

SPRACOVANIE VÝSLEDKOV ÚNAVOVÝCH SKÚŠOK S OHĽADOM NA ICH ROZPTYL

Doc.Ing.Ondrej Podolec,CSc.Katedra mechaniky
a častí strojov VŠDS Žilina

1.Úvod

Medza únavy a únavová životnosť sú veličiny prostredníctvom ktorých poukazujeme na schopnosť určitého materiálu odolávať kmitavému zaťaženiu.Tieto veličiny určujeme experimentálne,únavovými skúškami.Výsledky väčšieho počtu únavových skúšok vykazujú vždy značný rozptyl.Rozptyl je charakteristický pre tzv.náhodné veličiny.Najvhodnejšie metódy na vyhodnotenie náhodných veličín poskytuje matematická štatistika.Čím väčší je rozptyl určitej veličiny,tým väčší význam má jej vyhodnotenie metódami matematickej štatistiky.Rozptyl únavovej životnosti,určenej počtom cyklov potrebných na rozrušenie materiálu únavovým lomom je osobitne veľký /rozptyl 100 % i viacej nie je zvláštnosťou/.

2.Únavové skúšky

Klasický spôsob vyhodnotenia výsledkov únavových skúšok spočíva vo vhodnom preložení jedinej Wöhlerovej krivky súborom experimentálnych údajov o medznom počte cyklov N.Výsledky únavových skúšok na obr.1 sú vyhodnotené Wöhlerovou krivkou "a" a Wöhlerovou krivkou "b".Pri vyhodnotení "a"prebieha vyrovnávacia čiara približne v blízkosti najpravdepodobnejšieho počtu medzných cyklov čiastkových súborov na jednotlivých úrovňach napätia.V podstate v blízkosti 50 %-nej pravdepodobnosti výskytu poruchy.Z hľadiska bezpečnosti voči poruche je výhodnejší spôsob vyhodnotenia čiary "b",lebo poskytuje krivku,udávajúcu také počty cyklov,pri ktorých je veľmi malá pravdepodobnosť že k poruche lomom dôjde.

Problém preložiť Wöhlerovu krivku pre ľubovoľnú pravdepodobnosť vzniku únavového lomu umožňuje vyhodnotenie výsledkov únavových skúšok metódou regresnej analýzy.

3.Predpoklady použitia metódy regresnej analýzy

Použitie metódy regresnej analýzy s premenlivým rozptylom

je založené na splnení nasledovných predpokladov [1].

1. Pri každej veľkosti nezávisle premennej veličiny x je závisle premenná, náhodná veličina y rozdelená podľa normálneho zákona.

2. Stredná hodnota $\bar{y}$ základného súboru veličiny y , odpovedajúca danej veľkosti x , je lineárnou funkciou x . Túto funkciu možno napísať v tvare

$$\bar{y}_i = \alpha + \beta (x_i - \bar{x}) \quad (1)$$

a nazýva sa rovnicou teoretickej regresnej krivky. V rov. (1) sú:

α, β - parametre teoretickej regresnej krivky,

$\bar{x}$ - hmotnostná, stredná hodnota nezávisle premennej x .

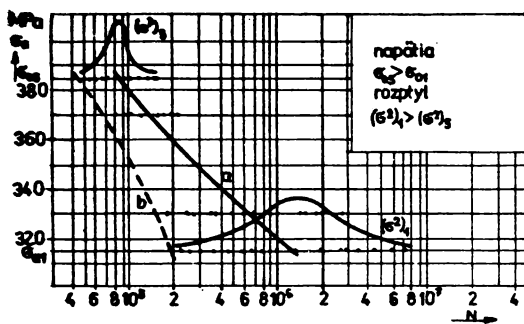
3. Rozptyl náhodnej veličiny y , pri danej hodnote x , je úmerný istej funkcii x .

Prvý je predpoklad normálneho rozdelenia náhodnej veličiny, ktorú v prípade vyhodnotenia výsledkov únavových skúšok budeme uvažovať v tvare $y = \log N$. Na to, že pre túto veličinu môže byť použitý zákon normálneho rozdelenia, poukážeme spracovaním výsledkov únavových skúšok, ktoré sú podrobne opísané v práci [2]. Na obr. 2 je na logaritmickeo-pravdepodobnostnej sieti vynesená súčtová početnosť P_T zlomených vzoriek vyjadrená v percentách, v závislosti od určitého medzného počtu cyklov N . Súčtovú početnosť určuje vzorec $P_T = \frac{\tau}{\nu + 1} \cdot 100$ [%] (2) v ktorom τ je počet vzoriek zlomených pri i -tej úrovni napätia a pri N , alebo menšom počte cyklov a ν je celkový počet vzoriek vzoriek skúšaných pri i -tej úrovni napätia.

