлорид титану шляхом взаємодії TiO_2 з вугіллям у потоці хлору. Тетрахлорид титану – це рідина, її фільтрують, очищують дистиляцією і відновлюють парами магнію в нейтральній атмосфері при температурі близько $1000^\circ C$. Отриману титанову губку (пористий титан) пресують в електроди, які переплавляють у вакуумних дугових печах у злитки. Чистота титану за такою технологією становить 99,6-99,7 %.

Титан має дві алотропічні модифікації: α -Ті з гексагональною щільноупакованою решіткою (нижче $882^\circ C$), при більш високих температурах (до $t_{пл} = 1665^\circ C$) β - Ті з об'ємнокубічною решіткою. Титан може бути віднесений як до тугоплавких металів (температура плавлення вище, ніж у Fe), так і до легких (щільність Ті ~ 4500 кг/м³). За хімічною стійкістю він не поступається корозійностійким (нержавіючим) сталям, а в ряді випадків перевищує їх.

Сплави із структурою α -розчину (чистий Ті або його сплави з алюмінієм) застосовуються в основному як корозійностійкі сплави, у них не відбувається корозія на повітрі, в прісній і

морській воді, а також у розчинах сірчаної і соляної кислот. Як конструкційний матеріал використовують в основному двофазні ($\alpha + \beta$) - сплави титану. Їх термічно обробляють гартуванням і старінням. Через підвищену крихкість β -сплави титану широко не застосовуються.

Титанові сплави найбільш широко застосовують в авіації та ракетній техніці для виготовлення деталей, що працюють при температурах 250...550°C, коли легкі алюмінієві сплави вже не можуть працювати, а сталі і нікелеві сплави поступаються їм за питомою міцністю.

Для підвищення міцності титанові сплави легують марганцем, залізом, алюмінієм, молібденом, хромом, ванадієм, оловом і іншими елементами. Елементи, які розширюють область існування α -модифікації титану і підвищують температуру $\alpha \rightarrow \beta$ переходу, називають α -стабілізаторами. Важливішим елементом цієї групи є Al. Елементи, які розширюють область існування β -модифікації титану і знижують температуру поліморфного перетворення, називають β -стабілізаторами. Найважливішими з них є Mo, V, Cr, Mn, Fe, Ni та ін. Здатність β -фази до переохолодження лежить в основі термічної обробки титанових сплавів. Елементи, що практично не впливають на температуру поліморфного перетворення, називають нейтральними. Найбільше практичне значення з них мають Sn і Zr.

За структурою у відпаленому стані титанові сплави підрозділяють на п'ять груп: α -сплави (BT1-0, BT5 та ін.); псевдо α -сплави (OT4, BT4, BT18 та ін.); $\alpha + \beta$ -сплави (BT6, BT3 - 1, BT22 та ін.); псевдо β -сплави (BT15, TC6 та ін.); β -сплави (4201 та ін.).

α -сплави характеризуються однофазною структурою. Вони не зміцнюються термічною обробкою. Підвищення їх міцності досягається холодною пластичною деформацією.

Псевдо α -сплави можуть гартуватися з утворенням титанового мартенситу α' , який являє собою твердий розчин легуючих елементів в α -титані. Мартенсит у псевдо α -сплавах має малий ступінь пересиченості. Зміцнення сплаву при цьому незначне.

$\alpha + \beta$ - сплави піддають зміцнювальній термічній обробці, яка складається з гартування і старіння. Гартування полягає в нагріванні до температур, нижче повного перетворення $\alpha + \beta \rightarrow \beta$ (у β -стані відбувається інтенсивне зростання зерна), витримці і наступному швидкому охолодженні. Залежно від вмісту β -стабілізаторів у загартованому сплаві можливе утворення мартенситних фаз α' і α'' , а також метастабільної фази β' . При високому вмісті β -стабілізаторів і при малих та середніх швидкостях охолодження може утворитися фаза ω , яка робить сплав крихким. Появи цієї фази прагнуть не допускати. При старінні (штучному) відбувається розпад загартованих структур (α' , α'' , β'). Кінцеві продукти – дисперсні α і β -фази, близькі до рівноважного стану, утворення яких викликає дисперсне зміцнення (твердіння) сплаву.

При загартуванні псевдо β -сплавів фіксується метастабільна β' -фаза. При старінні з β' виділяється тонкодисперсна α -фаза, яка підвищує міцність і твердість сплаву.

β -сплави при всіх температурах мають структуру β -фази. Термічною обробкою не зміцнюються.

Промисловість випускає титан і його сплави в основному у вигляді листа товщиною від 0,3 до 10,5 мм, шириною 400-1200 мм і довжиною 1500-5000 мм. Чистий титан випускають двох марок (ВТ1-0 і ВТ1-00), сплави – 14 марок: ВТ5-1, ОТ-4, ВТ-20, ПТ7М та ін.

Ливарні титанові сплави в кінці позначення марки мають букву Л (ВТЗ-1Л та ін.).

Питання - тести до підрозділу 1.9.3

1. До якої групи металів належить титан?
 - А) Благородні.
 - В) Рідкісноземельні.
 - С) Тугоплавкі.
 - Д) Легкоплавкі

2. Які кристалічні решітки мають поліморфні модифікації титану?
- A) α -ОЦК, β -ГПУ.
 - B) α -ГЦК, β -ОЦК.
 - C) α -ГПУ, β -ОЦК.
 - D) α -ГПУ, β -ГЦК.
3. Титан має дві алотропічні модифікації: α – з ГЦУ решіткою і β – з решіткою ОЦК. Яка з модифікацій високо- або низькотемпературна більш пластична?
- A) Пластичність не залежить від типу кристалічної решітки. Її величина є дослідною характеристикою.
 - B) α - β більш пластичний.
 - C) В обох модифікаціях титан однаково пластичний.
 - D) У низькотемпературної модифікації титан більш пластичний.
4. Як впливають на температуру поліморфного перетворення титану алюміній, молібден, олово?
- A) Sn – підвищує, Al – знижує, Mo – практично не впливає.
 - B) Al – підвищує, Mo – знижує, Sn – практично не впливає.
 - C) Mo – підвищує, Sn – знижує, Al – практично не впливає.
 - D) Al – підвищує, Sn – знижує, Mo – практично не впливає.
5. Яка властивість робить титанові сплави особливо цінними при створенні літальних апаратів?
- A) Низька щільність.
 - B) Висока абсолютна міцність.
 - C) Висока хімічна стійкість.
 - D) Висока питома міцність.
6. Яка обробка проводиться для зміцнення α -сплавів титану?
- A) Гартування.
 - B) Гартування + старіння.
 - C) Холодна пластична деформація.
 - D) Стабілізуючий відпал.

7. Чому при гартування титанових сплавів їх не нагрівають в область β ?
- A) При гартуванні з β -області не утворюється мартенситних структур.
 - B) При гартуванні з β -області утворюється малопересичений мартенсит.
 - C) При гартуванні з β -області утворюється ω -фаза, яка робить сплав крихким.
 - D) У β -області відбувається сильне зростання зерна.
8. Чи можна використовувати для зміцнення титанових сплавів ω -фазу?
- A) Так. ω -фаза зміцнює сплав без зниження його пластичності.
 - B) Ні. ω -фаза має низьку твердість.
 - C) Так. ω -фаза інтенсивно зміцнює сплав, трохи знижуючи його пластичність.
 - D) Ні. ω -фаза робить сплав крихким.
9. Яка обробка проводиться для зміцнення $\alpha + \beta$ сплавів титану?
- A) Стабілізуючий відпал.
 - B) Гартування + старіння.
 - C) Відпал + старіння.
 - D) Гаряча пластична деформація.
10. До якої групи (яким групам) належать титанові сплави VT18 і OT4?
- A) VT18 – до $(\alpha + \beta)$ -сплавів, OT4 – до псевдо α -сплавів.
 - B) VT18 – до $(\alpha + \beta)$ -сплавів, OT4 – до β -сплавів.
 - C) VT18 – до псевдо α -сплавів, OT4 – сплав на основі олова, а не титану.
 - D) Обидва – до псевдо α -сплавів.

Відповіді до підрозділу 1.9.3

1. А) До благородних металів належать срібло, золото, метали групи платини. До групи благородних відносять також мідь.
В) Неправильно. До групи рідкісноземельних металів входять лантаноїди і подібні до них ітрій і скандій.
С) Правильно.
D) Температура плавлення титану вище $t_{пл}$ заліза. Отже, Ті ніяк не може належати до легкоплавких металів.
2. А) Неправильно.
В) Титан у модифікації α має гексагональну щільноупаковану кристалічну решітку.
С) Правильно.
D) Титан у модифікації β має об'ємноцентровану кубічну кристалічну решітку.
3. А) Неправильно. Пластичність матеріалу визначається числом площин легкого ковзання в кристалічній решітці.
В) Правильно.
С) Неправильно. Решітка ГЦУ має менше площин легкого ковзання, ніж ОЦК. Отже, α -титан менш пластичний.
D) Неправильно. Низькотемпературна модифікація має щільноупаковану кристалічну решітку.
4. А) У цій відповіді вплив усіх елементів зазначено неправильно.
В) Правильно.
С) У цій відповіді вплив усіх елементів зазначено неправильно.
D) У цій відповіді вплив олова і молібдену зазначено неправильно.
5. А) Низька щільність щодо характеристик міцності не може визначати ефективність використання металу як конструкційного матеріалу.
В) За абсолютною міцністю титанові сплави поступаються більш дешевим високоміцним сталям.

С) Хімічна стійкість дозволяє використовувати титан у конструкціях, які працюють з агресивними середовищами (вентилі, трубопроводи тощо). Однак застосування титану в літальних апаратах значно різноманітніше.

Д) Правильно.

6. А) Неправильно. При гартуванні, хоча і виникає мартенситоподібна структура, вона не призводить до зміцнення сплаву.

В) Неправильно. Мартенситоподібна структура, що утворюється в α -сплавах при швидкому охолодженні, не є пересиченим розчином, отже, старіння не може призвести до зміцнення сплаву.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Стабілізуючий відпал знімає напруження, а це призводить до зниження міцності.

7. А) Неправильно. Утворення мартенситної структури визначається режимом охолодження сплаву.

В) Неправильно. Насиченість мартенситу визначається складом сплаву.

С) Неправильно. Утворення ω -фази залежить від концентрації в сплаві С-стабілізаторів і від режиму охолодження.

Д) Правильно.

8. А) Неправильно.

В) Властивості фази ω неправильні.

С) Неправильно.

Д) Правильно.

9. А) Неправильно. Відпал, звичайно, призводить до зменшення, а не збільшення міцності.

В) Правильно.

С) Неправильно. Після відпалу структура близька до рівноважної, тому при старінні вона змінитися не може, а отже, не відбудеться зміцнювання.

Д) Неправильно. При гарячій деформації рекристалізаційні процеси повністю знімають зміцнення, що виникло в результаті наклепу.

10. А) Тип структури сплаву ВТ18 неправильний.
В) Тип структури обох сплавів неправильний.
С) ОТ4 – марка сплаву на основі титану.
Д) Правильно.

1.9.4. Сплави на основі магнію та берилію. Антифрикційні сплави

У ряді технічних легких металів (Al, Be, Mg, Ti) найбільш легким є магній. Його щільність – близько 1740 кг/м³, температура плавлення 651°C. Він має ГЦУ кристалічну решітку. Mg – активний метал, енергійно взаємодіє з киснем повітря. Тонка плівка оксиду MgO при температурі нижче 450°C захищає поверхню від подальшого окиснення, однак, при більш високих температурах захисні властивості оксиду порушуються, і при 623°C магній згорає сліпучо яскравим полум'ям. Магній має досить низькі (особливо в литому стані) механічні властивості ($\sigma_B = 100...120$ МПа; $\sigma_{0,2} = 20...30$ МПа; $\delta = 6...8\%$; НВ = 300 МПа). Характеристики міцності в значній мірі залежать від зернистості і дефектності литої структури. Низька пластичність Mg пояснюється тим, що в металах з гексагональною кристалічною структурою при температурі, близькій до нормальної, ковзання відбувається тільки по базисних площинах і лише при нагріванні з'являються додаткові площини ковзання і двійникування.

Перевагами магнієвих сплавів є високі питомі механічні властивості, хороша оброблюваність різанням, відмінні демпфівальні властивості, висока корозійна стійкість у лугах, гасі, бензині, мінеральних мастилах (для запобігання повітряній корозії магнієві сплави оксидують або покривають лакофарбовими плівками, епоксидною смолою).

