

Анатолій Власенко

Матеріалознавство та технологія металів

ПІДРУЧНИК

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Київ
Літера ЛТД
2019

УДК 669.018:669.05(075.8)
В58

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(Наказ Міністерства освіти і науки України від 30.10.2017 № 1429)

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено.

Р е ц е н з е н т и:

А. С. Моргун, завідувач кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету, доктор технічних наук, професор;

В. В. Джеджула, головний інженер приватного підприємства «Ватіс», кандидат технічних наук, доцент;

В. В. Титаренко, директор вищого художнього професійно-технічного училища № 5 м. Вінниця

Власенко А. М.

В58 Матеріалознавство та технологія металів : підручник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / А. М. Власенко. – Київ : Літера ЛТД, 2019. – 224 с.
ISBN 978-966-945-125-5

669.018:669.05(075.8)

ISBN 978-966-945-125-5

© Власенко А. М., 2019
© «Літера ЛТД», 2019

З М І С Т

ВСТУП	6
-----------------	---

Частина 1. КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ **Змістовий модуль 1**

1. НЕМЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ.	7
1.1. Основні властивості матеріалів (Навчальний елемент 1).	7
1.2. Деревина (Навчальний елемент 2)	12
1.3. Пластичні матеріали (Навчальний елемент 3)	17
1.4. Гума (Навчальний елемент 4).	21
1.5. Бетон і залізобетон (Навчальний елемент 5).	25
1.6. Композитні матеріали (Навчальний елемент 6)	29
1.7. Наноматеріали (Навчальний елемент 7)	32
2. ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ	35
2.1. Вогнетривкі матеріали (Навчальний елемент 8).	35
2.2. Теплоізоляційні матеріали (Навчальний елемент 9)	38
2.3. Ущільнювальні матеріали (Навчальний елемент 10)	42
2.4. Абразивні матеріали (Навчальний елемент 11)	46
2.5. Скло (Навчальний елемент 12).	49
Тести до модуля 1	52

Частина 2. ОСНОВИ МЕТАЛОЗНАВСТВА **Змістовий модуль 2**

3. СТРУКТУРА МЕТАЛІВ	58
3.1. Атомно-кристалічна будова металів (Навчальний елемент 13)	58
3.2. Дефекти кристалічної будови (Навчальний елемент 14)	62
3.3. Методи дослідження структури металів (Навчальний елемент 15).	66
3.4. Плавлення та кристалізація металів (Навчальний елемент 16)	69
4. МЕТАЛЕВІ СПЛАВИ	72
4.1. Будова та характеристика сплавів (Навчальний елемент 17)	72
4.2. Діаграма стану подвійних сплавів (Навчальний елемент 18)	75
4.3. Компоненти і фази у сплавах заліза з вуглецем (Навчальний елемент 19)	79
4.4. Діаграма стану залізо – вуглець (Навчальний елемент 20).	82

5. ОСНОВИ ТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ СТАЛІ	86
5.1. Термічне оброблення сталі (Навчальний елемент 21)	86
5.2. Хіміко-термічне оброблення (Навчальний елемент 22)	90
6. СПЛАВИ НА ОСНОВІ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ	92
6.1. Вуглецеві сталі (Навчальний елемент 23)	92
6.2. Леговані сталі (Навчальний елемент 24)	95
6.3. Спеціальні сталі (Навчальний елемент 25)	98
6.4. Чавуни (Навчальний елемент 26)	102
7. КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ І СПЛАВИ. КОРОЗІЯ.	105
7.1. Кольорові метали та їх сплави (Навчальний елемент 27)	105
7.2. Металокерамічні сплави (Навчальний елемент 28)	108
7.3. Корозія металів (Навчальний елемент 29)	110
Тести до модуля 2	114

Частина 3. СПОСОБИ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ

Змістовий модуль 3

8. ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ	120
8.1. Основні властивості металів (Навчальний елемент 30)	120
8.2. Технічні проби металів (Навчальний елемент 31)	125
9. ОБРОБЛЕННЯ МЕТАЛІВ ТИСКОМ	128
9.1. Суть оброблення металів тиском (Навчальний елемент 32)	128
9.2. Прокатування (Навчальний елемент 33)	131
9.3. Волочіння (Навчальний елемент 34)	134
9.4. Пресування (Навчальний елемент 35)	136
9.5. Суть кування (Навчальний елемент 36)	138
9.6. Штампування (Навчальний елемент 37)	141
9.7. Виготовлення сталевих труб (Навчальний елемент 38)	144
10. ОСНОВИ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА	146
10.1. Суть ливарного виробництва (Навчальний елемент 39)	146
10.2. Лиття в одноразові піщані форми (Навчальний елемент 40)	148
10.3. Спеціальні види лиття (Навчальний елемент 41)	151
11. ОБРОБЛЕННЯ МЕТАЛІВ РІЗАННЯМ	155
11.1. Основні поняття і визначення (Навчальний елемент 42)	155
11.2. Точіння (Навчальний елемент 43)	158
11.3. Свердління (Навчальний елемент 44)	162
11.4. Фрезерування (Навчальний елемент 45)	164
11.5. Стругання, довбання та протягування (Навчальний елемент 46)	166
11.6. Шліфування (Навчальний елемент 47)	168

12. СПЕЦІАЛЬНІ СПОСОБИ ОБРОБЛЕННЯ МЕТАЛІВ	170
12.1. Оброблення поверхневим деформуванням (Навчальний елемент 48)	170
12.2. Електрофізичні методи оброблення металів (Навчальний елемент 49)	172
Тести до модуля 3	175

Частина 4. ЗВАРЮВАННЯ

Змістовий модуль 4

13. СУТЬ ЗВАРЮВАННЯ ТА ПАЯННЯ	179
13.1. Загальні відомості про зварювання (Навчальний елемент 50). . .	179
13.2. Сталеві покриті електроди (Навчальний елемент 51)	184
13.3. Джерела живлення зварювальної дуги (Навчальний елемент 52)	188
13.4. Техніка ручного дугового зварювання (Навчальний елемент 53).	191
13.5. Паяння металу (Навчальний елемент 54)	194
14. ГАЗОВЕ ЗВАРЮВАННЯ ТА РІЗАННЯ МЕТАЛІВ	198
14.1. Суть газового зварювання (Навчальний елемент 55)	198
14.2. Обладнання газового зварювання (Навчальний елемент 56) . . .	202
14.3. Термічне різання металів (Навчальний елемент 57).	205
15. ДЕФОРМАЦІЇ ТА ДЕФЕКТИ ПРИ ЗВАРЮВАННІ	208
15.1. Виникнення деформацій та способи їх зменшення (Навчальний елемент 58)	208
15.2. Дефекти швів при зварюванні плавленням (Навчальний елемент 59)	211
15.3. Види контролю зварювальних з'єднань (Навчальний елемент 60)	214
Тести до модуля 4	217
Література	223

ВСТУП

Підручник відповідає вимогам Державних стандартів професійно-технічної освіти і навчальним планам теоретичної та практичної підготовки з основ матеріалознавства багатьох технічних професій. Може бути використаний для самостійного вивчення дисципліни в умовах кредитно-модульної організації навчального процесу, де збільшено час для самостійної підготовки учнів, що стає одним із головних засобів навчання і потребує відповідного навчально-методичного забезпечення.

Видання має сформувати у майбутнього спеціаліста базові знання з матеріалознавства і металознавства, закласти стійкі уявлення про технологію та сучасні способи виготовлення металевих заготовок і готових виробів – деталей із необхідними експлуатаційними характеристиками.

Навчальний матеріал поділено на змістові модулі й навчальні елементи, наведено контрольні запитання і тести для самоконтролю до кожного модульного блоку. Це дає можливість при вивченні курсу матеріалознавства отримати загальні відомості про різні матеріали, набути навички вибору їх для розв'язання задач із визначення властивостей матеріалів, їх призначення та практичного використання.

В основу підручника покладено концептуальні підходи та керівні принципи модульної методології, які можуть органічно функціонувати в дистанційній освіті. Відповідно до цієї методології, навчальний матеріал поділено на навчальні елементи. З методичного і педагогічного погляду це спеціально розроблені навчальні розділи, які містять текстовий та ілюстративний матеріал, спрямований на засвоєння знань і вмінь. Навчальний елемент подає нетрадиційно упорядковану текстову та ілюстративну інформацію щодо однієї конкретної теми, містить усе необхідне, що викладач (майстер) має розповісти учням для досягнення поставленої мети.

Текст підручника проілюстровано великою кількістю рисунків, схем і піктограм, поданих здебільшого у спрощеному вигляді, що сприяє кращому розумінню і засвоєнню основ матеріалознавства. Рисунки і схеми, як опорні сигнали, вирізняються лаконічністю та наочністю.

На початку кожного навчального елемента сформульовано, які саме знання та вміння матимуть учні, вивчивши матеріал розділу. Структуру підручника побудовано таким чином, щоб учні під час дистанційного навчання могли самостійно вчитися у власному темпі. Сконцентрований виклад матеріалу значно полегшує послідовне сприйняття інформації.

Частина 1.

КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Змістовий модуль 1

Конструкційні матеріали – це матеріали, з яких виготовляють деталі машин і конструкцій, що зазнають силових навантажень. Визначальними характеристиками конструкційних матеріалів є їхні механічні властивості, що і вирізняє їх з-поміж інших технічних матеріалів.

1. НЕМЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ

Неметалеві матеріали застосовують не як замітники металів, а як самостійні, іноді навіть незамінні матеріали. Окремі з них мають велику механічну міцність, термічну та хімічну стійкість, високі електроізоляційні характеристики, оптичну прозорість тощо. Особливо потрібно виокремити технологічність неметалевих матеріалів.

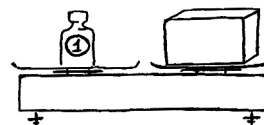
1.1. Основні властивості матеріалів (Навчальний елемент 1)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні:

- знатимуть основні властивості матеріалів;
- умітимуть робити висновки про придатність неметалевих матеріалів для виготовлення деталей.

Неметалеві матеріали мають такі *фізичні властивості*: густина; теплопровідність; теплоємність; термічне розширення; пористість; водопроникність; водопоглинання; вологість; морозостійкість; адгезія; вогнестійкість; вогнетривкість.

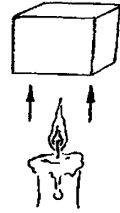
1. Густина є фізичною характеристикою будь-якої речовини, з якої складається тіло. Густина однорідних тіл визначають як відношення маси тіла до об'єму, який воно займає.



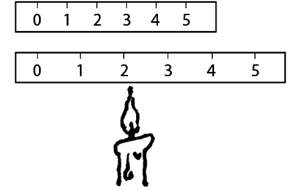
2. Теплопровідність – здатність матеріалу передавати крізь товщу тепловий потік, який виникає внаслідок різниці температур на протилежних поверхнях.



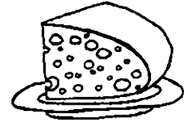
3. Теплоємність – кількість теплоти, яку необхідно підвести до тіла, щоб підвищити його температуру на 1°C .



4. Термічне розширення – властивість матеріалу змінювати розміри під час нагрівання.



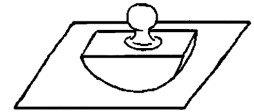
5. Пористість – ступінь заповнення об'єму матеріалу порами (малі лунки в матеріалі, які заповнені повітрям або водою).



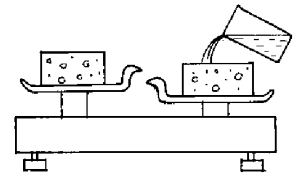
6. Водопроникність – властивість матеріалу пропускати крізь себе воду під тиском.



7. Водопоглинання – властивість матеріалу поглинати й утримувати у своїх порах воду.



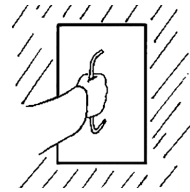
8. Вологість – ступінь зволоження матеріалу (відношення кількості вологи, яка міститься у матеріалі, до маси матеріалу в абсолютно сухому стані).



9. Морозостійкість – властивість матеріалу в насиченому водою стані витримувати велику кількість циклів перемінного заморожування і відтаювання без видимих ознак руйнування.



10. Адгезія – опір відриву або зсуву матеріалу, який нанесений на поверхню.



11. Вогнестійкість – властивість матеріалу витримувати без руйнування вплив високих температур (полум'я).

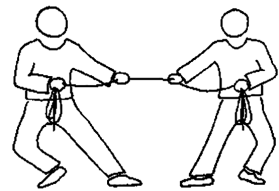


12. Вогнетривкість – температура повного розм'якшення вогнетриву, яку визначають нагріванням стандартного зразка – тригранної піраміди.

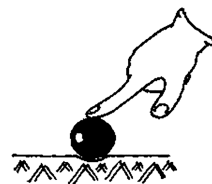


Неметалеві матеріали мають такі *механічні властивості*: міцність; твердість; пружність; крихкість.

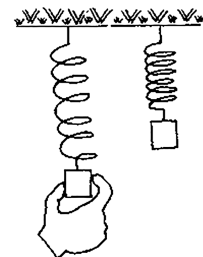
13. Міцність – властивість виробу, не руйнуючись, чинити опір дії прикладених зовнішніх сил.



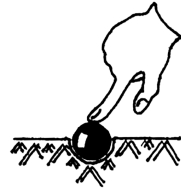
14. Твердість – властивість матеріалу чинити опір проникненню у нього інших твердих тіл.



15. Пружність – властивість матеріалу відновлювати свою форму після закінчення дії прикладених зовнішніх сил.



16. Пластичність – властивість матеріалу деформуватися без руйнування під час дії зовнішніх сил.

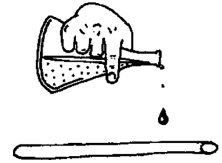


17. Крихкість – властивість матеріалу руйнуватися одразу після дії прикладених до нього сил, не показуючи жодних ознак деформації.



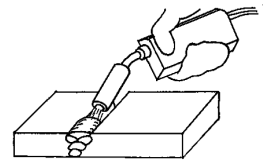
До *хімічних властивостей* неметалевих матеріалів належить хімічна стійкість.

18. Хімічна стійкість – властивість матеріалів витримувати руйнівну дію кислот, лугів, розчинених у воді солей і газів, органічних розчинників.

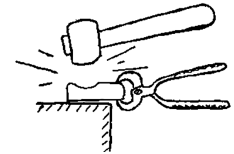


Неметалеві матеріали мають такі *технологічні властивості*: зварюваність; ковкість; рідинноплинність; в'язкість; витривалість; гартування.

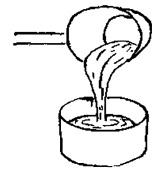
19. Зварюваність – властивість матеріалу створювати міцні нероз'ємні з'єднання.



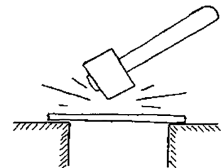
20. Ковкість – здатність металів піддаватися обробленню тиском.



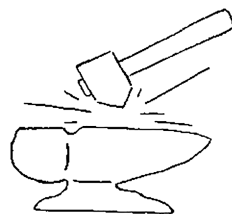
21. Рідинноплинність – властивість матеріалу легко розтікатися й заповнювати повністю литтєву форму.



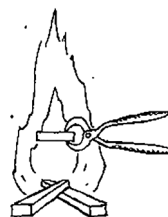
22. В'язкість – властивість матеріалу чинити опір динамічним навантаженням.



23. Витривалість – властивість металу чинити опір руйнуванню (пошкодженню) від дії сил, які періодично повторюються.



24. Гартування – здатність сталі до підвищення твердості при гартуванні, прогартуваність – властивість сталі загартуватись на певну глибину.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які матеріали називають конструкційними?
2. На які види поділяють властивості матеріалів?
3. Якою є визначальна характеристика конструкційних матеріалів?
4. Назвіть основні види неметалевих матеріалів.
5. Перелічіть основні механічні властивості конструкційних матеріалів.
6. Назвіть основні технологічні властивості конструкційних матеріалів.
7. Чим відрізняються фізичні властивості від механічних?
8. Назвіть основні види технологічних властивостей.
9. Як називають відношення маси матеріалу до його об'єму?

1.2. Деревина (Навчальний елемент 2)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

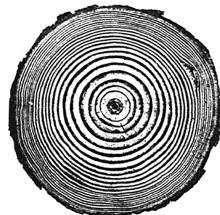
- структуру деревини;
- основні види і властивості деревини;
- основні вироби з дерева;
- основні породи дерев.

Деревина є універсальним матеріалом і має надзвичайно велике значення. За різноманітністю застосування в техніці, промисловості та побуті з деревиною не може зрівнятися жоден інший матеріал.

1. Дерево, що росте, складається з трьох основних частин: кореня, стовбура і крони. Стовбур є найціннішою частиною дерева і містить основну масу деревини. Деревиною називають матеріал, отриманий від зрубаного дерева, очищеного від гілок і кори.



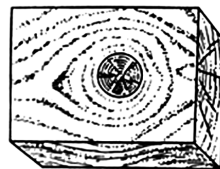
2. На поперечному розрізі дерева видно концентричні річні верстви (щорічний приріст деревини). Річні верстви наростають щороку від центру до периферії, наймолодшим шаром є зовнішній. За кожний рік життя дерева утворюється одне кільце. За кількістю річних верств на торцевому зрізі можна визначити вік дерева.



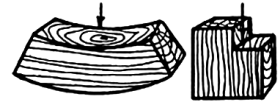
3. Від центра в радіальному напрямку відходять осередні промені. Вони складаються з окремих клітин, тому при висиханні утворюються тріщини. Деякі породи дерев (липа, береза) таких променів майже не мають.



4. Текстура – це характерний малюнок, який утворюється на розрізах деревини при перерізі її волокон, річних верств та серцевинних променів. Що складніша будова деревини й різноманітніше поєднання окремих елементів, то багатша її текстура. Деревину з красивою текстурою застосовують для оздоблення приміщень, меблів тощо.



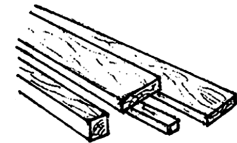
5. Міцність деревини при розтягуванні впоперек волокон дуже мала і в середньому становить двадцятину частину краю міцності при розтягуванні вздовж волокон.



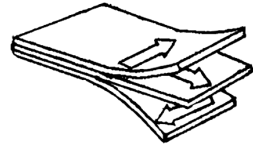
6. Властивості деревини залежать від її зовнішнього вигляду, густини, вологостійкості, теплопровідності тощо. Зовнішній вигляд деревини визначається її кольором, блиском, текстурою і макроструктурою.



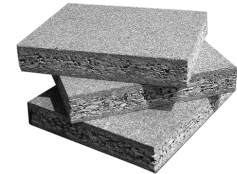
7. Піломатеріали отримують шляхом розкроювання колод. Їх поділяють за формою і розмірами поперечного перерізу. Найбільше практичне застосування піломатеріалів мають дошки, бруски і бруси.



8. Фанера – багат шаровий матеріал, виготовлений шляхом склеювання спеціально підготовленого шпона. Для збільшення міцності фанери шари шпона накладають таким чином, щоб волокна деревини були рівно перпендикулярні попередньому листу.



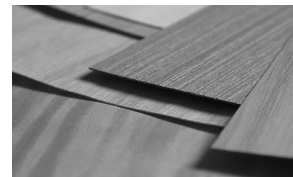
9. Деревостружкові плити (ДСП, МДФ) – це композиційний матеріал, який отримують шляхом гарячого пресування деревних частинок, змішаних зі спеціальними добавками. Ці плити широко використовують у виробництві меблів, будівництві та інших галузях.



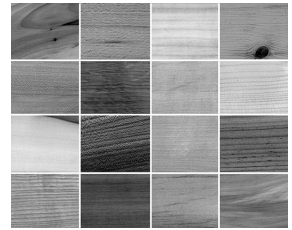
10. Деревоволокнисті плити (ДВП) – це шаруватий матеріал, виготовлений у процесі гарячого пресування сформованої маси з деревних волокон. Деревоволокнисті плити застосовують у будівництві, у виробництві меблів, суднобудуванні та інших галузях промисловості як конструкційний, ізоляційний і оздоблювальний матеріал.



11. Шпон – це тонкий лист деревини, яку отримують шляхом луцення або стругання. Товщина листів шпону – від 0,55 до 1,5 мм. Шпон є напівфабрикатом для виготовлення фанери з красивою текстурою, його також використовують як облицювальний матеріал.



12. Породи дерев поділяють на хвойні й листяні. Деревину хвойних порід завдяки її фізичним, механічним і технічним властивостям широко застосовують у будівництві та меблевій промисловості. Своїми якостями, особливостями і різноманітністю застосування деревина листяних порід значно перевищує деревину хвойних порід.



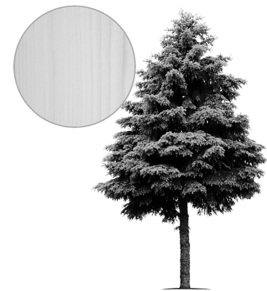
13. Сосна звичайна – дерево, яке швидко росте, до 30 м заввишки і діаметром понад 100 см. Через високий вміст смоли деревина сосни є порівняно міцною, стійкою до вологи. Її використовують для виготовлення фанери, зовнішніх і внутрішніх будівельних конструкцій, вікон і дверей, шпал, шахтних стійок, паперових виробів та картону.



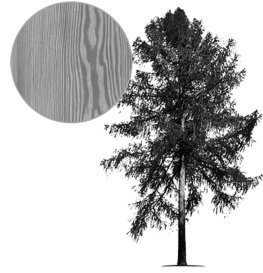
14. Ялина – вічнозелене хвойне дерево заввишки 30–50 м. Найкращі технічні властивості деревини – у дерев віком 80–120 років. Деревина має багато темних смоляних сучків. Ялину використовують для виготовлення облицювальної фанери, як будівельний матеріал – для зовнішніх і внутрішніх конструкцій.



15. Смерека – високе дерево, досягає 40–60 м. Середній діаметр – до 100 см. Найкращі технічні властивості деревини – у дерев, зрубаних у віці приблизно 100 років. Деревина м'яка, легко розколюється, має багато сучків, схильна до розтріскування й скручення. Містить найменше смол серед усіх хвойних дерев. Ядро однорідне, біле або жовтувато-біле, рожевіє ближче до серцевини. Зовні дуже важко смереку відрізнити від ялини, однак смерека твердіша та гірше піддається обробленню.



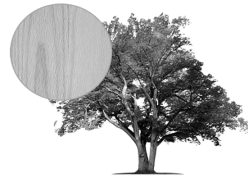
16. Модрина виростає приблизно до 45 м і діаметром до 50 см. Деревина важка, з великою кількістю смоли, тверда, легко розколюється, вирізняється високою міцністю. Крім того, модринова деревина дуже блискуча. Деревину використовують для виготовлення шпону, меблів, дощок, паркету, сходів, вікон, рам, дверей.



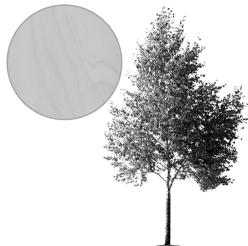
17. Дуб – дерево заввишки від 20 до 40 м, діаметр стовбура сягає 2–3 м. На поперечному розрізі помітні світло-блискучі серцевинні промені, які у радіальному розрізі виглядають як високі блискучі смуги. Деревину дуба цінують за міцність, твердість, пружність, а також за красу. Застосовують як матеріал для фанери, меблів, облицювання, паркетів, у гідротехнічному будівництві, для будови суден, машин і транспортних засобів.



18. Бук – листяне дерево, яке росте повільно, заввишки до 40 м і діаметром до 150 см. Найкращі технічні властивості деревини – у дерева віком приблизно 110 років, тоді вона тверда, важка і щільна. Колір деревини – від жовтуватого до червонувато-білого, вона має виразні шари. Деревину бука використовують у виробництві меблів, паркетів, фанери, ДСП. З неї виготовляють папір, спортивне знаряддя, музичні інструменти.



19. Береза швидко росте, заввишки близько 25 м, діаметр приблизно 60 см. Деревина цього дерева – середньої твердості, важка і не дуже міцна, білого кольору з жовтуватим або червонуватим відтінком. Деревину берези використовують для виробництва фанери, облицювання, паркету і меблів. З неї виготовляють целюлозу й папір, ДСП і ДВП.



20. Клен – дерево, яке досягає висоти до 20 м і діаметра приблизно 100 см. Деревина децю червонувата, еластична, з доброю стійкістю на згинання і стискання, однак не дуже міцна. Застосовують у будівельних конструкціях, для виготовлення фанери, меблів, музичних інструментів.



21. Ясен – дерево, що швидко росте, досягаючи висоти 25–35 м і діаметра приблизно 100 см. Заболонь і ядро мають лимонно-білий колір у молодих дерев і брунатно-жовтий у старих. Ясен має також виразні кільця. Деревину використовують у виробництві шпону, меблів, дощок, сходів, паркету, катерів, верстатів, вагонів, для внутрішнього оздоблення. Її можна точити, фрезерувати і різьбити.



22. Липа має деревину білого кольору з легкими блідо-рожевим відтінком, м'яку, легку, однорідної будови. Добре розколюється, ріжеться, майже не тріскається і не жолобиться, швидко загниває у вологому середовищі.



23. Вільха має білу, м'яку й легку, тривку проти вологи деревину.



24. Серед великої кількості дерев'яних порід, крім промислових, вирізняють ще такі цінні, як горіх, червоне дерево, груша, амарант, палісандр тощо, із яких виготовляють художні вироби, музичні інструменти, ними оздоблюють високоякісні меблі.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які є різновиди деревних матеріалів?
2. Назвіть приклади використання деревини.
3. Перелічіть основні властивості деревини.
4. Яку структуру має дерево при поперечному розрізі?
5. Назвіть породи дерев, які застосовують у виробництві.
6. Які є різновиди пиломатеріалів?
7. Що таке річні верстви?
8. Як називають характерний малюнок на розрізах деревини?
9. Що таке фанера?

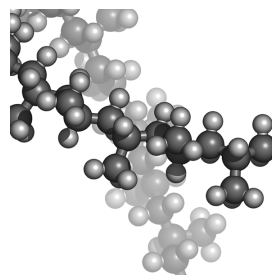
1.3. Пластичні матеріали (Навчальний елемент 3)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- структуру, склад і способи отримання пластмаси;
- основні види і властивості пластичних мас;
- найпоширеніші виробы із пластмаси.

Пластична маса – матеріал, основою якого є полімер, що перебуває під час формування виробу у в'язкому або пластичному стані, а під час експлуатації – у склоподібному або кристалічному стані.

1. Пластичні маси, пластмаси, або пластики, – це штучно створені матеріали, одержані на основі природних і синтетичних високомолекулярних сполук (полімерів), здатних унаслідок своєї пластичності набувати тієї чи тієї форми під дією теплоти й тиску і стійко зберігати її. Крім полімерів, до складу пластмас можуть входити також наповнювачі та інші компоненти, які надають їм необхідних властивостей.



2. Пластмаси – порівняно новий вид матеріалів, що має важливі позитивні властивості: мала густина при значній міцності, стійкість до різних агресивних середовищ, низька теплопровідність, хороша декоративність, можливість надавати деталям різноманітної форми шляхом лиття, пресування, видавлювання. Процес виготовлення пластмас надається до повної механізації і автоматизації. Пластмаси добре зварюються та склеюються.

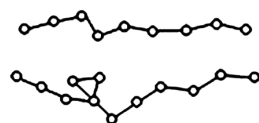


3. До недоліків пластмас належить те, що вони горючі. Більшість пластмас втрачають твердість при температурі 150°, а деякі – при 60°. Маючи високу початкову міцність, пластмаси під дією довгочасних навантажень навіть при нормальній температурі проявляють повзучість. Тривалий вплив сонячних променів у поєднанні з киснем може спричинити «старіння» пластмас.

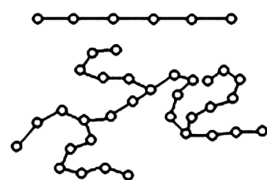


4. Основною складовою пластмас є полімери – сполуки, у молекулах яких однакові ланки повторюються багато разів. До складу молекули полімеру можуть входити сотні й тисячі атомів. Розміщення атомів у молекулі полімеру може бути:

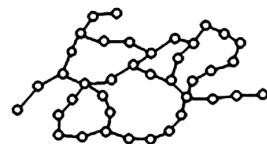
– лінійним;



– розгалуженим;



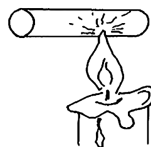
– просторовим (сітчастим).



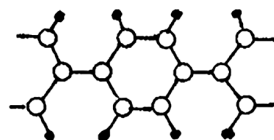
5. Залежно від лінійної або сітчастої структури пластмаси поділяють на термопластичні й термореактивні. Термопластичні матеріали (термопластики), в яких структура лінійна, мають здатність від нагрівання розм'якшуватися, плавитися, і тому їх можна переробляти вдруге.



6. Термореактивні матеріали – пластмаси з сітчастою просторовою структурою. Їх можна формувати у виробі шляхом нагрівання тільки один раз на певній стадії процесу; вдруге вони не розм'якшуються, не плавляться і не переробляються.



7. Пластмаси створюють як високомолекулярні сполуки полімерної будови, із мономерів, які виробляють із нафти, газів і кам'яного вугілля. Щоб отримати полімери, застосовують реакції полімеризації, тобто синтез молекул мономеру в довгі ланцюгоподібні великі молекули полімеру.



8. До складу більшості пластмас входять: наповнювачі, пластифікатори, затверджувачі, стабілізатори, барвники, антистатиками, пороутворювачі (20–80 % об'єму).

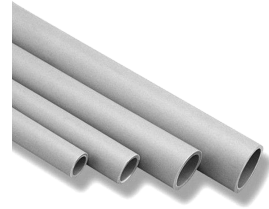


9. Поліетилен – продукт полімеризації етилену ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$). Це твердий, ледь прозорий, жирний на дотик матеріал. Із нього виготовляють деталі сантехніки, труби, плівку, пляшки, електроізоляційні вироби.

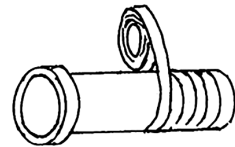


Крім того, поліетилен використовують як покриття на металевих поверхнях для захисту від корозії. Недоліком поліетилену є схильність до старіння.

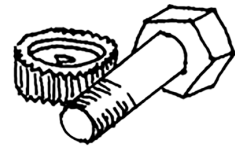
10. Поліпропілен – продукт полімеризації пропілену $\text{CH}_3\text{—CH=CH}_2$. Він є добрим діелектриком, водотривким і хімічно стійким. Із нього виготовляють плівки, листи, труби для гарячої води, пляшки для зберігання питної води, посудини для зберігання агресивних рідин, волокна тощо. Головний недолік поліпропілену – погана морозостійкість.



11. Полівінілхлорид (ПХВ) – полімер хлористого вінілу $\text{CH}_2\text{—CHCl}$ (непластифікований ПХВ – вініпласт). Це твердий матеріал білого або жовтого кольору. Із нього виготовляють труби і листовий матеріал, литі вироби. Пластифікований ПХВ застосовують для виготовлення плівки, штучної шкіри, прокладок, ізоляції проводів і кабелю, липкої ізоляційної стрічки тощо.



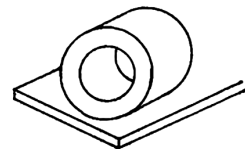
12. Поліформальдегід – це білий непрозорий матеріал, який добувають з альдегіду мурашиної кислоти – формальдегіду HCHO . Він тривкий до дії багатьох хімічних речовин, має високі діелектричні властивості. З нього виготовляють водопровідну арматуру, деталі з різьбою, малі шестерні, листи, труби та ін.



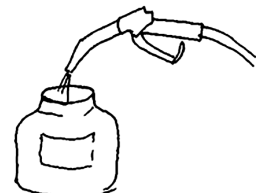
13. Поліаміди – це група пластмас, у складі молекул яких є амідна (—NH—CO—) група. До поліамідів належать капрон, нейлон, енант та ін. Вони тривкі до бензину, лугів.



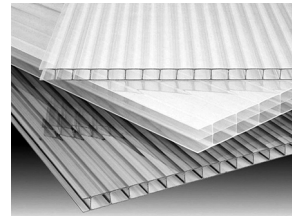
14. Фторопласт – напівпрозорий рогоподібний матеріал. Його тривкість вища порівняно з іншими полімерами. Температура плавлення – $210\text{ }^\circ\text{C}$. Із фторопласту виготовляють мембрани, діафрагми, прокладки.



15. Вініпласт – непластифікований твердий полівінілхлорид, що має високу механічну міцність і пружність. Із нього виготовляють труби для подавання агресивних газів, рідин і води, деталі вентиляційних установок, теплообмінників, захисні покриття для металевих посудин. Недоліками цього матеріалу є низька міцність і робоча температура.



16. Полікарбонат – це полімерний пластик, який широко використовують у будівництві. Він має низку переваг порівняно з іншими будівельними матеріалами. Із полікарбонату виготовляють корпусні частини обладнання, zenітні ліхтарі, душові кабінки. У сільському господарстві застосовують для скління теплиць і тваринницьких комплексів.



17. Термореактивні пластмаси виготовляють переважно на основі синтетичних смол. Крім полімеру, до складу термореактивних пластмас входять зміцнювальні та деякі інші компоненти. Термореактивні пластмаси є нерозчинними, мають високу теплостійкість і стабільні властивості в робочому інтервалі температур. Найпоширенішими синтетичними полімерами для термореактивних пластмас є різні смоли, наприклад, епоксидні.



18. Епоксидні смоли – продукти поліконденсації епіхлоргідрину з дифеніл пропіленом. Вони термопластичні, але після додавання затверджувачів стають термореактивними. Ці смоли мають добрі адгезійні, механічні й діелектричні властивості. Із них виготовляють клеї, лаки, шаруваті пластмаси.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Із яких компонентів виготовляють пластмаси?
2. Що складає основу термопластичних і термореактивних пластмас?
3. Чим відрізняються фізико-механічні властивості термопластичних і термореактивних пластмас?
4. Що таке полімеризація?
5. Назвіть недоліки пластмас.
6. Назвіть основні види пластмас.
7. Що входить до складу більшості пластмас?

1.4. Гума (Навчальний елемент 4)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення поняття гуми та її властивості;
- особливості процесу отримання гуми з каучуку;
- види гуми;
- склад та основні властивості гуми;
- основні вироби з гуми.

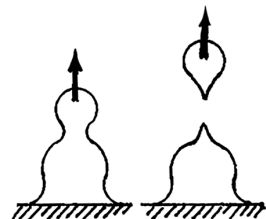
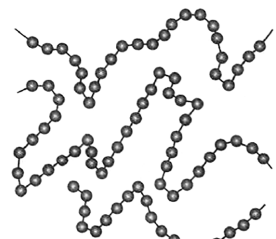
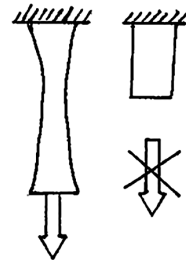
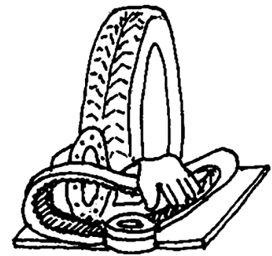
Гумою називають високомолекулярні матеріали, які отримують у процесі вулканізації суміші натурального або синтетичного каучуку з різними наповнювачами.

1. Гума є штучним матеріалом і має низку дуже важливих специфічних технічних властивостей: високу еластичність; низьку тепло- і звукопровідність; порівняно добру механічну міцність; високий опір стиранню. Як конструкційний матеріал гума має високу еластичність, тобто здатність відновлювати попередню форму після припинення дії сил, що спричиняють деформацію.

2. Гума – продукт вулканізації композицій на основі каучуку; матеріал, необхідний для виробництва різноманітних виробів – від автомобільних шин до хірургічних рукавичок. Найбільша перевага гуми – її еластичність. Вона може розтягуватися і гнутися, а потім набувати початкової форми. Гума може бути м'якою і твердою.

3. Основою гумової суміші є каучук. Натуральний каучук добувають із молокоподібного соку (латексу) каучукового дерева. Синтетичний каучук отримують, полімеризуючи ізопрен, а синтетичний бутадієновий каучук – полімеризуючи бутадієн. Молекула каучуку має лінійну структуру, являє собою довгі нитки, переплутані, скручені у клубки.

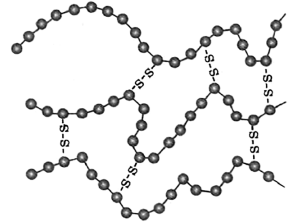
4. Сирий каучук має низьку міцність і дуже липкий, особливо при нагріванні, а на морозі стає твердим і ламким. Тому для виготовлення різних виробів у сирому вигляді каучук непридатний. Свої цінні властивості каучук набуває під час вулканізації.



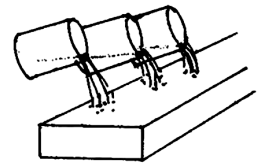
5. Вулканізація – процес перетворення сирого каучуку на гуму шляхом нагрівання його з сіркою. Під час вулканізації з каучуку, сірки і наповнювача (переважно сажі) виготовляють суміш, якою наповнюють відповідні форми і під тиском нагрівають. Каучук взаємодіє із сіркою при температурі 130–160 °С.



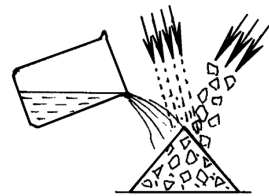
6. Процес вулканізації за допомогою сірки полягає у нагріванні гумової суміші до певної температури і витримці її при цій температурі упродовж часу, достатнього для того, щоб атоми сірки з'єдналися у деяких місцях із молекулами каучуку, утворивши гуму – матеріал із просторовою структурою молекул.



7. Інґредієнтами гумової суміші є прискорювачі (скорочують час вулканізації) та активатори вулканізації (підвищують межу міцності при розтягуванні). Крім того, гума містить різноманітні домішки: наповнювачі, пластифікатори, антиоксиданти процесу вулканізації тощо.



8. Наповнювачі можуть бути активними (підсилювальними) та неактивними (інертними). Активні наповнювачі (вуглецева та біла сажа, кремнієва кислота, оксид цинку тощо) підвищують механічні властивості гуми, зокрема, міцність, опір стиранню, твердість. Неактивні наповнювачі (крейда, тальк, барит) вводять для здешевлення вартості гуми.



9. Пластифікатори (розм'якшувачі) – парафін, каніфоль, стеаринова кислота, рослинні олії – сприяють рівномірному розподілу компонентів у суміші, полегшують формування виробів і підвищують їхню морозостійкість. Розм'якшувачі складають від 10 до 30 % маси каучуку.



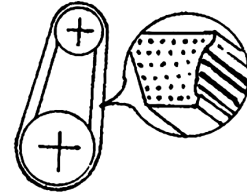
10. Барвники (мінеральні й органічні) надають гумовим виробам бажаного кольору. Деякі фарбувальні речовини поглинають сонячний спектр, захищаючи гуму від світлового старіння.



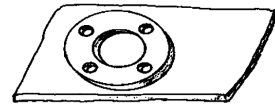
11. Гуми схильні до старіння, яке відбувається у процесі зберігання та експлуатації гумових виробів під впливом світла, тепла, кисню та озону. Старіння по-різному позначається на механічних властивостях гум. Температура і тривалість старіння зазвичай зумовлюють зниження міцності та підвищення твердості цього матеріалу.



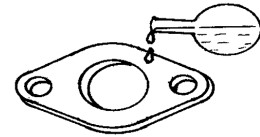
12. Для таких важливих виробів, як шини, шланги високого тиску, привідні паси, використовують волоконні зміцнювачі із синтетичних волокон або металевого дроту. Для більшої міцності до гуми додають тканини або металеві дроти (у виробництві автомобільних шин, пасків та ін.).



13. Для монтажу санітарно-технічних пристроїв застосовують здебільшого листову гуму завтовшки 3–6 мм. Із неї виготовляють прокладки для фланцевих з'єднань трубопроводів.



14. Гума може бути морозостійкою, масло-бензостійкою, кислото-лугостійкою і теплостійкою. До складу останньої, крім звичайних складових, входить азбест, вона здатна зберігати свої властивості при температурі до 90 °С у повітряному середовищі й до 140 °С – у середовищі водяної пари. Для вищих температур (до 250 °С) застосовують гуму на кремній-органічній основі.



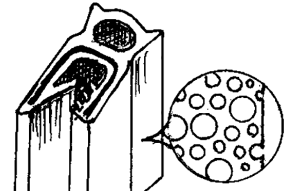
15. Ебоніт – високовулканізувальний каучук із великим вмістом сірки (до 50 %), темно-коричневого або чорного кольору, хімічно інертний, має високі електроізоляційні властивості. На відміну від м'якої гуми, ебоніт не має високої еластичності при звичайній температурі і нагадує тверду пластмасу. Цей матеріал використовують як ізоляційний в електротехніці.



16. Гуму широко застосовують у промисловості. Із неї виробляють автомобільні шини (близько 50 % виробів), взуття, одяг, рукавички, труби, ластика, тенісні м'ячі, прокладки клапанів для герметизації трубопроводів та двигунів і ще багато іншого, загалом близько 40 тисяч найменувань одиниць продукції.



17. Мікропориста (пориста) гума призначена для ущільнення різноманітних з'єднань, із неї виготовляють амортизатори, звуко- і термоізолювальні прокладки, прокладки для тари тощо.



18. Для гумових виробів характерні висока стійкість до стирання, газо- і водонепроникність, хімічна стійкість, електроізоляційні властивості та незначна питома вага. Гуму застосовують для демпфірування, ущільнення і герметизації, хімічного захисту машин, трубопроводів, шлангів для покришок і камер коліс тощо.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Назвіть основні властивості гуми.
2. Яка головна перевага гуми?
3. Що таке процес вулканізації гуми?
4. Які речовини, крім каучуку, містить гума?
5. Що є інгредієнтами гумової суміші?
6. Що додають до гуми для більшої міцності?
7. Як називають процес нагрівання гуми з сіркою?
8. При якій температурі відбувається вулканізація гуми?
9. Які вироби виготовляють із гуми?
10. Яку назву має гума, в якій вміст сірки становить близько 50 %?

1.5. Бетон і залізобетон (Навчальний елемент 5)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- структуру, склад і способи отримання бетону;
- особливості залізобетону з попередньо напруженою арматурою;
- види залізобетонних конструкцій.

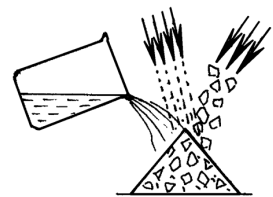
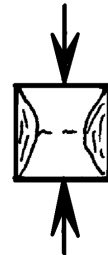
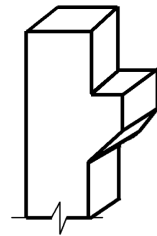
Бетон – один із основних будівельних матеріалів. Із нього виготовляють різноманітні за формою і розмірами бетонні та залізобетонні вироби й конструкції.

1. Бетон – штучний кам'яний будівельний матеріал, що являє собою затверділу суміш в'язучої речовини, води, дрібного (піску) і великого (щебеню або гравію) заповнювача. До моменту затвердіння ці речовини називають бетонною сумішшю.

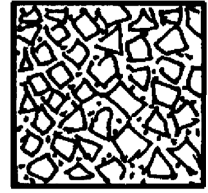
2. Основні властивості бетону (міцність, морозостійкість, водонепроникність, довговічність тощо), які визначаються умовами експлуатації конструкцій, зведених із цього матеріалу, залежать від якості складових і технології приготування бетону.

3. Портландцемент – гідралічна в'язуча речовина, яку отримують шляхом дрібного розмелення клінкеру (спеченої при 1480 °С однорідної природної або сировинної суміші).

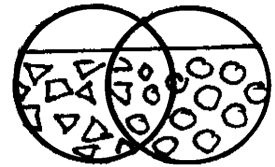
4. Портландцемент використовують при виготовленні цементних розчинів і бетонів. Дрібним заповнювачем слугує природний або штучний пісок, великим – щебінь або гравій. Для розчинення бетону використовують водопровідну воду. Внаслідок хімічної взаємодії в'язучої речовини та води утворюється клеєподібне тісто, яке огортає тонким шаром зерна дрібного та великого заповнювачів, із часом твердне і зв'язує їх, перетворюючи бетонну суміш на міцний моноліт – бетон.



5. Заповнювачі (пісок, щебінь або гравій) складають до 80–85 % об'єму бетону і утворюють його жорсткий каркас, що перешкоджає усаджуванню. Якість заповнювачів сильно впливає на склад та властивості бетону.



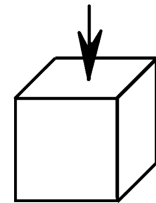
6. Природні піски, що утворилися в результаті природного руйнування гірських порід, поділяють на гірські та річкові. Зерна гірських пісків менш круглясті. Дроблений пісок одержують методом подрібнення гірських порід. Форма зерен дробленого піску має наближатися до кубічної.



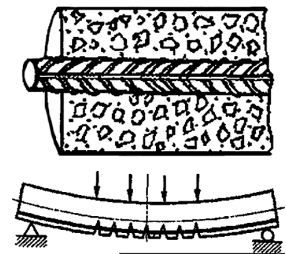
7. Великі заповнювачі (наприклад, щебінь, гравій) для важких бетонів виготовляють із гірських порід. Залежно від розміру зерен щебінь класифікують за чотирма фракціями: 5...10, 10...20, 20...40 та 40...70 мм.



8. Міцність бетону позначають маркою, яку встановлюють за межею міцності при стискуванні кубічних зразків. Міцність бетону залежить від активності цементу, водо-цементного співвідношення, якості заповнювачів, ступеня ущільнення бетонної суміші, строків та умов тверднення.



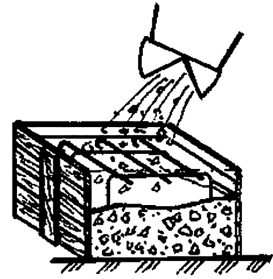
9. Залізобетон має властивості двох матеріалів – бетону й арматурної сталі. Бетон чинить значний опір на стискування, а сталеві арматури, навпаки, дуже добре сприймає розтягувальне напруження. Тому арматура і бетон розміщені таким чином, щоб бетон у верхній зоні балки сприймав стискувальне, а сталеві арматурні стрижні у нижній зоні – розтягувальне напруження.



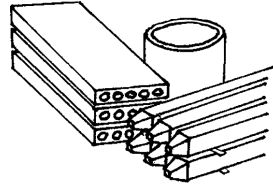
10. Залізобетонні конструкції виготовляють зі звичайною і попередньо напруженою арматурою. Звичайний спосіб армування не захищає конструкцію від тріщин, адже бетон дуже мало розтягується. У ці тріщини проникають волога і гази, які спричиняють корозію арматури. Щоб запобігти цьому, арматуру розтягують на спеціальних машинах, а потім укладають у бетонну суміш. Стрижні стискаються, а разом із ними за рахунок зчеплення стискається і бетон.



11. Монолітними називають залізобетонні конструкції, які створюють безпосередньо на об'єкті будівництва. У тимчасову опалубку встановлюють арматурні каркаси, а потім укладають бетон. Опалубку знімають після того, як бетон набуде достатньої міцності.

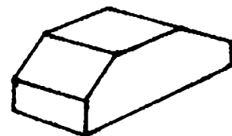
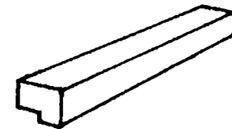
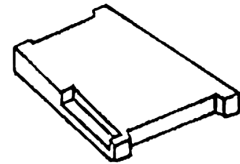
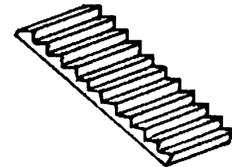
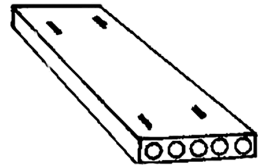


12. Збірними називають залізобетонні конструкції, які виготовляють на спеціалізованих заводах. Такі конструкції монтують на будівельному майданчику і при потребі з'єднують зварюванням арматурних стрижнів або сталевих закладних деталей. Потім стики цих з'єднань бетонують або заливають розчином.

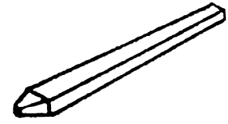


13. Основні збірні залізобетонні конструкції:

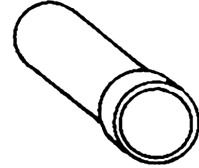
- плити (панелі) перекриття – призначені для перекриття поверхів;
- сходи й марші – для зведення переходів з одного рівня будинку на інший;
- майданчики – слугують для стикування маршів;
- перемички, перетинки – для перекриття прольотів у будинку;
- опорні подушки – виконують функцію прокладки між виробами з різних матеріалів із метою розподілу навантажень;
- фундаментні блоки – є основою фундаменту і стін підвалу;



– палі – використовують для передавання навантаження будинку на нижні шари ґрунту;



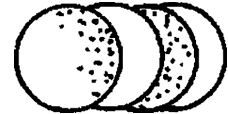
– труби залізобетонні – застосовують у каналізаційних системах.



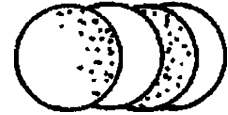
14. Будівельний розчин – це затверділа суміш в'язучої речовини, дрібного заповнювача (піску), води та в деяких випадках спеціальних домішок. Будівельні розчини залежно від в'язучої речовини поділяють на:



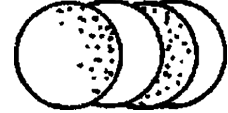
– цементні (портландцементі або його різновиди);



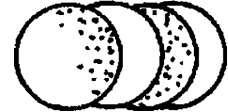
– вапняні (на повітряному або гідравлічному вапні);



– гіпсові (на основі гіпсових в'язучих);



– змішані (на цементно-вапняному, цементно-глиняному, вапняно-гіпсовому в'язучому).



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Із яких компонентів виготовляють бетон?
2. Що таке бетонна суміш?
3. Що являє собою портландцемент?
4. Від чого залежить міцність бетону?
4. Чим відрізняється збірний залізобетон від монолітного?
5. Назвіть основні залізобетонні конструкції.
6. Що таке будівельний розчин і які є його різновиди?

1.6. Композитні матеріали (Навчальний елемент 6)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- структуру та склад композитів;
- основні види армування композитних матеріалів;
- природу матричних матеріалів.

Композитними називають штучно створені матеріали, які складаються з двох або більше компонентів, що мають різні хімічні властивості й межі розподілу.

1. Окремі фази композитного матеріалу (або композиту) виконують специфічні функції, забезпечуючи властивості, яких не має жодний із окремих компонентів. Зазвичай композити отримують поєднанням двох або більше компонентів, які нерозчинні або малорозчинні один в одному і мають різні властивості. Один компонент є пластичним (зв'язувальна речовина, або матриця), а другий має високі характеристики міцності (наповнювач, або зміцнювач). Тож кожний компонент композитного матеріалу відіграє свою специфічну роль: матриця забезпечує пластичність, зміцнювач – міцність матеріалу.

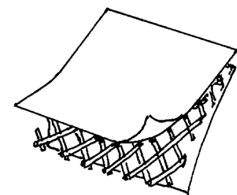


2. За структурою наповнювача композитні матеріали поділяють на:

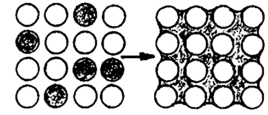
- дисперсно-армовані, або дисперсно-зміцнені (з наповнювачем у вигляді тонкодисперсних частинок);
- волоконні компоненти (армовані волокнами і ниткоподібними кристалами);
- шаруваті компоненти (армовані плівками, пластинками, шаруватими наповнювачами).



3. Для металевої матриці найчастіше використовують алюміній, магній, титан, нікель, кобальт або сплави на їх основі. Армують металеві композитні матеріали високоміцними волокнами з бору, вуглецю, важкоплавких оксидів, карбідів, нітридів, а також волокнами зі сталі, берилію, вольфраму.



4. Металевий композитний матеріал на основі алюмінію типу САП (спечена алюмінієва пудра), у якому матрицею слугує алюміній, а зміцнювальним компонентом – частинки оксиду алюмінію, добре деформується у гарячому стані, обробляється різанням, легко зварюється. Із нього виробляють листи, фольгу і штамповки (штоки поршнів, лопатки компресорів, труби теплообмінників). Вироби з порошків алюмінію і оксиду алюмінію виготовляють шляхом пресування і подальшого спікання.



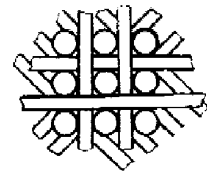
5. Композитні керамічні матеріали одержують спіканням при температурі 1500–2500 °С оксидів, силіцидів або сполук металу з вуглецем, азотом, бором. Серед оксидів найчастіше використовують корунд (Al_2O_3), з карбідів – карборунд (SiC), з нітридів – Si_3N_4 . Усі ці сполуки мають високу температуру плавлення (від 1800 до 2700 °С) і високу твердість і міцність при температурі близько 1200 °С.



6. Керамічні матеріали вирізняються високою тепло-, жаро-, ерозійною стійкістю, тому із них виготовляють важко навантажені вироби (лопатки газотурбінних двигунів, деталі двигунів внутрішнього згоряння, обтікальні носові частини ракет тощо). Для лопаток газових турбін застосовують матеріали на основі карбідів нітридів Si, Ti, Mg. Такі лопатки здатні витримувати температуру 1600 °С.



7. Вугле- і склопластики є перспективними матеріалами для використання в будівництві у вигляді профілів (балок, швелерів, двотаврів тощо). Із вуглепластику виготовляють деталі автомобіля: шатуни, ресори, карданні вали, при цьому вироби стають дуже легкими. (Приміром, компанія «Форд» понад тисячу видів деталей автомобіля створює з композитних матеріалів.)



8. Композитні матеріали на основі вуглецевого волокна створюють, використовуючи як зв'язувальний елемент епоксидну, кремнійорганічну та інші смоли. Конструкційні вуглепластики мають унікальні властивості завдяки вуглеволокну. Вуглецеве волокно – матеріал, який складається з тонких ниток діаметром від 5 до 15 мкм, утворених переважно атомами вугле-



цю. Вуглецеві волокна характеризуються великою міцністю, низьким коефіцієнтом температурного розширення та хімічною інертністю.

9. Ефективність і працездатність матеріалу залежать від правильного вибору вихідних компонентів і технології їх суміщення, покликаної забезпечити міцний зв'язок між компонентами при збереженні їхніх початкових характеристик. У результаті поєднання армувальних елементів і матриці утворюється комплекс властивостей композиту, який не тільки відображає вихідні характеристики його компонентів, а й набуває нових властивостей, яких не мають ізольовані компоненти.



10. Сучасна авіація, ракетно-космічна техніка, суднобудування, машинобудування не можуть існувати без полімерних композитів. Ці матеріали є легшими й міцнішими, ніж найкращі металеві (алюмінієві й титанові) сплави, їх застосування дає змогу знизити вагу виробу (літака, ракети, космічного корабля) і, відповідно, скоротити витрату палива.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Назвіть основні властивості композитних матеріалів.
2. Як поділяють композитні матеріали за структурою наповнювача?
3. Чим відрізняється матриця, або зв'язувальна речовина, від наповнювача або зміцнювача?
4. Що таке композит?
5. Назвіть основні властивості керамічних матеріалів.
6. Який із компонентів композитного матеріалу називають матрицею?
7. Що таке вуглепластики?
8. Поясніть технологію виготовлення металопластиків.

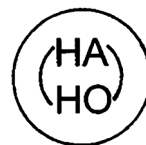
1.7. Наноматеріали (Навчальний елемент 7)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні:

- знатимуть визначення термінів «нанотехнологія» і «наноматеріал»;
- розрізнятимуть наноматеріали за основними властивостями;
- вмітимуть робити висновки про придатність наноматеріалів для виготовлення деталей.

Наноматеріали (нанотехнології) – це найбільше досягнення сучасної науки, з ними пов'язують науково-технічну революцію третього тисячоліття. Префікс «нано» означає 10^{-9} . До наноматеріалів відносять об'єкти, один із характерних розмірів яких лежить в інтервалі від 1 до 100 нм (нанометр становить одну мільярдну частину метра).

