

Մ.Գ. ՍՏԱԿՅԱՆ, Կ.Ց. ԻՍԱԽԱՆՅԱՆ

ՀԱՐԹ ԵՎ ԱՍՏԻՃԱՆԱՎՈՐ ԼԻՍԵՌՆԵՐԻ ՀՈԳՆԱԾԱՅԻՆ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՎԱՆԱԿԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ

**Հաղորդում 1. Հարթ, տեխնոլոգիական և կառուցվածքային նշանակության
լարումների կուտակիչներ ունեցող լիսեռների սահմանային
լարումների մակերևույթները**

Փոփոխական բարդ բեռնվածության դեպքում $(T, \pm M)$ դիտարկված են հարթ և լարումների կուտակիչներով, պողպատ 45 մակնիշից պատրաստված փորձանմուշների հոգնածային փորձարկումների արդյունքները: Շոշափող և նորմալ լարումների հարաբերությունները յուրաքանչյուր խմբաքանակում հաստատուն են պահվել: Ցուրաքանչյուր դեպքի համար ստացվել են սահմանային լարումների մակերևույթները: Ցույց է տրված, որ դիմացկունության սահմանների փոփոխությունը վերադրված ստատիկ շոշափող լարումներից առաջացած երկու գործընթացների միաժամանակյա ազդեցության հետևանք է: Առաջարկվում է նոր հաշվարկային մեթոդ՝ դիտարկված բարդ բեռնվածության դեպքում հոգնածային դիմադրության ցուցանիշների հավանական գնահատման համար:

Առանցքային բառեր. հոգնածային դիմադրություն, լարումների կուտակիչներ, սահմանային լարումներ:

Փոխանցիչ մեխանիզմներում օգտագործվող և փոփոխական բարդ բեռնվածքով $(\pm M, T)$ աշխատող լիսեռներին և «լիսեռ-կունդ» միացություններին բնորոշ է վտանգավոր հատվածքում առաջացող բարդ և անհամասեռ լարվածային վիճակը, որը կառուցվածքային կամ տեխնոլոգիական լարումների կուտակիչների ազդեցության հետևանքն է: Այդ պատճառով էլ լիսեռների աշխատունակության հիմնական չափանիշը հոգնածային դիմադրությունն է, որը պահանջում է բարդ բեռնավորմամբ փորձանմուշային հոգնածային փորձարկումների իրականացում:

Կատարված են գլանական փորձանմուշների (հարթ, կլորացումով, տեղակայիչ պտուտակի փոսիկով, խուլ և միջանցիկ շառավղային անցքով) 5 շարք փորձարկումներ՝ 25 խմբաքանակներով, որոնցում պահպանվել է բեռնվածության ռեժիմային պարամետրի՝ $\tau/\sigma = \text{const}$ պայմանը, իսկ յուրաքանչյուր խմբաքանակում փորձարկումների թիվը տատանվել է $n = 17 \dots 22$ սահմաններում [1]: Ցուրաքանչյուր շարքի համար $\tau/\sigma = 1 \dots 1,65$ միջակայքից ընտրված τ/σ -ի արժեքները համապատասխանում են ստանդարտ ռեդուկտորների արագընթաց, միջանկյալ և դանդաղընթաց լիսեռների բեռնավորման ռեժիմներին: Փորձարկումների արդյունքները վիճակագրական մշակման են ենթարկվել համաձայն [2]-ի, և ստացվել են քվանտիլային հոգնածային կորերի ընտանիքների հավասարումները՝

$$x_i = -(\bar{b}_{x/y} + z_p s_{b/x})(y_i - \bar{y}) + (\bar{x} + z_p s_{x_r}) \quad (1)$$

կամ

$$x_i = a + b_{x/y} y_i, \quad (2)$$

որտեղ $x_i = \lg N_i$, $y_i = \lg \sigma_i$, իսկ z_p -ն Լապլասի նորմավորված ֆունկցիայի քվանտիլն է՝ ըստ $P(N)$ չքայքայման հավանականության տրված մակարդակի:

