

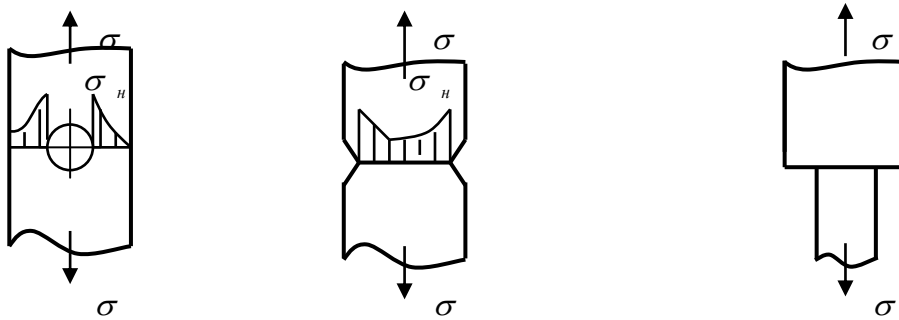
Лекція 3. Фізичні основи надійності машин

1. Деформація і руйнування.
2. Старіння.
3. Кородування.
4. Наростоутворення.

Деформація і руйнування матеріалу.

Деформацією називається зміна розмірів і форми тіла (деталі) під дією прикладених сил. В основному, деформація викликається дією зовнішніх сил, прикладених до тіла, або різними фізико-механічними процесами.

Наявність в деталі механічних надрізів, тріщин, внутрішніх дефектів металу (металургійного, технологічного і експлуатаційного походження) різних отворів, різних переходів від товстого до тонкого перерізів, призводить до не рівномірного розподілу напружень, викликаючи пікову концентрацію напружень.



Розрізняють внутрішні напруги (залишкові) та тимчасові (що викликані дією зовнішнього навантаження).

Внутрішні напруження викликані в процесі швидкого нагрівання або охолодження. Їх називають термічними.

Пружною деформацією називається деформацію вплив якої на форму, структуру і властивості деталі зникають після закінчення дії зовнішніх сил. Вона не викликає залишкових змін у структурі.

При підвищенні дотичних навантажень вище певної величини, деформація **пластичною**. При знятті навантаження зникає лише пружна деформація. При цьому змінюється структура металу.

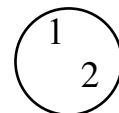
В'язкий злом деталі характеризується попередньо пластичною деформацією і волокнистою будовою злому. Руйнування проходить при робочій напруги, що перевищує межу міцності матеріалу і має місце у деталей, виготовлених із пластичного матеріалу які не підлягають термічній або хіміко-термічій обробці.

Крихкий злом характеризується відсутністю попередніх слідів пластичної деформації. Він розвивається при появі тріщини, що виникла під дією навантаження (напруження, що перевищує границю міцності). Поверхня злому має кристалічну будову.

Крихкий злом виникає у деталей, виготовлених з матеріалів з малою пластичністю, що були підвернені термічній обробці.

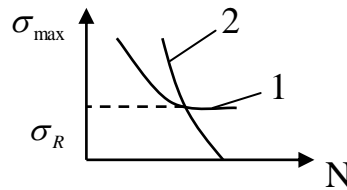
Злом від втомленості виникає при дії циклічних напружень і характеризується двома зонами:

- 1) зона з дрібно зернистою будовою повільне руйнування від втомленості.



2) зона з крупнозернистою будовою , миттєве руйнування.

Якщо при високій температурі навантажити метал, постійно діючим навантаженням навіть нижче границі текучості при цій температурі і залишити під навантаженням на деякий час, то під дією температури і навантаження метал буде деформуватись. Це явище називається **повзучістю** _ це зможе призвести до руйнування металу: $\sigma_{0,2}^{700/100}$



Криві втомленості

Із залежності σ_{max} довговічність деталі зростає. Горизонтальна ділянка на кривій втомленості, тобто σ_{max} , що не викликає руйнування при великій кількості циклів N, відповідає межі витривалості. Для сталей $N=10 \cdot 10^6$ циклів, для легких сплавів і кольорових металів, які не мають горизонтальної ділянки на кривій втомленості $N=100 \cdot 10^6$ циклів.