1. В останнє десятиріччя неухильно зростає науковий і практичний інтерес до наноматеріалів, що мають унікальну структуру й властивості та відкривають перспективи для створення принципово нових конструкційних і функціональних матеріалів.



2. Наноккомпозит – це багатокомпонентний твердий матеріал, в якому один із компонентів в одному, двох або трьох вимірах має розміри, що не перевищують 100 нанометрів. Також під наноккомпозитами розуміють структури, що складаються з безлічі повторюваних компонентів-шарів (фаз), відстань між якими становить десятки нанометрів.



3. Один із компонентів наноккомпозита в одному, двох або трьох вимірах має розміри 0,02–0,07 мкм. Наноккомпозити мають чудові фізичні й хімічні властивості, їх застосовують у різних галузях, зокрема у виробництві електроніки та нових матеріалів, медицині та екології, в аерокосмічній та автомобільній промисловості.



4. Залежно від типу основної матриці, що займає велику частину обсягу наноккомпозитного матеріалу, наноккомпозити поділяють на такі категорії:

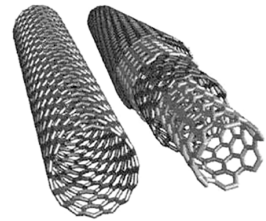
- із керамічною матрицею, які покращують оптичні та електричні властивості початкового матеріалу (керамічного з'єднання, що складається з суміші оксидів, нітридів, силіцидів тощо);



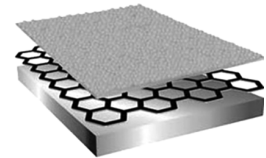
- із металевою матрицею, у яких так званим підсилюючим матеріалом (нанокомпонентів) часто слугують вуглецеві нанотрубки, що підвищують міцність і електричну провідність;
- полімерні нанокомпозити, які містять полімерну матрицю з розподіленими по ній наночастинками або нанонаповнювач, можуть мати сферичну, плоску чи волокнисту структуру.



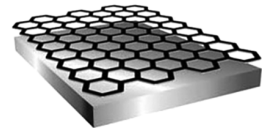
5. Нанокомпозити на основі полімерів відрізняються від звичайних полімерних композитних матеріалів меншою вагою і при цьому більшою стійкістю до ударів і зносостійкістю, а також є стійкими до хімічних впливів, що дає змогу використовувати їх у військових і аерокосмічних розробках. Як матриці у таких нанокомпозитах застосовують поліпропілен, полістирол, поліамід або нейлон, а нанокомпонентами є частинки оксидів алюмінію чи титану або вуглецеві, а також кремнієві нанотрубки і волокна.



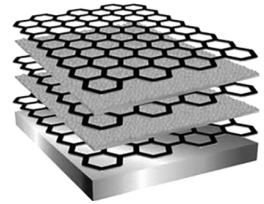
6. Графен – одна з алотропних форм вуглецю, монокатмний шар атомів вуглецю із гексагональною структурою. Основною особливістю чистого графену – двовимірної модифікації вуглецю – є те, що в нього немає забороненої зони, ширина якої дорівнює нулю. Графен схожий за будовою на окремий атомний шар у структурі графіту: атоми вуглецю утворюють стільникову структуру з міжатомною відстанню 0,142 нм. Без опори графен має тенденцію згортатися, але може бути стійким на підкладці. Мало того, отримано також графен без підкладки у вільному підвішеному стані, розтягнутий на опорах.



7. Нещодавно було встановлено, що додавання графену до епоксидних композитів сприяє збільшенню жорсткості й міцності матеріалу порівняно з композитами, які містять вуглецеві нанотрубки. Графен краще з'єднується з епоксидним полімером, ефективніше проникаючи у структуру композиту. Нанокомпозити на основі графену можна використовувати у виробництві компонентів авіатехніки, які мають бути легкими й водночас стійкими до фізичного впливу.



8. Із нанокompозитних матеріалів можна виготовляти різноманітні елементи інтер'єру, електронного обладнання, систем безпеки, шини, модулі двигунів автомобілів. Це дасть змогу знизити загальну вагу конструкції, скоротити викиди вуглекислого газу, збільшити ефективність двигуна, зменшити зношування деталей і частин корпусу, підвищити міцність автомобільного кузова і надійність бортової електроніки.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке нанотехнологія?
2. Який композитний матеріал називають нанокompозитом?
3. Чому дорівнює розмір наноматеріалу?
4. Що таке графен?
5. Де застосовують нанотехнології?
6. З якої речовини утворюється графен?
7. Алотропною формою якого елемента є графен?
8. На які категорії залежно від матриці поділяють нанокompозити?
9. Чому дорівнює один нанометр?

2. ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Експлуатаційними називають властивості матеріалів, які впливають на поведінку виробів у процесі експлуатації. Для забезпечення правильного використання конструкцій потрібно враховувати експлуатаційні властивості матеріалів, із яких вони виготовлені.

2.1. Вогнетривкі матеріали (Навчальний елемент 8)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення поняття вогнетривких матеріалів, їх властивості;
- властивості матеріалів залежно від вогнетривкості;
- основні вогнетривкі матеріали та вироби.

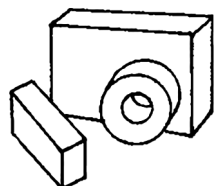
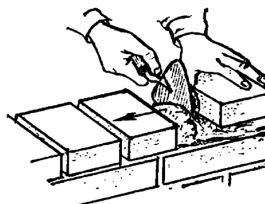
Вогнетриви – неметалеві матеріали, здатні витримувати високу температуру.

1. Вогнетривкість – властивість глинистих порід протистояти впливу високих температур без істотного розм'якшення і розплавлення (деформації). Залежно від вогнетривкості матеріали поділяють на вогнетривкі (1580–1770 °С), високовогнетривкі (1770–2000 °С) і найвищої вогнетривкості (понад 2000°).

2. Вогнетривкість – температура повного розм'якшення вогнетриву, яку визначають нагріванням стандартного зразка – тригранної піраміди. Температуру, при якій зразок торкнеться верхівкою підставки, вважають його вогнетривкістю.

3. Вогнетривкі вироби використовують для кладки повітрянагрівальних, електросталеплавильних, скловарних, коксових печей; для футерування сталерозливних і чавуновозних ковшів; для безперервного розливання сталі, наповнювачів і кварцитових сумішей для вогнетривких бетонів.

4. Для виробництва вогнетривких виробів використовують вогнетривкі глини й малозолісті боксити, що мають низку переваг порівняно з глинами. Кислі вогнетриви мають високий вміст SiO_2 , залежно від якого зростає вогнетривкість до 1700 °С; це кварцовий пісок, динасова цегла та ін. Нейтральні вогнетриви – це глиноземисті, вуглевмісні та хромітові матеріали, їхня вогнетривкість становить 1500–2000 °С. Основні вогнетриви представлені матеріалами з вели-

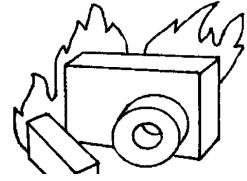


ким вмістом оксидів MgO , CaO , як-от доломіт, хромомагнезит і магнезит. Доломіт після випалювання має вогнетривкість до $1950\text{ }^{\circ}C$, а магнезит і хромомагнезит – до $2000\text{ }^{\circ}C$.

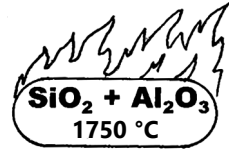
5. Динасові матеріали (група кремнеземистих вогнетривів) являють собою кварцеві породи, містять близько 94 % окису кремнію (SiO_2) на вапняній зв'язці. Вогнетривкість динасу – $1700\text{--}1710\text{ }^{\circ}C$, він має високу шлакостійкість проти кислих шлаків. Динас застосовують для футерування бесемерівських конверторів і електродугових печей.



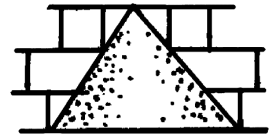
6. Напівкислі матеріали (група алюмосилікатних вогнетривів) містять не менше ніж 65 % окису кремнію і складаються із кварцових порід на глиняній або каоліновій зв'язці. Мають вогнетривкість не нижче ніж $1610\text{ }^{\circ}C$. Застосовують для кладки повітрянагрівників доменних печей, вагранок тощо.



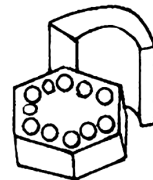
7. Шамот складається із кремнезему SiO_2 та 39–43 % Al_2O_3 , має вогнетривкість $1750\text{ }^{\circ}C$. Він є найдешевшим серед вогнетривких матеріалів і застосовується для футерування доменних печей, ковшів для транспортування й розливання металу, повітрянагрівачів.



8. Шамотні матеріали виготовляють із вогнетривких глин із додаванням шамоту. Завдяки невеликій вартості вироби з шамоту застосовують дуже широко, зокрема для кладки шахт доменних печей і регенераторів для них, для термічних печей тощо.



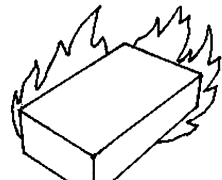
9. Магнезитові й доломітові матеріали (група магnezіальних вогнетривів) складаються з випаленого до спікання магнезитового або доломітового порошку. Вогнетривкість становить $1920\text{--}2300\text{ }^{\circ}C$. Застосовують для кладки печей, які працюють при високих температурах в умовах дії розплавленого металу і основних шлаків.



10. Магнезит містить 91–94 % MgO , має вищу за $2000\text{ }^{\circ}C$ вогнетривкість. Його застосовують для викладання дна та стін основних мартенівських і електроплавильних печей.



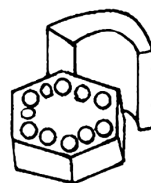
11. Хромомагнезитові матеріали (група хромистих вогнетривів) складаються з 40–50 % випаленого до спікання магнезитового порошку і 50–60 % хромітової руди. Вогнетривкість цих матеріалів – $1920\text{--}2000\text{ }^{\circ}C$, призначення таке саме, як і магнезитових вогнетривів.



12. Графітовий вогнетрив – графіт на глиняній зв'язці, має вогнетривкість понад 2000 °С, його застосовують для викладання дна доменних печей або електролізних ванн для отримання алюмінію. Особливість будови кристалічної решітки графіту характеризується доволі міцним зв'язком атомів вуглецю у межах шару і досить слабким міжшаровим молекулярним зв'язком.



13. Вогнетривкі матеріали використовують у вигляді цегли, фасонних деталей і порошоків. Цеглою і фасонними деталями викладають стіни і склепіння печей. Порошки застосовують для облицювання стін і ремонту кладки.



14. Азбест – загальна назва мінералів класу силікатів, що утворюють тонковолокнисті агрегати. Вогнестійкі, здатні розщеплюватися на тонкі міцні волокна. Азбестові вироби випускають у вигляді картону, тканини, шнура, нитки, брезента, фільтра та інших теплоізоляційних матеріалів із робочою температурою 500 °С.



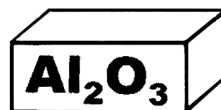
15. Мінеральну вату виробляють шляхом видування розплаву гірських порід. Скловату виготовляють тим самим способом, але із додаванням залишків варіння віконного скла.



16. Карборундові вогнетриви складаються в основному з карбиду кремнію SiC, який плавиться при температурі 2050 °С. Вони характеризуються високою термостійкістю і стійкістю до кислих шлаків.



17. Корундові вогнетриви складаються в основному з оксиду алюмінію Al₂O₃, який плавиться при 2050 °С. Вони нечутливі до різних температурних коливань; застосовують їх для виготовлення тиглів і для пристрою скловарних печей.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Назвіть основні властивості вогнетривких матеріалів.
2. Як називають температуру повного розм'якшення вогнетриву?
3. При якій температурі плавляться корундові вогнетриви?
4. Які вогнетриви виробляють з азбесту?
5. У якому вигляді виготовляють вогнетриви?
6. Які вогнетривкі матеріали є найпоширенішими?
7. Який вогнетрив є найдешевшим?
8. Як називають вогнетрив, який складається із 95–96 % SiO₂?

2.2. Теплоізоляційні матеріали (Навчальний елемент 9)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення понять «теплоізоляція» і «теплопровідність»;
- характеристики теплоізоляційних матеріалів;
- різновиди теплоізоляційних матеріалів (залежно від їхнього призначення і основної сировини).

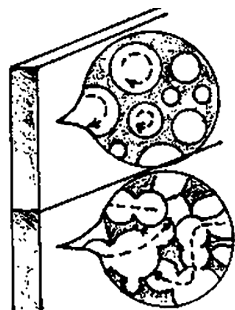
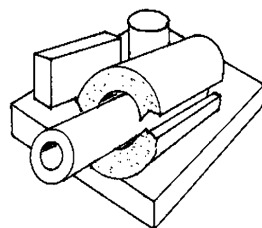
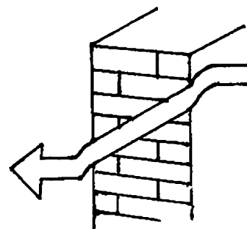
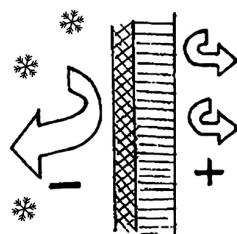
Теплоізоляційними називають матеріали, призначені для теплової ізоляції захисних конструкцій будівель, промислового та енергетичного обладнання і трубопроводів.

1. Теплоізоляція – захист будівель, трубопроводів, теплового обладнання від теплообміну з навколишнім середовищем для зменшення теплових втрат і збереження теплового режиму об'єкта. Для теплоізоляції використовують матеріали з пористою структурою і низькими значеннями теплопровідності.

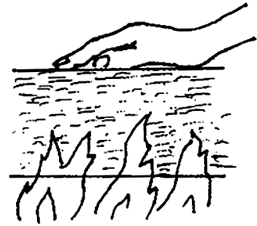
2. Теплопровідність – здатність матеріалу проводити тепло. Для порівняння теплопровідності різних матеріалів використовують коефіцієнт теплопровідності. Він чисельно дорівнює кількості теплоти, що переноситься через одиницю площі (1 м^2) поперечного перерізу зразка за одиницю часу (1 с) при падінні температури на $1 \text{ }^\circ\text{C}$ на одиниці шляху (1 м) теплового потоку, тобто $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$

3. Теплоізоляційні матеріали – матеріали, що відрізняються невеликою теплопровідністю. Використовуються для теплової ізоляції загороджувальних конструкцій будівель та інших споруд, промислового устаткування і трубопроводів. Як правило, такі матеріали мають коефіцієнт теплопровідності до $0,18 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ та середню густину до $600 \text{ кг}/\text{м}^3$.

4. Одна з основних характеристик теплоізоляційних матеріалів – це їхня висока пористість і, відповідно, мала середня густина та низька теплопровідність. З-поміж матеріалів однакової загальної пористості вищий термічний опір мають ті, в яких пори закриті і мають сферичну форму, діаметром $0,1\text{--}2 \text{ мм}$. Великі, особливо сполучені між собою пори дають можливість повітрю вільно циркулювати матеріалом, наслідком чого є передання тепла конвекцією.



5. Використання теплоізоляційних матеріалів дає змогу зменшити товщину і масу стін та інших огорожувальних конструкцій, знизити витрату основних конструктивних матеріалів, зменшити транспортні витрати та відповідно знизити вартість будівництва. Поряд із цим при скороченні втрат тепла опалювальними будівлями зменшується витрата палива.

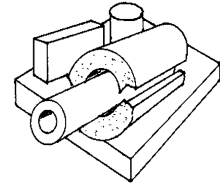


6. Теплоізоляційні матеріали за видом основної сировини поділяють на мінеральні, які виготовляють на основі мінеральних речовин (гірських порід, шлаків, скла, азбесту), й органічні, сировиною для виробництва яких слугують природні органічні матеріали і матеріали із пластичних мас.

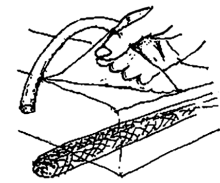


7. За формою та зовнішнім виглядом розрізняють теплоізоляційні матеріали:

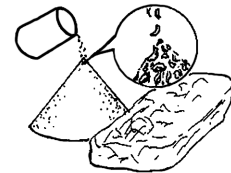
– штучні жорсткі (плити, шкаралупи, сегменти, цегла, циліндри);



– гнучкі (мати, шнури, джгути);



– пухкі й сипучі (вата, перлітовий пісок, вермикуліт).



8. Спучені перліт і вермикуліт виготовляють подрібненням і прискореним випалюванням гірських порід. Застосовують як теплоізоляційну засипку при робочих температурах до 1100 °С, як основу для виготовлення теплоізоляційних фасонних виробів, в розчинах, штукатурках, стяжках.



9. Азбестомісткі матеріали розроблені на основі волокон азбесту. Це азбокартон, азбестовий папір із робочою температурою до 500 °С, азбозурит – суміш азбесту з діатомітом або трепелом із робочою температурою до 600 °С, ньувель – суміш азбесту з водним



розчином вуглекислого магнію, совеліт – суміш азбесту з водним розчином подвійної вуглекислої солі. Ньювель і совеліт застосовують у вигляді порошоків або мастикової ізоляції до температур 500 °С.

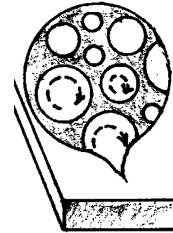
10. Мінеральну вату виробляють шляхом видування розплаву гірських порід. Робочий температурний діапазон мінеральної вати $-200 \div +600$ °С. Цей матеріал характеризується низькою теплопровідністю, достатньою вогнестійкістю, низькою гігроскопічністю, стійкістю проти загнивання. Із мінеральної вати виготовляють різноманітні теплоізоляційні вироби: повсть, мати, напівтверді й жорсткі плити, шкаралупи, сегменти та ін. Застосовують для утеплення будівельних конструкцій, теплової ізоляції гарячих і холодних поверхонь промислового обладнання і трубопроводів.



11. Скляна вата – матеріал, що складається з безладно розташованих скляних волокон. Сировиною для виробництва скловати є кварцовий пісок, кальцитова сода та сульфат натрію, скляний бій. Виробництво скловати відбувається у ванних печах при температурі 1300–1400 °С. При дутьовому способі розплавлена маса розпорошується під дією струменя стисненого повітря або пари. Робочий діапазон скловати $-150 \div +350$ °С.



12. Піноскло – теплоізоляційний матеріал комірчастої структури. Сировиною для виробництва виробів із піноскла є суміш тонко подрібненого скляного бою з газоутворювачем (меленим вапняком). Цю суміш засипають у форми і нагрівають у печах до 900 °С, при цьому відбувається плавлення частинок скла і розкладання газоутворювача. Газу, що виділяються, спучують скломасу, яка під час охолодження перетворюється на міцний матеріал. Піноскло характеризується водостійкістю, морозостійкістю, не згорає, має добре звукопоглинання, його легко обробляти ріжучим інструментом. Розмір пор – 0,1–3 мм, щільність – 200–600 кг/м³, теплопровідність – 0,09–0,14 Вт/(м·К), межа міцності при стисненні – 2–6 МПа. Піноскло стійке до ураження бактеріями і грибами, «непрохідне» для гризунів, не підтримує горіння, не виділяє диму і токсичних речовин. Цей матеріал складається з герметично замкнених сферичних осередків.

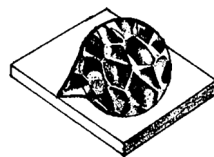


13. Пінопласт – це пластмаси з малою щільністю і наявністю несполучених між собою порожнин або осередків, заповнених газами чи повітрям. Поропласт-

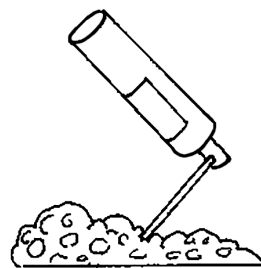


ти – пористі пластмаси, структура яких складається зі сполучених між собою порожнин.

14. Пінополістирол – матеріал у вигляді білої твердої піни замкнутої пористої структури, різновид газонаповнених пластмас (пінопластів), структура яких являє собою осередки, наповнені повітрям. Це легкий та міцний матеріал, схожий на застиглу піну, яка складається з великої кількості дуже дрібних герметично замкнених комірок. Кожна комірочка заповнена газом (повітрям) і повністю ізолювана від інших, має тільки загальні перегородки. Пінополістирол має низку переваг: низьку теплопровідність, малу вагу і високу міцність, відсутність капілярності, водонепроникність, високу морозостійкість.



15. Пінополіуретан – легкий і міцний тепло-, гідроізоляційний матеріал, різновид газонаповнених пластмас (пінопластів), структура яких являє собою осередки, наповнені повітрям. Завдяки такій структурі пінополіуретан має найнижчий коефіцієнт теплопровідності – $0,0296 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ і низький відсоток водопоглинання (2 %) порівняно з іншими теплоізоляційними матеріалами. При нанесенні на поверхню пінополіуретан спінюється, утворюючи однорідний шар теплоізоляційного матеріалу.



16. Алюмінієва фольга – теплоізоляційний матеріал, який використовують, зокрема, для ізоляції трубопроводів при температурі $300 \text{ }^\circ\text{C}$, щоб зберегти температуру носія, а також запобігти утворенню конденсату на поверхні труби і тим самим подовжити термін служби інженерної системи; для відбивної ізоляції в теплоізоляційних конструкціях будівель і споруд; для теплоізоляції поверхонь промислового обладнання.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дайте визначення теплопровідності.
2. Яке значення має теплопровідність теплоізоляційних матеріалів?
3. Які властивості повинні мати теплоізоляційні матеріали?
4. Як розрізняють теплоізоляційні матеріали за формою та зовнішнім виглядом?
5. Які матеріали виготовляють із азбесту?
6. Які властивості має піноскло і як його виготовляють?
7. Чим відрізняється скляна вата від мінеральної?
8. Що використовують для відбивної ізоляції в теплоізоляційних конструкціях?

2.3. Ущільнювальні матеріали (Навчальний елемент 10)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні:

- знатимуть основні властивості ущільнювальних і прокладних матеріалів;
- вмітуть визначати придатність ущільнювальних матеріалів для виготовлення прокладок.

Ущільнювальні матеріали слугують для створення герметичності з'єднань; до них належать прокладки, набивки, замазки тощо.

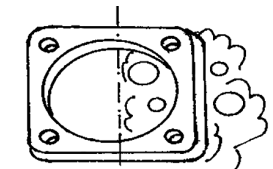
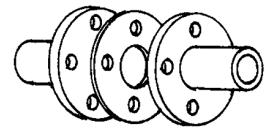
1. Ущільнювальні та прокладні матеріали застосовують для запобігання витіканню палива, мастила, води, пари або газів, а також для захисту механізмів від бруду й пилу; від них залежать якість і надійність з'єднань.

2. Гума – найпоширеніший прокладний матеріал. Із неї виготовляють, зокрема, прокладки для фланцевих з'єднань трубопроводів і арматури холодної води. Теплостійка гума, до складу якої входить азбест, здатна зберігати свої властивості при температурі до 90 °С у повітряному середовищі й до 140 °С – у середовищі водяної пари. Для вищих температур (до 250 °С) застосовують гуму на кремній-органічній основі.

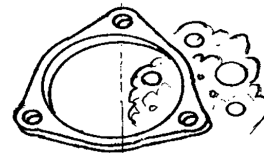
3. Картон, папір і пробку використовують для ущільнення тих механізмів, які працюють при невисоких температурах (до 100 °С), а також повітроводів із температурою повітря до 70 °С. Перед використанням прокладки просочують оліфою, щоб під дією води вони не розшарувалися.

4. Шкіра – прокладний матеріал, із якого роблять прокладки для вентилів і кранів холодної води.

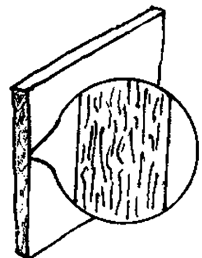
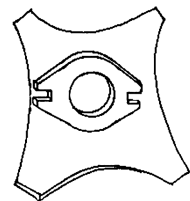
5. Азбест – хороший ізолятор тепла. Азбест випускають у вигляді картону, тканини, шнура, нитки і дрібняку. Частіше застосовують картон товщиною 3–6 мм і шнур діаметром (або зі стороною квадратного перерізу) 4–25 мм. З азбестового картону роблять прокладки для фланцевих з'єднань повітроводів. Шнур застосовують для набивання сальників арматури і як обгортковий матеріал для ізоляції гарячих поверхонь, трубопроводів.



90 °С 140 °С



70 °С 100 °С



6. Суха азбестова набивка (АС) – шнур, сплетений з азбестових ниток, його застосовують в умовах повітряного середовища, водяної пари, промислової води і розчинів лугів при температурі до 400 °С і тиску до 45 кгс/см².



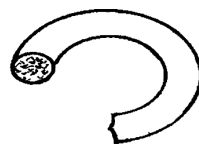
7. Просочена азбестова набивка (АП) – шнур, сплетений з азбестових ниток, просочений антифрикційною сумішшю. Набивку застосовують в умовах повітряного середовища, нафтопродуктів, агресивних газів і пари, слабких розчинів кислот при температурі до 300 °С і тиску до 45 кгс/см².



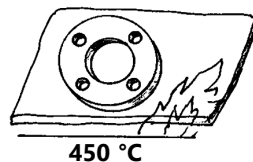
8. Сальникова набивка являє собою еластичний шнур квадратного перерізу, сплетений з азбестових ниток і просочений суспензією фторопласта з тальком. Використовують у сальникових ущільненнях арматури, яка працює зі скрапленим газом, киснем, бензином, ацетоном, етиленом, толуолом при температурі до 300 °С.



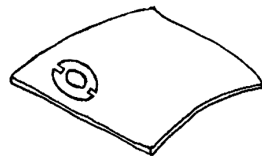
9. Мідно-азбестові прокладки складаються з азбестового картону, обкладеного з двох боків фольгою з червоної міді. Вони стійкі проти високих температур, добре відводять тепло, достатньо міцні. Прокладка навколо камери згорання двигуна має завальцьований борт.



10. Пароніт – листовий матеріал сірого кольору завтовшки 0,4–6 мм. Отримують шляхом пресування азбесту, каучуку та інших компонентів, які застосовуються для ущільнення з'єднань в агресивних середовищах, при високих температурах (до 450°) і тиску. Для підвищення механічних властивостей пароніт у деяких випадках армують металевою сіткою.



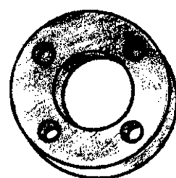
11. Безазбестовий пароніт – це прокладковий та ущільнювальний листовий матеріал, виготовлений шляхом стиснення і вальцювання в умовах високої температури та тиску суміші із синтетичних волокон, натурального або синтетичного каучуку, спеціальних наповнювачів.



12. Графіт – кристалічна речовина сіро-сталевого кольору, м'яка і жирна на дотик, випускають у вигляді тонко розмеленого порошку і у вигляді лусочок. Порошок графіту в суміші з оліфою утворює мастику, яка слугує ущільнювальною замазкою. Графітову замазку застосовують при складанні нарізних з'єднань трубопроводів. Вона дає змогу ущільнювати різьбове з'єднання при температурі 200 °С.



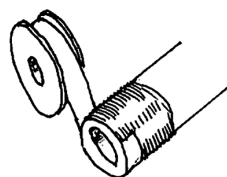
13. Лускатий графіт добре заповнює нерівності на поверхні фланців арматури і труб, ним просочують сальникові набивки і паронітові прокладки. Пластинки лускатого графіту мають бути великими, м'якими й легко ковзати одна по одній.



14. Льон у вигляді тонкого пасма, змазаного свинцевим суриком, застосовують для ущільнення нарізних з'єднань трубопроводів холодної і гарячої (до 100 °С) води. Волокна льону мають бути довгими й міцними.



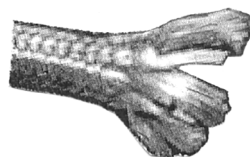
15. Стрічку ФУМ (фторопластовий ущільнювальний матеріал) застосовують для ущільнення різьбових з'єднань. Фторопласти є стійкими до всіх мінеральних кислот, лугів та інших корозійних середовищ. Цю стрічку застосовують при монтажі систем водопостачання, опалення і газопроводів, а також монтажі технологічних трубопроводів із температурою від –50 до +200 °С.



16. Бавовняна суха набивка (ХБС) являє собою шнур, сплетений із бавовняних ниток; діаметр (або сторона квадратного перерізу) набивки становить 4–50 мм. Застосовують у середовищі, пов'язаному із повітрям, мастилами і питною водою при температурі до 100 °С і тиску до 200 кгс/см².



17. Прядив'яна суха набивка (ПС) – шнур, сплетений із льаної, прядив'яної або джгутової пряжі; має такі самі розміри, як бавовняна набивка. Застосовують для повітряного середовища, мастил, промислової води і водяної пари при температурі до 100 °С і тиску до 160 кгс/см².



18. Прядив'яна просочена набивка (ПП) – суха прядив'яна набивка, просочена антифрикційним складом; розміри, допустима температура і тиск такі самі, як у прядив'яної сухої набивки. Застосовують для повітряного середовища, мастил, інертних газів і парів, промислової води і розчинів лугів.



19. Прядив'яний і джгутовий канати, просочені смолою або без просочення, застосовують для ущільнення розтрубів і керамічних труб. Пасмо просочують смолою для захисту його від гниття. Несмолений білий канат використовують у зовнішньому шарі ущільнення, бо він краще схоплюється з цементом.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Де використовують ущільнювальні матеріали?
2. Яке призначення ущільнювальних матеріалів?
3. За яких умов можна застосовувати прокладки з гуми, пароніту і шкіри?
4. Де застосовують для ущільнення джгутовий просмолений канат?
5. Що являє собою суха бавовняна набивка?
6. Який матеріал найчастіше використовують для прокладок?
7. Де і коли застосовують графітну пасту?
8. Що таке пароніт? Коли і де його використовують?
9. Де застосовують сальникову набивку?
10. Що являє собою просочена набивка?

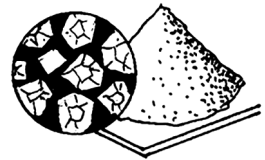
2.4. Абразивні матеріали (Навчальний елемент 11)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні:

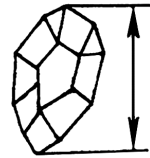
- знатимуть основні властивості, склад і сфери застосування абразивних матеріалів;
- умітимуть розрізняти абразивні матеріали за основними властивостями.

Абразиви – речовини високої твердості та щільності, які застосовують у вигляді порошків, паст, суспензій або інструментів для механічного оброблення гірських порід, мінералів, металів, скла та ін.

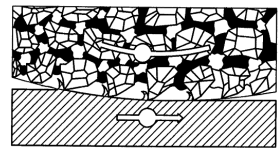
1. Абразив – дрібнозерниста або порошкоподібна тверда речовина, яку використовують для різання, полірування, шліфування та іншого оброблення твердих матеріалів штучного і природного походження, а також буріння гірських порід. Абразиви бувають двох типів: природні (алмази, корунд, сланець, пісок, кремень) і штучні (електрокорунд, штучний алмаз, карбід кременію, карбід бору тощо).



2. За твердістю абразиви поділено на сім класів: м'які (М1, М2, М3); середньо-м'які (СМ1, СМ2); середні (С1, С2); середньо-тверді (СТ1, СТ2, СТ3); тверді (Т1, Т2); дуже тверді (ДТ1, ДТ2); надзвичайно тверді (НТ1, НТ2). Зі зростанням цифр (1; 2; 3) твердість круга збільшується. Зернистість – умовне позначення, що відповідає розмірам абразивних зерен, які поділяють на чотири групи: шліфзерно (2000...160 мкм); шліфпорошки (125...40 мкм); мікропорошки (63...14 мкм); тонкі мікропорошки (10...3 мкм).



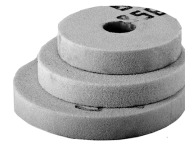
3. Шліфування – один із видів оброблення матеріалів. Під час шліфування з поверхні деталі знімають найтонший шар (до 0,002–0,005 мм). Цю операцію виконують шліфувальними інструментами (кругами, брусками) і матеріалами (порошками, пастами і шкурками).



4. Використовують різноманітні абразивні інструменти для шліфування багатьма способами різних поверхонь і матеріалів. Шліфувальним кругом називають абразивний інструмент у вигляді тіла обертання. За формою шліфувальні круги поділяють на:



- плоскі прямі (для круглого та плоского шліфування);
- чашкові циліндричні;
- чашкові конічні (для загострювання інструментів);
- дискові (для оброблення пазів і розрізання матеріалів).



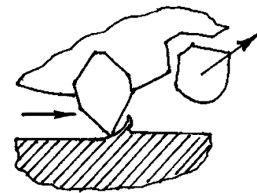
5. Зачищення і оброблення виробів під час слюсарних, токарних і інших видів робіт проводять за допомогою шліфувальних шкурок, тобто зерен абразиву, наклеєних на папір або тканину.

6. Для шліфування та полірування використовують також алмазні пасту (з природних і синтетичних алмазних порошків). Пасту випускають із повним спектром розмірів зерна, застосовують для ручного або механічного притирання і полірування гартованої сталі та її сплавів, мінералів, кераміки тощо.

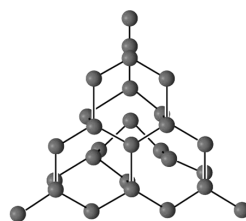
7. Паста ДОІ (рос. ГОИ) являє собою суміш 74–81 % окису хрому з кремнеземом, стеарином та іншими добавками. Пасту за якістю поділяють на три сорти: тонка, середня і груба, її застосовують для притирання і полірування сталевих і бронзових деталей.



8. Твердість круга або бруска залежить від якості зв'язувального матеріалу, його здатності утримувати під час роботи зерна абразиву. М'яким вважають круг, від якого легко відірвати зерно, а твердим – від якого складніше. Найтвердішим абразивом є алмаз. Якщо його мікротвердість узяти за 100 %, то мікротвердість нітриду бору становитиме 90 %, карбіду бору – 40 %, карбіду кремнію – 35 %, електрокорунду – 25 %.



9. Алмаз – найтвердіша речовина, яка трапляється у природі. Він являє собою чистий вуглець. Алмаз застосовують для правки спрацьованих шліфувальних кругів і шліфування найтвердіших матеріалів. Синтетичний алмаз має дуже високі різальні властивості, добру теплопровідність, проте невисоку теплостійкість. Застосовують переважно для оброблення твердих сплавів, різання кераміки, скла тощо.



10. Корунд – дуже твердий мінерал, який складається з 90 % окису алюмінію і 10 % домішок. Із корунду роблять абразивні інструменти для оброблення сталей. Суміш 60 % корунду і 40 % окису заліза й інших домішок називають наждаком.



11. Електрокорунд – штучний абразив, який являє собою окис алюмінію, одержаний із глинозему шляхом плавлення його в електропечі; містить до 97 % окису алюмінію. Застосовують у вигляді кругів, порошоків для оброблення різального інструменту і шліфування.



12. Карборунд – штучний мінерал, який складається з карбіду кремнію; його виготовляють шляхом спікання в електропечах суміші кварцового піску з порошкоподібним вугіллям при температурі близько 2000 °С. Зерна карборунду гострі, тверді й крихкі. Застосовують для оброблення чавуну і бронзи.



13. Карбід бору – штучний абразив, який містить до 95 % карбіду бору. Він має більшу, ніж карборунд, твердість, замінює алмаз. Карбід бору застосовують для загострення твердосплавного інструменту.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. У чому полягає особливість оброблення абразивними матеріалами?
2. Назвіть характеристики абразивів.
3. Перелічіть основні абразивні інструменти.
4. Як називають абразивний інструмент у вигляді тіла обертання?
5. Що являє собою шліфшкурка?
6. Для чого призначені алмазні пасти?
7. Назвіть найтвердішу речовину, з якої виготовляють абразиви.
8. Як створюють шліфувальні круги і шкурки?
9. Чим відрізняється твердий шліфувальний круг від м'якого?

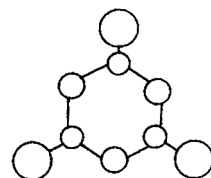
2.5. Скло (Навчальний елемент 12)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

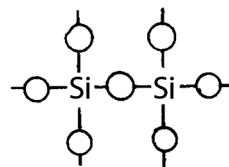
- поняття «скло», його склад і властивості;
- склад скломаси та способи її отримання;
- асортимент скла і сфери його використання;
- найпоширеніші вироби зі скла.

Скло (неорганічне скло) – тверда аморфна речовина, прозора, в тій чи іншій частині оптичного діапазону (залежно від складу), отримана під час застигання розплаву, що має склотвірні компоненти.

1. Скло – аморфна речовина, яку отримують унаслідок сплавлення оксидів і деяких безоксидних сполук. Склотвірні оксиди кремнію, бору, фосфору та германію формують нерегулярну просторову сітку, у вузлах якої перебувають атоми або групи атомів.



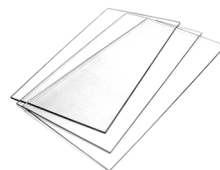
2. Під склом розуміють сплави різних силікатів із надлишком діоксиду силіцію. На відміну від кристалічних матеріалів, скло при нагріванні у відповідному температурному інтервалі розм'якшується поступово, переходячи з твердого крихкого стану у тягучий високов'язкий і далі – у плинний стан – скломасу.



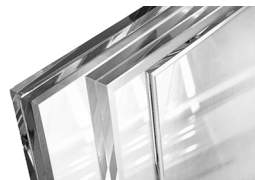
3. Скло – один із найпоширеніших матеріалів, який широко використовують у господарстві й побуті: для зашклення будинків, споруд, транспортних засобів. Скляний посуд, пляшки, банки, електролампи, освітлювальна апаратура, дзеркала – необхідні предмети нашого побуту.



4. Листове скло має дуже різноманітний асортимент: безбарвне і пофарбоване, поліроване, візерункове, армоване. З безбарвного і пофарбованого скла виготовляють різні види будівельного скла – скляні блоки, профільне скло.



5. Із листового скла виробляють безпечне скло (загартоване, триплекс) для зашклення автотранспорту та ін.



6. У харчовій і хімічній промисловості застосовують труби, апарати і реактори зі скла. Високоміцні скляні нитки, витягнуті з розплаву скла, використовують для виготовлення технічних тканин – хімічно стійких, електро-, тепло-, звуко- і гідроізоляційних, а також як арматуру для склопластиків і бетонів.



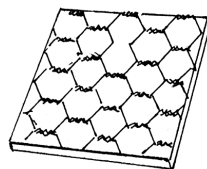
7. Скло будівельне використовують для скління світлових прорізів, прозорих і напівпрозорих перегородок, облицювання й оздоблення стін, драбин та інших частин будинків.



8. До будівельного скла відносять тепло- і звукоізоляційні матеріали (піноскло і скляна вата), скляні труби для водогону, каналізації та інших цілей, архітектурні деталі. Склоблок – це простий виріб у формі цеглини, має внутрішню порожнину. Найважливішими властивостями склоблока є вологостійкість, звукова й теплова ізоляція. Склоблоки використовують при створенні оригінальної форми перегородок (наприклад, у ванній кімнаті).



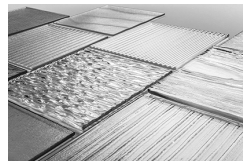
9. Більшість будівельного скла слугує для засклення світлових прорізів: дзеркальне, рифлене, армоване, візерункове та ін.



10. Поліроване будівельне скло має мінімальні оптичні спотворення, його застосовують для засклення вітрин і віконних прорізів у громадських будівлях, для дзеркал тощо. Із полірованого загартованого скла за товшки 10–20 мм виготовляють скляні полотна для дверей.



11. Візерункове будівельне скло має з одного боку рифлену візерункову поверхню, отриману шляхом прокатки між двома валками, один із яких рельєфний. Візерункове будівельне скло з матовим або «морозним» малюнком призначене для розсіювання світла. Таке скло використовують для засклення сходових клітин, внутрішніх перегородок.



12. Профільоване будівельне скло – скло з профілем швелерного або коробчатого типу. Застосовують як стіновий матеріал (гаражі, кіоски, автобусні зупинки тощо).



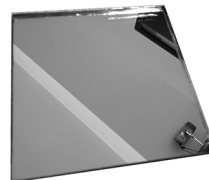
13. Скляні труби, які мають підвищену корозійну стійкість, використовують як трубопроводи на заводах хімічної та харчової промисловості й у сільському господарстві. Втрати на тертя у разі протікання рідини у скляних трубах на 22 % нижчі, ніж у нових чавунних, і на 6,5 % нижчі, ніж у нових сталевих. Скляні труби випускають із внутрішнім діаметром від 38 до 200 мм.



14. Скло оптичне – прозоре скло будь-якого хімічного складу, що має високий рівень однорідності. Містить 46,4 % PbO, 47,0 % SiO та інші оксиди; крони – 72 % SiO, лужні та інші оксиди. Оптичне скло застосовують для виготовлення лінз, призм, кювет та ін.



15. Дзеркальне скло обробляють шліфуванням і поліруванням з обох боків. Сучасний найпоширеніший спосіб виробництва дзеркального скла полягає у горизонтальній безупинній прокатці скломаси між двома валками.



16. Свинцеве скло (криштал) містить значну кількість оксиду свинцю PbO. Воно досить м'яке і плавке, але важке. Вирізняється сильним блиском і високим коефіцієнтом світлозаломлювання, розкладаючи світлові промені на усі барви веселки. З кришталевого скла виготовляють високоякісний посуд.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Яким чином отримують скло?
2. Із яких компонентів виготовляють скло?
3. Що входить до складу скла?
4. Назвіть основні властивості скла.
5. Які є різновиди виробів із скла?
6. Перелічіть недоліки скла.
7. Яке скло отримують при значній кількості в його складі оксиду свинцю?

Тести до модуля 1

1. Як називають відношення маси тіла до об'єму, який воно займає?
а) густина; б) міцність;
в) адгезія; г) твердість
2. До яких властивостей належить адгезія?
а) фізичних; б) механічних;
в) технологічних; г) хімічних
3. До яких властивостей належить вогнетривкість?
а) фізичних; б) механічних;
в) технологічних; г) хімічних
4. Як називають властивість матеріалу легко розтікатися і заповнювати повністю литтєву форму?
а) в'язкість; б) плинність;
в) рідинноплинність; г) розтікання
5. Здатність матеріалу передавати через свою товщину тепловий потік – це...
а) теплоємність; б) вогнестійкість;
в) теплопровідність; г) тепловий потік
6. Яку назву має здатність матеріалу витримувати без руйнування вплив високих температур?
а) адгезія; б) вогнетривкість;
в) вогнестійкість; г) теплоємність
7. Властивість матеріалу чинити опір проникненню в нього інших тіл – це...
а) міцність; б) твердість;
в) пружність; г) пластичність
8. Як називають властивість матеріалу деформуватися без руйнування при дії зовнішніх сил?
а) ковкість; б) витривалість;
в) в'язкість; г) пластичність
9. Яку назву має властивість матеріалу чинити опір руйнуванню від сил, які періодично повторюються?
а) витривалість; б) ковкість;
в) в'язкість; г) пружність
10. Властивість матеріалу створювати міцні з'єднання – це...
а) міцність; б) стійкість;
в) зварюваність; г) витривалість
11. Із скількох основних частин складається дерево, що росте?
а) трьох; б) чотирьох; в) п'яти; г) шести
12. Як називають характерний малюнок, який утворюється на розрізі деревини?
а) верства річна; б) текстура;
в) промені осередні; г) шпон
13. Що можна визначити за кількістю річних верств?
а) породу дерева; б) текстуру;
в) вік дерева; г) сорт деревини

14. Як називають багат шаровий матеріал деревини, виготовлений шляхом склеювання шпона?
а) текстура; б) стовбур;
в) шпон; г) фанера
15. Від якого дерева дуже важко відрізнити смереку?
а) ялини; б) сосни;
в) берези; г) модрина
16. Деревину якого дерева високо цінують за міцність, твердість і пружність?
а) бук; б) дуб; в) липа; г) клен
17. Із яких порід деревини виготовляють художні вироби?
а) ясен; б) горіх; в) бук; г) ялина
18. Як називають широку рівну стружку деревини?
а) шпон; б) фанера;
в) модрина; г) ДСП
19. З яких матеріалів отримують пластичні маси?
а) полімерів; б) каучуку;
в) гуми; г) азбесту
20. Як називають пластмаси, які здатні формуватися від нагрівання тільки один раз (вдруге вони не розм'якшуються)?
а) терморективні;
б) термопластичні;
в) термостійкі;
г) вогнестійкі
21. Що є основною складовою пластмас?
а) пластифікатори; б) стабілізатори;
в) затверджувачі; г) полімери
22. Як називають продукт полімеризації етилену ($\text{CH}_2\text{—CH}_2$)?
а) вініпласт; б) поліетилен;
в) поліамід; г) поліпропілен
23. Яку назву має напівпрозорий, рогоподібний, тривкий поліетилен?
а) вініпласт; б) полікарбонат;
в) фторопласт; г) ебоніт
24. Як називають високомолекулярні матеріали з каучуку?
а) фторопласт; б) вініпласт;
в) полікарбонат; г) гума
25. На що витрачають понад половину виробів із гуми?
а) прокладки; б) шини;
в) труби; г) камери
26. Як називають штучний кам'яний будівельний матеріал, що являє собою стужавілу суміш в'язучих, заповнювачів та ін.?
а) цемент; б) пісок; в) бетон; г) щебінь
27. Гідралічна в'язуча речовина, отримана шляхом тонкого помелу клінкеру, – це...
а) цемент; б) пісок; в) бетон; г) щебінь

28. Чим характеризується міцність бетону?
а) маркою; б) номером;
в) графою; г) колонкою
29. Як називають поєднання двох матеріалів – бетону й арматури?
а) арматуробетон; б) залізобетон;
в) розчин цементу; г) залізо-розчин
30. Яке призначення попередньо розтягнутої арматури?
а) захист від тріщин;
б) збільшення тріщин;
в) зменшення діаметра арматури;
г) зменшення кількості цементу
31. Як називають залізобетонні конструкції, які створюють безпосередньо на об'єкті?
а) збірні; б) напівзбірні;
в) монолітні; г) напівмонолітні
32. Яку назву мають штучно створені матеріали, що складаються з двох або більше хімічно різних компонентів?
а) наповнювачі; б) зв'язувальні;
в) композитні; г) зміцнювальні
33. Яку роль виконує матриця у композитних матеріалах?
а) пластичність; б) міцність;
в) граничну; г) з'єднувальну
34. Металевий композитний матеріал на основі алюмінію при виготовленні...
а) виплавляють; б) зварюють;
в) клеять; г) спікають
35. Як називають багатокомпонентний твердий матеріал, у якому один із компонентів має розміри 0,02–0,07 мкм?
а) композити; б) нанокompозити;
в) суперкомпозити; г) матричні; д) керамічні
36. Як називають неметалеві матеріали, здатні витримувати високу температуру?
а) вогнетриви; б) вогнезалежні;
в) прогартовані; г) стійкі
37. Кислі вогнетриви мають високий вміст...
а) магнезиту; б) SiO_2 ; в) CaO ; г) доломіту
38. Як називають кремнеземисті вогнетриви, що являють собою кварцові породи (містять близько 94 % окису кремнію) на вапняній зв'язці (вогнетривкість 1700–1710 °С)?
а) шамотні матеріали;
б) динасові матеріали;
в) доломітові матеріали;
г) графітові матеріали
39. Яка вогнетривкість динасових матеріалів?
а) 1700–1710 °С; б) 1920–2000 °С;
в) не менше ніж 1670 °С; г) 1920–2300 °С

40. Які вогнетривкі матеріали і вироби завдяки невеликій вартості застосовують дуже широко?
- а) шамотні; б) динасові;
в) доломітові; г) магнезитові
41. Як називають вогнетриви, що містять більше ніж 90 % MgO, мають вищу за 2000 °C вогнетривкість?
- а) шамот; б) азбест;
в) динас; г) магнезит
42. Як називають мінерал класу силікатів, що утворює тонковолокнисті агрегати?
- а) мінвата; б) графіт;
в) азбест; г) корунд
43. Корундові вогнетриви складаються в основному з оксиду...
- а) кремнію; б) хрому;
в) алюмінію; г) магнію
44. Динасові вогнетриви містять близько 94 % оксиду...
- а) кремнію; б) хрому;
в) алюмінію; г) магнію
45. Карборундові вогнетриви складаються в основному з оксиду...
- а) кремнію; б) хрому;
в) алюмінію; г) магнію
46. Які теплоізоляційні матеріали однакової пористості мають найвищий термічний опір?
- а) які мають сполучені між собою пори;
б) в яких пори закриті;
в) в яких повітря вільно переміщується;
г) в яких порожнин немає
47. Який коефіцієнт теплопровідності мають теплоізоляційні матеріали до:
- а) 0,018 Вт/(м·K); б) 0,18 Вт/(м·K);
в) 1,8 Вт/(м·K); г) 18 Вт/(м·K)
48. Як називається теплоізоляційний матеріал, для виробництва якого служить суміш тонко подрібненого скла з газоутворювачем?
- а) піноскло;
б) піновапно;
в) скляна вата;
г) спучений перліт
49. З якого металу виготовляють фольгу для відбивної теплоізоляції поверхонь?
- а) залізо; б) алюміній; в) мідь; г) титан
50. Як називається найпоширеніший прокладний матеріал фланцевих з'єднань?
- а) картон; б) шкіра; в) гума; г) азбест
51. До якої температури у середовищі водяної пари теплотехнічна гума здатна зберігати свої властивості?
- а) 90°; б) 100°; в) 120°; 140°
52. До якої температури застосовується пароніт для ущільнення з'єднань?
- а) 450°; б) 500°; в) 600°; 800°

53. До якої температури графітова замазка дозволяє ущільнювати різьбове з'єднання?
а) 100°; б) 120°; в) 150°; 200°
54. Яке призначення стрічки ФУМ?
а) виготовлення прокладок;
б) ущільнення різьбових з'єднань;
в) як сальникова набивка;
г) ущільнення розтрубів
55. Як називається порошкоподібна тверда речовина, що використовується для шліфування?
а) пароніт; б) перліт;
в) вермикуліт; г) абразив
56. Якщо твердість алмазу прийняти за 100 %, то яка твердість карбіду кремнію?
а) 90 %; б) 70 %; в) 50 %; г) 35 %
57. За твердістю абразиви поділені на класи. Який із наведених найтвердіший?
а) М1; б) СТ3; в) НТ2; г) М3
58. Чому дорівнює розмір шліф порошку?
а) 2000–160 мкм; б) 125–40 мкм;
в) 63–14 мкм; г) 10–3 мкм
59. Як умовно поділяють абразив зернистість розміром 63–14 мкм?
а) шліф-зерно;
б) шліф-порошок;
в) мікропорошок;
г) тонкий мікропорошок
60. Яка основна речовина входить до складу скла?
а) карбід заліза; б) оксид кремнію;
в) карбід кальцію; г) оксид фосфору
61. Як називається прозоре скло, що має високий ступінь однорідності?
а) оптичне; б) візерункове;
в) будівельне; г) кольорове
62. Як називають скло, що містить значну кількість оксиду свинцю?
а) дзеркальне; б) кришталь;
в) оптичне; г) кольорове
63. Що роблять видуванням розплаву гірських порід?
а) азбест;
б) мінеральну вату;
в) вермикуліт
64. Який матеріал виготовляють подрібненням і прискореним випалюванням гірських порід?
а) азбест; б) вермикуліт; в) цемент; г) гіпс
65. Як називають гуму, до складу якої, крім звичайних складових, входить азбест?
а) маслостійна; б) теплостійна;
в) водостійна; г) бензостійна?

66. Як називається штучний каменеподібний будівельний матеріал, що являє собою стужавілу суміш в'язучих, заповнювачів та ін.?
а) цемент; б) бетон; в) щебінь; г) вапно
67. Що із складових бетону складає до 80 % об'єму і утворює його жорсткий каркас?
а) цемент; б) вода;
в) пісок; г) щебінь
68. Як називається дрібний заповнювач бетону?
а) цемент; б) пісок;
в) щебінь; г) гравій
69. Як називається зернистий теплоізоляційний матеріал лускоподібної будови, що одержується в результаті випалу слюди?
а) керамзитобетон;
б) вермикуліт;
в) вапняк;
г) азбест
70. Що є показником міцності бетону?
а) марка;
б) осідання конуса;
в) тривалість вібрації;
г) сорт
71. Як називають листовий матеріал сірого кольору товщиною 0,4–6 мм, що складається з азбестового волокна, гуми і спеціальних добавок?
а) толь; б) пароніт; в) пергамін; г) ебоніт
72. З чого виготовляють прокладки для фланцевих з'єднань при тиску води і пари до 50 кгс/см² і температурі до 4500 °С?
а) пароніту; б) гуми;
в) пергаміну; г) шкіри
73. Як називають кристалічну речовину сіро-сталевого кольору, м'яку і жирну на дотик, яка випускається у вигляді тонко розмеленого порошку?
а) азбест; б) графіт;
в) вермикуліт; г) вапно
74. Що використовують для ущільнення нарізних з'єднань трубопроводів?
а) лляне пасмо;
б) бавовняне пасмо;
в) азбестове пасмо;
г) сальникову набивку
75. Який матеріал виготовляють шляхом випалювання суміші глини з вапняком з подальшим перемелюванням у порошок?
а) вапно; б) цемент;
в) азбест; г) вермикуліт

Частина 2.

ОСНОВИ МЕТАЛОЗНАВСТВА

Змістовий модуль 2

Металознавство – наука, яка вивчає природу металів і сплавів, закони, за якими змінюються їхні властивості й будова залежно від складу, а також від теплового, хімічного або механічного впливів. Металознавство базується на хімії, фізиці, кристалографії, має великий вплив на розвиток інженерних дисциплін.

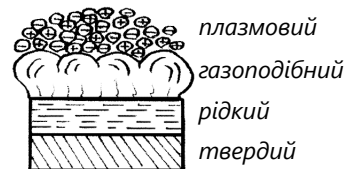
3. СТРУКТУРА МЕТАЛІВ

3.1. Атомно-кристалічна будова металів (Навчальний елемент 13)

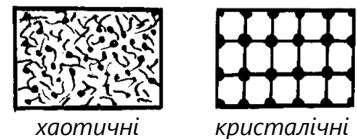
Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- стани, в яких може перебувати речовина;
- ознаки, за якими характеризуються метали у твердому стані;
- типи основних кристалічних решіток металів залежно від схеми розміщення атомів;
- поняття «анізотропії» і як вона впливає на властивості металу.

1. Відомо, що речовина при звичайних температурах і тиску може перебувати у твердому, рідкому і газоподібному станах. За певних умов – у плазмовому (частково або повністю іонізований газ) або надгустому станах.

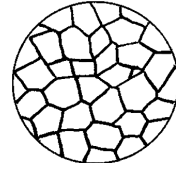


2. Розрізняють тіла аморфні, в яких атоми розташовані хаотично, й тіла кристалічні, в яких атоми розташовуються в певному геометрично правильному порядку. Метали – тіла кристалічні.

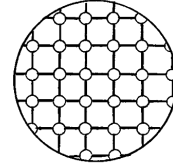


3. Метали у твердому стані характеризуються такими ознаками: високою теплопровідністю і електропровідністю; позитивним коефіцієнтом електричного опору; термоелектронною емісією; високим альбедо (відбивною здатністю); підвищеною здатністю до пластичної деформації (ковкістю).

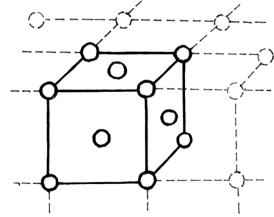
4. Найпоширенішим є використання металів та їх сплавів у твердому полікристалічному стані. Метали, якщо їх отримують звичайним способом, є полікристалічними тілами, які складаються з великої кількості дрібних кристалів, по-різному орієнтованих щодо один одного.



