

Тема 5. Віброізоляція машин

ЛЕКЦІЯ 9

ВИДИ МЕХАНІЧНИХ ДІЙ І ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ВПЛИВ МЕХАНІЧНИХ ДІЙ ОБ'ЄКТ, ГРУПИ ДЖЕРЕЛ КОЛИВАНЬ

Експериментальні методики визначення механічних властивостей розвиваються у двох напрямках:

- значний розвиток методики випробувань зразків металу; при цьому основна увага приділяється проблемі вибору комплексу властивостей, необхідного і достатнього для оцінки службової придатності металевих матеріалів (оцінка конструктивної міцності);

- вдосконалення методики безпосередньої оцінки придатності деталей шляхом випробування їх в умовах, що максимально наближаються до експлуатаційних за спектром навантаження, середовищем, температурними умовами і так далі.

При втомних випробуваннях основними характеристиками є:

- *границя витривалості;*
- *втомна довговічність;*
- *чутливість до концентрації напруження;*
- *ступінь пошкодженості циклічними навантаженнями;*
- *швидкість росту тріщини;*
- *число циклів до появи тріщини;*
- *тривалість періоду живучості;*
- *зміна деформації зразка в процесі циклічного навантаження;*
- *зміна величини розкриття тріщини.*

Характеристики втомних властивостей використовуються:

- *для вибору металу, його складу, структури, засобів зміцнення і обробки;*
- *для виявлення впливу технології виробництва;*
- *під час проектування деталей машин і елементів конструкцій;*
- *для вихідного і проміжного контролю якості металу за втомними властивостями;*
- *для встановлення зон, схильних до втомних руйнувань і розроблення технології ремонту;*
- *для встановлення загальних термінів служби деталей, а також періодичності огляду і дефектоскопічного контролю;*
- *для встановлення залишкової міцності після певного напрацювання або при виникненні втомних пошкоджень;*
- *для перевірки відповідальних деталей перед експлуатацією.*

Завершальною метою експериментів є визначення параметрів втомної кривої, що характеризує поведінку матеріалу під впливом знакозмінного навантаження. Ці дані заносяться в довідники і є свого роду паспортними даними матеріалу, якими користується конструктор під час проектування нової машини.

Характеристика змінного навантаження

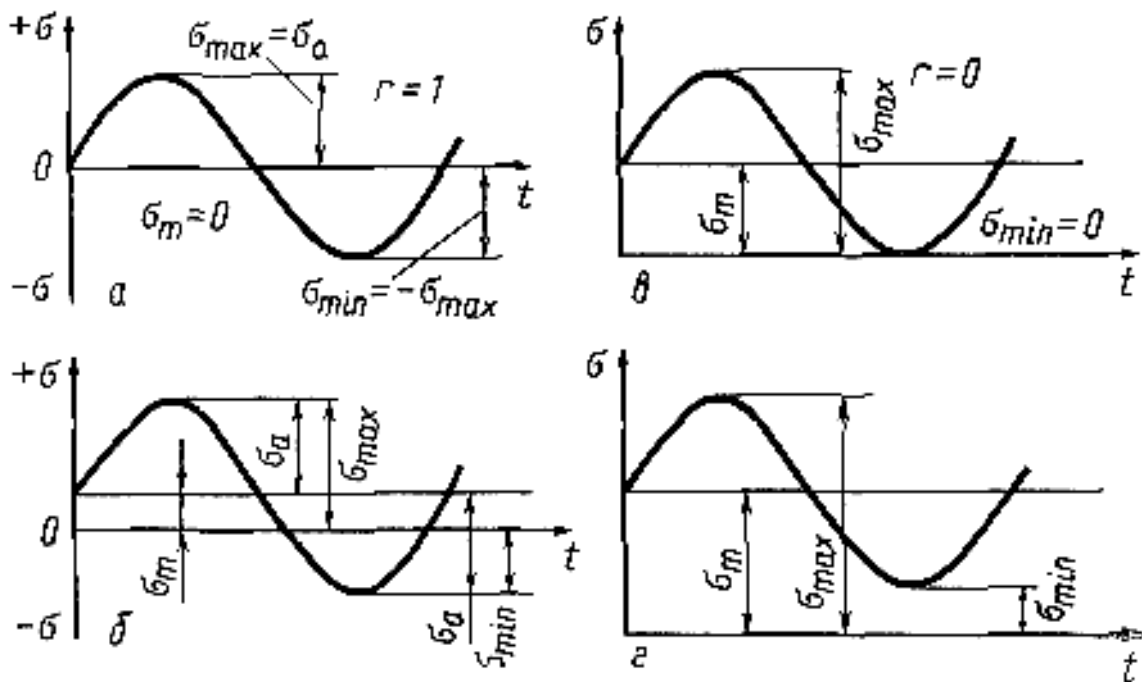
Цикл напруження - сукупність послідовних значень змінного напруження за один період процесу їх зміни.