Якщо утворення тріщин і руйнування деталей проходить при числі циклів $5 \cdot 10^4$, така втомленість називається малоцикличною, при більшому числі циклів – багато цикловою.

Межа витривалості зменшується при наявності концентраторів напруження. Чутливість до концентраторів напруження при симетричному циклі навантажень

$$K_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{-1K}}$$

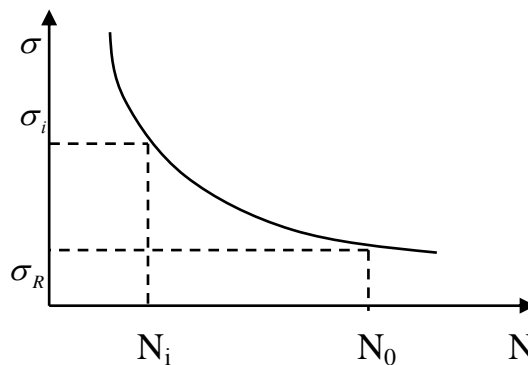
σ_{-1} і σ_{-1K} - межі витривалості зразків гладкого із надрізом (з концентратором напружень).

Живучість – довговічність деталей від моменту зародження першої макроскопічної тріщини розміром 0,5-1,0 мм до кінцевого руйнування. Оцінюється коефіцієнт живучості $\beta = 1 - \tau_0 / \tau_{pez}$,

де τ_0 і τ_{pez} - час експлуатації конструкції до появи тріщини і до руйнування.

Живучість оцінюється шляхом періодичної дефектоскопії.

Збільшення міцності ($\sigma_B, \sigma_{0,2}$) і опору втомленості (σ_{-1}) металів і сплавів при збереженні достатньої пластичності ($\delta; \psi$) підвищує їх надійність і довговічність.



Крива Велера

$$\sigma^M N = const \quad \sigma = \sigma_R \left(\frac{N_0}{N} \right)^{\frac{1}{m}}$$

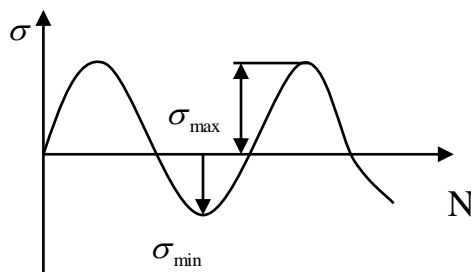
σ - границя витривалості при заданій кількості N ;

σ_R - границя витривалості при базовій кількості циклів N_0 ;

m - показник ступеня, який залежить від матеріалу деталей виду u .

Явищі руйнування металів під час експлуатації при напруженнях, значно менші за механічні характеристики під втомленістю.

Поступове накопичення пошкоджень в металі під дією циклічних навантажень, що призводять до утворення тріщин і до руйнування, наз. втомленість, а властивість металів проявляти опір втомленості наз. витривалістю.



Якщо $R = -1$ - цикл характеризується коефіцієнтом асиметрії.

$R = 1$ - цикл наз. симетричним.

Руйнування в'язке - несучі елементи мостових форм та інші просторові конструкції, анкерні болти, вали, шатуни.

Причина - значні перевантаження внаслідок умов експлуатації.

Крихке руйнування деталі будівельних і дорожніх машин, кранів, зварних конструкцій. *Причина* - експлуатація при низьких температурах, наявність напружень.

СТАРІННЯ.

Старіння - зміна властивостей металу в часі внаслідок внутрішніх процесів, що як правило, протікають повільно при кімнатній температурі (природне) і більш інтенсивно при підвищеній температурі (штучно).

Найчастіше під старінням розуміють зміну властивостей сплаву в результат розпаду твердих розчинів. при цьому із пересичених твердих розчинів основного металу виділяються тонкодисперсні включення нової фази, що призводить до підвищення твердості. Старіння - термічне - штучне 50-150 С природне - 20 С

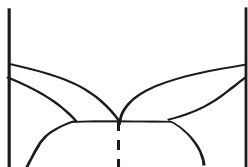
Розрізняють дисперсійне і деформаційне старіння.