Сплави магнію легують марганцем, алюмінієм, цинком, цирконієм, літієм, берилієм, рідкісноземельними елементами (РЗЕ). Mn підвищує корозійну стійкість сплаву і одночасно збільшує його міцність. Al та Zn збільшують міцність і модифікують (подрібнюють) структуру литих сплавів. Найбільш інтенсивно подрібнює зерно Zr, крім того, він збільшує пластичність. Значно збільшує пластичність Li, до того ж він знижує щільність сплаву. Введення малих кількостей Be (0,005...0,02%) майже повністю виключає займання магнію при нагріванні. Рідкісноземельні елементи збільшують опір повзучості сплаву при високих температурах (до 250°C).

Для зміцнення магнієвих сплавів широко використовується ефект дисперсійного твердіння з виділенням дисперсних фаз типу Mg_4Al_3 , $MgZn_2$ та ін., що протікає при штучному старінні загартованих сплавів. Дифузійні процеси в магнієвих сплавах відбуваються надзвичайно повільно, тому операції термообробки мають більшу тривалість (час витримки при температурі гартування досягає 24 год). Охолодження при гартуванні ведуть у гарячій воді або на повітрі.

Основні види термічної обробки мають певні умовні позначення. Відпал позначають T2, гартування – T4, гартування і старіння для отримання максимальної твердості – T6, гартування і стабілізуючий відпуск - T7 і т.д.

Наприклад, MA11T4 означає деформований магнієвий сплав MA11 після гартування.

За технологією виготовлення магнієві сплави поділяють на ливарні і деформовані (ливарні маркують літерами МЛ, деформовані – МА). За застосуванням сплави класифікують на конструкційні (більшість сплавів) та сплави із спеціальними властивостями (наприклад, MA17 застосовують для виготовлення звукопроводів ультразвукових ліній затримки). За щільністю сплави підрозділяють на легкі і надлегкі. До надлегких належать сплави, леговані літієм (MA18, MA21), решта – легкі.

Сплави, леговані значною кількістю ітрію (IMB5, IMB7), відрізняє висока міцність і пластичність при температурах вище 250°C.

Берилій належить до групи легких металів (щільність 1800 кг/м^3). Він має дві алотропічні модифікації. $\text{Be} - \alpha$ має ГЦУ кристалічну решітку і існує до 1250°C . Від 1250°C до температури плавлення (1284°C) берилій існує в модифікації β з ОЦК решіткою.

У берилію дуже високі питомі міцність і жорсткість. За цими характеристиками, особливо за питомою жорсткістю, Be значно перевершує високоміцні сталі і сплави на основі алюмінію, магнію, титану. Берилій має велику приховану теплоту плавлення і дуже високу приховану теплоту випаровування. Високі теплові та механічні властивості дозволяють використовувати берилій як теплозахисний і конструкційний матеріал космічних літальних апаратів (головні частини ракет, гальмівні пристрої космічних кораблів, оболонки кабін космонавтів, камери згорання ракетних двигунів і т.д.). Висока питома жорсткість у поєднанні зі стабільністю розмірів, високою теплопровідністю та іншими властивостями дають можливість використовувати берилій при створенні високоточних приладів (деталі інерційних систем навігації – гіроскопів та ін.).

Широке застосування берилію стримується високою вартістю, пов'язаною з малою поширеністю в природі, складністю технології переробки руд і виготовлення деталей, токсичністю металу.

Сплави кольорових металів широко застосовуються як антифрикційні (підшипникові) матеріали. Вони мають гетерогенну структуру, яка складається з м'якої основи з рівномірно розподіленими включеннями твердих частинок (бабіти, ряд сплавів на основі міді, цинкові антифрикційні сплави) або з твердої основи і м'яких включень (свинцевиста бронза, олов'янистий алюміній).

Олово, наприклад, Б83, Б16, БКА – сплави на основі олова (Б83) або свинцю (Б 16 – з домішкою Sn, БКА – неолов'янисті). Застосовують бабіти для виготовлення вкладишів підшипників ковзання швидкохідних важких машин (Б83, Б88), автомобільних моторів (Б16), підшипників вагонів (БКА, БК2).

Кращі антифрикційні властивості мають олов'янисті бабіти. Вони добре притираються до вала, мають високу теплопровідність і корозійну стійкість. Через дефіцитність олова їх застосовують в основному для підшипників швидкісних машин великої потужності, де потрібна висока в'язкість і мінімальний коефіцієнт тертя. З цієї групи сплавів на залізничному транспорті використовують бабіт Б83 для заливки підшипників компресорів локомотивів і моторно-осьових підшипників локомотивів.

Для вагонів, не обладнаних роликowymi підшипниками, застосовують бабіт на свинцевистій основі БКА, а для заливання вкладишів підшипників тепловозів – БК2. У депо і на ремонтних заводах для підшиптування бабіту застосовують чушковий бабіт БКШ, що має більший вміст натрію, який вигорає при переплавці.

Алюмінієві підшипникові сплави, наприклад АО9-2, АО20-1, працюють в умовах високої енергонапруженості (при високому тиску і швидкостях ковзання).

Алюмінієві антифрикційні сплави призначені для виготовлення литих підшипників і біметалічних стрічок. Поєднання матеріалів стрічок і смуг методом прокатки з наступним штампуванням з них вкладишів. Сплави марок АО3-7 і АО9-2 призначені для відливання вкладишів і втулок, АО6-1, АО9-1, АО20-1, АСМ і АСМТ – для виготовлення біметалічної стрічки з товщиною антифрикційного шару менше 0,5 мм, а сплав АН2,5 використовують як для відливання підшипників, так і для прокатки стрічки з товщиною антифрикційного шару 0,5 мм. З цією ж метою застосовують сплави на цинковій основі: ЦАМ9-1,5Л і ЦАМ10-5Л – для відливання підшипників, а сплави ЦАМ9-1, 5 і ЦАМ10-5 (без букви Л) – для отримання біметалічних стрічок з наступним штампуванням з них вкладишів.

Незначно поступається за антифрикційними властивостями алюмінієвим сплавам свинцевиста бронза БрС30. Бронзу БрО5Ц5С5, латунь ЛЦ16К4 та інші застосовують як антифрикційні матеріали при невисоких швидкостях ковзання (1...3 м/с).

Питання - тести до підрозділу 1.9.4

1. Які основні якісні характеристики магнію?
 - A) Низька жорсткість, низька щільність, високі демпфівальні властивості, низька пластичність.
 - B) Висока жорсткість, низька щільність, низькі демпфівальні властивості, висока пластичність.
 - C) Висока жорсткість, низька щільність, високі демпфівальні властивості, висока пластичність.
 - D) Низька жорсткість, низька щільність, високі демпфівальні властивості, висока пластичність.
2. Який тип кристалічної решітки магнію?
 - A) У низькотемпературній модифікації – ГЦУ, у високотемпературній – ОЦК.
 - B) Об'ємноцентрована кубічна (К8).
 - C) У низькотемпературній модифікації – ОЦК, у високотемпературній – ГЦК.
 - D) Гексагональна щільноупакована (Г12).
3. Які (орієнтовно) режими гартування сплавів на основі магнію?
 - A) Температура близько 100°C , витримка до 40 год, охолодження в розчинах солей.
 - B) Температура близько 200°C , витримка до 12 год, охолодження в маслі або на повітрі.
 - C) Температура близько 700°C , витримка 15...30 хв, охолодження в холодній воді.
 - D) Температура близько 400°C , витримка до 24 год, охолодження в гарячій воді або на повітрі.
4. Який механізм старіння, що приводить до зміцнення загартованих магнієвих сплавів?
 - A) Утворення в пересиченому твердому розчині зон Гінье-Престона.
 - B) Повна рекристалізація структури сплаву.
 - C) Виділення з пересиченого твердого розчину дисперсних інтерметалідних фаз.
 - D) Утворення додаткових обсягів мартенситу.

5. Чим пояснюється тривалість витримки, яка притаманна магнієвому сплаву, при температурах термообробки?
- A) Низькою швидкістю дифузійних процесів.
 - B) Дефектністю кристалічної структури сплавів.
 - C) Типом кристалічної решітки магнію.
 - D) Високим рівнем енергії зв'язку атомів у решітці.
6. Які властивості магнієвих сплавів дозволяють ефективно застосовувати їх як конструкційні матеріали?
- A) Хороша оброблюваність різанням.
 - B) Висока абсолютна міцність.
 - C) Низька щільність.
 - D) Високі питомі механічні властивості.
7. Чим можна пояснити низьку пластичність магнію?
- A) Відсутністю поліморфізму.
 - B) Малим числом площин ковзання в кристалічній решітці.
 - C) Дефектністю кристалічної решітки.
 - D) Високою енергією зв'язку атомів у решітці.
8. Який сплав позначають маркою МЛЗТ2?
- A) Ливарний магнієвий сплав МЛЗ, додатково легований рідкісноземельними елементами.
 - B) Загартований і штучно зістарений ливарний магнієвий сплав МЛЗ.
 - C) Відпалений магнієвий сплав МЛЗ.
 - D) Магнієвий сплав, який містить 3 % Li і 2 % Ti.
9. Який сплав позначають маркою МА11Т6?
- A) Загартований і зістарений на максимальну твердість магнієвий сплав МА11.
 - B) Магнієвий сплав, що містить 11 % Al і 6 % Ti.
 - C) Відпалений деформований магнієвий сплав МА11.
 - D) Жароміцний магнієвий сплав МА11, легований додатково торієм.

10. Які магнієві сплави називають надлегкими?
- A) Всі конструкційні магнієві сплави належать до надлегких.
 - B) Сплави, леговані берилієм.
 - C) Сплави, леговані літієм.
 - D) Сплави, леговані РЗЕ.
11. Яка роль рідкоземельних елементів у легуванні магнієвих сплавів?
- A) РЗЕ підвищують міцність і пластичність сплавів при криогенних температурах.
 - B) РЗЕ збільшують опір повзучості сплаву при підвищених температурах.
 - C) РЗЕ підвищують корозійну стійкість сплавів.
 - D) РЗЕ виключають займання магнію при нагріванні.
12. Яке призначення магнієвих сплавів, легованих ітрієм, наприклад сплаву ІМВ7?
- A) Робота в умовах глибокого вакууму.
 - B) Робота в корозійноактивних середовищах.
 - C) Робота при температурах рідкого водню.
 - D) Робота при високих (більше 250°C) температурах.
13. До яких видів належать сплави марок АЛ19 і МА21?
- A) АЛ19 – деформований сплав Al, МА21 – ливарний сплав Mg.
 - B) АЛ19 – сплав, що не зміцнюється термообробкою, на основі Al, МА21 – мідь технічної чистоти.
 - C) АЛ19 – ливарний сплав Al, МА21 – деформований сплав Mg.
 - D) АЛ19 – алюмінієвий сплав, легований літієм, МА21 – магнієвий сплав, легований алюмінієм.
14. До яких матеріалів належить сплав МЛ5?
- A) Алюмінієві сплави, леговані літієм.
 - B) Ливарні магнієві сплави.
 - C) α -сплави титану.
 - D) Ливарні мідні сплави.

15. До якої групи металів належить берилій?
- A) Рідкісноземельні.
 - B) Тугоплавкі.
 - C) Благородні.
 - D) Легкі.
16. Якими з наведених у відповідях властивостей характеризується берилій?
- A) Високою $t_{\text{пл}}$ (1665°C), низькою жорсткістю, низькою щільністю (4500 кг/м^3).
 - B) Високою $t_{\text{пл}}$ (1284°C), високою жорсткістю, низькою щільністю (1800 кг/м^3).
 - C) Високою $t_{\text{пл}}$ (1539°C), високою жорсткістю, високою щільністю (7800 кг/м^3).
 - D) Низькою $t_{\text{пл}}$, (651°C), низькою жорсткістю, низькою щільністю (1740 кг/м^3).
17. Який тип кристалічної решітки берилію?
- A) Гексагональна щільноупакована (Г 12).
 - B) Об'ємноцентрована кубічна (К8).
 - C) У низькотемпературній модифікації – ОЦК, у високотемпературних – ГЦК.
 - D) У низькотемпературній модифікації – ГЦУ, у високотемпературних – ОЦК.
18. Який з матеріалів може бути застосований для виготовлення пружного елемента відповідального призначення?
- A) МА5.
 - B) БрБ2.
 - C) ВТ1-0.
 - D) АК4-1.
19. Для яких з перелічених у відповідях виробів застосовують берилій або сплави на його основі?
- A) Високоякісні гіроскопи.
 - B) Пружні елементи електронної апаратури.
 - C) Самозмащувальні підшипники ковзання.
 - D) Заклепки корпусів ракет.

