

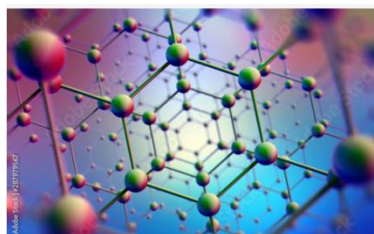
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



**О.М. ДОЛГОВ
Д.Л. КОЛОСОВ**

МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ І КОНСТРУКЦІЙНА МІЦНІСТЬ МАТЕРІАЛІВ

Навчальний посібник



**ДНІПРО - 2022
НТУ**

«Дніпровська політехніка»

УДК 548/549(075.8)

Д 64

Затверджено вченою радою Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» як навчальний посібник для здобувачів вищої освіти за галуззю знань 13 Механічна інженерія спеціальності 132 Матеріалознавство (протокол № 1 від 27 січня 2022 р.).

Рецензенти:

Ракша С.В., д.т.н., завідувач кафедри прикладної механіки та матеріалознавства Українського державного університету науки і технологій;

Лаухін Д.В., д.т.н, професор кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»

Долгов О. М.

Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів [Електронний ресурс] : навч. посіб. / О. М. Долгов, Д. Л. Колосов ; Мін-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2022. – 70 с.

Зміст навчального посібника відповідає освітньо-професійній програмі підготовки здобувачів вищої освіти рівня бакалавр за спеціальністю 132 «Матеріалознавство», зокрема – дисципліні «Механічні властивості і конструкційна міцність матеріалів». У стислій формі викладаються базові характеристики механічних властивостей матеріалів та методи їх випробування. Окремо обговорюються питання конструкційної міцності і деякі шляхи її підвищення. Матеріал викладено у формі запитань і відповідей до них. Наведено варіанти для контролю засвоєння дисципліни у тестовій формі з ключами відповідей.

Посібник може бути корисним для самостійної роботи студентів у процесі підготовки до поточного і підсумкового контролю знань.

УДК 548/549(075.8)

© О.М. Долгов, Д.Л. Колосов, 2022

©НТУ «Дніпровська політехніка», 2022

ЗМІСТ

Передмова.....	3
Вступні визначення.....	4
1. Вплив дефектів структури матеріалів на їх властивості... ..	5
2. Стан поверхні та при поверхневих шарів матеріалу.....	8
3. Напруження і деформація. Механічні випробування матеріалів.....	11
4. Випробування матеріалів на розтяг.....	17
5. Пружні властивості й неповна пружність матеріалів... ..	21
6. Руйнування матеріалів.....	23
7. Ударна в'язкість матеріалів.....	26
8. Випробування матеріалів при високих температурах.....	28

9. Механічні властивості при циклічному навантаженні.....	30
10. Випробування твердості матеріалів.....	33
11. Конструкційна міцність і методи її підвищення... ..	35
12. Властивості полімерних матеріалів.....	38
Тестові завдання до контрольних заходів.....	45
Варіанти відповідей до тестових завдань.....	68
Література.....	69

ПЕРЕДМОВА

*Освіта – дивовижна річ,
але неможливо вивчити
все те, що гідно вивчення.
Оскар Уайльд*

Із різноманітних конструкційних характеристик матеріалів одними з важливих є механічні властивості: пружність, міцність, твердість, пластичність, опір втомі та повзучість, чутливість до концентраторів напружень, опір руйнуванню, які в більшості випадків є основними для вивчення і доцільності застосування того або іншого матеріалу. Знання цих властивостей важливе як для конструкторів, так і для технологів. Дослідження природи властивостей матеріалів наочно доказує, що, зокрема, опір пластичній деформації і руйнуванню, залежать від особливостей їх структурного стану. При цьому до поняття структури металу входять не лише загальні характеристики – кристалічна решітка, зерно, структурний стан зерен і частинок, а також і дефекти кристалічної будови атомних ґраток.

Метою вивчення дисципліни є освоєння обов'язкового мінімуму знань, який має отримати студент відповідно до державного стандарту вищої професійної освіти, і на цій основі вивчення механічних властивостей матеріалів для здійснення професійної діяльності.

Навчальна дисципліна спрямована на вивчення головних механічних властивостей матеріалів, методів їх визначення, впливу структури та складу матеріалів, виникнення та розповсюдження тріщин, спеціальних механічних властивостей таких як: жароміцність, зносостійкість, втомленість та ін., методів визначення конструктивної міцності різних матеріалів, вплив на неї різних факторів та шляхів її підвищення.

Основними завданнями дисципліни є виявлення взаємозв'язку між структурою та механічними властивостями матеріалів, оволодіння методиками визначення головних пружних та пластичних характеристик, твердості, отримання загальних знань про тріщиностійкість, жароміцність, втомленість тощо.

У навчальному посібнику у формі питань та відповідей дається коротке викладення основних розділів дисципліни. Прийнята форма надає можливість самостійного вивчення матеріалу без безпосередньої допомоги викладача. Питання для самоконтролю у тестовій формі з ключами відповідей мають допомогти студенту краще засвоїти пройдений теоретичний матеріал, самостійно вирішити практичні завдання, передбачені програмою дисципліни, а також мають допомогти у процесі підготовки до поточного і підсумкового контролю знань.

Посібник, насамперед, призначений для здобувачів вищої освіти усіх форм навчання за спеціальністю 132 «Матеріалознавство», але може бути корисним студентам інших технічних спеціальностей галузі 13 «Механічна інженерія», які вивчають або цікавляться проблемами міцності.

ВСТУПНІ ВИЗНАЧЕННЯ

1. Що характеризують механічні властивості матеріалів?

*Механічні властивості характеризують здатність матеріалів чинити опір дії зовнішніх сил та інших зовнішніх факторів. До основних механічних властивостей відносяться **міцність, твердість, ударна в'язкість, пружність, пластичність, крихкість і ін.***

2. Дати визначення міцності матеріалу.

***Міцність** - це здатність матеріалу чинити опір руйнівній дії зовнішніх сил.*

3. Дати визначення твердості матеріалу.

***Твердість** - це здатність матеріалу чинити опір впровадженню в нього іншого, більш твердого тіла під дією навантаження.*

4. Дати визначення в'язкості матеріалу.

***В'язкістю** називається властивість матеріалу чинити опір руйнуванню під дією динамічних навантажень.*

5. Дати визначення пружності матеріалу.

***Пружність** - це властивість матеріалів відновлювати свої розміри і форму після припинення дії навантаження.*

6. Дати визначення пластичністю матеріалу.

***Пластичністю** називається здатність матеріалів змінювати свої розміри і форму під дією зовнішніх сил, не руйнуючись при цьому.*

7. Дати визначення крихкості матеріалу.

***Крихкість** - це властивість матеріалів руйнуватися під дією зовнішніх сил без залишкових деформацій.*

8. Дати загальне визначення конструкційній міцності.

***Конструкційна міцність** — міцність матеріалу конструкції з урахуванням конструкційних, технологічних і експлуатаційних чинників. Тобто **конструкційна міцність** – це складне поняття, що вміщує як характеристики самого матеріалу, так і надійність і довговічність його роботи в реальній конструкції.*

1. ВПЛИВ ДЕФЕКТІВ СТРУКТУРИ МАТЕРІАЛІВ НА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ

1.1. Чим відрізняється технічна міцність від теоретичної?

Під технічною міцністю розуміють опір реальних тіл пружній і пластичній деформації та руйнуванню. Технічну міцність визначають експериментально. Теоретичну міцність визначають з умов деформації або руйнування в пружній області ідеальних ґраток монокристала, в якій дії зовнішнього навантаження протистоїть міжатомний зв'язок.

1.2. Що називається енергією міжатомного зв'язку в металах?

Енергія міжатомного зв'язку в металах є роботою дисоціації металевого кристала. Загальна потенційна енергія U взаємодії іонів та електронів (енергія зв'язку) є функцією міжатомної відстані r для твердого стану може бути подана напівемпіричним виразом вигляду:

$$U = \frac{A}{r} + \frac{B}{r^2},$$

де A і B – константи; r – атомний радіус.

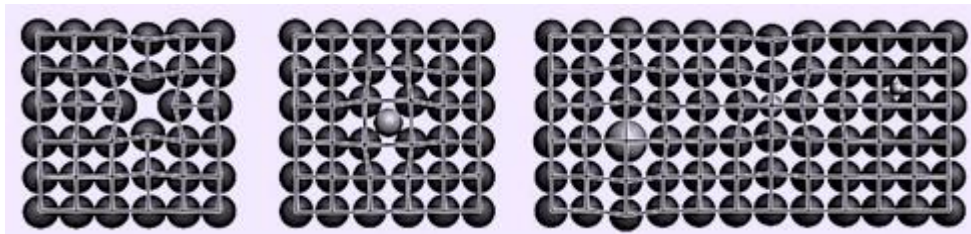
У цьому рівнянні перший член відповідає енергії електростатичного тяжіння між позитивними іонами та електронами, а другий – кінетичній енергії електронів, що обумовлює дію сили відштовхування у кристалі.

1.3. Яким комплексом механічних властивостей повинні володіти метали?

Використання металів пов'язане з тим, що вони мають комплекс механічних властивостей: хороша пластичність і в'язкість поєднуються у них з високою міцністю, пружністю і твердістю.

1.4. Чим характеризуються точкові недосконалості кристалічної ґратки?

Точкові дефекти (0-вимірні) – це порушення ґраток в ізольованих одна від одної точках.



а

б

в

Точкові дефекти в кристалічних ґратках: а – вакансії; б – міжвузловий атом; в – домішкові атоми заміщення та проникнення

1.5. Що називають вакансіями у кристалічних ґратках?

Виникнення вакансій пояснюється тим, що частина атомів унаслідок випадкового надлишку енергії (флуктуації) покидає свої місця. Атом, що при

цьому вискочив, може виявитися або в міжвузловинах, або ж зовсім вийти за ґратки, на грань кристала.

1.6. Що називають дислокаціями?

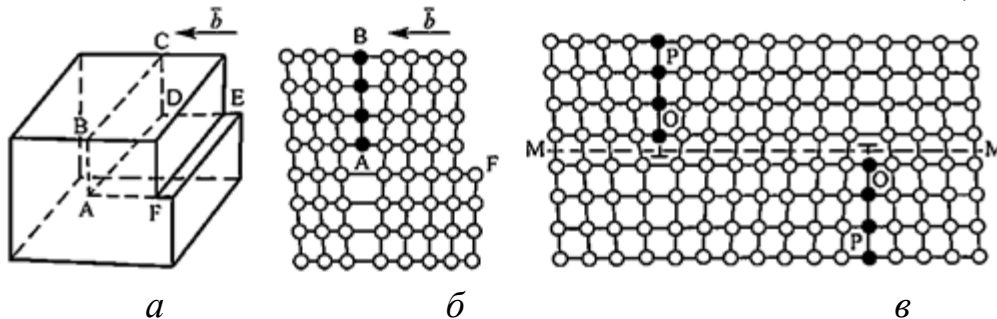
Лінійні недосконалості, що мають малі розміри у двох вимірах і велику протяжність у третьому вимірі, називаються **дислокаціями**.

1.7. Що називають атоми проникнення?

Шляхом дифузії у тверді тіла потрапляють атоми сторонніх речовин дотичних із тілом. В основному це атоми газів з навколишнього середовища, але можлива і дифузія між твердими тілами при їх тісному контакті.

1.8. Чим характеризується дислокація?

Крайова дислокація – це локалізоване викривлення кристалічної ґратки, що викликане наявністю в ній «надлишкової» атомної на півплощини.



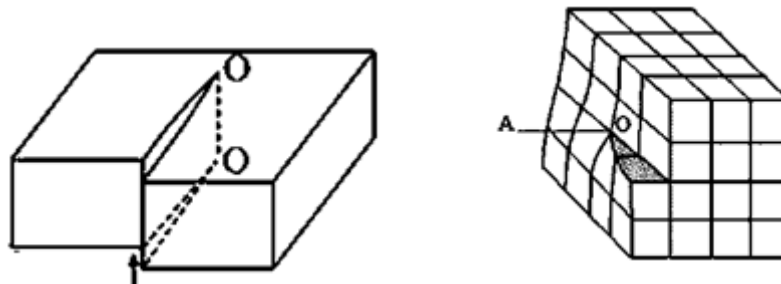
Крайова дислокація: а – зміщення атомних площин; б – схема розташування атомів біля дислокації; в – розміщення дислокацій щодо площин ковзання М-М.

1.9. Що є результатом крайової дислокації?

Пластична деформація є результатом руху крайової дислокації під дією зсуву.

1.10. Чим відрізняється крайова дислокація від гвинтової?

Лінія крайової дислокації перпендикулярна вектору зсуву, тоді як лінія гвинтової дислокації паралельна йому.



Гвинтова дислокація

1.11. Назвіть дві категорії дислокацій у металах.

Дислокації можуть бути розділені на дві категорії: дислокації, що утворюються в процесі кристалізації, і дислокації, що виникають під час деформації.

1.12. Що можна віднести до мікроскопічних дефектів структури ґраток?

- а) мікропори і мікротріщини;
- б) мозаїчність структури кристала;
- в) міжкристалітні граничні прошарки.

1.13. Дати стислу характеристику мікропор і мікротріщин.

Мікропори і мікротріщини можуть розглядатися у двох аспектах:

1) як зменшення до нехтуваних розмірів порожнини мікроскопічного характеру, що мають технологічне походження (наприклад, усадкові раковини зливка, газові бульбашки, температурні тріщини);

2) як скупчення дефектів ґраток, що є результатом неправильностей атомної будови.

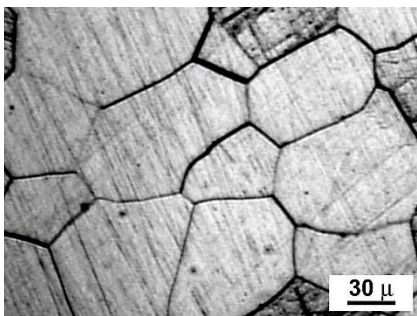
1.14. Дати стислий опис мозаїчності структури металу.

Зовнішні грані кристалу – не ідеальні площини: вони покриті виступами, западинами. Ввесь об'єм кристалу теж не має ідеально однорідної будови. З'ясувалося, що кристал ніби складений із численних блоків, осі яких не строго паралельні, а утворюють дуже малі кути – порядку 1° . Оскільки ґрати сусідніх блоків не збігаються за орієнтацією, то ступення їх пов'язане з порушенням правильності ґраток. Блоки мають лінійні розміри близько 10-4 см. Кристал, розділений на блоки, має своєрідну структуру, яка одержала назву мозаїчної.

1.15. Дати поняття про міжкристалітні граничні прошарки.

Кристаллами називаються конденсовані середовища, що володіють періодичною атомною структурою і мають природну форму правильних багатогранників.

Зерно (іноді вживається термін кристаліт) - мінімальний обсяг кристалу, оточений багатовугловими межами, в полікристалічному матеріалі.



Кристаліти є дрібні монокристали, що не мають чітко висловленої огранки. До них відносяться кристалічні зерна в гірських породах, металевих злитках, полікристалічних утвореннях. Полікристали представляють собою агрегати дрібних монокристалів різної орієнтації. У полікристалах є кристалічні зерна розміром від 1-2 нм до 1 мм. Міжкристалітні граничні прошарки, що проявлені кислотним травленням, наведено на рис.

1.16. Які дефекти структури металу відносяться до макроскопічних?

До цієї категорії належать такі дефекти, які не пов'язані безпосередньо із структурою атомних ґраток. До них відносяться:

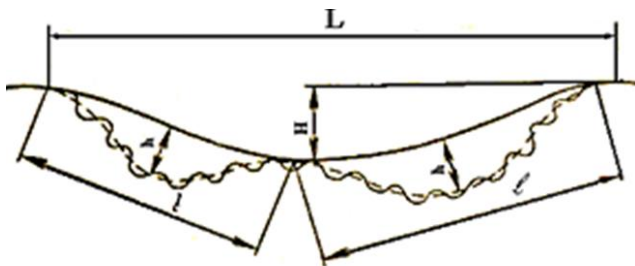
- а) дефекти, що виникають при відливанні металу: пористість структури, сторонні включення;
- б) дефекти в результаті прокатування: розтріскування і розшарування різного роду, текстура металу як порушення ізотропії;
- в) дефекти термічної обробки (гартування).

1.17. Що означає поняття «анізотропія матеріалу»?

Анізотропія — відмінність властивостей матеріалу у різних напрямках (на відміну від ізотропії). Щодо одних властивостей матеріал може бути ізотропним, щодо інших — анізотропним.

2. СТАН ПОВЕРХНІ ТА ПРИПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ МАТЕРІАЛУ

2.1. Дати загальну класифікацію порушень правильності поверхні твердих тіл.



а) макроскопічні відхилення — одиничні випадкові відхилення з малою висотою і великим кроком ($L : h \sim 1000$);

б) хвилястість — відхилення, що одноманітно повторюються, відношення $l : h$ від 50 до 1000;

в) шорсткість, що належить до мікрогеометрії ($l : h$ до 50).

2.2. Дати стислий опис природної поверхні тіл.

Для поверхні кристала характерна ступінчаста структура. Висота сходинок змінюється в різних речовинах у дуже широких межах: від одного атомного шару до сотень.

Крім таких нерівностей, природній поверхні кристалів і аморфних тіл властива природна тріщинуватість — наявність сітки найдрібніших тріщин, що йдуть у товщу тіла.

Походження цих тріщин може бути двояке:

1) вихід на поверхню субмікроскопічних порожнин і пор, що пронизують весь об'єм тіла;

2) тріщини чисто поверхневого характеру, що виникають у результаті особливостей взаємодії поверхневого шару атомів.

