Зміст

Вступ

Розділ 1. Теоретичні аспекти механічних властивостей і випробування довговічності матеріалів

1.1 Конструкційна міцність матеріалів і способи її підвищення

1.2 Класифікація і методи визначення механічних властивостей

1.3 Механічні властивості, які визначають при динамічному навантаженні

Розділ 2. Практичне використовування випробувань механічних властивостей

2.1 Випробування механічних властивостей

2.2 Динамічні випробування

2.3 Трибологічне випробування

Висновки

Список використаних джерел

# Вступ

Дана робота за своєю цілеспрямованістю призначена для студентів машинобудівельних спеціальностей, які навчаються за напрямком «Інженерна механіка».

Актуальність теми роботи має особливості, що пояснює її направленість. Відомо, що виробництво продукції машинобудування в різних галузях (верстатобудування, будівельні машини, транспорт та інші) є одним із найбільш металоемних. Величезну кількість металопродукції споживає цивільне, транспортне та промислове будівництво.

В зв'язку із зростанням інтенсивності навантажень на машини та обладнання, підвищення етажності будівель, зростанням швидкісних характеристик, транспортних засобів значно підвищуються вимоги до показників надійності металевих конструкцій та окремих деталей. Саме правильний вибір матеріалу деталі, технології її механічної та термічної обробки забезпечує надійну роботу всієї конструкції.

В процесі створення конструкції в цілому і окремих її частин інженер-фахівець повинен провести аналіз умов експлуатації конструкції, визначити діючі навантаження і розраховувати напружений стан елементів. На базі міцносних розрахунків визначитись із особливостями конструкції та технологією виготовлення. Помилки на цих етапах, призводять до підвищеного рівня діючих напруг, що в свою чергу, сприяє виникненню і подальшому розповсюдженню мікро - та макротріщин, а також руйнуванню, тобто суттєво впливають на надійність конструкцій.

Особливо великий вплив на конструкційну міцність мають конструктивно-технологічні і експлуатаційні фактори при дії повторно-змінних навантажень, які в реальних неоднорідних конструкціях "провокують" утворення тріщин від втомленості. Виходячи зі сказаного, розрізняють теоретичну і технічну конструкційну міцність.

Показники надійності в цілому визначаються фізико-механічними властивостями конструкційних матеріалів як металічних, так і неметалічних. Фізико-механічні властивості визначають характер і величину деформування, зношування, вібраційну і корозійну стійкість і т.ін.

Визначення механічних властивостей починається ще на стадії виробництва металів і сплавів для забезпечення їх якісних показників. Коли споживач підбирає матеріал для виготовлення тих чи інших конструкцій, то головним критерієм виявляється саме рівень механічних характеристик з урахуванням умов експлуатації цих конструкцій. Значний вплив на механічні характеристики матеріалів здійснюється при виготовлені продукції і під час їх експлуатації (температура, тиск, агресивність середовища і т. ін.). Тому необхідно проводити періодичний контроль механічних властивостей з метою виявлення небезпечних ділянок конструкції або окремої деталі, а також для оцінки залишкового ресурсу їх роботоздатності. Різноманітність умов експлуатації потребує великої кількості механічних випробовувань, але при цьому можливо виділити такі основні класифікаційні ознаки:

1. характер навантаження (розтягування, стискання, згин, циклічне навантаження та ін.);
2. швидкість навантаження (статичні або динамічні);

3) термін процесу випробувань в часі (короткочасні, тривалі).

# Розділ 1. Теоретичні аспекти механічних властивостей і випробування довговічності матеріалів

## 

## 1.1 Конструкційна міцність матеріалів і способи її підвищення

Конструкційна міцність матеріалів - це складна комплексна характеристика, яка вміщує в собі фізико-механічні властивості матеріалів, а також показники надійності і довговічності робити їх в реальній конструкції. Забезпечується висока надійність оптимальним сполученням показників міцності, пластичності і ударної в'язкості. Конструкційна міцність матеріалів суттєво нижче міцності матеріалів зразків при лабораторних вимірюваннях. Це пояснюється головним чином геометричними формами конструкцій, для яких характерними є різкі переходи від одного перетину до другого, присутністю отворів і інших елементів, які викликають концентрацію напруг. До цього ж якість поверхні реальних деталей відрізняється від якості поверхні лабораторних зразків. Також суттєво впливає на показники міцності реальних деталей технологія їх виготовлення і, насамперед процеси зварювання, при яких крім порушення однорідності матеріалу виникають зварювальні термічні напруги.

Особливо великий вплив на конструкційну міцність мають конструктивно-технологічні і експлуатаційні фактори при дії повторно-змінних навантажень, які в реальних неоднорідних конструкціях "провокують" утворення тріщин від втомленості. Виходячи зі сказаного, розрізняють теоретичну і технічну конструкційну міцність.

Теоретичне значення міцності - це опір деформації і руйнуванню, який створює ідеальний бездефектний матеріал згідно з фізичними розрахунками з урахуванням сил міжатомної взаємодії. Такі значення наведеш вище по результатам експериментів.

До технічних характеристик міцності відносять:

* тимчасовий опір (межа міцності) - ;
* межа текучості - , або умовна межа текучості - ;
* межа пружності - , або умовна межа пружності -;
* межа витривалості - 

Критеріями пластичності є відносне видовження - δ, відносне звуження ψ і ударна в'язкість, яка характеризує питому роботу руйнування при динамічному навантаженні.

Найбільш важливою характеристикою пластичності являється відносне звуження – ψ, яке визначає здатність матеріалу до локальних пластичних деформацій. Чим більша ця величина, тим менша імовірність утворення тріщин.

Разом з тим вище названий перелік показників міцності і пластичності не завжди дозволяє прогнозувати поведінку реальної конструкції або деталі. Особливо це проявляється при використанні високоміцних матеріалів, для яких характерною є підвищена крихкість. В зв'язку з цим важливо враховувати також показники опору матеріалу крихкому руйнуванню:

* в'язкість руйнування, яка характеризує роботу розвитку тріщини;
* поріг холодноламкості Т50, який визначає запас в'язкості і імовірність переходу матеріалу в крихкий стан;

Основні механізми підвищення конструкційної міцності направлені на створення дрібнозернистої структури з розвинутою внутрішньою субструктурою. Не менш важливими є методи направлені на "заліковування" субмікроскопічних тріщин, що зменшує концентрацію напруг в локальних зонах. Такими механізмами являються:

* деформаційне зміцнення (наклеп);
* твердорозчинне зміцнення (легування);
* зернограничне зміцнення (подрібнення зерен при модифікуванні, легуванні, термообробці);
* дисперсне зміцнення, при якому відбувається виділення всередині зерен твердого розчину високодисперсних рівномірно-розподілених частинок зміцнюючи фаз (наприклад, гартування і старіння).

Перечисленні методи зміцнення забезпечують найкраще сполучення міцносних і пластичних характеристик з низькою температурою в'язко-крихкого переходу (поріг холодноламкості). На цих методах базуються основні сучасні технологічні процеси термічної, хіміко-термічної, термомеханічної обробки, легування, модифікування і т. ін.

## 1.2 Класифікація і методи визначення механічних властивостей

Визначення механічних властивостей починається ще на стадії виробництва металів і сплавів для забезпечення їх якісних показників. Коли споживач підбирає матеріал для виготовлення тих чи інших конструкцій, то головним критерієм виявляється саме рівень механічних характеристик з урахуванням умов експлуатації цих конструкцій. Значний вплив на механічні характеристики матеріалів здійснюється при виготовлені продукції і під час їх експлуатації (температура, тиск, агресивність середовища і т. ін.). Тому необхідно проводити періодичний контроль механічних властивостей з метою виявлення небезпечних ділянок конструкції або окремої деталі, а також для оцінки залишкового ресурсу їх роботоздатності. Різноманітність умов експлуатації потребує великої кількості механічних випробовувань, але при цьому можливо виділити такі основні класифікаційні ознаки:

1. характер навантаження (розтягування, стискання, згин, циклічне навантаження та ін.);
2. швидкість навантаження (статичні або динамічні);

3) термін процесу випробувань в часі (короткочасні, тривалі).