Період циклу T , с, - час одного циклу напруження.

Максимальне напруження циклу σ_{\max} , МПа, - найбільше за алгебраїчною величиною напруження циклу, що дорівнює алгебраїчній сумі середнього напруження циклу та амплітуди.

Мінімальне напруження циклу σ_{\min} , МПа, - найменше за алгебраїчною величиною напруження циклу, що дорівнює алгебраїчній різниці середнього напруження циклу та амплітуди.

Середнє напруження циклу σ_m , МПа, - статична (позитивна або негативна) складова циклу напруження, що дорівнює алгебраїчній напівсумі максимального і мінімального напруження циклу.



*а - симетричний ; б - асиметричний знакозмінний ;
в - пульсуючий ; г - асиметричний знакопостійний*

Рисункок 31 - Цикли зміни напруження в часі

Амплітуда напруження циклу σ_a , МПа, - найбільше (позитивне) значення змінної складової циклу напруження, що дорівнює алгебраїчній напіврізниці максимального і мінімального напруження циклу.

Розмах напруження циклу $2 \cdot \sigma_a$, МПа, - алгебраїчна різниця максимального і мінімального напруження циклу, що дорівнює подвоєній амплітуді.

Коефіцієнт асиметрії циклу R - характеристика ступеня асиметрії циклу, що дорівнює відношенню мінімального напруження до максимального (із знаком).

Симетричний цикл напруження - цикл, у якого максимальне і мінімальне напруження однакові за величиною, але протилежні за знаком.

Асиметричний цикл - цикл, у якого максимальне і мінімальне напруження мають різну абсолютну величину.

Знакозмінний цикл - цикл напруження, що змінюється за величиною і знаком.

Знакопостійний цикл - цикл напруження, що змінюється тільки за величиною.

Віднульовий (пульсуючий) цикл - знакопостійний цикл напруження, що змінюється від нуля до максимуму або від нуля до мінімуму.

База випробувань (базове число циклів) N_w - заздалегідь задане число циклів напруження, до якого зразки випробовують на втому.

Частота навантаження f , Гц; s^{-1} , — число змін циклів напруження за одиницю часу.

Номінальне напруження σ_n *Ошибка! Закладка не определена.*, МПа, — напруження, обчислене за формулами опору матеріалів без урахування концентрації напруження, залишкового напруження і перерозподілу напруження в процесі деформації (при вигині $\sigma = M_u / W_{oc}$, при крученні $\tau = M_k / W_p$, при розтягуванні-стисненні $\sigma = P / F$).

Характеристики граничних станів, виду навантаження і форми циклу

Втомна довговічність N , цикли, - характеристика витривалості металів при напруженні, вищому за межу витривалості, до утворення тріщини заданої протяжності N_T або до остаточного руйнування N .

Витривалість - здатність металу протистояти втомі.

Границя витривалості (границя втоми) σ_R , МПа, - величина максимального напруження циклу з асиметрією R , відповідна заданій довговічності (фізична границя витривалості позначається на кривих втоми горизонтальною ділянкою; умовна - асимптотичним наближенням до горизонтальної ділянки).

Границя витривалості при симетричному циклі σ_{-1} МПа, — границя витривалості за умови, коли $\sigma_{max} = \sigma_{min}$, але протилежні за знаком.

При випробуваннях на втому є два види навантаження, що істотно різняться між собою:

- *м'яке навантаження* (навантаження із заданим розмахом навантаження), при якому заданою величиною є навантаження, постійне протягом усього випробування. В цьому випадку переміщення кінематично необмежене і може змінюватися залежно від зміни жорсткості навантажуваної системи в період наростання втомних пошкоджень і поступового розвитку втомної тріщини;

- *жорстке навантаження* (навантаження із заданим розмахом деформації), при якому заданою величиною є кінематично обмежене переміщення, постійне протягом усього випробування, включаючи період зменшення жорсткості зразка при розвитку тріщин втоми. При жорсткому навантаженні зусилля змінюється залежно від зміни жорсткості навантажувальної системи.