Дослідження на кристалах кам'яної солі демонструють вплив тріщинуватості поверхневого шару на міцність: у звичайних зразках солі межа міцності на розтягування становить на повітрі 5 МПа. Такі ж самі

зразки, перевірені у воді, після розчинення зовнішнього тріщинуватого шару показали межу міцності 1700 МПа, тобто в 340 разів більше.

2.3. Дати стислий опис обробленої поверхні тіл.

Оброблені поверхні порівняно з природними мають нерівності надзвичайно великі за величиною. Форма нерівностей повторює контур оброблювального інструменту тільки у загальних рисах. Після обробки матеріалу можна спостерігати його неправильну поверхню, геометрія якої тісно пов'язана з механічними процесами руйнування металу у зоні обробки.

2.4. Дати опис загального впливу дії зовнішнього середовища на поверхневий шар матеріалу тіл.

Поверхня твердого тіла неминуче адсорбує елементи навколишнього середовища. Це викликано підвищеною активністю поверхні. Як правило, вона буває покрита шарами адсорбованих газів, пари води і жирів. При виникненні чистої поверхні (наприклад, при зламі) вже короткочасне зіткнення із звичною атмосферою призводить до утворення на поверхні забруднень і жирної плівки, що часто осідає прямо на повітрі. Подібне явище спостерігається взагалі у твердих тіл. Наприклад, запотівання скла у вологому приміщенні – не що інше, як осад найдрібніших часточок води на жирній плівці, що покриває скло. Молекули рідини, що випадає на поверхні тіла, мають велику енергію, тому рідкий шар дуже рухливий, швидко поширюється по поверхні. У нормальних умовах технічні тіла покриті шаром жирів до декількох сотень мікронів. Плівка водяної пари становить 50 – 100 шарів молекул. Поверхні твердих тіл більшою мірою адсорбують також гази.

Адсорбовані шари змащування чинять значний вплив на процес пластичної деформації поверхневих шарів і міцність матеріалів.

У неблагородних металах, крім шару адсорбованих газів, утворюється ще плівка окиснення, часто завтовшки всього 10 – 20 шарів молекул.

2.5. Стисло описати вплив якості поверхні на міцність металевих тіл.

Особливості поверхні й приповерхневих шарів металу:

1) поверхня не є геометрично правильною, вона містить виступи і западини більшої або меншої величини залежно від характеру обробки;

2) хіміко-фізичний вплив навколишнього середовища створює умови, що сприяють зародженню осередків руйнувань на поверхні;

3) технологічна обробка – прокатка, обробка тиском, різні види різання та обробки поверхні – призводить до сильних змін у структурі поверхневих шарів. Унаслідок цього вони дуже часто сильно наклепуються, мають підвищену твердість; у них від поєднання дії різних перелічених вище факторів створюється складна картина напружень. У ряді випадків числові значення напружень набагато перевершують ті, що допускаються для даного матеріалу.

Із зазначеного випливає велике значення якості поверхні в питаннях міцності.

2.6. Як впливає якість поверхні на міцність металу при статичному навантаженні?

У поверхневих шарах спотворення структури атомами домішок особливо великі; тут дуже часто спостерігається наклеп. Тому на поверхні метал найчастіше твердіший і крихкіший, ніж у глибині. Дифузійне насичення поверхневих шарів деякими металами породжує крихкість. Аналогічна дія оксидної плівки, що значно підвищує опір деформації, особливо у м'яких металів.

Велика жорсткість зовнішніх шарів перешкоджає розвитку пластичних деформацій. Систему рисок глибиною всього в 1 мкм на поверхню полірованих зразків виявили, що зразки із шорсткою поверхнею давали в 14 разів менший зсув, ніж зразки поліровані; міцність виявилась однаковою.

Операції, пов'язані із процесом електролітичного цинкування, відчутно впливають на механічні властивості сталей: позначається не тільки сам процес цинкування, але і травлення в кислоті; тривале цинкування мало відображається на показниках міцності, але дуже різко знижує пластичність.

2.7. Як впливає якість поверхні на втому металів?

Втомне руйнування найчастіше виникає на поверхні. Це викликано поєднанням ряду несприятливих умов:

- 1) у складних напружених станах, які характерні для рухомих частин машин, найбільші розрахункові напруження, як правило, виходять на поверхні;*
- 2) на поверхні якнайбільше є концентраторів напруження або у вигляді різких змін у контурах деталі, або у вигляді недосконалості обробки;*
- 3) крім загальних дефектів структури, поверхневим шарам властива специфічна недосконалість, така як тріщинуватість, сліди корозії та інше;*
- 4) у поверхневих шарах дуже часто виникають великі залишкові напруження.*

Таким чином, якість обробки поверхні відіграє одну з найважливіших характеристик, що впливають на міцність при втомі матеріалів.

2.8. Перелічити технологічні прийоми підвищення міцності матеріалів при змінних напруженнях.

- 1) Зниження концентрації напружень шляхом підвищення якості обробки поверхні.*
- 2) Усунення окремих зон концентрації напружень біля вирізів і отворів.*
- 3) Створення на поверхні сприятливих залишкових напружень. Розтягуючи напруження знижують втомну міцність при повторному вигині; стисні залишкові напруження підвищують втомну міцність.*

3. НАПРУЖЕННЯ І ДЕФОРМАЦІЯ. МЕХАНІЧНІ ВИПРБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ

3.1. Що характеризує поняття «напруження»?

Більшість механічних властивостей виражається через величину напружень. Поняття «напруження» запроваджене для оцінки величини навантаження, що не залежить від розмірів тіла, що деформується. Напруження є питомою величиною і визначається як відношення внутрішніх сил пружності, віднесені до одиниці площі поперечного перерізу.

3.3. Що характеризує поняття «деформація»?

Деформація — зміна розмірів і форми твердого тіла під дією зовнішніх сил (навантажень) або якихось інших впливів (наприклад, температури, електричних чи магнітних полів).

3.4. У чому суть методу перетинів?

Метод перерізів (перетинів) — метод визначення величин і напрямів внутрішніх силових факторів, що проводиться з умов рівноваги частини твердого тіла. Він дозволяє перевести внутрішні силові фактори в категорію зовнішніх і, підпорядкувавши умовам рівноваги, визначити їх величини та напрямки. Метод включає такі дії:

- уявною площиною розрізають тверде тіло в тому місці, де потрібно знайти внутрішні силові фактори;*
- умовно відкидають одну частину тіла;*
- дію відкинутої частини на залишену замінюють силами — внутрішніми силовими факторами;*
- з умов рівноваги розглянутої частини тіла знаходять величини і напрямки внутрішніх силових факторів.*

3.5. Які основні складові діючого напруження?

Напруження — міра інтенсивності внутрішніх сил, що виникають у zdeформованому тілі під впливом різноманітних факторів. Механічне напруження в точці тіла визначається як вектор внутрішніх сил, що діють на одиницю площі даної елементарної площадки.

Розрізняють два види компонент вектора механічного напруження:

- нормальне напруження (напруження розтягу-стиску) — зусилля прикладене до одиниці площі перерізу зразка, спрямоване по нормалі до перерізу;*
- дотичне напруження (напруження зсуву) — зусилля прикладене до одиниці площі перерізу зразка, спрямоване у площині перерізу.*

3.6. Дати поняття істинних й умовних напружень.

Напруження, якими оперують у механічних випробуваннях, можуть бути істинними й умовними. У процесі деформації величина площини, на якій діють напруження (площа перерізу зразка), змінюється. Якщо ці зміни не враховують

і напруження розглядають як відношення навантаження в даний момент до вихідної площі перерізу, то такі напруження називають умовними. Якщо ж відносять силу до величини фактичного перерізу в даний момент деформації, то одержують істинне напруження.

3.7. Що таке деформація пружна і пластична?

Під дією напружень усі матеріали деформуються, тобто змінюють форму і розміри.

Деформації, що зникають після зняття навантаження, називають пружними. Деформації, що залишаються після зняття навантаження, називають пластичними (залишковими).

3.8. З яких основних стадій складається процес деформування при механічних випробуваннях?

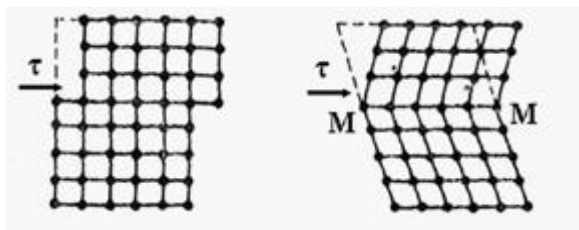


Схема процесу деформації

Процес деформації під дією поступово зростаючого навантаження складається з декількох стадій, що послідовно накладаються одна на одну.

3.9. Дати поняття термінам «ковзання» і «двійникування».

Пластична деформація кристалах може здійснюватися ковзанням і двійникуванням.



Ковзання – це зміщення окремих частин кристала (однієї частини щодо іншої) під дією дотичних напружень, коли ці напруження в площині й напрямі ковзання досягають певної критичної величини τ .

Двійникування – поворот однієї частини кристала в положення симетричне другій його частині. Площиною симетрії є площина двійникування $M-M$

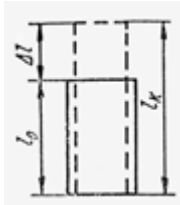
3.10. Назвіть основні характеристики для оцінки пластичної деформації.

За результатами механічних випробувань оцінюють різні характеристики пластичної (залишкової) деформації. Найбільш широко

використовують такі характеристики: **подовження, зсув, звуження (розширення) зразків.**

3.11. Дати поняття подовження зразка за результатами механічних випробувань.

Збільшення довжини зразка в результаті деформації, як правило, характеризують відносним подовженням: $\delta = \frac{l_k - l_o}{l_o} \cdot 100\% = \frac{\Delta l}{l_o} \cdot 100\%$.

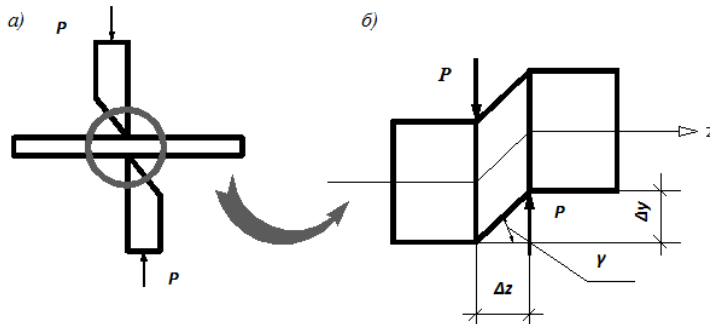


l_k – кінцева довжина; Δl – абсолютний приріст подовження.

Величина δ є умовною характеристикою, оскільки деформація із самого початку розвивається на довжині, що безперервно змінюється.

3.12. Дати поняття зсувної деформації.

Дотичні напруження викликають зсувні деформації.



В результаті деформації зсуву один поперечний переріз зміщується щодо іншого на деяку величину, звану абсолютним зсувом. Малий кут γ , на який зміниться спочатку прямий кут (рис.),

називається кутом зсуву або відносним зсувом. Кут зсуву виражається в радіанах.

3.13. Дати поняття звуження (розширення) зразків.

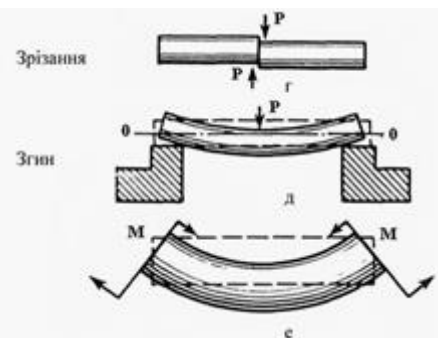
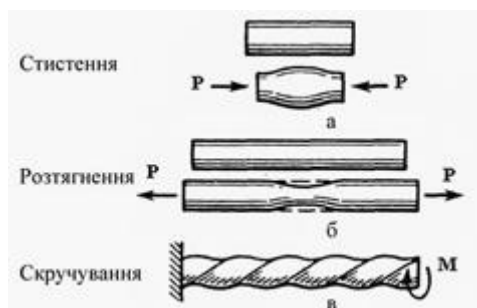
Широко використовуваною характеристикою деформації є відносне звуження:

$$\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} \cdot 100\%,$$

де F_0 – початкова площа поперечного перерізу зразка;
 F_k – кінцева площа поперечного перерізу зразка.

3.14. Навести основні дії зовнішнього навантаження.

Залежно від характеру дії зовнішніх сил матеріал зразків піддаватиметься різним видам напружень.

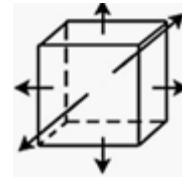
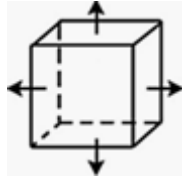
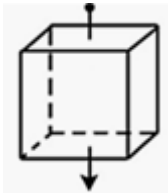


3.15. Навести класифікацію напружених станів за Фрідманом.

Один і той самий матеріал може проявляти різні характеристики міцності й пластичності, якщо його випробовувати при різних схемах напруженого стану.

Одновісний (лінійний) стан Двовісний (плоский) стан

Тривісний (об'ємний) стан



3.16. Навести класифікацію механічних випробувань.

Крім схем напруженого стану, механічні випробування розрізняються за способом навантаження і характером його зміни в часі.

Використовують два способи навантаження зразка:

1) шляхом його деформації із заданою швидкістю і вимірюванням сил опору зразка цієї деформації;

2) подачею постійного навантаження на зразок з вимірюванням виниклої при цьому деформації.

Найбільш поширений перший спосіб, що забезпечує можливість безперервного вимірювання і запису сили опору зразка деформації.

3.17. Дати коротку характеристику навантажень, що діють: статичних динамічних і втомних (циклічних).

За характером зміни в часі навантаження підрозділяють на статичні, динамічні й циклічні. Статичні навантаження характеризуються відносно повільним зростанням від нуля до деякої максимальної величини. При динамічному навантаженні це зростання відбувається за дуже короткий проміжок часу. Циклічні навантаження характеризуються багатократними змінами за напрямом і величиною.

3.18. Дати стислий опис статичних випробувань.

Статичні випробування відрізняються плавною, відносно повільною зміною навантаження зразка і малою швидкістю його деформації, а також такою малою величиною прискорення рухомих частин машини, що виниклими в них силами інерції можна знехтувати. Під час статичних випробувань можна методом простої статичної рівноваги з достатньою точністю визначити зусилля і деформації, а також величини роботи деформації у будь-який момент випробування.

Найбільш важливі такі різновиди статичних випробувань, що відрізняються схемою прикладення навантажень до зразка (тобто схемою напруженого стану): одновісне розтягування, одновісне стискування (надалі – просте розтягування, стискування), згинання, кручення, розтягування і згинання зразків з надрізом і тріщиною (плоскі та об'ємні схеми напруженого стану).

3.20. Дати загальний опис динамічних випробувань.

Динамічні випробування характеризуються прикладенням до зразка навантажень з різкою зміною їх величини і великою швидкістю деформації. Тривалість усього випробування не перевищує сотих часток секунди. Динамічне навантаження створюють ударом вільно падаючої важкої маси. У результаті в окремих частинах зразка і випробувальної машини виникають значні сили інерції. Тому для вимірювання зусиль метод статичної рівноваги використовувати не можна.

У результаті динамічних випробувань визначають величину повної або питомої роботи динамічної деформації, а також величину залишкової деформації зразка (абсолютної або відносної).

3.21. Дати стислий опис випробувань на втому.

Для випробувань на втому характерне багатократне прикладення до зразка навантажень, що змінюються. Такі випробування, як правило, дуже тривалі (години – сотні годин). За наслідками втомних випробувань визначають число циклів до руйнування при різних значеннях напружень, а зрештою – те граничне напруження, яке зразок витримує без руйнування протягом певного числа циклів навантаження. При втомних випробуваннях використовують різні схеми прикладення навантажень до зразка: згинання, розтягування – стискування, кручення.

3.22. Дати загальний опис випробувань на твердість, повзучість і тривалу міцність.

*Під час випробувань на твердість оцінюють різні характеристики опору деформації або, рідше, руйнуванню поверхневих шарів зразка при взаємодії їх з іншим тілом – **індентором**. Більшість різновидів випробувань на твердість – статична.*

Випробування на повзучість і тривалу міцність, як правило, проводять при підвищених температурах для оцінки характеристик жароміцності. Зразки протягом усього випробування знаходяться під постійним навантаженням. При випробуванні на повзучість вимірюють величину деформації у функції часу при різних напруженнях на зразку, а в результаті випробувань на тривалу міцність оцінюють час до руйнування під дією різних напружень.

3.23. Які умови подібності необхідно дотримувати під час проведення механічних випробувань?

Для дотримання умов подібності зразки необхідно піддавати випробуванням при однаковій схемі напруженого стану і в однакових фізичних умовах. Звідси виникає необхідність дотримання трьох видів подібності:

- 1) геометричної (форма і розміри зразка);*
- 2) механічної (схема і швидкість прикладення навантажень);*
- 3) фізичної (зовнішні фізичні умови).*

3.24. Що означає умова геометричної подібності?

Умова геометричної подібності зводиться до того, що випробовувані зразки повинні мати геометрично подібну форму. Наприклад, два зразки геометрично подібні, якщо вони мають якісно однакову конфігурацію, а відношення будь-яких двох відповідних розмірів кожного з них дорівнюють

$$\left(\frac{d_1}{D_1} = \frac{d_2}{D_2}, \frac{l_1}{d_1} = \frac{l_2}{d_2} \right).$$

3.25. Що означає поняття «гомологічна температура»?

Механічні властивості, зокрема зміцнювальні, пов'язані з температурою початку плавлення металу за інших рівних умов. Чим вища ця температура, тим вищі зміцнювальні характеристики при заданій температурі випробування. Тому зіставлення властивостей різних металевих матеріалів правильніше проводити при однакових гомологічних температурах, тобто однакових відношеннях абсолютних температур випробування і плавлення $T_{\text{випр}}/T_{\text{пл}}$.