В результаті механічних випробувань матеріалів визначають наступні характеристики: пружність, міцність, пластичність, твердість, втомленість, тріщиностійкість, холодноламкість.

Механічні властивості, які визначають при статичному навантаженні

Статичними вважають випробування, при яких навантаження на випробуємий зразок зростає повільно і плавно. Найбільш поширеними є випробування на розтягування, які дозволяють отримати достатню інформацію про такі важливі механічні характеристики матеріалу, як пружність, текучість, міцність. Для випробувань використовують стандартні циліндричні або плоскі зразки, по результатами деформування яких будують діаграму розтягування в координатах „навантаження -абсолютне видовження" або „напруги - відносні деформації". На діаграмі розтягування можливо виділити три характерних області (див. рис.1.1, крива 2):

- ОА - область пружної деформації, в межах якої зберігається прямопропорційна залежність між напругою і відносною деформацією.

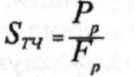
Напругу, що відповідає точці А називають межею пропорційності . Звичайно визначають умовну межу пропорційності. Це напруга такої величини, при якій tg кута нахилу, утвореного дотичною до кривої деформації з віссю напруг, збільшується на 50% свого значення на пружній (лінійній) ділянці. Оскільки значення  дуже близькі до межі пружності - С, їх значення часто ототожнюють.

Умовна межа пружності визначається як напруга, при якій залишкова деформація сягає < 0,05% початкової довжини зразка:



АВ - область початку пластичного деформування. Напруга, при якій матеріал починає пластично деформуватися і в подальшому тече без помітного збільшення навантаження називається фізичною межею текучості - . Горизонтальна ділянка діаграми "σ-δ"(Рис. 1.1, крива 1) називається площадкою текучості. Для багатьох металів і сплавів, що зміцнюються і площадка текучості відсутня, використовують поняття умовної межі текучості , яке використовують в міцносних розрахунках. Умовна межа текучості - це напруга, при якій залишкове видовження сягає 0,2% від початкової розрахункової довжини. Величиною  в умовах нормальних температур визначаються міцносні класи матеріалів. Наприклад, для сталей - низька міцність вважається при  = 650 МПа; середня – 650/1З00МПа; висока - ≥ 1300..1400МПа.

* ВС - область утворення і розвитку тріщин. Межа міцності (тимчасовий опір) -  — це найбільша напруга, яка виникає в матеріалі перед руйнуванням зразка. Оскільки в пластичних матеріалах в результаті пластичного деформування зменшується площа перетину зразка — утворюється шийка, то дійсний опір руйнуванню змінюється. Дійсна межа тимчасової міцності - Sтч визначається відношенням навантаження в момент руйнування до площі поперечного перетину в місці руйнування:



Механічні властивості матеріалів , , , δ = ψ і модуль пружності Е являються базовими при постачанні конструкційних матеріалів, а також при виборі їх для виготовлення конструкцій і деталей. Ці показники входять до розрахункових методик, при визначенні міцності і ресурсу робото здатності.



Твердістю називають властивість матеріалу чинити опір пластичній деформації при контактній взаємодії іншого, більш твердого тіла індентора - з поверхневими шарами матеріалу.

Вимірювання твердості є технологічною пробою і може служити показником якості процесів термічної, хіміко-термічної і термомеханічної обробки, пластичного деформування на ін. За показниками твердості можливо посередньо отримати уяву і про інші фізико-механічні властивості (міцність, пружність, зносостійкість). Застосовують такі методи визначення твердості: вдавлювання, дряпання, відскоку бойка, коливання маятника. Найбільш поширеним є метод вдавлювання інденторів різної форми і інших навантаженнях. Ці методи потребують виготовлення зразків. Якщо вимірювання необхідно проводити безпосередньо на конструкції, то використовують переносні прилади динамічної дії.. Роздивимось основні методи вимірювання твердості.

Метод Брінелля (ГОСТ 9012-83) заснований на тому, що твердість вимірюють вдавлюванням у зразок (виріб) загартованої кульки діаметром 10 мм, 5мм або 2,5 мм при сталому навантаженні. Кількісну величину твердості отримують як частку відділення навантаження (Р, МН) на площу поверхні утвореного відбитка (F, мм2).

Позначають твердість літерою Н1 з відповідним позначенням методу: приклад, твердість за методом Брінелля - В, Роквелла - її і т.п. Таким чином, твердість за Брінеллем, Мпа (рис. 2.23; 1):

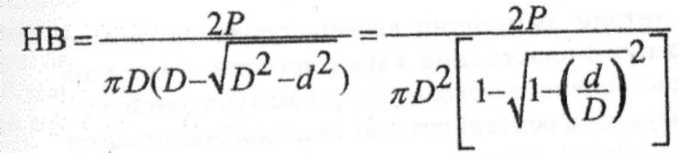


IIлоща поверхні утвореного шарового сегмента, мм :



де, D діаметр кульки; h глибіна видбитка.

Оскільки глибину відбитка h вимірювати складніше, ніж його діаметр, то звичайно h виражають через діаметр кульки D і діаметр відбитка d



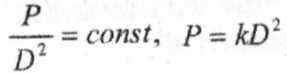
твердість за Брінеллем



Тоді площа поверхні відбитка

(рис.1.1; 1а):

При визначенні твердості за Брінеллем кульками різних діаметрів і для забезпечення можливості їх порівняння навантаження вибирають виходячи з умов подібності:

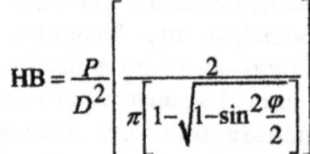


де R=300;100;25 - стала для даного матеріалу.

Подібність відбитків при різних D і Р забезпечується при умові, коли кут ψ, залишається постійним при зміні діаметра кульки - індентора і величини навантаження. Виходячи зі схеми навантаження співвідношення діаметра відбитка і кульки:



Підставимо. Тоді:



Твердість НВ залишається постійною при P/D2 =соnst і ψ=соnst. На базі цього стандартом рекомендуються діаметри кульки і навантаження у залежності від твердості матеріалу і товщини зразка, які наведені в таблиці 1.2.

Метод Брінелля використовують для матеріалів, які мають обмежену твердість (до 4500 МПа), що пов'язано з можливістю деформування сталевої кульки - індентора. Числові значення твердості матеріалів залежно від діаметрам відбитка розраховані і зведені до спеціальної таблиці.

Між тимчасовим опором і числом твердості НВ різних металів існує наступна орієнтовна залежність:

Таблиця 1.1

Залежність між тимчасовим опором і числом твердості НВ

|  |  |
| --- | --- |
| Сталі, які мають твердість НВ. МПа | МПа |
| 1200 1750 | 0,34НВ |
| 1750-4500 | 0.35HB |
| Мідь, латунь, бронза: |  |
| відпалена | 0,55 НВ |
| Наклепана | 0,4 HВ |
| Алюміній і його сплави, які мають |  |
| твердість НВ: 200 450 | (0.33 -0,36)НВ |
| Дюралюміній: |  |
| відпалений | 0,36НВ |
| після гартування і старіння | 0.35HВ |

Метод Роквелла (ГОСТ 9013-83) заснований на тому, що твердість вимірюють вдавлюванням алмазного конуса з кутом при вершині 120° (рис. 1.2,6), або сталевої кульки діаметром 1,588 мм (рис.1.2,в). Оцінюють твердість за глибиною відбитка, а чисельні значення відраховують безпосередньо за шкалами індикатора приладу. Індикатор має три шкали: А, В і С. Для матеріалів, що мають твердість НВ<4500Мпа (кольорові метали та їх сплави, сталі після високого та середнього відпуску) використовують шкалу В, і при вимірюванні вдавлюється кулька під навантаженням 1000Н. Позначення твердості при цьому - HRB.

