



ХҒТАР 55.03.14  
Ғылыми мақала

<https://doi.org/10.32523/2616-7263-2024-147-2-154-167>

## Беттік нығайтылған бөлшектердің тозуы кезінде беріктігін бағалау әдістемесі

О.Б. Сейдуллаева\*<sup>ib</sup>, Д.С. Мырзалиев<sup>ib</sup>, З.А. Ибрагимова<sup>ib</sup>

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы, Шымкент

(E-mail: saule\_tomynova@mail.ru)

**Аңдатпа.** Мақалада беттік нығайтылған бөлшектердің тозуы кезінде беріктігін бағалау әдістемесі қарастырылған. Техниканың беріктігін арттыру, ең алдымен, оның негізгі тораптарының, агрегаттарының, қосылыстары мен бөлшектерінің сенімділігін арттырумен ғана емес, сонымен қатар өндірістік процестерді орындау кезінде шығындар мен отын шығынын азайтумен де байланысты.

Машина бөлшектерінің беткі қабатының сапасы геометриялық сипаттамаларды да, физика-механикалық қасиеттерді де қамтиды. Жұмыс беттерінің кедір-бұдырлығының олардың тозуға төзімділігіне әсерін зерттеу беттің минималды кедір-бұдырлығы әрқашан оның жоғары тозуға төзімділігін қамтамасыз етпейтінін анықтады.

Тозуға төзімділік пен механикалық параметрлер арасындағы байланыс әрдайым эксперименталды түрде анықталады. Жалпыланған параметр ретінде  $r$  коэффициенті ұсынылады, оны анықтау үшін мақалада көрсетілген параметрлердің бірлескен әсерін қарастыру қажет. Шамасы, әзірленген Карбонитрация режимінің тиімділігін бағалаудың жалпыланған критерийі ретінде өнімнің өзегінің қаттылығы және беріктігімен, сондай-ақ беттік қатайтылған қабаттың қаттылығы және беріктігімен бақыланатын параметр қолданылуы керек.

Өз кезегінде кернеу қарқындылығының критикалық коэффициентін беріктік пен кірістілік шегі арқылы білдірудің бірқатар тәсілдері де мақалада қарастырылған.

Зерттеулер жүргізу кезінде «Механика және машинажасау» кафедрасында машина жасау саласындағы мемлекеттік бюджеттік және гранттық тақырыптар бойынша орындалатын ғылыми жұмыстардың белгілі нәтижелері ескерілді.

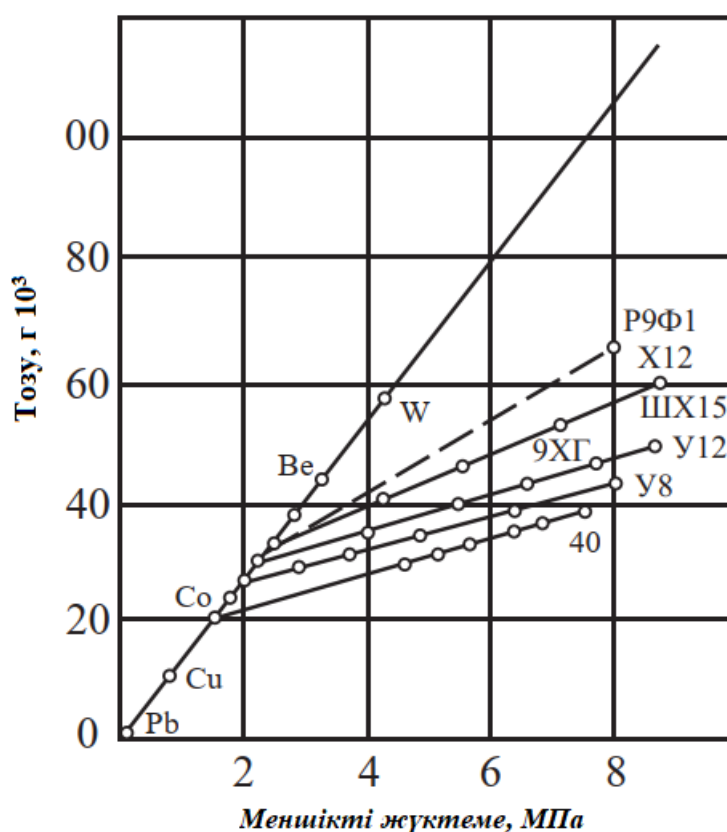
**Түйін сөздер:** тозуға төзімділік, беріктік, ұзақ мерзімділік, механикалық өңдеу, карбонитрация.