Гомологічною температурою для кожного металу називається температура, що виражається у процентах від абсолютної температури його плавлення, яку беруть за 100%.

3.26. Дати поняття терміну «масштабний фактор».

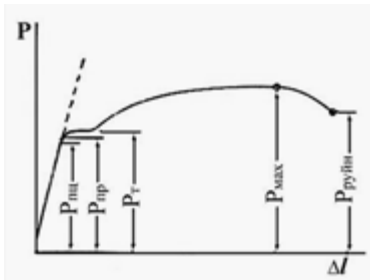
Структура реальних матеріалів та розподіл її дефектів неоднакові навіть у межах одного зразка. Тому механічні властивості, визначувані цією структурою і дефектами, строго кажучи, різні для різних об'ємів одного зразка. У результаті ті характеристики механічних властивостей, які оцінюються під час випробувань, є середньостатистичними величинами, що дають сумарну, математично найбільш імовірну характеристику всього об'єму зразка, який бере участь у випробуванні. Навіть при абсолютно точному вимірі механічних властивостей вони будуть неоднакові у різних зразків з одного і того самого матеріалу. Для оцінки механічних властивостей матеріалів зразків різних розмірів вводиться поняття масштабного фактору. **Масштабний фактор** це - показник, що оцінює взаємозв'язок між розмірами зразка з питомими показниками руйнування.

Особливо потрібно зазначити дію «масштабного фактора», що має істотний вплив на втомну міцність матеріалів.

4. ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ НА РОЗТЯГ

4.1. Що характеризує діаграма деформації?

Залежність між деформацією і опором зразка може бути наведена графічно у вигляді діаграми розтягування.



По осі абсцис відкладають деформацію Δl (подовження зразка), а по осі ординат – відповідну їй силу P опору. Деформацію Δl вимірюють в одиницях довжини, а опір матеріалу P - в одиницях сили. Форма діаграми залежить від властивостей випробовуваного матеріалу.

Діаграмою розтягання називають графік залежності між напруженнями, що виникають у випробувальному зразку при розтяганні, і його деформацією від початку деформування до повного руйнування зразка.

4.2. В чому полягає суть запису закону Гука?

Більшість конструкційних матеріалів на першій стадії деформації знаходять прямо пропорційну залежність між опором матеріалу і його деформацією: $P = k\Delta l$, де k – коефіцієнт пропорційності.

Коефіцієнт k залежить від довжини, площі поперечного перерізу зразка і від властивостей матеріалу. Позначимо: l – довжина зразка сталого перерізу; F – площа поперечного перерізу; E – коефіцієнт, залежний від властивостей випробовуваного матеріалу.

Закон Гука, можна подати у вигляді:
$$\Delta l = \frac{Pl}{EF}.$$

Якщо $\frac{P}{F} = \sigma$ і $\frac{\Delta l}{l} = \varepsilon$, то закон Гука можна написати в такому вигляді: $\sigma = E\varepsilon$,

де σ – нормальне напруження; ε – відносне подовження.

4.3. Дати визначення модулю пружності або модуля Юнга.

Коефіцієнт пропорційності E між нормальним напруженням σ і відносним подовженням ε називають модулем нормальної пружності або модулем Юнга.

4.4. Якими мають бути розміри зразків на розтягування?

Згідно зі стандартом випробування проводять переважно на циліндричних або, коли випробовують листові матеріали, – на плоских зразках.

В циліндричних зразках мають витримуватись певні співвідношення між діаметром d_0 та розрахунковою довжиною робочої частини зразка l_0 :

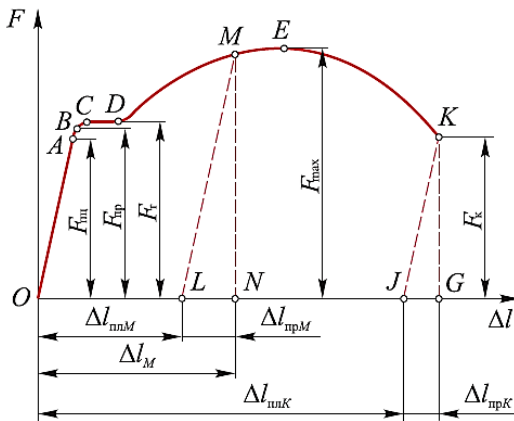
$l_0 = 10d_0$ для довгих зразків і $l = 5d_0$ – для коротких. Основними вважаються зразки, в яких діаметр $d_0 = 10$ мм і розрахункова довжина $l_0 = 100$ мм або 50 мм.

Стандарт допускає використання зразків з іншим діаметром, але за умови дотримання вказаних співвідношень діаметра і розрахункової довжини. Такі зразки називають пропорційними.

4.5. Навести характерні ділянки і точки, які відповідають певним стадіям деформування зразка на діаграмі розтягання.

Стадія пропорційного деформування, коли матеріал зразка підлягає закону

Гука, відповідає ділянці OA . $F_{пц}$ – сила, за якої закон Гука припиняє свою дію. До точки B на діаграмі матеріал зразка залишається пружним. Цій точці відповідає сила $F_{пр}$. Отже ділянка OB діаграми відповідає стадії пружного деформування зразка.



При подальшому розтяганні зразка діаграма підіймається до точки C , після якої починається горизонтальна ділянка CD . Деформація зразка відбувається за постійної сили F_T , при цьому з'являються залишкові або пластичні деформації, які не зникають після повного розвантаження зразка. Такий стан матеріалу називається текучістю. Ділянка CD діаграми називається площадкою текучості.

За стадією текучості настає стадія зміцнення, яка відповідає ділянці DE діаграми. Матеріал зразка відновлює здатність опиратися деформуванню. Подальше деформування відбувається при зростанні сили аж до деякої максимальної величини F_{max} (точка E на діаграмі розтягу). Після досягнення сили F_{max} деформація локалізується на незначній частині робочої довжини зразка, що призводить до утворення на зразку місцевого звуження – шийки.

Подальше деформування зразка (ділянка EK) супроводжується зменшення сили, прикладеної до зразка. Точка K діаграми розтягу відповідає моменту повного руйнування зразка (F_K – сила, за якої відбулося руйнування).

При подальшому розтяганні зразка діаграма підіймається до точки C , після якої починається горизонтальна ділянка CD . Деформація зразка відбувається за постійної сили F_T , при цьому з'являються залишкові або пластичні деформації, які не зникають після повного розвантаження зразка. Такий стан матеріалу називається текучістю. Ділянка CD діаграми називається площадкою текучості.

За стадією текучості настає стадія зміцнення, яка відповідає ділянці DE діаграми. Матеріал зразка відновлює здатність опиратися деформуванню. Подальше деформування відбувається при зростанні сили аж до деякої максимальної величини F_{max} (точка E на діаграмі розтягу). Після досягнення сили F_{max} деформація локалізується на незначній частині робочої довжини зразка, що призводить до утворення на зразку місцевого звуження – шийки.

4.6. Дати визначення межі пропорційності.

Силу (напруження), до якої зберігається пряма пропорційність між діючою силою (напруженням) і подовженням (відносною деформацією) зразку, називають **межею пропорційності**.

4.7. Дати визначення межі пружності.

Межа пружності – це сила (напруження), до якої залишкова деформація при розтяганні не виявляється.

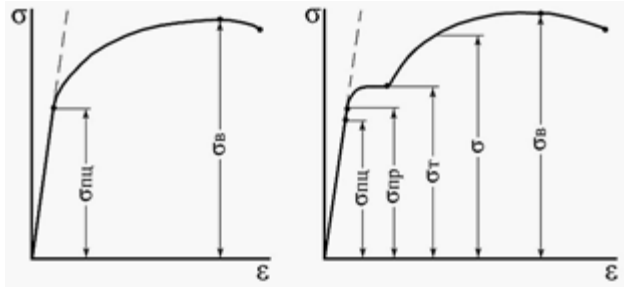
4.8. Дати визначення межі текучості.

Силу (напруження), при якій відбувається подовження (відносна деформація) зразку без значного зміння сили (напруження), називають **межею текучості**.

4.9. Дати визначення пластичному і крихкому матеріалу.

Матеріал вважається пластичним, коли залишкове видовження після розриву $\delta > 5\%$, а коли $\delta < 5\%$ – матеріал вважається крихким.

4.10. Надати діаграми розтягування в координатах $\sigma - \epsilon$.

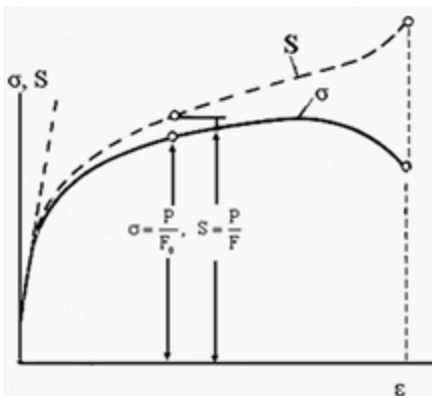


На рис. представлено діаграми розтягування в координатах $\sigma - \epsilon$ без полочки текучості і з полочкою текучості. Ці діаграми прийнято називати умовними діаграмами розтягування.

4.11. Що називається межею міцності?

Межею міцності або тимчасовим опором матеріалу називається напруження, що відповідає максимальній силі, яку може витримати зразок при розтяганні.

4.12. Дати пояснення щодо різниці між умовною та істиною діаграмами розтягування.



Діаграма розтягування, побудована в координатах $\sigma - \epsilon$ (рис.), названа умовною діаграмою, оскільки при визначенні напруження і подовження зусилля та абсолютну деформацію віднесено відповідно до початкової площі поперечного перерізу зразка F_0 і до початкової розрахункової довжини зразка l_0 .

Якщо віднести зусилля та абсолютне подовження в кожен момент випробування відповідно до істинної площі перерізу і до довжини зразка у цей момент, то діаграма залежності істинних напружень від істинних деформацій набере іншої форми порівняно з умовною діаграмою розтягування (на рис. надано штриховою лінією).

4.13. Які є основні характеристики пластичності матеріалу?

За характеристиками пластичності судять про пластичність матеріалу:

– **відносне видовження** після розриву $\delta, \%$ – це відношення приросту розрахункової довжини зразка після розриву Δl_0 до його початкової довжини l_0 :

$$\delta = \frac{\Delta l_0}{l_0} 100\%;$$

– **відносне звуження** зразка $\Psi, \%$ – це відношення абсолютного зменшення

площі поперечного перерізу зразка після розриву (в шийці) ΔA_0 до початкової

площі його перерізу A_0 :

$$\Psi = \frac{\Delta A_0}{A_0} 100\%.$$

4.14. Як визначити модуль Юнга з діаграми розтягання?

Модуль пружності дорівнює тангенсу кута нахилу прямолінійної ділянки діаграми розтягання, побудованої в координатах $\sigma - \varepsilon$, до осі абсцис.

4.15. Дати визначення коефіцієнту Пуассона.

У межах області пружних деформацій матеріалу відношення відносної зміни лінійного поперечного розміру ε' до відносного подовжнього ε є характеристикою властивостей матеріалу і називається **коефіцієнтом Пуассона**:

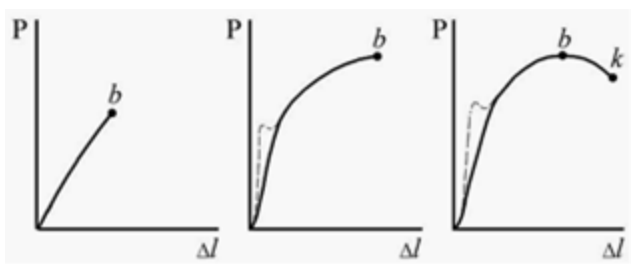
$$\mu = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon}.$$

4.16. Сформулювати закон подібності Барбі - Кика.

Закон подібності, сформульований Барбою і Киком: тільки в геометрично подібних зразках з одного матеріалу при одних і тих самих напруженнях виходять геометрично подібні абсолютні деформації. Справедливий і протилежний висновок: тільки при геометричній подібності деформацій напруження, що їх викликають, однакові.

4.17. Навести первинні діаграми розтягування.

Для різних металів і сплавів усю різноманітність діаграм розтягування можна звести в першому наближенні до трьох типів (рис.).



а – крижке руйнування; б – руйнування після рівномірної деформації; в – руйнування після утворення шийки

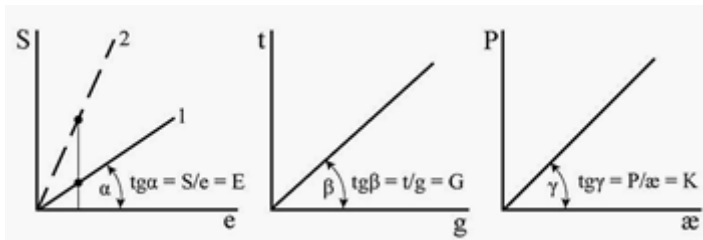
Діаграма I типу характерна для зразків, що руйнуються крижко, без помітної пластичної деформації. Діаграма II типу виходить при розтягуванні зразків, що рівномірно деформуються аж до руйнування. Діаграма III типу характерна для зразків, що руйнуються після утворення шийки в результаті

зосередженої деформації. Така діаграма може вийти і без утворення шийки в зразку – при високотемпературному розтягуванні; ділянка bk може бути сильно розтягнута і майже паралельна осі деформації. Зростання навантаження до моменту руйнування (рис. б) або до максимуму (рис. в) може бути або плавним (суцільні лінії), або переривчастим. В останньому випадку на діаграмі можуть, зокрема, з'явитися «зуб» і полочка текучості (пунктир на рис. б, в).

5. ПРУЖНІ ВЛАСТИВОСТІ Й НЕПОВНА ПРУЖНІСТЬ МАТЕРІАЛІВ

5.1. Навести пружні ділянки діаграм напруження – деформація при одновісному розтягуванні, крученні (зсуві) і гідростатичному стискуванні.

На рис. показані початкові (пружні) ділянки кривих напруження – деформація при одновісному розтягуванні, крученні (зсуві) і гідростатичному стискуванні.



Нахил кожної з цих трьох прямих характеризує модулі пружності при одновісному розтягуванні, крученні (зсуві) і гідростатичному стискуванні.

розтягуванні, крученні (зсуві) і гідростатичному стискуванні.

5.2. Що є основними константами пружних властивостей матеріалів?

Модуль пружності — величина, що характеризує пружні властивості матеріалу при малих деформаціях. Розрізняють такі модулі пружності:

- при осьовому розтягу-стиску (модуль Юнга, або модуль нормальної (повдовжньої) пружності);
- при зсуві (модуль зсуву);
- при об'ємному стиску (модуль об'ємної пружності). Модулі пружності є важливими показниками в розрахунках на міцність і жорсткість.

Модулі пружності: $E = \sigma/\varepsilon$; $G = \tau/\gamma$; $K = P/\varepsilon_v$.

Модуль нормальної пружності E визначається при розтягуванні (σ – нормальне напруження, ε – відносна лінійна деформація); G – **модуль зсуву** (τ – дотичне напруження, γ – кут зсуву) і K – **модуль об'ємної пружності** (P – гідростатичний тиск, ε_v – відносне зменшення об'єму).

Коефіцієнт Пуассона ν – четверта найважливіша константа пружних властивостей пружності.

5.3. Навести зв'язок між пружними константами матеріалів.

Чотири константи: E – модуль Юнга, G – модуль зсуву, K – модуль об'ємної пружності і коефіцієнт Пуассона ν зв'язані між собою залежностями:

$$E = 2G (1 + \nu);$$

$$E = 3K (1 - 2\nu).$$

5.4. Записати узагальнений закон Гука для ізотропного тіла.

Узагальнений закон Гука для ізотропного тіла:

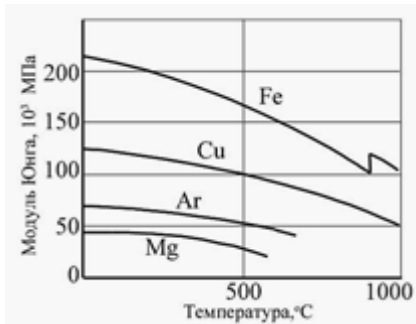
$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)], \quad \varepsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)], \quad \varepsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)];$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G},$$

$$\gamma_{xz} = \frac{\tau_{xz}}{G},$$

$$\gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G}.$$

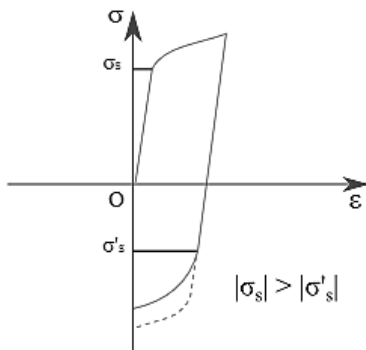
5.5. Як впливає температура на пружні константи матеріалів?



При підвищенні температури модулі пружності, як правило, зменшуються у зв'язку з тим, що теплова енергія сприяє подоланню міжатомних сил. Наприклад, характер залежності модуля Юнга від температури наведено на рис.

5.6. В чому полягає ефект Баушінгера?

Якщо зразок після розтягування за межу текучості повністю розвантажений, після чого до нього прикладена стискаюча сила, то виявляється, що межа текучості при стисненні менше її вихідної межі текучості. Цей ефект відомий як ефект Баушінгера. Тобто якщо ж під впливом зовнішніх зусиль в матеріалі виникають дислокації (настає режим пластичної деформації) то пружні властивості змінюються і починає позначатися вплив знака первісної деформації. Якщо матеріал піддати слабкої пластичної деформації навантаженням одного знака, то при зміні знака навантаження виявляється зниження опору початковим пластичним деформаціям.



Виниклі при первинній деформації дислокації зумовлюють появу в матеріалі залишкових напружень, які складаючись з робочими напруженнями при зміні знака навантаження, викликають зниження межі пропорційності, пружності і текучості матеріалу. Зі збільшенням початкових пластичних деформацій величина зниження механічних характеристик збільшується.