Алмазний конус використовують при випробуванні більш твердих сталей (НВ<6800МПа), при цьому звичайно використовують шкалу С з навантаженням 1500Н.

Таблиця 1.2

Вибір діаметрів кульки і навантаження в залежності від твердості і товщини зразка

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мат-л | Інтервал твердості, МПа | Мінімальна товщина зразка, мм | Співвідношення між навантаженням і  діаметром кульки К=Р/D2 | Діаметр кульки, мм | Навантаження Р.Н | Витримка під навантаженням, с |
| Чорні метали | 4500......1400 | 6-3  4-2  2 | 300 | 10 5  2,5 | 30000  7500  1875 | 10 |
| <1400 | 6  6-3  3 | 100 | 10 5  2.5 | 10000  2500  625 | 10 |
| Кольорові метали | >1300 | 6-3  4-2  2 | 300 | 10  5  2,5 | 30000  7500  1875 | 30 |
| 350......1350 | 9-3  6-3  3 | 100 | 10  5  2,5 | 10000  2500  625 | ЗО |
| 80...350 | 6  6-3  3 | 25 | 10 5  2,5 | 2500  625  156 | 60 |

Для матеріалів твердість НВ = 4000...7800 Мпа використовують шкалу А з навантаженням 600Н. Відповідні позначення - HRC і HRA. Ряд навантажень 600; 1000 і 1500Н. При цьому навантаження Р вміщують у собі попереднє навантаження Р0=100Н. Твердість за Роквеллом визначають в умовних одиницях. За одиницю твердості взята величина, яка дорівнює осьовому переміщенню індентора на 0,002мм.

При вимірюванні алмазним конусом і кулькою діаметром 1,588 мм можна розрахувати твердість згідно з формулами для шкал А і С НRА і НRС=100-Е; для шкали В:НRВ=130-Е.



Рис 1.1 Схеми випробувань твердості за методами: 1 - Брінелля; 2 - Роквелла; 3 - Віккерса; 4 - Польді

Величину Е визначають як відношення:



де h - глибина занурення індентора під дією загального навантаження; h0- те саме, під дією попереднього навантаження 100Н.

Випробування за методом Роквелла проводять на зразках або деталях.

Таблиця 1.3

Таблиця для визначення типу індентора, навантаження і шкали при вимірюванні твердості за Роквеллом.

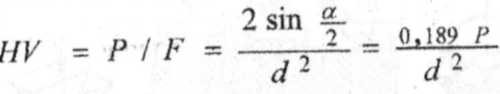
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Шкала | Позначення твердості за Роквеллом | Тип індентора | Межі вимірювання в одиницях  твердості  за  Роквеллом | Навантаження, H | Відповідна твердість за Брінеллем |
| А | HRA | Алмазний конус | 70... 89 | 600 | 3750...782( |
| В | HRB | Сталева кулька | 20...100 | 1000 | 1050...240 |
| С | HRC | Алмазний конус | 22.69 | 1500 | 2410...683» |

Шкалою А користуються при вимірюванні твердості матеріалів, якщо вона більша, ніж у загартованих сталей (тверді сплави, кераміка та ін.).

За шкалою В оцінюють твердість м'яких матеріалів, таких, як мідь, латунь, бронза, алюмінію, незагартовані сталі.

За шкалою С вимірюють твердість переважно загартованих сталей.

Метод Віккерса (ГОСТ 2999-83) засновано на тому, що твердість визначають вдавлюванням чотиригранної піраміди з кутом при вершині 136° у поверхню зразка. Твердість оцінюють відношенням навантаження до поверхні відбитка:



де а - кут при вершиш, а=1360; а - середньоарифметична довжина обох діагоналей відбитка.

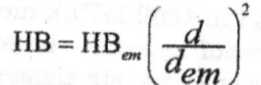
Діапазон навантажень 50; 100; 200; 300; 500 і 1000Н. Можливість застосування малих навантажень 50 і 100Н дозволяє визначити твердість деталей малої товщини і тонких поверхневих шарів (цементованих, азотованих тоїцо). Метод застосовують для будь-яких матеріалів.

Вимірювання мікротвердості (ГОСТ9450-84) проводять на мікротвердомірах, обладнаних мікроскопами. Твердість за методом Віккерса оцінюють по відбитку піраміди з кутом 136°, але при малих навантаженнях від 0,05 до 5Н. Відбиток при цьому має малі розміри, що дозволяє оцінювати твердість окремих зерен для будь-яких матеріалів.

Метод Польді - спосіб орієнтовного визначення твердості за допомогою переносного приладу динамічним вдавлюванням шарового або конічного індентора.

Принцип дії приладу засновано на тому, що куля під дією удару, який наноситься вручну, одночасно вдавлюється у поверхню, що випробовується і в еталонний зразок, твердість якого відома.

Твердість за Польді, у відповідності з методом Брінелля, визначають за формулою:



Цей метод використовують для контролю великогабаритних виробів і деталей.

Сучасні прилади для вимірювання твердості динамічними методами розроблені на базі мікропроцесорної техніки. Вони забезпечують вихід на персональний комп'ютер і високу продуктивність контролю. Принцип дії цих приладів базується на вимірюванні швидкості пружного відскоку індентора від контролюємої поверхні. Швидкість відскоку являється функцією твердості.

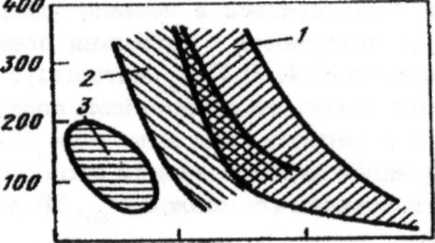
Електронний блок приладів забезпечує підсилення і перетворення вхідних сигналів датчиків в цифровий код, математичну обробку, керування режимами вимірювання і індикацію результатів.

Механічний пристрій забезпечує рух індентора з твердосплавним кульковим вакінечником діаметром 3,5мм відносно поверхні контролюємого матеріалу і електричної катушки. В середині індентора розміщений постійний магніт. При перетинанні магнітним полем витків катушки в ній виникає ЕРС, пропорційна швидкості руху індентора.

Динамічні вимірювачі твердості застосовуються для деталей масою більше трьох кілограмів з товщиною стінки не менш 10 мм. Чистота поверхні для контролю - не менше Rz20. Але для оцінки можливості застосування таких приладів слід керуватися не тільки товщиною стінки, а і жорсткістю в цілому системи, яка контролюється.

Динамічні твердоміри мають різні функціональні можливості, кількість шкал і діапазони вимірювання.

Тріщиностійкість кількісно оцінюється критичним коефіцієнтом інтенсивності напруг (в'язкість руйнування) - К1с у вершині тріщини для умов розвитку деформації лише в одній площині. Для визначення К1с проводиться розтягування спеціальних зразків з попередньо утвореною тріщиною втомленності. При випробуваннях будують діаграму "навантаження - зміщення берегів тріщини". Аналіз цих діаграм дозволяє визначити опір розповсюдженню тріщин в залежності від розмірів зразку і тріщини. Величина в'язкості руйнування є структурно чутливою і, як правило, являється тим нижчою, чим вище межа текучості. (Рис.1.2).