Түсті 28.11.2023 Жөнделді 16.06.2024 Мақұлданды 20.06.2024 Онлайн қолжетімді 30.06.2024

\* хат-хабар үшін автор

## Кіріспе

Карбонитрация процесінің уақыты мен температурасын өзгерте отырып, бетті берілген тереңдікке және жер бетіне жақын қабаттағы карбонитридтердің тиісті құрамына қатайтуға болады [1], [4] сәйкес болаттардың тозуға төзімділігін арттыру үшін өнімнің тозуға төзімділігі мен шаршау қасиеттеріне анықтаушы әсер ететін карбонитрацияның оңтайлы температурасын анықтау қажет. Сонымен қатар, Карбонитрация температурасының 550-650<sup>0</sup>С-тан 750<sup>0</sup>С-қа дейін көтерілуі 1-суретте көрсетілгендей тозуға төзімділіктің жоғарылауына әкелмейді. керісінше [4],



1 - 5500С; 2- 6500С; 3 - 7500С

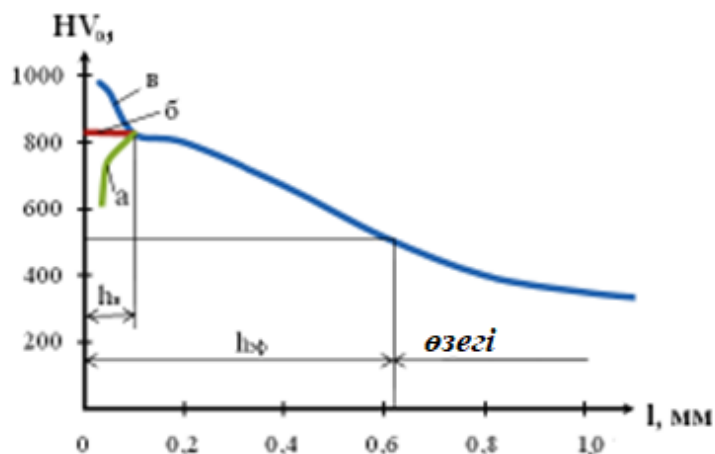
1-сурет. Болаттың тозуға төзімділігінің Карбонитрация температурасына тәуелділігі

## Әдіснама

Машина бөлшектерінің беткі қабатының сапасы геометриялық сипаттамаларды да, физика-механикалық қасиеттерді де қамтиды. Жұмыс беттерінің кедір-бұдырлығының олардың тозуға төзімділігіне әсерін зерттеу беттің минималды кедір-бұдырлығы әрқашан оның жоғары тозуға төзімділігін қамтамасыз етпейтінін анықтады [8]. Беткі қабаттың қатаюы НВ қаттылығын немесе микроқаттылықты өлшеу арқылы анықталады. Ол үшін қаттылық металдың бетінде және металдың ішінде өлшенеді

(қабатты ою арқылы). Нәтижесінде  $h$  қатайтылған қабатының қалыңдығы және  $\delta$  деформациялық қатаю дәрежесі, сондай-ақ өңдеуге дейін және одан кейін микроқаттылық  $HV_{шығ}$  пен  $HV_{өңдеу}$  беткі қабат пен өзек орнатылады.

Қаттылық пен микроқаттылықтың қатайтылған қабаттың тереңдігі бойынша таралуын зерттеу микроқаттылықтың айтарлықтай төмендеуін анықтады, ал 0,5-0,6 мм тереңдікте микроқаттылық екі есеге жуық төмендейді [9]



$a$  – троостит жолағының болуы;

$B$  – троостит жолағының болмауы;

$b$  – ата өңдеуден кейін,

$h_B$  – троостит жолағының қалыңдығы, мм

$h_{\phi}$  – тиімді қабаттың тереңдігі, мм

2-сурет. Күшейтілген қабаттың тереңдігі бойынша микроқаттылықтың өзгеруі [9]

Оңтайлы өңдеу режимдерінің қатайту процестеріне әсерін анықтау үшін шыңдау процесін модельдеу жүргізілді. Жалпыланған параметр функциясын келесідей көрсетуге болады:

$$K = f(HB, R_a, h, E, \sigma_B, \sigma_{0.2}, \sigma_K, \delta, KCV), \quad (1)$$

мұндағы  $HB$  – Бринелл қаттылығы, МПа,

$R_a$  – беттің кедір-бұдырлығы, мкм;

$h$  – күшейтілген қабаттың тереңдігі,

$E$  – қалыпты серпімділік модулі, ГПа;

$\sigma_B$  – беріктік шегі,

$\sigma_{0.2}$  – аққыштық шегі, МПа,

$\sigma_K$  – жанасуға төзімділік шегі, МПа,

$\delta$  – деформацияның шыңдалуы,

$KCV$  – соққыға төзімділігі, Дж/м<sup>2</sup>.