Քվանտիլային հոգնածային կորերի ընտանիքի հավասարման վերջնական տեսքն է՝

$$\lg N = C - m \lg \sigma, \quad (3)$$

$$\text{որտեղ } a = C = b_{x/y} \bar{y} + (\bar{x} + z_p s_{xr}), \quad b_{x/y} = m = \bar{b}_{x/y} + z_p s_{b/x},$$

$$\bar{x} = \lg N, \quad \bar{y} = \lg \sigma, \quad s_x = s_{\lg N}, \quad s_y = s_{\lg \sigma}, \quad \bar{b}_{x/y} = \bar{m} = r s_{\lg N} / s_{\lg \sigma},$$

$$r = m_{1/1} / s_{\lg N} s_{\lg \sigma}, \quad s_{b/x} = s_m = s_{\lg N} \sqrt{(n-2)(n-1)} / s_{\lg \sigma},$$

$$s_{xr} = s_{\lg Nr} = s_{\lg N} \sqrt{(n-2)(1-r^2)} / (n-1),$$

$$\text{հետևաբար՝ } C = (\lg N + \bar{m} \lg \sigma) + z_p (s_{\lg Nr} + s_m \lg \sigma) = \bar{C} + z_p s_C :$$

Դիտարկենք հոգնածային քայքայման գործընթացի ինտեգրալային բնութագրեր համարվող $\bar{C}$ և $\bar{m}$ պարամետրերի փոփոխությունը, որոնք համալիր կարգով հաշվի են առնում (1)-(3)-ի բոլոր պարամետրերի փոփոխությունները τ -ի ազդեցությունից, և, ի վերջո, բազմացիկլային հոգնածության տիրույթում ձևավորում են σ_{RN} դիմացկունության սահմանների և N ցիկլային երկարակեցությունների արժեքները:

Հարթ փորձանմուշների համար $\tau/\sigma = 0 \dots 1$ -ում $\bar{m}$ -ի և $\bar{C}$ -ի նվազմանը զուգահեռ նրանց հավանական արժեքները, որոնք բնութագրվում են հոգնածային կորի m թեքության ցուցչի s_m միջին քառակուսային շեղումով և միջնարժեքային հոգնածային կորի շուրջ ցիկլային երկարակեցությունների՝ $s_{\lg Nr}$ անհատական ցրման չափով, նույնպես նվազում են: Համեմատական փորձարկումների ժամանակ դա հանգեցնում է $\lg N$ -ի ցրման դաշտերի նեղացման: $\tau/\sigma = 1 \dots 1,65$ -ի դեպքում s_m -ը և $s_{\lg Nr}$ -ն աճում են, իսկ $\lg N$ -ի ցրման դաշտը կրկին լայնանում է, ինչը բացատրվում է τ -ի ազդեցությունից առաջացած լարվածային վիճակի անհամասեռությամբ:

Կլորացումներով փորձանմուշների համար τ/σ -ի աճին զուգընթաց $\bar{m}$ -ը և s_m -ը նվազում են, իսկ $s_{\lg Nr}$ -ը համարյա անփոփոխ է մնում, որի պատճառով էլ $\lg N$ -ի ցրման դաշտի թեքությունն աճում է (հաստատուն ցրման դեպքում):

Տեղակայիչ պտուտակի փոսիկով փորձանմուշների τ/σ -ի աճին զուգընթաց մեծանում է $\bar{m}$ -ը, իսկ նրա ցրումը համարյա անփոփոխ է մնում, քանի որ s_m -ը աննշան է փոփոխվում: $\tau/\sigma = 0 \dots 0,6$ -ում $\lg N$ -ի արժեքները փոքրանում են, նրանց ցրման դաշտը նեղանում է, իսկ $\tau/\sigma = 0,6 \dots 1,2$ -ի դեպքում $s_{\lg Nr}$ -ը

մեծանում է: Դա հետևանք է անհամասեռ լարվածային վիճակ ստեղծող լարումների կուտակիչի առկայության:

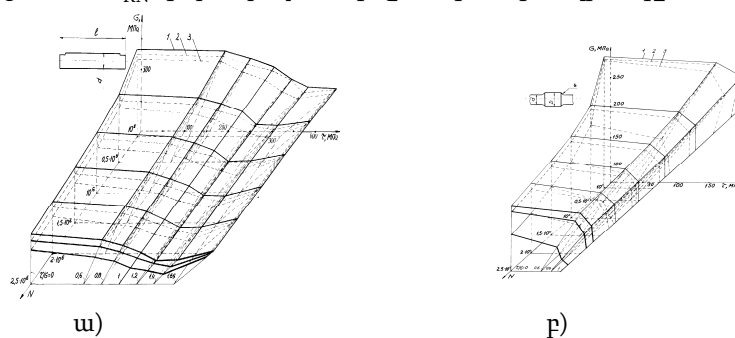
Խուլ անցքով փորձանմուշներում $\tau/\sigma = 0...0,6$ -ում $\overline{m}$ -ը և $\lg N$ -ի ցրման դաշտերն աճում են: $\tau/\sigma > 0,6$ դեպքում τ -ի աճին զուգընթաց s_m -ը, $s_{\lg N_r}$ -ը, $\overline{m}$ -ը և $\lg N$ -ը փոքրանում են, այսինքն՝ ցրման դաշտերը նեղանում են և աճում է լարումների կուտակիչի ազդեցության աստիճանը:

Միջանցիկ անցքով փորձանմուշներում $\tau/\sigma = 0...1$ -ի աճին զուգընթաց $\overline{m}$ -ը և s_m -ը փոքրանում են, ինչը հանգեցնում է m -ի հավանական արժեքների տիրույթների նեղացմանը: $\tau/\sigma = 0...0,8$ -ի համար $s_{\lg N_r}$ -ն անփոփոխ է մնում և $\lg N$ -ի ցրում չի նկատվում: $\tau/\sigma = 1$ դեպքում $s_{\lg N_r}$ -ը զգալիորեն փոքր է, և դա լարվածային վիճակի ուժեղացման հետ կապված է τ -ի աճով:

Դիտարկված վիճակագրական ցուցանիշների փոփոխությամբ էլ բնորոշվում է (3)- ով հաշվարկված σ_{RN} -ի արժեքների և դրանցով կառուցված սահմանային լարումների մակերևույթների փոփոխականությունը բազմացիկլային հոգնածության տիրույթում:

Հարթ փորձանմուշներ: Սահմանային լարումների մակերևույթների ընտանիքը (նկ.1ա) ցուցադրում է τ -ի ազդեցության որակական կողմը, որը միաժամանակ ազդող հետևյալ երկու գործընթացների՝ τ - ից մակերևութային շերտերի լարվածության ընդհանուր ուժգնացման (I) և առաձգական պլաստիկ ոլորումից առաջացած ամրացման (II) գումարային արդյունքն է [3,4]:

Բազմացիկլային հոգնածության տիրույթում դիտվում են σ_{RN} -ի փոփոխման ընդհանուր միտումներ՝ $\tau/\sigma = 0...0,6$ -ի դեպքում I և II գործընթացները միմյանց չեզոքացնում են, որի շնորհիվ σ_{RN} -ը աննշան է փոխվում ((5%): $\tau/\sigma = 0,6...1,2$ -ում I գործընթացի ազդեցությունը գերազանցում է II -ին, որի հետևանքով σ_{RN} -ը նվազում է 20...25% -ով: $\tau/\sigma = 1,2...1,65$ -ի դեպքում առաձգապլաստիկ ոլորումն առաջացնում է σ_{RN} -ի դանդաղ աճ մինչև նախնական վիճակը՝ 90...93%-ով:



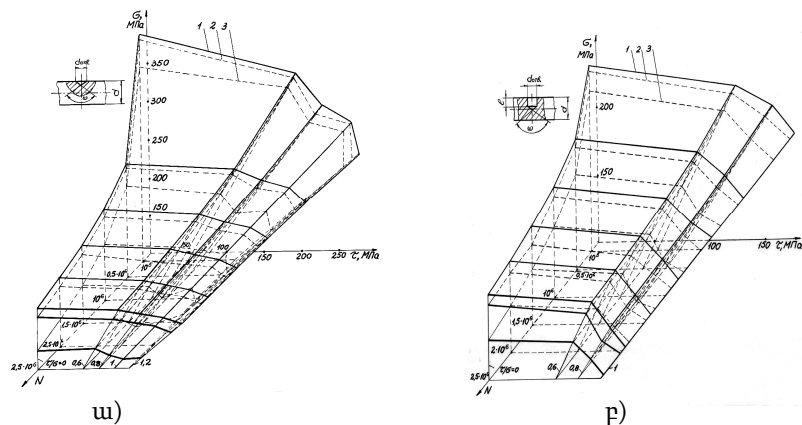
Նկ.1. Հարթ (ա) և կլորացումով (բ) փորձանմուշների սահմանային լարումների մակերևույթները. 1,2 և 3 մակերևույթները համապատասխանում են $P(N) = 0,1, 0,5$ և $0,999$ հավանականության մակարդակներին