5. Основною ознакою, за якою тіло вважають кристалічним, є не зовнішня форма тіла, а його внутрішня будова. Кристалічне тіло у твердому стані характеризується певним закономірним розміщенням – має кристалічну решітку, що складається з ряду паралельних кристалографічних площин, розташованих на певній відстані одна від одної. У вузлах кристалічної решітки містяться атоми або позитивно заряджені іони.

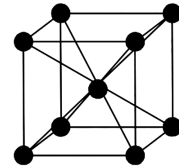


6. Кожна кристалічна решітка складається з багатьох елементарних кристалічних комірок, які мають різну кількість атомів або іонів. Під елементарною кристалічною коміркою розуміють найменший комплекс атомів, який при багаторазовому повторенні в просторі дає змогу відтворити кристалічну решітку.

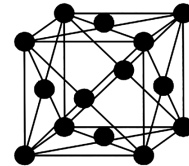


7. Для більшості чистих металів і їх сплавів найбільш характерними є три типи кристалічних решіток:

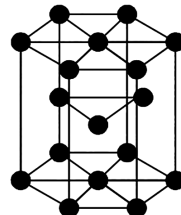
- кубічна об'ємноцентрована решітка (ОЦК), в елементарній комірці якої міститься дев'ять атомів (вісім у вершинах куба і один – у центрі). Такий тип решітки мають літій, натрій, калій, ванадій, молібден, вольфрам, ніобій, тантал, хром, титан (β -фаза) при температурі 885–1720 °С, α -залізо при температурі нижче ніж 910 °С і вище ніж 1401 °С тощо;



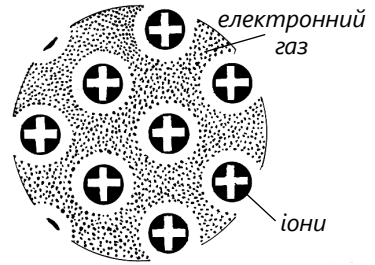
- кубічна гранецентрована решітка (ГЦК), в елементарній комірці якої розташовані 14 атомів (вісім – у вершинах і шість – на гранях куба). Таку решітку мають мідь, золото, срібло, алюміній, свинець, платина, нікель, кальцій, γ -залізо при температурі 910–1401 °С тощо;



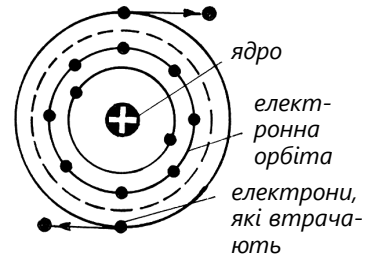
- гексагональна решітка зі щільним пакуванням атомів (ГПУ), в елементарній комірці якої містяться 17 атомів. Таку решітку мають магній, цинк, кадмій, титан (α -фаза) до 885 °С, телур, берилій, гафній, осмій та ін.



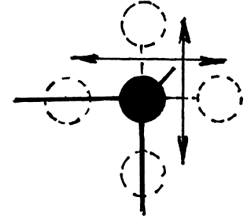
8. Утворення кристалічної решітки атомами металів зумовлюється металічним зв'язком. Суть його полягає в тому, що, згідно з теорією металічного стану, у всіх або в деяких атомів із вузлів кристалічної решітки є окремі валентні електрони, розташовані на зовнішній електронній оболонці, які відриваються і вільно переміщуються між позитивно зарядженими іонами й атомами, що залишилися, утворюючи «електронний газ». Ці електрони в умовах неперервного руху в кристалічній решітці одночасно притягуються до декількох позитивно заряджених іонів, що і забезпечує металічний зв'язок між ними.



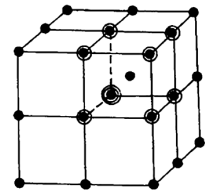
9. Залежно від того, скільки атомів металу втрачають електрони, стаючи позитивно зарядженими іонами, загальна кількість вільних електронів може бути різною, що і зумовлює різні властивості в різних металах: тепло- і електропровідність, пластичність тощо.



10. Атоми металів перебувають у коливальному русі біля точок, які називають «вузлами» решітки. Чим вища температура, тим більша амплітуда цих коливань.

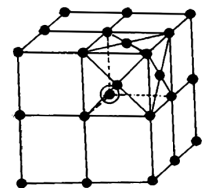


11. Елементарні кристалічні решітки заповнені атомами з різною щільністю, тобто мають різну компактність. Наприклад, в ОЦК-решітці один атом перебуває в центрі куба і у восьми вершинах розташовані вісім атомів, що одночасно належать восьми сусіднім елементарним коміркам. Отже, на кожну елементарну ОЦК-решітку припадає $1 + (1/8) \cdot 8 = 2$ атоми. Цю кількість атомів для ОЦК-решітки називають базисною.

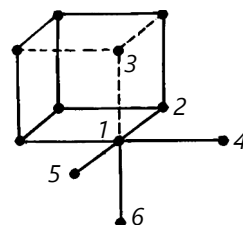


12. Решітка ГЦК має базисне число $(1/8) \cdot 8 + (1/2) \cdot 6 = 4$, а ГПУ – 6.

Щільність елементарної комірки в різних кристалічних решітках різна, тобто об'єм, який займають атоми, неоднаковий.



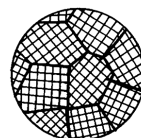
13. Щільність кристалічної решітки позначається координаційним числом K , яке вказує на кількість атомів, що розташовані на однаковій і найменшій відстані від певного атома; воно характеризує розподіл сил взаємного зв'язку між атомами.



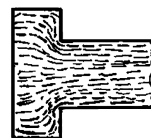
14. Чим вище координаційне число, тим більша щільність пакування атомів. Якщо провести площини в решітках у певних напрямках, то в різних площинах виявиться різна кількість атомів. Нерівномірність щільності атомів у різних напрямках викликає в них різні механічні й фізичні властивості кристала.



15. Різницю властивостей металів залежно від напрямку прикладення дії на зразок називають анізотропією, а самі метали – анізотропними тілами. Наприклад, якщо з монокристала заліза вирізати в різних напрямках кілька зразків, то залежно від напрямку вирізання модуль пружності цих зразків може змінюватися з 290 000 до 135 000 МПа.



16. Метали, які затверділи за звичайних умов, складаються з великої кількості по-різному орієнтованих кристаліків, тому властивості цих металів будуть приблизно однаковими за всіма напрямками, однак варто лише на заготовку якимось подіяти (наприклад куванням, прокаткою або волочінням), як кристалики орієнтуються приблизно в напрямку дії і заготовка набуває анізотропних властивостей.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

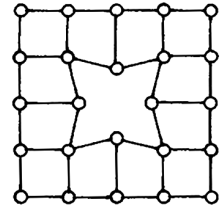
1. У яких станах може перебувати речовина?
2. Чим відрізняються кристалічні тіла від аморфних?
3. Які ознаки мають метали?
4. Як ви розумієте словосполучення «полікристалічні тіла»?
5. За якими ознаками тіло вважають кристалічним?
6. Що таке елементарна кристалічна решітка?
7. Назвіть три характерні кристалічні решітки металів.
8. У чому полягає суть металевого зв'язку утворення кристалічної будови металів?
9. Чим зумовлені різні властивості металів?
10. Як амплітуда коливань атомів залежить від температури?
11. Як визначають кількість атомів, що припадають на одну елементарну решітку?
12. Що таке анізотропія і як вона впливає на властивості металу?

3.2 Дефекти кристалічної будови (Навчальний елемент 14)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

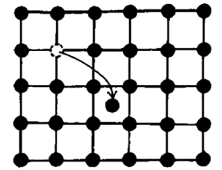
- причини утворення дефектів кристалічної будови реальних металів;
- визначення дислокацій і причини їх утворення;
- особливості впливу дефектів кристалічної будови металів на їхні властивості.

1. Усі реальні кристалічні тверді тіла (зокрема метали) завжди мають дефекти у своїй будові, які впливають, нерідко дуже сильно, на властивості твердих тіл. Ці дефекти є малими у всіх трьох вимірах, їхні розміри не перевищують декількох атомних діаметрів. До них відносять вакансії, міжвузлові атоми, атоми заміщення, атоми проникнення.



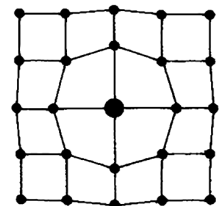
2. Вакансії – точкові дефекти, коли вузли кристалічних решіток не заповнені атомами. Вакансії найчастіше утворюються в результаті переходу атомів з вузла решітки на поверхню і рідше – переходу атома зі свого місця у міжвузловий простір.

3. Міжвузлові атоми утворюються унаслідок переходу атома з вузла кристалічної решітки в міжвузловий простір. На місці атома, який вийшов з кристалічної решітки, утворюється вакансія.

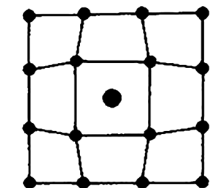


4. Примісні атоми – атоми іншого матеріалу, які деформують кристалічну решітку через відмінність їхніх розмірів від розмірів атомів основного металу. Примісні атоми:

– заміщують атоми у вузлах кристалічної решітки;

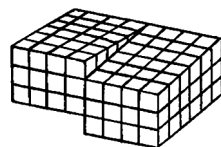


– або займають вільний простір між вузлами основної решітки.

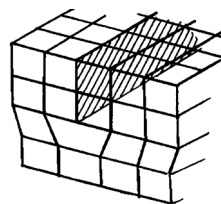


5. Дислокаціями називають лінійні недосконалі або одновимірні дефекти кристалічних решіток реальних металів, що являють собою особливі порушення кристалічної будови, які пов'язані з відхиленням реальних кристалів

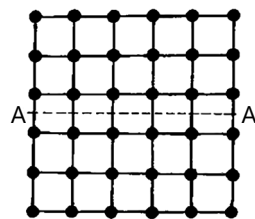
від ідеальної їх будови. Виникають вони в металах у процесі кристалізації, пластичної деформації та з інших причин, що спричиняють утворення полів напруження у кристалічній решітці, які призводять до відповідних локальних деформацій зміщень. Їхня назва походить від латинського слова *dislocation*, що в перекладі означає «зміщення, зсув».



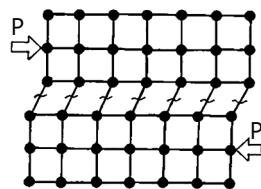
6. Крайова дислокація – локальне спотворення кристалічної решітки, яке спричинене наявністю у ній зайвої атомної півплощини. Дислокаційні лінії не обриваються всередині кристала, вони виходять на його поверхню, закінчуються на інших дислокаціях або утворюють замкнуті дислокаційні петлі.



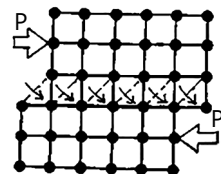
7. Уявімо елементарний пластичний зсув для кожної пари спряжених атомів щодо площини ковзання AA з урахуванням сил міжатомної взаємодії.



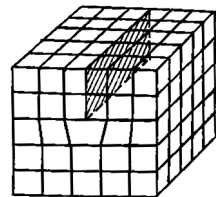
8. Враховуючи, що в площині ковзання реального металевого кристала є близько 10^{14} атомів на кожний сантиметр квадратний перерізу, потрібно дуже велике зусилля (для технічного заліза в десятки разів більше, ніж це реально спостерігається).



9. При досягненні необхідного зусилля відбувається пластичний зсув по всій площині ковзання.

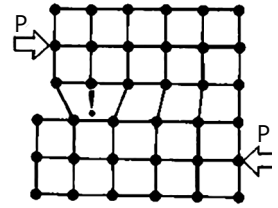


10. Уявімо, що в кристалічній решітці з будь-яких причин з'явилась зайва напівплощина атомів, так звана екстраплощина. Край такої площини утворює лінійний дефект решітки, який називають крайовою дислокацією. Така дислокація може простягатися в довжину на багато тисяч періодів решітки. Довкола дислокації утворюється зона пружного скривлення решітки.

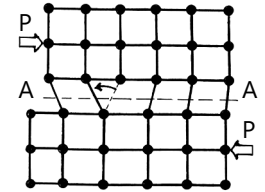


11. Пластичний зсув у металі потрібно сприймати як процес естафетного переміщення дислокацій. Через наявність дислокації у кристалі по обидва боки зсуву AA виникає скривлений стан кристалічної решітки з порушенням

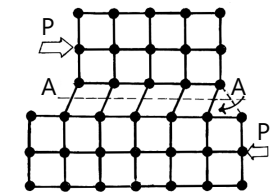
порядком ідеальних зв'язків між атомами. В цьому випадку достатньо буде прикласти невелике зовнішнє зусилля P , щоб викликати поширення хвилі послідовних зміщень вертикальних рядів атомів над площиною ковзання AA .



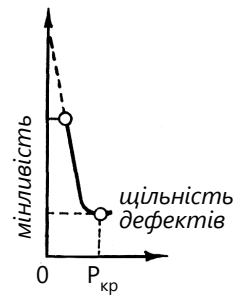
12. У результаті проходження цієї хвилі дислокації, як своєрідної естафети, дислокація послідовно передаватиметься сусіднім рядам атомів, поки не вийде на межу зерна.



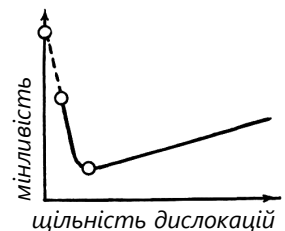
13. При передаванні руху від частого зміщення рядів атомів дислокація вийде на поверхню, де і зникне, як це показано на рисунку. Кінцевим результатом переміщення дислокації вздовж площини ковзання AA є зсув на одну міжатомну відстань, причому для виконання цього зсуву знадобилося значно менше зусилля, ніж при відсутності дислокації.



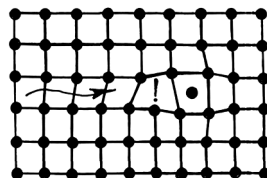
14. Отже, можна зробити висновок, що процес зсуву в кристалі відбувається тим легше, чим більше дислокацій існує в металі. Навпаки, чим менше в металі таких дислокацій, тим менше можливостей для зсуву і тим він міцніший. У металі, в якому не утворюються дислокації, зсув можливий тільки за рахунок одночасного зміщення однієї частини кристала щодо іншої. У цьому випадку міцність бездислокаційного металу має дорівнювати теоретичній. Відомо, що міцність нитковидних кристалів металів – так званих вусів – виявилась ближчою до теоретичної, що, згідно з передбаченнями, зумовлено дуже малою кількістю дислокацій.



15. Реальна міцність металів зменшується зі збільшенням кількості дислокацій тільки спочатку. Досягнувши мінімального значення при певній критичній щільності дислокацій, реальна міцність знову починає збільшуватись. Теорія дислокацій дала змогу пояснити, чому реальна міцність металів (для технічно чистого заліза дорівнює 2,5–3,0 МПа) суттєво відрізняється від теоретичної міцності (обчисленої з урахуванням сил міжатомної взаємодії), що для заліза становить близько 200 МПа.



16. Збільшення реальної міцності зі збільшенням щільності дислокацій пояснюються тим, що при цьому виникають не тільки паралельні одна одній дислокації, а й дислокації у різних площинах і напрямках. Такі дислокації перешкоджатимуть одна одній переміщатися, і реальна міцність металу збільшиться.



17. Традиційним способом зміцнення металів, які ведуть до збільшення щільності дислокацій, є механічний наклеп, зменшення зерна і загальна фрагментація кристалів у результаті термооброблення. Деякі давно відомі методи легування (наприклад внесення в решітку основного металу чужорідних атомів) утворюють різноманітні недосконалості й викривлення кристалічної решітки, що чинить перепони вільному переміщенню дислокацій або блокують їх.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що є причиною виникнення дефектів реальних кристалів?
2. Що таке вакансії?
3. Що таке міжвузлові атоми?
4. Чим відрізняється пластичний зсув в ідеальній кристалічній решітці від реальної?
5. Як змінюється міцність металів зі збільшенням кількості дислокацій?
6. Як можна пояснити, що зі збільшенням щільності дислокацій реальна міцність спочатку різко зменшується, а потім поступово збільшується?

3.3 Методи дослідження структури металів (Навчальний елемент 15)

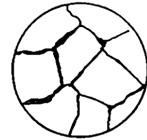
Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- різні методи дослідження структури металів і сплавів;
- поняття мікроаналізу та макроаналізу внутрішньої будови металів і сплавів;
- способи дослідження структури мікроаналізом і макроаналізом;
- вимоги стосовно виготовлення мікро- і макрошліфів;
- особливості фізичного й термічного аналізів металів і сплавів.

1. Метали мають фізичні, хімічні, технологічні та інші спеціальні властивості. Встановлено залежність між властивостями металів і їхньою внутрішньою будовою, знайдено засоби зміни властивостей у необхідному напрямку. Властивості визначаються структурою, під якою розуміють внутрішню будову металів і сплавів, що характеризуються закономірним розташуванням атомів і молекул, які утворюють кристалічну решітку.

2. Розрізняють макро- і мікроструктуру металів і сплавів. Макроструктура – будова металу, яку можна виявити неозброєним оком або за допомогою лупи при невеликому збільшенні (у 30 разів). Найчастіше макроаналіз використовують для визначення:

– форм, розмірів і взаємного розміщення великих зерен кристалів;



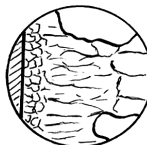
– характерного розташування волокон у деформованому металі (кованих і штапованих деталях);



– якості зварних швів, пористості, раковин, тріщин, шлакових включень, наявності сіркових та інших домішок;



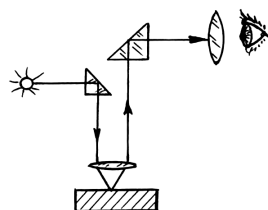
– первинних кристалів і пустот, які з'являються після лиття.



3. Макробудову можна вивчити не лише безпосередньо на поверхні металів (відливок, поковок), а й у зламах заготовок або на спеціально підготовлених вирізаних поверхнях, у тому числі внутрішніх, які перед дослідженням шліфують і протравлюють спеціальними травниками для більш рельєфного виявлення структури цих поверхонь.

4. Макрошліф – це зразок, підготовлений шліфуванням і травленням реактивами після вирізування його з деталі за характерним перерізом. Реактиви (кислот, лугів або солей) здатні по-різному забарвлювати і розчиняти складові структури зразка, а також розширювати тріщини, пори та сприяти досконалішому вивченню інших дефектів.

5. Мікроструктура – кристалічна будова металів і сплавів, яку можна виявити при збільшенні за допомогою металографічного (збільшення у 40...2500 разів) або електронного мікроскопа (збільшення у 25 000 разів). Мікроскопічний метод дослідження металів і сплавів, або мікроаналіз, дає змогу вивчати структуру металів і сплавів за допомогою мікроскопа на спеціально підготовлених зразках, які називають мікрошліфами.



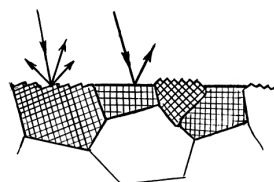
6. Для визначення структури поверхню мікрошліфа розглядають під мікроскопом. Готують мікрошліфи спочатку так само, як і макрошліфи (вирізування та шліфування зразків), але тут обов'язковим є полірування поверхні перед травленням. Властивості металів і сплавів залежать здебільшого від особливостей їхньої структури. Структура формується в результаті кристалізації і перекристалізації металу. Визначальними факторами структури є форма та розміри зерен.

7. Мікроаналіз дає змогу визначити фазовий склад сплаву, розмір, форму та взаємне розміщення зерен, різні мікропори тощо, виявити і зафіксувати зі збільшенням структуру, зображену на фотографії.



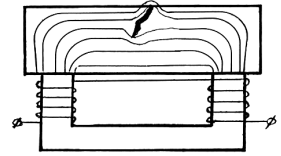
8. Мікрошліф має відполіровану поверхню. Чим гладкішою буде поверхня шліфа, тим чіткіше одержимо зображення структури, тому що мікроструктуру можна розглядати лише у світлі променів, відбитих від поверхні мікрошліфа.

9. При витравленні хімічними реактивами поверхні мікрошліфа не всі її ділянки розчиняються однаково, це залежить від характеру орієнтації зерен у металі та хімічного складу. Оскільки зерна в металі розміщені один проти одного по-різному, то вони неоднаково й

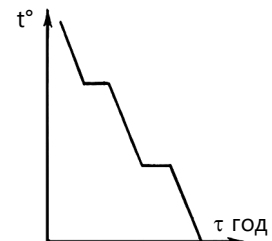


розчиняються – одні сильніше, інші слабше. Розглядаючи травлену поверхню під мікроскопом, спостерігаємо розміщення зерен всередині металу як наслідок нерівномірності розсіювання світлових променів.

10. Фізичні способи аналізу та контролювання металів і сплавів застосовують для виявлення внутрішніх дефектів (пористості, шлакових і газових включень) при дослідженні кристалічної будови. Це рентгенівський аналіз, спосіб радіоактивних ізотопів, ультразвуковий і магнітний способи.



11. Термічний аналіз – це спосіб дослідження металів і сплавів при нагріванні й охолодженні зразка, що контролюється; його застосовують для встановлення критичних точок при побудові діаграми стану сплавів. Одержані діаграми стану сплавів дають необхідну характеристику температурного перетворення сплавів.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

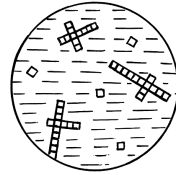
1. Що таке мікроаналіз і як його проводять?
2. Як готують мікрошліфи?
3. Чим відрізняється мікроаналіз від макроаналізу?
4. Що можна визначати при мікроаналізі?
5. Що таке фізичні способи аналізу?
6. Які дефекти виявляють при фізичних способах аналізу?
7. Що таке термічний аналіз сплавів?
8. З якою метою поверхню мікрошліфа травлять хімічними реактивами?

3.4. Плавлення та кристалізація металів (Навчальний елемент 16)

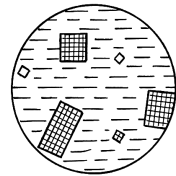
Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення процесу кристалізації металів;
- умови росту кристалів залежно від швидкості охолодження;
- особливості дендритної кристалізації за умов прискореного охолодження;
- процес регулювання розмірів зерен за рахунок штучного введення в розплавлений метал речовин, які утворюють центри кристалізації.

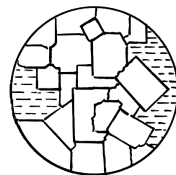
1. Процес кристалізації – це процес утворення кристалів. Доки метал перебуває у рідкому стані, атоми перебувають у стані безперервного руху. Із наближенням до температури затвердіння ще в рідкому стані атоми в окремих місцях розташовуються в просторі так само, як і в кристалічних решітках, утворюючи атомно-кристалічні групи. Деякі з таких груп можуть бути центрами кристалізації. Від них починається ріст кристалів шляхом нарощування по гранях атомних шарів.



2. При сталій швидкості кристалізації і сталій швидкості зародження центрів кристалізації в перший момент кристали ростуть вільно, зберігаючи правильну геометричну форму.



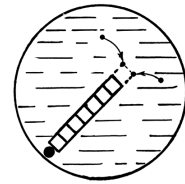
3. Однак це відбувається лише до моменту зустрічі двох кристалів, які зростають. У тому місці, де вони зустрінуться, ріст припиниться. Тепер кожний кристал ростиме лише в тому напрямку, в якому йому не перешкоджає поруч розташований кристал. За цих умов правильна геометрична форма кристала не зберігається. Такі кристали, що мають неправильну геометричну форму, називають зернами.



4. Такі умови утворення росту кристалів спостерігаються лише при дуже повільному охолодженні. За умов прискореного охолодження, що мають місце в більшості випадків практичної кристалізації металів, механізм утворення кристалів зерен має інший характер, так званий дендритний.

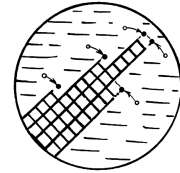


5. Дендритна (скелетоподібна) кристалізація полягає в тому, що ріст зародків відбувається з нерівномірною швидкістю в усі боки. Після утворення зародки ростуть переважно в напрямках, у яких швидкість росту максимальна. Утворюється немовби стовбур майбутнього кристала, так звані осі (гілки) першого порядку. Ріст цього стовбура або осі першого порядку відбувається шляхом кристалізації на ньому все нових і нових атомних шарів із рідини.

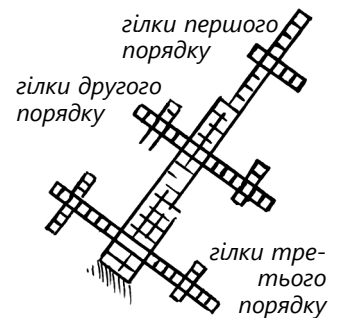


центр кристалізації

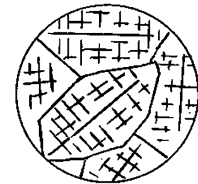
6. Збільшення осей першого порядку відбувається, зазвичай, не лише вздовж, одночасно вони розростаються у різні боки, внаслідок чого вони товстіші біля основи і тонші біля вістря.



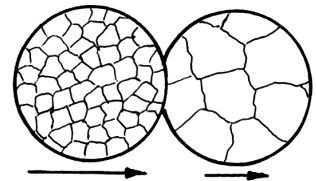
7. Далі від цих осей першого порядку, під певними кутами, ростуть нові осі, які називаються осями другого порядку, від гілок другого порядку починають рости гілки третього порядку і т. д.



8. Однак у міру кристалізації утворюються гілки щодалі вищого порядку (четвертого, п'ятого, шостого і т. д.), які поступово заповнюють усі проміжки, раніше заповнені рідким металом.

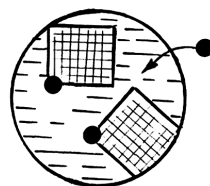


9. Чим більше центрів кристалізації (зачатків) утворюється у певному об'ємі, тим більше буде зерен, але кожне наступне зерно буде меншим. Чим швидше ростуть ці зародки, тобто чим більша швидкість росту кристалів, тим меншою буде кількість зерен, а кожне зерно буде більшим.



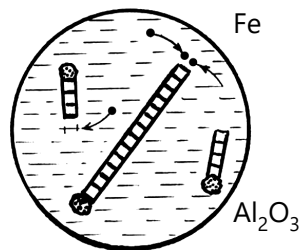
10. Треба зазначити, що можливість регулювання швидкості охолодження у процесі кристалізації дуже обмежена. З метою регулювання розмірів зерен широко застосовують штучне введення у розплавлений метал речовин, які утворюють центри кристалізації. Тугоплавкі дрібні частинки, що є додаткови-

ми центрами кристалізації, – це найбільш прогресивний і дійовий метод регулювання розмірів зерен, їхньої форми, а отже, і властивостей металів і сплавів. Наприклад, чим дрібніше зерно, тим кращі механічні властивості має метал, і навпаки.

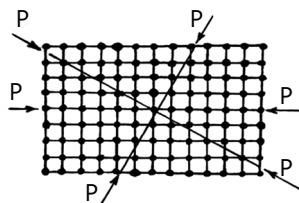


центри кристалізації

11. Процес штучного регулювання розмірів і форми зерен одержав назву модифікування. Речовини, які вводять у розплав із метою регулювання розмірів зерен, називають модифікаторами. Якщо перед кристалізацією ввести у сталь дуже малу кількість алюмінію (0,05–0,07 %), то він, сполучаючись із киснем, який є у сталі, утворює окис алюмінію Al_2O_3 , температура плавлення якого дорівнює 2050°C . Отже, коли сталь перебуває ще в рідкому стані, при температурі $1600\text{--}1700^\circ\text{C}$, тверді частинки Al_2O_3 опиняться розсіяними по всьому об'єму рідкої сталі. У момент затвердіння сталі частинки Al_2O_3 відіграють роль центрів кристалізації, що призведуть до утворення дрібних зерен.



12. Однорідне тіло (кристал) у різних напрямках має неоднакові фізичні властивості (анізотропія). Теплопровідність, електропровідність, міцність та інші властивості теж у різних напрямках неоднакові. Анізотропія кристалів пояснюється тим, що в них у різних напрямках на одиницю довжини припадає неоднакова кількість атомів. Метали є полікристалічними речовинами, які складаються з великої кількості дрібних монокристалів, безладно розміщених один щодо одного.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дайте визначення кристалізації металів.
2. Опишіть утворення кристалів при дуже повільному охолодженні.
3. Яка послідовність утворення дендритів?
4. Що таке гілка першого та другого порядку при кристалізації?
5. Яку роль у кристалізації відіграє кількість центрів кристалізації?
6. Що таке модифікація?

4. МЕТАЛЕВІ СПЛАВИ

Металевими сплавами називають речовини, які складаються не менше ніж із двох компонентів і одним із них обов'язково має бути метал.

4.1. Будова та характеристика сплавів (Навчальний елемент 17)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- поняття металевого сплаву і його значення;
- умови утворення твердих розчинів;
- умови утворення механічної сполуки;
- умови утворення хімічних сполук.

1. Чисті метали як конструкційні матеріали майже не використовують через те, що їхні фізико-хімічні властивості рідко відповідають вимогам інженерів. Якщо до чистих металів додати (легувати) інші метали або металоїди, то можна отримати сплав з іншими властивостями, часто кращими, ніж у чистого металу.

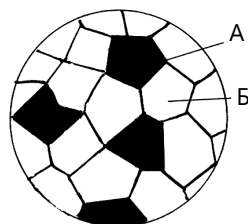
2. Металевий сплав – це складна речовина, яка має властивості металів і здебільшого отримана шляхом сплавлення двох або більше хімічних елементів (компонентів), переважно металевих. Залежно від кількості компонентів, що утворюють сплави, їх відповідно називають подвійними, потрійними або багатокомпонентними. Компонентами сплаву найчастіше є інші метали, а також неметали (наприклад, вуглець у сталях і чавунах) і тривкі хімічні сполуки.

3. Одні й ті самі елементи можуть утворювати різні за властивостями сплави. Наприклад, залізо і вуглець утворюють чавун і сталь – сплави з неоднаковими властивостями: чавун містить більше вуглецю, ніж сталь, а сталь має більшу міцність.

4. Для отримання сплаву потрібно нагріти відповідні компоненти до температури плавлення, а потім утворений рідкий розчин закристалізувати. Слід зазначити, що більшість металів у рідкому стані необмежено розчинні один в одному. Однак у деяких випадках спостерігається їхня обмежена розчинність і навіть повна нерозчинність.

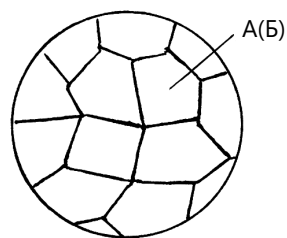
5. Хімічні сполуки найчастіше утворюються елементами, що не розчиняються один в одному у твердому стані, але вступають між собою в хімічну взаємодію з утворенням сполуки. Такі елементи, як правило, розміщені далеко один від одного в періодичній системі, тобто істотно відрізняються за будовою і властивостями (наприклад, карбід заліза Fe_3C).

6. Механічна суміш компонентів А і Б утворюється тоді, коли компоненти сплаву повністю нерозчинні у твердому стані. Зазвичай, механічні суміші утворюють метали, що мають різні типи кристалічних решіток, а при однаковому типі кристалічних решіток – велику різницю в атомних діаметрах. Метали, що утворюють такі сплави, зберігають свою кристалічну решітку. Таку будову має, наприклад, сплав свинцю із сурмою. Якщо розглянути шліф цього сплаву під мікроскопом, побачимо кристалики свинцю і сурми.

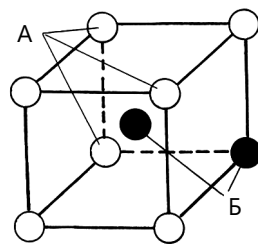


7. Як правило, механічні суміші утворюють метали, які різко відрізняються атомними об'ємами і температурою плавлення. Наприклад, температура плавлення свинцю – 327 °С, а сурми – 631 °С, їхні кристалічні решітки неоднакові: у свинцю ГЦК, а в сурми ромбоєдрична. Властивості сплавів механічних сумішей залежать від співвідношення кількості їхніх компонентів.

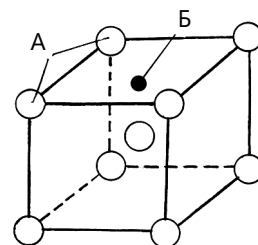
8. Твердий розчин утворюється, коли компоненти сплаву взаємно розчиняються один в одному і в рідкому, і в твердому станах, а атоми в просторі розміщені закономірно, утворюючи кристалічну решітку. При цьому один із компонентів, який входить до складу сплаву, зберігає характерну для нього кристалічну решітку, а другий компонент, втрачаючи свою кристалічну будову, у вигляді окремих атомів розміщується в кристалічній решітці першого. Першу речовину називають розчинником, а другу – розчиненою речовиною. Залежно від характеру розміщення атомів розчиненої речовини розрізняють тверді розчини проникнення, заміщення і вилучення.



9. Твердий розчин заміщення – це розчин, у якому атоми Б розчинного елемента заміщають атоми розчинника А у його кристалічній решітці. При цьому параметри решітки розчинника замінюються залежно від різниці атомних діаметрів розчиненого елемента і розчинника.

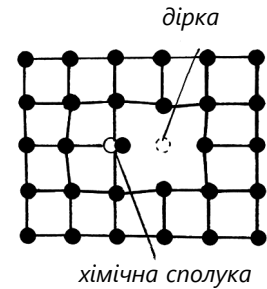


10. Твердий розчин проникнення – це розчин, у якому атоми Б розчиненого елемента розміщуються між атомами А розчинника в його кристалічній решітці. Для утворення твердого розчину проникнення необхідно, щоб відношення атомного радіуса розчиненого елемента до атомного радіуса розчинника було $\leq 0,59$. При утворенні твердих



розчинів проникнення параметр решітки завжди збільшується, що призводить до значних спотворень решітки. Тверді розчини проникнення, як правило, отримують тоді, коли у металі розчиняють неметалевий елемент: водень, кисень, вуглець, бор тощо.

11. Твердий розчин вилучення (вираховання) утворюється на базі хімічного з'єднання, атоми розчиненого елемента заміщують атоми розчинника у вузлах кристалічної решітки, але окремі її вузли залишаються незайнятими (порожніми). Це роблять тоді, коли на базі хімічного з'єднання (наприклад, закису заліза FeO) отримують твердий розчин розчиненням одного з елементів (кисню), що складають хімічну сполуку (FeO). Розчинення відбувається внаслідок не заміщення атомів заліза атомами кисню, а витягання певної кількості атомів заліза з вузлів кристалічної решітки хімічної сполуки FeO, в результаті чого утворюються порожні місця (дірки).



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

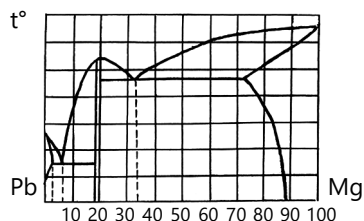
1. Чим відрізняються сплави від чистих металів?
2. Які типи сплавів можуть утворюватися залежно від фізико-хімічної взаємодії компонентів, що їх утворюють?
3. Як називаються сплави залежно від кількості компонентів?
4. Який сплав отримують із компонентів, які суттєво відрізняються атомним об'ємом і температурою плавлення?
5. Чи можна отримати сплав металу з неметалом?

4.2. Діаграма стану подвійних сплавів (Навчальний елемент 18)

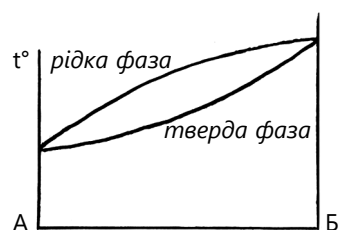
Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення діаграми стану сплаву та її будови;
- визначення точок та ліній ліквідус і солідус;
- вимоги щодо кількісного співвідношення фаз або структурних складових сплавів;
- особливості фазових перетворень, що відбуваються під час охолодження сплаву.

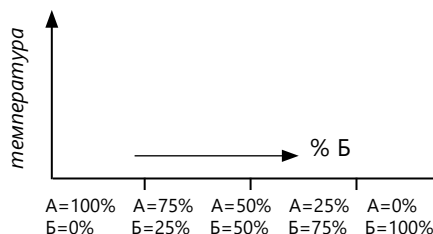
1. Діаграми стану сплавів є графічним зображенням усіх перетворень, які відбуваються у сплавах залежно від температури і концентрації компонентів. Ці діаграми дають змогу визначити температури початку і кінця затвердіння сплавів, їхню структуру для різних температур і перетворень, які відбуваються зі сплавом під час охолодження та нагрівання. Перетворення у сплавах при нагріванні або охолодженні залежать від того, які фази при цьому утворюються.



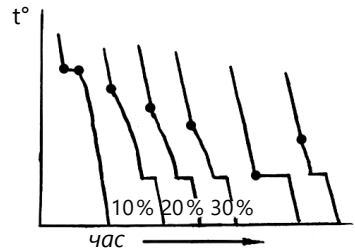
2. Під фазою розуміють однорідну частину системи, відокремлену від інших поверхнею поділу. Наприклад, однорідна рідина є однофазною системою, а вода з льодом – двофазною. Система може складатися з одного або декількох компонентів: приміром, система залізо – вуглець складається з двох компонентів – заліза і вуглецю, а система нікель – мідь – алюміній – із трьох.



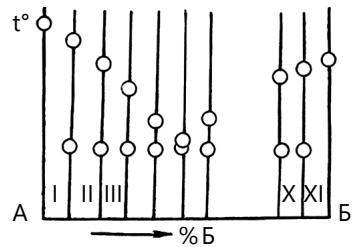
3. Діаграми стану будують за даними експериментів. Для подвійних сплавів діаграму будують у двох вимірах: по осі ординат у вибраному масштабі відкладають температуру, а по осі абсцис – концентрацію. Загальний вміст двокомпонентного сплаву в будь-якій точці абсциси дорівнює 100 %, а крайні ординати відповідають чистим компонентам. Кожна точка на діаграмі стану показує стан сплаву певної концентрації при певній температурі. Таким чином, на осі абсцис кожному сплаву відповідає одна точка і кожна точка характеризує склад лише одного сплаву певної пари елементів.



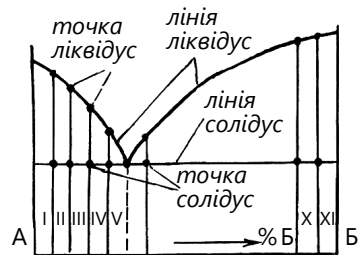
4. Діаграми стану сплавів будують на основі їх вивчення методами термічного та інших аналізів. Для термічного аналізу готують ряд сплавів із поступово змінним вмістом одного з компонентів (наприклад, 10, 20, 30 % і т. д.). Серію таких сплавів розплавляють, а потім повільно і рівномірно охолоджують. За допомогою термопар через порівняно невеликі проміжки часу позначають температуру сплаву. За отриманими значеннями будують серію кривих охолодження і нагрівання у координатах температура – час.



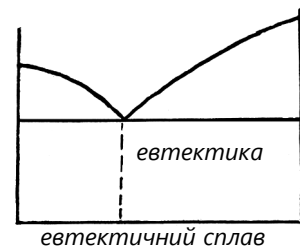
5. Маючи достатню кількість кривих охолодження сплавів певної системи, а також кривих охолодження компонентів (які утворюють сплави) і визначивши на них температури початку й кінця фазових перетворень, будують діаграму стану. Для цього одержані критичні температури (точки) слід перенести на ординату відповідних сплавів.



6. Точку, яка відповідає початку кристалізації, називають точкою ліквідус; точку, що відповідає кінцю кристалізації, – точкою солідус. З'єднавши точки, що мають однакову фізичну суть, одержимо діаграму стану досліджуваної системи. Геометричне місце точок ліквідус утворює лінію ліквідус, а геометричне місце точок солідус – лінію солідус. Очевидно, вище лінії ліквідус сплави перебувають у рідкому стані, а нижче лінії солідус – у твердому.

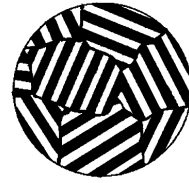


7. Найбільш легкоплавкий сплав системи, первинна кристалізація якого відбувається при сталій температурі, називають евтектичним сплавом, а структуру, яку отримують при кристалізації рідкого розчину евтектичного складу, – евтектикою.

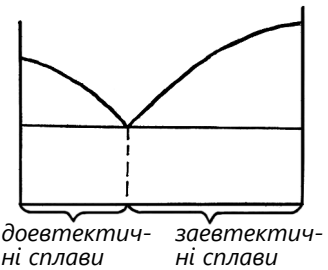


8. Лінія ліквідус за фізичною суттю є лінією насичення, тобто свідчить про насичений склад рідкого розчину. Тому в інтервалі температур кристалізації сплавів рідкий розчин безперервно змінює свій склад, рухаючись по лі-

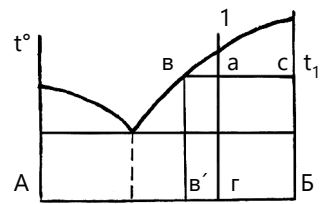
нії ліквідус. При температурі кристалізації евтектики у всіх сплавів залишок рідкого розчину набуває евтектичного складу і кристалізується евтектика (механічна суміш двох компонентів).



9. Сплави, розміщені ліворуч від евтектичного, називають доевтектичними, а праворуч – заевтектичними.

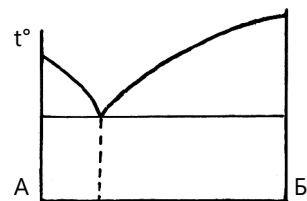


10. За правилом відрізків визначають кількісне співвідношення фаз або структурних складових: у певному сплаві при заданій температурі кількість структурних або фазових складових прямо пропорційна величині протилежних відрізків. Щоб визначити концентрацію компонентів у фазах, через точку, яка характеризує стан сплаву, згідно з правилами відрізків проводять горизонтальну лінію до перетину з лініями, які обмежують цю ділянку; проєкції точок перетину на вісь концентрації показують склад фаз.



11. Розрізняють чотири основні типи діаграм стану подвійних сплавів: механічну суміш, твердий розчин із необмеженою розчинністю компонентів, твердий розчин з обмеженою розчинністю компонентів і хімічну сполуку.

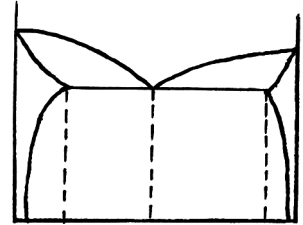
12. Діаграма стану 1 типу. На цій діаграмі показано кристалізацію сплавів, обидва компоненти яких необмежено розчинні один в одному в рідкому стані, а в твердому утворюють механічну суміш своїх кристалів. За такою діаграмою кристалізуються подвійні сплави: Pb–Sb, Cr–Mn, Ni–Cr тощо.



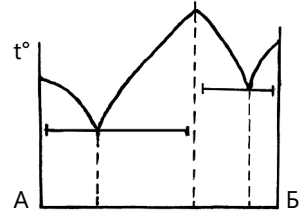
13. Діаграма стану 2 типу. За цією діаграмою кристалізуються сплави, обидва компоненти яких необмежено розчинні один в одному і в рідкому і в твердому вигляді і не утворюють хімічних сполук (Cu–Ni, Fe–Cr, Ag–Au тощо).



14. Діаграма стану 3 типу. За цією діаграмою кристалізуються сплави, обидва компоненти яких необмежено розчинені один в одному в рідкому вигляді, обмежено розчинні в твердому і не утворюють хімічних сполук (Cu–Au, Cd–Zn, Pb–Sn тощо).



15. Діаграма стану 4 типу. Вона характеризує подвійні сплави, обидва компоненти яких необмежено розчинні один в одному в рідкому стані, а під час тверднення утворюють стійку хімічну сполуку типу A_mB_n . За діаграмою 4 типу кристалізуються сплави Mg–Zn, Mg–Cu, Fe–Zr, Fe–Nb та ін.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що називають діаграмою стану?
2. Як будують двокомпонентну діаграму стану сплаву?
3. Дайте визначення правила фаз.
4. Чим відрізняються чотири основні типи діаграм стану?
5. Як називають основні лінії на діаграмі?
6. Як називають графічне зображення перетворень, які відбуваються у сплавах, залежно від температури і концентрації компонентів?
7. Яку назву має однорідна частина системи?
8. Як називають температуру початку первинної кристалізації?
9. Яку назву має лінія на діаграмах стану сплавів, коли тверднуть останні краплі рідини?
10. Який найбільш легкоплавкий сплав системи?
11. Як називають структуру, яку отримують при кристалізації рідкого розчину при сталій температурі?
12. Яку назву має діаграма стану, обидва компоненти якої мають необмежену розчинність один в одному як у рідкому, так і в твердому станах?

4.3. Компоненти і фази у сплавах заліза з вуглецем (Навчальний елемент 19)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

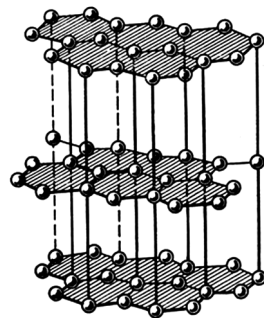
- визначення основних компонентів і фаз залізовуглецевих сплавів;
- основні властивості компонентів залізовуглецевих сплавів.

1. Сталь і чавун – сплави заліза з вуглецем. Вони набули широкого використання в будівництві й техніці. Вчені Російської імперії ще в позаминулому сторіччі створили сталь, яка переважала відому дамаську, розробили найбільш досконалі способи виробництва сталі, вперше окреслили наукові основи термічного оброблення сталі.

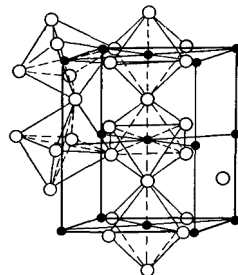
2. Залізо – сріблясто-сірий, блискучий метал, що має густину 7870 кг/м^2 , температуру плавлення $1539 \text{ }^\circ\text{C}$. У твердому стані залізо може перебувати в двох поліморфних модифікаціях: об'ємцентрованого (ОЦК) і гранецентрованого (ГЦК) куба. В інтервалі температур $911\text{...}1392 \text{ }^\circ\text{C}$ залізо має гранецентровану кубічну кристалічну решітку. Нижче $911 \text{ }^\circ\text{C}$ і вище $1392 \text{ }^\circ\text{C}$ – об'ємцентровану.

3. Вуглець належить до неметалевих елементів. Він має три алотропічні модифікації: вуглець, графіт і алмаз. Вуглець розчиняється в залізі в рідкому і твердому станах. У твердому стані розчинність вуглецю обмежена і залежить від будови і кристалічної форми заліза. Крім твердих розчинів, вуглець може утворювати із залізом хімічну сполуку Fe_3C – карбід заліза (цементит).

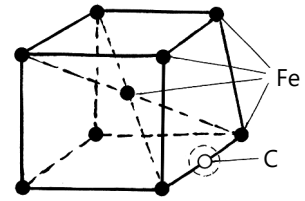
4. Графіт – це модифікація вуглецю. Температура плавлення графіту – $3500 \text{ }^\circ\text{C}$. У кристалічній решітці графіту атоми вуглецю розміщуються шарами. У кожному шарі зв'язок дуже міцний, тому відстань між атомами дуже мала. Через це графіт легко сколюється по цих шарах.



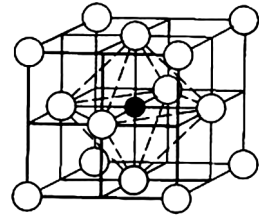
5. Цементит – це хімічна сполука вуглецю із залізом (карбід заліза – Fe_3C), яка відповідає концентрації вуглецю $6,67 \%$. Цементит має складну решітку, високу твердість, але дуже низьку пластичність. Цементит нестійкий і може розпадатися на залізо і вуглець у вигляді графіту, що має велике значення в процесі утворення чавуну.



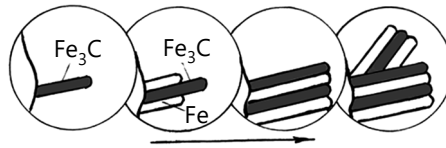
6. Ферит – твердий розчин проникнення вуглецю в залізо, яке має ОЦК-решітку. Максимальна розчинність вуглецю в фериті при температурі 723 °С становить 0,02 %. При зниженні температури розчинність зменшується і при кімнатній температурі становить близько 0,006 %. Атоми вуглецю в фериті, очевидно, розміщуються в дефектах (вакансіях, дислокаціях тощо) решітки. Властивості фериту близькі до властивостей технічно чистого заліза.



7. Аустеніт – твердий розчин проникнення вуглецю в залізо, яке має решітку – гранецентрований куб, при цьому атом вуглецю розміщений у центрі куба. Максимальна розчинність вуглецю в аустеніті при температурі 1147 °С дорівнює 2,14 %. Аустеніт не магнітний і досить пластичний. При температурі 273 °С унаслідок алотропічного перетворення заліза і дуже малої розчинності вуглецю в залізі аустеніт розпадається з утворенням механічної суміші цементиту і фериту.

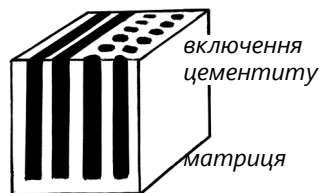


8. Перліт – це дрібнозерниста механічна суміш фериту і цементиту, яка утворюється при розпаді повільно охолодженого аустеніту. Цементит у перліті може мати форму пластинок або зерен, відповідно до цього розрізняють пластинчастий або зернистий перліт. Під час евтектоїдного розпаду аустеніту головною фазою є цементит, який починає рости біля границі зерна. У місцях, близьких до росту цього кристалика цементиту, аустеніт збіднюється вуглецем, і тому поряд виникає пластинка фериту. Цей процес повторюється багаторазово, що створює зерно перліту з однаково орієнтованими у ньому (тобто паралельними) пластинками.



9. Ледебурит – це евтектична механічна суміш аустеніту і цементиту. Оскільки при температурі нижче 737 °С аустеніт перетворюється на перліт, то це перетворення охоплює і аустеніт, що входить до складу ледебуриту.

10. Будову перліту або ледебуриту можна уявити таким чином: в основній масі фериту або аустеніту дуже близько, паралельно одна до одної «укладені» тонкі тверді пластинки цементиту.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

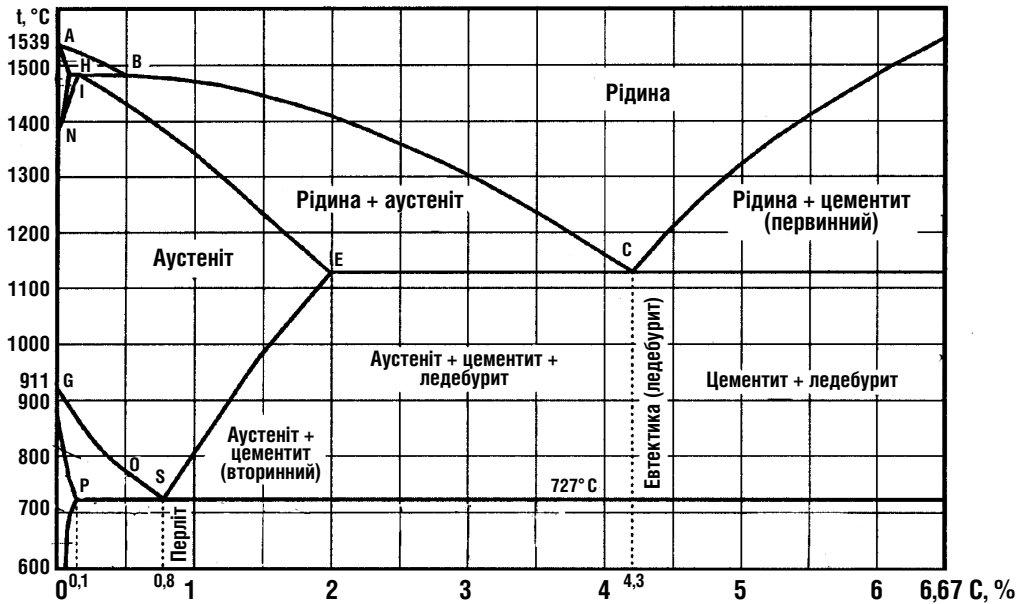
1. Який внесок учених Російської імперії в розвиток металознавства?
2. Які властивості має залізо і як його використовують?
3. Що таке вуглець і де його використовують?
4. Що таке Fe_3C ?
5. Що таке графіт, яка його кристалічна решітка?
6. Що таке цементит, яка його інша назва?
7. Дайте визначення фериту. Яку він має решітку?
8. Що таке аустеніт? Яку він має кристалічну будову?
9. Що означає число 6,67 %?
10. Що таке перліт?
11. Що називають ледебуритом?

4.4 Діаграма стану залізо – вуглець (Навчальний елемент 20)

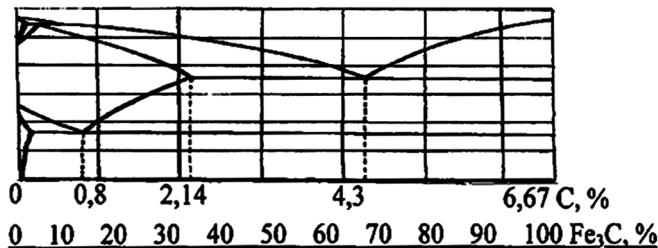
Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- особливості діаграм стану залізвуглецевих сплавів;
- види системи залізвуглецевих сплавів;
- лінії у координатах температура – концентрація компонентів;
- умови зміни структури при зниженні температури сплаву.

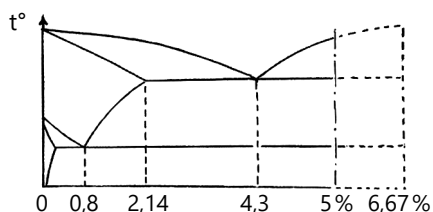
1. У діаграмі стану залізо – вуглець (цементит) розглядають процеси кристалізації, що відбуваються у залізвуглецевих сплавах (сталі, чавуні), й перетворення у їхніх структурах, отримані при повільному охолодженні від розплавленого стану до кімнатної температури.



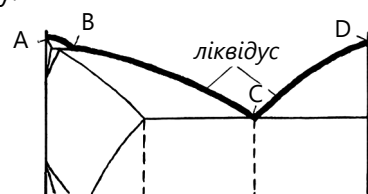
2. Можливими є дві системи залізвуглецевих сплавів: залізо і карбід заліза – система Fe – Fe_3C , залізо і графіт – система Fe – C. Діаграмою станів Fe – Fe_3C ми користуватимемося під час вивчення сталі й білих чавунів, тобто таких, у яких нема вільного вуглецю (графіту).



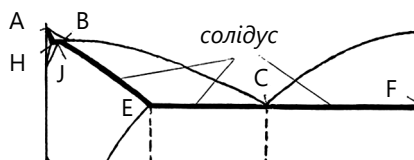
3. По вертикалі відкладають температуру, по горизонталі – концентрацію вуглецю від 0 до 6,67 % (саме така кількість його міститься у хімічній сполуці – цементиті Fe_3C). Потрібно зазначити, що сплави з концентрацією вуглецю більше 5 % не мають практичного застосування, оскільки при більшій концентрації вуглець у залізі виділяється у вигляді великих пластин графіту.



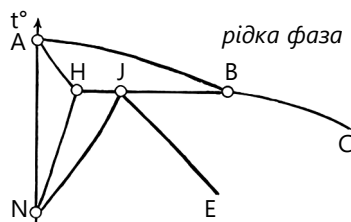
4. У координатах температура – концентрація компонентів нанесено лінії діаграми, на кожній з яких відбуваються певні структурні перетворення. На цій діаграмі лінія ABCD – це лінія ліквідус, яка показує температури початку кристалізації і закінчення плавлення сплавів.



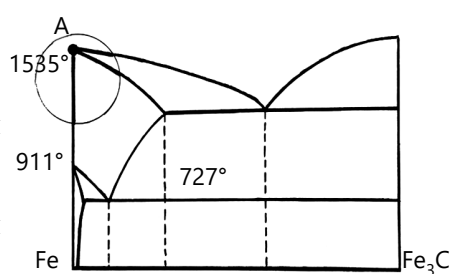
5. Лінія AHJECF – це лінія солідус, що показує температури закінчення кристалізації і початку плавлення сплавів.