Тозуға төзімділіктің карбониттеу процесінің температурасы мен уақыты, шынықтырылған қабаттың құрылымдық және физика-химиялық құрамына, сонымен қатар аққыштық, қаттылық және соққыға төзімділік сияқты механикалық сипаттамалар сияқты технологиялық процестің параметрлеріне тәуелділігі. Тозуға төзімділікті болжау критерийі негізгі параметр ретінде Бринелл немесе Роквелл қаттылығын пайдалану ұсынылады. Егер есептеулерде аққыштық шегі қолданылса, онда экспресс әдіс қаттылықты анықтайды, ал аққыштық күшін [6]-да көрсетілгендей, сызықтық қатынас түрінде қаттылық деңгейі бойынша болжауға болады:

$$\sigma_{0,2} = 3,1647 \cdot HB - 157,08 \text{ (MPa)} \quad (2)$$

Осылайша, тозуға төзімділікті болжау үшін, мысалы, 1-суретте көрсетілгендей, тәжірибелік тозуға төзімділік деректері болмаған жағдайда қаттылық параметрі қолданылады.

Болжаудың екінші кезеңі статикалық және шаршау сызаттарының басталу және даму процесін бағалауға негізделген қосылыс бөліктерінің беріктігін есептеуден тұрады.

Тозуға төзімділік пен механикалық параметрлер арасындағы байланыс әрдайым дерлік тәжірибе арқылы анықталады. Жоғарыда көрсетілген параметрлердің бірлескен әсерін ескеру қажет екенін анықтау үшін жалпыланған параметр ретінде  $p$  коэффициенті ұсынылады (1-теңдеу). Көрінетіндей, әзірленген карбониттеу режимінің тиімділігін бағалаудың жалпы критерийі ретінде өнімнің өзегінің қаттылығы және беріктігімен, сондай-ақ беткі қатайтылған қабаттың қаттылығымен және беріктігімен бақыланатын параметрді пайдалану керек. Ұзындығы  $l_{кр}$  болатын жарықшақтың критикалық ұзындығын мына түрде көрсетейік:

$$K_{1C} = \sigma_{0,2} \sqrt{\pi} l_{кр} \quad (3)$$

Өз кезегінде, соққы күші мен аққыштық күші арқылы критикалық кернеу қарқындылығы коэффициентін көрсетудің бірқатар тәсілдері бар. Жалпы бұл тәуелділік [10] формасына ие;

$$\left( \frac{K_{1C}}{\sigma_{0,2}} \right)^2 = A \left( \frac{KCV}{\sigma_{0,2}} - B \right), \quad (4)$$

Мұндағы:  $K_{1C}$  – кернеудің критикалық интенсивтілігінің коэффициенті,

$\sigma_{0,2}$  – біздің бөлшектің негізгі материалы жағдайында аққыштық шегі,

$KCV$  – соққыға төзімділік,

$A$  және  $B$  – эмпирикалық коэффициенттер

Осы өрнектен  $K_{1C}$  анықтайық және аққыштық шегін (2) теңдеуіне ұқсас өрнекпен ауыстырып, ол жалпы аққыштық пен қаттылық арасындағы байланысты өрнектейді, түрлендірулерден кейін теңдеуді аламыз;

$$K_{1C}^2 = \alpha (KCV) - \beta (HRC)^2 + C, \quad (5)$$

мұндағы  $\alpha$ ,  $\beta$  және  $C$  коэффициенттері шынықтыруға дейін және одан кейінгі үлгілерді сынау арқылы анықталатын эмпирикалық коэффициенттер.

Бұл коэффициенттер сызат ұшындағы деформацияланатын көлем мен зерттелетін материалдың қаттылығы, иілгіштігі және соққыға төзімділігі арасындағы байланысты көрсетеді.