5.7. Що таке пружна післядія?

Пружна післядія - фізична властивість матеріалу, що складається в тому, що деформація тіла не відразу досягає значення, пропорційного діючого напруження, а повільно досягає необхідного значення. Виникає при збільшенні напруження (пружна післядія навантаження) і при її зниженні - пружна післядія розвантаження.

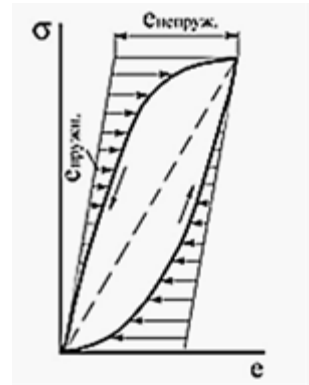
Пружна післядія характерна для тіл з великою кількістю внутрішніх пустот (пор, тріщин). У металів пружна післядія зростає при збільшенні температури.

Зміна деформації з часом відбувається за експоненціальним законом. Тривалість пружної післядії оцінюється за часом релаксації. Час релаксації зазвичай не перевищує 1 с.

5.8. Привести загальний опис утворення петлі гістерезису внаслідок непружних явищ.

У металах до початку макропластичної деформації, на пружній ділянці кривої напруження - деформація можливі непружні явища, такі як рух дислокацій, точкових дефектів, переміщення атомів у області меж зерен і т. п. Ці явища, що супроводжуються місцевими пластичними деформаціями, спостерігаються при дуже низьких напруженнях.

Непружні ефекти є причинами внутрішнього тертя, що характеризує необоротні втрати енергії всередині металу. Лінії діаграми напруження - деформація при навантаженні й розвантаженні через неповну пружність металів не збігаються, а утворюють петлю гістерезису (рис.). Її площа характеризує енергію, розсіяну за один цикл навантаження.



5.9. Для чого необхідне знання величини внутрішнього тертя в матеріалі?

Знання величини внутрішнього тертя необхідне для вибору матеріалу, що працює в певних умовах. Наприклад, матеріали для різного роду амортизацій, здатні швидко гасити коливання, повинні володіти високим внутрішнім тертям. Навпаки, багато деталей вимірювальних приладів не мають розсіювати пружну енергію.

6. РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ

6.1. Що є предметом механіки руйнування?

Механіка руйнування розглядає наслідки наявності тріщиноподібних дефектів (як на мікро-, так і на макрорівні) з точки зору конструкційної цілісності.

6.2. На чому базується механіка руйнування?

Механіка руйнування базується на припущенні, що тріщини або присутні спочатку, або можуть виникнути у процесі експлуатації.

6.3. Що означають поняття «міцність» і «руйнування»?

Що таке міцність і руйнування? **Міцність** – це здатність конструкції не руйнуватися. Тобто не розділятися на окремі частини. **Руйнування** можна вважати явище розділення конструкції на частини, тобто це є наслідок порушення міцності конструкції. Так як можна розглядати міцність при статичних, динамічних, теплових навантаженнях, відповідно руйнування відбувається при дії статичних, теплових, динамічних збуджень при різних супроводжуючих експлуатацію конструкції умовах (температура, корозія, агресивні середовища).

У більш широкому розумінні цього терміну руйнування можна визначити яку завгодно зміну розмірів, форми або властивості матеріалу конструкції внаслідок якої конструкція не може задовільно виконувати свої функції.

6.4. В чому полягає розбіжність між теоретичною і реальною міцністю?

Розбіжність між теоретичною і реальною міцністю полягає в тому, що в основі теоретичного розрахунку лежить гіпотеза про подолання сил зв'язку атомів при відриві одночасно по всьому перетину зразка. Насправді сили зв'язку долаються не одночасно. Причиною цього є тріщини.

6.5. Дати стислий опис можливих підходів до вирішення проблеми руйнування.

Існує три можливі підходи до вирішення проблеми руйнування.

Перший – вивчення макроскопічних закономірностей руйнування.

Другий – феноменологічний опис мікрокартини руйнування (спостережуваної при оптичних збільшеннях) і пошуки зв'язку між характером процесу руйнування і мікроструктурою матеріалу.

Третій – дослідження процесів пластичної деформації і руйнування з позицій атомної будови. Знання атомного механізму цих процесів є надійною основою для встановлення кількісних залежностей міцності на рівні мікро- і макроструктур.

6.6. Перелічити основні види руйнування твердих тіл.

При монотонному навантаженні твердого тіла поширення в ньому тріщин призводить до наступних основних видів руйнувань у залежності від структури його матеріалу: крихке руйнування, пластичне (в'язке) руйнування, квазікрихке руйнування, втомне руйнування, руйнування при повзучості, корозійне руйнування.

6.7. Дати загальний опис крихкого (квазікрихкого) руйнування.

Крихке руйнування є результатом лавиноподібного зростання макротріщин (зі швидкостями до 1/3 швидкості звуку), при якому пружна деформація досягає такої величини, що руйнуються міжатомні зв'язки всередині зерен або на їхніх кордонах. При цьому відсутні пластичні деформації або вони зосереджені в тонкому приповерхневому шарі (квазікрихке руйнування). Це - найбільш поширений вид руйнування елементів кораблів, мостів, паливних танкерів і ін.

Квазікрихке руйнування передбачає наявність пластичної зони перед краєм тріщини наклепаного матеріалу (стан матеріалу після попередньої пластичної деформації) у поверхні тріщини. Значно більший за величиною об'єм тіла знаходиться при цьому в пружному стані. У техніці квазікрихким називають руйнування, при якому руйнівне напруження у нетто-перетині вище межі текучості, але нижче межі міцності.

6.8. Назвати особливості в'язкого руйнування.

В'язке руйнування відбувається після суттєвої пластичної деформації, що протікає по всьому (або майже по всьому) об'єму тіла. Наприклад, розрив після 100%-го звуження шийки при розтягуванні.

Процес в'язкого руйнування реалізується, здебільшого, внаслідок інтенсивного ковзання дислокацій по площадках дії максимальних напружень зсуву, в результаті якого утворюються пори, які об'єднуються у мікротріщину, зростання якої призводить до зародження макротріщини, і, нарешті, до в'язкого руйнування.

6.9. Дати загальну характеристику втомного руйнування.

Втомне руйнування відбувається при циклічному навантаженні тіла в результаті накопичення в ньому незворотних ушкоджень, що призводять до утворення і розвитку тріщини. Злам макроскопічно крихкий, проте, у поверхні зламу матеріал суттєво наклепаний.

Розрізняють втому і малоциклову втому. Втома характеризується номінальними напруженнями, меншими межі текучості. Повторне навантаження макроскопічно відбувається у пружній області, число циклів до руйнування велике.

Малоциклова втома характеризується номінальними напруженнями, більшими межі текучості. При кожному циклі навантаження виникає макроскопічна пластична деформація, число циклів до руйнування порівняно невелике.

6.10. Дати визначення руйнуванню при повзучості.

Повзучістю називають явище накопичення в матеріалі деформації у часі при дії постійного навантаження у певному для кожного матеріалу діапазоні температур випробування. Це руйнування характерне для в'язкопружних матеріалів, зокрема полімерів. У конструкційних матеріалах, таких як низьковуглецева сталь, алюмінієві, титанові сплави, прояви повзучості спостерігаються при підвищених температурах.

6.11. Що призводить до корозійного руйнування?

Корозійне руйнування має місце при дії хімічно агресивних середовищ. Тріщини починають розвиватися задовго до повного руйнування, вони виникають і поширюються до вичерпання конструкцією своєї несучої здатності.

6.12. Сформулювати силовий критерій руйнування Ірвіна.

Поле напружень біля вершин тріщини визначається коефіцієнтами інтенсивності напружень (КІН), що є характеристикою для силового критерію руйнування, за яким можна визначити початок розвитку тріщини. Силовий критерій Ірвіна має вигляд: $K = K_C$. K_C , який визначається з експериментів, є мірою тріщиностійкості матеріалу, тому K_C називають в'язкістю руйнування.

6.13. Сформулювати критерій Гріффітса.

Критерій Гріффітса виходить з положення про те, що тріщина поширюється, якщо збільшення поверхневої енергії стінок тріщини, віднесеної до одиниці її площі менше енергії деформації, що визволяється внаслідок зростання тріщини.

6.14. Дати визначення концентратору напружень.

Різного роду пошкодження цілісності матеріалу – надрізи, тріщини – є концентраторами напружень. Усі концентратори можна розділити на два види: 1) макроскопічні, які містять макродефекти – тріщини, конструктивні концентратори напружень (надрізи, виточки, галтели); 2) мікроструктурні, пов'язані з наявністю різного роду неоднорідностей будови матеріалу – включень, пор і т. п.

6.15. Дати визначення коефіцієнту концентрації напружень.

Коефіцієнт концентрації напружень є відношенням дійсного напруження до номінального і є безрозмірною величиною: $K_t = \frac{\sigma_{1\max}}{\sigma_n}$, де $\sigma_{1\max}$ – пікове значення найбільшого нормального напруження поблизу вершини надрізу; σ_n – середнє (номінальне) напруження у найменшому перерізі виробу, що містить надріз.

7. УДАРНА В'ЯЗКІСТЬ МАТЕРІАЛІВ

7.1. Дати визначення ударної в'язкості.

Ударна в'язкість — здатність матеріалу поглинати механічну енергію в процесі деформації і руйнування під дією ударного навантаження. Як правило, оцінюється роботою, що виконана для руйнування надрізаного зразка при ударному згині, віднесеною до площі його перерізу в місці надрізу. Вимірюється в Дж/м².

Ударна в'язкість – це робота, витрачена на ударне руйнування зразка, віднесена до початкової площі поперечного перерізу зразка в місці надрізу.

7.2. Які випробування поєднують випробування на ударну в'язкість?

Випробування на ударну в'язкість поєднують три види: випробування на згин, випробування зразка з надрізом і дією ударного навантаження. Тому навіть незначна зміна умов випробувань дозволяє визначати істотно різні характеристики матеріалу. Цей метод випробувань застосовують в основному для визначення схильності до крихкого руйнування металевих матеріалів.

7.3. Які основні фактори впливають на прояв крихкого або в'язкого руйнування при ударних випробуваннях?

Вирішальний вплив на крихкий або в'язкий злам при деформаціях, що перевищують пружні, чинять три фактори:

- а) розподіл навантажень у зразку;
- б) швидкість деформації;
- в) температура.

7.4. Як впливає температура зразка на крихкий і в'язкий злам?

Зниження температури зразка сприяє крихкому зламу, підвищення температури зразка перед випробуванням, як правило, – до в'язкого зламу.

7.5. Дати визначення холодноламкості і холодостійкості металів.

Холодноламкість — це здатність металів і сплавів проявляти крихкість, внаслідок зниження температури. Холодноламкість є не властивістю, а станом матеріалу.

Холодостійкість — здатність матеріалів, переважно металів, зберігати пластичність і в'язкість зі зниженням температури. Холодостійкість металу залежить від хімічного складу структури, швидкості навантажування, наявності концентраторів напружень тощо.

7.6. Як розрізняються зразки на випробування ударної в'язкості?

Залежно від виду концентратора розрізняють зразки трьох типів:

- тип U (тип Менаже) – з радіусом дна надрізу 1,0 мм;
- тип V (тип Шарпі) – з радіусом дна надрізу 0,25 мм;
- тип T – з ініційованою тріщиною.

7.8. В чому полягає метод випробування за Шарпі?

Суть методу полягає у випробуванні, при якому зразок, що лежить на двох опорах, зазнає удару маятника, причому лінія удару знаходиться посередині між опорами і безпосередньо навпроти надрізу у випадку зразків із надрізом. Повну роботу копра, витрачену на ударне руйнування зразка, визначають як різницю між його початковою і кінцевою (після удару) потенційними енергіями.

7.9. Як позначають ударну в'язкість?

Ударну в'язкість позначають KCV, KCU, KCT. KC - символ ударної в'язкості, третій символ показує вид надрізу: гострий (V), з радіусом заокруглення (U), тріщина (T).

8. ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

8.1. Для чого проводять випробування при підвищених температурах?

Для характеристики механічних властивостей матеріалів, що працюють в умовах нагрівання, проводять короточасні й тривалі випробування при підвищених температурах.

8.2. Дати визначення повзучості.

Повзучість – це повільне наростання в часі пластичної деформації матеріалу при силових діях, менших від тих, які можуть викликати залишкову деформацію при випробуваннях звичайної тривалості. Повзучість супроводжується релаксацією напружень, тобто поступовою зміною напружень у тілі при постійній його деформації.

8.3. Дати визначення теплової крихкості.

Тепловою крихкістю називаються явища зменшення пластичності, що визначається за виміром деформації при постійному навантаженні матеріалу при високих температурах.

8.4. В чому полягають випробування на повзучість при розтягуванні?

Випробування на повзучість при розтягуванні полягають у тому, що випробовуваний зразок протягом довгого часу піддається дії постійного розтягувального зусилля і сталої температури. При цьому весь час фіксується деформація зразка. У результаті випробування визначають межу повзучості матеріалу, тобто те найбільше напруження, при якому швидкість або деформація повзучості за певний проміжок часу не перевищує заданої величини.

8.5. Що називають межею повзучості?

Максимальне тривало діюче напруження, при якому деформація ще дорівнює нулю, називається теоретичною межею повзучості.

8.6. Дати визначення умовної межі повзучості.

Умовна межа повзучості є напруження, яке викликає за встановлений час випробування при даній температурі задане подовження зразка (сумарне або залишкове).

8.7. Як позначається межа повзучості за величиною деформації?

При визначенні за величиною деформації межа повзучості повинна позначатися трьома числовими індексами: двома нижніми й одним верхнім. Перший нижній індекс позначає задане подовження (сумарне або залишкове) у відсотках; другий нижній індекс – задану тривалість часу випробування в годинах; верхній індекс – температуру в градусах Цельсія.

Запис $\sigma_{0,2/100}^{700}$ означає, що межа повзучості при допуску на деформацію 0,2% за 100 годин випробування при температурі 700 °С. При цьому необхідно додатково вказати, за сумарною чи залишковою деформацією визначалася межа повзучості.

8.8. Як позначається межа повзучості за швидкістю повзучості?

У разі визначення за швидкістю повзучості межа повзучості повинна позначатися σ з двома числовими індексами: одним верхнім і одним нижнім. Нижній індекс означає задану швидкість повзучості (%/год.), верхній індекс означає температуру випробування в °С. $\sigma_{1 \cdot 10^{-5}}^{600}$ – межа повзучості при 1·10⁻⁵ %/год. при температурі 600 °С. При цьому необхідно додатково вказати час випробування, за яке була досягнута задана швидкість повзучості.

8.9. Дати визначення тривалої міцності.

Тривалою міцністю називається опір матеріалу механічному руйнуванню під дією тривало прикладеного постійного навантаження при високій температурі.

Розрізняють тривалу міцність при розтягуванні, крученні й згині, а також у складному напруженому стані.

Тривала міцність характеризується межею тривалої міцності.

8.10. В чому полягає випробування на тривалу міцність?

Випробування на тривалу міцність при температурах до 1200 °С полягає у тому, що зразок доводиться до руйнування під дією постійного розтягувального навантаження при сталій температурі. У результаті випробувань визначають **межу тривалої міцності**, тобто найбільше напруження, що викликає руйнування металу за певний час випробування при сталій температурі.

8.11. Чим відрізняється жароміцність від жаростійкості?

Жароміцність — властивість матеріалів чинити опір деформуванню і руйнуванню під дією механічних навантажень при високих температурах.

Жаростійкість — властивість матеріалу, що характеризує його здатність протистояти при високій температурі хімічному руйнуванню, переважно, окисненню а для неметалевих матеріалів і механічному руйнуванню.

9. МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРИ ЦИКЛІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

9.1. Дати визначення поняттю «втома» і «витривалість» матеріалу.

Втома – процес поступового накопичення ушкоджень матеріалу під дією повторно-змінних напружень, що призводить до зменшення довговічності, утворення тріщин і руйнування. **Витривалість** – властивість матеріалу протистояти втомі.

9.2. Що характеризує циклічна довговічність?

Циклічна довговічність характеризує працездатність матеріалу в умовах циклів напружень, що багато разів повторюються. **Циклом напружень** називається сукупність всіх послідовних значень напружень, що виникають у матеріалі за один період часу їх зміни.

9.3. Дати визначення границі витривалості.

Границею витривалості називається максимальне за абсолютним значенням напруження, під час якого матеріал ще здатний чинити опір втомному руйнуванню за будь-якого довільно великого числа повторень змінних напружень.

9.4. Чим відрізняється руйнування від втоми від статичного навантаження?

Руйнування від втоми порівняно з руйнуванням від статичного навантаження має ряд особливостей.

1. Воно відбувається при напруженнях, менших, ніж при статичному навантаженні; менших від межі текучості або тимчасового опору.

2. Руйнування починається на поверхні (або поблизу від неї) локально, в місцях концентрації напружень (деформації).

3. Руйнування проходить у декілька стадій, що характеризують процеси накопичення ушкоджень у матеріалі, утворення тріщин втоми, поступовий розвиток і злиття деяких із них в одну магістральну тріщину і швидке остаточне руйнування.

4. Руйнування має характерну будову зламу, що відображає послідовність процесів втоми. Злам складається з осередку руйнування (місця утворення мікротріщин) і двох зон – втоми і долому.

9.5. Чим характеризується цикл напружень?

Цикл характеризується наступними параметрами:

максимальним напруженням σ_{max} ; мінімальним напруженням σ_{min} ; середнім напруженням $\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$; амплітудним напруженням $\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$; коефіцієнтом асиметрії $R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$.

9.6. Які можуть бути цикли напружень?