20. Який з перелічених у відповідях виробів може бути виготовлено з берилію або із сплавів на його основі?
- A) Камера згорання ракетного двигуна.
 - B) Осердя реле постійного струму.
 - C) Антена космічного апарата з пам'яттю форми.
 - D) Опора ковзання високоточного приладу, наприклад, гіроскопа.
21. Які основні ознаки підшипникових сплавів?
- A) Сплав має однофазну структуру.
 - B) Сплав має високу твердість.
 - C) Сплав має багатофазну структуру, що складається з м'якої основи та твердих включень або з твердої основи і м'яких включень.
 - D) Сплав має дрібнозернисту будову.
22. Що таке бабіт?
- A) Латунь з двофазною структурою.
 - B) Ливарний алюмінієвий сплав.
 - C) Антифрикційний сплав.
 - D) Бронза, зміцнена залізом і марганцем.
23. Для виготовлення яких деталей застосовують сплав Б83?
- A) Відповідальних пружних елементів приладів.
 - B) Паливних і кислотних баків ракет.
 - C) Передніх кромки крил надзвукових літаків.
 - D) Швидкохідних, високонавантажених підшипників ковзання.
24. Який з наведених у відповідях матеріалів кращий для виготовлення швидкохідних підшипників ковзання?
- A) БрО5Ц5С5.
 - B) АО9-2.
 - C) АЧС-3.
 - D) ЛЦ16К4.

Відповіді до підрозділу 1.9.4

1. A) Правильно.
B) Магній, дійсно, легкий метал. Решта характеристик неправильні.
C) Магній має низьку жорсткість і низьку пластичність.
D) Магній має низьку пластичність (відносне подовження 6...8%).

2. A) Неправильно. Магній не має поліморфних модифікацій.
B) Неправильно.
C) Неправильно. Магній не має поліморфних модифікацій.
D) Правильно.

3. A) Неправильно.
B) Неправильно.
C) Неправильно. Температура 700°C перевищує температуру плавлення магнію.
D) Правильно.

4. A) Деякі магнієві сплави зміцнюються при виділенні фаз ГП. Однак це не основний механізм зміцнення.
B) Неправильно. Рекристалізаційний відпал і старіння - це різні види термообробки.
C) Правильно.
D) Неправильно. При термічній обробці магнієвих сплавів мартенсит не утворюється.

5. A) Правильно.
B) Неправильно. Дефектність кристалічної структури не можна пояснити тривалістю затримок при термообробці.
C) Неправильно. Тривалість витримки при термообробці мало пов'язана з типом кристалічної решітки.
D) Неправильно. Мірилом енергії зв'язку атомів у кристалічній решітці є температура плавлення речовини. Для магнію цей показник невеликий.

6. А) Хороша оброблюваність різанням або будь-яким іншим технологічним методом може лише сприяти використанню матеріалу, але не є вирішальним чинником його застосування.

В) Неправильно. Магнієві сплави не мають високих абсолютних властивостей міцності.

С) Низька щільність щодо характеристик міцності не може визначати ефективність використання металу як конструкційного матеріалу.

Д) Правильно.

7. А) Багато металів, незважаючи на відсутність поліморфізму, є дуже пластичними матеріалами, наприклад, мідь, алюміній, срібло та інші.

В) Правильно.

С) Звичайно, збільшення кількості дефектів кристалічної будови понад деякої величини веде до зниження пластичності металу. Але в даному випадку мова йде про природні характеристики магнію.

Д) Неправильно. Мірилом енергії зв'язку атомів у кристалічній решітці є температура плавлення речовини. Для магнію цей показник невеликий.

8. А) Неправильно. Позначення T2 належить до термічної обробки, а не до хімічного складу.

В) Неправильно. Гартування і старіння для отримання максимальної твердості у магнієвих сплавах позначається T6.

С) Правильно.

Д) Неправильно. Позначення L3 і T2 не мають відношення до легуючих елементів.

9. А) Правильно.

В) Неправильно.

С) Неправильно. Відпал магнієвих сплавів позначають T2.

Д) У марках магнієвих сплавів буква T і число після неї вказують на характер термічної обробки.

10. А) Неправильно. Саме магнієві сплави за щільністю підрозділяють на легкі і надлегкі.

В) Надлегкі сплави – це сплави менш щільні, ніж магній. Але Ве у порівнянні з Mg більш щільний метал.

С) Правильно.

Д) Надлегкі сплави – це сплави менш щільні, ніж магній. Але всі рідкісноземельні елементи у порівнянні з магнієм – більш щільні метали.

11. А) Неправильно.

В) Правильно.

С) Основним елементом, який підвищує корозійну стійкість магнієвих сплавів, є марганець.

Д) Виключає займання магнію при нагріванні введення у сплав малих кількостей берилію.

12. А) Неправильно.

В) Неправильно.

С) Неправильно.

Д) Правильно.

13. А) Неправильно.

В) Неправильно. АЛ 19 – сплав алюмінію, зміцнений термообробкою. МА21 – не мідь (у марках міді немає букви А).

С) Правильно.

Д) Неправильно. Букви Л і А не означають, що розглядаються сплави, леговані літієм і алюмінієм (хоча в сплаві МА21, дійсно, алюміній є).

№ 14. А) Неправильно.

В) Правильно.

С) Неправильно.

Д) Неправильно.

15. А) Неправильно. До групи рідкісноземельних металів входять лантаноїди і подібні до них ітрій і скандій.

В) Температура плавлення берилію (1284°C) нижче температури плавлення заліза (1539°C). Отже, Ве – не тугоплавкий метал.

С) До благородних металів належать срібло, золото, метали групи платини. До групи благородних відносять також мідь.

Д) Правильно.

16. А) Неправильно. У вибраній відповіді наведені характеристики Ті.

В) Правильно.

С) Неправильно. У вибраній відповіді наведені характеристики Fe.

Д) Неправильно. У вибраній відповіді наведені характеристики Mg.

17. А) Решітка Г12 має низькотемпературну модифікацію берилію.

В) Решітка К8 має високотемпературну модифікацію берилію.

С) Неправильно.

Д) Правильно.

18. А) Неправильно. Магнієві сплави для виготовлення пружин не використовують.

В) Правильно.

С) Неправильно. Титан для виготовлення пружин не використовують.

Д) Неправильно. Алюмінієві сплави для виготовлення пружин не використовують.

19. А) Правильно.

В) Неправильно.

С) Неправильно.

Д) Неправильно.

20. А) Правильно.
В) Берилій не має феромагнетизму.
С) Берилій та сплави на його основі не мають пам'яті форми.
D) Неправильно.
21. А) Неправильно.
В) Неправильно.
С) Правильно.
D) Неправильно.
22. А) Неправильно.
В) Неправильно.
С) Правильно.
D) Неправильно.
23. А) Неправильно.
В) Неправильно.
С) Неправильно.
D) Правильно.
24. А) Бронзи застосовують як антифрикційні матеріали при середніх швидкостях ковзання. БрО5Ц5С5 працює при малих швидкостях (до 3 м/с).
В) Правильно.
С) Антифрикційні чавуни використовують для роботи при малих швидкостях ковзання (АЧС-3 – до 0,75 м/с).
D) Латунь ЛЦ16К4 застосовують як антифрикційний матеріал при малих швидкостях ковзання (до 2 м / с).

2. ПРОМИСЛОВІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

2.1. Будівельні матеріали

2.1.1. Природні кам'яні матеріали

Природними кам'яними називають такі матеріали, які отримують подрібненням, розсівом, розпиленням, шліфуванням, поліруванням тощо. Залежно від ступеня обробки кам'яні матеріали поділяють на: 1) *грубо оброблені*; 2) *вироби*; 3) *профільовані деталі*.

До першої групи відносять бутовий камінь, щебінь, гравій, гальку, пісок; до другої – камені, блоки, плити простої геометричної форми, отримані шляхом обробки кожного каменя (штучний камінь); до третьої – матеріали, що мають профільовані поверхні і архітектурні деталі.

Багато гірських порід служать сировиною для виготовлення таких будівельних матеріалів, як цемент, будівельне вапно, цегла та ін.

Найважливішими породоутворюючими мінералами, які входять у початковий склад гірських порід, що найбільш часто застосовуються для виготовлення природних кам'яних матеріалів, є такі:

кварц – кристалічний двоокис кремнію SiO_2 ;

польові шпати – алюмосилікати калію $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$, алюмосилікати натрію $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$, алюмосилікати кальцію $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ і їх суміші;

темно зафарбовані мінерали – олівін, який складається із суміші двох мінералів – форстеоріту Mg_2SiO_2 і фаяліту Fe_2SiO_2 , амфіболи, піроксени;

слюди – водні алюмосилікати складного і різноманітного складу;

каліоніт $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – водний силікат алюмінію;

кальцит CaCO_3 – один з поширених мінералів земної кори;

магнезит MgCO_3 – близький за своїми властивостями до кальциту, але більш міцний і твердий;

доломіт CaCO_3 MgCO_3 – за властивостями посідає проміжне місце між кальцитом і магнезитом;

гіпс – гідрат сульфату кальцію $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, м'який маломіцний легкорозчинний водою мінерал.

Склад та властивості гірських порід визначаються властивостями їх утворення. Існує кілька видів гірських порід.

Глибинні гірські породи утворилися в результаті повільного охолодження магми у земної корі. До них відносять: граніт, сієніт, діорит, габро. Матеріали з цих порід застосовують для мостів, тунелів, автодоріг, станцій метрополітенів та вокзалів, баластного шару залізничної колії.

Вивержені гірські породи утворилися в результаті охолодження магми. В їх склад входять кварц, польові шпати, темно зафарбовані мінерали, слюда.

Осадкові гірські породи утворилися з продуктів розкладу вивержених гірських порід або рештків тваринних і рослинних організмів, що не перегнили. До них відносять: механічні відкладення – гравій, галька, кварцовий пісок, глина; хімічні осадки – гіпс, вапняк, доломіт, магнезит; органогенні відкладення – крейда, вапняк, діатоміт, трепел.

Метаморфічні гірські породи – результат перекристалізації без плавлення і розчинення вивержених або осадових порід при високій температурі і тиску. До них відносять: мрамур, гнейси, сланці.

Грубо оброблені матеріали класифікують залежно від розміру зерен або кусків:

бутовий камінь (від 150 до 500 мм) – його застосовують для закладання фундаментів та стін будівель, зміцнення земляного полотна і т.д.;

щебінь (від 5 до 150 мм) – застосовується як заповнювач для бетонів, для баластного шару залізничної колії;

гравій (5 - 150 мм) – використовується у будівельних роботах та для баластного шару залізничної колії;

пісок (0,14 - 5 мм) – використовується у будівельній справі.

2.1.2. Будівельні керамічні вироби

Керамічними називають матеріали і вироби, виготовлені формуванням з мас, переважним компонентом яких є глина, з наступним їх випалюванням до каменеподібного стану. Отриманий після випалювання каменеподібний матеріал називають *черепком*.

До керамічних матеріалів відносять: фарфор, плитку для підлог та облицювання стін, дорожню цеглу (клінкер), каналізаційні та дренажні труби, теплоізоляційні та вогнетривкі матеріали, черепицю та ін.

Керамічні матеріали і вироби класифікують за водопоглинанням та призначенням.

Сировиною, з якої виготовляють робочу масу для керамічних виробів, є глинисті матеріали, випалювальні домішки та ущільнювальні речовини.

Найголовнішими властивостями глин як сировини для виробництва керамічних виробів є пластичність, повітряна і осьова усадка, вогнестійкість, колір черепка після випалювання.

Повна усадка глин буває в межах від 5 до 18%.

Виробництво керамічних виробів складається з таких операцій: добування глини і домішок; складання робочої маси; формування виробів; сушіння; випалювання і зовнішня обробка виробів.

Формування може бути сухим, напівсухим, пластичним і шлікерним (мокрим).

До *стінових керамічних* матеріалів відносять цеглу глиняну звичайну, цеглу та камені керамічні пустотілі, цеглу та камені керамічні облицювальні, цеглу будівельну легковагу.