о 1000 гооо 6а,г , Мпа

Рис 1.2 Залежність К1е від для сталі - 1; сплавів титану - 2; сплавів алюмінію - З



Визначення тріщиностійкості відповідальних конструкцій проводять з точністю до ±10%. Для конструкцій з обмеженою відповідальністю вимоги до визначення К1с знижуються.

## 

## 1.3 Механічні властивості, які визначають при динамічному навантаженні

Динамічні випробовування відрізняються від статичних більшою швидкістю навантаження. При цьому необхідно розділяти динамічні навантаження одноразові (імпульсивні) і циклічні - знакозмінні. При динамічних одноразових випробовуваннях визначається ударна в'язкість, холодноламкість і критична температура крихкості.

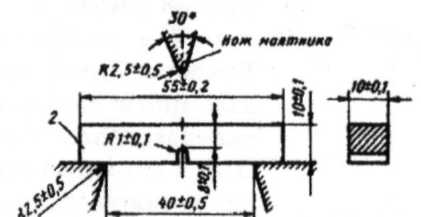


Рис. 1.3 Схема визначення ударної в’язкості від температури

При циклічних (знакозмінних) навантаженнях визначають межу витривалості, а також довговічність від моменту появи тріщини і до руйнування -живучість.

Ударна в'язкість(КС)

визначається відношенням роботи, яка витрачається при ударному зламі на руйнуваннях

К зразка з надрізом (концентратом) до площі перетину зразка S в місті руйнування (Рис.1.3):

КС=К/8, Дж/м\*

По відомим величинам маси бойка маятника і висоти падіння розраховується величина роботи на руйнування. Найбільш поширеними є зразки з величиною R= 1мм (U - подібний надріз) і R=0,25мм (V подібний), а також з тріщиною від утомленості. Відповідно до цього величина ударної в'язкості позначається КСU; КСV або КСТ.

В реальних конструкціях робота на руйнування являється інтегральною величиною, яка складається з роботи на уворення тріщини - КСут і роботи на розповсюдження в'язкої тріщини -КСр:

КС=КСут + КСp;

При руйнуванні крихких матеріалів основна частина роботи витрачається на утворення тріщини, а її розповсюдження потребує незначної роботи. При руйнуванні пластичних матеріалів робота розповсюдження тріщини зіставима або більша по значенню, ніж робота по її утворенню.

Холодноламкістю називається властивість матеріалів мати абсолютно крихкий злам при низьких температурах. Різні матеріали і сплави в залежності від температури можуть руйнуватись крихко або в'язко. Це залежить в основному від типу кристалічної решітки і хімічного складу. Так, наприклад, метали з об'емноцентрованою кубічною решіткою (Fеа; Сr; Рb) мають схильність до різкого зниження ударної в'язкості при певній мінусовій температурі. Разом з тим, метали з решіткою гранецентрованого куба(Fеy; Ni; Cu) відносяться до нехолодноламких.

При виготовленні конструкцій необхідно оцінювати їх температурний запас в'язкості. Для цього необхідно знати поріг холодноламкості матеріалу, з якої виготовляється конструкція і температурні умови її експлуатації в майбутньому. Температурний інтервал між цими величинами і складає запас в'язкості. Поріг холодноламкості визначають при випробуванні ударним згином надрізаних зразків при різних температурах. По отриманим даним будують графіки залежності ударної в'язкості від температури(рис.1.4).

Поріг холодноламкості

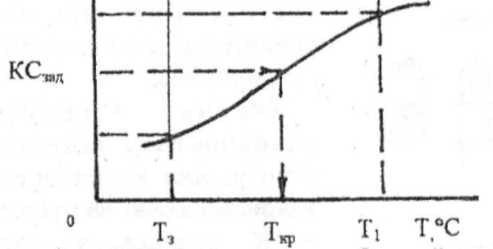


Рис. 1.4 Залежність ударної в’язкості від температури

Зниження ударної в'язкості відбувається у певному інтервалі температур Т1-ТЗ, який називають порогом холодноламкості. В цьому інтервалі злами можуть бути як в'язкими, так і крихкими. Температура, яка відповідає заданій величині ударної в'язкості, називається критичною температурою крихкості Ткр.

Поріг холодноламкості можливо визначити також по зовнішньому вигляду зламу, оцінюючу кількість волокна у відсотках матової волокнистої складової. Кількість волокна в зламі визначається як відношення площі волокнистого (в'язкого) зламу до площі перетину зразка. За поріг холодноламкості приймається температура, при якій в зламі спостерігається приблизно рівні площі: по 50% волокнистого і кристалічного (крихкого) зламів.

Така температура і є критичною і позначається Т50. Для відповідальних деталей за критичну вважається температура, при якій зберігається 90% волокна (Т90).

Вплив особливих умов експлуатації на поведінку металевих конструкційних матеріалів

До числа особливих експлуатаційних умов слід віднести: - підвищену температуру, низьку температуру, радіаційне випромінювання, глибокий вакуум.

При експлуатації металевих сплавів під дією підвищених температур проявляються такі їх важливі характеристики як — жаростійкість і жароміцність. Жаростійкість - властивість металів і сплавів створювати опір окисленню і газовій корозії при високих температурах. Підвищення жаростійкості досягають за рахунок легування хромом, алюмінієм, кремнієм, які утворюють на поверхні плівки, непроникнені для іонів основного металу і кисню-оксидні плівки (Сг203; Аl203). Сприяють підвищенню жаростійкості також захисні покриття, склад яких визначається умовами експлуатації і складом агресивного середовища.

Структура жаростійких матеріалів повинна бути одно фазною і однорідною, чому сприяють такі види термообробки як відпал і нормалізація.

Суттєво підвіщує жаростійкість такий фактор, як чистота обробки поверхні деталей. Поліровані деталі повільніше окислюються, оскільки оксиди більш рівномірно розподілені по поверхні.

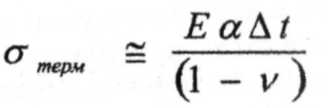
Жароміцність - це властивість матеріалу довгий час чинити опір деформуванню і руйнуванню під дією навантажень при підвищених температурах, коли вони сягають величини більше 0,3 Тпл. В таких умовах працюють деталі двигунів внутрішнього згоряння, печей, котлів, турбін і т.ін.

При навантаженні матеріалів довгий час в умовах високих температур спостерігаються процеси повзучості (або крипу), тобто з часом матеріал деформується з певною швидкістю. Найбільш важливий вид повзучості - повільна повзучесть виникає в області температур (0,4...0,7) Тпл матеріалу.

Основними показниками повзучості є швидкість повзучості і умовна межа повзучесті - напруга, яка викликає при даній температурі задану деформацію за встановлений проміжок часу. Умовну межу повзучості позначають символом , МПа. Напр.,  130 МПа, позначає, що напруга 130 МПа викликає 1%

деформації за 105 годин при Т=550° С. В умовах, коли проявляється повзучість при тривалих статичних навантаженнях проводять випробування на тривалу міцність - це властивість матеріалу чінити опір руйнуванню в умовах тривалого статичного навантаження. Межа тривалої міцності позначається символом МПа. Наприклад, =150МПа, що позначає - напруга 150 МПа призводить матеріал до руйнування за 105 год при Т=550° С. Основними чинниками, які забезпечують вимоги до жароміцних сплавів є висока ступінь легування такими елементами як Сr, Мо,V і т.п., стабільність структури і міцність кордонів при великозернистій структурі.