Розпад пересиченого твердого розчину, отримано шляхом гартування, пов'язаного із зміцненням сплаву, називається **дисперсійним старінням**.

Цей процес проходить після пластичної деформації, якщо вона проходить при температурі, нижче температури рекристалізації, і особливо при 20 С. Деформація старіння розвивається при температурі 20 С на протязі 16 суток і на протязі кількох хвилин при 200-350 С. Старіння негативно впливає на експлуатаційні і технологічні властивості сталей. Старіння негативно впливає на експлуатаційні і технологічні властивості сталей. Воно може протікати в листових і будівельних сталях.

Термічне старіння - воно протікає в результаті зміни розчинності вуглецю і азоту в α - залізі в залежності від температури.

При швидкому охолодженні з 650-700 С (при зварюванні) в низьковуглицевих сталях затримується виділення третинного цементиту і при нормальній температурі утворюється перенасичений α розчин (ферит). При послідовній витримці сталі при нормальній температурі (природне старіння) і при підвищеній температурі до 50-150 С (штучне старіння) проходить розпад твердого розчину з виділенням (ϵ - карбіда) третинного цементиту.



Твердим розчином – називається розчин в якому один із компонентів сплаву зберігає свою кристалічну решітку а атоми інших компонентів розміщені в решітці першого, змінюючи її форму.

При переохолодженні β – твердого розчину до температури проходять мартенситні перетворення. Підвищується твердість. відповідно нагрівання до β і охолодження.

Термічну обробку, що викликає повний розпад твердого розчину, коагуляцію і фази, і як наслідки, втрата міцності сплаву, називається **відпал**.

Збільшення виділень розпаду називається **коагуляція**.

Всі метали можна розділити на метали, які не перетворюються при нагріванні і охолодженні в твердому стані (Cu, Al, Pb) і метали, які змінюють свої властивості, які називаються **алотропічними**. В результаті алотропічних перетворень атоми кристалічного тіла, що мають решітку одного типу, перебудовується таким чином, що утворюється кристалічна решітка іншого типу.

Алотропічні форми металу позначають (α, β, γ) і називаються модифікаціями.

Модифікацію, стійку при низькій температурі позначають буквою α .

Алотропічні перетворення

Fe $\alpha(\beta\delta)$ - ОЦК.

Fe γ - ГЦК.

Тобто при нагріванні або охолодженні виділяється або поглинається тепло.

- охолодження 1539, 1401, 898, 768;

- нагрівання 768, 911, 1538;

Старіння – це зміна їх фізико-механічних властивостей у часі в умовах тривалого зберігання та експлуатації.

Полімери (старіння).

Полімерами називаються речовини молекули яких складаються із багатьох молекулярних ланок однакової структури.

Під старінням полімерних матеріалів розуміють довільні незворотні зміни технічних характеристик які проходять в результаті складних хімічних і фізичних процесів, які розвиваються в матеріалі при експлуатації і зберіганні.

Причинами старіння являються світло, тепло, кисень, озон.

Старіння прискорює деформацію. Випробування на старіння проводиться, як у звичайних умовах так і у штучним методом.

Суть старіння полягає в складній цепній реакції, яка протікає із утворенням вільних радикалів, і супроводжується деструкцією і структуруванням полімера.

Як правило, старіння являється результатом окислення полімера атмосферним киснем. Якщо переважає деструкція, то полімер розмякшується, виділяються летучі речовини (каучук натуральний).

При **структуруванні** підвищується твердість, хрупкість, втрачається еластичність (штучний каучук, полістирол).

При температурі 200-500°C проходить термічний розклад органічних полімерів.

Процеси старіння прискорюються під дією механічних навантажень.

Для уповільнення процесів старіння у полімерні матеріали стабілізатори(різні органічні речовини) антиоксиданти (аміни, феноли).

Строк настання хрупкості поліетилену, після стабілізацією сажею становить 5 років. Труби із полівінілхлориду можуть працювати 10-25 років.

Гума.

Гумою – наз. продукт спеціальної обробки (вулканізації) суміші каучука і сірки з різними добавками. Основа НК або СК.