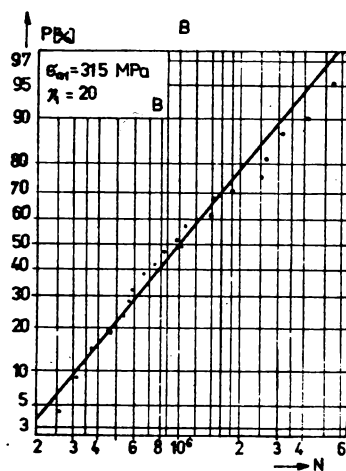
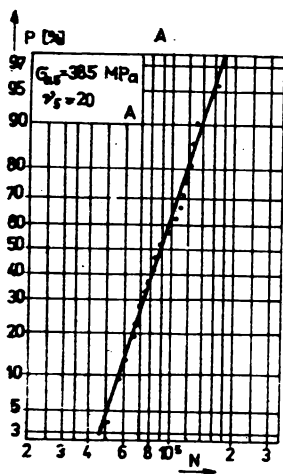
Na obr. 2A sú uvedeným spôsobom zobrazené výsledky skúšok, ktoré boli získané pri úrovni napätia σ_{05} , skúšaním 20 vzoriek. Na obr. 2B sú rovnakým postupom znázornené výsledky skúšok pri úrovni napätia σ_{01} . Pre napätia platí $\sigma_{01} < \sigma_{05}$.

V oboch prípadoch sú závislosti zoskupené okolo priamky. To potvrdzuje predpoklad, že pre veličiny $y = \log N$ možno použiť normálny zákon rozdelenia. Z porovnania sklonu priamok vyplýva, že rozptyl výsledkov skúšok pri vyššej úrovni napätia je menší v porovnaní s rozptylom výsledkov pri nižšej úrovni napätia.

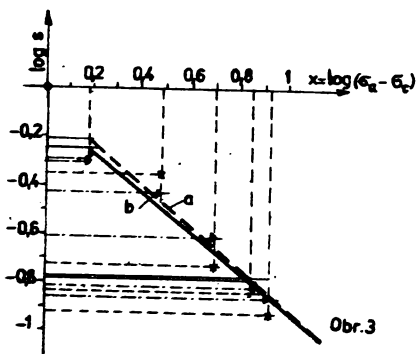
Oprávnenosť predpokladu, uvedeného v bode 2 potvrdzuje množstvo experimentálneho materiálu zhromaždeného za účelom overiť doteraz navrhnuté analytické vzťahy, ktoré určujú závislosť medzného počtu zaťažujúcich cyklov N od úrovne napätia.



Obr. 1



Obr. 2



Pri aplikácii metódy regresnej analýzy na vyhodnotenie výsledkov únavových skúšok, nezávisle premennú x musíme zvoliť. So zreteľom na najpoužívanéjšie vzťahy pre Wöhlerovu krivku ju možno určiť rovnicou $x_i = \log(\sigma_{qi} - \sigma_c)$ (3) v ktorej σ_{qi} je i -tá úroveň napätia a σ_c je medza únavy materiálu.

V bode 3 sa požaduje určitý vzťah zmeny rozptylu σ^2 náhodnej veličiny v závislosti od úrovne napätia. O tejto závislosti je v súčasnosti nedostatok informácií. Podľa našich skúseností možno túto závislosť uvažovať v tvare $s_i^2 = \frac{s_0^2}{\omega_i}$ (4)

v ktorom s_1^2 je odhad rozptylu σ^2 a ω je určitá funkcia nezávisle premennej x , ktorú s ohľadom na rov. (3) možno vyjadriť rovnicou

$$\omega_i = (\sigma_{qi} - \sigma_c)^{-2m} \quad (5)$$

Parameter s_0 v rov. (4) a parameter m v rov. (5) určíme z výsledkov únavových skúšok.

4. Záver

V súradnicovom systéme $x, \log s$ sú na obr. 3 vynesené hodnoty smerodajnej odchýlky s v závislosti od úrovne napätia σ_a . Závislosti sú určené spracovaním dvoch súborov hodnôt $y = \log N$, ktoré boli náhodne vybrané z počtu 476 hodnôt uvádzaných v [2]. Priamkou „a“ je znázornená závislosť určená na základe súboru, pozostávajúceho z piatich výsledkov na každej z piatich úrovní napätia $V_i = 5$, $\sum V_i = 25$. Priamkou „b“ je táto závislosť určená použitím súboru o rozsahu $V_i = 20$, $\sum V_i = 100$.

Zo vzájomnej polohy priamok vyplýva, že túto závislosť možno pre prax s dostatočnou presnosťou určiť únavovými skúškami pomerne malého rozsahu - 25 vzoriek.

LITERATÚRA

- [1] HALD, A.: Matematiceskaja statistika s techničeskimi prilozheniami. Moskva, Izdatel'stvo inostrannoju literatury 1956.
- [2] MEANNIG, W. W.: Untersuchungen zur Planung und Auswertung von Dauerschwingversuchen an Stahl in den Bereichen der Zeit und der Dauerfestigkeit. Fortschrittberichte VDI Zeitschrift. Reihe 5, Nr. 5, Aug. 1967.