

A.A. MARGARYAN, S.V. VERLINSKI

**STUDYING THE STRAIN-STRESS STATE IN THE CONTACT OF
PRINTING CYLINDERS BY THE METHOD OF FINITE ELEMENTS**

The stress-strain state occurring in the surface layers of hard and elastic printing cylinder working surfaces, as well as the statics of deformations and relative displacements in the contact zone are considered, taking into account the stiffness, by whose generalised results, it is possible to ensure the printing quality. The contact zone of the printing cylinders is modeled and investigated using the finite element software program ANSYS.

Keywords: offset cylinder, stress-strain state, relative displacements, ANSYS program, method of finite elements.

ՀՏԴ 620.186:621.981.635

Մ.Ս. ԹՈՐՈՍՅԱՆ, Մ.Գ. ՍՏԱԿՅԱՆ

**ԱՄՐԱՑՆՈՂ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄԵՔԵՆԱՄԱՍԵՐԻ
ՑԻԿԼԱՅԻՆ ԱՄՐՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԵՐԿԱՐԱԿԵԳՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ**

Բացահայտված են ռեգրեսիայի կապեր պողպատ 40X – ից պատրաստված և աշխատանքային մակերևույթները պլաստիկ դեֆորմացված լիսեռների քվանտիլային հոգնածային գծերի պարամետրերի միջև: Ստացված կապերը թույլ են տվել, առանց աշխատատար և երկարատև հոգնածային փորձարկումներ կատարելու, հաշվարկային եղանակով որոշել դիմացկունության սահմանների և ցիկլային երկարակեցությունների հավաստի արժեքները՝ դրանք ամրության և երկարակեցության հաշվարկներում օգտագործելու համար:

Առանցքային բառեր. լիսեռ, հոգնածային կորի պարամետրեր, մակերևութային պլաստիկ դեֆորմացում, հուսալիություն, մաթեմատիկական մոդել:

Ժամանակակից մեքենաշինության մեջ լայն տարածում են գտնում մեքենամասերի և հանգույցների երկարակեցության հաշվարկները: Ձգտումը՝ նյութական նվազագույն ծախսերով ստեղծել բարձր արտադրողական մեքենա, ստիպում է օգտագործել ոչ միայն կոնստրուկցիայի հուսալիության պաշարները՝ ի հաշիվ մեքենամասերի պատրաստման տեխնոլոգիայի և հաշվարկային մեթոդների բարելավման, այլ նաև կանխատեսել մեքենայի ծառայության երաշխիքային ժամկետը, որի սահմաններում ապահովվում է մեքենամասերի և հանգույցների աշխատունակությունը:

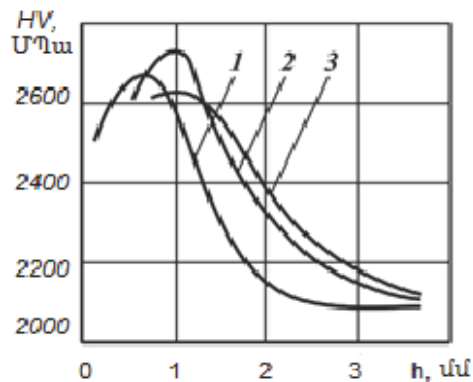
Մակերևութային պլաստիկ դեֆորմացման (ՄԴԴ) բարձր արդյունավետությունը, որն անհրաժեշտ է մեքենամասերի հոգնածային դիմադրության բարձրացման համար, պայմանավորված է մնացորդային սեղմող լարումների բարենպաստ

ազդեցությամբ, որոնց տեղաբաշխման խորությունը, ինչպես նաև մեքենամասի հատույթով դրանց բաշխման մեծությունը և բնույթը կախված են մի շարք գործոններից, որոնք ազդում են գնդիկներով կամ հոլովակներով ամրացնող շրջագլորման ժամանակ: Լարումների բարձր կուտակման դեպքում մեքենամասերի հոգնածային դիմադրության բարձրացման արդյունավետությունը ՄՊԴ-ի շնորհիվ դրսևորվում է ի հաշիվ հոգնածային ճաքերի զարգացման արգելակման [1-4]:

Մակերևութային պլաստիկ դեֆորմացման ժամանակ մնացորդային լարումների առաջացման և մետաղի կարծրության բարձրացման պատճառների հիմքում ընկած են պլաստիկ դեֆորմացիայի միևնույն գործընթացները, որոնց արդյունքում կարելի է ենթադրել, որ դրանց միջև գոյություն ունի որոշակի կապ [2]:

Ենթամակերևութային շերտերում կարծրության գրադիենտի առկայության պատճառով, նորմալ ուժի աստիճանական մեծացման հետ, պլաստիկ դեֆորմացումների տարածման խորությունը մեծանում է, և այդ նույն շերտերում որոշակի տեղաշարժով տեղի է ունենում կարծրության մեծացում՝ մինչև առավելագույն արժեքը և դրա հետագա նվազումը (նկ. 1):