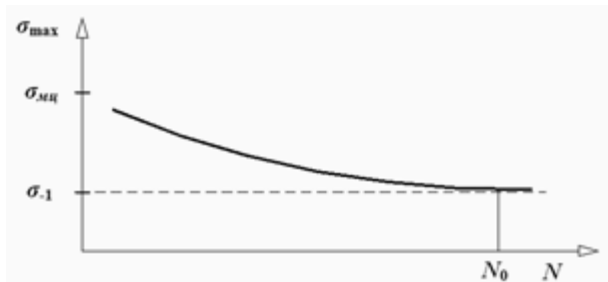
Цикли можуть бути **знакопостійними**, якщо знаки напружень σ_{\max} і σ_{\min} однакові, і **знакозмінними**.

Цикл, у якого максимальне і мінімальне напруження рівні за абсолютним значенням, але протилежні за знаком, називається **симетричним**. Для такого циклу: $\sigma_{\max} = -\sigma_{\min}$, $R = -1$

Знакопостійний цикл, при якому напруження змінюються від нуля до свого максимального значення, називається **віднулевым**. Його характеристики: $\sigma_m = \sigma_a$, $R = 0$.

9.10. Дати визначення кривої Велера.

Крива втоми (крива Велера) - це графік залежності напружень, при якому відбувається руйнування матеріалу при даному числі циклів навантаження, від числа цих циклів. Крива Велера, є результатом проведення випробувань. Найбільш поширені випробування на чистий згин при симетричному циклі, оскільки саме цей цикл напружень є найнебезпечнішим для матеріалу, а його експериментальне проведення простіше, ніж для інших видів циклів.



9.11. Як позначається границя витривалості

Границя витривалості позначається σ_R , де індекс R відповідає коефіцієнту асиметрії циклу. Так, наприклад, для симетричного циклу він позначається σ_{-1} , для віднулевого σ_{+1} .

9.12. Що визначає горизонтальна ділянка кривої Велера?

Горизонтальна ділянка кривої Велера визначає напруження, яке не викликає втомного руйнування після необмеженого великого або заданого (базового) числа циклів. Це напруження є фізичною межею витривалості, при симетричному циклі σ_{-1} .

9.13. Що дозволяють визначити криві Велера?

Криві втоми дозволяють визначити такі критерії витривалості:

1) **циклічну міцність** – фізичну або обмежену межу витривалості, тобто те найбільше напруження, яке він здатний витримати за певний час роботи;

2) **циклічну довговічність** – число циклів (або експлуатаційних годин), які витримує матеріал до утворення втомної тріщини певної протяжності або до втомного руйнування при заданому навантаженні.

9.14 Малоциклова втома – це ...

— втома матеріалу, за якої втомне пошкодження та руйнування відбуваються в основному під час пружнопластичного деформування.

9.15. Багатоциклова втома – це ...

— втома матеріалу при пружному деформуванні під дією великих напружень і великої частоти циклів (від 10 до 300 Гц), тобто багатоциклових втома - втома матеріалу, при якій пошкодження або руйнування відбувається в основному при пружному деформуванні.

9.16. Перелічити найбільш суттєві фактори, що впливають на межу витривалості.

До найбільш суттєвих факторів, що впливають на межу витривалості при симетричному циклі, відносяться концентрація напружень, абсолютні розміри поперечного перерізу зразку і шорсткість її поверхні.

9.17. Як впливає наявність концентратора напружень на межу витривалості?

При напруженнях, змінних у часі, наявність концентратора напружень призводить до зниження межі витривалості. Це пояснюється тим, що багаторазова зміна напружень в зоні концентрації напружень призводить до утворення та подальшого розвитку тріщини з наступним утомним руйнуванням зразку.

9.18. Як впливають абсолютні розміри зразка на межу витривалості?

Зі збільшенням розмірів поперечних перерізів зразків відбувається зменшення межі витривалості. Цей вплив враховується коефіцієнтом впливу абсолютних розмірів поперечного перерізу (масштабним фактором).

9.19. Як впливає шорсткість поверхні на межу витривалості?

Чистота обробки поверхні деталі має суттєвий вплив на межу витривалості. Це пов'язано з тим, що більш груба обробка поверхні деталі створює додаткові місця для концентраторів напружень і знижує межу витривалості.

10. ВИПРОБУВАННЯ ТВЕРДОСТІ МАТЕРІАЛІВ

10.1. Дати визначення твердості матеріалу.

Твердістю називають здатність матеріалу опиратись проникненню в поверхню тіла інших, більш твердих тіл.

*Іншими словами, під **твердістю** розуміють властивість поверхневого шару матеріалу чинити опір пружній і пластичній деформації або руйнуванню при місцевих контактних діях з боку іншого, твердішого і не набуваючого залишкової деформації тіла (індентора) певної форми і розміру.*

Фізична природа твердості визначається залежностями, що пов'язують її з характеристиками міцності й пластичності або руйнування.

10.2. В чому полягає специфіка випробування на твердість матеріалів?

Специфіка випробування на твердість полягає:

- 1) у місцевій дії на невелику частину поверхні тіла;*
- 2) у малому об'ємі випробовуваного матеріалу;*
- 3) у невеликій частці розтягувальних напружень і подовжень порівняно з дотичними напруженнями і зрушеннями, що створюються в деформованому матеріалі.*

10.3. Перелічити найбільш поширені методи визначення твердості.

Найбільше поширення і практичне значення має твердість при вдавлюванні:

- а) кульки – твердість за Брінеллем і за Роквеллем, шкала В;*
- б) конуса – твердість за Роквеллем, шкала С;*
- в) піраміди – твердість за Віккерсом.*

10.4. Навести загальний опис визначення твердості за Брінеллем.

*За міру твердості за **Брінеллем (НВ)** беруть середнє стискне напруження, обчислюване умовно на одиницю поверхні сферичного відбитка діаметром d .*

Відстань від центра відбитка до краю зразка повинна бути не менше $2,5 d$. Відстань між центрами двох сусідніх відбитків повинна бути не менше $4 d$. Діаметри застосовуваних кульок – $2,5$; $5,0$ і 10 мм. При випробуванні за Брінеллем навантаження зберігається постійним: для кульки діаметром 10 мм – 3000 кгс (30000Н), час витримки під навантаженням – 10 с, число твердості позначається НВ. Вплив тривалості витримки під навантаженням при 20 °С у металів на залізній основі невеликий.

Наприклад: НВ 10/3000/30 означає випробування кулькою діаметром 10 мм під навантаженням 3000 кгс (30000 Н) протягом 30 с.

10.5. Вказати основні недоліки методу Брінелля.

Основний недолік методу Брінелля – відсутність геометричної ідентичності відбитків. Це призводить до невідповідності кількісного зіставлення чисел твердості матеріалів, отриманих при різних значеннях відношення d/D . Величина НВ також, хоча і мало, але залежить від величини навантаження, що додає умовного характеру одержуваним результатам.

Щоб уникнути істотних помилок унаслідок деформації кульки способом Брінелля, як правило, випробовують метали з твердістю, що не перевищує 450 кгс/мм² (4500 МПа). Для випробування твердіших матеріалів потрібно застосовувати інші методи з використанням алмазних наконечників.

10.6. Навести загальний опис визначення твердості за Роквеллом.

*Твердість за **Роквеллем** виражають в умовних одиницях, що характеризують глибину залишкового занурення індентора. За одиницю твердості прийнята величина, відповідна осьовому переміщенню наконечника*

на 0,002 мм. Застосовують два типи наконечників: сталеву кульку діаметром 1,588 мм ± 0,001 мм для вимірювання твердості при сумарному навантаженні 100 кгс (1000 Н) – шкала В, або алмазний конус із кутом біля вершини 120° ± 30' і радіусом закруглення біля вершини конуса 0,200 ± 0,005 мм для вимірювання твердості при сумарному навантаженні 150 кгс (1500 Н) – шкала С і 60 кгс (600 Н) – шкала А.

10.7. Навести загальний опис визначення твердості за Віккерсом.

Вимірювання твердості за Віккерсом HV проводиться шляхом удавлювання правильної чотиригранної алмазної піраміди з кутом між протилежними гранями, що дорівнює 136°. Для цього випробування служить прилад, змонтований на одній станині зі спеціальним окуляр-мікрометром для вимірювання довжини діагоналі відбитка. Твердість визначається розподілом навантаження P на площу бокової поверхні пірамідального відбитка з діагоналлю d :

$$HV = \frac{P}{F} = \frac{2P}{d^2} \sin \frac{\alpha}{2} = 1,8544 \frac{P}{d^2}.$$

При вимірюванні твердості за Віккерсом застосовують навантаження 5, 10, 20, 30, 50 і 100 кгс (50, 100, 200, 300, 500 і 1000 Н).

10.8. Навести стислий опис визначення твердості за Шором (за відскоком).

Це - метод визначення твердості дуже твердих матеріалів, переважно металів, по висоті, на яку після удару відскакує спеціальний бойок, що вільно і вертикально падає з певної висоти. Твердість за цим методом оцінюється в умовних одиницях, пропорційних висоті відскоку бойка. Позначається HS. Шкала твердості в приладах вибрана умовно, так що висота відскоку бойка від поверхні дуже твердої загартованої на мартенсит високовуглецевої сталі прийнята за 100 одиниць.

Метод не дає точних показань, так як висота відскоку бойка залежить не тільки від твердості випробуваного металу, але і від безлічі інших причин: від товщини металу, від ступеня шорсткості його поверхні, внутрішньої структури і т. д. Однак цей метод, внаслідок його простоти і оперативності, часто застосовується в заводській практиці - переважно для швидкого контролю результатів термічної обробки сталевих виробів (гарту і відпустки). Він так само дозволяє проводити вимірювання прямо на готових виробах, великогабаритних деталях і криволінійних поверхнях.

10.9. Навести стислий опис метода мікротвердості.

Метод мікротвердості призначений для визначення твердості дуже малих об'ємів матеріалів (мікроскопічних); тонкої стрічки, дроту, тонких поверхневих шарів після шліфування, пластичної деформації (наклепу), окремих фаз і структурних складових після термічної або хіміко-термічної обробки. Метод мікротвердості стандартизований. Як індентор при вимірюванні мікротвердості використовують правильну чотиригранну алмазну піраміду з

кутом біля вершини 136° , як і у разі визначення твердості за Віккерсом. Ця піраміда плавно вдавлюється в зразок при навантаженнях від 0,5 до 50 Н. Число мікротвердості визначається за формулою $H_\mu = 1854 P/d^2$ [МПа], де P – навантаження, d – діагональ відбитка, мкм.

11. КОНСТРУКЦІЙНА МІЦНІСТЬ І МЕТОДИ ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

11.1. Дати визначення поняття «конструкційна міцність».

Конструкційна міцність — міцність матеріалу конструкції з урахуванням конструкційних, технологічних і експлуатаційних чинників.

Конструкційна міцність – це поняття, що вміщує як характеристики самого матеріалу, так і надійність і довговічність його роботи в реальній конструкції.

11.2. Дати визначення надійності.

Надійність – це властивість виробу виконувати задані функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники в заданих межах протягом необхідного проміжку часу або необхідного напрацювання. Надійність виробу обумовлюється його безвідмовністю, ремонтпридатністю, збереженістю, а також довговічністю його частин.

11.3. Дати визначення довговічності.

Довговічність – це властивість виробу (деталі, конструкції) зберігати працездатність до граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування і ремонту.

Довговічність — властивість об'єкта зберігати працеспроможний стан (працездатний стан) або виконувати потрібні функції до настання **граничного стану** при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту.

11.4. Чим визначається граничний стан виробу?

Граничний стан виробів визначається неможливістю його подальшої експлуатації з різних причин, обумовлених технічною документацією. З досягненням граничного стану виробу пов'язане і поняття відмови – події, що полягає у порушенні працездатності, ознаки якої також обумовлюються технічною документацією.

11.5. Дати визначення поняття «ресурс».

Ресурс — сумарний наробіток об'єкта від початку його експлуатації чи поновлення після ремонту до переходу в граничний стан. Це — величина, що потенційно може бути досягнута під час експлуатації.

11.6. Сформулювати критерії довговічності.

Довговічність визначається двома умовами: технічним і моральним зносом.

Технічний знос має місце у тому випадку, коли подальший ремонт і експлуатація елемента або системи є неможливими або стають не вигідними економічно;

Моральний знос означає невідповідність параметрів елемента або системи сучасним умовам експлуатації.

11.7. Що служить показниками довговічності виробів?

*Показниками довговічності виробів служать напрацювання, ресурс і термін служби. **Термін служби** – календарна тривалість експлуатації виробу до моменту виникнення граничного стану (до ремонту, або списання), а **напрацювання** – тривалість або обсяг роботи виробу, вимірювані в будь-яких одиницях (кілометрах, циклах, кубометрах, тоннах, гектарах і т. д.). **Ресурс** – це напрацювання виробу до граничного стану, обумовленого в технічній документації.*

11.8. Як може бути оцінена надійність виробу?

***Надійність** виробу може бути оцінена як ймовірність безвідмовної роботи, тобто ймовірність того, що в заданому інтервалі часу або в межах заданого напрацювання не виникає відмови виробу.*

Усі показники надійності виробів є ймовірністю і тісно пов'язані один з іншим.

Надійність виробів визначається, з одного боку, властивостями самих виробів (конструктивними факторами, якістю збирання, зварювання, виготовлення, і т. д.) з іншого боку – властивостями матеріалу. Властивості матеріалів чинять вирішальний вплив на надійність виробів.

11.9. Сформулювати критерії, що використовуються для оцінки конструктивної міцності металевих матеріалів.

Критерії, що використовуються для оцінки конструктивної міцності металевих матеріалів, можна розділити на дві групи:

До першої відносять ті властивості матеріалів, які чинять вирішальний вплив на довговічність виробів (втомна міцність, витривалість, зносостійкість і т. д.), до другої – властивості, що визначають надійність матеріалів проти раптових руйнувань (в'язкість руйнування, робота, поглинальна при поширенні тріщини, живучість та ін.).

11.10. Перелічити основні властивості, що визначають довговічність матеріалів.

До основних параметрів, що визначають довговічність матеріалів належать втомна міцність, контактна витривалість, зносостійкість.

11.12. Перелічити основні властивості, що визначають надійність проти раптового руйнування.

Основні характеристики, що визначають надійність проти раптового руйнування: в'язкість руйнування, питома робота поширення тріщини, живучість.

11.13. Навести загальне уявлення про зносостійкість.

Зносостійкість матеріалу є характеристикою його здатності опору до зношування в заданих умовах, що оцінюється величиною, зворотною до швидкості (інтенсивності) зношування.

Слід зазначити, що матеріал, зносостійкий при роботі в одних умовах (наприклад, у парі тертя), може не мати доброї зносостійкості в інших середовищах (наприклад, абразивних).

11.14. Дати загальне уявлення про живучість.

***Живучість** - здатність технічного пристрою, споруди, засобу або системи виконувати основні свої функції, незважаючи на отримані пошкодження, в тому числі - здатність працювати у пошкодженому стані після утворення тріщини або адаптуватись до нових умов.*

Живучість – критерій надійності матеріалу. За його допомогою прогнозують працездатність деталі, розраховану на циклічну міцність за обмеженою межею витривалості. При високій живучості можна своєчасно шляхом дефектоскопії знайти тріщину, замінити деталь і забезпечити безаварійну роботу.

11.16. Дати визначення працездатності.

***Працездатність** або працездатний стан - стан виробу (машини, деталі), при якому він спроможний виконувати певні функції при збереженні значень параметрів в межах завдань нормативно-технічної документації та/або конструкторської документації.*

11.17. Які критерії характеризують працездатність матеріалу?

Працездатність матеріалу деталі в умовах експлуатації характеризують такі критерії конструкційної міцності:

1) критерії міцності σ_B , $\sigma_{0,2}$, σ_{-1} , які при заданому запасі міцності визначають допустимі робочі напруження, масу і розміри деталей;

2) модуль пружності E , який при заданій геометрії деталі визначає величину пружних деформацій, тобто її жорсткість;

3) пластичність δ , ψ , ударна в'язкість K_{CT} , K_{CV} , K_{CU} , в'язкість руйнування K_{IC} , температурний поріг холодноламкості T_{50} , які оцінюють надійність матеріалу в експлуатації;

4) циклічна довговічність, швидкість зношування, повзучість, корозійна стійкість, що визначають довговічність матеріалу.

11.18. Назвати основні методи підвищення конструкційної працездатності матеріалів.

Висока міцність і довговічність конструкцій при мінімальній масі й найбільшій надійності досягаються технологічними, металургійними та

конструкторськими методами. Найбільшу ефективність мають технологічні й металургійні методи, мета яких – підвищення механічних властивостей і якості матеріалу.

11.19. що відносять до методів зміцнення матеріалів, що сприяють збільшенню працездатності деталей машин?

До методів зміцнення належать легування, пластична деформація, термічна, термомеханічна і хіміко-термічна обробки. Підвищення міцності методами зміцнення ґрунтується на ряді структурних факторів.

12. ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

12.1. Дати визначення полімерів.

Полімерами називають речовини, молекули яких складаються з великої кількості атомних угруповань (ланок), сполучених хімічними зв'язками в довгі ланцюги (макромолекули).

12.2. Дати визначення пластичних мас.

Пластичні маси (пластмаси, пластики) – штучні матеріали, що отримують на основі полімерів. Вони здатні розм'якшуватися при нагріванні і набувати заданої форми під тиском.

12.3. Що входить до складу пластмас?

До складу пластичних мас входять:

- сполучна речовина (обов'язково), полімер;
- наповнювач (обов'язково);
- інші речовини (пластифікатори, отверджувачі, пігменти, антиоксиданти).

12.4. Назвати найбільш широко вживані полімери.

Найбільш широко вживані полімери називають великотоннажними (поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид, полістирол, поліамід та ін.) - до 90% від загальної маси вироблюваних полімерів.