Розрізняють керамічні вироби для облицювання зовнішніх стін, обробки і облицювання внутрішніх стін та облицювання і обробки підлоги.

Труби керамічні дренажні застосовують для відведення ґрунтових вод.

Труби керамічні каналізаційні потрібні для будівництва безнапірних каналізаційних систем та водостічних систем в агресивних ґрунтових водах.

До санітарно-технічних виробів з кераміки відносять:

- умивальники;
- зливні бачки;
- унітази.

До кислотостійких керамічних виробів відносять труби кислотостійкі, плитку кислотостійку і термокислотостійку. Ці вироби витримують тривалий вплив різних кислот, за винятком фтористої. Стійкі до впливу лугів.

Вогнестійкі матеріали та вироби з них поділяють на кремнеземисті, алюмосилікатні (керамічні), магнезіальні та хромітові. Їх застосовують для футерування (облицювання) конструкцій, які піддаються нагріванню вище 1580 °С.

2.1.3. Скло, скляні та плавлені вироби

Склом називають усі аморфні тіла, отримані переохолодженням розплавів різного хімічного складу.

Скляні вироби – це склоблоки, склопакети, скляні труби, склопрофіліт, різноманітні ємності для перевезення рідин та ін.

Оптичні властивості скла характеризуються світлопропусканням (прозорістю), світлозаломленням (відбиванням), розсіюванням та ін.

Механічні властивості скла визначаються його міцністю при розтягуванні та показником крихкості.

У будівництві використовують: листове віконне скло, вітринне, армоване, облицювальне, склопакети, склоблоки, скло для вікон пасажирських вагонів, скло будівельне профільне, скляні труби та ін.

Плавлені вироби отримують у результаті затвердіння розплавів, близьких за своїм хімічним складом до розплаву скла. До них належать *ситали* (склокристалічні матеріали, які отримують частковою кристалізацією розплаву скла. Застосовуються в спеціальних галузях техніки), *шлакоситали* (отримують аналогічно ситалам з розплавів металургійних шлаків чи попелу. Застосовують у будівництві як довговічний оздоблювальний матеріал для облицювання мостів, порталів, тунелів, трубопроводів для агресивної рідини), *кам'яне литво* (вироби отримують у результаті затвердіння розплаву гірських порід).

2.1.4. Неорганічні в'язучі матеріали та домішки до них

Неорганічними (мінеральними) в'язучими називаються порошкоподібні речовини, які утворюють з водою тістоподібну клейку масу, яка з часом перетворюється в штучне каменеподібне тіло.

В будівництві використовують в'язучі речовини для отримання розчинів і бетонів. *Розчин* – це суміш, яка затверділа з в'язучого матеріалу, води та піску. *Бетон* – це суміш, яка затверділа з в'язучого матеріалу, води, піску, щебеню чи гравію.

В'язучі матеріали поділяють на *повітряні* (будівельне вапно, гіпсові в'язучі, рідке скло і кислотостійкий цемент), *гідролічні* (портландцемент і його різновиди, глиноземистий цемент, цемент, що розширяється) та автоклавного тверднення (вапняково-пуцоланові, вапняково-попільні, вапняково-піщані в'язучі матеріали).

Магнезіальні в'язучі матеріали отримують шляхом відпалу при температурі 800 – 850 °С природних магнезиту та доломіту. Застосовують при виготовленні особливо міцних деталей, наприклад, шаблів підвіконних дощок.

Гіпсові в'язучі матеріали отримують шляхом термічної обробки гіпсової сировини до отримання півгідрату сульфату кальцію. З нього виготовляють гіпсобетонні деталі та вироби, що працюють на стиснення, а також для виготовлення стінових каменів, блоків, панелей, плит, облицювання.

Ангідридні в'язучі матеріали отримують шляхом сумісного помелу ангідриду (безводного гіпсу) з додаванням каталізаторів. Застосовують для пристрою безшовних підлог і підготовки під лінолеум, для виробництва бетонних виробів, для виготовлення штукатурних розчинів і для кладки.

Рідке скло – це водний розчин натрієвої чи калієвої солі кремнієвої кислоти. Натрієве рідке скло застосовують для ущільнення (силікатизації) ґрунтів, укріплення бетонної і кам'яної кладки, приготування жаростійких та вогнестійких бетонів, кислотостійких бетонів та розчинів, вогнезахисних обмазок, зварювальних матеріалів. Калієве рідке скло застосовують для виготовлення силікатних фарб (для фарбування

фасадів і внутрішніх поверхонь приміщень), кислотостійких бетонів та розчинів.

Рідке скло застосовують для обмазування електродів.

Портландцемент – гідралічний в'язучий матеріал, що твердіє у воді та на повітрі.

Різновиди портландцементу:

- швидкотверднучий портландцемент (має здатність інтенсивно нарощувати міцність у початковий період тверднення);

- гідрофобізований портландцемент (має здатність не поглинати вологу з атмосфери);

- пластифікований портландцемент (здатний утримувати на поверхні тонкий шар води);

- білий портландцемент (служить декоративним матеріалом для приготування бетонів і розчинів для архітектурно-облицювальних робіт);

- кольоровий портландцемент (служить декоративним матеріалом, що йде на приготування бетонів і розчинів для архітектурно-облицювальних робіт);

- сульфатостійкий портландцемент (застосовують у підземних і підводних бетонних і залізобетонних конструкціях).

Глиноземистий цемент застосовують для аварійних і термінових ремонтних робіт, для бетонних та залізобетонних конструкцій, які працюють в агресивних середовищах, також з нього виготовляють жаростійкий та жароміцний бетон.

Для змінення властивостей цементів, бетонних сумішей та бетонів в їх склад вводять домішки (трепел, опока, попіл, туф, цементівка, керамзит, гранульовані шлаки, шамот): для цементів їх вводять при помолі, для бетонів – при виготовленні бетонної суміші.

Залежно від призначення і дії домішки поділяють на активні мінеральні (підвищують гідралічні властивості цементу), наповнювачі (знижують витрати цементу і підвищують густину цементу), технологічні, регулюючі основні та спеціальні властивості цементу, бетонні суміші та бетони.

2.1.5. Бетони та розчини

Бетон – це штучний каменеподібний матеріал, отриманий у результаті затвердіння суміші в'язучих речовин, заповнювачів, води та домішок.

Бетони класифікують за основним призначенням, видом в'язучого і заповнювача, структурою.

За *основним призначенням* бетони поділяють на конструкційні та спеціальні. Конструкційні бетони застосовують для виготовлення несучих та огорожувальних елементів, які не виконують теплозахисних функцій: балки, колони, стіни неопалювальних приміщень і споруд.

Спеціальні бетони мають властивості, що забезпечують експлуатацію конструкцій у специфічних умовах (висока температура, агресивне середовище, радіоактивне випромінювання) або необхідний експлуатаційний режим всередині приміщення, споруди. До спеціальних бетонів відносять теплоізоляційні, жаростійкі, хімічно стійкі, радіаційно-захисні та ін.

За *видом в'язучого* бетони поділяють на такі види: цементні, гіпсові, шлакові, бетони на спеціальних і вапнякових в'язучих.

За *видом заповнювача* бетони поділяють: на щільних заповнювачах, пористих та спеціальних.

За *структурою* бетони поділяють: зі щільною, пористою, великопористою та комірчастою структурою.

Бетонні та залізобетонні вироби поділяють за видом армування, щільністю бетонів, видом бетонів та в'язучих, що застосовуються у бетоні, за конструктивним рішенням виробів, типорозмірів і марок.

За *видом армування* вироби поділяють на залізобетонні з навантаженою та ненавантаженою арматурою.

Залежно від *щільності* бетонів, що застосовуються, розрізняють вироби з важких, легких і комірчастих бетонів.

За *видом в'язучого* вироби можуть бути з цементних бетонів, силікатних бетонів, гіпсобетонів та ін.

За *конструктивним рішенням* вироби поділяють на одношарові, двошарові або багатошарові та складені.

За *типорозмірами* поділяють вироби одного найменування. В межах одного типорозміру вироби поділяють за *марками*. Розчини класифікують за густиною, видом в'яжучого, призначенням.

2.1.6. Безвипалювані матеріали

Силікатні вироби (силікатна цегла, щільні та комірчасті вироби) – це вироби, отримані в результаті формування з вапняково-піщаної суміші з подальшою тепловологою обробкою в автоклавах.

Силікатну цеглу через недостатню водостійкість не застосовують для кладки фундаментів та цоколів будівель.

Щільні силікатні вироби застосовують для несучих конструкцій цивільного і промислового будівництва, до яких не ставляться високі вимоги щодо морозостійкості.

Комірчасті силікатні вироби застосовують для виготовлення плит покрівлі промислових будівель, що мають теплоізоляційні властивості.

Азбестоцементними називають вироби, які отримують у результаті формування сумішей, що складаються з цементу, азбесту та води з подальшим затвердінням.

Азбестоцементні вироби виготовляють у вигляді тонких плиток, плит, труб.

Гіпсовими називають вироби, отримані з гіпсового тіста з введеними у нього в окремих випадках тонкомолотими наповнювачами.

Для гіпсових виробів характерні низькі тепло - та звукопровідність, а також низька водостійкість.

Найпоширенішими гіпсовими виробами у будівництві є перегородкові плити та панелі.

2.1.7. Теплоізоляційні будівельні матеріали

Теплоізоляційними називають будівельні матеріали з коефіцієнтом теплопровідності менше 0,175 Вт/(м·К). Вони мають високу пористість (50-98%) і невелику об'ємну масу.

Теплоізоляційні матеріали класифікують за величиною *коефіцієнта теплопровідності*:

- а) малотеплопровідні (менше 0,06);
- б) середньотеплопровідні (0,06-0,115);
- в) підвищеної теплопровідності (0,115-0,175).

Крім того, теплоізоляційні матеріали класифікують за середньою густиною в сухому стані, видом основної вихідної сировини, за формою матеріалів і виробів з них, структурою, величиною відносної деформації при стисненні.

За *середньою густиною* теплоізоляційні матеріали поділяють на 15 марок – від 15 до 600.

За *використаною сировиною* теплоізоляційні матеріали поділяють на неорганічні та органічні.

За *формою та зовнішнім виглядом* теплоізоляційні матеріали поділяють на штучні вироби (плити, блоки, цегла, сегменти), шнурові, рулонні, сипучі та крихкі.

За *структурою* теплоізоляційні матеріали поділяють на пористо-волокнисті, пористо-зернисті та комірчасті.

За *жорсткістю* (відносною деформацією при стисненні) теплоізоляційні матеріали поділяють на п'ять видів: 1) м'які (М); 2) напівжорсткі (П); 3) жорсткі (Ж); 4) підвищеної жорсткості (ПЖ); 5) тверді (Т).

Теплоізоляційні матеріали з *неорганічної сировини* – це мінеральна вата (виготовляють повсть та жорсткі плити), скловата, піноскло, спучений перліт.

Теплоізоляційні матеріали з *органічної сировини* широко застосовують у конструкціях з бетоном та залізобетоном.

У будівництві як теплоізоляційні також застосовують торф'яні плити.

2.1.8. Органічні в'язучі речовини та вироби на їх основі

Органічні в'язучі речовини являють собою суміші високомолекулярних вуглеводнів. Їх можна виготовляти з одного бітуму чи дьогтю.

Бітуми являють собою колоїдну суміш твердих вуглеводнів з в'язкою мальтеновою складовою.

Будівельно-технологічні властивості бітумів характеризуються твердістю, розтягом, температурою розм'якшення, розчинністю у хлороформі чи бензолі і вмістом водорозчинних з'єднань.

Промисловість випускає бітуми для автодорожніх покриттів, для покрівель, для заливальних мастик акумуляторів.

Дьогті при нормальній температурі являють собою в'язку рідину темного кольору. Так само, як і бітуми, вони складаються із суміші вуглеводнів і їх з'єднань з сіркою, киснем або азотом.

Дьогті бувають кам'яновугільні, торф'яні і сланцеві.

Складені органічні в'язучі поділяють на бітумно-дьогтьові, бітумно-гумові, бітумно-полімерні та бітумно-дьогтьово-полімерні.

Найбільш поширений представник *бітумно-дьогтьових* в'язучих – гудрокам.

Бітумно-гумові в'язучі мають підвищену теплостійкість і більшу стійкість до старіння.

Мастики застосовують для склеювання між собою і приклеювання до основи покрівельних і гідроізоляційних рулонних матеріалів.