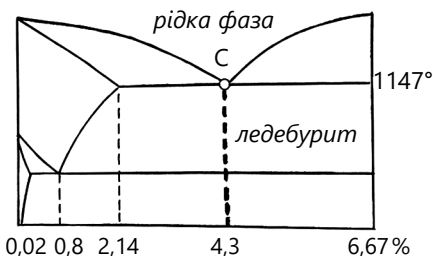
6. На лівій верхній ділянці діаграми залізо – вуглець (у ділянці перитектичного перетворення) на ділянці АВ лінії ліквідус рідкий розчин переходить у ферит, на ділянці ВС – в аустеніт. Кристалізація фериту закінчується на ділянці АН, а аустеніту – на ділянці JE лінії солідус.



7. У переважній більшості випадків ми з перитектичним перетворенням не стикаємося (сталь не нагрівають до цих температур під час термічної обробки і різних видів гарячої деформації). Тому іноді спрощують ліву верхню частину діаграми, вважаючи умовно, що при всіх концентраціях аустеніт виділяється безпосередньо із рідкого сплаву, тоді ця частина діаграми буде схожою з діаграмою другого типу.



8. Залізовуглецеві сплави з концентрацією вуглецю від 2,14 до 6,67 % називають чавунами. Особливості первинної кристалізації цих сплавів полягають у тому, що в них вона завершується евтектичним перетворенням при температурі 1147 °С,

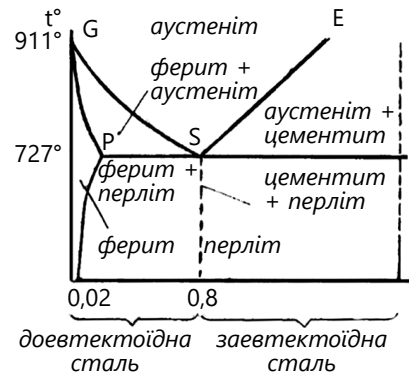
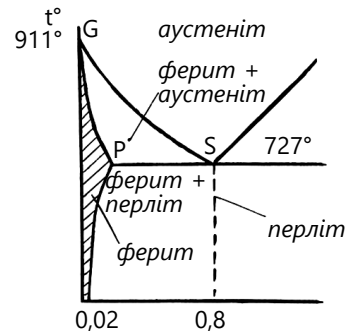
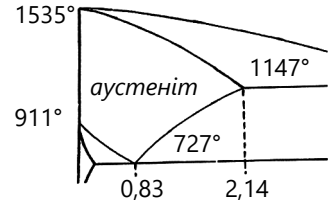


коли рідина концентрації 4,3 % перетворюється на дві тверді фази – аустеніт із концентрацією вуглецю 2,14 % і цементит із концентрацією вуглецю 6,67 %, тобто утворюється евтектика, яка має назву «ледебурит».

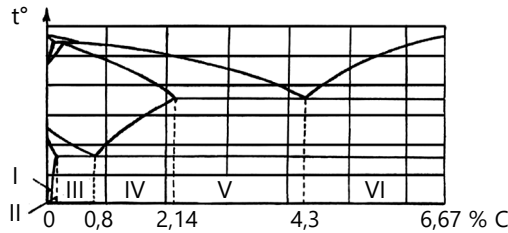
9. Унаслідок первинної кристалізації в усіх сплавах із вмістом вуглецю до 2,14 % утворюється однофазна структура – аустеніт. Сплави заліза з вуглецем, в яких у результаті первинної кристалізації в рівноважних умовах формується аустенітна (однофазна) структура, називають сталлю.

10. У затверділих сплавах при зниженні температури спостерігається подальша зміна їхньої структури, пов'язана з перекристалізацією у твердому стані. Зі зниженням температури залізо переходить із однієї модифікації в іншу (з ГЦК в ОЦК). При охолодженні сплавів, що складаються з одного аустеніту, нижче лінії GS відбувається розпад аустеніту з виділенням із нього надлишкового фериту з вмістом вуглецю не більше 0,025 % (гранична розчинність вуглецю в ОЦК (точка P)).

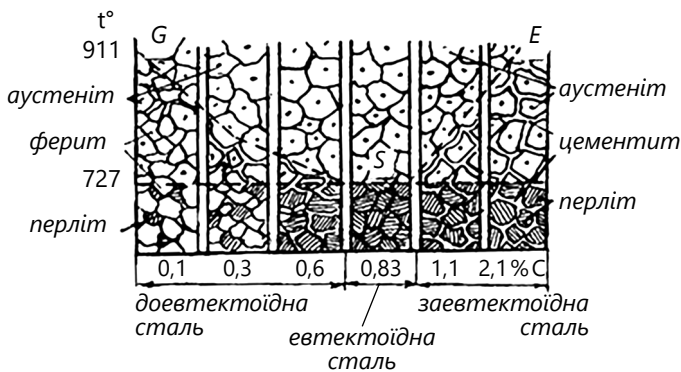
11. Крім того, під час зниження температури з аустеніту виділяються ферит і вторинний цементит. У точці S із вмістом вуглецю 0,8 %, при температурі 727 °С аустеніт розпадається, утворюючи рівномірну суміш фериту з цементитом – перліт. Таку сталь називають евтектоїдною. Сталь, у якій вміст вуглецю менше ніж 0,8 %, називають доевтектоїдною, а більше ніж 0,8 % – заевтектоїдною. Розпад аустеніту в доевтектоїдній сталі проходить по лінії GS, з виділенням фериту. В заевтектоїдній сталі початок розпаду аустеніту проходить по лінії SE з виділенням вторинного цементиту.



12. Отже, при кімнатній температурі доевтектоїдні сплави в ділянці I складаються із фериту, в ділянці II – із фериту і третинного цементиту, а в ділянці III – із фериту і перліту. Евтектоїдна сталь – перліт. Заевтектоїдні сплави (0,83–2,14 % С) в ділянці IV складаються із перліту і цементиту вторинного. Сплави, які вміщують від 2,14 до 4,3 % С (ділянка V), складаються із перліту, вторинного цементиту і ледебуриту. Сплави, відповідно до евтектичної точки С, мають структуру одного ледебуриту. Сплави із вмістом вуглецю 4,3–6,7 % (ділянка VI) складаються з первинного цементиту і ледебуриту.



13. Структура сталі у процесі вторинної кристалізації (ліва нижня частина діаграми) змінюється, коли аустеніт розпадається на механічну суміш, що складається з фериту і цементиту.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке діаграма стану залізо – вуглець?
2. Яку величину відкладають у діаграмі залізо – вуглець по вертикалі і по горизонталі?
3. Які є дві системи залізівуглецевих сплавів?
4. Яка гранична концентрація вуглецю в системі залізо – вуглець?
5. Чому дорівнює гранична концентрація карбід заліза в системі Fe – Fe₃C?
6. Що означає на діаграмі залізо – вуглець число 6,67 %?
7. Назвіть точки на діаграмі залізо – вуглець, через які проходить лінія солідус?
8. Чому спрощують перитектичну (ліву верхню) частину діаграми?
9. Як називають сплав заліза з вуглецем, у якому міститься від 2,14 до 6,67 % вуглецю?
10. Яка концентрація вуглецю у сталі?
11. Як називають рівномірну суміш фериту і цементиту?
12. Що відбувається в затверділих сталях при зниженні температури нижче 727 °C?

5. ОСНОВИ ТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ СТАЛІ

Термічне оброблення – технологічний процес, сутність якого полягає у зміні структури металів і сплавів у процесі нагрівання, витримки та охолодження згідно зі спеціальним режимом і тим самим у зміні їхніх механічних і фізичних властивостей.

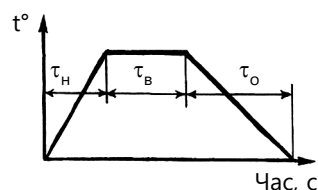
5.1. Термічне оброблення сталі (Навчальний елемент 21)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

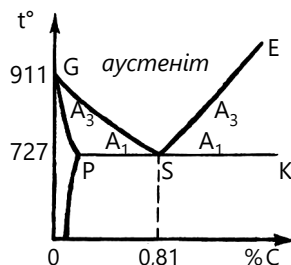
- визначення термічного оброблення сплавів;
- основні види термооброблення сталі;
- вимоги стосовно визначення температури нагрівання сталі і швидкості охолодження того чи того виду термооброблення.

1. Термічне оброблення – це процес дії на сплав певними температурами, в результаті якого змінюються його структура і властивості. Процес термічного оброблення складається з нагрівання до певної температури, витримання при цій температурі й охолодження із заданою швидкістю.

2. Будь-який процес термооброблення можна описати графіком, який показує зміни температури в часі. За таким графіком можна визначити температуру нагрівання, час нагрівання й охолодження, середні швидкості нагрівання, загальну тривалість термічного оброблення і час витримання при тій чи тій температурі. Вид термооброблення залежить не від характеру змін температури в часі, а від типу фазових перетворень у металі.

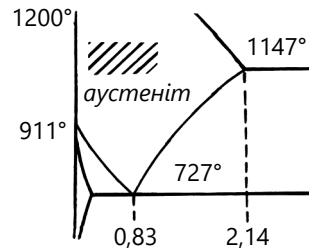


3. Основою для вивчення термічного оброблення сталей є діаграма залізо – вуглець. Нас більше цікавлять сплави з концентрацією вуглецю до 2,14 %, тож будемо користуватись частиною діаграми залізо – вуглець до вмісту вуглецю 2,14 %, яку часто називають «сталевим кутом». Критичні точки позначають буквою А. Нижня критична точка A_1 лежить на лінії PSK і відповідає аустеніт-перлітному перетворенню. Верхня критична точка A_3 лежить на лінії GSE і відповідає початку випадання або закінчення розчинення фериту (цементиту). Щоб відрізнити критичну точку при нагріванні і охолодженні, в першому випадку біля букви А ставлять букву с (A_{c1} , A_{c3}) і букву r в другому (A_{r1} , A_{r3}).

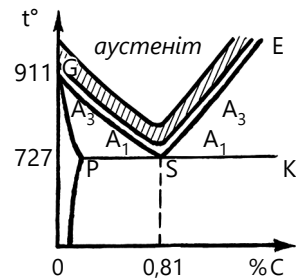


4. Відпалювання – це фазова перекристалізація, суть якої – у нагріванні вище ніж A_{c1} із подальшим повільним охолодженням. У разі нагрівання вище ніж A_{c1} , але нижче ніж A_{c3} повна перекристалізація відбутися не може, таке термооброблення називають неповним відпалюванням. При відпалюванні стан сталі наближається до структурно-рівноважного; структурою сталі після відпалювання є перліт + ферит, перліт або перліт + цементит. Залежно від того, які відхилення від рівноважного стану усуваються, розрізняють відпалювання:

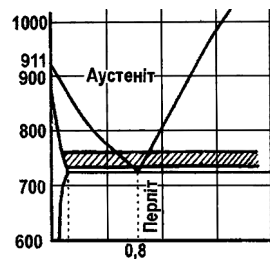
- дифузійне (гомогенізаційне) – використовують для зливок із метою вирівнювання хімічного складу сталі. Нагрівають зливки до 1000–1100 °С, витримують 10–15 год і охолоджують разом із піччю. Сталь, яка пройшла гомогенізацію, має вищі механічні властивості, особливо підвищується ударна в'язкість. Гомогенізація дає велике зерно, яке зменшується повторним відпалюванням;



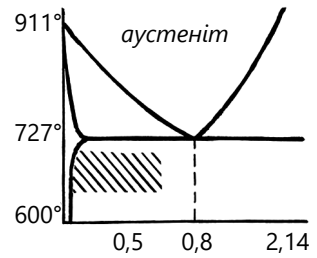
- повне – супроводжується фазовою перекристалізацією. У результаті великозерниста сталь стає дрібнозернистою структурою, м'якою і в'язкою. Повне відпалювання використовують для доевтектоїдних сталей, нагріваючи їх до температур вище лінії GSE (A_{c3}) на 20–30 °С. Витримують 1/4 часу нагріву і охолоджують разом із піччю до 600–400 °С. Вуглецеві сталі охолоджують зі швидкістю 100–150 °С/год, леговані – зі швидкістю 30–50 °С/год;



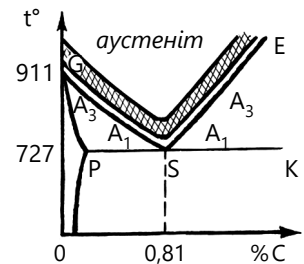
- неповне до температури 750–760 °С – це єдиний різновид відпалювання для заевтектоїдних інструментальних сталей. Знімає внутрішнє напруження в деталях та інструментах і покращує оброблюваність різанням. Сутність неповного відпалювання – у нагріві вище лінії A_{c1} і повільному охолодженні. Неповне відпалювання використовують для доевтектоїдних сталей із метою зняття внутрішнього напруження і покращення оброблюваності різанням у тому випадку, якщо попереднє гаряче механічне оброблення не привело до утворення великого зерна;



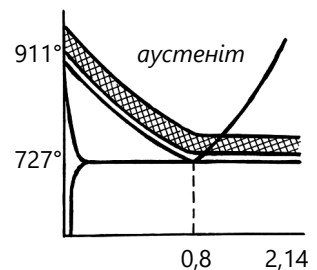
– рекристалізаційне використовують після холодної пластичної деформації (прокатки, волочіння, холодного штампування). Після такого відпалювання витягнуті в результаті деформації зерна стають рівноважними, знімається наклеп, знижується міцність і твердість, збільшується пластичність і в'язкість. Низьковуглецеві сталі нагрівають до температури 600–700 °С.



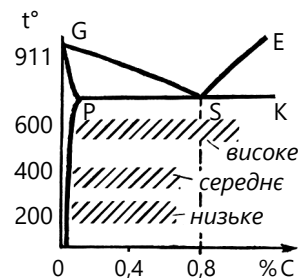
Нормалізацією називають нагрів сталі до температури вище ніж A_{c3} на 50–60 °С і витримування в печі 2–3 год з подальшим охолодженням на повітрі. Використовують для зниження внутрішнього напруження і натягу. Сталь після нормалізації отримує нормальну, однорідну, дрібнозернисту структуру. Призначення нормалізації різне, залежно від складу сталі. Нині нормалізацію використовують частіше, ніж відпалювання через її простоту, швидкість і низьку вартість.



5. Гартування – нагрівання сталі вище лінії GSE з подальшим швидким охолодженням. При швидкому охолодженні розпад аустеніту з виділенням цементиту і фериту не встигає пройти, і аустеніт перетворюється на мартенсит, який має високу твердість. Мартенситне перетворення має бездифузний характер, відбувається перебудова ГЦК-решітки аустеніту в ОЦК без виділення з розчину вуглецю, що призводить до спотворення кубічної решітки до тетрагональної. Гартування – термічна операція для надання сталі міцності, твердості, пружності, тобто покращення її механічних властивостей. Воно передбачає нагрівання сталі до температур, які перевищують температури фазових перетворень, витримування при цих температурах і швидке охолодження.



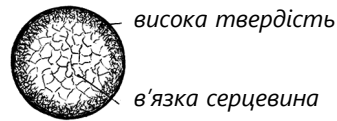
6. Відпускання – кінцева операція термооброблення. Сталь нагрівають нижче лінії PSK, витримують при цій температурі й охолоджують (швидко або повільно). Мета відпускання – усунення або зменшення напруження у сталі, підвищення в'язкості. Від правильного виконання відпускання залежать кінцева якість готової загартованої деталі. Температура відпускання коливається в межах 150–



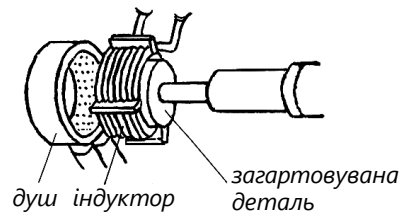
700 °С. Розрізняють високе, середнє і низьке відпускання: низьке – 150–250 °С, середнє – 300–500 °С для пружин, ресор, столярного і слюсарного інструмента, високе – 500–650 °С для деталей із конструкційних сталей.

7. Одним із різновидів відпускання є старіння – процес зміни властивостей сплавів без суттєвої зміни мікроструктури. Є два види старіння: термічне і деформаційне. Старіння часто використовують для сплавів кольорових металів, особливо для сплавів на основі алюмінію (дюралюмін).

8. Поверхнєве гартування забезпечує отримання високої твердості в поверхневих шарах виробу зі збереженням в'язкої серцевини. Сталеві вироби нагрівають до необхідної температури з поверхні, а потім охолоджують із заданою швидкістю в загартувальному середовищі. Для поверхневого нагрівання використовують струми високої частоти, контактне електричне нагрівання, нагрівання газовими пальниками та іншими способами.



9. Окремо від традиційних способів гартування у печах стоїть гартування з індукційним нагріванням: спосіб гартування поверхні деталі при її нагріванні струмами Фуко. В цьому випадку поверхня набуває необхідної твердості, а серцевина деталі залишається в'язкою.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке термооброблення?
2. Назвіть основні види термооброблення.
3. Яке призначення гартування?
4. З якою метою виконують відпалювання?
5. До якої температури необхідно нагріти заготовку, щоб виконати термооброблення – повне відпалювання?
6. Що таке поверхнєве гартування і як його виконують?
7. За допомогою якого термооброблення отримують тверду сталь?
8. Яке призначення відпускання?
9. Які є види відпалювання?

5.2. Хіміко-термічне оброблення (Навчальний елемент 22)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення хіміко-термічного оброблення сталі;
- процеси, які відбуваються при хіміко-термічному обробленні;
- способи хіміко-термічного оброблення.

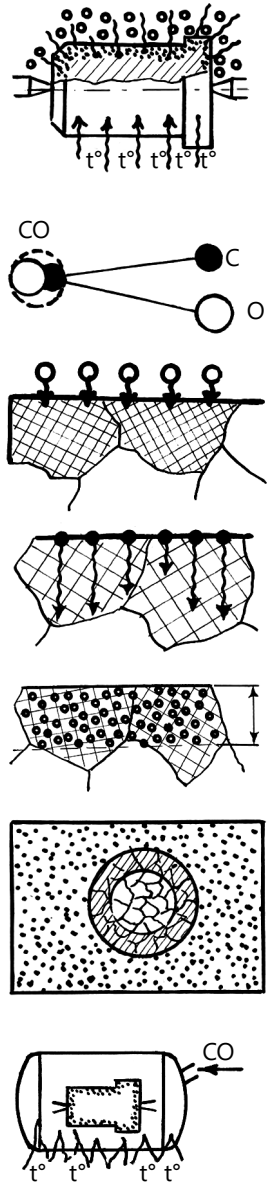
1. Хіміко-термічне оброблення (ХТО) сталі – це процес, у якому поєднано термічний і хімічний вплив на зміну складу, структури і властивостей поверхневого шару сталі. ХТО основане на дифузії в атомно-кристалічну решітку сталі атомів різних хімічних елементів при нагріванні в середовищі, що багате цими елементами. Під час ХТО одночасно відбуваються декілька процесів:

- дисоціація – розпад молекул вихідної речовини з утворенням активних атомів дифузанта. Його може виділяти газоподібне, рідке або тверде середовище. Наприклад, під час дисоціації газу CO утворюється активний атомний вуглець C;
- адсорбція атомів на поверхню металу з утворенням хімічних зв'язків між іонами основного металу та елемента насичення. З підвищенням температури адсорбційна здатність металу зростає;
- дифузія – переміщення адсорбованих поверхнево атомів дифузанта вглиб.

2. Унаслідок цих процесів утворюється дифузійний шар, який за своїми фізико-хімічними показниками відрізняється від основного металу. Основним і найпоширенішим способом ХТО є цементація.

3. Цементація – це процес дифузного насичення поверхневого шару сталі вуглецем до концентрації 0,8–1,1 % і отримання після гартування високої твердості поверхні при збереженні м'якої і в'язкої серцевини. Середовище, в якому проводять цементацію, називають карбюризатором. Для цементації у твердому карбюризаторі деталі із низьковуглецевої сталі нагрівають при температурі вище лінії GS у деревному вугіллі кілька десятків годин.

4. Газову цементацію проводять у герметично закритих камерних печах, через які пропускають цементуючий газ (метан, пропан, оксид вуглецю). Процес насичення вуглецем під час газової цементації проходить



значно швидше, ніж у твердому стані. За 8 год глибина насичення під час газової цементації досягає 2 мм, а під час твердої – менше ніж 1,5 мм.

5. Азотування – дифузне насичення азотом поверхневого шару сталевих деталей. Мета азотування – істотно підвищити твердість, зносотривкість, корозійну тривкість. Деталі азотують в атмосфері аміаку, який подають із балонів до герметичних реторт, де укладені деталі. Азотований шар, сформований під час насичення, не потребує додаткового термічного оброблення, як у випадку цементації.

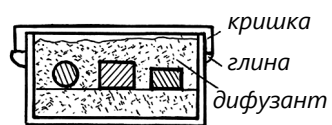
6. Ціанування – насичення поверхні деталі одночасно вуглецем і азотом (C+N). Якщо операцію проводять у газовому середовищі, її називають нітроцементацією, а якщо в розплавленій ванні з ціаністих солей – ціануванням.

7. Борування – насичення поверхні бором, що значно підвищує твердість поверхні оброблених деталей (до HV2000), опір абразивному зношуванню і корозійну стійкість.

8. Дифузна металізація – процес насичення поверхні деталей атомами інших металів. Проводять при температурі 1000–1200 °С, залежно від виду деталей. Дуже часто використовують для покращення поверхні деталей теплоенергетичного машинобудування, надання їм корозійної стійкості, жароміцності тощо. Традиційними способами отримання таких покриттів є насичення поверхні:

- алюмінієм – алітування (підвищує жаростійкість). При нагріві алітованої сталі на її поверхні утворюється щільна плівка оксиду алюмінію Al_2O_3 , яка захищає основний метал від окислення;
- хромом – хромування (жаростійкість і зносостійкість);
- кремнієм – силікування (кислотоопірність).

9. Деталі, які необхідно наситити іншим металом, пакують у металеві контейнери з плавкими затворами, нагрівають у печі до заданої температури і витримують декілька годин для отримання дифузійних шарів заданої товщини і структури.



10. Воронування – декоративне хіміко-термічне оброблення, яке виконують для надання чорного кольору поверхні сталевих виробів.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дайте визначення хіміко-термічного оброблення.
2. Яке призначення хіміко-термічного оброблення?
3. Що таке адсорбція?
4. Що називають дисоціацією?
5. Що таке дифузія?
6. Яке призначення цементації?
7. Яке призначення дифузної металізації?
8. Що таке борування і яке його призначення?
9. Що таке воронування?
10. З якою метою використовують воронування?

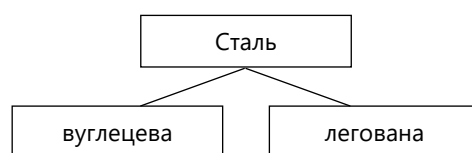
6. СПЛАВИ НА ОСНОВІ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ

6.1. Вуглецеві сталі (Навчальний елемент 23)

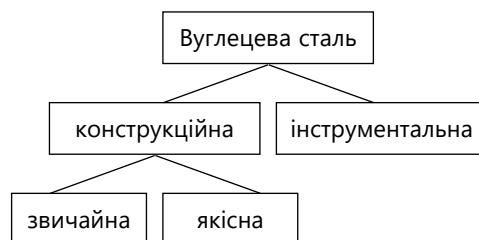
Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- принципи класифікації сталі за головними ознаками;
- маркування вуглецевої сталі;
- галузі застосування та маркування вуглецевих сталей.

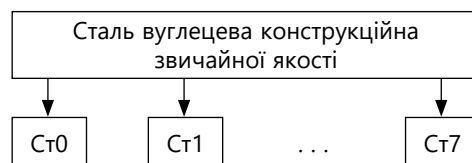
1. Залежно від хімічного складу сталі поділяють на вуглецеві й леговані. У складі вуглецевих сталей є залізо та вуглець, а також невелика кількість домішок кременію, марганцю, сірки та фосфору.



2. Вуглецеві сталі за своїм призначенням поділяють на конструкційні та інструментальні. Конструкційні, своєю чергою, на будівельні й машинобудівельні. Конструкційні сталі бувають звичайної якості та якісні.



3. Сталі звичайної якості найдешевші, їх виплавляють конверторним або мартенівським способом і застосовують для виготовлення сортового і листового прокату, балок, труб тощо. Конструкційні сталі звичайної якості використовують для неважливих деталей. Якщо із цієї сталі виготовляють зварні будівельні конструкції, то в ній обмежують вміст вуглецю. Сталі звичайної якості мають таке маркування: Ст0; Ст1; Ст2 і т. д. до Ст7. Літери Ст. означають слово «сталь», а цифри – умовний номер марки сталі, зі зростанням якого у сталі збільшується вміст вуглецю.



4. Залежно від призначення і гарантійних характеристик сталь звичайної якості поділяють на групи А, Б, В, які враховують умови постачання. Сталь групи А постачають споживачам за механічними властивостями (міцністю, твердістю, відносним подовженням



тощо). Сталь цієї групи виготовляють таких марок: Ст0, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6, Ст7. Зі збільшенням номера сталі підвищується вміст вуглецю, а також міцність і твердість, але знижується пластичність та ударна в'язкість. Сталь групи А призначена для виробів, під час виготовлення яких матеріал не зазнає термічного впливу.

5. Сталь групи Б постачають за нормованими показниками і за хімічним складом. Виготовляють ті самі марки, що й у групі А, але перед маркою сталі ставлять літеру Б (БСт0, БСт5). Для виготовлення деталей, пов'язаних із тепловим впливом (гаряче кування, термооброблення), рекомендують вибирати сталі групи Б.

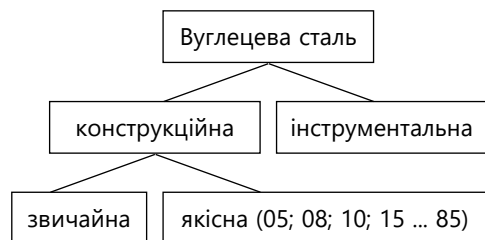
6. Сталь групи В постачають із нормованими механічними властивостями і хімічним складом. Сталь цієї групи виготовляють таких марок: ВСт2, ВСт3, ВСт4 і ВСт5. Для виготовлення виробів зварюванням рекомендують використовувати сталі групи В.



7. Залежно від ступеня розкислення сталь може бути киплячою (кп), спокійною (сп), яка розкислюється марганцем і кремнієм (Mn+Si), і напівспокійною (пс), яка розкислюється марганцем (Mn). Спокійна сталь має вищі показники опору динамічному навантаженню і ударну в'язкість.

8. Конструкційні сталі загального призначення використовують у всіх галузях машинобудування (вали, осі, черв'ячні колеса тощо). Найважливішою характеристикою, за якою вибирають такі сталі, є механічні властивості. Вміст вуглецю визначає властивості сталей і коливається від 0,05 до 0,65 %. Конструкційні сталі, які використовують для виготовлення конструкцій електрозварюванням, повинні містити вуглецю не більше 0,35 %.

9. Якісні сталі використовують для більш важливих деталей. Якісні сталі маркують так: 05; 08; 10; 15; 20 і т. д. до 85. Двозначне число відповідає вмісту вуглецю в сотих частинах відсотка. Наприклад, сталь 45 містить 0,45 % вуглецю. Сталі цієї групи можуть бути з підвищеним вмістом марганцю або кремнію (20Г, 35ГС).



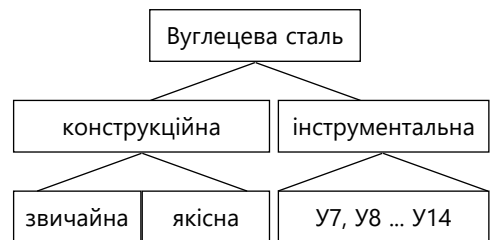
10. Маловуглецеві якісні сталі випускають таких марок: 05кп і 08кп – листи для штампування, а сталі 10, 15, 20, 25 – для зварювальних конструкцій,

а також для деталей, оброблених цементациєю або ціануванням (втулки, пальці, шестерні).

11. Середньовуглецеві якісні сталі 30, 35, 40, 45 і 50 погано зварюються, тому їх використовують для деталей, на які діють великі навантаження, а особливо після термічного оброблення.

12. Високовуглецеві якісні сталі 55, 60, 65, і 70 використовують для виготовлення пружин, ресор. Високі експлуатаційні властивості досягаються гартуванням із подальшим відпусканням.

13. Вуглецеві інструментальні сталі застосовують для виготовлення різних інструментів. Їх умовно позначають літерами і числом: У7, У8 і т. д. до У13. Літера У вказує, що сталь вуглецева («углеродистая»), число вказує на вміст вуглецю в десятих частинах відсотка. Наприклад, інструментальна сталь У8 містить близько 0,8 % вуглецю. До марок високоякісних інструментальних сталей додають літеру А: У7А, У8А і т. д. Така сталь містить менше сірки і фосфору.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

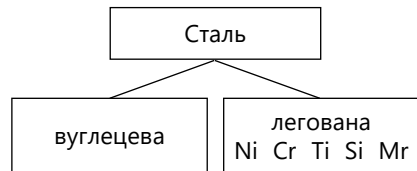
1. Поясніть значення літер і чисел марок сталі Ст3; ВСт3кп.
2. У чому полягає різниця між легованими сталями і вуглецевими?
3. На які групи поділяють вуглецеві сталі за їх призначенням?
4. Яке призначення інструментальної сталі У7?
5. Яке значення мають літери і цифри марок У7; У12А?
6. Як позначають вуглецеву конструкційну якісну сталь, у якій вміст вуглецю становить 0,45 %?
7. Чим відрізняються сталі звичайної якості групи А, Б і В?
8. Як позначають високоякісну інструментальну сталь, у якій вміст вуглецю становить 1,3 %?

6.2. Леговані сталі (Навчальний елемент 24)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

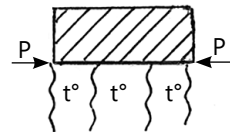
- визначення поняття «легована сталь»;
- умовні позначення легованих сталей залежно від їхнього хімічного складу;
- особливості впливу легуючих елементів на якість сталі;
- сфери застосування легованих сталей.

1. У легованій сталі, на відміну від вуглецевих, крім заліза, вуглецю і звичайних домішок, міститься значна кількість спеціально введених (легуючих) домішок, які надають сталі особливих властивостей. До таких домішок належать: нікель, хром, вольфрам, титан, молібден, кремній, марганець тощо. Легуючі елементи дорожчі, ніж залізо, тому вартість легованих сталей зазвичай значно вища за вартість вуглецевих сталей.



2. Залежно від того, якими спеціальними елементами леговано сталь, її називають хромистою, нікелевою, ванадієвою тощо; якщо ж її леговано двома або більше компонентами, – складнолегованою (наприклад, хромонікелевою, хромонікелевананадієвою).

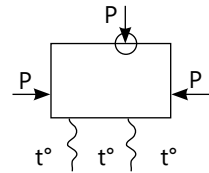
3. Метою легування сталі є підвищення її міцності в незагартованому і загартованому стані при підвищених і високих температурах; підвищення опору зношуванню; підвищення стійкості проти корозії; створення особливих фізичних властивостей – магнітних, теплових та ін. Зазвичай застосування легованих сталей без термооброблення економічно не є виправданим.



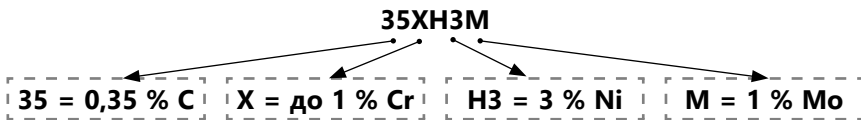
4. Легуючі елементи по-різному розподіляються у сталі й по-різному впливають на поліморфізм заліза, карбідоутворення, критичні перетворення при нагріванні, розпад аустеніту, ізотермічне і мартенситне перетворення, ріст зерна, прогартованість.

5. Леговані сталі за хімічним складом поділяють на три класи: низьколеговані із загальним вмістом легуючих елементів до 2,5 %; середньолеговані – від 2,5 до 10 % і високолеговані – більше 10 % таких елементів.

6. Для підвищення якостей сталі її легують різними елементами. Наприклад, хром підвищує твердість, знижує ржавіння. Якщо сталь містить більше 13 % хрому, вона стає корозійностійкою. Нікель підвищує міцність і пластичність, корозійну стійкість, вольфрам – твердість і червоність, кобальт – жароміцність, магнітопроникність, марганець при вмісті менше 1 % – твердість, зносостійкість, стійкість ударним навантаженням, молібден – червоність, міцність, опір окисленню під час збільшення температури, титан – міцність, опір корозії, алюміній – окалиностійкість, мідь зменшує корозію.



7. До сталі вводять також бор, селен, азот, цирконій. У легованій сталі може міститись одночасно кілька елементів. У маркуванні роблять такі буквені позначення: Х – хром, Н – нікель, А – азот, Р – бор, П – фосфор, В – вольфрам, Е – селен, Г – марганець, Д – мідь, Б – ніобій, Ю – алюміній, М – молібден, К – кобальт, Ц – цирконій, Ф – ванадій. Цифри, що стоять за літерами, показують вміст легуючих елементів у відсотках. Якщо вміст елементів не перевищує 1,5 %, то цифру не ставлять. Літера А, яка стоїть наприкінці марки, означає, що сталь високоякісна. Наприклад, сталь марки 35ХНЗМА – високоякісна, вміщує 0,35 % С, 1 % Cr, 3 % Ni, 1 % Мо.



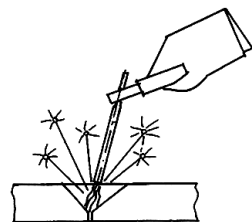
8. Для спрощення маркування легованих сталей позначають їхні особливі групи: швидкорізальні – Р, підшипникові – Ш, магнітні – Е, нержавіючі хромісти – Ж, нержавіючі хромонікелеві – Я. Щоб визначити належність леговоної сталі до певної групи, маркують торці прокатних профілів фарбою, наприклад, хромісту сталь зеленим + жовтим кольорами, хромонікелеву – жовтим + чорним тощо.

9. За стандартом SAE (США) конструкційні сталі позначають чотирма цифрами. Перша цифра – це шифр основного легуючого елемента, друга – вміст його у відсотках, третя і четверта – вміст вуглецю в сотих відсотка. Цифри шифру: 1 – вуглецеві сталі (тоді друга 0), 2 – нікелеві сталі, 3 – нікель-хромові, 4 – молібденові, 5 – хромісти, 6 – хромованадієві, 7 – вольфрамові, 8 – ванадієві, 9 – кремнисто-марганцеві. Наприклад: 1045 – Ст 45 (1 – вуглецева сталь, 45 – вміст вуглецю 0,45 %; 5140 – Ст 40Х (5 – хроміста сталь, 1 – вміст вуглецю до 1 %, 40 – вміст хрому 4 %).

10. Міцність будівельних сталей підвищується в результаті легування. Оскільки ці сталі використовують у великих кількостях, то доцільно вводити

до їхнього складу дешеві легуючі елементи, як-от марганець і кремній. Вони, крім поліпшення механічних властивостей, мають ще одну перевагу – понижено критичну температуру переходу в крихкий стан. Ці сталі можуть працювати до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, а сталі 10ХСНД і 15ХСНД, леговані додатково Ni і Cu, і до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

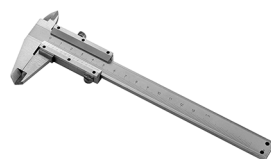
11. Для зварних металевих конструкцій отримано низьколеговані будівельні сталі марок 16ГС, 10Г2СД, 09Г2, 14Г2 та ін. Для армування залізобетонних конструкцій використовують низьколеговану сталь марок 18Г2С, 20Х2С.



12. Швидкорізальну сталь застосовують для виготовлення різального інструмента. Завдяки червоностійкості ($550\text{--}650\text{ }^{\circ}\text{C}$) інструменти можуть працювати із швидкостями різання в 3–4 рази більшими, ніж інструменти із вуглецевих і легованих сталей. Швидкорізальну сталь маркують літерою Р (від слова *rapid* – швидкий), наступні за нею цифри вказують концентрацію основного легуючого елемента – вольфраму.



13. Сталі для вимірювальних інструментів повинні мати високу зносостійкість, сталі форму та розміри протягом тривалого часу експлуатації. Виготовляють вимірний інструмент із легованих сталей марок Х, 90ХВГ, 12Х1.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що називають легованою сталлю?
2. Чим легована сталь відрізняється від вуглецевої?
3. Як називають сталь, леговану Cr та Ni?
4. Поясніть значення літер і чисел у марок сталі 35ХМА.
5. Яке значення мають літери і цифри марок сталі 12ХР3А?
6. Як позначають леговану сталь, яка містить 0,1 % вуглецю, 2 % марганцю, 1 % кремнію і 1 % міді?
7. Що означають цифри у марках легованих сталей?
8. Яку сталь називають швидкорізальною?
9. З якою метою фарбують торці прокатних профілів?

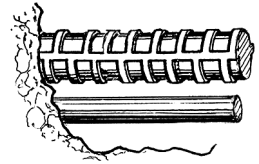
6.3. Спеціальні сталі (Навчальний елемент 25)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

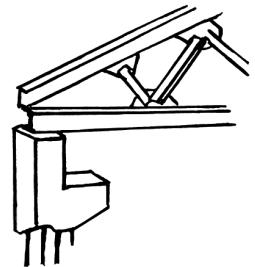
- властивості, за якими розрізняють спеціальні сталі;
- призначення сталей;
- марки спеціальних сталей, зокрема їх умовне позначення цифрами і літерами.

1. Виплавляють сталі різного призначення, які відрізняються хімічним складом і властивостями. Різноманітні сталі потрібні для машинобудування та будівництва, а їхні окремі вузли та деталі працюють у різних умовах: при високих і низьких температурах, у корозійному і абразивному середовищах, у умовах ударних і знакозмінних навантажень тощо.

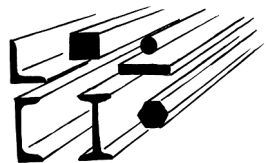
2. Будівельні сталі – це вуглецеві й низьколеговані сталі (Ст. 1, Ст. Зкп, 14Г, 18Г2, 16ГС, 14ХГС – анкерні болти, кутники, листи). Будівельні сталі добре зварюються, не утворюючи при цьому холодних і гарячих тріщин, а властивості зварного з'єднання близькі до властивостей основного металу. Для армування залізобетонних конструкцій використовують вуглецеву або низьколеговану сталі у вигляді гладкого прокату або стрижнів із періодичним ребристим профілем. Ці сталі поділяють на класи А-1 ... А-V1 (сталі класів А-1V...V1 використовують для армування попередньо напруженого залізобетону).



3. Сталь, призначена для будівельних конструкцій, поділяють на умовні класи незалежно від її хімічного складу і марки, враховуючи тільки її механічні властивості при розтягуванні. Наприклад, сталь із межею плинності 245 МПа позначають С 245, сталь із межею 375 МПа – С 375, а сталь 590 МПа – С 590. Буква С у назві сталі означає сталь «строительная» (рос. мовою), цифра показує значення межі плинності в МПа.

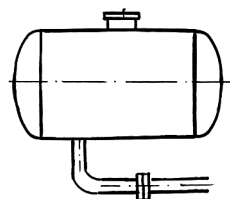


4. У будівництві сталь застосовують у вигляді прокатних виробів, що мають різну форму поперечного перерізу (профіль). Розрізняють листову та профільну сталь. Профільну сталь поділяють на сортову (квадрат, круга) і фасонну (двотаври, швелери, кутики тощо). Каталог прокатних профілів із зазначенням їхніх форми, розмірів, геометричних характеристик називають сортаментом.

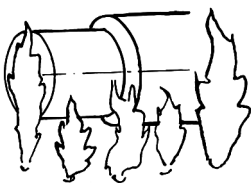


5. Деталі апаратів і ємностей, у яких робочим середовищем є пара, конденсат, масло, нафта і повітря, виготовляють із вуглецевих сталей за умови, що вони не мають прямого контакту з більш агресивним середовищем (мор-

ська вода, пара, розчини кислот і лугів). Для зварних сталевих корпусів апаратури, днищ, кришок та інших деталей, що працюють під надлишковим тиском, використовують, як правило, сталь марки Ст3, а для менш важливих деталей – Ст2. Для сталевих трубних дощок, фланців тощо здебільшого рекомендують використовувати Ст4, рідше Ст5.

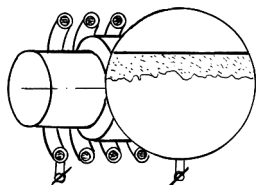


6. Деталі апаратів, які потребують підвищеної міцності або необхідної та достатньої корозійної стійкості, ті, на які діють високі температури, деталі обладнання для харчової і хімічної промисловості, там, де це необхідно, виготовляють із нікелевих, хромонікелевих або більш високолегованих сталей із відповідними фізичними, хімічними і механічними властивостями.



7. Сталі без термооброблення – це сталі в листах для штампування, витяжки, видавлювання і т. д. Їх випускають легованими і слаболегованими. Можуть мати підвищений вміст кремнію, який знижує їхню міцність. Леговані машинобудівні сталі більше зазнають шкоди від цього ефекту, тому вміст кремнію у високолегованих машинобудівних сталях має бути незначним (приклади: 10кп, 15кп, Ст3, Ст5Гпс).

8. Сталі, що зміцнюються у поверхневому шарі, – це сталі для деталей, що працюють в умовах підвищеного зношування і при динамічних навантаженнях. Їхньою характерною особливістю є те, що вони зберігають в'язку серцевину після гартування. Сталі, що цементуються, мають низький вміст С (до 0,3 %). Після цементації вони гартуються із досягненням високої твердості тільки в поверхневому шарі. Серцевина таких сталей залишається в'язкою. Вміст вуглецю у поверхневому шарі – до 0,8 %. Приклади таких сталей: Ст20, 15Х, 15ХФ, 15Х2Н4А, 18ХГТ.



9. Сталі, що гартуються з індукційного нагрівання, містять 0,5–0,65 % С; при індукційному нагріванні та швидкому охолодженні поверхня цих сталей гартується. Зносостійкість їхня нижча, ніж у цементації, але опір напруженням вищий. Марки: 45, 55, 60, 45Х, 50Х.

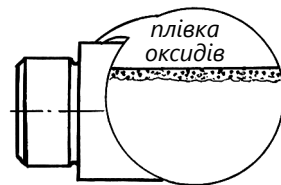
10. Через особливості взаємодії з азотом, що дифундує при азотуванні, використовують сталі, леговані хромом і алюмінієм. Вони містять 0,35–0,5 % вуглецю. Мають високу зносостійкість і твердість (HRC – 69–71). Найкращими сталями для азотування є 38ХМ10А, 30ХТ2М, 40ХНМА, з яких виготовляють стакани циліндрів і шестерні відповідального призначення.

11. Сталі і сплави машинобудівні спеціального призначення працюють у строго визначених умовах. Наприклад, в умовах холоду, нагрівання, динаміч-

них і гідроабразивних навантажень, у машинах і приладах: для пружин, електроконтактів або для деталей, які мають отримувати при різанні поверхню високої чистоти.

12. Сталі особливо високої міцності і в'язкості – це сталі, які зміцнюються у результаті мартенситного перетворення. Вони практично безвуглецеві і складнолеговані нікелем, кобальтом, молібденом, титаном і берилієм. Як правило, такі сталі стійкі проти корозії, теплостійкі й дорогі (H18K9M5T – шестерні, вали, корпуси ракет; H10X12D2T – деталі хімапаратури, пружини; H4X12K15M4T – деталі теплоелектричних установок, гарячі штампи).

13. Жаростійкі та жароміцні сталі різного призначення часто працюють в умовах підвищених температур, високого тиску і механічних навантажень. Жаростійкість (окалиностійкість) характеризує опір металу окисленню при високих температурах. Для підвищення окалиностійкості сталь легують елементами, які зміцнюють склад і будову окалини.



Зокрема, в результаті введення у сталь відповідних кількостей хрому, алюмінію та кремнію в процесі окислення на поверхні утворюються міцні окисли Cr_2O_3 ; Al_2O_3 або SiO_2 , через які дифузія кисню відбувається дуже повільно. Тонка плівка, утворена з таких оксидів, ускладнює процес подальшого окислення. Чим вищий вміст хрому, алюмінію або кремнію у сталі, тим вища її окалиностійкість і тим вищою може бути робоча температура.

14. Жароміцними називають сталі і сплави, здатні працювати при високих механічних навантаженнях і підвищених температурах протягом певного часу, маючи при цьому достатню механічну міцність. X5, X17, 4X9C2, 3X13H7C2 – теплообмінники, труби піролізних установок; 15XM, 25X2MФ – труби пароперегрівачів, арматура парових котлів; 2X13, 2X12BMБФ – лопатки парових турбін. Жароміцні сплави для роботи при високих температурах (до 700–900 °С) створюють на основі заліза, нікелю і кобальту, а для роботи при дуже високих (до 1200–1500 °С) – на основі молібдену та інших тугоплавких металів.

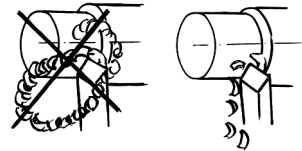
15. Для виробництва деталей котлотурбінних агрегатів, пароперегрівників тощо використовують не лише спецсталі, а й звичайні вуглецеві сталі (будівельні, машинобудівні тощо). Котли низького і середнього тиску (до 6 МПа) з температурою нагрівання не вище 450 °С повністю виготовляють із низьковуглецевої сталі (Ст2, Ст3, Сталь 20). Для труб пароперегрівників, паропроводів, що працюють при вищих температурах (540–560 °С), використовують низьковуглецеві леговані сталі перлітного класу. Як легуючий елемент, що значно підвищує опір повзучості сталей перлітного класу, додають молібден. Разом із молібденом у цих сталях має бути хром (0,5–1 %), який підвищує жаростійкість і стійкість структури при високих температурах. Для підвищення опору повзучості в котлотурбінні сталі додають ванадій і вольфрам.

16. Кріогенні сталі використовують для важливих деталей, які працюють при низьких температурах. Прикладами таких сталей є: 0Н6А, 0Н9А, 0Х23Н18, температура їхньої служби від -196 °С до -296 °С. З таких сталей виготовляють циліндричні і сферичні резервуари для зберігання і транспортування зріджених газів. Усі технологічні операції для створення таких резервуарів, у тому числі зварювання, виконують тільки на термооброблених листах сталі.

17. Зносостійкі сталі використовують частіше в литому або кованому вигляді. Загальна технологічна особливість – понижена оброблюваність різанням. У процесі роботи виробів із таких сталей, що зазнають кавітаційної ерозії, деформація і руйнування поверхневих шарів приводять до того, що на поверхні деталей під дією гідравлічних ударів утворюється новий шар мартенситу, який має високу міцність.

18. Пружинні сталі і сплави – це вуглецеві й леговані сталі, які передусім повинні мати високий опір до малих пластичних деформацій, високу межу витривалості й підвищену реакційну стійкість. Це сталі типу 65Г, 55ХГР, 50ХФА, 55ХГСФ – пружини механізмів і машин, ресори автомашин.

19. Автоматні сталі призначені для оброблення на верстатах-автоматах і мають підвищений вміст сірки й марганцю. До таких сталей додають свинець, це підвищує швидкість різання. Використовують в основному для деталей, які виготовляються великими партіями різанням на верстатах-автоматах із ЧПУ (гвинти, гайки, болти). У марці перед цифрами вмісту вуглецю вказують букви А або АС (свинцеві): А12, АС35Г2. Можуть бути і з кальцієм: АЦ45Х. Автоматні сталі обробляють твердосплавним інструментом, вони мають понижені механічні властивості.



20. Швидкорізальні інструментальні сталі містять вольфрам, хром, молібден (до 18 % основного легуючого елементу). Внаслідок високої теплотривкості (550 – 650 °С) інструменти з цих сталей можуть працювати зі швидкостями різання в 3–4 рази більшими, ніж інструменти із вуглецевих і легованих сталей.

21. Нержавіючі сталі мають високу хімічну стійкість в агресивних середовищах. Одержують їх введенням до складу низько- і середньовуглецевих сталей значної кількості хрому (не менше 12,5 %) і нікелю, а також додатково титану, алюмінію і марганцю.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке спеціальні сталі?
2. Чим відрізняються спеціальні сталі від звичайних?
3. Яке призначення спеціальних сталей?
4. Чим відрізняється сталь жаростійка від жароміцної?
5. Яке призначення автоматної сталі?
6. Де і коли використовують кріогенні сталі?
7. Назвіть декілька марок пружинної сталі.

6.4. Чавуни (Навчальний елемент 26)

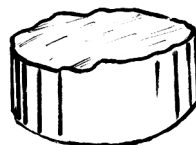
Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- класифікацію чавунів за головними ознаками;
- особливості впливу домішок і швидкості охолодження на структуру і властивості чавунів;
- визначення сфери застосування та маркування чавунів;
- визначення видів чавунів та їхні властивості.

1. Чавунами називають залізовуглецеві сплави, вміст вуглецю в яких у межах 2,14–6,67 %. Чавуни найбільш широко використовують для литих деталей, що експлуатуються в умовах зменшених динамічних навантажень. Перевага чавуну – підвищені ливарні властивості й менша вартість. Температура для лиття чавунів значно нижча (на 300–400 °С), ніж у сталей.

2. В основу класифікації чавунів покладено низку ознак, зокрема: стан вуглецю в чавуні, форма графітних частинок та ін. Вуглець у чавунах може міститися як у зв'язаному стані, у вигляді хімічної сполуки з залізом Fe_3C – цементиту, так і у вільному стані у формі графіту, а також цементиту і графіту одночасно.

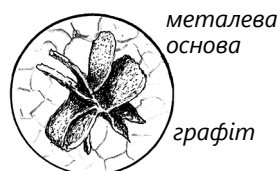
3. Під час порівняно швидкого охолодження рідкого чавуну при переході його у твердий стан вуглець виділяється у формі цементиту. Якщо в чавуні увесь вуглець міститься у вигляді цементиту, його називають білим чавуном. Колір «злому» такого чавуну білий, блискучий. Білий чавун здебільшого йде на перероблення у сталь; за допомогою термооброблення його трансформують у ковкий чавун.



4. При повільному охолодженні рідкого чавуну вуглець виділяється із розплаву у вигляді графіту, який розміщується всередині металевої маси у формі окремих включень. Графіт надає чавуну сірий колір у зломі. Тому чавуни, в яких спостерігаються вкраплення вільного графіту, називають сірими.



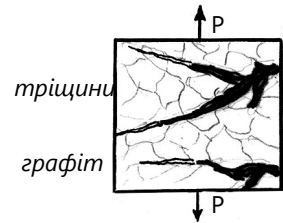
5. Оскільки структура чавуну складається із металевої основи і графіту, то і властивості чавуну залежатимуть як від властивостей металевої основи, так і від кількості й характеру графітних включень. Графіт порівняно з металевою основою має значно нижчі механічні властивості, тому графітні включення можна вважати в першому наближенні просто пустотами, тріщинами.



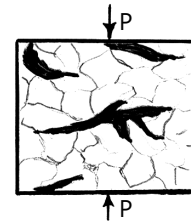
6. Природно, що чим більший об'єм займають порожнечі, тим гірші властивості чавуну. Отже, чим більше в чавуні графіту, тим нижчі його властивості, чим грубіші включення графіту, тим більше вони роз'єднують металеву основу, тим гірші властивості чавуну. Найнижчі механічні властивості має чавун, у якому графітні включення утворюють замкнутий скелет.



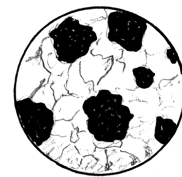
7. Графітні пластинки порушують зв'язаність металевої матриці в чавуні. Вони послаблюють поперечний переріз деталі або зразка під час розтягуювального навантаження, тому чавун здатний витримувати тільки стискувальні, але не розтягуювальні напруження. Крім того, пластинчасті виділення графіту є ніби внутрішніми тріщинами з дуже гострими кінцями. При навантаженні матеріалу біля основи цих тріщин концентруються напруження, які можуть спричинити їх розвиток.



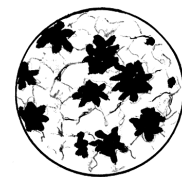
8. Через ці несприятливі обставини чавун, попри велику кількість вуглецю, здатний витримувати менші розтягуювальні навантаження, ніж сталь. Під стискувальним навантаженням чавун має кращі властивості, оскільки графітні пластинки в поперечному перерізі зразка або деталі беруть на себе відповідну частину напруження стиснення.



9. Щоб покращити міцність чавуну, слід добиватися того, щоб графітні включення мали форму куль, а не пластинок. Як показує досвід, із округленням графітних включень міцність чавуну на розтяг зростає, і коли включення графіту набуває форму кулі, то міцність чавуну досягає приблизно такого самого рівня, як і в сталях. Це зумовлено тим, що та сама кількість кулеподібного графіту займає меншу площу в поперечному перерізі, ніж пластинчастого. Крім того, небезпека концентрації напруження на такому графіті значно зменшується. Тому чавун, у якому графіт має кулеподібну форму, називають високоміцним.

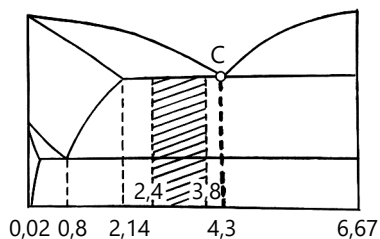


10. У ковкому чавуні графітні включення мають пластинчасту форму. Ковкий чавун посідає проміжне значення за міцністю між звичайним сірим чавуном, у якому графітні включення містяться у вигляді пластинок, і високоміцним чавуном, у якому графітні включення мають кулясту форму.



11. У структурі сірого чавуну більша частина або весь вуглець міститься у вигляді графіту. Характерна особливість структури сірих чавунів, що визначає багато їхніх властивостей, полягає в тому, що графіт має форму пластинок.

12. Найширше застосування знайшли до-евтектичні чавуни, що містять 2,4–3,8 % С. Чим більше в чавуні вуглецю, тим більше утворюється графіту і тим нижчі його механічні властивості. Тому кількість вуглецю в чавуні зазвичай не перевищує 3,8 %. Водночас для забезпечення високих ливарних властивостей вуглецю в чавуні має бути не менше 2,4 %.



13. Кремній, концентрація якого в сірому чавуні може змінюватися від 0,3 до 5 %, значною мірою впливає на будову і властивості чавунів. Кремній сприяє процесу графітизації: чим більше кремнію є в чавуні (при однаковій кількості вуглецю), тим повніше в ньому відбувається цей процес.

14. Марганець затримує виділення вуглецю в вигляді графіту і сприяє відбіленню чавуну. Вміст у чавуні до 1,2 % марганцю є корисним, оскільки він збільшує міцність і твердість чавуну. При більшому вмісті марганцю чавун стає крихким.

15. Фосфор підвищує рідинноплинність чавуну, тому вміст його в невеликих дозах (до 0,4 %) допустимий. У чавунних виливках фосфору має бути до 0,15 %, оскільки він збільшує крихкість чавуну.

16. Сірка ускладнює виділення графіту, збільшує крихкість чавуну, зменшує рідинноплинність. Вміст у чавуні більше ніж 0,1 % сірки є недопустимим.

17. Сірі чавуни маркують так: букви СЧ позначають сірий чавун, потім ідуть два двозначні числа, перше з яких показує межу міцності при розтягуванні, друге – межу міцності при згині в кг/мм². Букви ВЧ позначають високоміцний чавун, дві перші цифри – межа міцності при розтягуванні, другі дві – відносно подовження. Марку ковкого чавуну позначають КЧ, цифри мають те саме значення, що й у високоміцному чавуні.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке чавун?
2. Чим чавун відрізняється від сталі?
3. Які ознаки покладено в основу класифікації чавуну?
4. Чим відрізняються сірі чавуни від білих?
5. Якої форми можуть бути графітні включення в чавуні?
6. Як залежать властивості чавуну від форми графітових включень?
7. Як називають чавун, у якому графіт має кулясту форму?
8. Що означають останні дві цифри при маркуванні сірого чавуну?
9. Як позначають ковкі чавуни?

7. КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ І СПЛАВИ. КОРОЗІЯ

7.1. Кольорові метали та їх сплави (Навчальний елемент 27)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- значення кольорових металів і сплавів у техніці;
- основні властивості кольорових металів і сплавів;
- особливості використання кольорових металів і сплавів та їх маркування.

1. Кольорові метали і сплави мають властивості, що відрізняють їх від чорних металів, це, зокрема, стійкість проти корозії, висока електропровідність і краща, ніж у чорних металів, оброблюваність. Однак кольорові метали дорого коштують і є дефіцитними, тому по можливості їх замінюють чорними металами або пластмасами.

2. Алюміній за обсягами світового виробництва вийшов на друге місце після сталі, а за темпами зростання далеко випередив сталь. Такий стрімкий розвиток алюмінієвої промисловості можна пояснити низкою позитивних властивостей і порівняно низькою вартістю алюмінію. За сировинними запасами алюміній – найпоширеніший у природі елемент. У земній корі є значні запаси алюмінієвих руд (бокситів).

3. Алюміній – метал срібно-білого кольору, характеризується малою густиною, низькою температурою плавлення, високими пластичністю, тепло- та електропровідністю, добрими зварюваністю й оброблюваністю різанням. Оскільки він має невисоку міцність і порівняно низьку температуру плавлення, його використовують для ненавантажених деталей і елементів конструкцій, коли потрібен матеріал легкий, зварюваний, пластичний.

4. У техніці широко використовують як чистий алюміній, так і його сплави. Залежно від технології виготовлення деталей їх поділяють на деформовані та ливарні. З ливарних сплавів найбільше застосовують силуміни – сплави алюмінію з кремнієм. Силуміни вирізняються високою рідинноплинністю і незначною усадкою, а також непоганою оброблюваністю. Їх маркують літерами АЛ (алюміній ливарний). Силуміни застосовують для відливання деталей двигунів, корпусів різних приладів.



5. Дюралюмінами називають сплави алюмінію з міддю (до 5,2 %), марганцем, магнієм і невеликою кількістю заліза. Назву їх можна розшифрувати як «твердий алюміній» (від французького Dur – твердий). Маркують дюралюміни буквою Д. Термооброблення дюралюмінів потребує гартування при температурі 500 °С у воді з подальшим старінням, тобто деталь із дюралюмініу набуває



відповідних механічних властивостей через 5–7 днів після гартування.

6. Мідь – це в'язкий метал рожево-червоного кольору, який добре проводить електричний струм і тепло, має високу стійкість проти корозії і хорошу оброблюваність. Мідь і сплави міді вирізняються високими електропровідністю, теплопровідністю, пластичністю, корозійною стійкістю (наприклад, у морській воді і вологому повітрі), добре обробляються тиском у холодному і гарячому стані, мають високі ливарні властивості й задовільно обробляються різанням.

7. Мідні сплави – це латуні й бронзи. Латуні – це сплави міді з цинком. Порівняно з міддю латуні дешевші, міцніші і стійкіші проти корозії. Вони мають високі ливарні властивості і добре обробляються. Латуні маркують літерою Л і числом, яке вказує на процентний вміст міді. За призначенням латуні поділяють на ливарні й оброблювані тиском.



8. Бронзами називають сплави міді з оловом (олов'янисті бронзи). Раніше до бронз відносили тільки сплави мідь – олово.



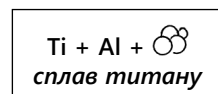
9. Із часом розробили нові сплави на мідній основі, в яких олово замінено іншими елементами. Назва залишилася старою, оскільки вони за багатьма властивостями і кольором не дуже відрізняються від мідно-олов'янистих сплавів. Залежно від введеного елемента бронзи називають олов'янистими, алюмінієвими, марганцевистими, фосфористими тощо.



10. Бронзи маркують таким чином: літери Бр означають бронзу, наступні літери – легуючий елемент (О – олово, Ц – цинк, Ф – фосфор, Ж – залізо, А – алюміній), цифри показують вміст елементів у сплаві. Так, бронза марки БрАЖН 11-6-6 має такий хімічний склад: 11 % алюмінію, 6 % заліза, 6 % нікелю.

11. Титан – метал сріблясто-білого кольору з малою густиною (4500 кг/м^3) і високою температурою плавлення ($1668 \text{ }^\circ\text{C}$). Завдяки своїй високій питомій міцності, жароміцності й корозійній стійкості титан набув широкого застосування у провідних галузях промисловості. Він за поширенням у земній корі посідає четверте місце після алюмінію, заліза й магнію. Титан легко обробляється тиском, добре зварюється, проте погано обробляється різанням. На повітрі титан покривається щільною окисною плівкою TiO_2 , яка робить його стійким проти корозії.

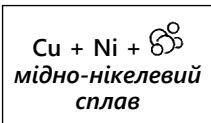
12. Сплави титану широко застосовують в авіації, ракетно-космічній техніці, транспортному машинобудуванні, хімічній і харчовій промисловості та медицині. З цих сплавів виготовляють обшивку фюзеляжів надшвидкісних літаків, панелі ракет, деталі двигунів для літаків і ракет, обшивки морських суден і підводних човнів, деталі машин і апаратів для хімічної промисловості. Звичайні титанові сплави містять декілька легуючих елементів, але обов'язковим компонентом є алюміній, який підвищує жароміцність і покращує зварюваність.



13. Магнієві сплави відрізняються від інших тим, що мають високу питому міцність при малій масі. Міцність деяких магнієвих сплавів сягає 250–400 МПа при густині менше $2 \cdot 10^3$ кг/м³. Магнієві сплави в гарячому стані добре пресуються, куються, прокатуються і обробляються різанням. Вони немагнітні і не іскрять при ударах і терті. Ці сплави легко зварюються, особливо аргонодуговим зварюванням. До недоліків магнієвих сплавів, разом із низькою корозійною стійкістю і малим модулем пружності, потрібно віднести погані ливарні властивості, здатність до газонасичення, окислення і загоряння при їх виробництві.

14. Нікель – міцний високопластичний метал, що має високу корозійну стійкість, високу температуру плавлення, низьку пружність пари і магнітні властивості. І чистий нікель, і його сплави широко використовують у техніці і як конструкційні матеріали. Стандартні нікелеві сплави можна умовно поділити на чотири групи: низьколеговані-конструкційні і електротехнічні, термоелектродні (хромель, алюмель тощо), корозійностійкі (монельметал) і жаростійкі (ніхроми і фероніхроми).

15. Мідно-нікелеві сплави мають високу корозійну стійкість і особливі електричні властивості, які залежать, як і міцність, від вмісту нікелю. За призначенням мідно-нікелеві сплави поділяють на конструкційні і електротехнічні. До конструкційних належать високоміцні й корозійностійкі сплави типу мельхіор, нейзильбер або куніаль. Як додаткові легуючі елементи використовують залізо, алюміній, марганець і цинк.



16. Свинець – м'який, в'язкий метал сірого кольору, має високу пластичність і хороші ливарні якості, добре протистоїть корозійній дії сірчаної і соляної кислот. Свинець застосовують в електротехніці – при виготовленні кислотних акумуляторів, оболонки кабелів. Свинець – невід'ємна частина ряду сплавів (бронз, латуней, бабітів і м'яких припоїв).

17. Олово – м'який, в'язкий метал сріблясто-білого кольору. Він майже не окислюється на повітрі та воді. Олово застосовують для лудіння харчового посуду. Воно входить до складу різних технічних сплавів (бронз, м'яких припоїв тощо).

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

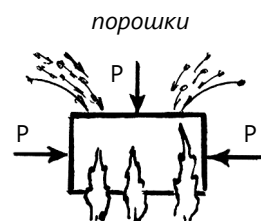
1. Які сплави на основі міді вам відомі?
2. Поясніть значення літер і цифр у марках сплавів: БрАЖ 10-3.
3. Як поділяють сплави алюмінію за призначенням?
4. Де використовують сплави алюмінію?
5. Чим бронза відрізняється від латуні?
6. Чим силумін відрізняється від дюралюміну?
7. У чому полягають переваги і недоліки магнієвих сплавів?
8. Як називають сплав міді з цинком?
9. Яку назву має сплав міді з оловом?
10. Як називають сплав алюмінію з кремнієм?

7.2. Металокерамічні сплави (Навчальний елемент 28)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення і склад металокерамічних сплавів;
- основні властивості металокерамічних сплавів і маркування деяких із них;
- особливості використання металокерамічних сплавів.

1. Металокерамічні сплави формують із порошків, які пресують, а потім спікають при температурі, що не перевищує температури плавлення зв'язувального компонента. Під час спікання сформована заготовка перетворюється на міцний виріб (деталь), що має властивості суцільного матеріалу.



2. Порошки отримують фізико-хімічними або механічними методами. Під час електролізу на катоді осаджується порошкоподібний метал. Подрібнюють шматки або порошки шляхом розмелювання, розпорошування рідкого металу під дією відцентрових сил або стисненого газу, а також грануляцією під час виливання розплавленого металу в рідину. Отриманий порошок сортують за розмірами на відповідні фракції.

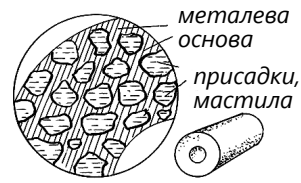
3. Твердими називають сплави, виготовлені з порошків карбідів вольфраму (WC), титану (TiC) чи танталу (TaC) на кобальтовій зв'язці. Ці сплави мають високу твердість аж до температури 900 °C. Інструменти, оснащені твердосплавними пластинами, знімають близько 70 % сумарної маси стружки. Змінюючи співвідношення між масовими частками карбідів і зв'язки, можна регулювати твердість сплаву та інші його властивості.



4. Марки твердих вольфрамокобальтових сплавів позначають літерами ВК, а число після літер показує вміст кобальту у відсотках, наприклад, сплав ВК8 містить 92 % карбідів вольфраму і 8 % кобальту. Титановольфрамкові тверді сплави позначають так: Т15К6, Т14К8 і Т5К12. Приблизний склад сплаву Т14К8: 78 % карбиду вольфраму, 14 % карбиду титану і 8 % кобальту.

5. Керметами (керамічними матеріалами) називають порошкові сплави, які є з'єднанням металів і неметалевих матеріалів (карбідів, окислів, нітридів, боридів). Зв'язувальними матеріалами можуть бути порошки нікелю, кобальту, хрому та ін.

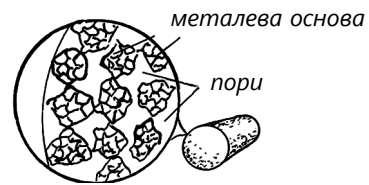
6. Антифрикційні порошкові матеріали складаються з металевої основи, в порах якої перебувають рідкі мастила і спеціальні присадки (графіт, сульфід, фторопласт), що відіграють роль твердого мастила. Ці матеріали вирізняються високою пористістю, низьким коефіцієнтом тертя, значною зносостійкістю.



7. Фрикційні порошкові матеріали призначені для роботи в гальмівних пристроях і в пристроях, що передають крутільний момент. Металевою основою фрикційних матеріалів можуть бути залізо, мідь і сплави на їхній основі. Компоненти, що забезпечують підвищений коефіцієнт тертя, мають високі температуру плавлення й твердість (азбест, оксиди кремнію, хрому, магнію).



8. Фільтрувальні елементи з порошкових матеріалів у вигляді втулок або фігурних пластин наскрізь пористі, теплозв'язки, стійкі до корозії, міцні та пластичні, їх використовують для очищення рідин і газів від твердих частинок. Фільтри виготовляють із порошку бронзи, латуні алюмінію, нікелю, срібла.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. У чому суть виготовлення металокерамічних сплавів?
2. Як утворюють металокераміку?
3. Якими властивостями володіють кермети?
4. Як називають сплави, що формують з порошоків металів, які потім спікають?
5. Чи виготовляють металокерамічні сплави з металів і неметалів?
6. Які існують способи отримання порошоків?
7. Які сплави виготовляють із порошоків карбідів вольфраму, титану?
8. Як називається кермет, до складу якого входить азбест?
9. Як називаються кермети, у порах яких містяться рідкі мастила?
10. Як позначають марку твердого вольфрамокобальтового сплаву?

7.3. Корозія металів (Навчальний елемент 29)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення корозії металів і сплавів;
- основні види корозійних руйнувань;
- основні методи захисту від корозії.

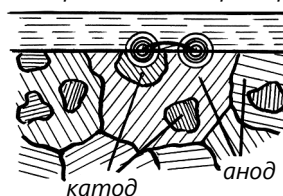
1. Корозією називають руйнування металу під дією зовнішнього середовища. При цьому деякі сталі покриваються продуктами корозії (іржею). В результаті дії зовнішнього середовища механічні властивості сталей можуть різко погіршуватись, навіть якщо немає видимих змін на поверхні деталі. Корозія починається з поверхні металу і поширюється вглиб. Корозія – страшний бич промисловості, будівництва і транспорту. За деякими даними, 30 % металу йде на відновлення втрат від корозії, із них 10 % губиться безповоротно.

2. Корозію залежно від механізму процесу поділяють на хімічну і електрохімічну. Під час хімічної корозії руйнування металу не супроводжується виникненням електричного струму. Хімічна корозія виникає в результаті дії на поверхню металів і сплавів атмосфери повітря.

3. Хімічна корозія відбувається за законами хімічної кінетики: на поверхні металу утворюється плівка з продуктів корозії, зазвичай окислів. У деяких випадках ця плівка захищає метал від подальшої корозії, таким чином робить його пасивнішим щодо навколишнього середовища. Суцільна та щільна плівка на поверхні металу захищає (пасивує) його від подальшого руйнування. Прикладом хімічної корозії є процес окислення при високих температурах лопаток газових турбін, елементів електронагрівників, клапанів двигунів внутрішнього згорання та інших деталей, а також окислення металу в органічних рідинах (спирті, бензині, нафті тощо).

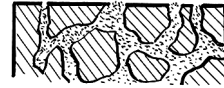
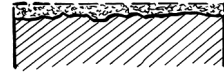
4. Електрохімічна корозія виникає при дії на метал електролітів, тобто струмопровідних рідин – водних розчинів солей, лугів або кислот. Щоб відбулася електрохімічна корозія, потрібен контакт металу з розчином електроліту. Надчисті метали сильно кородують. У сталі є залізо й домішки. При контакті з електролітом на поверхні сплаву утворюються гальванічні мікропори, замкнуті накоротко через сам метал, при цьому метал, який легше віддає електрони, слугує анодом і руйнується у процесі роботи гальванічного елемента.

електроліт електричний струм



5. Існують різні види корозійних руйнувань:

- рівномірна корозія – рівномірне руйнування з однаковою швидкістю по всій поверхні;
- місцева корозія – руйнування металу тільки на окремих ділянках поверхні;
- міжкристалічна корозія – найнебезпечніша, оскільки руйнування відбувається по границях зерен, немає жодних зовнішніх ознак корозії і руйнування деталі чи конструкції може статися раптово;
- корозія виразками – починається на поверхні або під поверхнею, спричиняє розшарування і здутість металу.



6. Від корозії метал можна захистити легуванням, для чого у сталь вводять деякі легуючі, які підвищують стійкість проти корозії (див. розділ 5.2. «Леговані сталі»). Легуючі елементи утворюють на поверхні сталі стійкі захисні окисні плівки.

7. Захищають від корозії неметалевими плівками, які одержують кип'ятінням деталей у водному розчині, що містять сильний розкислювач, наприклад, їдкий натрій, селітру і перекис марганцю. При цьому на металі утворюється плівка, яка складається в основному із магнітного окислу заліза. У результаті оксидування деталі набувають красивого синього або чорного кольору (воронування).

8. Для захисту деталей застосовують покриття металами: цинком (цинкування), кадмієм (кадмування), алюмінієм (алітування), оловом (лудіння), нікелем (нікелювання), хромом (хромування), міддю (міднення). Метал на поверхню деталі наносять різними способами, наприклад:

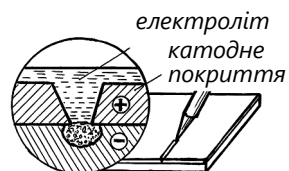
- занурення деталі в розплавлений метал, що має невисоку температуру плавлення (цинк, олово, свинець, алюміній);
- за рахунок дифузії металу із зовнішнього середовища в поверхню деталі, насичення поверхневого шару деталі металом і хімічної взаємодії з ним з утворенням стійких проти корозії сполук (див. розділ 4.3. «Хіміко-термічне оброблення»);
- гальванічні покриття ґрунтовані на електролізі водних розчинів солей того металу, який слугує для покриття. При цьому виріб із основного металу опускають в ванну, де під дією постійного електричного струму на поверхні захисного металу осідає нікель, хром, цинк або інший метал.

9. Отримання покриттів напиленням іншого металу з метою захисту від агресивного середовища називають металізацією. Існує два типи металевих покриттів – анодне і катодне:

- для анодного покриття використовують метали, які мають більш негативний електродний потенціал, ніж основний метал. У процесі корозії анодні покриття розчиняються і захищають метал від руйнування. Ці покриття не бояться зовнішніх пошкоджень покриття, оскільки при цьому руйнуються самі покриття. Анодним покриттям для залізних сплавів є цинк;



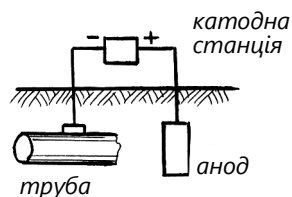
- для катодного покриття використовують метал, що має менший негативний електродний потенціал, ніж основний метал. При порушенні цілісності катодного покриття його захисна дія зупиняється, оскільки основний метал легше руйнується від дії електроліту. Найбільше застосування одержало олов'яне лудіння в харчовій промисловості (корсетні банки).



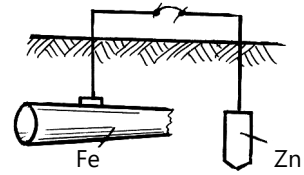
10. Захист неметалевими покриттями полягає в механічному нанесенні на поверхню металу фарб і лаків. Лакофарбові покриття є дуже поширеними, адже вони дешеві, не потребують витрат кольорових металів і застосовуються для захисту від корозії будь-яких конструкцій. Їхнім недоліком є здатність розтріскуватись і пропускати вологу.

11. Оброблення корозійного середовища шляхом введення присадок виконують із метою зменшення агресивної дії середовища на метал або сплав. Ці присадки називають інгібіторами. Найбільше поширення має спосіб, оснований на принципі пасивування, при якому, наприклад, домішування у рідину охолоджувальної системи двигуна внутрішнього згорання невеликої кількості хромпіку майже усуває корозію.

12. Захист від корозії протекторами полягає в тому, що, наприклад, до труби, яка розташована в землі, додають метал, який має нижчий потенціал, ніж потенціал труби. Доданий метал, який називається протектором, є анодом, він руйнується, а труба є катодом і корозії не зазнає.



13. Катодний захист зовнішнім струмом магистральних трубопроводів і котлів полягає в тому, що від джерела постійного струму через катод підводять струм до захисного металевого виробу, а анодом слугують металеві пластини, занурені в корозійне середовище. В результаті основний виріб (труба) є катодом і припиняє кородувати.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке корозія і в чому її суть?
2. Чим хімічна корозія відрізняється від електрохімічної?
3. Назвіть види корозійних руйнувань.
4. Які існують способи захисту металів від дії корозії?
5. У чому полягає суть неметалевого покриття від корозії?
6. Що таке інгібітори і як вони захищають метал від корозії?
7. Поясніть різницю між анодним і катодним покриттям для захисту сталі від корозії.
8. У чому полягає суть захисту від корозії протекторами?
9. Яке призначення мають інгібітори?
10. Чим відрізняється захист від корозії сталі лудінням від цинкування?

Тести до модуля 2

1. У якому стані, окрім твердого, рідкого чи газоподібного, може перебувати речовина:
а) надтвердому; б) плазмовому; в) хаотичному
2. Як називають тіла, в яких атоми розташовані у певному геометрично правильному порядку:
а) хаотичні; б) кристалічні; в) плазмові
3. Якими ознаками не характеризуються метали?
а) високою теплопровідністю;
б) високою термоелектронною емісією;
в) високим електричним опором
4. Що є основною ознакою, за якою тіло вважають кристалічним?
а) зовнішня форма; б) внутрішня будова; в) кількість атомів у комірках
5. Як позначають елементарну кубічну кристалічну решітку, в якій міститься 8 атомів у вершині куба і один у центрі?
а) ОЦК; б) ГЦК; в) ГПУ
6. Скільки атомів міститься в гранецентрованій кубічній решітці?
а) 14; б) 9; в) 12
7. Якою є решітка, в елементарній комірці якої розміщені 14 атомів?
а) об'ємцентрована; б) гранецентрована; в) гексагональна
8. Чому дорівнює базисне число елементарної кристалічної решітки (ОЦК)?
а) 2; б) 6; в) 12
9. Як називають здатність металу мати різні властивості в різних напрямках?
а) алотропія; б) анізотропія; в) дислокація
10. Точкові дефекти, коли вузли кристалічної решітки не заповнені атомами, – це...
а) дислокації; б) вакансії; в) крайові зсуви
11. Як змінюється міцність металів зі збільшенням кількості дефектів кристалічної будови?
а) збільшується;
б) зменшується;
в) спочатку зменшується, а потім збільшується
12. Як називають метод дослідження внутрішньої будови металів?
а) макроаналіз; б) мікроаналіз; в) хімічний аналіз
13. Що не перевіряють мікроаналізом?
а) зварні шви; б) розташування волокон; в) розміри зерен
14. Як називають деревоподібні кристали?
а) дендрит; б) дренаж; в) алотропія
15. Від чого залежить розмір зерна при кристалізації?
а) кількості центрів кристалізації;
б) розмірів центрів кристалізації;
в) ні від чого

16. Як називають осі скелетоподібної кристалізації?
а) зерна; б) гілки; в) ребра
17. Процес штучного регулювання розмірів зерен – це...
а) анізотропія; б) дендритна кристалізація; в) модифікування
18. Як називають складну речовину, отриману шляхом сплавлення двох або більше металевих хімічних елементів?
а) сплав; б) хімічна сполука; в) з'єднання
19. Твердий розчин, коли в решітку основного компонента входять атоми розчинного компонента, – це...
а) розчин проникнення; б) розчин заміщення; в) розчин вилучення
20. Який твердий розчин утворюється на базі хімічного з'єднання?
а) розчин проникнення; б) розчин заміщення; в) розчин вилучення
21. Чи можна отримати сплав металу з неметалом?
а) так; б) ні; в) так, але тільки потрібний
22. Який сплав утворюється з компонентів, що різко відрізняються атомними об'ємами і температурою плавлення?
а) хімічна сполука; б) механічна сполука; в) твердий розчин заміщення
23. Як називають графічне зображення перетворень, які проходять у сплавах, залежно від температури і концентрації компонентів?
а) графік стану; б) діаграма стану; в) діаграма перетворень
24. Однорідна частина системи – це...
а) фаза; б) компонент; в) стан
25. Як називають температуру початку первинної кристалізації?
а) евтектика; б) ліквідус; в) солідус
26. Лінія на діаграмах стану сплавів, коли тверднуть останні краплі рідини, – це...
а) евтектика; б) ліквідус; в) солідус
27. Як називають структуру, що отримується при кристалізації рідкого розчину при сталій температурі?
а) евтектика; б) евтектоїд; в) евтектичний сплав
28. Діаграма стану, обидва компоненти якої мають необмежену розчинність один в одному як у рідкому, так і в твердому станах, – це...
а) діаграма 1-го типу;
б) діаграма 2-го типу;
в) діаграма 3-го типу
29. Як називають графік перетворень залізовуглецевих сплавів у координатах температура – концентрація вуглецю?
а) діаграма стану залізо – вуглець;
б) графік стану $Fe - FeO_2$;
в) діаграма $Fe - FeC$
30. Чому концентрацію вуглецю в залізовуглецевому сплаві від 0,01 до 6,67 % взято за граничну?
а) така кількість вуглецю в хімічній сполуці Fe_3C ;
б) така кількість заліза в сполуці Fe_3C ;
в) така частка вуглецю в хімічній сполуці FeC

31. Якими точками на діаграмі Fe – C показана лінія ліквідус?
а) ABCD; б) FBJTCF; в) ABJCD
32. Чому ліву верхню частину діаграми інколи спрощують і вона стає схожою на діаграму 2-го типу?
а) для спрощення;
б) тому, що там нічого не відбувається;
в) для зниження температури плавлення
33. Як називають перетворення, що позначене в лівій верхній частині діаграми залізо – вуглець?
а) перлітне;
б) перитектичне;
в) протекторне
34. З якою швидкістю потрібно охолодити сталь, щоб отримати мартенівську структуру?
а) швидко; б) повільно; в) спочатку повільно, а потім швидко
35. Як будують C-подібну діаграму ізотермічного перетворення аустеніту евтектоїдної сталі?
а) по осі абсцис відкладають час, по осі ординат – температуру;
б) по осі абсцис – температура, по осі ординат – час;
в) по осі абсцис – швидкість розпаду аустеніту, по осі ординат – температура
36. Яку структуру отримують шляхом повільного охолодження аустеніту?
а) перліт; б) сорбіт; в) мартенсит
37. Чим визначається вид термооброблення сталі?
а) характером змін температури;
б) типом фазових перетворень;
в) витримкою при певній температурі
38. Як називають нагрів сталі до температури вище лінії GSE, витримку в печі 2–3 год з подальшим охолодженням на повітрі?
а) повне відпалювання; б) нормалізація; в) відпускання
39. Який процес можна описати графіком зміни температури в часі?
а) плавлення;
б) термооброблення;
в) термохімічне оброблення
40. Як називають відпалювання, коли сталеві виливки нагрівають до температури 1000–1100 °C, витримують 10–15 год і охолоджують разом із піччю?
а) дифузійне; б) повне; в) рекристалізаційне
41. Як називають вид термооброблення, коли сталь нагрівають до температур, які перевищують температури фазових перетворень, витримують при цих температурах і швидко охолоджують?
а) гартування; б) відпускання; в) відпалювання
42. Кінцева операція термооброблення, коли сталь нагрівають нижче температур фазових перетворень, витримують при цій температурі й охолоджують, – це...
а) гартування; б) відпускання; в) відпалювання

43. Як називають вид термооброблення, в результаті якого отримують тверду зовнішню поверхню і в'язку серцевину?
- а) зовнішнє гартування;
 - б) поверхневе гартування;
 - в) серцевинне відпалювання
44. Гартування сталі струмами високої частоти – це...
- а) зовнішнє гартування;
 - б) поверхневе гартування;
 - в) серцевинне відпалювання
45. Як називають вид оброблення, під час якого поєднано термічний і хімічний вплив на зміну складу, структуру і властивості поверхневого шару сталі?
- а) термічне; б) термомеханічне; в) термохімічне
46. Процес дифузного насичення поверхневого шару сталі атомами різних хімічних елементів при нагріванні – це...
- а) термічне оброблення;
 - б) поверхневе оброблення;
 - в) термохімічне оброблення
47. Як називають процес дифузного насичення поверхневого шару сталі вуглецем?
- а) цементация; б) ціанування; в) борування
48. Які сталі найдешевші?
- а) інструментальні; б) звичайної якості; в) леговані
49. Яка з наведених сталей є інструментальною?
- а) БСт5; б) Сталь 20; в) У10
50. Яку з наведених сталей постачають за механічними властивостями?
- а) БСт5; б) Ст6; в) ВСт4
51. Яка з наведених сталей – сталь вуглецева конструкційна звичайної якості?
- а) ВСт5; б) Сталь 30; в) У14
52. Який вміст вуглецю у сталі марки У12?
- а) 12 %; б) 1,2 %; в) 0,12 %
53. Скільки вуглецю містить сталь 08?
- а) 8 %; б) 0,8 %; в) 0,08
54. Як позначають інструментальну сталь, у якій вміст вуглецю 1 %?
- а) У10; б) Сталь 10; в) У1,0
55. Яка з позначених сталей є сталь вуглецева конструкційна звичайної якості?
- а) У10; б) Ст4; в) Сталь 35
56. Що означає позначка в марці сталі «пс» (Ст3пс)?
- а) кипляча сталь; б) спокійна сталь; в) наполовину спокійна сталь
57. Як позначають леговану сталь, яка містить 0,25 % вуглецю, 2 % марганцю (Г), 1 % кремнію (С)?
- а) 25Г2С; б) 25С2Г1; в) 2,5С2Г
58. Скільки вміщується хрому (Х) у легованій сталі 20Х2С?
- а) 2 %; б) 0,2 %; в) 20 %?

59. Що означає літера в позначенні будівельної сталі С245?
а) сталь; б) будівельна сталь; в) сталь із великим вмістом кремнію
60. Що означають цифри в позначенні будівельної сталі С245?
а) вміст вуглецю; б) вміст кремнію; в) міцність
61. Як називають каталог прокатних профілів?
а) сортамент; б) таблиця; в) перерізи
62. В яких одиницях у марці сталі вказано вміст легуючих елементів?
а) у відсотках;
б) у десятих відсотка;
в) у сотих відсотка
63. Яке призначення автоматної сталі?
а) для виготовлення автоматів;
б) для виготовлення деталей на верстатах-автоматах;
в) для додавання в піч-автомат
64. Які деталі роблять із криогенної сталі?
а) які працюють при високих температурах;
б) при низьких температурах;
в) які працюють при високому тиску
65. Яке призначення жаростійких сталей?
а) чинити опір окисленню при високих температурах;
б) здатність працювати при високих температурах
в) піддаватися термообробленню
66. Скільки вуглецю міститься в чавуні?
а) 0,8–1,47 %; б) 2,14–6,67 %; в) 2,14–4,0 %
67. Які переваги чавуну порівняно зі сталлю?
а) підвищені ливарні властивості;
б) міцніший;
в) легко обробляється тиском
68. Який чавун отримують шляхом повільного охолодження?
а) білий; б) сірий; в) переробний
69. Як називають чавун, у якого графітні включення мають форму куль?
а) сірий; б) ковкий; в) високоміцний
70. Якої форми графітні включення має ковкий чавун?
а) кулястої; б) пластинчастої; в) пластинок
71. Що таке латунь?
а) сплав міді з оловом;
б) сплав міді з цинком;
в) сплав міді з кремнієм
72. Яке місце за обсягами світового виробництва посідає алюміній?
а) перше; б) друге; в) третє
73. Як називають сплав алюмінію з кремнієм?
а) дюралюмін; б) латунь; в) силумін

74. Сплав алюмінію з міддю – це...
а) дюралюмін; б) латунь; в) силумін
75. Як називають сплав міді з оловом?
а) дюралюмін; б) латунь; в) бронза
76. Сплав міді з цинком – це...
а) бронза; б) латунь; в) силумін
77. Як маркують бронзу, що має такий хімічний склад: 11 % алюмінію, 6 % заліза, 6 % нікелю?
а) БрАжн 11х6Х6; б) БрАЖН 11-6-6; в) Бр 11А6Ж6Н
78. Як називають в'язкий метал рожево-червоного кольору, який добре проводить електричний струм і тепло?
а) алюміній; б) мідь; в) олово
79. Який метал має високу питому міцність?
а) алюміній; б) мідь; в) титан
80. Сплави якого металу широко застосовують в авіації, у ракетно-космічній техніці, в медицині?
а) алюміній; б) магній; в) титан
81. Що таке мельхіор?
а) сплав міді з нікелем;
б) сплав нікелю з хромом;
в) інша назва титану
82. Як називають сплави, що формують із порошків металів, а потім спікають?
а) кермети; б) металокерамічні сплави; в) кераміка
83. Як називають порошкові сплави металів і неметалів?
а) металокераміка; б) кермети; в) кераміка
84. Як позначають твердий вольфрамокобальтовий сплав, який містить 92 % карбідів вольфраму і 8 % кобальту?
а) В92К8; б) ВК8; в) ВК92
85. Як називають руйнування металу під дією зовнішнього середовища?
а) інгібітори; б) корозія; в) дренаж
86. Як називають захист трубопроводів, які розташовані в землі, доданим металом, що має нижчий потенціал, ніж потенціал труби?
а) катодний; б) анодний; в) протекторний
87. Що таке металокерамічний сплав?
а) сплав, виготовлений із порошків металів;
б) сплави, отримані з металів і неметалів;
в) сплави, виготовлені з порошків міді
88. Як називають порошкові сплави, у порах яких перебувають рідкі мастила?
а) фрикційні; б) антифрикційні; в) фільтрувальні
89. Що не є бронзою?
а) сплав міді з оловом;
б) сплав міді з цинком;
в) сплав міді з іншими елементами

Частина 3.

СПОСОБИ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ

Змістовий модуль 3

8. ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

8.1. Основні властивості металів (Навчальний елемент 30)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні:

- знатимуть способи виготовлення металевих виробів залежно від властивостей металів;
- вмітимуть робити висновки про придатність тих чи тих металів і сплавів для виготовлення деталей.

1. **Металознавство** – це прикладна наука, що вивчає у взаємозв'язку склад, будову та властивості металів і сплавів, встановлює залежність будови і властивостей від методів виробництва й оброблення металів і сплавів, а також зміну їх під впливом механічних, термічних та інших зовнішніх дій на метали.

2. **Властивість** – це сукупність характеристик металів і сплавів, від яких залежить придатність виготовлення деталей і конструкцій. Одні з них легкі (магній, алюміній, титан), інші важкі (свинець). Олово, свинець – метали, які легко плавляться, а для розплаву заліза або платини необхідно витратити багато енергії. Міцність є одним із головних факторів при виробленні металу, однак не всі метали однаково міцні. Розрізняють фізичні, хімічні, механічні та технологічні властивості металів.

3. **Фізичні властивості металів** проявляються, коли фізичні явища, діючи на метал, не змінюють його складу. Наприклад, при нагріванні метал розплавляється, але його склад залишається таким самим.

Густина – величина, яка дорівнює відношенню маси металу до займаного ним об'єму. Наприклад, густина заліза дорівнює 7800 кг/м^3 , алюмінію – 2700 кг/м^3 , свинцю – 11300 кг/м^3 .

Кольором називають здатність металів відбивати світлові промені, що на них потрапляють. Промені світла, відбиті від різних металів, діють на органи зору по-різному, що створює відчуття того чи того кольору. Наприклад, мідь має рожево-червоний колір, алюміній – білий.

Теплопровідність – це здатність металів проводити тепло. Чим більша теплопровідність, тим швидше тепло поширюється металом при його нагріванні і віддається ним при охолодженні. Високу теплопровідність мають мідь та алюміній. Залізо, сталь, чавун проводять тепло в 4–6 разів гірше, ніж мідь.

Теплоємність визначає кількість тепла, необхідного для нагрівання металу на 1 °С. Низьку теплоємність мають платина і свинець. Теплоємність сталі й чавуну майже в 4 рази вища, ніж теплоємність свинцю.

Плавлення – це процес переходу металу з твердого стану в рідкий. Метали з високою температурою плавлення вважають тугоплавкими (вольфрам, хром, платина), а метали з низькою температурою плавлення належать до легкоплавких (олово, свинець). Наприклад, температура плавлення заліза – 1539 °С, міді – 1083 °С, олова – 2319 °С, вуглецевої сталі – 1420–1520 °С.

Теплове (термічне) розширення означає здатність металу, що нагрівається, збільшувати свої розміри.

Електропровідність називають здатність металу проводити електричний струм. Хорошими провідниками струму є срібло, мідь, алюміній. Деякі метали і сплави (ніхром) чинять електричному струму великий опір.

4. Хімічні властивості – це здатність металів і сплавів взаємодіяти з навколишнім середовищем, вступати в хімічні сполуки, розчинятися, кородувати, чинити опір дії агресивних середовищ. Найважливіші з них – це *окислення на повітрі, кислотостійкість, лугостійкість, жароміцність*.

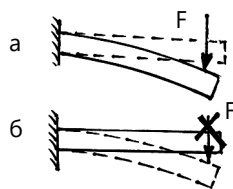
5. Механічні властивості пов'язані з поняттям про навантаження, деформацію та напруження. Від механічних властивостей металу залежить його поведінка при деформації і руйнуванні під дією зовнішніх сил конструкцій або деталей.

Теплове (термічне) розширення означає здатність металу, що нагрівається, збільшувати свої розміри.

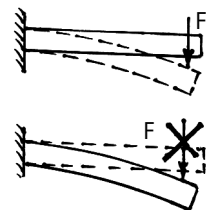
Міцність – це властивість металів, не руйнуючись, чинити опір дії прикладених зовнішніх сил. Міцність металів характеризується умовною величиною – межею міцності. Це навантаження, яке прикладене до зразка в момент розриву, віднесене до площі поперечного перерізу зразка:



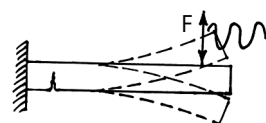
Пружність – здатність металів змінювати свою форму під дією зовнішніх сил і відновлювати її після припинення дії цих сил. Відношення навантаження, при якому зразок починає мати залишкові подовження, до площі його поперечного перерізу називають межею пружності. Наприклад, межа пружності сталі – до 300; міді – 25; свинцю – 2,5 МПа.



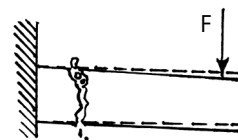
Пластичність – здатність металів, не руйнуючись, змінювати під дією зовнішніх сил свою форму після припинення дії сил. Сталь значною мірою пластична, а при нагріванні її пластичність зростає. Цю властивість використовують при одержанні виробів шляхом прокату та кування.



Втомлюваність – зміна механічних і фізичних властивостей матеріалів під дією сил, що циклічно змінюються під час напружень і деформацій. В умовах дії таких навантажень у робочих деталях утворюються і розвиваються тріщини, які призводять до повного руйнування. Небезпека полягає у тому, що руйнування можуть відбуватися під дією напруг значно менших, ніж межі міцності і пластичності.

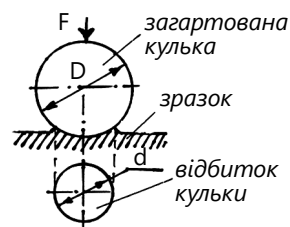


Крихкість – властивість металу руйнуватись відразу після дії прикладених до нього сил, не показуючи жодних ознак деформації (чавун).

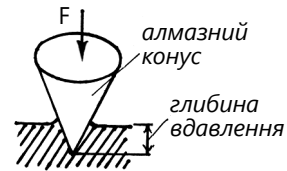


Твердість – здатність металу чинити опір вдавлюванню у нього іншого, більш твердого матеріалу. Чавун і сталь мають високу твердість, свинець – низьку. Для перевірки твердості металів існує три методи випробування, які названо за іменами їхніх винахідників – Брінелля, Роквелла, Віккерса:

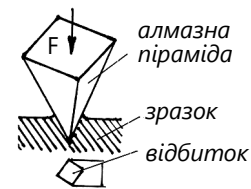
- випробування за способом Брінелля полягає в тому, що в поверхню зразка металу під певним навантаженням вдавлюють сталеву загартовану кульку діаметром 2,5; 5,0; 10 мм. Після вдавлювання зразка на поверхні залишається відбиток кульки. За допомогою спеціального мікроскопа вимірюють діаметр відбитка, а відтак визначають число твердості HB: відношення прикладеного до кульки навантаження до площі поверхні відбитка називають числом твердості за Брінеллем HB (HB для вуглецевої сталі – 1300–2800, міді – 300, свинцю – 30–80 МПа);



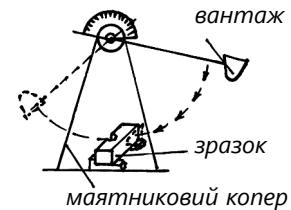
- випробування зразка за способом Роквелла (HR) полягає у тому, що за допомогою преса в поверхню зразка вдавлюють алмазний конус із кутом при вершині 120° . Твердість визначається глибиною вдавнення конуса;



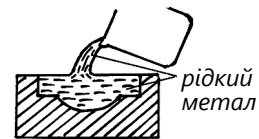
- випробування за способом Віккерса (HV) застосовують для вимірювання твердості на невеликих ділянках термічно оброблених металів. У зразок металу за допомогою преса вдавлюють правильну чотиригранну алмазну піраміду з кутом при вершині 136° .



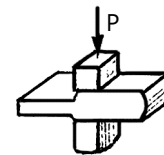
Ударна в'язкість – здатність металів не руйнуватись під час дії на них ударних навантажень. Ударна в'язкість визначається за допомогою маятничового копра. Зразок стандартної форми встановлюють в опорах і руйнують вантажем, який падає з висоти.



6. Технологічні властивості визначають здатність металів отримувати те чи те оброблення. До технологічних властивостей металів належать ковкість, рідинноплинність, усадження, оброблення різанням, зварюваність.

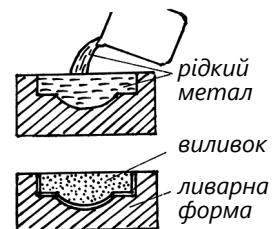


7. Ковкість – це здатність металів, не руйнуючись, набувати потрібної форми під дією зовнішніх сил. Сталь у нагрітому стані має хорошу ковкість.



8. Рідинноплинністю називається здатність розплавлених металів заповнювати ливарні форми. Високу рідинноплинність має сірий чавун, низьку – мідь.

9. Усадження – це здатність розплавлених металів зменшувати свій об'єм при охолодженні. Ця властивість має значення у ливарній справі. Моделі виливків виготовляють з урахуванням усадження, тобто більших розмірів, ніж розміри виливка. Крім того, усадження призводить до утворення тріщин у виливках. Найменшу усадку мають сірий чавун, цинкові й алюмінієві сплави.



10. Оброблення різанням – це здатність металів зазнавати дії різальних інструментів. Зважаючи на меншу твердість, деякі кольорові метали легше обробляти різанням, ніж чорні.



11. Зварюваністью називають здатність металів міцно з'єднуватися шляхом розплавлення місця з'єднання. Добре зварюються сталі з низьким вмістом вуглецю. Чавун і сплави кольорових металів зварюються значно складніше.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Як називають властивість матеріалів чинити опір зовнішнім силам?
2. Що таке твердість? Густина?
3. У чому полягає спосіб визначення твердості металу за Брінеллем?
4. Як перевіряють твердість металів способом Роквелла?
5. Що характеризує технологічні властивості матеріалів?
6. Назвіть відомі вам види навантажень, які діють на деталі.
7. Назвіть основні технологічні властивості металів.
8. Які властивості відносять до фізичних?

8.2. Технічні проби металів (Навчальний елемент 31)

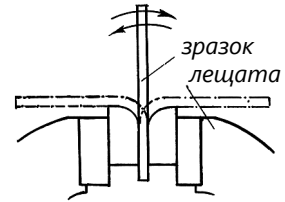
Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- призначення технологічних проб металів, сплавів і виробів із них;
- види технологічних проб металів і способи їх виконання.

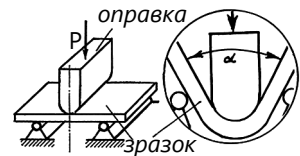
1. Метали і сплави мають різні властивості, які визначають за сертифікатами, паспортами і результатами лабораторних випробувань (технологічними пробами).

2. За технологічними пробами визначають здатність металів або виробів витримувати той чи той вид оброблення. Проби можуть бути проведені безпосередньо на робочому місці найпростішими приладами та інструментами.

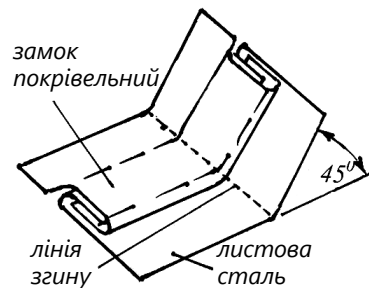
3. Пробу на перегин застосовують для визначення здатності штабового й листового металу товщиною до 5 мм, дротів діаметром до 7 мм витримувати, не руйнуючись, повторні згини. Зразок певної довжини затискають у лещатах і піддають згину й повторним перегинам на кут 90° до повного руйнування.



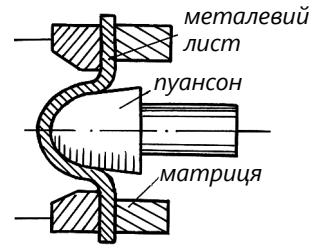
4. Пробу на вигин проводять для визначення здатності металу приймати згин у холодному і нагрітому станах. Для проведення проби на вигин зразок за допомогою оправки вигинають під дією зусилля преса між роликками до заданого кута. Здатність матеріалу витримувати деформацію вигину характеризується заданим кутом згину. Вважають, що зразок витримав випробування, якщо після згину на ньому не з'явилися тріщини, надриви або розшарування.



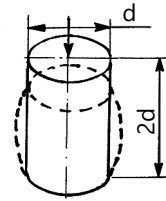
5. Проба на подвійний покрівельний замок слугує для визначення здатності тонколистової сталі завтовшки не менше 0,8 мм сприймати деформацію, задану за розмірами і формою. З'єднують два шматки листа подвійним замком, загинають по лінії, яка перпендикулярна до лінії замка, на кут 45° і розгинають у площину. Після випробування не має бути відшарувань, тріщин і зламів.



6. Пробу видавлюванням проводять для випробування тонколистового металу, призначеного для холодного штампування і витягування. На закріпленій пластинці металу між пуансоном і матрицею видавлюють ямку до появи на її поверхні першої тріщини.

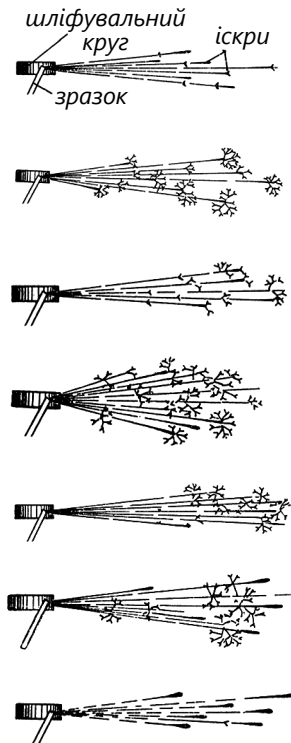


7. Пробою на осадження випробують дроти, з яких виготовляють болти і заклепки. Зразок металу має бути у формі циліндра, висота якого удвічі перевищує діаметр. Пробою визначають здатність металу набувати заданої форми при стисненні під навантаженням у холодному стані. Зразок витримав пробу, якщо при осіданні до заданої висоти на ньому не з'явилися тріщини, надриви або злом.

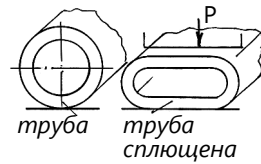


8. Проба на іскру дає змогу приблизно визначити хімічний склад (марку) сталі. При обробленні сталі шліфувальним кругом на заточувальному верстаті утворюються іскри. Кожна марка сталі має свій колір і форму іскри:

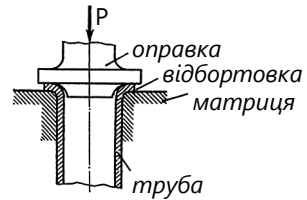
- сталь зі складом вуглецю від 0,15 до 0,20 % – іскри у вигляді тонких солом'яно-жовтих ліній;
- сталь зі складом вуглецю від 0,45 до 0,50 % – іскри у вигляді тонких світло-жовтих ліній із невеликою кількістю зірочок на кінцях;
- інструментальна вуглецева сталь У8 – довгі світло-жовті іскри з великими зірочками на кінцях;
- інструментальна сталь У12 – короткий сніп тонких світло-жовтих ліній із частими зірочками;
- марганцевиста сталь (10–14 % Mn) має тонкі й довгі світло-жовті лінії з великими зірками;
- хромиста сталь – блідо-жовті переривчасті лінії з великими рідкими зірочками;
- швидкоріжуча сталь (10–18 % W) – темно-червоні переривисті лінії з кулеподібними закінченнями.



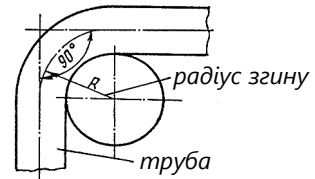
9. Пробу труб на сплющування застосовують для визначення здатності металу сприймати деформації при сплющуванні труб до певного розміру. Наприклад, сталеву трубу б'ють молотком доти, доки відстань між стінками труби дорівнюватиме двом товщинам стінки.



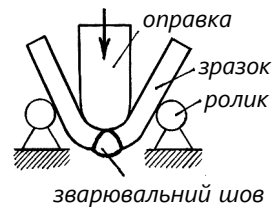
10. Проба труб на бортування являє собою відбортовку кінця труби на кут 90° з утворенням фланця товщиною не менше ніж півтори товщини стінки труби. Випробування проводять за допомогою оправки. Радіус заокруглення оправки має дорівнювати двом товщинам стінки труби.



11. Проби труб на згин слугують для визначення здатності приймати вигин, заданий за розмірами. Радіус згину визначають залежно від зовнішнього діаметра і товщини стінки труби. Для випробування трубу вигинають на кут 90° . При випробуванні на трубі не має бути надривів, тріщин і відшарувань.



12. Пробу на зварюваність проводять для визначення здатності металів зварюватись. Дві пластинки зварюють і піддають випробуванню на згин для визначення в'язкості шва. Характеристикою є кут згину шва.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Із якою метою проводять технологічні проби металів?
2. Яким чином і навіщо випробовувати штабовий метал на перегин?
3. Як проводять пробу на подвійний покрівельний замок? Для якого матеріалу проводять цю пробу?
4. Як проводять іскрову пробу сталі і що за її допомогою можна визначити?
5. Як і для чого застосовують пробу сталевих труб на бортування і сплющування?
6. Як випробовують сталеві труби на згин?
7. За якими ознаками бракують труби під час технологічних проб?

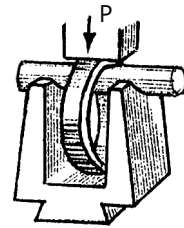
9. ОБРОБЛЕННЯ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

9.1. Суть оброблення металів тиском (Навчальний елемент 32)

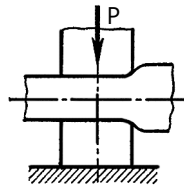
Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення оброблення металів тиском;
- фізико-механічні основи оброблення металів тиском;
- фактори, які впливають на пластичність металу;
- основні способи оброблення металів тиском.

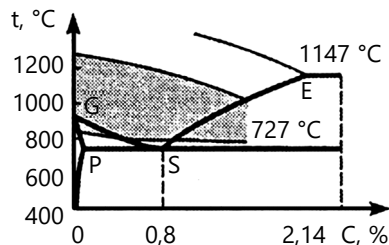
1. Оброблення металів тиском – це технологічний процес отримання фасонних деталей і заготовок шляхом пластичного деформування металу в гарячому і холодному стані. Оброблення металів тиском – один із найпоширеніших, найпродуктивніших і найдешевших методів виготовлення заготовок (деталей) різної маси та розмірів із металів і сплавів.



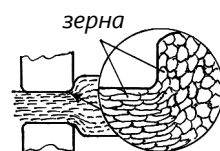
2. Оброблення металів тиском можливе завдяки їхній пластичності – здатності під дією прикладених сил набувати, не руйнуючись, зміненої форми. Найпоширеніший механізм пластичної деформації – ковзання, зсув однієї частини кристала щодо іншої під дією дотичних напружень.



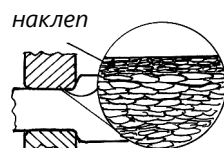
3. Не всі метали однаково пластичні й різною мірою піддаються обробленню тиском. Такі метали, як мідь, алюміній, свинець, титан, мають добру пластичність, а, отже, легко піддаються обробленню тиском. Сталь менш пластична, і тому, щоб підвищити її пластичність і полегшити оброблення тиском, сталь нагрівають. Температурний інтервал оброблення вибирають за діаграмою стану, оскільки особливості сталі залежать від вмісту в ній вуглецю.



4. Холодне деформування відбувається при температурах, нижчих, ніж температури рекристалізації, тому воно супроводжується видовженням зерен, збільшенням насичення дефектів, що підвищує міцність, пружність і твердість металу (явище наклепу). Холодне деформування сприяє підвищенню якості поверхні та міцності металу.



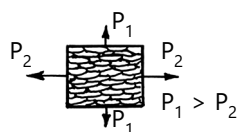
5. Наклеп металу не завжди буває корисним, бо твердий і міцний метал важко обробляти. Для полегшення подальшого оброблення металу наклеп усувають шляхом відпалювання. В результаті цього міцність і твердість поверхневого шару металу знижуються, що важливо для подальшого оброблення металу.



6. Гаряче оброблення металів тиском має низку позитивних якостей: складові металу розподіляються більш рівномірно, ніж до оброблення; зменшуються розміри зерен, що приводить до поліпшення механічних властивостей; метал стає щільнішим унаслідок зварювання та спресовування газових порожнин і нещільностей.

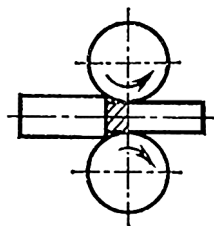


7. Сталь, оброблена тиском, має волокнисту будову. Механічні властивості такої сталі вздовж волокон кращі, ніж властивості сталі впоперек волокон. Це пояснюється тим, що під час оброблення тиском волокна перерозподіляються відповідно до форми деталі.

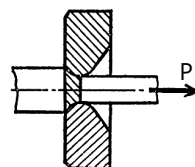


8. Для отримання деталей і заготовок метали обробляють тиском такими способами:

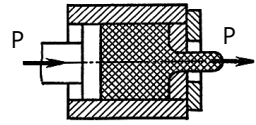
– прокатування – оброблення металу тиском, при якому заготовку обтискують валками прокатного стану, що обертаються;



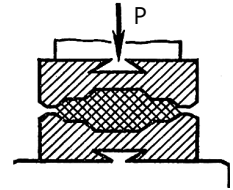
– волочіння – процес протягування заготовок крізь отвір, що поступово звужується;



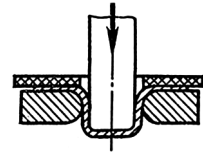
- пресування – видавлювання металу із замкненого об'єму крізь калібрувальний отвір;



- кування – надання металу необхідної зовнішньої форми з метою отримання заготовки ударними інструментами;



- штампування – спосіб отримання поковок за допомогою штампів.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке пластичність?
2. У чому полягає суть оброблення металів тиском?
3. У чому різниця між холодним і гарячим обробленням металів тиском?
4. Що таке наклеп?
5. Яку структуру має метал, оброблений тиском?
6. Які існують способи оброблення металів тиском?

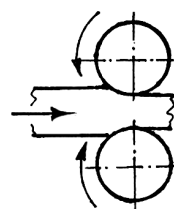
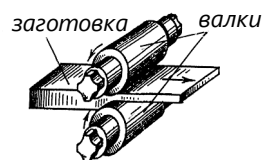
9.2. Прокатування (Навчальний елемент 33)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення прокатування;
- будову та призначення гладких і каліброваних валків;
- схему будови прокатного стану;
- основні профілі сортового прокату.

1. Прокатуванням називають такий вид оброблення металів тиском, коли гарячу заготовку обтискують між обертальними валками, які її пластично деформують, зменшуючи площу поперечного перерізу й збільшуючи довжину. Прокатування є найпродуктивнішим видом оброблення металу, цим способом обробляють близько 90 % виплавленої сталі на металургійних заводах. Основні способи прокатування:

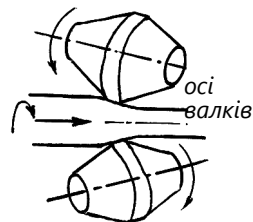
– повздовжнє, коли заготовка переміщується перпендикулярно до осей валків, що обертаються у протилежних напрямках;



– поперечне, коли валки (не два, а три) з паралельними осями обертаються в одному напрямку й обертають заготовку, яка переміщується вздовж осі валків;



– поперечно-гвинтове – здійснюється за допомогою валків, що обертаються в одному напрямку й розташовані під кутом один до одного. Таке розташування валків забезпечує виникнення осевого зусилля, яке переміщує заготовку.