12.5. Навести основні переваги полімерів.

До основних переваг можна віднести:

- малу питому вагу;
- високу питому міцність;
- високу корозійну стійкість;
- хороші ливарні властивості;
- хорошу оброблюваність (фрезерування, точіння);
- відносно низьку вартість.

12.6. Навести основні недоліки полімерів.

Недоліки:

- відносно вузький температурний діапазон;
- труднощі вторинного використання;
- схильність до старіння при дії середовищ.

12.7. Навести розподіл конструкційних пластмас за експлуатаційними властивостями.

За експлуатаційними властивостями конструкційні пластмаси умовно діляться на такі групи:

конструкційні, антифрикційні, теплостійкі, атмосферостійкі, зносостійкі, електроізоляційні, оптичні, теплоізоляційні.

12.8. Як класифікуються полімери за фазовим станом матеріалу?

За фазовим станом матеріалу полімери діляться на:

– **аморфні** – полімери, макромолекули яких, в цілому, не впорядковані, спостерігається лише "близький порядок" в розташуванні;

– **кристалічні** полімери – полімери, макромолекули яких впорядковані, спостерігається "далекий порядок" (до декількох тисяч макромолекул).

Спостерігаються такі види кристалітів: голчасті, ламелі (пластинчасті), глобули (сфероїдальні).

12.9. Як розрізняються полімери за здатністю до плавлення?

За здатністю до плавлення розрізняють дві групи полімерів:

Термопласти – полімери, що здатні плавитися при багаторазовому нагріванні (ПЕ, ПС, ПВХ та інші). Їх структура закладається вже в процесі синтезу, і переробка зводиться до нагрівання, переходу у в'язко-текучий стан і надання під тиском потрібної форми з наступним охолодженням.

Реактопласти – полімери, що тверднуть з утворенням неплавких і нерозчинних продуктів (фенолформальдегідні, епоксидні, резольні смоли та інші).

12.10. Назвати основні типи композиційних матеріалів на основі полімерів.

До композиційних матеріалів на основі полімерів відносяться:

склопластики, вуглепластики, боропластики, органопластики, гібридні армовані пластики.

12.11. Дати загальну характеристику властивостей склопластику.

Склопластики - найширше вживані композиційні матеріали, армовані скловолокном. До їх переваг відносяться (дані для склопластиків на основі епоксидних смол):

- відносно невелика густина ($1.6 \dots 2.0 \text{ г / см}^3$);
- висока міцність (при розтязі 410 ... 1180 МПа, при згині 690 ... 1240 МПа);
- високий модуль пружності (при розтязі $E = 21 \dots 41 \text{ ГПа}$);
- висока стійкість до знакозмінних напружень;
- висока стійкість до теплових ударів;
- висока корозійна стійкість;

- легка оброблюваність.

12.12. Навести основні характеристики вуглепластиків.

Вуглепластики - композиційні матеріали на основі високоміцних вуглецевих волокон. Основні властивості:

- висока міцність (780 ... 1800 МПа);
- висока термостійкість (довготривала експлуатація при температурах до 3000⁰ С);
- підвищена жорсткість (модуль пружності $E = 120 \dots 130$ ГПа);
- низький температурний коефіцієнт лінійного розширення (в 15 ... 20 разів нижчий ніж у металів та у 50 ... 100 разів нижчий, ніж у неармованих полімерів);

В якості матриці для вуглепластиків застосовуються епоксидні, епоксифенольні, полііmidні та інші смоли.

12.13. Навести основні властивості боропластиків.

Боропластики - композиційні матеріали з волокнами бору. Основні властивості:

- висока міцність (при розтязі 1200 ... 1300 МПа, при згині 1550 ... 1750 МПа при стиску 1160 ... 1250 МПа);
- гранична температура експлуатації 200 ... 3000⁰С.

В якості матриці для боропластиків застосовуються переважно епоксидні, та полііmidні смоли.

12.14. Навести основні властивості органопластиків.

Органопластики - найчастіше виготовляють на основі арамідних волокон (ароматичний поліамід). Основні властивості:

- висока міцність (при розтязі 1500 ... 2500 МПа, при згині 500 ... 700 МПа при стиску 200 ... 300 МПа);
- підвищена жорсткість (модуль пружності $E = 50 \dots 90$ ГПа);
- високі граничні температури експлуатації (короткочасна дія температури 400 ... 5000⁰С, тривала дія до 2500⁰С);
- висока ударна в'язкість (до 315 кДж / м²);

Як матрицю для органопластиків застосовують переважно епоксидні смоли.

12.15. Які основні чинники впливають на процеси руйнування полімерів?

На процеси руйнування полімерів впливають такі чинники:

- температура (знижує міцність зв'язків усередині макромолекул, міцність міжмолекулярних зв'язків, а також міцність зв'язків між структурними елементами кристалічної фази);

- тривалість перебування під навантаженням (поступове накопичення пошкоджень або часова залежність міцності);
- характер напруженого стану (співвідношення між головними напруженнями);
- швидкість деформування або навантаження (пошкодження в матеріалі можуть виникати вже в процесі деформування, що призводить до зниження міцності);
- закони навантаження або деформування (статичний або циклічний);
- розміри виробів (масштабний ефект, пов'язаний зі збільшенням сумарного числа пошкоджень при збільшенні розмірів об'єкта);
- стан поверхні (груба обробка призводить до виникнення концентраторів напружень на поверхні деталі);
- кліматичний вплив (тривале перебування при підвищеній температурі, вологості, під впливом озону повітря або хімічно активних середовищ призводить до деструкції макромолекул).

12.16. Дати визначення статичної втоми.

Міцність матеріалу істотно залежить від часу перебування під навантаженням. Це явище (часова залежність міцності при статичному навантаженні) отримало назву **статичної втоми**.

Час від моменту прикладання навантаження до моменту руйнування називається **довговічністю матеріалу**.

12.17. Як впливає швидкість деформування на міцність полімеру?

Механічні властивості полімерних матеріалів залежать від швидкості навантаження або деформування. Межа міцності та максимальне видовження при розриві полімерів збільшується зі зростанням швидкості деформування. Встановлено, що збільшення швидкості деформування в 50 разів приводить до збільшення межі міцності та максимального видовження в середньому на 15 ... 18 %.

Межа пропорційності, межа текучості та відповідні деформації змінюються несуттєво.

12.18. Як співвідноситься довговічність полімерних матеріалів при циклічних і статичних навантаженнях?

Експериментально показано, що довговічність при циклічних навантаженнях менша, ніж при статичних. Різниця різко збільшується при зменшенні напружень, тобто зі зростанням числа циклів.

12.19. Дати загальне уявлення про композиційні матеріали.

Композиційні матеріали є гетерофазними системами, отриманими з двох або більше компонентів зі збереженням індивідуальності кожного окремого компонента.

Гетерогенна система - неоднорідна система, що складається з однорідних частин (фаз), розділених поверхнею розділу.

12.20. Які ознаки мають композиційні конструкційні матеріали?

Для композиційних конструкційних матеріалів характерні такі ознаки:

- склад і форма компонентів матеріалу визначені заздалегідь;
- компоненти присутні в кількостях, які забезпечують задані властивості матеріалу;
- матеріал є однорідним в макро- масштабі і неоднорідним в мікро- масштабі (компоненти розрізняються за властивостями, між ними існує явна межа розділу).

*У більшості випадків компоненти композиції різні за геометричною ознакою. Один з компонентів, що має безперервність по всьому об'єму, є зв'язувальною речовиною, або **матрицею**; компонент переривчастий, розділений в об'ємі композиції, вважається таким, що зміцнює матеріал (**наповнювач або арматура**).*

12.21. Назвати основні групи композиційних матеріалів.

*Залежно від виду армуючого компонента композиційні матеріали можуть бути розділені на дві основні групи: **дисперсно-зміцнені і волокнисті**, які відрізняються структурою, механізмами утворення високої міцності.*

12.22. Дати загальне визначення дисперсно-зміцнених композитів.

Дисперсно-зміцнені композити є матеріалом, в матриці якого рівномірно розподілені дрібні дисперсні частки іншої речовини.

У таких матеріалах при навантаженні усе навантаження сприймає матриця, в якій за допомогою багатьох часток другої фази, що практично не розчиняються в ній, створюється структура, що ефективно чинить опір пластичній деформації.

12.23. Дати загальне визначення волокнистих композитів.

У волокнистих композитів матриця (найчастіше пластична) армована високоміцними волокнами, дротом, ниткоподібними кристалами.

Ідея створення волокнисто-армованих структур полягає не в тому, щоб виключити пластичну деформацію матричного матеріалу, а в тому, щоб при його деформації забезпечувалося навантаження волокон і використовувалася б їх висока міцність.

12.24. Яка об'ємна доля наповнювача складає у волокнистих і дисперсно-зміцнених композитних матеріалах?

Особливість волокнистої композиційної структури полягає в рівномірному розподілі високоміцних та високомодульних волокон в пластичній матриці (зміст їх, тобто об'ємна доля, може досягати 75%). У дисперсно-зміцнених матеріалах оптимальним вмістом дисперсної фази вважається 2 ... 4%.

12.25. Якими основними параметрами визначаються механічні властивості волокнистих композитів?

Механічні властивості волокнистого композиту визначаються трьома основними параметрами: високою міцністю армуючих волокон, жорсткістю матриці і міцністю зв'язку на межі «матриця - волокно».

Співвідношення цих параметрів характеризують увесь комплекс механічних властивостей матеріалу і механізм його руйнування.

12.26. Яким вимогам мають задовольняти армуючі волокна, вживані в конструкційних композитах?

Армуючі волокна, вживані в конструкційних композитах, повинні задовольняти комплексу характеристик, до яких відносяться вимоги до міцності, жорсткості, густини, стабільності властивостей в певному температурному інтервалі та хімічної стійкості.

12.27. Які волокна найчастіше застосовуються при створенні волокнистих композитів?

При створенні волокнистих композитів застосовуються високоміцні скляні, вуглецеві, борні і органічні волокна, металеві дроти, а також волокна і ниткоподібні кристали ряду карбідів, оксидів, нітриду та інших з'єднань.

Армуючі компоненти в композитах застосовуються у вигляді моноволокон, ниток, дротів, джгутів, сіток, тканин, стрічок, полотен.

12.28. Які вимоги пред'являються до матриць у композитах?

Матеріал матриці визначає метод виготовлення виробів з композитів, можливість виготовлення конструкцій заданих габаритів і форми, а також параметри технологічних процесів. Тому вимоги, що пред'являються до матриць, можна розділити на експлуатаційні і технологічні.

12.29. Що відноситься до експлуатаційних вимог, які пред'являються до матриць у композитах?

До експлуатаційних вимог, які пред'являються до матриць у композитах відносяться параметри, пов'язані з механічними і фізико-хімічними властивостями матеріалу матриці, які забезпечують працездатність композиції при дії різних експлуатаційних чинників. Механічні властивості матриці мають забезпечити спільну роботу армуючих волокон при різних видах навантажень.

12.30. Що відноситься до технологічних вимог, які пред'являються до матриць у композитах?

Технологічні вимоги до матриці визначаються процесами поєднання армуючих волокон з матрицею і остаточного формоутворення виробу.

Метою технологічних операцій є забезпечення рівномірного розподілу волокон в матриці (без торкання між собою) при заданому їх об'ємному вмісті, максимально можливе збереження міцності волокон, створення досить міцної

взаємодії на межі волокно - матриця.

12.31. Навести класифікацію композитів за видами матриці.

За видами матриці композиційні матеріали діляться на композити з

- полімерною матрицею (пластики);*
- металевою матрицею (метало-композити);*
- керамічною матрицею;*
- матрицею з вуглецю.*

12.32. Навести класифікацію композитів з полімерною матрицею.

Композиційні матеріали з полімерною матрицею діляться на склопластики, вуглепластики, боропластики, органопластики

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДО КОНТРОЛЬНИХ ЗАХОДІВ

1. Зміна взаємного розташування частинок тіла, що викликає зміну його розмірів і форми називається:

А) деформація. В) пружність. С) твердість. D) жорсткість. Е) міцність.

2. Властивість тіл деформуватися під навантаженням і потім, після усунення сил відновлювати свій початковий стан називається:

А) деформація. В) пружність. С) твердість. D) жорсткість. Е) міцність.

3. Здатність матеріалу протистояти навантаженню не руйнуючись називається:

А) деформація. В) пружність. С) твердість. D) жорсткість. Е) міцність.

4. Здатність матеріалу протистояти впровадженню в нього іншого матеріалу називається:

А) деформація. В) пружність. С) твердість. D) жорсткість. Е) міцність.

5. Здатність матеріалу не гнутися під дією прикладеного навантаження називається:

А) деформація. В) пружність. С) твердість. D) жорсткість. Е) міцність.

6. Властивість матеріалів необоротно поглинати енергію при їх пластичній деформації - це:

А) деформація. В) пружність. С) твердість. D) жорсткість. Е) в'язкість.

7. Здатність твердих тіл руйнуватися при механічних впливах без помітної пластичної деформації - це:

А) крихкість. В) пружність. С) твердість. D) жорсткість. Е) міцність.

8. Нормальні напруження ділять на:

А) пластичні і пружні.

В) розтягуючі і стискаючі.

С) перпендикулярні і дотичні.

D) зрушуючі і залишкові.

Е) початкові і кінцеві.

9. Площинки, на яких діють тільки нормальні напруження, а дотичні напруження дорівнюють нулю, називаються:

А) тензором.

В) нормальними.

С) нульовими.

D) головними.

Е) пластичними.

10. Максимальні дотичні напруження діють на площадках, розташованих на головних осях під кутом:

А) 0° . В) 30° . С) 45° . D) 60° . Е) 90° .

11. Відносне подовження визначають за формулою:

А) $\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100\%$.

В) $\delta = \frac{\Delta l}{l_k} \times 100\%$.

С) $\delta = \ln \frac{l_k}{l_0}$.

D) $\delta = S_{\max} - S_{\min} / 2$.

Е) $\delta = \begin{pmatrix} S_x & t_{xy} & t_{xz} \\ t_{yx} & S_y & t_{yz} \\ t_{zx} & t_{zy} & S_z \end{pmatrix}$

12. Зсувні деформації викликані:

- А) дотичними напруженнями.
- В) нормальними напруженнями.
- С) відносним подовженням.
- D) тензором деформацій.
- Е) пружністю матеріалу.

13. Коефіцієнт м'якості визначається за формулою:

А) $\alpha = \ln(1 + \delta)$.

В) $\alpha = \frac{F_0 - F_k}{F_0} \times 100\%$.

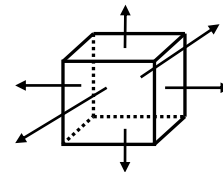
С) $\alpha = \frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100\%$.

D) $\alpha = \frac{t_{\max}}{S_{\max}^n}$.

Е) $\alpha = \ln \frac{l_k}{l_0}$.

14. Схема якого напруженого стану зображена на малюнку?

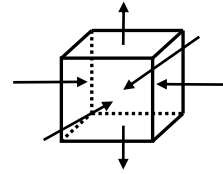
- А) одновісне розтягнення.
- В) різнойменний плоский напружений стан.
- С) двовісне розтягнення.
- D) тривісне розтягнення.
- Е) різнойменний об'ємний напружений стан.



15. Схема якого напруженого стану зображена на малюнку?

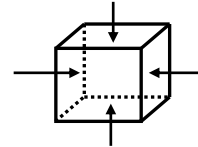
- А) одновісний.
- В) різнойменний плоский напружений стан.

- С) двовісне стиснення.
 D) тривісне стиснення.
 E) різнойменний об'ємний напружений стан.



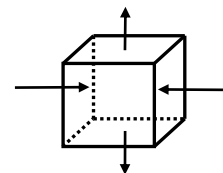
16. Схема якого напруженого стану зображена на малюнку?

- A) одновісний.
 B) різнойменний плоский напружений стан.
 C) двовісне стиснення.
 D) тривісне стиснення.
 E) різнойменний об'ємний напружений стан.



17. Схема якого напруженого стану зображена на малюнку?

- A) одновісний.
 B) різнойменний плоский напружений стан.
 C) двовісне розтягнення.
 D) тривісне стиснення.
 E) різнойменне об'ємний напружений стан.



18. За формулою $S = \frac{P}{F}$ визначають:

- A) напруження.
 B) міцність.
 C) деформацію.
 D) твердість.
 E) коефіцієнт м'якості.

19. Який вигляд приймає тензор напружень, коли головні напрямки напружень зазвичай заздалегідь відомі і їх можна вибрати в якості координатних осей?

A) $S = \begin{pmatrix} S_x & t_{xy} & t_{xz} \\ t_{yx} & S_y & t_{yz} \\ t_{zx} & t_{zy} & S_z \end{pmatrix}$. B) $S = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_1 \end{pmatrix}$. C) $S = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$.
 D) $S = \begin{pmatrix} S_3 & t_2 & t_1 \\ t_3 & S_2 & t_1 \\ t_3 & t_2 & S_1 \end{pmatrix}$. E) $S = \begin{pmatrix} S_1 & 0 & 0 \\ 0 & S_2 & 0 \\ 0 & 0 & S_3 \end{pmatrix}$.

20. Як називаються випробування, які характеризуються дією навантажень з різкою зміною їх величини і великою швидкістю деформації?

- A) статичні.
 B) динамічні.
 C) циклічні.
 D) на твердість.
 E) на тривалу міцність.

21. Для яких випробувань характерна багаторазова дія навантажень, що змінюються?

- A) статичні.**
- B) динамічні.**
- C) циклічні.**
- D) на твердість.**
- E) на тривалу міцність.**

22. Для яких випробувань характерна плавна, відносно повільна зміна навантаження і мала швидкість деформації?