Բարձր գերլարումների տիրույթում ($N \approx 10^5$) σ_{RN} -ի նման փոփոխումն արտահայտվում է առավել չափով, քան $N = 2,5 \cdot 10^6$ -ում: σ_{RN} -ի արժեքների վերականգնումը, որը հետևանք է փորձանմուշի ողջ երկարությամբ նրա մակերևութային շերտերում առաձգապլաստիկ ոլորումից ընթացող ամրացմանը, միջին ածխածնային պողպատներից պատրաստված լիսեռների համար $\tau_{\text{լի}} \approx \tau_B = 400 \dots 420$ ՄՊա լարումների դեպքում հասնում է իր առավելագույն աստիճանին, որից հետո տեղի է ունենում լիսեռի կրողանակության լրիվ կորուստ և հոգնածային քայքայում: Ցիկլային երկարակեցությունների դիտարկված միջակայքերում σ_{RN} -ի էական ցրում չի դիտվում:

Կլորացումներով փորձանմուշներ: $\tau/\sigma = 0 \dots 0,6$ միջակայքում շոշափող լարումների ազդեցությունն աննշան է (նկ.1բ) [1]: Ընդհանուր լարվածության ուժեղացման և մակերևութային շերտերի առաձգապլաստիկ ոլորման գործընթացները փոխադարձ հավասարակշռվում են, և լարումների կուտակման առկայությունից σ_{RN} -ը մոտ 10 %-ով նվազում է, ինչը թույլ արտահայտված գծային բնույթ է կրում:

Սահմանային լարումների մակերևութային փոփոխման բնույթի հիմնական տարբերությունը (նկ.1 ա և բ) դիտվում է $\tau/\sigma > 0,6$ դեպքում. այստեղ գերակշռում է I գործընթացը, ինչը հանգեցնում է դիմացկունության սահմանների նվազմանը: Զգալի τ -երը սկսում են գործել միայն լարումների կուտակիչների տեղադրման նեղ տեղամասում և փորձանմուշի հիմնական ծավալներն ընդգրկված չեն մակերևութային շերտերի ամրացման գործընթացում: II գործընթացը խիստ տեղայնացված է, ինչի պատճառով որոշիչ է դառնում մակերևութային շերտերի լարվածային աճի գործոնը: $\tau/\sigma > 0,8$ -ից հետո տեղի ունի σ_{RN} -ի կտրուկ անկում, և սահմանային լարումների մակերևութային փոփոխման բնույթը միօրինակ է դառնում: ($N \approx 10^5$) -ի դեպքում τ -ի անգամ աննշան աճն առաջացնում է ամրության զգալի կորուստ, և մակերևութի թեքությունը կտրուկ աճում է: Մակերևութային փոփոխման հիմնական առանձնահատկությունը ցածր գերլարումների դեպքում σ_{RN} -ի ցրման չափի աճն է:

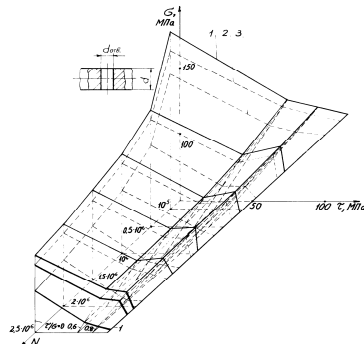
Տեղակայիչ պտուտակի փոսիկով փորձանմուշներ: Սահմանային լարումների մակերևութները (նկ.2ա) փոփոխվում են նույն օրինաչափություններով, որոնք բնորոշ են նախորդ դեպքին: $\tau/\sigma = 0 \dots 0,6$ միջակայքում σ_{RN} -ը միալար և թույլ արտահայտված գրադիենտով նվազում է: Էական փոփոխությունն նկատվում է $N = 2,5 \cdot 10^5$ -ում, երբ σ_{RN} -ի փոփոխման օրենքը բավականին մոտ է էլիպսականին: $\tau/\sigma = 0,8 \dots 1,2$ -ում σ_{RN} -ի գրադիենտն աճում է նույնիսկ ցածր գերլարումների դեպքում: Նրանց ցրվածքը մեծանում է $N = 1 \dots 2,5 \cdot 10^6$ -ում՝ արժեքների հետագա կտրուկ նվազմամբ: $\tau/\sigma = 0,6 \dots 1$ -ում նկատվում է նաև մակերևութների սապատանման փոփոխություն:



Նկ.2. Նույնը՝ տեղակայիչ պտուտակի փոսիկով (ա) և խուլ անցքով (բ) փորձանմուշների համար