На основі органічних в'язучих випускають гідроізоляційні і покрівельні матеріали, які поділяються на основні та безосновні.

Безосновні матеріали мають більшу здатність до пластичних деформацій, ніж основні, а також більшу довговічність і кращі гідроізоляційні властивості.

Промисловість випускає такі види покрівельних та гідроізоляційних матеріалів:

- пергамін покрівельний;
- руберойд;
- склоруберойд;
- фольгоізол;
- покрівельний толь;
- гідроізол;
- ізол;
- бризол.

2.1.9. Деревинні матеріали

Деревина являє собою частину стовбура дерева після зняття з нього кори та луб'яної тканини.

На *фізичні* властивості деревини значно впливає вологість. До них належать: усушка, набухання, густина деревини, теплопровідність, корозійна стійкість.

Механічні властивості деревини залежать від напряму діючої напруги, вологості, породи дерева та наявності дефектів. До них належать: міцність при вигинанні, міцність при розтягненні, міцність при стисненні та міцність при сколюванні

Деревинні породи поділяють на хвойні та листяні. Хвойні породи: сосна, ялина, модрина, кедр, ялиця; листяні: дуб, бук, береза, клен, граб та ін.

Дефектами деревини називають відхилення її будови від нормального стану: пошкодження, порушення зовнішньої форми, захворювання. Дефекти поділяють на первинні, які виникають на деревах, що ростуть, та вторинні, які з'являються при зберіганні чи в процесі експлуатації.

Підвищення довговічності деревини досягається сушінням, антисептуванням, нанесенням вогнезахисних покриттів.

Деревинні матеріали поділяють на такі види: круглий ліс, пиломатеріали, заготовки, фанеру, деталі, вироби.

Вироби з деревини мають широкий асортимент. До них належать шпали, мостові та перевідні бруси, опори ліній електропередач, стовпи для ліній зв'язку, дерев'яні будинки, балки перекриттів, кроквяні ферми, прогони, дверні полотна й коробки, віконні плетіння тощо.

До виробів з деревини, що використовують для верхньої будови колії, відносять шпали, перевідні і мостові бруси, снігозатримувальні щити.

Шпали шириною колії залежно від призначення виготовляють трьох типів: I тип – для головних колій, II – для станційних і під'їзних колій, III тип – для малодіяльних та колій промислових підприємств. За формою поперечного перерізу шпали поділяють на два види: А – обрізні; Б – необрізні.

Залежно від конструкції і призначення колій випускають *перевідні бруси* двох типів: I – для головних колій; II – для станційних колій.

Мостові бруси випускають чотирьох типів: I – перерізом 240х300; II – 220х230; III – 220х260 і IV – 200х240 мм.

Номенклатура деревинних матеріалів, що застосовуються у транспортному будівництві, велика. До неї входять круглий ліс, пиломатеріали, деталі, вироби, конструкції, збірні будівлі заводського виготовлення.

2.2. Паливо та мастильні матеріали

2.2.1. Паливо

Паливом називають горючі речовини, які при спалюванні виділяють тепло, необхідне для отримання інших видів енергії чи матеріалів. Залежно від призначення його поділяють на *енергетичне* та *технологічне*, а від фізичного стану – на *тверде*, *рідке* та *газоподібне*.

Розрізняють природне та штучне тверде паливо.

Природне паливо (різноманітне вугілля, антрацит, торф, горючі сланці, дрова та ін.) перед його використанням в енергетичних установках не піддають термічній чи механічній обробці.

Штучним твердим паливом (наприклад кокс) називають паливо, яке перед згоранням піддавалось механічній або термохімічній обробці. Наприклад, деревне вугілля, яке отримують нагріванням дров без доступу повітря, використовують як паливо у кольоровій металургії та пасажирській службі залізничного транспорту, а також як поглинач парів, газів та ін.

Нафта – практично єдиний вид природного рідкого палива. Вона являє собою суміш рідких вуглеводнів, у якій розчинені газоподібні та тверді вуглеводні.

Використовувати нафту як паливо економічно не доцільно. Шляхом спеціальної переробки з неї можна отримати більш

високі сорти палива, мастильні матеріали, а також ряд цінних хімічних речовин.

Рідке паливо – основний вид палива, що використовується всіма видами транспорту.

Карбюраторне паливо – автомобільні бензини використовують приблизно 90% усіх автомобілів. Основні техніко-економічні вимоги до бензинів :

- бензин має забезпечувати безвідмовну роботу двигуна на всіх режимах експлуатації і мінімальний знос його деталей;
- двигун має розвивати передбачену потужність, використовуючи мінімальну кількість бензину;
- якість бензину не повинна погіршуватися при транспортуванні і зберіганні;
- користування бензином не повинно викликати підвищеної небезпеки для здоров'я людей, що займаються експлуатацією, обслуговуванням та ремонтом автомобілів.

Дизельне паливо застосовують у двигунах, що працюють за принципом самозапалювання палива від стиснення, без джерела запалювання. Такі двигуни встановлені на усіх тепловозах, морських та річних суднах та деяких автомобілях.

Для опалення парових котлів, промислових печей використовують рідке котельне паливо.

Газоподібне паливо має ряд переваг перед іншими видами палива. Воно практично повністю згорає і не залишає твердих залишків (золи), дозволяє автоматизувати процеси згорання, забезпечує достатні санітарно-технічні вимоги та мінімальне забруднення навколишнього середовища. Газоподібне паливо дозволяє отримати більш високу температуру та ККД, ніж інші види палива.

Горючі гази за їх походженням поділяють на натуральні та штучні.

Натуральні горючі гази поділяють на природні і супутні нафти.

Природні гази добувають з газових родовищ. Супутні нафті гази виділяються у великій кількості у районах експлуатації нафтових свердловин.

Штучні горючі гази використовують як паливо і сировину в хімічній промисловості.

До штучного газоподібного палива відносять доменний та коксовий газ. Усі ці гази на залізничному транспорті не використовують.

Транспортують в основному природні гази, штучні використовують на місці. Транспортування рідкого палива має свої особливості.

Зберігання рідкого палива потребує врахування його схильності до легкого загорання і суворого виконання правил протипожежної безпеки.

2.2.2. *Мастильні матеріали*

Мастильними матеріалами називають речовини, що застосовуються для зменшення сил тертя і захисту металічних виробів від корозії. Вони зменшують нагрів та знос працюючих деталей, оскільки замість тертя однієї металевої поверхні об іншу відбувається тертя між шарами мастила, що розділяє поверхні ковзання. Одночасно мастило захищає працюючі поверхні від корозії.

Залежно від агрегатного стану мастильні матеріали поділяють на три групи: рідкі, пластичні (консистентні) і тверді.

Рідкі мастила є продуктами нафтопереробки. Їх використовують для змазування працюючих вузлів двигунів внутрішнього згорання, газових турбін, зубчастих передач та інших вузлів тертя.

Пластичні (консистентні) мастила являють собою мазеподібні матеріали, за консистенцією аналогічні до вазеліну. Їх застосовують, головним чином, у підшипниках кочення і ковзання як герметичні речовини.

Тверді мастила, що складаються, наприклад, з графіту і дисульфиду молібдену, мають термічну і хімічну стабільність, не розчиняються у холодній і гарячій воді. Їх застосовують при високих питомих тисках, в умовах агресивних середовищ, за високих і низьких температур.

Залежно від призначення мастильні матеріали поділяють на індустріальні загального призначення, високотемпературні, низькотемпературні, захисні, стійкі до агресивних середовищ.

Для змащування карбюраторних та дизельних двигунів використовують рідкі мастила. Згідно з прийнятою на сьогодні класифікацією вони поділяються на групи А, Б, В, Г і Д залежно від теплового та механічного навантаження на двигун.

На залізничному транспорті у великій кількості витрачаються осьові мастила для змащування шийок осей і осьових підшипників вагонів та локомотивів. У літній період букси змащують мастилом марки Л (літні), взимку – З (зимові).

Змащувальні мастила в процесі експлуатації машин та рухомого складу поступово змінюють свої якості. В результаті дії високої температури та тиску молекули вуглеводнів полімеризуються та утворюють смолисті речовини. Взаємодіючи з повітрям, мастила окислюються. До них потрапляє волога, пил та продукти зносу частин, що труться. В результаті цього мастило перестає бути прозорим, втрачає змащувальні якості, а продукти старіння, що в ньому утворюються, сприяють корозії, зносу деталей, забрудненню фільтрів у пристроях.

2.3. Пластичні маси

2.3.1. Полімери для виготовлення пластичних мас

Полімер – речовина, яка складається з макромолекул, ланок однакового елементарного складу, що складені разом багатократно і послідовно.

Полімери можуть бути *природними*, що утворюються у результаті синтезу рослин або живих організмів, та *синтетичними*, що утворюються штучним шляхом. До природних полімерів відносять каучук, целюлозу, шелак тощо.

Більшість полімерів, які використовуються у промисловості та на транспорті, отримують штучним шляхом.

До термопластів, що найбільше застосовуються на залізниці, відносять: поліетилен (використовують як електро-, водо- та пароізоляційний матеріал, а також для виготовлення тари і

ємностей для транспортування і зберігання хімічних речовин у твердому та рідкому станах), полівінілхлорид (використовують для електроізоляції і в першу чергу для виготовлення електроізоляційних стрічок), поліметилметакрилат (служить сировиною для виготовлення органічного скла), полістирол (з нього виготовляють оптичні стекла та газонаповнені пластичні маси), політетрафтороетилен (застосовується в сильно агресивних середовищах і як матеріал, і як антикорозійне покриття).

До термореактивних полімерів (їх також називають реактопластами), що найбільш часто застосовуються на залізниці, відносять феноло-формальдегідні, меламіноформальдегідні, карбамідні, епоксидні (для ремонту електродвигунів та двигунів внутрішнього згорання, поліефірні (гліфталева смола як плівкоутворювальна речовина для лакофарбових матеріалів) та кремнієорганічні смоли (для просочення спецодягу залізничників, які працюють на відкритому повітрі).

Смолами називають тверду органічну речовину, що складається з високомолекулярних з'єднань і має текучість під навантаженням і руйнується з утворенням раковистих зломів.

2.3.2. Пластичні маси, що застосовуються на залізничному транспорті

Пластичною масою називається композиційний матеріал, який отримують на основі полімеру, олігомеру чи смоли, з введеними у його склад домішками (інгредієнтами), що надають пластичній масі потрібних властивостей. Пластична маса при формуванні виробів знаходиться у в'язкоплинному чи високоеластичному стані, а при експлуатації – у склоподібному, кристалічному, а іноді високоеластичному стані.

Пластичні маси мають таку класифікацію:

1) по *відношенню до нагріву* виготовлені з пластмаси вироби поділяють на термопласти та реактопласти;

2) за *деформаційними властивостями* при нормальній температурі їх поділяють на жорсткі, напівжорсткі та м'які, або еластичні;

3) за *структурою* пластичні маси поділяють на ненаповнені, наповнені, газонаповнені і складеної структури.

На підприємствах залізничного транспорту з полімерів, які постачає промисловість, виготовляють вироби широкої номенклатури. Основний обсяг виробів з пластмас отримують пресуванням, литтям під тиском, екструзією, каландруванням.

Пресуванням отримують вироби як з термопластичних полімерів, так і з термореактивних.

Литтям під тиском перероблюють у вироби тільки прес-маси на основі термопластичних полімерів.

Екструзією виготовляють погонажні вироби з постійним за довжиною профілем: кути, трубки, поручні для сходів.

Каландруванням отримують листові, плівкові і рулонні матеріали.

На поверхні виробів з пластмас можуть бути такі видимі дефекти: здуття, вигорання, хвилястість, жолоблення, мутність, нерівномірний глянець або матовість, пористість, бульбашки, раковини, відколи, тріщини, подряпини, так звана апельсинова кірка (нерівна поверхня, що нагадує кірку апельсина), потовщення пластмаси у місцях з'єднань прес-форми.

Найпоширенішими з числа ненаповнених пластичних мас на залізничному транспорті є: плівка поліетиленова, полістирольна, полівінілхлоридна, стрічка полівінілхлоридна, плівка вінілпластова каландрована, листи з непластифікованого полівінілхлориду, листи з оргскла, облицювальна полістирольна плитка, труби поліетиленові та полівінілхлоридні, шланги полівінілхлоридні, погонажні вироби полівінілхлоридні.