В реальних умовах при підвищенних температурах в металевих сплавах спостерігається одночасно з повзучістю і явище втомленості. Явище деформації і руйнування матеріалу під дією циклічних нагрівань і охолоджень носить назву термічної втомленості. В умовах втомленості при високих температурах, як і при повзучості формується субзеренна структура і тріщіни розповсюджуються по межах зерен. Термічна втомленість відрізняється від механічної в основному тим, що напруження визначаються пружно-пластичними властивостями матеріалу. Значення термічних напружень визначають з рівняння:



де Е - модуль пружності; а - коефіцієнт лінійного розширення;

- температурний інтервал; V - коефіцієнт Пуасона.

Величина  залежить від теплопроводності матеріалу, умов нагрівання - охолодження і масштабного фактору.

При експлуатації металевих конструкцій в умовах радіаційного випромінювання (космічного, сонячного, технологічного) менш стійким виявляються метали с ГЦК решіткою, ніж метали з ОЦК і ГЩС решітками. Найбільший вплив на властивості мають нейтрони, які не маючи заряда, здатні проникати в глибину кристалічної решітки. При цьому вони викликають порушення електронної структури, локальні підвищення температури, радіаційну ерозію, яка виникає на поверхні під дією високошвидкісних частинок.

Такі дефекти призводять до зміни структурно чутливих властивостивостей, а саме знижується пластичність, в'язкість, підвищується питомий електроопір, міцність і опір малим пластичним деформаціям - оа2, тобто, зростає імовірність крихкого руйнування. Це і є до дії радіації найбільш небезпечним наслідком — після дії радіації до радіаційного випромінювання. Наприклад, критична температура температури крихкості при крихкості молібдена після дії охолодженні після дії нейтронного випромінювання нейтронного випромінювання підвищується від -ЗО до + 70°С. Загальний характер впливу радіаційного випромінювання на  і опір відриву наведені на графіку (рис. 1.5)

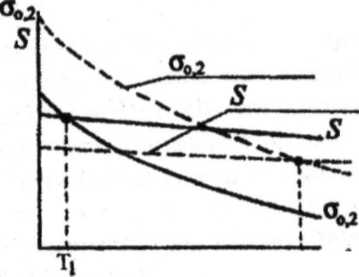


Рис. 1.5 Зміна критичної температури крихкості при охолодженні після дії нейтронного випромінювання

Як видно з графіків критична температура крихкості після дії випромінювання суттєво зростає. Глибокий вакуум характеризується зовнішнім тиском \* 1041- 10іг мм рт. ст. При цьому порушується термодинамічна рівновага металу з газовим середовищем і на кордоні виникають процеси конденсації або сублімації, тобто метали зразу перетворюються на пар, минаючи рідку фазу

Крихке руйнування відбувається при умові рівності межі текучості  і опору відриву S при певній температурі:

=S

Один із шляхів боротьби з сублімацією є створення захисних покрить, які мають більшу стійкість у вакуумі, ніж основний метал.

Такими особливостями володіють керамічні матеріали, які складаються із оксидів і інших з'єднань Аl; Ве; Сr; Мg; Sі; Ті; Zn. Такі з'єднання здатні довгий час працювати в умовах глибокого вакууму. Інша проблема, яка виникає при експлуатації деталей в умовах глибокого вакууму - холодне зварювання, яке пояснюється тим, що у вакуумі різко збільшується коефіцієнт тертя завдяки відсутності оксидних плівок. Це ускладнює процес ковзання в парах тертя і призводить до „схоплювання" деталей. Рідкі змащувальні матеріали при цьому використовувати не можливо, оскільки вони випаровуються. В таких умовах як змащувальні матеріали використовуються золото, срібло, кобальт, нікель і більш довговічні: графіт; МoS2, вольфрам.

# Розділ 2. Практичне використовування випробувань механічних властивостей

## 2.1 Випробування механічних властивостей

Поведінка металів під дією зовнішніх навантажень характеризується їх механічними властивостями, які дозволяють визначити межі навантаження для кожного конкретного матеріалу, провести зіставну оцінку різних матеріалів і здійснити контроль якості металу в заводських і лабораторних умовах.

До випробувань механічних властивостей пред'являється ряд вимог. Температурно-силові умови проведення випробувань повинні бути по можливості наближені до службових умов роботи матеріалів в реальних машинах і конструкціях. Разом з тим методи випробувань повинні бути достатньо простими і придатними для масового контролю якості металургійної продукції. Враховуючи необхідність зіставлення якості різних конструкційних матеріалів, методи випробувань механічних властивостей повинні бути строго регламентовані стандартами.

Результати визначення механічних властивостей використовують в розрахунковій конструкторській практиці при проектуванні машин і конструкцій. Найбільше розповсюдження мають наступні види механічних випробувань.

1. Статичні короткочасні випробування однократним навантаженому на одноосне розтягування - стиснення, твердість, вигин і кручення.
2. Динамічні випробування з визначенням ударної в'язкості і її складових - питомої роботи зародження і розвитку тріщини.

3.Випробування змінним навантаженням з визначенням межі витривалості матеріалу.

4. Випробування на термічну утомленість.

5.Випробування на повзучість і тривалу міцність.

1. Випробування на опір розвитку тріщини з визначенням параметрів в'язкості руйнування.
2. Випробування матеріалів в умовах важконапруженого стану, а також натурні випробування деталей, вузлів і готових конструкцій.

Статичні випробування

Найчастіше проводять випробування на розтягування (ГОСТ 1497). Звичайно застосовують малий п'ятикратний зразок круглого перетину (діаметр 5 мм, розрахункова довжина 25 мм). На рис. 2.1 приведено два види діаграм розтягування: з ділянкою і без ділянки текучості в координатах навантаження Р - подовження Δl. Діаграма просто перетвориться в діаграму в координатах напруга σ — відносна деформація δ. При цьому σ = Р/F0; δ =(∆l /l0)х100%, де F0, lо – початкова ділянка перетину і довжина зразка до випробування.

Діаграма розтягування складається з трьох ділянок: пружної деформації ОА, рівномірної пластичної деформації АВ і зосередженої деформації шийки ВС.

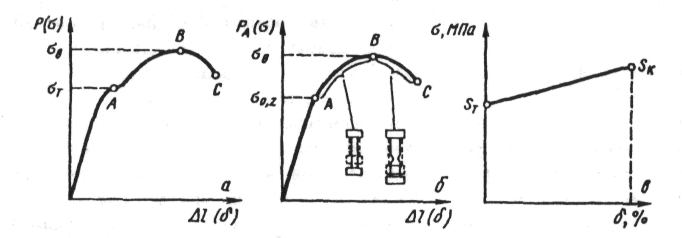


Рис. 2.1. Діаграми розтягувань:

а - з майданчиком текучості; б - без майданчика текучості; в - діаграма істинних напруг

Ділянка пружної деформації має прямолінійний вигляд і характеризує жорсткість матеріалу. Чим меншу пружну деформацію зазнає матеріал під дією навантаження, тим вище його жорсткість, яка характеризується модулем пружності: E= σ / δ.

Модуль пружності - структурно нечутлива характеристика, визначувана силами міжатомної взаємодії, є константою матеріалу.

Пружні властивості залежать від температури металу. При пониженні температури міжатомні відстані зменшуються, кристали стискаються, що приводить до збільшення модуля пружності. Основне зростання модуля пружності відбувається в області температур до 77 К, нижче за температури рідкого азоту зростання сповільнюється, а поблизу температури абсолютного нуля модуль пружності стає незалежний від температури.

