

Дәріс №13

**Төзімділікке есептеулер. Кернеулер циклары және олардың негізгі сипаттамалары.
Төзімділік шегі. Төзімділік коэффициенті.**

Материалдардың жеке кристалдарының әр бағыттағы беріктік қасиеттері әр түрлі. Сондықтан, кернеудің белгілі бір шамасында кейбір кристалдарда пластикалық деформация пайда болуы мүмкін. Күштің өсуі мен кемуі қайталағанда, конструкциялық материалдардың беріктігі нығайып, морттық қасиеті артады. Қайталану саны көбейген сайын материалдар бұл қасиетінен ажырап, кристалдар арасындағы ығысу жазықтарында кернеу шоғырландырғыш саналуан сызаттар пайда бола бастайды. Сызаттар біртіндеп өзара жалғасып магистральды сызатқа айналады. Матриалдардың қирап сынуы осы магистральды сызықтың дамып өсуімен байланысты.

Айнымалы-қайталанбалы күш әсерінен сынған машина бөлшегінің қирау қимасы екі зонадан тұрады. Бірінші зона магистральды сызықтың өсіп, дамуы кезінде екі жағының өзара үйкелісуі салдарынан жылтыр тегіс болып келеді. Магистральды сызат өлшемінің ұлғаюына баланысты машина бөлшегінің сызат бойындағы қима ауданы ($F_{\text{нетто}}$) кішірейіп, айнымалы-қайталанбалы сыртқы күшке қарсыласу қабілеті төмендей береді. Белгілі бір мерзімнен кейін магистральды сызықтың өлшемі кризистік шамаға жетіп, машина бөлшегі морт сынып екіге бөлінеді. Морт сынғанда пайда болған екінші зона кедір-бұдырлы болады.

Конструкциялық материалдар біртекті емес, оларды олардың ішкі құрылымында кездесетін кристалл торларының ақаулары, механикалық өңдеу кезінде беттеріне түскен кішігірім дақтар, сызаттардың пайда болып өсіп дамуына себепкер болады.

Сызаттардың пайда болып, көбейіп, өсіп дамуы салдарынан машина бөлшектерінің беріктігінің кемуі – оның қажуы деп, ал қирауы – қажып қирау деп аталады. Сызаттар материалдардың қирауына себепкер екені, ал тік кернеу сызаттардың өсіп даму жылдамдығын арттыратыны теориялық және тәжірибелік зерттеулермен дәлелденген.

Жалпы жағдайда, машина бөлшегіне әсер етуші күштер әр түрлі заңдылықтармен өзгеруі мүмкін. Осыған орай күштер периодты түрде өзгеріп, қайталанып тұрады деп қарастырылады. Бір период (T) аралығындағы кернеудің өзгеру шамаларының жинағын *цикл* деп атайды (1 сурет).

Кернеудің өзгеру заңдылығының қажу беріктігіне әсері әлі толық зерттеліп бітпеген. Дегенмен, бұл әсердің мардымсыз екені, ал шешуші факторлар циклдың ең үлкен және ең кіші мәндері мен олардың қатынастары екені тәжірибе жүзінде дәлелденген. Кернеу циклы келесі шамалармен сипатталады (1 сурет).

1. Орташа кернеу:

$$\sigma_{ор} = \frac{\sigma_{макс} + \sigma_{мин}}{2}$$

Орташа кернеу, берілген цикл үшін тұрақты шама; оң және теріс таңбалы болуы мүмкін.

2. Цикл амплитудасы:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{макс} - \sigma_{мин}}{2}$$

Цикл амплитудасы, кернеудің уақытқа байланысты айнымалы шама екенін көрсетеді.

3. Ең үлкен кернеу:

$$\sigma_{макс} = \sigma_{ор} + \sigma_a$$

4. Ең кіші кернеу:

$$\sigma_{мин} = \sigma_{ор} - \sigma_a$$

Ең кіші кернеудің ең үлкен кернеуге (таңбалары ескеріледі) қатынасы циклдың сипаттамасы немесе циклдың ассиметриялық коэффициенті деп аталады:

$$r = \frac{\sigma_{мин}}{\sigma_{макс}}$$

Ассиметриялық коэффициенті $r = \frac{\sigma_{мин}}{\sigma_{макс}} = -1$, болатын цикл *симметриялық цикл* деп аталады (2 сурет).