Газонаповнені пластичні маси на залізничному транспорті практично витиснули природні теплоізоляційні та звукоізоляційні матеріали. Газонаповнені пластичні маси називають пінопластами та поропластами.

На залізничному транспорті найчастіше застосовуються такі газонаповнені пластичні маси:

- міпора-поропласт – для теплоізоляції ізотермічних, пасажирських та рефрижераторних вагонів;
- поролон-поропласт – для виготовлення м'яких сидінь диванів та подушок пасажирських вагонів;

- стиропор-пінопласт – теплоізоляційний матеріал у рефрижераторних вагонах, а також звукоізоляційний матеріал;
- фенопласт – плати реле, колодки, цоколі, кронштейни, ручки, поручні у вагонах, корпуси в деталях локомотивів;
- волокніти (азбоволокніт) – застосовують як фрикційний матеріал для гальмових колодок, фрикційних дисків;
- фаоліт – для виготовлення елементів контакторів, клемових колодок, які працюють при високих температурах під впливом іскрового електричного розряду;
- гетинакс – застосовують в електро- і радіоапаратурі пасажирських вагонів;
- текстоліт – виготовляють безшумові шестерні, кільця, втулки;
- деревно-шаруваті пластики (ДШП);
- склопластики;
- синтетичні клеї.

2.4. Хімічні, лакофарбові матеріали та гази

2.4.1. Хімічні матеріали

Хімічні матеріали можна поділити на дві групи:

1) матеріали, що застосовуються в чистому вигляді у будь-якому технологічному процесі чи самостійно виконують будь-яку функцію;

2) матеріали, що входять як компоненти при створенні чи виготовленні інших матеріалів.

Усі хімічні продукти за ступенем чистоти поділяють на три групи:

- I – речовини підвищеної чистоти;
- II – хімічні реактиви;
- III – технічні продукти.

I група скорочено позначається ОС.Ч. – підвищеної чистоти. Кольорове маркування на етикетці упаковки споживача установлене жовтим.

II група складається з підгруп: 2 – хімічно чисті (Х.Ч.), кольорове маркування червоне; 3 – чисті для аналізу (Ч.Д.А.), маркування синє; 4 – чисті (Ч.), маркування зелене.

III група складається з підгруп: 5 – очищені (ОЧ), маркування сіре; 6 – технічні (техн.) без кольорового маркування; 7 – сирі (сирий) без кольорового маркування.

Речовини, молекули яких при розчиненні у воді більш-менш розпадаються на іони, тобто частинки, заряджені електрикою, називають *електролітами*. Електроліти здатні проводити електричний струм. До них відносять кислоти, основи, луги, солі.

Кислотами називають речовини, які при розчиненні у воді утворюють позитивно заряджені іони водню і не дають ніяких інших позитивно заряджених іонів. Для усіх кислот характерні такі властивості: кислий смак, здатність розчиняти більшість металів з виділенням водню і утворювати солі при взаємодії з основами. Кислоти забарвлюють лакмусовий індикатор у червоний колір.

Луги являють собою розчинні у воді основи. До останніх відносять з'єднання, від яких у результаті розчинення у воді відщеплюються гідроксильні групи. Луги, при потраплянні на шкіру, роз'їдають її тканину. Луги забарвлюють лакмус у синій колір.

Солі являють собою речовини, які отримують при заміщенні водневих іонів кислоти металом.

2.4.2. Гази і холодоагенти

Найпоширенішими в залізничному господарстві є гази, які входять до складу повітря: кисень, азот, двоокис вуглецю та водень. Усі перелічені речовини постачаються у стиснутому газоподібному стані чи у рідкому (за винятком кисню).

Кисень O_2 широко застосовують для газовогневої обробки металів. Випускають його двох видів: технічний та медичний. Технічний виготовляють трьох сортів. З підвищенням сортності зменшується вміст у продукті водню і збільшується вміст кисню.

Азот N_2 – інертний газ без кольору та запаху, застосовується для створення інертної атмосфери, зокрема при

високотемпературній обробці металів і транспортуванні продуктів, які легко окислюються.

Двоокис вуглецю CO_2 застосовують для створення захисного середовища при зварюванні, для гасіння пожеж, виготовлення сухого льоду та інших цілей. Поставляють у газоподібному та рідкому станах. Двоокис вуглецю в обох станах не має ні запаху, ні кольору. Випускається трьох марок: зварювальний, харчовий і технічний.

Водень H_2 – газ без кольору та запаху, випускається трьох марок: А – з азотоводнової суміші, Б – електролізом води, В – іншими методами.

Холодоагенти застосовують в апаратурі холодильних установок: холодильних камерах, ізотермічних і рефрижераторних вагонах. Як холодоагентів застосовують рідкий аміак, твердий двоокис вуглецю та хладони, або, як їх частіше називають у практиці, фреони.

2.4.3. Лакофарбові матеріали

Лакофарбовими називають неметалеві матеріали, які наносять у в'язко-рідкому стані на поверхню виробів та конструкцій, де вони з часом перетворюються у плівки, які добре зчіплюються з поверхнею.

За переважним призначенням лакофарбові покриття поділяють на 9 груп: 1 – атмосферостійкі, 2 – обмежено атмосферостійкі, 3 – консерваційні (для тимчасового захисту поверхонь виробів у процесі їх виготовлення, транспортування, зберігання), 4 – водостійкі, 5 – спеціальні (ті, що світяться, стійкі до рентгенівських та інших променів, для фарбування гуми, пластмаси і т.д.), 6 – маслобензиностійкі, 7 – хімічно стійкі, 8 – термостійкі, 9 – електроізоляційні.

Лакофарбове покриття складається з декількох послідовних шарів. Для утворення такого покриття застосовують такі матеріали: лак, фарба, порошкова фарба, емаль, ґрунтовка, шпаклівка.

Плівкоутворювальними речовинами можуть бути: смоли, оліфи (масляні плівкоутворювальні речовини), клей, неорганічні в'язучі, бітуми.

Смоли для лакофарбових матеріалів в основному застосовують синтетичні: алкідно-акрилові (АС), ацетилцелюлозні (АЦ), вінілацетиленові (ВН), гліфталеві (ГФ), кремнієорганічні (КО), меламінні (МЛ), нітроцелюлозні (НЦ), пентафталеві (ПФ), перхлорвінілові (ХВ), поліакрилові (АК), поліамідні (АД), полівінілацетатні (ВА), поліімідні (ІД), поліефірні (ПЛ і ПЕ), фенольні (ФЛ), фурилові (ФР), лугові (ШЛ), епоксидні (ЕП), янтарні (ЯН) та ін.

Масляні плівкоутворювальні речовини (оліфи природні та штучні) включають у себе різні смоли.

Пігментом називають пофарбовану тонкоподрібнену речовину, яка не розчиняється у плівкоутворювальній речовині та її розчинниках і здатна утворювати з плівкоутворювальними речовинами декоративне або захисне покриття. Розрізняють пігменти природні і синтетичні. Всі вони мають:

- барвну здатність – властивість надавати свій колір іншим пігментам, з якими він перемішаний;
- світлостійкість – здатність зберігати свій колір при дії денного світла;
- маслоємність – мінімальну потребу в маслі для перетворення сухого пігменту в однорідний пастоподібний стан;
- термостійкість – властивість зберігати свій колір при нагріванні.

Розчинниками у лакофарбових матеріалах є вода (для матеріалів, у яких плівкоутворювальними речовинами є клеї чи неорганічні в'язучі) і органічні розчинники (коли як плівкоутворювальні речовини застосовують оліфу, смолу чи бітуми). Як органічні розчинники використовують вуглець чотирихлористий, дихлоретан, різні спирти, ефіри, сірковуглець, хлороформ, скипидар, бензин, сольвент нафтовий.

Сикативи – прискорювачі (каталізатори) процесів окиснення та полімеризації оліф.

Наповнювачі являють собою, як правило, тонкоподрібнені гірські породи білого кольору – крейда, гіпс, тальк, каолін.

Пластифікатори – рідини, які надають велику еластичність плівці. Як пластифікатори застосовують касторове масло і дибутилфталат.

2.5. Волокнисті та інші матеріали

2.5.1. Папір та паперові вироби

До паперових матеріалів відносять папір, картон і отримані з них вироби.

Паперові матеріали складаються з волокон рослинного походження. Найбільшу кількість паперових матеріалів виробляють з деревної сировини, переважно хвойної деревини, яка містить у порівнянні з листовими породами більшу кількість клітковини і має більш довгі волокна.

Найбільш важливими технічними показниками паперових матеріалів є волокнистий склад, маса 1м^2 , середня густина, товщина, ступінь проклейки, білизна і гладкість, розривна довжина і опір злому.

Волокнистий склад, або композиція, паперу характеризує кількість (відсоток) волокон деревної маси, які входять до її складу, целюлози, паперової чи тканинної макулатури та інших волокон.

Маса 1м^2 за однакової товщини і вологості характеризує щільність паперу та картону.

Середня густина показує кількість маси в одиниці об'єму паперу в грамах на кубічний сантиметр.

Товщина паперу та картону виражається в міліметрах або мікрометрах.

Ступінь проклейки визначають для паперу, який піддають проклейці.

Білизна та гладкість мають дуже важливе значення для паперу для письма, друку і технічного.

Розривна довжина та опір злому є основними показниками механічних властивостей паперу.

На залізничному транспорті паперові матеріали застосовують як для загальних, так і для технічних потреб.

2.5.2. Шкіра та вироби з неї

Основною сировиною для виготовлення натуральної шкіри є шкіра домашніх тварин – великої рогатої худоби, коней, верблюдів, овець, кіз, свиней та ін. Найбільшу кількість технічних шкір отримують зі шкури рогатої худоби. В результаті хімічної та механічної обробки шкури перетворюють у шкіру. Шкірі характерні еластичність, висока міцність, вона майже не пропускає воду і не загнивається при певних умовах зберігання та експлуатації.

Топографічно шкури великої рогатої худоби поділяють на декілька ділянок, які відрізняються товщиною, щільністю та фізико-механічними властивостями. Найбільш якісною частиною шкури є чепрак, який складає приблизно 50 % всієї її площі. Шкура тварин складається з трьох основних шарів: зовнішній – епідерміс, середній – дерма та нижній – підшкірно-жировий. Найціннішим шаром є дерма, оскільки вона шляхом відповідної обробки перетворюється в шкіру.

Виготовлення шкіри з шкури включає підготовчі операції, дублення та обробку.

Шкіру класифікують за різними ознаками. Залежно від призначення шкіри поділяють на чотири класи: взуттєві, шорно-сідлові, технічні та одягово-галантерейні.

На залізничному транспорті зі шкіряних матеріалів використовують, головним чином, манжети та інші ущільнювальні вироби різної форми і різних розмірів у приладах електровозів, тепловозів, паровозів та гальмівних системах.

2.5.3. Гума та гумовотехнічні вироби

Гумою називають продукт спеціальної обробки (вулканізації) суміші каучуку та сірки з різними домішками. Вона відрізняється від інших конструкційних матеріалів високою еластичністю, здатна до дуже великих деформацій, які практично повністю оборотні.

Основою будь-якої гуми є каучук – натуральний (НК) або синтетичний (СК), які і визначають основні її властивості.

Залежно від призначення увесь каучук можна поділити на дві групи: універсальний, з якого виготовляють більшість гумових виробів, та спеціальний, який використовують для спеціальних цілей.

До універсальних відносять, наприклад, натуральний (НК), натрійбутадієновий (СКБ), бутадієн-стирольний (СКС-30, СКС-30а), бутадієн-метил-стирольний (СКМС-30) каучук. Вони використовуються для виготовлення автошин, ебонітових виробів, гумового взуття, транспортерних стрічок та інших виробів, до яких не ставлять високих вимог щодо морозостійкості, теплостійкості та дії хімічних речовин.

До спеціальних відносять маслобензиностійкі каучуки: нейрит (поліхлорпреновий каучук), бутадієн-нітрильний (СКН-18, СКН-26, СКН-40); морозостійкі: бутадієновий (СКБМ), бутадієн-стирольний (СКС-10, СКСМ-10); теплостійкі: силіконовий (СКТ), бутадієн-нітрильний (СКН-40). Перші застосовують для виготовлення масло- і бензиностійких виробів: рукавів, ущільнювальних прокладок, тари для зберігання масла і рідкого палива та інших масло- і бензиностійких виробів, а також виробів, що працюють при підвищеній температурі; другі – для виготовлення виробів з підвищеною морозостійкістю: шин, транспортерних стрічок та ін. Теплостійкий каучук застосовують для виготовлення ущільнювальних, електроізоляційних та інших виробів, які використовуються при високих температурах.