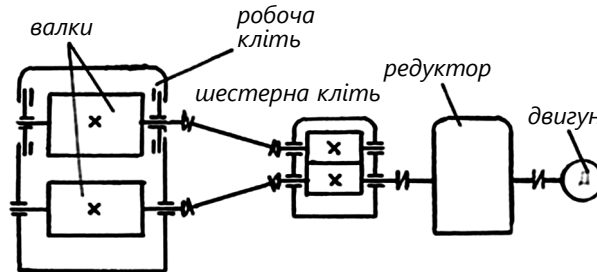
2. Інструментом для прокатування є валки, які виготовляються з чавуну або сталі. Елементами валка є робоча частина (бочка), дві шийки як опори для підшипників і два трефи для з'єднання валка приводом. Для вальцювання листів, стрічок або штрипсів використовують гладкі вали.



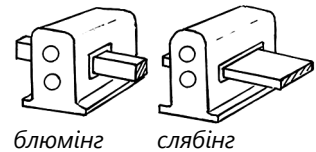
3. Калібровані валки використовують для прокату сортового металу. Бочки валків мають виточені кільцеві заглибини спеціального профілю – рівчаки. Контур, утворений сукупністю двох рівчаків, називають калібром. Контур калібру геометрично подібний до поперечного перерізу вальцьованого металу.



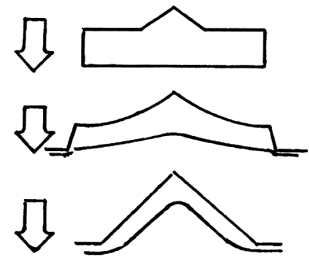
4. Прокатний стан складається з робочої кліти, шестерної кліти, редуктора і електродвигуна. Робоча кліть має станину, валки і механізм зміни відстані між валками.



5. Спочатку заготовка йде до обтискних станів, які призначені лише для зменшення перерізу прокатного металу. До обтискних станів належать блюмінги і слябінги. Це великі обтискні реверсивні дво-валкові стани, на яких у гарячому стані зі зливків отримують напівфабрикати квадратного або прямокутного перерізу. Із блюнів у подальшому вальцюють заготовки, що йдуть на виготовлення сортової сталі, а зі слябів виготовляють листовий прокат.

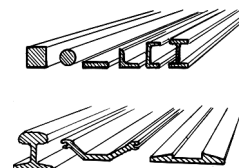


6. Потім на сортових станах заготовки по чергово пропускають крізь низку калібрів, що поступово формують заданий профіль. Форма чистового калібру точно відповідає формі готового прокату.

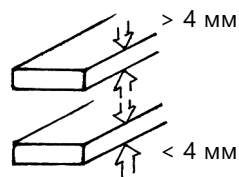


7. Сортамент прокату поділяють на сортову сталь, листову сталь, спеціальні види прокату і труби. Своєю чергою сортову сталь поділяють на:

- профілі масового використання: кругла, квадратна, штабна, кутова, швелери, двотаври, дріт;
- профілі спеціального призначення: рейки, шпунти та інші профілі, що використовуються в будівництві та машинобудуванні.



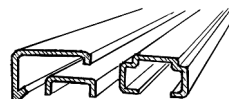
8. Листова сталь має дуже широке застосування. За товщиною може бути товстолистовою (більше 4 мм) і тонколистовою (до 4 мм).



9. До спеціальних видів прокату належать профілі змінного поперечного перерізу по довжині, наприклад, арматурна сталь. Такий прокат відрізняється від звичайного тільки формою чистового калібру.



10. Гнуті профілі отримують шляхом холодного згину сталевго листа або стрічки. У будівництві використовують гнуті профілі у вигляді швелерів, деталей таврового перерізу. Ефективним є використання гнутих профілів в огорожувальних будівельних конструкціях.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке прокатування, в чому полягають його переваги?
2. Які основні види прокатування використовують?
3. На які види поділяють валки?
4. На які види сортаменту поділяють прокат?
5. З яких елементів складається прокатний стан?
6. У чому полягає суть виготовлення гнутих профілів?

9.3. Волочіння (Навчальний елемент 34)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення волочіння;
- сутність волочіння;
- обладнання для волочіння;
- сортамент профілів.

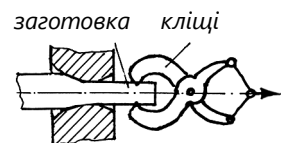
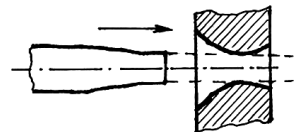
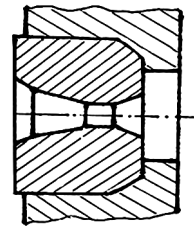
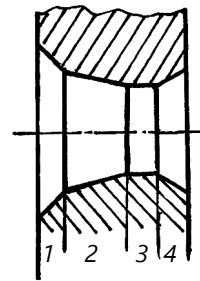
1. Волочінням називають такий вид оброблення металів тиском, коли заготовку (часто в холодному стані) протягують крізь отвір у матриці, поперечний переріз якого менший за поперечний переріз заготовки. Найпоширеніший виріб, що отримують шляхом волочіння, – дрiт. Вироби після волочіння мають точні розміри, задану геометричну форму, чисту й гладку поверхню.

2. Інструментом для волочіння є волюка, яка має робочий отвір, що складається з чотирьох зон: 1 – вхідної або мастильної; 2 – деформованої; 3 – калібрувальної (очко); 4 – вихідної. Зазвичай калібрувальна зона має циліндричну форму, решта – конічні. Кут між твірними конуса деформованої зони залежить від властивостей матеріалу й типу заготовки.

3. Виготовляють волюки з інструментальних сталей твердих сплавів, а для волочіння тонкого дроту – з технічних алмазів.

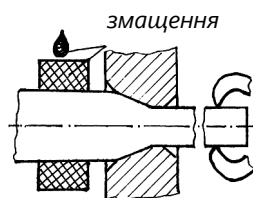
4. До початку волочіння кінець заготовки загострюють, щоб він вільно входив в очко і виходив із нього з протилежної сторони.

5. Потім цей кінець захоплюють тяговим механізмом волочильного верстата, який протягує заготовку через волюку. Унаслідок пластичного деформування заготовка поступово наближається до профілю калібрувальної зони,

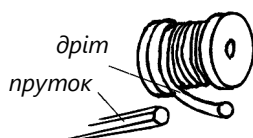


зменшуючи свою площу поперечного перерізу і відповідно збільшуючи довжину. Волочиння здійснюють за кілька проходів.

6. Контактні поверхні волокни і заготовки змащують мильним порошком, графітом, водяною емульсією на основі мила й оливи тощо.



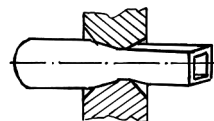
7. Волочинням отримують дрід діаметром 0,002...10 мм, калібровані прутки і фасонні профілі.



8. Волочинням виготовляють холоднотягнені труби, зменшуючи їхній діаметр або одночасно діаметр і товщину стінки і зміцнюючи метал.



9. Волочинням змінюють профіль труби з круглого на квадратний, прямокутний, шестигрутий або фасонний.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

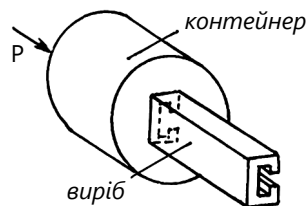
1. Що таке волочиння?
2. Як називають основну продукцію волочиння?
3. З яких зон складається волока?
4. Для чого використовують змащувальні речовини у процесі волочиння?
5. З чого виготовляють волокни?
6. Які вироби отримують волочинням?

9.4. Пресування (Навчальний елемент 35)

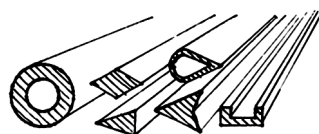
Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення пресування;
- обладнання для пресування;
- сортаменти профілів пресування.

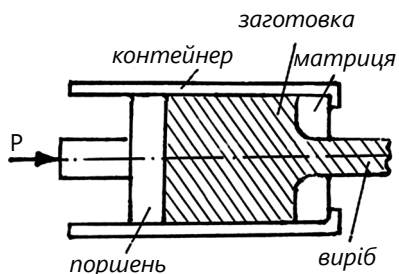
1. Пресування – це такий вид оброблення тиском, коли метал видавлюють із замкнутої порожнини (контейнера) крізь калібрований отвір, що відповідає перерізу отриманого виробу.



2. Пресуванням виготовляють суцільні й порожнисті вироби простого і складного профілю з алюмінію, міді, титану, цинку та їхніх сплавів, а також із вуглецевих і легованих сталей. Пресування інколи є єдиним способом виготовлення виробів складного профілю.

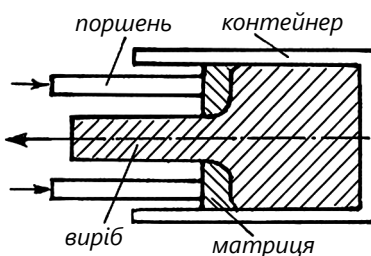


3. Пресування виконують як у гарячому, так і в холодному стані двома методами: під час прямого пресування напрямок виходу металу крізь отвір в матриці збігається з напрямком руху пуансона. При прямому методі нагріту до певної температури заготовку поміщають у замкнену порожнину контейнера. Тиск преса передається на заготовку пуансоном через прес-шайбу. Таким чином, метал видавлюється через отвір матриці, яка укріплена в матриці-тримачі.

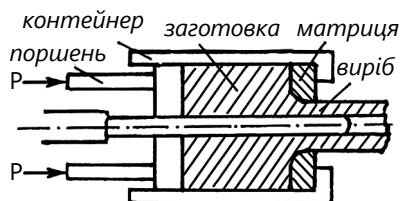


При зворотному методі пресування контейнер замкнений з одного кінця натискною шайбою, а тиск преса на заготовку здійснюється через пуансон і матрицю. Таким чином, метал тече назустріч руху матриці з пуансоном. Метод прямого пресування більш поширений, ніж зворотний.

4. Під час зворотного пресування напрямком виходу металу крізь отвір у матриці збігається з напрямком руху пуансона.

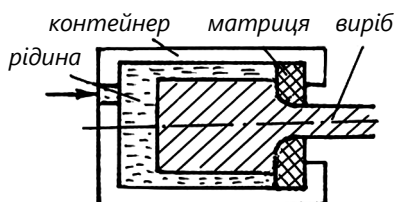


5. Щоб виготовити порожнистий виріб (трубу), до прес-шайби приєднують сталеву голку. Під час робочого руху прес-шайби метал заготовки витісняється в порожнину між матрицею і голкою, утворюючи трубу.



6. Щоб зменшити тертя, на поверхню заготовки і прес-форми наносять мастила (графітову пасту, рідке скло та ін.).

7. Перспективним є метод гідростатичного пресування, коли на заготовку, розміщену із зазором у контейнері, з усіх боків діє рідина під високим тиском, яка одночасно є мастилом.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке пресування?
2. У чому полягає відмінність пресування від волочіння?
3. Які вироби отримують пресуванням?
4. Які розрізняють методи пресування?
5. Чим відрізняється пряме пресування від зворотного?

9.5. Суть кування (Навчальний елемент 36)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення кування;
- обладнання та інструмент для кування;
- основні операції кування.

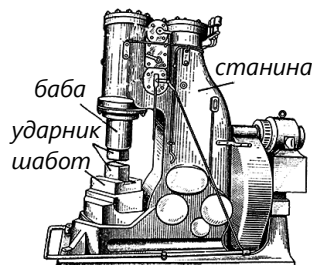
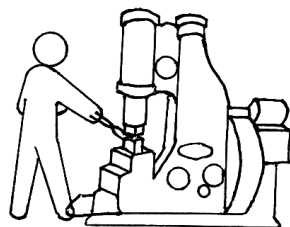
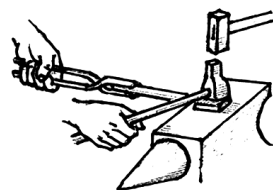
1. Кування – це вид оброблення металів тиском, коли по нагрітій заготовці завдають ударів або діють на неї постійним зусиллям, унаслідок чого заготовка набуває необхідної форми, яку потім зберігає.

2. При куванні утворюються вироби або заготовки, які називають поковками. Поковка відрізняється від деталі припуском. Куванням одержують вироби порівняно простої форми, що не потребує значного оброблення різанням. Перед куванням метал нагрівають до температури 900–1050 °С.

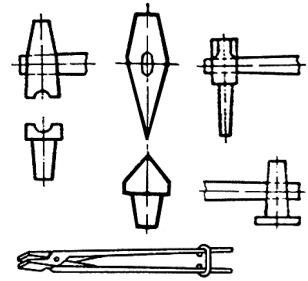
3. У ковальсько-пресовому виробництві розрізняють вільне кування і кування у штампах (див. розділ 9.6. «Штапування»). Вільне кування виконують за допомогою плоских бойків і допоміжного інструмента, під ударами яких метал деформується і змінює свої розміри. Вільне кування здійснюють на приводних молотах і вручну. Залежно від цього виконують різні операції з використанням відповідного інструмента: ударами бабки молота (для поковок більших типорозмірів).

4. Вільне кування інколи виконують вручну за допомогою ручного ударного інструмента. Працюють дві людини: коваль і молотобоець. Коваль невеликим молотком (ручником) б'є по заготовці, указуючи молотобойцю місце і силу удару. Молотобоець кувалдою завдає ударів по заготовці, деформуючи її.

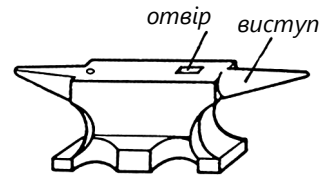
5. Пароповітряний кувальний молот складається зі станини, на якій змонтовано робочий циліндр. У циліндрі переміщається поршень зі штоком. До нижнього кінця штока прикріплюється баба, до якої закріплений ударник, який пересувається вгору – вниз. Нижній ударник закріплений на масивному шаботі. Рухомі частини переміщуються вгору паром або стисненим повітрям, а вниз під дією власної маси, ударяючи по заготовці.



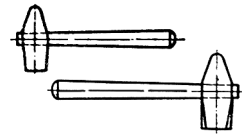
6. Під час вільного машинного й ручного кування використовують різні пристосування, як-от гладилки, обтискачі, ковальські зубила, пробійники. Для утримання і повертання заготовки на кувалді – ковальські кліщі.



7. Ковальські операції при ручному куванні виконують на ковадлі, яке має виступ для згину металу і отвір, на який накладають заготовку при пробиванні в ній отвору.

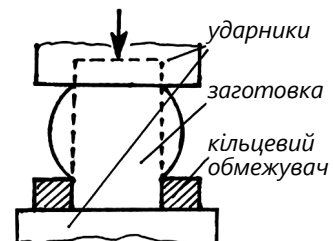
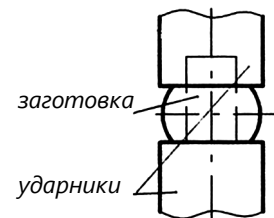
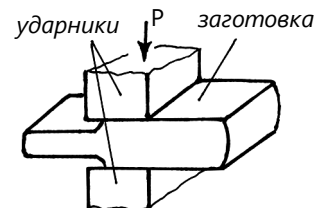


8. Під час ручного кування застосовують кувалди і ручники, якими завдають легких ударів по заготовці, щоб зазначити молотобойцю місце удару кувалдою.

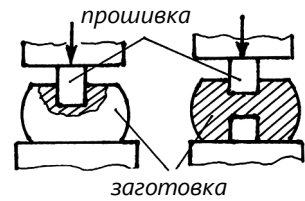


9. Виконуючи в певній послідовності прості операції кування та використовуючи згаданий ковальський інструмент, одержують вироби складної конфігурації. Основними операціями процесу кування є:

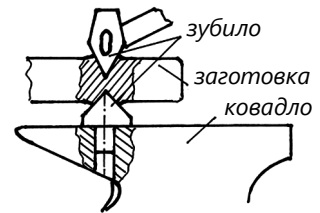
- протягування (видовження) – збільшення довжини заготовки за рахунок зменшення її поперечного перерізу;
- осадження – збільшення поперечного перерізу заготовки за рахунок зменшення її висоти;
- висадження – одержання поковки з потовщенням на кінці або на середині заготовки;



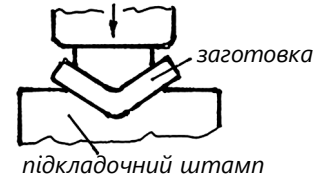
- прошивання – одержання в заготовці наскрізного отвору або заглиблення;



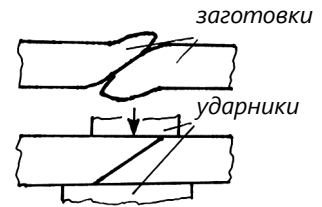
- рубання – відокремлення однієї частини заготовки від іншої. Рубання матеріалу проводять ковальськими зубилами, заготовку по розмічувальній лінії укладають на підсічку, установлену в гнізді ковадла;



- згинання та скручування металу здійснюють із використанням різних пристроїв. Скручування – повертання однієї частини заготовки щодо іншої на заданий кут.



10. Ковальським зварюванням з'єднують дві заготовки або два кінці однієї заготовки, попередньо нагрівши місце зварювання під шаром флюсу.



11. Передання металу зводиться до переміщення однієї частини заготовки щодо іншої.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке кування?
2. У чому полягає відмінність кування від штампування?
3. Назвіть основні операції кування.
4. Розкажіть про обладнання та інструмент кування.
5. Які вироби отримують куванням?
6. Назвіть основний інструмент для кування.

9.6. Штампування (Навчальний елемент 37)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення штампування;
- види штампування;
- обладнання та інструмент для штампування;
- основні операції штампування.

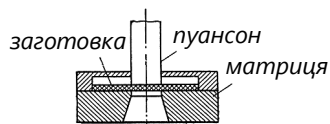
1. Штампування – це процес деформації металу в штампах, який обмежує розтікання металу в різні боки під час деформування. Розрізняють об'ємне і листове штампування металу в нагрітому і холодному стані.



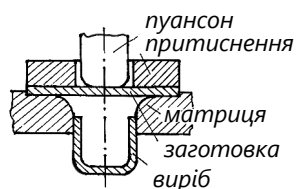
2. Листове штампування – один із поширених способів отримання деталей із листового матеріалу. Таке штампування можна здійснювати з нагріванням, проте найпоширенішим є холодне штампування. Листовим штампуванням виготовляють втулки, посуд, монети, гільзи, облицювання автомобілів, автобусів, літаків тощо.



3. Вирізування – це відокремлення від заготовки частини матеріалу у вигляді виробу по замкнутому зовнішньому контуру. Для цього використовують штамп. Заготовку у вигляді стрічки встановлюють між пуансоном і матрицею, які виконують роль ножів, прикріплюють до верхньої та нижньої плит штампа. Пуансон, опускаючись вниз, своїми гострими краями відокремлює деталь і проштовхує її в отвір матриці.

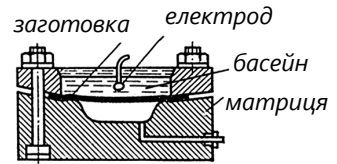
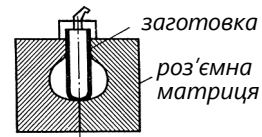
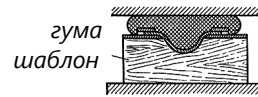


4. Витяжка – це виготовлення з листової заготовки порожнистої просторової деталі. Заготовку кладуть на матрицю із заокругленими краями і затискають притискним кільцем. Після опускання пуансона, що теж має заокруглені краї, він затягує заготовку в зазор між пуансоном і матрицею. Притискне кільце запобігає утворенню складок на краях деталі.



5. У малосерійному виробництві використовують листове штампування у порівняно нескладних штампах:

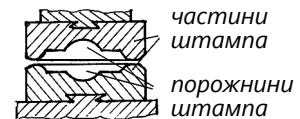
- штампування гумою: лист розміщують на шаблоні, а повзуном преса притискають шар гуми, надаючи заготовці рельєф шаблона;
- штампування рідиною або газами: отримують пустотілі вироби, наприклад, при перетворенні стаканоподібної заготовки в кулеподібну заготовку поміщують у роз'ємну матрицю і через прийомний канал подають під тиском рідину або газ;
- при штампуванні вибухом на матрицю укладають заготовку, яку закріплюють притискним кільцем до басейна за допомогою гвинтів. Завдяки вибуху відбувається формування заготовки в матриці.



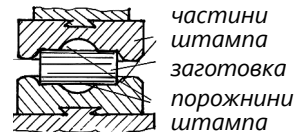
6. Гаряче листове штампування застосовують для матеріалів недостатньо пластичних або для таких, що товстіші 6 мм. Із нагріванням виготовляють деталі корпусів корабля, днище цистерн тощо.



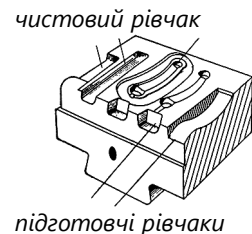
7. Об'ємне штампування – це такий спосіб оброблення металів тиском, внаслідок якого заготовка, поміщена в робочу порожнину штампа, пластично деформується, набуваючи конфігурації та розмірів порожнини.



8. Штмп складається з двох роз'ємних частин, які в складеному вигляді створюють одну чи декілька внутрішніх порожнин – ривчаків. Конфігурація робочої порожнини такого штампа геометрично подібна до конфігурації заготовки, яку виймають із печі і кладуть у нижню частину штампа, а верхньою частиною обтискають заготовку, внаслідок чого заготовка набуває конфігурації порожнини штампа.



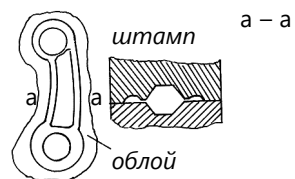
9. Вироби складної конфігурації виготовляють у штампах, що мають багато ривчаків. У них заготовку послідовно деформують у кожному ривчаку, наближаючи її форму й розміри до форми й розмірів виробу.



10. Об'ємне гаряче штампування виконують двома способами: у відкритих і закритих штампах. У першому випадку одержують поковку, коли у місці роз'єднання половинок штампа зроблено спеціальний рівчак, куди витісняється надлишковий метал заготовки через вузьку щілину, утворюючи облой. Вузька щілина заважає виходові металу в рівчак і сприяє доброму заповненню порожнини металом.



11. Облой відокремлюють на обрізних штампах, які обрізають облой безпосередньо після операції штампування.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

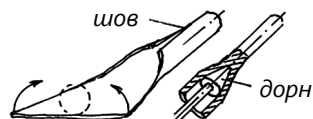
1. Що таке штампування?
2. Чим відрізняється штампування від кування?
3. Які існують види штампування?
4. Що таке штампування у відкритих штампах?
5. Які вироби отримують штампуванням?

9.7. Виготовлення сталевих труб (Навчальний елемент 38)

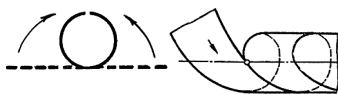
Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- способи виготовлення труб;
- види вихідного матеріалу для виготовлення труб;
- обладнання для виготовлення труб.

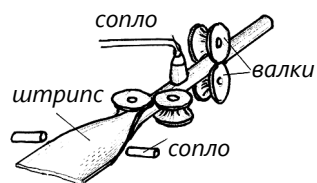
1. За способом виготовлення сталеві труби поділяють на зварні (зі швом) і безшовні (суцільно-тягнуті). Зварні труби значно дешевші, проте поступаються безшовним у міцності. Їх застосовують для порівняно низьких тисків.



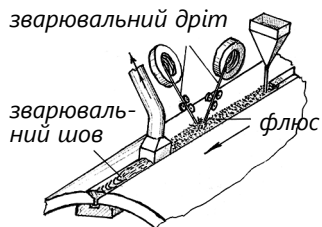
2. Як заготовку для зварних труб використовують стрічку у рулонах або спеціальні прокатні полоси (штрипси) завширшки з окружність труби.



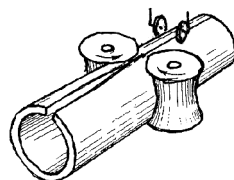
3. У процесі безперервного пічного зварювання труб штрипс проходить через піч, нагрівається до 1300–1340 °С. Після виходу кромки штрипса обдуваються повітрям із сопел. У результаті хімічних реакцій у залізі кромки розігріваються до температури 1400 °С і звільняються від окислини при обдуванні. Потім труба формується первинними формувальними і вторинними валками. Перед стисненням на вторинних валках кромки штрипса нагріваються до температури 1500 °С унаслідок обдування кромки повітрям, що надходить із сопла.



4. Дугове електрозварювання сталевих труб полягає в тому, що після формування труби з листа у місця з'єднання кромки автоматично подається електродний дріт, а місце зварювання покривається шаром флюсу для захисту металу шва від шкідливої дії повітря. Між трубою і електродним дротом виникає електрична дуга, яка розплавляє дріт і оплавляє зварювані кромки. Розплавлений метал заповнює стик між кромками, виступає і утворює шов.

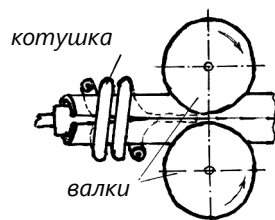


5. Роликове електроконтактне зварювання труб полягає в тому, що зі сталевий стрічки попередньо скручують трубу. Кромки стрічки щільно прилягають одна до одної. У спеціальному стані

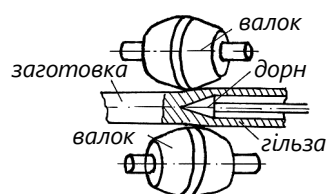


між кромками пропускають електричний струм великої сили, місце стику кромки нагрівається і під тиском роликів кромки зварюються. Для нагрівання використовується тепло, що виділяється у стикові, який чинить струму найбільший опір.

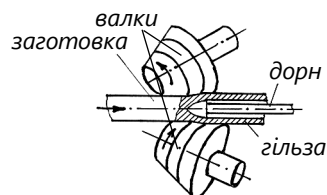
6. Під час зварювання струмом високої частоти із сталеві стрічки попередньо скручують трубу, а потім кромки трубної заготовки розігрівають до пластичного стану за допомогою індукційної котушки. Кромки стикового з'єднання зварюються за рахунок стиснення трубної заготовки валками.



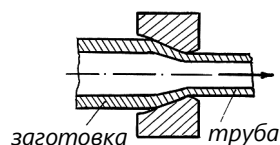
7. Безшовні гарячекатані (гарячедеформовані) труби виробляють прокатуванням. Круглу заготовку нагрівають до білого жару і пропускають через прошивний стан, де утворюють (прошивають) наскрізну круглу порожнину за допомогою валків і спеціальної оправки (дорна). На спеціальному стані отриману гільзу в нагрітому стані розкатують у трубу декілька разів, поки внутрішній діаметр і товщина стінки не набудуть необхідних розмірів.



8. Безшовні холоднокатані (холоднодеформовані) труби отримують так само, як і гарячедеформовані, шляхом прокату, але без підігрівання заготовок. Заготовкою для отримання холоднокатаних є гарячекатані труби.



9. Безшовні холоднотягнуті труби отримують із гарячекатаних труб шляхом холодного волочіння. При волочінні труби її протягують через кільце (волоку). При цьому діаметр труби зменшується до відповідного розміру, а якість поверхні труби покращується.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які існують основні способи виготовлення труб?
2. Як називають прокатні стрічки для виготовлення труб?
3. Поясніть сутність пічного зварювання труб.
4. Для чого використовують дорн при виготовленні безшовних труб?
5. Чим відрізняються труби гарячекатані від холоднокатаних?
6. З якою метою протягують холоднотягнуті труби через волоку?

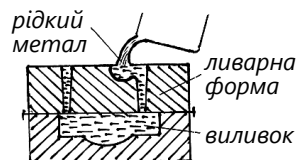
10. ОСНОВИ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

10.1. Суть ливарного виробництва (Навчальний елемент 39)

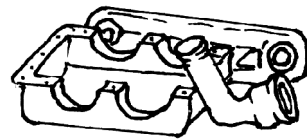
Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- елементарні відомості про отримання виливків;
- основні матеріали ливарного виробництва;
- особливості конструювання виливка.

1. Ливарне виробництво – це процес одержання виробів шляхом заливання рідкого металу в ливарну форму, порожнина якої за розміром і конфігурацією відповідає деталі. Виріб, отриманий шляхом лиття, називають виливком.



2. Лиття – найбільш економічний спосіб оброблення металів. Шляхом лиття можна одержати виріб будь-якої форми і майже з усіх металів. У багатьох випадках виготовити потрібні деталі можливо тільки литтям, особливо якщо вони мають складну конфігурацію, яку куванням, штампуванням, зварюванням одержати важко або неможливо. Серед заготовок, які використовують у машинобудуванні, виливки за сумарною масою посідають друге місце після зварювання.



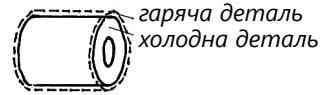
3. Основними матеріалами для лиття є чавун, сталь, сплави на основі алюмінію, міді, магнію, цинку, титану та ін. Поміж ливарних сплавів найпоширенішим у світовому масштабі є чавуни (до 80 %). До ливарних металів висувають певні вимоги: невисока температура плавлення, хороша рідинноплинність, мале усадження, незначна газозбирність тощо.



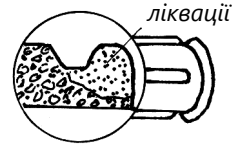
4. Рідинноплинністю називають здатність розплавленого металу добре наповнювати порожнину ливарної форми й точно відтворювати виливком конфігурацію цієї порожнини. Рідинноплинність залежить від температури й хімічного складу сплаву виливка.



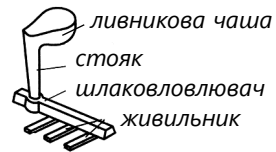
5. Усадження – це зменшення розмірів вилівка під час охолодження від температури заливання аж до кімнатної. На його значення впливають хімічний склад і температура заливання металу у форму. З підвищенням температури заливання усадження зростає.



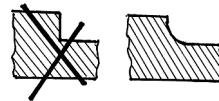
6. Ліквация спричиняє хімічну неоднорідність у різних зонах вилівка. На ліквацию впливають хімічний склад сплаву і швидкість його охолодження.



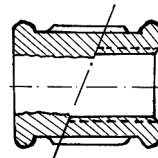
7. Ливникова система призначена для наповнення розплавленим металом порожнини ливарної форми, затримування шлаку й живлення вилівка металом під час кристалізації.



8. Конструюючи вилівок, вибирають раціональну конфігурацію і визначають оптимальні розміри вилівка, уникають раптових змін товщини стінок і різких переходів між спряженими поверхнями.



9. Під час конструювання вилівка враховують припуск на механічне оброблення – це додатковий шар металу, який видаляють у процесі механічного оброблення. Припуск визначають з урахуванням жолоблення, неточності виготовлення, а також ливарного усадження вилівка.



10. Приблизно 4/5 усіх вилівоків отримують в одноразових піщаних формах і 1/5 – спеціальними видами лиття. Ці види лиття поділяються більш ніж на 50 способів, основними із яких є: кокільне лиття, лиття під тиском, лиття в оболонкові форми, відцентрове лиття, лиття за моделями, які виплавляються, та ін.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

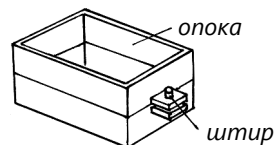
1. Які вимоги висувають до ливарних металів?
2. У чому полягають переваги ливарного виробництва?
3. Який спосіб лиття є найпоширенішим?
4. Яке призначення ливникової системи? Що таке усадження?

10.2. Лиття в одноразові піщані форми (Навчальний елемент 40)

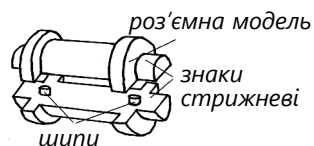
Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- елементарні відомості про отримання виливка в одноразовій формі;
- технологію виготовлення одноразових ливарних форм і стрижнів ручним способом.

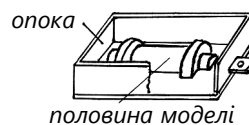
1. Переважну кількість виливків виготовляють в одноразових піщаних формах. Це лиття ґрунтується на використанні ручної праці при виготовленні ливарних форм, в яких отримують дрібні партії або унікальні виливки. Одним із найпоширеніших методів ручного формування є виготовлення форм у парних опоках.



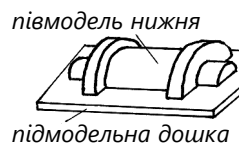
2. Розглянемо процес ручного формування у двох опоках за допомогою роз'ємної моделі – пристосування, за допомогою якого в ливарній формі створюється зовнішній контур майбутнього виливка. Частина моделі мають добре центруватись між собою за допомогою двох шипів і відповідних їм отворів. Моделі, які є копіями майбутніх виливків, можуть бути дерев'яними, металевими, пластиковими та ін.



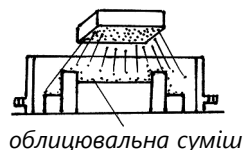
3. При ручному формуванні, наприклад, за роз'ємною (рознімною) дерев'яною моделлю, спочатку укладають нижню половину моделі на модельну дошку площиною рознімання.



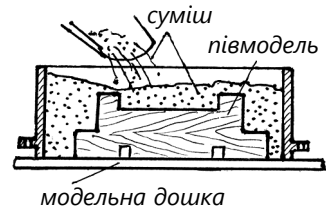
4. Потім накривають опокою, яка являє собою жорстку металеву (інколи дерев'яну) рамку. Опока призначена для набивання у ній півформи, утримання формувальної суміші, що утворює ливарну форму як під час її виготовлення і транспортування, так і під час подальшої заливки й охолодження виливка.



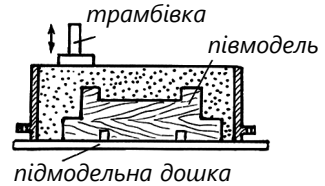
5. Щоб уникнути прилипання формувальної суміші до поверхні моделі останню припорошують графітовим порошком або наносять шар облицювальної суміші.



6. В опоку засипають формувальну суміш, яка складається з кварцового піску, глини і в'язучих матеріалів. Ці суміші повинні мати міцність готової форми, щоб струмінь рідкого металу не руйнував її при заливанні; пористість суміші необхідна для кращого вбирання газів, які виходять із рідкого металу; вогнетривкість дасть змогу уникнути розплавлення частин форми і потрапляння їх у метал виливка.



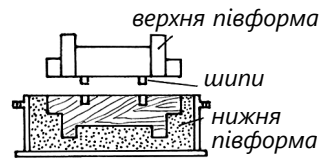
7. Для одержання кращого відтиску моделі формувальну суміш ущільнюють трамбівкою, а надлишок зрізують лінійкою на рівні верхньої кромки опоки.



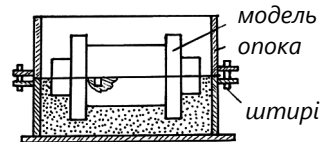
8. Підготовлену півформу разом із модельною дошкою перевертають на 180°.



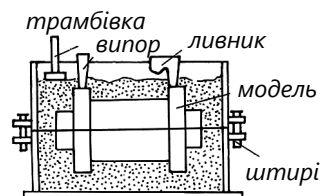
9. На нижню половину моделі накладають верхню її половину. Установлюють за допомогою шипів.



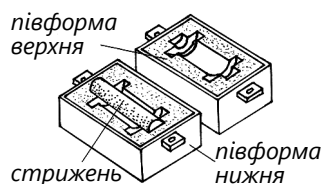
10. Потім накладають (встановлюють) на нижню півформу верхню опоку та з'єднують їх між собою за допомогою штирів.



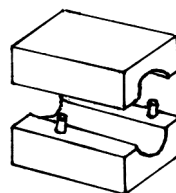
11. Установлюють моделі ливникової системи. Заповнюють верхню опоку сумішшю і знову її ущільнюють. При формуванні верхньої опоки встановлюють дерев'яні конуси, які утворюють канал для заливання металу – ливник, канали для виходу газів – випори.



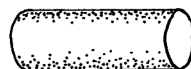
12. Після цього опоки роз'єднують. Знімають верхню півформу з нижньої, а також перевертають її на 180° площиною рознімання догори і обережно виймають обидві половини моделі.



13. Стрижні поміщають у форми тоді, коли вилівок повинен мати отвір або бути порожнистим. Стрижень перешкоджає суцільному заповненню форми розплавленим металом. Стрижні виготовляють шляхом формування у роз'ємних дерев'яних стрижневих ящиках із подальшим сушінням.

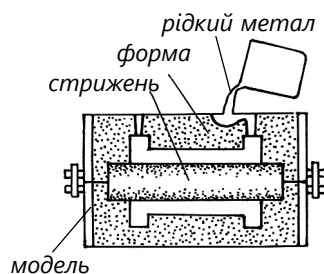


14. Для виготовлення стрижнів простої форми застосовують піщано-глинисті суміші з додаванням в'язучого матеріалу.

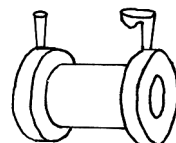


15. У нижню півформу вкладають стрижень і заново складають опоки та з'єднують їх штирями.

16. Метал заливають у форми. Після тверднення металу вилівок вибивають з форми, і потім з вилівка вибивають стрижень.



17. Ливники і випори обрубують, вилівок очищають і обробляють стрічковими і дисковими пилами, заливки відокремлюють пневматичними зубилами і шліфувальними кругами.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

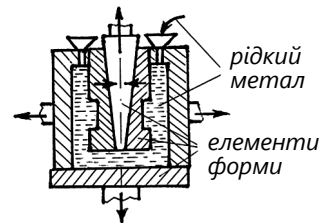
1. Опишіть процес лиття в одноразові піщані форми.
2. Що таке модель, з якого матеріалу її виготовляють?
3. Перелічіть операції приготування піщаної форми в двох опоках.
4. Яке призначення стрижнів?
5. Що таке опока і яке її призначення?
6. Чому роблять дві півформи?
7. Яка послідовність виготовлення одноразової піщаної форми?

10.3. Спеціальні види лиття (Навчальний елемент 41)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

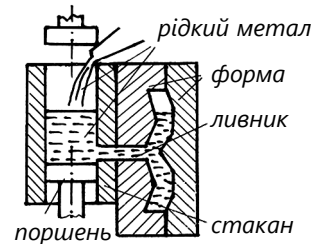
- елементарні відомості про отримання виливків;
- основні способи ливарного виробництва;
- технологію виготовлення одноразових ливарних форм і стрижнів ручним способом.

1. Лиття в металеві форми застосовують для дрібних і середніх виливків здебільшого у масовому їх виробництві. Кокіль – металева (сталь або чавун) форма багаторазового використання для отримання виливків шляхом заливки в неї розплавленого металу вільною струминою.

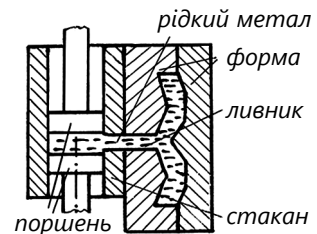


2. Литтям під тиском виконують невеликі виливки; воно вирізняється високою продуктивністю і значною точністю виливка, який зазвичай не потребує подальшого оброблення. Лиття проводять за допомогою спеціальних машин:

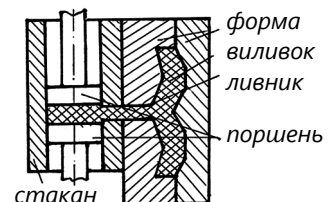
– у порожнину форми, що складається з двох половинок, подають рідкий метал через ливник із наповнювального стакана, на дні якого установлений нижній поршень, який до початку запресування перекриває ливниковий канал;



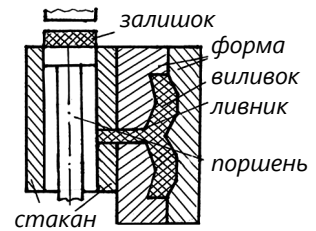
– верхній поршень, опускаючись, запресовує рідкий метал у порожнину форми. Нижній поршень у цей час опускається вниз, відкриваючи ливниковий канал;



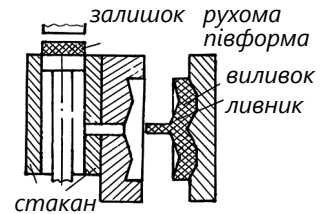
– після застигання;



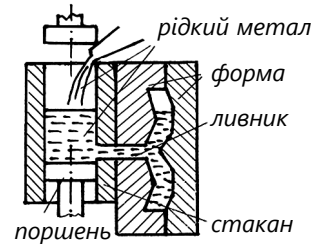
- після запресування рідкого металу у форму, верхній і нижній поршні піднімаються і тягнуть за собою залишок металу (виносять із наповнювального стакана);



- після застигання рухома половина форми відходить разом із виливком і виливок відокремлюється від форми;

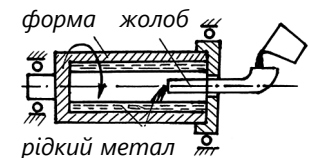


- нижній поршень повертається на місце, а після зняття виливка, часткового охолодження форми і покриття її поверхні мастикою цикл пресування повторюється.

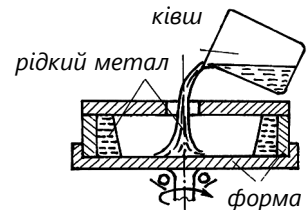


3. Відцентрове лиття застосовують для виготовлення пустотілих циліндричних виливків без використання стрижнів. Розплавлений метал заливають в обертову форму відцентрової машини. Під дією відцентрової сили він розтікається рівномірним шаром по стінках форми і твердне. Відцентрові машини, як правило, бувають двох основних типів: з горизонтальною і вертикальною осями обертання:

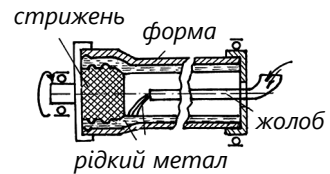
- на машинах із горизонтальною віссю обертання отримують виливки, у яких довжина значно більша за діаметр;



- на машинах із вертикальною віссю обертання відливають колеса, шестерні, втулки.

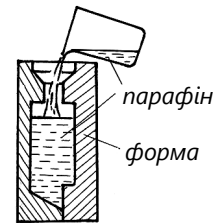


4. Для отримання розтрубних чавунних труб за цим способом у форму вставляють стрижень, який має обриси внутрішньої порожнини розтруба. Метал заливають через заливальну лійку по жолобу.

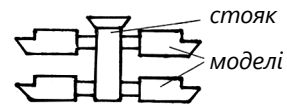


5. Лиття за моделями, які виплавляють, – точний вид лиття. Його застосовують для виготовлення дрібних деталей зі сталі та інших важкооброблюваних матеріалів:

– спочатку у спеціальній металевій формі із суміші стеарину та парафіну виливають моделі деталей. Таким самим способом виливають і деталі ливникової системи;



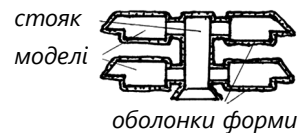
– моделі і ливникову систему складають у комплект; декілька таких моделей припаюють до парафіно-стеаринового стояка;



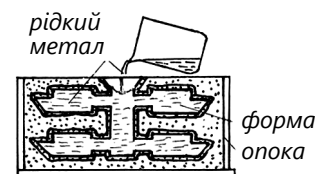
– покривають суспензією, обсипають піском і сушать;



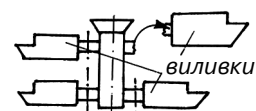
– моделі виливків зі стояком («ялинка») поміщають в гарячу водяну ванну, де вони виплавляються зі сформованої навколо них три- або чотиришарової оболонкової форми;



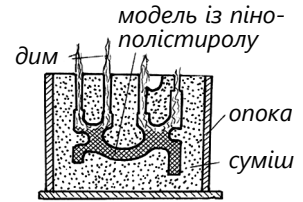
– оболонки форми сушать, прокалюють, заформовують в опоки і заливають рідким металом або сплавом;



– виливки, що вистигли у вигляді «ялинки», виймають із опоки, відокремлюють від стояка і відлущують від них залишки кераміки.



6. Лиття за моделями, які газифікуються, полягає у тому, що моделі й елементи ливникової системи виготовляють із пінополістиролу або інших матеріалів, які можна видаляти із піщаної форми методом випалювання. Це дає змогу випалювати моделі без формівних нахилів, не роблячи роз'ємні форми, не роз'єднуючи порожні форми для видалення моделі. Все це забезпечує отримання виливків підвищеної точності.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які вимоги висувають до ливарних металів?
2. У чому полягають переваги ливарного виробництва?
3. Як проводять лиття під тиском?
4. Перелічіть операції приготування піщаної форми у двох опоках.
5. Поясніть сутність відцентрового лиття.

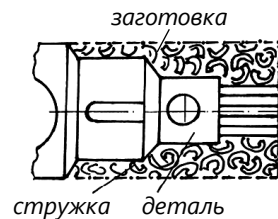
11. ОБРОБЛЕННЯ МЕТАЛІВ РІЗАННЯМ

11.1. Основні поняття і визначення (Навчальний елемент 42)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

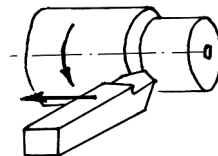
- визначення оброблення металів різанням;
- основні способи оброблення металів різанням;
- фізико-механічні основи процесу різання.

1. Оброблення металів різанням – це процес виготовлення деталей шляхом зняття різальним інструментом шару металу заготовки (стружки) для надання виробу (деталі) потрібної форми, заданих розмірів і чистоти поверхні.

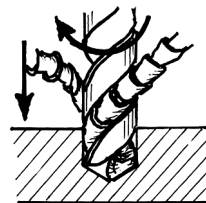


2. Види оброблення металів різанням розрізняють залежно від різального інструмента, конструкції металорізального верстата або від характеру руху інструмента і заготовки. Найпоширеніші способи оброблення металів різанням:

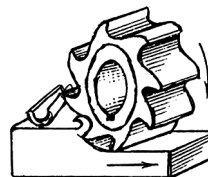
– точіння, коли заготовка обертається навколо своєї осі, а різець рухається паралельно, перпендикулярно або під кутом до осі обертання заготовки;



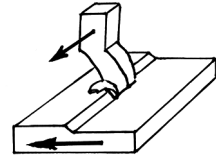
– свердління, коли заготовка закріплена нерухомо, а інструмент (свердло) одночасно виконує головний обертальний рух різання і рух подавання;



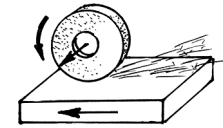
– фрезерування, коли головним рухом різання є обертання фрези, а переміщення заготовки – рух подавання;



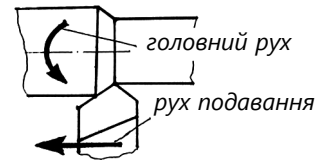
– стругання, коли оброблення виконується прямолінійним зворотно-поступальним головним рухом різця, а заготовки – переривчасто-поступальним рухом подавання;



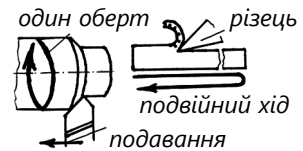
– шліфування, коли поверхню металу обробляють абразивним (шліфувальним) інструментом.



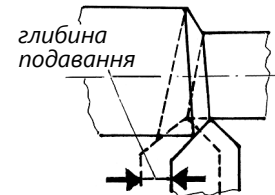
3. У процесі оброблення різанням розрізняють рухи різання робочі та допоміжні. Робочі рухи різання складаються з головного руху різання й руху подавання. Головний рух різання відбувається з найбільшою швидкістю і забезпечує лише відокремлення стружки, а рух подавання забезпечує неперервне відокремлення стружки.



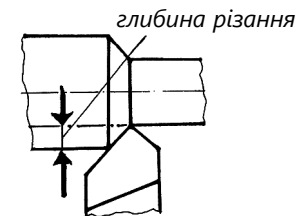
4. Швидкістю різання називають переміщення за одиницю часу оброблюваної поверхні щодо різальної кромки інструмента або переміщення інструменту щодо оброблюваної поверхні.



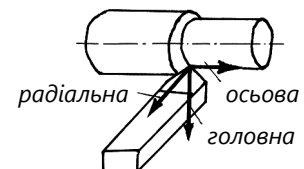
5. Подавання – це поступальне переміщення різальної кромки інструмента щодо заготовки в напрямку подавання за один оберт або подвійний хід заготовки чи інструмента.



6. Глибина різання – відстань між двома послідовними положеннями різальної кромки за один оберт заготовки.

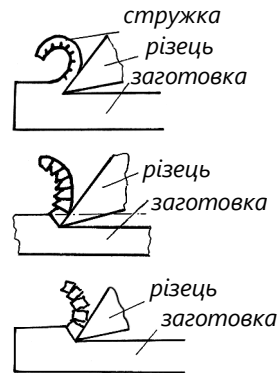


7. При обробленні різанням метал чинить опір ріжучому інструменту. Цей опір долається силою різання, прикладеною до передньої поверхні різця. Робота сили різання витрачається на деформацію і відрив елемента стружки від основної маси металу, а також додання тертя.



8. Залежно від умов різання і властивостей оброблюваного матеріалу стружка може бути:

- зливна (стрічкоподібна) – суцільна стрічка з гладкою поверхнею біля різця;
- відколювана (суглобиста) – також суцільна, на зовнішній поверхні видно зазубринки, складається з розмежованих елементів;
- надламана – складається з незв'язаних між собою окремих елементів різноманітної форми і утворюється під час оброблення крихких металів.



9. Поверхню, по якій сходиться стружка при різанні, називають передньою, а протилежну їй, звернену до обробленої поверхні заготовки, – задньою. Кут між передньою поверхнею і площиною, проведеною через різальну кромку перпендикулярно до обробленої поверхні, називають переднім. Задній кут утворюється задньою поверхнею і поверхнею різання. Кут різання – це кут між передньою і оброблюваною поверхнями.

10. Різальні інструменти працюють в умовах високого тиску, температури й тертя, тому для різальних інструментів використовують такі матеріали:

- інструментальні вуглецеві та леговані сталі, які після гартування легко шліфуються, отримується гострота вістря. Недоліком є їхня низька теплостійкість. З них виготовляють інструмент для невеликих швидкостей різання (плашки, розвертки, свердла, мітчики);
- швидкорізальні сталі – це леговані сталі, що містять у своєму складі значну кількість вольфраму;
- тверді металокерамічні сплави, які виготовляють спіканням порошків карбідів вольфраму, титану, танталу і порошку кобальту.

11. Металорізальні верстати поділяють на універсальні і спеціальні. Універсальні призначені для виконання різноманітних операцій при виготовленні деталей, різних за розмірами і формою, спеціальні – для виготовлення деталей одного типорозміру.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

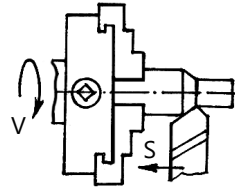
1. У чому полягає сутність оброблення металів різанням?
2. Які існують основні способи оброблення різанням залежно від руху інструмента і заготовки?
3. На які складові поділяють рухи при обробленні різанням?
4. Що таке головний рух?
5. Що таке швидкість різання? Подавання?
6. Якого вигляду може формуватися стружка?
7. З якого матеріалу виготовляють різальні інструменти?
8. На які види за рівнем спеціалізації поділяють металорізальні верстати?

11.2. Точіння (Навчальний елемент 43)

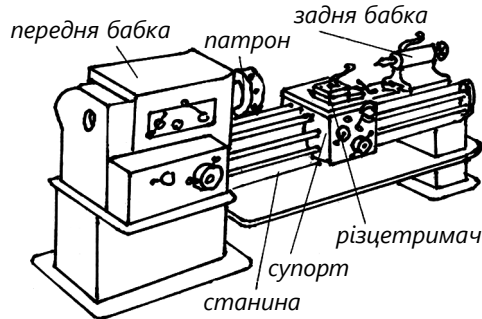
Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення оброблення металів на токарних верстатах;
- фізико-механічні основи точіння;
- елементи і геометрію токарного різця;
- види поверхонь, які обробляють на токарних верстатах;
- основні верстати токарної групи.

1. Токарне оброблення є одним із найпоширеніших методів оброблення металів різанням. Методом точіння обробляють зовнішні і внутрішні поверхні, які мають форму тіл обертання, нарізають зовнішні і внутрішні різьби.

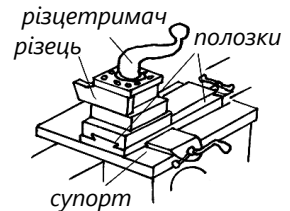


2. Токарні верстати є найбільш універсальними з-поміж усіх видів металорізального обладнання, на яких виконують обточування і розточування циліндричних, конічних і фасонних поверхонь обертання. Токарне оброблення виконують на токарних верстатах, які поділяють на токарні й токарно-гвинторізні.

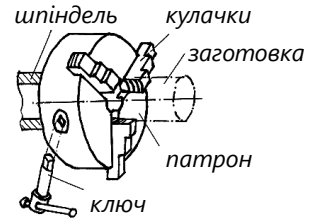


3. До основних частин токарно-гвинторізного верстата належать: станина, передня і задня бабки, коробка подач, патрон, супорт, ходовий гвинт, різцетримач.

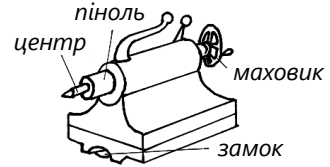
Супорт призначений для переміщення закріпленого в різцетримачі різця.



Кулачковий патрон – пристрій для затискання заготовки, розташований на кінці шпинделя (пожнестий вал).



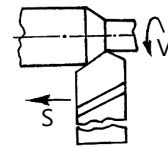
Задню бабку використовують для підтримування за допомогою центра правого кінця довгої заготовки, а також для закріплення інструмента для оброблення отворів.



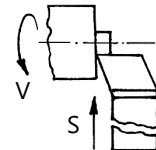
4. Токарний різець є клиноподібним різальним інструментом, який під час оброблення занурюють у тіло заготовки й поступово зрізають стружку. Різець складається із стрижня, за допомогою якого він закріплюється у різцетримачі на супорті верстака, і робочої частини (головки), за допомогою якої виконується різання. Залежно від призначення (виду оброблення) різці поділяють на:



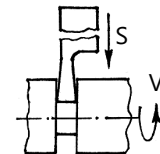
– прохідні – для обточування зовнішніх поверхонь;



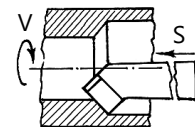
– підрізні – обробляють торцеві поверхні заготовок або уступи;



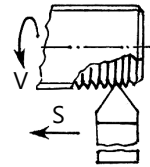
– відрізні – для відрізування частини металу заготовки і виточки кільцевих канавок;



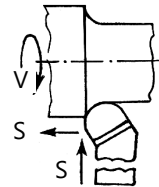
– розточувальні – обробляють наскрізні і глухі отвори;



- різьбонарізні – для нарізання зовнішньої або внутрішньої різьби;

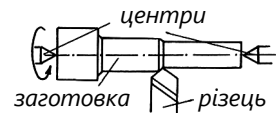


- фасонні – для чистового оброблення фасонних поверхонь.

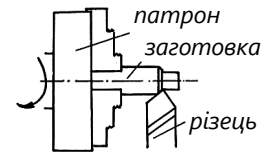


5. На токарних верстатах можна виконати такі операції:

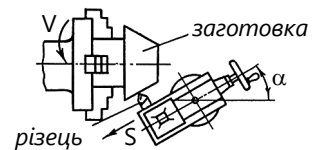
- точіння в центрах – при обточуванні зовнішніх поверхонь пруткових деталей (вали, осі), які підтримуються центром задньої бабки токарного верстата;



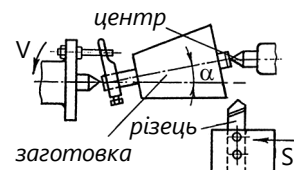
- точіння в патроні (трикулачковому або чотирикулачковому) – деталі закріплюють тільки в патроні (без підтримки вільного кінця центром);



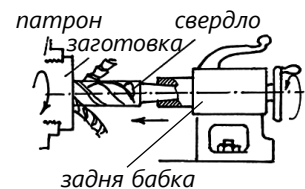
- точіння конусів із поворотом верхніх полозків супорта;



- точіння конусів із поперечним зміщенням корпуса задньої бабки;



- свердління свердлом, закріпленим у пінолі задньої бабки.