Жорстка схема навантаження обумовлює, як правило, раніше настання в зразку періоду розпушування (появи в структурі субмікроскопічних порушень суцільності) і появу мікроскопічних тріщин. При випробуванні за схемою зі сталою амплітудою деформації зразок з тріщиною витримує значно більшу кількість навантаження. Границя витривалості при випробуванні за обома схемами навантаження має близькі значення, так само, як і значення величин обмеженої довговічності при достатньо великих перевантаженнях.

Найбільш поширені і більш відповідають масовим умовам служби деталей конструкцій в експлуатації випробування із заданим розмахом навантаження. Проте є практично важливі випадки, коли процес втомного руйнування визначається умовами сталості амплітуди деформацій (шатуново-кривошипні механізми, підкладки, що скріпляють залізничні рейки, деформація яких обмежена висотою пазухи в залізобетонній шпалі, термічне напруження в затиснених деталях теплових агрегатів та ін.).

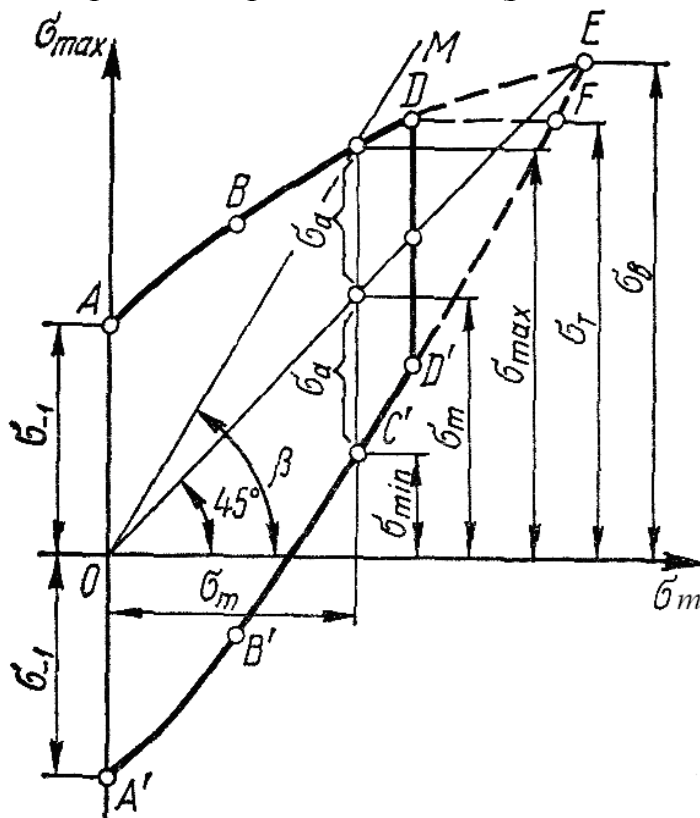
Також можливий проміжний тип навантаження, коли обмеження деформації настає після більш - менш тривалої роботи при заданому розмаху навантаження, наприклад, після появи тріщини або ж при непостійному циклічному режимі, коли є обмежувачі деформацій (наприклад, обмежувачі деформацій в автомобільних ресорах та ін.).

Форма циклу і коефіцієнт його асиметрії

Форма циклу (синусоїдальна, загострена, трапецієподібна) визначає тривалість витримки при максимальному напруженні. Форма циклу значно впливає на довговічність до появи тріщин, але менше на живучість і загальну довговічність, якщо вона залежить від живучості.

Коефіцієнт асиметрії R циклу при випробуванні вибирають з аналізу фактичної асиметрії циклу в експлуатаційних умовах. Особливо це важливо при випробуванні натурних деталей або їх моделей. Результати натурних випробувань використовують не тільки для порівняльної оцінки тих або інших конструктивних рішень або технологічних варіантів зміцнення, але і для розрахунку міцності деталей. Небезпечно завищувати коефіцієнт асиметрії циклу, оскільки це призводить до набуття завищених значень величин меж витривалості, що може понизити фактичний запас міцності в порівнянні з розрахунковим.

Для того щоб охарактеризувати опірність металу дії змінного напруження з різною асиметрією циклу, будують так звану діаграму Сміта, або діаграму граничного напруження при асиметричних циклах (рис.32).