Крім каучуку та його замінників, основними інгредієнтами гумових сумішей є вулканізуючі речовини, прискорювачі вулканізації, наповнювачі, пластифікатори, протистарильні речовини, барвники.

Основними видами гумотехнічних виробів, які використовують на транспорті, є шини, приводні ремені, транспортерні та інші стрічки, спеціальні гальмівні, паропровідні і тендерні рукави, трубчасті гумові вироби, ебонітові вироби, деталі та захисні покриття машин, вироби з прогумованих тканин, губчаті, електроізоляційні та ін.

2.5.4. Тканини та вироби з них

Текстильні матеріали широко використовуються в транспортній техніці для передачі зусиль, обшивки, прокладок і ущільнень, полірування, фільтрації, тепло-, звуко- та електроізоляції і багатьох інших технічних цілей.

На транспорті текстильні матеріали в більшій кількості використовують для пошиття спецодягу, білизни для спальних вагонів, лікарень та інших закладів, для виготовлення занавісок, штор і т.д. Розрізняють текстильні матеріали: ткани (тканини, стрічки, ремені і т.д.), кручені (нитки, шнури, вірьовки, канати) і крихковолокнисті (повсть, вата, клоччя і т.д.).

Сировиною для виготовлення текстильних матеріалів служать текстильні волокна: природні (натуральні), штучні та синтетичні.

Природні волокна залежно від хімічного складу поділяють на дві підгрупи (підкласи): органічні та мінеральні. Органічні волокна у свою чергу можуть бути рослинного і тваринного походження. До рослинних відносять волокна бавовни та луб'яні волокна льону, джгута, кенафу, канатника, кендірю та рами. До волокон тваринного походження відносять шерсть та натуральний шовк.

Штучні волокна, як і природні, залежно від хімічного складу поділяють на органічні та мінеральні. За способом отримання штучні волокна поділяють на ацетатні, віскозні та мідно-аміачні.

Синтетичні волокна складають особливу групу (клас) текстильних волокон, які отримують хімічним шляхом з низькомолекулярних з'єднань. Найбільш широке застосування мають капрон, нейлон, лавсан та деякі інші.

Переробка відносно коротких текстильних волокон у нитки великої довжини здійснюється прядінням, тобто з'єднанням волокон між собою шляхом скручення. В результаті прядіння отримують пряжу.

Пряжа – це тонкі та гнучкі нитки, з яких роблять тканину та кручені вироби. До кручених виробів відносять нитки, канати, вірьовки, шнури, шпагат, відбійку. Усі ці вироби застосовуються на залізничному транспорті.

Текстильними тканинами називаються вироби, які отримують на ткацьких верстатах переплетінням двох взаємно перпендикулярних систем ниток. Видів та різновидів переплетень багато, головними з яких є: полотняне, саржеве та атласне.

На залізничному транспорті застосовують, головним чином, бавовняні, льняні та шерстяні тканини.

Повсть отримують шляхом валки шерсті з додаванням у деяких випадках рослинних волокон.

На залізничному транспорті використовують вагонно-щитову повсть – для обшивки дверей вагонів, щитів, необхідних при перевезенні сипких вантажів насипом, і технічну – для ремонту вагонів та локомотивів як прокладний матеріал у брусах і для інших цілей.

2.6. Електротехнічні матеріали та вироби

2.6.1. Провідникові метали та сплави

Металеві провідникові матеріали поділяють на метали високої провідності та сплави високого електричного опору.

Метали високої провідності повинні мати малий питомий електроопір або високу питому провідність.

Сплави високого електричного опору можна поділити на дві основні групи:

1) сплави для виготовлення опорів – прецизійних (прикладних опорів, шунтів, обмоток потенціометрів) і технічних (регульовальних та пускових реостатів, навантажувальних елементів);

2) жаростійкі сплави для нагрівних елементів електропечей та електронагрівних приладів, навантажувальних елементів. До них відносять також сплави для термопар та компенсаційних проводів.

Мідь – найкращий матеріал високої провідності. За електропровідністю вона посідає друге місце після срібла та має хороші механічні і технологічні властивості. Залежно від способу виготовлення розрізняють мідь катодну (к), безкисневу (б), розкиснену (р), уточнену за складом домішок (у) та з мінімальним вмістом фосфору (ф). Мідь високої чистоти позначають буквами ВЧ.

Номенклатура провідникових виробів з міді включає проволоку прямокутного перерізу, труби мідні, фольгу мідну електролітичну, а також профілі для колекторів електричних машин та щитотримачі.

До номенклатури виробів електротехнічного призначення з алюмінію та його сплавів входять також шини пресовані, пресовані профілі (швелер, кутик і т.д.) і труби.

Як реостатні сплави високого опору в основному застосовують сплави на нікелевій та мідно-нікелевій основі.

2.6.2. Напівпровідникові матеріали

Напівпровідниками називають матеріали, провідність яких має проміжне місце між провідниками та діелектриками.

Основними напівпровідниковими матеріалами для виготовлення елементів електронної техніки служать германій і кремній.

З унікальними властивостями випускаються двоелементні напівпровідники. Це окисли деяких металів (Cu_2O , ZnO , CdO та ін.), інтерметалеві з'єднання алюмінію, галію та індію з сурмою та миш'яком або з'єднання на основі сірки, селену і телуру. Їх використовують для виготовлення джерела світла, індикаторів і модуляторів випромінювань. Окисні напівпровідникові з'єднання використовують для створення фотоелементів, випрямлячів і осердь високоякісних індуктивностей.

Властивості і можливість застосування триелементних і органічних напівпровідників на разі вивчаються.

2.6.3. Магнітні матеріали

Залежно від магнітних властивостей речовини поділяють на діамагнетики, парамагнетики, феромагнетики, антиферомагнетики та феримагнетики.

Діамагнетики – це речовини, атоми, іони або молекули яких не мають власного магнітного моменту при відсутності зовнішнього поля. В зовнішньому магнітному полі вони намагнічуються протилежно прикладеному полю, тобто мають негативну магнітну сприйнятливості $\mu < 0$.

Парамагнетики мають власний результуючий магнітний момент при відсутності зовнішнього поля. В зовнішньому магнітному полі вони намагнічуються відповідно з зовнішнім полем, тобто мають позитивну магнітну сприйнятливості ($\mu > 0$).

Феромагнітні речовини характеризуються великим значенням магнітної сприйнятливості ($\mu \gg 0$). До них відносять залізо, нікель, кобальт і їх з'єднання та сплави, а також деякі сплави марганцю, срібла та алюмінію. Феромагнетизм, антиферомагнетизм і феримагнетизм можуть проявлятися тільки у речовинах, що перебувають у твердому стані.

Антиферомагнетики мають магнітну сприйнятливості порядку $\mu = 10^{-3} \div 10^{-5}$ у слабких магнітних полях, але в сильних у них стрибкоподібно проявляється намагніченість. До таких речовин відносять хром, марганець, рідкісноземельні метали і деякі інші.

До феримагнетиків відносять ферити, манганіти, хроміти та інші з'єднання. *Феритами* називають подвійні окисли типу $MeO \cdot Fe_2O_3$, де Me – це метал (нікель, марганець, барій та ін.).

Магнітно-тверді матеріали поділяють за сферою застосування на три групи: для постійних магнітів, для гістерезисних двигунів і для магнітного запису. За переважаючою технологічною ознакою з урахуванням хімічного складу їх можна розділити на сплави, інтерметалеві з'єднання, ферити і композиції.

Магнітно-м'які матеріали за ознакою їх переважного застосування можна поділити на матеріали для промисловості сильного струму та слабого струму.

Як магнітно-м'які матеріали велике практичне значення мають марганець-цинкові та нікель-цинкові ферити. Вони мають високі магнітні та електричні властивості і є незамінними матеріалами для сучасних радіоелектронних приладів і апаратів, оскільки дозволяють створювати феритові матриці, запам'ятовуючі прилади та інші елементи електронно-обчислювальних машин.

2.6.4. Електроізоляційні матеріали

Діелектрики – доволі поширений матеріал, який застосовується для електричної ізоляції. Крім того, вони можуть захищати провідникові матеріали від корозії, механічних пошкоджень і т.д. Діелектрик – матеріал, у якого за нормальних умов не спостерігається електронної провідності. Якщо ж на нього діє електричне поле, то виникає поляризація діелектрика – обмежене

зміщення зв'язаних зарядів або орієнтація дипольних (полярних) молекул. Чим інтенсивніше поляризується діелектрик, тим більша електрична ємність конденсатора, в якому він застосований.

Діелектрик може бути зруйнований силами електричного поля, якщо до нього прикладена напруга, що перевищує гранично допустиме значення для даних умов. Це явище називається пробоем діелектрика.

До газоподібних діелектриків відносять усі гази та повітря, яке являє собою суміш газів та парів води. Повітря оточує більшість електричних установок, тому надійність їх роботи часто визначають діелектричними характеристиками повітря.

Як рідкі діелектрики використовують мінеральні нафтові масла та синтетичні рідини.

Нафтові масла за характером використання поділяють на масла для силових трансформаторів і високовольтних вимикачів, кабельні масла, що використовують для просочування паперової ізоляції конденсаторів.

Тверді органічні діелектрики виготовляють з різноманітних матеріалів органічного походження. Це природні та синтетичні лаки і смоли та вироби з них, волокнисті і шаруваті, пронизані та не пронизані органічні матеріали, гума та деякі інші.

Велику групу електроізоляційних твердих органічних матеріалів складають волокнисті пронизані та не пронизані матеріали – папір, картон, фібра, пряжа, нитки, стрічки і тканини.

Твердими органічними діелектриками є пластмаси. Серед пластичних мас широко застосовуються фенопласти, амінопласти та деякі інші. Випускають їх у вигляді порошків чи крихт різних марок залежно від виду наповнювача і поставляють у мішках з вологонепроникного матеріалу або чотиришарових паперових мішках масою не більше 30 кг.

До твердих неорганічних діелектриків відносять слюду та матеріали на її основі, а також вироби зі скла, кераміки, азбесту та гірських порід.

Слюда – це природний матеріал, який складається з окислів різних металів, гідратованих водою. Зустрічається вона в природі у вигляді кристалів, характерною особливістю яких є здатність легко розщеплюватися на пластинки по паралельних площинах.

2.6.5. Кабельні вироби

Для передачі і розподілення електроенергії застосовують різні неізольовані та ізольовані проводи, шнури та шини. Усі вони характеризуються матеріалом і площиною поперечного перерізу струмопровідної жили, матеріалом і товщиною ізоляції, найбільш допустимою напругою.

Для повітряних ліній електропередачі і контактної мережі найбільш поширені такі голі проводи: мідний марки М однопровідний перерізом 4-10мм² і багатопровідний перерізом 16-100мм²; алюмінієвий марки А багатопровідний витий з алюмінію марки АТ перерізом 16-600мм²; алюмінієвий з осердям зі сталених проводів марки АС перерізом 10-400мм².

Для передачі електроенергії на струмоприймач електрорухомого складу застосовують мідні контактні проводи перерізом 100мм² для головних шляхів та 85мм² – для станційних та інших колій. Мідні або алюмінієві смуги, які використовують як електричні провідники в розподільних приладах для передачі електроенергії на близькі відстані, називають шинами.

Обмоткові проводи служать для отримання обмоток електричних машин, апаратів та приладів. Їх виготовляють круглого та квадратного перерізу з міді та алюмінію, з емальною, волокнистою, плівковою та емалево-волокнистою ізоляцією.

Монтажні проводи застосовують для з'єднання різних частин в електричних машинах та апаратах. Струмопровідні жили монтажних проводів виготовляють з міді, а ізолюють ізоляційною гумою, поліхлорвініловим пластиком, бавовняною, шовковою та капроною пряжею.

Кабелі – це гнучкі одножильні та багатожильні проводи, які мають захисні оболонки, які захищають струмопровідні жили та ізоляції від дії вологи, інших агресивних реагентів та механічних пошкоджень. Їх застосовують для підземних та підводних ліній електропередач, а також для прокладки в будівлях.

Для експлуатації у більш важких умовах випускають кабелі з багатопровідними жилами круглого перерізу, ізольованими гумою та прогумованою тканиною.

Для сигналізації та блокування на залізницях використовують кабелі різних конструкцій. Вони призначені для роботи за напруги не вище 250 В.