Мұндағы $\sigma_{макс} = \sigma$, $\sigma_{мин} = -\sigma$.

Ассиметриялық коэффициенті

$$r = \frac{\sigma_{мин}}{\sigma_{макс}} = 0, \text{ болатын цикл } \textit{пульсирлік} \text{ (немесе}$$

нольден басталған) *цикл* деп аталады (3 сурет). Мұндағы $\sigma_{макс} = \sigma$, $\sigma_{мин} = 0$.

Кернеу шамасы уақытқа байланысты өзгермей тұрақты болып қалса, $r = \frac{\sigma_{мин}}{\sigma_{макс}} = +1$,

мұндағы $\sigma_{макс} = \sigma$, $\sigma_{мин} = 0$, $\sigma_{ор} = \sigma$. Демек, статикалық тұрақты кернеу айнымалы

циклдың дербес жағдайы (4 сурет) ретінде қарастырылады.

Айнымалы кернеудің кез келген ассиметриялық цикл оның орташа кернеуі мен амплитудасы осы циклдың амплитудасындай симметриялық циклдың қосындысына тең (1 сурет). Ассиметриялық коэффициенті бірдей циклдер өзара ұқсас. Цикл сипаттамасының мәні $-\infty$ тен $+\infty$ - ке дейін өзгеруі мүмкін.

Цикл көп қайталанғанда, материал қарсыласу қабілетінен ажырамаса, онда циклдың ең үлкен кернеуі $\sigma_{\max} = \sigma_r$ материалдың қажу шегі немесе *төзімділік шегі* деп аталады. Қажу шегінің индексі (r) қарастырылған циклдың ассиметриялық коэффициенті. Материалдың төзімділік шегі циклдың ассиметриялық коэффициентіне, деформацияның түріне, қоршаған ортаға, үлгі беттерінің механикалық өңделу сапасына, өлшемдеріне, температураға т.б. факторларға тәуелді. Қандайда бір фактордың өзгеруіне байланысты материалдың төзімділік шегі де өзгереді.

Жоғарыда аталған ассиметриялық коэффициенттері әр түрлі циклдердің ең қауіптісі – симметриялық цикл. Сондықтан, симметриялық циклдің төзімділік шегі – берілген материалдың айнымалы-қайталанбалы күшке қарсыласу қабілетін сипаттайтын механикалық шамалардың ең кішісі.

Материалдың төзімділік шегін анықтау үшін, диаметрі 7-10 мм, беті жылтыр, цилиндр формалы үлгілер дайындап, арнайы машиналарда сынайды. Сынау түрлерінің ең қарапайымы – үлгілерді симметриялық циклде сынау. Сынау кезінде үлгі айналып, оның бетінде жатқан талшықтары айнымалы қайталанбалы күштің әсеріне ұшырайды. Мысалы, $m - m$ қимасының A нүктесі айналып, $I - I$ деңгейінен өткенде ондағы кернеу:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x}{W_x}.$$

Бейтарап сызық немесе $II - II$ деңгейінен өткенде $\sigma = 0$, $III - III$ деңгейінен өткенде:

$$\sigma_{\min} = - \frac{M_x}{W_x}.$$

Төзімділік шегін алу үшін, үлгіге алдымен ең үлкен кернеуі аққыштық шегіне немесе беріктік шегіне жақын (материалдың қасиетіне байланысты $\sigma_r \approx \sigma_k$) әсер еткізеді. Үлгінің қирап сыну мезетіне дейінге циклдың санын N_A арқылы белгілеп, $\delta - N$ координат жүйесіндегі А (σ, N_A) нүктесін табады. Циклдің σ_{max} шамасы төмендеген сайын үлгінің қирап сынуына сәйкес цикл саны өсе береді.