6. Токарні верстати-автомати і напівавтомати – це верстати, де оброблення деталей виконується автоматично. На токарних автоматах обробляють кріпильні деталі, втулки, деталі арматури тощо, які використовують у масовому виробництві.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

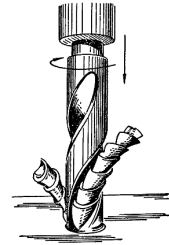
1. У чому полягає суть точіння?
2. З яких основних частин складається токарний станок?
3. Яке призначення різця, з яких частин він складається?
4. Які поверхні обробляють на токарному станку?
5. Як різці розрізняють залежно від призначення?
6. Як виточують конічну поверхню на токарному верстаті?
7. Як свердять отвори на токарному верстаті?

11.3. Свердління (Навчальний елемент 44)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення свердління;
- загальні відомості про свердлильні верстати;
- елементи і геометрію спірального свердла;
- типи поверхні, які обробляють на свердлильних верстатах.

1. Свердління – дуже поширений спосіб одержання отворів у суцільному металі за допомогою різального інструмента – свердла, якому надають обертального й поступального руху щодо його осі. На свердлильних верстатах обробляють переважно отвори у нерухомо закріплених заготовках.



2. Свердлильні верстати призначені для оброблення отворів інструментом, який виконує одночасно обертальний рух різання і поступальний рух подавання. Існує декілька типів свердлильних верстатів: радіально-свердлильні, горизонтально-свердлильні, багатшпиндельні, але найпоширенішими є вертикально-свердлильні.



3. Для свердління отворів найчастіше застосовують спіральні свердла, що мають дві основні частини – робочу та хвостовик. На циліндричній частині є дві гвинтові канавки, розміщені одна проти одної. Їхнє призначення – відводити стружку з отвору, що просвердлюється. Залежно від напрямку гвинтових канавок спіральні свердла поділяють на:



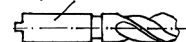
- праві, канавки яких спрямовані за гвинтовою лінією з підйомом зліва направо, свердло під час роботи обертається проти годинникової стрілки;
- ліві, канавки спрямовані за гвинтовою лінією з підйомом справа наліво, обертання відбувається за годинниковою стрілкою. Ліві свердла застосовують рідко.



4. Хвостовики у спіральних свердлах можуть бути:

- циліндричними, які закріплюють у шпинделі верстата за допомогою спеціальних патронів.

циліндричний хвостовик



- конічними, які вставляють безпосередньо в конічний отвір шпинделя верстата (конус Морзе).

конічний хвостовик

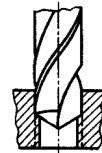


5. На свердлильних верстатах можна виконувати такі роботи:

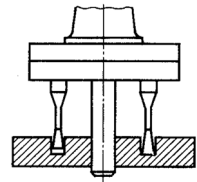
- свердління наскрізних і глухих циліндричних отворів за допомогою свердла;



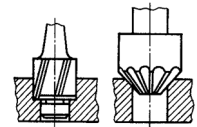
- розсвердлювання – збільшують діаметр попередньо просвердленого отвору;



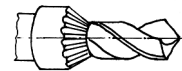
- розточування отворів – здійснюється різцем на свердлильному верстаті;



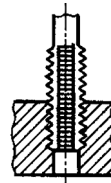
- зенкування – виконується при виготовленні в отворах циліндричних, конічних заглиблень і фасок;



- одночасне оброблення в отворі, наприклад, циліндричної і конічної поверхонь спеціальним комбінованим інструментом;



- нарізання внутрішньої різьби мітчиком у попередньо оброблених отворах.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. У чому полягає суть свердління?
2. Які існують свердла?
3. Які хвостовики бувають у свердлах?
4. Які роботи виконують на свердлильних верстатах?

11.4. Фрезерування (Навчальний елемент 45)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення фрезерування;
- основні види фрезерних верстатів;
- основні типи фрез;
- поверхні, які обробляють на фрезерних верстатах.

1. Фрезерування – процес оброблення площин, фасонних і гвинтових поверхонь, нарізання шліців, різей і зубчастих коліс, отримання гвинтових канавок за допомогою обертового ріжучого інструмента, який називають фрезою.

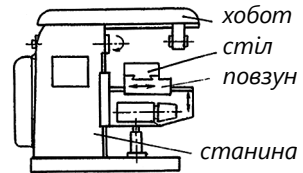


2. Під час оброблення фреза обертається, виконуючи головний рух різання, а заготовка пересувається прямолінійно, виконуючи рух подавання.

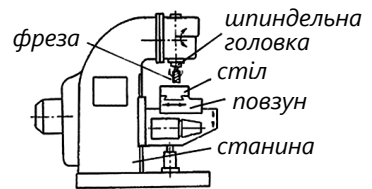
3. Фрезерування може бути проти подавання, коли рух фрези й заготовки протилежні фрезеруванню, і за подаванням характеризується збігом напрямків обертання фрези й напрямку подавання.

4. Фрезерні верстати є найпоширенішими металоріжучими верстатами:

– горизонтально-фрезерні використовують для оброблення плоских і фасонних поверхонь, пазів, а також для нарізання циліндричних зубчастих коліс;

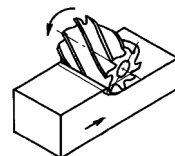


– вертикально-фрезерні – для оброблення плоских поверхонь торцевими або кінцевими фрезами. Інструмент кріпиться консьольно у вертикальному шпинделі.

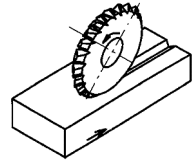


5. Фреза – багатолезовий інструмент, у якого по колу або на торці розміщені найпростіші ріжучі зубці. Фрези поділяють на:

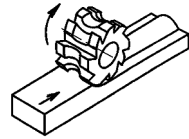
– циліндричні, для оброблення плоских поверхонь. Конструктивною особливістю цих фрез є розташування різальних ребер зубців на циліндричній зовнішній поверхні;



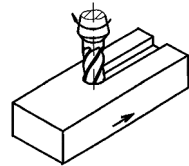
- дискові, призначені для оброблення пазів і вузьких плоских поверхнь. Від циліндричних вони відрізняються невеликою шириною;



- кінцеві (торцеві), застосовують для оброблення плоских поверхнь. Вони мають головні різальні ребра на циліндричній або на конічній поверхні та різальні ребра на торці;

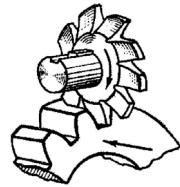


- фасонні, застосовують для оброблення поверхнь складного профілю.

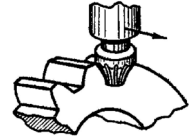


6. Циліндричні зубчасті колеса фрезерують:

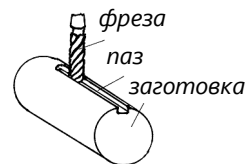
- модульними дисковими фрезами на горизонтально-фрезерних верстатах;



- модульними пальцевими фрезами на вертикально-фрезерних верстатах.



- #### 7. Пази (шпонкові) прямокутного перерізу виконують кінцевими фрезами на вертикально-фрезерних верстатах.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

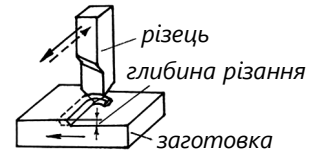
1. У чому полягає суть фрезерування?
2. Які є основні типи фрез?
3. Назвіть схеми фрезерування.
4. На які основні типи поділяють фрезерні верстати?

11.5. Стругання, довбання та протягування (Навчальний елемент 46)

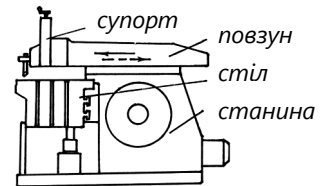
Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- особливості стругання, довбання та протягування;
- визначення оброблення металів на стругальних верстатах;
- елементи та геометрію протяжки;
- поверхні, які обробляють на стругальних і довбальних верстатах.

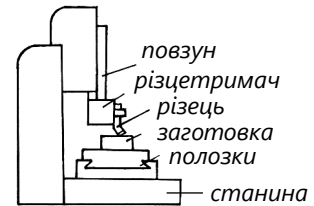
1. Стругання – спосіб оброблення поверхонь заготовки різцем, завдяки двом прямолінійним горизонтальним рухам. Головний рух різання щоразу чергується зі зворотним ходом.



2. Стругальні верстати використовують для тих самих робіт, що і фрезерні, тобто для оброблення площин, різноманітних пазів і фасонних лінійних поверхонь. Особливість цих верстатів полягає у тому, що рух різання прямолінійний (зворотньо-поступальний).



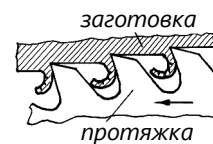
3. Довбання є різновидом стругання. Головний рух різання відбувається у вертикальній площині, а рух подавання – у горизонтальній.



4. Довбальні верстати застосовують для оброблення отворів різної форми, шпонкових ривчаків в отворах. У довбальних верстатах головний рух різання відбувається у вертикальній площині. Стіл із заготовкою пересувається у двох взаємноперпендикулярних горизонтальних площинах.



5. Протягування застосовують для оброблення внутрішніх і зовнішніх поверхонь за допомогою багатолезового інструмента – протяжки. При протягуванні за один хід інструмента зрізають увесь припуск заготовки.

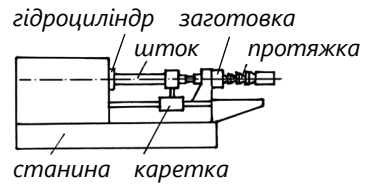


6. Протяжка – металорізальний інструмент у вигляді стрижня, на якому послідовно розташовані зубці заданого профілю, і кожен наступний зубець виступає над попереднім.

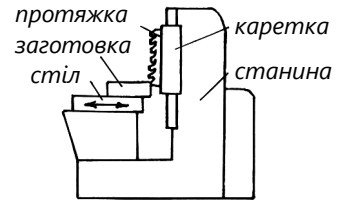


7. Протяжні верстати залежно від напрямку руху протяжки поділяють на:

– горизонтально-протяжні, які використовують переважно для оброблення внутрішніх поверхонь;



– вертикально-протяжні – для оброблення зовнішніх і внутрішніх поверхонь.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. У чому полягає суть стругання і довбання?
2. Як виконують протягування?
3. Що таке протяжка і як нею обробляють метали?
4. Які рухи виконують під час стругання?

11.6. Шліфування (Навчальний елемент 47)

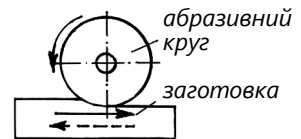
Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- визначення шліфування;
- основні схеми шліфування;
- види абразивних інструментів;
- види основних шліфувальних верстатів;
- типи поверхонь, які обробляють на шліфувальних верстатах.

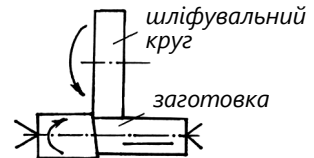
1. Шліфування – процес оброблення деталей за допомогою шліфувальних кругів. У більшості випадків шліфування є оздоблювальною операцією, яка забезпечує високу точність розмірів і високу якість обробленої поверхні.



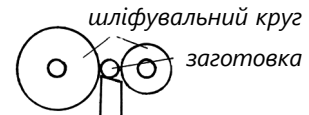
2. Залежно від форми поверхонь, які обробляють, існують різні схеми шліфування. При плоскому шліфуванні, окрім головного руху різання круга, є горизонтальне подавання заготовки і вертикальне подавання круга.



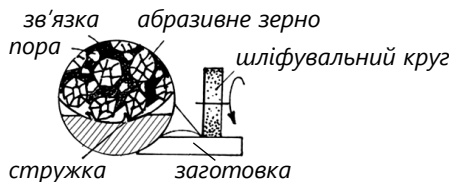
3. Найпоширенішим способом зовнішнього шліфування є кругле з горизонтальним подаванням. Цим способом обробляють циліндричні й конічні поверхні.



4. При безцентровому шліфуванні оброблювану заготовку кладуть на ніж між двома кругами, які незалежно обертаються.



5. Абразивні матеріали – зернисті речовини високої твердості, які використовують для виготовлення абразивних інструментів. Зернистість абразивів залежить від припуску на оброблення. Грубозернисті абразивні інструменти призначені для зрізання стружки великих розмірів, а дрібнозернисті – для зрізання тонкої стружки.



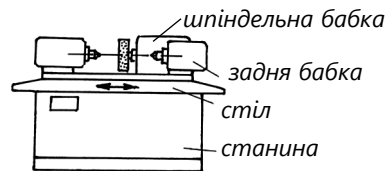
6. Абразивні інструменти дуже різноманітні, але найпоширенішими серед них є тіла обертання, призначені для шліфування. Шліфувальні круги можуть бути:

- плоскими прямими, які мають циліндричну форму й плоскі торці; застосовують для круглого та плоского шліфування;
- чашковими конічними, застосовують переважно для загострення різальних інструментів;
- дисковими, використовують для оброблення пазів і розрізування матеріалів.



7. Шліфувальні верстати за конструкційними і технологічними ознаками (видом виконаних робіт) поділяють на:

- плоскошліфувальні – обробляють плоскі поверхні заготовок. Закріплюють заготовки на столі за допомогою електромагнітної плити або спеціальних пристроїв;
- круглошліфувальні – призначені для зовнішнього шліфування циліндричних і конічних поверхонь.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. У чому полягає суть шліфування?
2. Що таке абразивні матеріали, які їхні властивості?
3. Які шліфувальні круги ви знаєте?
4. Перелічіть основні схеми шліфування.
5. Назвіть основні шліфувальні верстати.

12. СПЕЦІАЛЬНІ СПОСОБИ ОБРОБЛЕННЯ МЕТАЛІВ

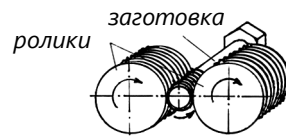
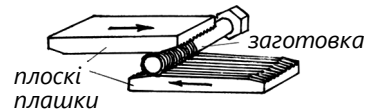
12.1. Оброблення поверхневим деформуванням (Навчальний елемент 48)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

- основи оброблення металів поверхневим деформуванням;
- процес накатування різі;
- особливості накатування шліців і зубчатих коліс;
- зміцнювально-калібрувальні методи оброблення металів.

1. Оброблення заготовок методами пластичного поверхневого деформування відбувається без зняття стружки. Формотворні методи слугують для накатування різей у холодному стані з використанням:

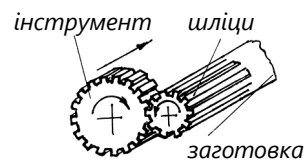
- плоских різцевих плашок, коли заготовку прокочують між плашками, на робочих поверхнях яких виконані розгортки профілю різі. Коли одна плашка прямолінійно переміщується щодо другої, заготовка котиться між ними і вдавлює профіль різі;
- циліндричних роликів, коли вони обертаються в одному напрямку, а між ними розташована заготовка, завдяки чому поступово формується висота різі.



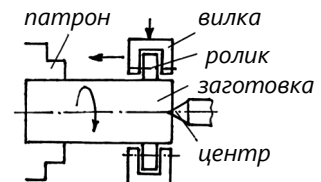
2. Зубці коліс накатують за допомогою спеціальних накатників як у холодному, так і в гарячому стані.



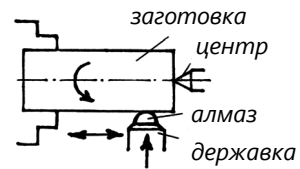
3. Шліці на валах накатують інструментом, профіль якого відповідає профілю впадин між шліцами. Інструмент заглиблюється у заготовку, обертаючись навколо своєї осі й рухаючись уздовж заготовки.



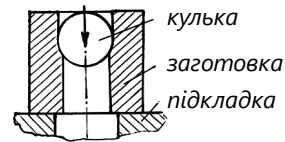
4. Зміцнювально-калібрувальний метод ґрунтується на пластичному згладжуванні твердим роликком поверхневих мікровиступів, а твердість поверхневого шару підвищується завдяки наклепу.



5. Для оброблення металів із підвищеною твердістю застосовують алмазне вигладжування, коли алмаз півсферичної поверхні загладжує мікронерівності поверхні.



6. Метод калібрування полягає в проштовхуванні крізь оброблюваний отвір твердого інструмента (кулька або дорн), розмір якого дещо перевищує розмір отвору.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. У чому полягає суть оброблення металів методами пластичного поверхневого деформування?
2. Яким інструментом накатують різі?
3. Як наочують зубчасті колеса?
4. Які існують зміцнювально-калібрувальні методи?
5. Як виконують калібрування отворів?
6. Що таке алмазне вигладжування?

12.2. Електрофізичні методи оброблення металів (Навчальний елемент 49)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні знатимуть:

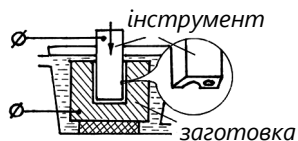
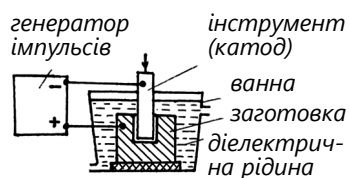
- суть електрофізичного методу оброблення;
- фізико-механічні основи електроерозійного методу оброблення;
- особливості електроіскрового методу оброблення;
- особливості ультразвукового методу оброблення;
- особливості лазерного методу оброблення;
- можливості оброблення нетрадиційних матеріалів і поверхонь.

1. Порівняно зі звичайним обробленням металів різанням, електричне оброблення дає змогу обробляти деталі з матеріалів із найвищими фізико-хімічними властивостями, якщо застосування звичайного методу є важким або зовсім неможливим (тверді сплави, алмазні та кварцові матеріали).

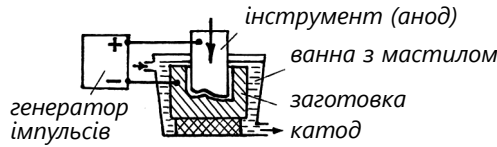
2. Суть електроіскрового методу полягає в тому, що метал під дією електричних іскрових розрядів руйнується, тобто відбувається так звана електрична ерозія. Процес виконують на спеціальному верстаті в бачку (ванні), наповненому гасом або мастилом. Електроіскровим методом отримують:

– глухі та наскрізні отвори будь-якої форми в поперечному перерізі;

– отвори з криволінійними осями.



3. Електроімпульсне оброблення ґрунтоване на використанні розрядів, які виникають між поверхнями інструменту та заготовки (катада і анода) за допомогою імпульсів напруги, що виробляється спеціальним генератором; дуговий розряд при цьому триваліший і потужніший, ніж при електроіскровому методі. Під час такого оброблення плавляться малі частинки металу в зоні електричних розрядів, які виникають між електродами. Цей метод використовують для прошивання отворів, об'ємного копіювання й оброблення різців, фрез і штампів із жароміцних і твердих сплавів.

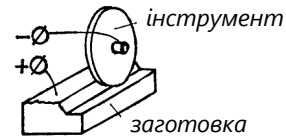


4. Електроконтактне оброблення – це електромеханічне руйнування металу, переважно на повітрі без використання електроліту. Метал руйнується під дією електродугових розрядів між інструментом, що швидко рухається, і заготовкою. Використовують для:

– різання заготовок;



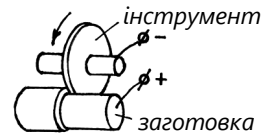
– обдирання виливків;



– заточення інструменту;



– оброблення круглих заготовок.

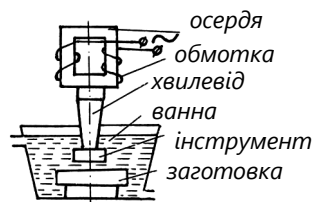


5. Анодно-механічне оброблення – це електромеханічне й електрохімічне руйнування металу, при якому інструмент є катодом, заготовка є анодом. Під час операції в зону оброблення шлангом подають електроліт таким чином, щоб зазор між диском і заготовкою був завжди заповнений робочою рідиною. При проходженні постійного струму через електроди і електроліт поверхня заготовки зазнає анодного розчинення і на ній утворюється струмонепровідна плівка, яка знімається інструментом. Розряди, що утворюються в зоні оброблення, розвивають високу температуру, яка дає змогу виплавляти метал заготовки.

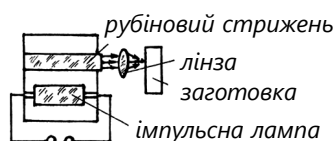


6. Ультразвукове оброблення ґрунтоване на руйнуванні оброблюваного матеріалу абразивними зернами під ударами інструмента, що коливається з ультразвуковою частотою. Джерелом коливань є спеціальні вібратори, які передають ультразвукові коливання інструменту-вібратору, опущеному в

абразивну суспензію в зоні оброблення. Ультразвукове оброблення використовують для прошивання отворів у заготовках із твердих і крихких матеріалів і скла, твердих сплавів, загартованої сталі.



7. Оброблення світловим променем (лазером) використовують для заготовок із важкооброблювальних матеріалів. Лазер – це оптичний квантовий генератор, який виробляє в певних умовах світлові промені з високою щільністю енергії, строго направлені на дуже малу ділянку оброблюваного матеріалу, який миттєво нагрівається, плавиться і випаровується. Лазером виконують різання металу, утворення дуже малих отворів і виконання інших видів розмірного оброблення.



8. Електрохімічне свердління здійснюють у проточному електроліті. Під дією електроліту, що виходить під тиском із пустотілого катода в місці його дотику з оброблюваною деталлю (анодом), виникає розчинення металу, при цьому форма порожнини, що утворюється, точно відповідає поперечному перерізу струменя електроліту.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Яке фізичне явище лежить в основі ультразвукового оброблення?
2. У чому полягає суть електроіскрового методу оброблення?
3. На чому ґрунтується лазерне оброблення?
4. Які поверхні можна обробляти електроіскровим методом?
5. Що являє собою ультразвукове оброблення?

Тести до модуля 3

1. Як називають здатність металів або виробів витримувати той чи той вид оброблення?
а) фізичні властивості; б) термічне оброблення; в) технологічні проби
2. Як називають властивість матеріалу, яка дорівнює відношенню маси матеріалу до займаного об'єму?
а) міцність; б) пластичність; в) густина
3. Який із цих металів або сплавів має найбільшу електропровідність?
а) мідь; б) залізо; в) ніхром
4. Як називають властивість металів, не руйнуючись, змінювати під дією зовнішніх сил свою форму після припинення дії сил?
а) пластичність; б) міцність; в) пружність
5. Яка властивість не належить до технологічних?
а) зварюваність; б) рідинноплинність; в) твердість
6. Як називають здатність металу чинити опір вдавненню в нього інших тіл?
а) твердість; б) пружність; в) крихкість
7. До яких властивостей належить ковкість?
а) хімічних; б) механічних; в) технологічних
8. Як називають здатність листового металу витримати, не руйнуючись, повторні згини?
а) проба видавлюванням;
б) проба на осадження;
в) проба на перегин
9. Яку застосовують пробу тонколистового металу, призначеного для холодного штампування?
а) проба на видавлювання;
б) проба на осадження;
в) проба на замок
10. Як називають пробу, коли сталь обробляють шліфувальним кругом?
а) проба на сплющення;
б) проба на осадження;
в) проба на іскру
11. Завдяки якій властивості металу одержують вироби шляхом прокатування?
а) міцність; б) пластичність; в) твердість
12. За рахунок чого підвищують пластичність металу?
а) нагрівання; б) охолодження; в) намагнічування
13. Як називають оброблення металів тиском, яке полягає у пропусканні металу в проміжок між двома валками, що обертаються?
а) прокатування; б) волочіння; в) пресування
14. Оброблення металів тиском, яке полягає в протягуванні заготовки через отвір, переріз якого менший за переріз заготовки, – це...
а) штампування; б) волочіння; в) кування

15. Як називають оброблення металів тиском, коли метал, поміщений у замкнений контейнер, під дією тиску видавлюється через калібрувальний отвір?
а) прокатування; б) волочіння; в) пресування
16. Який виріб одержують методом волочіння?
а) поковку; б) прокат; в) дріт
17. Як називають спеціальні прокатні стрічки, з яких формуються труби?
а) оправка; б) ролики; в) штрипс
18. Яке призначення виконує електрична дуга при виготовленні труб?
а) захист металу від шкідливої дії кисню;
б) розплавлення дроту і оплавлення кромки;
в) покриття шаром флюсу
19. Яке призначення спеціальної оправки (дорна) при виготовленні труб?
а) для прошивання отвору;
б) для вирівнювання труби;
в) для зварювання труби
20. Як називають кування, яке проводять ударами молотка або кувалди по нагрітій заготовці, яка лежить на ковадлі?
а) ручне; б) машинне; в) у штампах
21. Ковальська операція, що полягає у збільшенні довжини заготовки за рахунок зменшення її поперечного перерізу, – це...
а) осанка; б) витяжка; в) пробивання
22. Як називають ковальський інструмент, який використовують для пробивання отворів?
а) свердло; б) обтискач; в) пробійник
23. За допомогою якого інструменту при куванні утримують заготовку?
а) кліщі; б) кусачки; в) кувалда
24. Яким методом штампування перетворюють стаканоподібну заготовку на кулясту заготовку?
а) вирубування; б) штампування гумою; в) штампування рідиною
25. Перед штампуванням заготовку нагрівають для:
а) збільшення пластичності;
б) збільшення розмірів заготовки;
в) збільшення міцності металу
26. До якого способу належить штампування вибухом?
а) листове штампування;
б) штампування у закритих штампах;
в) об'ємне гаряче штампування
27. При якому штампуванні об'єм заготовки дорівнює об'єму порожнини штамп?
а) у відкритих штампах; б) у закритих штампах; в) у витяжних штампах
28. Як називають дерев'яні копії майбутніх виливків?
а) опока; б) модель; в) ливник
29. Що розміщують у формі, коли вилівок повинен мати отвір?
а) стрижень; б) ливник; в) опоку

30. Як називають металеву форму багаторазового використання для отримання виливок?
а) опока; б) ливник; в) кокіль
31. Для отримання яких виливок використовують відцентрове лиття?
а) пустотілих циліндричних;
б) складної конфігурації;
в) дрібних деталей
32. Який спосіб лиття найпоширеніший?
а) у піщаних формах;
б) відцентрове лиття;
в) під тиском
33. Які вимоги ставлять до ливарних металів?
а) хороша рідинноплинність;
б) мала теплоємність;
в) висока пластичність
34. При якому способі лиття моделі поміщають у гарячу водяну ванну?
а) відцентровому;
б) за моделями, які виплавляються;
в) за моделями, які газифікуються
35. Як називають виріб, отриманий шляхом лиття?
а) твел; б) виливок; в) опока
36. З якого металу чи сплаву найбільше виливають виробів?
а) бронза; б) чавун; в) алюміній
37. Як називають металеву або дерев'яну рамку для утримання формувальної суміші?
а) модель; б) випар; в) опока
38. Яким методом обробляють зовнішні і внутрішні поверхні, які мають форму тіл обертання?
а) фрезеруванням; б) свердлінням; в) точінням
39. Яке оброблення металів різанням є одним із найпоширеніших?
а) стругання; б) точіння; в) шліфування
40. Які роботи не можна виконувати на свердлильному верстаті?
а) стругання вертикальних площин;
б) нарізання різьби;
в) зенкування
41. Як називають багатолезовий інструмент, у якого по колу або на торці розміщені ріжучі зубці?
а) фреза; б) свердло; в) різець
42. Яких фрезерних верстатів не існує?
а) горизонтальних; б) прохідних; в) вертикальних
43. Яких шліфувальних верстатів не існує?
а) круглошліфувальних;
б) квадратношліфувальних;
в) плоскошліфувальних

44. Яких свердел не існує?
а) спіральних; б) перових; в) хвостових
45. Яким інструментом обробляють метал на стругальному верстаті?
а) різцем; б) фрезою; в) протяжкою
46. Як називають частину різця, яка заглиблюється у тіло заготовки і зрізує стружку?
а) головна; б) робоча; в) основна
47. Який вид оброблення має найвищу точність?
а) точіння; б) фрезерування; в) шліфування
48. Як називають інструмент у вигляді стрижня, на якому послідовно розташовані зубці, кожний наступний з яких виступає над попереднім?
а) свердло; б) протяжка; в) фреза
49. Як відбувається оброблення металів методом поверхневого деформування?
а) без зняття фасок;
б) без зняття стружки;
в) зі зняттям окалини
50. Чи можна накатувати різь плоскими плашками?
а) можна; б) ні; в) тільки круглими
51. Чи можна накатувати зубці зубчастих коліс?
а) можна; б) ні; в) можна тільки великі
52. Яке призначення обкочування циліндричних поверхонь?
а) підвищення пластичності;
б) підвищення твердості;
в) воронування поверхні
53. У чому полягає суть калібрування?
а) обкочування роликком;
б) накочування накатником;
в) проштовхування кульки
54. Яким методом обробляють дуже тверді матеріали?
а) алмазним вигладжуванням;
б) електрофізичним методом;
в) калібруванням
55. Як називають оброблення, яке ґрунтується на миттєвому нагріванні оброблюваної поверхні світловим променем?
а) ультразвукове; б) електроіскрове; в) лазерне
56. Як називають оброблення, основане на електромеханічному руйнуванні металу, переважно на повітрі?
а) електроконтактне;
б) електроімпульсне;
в) електроіскрове

Частина 4. ЗВАРЮВАННЯ

Змістовий модуль 4

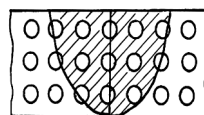
13. СУТЬ ЗВАРЮВАННЯ ТА ПАЯННЯ

13.1. Загальні відомості про зварювання (Навчальний елемент 50)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні вмітимуть:

- визначати, що таке зварювання;
- ідентифікувати види зварювання залежно від виду прикладеної енергії;
- визначати, до якого класу належать способи зварювання.

1. Зварювання – це отримання нероз’ємних з’єднань за рахунок встановлення міжатомних зв’язків між частинами, які з’єднуються при їх нагріванні і (або) пластичній деформації. Це визначення стосується як металів, так і неметалевих матеріалів (пластмаси, скла тощо).



2. Зварюваністю називають властивість металу і з’єднань металів утворювати при встановленій технології зварювання з’єднання, які відповідають вимогам, зумовленим конструкцією та експлуатацією виробу. На зварюваність сталі найбільше впливає її хімічний склад. Добре зварюються низьковуглецеві сталі. Зварювання середньовуглецевих сталей можливе за умови дотримання особливої технології. Ручне дугове зварювання високовуглецевих сталей не рекомендується.

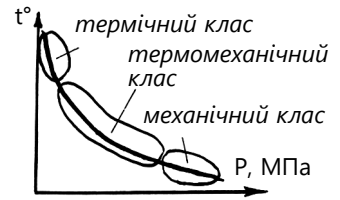


3. Для утворення зварювальних з’єднань необхідно зблизити краї з’єднувальних частин і створити умови для того, щоб між ними почали діяти міжатомні зв’язки. Ці зв’язки можуть установитися між деталями тільки тоді, коли атоми, що з’єднуються, отримають енергію ззовні і внаслідок цього отримають відповідні переміщення, які дадуть їм змогу зайняти в загальній атомній решітці

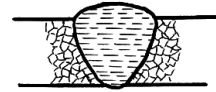


стійке положення (досягти рівноваги між силами притягування та відштовхування).

4. Використовують понад 60 видів зварювання, які класифікуються за основними фізичними ознаками. Залежно від форми енергії, що використовується, є три класи зварювання: термічний, термомеханічний і механічний.

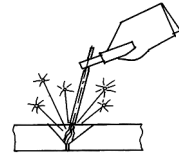


5. Термічний клас зварювання характеризується тим, що від нагрівання зовнішнім джерелом утворюється рідкий метал оплавлених кромek, який самовільно з'єднується (якоюсь мірою перемішується). При цьому утворюється ванна розплавленого металу. Після усунення джерела нагрівання метал зварювальної ванни кристалізується і утворює зварювальний шов, який з'єднує зварювані частини. Шов може утворюватися тільки за рахунок переплавлення металу на кромках або допоміжного присадного металу, введеного у зварювальну ванну.

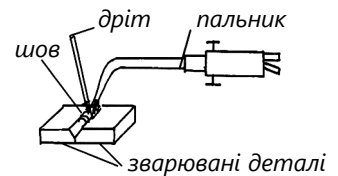


6. Усі види зварювання термічного класу визначаються безпосередньо джерелом тепла, яке використовують для розплавлення металу, наприклад:

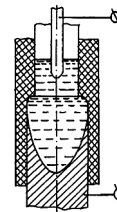
– дугове – найпоширеніший спосіб з'єднання металевих деталей, який використовує тепло електричної дуги;



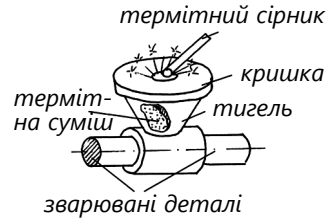
– газове – зварювання плавленням, під час якого для нагрівання використовують тепло полум'я суміші газів, що спалюється за допомогою пальника;



– електрошлакове – зварювання плавленням, під час якого для нагрівання металу використовують тепло, що виділяється при проходженні електричного струму через розплавлений шлак;

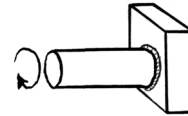
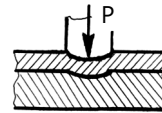
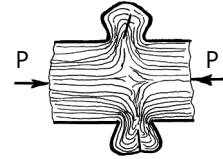


- термітне – зварювання, при якому для нагрівання використовують тепло горіння термітної суміші (термітів), що складається з порошків металів, дуже подібних до кисню, наприклад алюмінію, і порошків оксиду заліза.

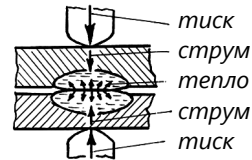


7. Суть механічного класу зварювання полягає у пластичному деформуванні металу на кромках частин, які зварюються, що досягається статичним або ударним навантаженням. Завдяки пластичній деформації метал на кромках зазнає тертя між собою, що прискорює процес установаження міжатомних зв'язків між сусідніми частинами. Механічний клас охоплює види зварювання з використанням механічної енергії й тиску:

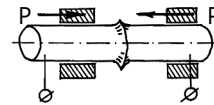
- зварювання холодне виконується при кімнатній температурі деталей (без нагрівання) завдяки глибокій пластичній деформації ділянок металу в зоні з'єднання. Використовують для з'єднання високопластичних металів (мідь, алюміній та ін.);
- зварювання тертям основане на нагріванні металу до пластичного стану за рахунок виділення тепла під час тертя торцевої поверхні однієї деталі об іншу.



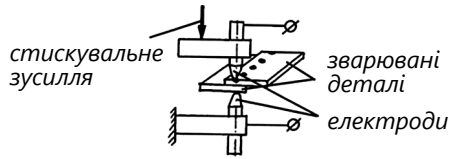
8. Термомеханічний клас об'єднує види зварювання, під час яких використовується як теплова енергія, так і тиск:



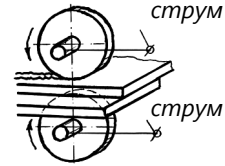
- контактне стикове – зварювання з використанням тиску. Нагрівання створюється теплом, яке виділяється при проходженні електричного струму через з'єднані частини, що контактують;



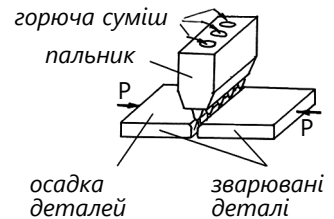
- контактне точкове – зварювання, при якому з'єднання елементів виконуються на ділянках, що обмежені площею торців електродів, до яких підводять струм і передають стискувальне зусилля;



- контактне шовне – коли окремі точки частково перекривають одна одну, утворюючи безперервний шов деталей, що зварюються. Листи металу пропускають між роликami, які обертаються і через які проходить електричний струм;

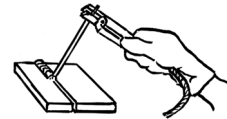


- газопресове – зварювання тиском, під час якого нагрівання проводиться полум'ям газів, які спалюються на виході зварного пальника.

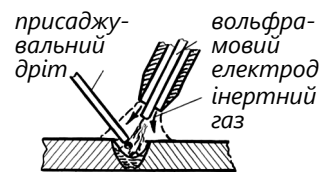


9. Електродугове зварювання – спосіб з'єднання металевих деталей, який використовує тепло електричної дуги. Електричною або зварювальною дугою називають явище з утворенням перш за все концентрованої променевої енергії, теплоти, звуку та інших ефектів у проміжку між електродом і деталлю, який заповнений повітрям або газами, при проходженні електричного струму в цьому проміжку.

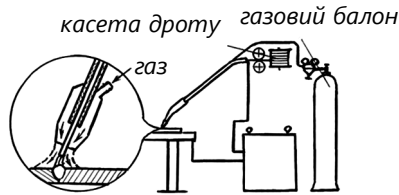
10. Ручне дугове зварювання виконує людина за допомогою електрода, який плавиться або не плавиться.



11. Дугове зварювання в захисному газі може виконуватись електродом, що не плавиться (вольфрамовим), коли зварний шов формується за рахунок металу розплавлених кромek, а також присаджувального дроту. Розплавлений метал захищають від окислення і азотування струменем захисного газу, який витісняє атмосферне повітря із зони дуги.



12. Крім цього, може бути зварювання в захисному газі електродом, що плавиться. В зону дуги подається електродний дріт, який плавиться і бере участь у формуванні зварного шва. Розплавлений метал захищають від окислення і азотування так само, як і в першому випадку. Це зварювання ще називають напівавтоматичним, оскільки автоматизують тільки процес подання електродного дроту.



13. Дугове зварювання під шаром флюсу – це зварювання, коли електрична дуга горить між основним металом та електродним дротом під шаром сипучого флюсу і розплавленого шлаку, який захищає зварювальну ванну від атмосферного повітря. Зварювання під флюсом ще називають автоматичним, адже подання електрода в зону дуги та переміщення його вздовж зварюваних кромek виконується автоматично.

14. Плазмові багатофункціональні апарати використовують для різання, зварювання, паяння, гартування та напилення металів і неметалів. Ці апарати складаються з плазмового пальника та електронного блока живлення. Плазмовий пальник використовується для отримання теплової енергії. Всередині стволу пальника між анодом і катодом запалюється електрична дуга, яка перетворює рідину (воду) спочатку на пару, а потім на плазму. При цьому пара іонізується і під природно утвореним тиском виходить із сопла пальника у вигляді плазмового струменя.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

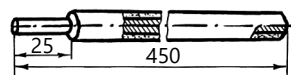
1. Які умови необхідно створити, щоб відбулося зварювання?
2. Які є три класи зварювання?
3. Які види зварювання належать до термомеханічного класу?
4. Назвіть види термічного класу зварювання.
5. До якого класу належить електрошлакове зварювання?
6. У чому суть термітного зварювання?
7. Чим відрізняється автоматичне зварювання від напівавтоматичного?
8. Яке призначення флюсу при автоматичному зварюванні?
9. Який спосіб зварювання є найпоширенішим?
10. Як називають зварювання плавленням, під час якого для нагрівання металу використовується тепло, що виділяється при проходженні електричного струму через розплавлений шлак?
11. Як називають зварювання, при якому метал розплавляють теплом реакції заміщення оксиду заліза алюмінієм?

13.2. Сталеві покриті електроди (Навчальний елемент 51)

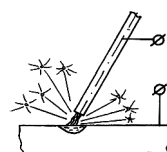
Вивчивши матеріали цього розділу, учні вмітять:

- ідентифікувати покриття електродів залежно від функціонального призначення речовин, що входять до їхнього складу;
- визначати будову сталевих покритих електродів для ручного дугового зварювання;
- розрізняти електроди за їхнім призначенням та основними параметрами (характеристиками).

1. Електроди для ручного дугового зварювання – це стрижні довжиною до 450 мм, виготовлені зі зварного дроту, на поверхні яких нанесений шар покриття відповідного складу. Один із кінців електрода довжиною 20–30 мм не покривають для затиснення його в електродотримачі з метою забезпечення електричного контакту, а торець другого кінця звільняють від покриття для можливості запалювання дуги за допомогою контакту з виробом.



2. Покриття електродів має забезпечувати легке запалювання і стійке горіння дуги, утворювати комбінований газошлаковий захист, легувати та рафінувати (очищувати) метал. Для виготовлення покриттів використовують відповідні компоненти.



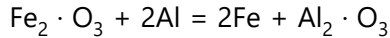
3. Іонізувальні (стабілізувальні) речовини використовують для зниження ефективного потенціалу іонізації, що забезпечує стабільне горіння дуги. Як іонізувальні компоненти в покриття вводять такі речовини, як крейда, мармур, поташ, польовий шпат та ін.



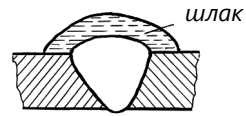
4. Газоутворювальні речовини при зварюванні розкладаються або згорають, виділяючи велику кількість газів і утворюючи в зоні дуги газову оболонку (хмарку). Завдяки цій оболонці метал шва захищається від дії атмосферного кисню та азоту. Такими газоутворювальними речовинами є крохмаль, деревне борошно, целюлоза та ін.



5. Розкислювальні речовини більше подібні на кисень і тому відновлюють метал шва. Розкислювачами слугують феросплави, алюміній, графіт та ін.



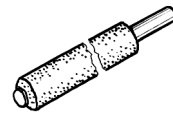
6. Шлакоутворювальні речовини формують шлаковий захист розплавленого металу шва. Крім того, шлаки активно беруть участь у металургійному процесі при зварюванні і підвищують здатність отримання якісного шва. Як шлакоутворювальні речовини використовують польовий шпат, кварц, мармур, рутил, марганцеву руду та ін.



7. Легувальні речовини – це ті, які в процесі зварювання переходять із покриття у метал шва і легують його для надання тих чи тих фізико-механічних властивостей. Такими речовинами є феромарганець, феросиліцій, ферохром, феротитан та ін.



8. До складу обмазки електродів входять також в'язкі речовини, призначені для замішування всіх компонентів покриття у вигляді пасти, а також для зв'язування пасти на стрижні електрода та надання необхідної міцності після висихання покриття. Такою речовиною є рідке скло.



9. У сертифікаті на електроди наведено їхнє умовне позначення, яке є дробовим виразом. У чисельнику виразу записують тип електрода, марку, діаметр, призначення, товщину покриття і групу за якістю виготовлення. У знаменнику – індекс характеристики металу шва, вид покриття, допустиме просторове положення, індекс роду струму і полярності. Наприклад:

$$\frac{\text{E50} - \text{АНО} - 4 - 4,0 - \text{УД2}}{\text{Е513(5)} - \text{Б26}}$$

$$\frac{\square - \square - \square - \square}{\square - \square}$$

10. Тут E50 – тип електрода. Цифри, які стоять після букви E, означають величину тимчасового опору розриву металу шва в кг/мм² (для переведення в МПа потрібно це значення помножити на 10). Механічні властивості для електродів E40 – E60 встановлені після зварювання, а для електродів типу E70 – E150 – після термічного оброблення зварюваного з'єднання згідно з технічними вимогами.

$$\frac{\text{E-50} - \square - \square - \square}{\square - \square}$$

11. АНО-4 – марка електрода.

$$\frac{\boxed{E-50} - \boxed{АНО-4} - \boxed{} - \boxed{}}{\boxed{} - \boxed{}}$$

12. Число 4,0 – діаметр електрода. Коли до пачки додається типовий сертифікат в умовному позначенні, діаметр не вказують, а в сертифікаті ставлять окремий штамп. На штампі наводять відомості про діаметри, номер партії і дату випуску електродів.

$$\frac{\boxed{E-50} - \boxed{АНО-4} - \boxed{\varnothing 4,0} - \boxed{}}{\boxed{} - \boxed{}}$$

13. Літера У – призначення електродів. У цьому випадку електроди призначені для зварювання конструкцій із вуглецевої сталі. На цьому місці можуть стояти і інші літери (Л – для легованих конструкційних сталей; Т – для теплостійких сталей; Н – для наплавлення).

$$\frac{\boxed{E-50} - \boxed{АНО-4} - \boxed{\varnothing 4,0} - \boxed{У}}{\boxed{} - \boxed{}}$$

14. Літера Д в умовному позначенні означає товщину покриття. У цьому випадку покриття товсте. Може стояти літера М – тонке покриття; С – середнє покриття; Г – особливо тонке покриття.

$$\frac{\boxed{E-50} - \boxed{АНО-4} - \boxed{\varnothing 4,0} - \boxed{УД2}}{\boxed{} - \boxed{}}$$

15. Літера Е у знаменнику означає «електрод». Число 513(5) – це група індексів, які характеризують метал шва.

$$\frac{\boxed{E-50} - \boxed{АНО-4} - \boxed{\varnothing 4,0} - \boxed{УД2}}{\boxed{E513(5)} - \boxed{}}$$

16. Літера Б означає вид покриття. У цьому випадку покриття основне. Може бути: А – кисле, Р – рутилове, Ц – целюлозне, Ж – покриття з підвищеним складом залізного порошку.

$$\frac{\boxed{E-50} - \boxed{АНО-4} - \boxed{\varnothing 4,0} - \boxed{УД2}}{\boxed{E513(5)} - \boxed{Б}}$$

17. Перша цифра в останній групі позначок вказує на допустимі просторові положення при зварюванні цими електродами: 1 – усі положення; 2 –

всі, окрім вертикального зверху вниз; 3 – всі, крім вертикального зверху вниз і стельового; 4 – тільки нижнє положення.

$$\frac{\boxed{E-50} - \boxed{АНО-4} - \boxed{\varnothing 4,0} - \boxed{УД2}}{\boxed{E513(5)} - \boxed{Б2}}$$

18. Друга цифра в останній групі позначення подає відомості про рід струму і полярності: 0 – зварювання тільки на постійному струмі зворотної полярності; 1 – зварювання на змінному струмі будь-якої полярності; 2 – зварювання на змінному струмі або постійному прямої полярності; 3 – зварювання на змінному струмі або постійному зворотної полярності.

$$\frac{\boxed{E-50} - \boxed{АНО-4} - \boxed{\varnothing 4,0} - \boxed{УД2}}{\boxed{E513(5)} - \boxed{Б26}}$$

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

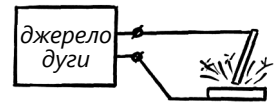
1. Якою має бути довжина електрода?
2. В якому місці замірюють діаметр електрода?
3. Чому один із кінців електрода не покритий обмазкою?
4. Що забезпечують димоутворювальні речовини, які входять до складу покриття електродів?
5. Чому дорівнює опір розриву металу шва, звареного електродом?
6. Що означає в сертифікаті на електроди літера «А»?
7. Що означає в сертифікаті на електроди остання цифра у знаменнику?
8. Що означає E50?
9. Якою буквою позначають електроди, призначені для зварювання вуглецевої сталі?

13.3. Джерела живлення зварювальної дуги (Навчальний елемент 52)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні вмітуть:

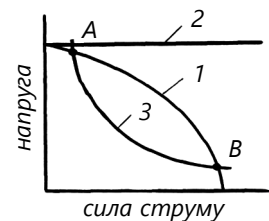
- визначати вимоги до зварювальних апаратів;
- розрізняти основні види зварювального обладнання за призначенням, родом струму та виконанням;
- визначати, що є джерелом зварювальної дуги;
- використовувати основні терміни та означення характеристик зварювальних апаратів.

1. Джерелом живлення зварювальної дуги є електричні машини та апарати, що забезпечують живлення дуги струмом, який підтримує стійкий дуговий розряд. До джерел живлення зварювальної дуги висувають технічні вимоги, пов'язані зі статичною характеристикою дуги, процесом плавлення і перенесення металу при зварюванні, які мають такі особливості:

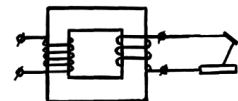


- зварювальні апарати мають бути обладнані пристроєм регулювання сили зварювального струму;
- струм тимчасового короткого замикання, що виникає в момент дотику електродом виробу і при перенесенні розплавленого металу на виріб, має бути безпечної величини щодо перепалювання обмоток і достатнім для швидкого розплавлення кінця електрода;
- повинно забезпечуватись швидке запалювання дуги, але не створюватись ураження зварювальника електричним струмом.

2. Зовнішня вольт-амперна характеристика джерела живлення – це залежність між величиною зварювального струму і напругою на вихідних клеммах зварювального апарата. Розрізняють декілька типів зовнішніх характеристик: 1 – стрімкоспадна і 2 – жорстка. Статична характеристика дуги зварювального апарата 3 в двох точках перетинає стрімкоспадну характеристику дуги (A; B); в точці A відбувається збудження дуги, а в точці B забезпечується стійке горіння дуги.

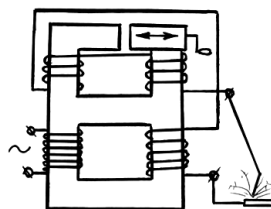


3. Джерела живлення класифікуються залежно від виду струму та принципу дії. Джерелами змінного струму слугують зварювальні трансформатори, які перетворюють змінну мережеву напругу на понижену, необхідну для зварювання. Це найпростіші та дешеві джерела, які широко використовують під час ручного зварювання покритими електродами.

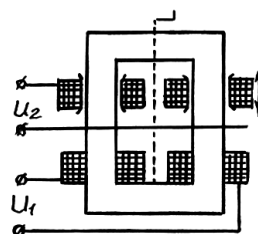


4. Для ручного зварювання використовують зварювальні трансформатори:

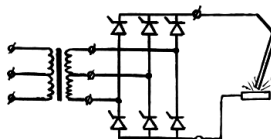
– із рухомими котушками;



– із рухомими магнітними шунтами;



– тиристорні трансформатори.



5. Універсальні зварювальні випрямлячі під час ручного зварювання мають спадну характеристику, при зварюванні в захисних газах – жорстку. Вони мають вищий коефіцієнт корисної дії, меншу вагу, кращі технологічні властивості, зручні в експлуатації.



6. Зварювальні перетворювачі – це комбінація електродвигуна змінного струму і зварювального генератора постійного струму. Електрична енергія мережі змінного струму перетворюється на механічну енергію електродвигуна, обертає вал генератора і перетворюється на електричну енергію.



7. Зварювальний агрегат складається із двигуна внутрішнього згорання і генератора постійного струму. Хімічна енергія спалювання палива перетворюється на механічну, а потім – на електричну енергію. Агрегати використовують в основному для ручного зварювання в польових умовах, де немає електричних мереж.



8. Інверторні зварювальні апарати – це електронні зварювальні апарати, які перетворюють змінний струм на постійний, а потім на перемінний із підвищеною частотою, що подається на зварювальну дугу. В результаті утворюється постійний струм, який використовують для будь-якого типу зварювання.

9. Порошковий дріт являє собою дуже тонку трубку з м'якої маловуглецевої сталі, всередині якої містяться порошки різних розкислювачів і шлакотворні речовини, а також стабілізатори горіння зварювальної дуги. Це так звані самозахисні види порошкового зварювального дроту, які можуть використовуватися без додаткового подання газу в звичайних умовах і навіть на вітрі. Перевага таких зварювальних дротів полягає у малій кількості шлаку, що утворюється на поверхні і не вимагає додаткового зачищення після закінчення зварювальних робіт.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

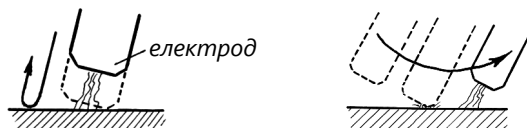
1. Назвіть джерела живлення дуги змінного струму.
2. Що таке вольт-амперна характеристика джерела живлення зварювальної дуги?
3. Які є вимоги до джерел зварювальної дуги?
4. Що називають зварювальним генератором? Яку він має будову?
5. Яку будову мають зварювальні агрегати?
6. Які є способи регулювання струму у зварювальних трансформаторах?

13.4. Техніка ручного дугового зварювання (Навчальний елемент 53)

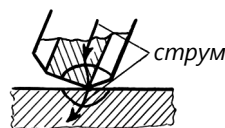
Вивчивши матеріали цього розділу, учні вмітимуть:

- розрізняти способи запалювання зварювальної дуги;
- правильно визначати схеми переміщення електрода при ручному зварюванні;
- визначати схеми накладання швів залежно від розташування шва у просторі;
- використовувати основні терміни, що стосуються ручного дугового зварювання.

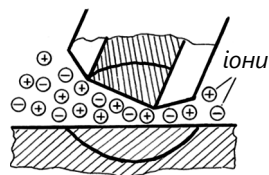
1. Запалювання дуги виконують двома способами: впритул і «сірником» – шляхом дотикання електрода до виробу і його відведення від виробу на відстань 3–5 мм.



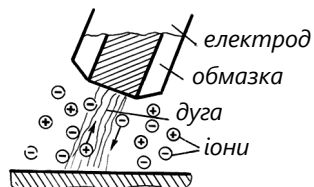
2. У момент дотику електрода напруга у зварювальному ланцюгу падає, а сила струму збільшується.



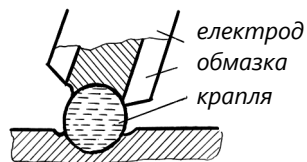
3. У місці дотику через великий електричний опір метал електрода і виробу сильно нагрівається, через що різко збільшується електронна емісія (відбив електронів від металевої поверхні).



4. При відведенні електрода виникає електрична дуга (потужний електричний розряд у середовищі електронного «газу» між електродами, що перебувають під напругою) і напруга у зварювальному ланцюгу установлюється в межах 16–25 В.



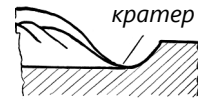
5. Якщо зварник забариться відвести електрод від виробу, може відбутися «примержання» електрода, тобто приварювання його кінця до виробу, оскільки під дією сильного струму кінець електрода швидко розплавляється, а при утворенні краплі розплавленого металу опір у місці дотику різко зменшується і метал застигає.



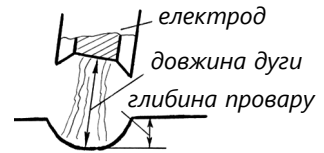
6. При зварюванні стрижень електрода плавиться швидше, ніж обмазка, і торець його буде прикритий «чохольчиком» покриття. Інтенсивне газоутворення в невеликому об'ємі «чохольчика» призводить до газового дуття, а відтак – до швидшого переходу крапель металу у зварювальну ванну.



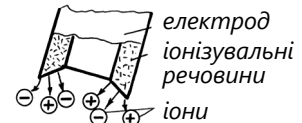
7. Унаслідок тиску газів і потоку електронів, що виходять із кінця електрода у процесі зварювання, на основному металі утворюється заглиблення, яке називають кратером.



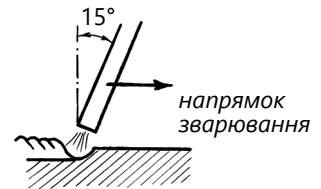
8. Відстань між кінцем електрода і дном кратера називають довжиною дуги, а відстань між поверхнею основного металу і дном кратера – глибиною провару.



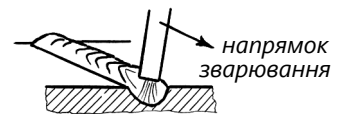
9. Для стабільного горіння дуги до складу покриття електрода вводять елементи з низьким потенціалом іонізації, наприклад, калій, натрій та ін.



10. Для правильного формування шва електрод потрібно тримати нахиленим щодо поверхні зварюваного металу під кутом 15–20° до вертикалі і в бік напрямку зварювання.



11. Для наплавлення вузького валика, який називають нитковим, рухають електрод тільки вздовж шва, без поперечного коливання. Ширина утворюваного шва при цьому на 1–2 мм більша, ніж діаметр електрода.