Խուլ անցքով փորձանմուշներ: Լարումների կուտակման աստիճանի ուժեղացմանը զուգընթաց ($\alpha_\sigma = 3,18$) սահմանային լարումների մակերևույթի ձևը փոփոխվում է (նկ.2բ): Եթե $\tau/\sigma = 0 \dots 0,6$ միջակայքում σ_{RN} -ի փոփոխությունն աննշան է, ապա բարձր τ -ի գոտում ($\tau/\sigma > 0,6$) դիտվում է σ_{RN} -ի կտրուկ նվազում և այն մոտենում է էլիպսական օրենքին: Զգալի է նաև σ_{RN} -ի ցրվածքը:

Միջանցիկ անցքով փորձանմուշներ: Դիտարկված լարումների կուտակիչներից սա առավել սուրն է ($\alpha_\sigma = 3,55$), ինչն էլ էական ազդեցություն է թողնում դիմացկունության սահմանների արժեքների, ինչպես նաև սահմանային լարումների մակերևույթների ձևի և փոփոխման բնույթի վրա (նկ.3), այդ պատճառով էլ հոգնածային դիմադրության բոլոր ցուցանիշները նվազագույնն են:



Նկ. 3. Նույնը՝ միջանցիկ անցքով փորձանմուշների համար

$\tau/\sigma = 0 \dots 0,6$ միջակայքում և N -ի բոլոր արժեքների դեպքում σ_{RN} -ը կտրուկ նվազում է: $\tau/\sigma = 0,6 \dots 1$ -ում ամրության աննշան վերականգնումից հետո σ_{RN} -ը միանգամից նվազում են: $N = 2,5 \cdot 10^6$ - ի դեպքում այդ նվազումն առկա է նույնիսկ աննշան շոշափող լարումների վերադրման ժամանակ, այսինքն՝ գերլարումների ողջ տիրույթում σ_{RN} -ի փոփոխումը զգալի է և գծային: Նույն ձևով էլ փոխվում են σ_{RN} -ի ցրման չափերը: τ -ի ազդեցությունից գերակայում է միայն

փորձանմուշների մակերևութային շերտերի լարվածության աճի գործոնը, իսկ ամրության գործընթացները գրեթե բացակայում են:

Ընդհանուր դրույթներ: Տարբեր կառուցվածքների փորձանմուշների հոգնածային փորձարկումների արդյունքները բացահայտում են փոփոխական բարդ լարվածային վիճակում ($\pm\sigma, \tau$) ամրության և երկարակեցության ձևավորման ներքին մեխանիզմը և վկայում են լիսեռների հոգնածային դիմադրության ցուցանիշների վրա τ -ի և լարումների կուտակման երևույթի ազդեցության երկակի բնույթի մասին:

Առաջին դեպքում շոշափող լարումների աճը σ_{RN} -ի ոչ միալար փոփոխություն է առաջացնում և I գործընթացի ազդեցությունը գերակշռում է II - ին: Վերջինիս ամրացնող գործոնը ցածր է հայտնի ամրացնող տեխնոլոգիաների կիրառման արդյունքից և այն զգալի է դառնում միայն բարձր գերլարումների (երբ $\tau/\sigma = \text{const}$ ռեժիմով գերլարումների տիրույթում ազդում են զգալի շոշափող լարումներ) կամ $\tau/\sigma = 1,40...1,65$ -ի դեպքերում: Հարթ փորձանմուշների համար I և II գործընթացների համատեղ ազդեցությունը $\tau/\sigma = 0...1,65$ միջակայքում հանգեցնում է դիմացկունության սահմանների նախնական միալար նվազման և հետագա կտրուկ աճի՝ $\tau/\sigma = 1,65$ -ի դեպքում հասնելով համարյա մինչև ելակետային արժեքներ:

Երկրորդ դեպքում լարումների կուտակման առկայությունը հանգեցնում է գործող կուտակիչի սահմաններում լարվածության աճի գործընթացի տեղայնացմանը և հոգնածային քայքայման օջախի կենտրոնացմանը: Այս պայմաններում լիսեռի երկարությամբ լարվածային վիճակի անհամաչափությունն ի չիք է դարձնում II գործընթացի ամրացնող ազդեցությունը, այդ պատճառով էլ դիտարկված լարումների կուտակիչների բոլոր տեսակների դեպքում σ_{RN} -ի վերականգնում չի դիտվում, իսկ նվազումն էական է: Այս գործընթացն ուժգնանում է առավել սուր լարումների կուտակիչների դեպքում: Դիտվում են նաև որակական փոփոխություններ. լարումների մակարդակից և ցիկլային երկարակեցությունից կախված՝ որոշ $\tau_{կր}$ կրիտիկական արժեքին հասնելուն պես տեղի է ունենում դիմացկունության սահմանի կտրուկ նվազում, և լիսեռի կրողունակությունն ամբողջությամբ սպառվում է:

Լիսեռների կառուցվածքային ձևերից և τ -ից կախված՝ $N = 10^5...10^7$ տիրույթում դիմացկունության սահմանների փոփոխման ոչ նույնական բնույթը, ինչպես նաև տվյալների բնական ցրումից σ_{RN} -ի փոփոխակումը ամրության հայտնի տեսություններում նկարագրված չեն, և այդ տեսությունների կիրառումը ամրության ճարտարագիտական հաշվարկներում սխալանքների է հանգեցնում:

Եթե ամրության հաշվարկների համար գոյություն ունեն մոտավոր մեթոդներ [1], ապա ցիկլային երկարակեցության ճշգրտված հաշվարկների համար այդպիսիք ընդհանրապես չկան, քանի որ որոշված չէ ցիկլային երկարակեցությունների և կառուցվածքային, տեխնոլոգիական ու շահագործական գործոններից կապի բնույթը: Բացակայում է նաև երկարակեցությունների հավանական գնահատումը, ինչը դժվարացնում է վնասված մեքենամասերի երաշխիքային, վերանորոգման և փոխարինման հիմնավորված ժամկետների նշանակումը կամ ծառայության

տրված ժամկետներում կառուցվածքի նվազագույն զանգվածի ապահովումը: Նշված միջոցառումները կարևոր նշանակություն ունեն մեքենայի կառուցվածքի լավարկման համար, որոնք էլ ենթադրում են դիտարկվող փոփոխական բարդ բեռնվածության դեպքում հոգնածային դիմադրության ցուցանիշների հանգամանալից հետազոտություն և նոր հաշվարկային մեթոդի առաջացում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Исаханян К.Ц.** Вероятностная оценка сопротивления усталости гладких и ступенчатых валов: Дис. ... канд. техн. наук. - Ереван, 2003. - 146 с.
2. **Стакян М.Г.** Программное обеспечение расчетов сопротивления усталости деталей, работающих на воздухе и в коррозионных средах //Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН.-1997.- Т.50, № 1. - С. 3-10.
3. **Олейник Н.В., Стакян М.Г., Оганисян Л.Г.** Вероятностная оценка параметров режима нагружения валов //Надежность и долговечность машин и сооружений: Межвед. сб. науч. тр. - Киев: Наук. думка, 1989.- Вып.16.- С. 46-55.
4. **Իսախանյան Կ., Մանուկյան Մ.** Լիսեռների սահմանային դիագրամները փոփոխական բարդ բեռնվածության դեպքում // ՀՊՃՀ տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու. - Երևան, 2002. - Հ.1. - Էջ 216-218:

ՀՊՃՀ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 02.09.2003:

Մ.Գ. ՏԱԿՅԱՆ, Կ.Շ. ԻՍԱԽԱՆՅԱՆ ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ ГЛАДКИХ И СТУПЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Сообщение 1. Поверхности предельных напряжений гладких валов и с концентраторами напряжений конструктивного и технологического назначения

Рассмотрены результаты испытаний на усталость гладких и надрезанных образцов из стали 45 при переменном сложном нагружении $(T, \pm M)$. Отношение касательных и нормальных напряжений внутри каждой группы испытаний оставалось постоянным. Для каждого случая получены поверхности предельных напряжений. Показано, что изменение пределов выносливости является следствием одновременного протекания двух процессов, вызванных действием наложенных статических касательных напряжений. Предлагается новый расчетный метод для вероятностной оценки показателей сопротивления усталости валов при данном сложном нагружении.

M.G.STAKYAN, K.TS. ISSAKHANYAN PROBABILITY ASSESSMENT OF SMOOTH AND STEPPED SHAFT FATIGUE RESISTANCE

Message 1. Limited stress surfaces of smooth shafts and with constructive and technological purpose stress concentrators

Fatigue test results of smooth and cut steel 45 patterns with variable complex loading $(T, \pm M)$ are considered. The tangent and normal stress relationship inside every group of tests is constant. For each case the limited stress surfaces are obtained. It is shown that tolerance limit change is a consequence of simultaneous flow of two processes caused by superimposed static tangents effects. A new design method for probability assessment of shaft fatigue resistance factors in the complex loading is proposed.