- A) статичні.**
- B) динамічні.**
- C) циклічні.**
- D) на твердість.**
- E) на тривалу міцність.**

23. Прикладом циклічного навантаження є випробування:

- A) на тривалу міцність.**
- B) на твердість.**
- C) на втому.**
- D) на жорсткість.**
- E) на повзучість.**

24. Випробування на повзучість і тривалу міцність зазвичай проводять при підвищених температурах для оцінки характеристик:

- A) коефіцієнта м'якості.**
- B) твердості.**
- C) втоми.**
- D) жаростійкості.**
- E) жароміцності.**

25. Якщо в подібних перетинах робочої частини зразків виникають тотожний напружений стан і однакова відносна деформація, виходить, що дотримуються умови:

- A) механічної подібності.**
- B) хімічної подібності.**
- C) фізичної подібності.**
- D) геометричної подібності.**
- E) аналітичної подібності.**

26. Закон Гука визначає пряму пропорційність між пружною деформацією і:

- A) пластичною деформацією.**
- B) швидкістю прикладення навантаження.**

- С) коефіцієнтом Пуассона.**
- Д) напруженням.**
- Е) внутрішнім тертям**

27. Що визначають модулі пружності?

- А) м'якість матеріалу.**
- В) твердість матеріалу.**
- С) жорсткість матеріалу.**
- Д) пластичність матеріалу.**
- Е) міцність матеріалу.**

28. Фізичне значення модулів пружності полягає в тому, що вони характеризують:

- А) відношення поздовжньої відносної деформації до поперечної.**
- В) відносне подовження в пружній області.**
- С) опір матеріалів зміщенню атомів з положень рівноваги в решітці.**
- Д) швидкість зменшення напруження в міру пружної деформації.**
- Е) зворотню пропорційність між напруженням і пружною деформацією.**

29. Коефіцієнт Пуассона знаходять за результатами:

- А) випробувань на розтяг.**
- В) випробувань на кручення.**
- С) рентгеноструктурного аналізу.**
- Д) імпульсних методів.**
- Е) резонансних методів.**

30. При повторному навантаженні пластично слабо деформованого зразка в зворотному напрямку його опір малим пластичним деформаціям знижується. У цьому полягає:

- А) сутність роботи крутильного маятника.**
- В) явище пружної деформації.**
- С) ефект Баушінгера.**
- Д) визначення коефіцієнта Пуассона зразка.**
- Е) фізичний зміст модулів пружності.**

31. Особливо велике практичне значення ефект Баушінгера має при експлуатації та випробуваннях в умовах:

- А) статичного навантаження.**
- В) динамічного навантаження.**
- С) циклічного навантаження.**
- Д) тривалої міцності.**
- Е) повзучості.**

32. Непружні ефекти служать причинами:

- A) внутрішнього тертя.**
- B) зношення.**
- C) підвищення твердості.**
- D) зниження пластичності.**
- E) внутрішнього напруження.**

33. Пластична деформація здійснюється ковзанням і:

- A) зміщенням.**
- B) зсувом.**
- C) гальмуванням.**
- D) двійникуванням.**
- E) переміщенням.**

34. У більшості випадків металеві матеріали в конструкціях працюють:

- A) під статичними навантаженнями.**
- B) під динамічними навантаженнями.**
- C) під циклічними навантаженнями.**
- D) при підвищених температурах.**
- E) в агресивних середовищах.**

35. Найбільш поширений вид випробувань для оцінки механічних властивостей:

- A) випробування на втомну міцність.**
- B) випробування на повзучість.**
- C) випробування на кручення.**
- D) випробування на одновісне розтягування.**
- E) випробування на згин.**

36. На практиці механічні властивості визначають за первинними кривими розтягування в координатах:

- A) напруження - деформація.**
- B) нормальні напруження - дотичні напруження.**
- C) навантаження - абсолютне подовження.**
- D) ударна в'язкість - радіус надрізу.**
- E) кут загину - повна робота.**

37. Межа пропорційності це напруження:

- A) яке матеріал зразка витримує без відхилення від закону Гука.**
- B) при якому зразок деформується під дією практично незмінного розтягувального навантаження.**
- C) після зняття якого не спостерігається залишкових деформацій матеріалу.**
- D) що характеризує опір максимальної рівномірної деформації.**
- E) при якому відбувається розрив зразка.**

38. Межа міцності - це напруження:

- A) яке матеріал зразка витримує без відхилення від закону Гука.**
- B) при якому зразок деформується під дією практично незмінного розтягувального навантаження.**
- C) після зняття якого не спостерігається залишкових деформацій.**
- D) що відповідає максимальній силі, яку може витримати зразок при розтяганні.**
- E) при якому відбувається розрив зразка.**

39. Символ $\sigma_{0,2}$ означає:

- A) межу міцності на розтягування.**
- B) межу пропорційності.**
- C) умовну межу текучості.**
- D) межу пружності.**
- E) опір розриву.**

40. Символом σ_B позначається:

- A) межа міцності на розтяг.**
- B) межа пропорційності.**
- C) умовна межа текучості.**
- D) межа пружності.**
- E) опір розриву.**

41. Для експериментального визначення відносного звуження після розриву зразка достатньо:

- A) дізнатися коефіцієнт Пуассона.**
- B) визначити навантаження, при якій стався розрив.**
- C) оцінити роботу, витрачену на розрив.**
- D) провести розрив при певній температурі.**
- E) виміряти його мінімальний діаметр в місці розриву.**

42. Повна робота на пластичну деформацію дорівнює:

- A) $A = S \cdot e$.**
- B) $A = \int_0^{l_k} S \times de$.**
- C) $A = S \cdot \cos\theta \cdot \cos\gamma$.**
- D) $A = \int_{l_0}^{\Delta l_k} P dl$.**
- E) $A = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\pi r^4 G}{2H}}$.**

43. Тіло, призначене для вдавлювання у зразок для перевірки його твердості, називається:

- A) твердоміром.**
- B) індентором.**
- C) дефектоскопом.**
- D) індикатором.**
- E) вкладишем.**

44. Поверхневі дефекти (окалина, вибоїни, вм'ятини і т.д.) при визначенні твердості:

- A) повинні бути присутніми на поверхні зразка.**
- B) повинні бути видалені з поверхні зразка.**
- C) не впливають на точність вимірювання.**
- D) впливають на точність вимірювання, але наклеп усуває цей вплив.**
- E) дозволяють точніше оцінити твердість металу.**

45. Площина випробуваної поверхні при визначенні твердості:

- A) повинна бути нахилена під кутом 45^0 до опорної поверхні.**
- B) повинна бути нахилена під кутом 60^0 до опорної поверхні.**
- C) може перебувати під будь-яким кутом по відношенню до опорної поверхні.**
- D) повинна бути строго перпендикулярна опорній поверхні.**
- E) повинна бути строго паралельна опорній поверхні.**

46. Сталева кулька з $D = 10$ мм, навантаженням $P = 3000$ кгс і часом витримки $\tau = 10$ с. використовуються при визначенні твердості за:

- A) Брінелем.**
- B) Роквеллом (по шкала А).**
- C) Вікерсом.**
- D) мікротвердості.**
- E) Роквеллу (по шкала В).**

47. Алмазний конус з кутом при вершині 120^0 і радіусом заокруглення $0,2$ мм використовується при визначенні твердості за:

- A) Брінелем.**
- B) Роквеллом (шкала А).**
- C) Вікерсом.**
- D) мікротвердістю.**
- E) Роквеллом (шкала В).**

48. Сталеву кульку діаметром $1,5875$ мм використовують при визначенні твердості за:

- A) Брінелем.**
- B) Роквеллом (шкала А).**
- C) Вікерсом.**
- D) мікротвердістю.**

Е) Роквеллом (шкала В).

49. Попереднє і загальне навантаження використовуються при визначенні твердості за:

- А) Брінелем.**
- В) Шором.**
- С) Вікерсом.**
- Д) мікротвердістю.**
- Е) Роквеллом.**

50. Число мікротвердості Н визначається за формулою:

- А) $H=100-e$.**
- В) $H=130-e$.**
- С) $H=\frac{P}{\frac{\pi \times D}{2}(D-\sqrt{D^2-d^2})}$.**
- Д) $H=1854 \cdot P/d^2$.**
- Е) $H=P/F$.**

51. По висоті відскоку бойка визначають твердість за:

- А) Брінелем. В) Шором. С) Вікерсом.**
- Д) мікротвердістю. Е) Роквеллом.**

52. Твердість в тонких перетинах, поверхневих шарах визначають за:

- А) Брінелем. В) Шором. С) Вікерсом.**
- Д) мікротвердістю. Е) Роквеллом.**

53. НВ - це твердість за:

- А) Брінелем. В) Шором. С) Вікерсом.**
- Д) мікротвердістю. Е) Роквеллом.**

54. НV - це твердість за:

- А) Брінелем. В) Шором. С) Вікерсом.**
- Д) мікротвердістю. Е) Роквеллом.**

55. НRC - це твердість за:

- А) Брінелем. В) Шором. С) Вікерсом.**
- Д) мікротвердістю. Е) Роквеллом.**

56. НS - це твердість за:

- А) Брінелем. В) Шором. С) Вікерсом.**
- Д) мікротвердістю. Е) Роквеллом.**

57. Для усунення перекосу зразка зусилля стиснення слід:

- А) звести до мінімуму.**
- В) передавати на зразок за допомогою направляючого**

пристосування.

- С) надавати на зразок в декількох місцях (двох-трьох).**
- Д) надавати на зразок строго уздовж осі.**
- Е) прикладати до найширшої частини зразка.**

58. Кульову вкладку у верхньому захваті в машинах на стиск використовується для:

- А) зміни швидкості подачі навантаження на зразок.**
- В) регулювання прикладання навантаження.**
- С) усунення перекосу зразку.**
- Д) точності суміщення осей прикладеного навантаження і зразка.**
- Е) початкової деформації зразку.**

59. У міру стискання на торцевих поверхнях зразку виникають сили:

- А) інерції. В) адгезії. С) тяжіння. Д) поверхневого натягу. Е) тертя.**

60. Деформації у горизонтальному напрямку при стисканні перешкоджає сила:

- А) інерції. В) адгезії. С) тяжіння. Д) поверхневого натягу. Е) тертя.**

61. При стисканні зразок набуває характерну бочкоподібну форму в результаті сил:

- А) інерції. В) адгезії. С) тяжіння. Д) поверхневого натягу. Е) тертя.**

62. Руйнування зрізом при випробуваннях на стискання спостерігається:

- А) при підвищених контактних силах тертя.**
- В) при підвищених температурах проведення випробування.**
- С) при високих силах поверхневого натягу.**
- Д) при значних силах адгезії.**
- Е) в умовах низького впливу гравітаційних сил.**

63. Руйнування шляхом відриву при випробуваннях на спостерігається:

- А) при невеликих контактних силах тертя.**
- В) при підвищених температурах проведення випробування.**
- С) при високих силах поверхневого натягу.**
- Д) при значних силах адгезії.**
- Е) в умовах низького впливу гравітаційних сил.**

64. Для оцінки температур переходу з крихкого стану в пластичне зручніші випробування на:

- А) кручення. В) тривалу міцність. С) згин.**
- Д) стискання. Е) руйнування.**

65. Найбільше використання при випробуваннях на згин знайшла схема навантаження з навантаженням:

- A) зосередженою силою усередині відстані між опорами.
- B) на крайні точки зразку.
- C) в двох точках на однаковій відстані від опор.
- D) в трьох точках з однаковими відстанями між ними.
- E) в декількох точках (більше трьох) з нерівномірною відстанню між ними.

66. У зразку, що згинається опуклостю вгору, верхня і нижня частини опиняються:

- A) у недеформованому стані.
- B) стислими.
- C) розтягнутими.
- D) нижня частина - стиснута, верхня - розтягнута.
- E) нижня частина - розтягнута, верхня - стиснута.

67. Для оцінки характеристик конструктивної міцності при згині рекомендується застосовувати зразки перерізом (мм):

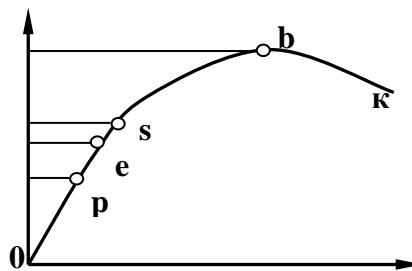
- A) 10×10 . B) 15×30 . C) 30×30 . D) 30×60 . E) 60×60 .

68. При випробуванні на скручування до руйнування можна довести:

- A) тільки крихкі матеріали.
- B) тільки високопластичні матеріали.
- C) неметалеві матеріали.
- D) метали з малим коефіцієнтом Пуассона.
- E) будь-який матеріал.

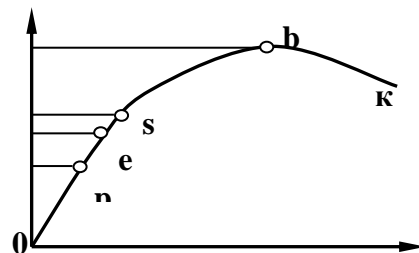
69. В якій точці діаграми відбудеться руйнування крихкого металу?

- A) o.
- B) p.
- C) e.
- D) s.
- E) b.



70. У зразків, що деформуються пластично, точка максимуму b на діаграмі згину часто збігається:

- A) з руйнуванням.
- B) з появою першої тріщини.
- C) з початком пластичної деформації.
- D) з появою текучості.
- E) з початком руху дислокацій.



71. Найбільші нормальні напруження при крученні діють під кутом:

- A) 15° . B) 30° . C) 45° . D) 60° . E) 90° .

72. Важливим наслідком незмінності напруженого стану при випробуваннях на кручення є:

- A) неможливість довести до руйнування неметалеві матеріали.**
- B) зниження коефіцієнта Пуассона.**
- C) знижені тангенціальні і нормальні напруження.**
- D) сталість робочої довжини і поперечного перерізу зразка під час випробування.**
- E) високий крутний момент на торцях зразку.**

73. Основною характеристикою пластичності при крученні є:

- A) відносне подовження.**
- B) відносний зсув.**
- C) відносне звуження.**
- D) абсолютне подовження.**
- E) відносна деформація.**

74. При динамічних випробуваннях надріз на зразку наноситься:

- A) на торцевій частині.**
- B) у двох місцях.**
- C) по краях.**
- D) у центрі, вздовж лінії удару.**
- E) у довільному місці.**

75. Ударну в'язкість можна визначити за формулою:

- A) $a_n = PL(\cos\beta - \cos\alpha)$.**
- B) $a_n = P(H-h)$.**
- C) $a_n = A_n/F$.**
- D) $a_n = L(1 - \cos\beta)$.**
- E) $a_n = A_n - A_{упр} - A_{пл}$.**

76. При ударних випробуваннях на згин зразків з надрізом напруження і пластична деформація концентруються у зразку:

- A) на торцях зразку.**
- B) навколо надрізу.**
- C) рівномірно по всьому перетину.**
- D) уздовж поздовжньої осі центру.**
- E) в обидві сторони від місця докладання удару.**

77. Виникнення схеми об'ємного розтягування, концентрація напружень у надрізу і зростання межі текучості в результаті прискорення деформації створюють сприятливі умови для:

- A) пластичної деформації.**
- B) зменшення кількості дислокацій в кристалах.**
- C) крихкого руйнування.**

- D) деформаційного зміцнення.**
- E) релаксації напружень.**

78. Ударна в'язкість при динамічних випробуваннях зразків з надрізом:

- A) прямо пропорційна повній роботі A_n .**
- B) обернено пропорційна повній роботі A_n .**
- C) дорівнює повній роботі A_n .**
- D) не визначається.**
- E) дорівнює нулю.**

79. В умовах дії циклічних напружень в металах і сплавах відбувається зародження і поступовий розвиток тріщин, що викликає в кінцевому результаті:

- A) пластичну деформацію.**
- B) перехід одного типу кристалічної решітки в іншій.**
- C) повне руйнування зразку.**
- D) зміна величини межі міцності.**
- E) ефект надпластичності.**

80. Процес поступового накопичення пошкоджень в матеріалі під дією циклічних навантажень, що призводить до зменшення довговічності через утворення тріщин і руйнування, називають:

- A) деформацією. B) пружністю. C) втомою.**
- D) жорсткістю. E) в'язкістю.**

81. Властивість протистояти втомі називається:

- A) деформацією.**
- B) пружністю.**
- C) зносостійкістю.**
- D) жорсткістю.**
- E) витривалістю.**

82. Втомна тріщина зароджується:

- A) в поверхневих шарах.**
- B) по середині довжини зразка.**
- C) в центрі поздовжньої осі зразка.**
- D) на торцях зразка.**
- E) в тій частині зразка, яку не можна заздалегідь передбачити.**

83. Втомна тріщина розвивається:

- A) по поверхні.**
- B) від центру до торців.**
- C) від торцевої частини до середини довжини.**
- D) вглиб.**
- E) відразу по всьому об'єму.**

84. У процесі будь-якого втомного випробування на зразок діють:

A) статичні напруження, що безперервно змінюються часто по знаку, але постійні за величиною.

B) динамічні напруження, що не змінюються по знаку, але змінні за величиною.

C) циклічні напруження, що безперервно змінюються за величиною і часто за знаком.

D) динамічні напруження, що не змінюються за величиною, але змінні по знаку.

E) циклічні напруження, що не змінюються за величиною, але часто по знаку.

85. Найбільше за алгебраїчною величиною напруження в циклічних випробуваннях беруть за:

A) середнє напруження циклу.

B) максимальне напруження циклу.

C) найменше напруження циклу.

D) амплітуду напружень циклу.

E) коефіцієнт асиметрії.

86. Цикл називають симетричним, якщо:

A) $R_\sigma = 0$. B) $R_\sigma = -1$. C) $R_\sigma = 2$. D) $R_\sigma = -3$. E) $R_\sigma = 5$.