3. ДОПОМІЖНО-ДОВІДКОВІ ВІДОМОСТІ

3.1. Методи контролю якості виробів

У практиці оцінки якості виробів усе більш широко використовуються неруйнівні методи контролю. Вони побудовані на застосуванні приладів, що дозволяють контролювати (вимірювати) деякі електричні, магнітні, акустичні характеристики виробів і за ними визначати їхню якість. Ці прилади підрозділяють на дефектоскопи, що служать для виявлення тріщин, раковин та інших несучільностей у металах, прилади для визначення фізико-хімічних характеристик (відхилень від заданого хімічного складу, вимірювання твердості та ін..) і прилади контролю геометричних параметрів (зовнішніх та внутрішніх діаметрів, товщини стінок тощо).

Для виявлення поверхневих тріщин, не видимих неозброєним оком, часто використовують капілярні методи, що ґрунтуються на здатності ряду рідин заповнювати порожнину малого дефекту. При нанесенні на поверхню випробуваного виробу певної речовини (рідини або порошку), рідина, що залишилася в порожнині дефекту, проявляє себе у вигляді рисунка іншого кольору, за яким роблять висновок про існування дефекту, його розташування, форму і протяжність по поверхні. Глибину виявленої тріщини визначають ультразвуковим, магнітопорошковим, струмовіхровим, рентгенографічним та іншими методами, кожен з яких має свою чутливість.

На залізничному транспорті використовують багато методів неруйнівного контролю. Так, ультразвукову дефектоскопію застосовують для виявлення дефектів у головках рейок, підматочинних частинах осей колісних пар. Діагностиці якості піддають практично всі вироби залізничної техніки, які пов'язані з безпекою руху поїздів. Наприклад, 100% осей піддають магнітній та ультразвуковій дефектоскопії при їх виготовленні.

Осі колісних пар вагонів контролюють на заводах-виробниках для відбраковування їх з внутрішніми вадами або крупнозернистою структурою металу. Крупнозерниста структура осі виявляється в тому випадку, якщо амплітуда донного сигналу

нижче встановленої за зразком. Такі осі бракують і направляють на повторну термообробку. Осі, що задовольняють норму щодо загасання сигналу, випробовують на відсутність металургійних дефектів. Для цього осі перевіряють звуком по черзі з кожного торця шляхом обведення шукачем по колу. Якщо між зондуючим імпульсом і донним ехо-сигналом виявлено один або групу ехо-сигналів, то заготовка підлягає попередньому вибракуванню. Потім місце залягання дефекту уточнюють, щоб встановити, чи буде він знищений при подальшому обточуванні заготовки.

У процесі експлуатації в будь-якій частині осі може виникнути втомна тріщина. Тому в ремонтних пунктах також ведеться ультразвуковий контроль у найбільш небезпечних ділянках осі. Для контролю використовуються ультразвукові дефектоскопи.

3.2. Основи раціонального вибору конструкційних матеріалів та економічна ефективність їх використання

В попередніх розділах були розглянуті вимоги, які ставлять до конструкційних матеріалів, з іншого боку, співвідношення їх експлуатаційних і технологічних характеристик.

Але при виборі матеріалу для тих чи інших конструкцій інженер повинен враховувати також економічну вигідність його використання. В практичній діяльності економічна вигідність використання того чи іншого матеріалу в значній мірі визначається його вартістю.

Найбільш дешевими є сталі звичайної якості. Їх ціна трохи змінюється залежно від конкретного виду напівфабрикатів (пруток, лист, труба тощо). Найбільш високу ціну мають тонколистові сталі або калібровані профілі.

Ціна легованих сталей залежить не тільки від типу та розміру напівфабрикатів, але й від вмісту в них легуючих елементів та їх вартості. Так, вартість низьколегованих сталей, що містять марганець та кремній або хром у невеликих кількостях, не дуже сильно відрізняється від вартості звичайних вуглецевих сталей. Звичайно вартість легованих сталей тим вища, чим більше в них дорогоцінних легуючих елементів (жаротривких та

інструментальних сталей). Наприклад, корозійностійкі (нержавіючі), хромонікелеві сталі типу 12X18H10T, 10X14Г14НЗТ та інші приблизно у 5-8 разів дорожчі вуглецевих сталей. При цьому вартість легованих сталей тим вища, чим менший у ній вміст вуглецю. Особливо дорогі нікелеві жаротривкі сплави та інструментальні сплави з вольфрамом і спеціальні прецизійні сплави.

Але відомо, що у легованих сталей при більш високій вартості проявляються і більш високі властивості. Тому для обліку різниць у властивостях сталей вводять так звані коефіцієнти економічної доцільності:

$$K_e = B/A,$$

де A – відносне підвищення вартості сталі;

B – відносне збільшення механічних характеристик, наприклад границя текучості $\sigma_{0,2}$.

Так низьколегована сталь 15X за вартістю лише на 10-15% дорожча від вуглецевої сталі, для якої $\sigma_{0,2} \leq 270$ МПа. Міцність сталі 15X до нормалізації складає приблизно 400 МПа. Тому в даному випадку коефіцієнт економічної доцільності дорівнює 1,36, і відповідно при інших рівних умовах легування вигідне. При цьому слід звернути увагу на те, що численні значення коефіцієнтів економічної доцільності після термообробки сталей, як правило, підвищуються. Наприклад, для тієї самої сталі 15X після нормалізації $\sigma_{0,2}$ збільшується до 500-520 МПа, відповідно коефіцієнт K_e збільшується до 1,66-1,75 (в реальності цей коефіцієнт трохи нижчий, тому що у вартість легованих сталей треба включити також вартість термообробки).

Але вартість матеріалу не єдиний фактор, який визначає економічну доцільність використання матеріалу. При її оцінці треба враховувати такий фактор, як дефіцитність легуючого елемента. В наш час до таких елементів належать: кобальт, вольфрам, нікель та деякі інші елементи.

Слід також враховувати знижку використання матеріалу на всю конструкцію при заміні окремих менш міцніших вузлів

більш міцнішими, або у випадку корозійностійких матеріалів слід враховувати термін експлуатації, який зростає зі збільшенням опору, та велику надійність конструкції.

Одним із важливих факторів, який впливає на економічну доцільність вибору конструкційних матеріалів, є облік витрат на виготовлення тих чи інших деталей (облік витрат металу у стружку та вартість обробки). Прикладами вдалого вибору більш економічного способу виготовлення деталей у багатьох випадках є застосування безвідходних технологій, наприклад штампування замість різання та пресування деталей із порошкових матеріалів.

Відомо, що використання більш високоякісних марок сталей та сплавів, а також їх поєднання з неметалевими матеріалами дозволяє збільшити довговічність роботи не тільки окремих деталей, але і в цілому машин, причому часто з більш високими параметрами навантаження та більш високими швидкостями і температурами експлуатації, що, крім інших факторів, сприяє підвищенню ефективності використання машин. Так, наприклад, підвищення жаростійкості матеріалу на 100 C^0 збільшує ККД двигунів на 10-20%. Тому при оцінці економічної доцільності вибору марки сталі слід враховувати весь комплекс економічних наслідків, у тому числі і таких, як зменшення необхідної кількості запасних частин, час простою техніки, пов'язаний з ремонтом і заміною деталей, витрати на ремонт, А також можливість виключення аварійних ситуацій.

При виборі режимів термічних, термомеханічних і хіміко-термічних обробок слід враховувати додаткові витрати на створення виробничих приміщень і обладнання, витрати на здійснення самих операцій обробки, що визначаються, у свою чергу, продуктивністю агрегатів. Подібний облік слід проводити при зіставленні з вигодами, які одержані за рахунок зміни властивостей термооброблених або термозміцнених деталей, збільшуючи термін їх служби.

Ми торкнулися тут лише деяких основних понять, необхідних для оцінки економічної доцільності вибору конструкційних матеріалів. Конкретні методи оцінки економічної ефективності використання тих чи інших матеріалів розглядаються у спеціальних курсах "Економіка виробництва".

Контрольні питання

1. Які методи на практиці застосовуються для оцінки якості виробів? На чому вони ґрунтуються?
2. Від яких факторів залежать ціни різних сталей і сплавів?
3. Які фактори слід враховувати при оцінці економічної доцільності використання тих чи інших конструкційних матеріалів?

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1980. – 493 с.
2. Материаловедение /Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 383 с.
3. Гуляев А.П. Металловедение: Учебн. для вузов. – М.: Металлургия, 1986. – 542 с.
4. Материаловедение. Учебн. для вузов /Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1986. – 384 с.
5. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение: Учебн. пособие для вузов /Под ред. А.Г. Рахштадта. – М.: Металлургия, 1989. – 454 с.
6. Богодухов С.И., Гребенюк В.Ф., Синюхин А.В. Курс материаловедения в вопросах и ответах: Учебн. пособие. – М.: Машиностроение, 2003. – 256 с.
7. Костяев П.С., Захаров Б.В. Промышленные материалы и топливо на железнодорожном транспорте: Учебн. для техникумов ж.-д. трансп. – М.: Транспорт, 1986. – 239 с.
8. Дяченко С.С. Фізичні основи міцності та пластичності металів: Навч. посібник. – Харків: Вид-во ХНАДУ, 2003. – 226 с.
9. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. – М.: Металлургия, 1975. – 584 с.
10. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов: Учебн. для вузов. – М.: Металлургия, 1983. – 350 с.
11. Марочник сталей и сплавов /В.Г.Сорокин, А.В.Волосникова, С.А. Вяткин и др.; Под ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
12. Журавлев В.Н., Николаев В.И. Машиностроительные стали: Справочник. – М.: Машиностроение, 1992. – 480 с.
13. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. – М.: Металлургия, 1985. – 252 с.
14. Технология конструкционных материалов /Под. ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 1977. – 664 с.
15. Курдюмов Г.В. Явления закалки и отпуска стали. – М.: Металлургия, 1960. – 64 с.

16. Масленков С.Б., Масленкова Е.А. Стали и сплавы для высоких температур: Справочник: В 2 кн. – М.: Metallurgy, 1991.
17. Конструкционные материалы: Справочник /Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1990. – 688 с.
18. Материалы в приборостроении и автоматике: Справочник / Под ред. Ю.М. Пятина. – М.: Машиностроение, 1982. – 528 с.
19. Новиков И.И. Дефекты кристаллического строения металлов. – М.: Metallurgy, 1983. – 232 с.
20. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. – М.: Metallurgy, 1978. – 391 с.
21. Бондаренко В.А., Богодухов С.И. Обеспечение качества и улучшение характеристик режущих инструментов. – М.: Машиностроение, 2000. – 144 с.
22. Мотовилин Г.В., Мсино М.А., Суворов О.М. Автомобильные материалы: Справочник. – М.: Транспорт, 1989. – 464 с.
23. Промышленные алюминиевые сплавы: Справочник /Под ред. Ф.И. Квасова и И.Н.Фридляндера. – М.: Metallurgy, 1984. – 527 с.
24. Смирягин А.П., Смирягина Н.А., Белова А.В. Промышленные цветные металлы и сплавы: Справочник. – М.: Metallurgy, 1974. – 488 с.
25. Кацнельсон М.Ю., Балаев Г.А. Полимерные материалы: Справочник. – Л.: Химия, 1982. – 317 с.
26. Назаров Г.И., Сушкин В.В., Дмитриевская Л.В. Конструкционные пластмассы: Справочник. – М.: Машиностроение, 1973. – 192 с.
27. Мирзоев Р.Г. Пластмассовые детали машин и приборов. – Л.: Машиностроение, 1971. – 368 с.
28. Лакокрасочные покрытия в машиностроении: Справочник /Под ред. М.М. Гольберга. – М.: Машиностроение, 1974. – 575 с.
29. Порошковая металлургия сталей. Спеченные и композиционные материалы / Пер. с нем. – М.: Metallurgy, 1983. – 519 с.
30. Симс Ч., Хагель В. Жаропрочные сплавы /Пер. с англ. – М.: Metallurgy, 1976. – 567 с.

31. Ульянин Е.А., Свистунова Т.В., Левин Ф.Л. Коррозионностойкие сплавы на основе железа и никеля. – М.: Металлургия, 1986. – 262 с.

32. Глазунов С.Г., Моисеев В.Н. Конструкционные титановые сплавы. – М.: Металлургия, 1974. – 367 с.

Діаграма Fe-Fe₃C

Додаток