Առավելագույն կարծրության հասնելուց հետո, որը ստացվում է $F = 5,2$ կՆ ուժով շրջագլորման դեպքում, դեֆորմացման դիմադրությունն աճում է՝ ի հաշիվ առավելագույն ամրացման գոտու մեծացման, մակերևութային ամրացված շերտի հաստության: Նկ. 1 - ում ներկայացված կորերի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ “շերտի խորություն – նորմալ ուժ – կարծրություն” եռաչափ տարածքում գոյություն ունի պարամետրերի այնպիսի օպտիմալ համադրություն, որի դեպքում ամրացման արդյունավետությունը հասնում է առավելագույն արժեքի:



Նկ. 1. HV-ի փոփոխությունն ըստ խորության. 1 - $F = 4$ կՆ, 2 - $F = 5,2$ կՆ, 3 - $F = 6$ կՆ (հոլովակի տրամագիծը՝ $D_n = 30$ մմ, պրոֆիլային շառավիղը՝ $r = 1,25$ մմ, փորձանմուշները պողպատ 40X-ից, $d = 18$ մմ)

Հոգնաձային դիմադրության աճը, պայմանավորված մնացորդային սեղմող լարումներով ու դեֆորմացված շերտի հատկությունների բարենպաստ համակազմով, մեքենամասի առավելագույն ամրացման սահմաններում հասանելի է դառնում՝ շնորհիվ նյութի մակերևութային շերտերի դիմադրության, մինչկրիտիկական երկարության հոգնաձային ճաքերի առաջացման և հետկրիտիկական երկարության ճաքերի արդյունավետ արգելակման:

Հոգնաձային դիմադրության բնութագրերի ճշգրիտ որոշման համար անհրաժեշտ է օգտվել հոգնաձայնության քվանտիլային գծերի ընտանիքի հավասարումներից, որոնց համար որպես պարամետր է հանդիսանում $P(N)$ չքայքայվելու հավանականության մակարդակը, որը ներկայացվում է $P(z)$ նորմալ բաշխման նորմավորված ֆունկցիայի z_p քվանտիլով: Այդ հավասարումներն ունեն հետևյալ տեսքը.

- $N \leq N_{G(v)}$, տիրույթում (հոգնաձային գծի ձախ հատվածը) -

$$\lg N = (\overline{\lg N_{(v)}} +) - (\overline{m_{(v)}} + z_p s_{m_{(v)}})(\lg \sigma - \overline{\lg \sigma_{(v)}}) = C_{(v)} - m_{(v)} \lg \sigma, \quad (1)$$

- $N > N_{G(v)}$ տիրույթում (հոգնաձային գծի աջ հատվածը) -

$$\lg N_{G(v)}, \lg \sigma_{R(v)} = (C_{(v)} - \lg N_{G(v)})/m_{(v)}: \quad (2)$$

(1), (2)-ում ընդունված են հետևյալ մեծությունները.

$$\begin{aligned} m_{(v)} &= \overline{m_{(v)}} + z_p s_{m_{(v)}}, \quad C_{(v)} = \overline{C_{(v)}} + z_p s_{C_{(v)}}, \quad \overline{m_{(v)}} = \overline{r_{(v)}}/s_{N_{(v)}}^2, \\ \overline{C_{(v)}} &= \overline{m_{(v)}} \overline{\lg \sigma_{(v)}} + \overline{\lg N_{(v)}}, \quad s_{Nr(v)} = s_{N_{(v)}} \sqrt{(1-r_{(v)}^2)(n-1)/(n-2)}, \\ s_{m(v)} &= (s_{N_{(v)}}/s_{\sigma_{(v)}}) \sqrt{(1-r_{(v)}^2)(n-1)/(n-2)}, \quad s_{C(v)} = s_{Nr(v)} + s_{m(v)} \overline{\lg \sigma_{(v)}}, \\ r_{(v)} &= \mu_{(v)}/s_{N_{(v)}} s_{\sigma_{(v)}}, \quad \overline{\lg N_{(v)}} = \frac{1}{n} \sum_1^n \lg N_{i(v)}, \quad \overline{\lg \sigma_{(v)}} = \frac{1}{n} \sum_1^n \lg \sigma_{i(v)}, \end{aligned} \quad (3)$$

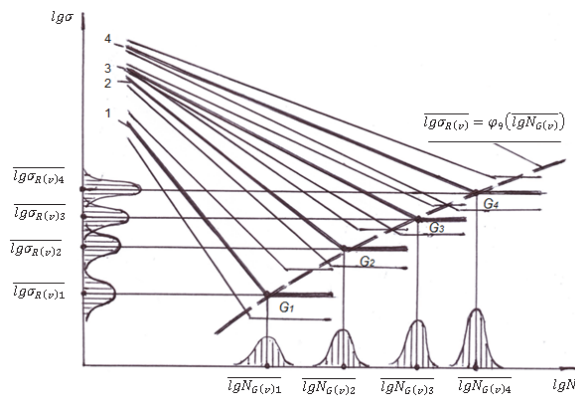
$$s_{N(v)} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^n (\lg N_{i(v)} - \overline{\lg N_{(v)}})^2}, \quad s_{\sigma(v)} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^n (\lg \sigma_{i(v)} - \overline{\lg \sigma_{(v)}})^2},$$

$$\mu_{(v)} = \frac{1}{n-1} \sum_1^n (\lg N_{i(v)} - \overline{\lg N_{(v)}})(\lg \sigma_{i(v)} - \overline{\lg \sigma_{(v)}}),$$