87. Найбільш поширена схема навантаження при втомних випробуваннях:

A) стиск. B) розтяг. C) згин. D) кручення. E) зріз.

88. Найбільше значення максимального напруження циклу, при дії якого не відбувається втомного руйнування зразку після довільно великого або заданого числа циклів навантаження називається межею:

A) міцності. B) текучості. C) втоми. D) пружності. E) витривалості.

89. Найбільше напруження, яке матеріал витримує, не руйнуючись протягом певного числа циклів навантаження, називають:

A) циклом напружень.

B) межею витривалості.

C) амплітудою напружень.

D) ефективним коефіцієнтом напружень.

E) базою випробування.

90. Криву втоми будують у координатах «максимальне напруження циклу - ...»?

A) температура.

B) час.

C) довговічність.

D) число циклів.

Е) амплітуда напружень.

91. Властивість металів і сплавів працювати під напруженням в умовах підвищених температур без помітної залишкової деформації і руйнування називається:

- А) довговічністю.**
- В) жароміцністю.**
- С) жаростійкістю.**
- Д) міцністю.**
- Е) повзучістю.**

92. Явище безперервної деформації під дією постійного напруження називається:

- А) довговічністю.**
- В) жароміцністю.**
- С) жаростійкістю.**
- Д) міцністю.**
- Е) повзучістю.**

93. Що означає нижній індекс межі повзучості σ ?

- А) швидкість повзучості.**
- В) температуру випробування.**
- С) час випробування.**
- Д) відносне подовження.**
- Е) діаметр зразку.**

94. Що означає верхній індекс межі повзучості σ ?

- А) швидкість повзучості.**
- В) температуру випробування.**
- С) час випробування.**
- Д) відносне подовження.**
- Е) діаметр зразку.**

95. Форма і розміри головок зразків для випробувань на повзучість визначаються:

- А) за формулою $l_0=5d_0$.**
- В) структурою металу або сплаву.**
- С) перетином робочої частини зразку.**
- Д) температурою випробувань.**
- Е) конструкцією захватів випробувальної машиною.**

96. Випробування на повзучість тривають протягом:

- А) частки секунди.**
- В) декількох секунд.**
- С) декількох хвилин.**

- D) 5-10 годин.**
- E) тисячі годин.**

97. Для вимірювання температури на зразку для випробувань на повзучість встановлюються:

- A) терморегулятори.**
- B) термопари.**
- C) пірометри.**
- D) індентори.**
- E) катетометри.**

98. На якій стадії припиняють випробування на повзучість?

- A) початкової повзучості.**
- B) кінцевої повзучості.**
- C) усталеної повзучості.**
- D) катастрофічної повзучості.**
- E) середньої повзучості**

99. Процес руйнування починається з утворення:

- A) дислокацій.**
- B) пластичної деформації.**
- C) внутрішніх напружень.**
- D) тріщин.**
- E) концентратора напружень.**

100. Процес руйнування закінчується:

- A) ковзанням дислокацій за межі власних кристалів.**
- B) утворенням тріщин.**
- C) утворенням дислокацій.**
- D) зміною форми і розмірів перетину.**
- E) поділом зразка на окремі частини.**

101. Зріз відбувається під дією:

- A) розтягувальних напружень.**
- B) стискаючих напружень.**
- C) дотичних напружень.**
- D) нормальних напружень.**
- E) тривалих напружень.**

102. Відрив відбувається в результаті дії:

- A) розтягувальних напружень.**
- B) стискаючих напружень.**
- C) дотичних напружень.**
- D) нормальних напружень.**
- E) тривалих напружень.**

103. Зародженню тріщин завжди передує:

- A) пластична деформація.**
- B) підвищення температури.**
- C) градієнт концентрації.**
- D) поява точкових дефектів.**
- E) поява поверхневих дефектів.**

104. Скільки напружень включає поняття «тензор напружень»?

- A) два. B) шість. C) дев'ять. D) дванадцять. E) двадцять чотири.**

105. Зменшення лінійних розмірів при терті деталей називається:

- A) зношуванням.**
- B) швидкістю зношування.**
- C) зносостійкістю.**
- D) межею зношування.**
- E) витривалістю.**

106. Властивість металу протистояти зносу називається:

- A) зношуванням.**
- B) швидкістю зношування.**
- C) зносостійкістю.**
- D) межею зношування.**
- E) витривалістю.**

107. Вимивання поверхні деталі замкнутим потоком середовища, змішаної часто з твердими частинками називається:

- A) зношуванням. B) зносостійкістю. C) корозією.**
- D) ерозією. E) тертям.**

108. Найбільш поширений знос - це:

- A) абразивний знос.**
- B) знос від ерозії.**
- C) знос від тертя кочення.**
- D) знос від корозії.**
- E) знос від тертя ковзання.**

109. При терті кочення виникають:

- A) змінні напруження у поверхневому шарі.**
- B) наклеп.**
- C) оксидна плівка.**
- D) зміна структури матеріалу.**
- E) збільшення зерна.**

110. В'язке руйнування відбувається:

- A) без пластичної деформації.**
- B) після початку пластичної деформації.**
- C) після значної пластичної деформації.**
- D) тільки в умовах попереднього крихкого руйнування.**
- E) без будь-якої деформації.**

111. Тріщини при в'язкому руйнуванні виникають і розвиваються:

- A) в середній частині перетину шийки зразка.**
- B) по краях перетину шийки зразка.**
- C) близько країв шийки зразка.**
- D) в точці прикладання навантаження на зразок.**
- E) навкруг точки прикладеного навантаження.**

112. При розтягуванні циліндричних зразків з високою пластичністю відносне звуження близько до:

- A) нулю.**
- B) 50%.**
- C) 100%.**
- D) 10%.**
- E) центру прикладання навантаження.**

113. Якщо відносне звуження становить $\sim 100\%$, то шийка на зразку:

- A) не утворюється.**
- B) перетворюється в точку.**
- C) роздвоюється.**
- D) має форму чотирикутника.**
- E) витягується в бік, перпендикулярний прикладеному навантаженню.**

114. Відносне звуження визначають за формулою:

- A) $\psi = \frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100\%$.**
- B) $\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} \times 100\%$.**
- C) $\psi = \ln \frac{F_k}{F_0}$.**
- D) $\psi = S_{\max} - S_{\min} / 2$.**
- E) $\psi = S_x$**

115. Під впливом наклепу метал:

- A) сильно втрачає міцність.**
- B) незначно втрачає міцність.**
- C) зміцнюється.**
- D) не змінює своїх властивостей.**
- E) стає рівноважним.**

116. При нагріванні холоднодеформованого металу останній:

- A) сильно зміцнюється.**
- B) втрачає міцність.**
- C) зміцнюється.**
- D) не змінює своїх властивостей.**
- E) стає рівноважним.**

117. Напруження, що відповідає найбільшому навантаженню перед руйнуванням зразка, називається межею:

- A) плинності. B) міцності. C) пружності. D) пластичності. E) твердості.**

118. Робота, віднесена до початкової площі поперечного перерізу зразка, являє собою механічну властивість:

- A) твердість.**
- B) міцність.**
- C) відносне подовження.**
- D) ударну в'язкість.**
- E) пластичність.**

119. Поступове утворення тріщин під дією циклічних навантажень називають:

- A) крихким зламом.**
- B) в'язким зламом.**
- C) тріщиностійкістю.**
- D) втомою.**
- E) деформацією.**

120. Тривала дія повторно-змінних напружень може викликати утворення:

- A) раковин.**
- B) текстури деформації.**
- C) смугастості.**
- D) тріщин.**
- E) наклепу.**

121. Виникнення мікротріщин найчастіше відбувається завдяки скупченню перед перешкодою рухомих:

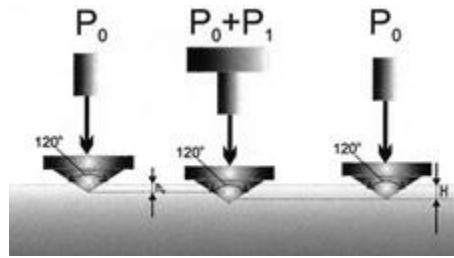
- A) вакансій.**
- B) дислокацій.**
- C) домішкових атомів.**
- D) дислокованих атомів.**
- E) площин.**

122. Деформація, вплив якої усувається після припинення дії зовнішніх сил, називається:

- A) пластичною. В) залишковою. С) пружною.**
- D) нормальною. Е) дотичною.**

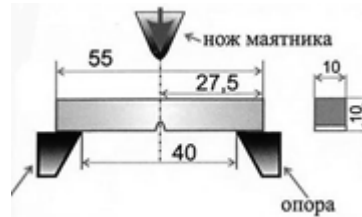
123. На малюнку наведена схема визначення твердості:

- A) за Роквеллом.**
- В) за Шором.**
- С) за Брінелем.**
- D) за Вікерсом.**
- Е) мікро.**



124. На рисунку наведена схема випробувань на:

- A) твердість.**
- В) втому.**
- С) повзучість.**
- D) ударну в'язкість.**
- Е) зносостійкість.**



125. Яка властивість **не** відноситься до механічної?

- A) твердість.**
- В) теплостійкість.**
- С) зносостійкість.**
- D) пластичність.**
- Е) ударна в'язкість.**

126. Яка властивість відноситься до механічної?

- A) окиснюваність.**
- В) теплостійкість.**
- С) зносостійкість.**
- D) теплопровідність.**
- Е) зварюваність.**

127. КСU, КСТ, КСV - це:

- A) твердість.**
- В) теплостійкість.**
- С) зносостійкість.**
- D) пластичність.**
- Е) ударна в'язкість.**

128. HB, HV, HRC - це:

- A) твердість. В) теплостійкість. С) зносостійкість.**
- D) пластичність. Е) ударна в'язкість.**

129. Символом ψ позначається:

- A) твердість.**

- В) межа міцності на розтяг.**
- С) відносне подовження.**
- Д) відносне звуження.**
- Е) ударна в'язкість.**

130. Символом δ позначається:

- А) твердість.**
- В) межа міцності на розтяг.**
- С) відносне подовження.**
- Д) відносне звуження.**
- Е) ударна в'язкість.**

131. Символом K_{Ic} позначається:

- А) в'язкість руйнування.**
- В) межа міцності на розтяг.**
- С) відносне подовження.**
- Д) відносне звуження.**
- Е) ударна в'язкість.**

132. Символом σ_R позначається:

- А) твердість.**
- В) межа міцності на розтяг.**
- С) межа витривалості.**
- Д) відносне звуження.**
- Е) ударна в'язкість.**

133. Властивість металу протистояти крихкому руйнуванню називається:

- А) твердістю.**
- В) зносостійкістю.**
- С) витривалістю.**
- Д) надійністю.**
- Е) пластичністю.**

134. Про здатність матеріалу працювати в умовах циклічного навантаження судять за результатами випробувань зразків на:

- А) твердість. В) знос. С) втому. Д) надійність. Е) ударну в'язкість.**

135. Здатність матеріалу працювати у пошкодженому стані після утворення тріщини називається:

- А) живучістю.**
- В) зносостійкістю.**
- С) витривалістю.**
- Д) надійністю.**
- Е) ударною в'язкістю.**

136. Для деталей машин, що випробовують тривалі циклічні навантаження критерієм міцності є:

- A) KCV. B) KCT. C) KCU. D) σ_R . E) K_{Ic} .**

137. Здатність твердих тіл руйнуватися при механічних впливах без помітної пластичної деформації називається:

- A) крихкістю. B) зносом. C) витривалістю. D) надійністю. E) в'язкістю.**

138. Властивість матеріалу незворотно поглинати енергію при їх пластичній деформації називається:

- A) живучістю. B) зносостійкістю. C) крихкістю. D) надійністю. E) в'язкістю.**

139. Поведінка металів при пружній деформації описано законом:

- A) Пуассона. B) Гука. C) Ньютона. D) Баушінгера. E) Кулона.**

140. Одним з відомих проявів неповної пружності металів є ефект:

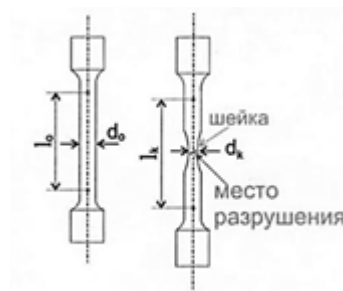
- A) Пуассона. B) Гука. C) Ньютона. D) Баушінгера. E) Кулона.**

141. Непружні ефекти служать причинами:

- A) підвищеної твердості.
B) внутрішнього тертя.
C) зниженої твердості.
D) низької пластичності.
E) корозії.**

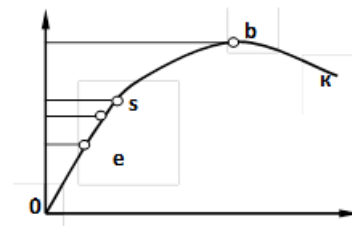
142. На рисунку наведено зразок для випробувань на:

- A) розтягання.
B) зносостійкість.
C) крихкість.
D) стиснення.
E) в'язкість.**



143. Відрізок Ob визначає величину:

- A) межі міцності.
B) фізичної межі текучості.
C) межі пропорційності.
D) умовної межі пружності.
E) в'язкості.**



144. На рисунку наведена схема визначення твердості:

- A) за Роквеллом.
- B) за Шором.
- C) за Брінелем.
- D) за Вікерсом.
- E) мікро.



145. До основних недоліків полімерів можна віднести:

- A) малу питому вагу.
- B) високу питому міцність.
- C) високу корозійну стійкість.
- D) відносно вузький температурний діапазон.
- E) хорошу оброблюваність (фрезерування, точіння).

146. Яка характеристика не відноситься до механічних властивостей композитів?

- A) температура плавлення.
- B) висока питома міцність.
- C) модуль пружності матриці.
- D) модуль пружності волокон.
- E) пластичність матриці.

147. Чим характерні властивості склопластиків?

- A) відносно великою густиною.
- B) невисокою міцністю.
- C) високим модулем пружності.
- D) низькою стійкістю до теплових ударів.
- E) низькою корозійною стійкістю.

148. Чим характерні властивості вуглепластиків?

- A) низькою міцністю.
- B) високою термостійкістю.
- C) високою пластичністю.
- D) низькою жорсткістю.
- E) високим температурним коефіцієнтом лінійного розширення.

149. Чим характерні властивості органопластиків?

- A) низькою міцністю.
- B) низькою жорсткістю.
- C) високою пластичністю.
- D) низькою граничною температурою експлуатації.
- E) високою ударною в'язкістю.

150. До композиційних матеріалів з полімерною матрицею не відносяться:

- А) склопластики.**
- В) композити з керамічною матрицею.**
- С) вуглепластики.**
- Д) боропластики.**
- Е) органопластики.**

ВАРІАНТИ ВІДПОВІДЕЙ ДО ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ

Номер питання	Правильна відповідь	Номер питання	Правильна відповідь	Номер питання	Правильна відповідь
1	А	51	В	101	С
2	В	52	Д	102	А
3	Е	53	А	103	А
4	С	54	С	104	С
5	Д	55	Е	105	А
6	Е	56	В	106	С
7	А	57	В	107	Д
8	В	58	С	108	Д
9	Д	59	Е	109	А
10	С	60	Е	110	С
11	А	61	Е	111	А
12	А	62	А	112	С
13	Д	63	А	113	В
14	Д	64	С	114	В
15	Е	65	А	115	С
16	С	66	Д	116	В
17	В	67	С	117	В
18	А	68	Е	118	Д
19	Е	69	Е	119	Д
20	В	70	В	120	Д
21	С	71	С	121	В
22	А	72	Д	122	С
23	С	73	В	123	А
24	Е	74	Д	124	Д
25	А	75	С	125	В
26	Д	76	В	126	С
27	С	77	С	127	Е
28	С	78	А	128	А
29	А	79	С	129	Д
30	С	80	С	130	С
31	С	81	Е	131	А
32	А	82	А	132	С
33	Д	83	Д	133	Е

34	A	84	C	134	C
35	D	85	B	135	A
36	C	86	B	136	D
37	A	87	C	137	A
38	D	88	E	138	E
39	C	89	B	139	B
40	A	90	D	140	D
41	E	91	B	141	B
42	D	92	E	142	A
43	B	93	A	143	A
44	B	94	B	144	C
45	E	95	E	145	D
46	A	96	E	146	A
47	B	97	B	147	C
48	E	98	C	148	B
49	E	99	D	149	E
50	D	100	E	150	B

ЛІТЕРАТУРА

1. Пчелінцев В. О. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів : навч. посіб. / В. О. Пчелінцев, А. І. Дегула. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 247 с.
2. Большаков В.І., Береза О.Ю., Харченко В.І. Прикладне матеріалознавство: Підручник для студентів вищих технічних навчальних закладів. - 2-е видання, доповнене і перероблене / Під ред.. Большакова В.Г. - РВА «Дніпро-VAL»: 2000. -290 с.
3. Шидловський М.С. Нові матеріали: частина 1 - Структура і механічні властивості конструкційних полімерів та пластмас. [Текст]: Навчальний посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» спеціалізації «Динаміка і міцність машин» – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 192 с.
4. Золотаревский В. С. Механические свойства материалов. – М. : Металлургия, 1983. – 352 с.
5. Бернштейн М. А. Механические свойства материалов. / М. А. Бернштейн, В. С. Займовский – М. : Металлургия, 1979. – 495 с.
6. Лахтин Ю. М. Материаловедение. / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева – М. : Машиностроение, 1990. – 558 с.
7. Д. Мак Лин. Механические свойства металлов. – М. : Металлургия, 1965. – 426 с.
8. Фридман Я. Б. Механические свойства металлов: в 2 ч. – 3-е изд. – Часть вторая: Механические испытания. Конструкционная прочность. – М. : Машиностроение, 1974. – 368 с.
9. Тимошук Л. Т. Механические свойства металлов. –М. : Металлургия, 1971. – 224 с.