Найменша напруга, при якій зразок деформується без помітного збільшення навантаження («тече»), називається фізичною межею текучості σ т, він вимірюється в мегапаскалях (МПа). Якщо немає ділянки текучості, то визначають умовну межу текучості σ 0.2, при якому зразок одержує залишкове подовження, рівне 0,2 % первинної розрахункової довжини:



Межа текучості - основний показник міцності при розрахунку допустимих напруг, що характеризують опір малим пластичним деформаціям.

Напруга, відповідна найбільшому навантаженню, передуючому руйнуванню, називається тимчасовим опором (σ в); він вимірюється в МПа:



Величина пластичної деформації до моменту руйнування характеризує пластичність матеріалу. Розрізняють дві характеристики пластичності: відносне подовження 8,%, і відносне звуження ψ %:

σ =[( l- l0)/ l0]\*100

де l - довжина зразка після розриву; l0 - первинна довжина зразка;



де F - площа перетину зруйнованого зразка в місці розриву; F0 –первинна площа перетину зразка.

Умовно прийнято вважати метал надійним при δ ≥ 15 %, ψ ≥45 %.

Більш точну залежність між деформацією зразка і напругою показують діаграми істинних напруг (рис. 2.1, в). Істинну напругу визначають розподілом навантаження на площу поперечного перетину зразка у момент випробування.

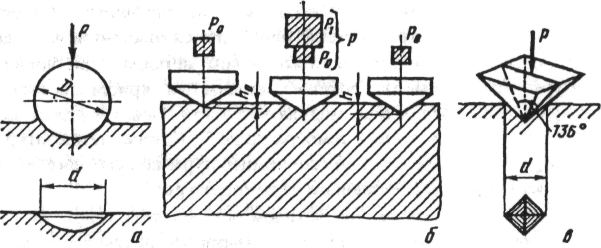


Рис. 2.2. Схема визначення твердості:

а - по Брінеллю; б - по Роквеллу; в - по Віккерсу

Найпростішим методом випробування властивостей є вимірювання твердості. Твердістю називають властивість матеріалу чинити опір деформації в поверхневому шарі при місцевих контактних діях. Розрізняють наступні методи визначення твердості: по Брінеллю (по діаметру відбитка кульки); по Роквеллу (по глибині вдавлювання алмазного конуса або загартованої кульки); по Віккерсу (для деталей малої товщини або тонких поверхневих шарів твердість визначають по діагоналі відбитка алмазної піраміди). Схеми цих методів приведені на рис. 2.2.

Випробування по методу Брінелля (рис. 2.2, а) полягає у вдавлюванні у випробовуване тіло сталевої кульки діаметром D під дією постійного навантаження Р і вимірюванні діаметра відбитка d. Число твердості по Брінеллю НВ визначається величиною навантаження Р, діленого на сферичну поверхню відбитка. Чим менше діаметр відбитка, тим вище твердість металу. На практиці твердість визначають не по формулах, а по спеціальних таблицях, виходячи з діаметра відбитка d. З побоювання можливої деформації кульки метод Брінелля не рекомендується застосовувати для сталі з твердістю більше 450 НВ.

Тимчасовий опір і число твердості по Брінеллю зв'язаний між собою: для сталі σ в = 0,34 НВ, для мідних сплавів σ в = 0,45 НВ, для алюмінієвих сплавів σ в = 0,35 НВ.

При випробуванні по методу Роквелла (рис. 2.2, б) індентором служить алмазний конус (для більш м'яких матеріалів маленька сталева кулька). Конус і кулька вдавлюються в метал двома послідовними навантаженнями: попереднім Р0= 100 Н і основним Р1, Існує три шкали. При випробуванні алмазним конусом і навантаженню Р1 = 1400 Н - шкала С, твердість позначається HRC, те ж при Р1 = 500 Н - шкала А (НRА), а при випробуванні сталевою кулькою і Р1 = 900 Н - шкала В (НRВ).

Одиниця твердості по Роквеллу — безрозмірна величина, відповідна осьовому переміщенню індикатора на 0,002 мм.

По шкалі С визначають значення твердості більш твердих матеріалів, ніж методом Брінелля (твердість більше 450 НВ).

Твердість по Віккерсу (рис. 2.2, в) визначають шляхом вдавлювання правильної чотиригранної піраміди під дією навантаження Р і вимірювання діагоналі відбитка d. Навантаження міняється від 10 до 1000 Н. Чим тонше матеріал, тим менше повинне бути прикладене навантаження. Число твердості по Віккерсу НV визначають за допомогою спеціальних таблиць по величині діагоналі відбитка.

В деяких випадках визначають мікротвердість окремих ділянок металу. Цей метод використовують для вимірювання твердості окремих зерен або дуже тонких шарів.

## 

## 2.2 Динамічні випробування

Основним динамічним випробуванням є метод випробування на ударний вигин (ГОСТ 9454) з визначенням ударної в'язкості металу. Метод заснований на руйнуванні зразка з надрізом одним ударом маятникового копра (мал. 2.3).

Зразок встановлюють на опорах копра і завдають удару по стороні зразка, протилежній надрізу. Робота, що втитрачається на руйнування зразка, визначається так:

К= Рg (Н-h) = Рg1 (соs а2 - соs а1)

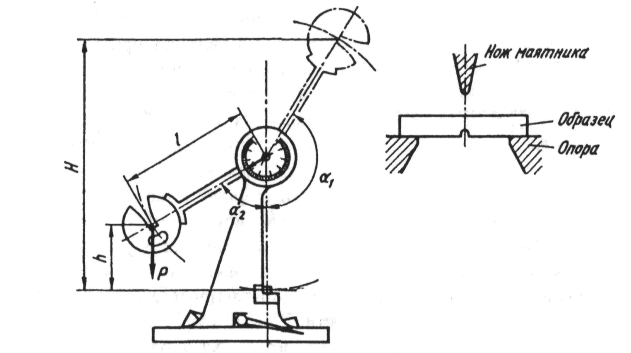


Рис. 2.3. Схема випробувань на ударну в'язкість

де Р - маса маятника; g - прискорення сили тяжіння, Н, h - висота підйому маятника до удару і після руйнування зразка; l - довжина маятника; а1, а2 -кути підйому маятника до удару і після руйнування зразка. Величини Р, Н, l, а1 - постійні, тому при випробуваннях значення роботи руйнування визначають за допомогою спеціальних таблиць по значенню а2 (h).

Ударна в'язкість КС, Дж/см2, визначається як відношення роботи руйнування К, що затрачується на деформацію і руйнування ударним вигином надрізаного зразка, до початкової площі поперечного перетину зразка в місці надрізу S0 по формулі КС = К/S0.

Залежно від виду концентратора напруг розрізняють зразки трьох типів, з радіусом дна надрізу 1,0 мм (тип U); 0,25 мм (тип V) і ініційованою тріщиною (тип Т) (рис. 2.4).

Введення ударних випробувань зразків з тріщинами є слідством того, що працездатність матеріалу визначається не стільки опором зародженню тріщини, скільки опором її розповсюдження. Звичайні зразки мають перетин 10x10 мм, але для особливо відповідальних випадків і для оцінки працездатності крупних деталей застосовують зразки перетином 25x25 мм з ініційованою тріщиною. Чим гостріше надріз, тим більше жорстким випробуванням піддається метал. Вид надрізу входить в позначення роботи удару і ударної в'язкості.