որտեղ $m_{(v)}, C_{(v)}$ -ն քվանտիլային հոգնաձային գծերի թեքությունը և ցուցիչն են, $\overline{\lg \sigma_{(v)}}, \overline{\lg N_{(v)}}$ -ն՝ ցիկլային երկարակեցության բաշխման կենտրոնի կոորդի-

նատները, $s_{Nr(v)}$ -ն՝ բաշխման կենտրոնում երկարակեցությունների անհատական ցրման ցուցիչը, $s_{m(v)}$ -ն՝ թեքության ցուցչի միջին քառակուսային շեղումը, $\mu_{(v)}$ -ն՝ կորելացման մոմենտը, $r_{(v)}$ -ն՝ գծային կորելացման գործակիցը, $lg \sigma_{(v)}$, $lg N_{(v)}$ -ն՝ փորձարարական կետերի կոորդինատները, n -ը՝ փորձարկումների ծավալը: (1), (2) հավասարումների կիրառումը թույլ է տալիս արդյունավետ տեխնոլոգիաներ ստեղծելու փուլում, շրջանցելով թանկարժեք և աշխատատար բնապայման փորձարկումները, ելակետային փորձարկումների արդյունքներից ելնելով, անխափան աշխատանքի նախնական տրված հավանականությամբ հաշվարկել նման դասի մեքենաների պատասխանատու և ծանրաբեռնված մեքենամասերի ծառայության ժամկետը, ինչպես նաև կանխագուշակել ամրացնող տեխնոլոգիայի կիրառումից սպասվող տնտեսական արդյունավետությունը:

(2)-ում առավել գործնական նշանակություն ունեն քվանտիլային հոգնածային գծերի բեկման $G(lg N_{G(v)}, lg \sigma_{R(v)})$ կետի կոորդինատները՝ որպես կոնստրուկցիոն նյութերի հոգնածային գործընթացի սահմանային մեծություններ. $N_{G(v)}$ -ն բազային ցիկլային երկարակեցությունն է, իսկ $\sigma_{R(v)}$ -ն՝ երկարատև դիմացկունության սահմանը: Նշված պարամետրերը նույնպես պատահական մեծություններ են (նկ. 2) և առաջին մոտարկմամբ ենթարկվում են լոգարիթմական նորմալ բաշխման օրենքին: Որպես կորողունակության հիմնական բնութագրիչներ՝ դրանք լայնորեն օգտագործվում են ծանրաբեռնված մեքենամասերի և հանգույցների ամրության և երկարակեցության հաշվարկային սխեմաներում:



Նկ. 2. Լիսեռների (1), (2) քվանտիլային հոգնածային գծերի սխեմատիկական դասավորությունը՝ կախված մակերևութային ամրացման աստիճանից.

$$1, \dots, 4\text{-ը} \Delta h_1 < \Delta h_2 < \Delta h_3 < \Delta h_4 \text{ դեպքում}$$

Կատարելով համապատասխան ձևափոխություններ՝ $N_{G(v)}$ -ի համար, համաձայն (1)-(3)-ի, կստանանք.

$$lgN_{G(v)} = \overline{lgN_{G(v)}} + z_p(s_{c(v)} - s_{m(v)}lg\sigma_{R(v)} - \overline{m(v)}s_{\sigma R(v)}) = \overline{lgN_{G(v)}} + z_p s_{NG(v)}$$

կամ՝

$$lgN_{G(v)} = \overline{lgN_{G(v)}} + z_p(s_{c(v)} - s_{m(v)}\overline{lg\sigma_{R(v)}} - m_v s_{\sigma R(v)}) = \overline{lgN_{G(v)}} + z_p s'_{NG(v)}, \quad (4)$$

որտեղ $N_{G(v)}$ -ի ընդհանրական միջին քառակուսային շեղումը՝

$$s_{NG(v)} = (s_{c(v)} - s_{m(v)}lg\sigma_{R(v)} - \overline{m(v)}s_{\sigma R(v)})$$

կամ՝

$$s'_{NG(v)} = (s_{c(v)} - s_{m(v)}\overline{lg\sigma_{R(v)}} - m_v s_{\sigma R(v)}): \quad (5)$$

Նույն ձևով

$$lg\sigma_{R(v)} = \overline{lg\sigma_{R(v)}} + z_p s_{\sigma R(v)}: \quad (6)$$

Հաշվի առնելով տարբեր գործոնների ազդեցության ողջ տիրույթը, նախկինում կատարված լայնածավալ հետազոտություններից վերցվել և դասակարգվել են փորձարկումների այն տեսակները, որոնք վերաբերում են 40X մակնիշի կոնստրուկցիոն պողպատից պատրաստված լիսեռներին, որոնց աշխատանքային մակերևույթները ենթարկվել են պլաստիկ շրջազլորման և փորձարկվել են ցիկլային ծռմամբ կամ համատեղ ծռմամբ և ոլորմամբ [1-8]: Դիտարկված փորձարկումները դասակարգվել են ըստ d տրամագծի, α_σ լարումների կուտակման գործակցի, Δh մակակոփման շերտի խորության և շրջազլորման ռեժիմի F , S , t պարամետրերի:

Առաջարկված է բազմապարամետրական կապ՝

$$\Phi[(\sigma_B, \sigma_R, HV), (C_{(v)}, m_{(v)}, N_{G(v)}, d, \alpha_\sigma), (F, S, t, \Delta h)] = 0, \quad (7)$$

որը փոխարինված է պարամետրական հավասարումների նոր համակարգով՝

$$\begin{cases} \Delta h = \varphi_1(F, S), \overline{\sigma_{R(v)}} = \varphi_2(\Delta h, \alpha_\sigma, d), d = \varphi_3(\overline{\sigma_{R(v)}}, \alpha_\sigma, \Delta h), \\ \overline{m(v)} = \varphi_5(\overline{\sigma_{R(v)}}), \overline{C(v)} = \varphi_6(\overline{m(v)}), \overline{m(v)} = \varphi_7(HV_{max}), \overline{m(v)} = \varphi_8(\Delta h): \end{cases} \quad (8)$$

Հավասարումների (8) համակարգի կիրառմամբ ցիկլային երկարակետությունների հաշվարկներ կատարելու համար անհրաժեշտ է օգտագործել հոգնածային գծերի հավասարումների $m_{(v)}$, $C_{(v)}$, $\sigma_{R(v)}$ և $N_{G(v)}$ պարամետրերին առնչվող ֆունկցիոնալ կապերը, որոնց մի մասը ստացված և ներկայացված է [9, 10]-ում:

Սակայն լրիվ չեն բացահայտված նշված կապերը, որոնք հիմնարար նշանակություն ունեն երկարակեցությունների հաշվարկներում, քանի որ դրանք, համաձայն (4), (6)-ի, ինտեգրալային մեծություններ են և բնորոշում են քվանտիլային հոգնաձային գծերի ընտանիքների դասավորությունը ($lgN, lg\sigma$) կոորդինատային համակարգում (նկ. 2), կախված երկրաչափական, ՄՊԴ տեխնոլոգիական պարամետրերից և մակակոփման Δh խորությունից:

Նշված մեծությունների $s_{G(v)}$ և $s\sigma_{R(v)}$ միջին քառակուսային շեղումները կարելի է հաշվարկել հոգնաձային գծերի հավասարումների պարամետրերի (3) վիճակագրական ցուցանիշներով, սակայն (4), (6)-ում առանձնապես կարևորվում է $\overline{C_{(v)}}$, $\overline{m_{(v)}}$, $\overline{lgN_{G(v)}}$ և $\overline{\sigma_{R(v)}}$ -ի միջնարժեքային մեծությունների որոշումն ըստ նախկինում կատարված հոգնաձային փորձարկումների [1-8], որը թույլ կտա ձևավորել և ստանալ պարամետրական հավասարումներ և լրացնել (8) համակարգը նոր ֆունկցիոնալ կապերով՝

$$\overline{\sigma_{R(v)}} = \varphi_9(\overline{lgN_{G(v)}}), \overline{lgN_{G(v)}} = \varphi_{10}(\Delta h): \quad (9)$$

(8), (9) ֆունկցիաներն իրենց հերթին բազմապարամետրական են, որոնց արժեքների վրա, բացի արգումենտից, ազդում են նաև մի քանի պարամետրեր: Այդ պարամետրերի առաջնայնության սկզբունքը թելադրվում է իրականացվող հետազոտության շրջանակներում կոնստրուկցիոն տարրերի հոգնաձային դիմադրության վրա գործոններից (հաշվարկանախագծային, տեխնոլոգիական, շահագործական) որևէ մեկի ազդեցության գերակայության հաշվառման դեպքում: Օրինակ, $\overline{\sigma_{R(v)}} = \varphi_9(\overline{lgN_{G(v)}})$ ֆունկցիայի համար հնարավոր են արգումենտի և պարամետրերի առաջնայնության զուգորդումների հետևյալ տարբերակները.

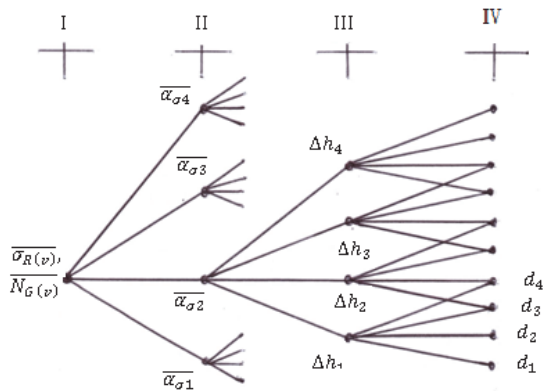
1. $(\overline{lgN_{G(v)}}, \alpha_\sigma, d, \Delta h)$, 3. $(\overline{lgN_{G(v)}}, d, \alpha_\sigma, \Delta h)$, 5. $(\overline{lgN_{G(v)}}, \Delta h, \alpha_\sigma, d)$,
2. $(\overline{lgN_{G(v)}}, \alpha_\sigma, \Delta h, d)$, 4. $(\overline{lgN_{G(v)}}, d, \Delta h, \alpha_\sigma)$, 6. $(\overline{lgN_{G(v)}}, \Delta h, d, \alpha_\sigma)$, (10)