В процесі експлуатації гумові вироби підвергаються різним видам старіння (світлове, озонне, теплове, радіаційне, вакуумне) що зменшує працездатність.

Стійкість гуми при старінні залежить від ступеня не насиченості каучука, хибкості макромолекул, міцність хімічних зв'язків в ланці.

Міцність каучуків навіть без наповнювачів складає 20-30 Мпа.

Довговічність визначається міцністю при втомленості.

Швидкість старіння при напруженні більша ніж у вільному стані.

При підвищенні температури (250°C) органічні гуми втрачають міцність після 1-10 год нагрівання, гуми на основі СКТ працюють набагато довше.

При низькій температурі втрачаються еластичні властивості.

- Радіаційне старіння гуми.

Експлуатаційні матеріали.

Окислення масла починається з підвищення температури (понад 50°C), а вже в межах від 60 до 100°C швидкість окислення зростає приблизно в 4 рази, від 100 до 150°C майже в 200 разів. На прискорення окислення масел як каталізатори впливають такі метали, як свинець, залізо і мідь. При інших однакових умовах інтенсивне окислення залежить від структури молекул вуглеводневого складу.

Під час окислення масел в них утворюються кислоти та смолисті речовини, а залежно від температури шлаки і нагар.

Окислення – це зміна хімічного складу і властивостей масел при взаємодії з киснем.

Внаслідок накопичення продуктів окислення змінюється зовнішній вигляд, збільшується в'язкість і кислотність, з'являється осадок.

При мащенні погіршується якість мащення.

Термічний розпад – сприяє збільшенню кінематичної в'язкості, збільшенню коксівності, кислотного числа, збільшення вмісту нерозчинних солей (свідчить про окислення масел і розкладання присадок).

Наявність продуктів окислення: збільшення кислотного числа; коксівність. вміст нерозчинних осадів.

Трансмійні масла.

В місцях контакту зубів можливе нагрівання до 250°C і вище. При цьому не лише окислення але й термічне руйнування вуглеводнів високі питомі навантаження призводять до того, що більше часу деталі працюють у режимі граничного тертя.

Палива

Бензин. Спричиняють корозію металів водорозчинні кислоти і луги; органічні кислоти, сірка та її сполуки. Смоли в бензині – результат і продукт окислень.

НАРІСТ

Дуже багато деталей машин при взаємодії з навколишнім середовищем, отримують зміни в результаті яких проходить приєднання, нарост матеріалу, і поверхня міняє свою форму і властивості.

Наріст проходить на поверхні деталей в результаті процесів адгезії, когезії, адсорбції і дефузії. В результаті молекулярної взаємодії проявлення різних хімічних зв'язків, дії сил електричного походження.

- Дифузія – самовільний процес переносу речовин, що призводять до встановлення рівноваги концентрації.

- Адгезія (прилипання) – виникнення молекулярних зв'язків між поверхневими шарами різнорідних твердих або рідких тіл, що торкаються одна одних.

- Когезія – коли ці два тіла однорідні.

- Адсорбція – поглинання речовини із розчину або газу на поверхні рідкого або твердого тіла.

Прикладом адгезійних процесів являється наросто утворення на ріжучих поверхнях інструментів в процесі обробки металів. Полегшується взаємодія між матеріалами інструмента і збігаючої стружки. Утворюється характерний наріст який впливає на якість обрізки і довговічності матеріалу.

Наростоутворення може проходити одночасно з іншими процесами. Корпуса морських судів одночасно із корозією обшивка поверхні інтенсивними нарощуванні водоростей і мікроорганізмів.

Нагар – це тверді і міцні вуглеводневі відклади, які відкладаються на деталях в результаті неповного згорання паливо мастильних матеріалів або доторкання до сильно нагрітих поверхонь. Утворення нагару на поверхні камери згорання, клапанів, днища поршня і свічках карбюраторних двигунів різко знижує їх потужність, підвищує витрату палива і часто викликає детонацію. Утворення нагару на соплах форсунок погіршує якість розпилу, викликає перегрівання двигуна і заїдання голки розпилу. Відкладання нагару призводить до нагрівання відводу тепла від деталей. Що призводить до перегрівання, короблення, утворення тріщин.