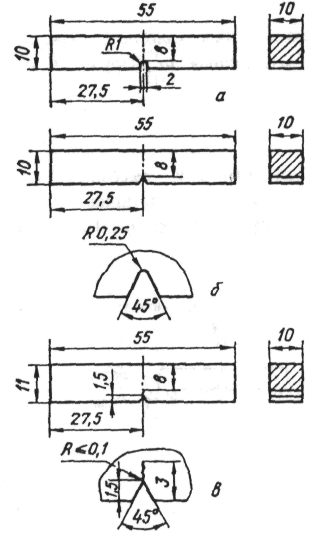


Рис. 2.4. Основні види зразків для випробувань в'язкості (ГОСТ 9454):

а - тип I (тип Менаже); б - тип II (тип Шарлі); в - тип 15 (з ініційованою тріщиною)

Роботу удару позначають двома буквами КU, КV, КT, а ударну в'язкість - трьома буквами КСU, КСV, КСТ. В цих позначеннях останні букви є символами концентраторів напруг.

Випробування ударної в'язкості широко застосовують для оцінки схильності металу до крихкого руйнування при низьких температурах. Перевагою цього методу є простота експерименту, врахування впливу швидкості навантаження і концентрацій. Для оцінки холодноламкості звичайно проводять випробування серії зразків при температурах, що знижуються. Криву залежність ударної в'язкості від температури називають серіальними кривими холодноламкості (рис. 2.5).

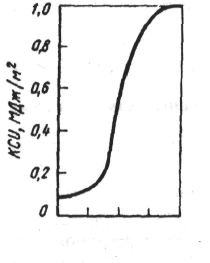


Рис. 2.5. Зміна ударної в'язкості сталі СтЗ при пониженні температури випробувань

За допомогою цих кривих визначають температурний поріг холодноламкості. При температурі експлуатації нижче порогу холодноламкості метал застосовувати не слід.

Технічними умовами на поставку металопродукції відповідального призначення звичайно обумовлюють мінімально допустиме значення ударної в'язкості при заданій температурі.

Оцінку холодноламкості можна також проводити по виду зламу зразка, що руйнувався. Метод заснований на визначенні співвідношення площ в'язких і крихких ділянок зламу ударних зразків. В'язкий злам має характерну волоконну будову з попелястим відтінком. З пониженням температури кількість волоконної складової в зламі знижується, з'являються кристалічні блискучі ділянки.

Звичайно за критичну температуру приймають таку, при якій частка волоконної складової структури рівна 50 %.

Визначення складових ударної в'язкості дозволяє виявити вплив різних чинників на обидві стадії руйнування.

## 

## 2.3 Трибологічне випробування

При трибологічних випробуваннях (випробуваннях на знос, зносостійкість) основними поняттями є зношування, знос і зносостійкість.

Зношуванням називається процес поступової зміни розмірів, форми або стану поверхні зразка або деталі унаслідок руйнування поверхневого шару в процесі тертя.

Знос - результат зношування, визначуваний за допомогою кількісної оцінки процесу зношування.

Зносостійкість - здатність матеріалів або деталей чинити опір зношуванню в умовах зовнішнього тертя.

Знос конкретних деталей і вузлів визначається природою контактуючих матеріалів і умовами тертя.

Велике число чинників, що впливають на процес зношування деталей машин, обумовлює виконання наступних етапів випробувань:

1. звичайні лабораторні випробування фізичних і механічних властивостей матеріалів;
2. випробування матеріалів на тертя і знос на лабораторних установках;
3. стендові випробування вузлів тертя;
4. натурні (експлуатаційні) випробування деталей машин і механізмів.

При вивченні на першому етапі фізичних і механічних властивостей матеріалів і прогнозуванні на їх основі зносостійкості цих матеріалів звичайно ґрунтуються на тому, що між зносостійкістю і твердістю, зносостійкістю і модулем пружності або коефіцієнтом жорсткості існує близька до прямолінійної залежність.

На другому етапі випробувань звичайно проводиться оцінка впливу рівня заданих фізико-механічних властивостей матеріалів в поєднанні з вибраними режимами тертя на зносостійкість цих матеріалів.

Для правильного вибору методики і умов випробувань на лабораторній установці слід детально ознайомитися з умовами роботи досліджуваної деталі або вузла тертя, тобто виявити характер мастила поверхонь, що труть, швидкість ковзання, тиск в зоні контакту, температуру в поверхневому шарі деталей, що труть, і інші характеристики, а також визначити основний механізм зношування пари.

При проведенні випробувань на лабораторних установках потрібне відтворення всієї сукупності основних умов на поверхні тертя, які мають місце при реальній експлуатації деталей і вузлів з обов'язковим збереженням основного механізму зношування пари.

Виявити основний механізм зношування можливо тільки при детальному вивченні пошкоджень поверхні шарів деталей, а також при виявленні структурних змін, що відбуваються в активних шарах деталей в процесі тертя.

В тих випадках, коли пряме відтворення експлуатаційних умов тертя на лабораторних установках утруднено, використовуються наступні принципи правильності вибору умов випробувань.

Принцип В.А. Кисліка - забезпечення однакової форми руйнування матеріалу при випробуванні на лабораторній установці і при експлуатації деталі.

Принцип Б.І. Костецького - забезпечення однакового характеру пошкоджень поверхні, структурних змін і змін мікротвердості поверхневого шару матеріалу, випробуваного на лабораторних установках і в умовах реальної експлуатації.

Лабораторні машини для випробування на зношування підрозділяються на наступні групи:

* машини, відтворюючі певний заданий вид зношування;
* машини, відтворюючі певне задане поєднання умов тертя;
* машини універсального типу;
* машини для випробування в приватних умовах тертя (відмінних від перших двох груп).

Всього існує вісім типів лабораторних установок, що дозволяють відтворювати умови тертя і зношування, що виникають при експлуатації машин і механізмів.

Оскільки найпоширенішим є абразивний вид зношування, то серед лабораторних установок, призначених для випробування матеріалів на зношування можна виділити машину Х4-Б, на якій проводяться випробування на абразивне зношування при терті об абразивне полотно або папір (зношування закріпленим абразивом).

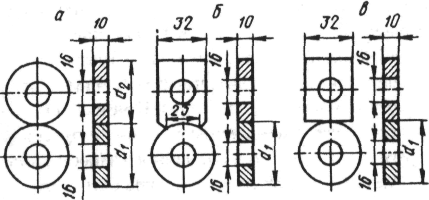


Рис. 2.6 Форма і розміри зразків дня випробування на зношування на машині типу Амслера: а - при чистому кочінні (верхній зразок вільний на осі) і при кочінні з прослизанням (верхній зразок обертається навколо осі); б - при ковзанні; в - при ковзанні, схема випробування «урізуванням»

На результат випробування великий вплив надає відношення твердості абразиву до твердості випробовуваного матеріалу ,/„. При Hа <HМ знос зразка дуже малий або взагалі відсутній, при / 1,4... 1,6 знос зберігає постійні значення, тобто вже не залежить від твердості абразиву. В цьому випадку основним механізмом зношування матеріалу закріпленим абразивом є мікрорізання.



З машин універсального типу можна виділити машину для випробування на зношування типу МІ, аналогічну по конструкції широко вживаній машині Амслера. На цій машині можна вести випробування при терті ковзання, терті кочіння, терті кочіння з прослизанням, як з мастилом, так і без неї. Види зразків для випробування на зношування на машині МІ показані на рис. 2.6.

При проведенні стендових випробувань проводиться оцінка фактичного зносу самих деталей або вузлів в умовах, близьких до тих, в яких вони експлуатуються. Для цієї мети конструюються спеціальні стенди, що дозволяють імітувати реальні умови навантаження і зносу деталей і вузлів.

При випробуванні деталей машин і вузлів на зношування в умовах експлуатації (натурні випробування) визначають ресурс роботи деталей і вузлів і роблять остаточні висновки про правильність вибору матеріалів для пари тертя, що вивчається.