որոնցից յուրաքանչյուրը համապատասխանում է հոգնաձային դիմադրության հետազոտման որոշակի դեպքին: Դիտարկենք (10)-ի թթ. 1 և 2 տարբերակները, որոնցում առաջնայնություն է տրվում մեքենամասի (հանգույցի) եզրագծի տեսքին և կոնստրուկտիվ չափերին ՄՊԴ-ի կիրառման դեպքում:

Օգտագործելով նախկինում կատարված փորձարարական ուսումնասիրությունների նշանակալի ծավալը [1-8], կազմված է (3) պարամետրերի տվյալների բազա՝ առավել շատ կիրառվող 40X մակնիշի կոնստրուկցիոն պողպատի համար: Թվով 64 քվանտիլային հոգնաձային գծերի հավասարումների $\overline{\sigma_{R(v)}}$,

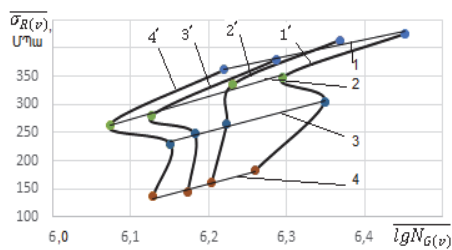
$\overline{C_{(v)}}$, $\overline{m_{(v)}}$, $\overline{\lg N_{G(v)}}$ ֆունկցիաները դասակարգված են ըստ α_σ , Δh և d պարամետրերի (նկ. 3)՝

$$\begin{cases} \alpha_{\sigma 1}=1,00 \dots 1,05, \overline{\alpha_{\sigma 1}} \approx 1,00, \Delta h_1=0, & d_1=7,5 \text{ մմ}, \\ \alpha_{\sigma 2}=1,06 \dots 1,50, \overline{\alpha_{\sigma 2}} \approx 1,25, \Delta h_2=0,05 \text{ մմ}, & d_2=10 \text{ մմ}, \\ \alpha_{\sigma 3}=1,51 \dots 2,00, \overline{\alpha_{\sigma 3}} \approx 1,75, \Delta h_3=0,10 \text{ մմ}, & d_3=15 \text{ մմ}, \\ \alpha_{\sigma 4}=2,01 \dots 3,50, \overline{\alpha_{\sigma 4}} \approx 2,75, \Delta h_4=0,15 \text{ մմ}, & d_4=20 \text{ մմ}. \end{cases} \quad (11)$$

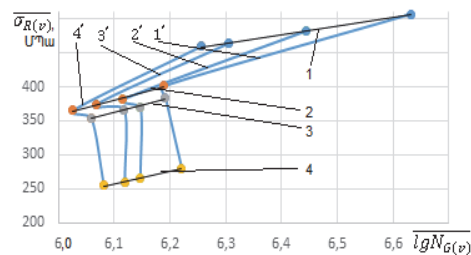


Նկ. 3. $\overline{\sigma_{R(v)}} = \varphi_9(\overline{\lg N_{G(v)}})$ ֆունկցիայի արգումենտի և պարամետրերի առաջնայնության սխեման (9)-ի կ. 2-ի համար, ըստ I, ..., IV մակարդակների՝ $\overline{N_{G(v)}} - \alpha_\sigma - \Delta h - d$

Դեֆորմացված շերտի $\Delta h = 0,05 \dots 0,15$ մմ խորությունը ստացվում է փորձանմուշների մակերևույթները $V = 52,2 \text{ մմ/րոպ}$, $F = 100 \dots 500 \text{ Ն}$ և $S = 0,050 \dots 0,155 \text{ մմ/պտ}$ ամրացման ռեժիմով մշակելու դեպքում: Արտադրական պայմաններում առավելագույն արդյունքի հասնելու նպատակով F -ի մեծությունը կարելի է ավելի բարձր վերցնել, որը լիստոների $d = 20 \dots 60 \text{ մմ}$ տրամագծերի դեպքում հիմնավորված է: Տվյալ հետազոտության շրջանակում փորձանմուշների $d = 7,5 \dots 20 \text{ մմ}$ տրամագծերի համար F -ի արժեքները սահմանափակված են լայնական մնացորդային դեֆորմացումներից և տրամագծերի փոփոխություններից խուսափելու պայմաններից ելնելով, սակայն նույնիսկ F -ի նշված արժեքների դեպքում ակնհայտ են լիստոների ամրության և երկարակեցության աճի միտումները (նկ. 4): Նույն ձևով ստացվել են նաև $\overline{m_{(v)}} = \varphi_5(\overline{\sigma_{R(v)}})$ և $\overline{C_{(v)}} = \varphi_6(\overline{m_{(v)}})$ ֆունկցիաների գրաֆիկները, որոնցում գերակշռում են ուղղագծային ռեգրեսիայի կապերը:



ա



բ

Նկ. 4. $\overline{\sigma_{R(v)}} = \varphi_9(\lg N_G(v))$ ֆունկցիաները $\Delta h_1 = 0$ (ա) և $\Delta h_4 = 0,15$ սև (բ)-ի համար. 1, 2, 3, 4 և 1', 2', 3', 4' ֆունկցիաների խմբերը համապատասխանում են (10)-ի կ. 1 և կ. 2 տարբերակներին

Տվյալների քանակական գնահատումները, որոնք իրականացված են ցիկլային ամրության և երկարակեցության հարաբերական մեծություններով ($\delta \overline{\sigma_{R(v)}} = \overline{\sigma_{R(v)}} / \overline{\sigma_R}$, $\delta \overline{N_G(v)} = \overline{N_G(v)} / \overline{N_G}$), բացահայտում են ՄՊԴ-ի դրական ազդեցությունն այդ չափանիշների վրա (աղ. 1):

Աղյուսակ 1

Փորձանմուշների հարաբերական ցիկլային ամրության և երկարակեցության փոփոխությունները

| N | $\overline{\alpha_\sigma}$ | Δh , սև | d_1, \dots, d_4 , սև | $\delta \overline{\sigma_{R(v)}}$ | $\delta \overline{N_G(v)}$ |
|--|----------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Նույն $\overline{\alpha_\sigma}$ -ի, բայց $\Delta h_i = 0, 0,05, 0,10$ և $0,15$ սև-ի դեպքում | | | | | |
| 1 | 1,00 | 0 | 7,5 ... 20,0 | 1,0 | 1,0 |
| | | 0,05 | | 1,01 ... 1,07 | 0,48 ... 0,64 |
| | | 0,10 | | 1,06 ... 1,15 | 0,55 ... 0,63 |
| | | 0,15 | | 1,16 ... 1,27 | 1,04 ... 1,51 |
| 2 | 1,25 | 0 | | 1,0 | 1,0 |
| | | 0,05 | | 1,04 ... 1,29 | 0,86 ... 0,96 |
| | | 0,10 | | 1,06 ... 1,33 | 0,83 ... 0,96 |
| | | 0,15 | | 1,15 ... 1,38 | 0,77 ... 0,90 |
| 3 | 1,75 | 0 | | 1,0 | 1,0 |
| | | 0,05 | | 1,05 ... 1,31 | 0,61 ... 0,79 |
| | | 0,10 | | 1,16 ... 1,43 | 0,67 ... 0,84 |
| | | 0,15 | | 1,26 ... 1,54 | 0,70 ... 0,86 |
| 4 | 2,75 | 0 | | 1,0 | 1,0 |
| | | 0,05 | | 1,31 ... 1,54 | 0,79 ... 0,83 |
| | | 0,10 | | 1,39 ... 1,69 | 0,84 ... 0,88 |
| | | 0,15 | | 1,53 ... 1,88 | 0,88 ... 0,91 |

| Հարթ ($\overline{\alpha_{\sigma 1}} = 1,00, \Delta h_1 = 0$) և լարումների զգալի կուտակիչով ($\overline{\alpha_{\sigma 4}} = 2,75$) փորձանմուշների տվյալների համեմատման դեպքում | | | | | |
|--|---------------|---------|--------------|---------------|---------------|
| 5 | 1,00, 2,75 | 0, 0 | 7,5 ... 20,0 | 0,38 ... 0,43 | 0,64 ... 0,81 |
| 6 | | 0, 0,05 | | 0,56 ... 0,58 | 0,52 ... 0,64 |
| 7 | | 0, 0,10 | | 0,59 ... 0,63 | 0,54 ... 0,70 |
| 8 | | 0, 0,15 | | 0,64 ... 0,70 | 0,59 ... 0,73 |

Եթե հարթ փորձանմուշների համար $\Delta h_4 = 0,15$ մմ-ի դեպքում $\delta \overline{\sigma_{R(v)}} = 1,16 \dots 1,27$, ապա $\overline{\alpha_{\sigma 4}}$ -ի համար այդ աճը հասնում է $\delta \overline{\sigma_{R(v)}} = 1,53 \dots 1,88$: Մյուս էական փոփոխությունը բացահայտվում է հարթ և լարումների կուտակիչներով փորձանմուշների տվյալների համեմատման դեպքում. եթե չամրացված փորձանմուշների համար նշագրված է $\delta \overline{\sigma_{R(v)}} = 0,38 \dots 0,43$ արժեքների միջակայքը, ապա ՄՊԴ-ի դեպքում այն հասնում է $\delta \overline{\sigma_{R(v)}} = 0,67 \dots 0,70$, ապահովելով ամրության մոտ 27% աճ (աղ. 1, կկ. 5, ..., 8): Այդ աճն առավել նշանակալի է, եթե համեմատվում են լարումների զգալի կուտակիչներով փորձանմուշների տվյալները (աղ. 1, կ. 4). $\Delta h_4 = 0,15$ մմ-ի դեպքում այն հասնում է $\delta \overline{\sigma_{R(v)}} = 1,53 \dots 1,83$, այսինքն՝ ամրացման տեխնոլոգիայի ազդեցությունը հատկապես արդյունավետ է լարումների կուտակման բարձր աստիճանի դեպքում, որը բնորոշ է իրական կոնստրուկցիոն տարրերին և գործնական նշանակություն ունի:

Նմանատիպ աճ, բայց համեմատաբար ցածր մակարդակով, առկա է նաև ցիկլային երկարակեցությունների գնահատման դեպքում: Համաձայն փորձարարական տվյալների [1-8], $\overline{N_{G(v)}}$ -ի զգալի աճ հանդես է գալիս իրական կոնստրուկցիաներում Δh -ի բարձր արժեքների դեպքում ($N_{G(v)} = (8 \dots 12) \cdot 10^6$ ցիկլ), սակայն լարումների կուտակիչների առկայության պարագայում $N_{G(v)}$ -ն, որպես կանոն, հարթ փորձանմուշների համեմատ որոշակիորեն ցածր է, ինչն էլ առկա է նաև սույն հետազոտությունում: Այն զգալի է հարթ փորձանմուշների փորձարկումներում. $\delta \overline{N_{G(v)}} = 1,04 \dots 1,51$, $\overline{\alpha_{\sigma 4}} = 2,75$ -ի դեպքում նվազում է մինչև $\delta \overline{N_{G(v)}} = 0,88 \dots 0,91$, իսկ հարթ և լարումների կուտակիչներով փորձանմուշների տվյալների համեմատման դեպքում $\delta \overline{N_{G(v)}} = 0,59 \dots 0,73$ (աղ. 1, կ. 8):

(8), (9) ֆունկցիաները ձևակերպելու համար ընտրված են (10)-ի կ. 1, 2 առաջնայնության հաշվարկային սխեմաները (նկ. 3): Ֆունկցիաների ռեգրեսիայի հավասարումները որոշելու համար կիրառված են մաթեմատիկական ստանդարտ համակարգչային ծրագրեր, իսկ օպտիմալ ռեգրեսիոն կապն ընտրված է՝ համաձայն դետերմինացման գործակցի $R^2 > 0,9$ արժեքների (աղ. 2):

$\overline{\sigma_{R(v)}} = \varphi_9(\overline{lgN_{G(v)}}, d, \overline{\alpha_\sigma}, \Delta h)$ ֆունկցիայի ռեգրեսիայի հավասարումները ($x = \overline{lgN_{G(v)}}$)

| N | Δh_i , մմ | $\overline{\alpha_\sigma}$ | Ռեգրեսիայի հավասարումները | R ² |
|----|-------------------|----------------------------|--|----------------|
| 1 | 0 | 1,00 | $\overline{\sigma_{R(v)}} = 290,19x - 1442,00$ | 0,965 |
| 2 | | 1,25 | $\overline{\sigma_{R(v)}} = 405,01x - 2196,80$ | 0,977 |
| 3 | | 1,75 | $\overline{\sigma_{R(v)}} = 366,12x - 2017,60$ | 0,985 |
| 4 | | 2,75 | $\overline{\sigma_{R(v)}} = 373,32x - 2155,40$ | 0,958 |
| 5 | 0,05 | 1,00 | $\overline{\sigma_{R(v)}} = -6049,10x^2 + 73903,00x - 225290,00$ | 0,988 |
| 6 | | 1,25 | $\overline{\sigma_{R(v)}} = 119,00x - 377,80$ | 0,914 |
| 7 | | 1,75 | $\overline{\sigma_{R(v)}} = 204,67x - 936,46$ | 0,995 |
| 8 | | 2,75 | $\overline{\sigma_{R(v)}} = 222,28x - 1130,8$ | 0,986 |
| 9 | 0,10 | 1,00 | $\overline{\sigma_{R(v)}} = 188,86x - 718,04$ | 0,974 |
| 10 | | 1,25 | $\overline{\sigma_{R(v)}} = 95,86x - 228,18$ | 0,986 |
| 11 | | 1,75 | $\overline{\sigma_{R(v)}} = 286,24x - 1412,60$ | 0,972 |
| 12 | | 2,75 | $\overline{\sigma_{R(v)}} = 206,93x - 1027,00$ | 0,950 |
| 13 | 0,15 | 1,00 | $\overline{\sigma_{R(v)}} = 127,64x - 339,85$ | 0,998 |
| 14 | | 1,25 | $\overline{\sigma_{R(v)}} = 218,61x - 953,18$ | 0,986 |
| 15 | | 1,75 | $\overline{\sigma_{R(v)}} = 219,71x - 978,17$ | 0,979 |
| 16 | | 2,75 | $\overline{\sigma_{R(v)}} = 181,96x - 852,66$ | 0,992 |