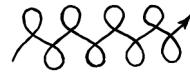


12. При зварюванні товстих листів використовують поперечне переміщення електрода, яке потрібне для отримання шва необхідної ширини, розплавлення зварювальних кромки, сповільнення застигання ванни наплавленого металу, усунення непровару і забезпечення отримання однорідного шва. Для утворення шва необхідної ширини використовують маніпуляцію електродом, яка складається з двох рухів – вздовж шва та впоперек у різних варіантах:

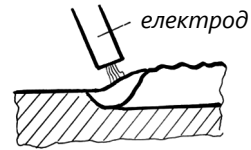
- переміщення із затриманням у крайніх точках для кращого проварювання кромки шва;



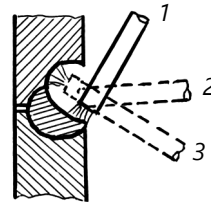
- тій самій меті слугують петлеподібні переміщення;
- для кращого прогріву широкого шва використовують переміщення подвійними петлями.



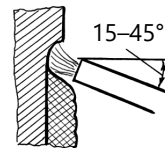
13. Велике значення у техніці зварювання має уміле переривання дуги і повторне її запалювання. При обриванні дуги не допускають утворення кратера, а заплавляють його металом. Заварювання кратера виконують, тримаючи електрод нерухомо до самостійного обривання дуги або частими короткими замиканнями електрода.



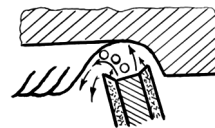
14. При зварюванні горизонтальних швів на вертикальній площині розробку дають тільки верхньому листу, дугу збуджують на нижній кромці, потім поступово переходять на скошену верхню кромку.



15. Вертикальні шви зварювати набагато важче через стікання розплавленого металу вниз. Для зменшення стікання металу роботу ведуть короткою дугою і в напрямку знизу вгору.



16. Зварювання стельових швів ведуть дуже короткою дугою (коротке замикання електрода на деталь). Використовують електроди з тугоплавкою обмазкою, яка утворює навколо кінця електрода «втулочку» («чохольчик»), що створює спрямований газовий потік (газове дуття), який утримує електродний метал.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

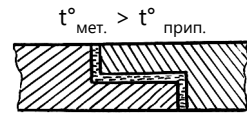
1. Які є способи запалювання зварювальної дуги і як їх виконують?
2. Чому при зварюванні електрод може «примерзнути»?
3. Під яким кутом потрібно тримати електрод при зварюванні?
4. Які ви знаєте маніпуляції електродом?
5. Що забезпечує «втулочка» («чохольчик») на кінці електрода при зварюванні стельових швів?

13.5. Паяння металу (Навчальний елемент 54)

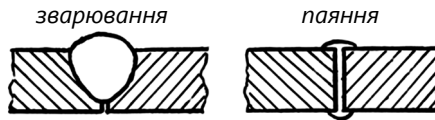
Вивчивши матеріали цього розділу, учні вмітять:

- визначати, що таке паяння;
- розрізняти види паяння залежно від температури плавлення припоїв;
- пояснювати призначення флюсів;
- вибирати прийоми паяння.

1. Паяння – з'єднання металевих деталей у твердому стані за допомогою присадного металу (припою). При паянні плавиться тільки присадний метал, у якого температура плавлення нижча, ніж температура плавлення основного металу.



2. Паяння відрізняється від зварювання тим, що основний метал не плавиться, а лише нагрівається до температури плавлення припою, яка має бути значно нижчою, ніж температура плавлення основного металу. Ця особливість дає змогу використовувати паяння при з'єднанні не тільки однорідних, а й різнорідних металів.



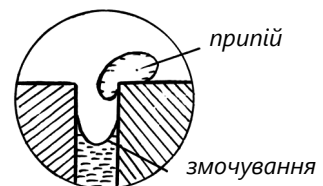
3. Успішно паяються чавун, сталь вуглецева та легована, мідь і її сплави, нікель, алюміній та ін.

ПАЯЮТЬСЯ					
сталь	чавун	мідь	алюміній	сплави	інші

4. Недоліком паяння є необхідність виконувати трудомісткі підготовчі роботи, використовувати дефіцитні компоненти (срібло, олово та ін.) для виготовлення припоїв.

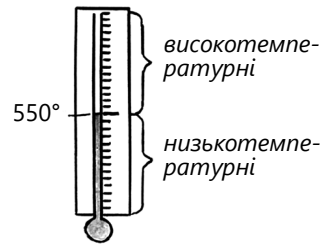


5. Паяння здійснюється завдяки здатності припою змочувати поверхневі шари металів, що з'єднуються, і проходити (дифундувати) в ці шари з утворенням тонкого шару затверділого припою, який забезпечує міцність і щільність запаяного з'єднання.



6. Розрізняють два основні види паяння залежно від температури плавлення:

- низькотемпературне, з температурою плавлення до 550 °С. Найпоширеніші припої – олов'яно-свинцеві, їх ще називають м'якими припоями;
- високотемпературне, з температурою плавлення вище 550 °С, припої – срібні, мідно-цинкові і мідно-фосфорні (тверді припої).



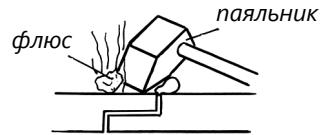
7. Флюси для паяння мають:

- захистити припої і основний метал від окислення;
- розчиняти оксиди, що утворюються у процесі паяння;
- сприяти змочуванню металу розплавленим припоєм за рахунок зниження його поверхневого натягу.

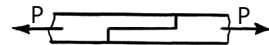
8. При низькотемпературному паянні використовують такі флюси: хлористий цинк, нашатир, каніфоль.



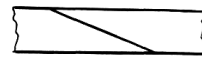
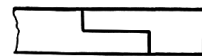
9. При високотемпературному паянні чорних і кольорових металів використовують флюси на основі бури. Інколи додають борну кислоту, коли необхідно підвищити робочу температуру паяння. Для паяння алюмінієвих сплавів використовують солі, які складаються з хлоридів лужних і лужноземельних металів.



10. Міцність паяних швів багато в чому залежить від площі паяння і взаємної пригонки з'єднаних деталей, тобто від величини зазору між ними. В основному при паянні використовують з'єднання внапусток, оскільки, збільшуючи величину напуску, легко підвищити міцність з'єднання, наприклад:

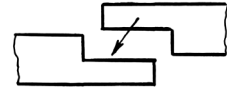


- внапусток;
- похилий стик;
- зубчастий (ця конструкція паяння ускладнює складання деталей);
- трубчасті з'єднання;
- відбортування.

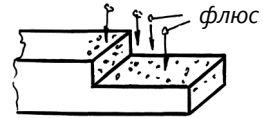


11. Під час низькотемпературного паяння попередньо очищені деталі обробляють у такій послідовності:

- місця деталей, які підлягають паянню, очищають і підганяють одне до одного;



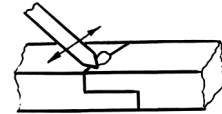
- облужують їх і покривають флюсом;



- нагрітим паяльником набирають із прутка кілька крапель припою і переміщують клин паяльника по куску флюсу (нашатирую або каніфолі);



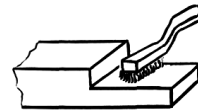
- поверхні деталей прогрівають паяльником, пересовуючи його поступово вздовж шва, і одночасно з цим вносять по краплях розплавлений припій у шов;



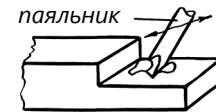
- розплавлений припій затікає в зазор, після чого для затвердіння припою джерело тепла відводять.

12. Високотемпературне паяння виконують газовим полум'ям нормального складу в такій послідовності:

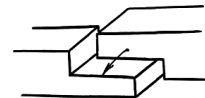
- чистять деталь у місці паяння від бруду, окислів, окалини, жиру механічним або хімічним способом;



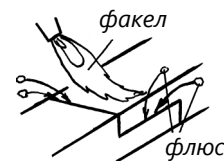
- проводять лудіння поверхні металу в місці паяння;



- складають конструкцію (установлюють необхідний зазор);



- нагрівають місце паяння факелом полум'я пальника до температури розтікання припою і наносять на місце паяння флюс;



- легенько розігрівають полум'ям припій і покривають його флюсом (зануренням або нанесенням);



- відводять полум'я вбік і забезпечують повільне охолодження деталей.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Яка різниця між паяними і зварюваними з'єднаннями?
2. У чому полягає суть паяння?
3. Як розрізняють два основні види паяння?
4. Завдяки чому паяні поверхні з'єднуються?
5. Назвіть припої, які використовують під час високотемпературного паяння.
6. Яке призначення флюсів при паянні?
7. Опишіть конструкцію паяних швів.
8. Яка послідовність операцій низькотемпературного паяння?
9. Яка послідовність операцій і техніка високотемпературного паяння газовим полум'ям?

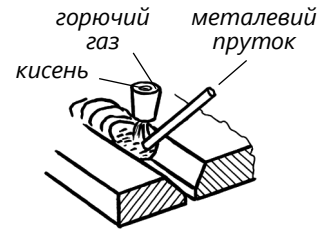
14. ГАЗОВЕ ЗВАРЮВАННЯ ТА РІЗАННЯ МЕТАЛІВ

14.1. Суть газового зварювання (Навчальний елемент 55)

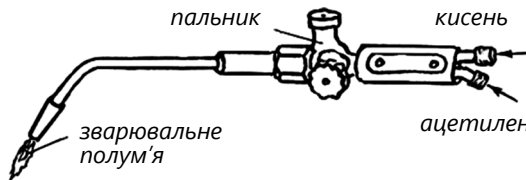
Вивчивши матеріали цього розділу, учні вмітуть:

- визначати, що таке газове зварювання;
- розрізнати основні зони зварювального полум'я;
- визначати зварювальне полум'я залежно від співвідношення кисню й горючого газу;
- визначати параметри газового зварювання.

1. Газовим зварюванням називають зварювання плавленням, при якому нагрівання кромek з'єднаних частин і присаджувального матеріалу виконується теплом спалювання горючих газів у кисні.

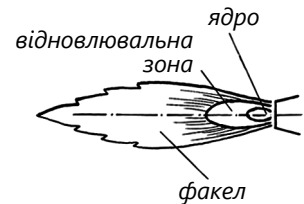


2. Основним інструментом для зварювання є зварювальний пальник, призначений правильно змішувати гази і створювати стійке зварювальне полум'я.



3. Зварювальне полум'я можна розділити на три чітко виражені зони:

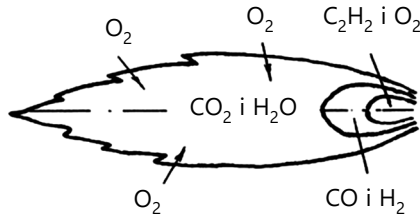
- ядро – конус із закругленою вершиною, має світлу оболонку. Ядро складається із продуктів розпаду ацетилену та розжарених частинок вуглецю, які виділяються і згорають на зовнішньому шарі оболонки;
- відновлювальна зона своїм темним (голубим) кольором значно відрізняється від ядра. Вона складається в основному із оксиду вуглецю і водню, які з'явилися в результаті часткового спалювання ацетилену. В цій зоні створюється найвища температура полум'я;



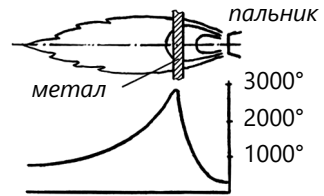
- факел розташовується за відновлювальною зоною і складається із вуглекислого газу і пари води, які отримують у результаті спалювання оксиду вуглецю і водню, що надходять із відновлювальної зони.

4. Для повного згорання одного об'єму ацетилену потрібно два з половиною об'єми кисню. Кисень надходить із кисневого балона. Горіння ацетилену можна виразити такими реакціями:

- на першій стадії $C_2H_2 + O_2 = 2CO + H_2$;
- на другій – за рахунок кисню навколишнього повітря відбувається реакція $CO + H_2 + 1,5O_2 = 2CO_2 + H_2O$.

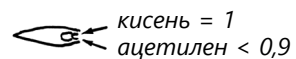
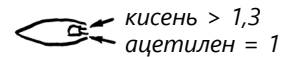
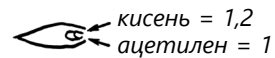


5. Відповідно до розподілення температури вздовж осі ацетилено-кисневого полум'я максимальна температура, яка досягає $3150\text{ }^\circ\text{C}$, буде на відстані 3–5 мм від кінця ядра. Цією частиною полум'я виконують нагрівання та розплавлення металу.

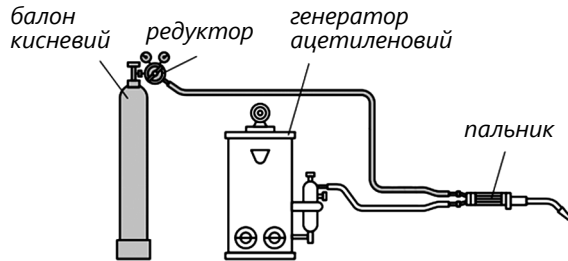


6. Змінюючи співвідношення кисню і горючого газу можна отримати нормальне, окислювальне або навуглецьовувальне зварювальне полум'я:

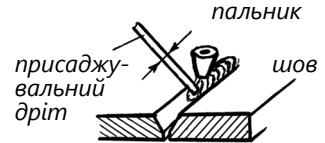
- нормальне полум'я характеризується тим, що немає вільного кисню і вуглецю у другій (відновлювальній) зоні, і досягається шляхом подання у пальник 1,1–1,2 об'єму кисню на один об'єм ацетилену;
- окислювальне полум'я отримують шляхом подання на один об'єм ацетилену більше 1,3 об'єму кисню. Таке полум'я має вищу температуру. Проте при зварюванні низьковуглецевої сталі надлишок кисню сприяє окисленню заліза, і метал стає пористим і крихким;
- навуглецьовувальне полум'я характеризується надлишком ацетилену, коли в пальник потрапляє 0,95 і менше об'єму кисню.



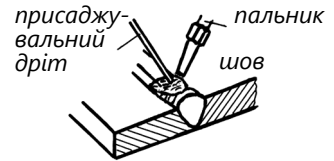
7. Якість зварного з'єднання забезпечується правильним підбором режиму й техніки зварювання. Метод газового зварювання дуже простий, універсальний, він не потребує дорогого обладнання та використовується в заводських умовах, а також під час будівельно-монтажних і ремонтних робіт у всіх галузях.



8. Діаметр присаджувального зварювального дроту вибирають відповідно до товщини основного металу. У разі зварювання металу товщиною до 10 мм можна скористатися формулою $d = 0,5s + 1$.



9. Для зварювання ділянку металу спочатку нагрівають полум'ям пальника до утворення рідкої зварювальної ванни. Після цього у ванну вводять кінець присаджувального дроту, який, розплавляючись, утворює шов.

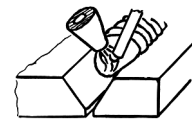


10. Газовим зварюванням можна виконувати шви в будь-якому положенні. Найраціональніший спосіб зварювання – з'єднання впритул.

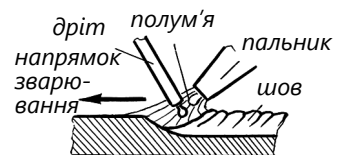
11. Листову сталь товщиною до 2 мм зварюють із відбортунням кромки без присаджувального матеріалу.



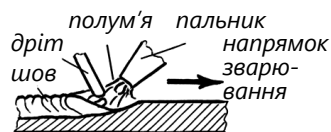
12. При зварюванні металу більшої товщини виконують одно- або двосторонню розробку кромки.



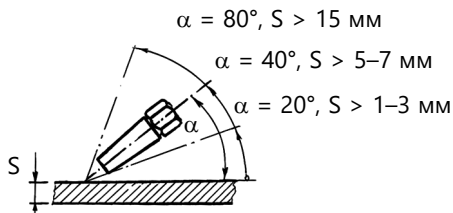
13. При зварюванні металу товщиною до 3 мм використовують ліве зварювання, під час якого пальник рухається справа наліво. Присаджувальний дріт розташований зліва від пальника і рухається спереду полум'я.



14. При товщині металу більше 5 мм використовують праве зварювання: пальник рухається попереду зварювального дроту зліва направо.



15. Кут нахилу пальника до поверхні, яку зварюють, залежить від товщини металу. Зі збільшенням товщини металу кут нахилу пальника до поверхні зменшується.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

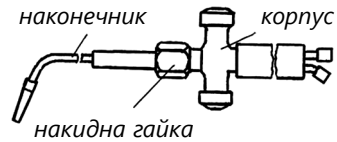
1. Що таке газове зварювання?
2. Чому дорівнює максимальна температура газового полум'я?
3. Як розподіляється температура вздовж осі зварювального полум'я?
4. Чим відрізняється ліве зварювання від правого і коли їх використовують?
5. Що визначає кут нахилу пальника до поверхні, яку зварюють?
6. Від чого залежить діаметр зварювального дроту?

14.2. Обладнання газового зварювання (Навчальний елемент 56)

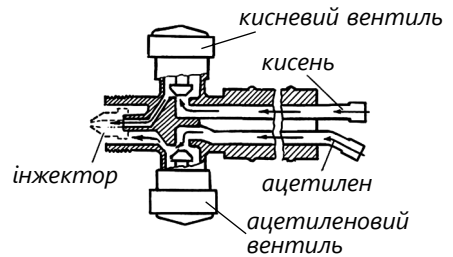
Вивчивши матеріали цього розділу, учні вмітуть:

- визначати будову та призначення обладнання газового зварювання;
- вибирати необхідне обладнання для газового зварювання;
- збирати станцію газового зварювання;
- налагоджувати роботу обладнання газового зварювання.

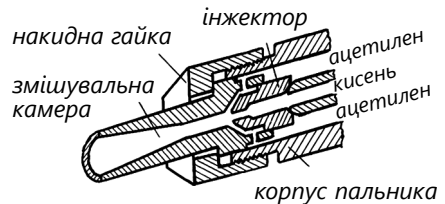
1. Зварювальний пальник є основним інструментом газозварника. Він призначений для правильного змішування горючого газу з киснем та отримання стійкого зварювального полум'я необхідної потужності. Пальник складається із двох основних частин – корпусу і наконечника.



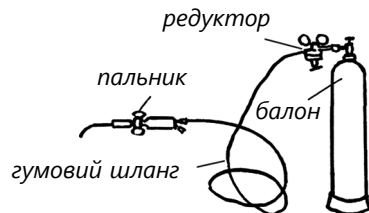
2. Для виконання ручного зварювання великого застосування набули ацетилено-кисневі інжекторні пальники. Вони працюють за принципом підсмоктування ацетилену, тиск якого має бути нижче 0,01 МПа (тиск кисню становить 0,15–0,5 МПа).



3. Кисень трубою надходить до вентилля, а через нього – до інжектора. Виходячи з великою швидкістю з інжектора в змішувальну камеру, струмінь кисню створює розрідження, яке спричиняє підсмоктування ацетилену. Ацетилен надходить шлангом через корпус пальника і вентиль до змішувальної камери, де утворює з киснем горючу суміш. Отримана суміш трубою наконечника виходить в атмосферу, де спалюється, створюючи зварювальне полум'я.

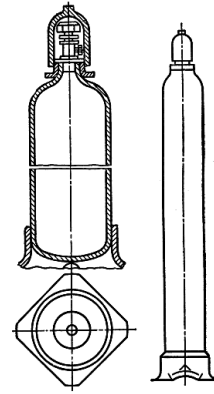


4. Кисень подається до пальника від кисневого балона ємністю 40 л, в якому при максимальному тиску 15 МПа міститься 6 м³ кисню. Балон пофарбований у голубий колір і має напис чорними літерами «Кисень».



Деякі речовини (жири, мастила) в середовищі стисненого кисню можуть самозайматися. Під час роботи з кисневим балоном необхідно бути особливо обережним!

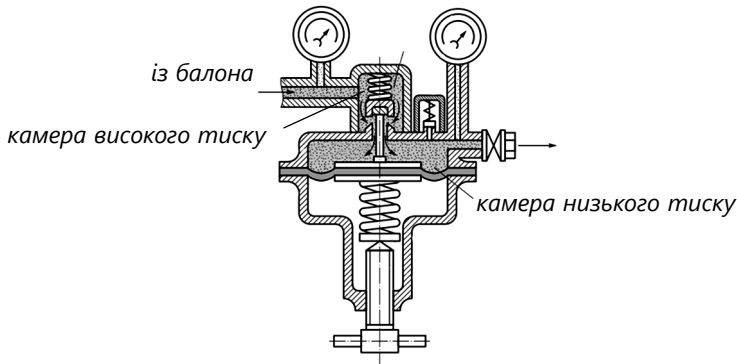
5. Балон – це циліндрична ємність (із безшовної труби) з випуклими днищами. Для надання балону стійкості в робочому (вертикальному) положенні на його нижню частину напресований башмак із квадратною основою. Горловина балона має конусний отвір із різьбою, куди вкручується запірний вентиль.



6. Для зниження тиску кисню, який відбирають із балона, до робочого тиску і для підтримання його постійним у процесі зварювання використовують редуктори.



7. Кисень із балона через штуцер надходить до камери високого тиску корпуса. В неробочому стані редуктор проходження газу з камери високого тиску до камери низького тиску закритий клапаном, притиснутим до сідла.



8. Для газового зварювання як горюче найчастіше використовують ацетилен C_2H_2 , при горінні в технічно чистому кисні він дає найвищу температуру полум'я ($3150\text{ }^\circ\text{C}$) і виділяє найбільшу кількість тепла.

9. Ацетиленовий генератор призначений для утворення ацетилену при взаємодії карбіду кальцію з водою. На будівництві і під час ремонту систем газо-, водопостачання частіше використовують генератори продуктивністю 1,25 м²/год.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

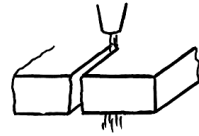
1. Яке обладнання входить до складу станції газового зварювання?
2. Які речовини беруть участь у газовому зварюванні?
3. Яку роль виконує в пальнику інжектор?
4. Чому для газового зварювання із горючих газів використовують головним чином ацетилен?
5. Яку роль виконує кисневий редуктор?
6. Яке призначення ацетиленового генератора?
7. Що забезпечує вода при газовому зварюванні?

14.3. Термічне різання металів (Навчальний елемент 57)

Вивчивши матеріали цього розділу, учні вмітимуть:

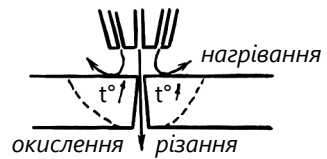
- визначати сутність термічного різання;
- вибирати обладнання для термічного різання металу;
- визначати сфери застосування кисневого різання;
- розрізняти будову різачка і пальника;
- визначати призначення складових частин різачка.

1. Термічним різанням називають процес відокремлення частин (заготовок та ін.) металу від сортового або листового завдяки його окисленню чи плавленню, або разом того й іншого.



2. Відповідно до цього розрізняють різання:

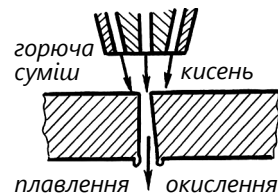
– окисненням, яке полягає у нагріванні місця різання до температури займання (температури початку горіння) металу, спалювання підігрітого металу в кисні і видалення продуктів горіння струменем кисню. Основним видом є кисневе різання;



– плавленням, яке полягає у нагріванні місця різання сильним сконцентрованим джерелом до температури вищої, ніж температура плавлення металу, і видаленні розплавленого металу з місця різання силами, які беруть участь у процесі різання. Основними видами цього різання є плазмове, лазерне, дугове та ін.;



– плавленням – окисненням, яке полягає в одночасному плавленні й окисненні металу і видаленні продуктів різання силами, які беруть участь у процесі різання. Основні види – киснево-дугове, киснево-плазмове, киснево-лазерне різання.



3. Кисневе різання може відбуватися тільки в тому випадку, якщо температура спалахування металу нижча, ніж температура його плавлення. Тоді метал горить у твердому стані; поверхня розрізу робиться гладкою, продукти горіння в вигляді шла-

$$t^{\circ}_{\text{спал.}} < t^{\circ}_{\text{плавл.}}$$

ку легко видаляються із порожнини розрізу кисневим струменем і форма розрізу залишається постійною.

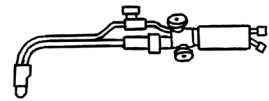
4. Ще одна умова кисневого різання: температура плавлення оксидів і шлаків, які утворюються при різанні, має бути нижчою, ніж температура плавлення металу.

$$t^{\circ}_{\text{пл. шлаку}} < t^{\circ}_{\text{пл.}}$$

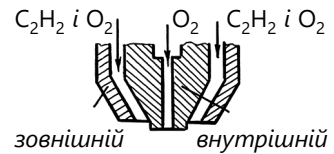
5. Цим умовам відповідає вуглецева сталь із вмістом вуглецю до 0,7 %. Не піддаються газовому різанню чавун, високолеговані сталі, кольорові сплави, оскільки температура плавлення оксидів є вищою, ніж температура плавлення металу.

$$\text{Fe} : \text{C} < 0,7 \%$$

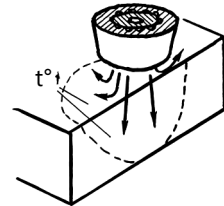
6. Конструкція інжекторного різачка подібна до конструкції інжекторного пальника, а відрізняється тим, що різак має допоміжну трубку для різального кисню і особливу будову головки.



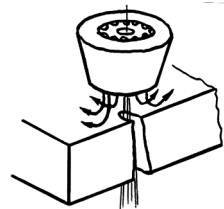
7. Головка інжекторного різачка має два змінні мундштуки (зовнішній – для підігрівального полум'я і внутрішній – для струменя чистого кисню).



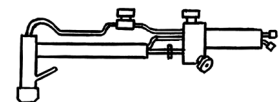
8. Різання починають із нагрівання металу. Підігрівальне полум'я різачка спрямовують на край металу, який розрізають і нагрівають до температури спалахування його в кисні.



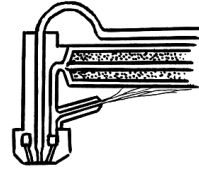
9. Потім пропускають струмінь різального кисню і переміщують різак уздовж лінії розрізування.



10. Для підігрівального полум'я використовують пари гасу, а пристрої називаються газовими різачками. Для перетворення рідкого гасу на пару різак обладнаний випарником, являє собою трубку, заповнену азбестовим сплетінням.



11. Для нагрівання випарника існує допоміжний мундштук, розміщений у головці різака.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які умови кисневого різання металів?
2. Назвіть способи термічного різання металу.
3. За допомогою чого нагрівається випарник?
4. Яке призначення має допоміжна трубка різака?
5. Чим відрізняється різак від пальника?
6. У чому полягає сутність різання металів окисненням?

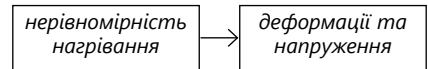
15. ДЕФОРМАЦІЇ ТА ДЕФЕКТИ ПРИ ЗВАРЮВАННІ

15.1. Виникнення деформацій та способи їх зменшення (Навчальний елемент 58)

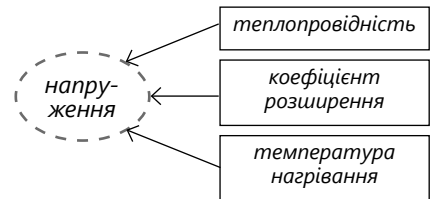
Вивчивши матеріали цього розділу, учні вмітуть:

- ідентифікувати деформації та напруження, що виникають при зварюванні;
- визначати причини виникнення деформацій і напружень при зварюванні;
- визначати основні способи зменшення деформацій і напружень.

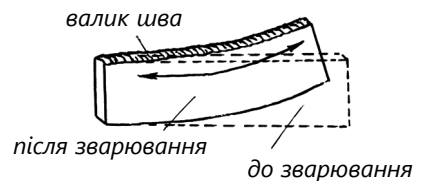
1. У результаті місцевого та нерівномірного нагрівання металу при зварюванні в конструкціях виникають внутрішні напруження, які призводять до зміни геометричних форм, жолоблення та деформації окремих елементів або всієї конструкції. Основною причиною виникнення зварювальних деформацій та напружень є нерівномірний нагрів і охолодження конструкцій.



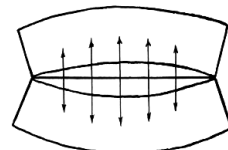
2. При зварюванні відбувається місцеве нагрівання невеликого об'єму металу, який, розширюючись, діє на сусідні менше нагріті шари металу. Напруження, які виникають при цьому, залежать насамперед від температури нагрівання, коефіцієнта лінійного розширення, теплопровідності металу, який зварюють.



3. Повздовжніми називають напруження, які діють паралельно до осі шва. Вони виникають від повздовжньої усадки швів і шарів, які примикають до основного металу внаслідок спільної дії нерівномірного нагрівання вздовж лінії шва та ливарної усадки розплавленого металу.

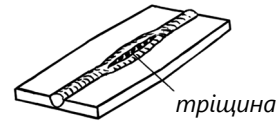


4. Поперечні напруження та деформації виникають від поперечної усадки зварних швів і прилеглих зон металу через різночасне охолодження їх по довжині та



перерізу, а також від дії закріплених деталей, які зварюють. Якщо розрізати зварювальне з'єднання по осі шва, то станеться викривлення пластин.

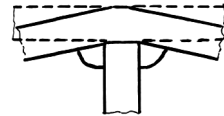
5. Напруження від поперечної усадки за несприятливих умов призводить до появи тріщин і розривів у зварювальних з'єднаннях.



6. Кутові та місцеві деформації виникають через нерівномірну ливарну усадку металу по перерізу шва при зварюванні стикових швів з Y-подібною розробкою країв і при зварюванні кутових швів.



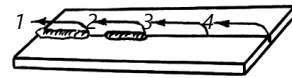
7. У таврових зварних з'єднаннях кутова деформація призводить до скривлення перерізу полицок.



8. Основними способами зменшення напружень та деформацій є:

– раціональна технологія зварювання, яка передбачає правильний вибір виду і режиму зварювання, а також правильну послідовність накладання швів. Наприклад, при ручному зварюванні деформація стає вдвічі більшою, ніж при автоматичному;

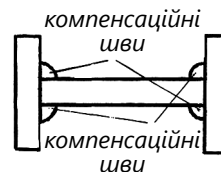
послідовність накладання швів



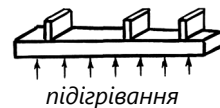
– раціональне закріплення деталей перед зварюванням впливає на величину напружень і деформацій. Із цією метою використовують пристосування і кондуктори, які забезпечують жорстке закріплення деталей, що з'єднують при зварюванні або охолодженні;



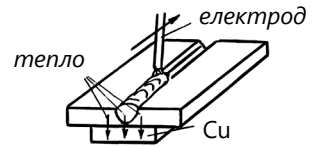
– компенсаційні шви зменшують деформації, коли наступний шов спричиняє деформацію у зворотний бік щодо отриманої деформації попереднього шва;



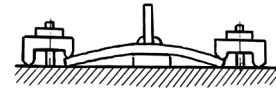
– підігрівання конструкції перед зварюванням зменшує нерівномірність розподілення температур у зоні зварювання та швидкість охолодження металу;



- збільшення відведення тепла від конструкції, яку зварюють. Це зменшує об'єм нагрітого металу і, відповідно, його деформацію. Охолодження досягається зануренням частини деталі (конструкції) у воду або використанням мідних підкладок під деталь;



- жорстке закріплення збірних деталей використовують для тонких деталей (до 8 мм); при більшій товщині – еластичне, піддатливе кріплення.



Контрольні запитання1. Назвіть причини виникнення деформацій зварних конструкцій.

2. Які ви знаєте види зварювальних напружень?
3. За допомогою чого можна зменшити зварювальні напруження та деформації?
4. Перелічіть способи зменшення деформацій.
5. Яке призначення мідних підкладок?
6. З якою метою нагрівають конструкцію перед зварюванням?

15.2. Дефекти швів при зварюванні плавленням (Навчальний елемент 59)

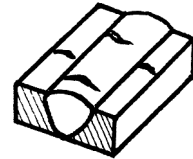
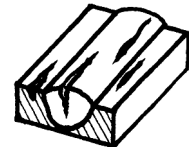
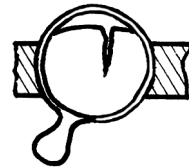
Вивчивши матеріали цього розділу, учні вмітять:

- ідентифікувати дефекти за суттю і зовнішнім виглядом;
- визначати причини виникнення дефектів при зварюванні;
- використовувати основні терміни та означення дефектів зварних швів.

Дефекти зварних швів виникають через порушення технологічного процесу виготовлення зварної конструкції, використання неякісних зварювальних матеріалів і низьку кваліфікацію зварювальника. Усі дефекти поділяють на зовнішні і внутрішні.

1. Тріщини створюють несучільність матеріалу для силового потоку і внаслідок цього місцеву концентрацію напружень із різким падінням динамічної вібраційної міцності конструкції. Залежно від властивостей зварних швів біля шовного металу тріщина може поширитися на значну довжину. Тріщини вважають найнебезпечнішим дефектом зварювання. Розрізняють:

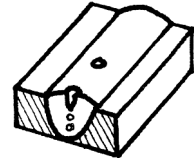
- мікротріщини, які мають мікроскопічні розміри, що виявляються при десятикратному і більшому збільшенні;
- повздовжні тріщини, зорієнтовані вздовж зварного шва;
- поперечні тріщини, зорієнтовані впоперек зварного шва.



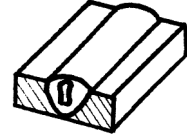
2. Газова прожилка створюється газом, затриманим під час кристалізації. Найчастіше має сферичну форму. Пористість шва створює місцеву концентрацію напружень, зменшує фізичну суцільність металу і може призвести до передчасного руйнування конструкції під навантаженням. Прожилка може бути у вигляді:



- свища – це трубоподібна порожнина у металі зварного шва, яка виникла в результаті виділення газу;



- усадкової камери – це порожнина, яка утворюється внаслідок усадки металу під час затвердіння;



- усадкової раковини в кратері – незаповнене металом заглиблення в кінці валика зварного шва під час його виконання.



3. Тверді домішки – сторонні речовини у металі зварного шва. Ці дефекти виникають при неправильно вибраному режимі зварювання, коли шлаки й оксиди не встигають спливати на поверхню і залишаються у металі шва. Ці домішки поділяють на:



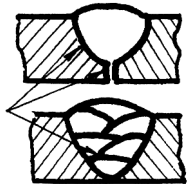
- шлакові (шлак, який потрапив у метал зварного шва);



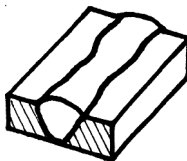
- металеві (частини стороннього металу, які потрапили в метал зварного шва).



4. Непровар – місцеве несплавлення зварних кромок основного і наплавленого металів унаслідок низької кваліфікації зварювальника, неякісної підготовки кромок, зміщення електрода до однієї з кромок, швидкого переміщення електрода по шву.



5. Недосконалість форми зовнішніх поверхонь зварного шва або недосконала геометрія з'єднання можуть бути такими:



- підріз – вузьке заглиблення в основному металі вздовж краю зварного шва – утворюється при зварюванні великим струмом або великою довжиною дуги;



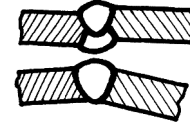
– надмірна випуклість шва – надлишок наплавленого металу на лицьовій поверхні стикового шва;



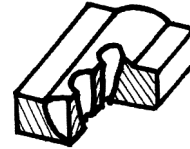
– наплив – надлишок наплавленого металу біля межі зовнішньої поверхні зварного шва, що наплив на поверхню основного металу і не сплавився з ним;



– лінійні зміщення – зміщення між двома зварними елементами;



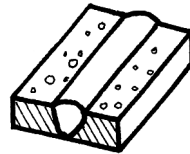
– пропал – видавлення розплавленого металу із дна зварної ванни або під час повного проплаву з'єднаних елементів, унаслідок якого утворюється отвір у зварному шві;



– незаплавлений кратер або поганий початок процесу зварювання.



6. Бризки металу – краплі металу, які під час зварювання потрапили за межі зварювальної ванни та прилипли до поверхні.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Назвіть дефекти недосконалості форми зовнішніх поверхонь зварювального шва.
2. Який дефект вважають найнебезпечнішим?
3. За допомогою чого визначають мікротріщини?
4. Що означає дефект «підріз»?
5. Що означає дефект «свищ»?
6. Якої форми може бути дефект «прожилка»?
7. Що є причиною виникнення дефекту «тверді домішки»?
8. Які тріщини можуть утворитися при зварюванні?
9. Що є причиною виникнення дефекту «непровар»?

15.3. Види контролю зварювальних з'єднань (Навчальний елемент 60)

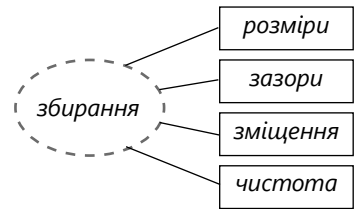
Вивчивши матеріали цього розділу, учні вмітять:

- ідентифікувати методи та обладнання контролю якості зварювальних з'єднань;
- визначати види контролю зварювальних з'єднань;
- використовувати основні терміни та визначення контролю якості зварювання.

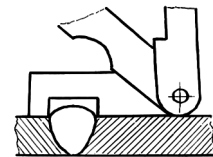
1. Для отримання зварювального з'єднання хорошої якості потрібно виконувати контроль, починаючи від перевірки якості підготовки шва і закінчуючи перевіркою отриманого зварювального з'єднання.



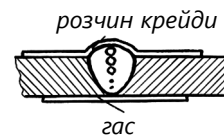
2. Складення під зварювання і розробку шва перевіряють за стандартами та технічними умовами: а) відповідність геометричних розмірів робочим кресленням; б) зазори між деталями; в) відсутність зміщення зварних кромок; г) чистота металу в зоні зварювання, без іржі, масла та ін.



3. Під час перевірки зварювальних з'єднань проводять огляд неозброєним оком або за допомогою лупи з десятикратним збільшенням. Розміри зварювальних швів перевіряють шаблонами та мірним інструментом.

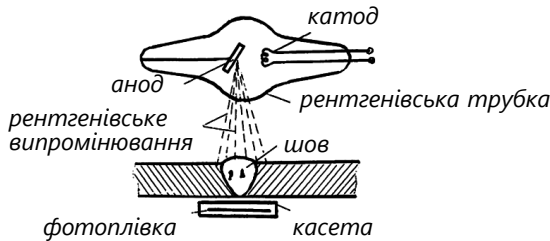


4. Під час контролю на герметичність одну сторону зварювального шва, найдоступнішу для огляду, покривають розчином крейди, а другу рясно змочують гасом і витримують протягом певного часу. Гас, що має високу здатність всмоктуватися, потрапляє в найменші нещільності в металі шва. При наявності дефектів на шарі крейди з'являються темні плями.

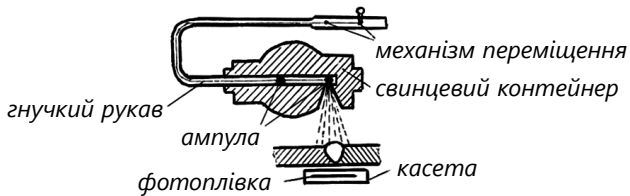


5. Під час рентгенівського просвічування по-різному поглинають промені метал і неметалеві речовини. При цьому знаходять пори, раковини, тріщини, непровари, шлакові домішки. Основним робочим елементом є рентгенівська трубка, в яку впаяні анод і катод. Катод виконано у вигляді вольфрамів

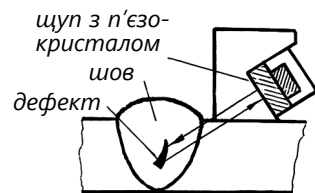
спіралі, при нагріванні якої до високої температури випромінюються електрони. Анод у вигляді пластини із сплаву вольфраму й молібдену, розташовано під кутом щодо катода. Електрони катода, відбиваючись від пластини анода, створюють рентгенівське випромінювання.



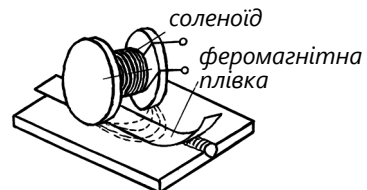
6. Гамма-дефектоскопія основана на різному поглинанні речовинами гамма-променів. Ампулу з радіоактивною речовиною поміщають у переносний свинцевий контейнер із дистанційним керуванням. Контейнер установлюють проти шва, а зі зворотної сторони поміщають касету з фотоплівкою. За допомогою дистанційного керування відкривають щілину в контейнері для виходу гамма-променів.



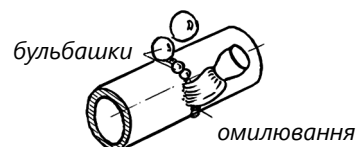
7. Ультразвуковий метод оснований на здатності різних середовищ по-різному відбивати ультразвукові коливання; при цьому визначають дефекти у зварювальному шві у вигляді неметалевих домішок для деталей товщиною до 5 мм.



8. Магнітні методи основані на розсіюванні магнітних потоків у дефектних місцях з'єднання і дають змогу виявляти дрібні тріщини і пори шва.

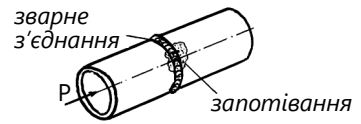


9. Пневматичний метод бульбашкової дефектоскопії використовують для контролю герметичності, тобто здатності ємностей або труб не пропускати газу, що в них містяться. Кон-



струкцію, яку перевіряють, наповнюють стисненим повітрям, а зі зворотної сторони змащують шви піноутворювальною рідиною (омилування), і у разі появи бульбашок повітря зауважують наявність дефектів.

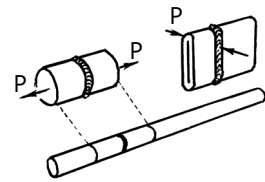
10. Гідравлічні випробування проводять не тільки на щільність шва, а й на їхню міцність. Такому контролю піддають зварювальні шви трубопроводів, що працюють під тиском. Дефекти щільності знаходять за запотіванням швів із зовнішньої сторони.



11. Механічні випробування під час неруйнівного контролю у контрольних зразках з'єднань, які виконують одночасно з виробом, з одного і того самого матеріалу і за одних і тих самих умов.



12. При механічному руйнівному випробуванні контрольні з'єднання вирізають безпосередньо із конструкції, що має бути передбачено проєктом. Визначають, як і в попередньому кроці, межу міцності на розтягування, ударну в'язкість, твердість і кут згинання.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які є методи контролю якості зварювання?
2. Що таке неруйнівний метод контролю зварювальних з'єднань?
3. За допомогою чого виконують просвічування зварювальних з'єднань?
4. Які дефекти можна визначити методом зовнішнього огляду?
5. Чим відрізняється рентгеноскопія від гамма-дефектоскопії?
6. Якими методами проводять перевірку зварювальних швів на щільність?

Тести до модуля 4

1. Як називають зварювання плавленням, під час якого для нагрівання металу використовують тепло, що виділяється при проходженні електричного струму через розплавлений шлак?
 - а) газове;
 - б) термітне;
 - в) електрошлакове
2. Як називають зварювання, при якому метал розплавляють теплом реакції заміщення оксиду заліза алюмінієм?
 - а) газове;
 - б) термічне;
 - в) термітне
3. Чому дорівнює опір розриву металу шва, звареного електродом E50?
 - а) 50 МПа;
 - б) 500 МПа;
 - в) 5 МПа
4. Що означає в сертифікаті на електроди остання цифра в знаменнику?
 - а) діаметр електрода;
 - б) просторове положення;
 - в) рід струму
5. Що означає E50?
 - а) тип електрода;
 - б) марку електрода;
 - в) сорт електрода
6. Якою буквою позначають електроди, призначені для зварювання вуглецевої сталі?
 - а) А;
 - б) В;
 - в) У
7. Як називають речовини, що входять до складу покриття електрода та найбільше подібні до кисню?
 - а) розкислювальні;
 - б) стабілізуювальні;
 - в) зв'язувальні
8. Що використовують як джерела змінного струму?
 - а) зварювальні перетворювачі;
 - б) зварювальні трансформатори;
 - в) зварювальні агрегати
9. Яким способом не виконують запалювання дуги?
 - а) впритик;
 - б) «сірником»;
 - в) обертанням

10. Як називають відрив електронів від металевої поверхні?
 - а) іонізація;
 - б) розкислення;
 - в) емісія
11. Що станеться з електродом, якщо зварник при запалюванні дуги не відірве вчасно електрод від виробу?
 - а) «примерзне»;
 - б) «присохне»;
 - в) «прилипне»
12. Як називають інтенсивне газоутворення в невеликому об'ємі «чохольчика»?
 - а) газове змішування;
 - б) газове дуття;
 - в) газове утворення
13. Як називають шви, розташовані горизонтально на вертикальній площині?
 - а) горизонтальні;
 - б) вертикальні;
 - в) стельові
14. Як називають шви, розташовані паралельно до дії зусилля?
 - а) лобові;
 - б) флангові;
 - в) комбіновані
15. Якими не можуть бути шви за кількістю наплавленого металу?
 - а) одношарові;
 - б) багатошарові;
 - в) півшарові
16. Яких швів за їхньою протяжністю не буває?
 - а) безперервних;
 - б) безмежних;
 - в) переривчастих
17. Як називають короткі зварні шви, які використовують для фіксації взаємно розташованих деталей?
 - а) витримка;
 - б) прихватка;
 - в) притримка
18. Що таке діаметр електрода?
 - а) діаметр разом з обмазкою;
 - б) діаметр металевого стрижня;
 - в) товщина обмазки
19. Залежно від чого визначають діаметр електрода?
 - а) напруги зварювання;
 - б) товщини обмазки;
 - в) товщини металу, що зварюється
20. Залежно від чого визначають силу зварювального струму?
 - а) ширини шва;

- б) діаметра електрода;
в) довжини дуги
21. Яку розмірність має коефіцієнт розплавлення?
а) немає розмірності;
б) г/А·год;
в) г/Агод
22. Як на кресленнях зображують видимий зварювальний шов?
а) суцільною лінією, від якої проводять лінію-виноску зі стрілкою;
б) суцільною лінією, від якої проводять лінію-виноску з односторонньою стрілкою;
в) суцільною лінією, на якій розташовані хрестики
23. Як позначають на кресленні невидимий зварювальний шов?
а) на поличці лінії-виноски;
б) під поличкою лінії-виноски;
в) на штриховій лінії полички
24. Як називають зварювання, під час якого нагрівання металу виконується теплом спалювання горючих газів?
а) електродугове;
б) термітне;
в) газове
25. У якому порядку розташовані зони зварювального полум'я, починаючи від пальника?
а) ядро, відновлювальне, факел;
б) відновлювальне, ядро, факел;
в) факел, ядро, відновлювальне
26. Чому дорівнює максимальна температура ацетилено-кисневого полум'я?
а) 1150 °С; б) 2250 °С; в) 3150 °С
27. Яке зварювальне полум'я можна отримати, змінюючи співвідношення кисню до ацетилену?
а) відновлювальне;
б) розігрівальне;
в) розплавлювальне
28. Від чого залежить діаметр зварювального дроту?
а) температури;
б) товщини металу;
в) співвідношення кисню й ацетилену
29. Який спосіб зварювання використовують при зварюванні металу товщиною до 3 мм?
а) лівий;
б) правий;
в) нейтральний
30. Як змінюється кут нахилу пальника до поверхні зі збільшенням товщини металу?
а) зменшується;

- б) збільшується;
 - в) не змінюється
31. Що є основним інструментом для зварювальника?
- а) редуктор;
 - б) ацетиленовий генератор;
 - в) пальник
32. Яким кольором фарбують кисневий балон?
- а) білий;
 - б) чорний;
 - в) голубий
33. Яке призначення кисневого редуктора?
- а) нагрівання кисню;
 - б) підвищення тиску кисню;
 - в) пониження тиску кисню
34. У якому випадку може відбуватися кисневе різання металу?
- а) коли температура спалахування металу вища, ніж температура його плавлення;
 - б) температура спалахування нижча, ніж температура його плавлення
35. Якою має бути температура плавлення оксидів і шлаків щодо температури плавлення металу?
- а) нижчою;
 - б) вищою;
 - в) однаковою
36. Яке призначення допоміжної трубки різачка?
- а) для подавання різального кисню;
 - б) для подавання різального газу;
 - в) для подавання суміші газів
37. Що є основною причиною виникнення зварювальних деформацій?
- а) нерівномірність нагріву конструкцій;
 - б) недосконале складання конструкцій;
 - в) малий зазор між деталями
38. Як називають деформації, що виникають від нерівномірних ливарних усадок?
- а) повздовжні;
 - б) кутові;
 - в) тимчасові
39. До чого призводять напруження від поперечної усадки за несприятливих умов?
- а) появи ливарної усадки;
 - б) появи тріщин;
 - в) появи місцевих деформацій
40. Яким чином можна зменшити місцеві деформації?
- а) накладанням компенсаційних швів;
 - б) раціональним закріпленням деталей;
 - в) зварюванням на шлаковій подушці

41. Для яких збірних деталей використовують жорстке закріплення при зварюванні?
 - а) товстих деталей;
 - б) тонких;
 - в) круглих
42. Як називають тріщини, що виявляються при десятикратному збільшенні?
 - а) поперечна тріщина;
 - б) повздовжня тріщина;
 - в) мікротріщина
43. Як називають надлишок наплавленого металу, що наплив на поверхню основного металу і не сплавився з ним?
 - а) непровар;
 - б) наплив;
 - в) підріз
44. Як називають прожилку в металі зварного шва, яка виникла в результаті виділення газу?
 - а) свищ;
 - б) підріз;
 - в) тріщина
45. Як називають заглиблення в основному металі вздовж краю зварного шва?
 - а) непровар; б) підріз; в) свищ
46. Як не перевіряють зовнішні дефекти зварних з'єднань?
 - а) за допомогою лупи;
 - б) неозброєним оком;
 - в) омилюванням
47. Як контролюють зварні шви на герметичність?
 - а) рентгенівським просвічуванням;
 - б) магнітним методом;
 - в) газовою пробою
48. Що перевіряють шаблоном?
 - а) розміри зварних швів;
 - б) розміри домішок;
 - в) величину підрізу
49. Для чого використовують пневматичний метод бульбашкової дефектоскопії?
 - а) для перевірки на герметичність;
 - б) для виявлення підрізу;
 - в) для перевірки на відповідність геометричних розмірів кресленням
50. Що не перевіряють при проведенні гідравлічних випробувань?
 - а) щільність шва;
 - б) міцність шва;
 - в) в'язкість шва
51. У чому полягає підготовка деталей до зварювання?
 - а) у правці;
 - б) у фарбуванні;

- в) в усуненні дефектів при зварюванні
52. За допомогою чого очищають від гарту кромки деталей після кисневого різання?
- а) дротяних щіток;
 - б) волосяних щіток;
 - в) лужних розчинів
53. Як називають короткі шви, що використовують при складанні деталей перед зварюванням?
- а) притиснення;
 - б) прихватка;
 - в) захватка
54. Які складальні пристосування не використовують для стягування деталей перед зварюванням?
- а) струбцини;
 - б) клямри;
 - в) рейсмуси
55. Чи використовують тимчасово приварені допоміжні елементи для стягування деталей, що зварюються?
- а) ні; б) так
56. З якою метою корінь шва вирубують або зчищають абразивним кругом?
- а) для придання шву декоративного вигляду;
 - б) для збільшення міцності;
 - в) для видалення домішок
57. З якою метою тонколистову сталь заварюють на мідних підкладках?
- а) відведення тепла;
 - б) підведення струму;
 - в) збільшення швидкості зварювання
58. Як називають зварювання сталі великої товщини, коли зварювання починають з середини стику і виконують у декілька шарів?
- а) гіркою;
 - б) каскадом;
 - в) операційним
59. У яких випадках використовують операційний спосіб зварювання?
- а) немає можливості виконувати підготовку країв стику;
 - б) немає можливості виконувати стельові шви неповоротних стиків;
 - в) немає можливості обстежити шов
60. Як називають речовини, що захищають припої і основний метал від окислення?
- а) обмазки;
 - б) покриття;
 - в) флюси

Література

1. Атаманюк В. В. Практикум з технології конструкційних матеріалів / В. В. Атаманюк. – Вінниця : ДОВ «Вінниця», 2004. – 167 с.
2. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів / В. В. Атаманюк. – Вінниця : ДОВ «Вінниця», 2003. – 371 с.
3. Власенко А. М. Матеріалознавство для студентів теплоенергетичних спеціальностей : [навчальний посібник] / А. М. Власенко, О. Ю. Співак. – Вінниця : ВДТУ, 2002. – 101 с.
4. Власенко А. М. Матеріалознавство. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт : [навчальний посібник] / А. М. Власенко, О. Ю. Співак. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 52 с.
5. Власенко А. М. Основи зварювання / А. М. Власенко. – Вінниця : ВЕТУ, 2007. – 106 с.
6. Власенко А. М. Робоча професія. Ч 1. Технологія металів : [навчальний посібник] / А. М. Власенко, О. Ю. Співак. – Вінниця : ВНТУ, 2003. – 111 с.
7. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів / [навч. посібник для учнів проф. навч. закл.] / В. В. Хільчевський, С. Є. Кондратюк, В. О., Степаненко К. Г. Лопатько. – Київ : Либідь, 2002. – 328 с.
8. Металознавство / [О. М. Бялік, В. С. Черненко, В. М. Писаренко, Ю. Н. Москаленко]. – [2-ге вид., перероб. і доп.]. – Київ : ІВЦ «Видавництво Політехніка», 2008. – 384 с.
9. Основи металургійного виробництва металів і сплавів / [Д. Ф. Чернега, В. С. Богушевський, Ю. Я. Готвянський та ін.] ; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. – Київ : Вища школа, 2006. – 503 с.
10. Пахолюк А. П. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали : [підручник для студ. вищ. навч. закл.] / А. П. Пахолюк, О. А. Пахолюк. – Львів : Світ, 2005. – 172 с.
11. Плохій В. С. Модульна система професійного навчання : навч.-метод. посібник / В. С. Плохій, А. В. Казановський. – Київ : Видавничий центр КД «Київська нотна фабрика», 2000. – 286 с.
12. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : [підручник для студ. вищ. навч. закл.] / В. В. Попович. – Львів : Світ, 2006. – 624 с.
13. Савуляк В. І. Ручне електродугове зварювання : [навч. посібник] / В. І. Савуляк, А. Ю. Осадчук. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 130 с.
14. Самохоцький О. І. Металознавство : [підручник] / О. І. Самохоцький, М. Н. Кунявський. – Київ : Машинобудівна література, 1955. – 424 с.
15. Геллер Ю. А. Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи : [учебное пособие для вузов]. – 6-е изд., перераб. и допол. / Ю. А. Геллер. – Москва : Металлургия; 1989. – 456 с.
16. Технологія металів і зварка : учебник для ВУЗів / [П. И. Полухин, Б. Г. Гринберг, В. Т. Жадан и др.] ; под ред. П. И. Полухина]. – Москва : Высшая школа, 1977. – 464 с.

Навчальне видання

ВЛАСЕНКО Анатолій Миколайович

**МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО
ТА ТЕХНОЛОГІЯ МЕТАЛІВ**

Підручник

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено.

Відповідальна за видання О. О. Бородіна

Підп. до друку 18.11.2019. Формат 70x100/16.

Папір офсетний. Друк офсетний.

Ум. друк. арк. 18,2. Обл.-вид. арк. 23,66. Наклад 32 659 пр. Зам.

Видавництво «Літера ЛТД».

Україна, 03057, м. Київ, вул. Нестерова, 3, оф. 508.

Тел. для довідок: (044) 456-40-21.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6901 від 10.09.2019.

Віддруковано у ТОВ «КОНВІ ПРІНТ».

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи

до Державного реєстру видавців, виготовлювачів

і розповсюджувачів видавничої продукції

серія ДК № 6115, від 29.03.2018.

03680, м. Київ, вул. Антона Цедіка, 12, тел. +38 044 332-84-73.