Зміна вихідних параметрів деталі і вузла дає лише непряме уявлення про величину зносу. Найповнішу інформацію про величину зносу і його розподіл по поверхні тертя дають диференціальні методи вимірювання зносу: мікрометрування, метод штучних баз, метод поверхневої активації.

• Метод мікрометрування заснований на вимірюванні деталей до і після випробувань за допомогою інструментальних мікроскопів, мікрометрів, індикаторів і інших приладів. Для визначення малих величин зносу і характеру розподілу його по робочій поверхні деталей застосовують метод профілографування поверхні за допомогою профілографів різних типів. Вертикальне збільшення профілографів складає 400-200000, що дозволяє з великою точністю визначати знос. Про величину зносу судять на основі зіставлення профілограм, знятих з робочої поверхні деталей до і після випробувань.

•Метод штучних баз полягає в тому, що на робочу поверхню деталей наносять поглиблення строго певної геометричної форми (конус, піраміда, сфера і ін.). При зношуванні поверхні і шару деталі відбувається зменшення глибини і інших розмірів поглиблення, по яких судять про величину лінійного зносу даної ділянки поверхні.

Метод штучних баз призначений для оцінки місцевого або локального лінійного зносу деталей. Система поглиблень дозволяє оцінювати характер руйнування зносу на робочій поверхні деталей. Використовування відбитків, що наносяться за допомогою приладу ПМТ-3 (для визначення мікротвердості), дозволяє оцінювати величину зношування окремих структурних складових матеріалу (наприклад, фази карбіду).

У виробничих умовах при вимірюванні лінійного зносу в труднодоступних місцях деталей великих розмірів відбитки наносять конічними кернами або висвердлюють отвори конічної форми.

•Метод поверхневої активації, розроблений В.І. Постниковим, заснований на створенні радіоактивного поверхневого шару глибиною 0,05-0,5 мм в заданій ділянці поверхні деталі за допомогою опромінювання його зарядженими частинками (протонами, нейтронами, а-частинками), прискореними до енергії 10-20 МЕВ. Опромінювання деталей здійснюється на спеціальному прискорювачі (циклотроні). Одночасно з деталями активізуються зразки, які потім використовуються для побудови тарировочного графіка залежності зміни радіоактивності поверхні від глибини зношеного шару. Тарировочний графік будують на основі лабораторних випробувань активованих зразків, а потім використовують для визначення величини зносу деталі в процесі їх експлуатації по зменшенню радіоактивності поверхні. Чутливість методу 1-2 мкм.

# Висновки

Як ми бачимо, до випробувань механічних властивостей пред'являється ряд вимог. Температурно-силові умови проведення випробувань повинні бути по можливості наближені до службових умов роботи матеріалів в реальних машинах і конструкціях. Разом з тим методи випробувань повинні бути достатньо простими і придатними для масового контролю якості металургійної продукції. Враховуючи необхідність зіставлення якості різних конструкційних матеріалів, методи випробувань механічних властивостей повинні бути строго регламентовані стандартами.

Результати визначення механічних властивостей використовують в розрахунковій конструкторській практиці при проектуванні машин і конструкцій. Найбільше розповсюдження мають наступні види механічних випробувань.

При експлуатації металевих конструкцій в умовах радіаційного випромінювання (космічного, сонячного, технологічного) менш стійким виявляються метали с ГЦК решіткою, ніж метали з ОЦК і ГЩС решітками. Найбільший вплив на властивості мають нейтрони, які не маючи заряда, здатні проникати в глибину кристалічної решітки. При цьому вони викликають порушення електронної структури, локальні підвищення температури, радіаційну ерозію, яка виникає на поверхні під дією високошвидкісних частинок.

Такі дефекти призводять до зміни структурно чутливих властивостивостей, а саме знижується пластичність, в'язкість, підвищується питомий електроопір, міцність і опір малим пластичним деформаціям - оа2, тобто, зростає імовірність крихкого руйнування. Це і є до дії радіації найбільш небезпечним наслідком — після дії радіації до радіаційного випромінювання. Наприклад, критична температура температури крихкості при крихкості молібдена після дії охолодженні після дії нейтронного випромінювання нейтронного випромінювання підвищується від -ЗО до + 70°С.

При виготовленні конструкцій необхідно оцінювати їх температурний запас в'язкості. Для цього необхідно знати поріг холодноламкості матеріалу, з якої виготовляється конструкція і температурні умови її експлуатації в майбутньому. Температурний інтервал між цими величинами і складає запас в'язкості. Поріг холодноламкості визначають при випробуванні ударним згином надрізаних зразків при різних температурах. По отриманим даним будують графіки залежності ударної в'язкості від температури

Такими особливостями володіють керамічні матеріали, які складаються із оксидів і інших з'єднань Аl; Ве; Сr; Мg; Sі; Ті; Zn. Такі з'єднання здатні довгий час працювати в умовах глибокого вакууму.

Інша проблема, яка виникає при експлуатації деталей в умовах глибокого вакууму - холодне зварювання, яке пояснюється тим, що у вакуумі різко збільшується коефіцієнт тертя завдяки відсутності оксидних плівок. Це ускладнює процес ковзання в парах тертя і призводить до „схоплювання" деталей. Рідкі змащувальні матеріали при цьому використовувати не можливо, оскільки вони випаровуються. В таких умовах як змащувальні матеріали використовуються золото, срібло, кобальт, нікель і більш довговічні: графіт; МoS2, вольфрам.

# Список використаних джерел

1. Арзамасов Б.Н., Брострем В.А., Буше Н.А. и др. Конструкционные материалы Справочник. М.: Маш-е, 1990
2. Богородицкий Н.П. и др. Электротехнические материалы: Учебник для электротехн. и энерг. спец. вузов / Н.П.Богородицкий, В.В.Пасынков, Б.М.Тареев. - 7-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1985. - 304 с.
3. Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов «Строительные материалы»,
4. Гуревич Л.М. Составление технологического процесса на поверхностное упрочнение деталей термической и химико-термической обработкой. Сост. Л. М. Гуревич; Волгоград. гос. техн. ун-т. Волгоград, 2003.
5. И.А.Рыбьев «Строительное материаловедение»,
6. Изучение влияния температуры на магнитные свойства ферромагнетиков Авторы: издательство "Lion & K", 2009
7. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: Учеб. для вузов. В 2 т. / А.В.Шишкин, В.С.Чередниченко, А.Н.Черепанов, В.В.Марусин; под ред. В.С.Чередниченко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – Т.1. Элементы теоретических основ материаловедения и технологии получения материалов. – 448 с. – (Серия «Учебники НГТУ»).
8. Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями.- К.: ФОРТ, 1998.- 174с.
9. Практические вопросы испытания металлов. - М.: Металлургия, 1979.- 280с.
10. Прикладная механика композитов. - М: "Мир", 1989.- 358с.
11. Прочность материалов и конструкций.- К.: Академпериодика, 2005.-
12. Рябикина М. А., Щеглова А.М. Методическое пособие по курсу Металловедение и термообработка (углублённый анализ микро- и макроструктуры металлов и сплавов). - Мариуполь: ПГТУ, 2008.
13. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение. Химиздат, 2007.
14. Справочник по электротехническим материалам: В 3 т. Т.1/ Под ред Ю.В. Корицкого и др.- 3-е изд., перераб. - М,: Энергоатомиздат, 1986. - 368 с.
15. Электротехнический справочник в 4 т. Т.1. Общие вопросы. Электротехнические материалы / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. – 9-е изд. Стер. – М.: Издательство МЭИ, 2003. -440 с.