Ծանոթություն. d_i -ի արժեքները՝ $d_{1-4} = 7,5, 10, 15, 20$ մմ

Նմանատիպ հաշվարկներ կատարելով նաև $\overline{\sigma_{R(v)}} = \varphi_2(\Delta h, \overline{\alpha_\sigma}, d)$, $\overline{m_{(v)}} = \varphi_5(\overline{\sigma_{R(v)}})$ և $\overline{C_{(v)}} = \varphi_6(\overline{m_{(v)}})$ ֆունկցիաների դեպքում, հնարավոր է ստանալ ցիկլային ամրության և երկարակեցության բնութագրերը նկարագրող ռեգրեսիայի հավասարումների ողջ համակարգը և կատարել հաշվարկանախագծային գործողություններ կոնստրուկցիայի վրա ազդող գործոնների տարբեր զուգորդումների և առաջնայնության սկզբունքների դեպքերում, որն անհնար է իրականացնել այդ գործոնների առանձին ազդեցությունների գնահատման պայմաններում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Когаев В.П., Махутов Н.А., Гусенков А.П.** Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность: Справочник.- М.: Машиностр., 1987.- 224с.
2. **Балтер М.А.** Упрочнение деталей машин.- М.: Машиностр., 1978.- 184с.
3. **Олейник Н.В., Кычин В.П., Луговской А.Л.** Поверхностное динамическое упрочнение деталей машин.- Киев: Техника, 1984.- 151с.

4. **Кудрявцев И.В., Шоков Н.А.** Влияние поверхностного пластического деформирования на зарождение трещин усталости в роторной стали // Проблемы прочности.- 1988.- № 4.-С. 15-19.
5. **Папшев Д.Д.** Технологические основы повышения надежности и долговечности деталей машин поверхностным упрочнением.- Самара: СГТУ, 1993.- 74с.
6. **Дашенко А.Ф., Кравчук В.С., Иоргачев В.Д.** Несущая способность упрочнения деталей машин.- Одесса: Астропринт, 2004.- 160с.
7. Формирование поверхностного слоя деталей выглаживанием с ультразвуковым нагружением / **В.А. Богуслаев, В.А. Титов, А.Я. Качан** и др. – Запорожье: АО “Мотор СИЧ”, 2012. - 236 с.
8. Технологические методы обеспечения надежности машин / **И.М. Жарский, И.Л. Баршай, Н.А. Свидунович** и др. – Минск: Высш. шк., 2010. – 336 с.
9. **Стакян М.Г., Систани Ш.Дж., Айказян М.Э.** Математическое моделирование процесса упрочнения рабочих поверхностей//Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН.- 2013.-Т.66, N 1.-С.-20-27.
10. **Торосян М.С.** Повышение несущей способности валов методом ППД рабочих поверхностей//Сб. мат. Междунар. н.-т. конф. МАДИ: “Детали машин и теория механизмов”, 3 февр. 2015г., гг. Москва, Ереван.- Уфа: Аэрита, 2015.- С. 52-57.

М.С. ТОРОСЯН, М.Г. СТАКЯН

ВЛИЯНИЕ УПРОЧНЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Выявлены регрессионные связи между параметрами квантильных линий усталости валов из стали 40Х, подвергнутых пластическому деформированию их рабочих поверхностей. Полученные связи позволяют без выполнения трудоемких и длительных испытаний на усталость расчетным путем определить достоверные значения пределов выносливости и циклических долговечностей, используя их в расчетах на прочность и долговечность.

Ключевые слова: вал, параметры кривой усталости, поверхностное пластическое деформирование, надежность, математическая модель.

M.S. TOROSYAN, M.G. STAKYAN

THE IMPACT OF HARDENED TECHNOLOGIES ON THE CICLIC STRENGTH AND DURABILITY OF MACHINE PARTS

The regression relationships between the parameters of the quantile fatigue lines of shafts from the steel 40X subjected to plastic deformation of their working surfaces are revealed. The obtained relationships allow, without long and labour-consuming experiments on fatigue, to calculate the accurate values of the limits of endurance and cyclic durabilities, and using them in calculations of strength and durability.

Keywords: shaft, fatigue curve parameters, surface plastic deformation, reliability, mathematical model.

УДК 681(075.8)

Н.Х. АКОПЯН, С.В. ВЕРЛИНСКИЙ

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ЖЕСТКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ МИКРОМАНИПУЛЯТОРОВ С УПРУГИМИ ШАРНИРАМИ

Рассмотрена задача оптимизации параметров параллельных микроманипуляторов двух различных структур с поступательным движением выходного звена. Задача решалась с помощью автоматизированного модуля ANSYS DesignXplorer. Определены оптимальные размеры звеньев микроманипуляторов для получения максимальных перемещений платформы при ограничении углов поворота упругих шарниров из условия их существования.

Ключевые слова: параллельный микроманипулятор, упругие шарниры, модуль ANSYS DesignXplorer.

Введение. Микроманипуляторы параллельной структуры разрабатывались уже с начала 80-х годов прошлого века [1-3], однако они не потеряли своей актуальности и в настоящее время [4]. Они применяются для точного позиционирования объекта, для чего в них используются упругие шарниры и пьезоэлектрические актуаторы в качестве приводных элементов. В последние годы появилось множество исследований по кинематике, динамике и управлению микроманипуляторов параллельной структуры.

Цель работы - определение оптимальных значений расстояний между упругими шарнирами микроманипуляторов двух структур: микроманипулятора координатных перемещений и реконфигурируемого микроманипулятора