Рисункок 32 - Діаграми граничного напруження при асиметричних циклах у координатах σ_{max} - σ_m

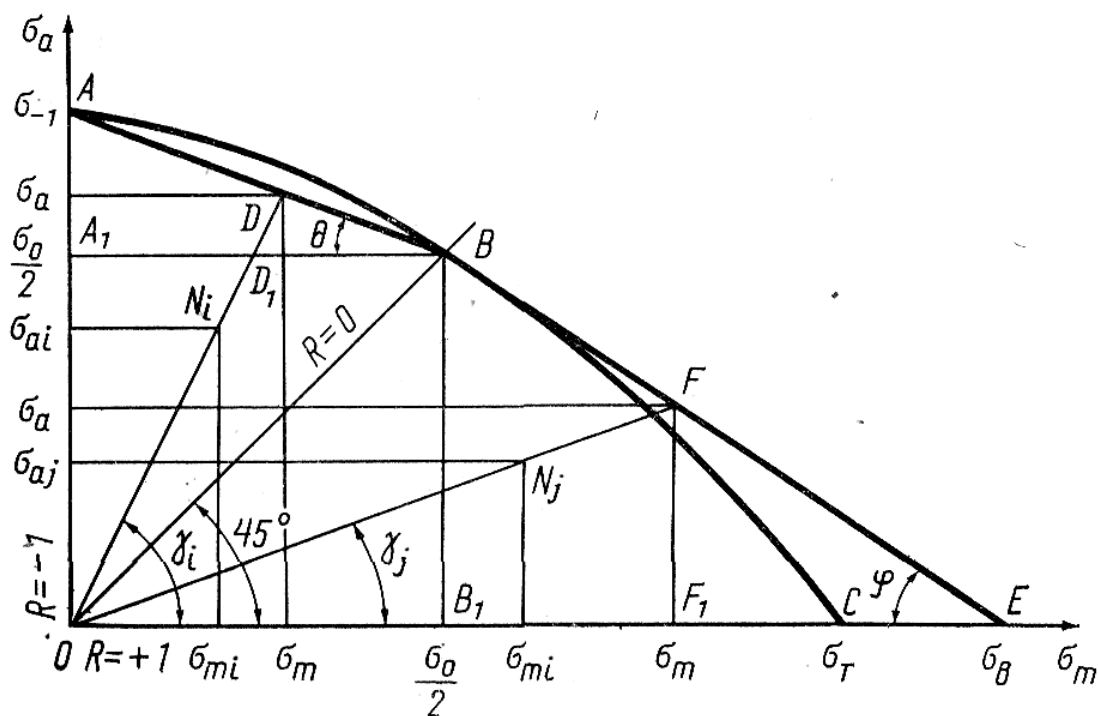
По осі ординат відкладають найбільше напруження циклу σ_{max} , а по осі абсцис - середнє напруження циклу σ_m . Лінія САВ на цій діаграмі відповідає граничним за руйнуванням умовам. Точки, що лежать нижче за цю лінію, характеризують ті

поєднання σ_m і σ_{\max} , які не викликають руйнування при числі циклів до N_0 . Точки, які лежать вище лінії САВ, характеризують ті поєднання напруження σ_m і σ_{\max} , при яких руйнування відбувається при числі циклів $N < N_0$.

Промінь, що проходить через початок координат діаграми, є геометричним місцем точок, що характеризують цикли з однаковим коефіцієнтом асиметрії R , причому $\operatorname{tg}\beta = \sigma_{\max} / \sigma_m = 2 / (R-1)$.

Діаграми граничного напруження у верхній своїй частині сходяться до точки, що характеризує міцність при одноразовому статичному навантаженні. Середнє напруження σ_m є ординатою прямої, що проходить під кутом 45° через початок координат.

Величина ординати узгоджена з граничними значеннями максимального і мінімального напруження, відповідає розмаху напруження і дорівнює подвоєному амплітудному значенню, тобто $2\sigma_a$.



Рисункок 33 - Діаграма граничного напруження для асиметричних циклів навантаження при $\sigma_m > 0$ у координатах $\sigma_a - \sigma_m$

На діаграмі $\sigma_a - \sigma_m$ (рис. 33) по осі абсцис також відкладають середнє напруження σ_m , а по осі ординат - величину амплітуди напруження σ_a . В результаті такої побудови отримують лінію граничних значень амплітудного напруження. Точка перетину цієї лінії з ординатою ($\sigma_m = 0$) дає значення межі витривалості, а точка перетину її з абсцисою ($\sigma_a = 0$) — значення міцності при статичному розтягуванні σ_B . При побудові діаграми такого типу практичне значення найчастіше має область, обмежено границею текучості σ_T . Якщо через початок координат під кутом 45° провести пряму лінію, то точка перетину цієї прямої з лінією граничних значень σ_a відповідає половині значення межі витривалості при віднульовому циклі.

На діаграмі $\sigma_a - \sigma_m$ промінь, що виходить з початку координат, характеризує цикли з однаковою асиметрією, оскільки