Алынған теңдеу және оның құрылымы беткі қабаттың тозуға төзімділігін және қаттылығын арттыру үшін карбониттеуден кейін бөлшектердің жарықшаққа төзімділігінің өзгеруіне келесі түсініктемені қабылдауға мүмкіндік береді. (4) теңдеуінің құрылымынан көрініп тұрғандай, кернеу қарқындылығының коэффициенті соққы күшімен, ал аққыштық шегінің өзгеруі материалдың қаттылығымен корреляцияланады. (5) теңдеуде көрсетілген коэффициенттер сызат ұшындағы деформацияланатын көлем мен зерттелетін материалдың қаттылығы, иілгіштігі және соққыға беріктігі арасындағы байланысты көрсетеді.

Бұл мәселені шешу өнімді жасау мен пайдаланудың әртүрлі кезеңдерінде қабылданған шараларға байланысты. Бөлшектерді дайындау сатысында бөлшектердің қажу мен тозуға төзімділігін арттыру әртүрлі әдістермен жүзеге асырылады. Цементтелген, нитрокарбюрзацияланған, борланған және хромдалған бөлшектердің жоғары беріктігі мен тозуға төзімділігі, сондай-ақ бұл технологиялық процестердің тұрақтылығы оларды өте тиімді етеді. Алайда, кемшілігі ретінде көптеген зерттеушілер химиялық-термиялық процестер әдетте құрылымдық өзгерістердің температурасынан жоғары температурада жүретінін атап өтеді [4].

Пайда болған беткі қабаттың микросколдар ақаулардың көзі болып табылады. Темірдің азотпен және темірдің көміртегімен түзілген қосылыстары аустенит-феррит матрицасынан едәуір қиын болғандықтан, ыдырау осы негізгі көлемге байланысты болады. Деформациялық қартаюға байланысты болаттардың беріктігі мен икемділігінің сипаттамаларын зерттеудің белгілі нәтижелері [6] деформациялық қатаю коэффициенттеріне беріктіктің әсерін бағалауға мүмкіндік береді.

Деформацияның қатаю  $n_T$  көрсеткішін деформацияның бастапқы кезеңіндегі деформация интервалында  $e_T = 0.002$  (шартты аққыштық шегінен) аққыштық шегіне сәйкес келетін деформацияға дейінгі күштік тәуелділік  $\sigma_e = A \cdot e^n$  түрінде созылу кезіндегі деформация қисығы арқылы анықтауға болады. Логарифмдік координаттарда кернеу-деформация тәуелділігін түзу сызықты тәуелділік түрінде елестетіп көрейік, содан кейін аламыз:

$$n_T = \frac{\lg S_B - \lg \sigma_{0,2}}{\lg e_p - \lg e_T}, \quad (6)$$

Ақауы бар болат үлгісінің бұзылу шарты түрінде жазылады [6]:

$$e \geq \varepsilon_{кр} \quad (7)$$

(7) теңдеуді ескере отырып  $e_T = 2 \cdot 10^{-3}$  аламыз:

$$\lg R_{mc} = \lg \sigma_e + \lg j, \quad (8)$$

мұндағы:  $R_{mc}$  – микросколға төзімділік,

Параметр  $j = \frac{\sigma_{1max}}{\sigma_i}$  кернеу күйінің қаттылығының мағынасы бар,  $\delta_i$  – кернеудің

қарқындылығы

Жұмыста [6] сонымен қатар Болаттың тұтқырлық қорын сипаттайтын ағымдағы коэффициент ұсынылады.

$$K_{BC} = \frac{R_{mc}}{\sigma_e}$$

(3.6.9) теңдеуі келесідей өзгереді:

$$\lg \sigma_e = \lg \sigma_{0,2} + n_T \cdot \frac{\varepsilon_{кр}}{e_T}, \quad (9)$$

Сыну орын алатын критикалық деформацияның шамасы:

$$\varepsilon_{кр} = 2 \cdot 10^{-3} \left( \frac{K_B}{j} \right)^{\frac{1}{n_T}}. \quad (10)$$

Микроақауы бар материалдың ақауға төзімділік параметрін [6] келесідей жазамыз:

$$D_2 = \lg K_B - n_T \quad (11)$$

Бұл параметр ақауы бар материалдың сынғыш бұзылуына төзімділікті көрсетеді. Физикалық мағынасы, [6] сәйкес, ақауға төзімділік Болаттың қалдық икемділігімен

байланысты және берілген күштің ақауы ( $j$ ) үшін  $D_2 \geq \lg j_k$  теңсіздік орындалуы керек.

Келтірілген деректерді талдау [6] деформацияның қатаю көрсеткішін мысалы, белгілі бір тереңдіктегі жарықшақты имитациялайтын сақиналы кесіндісі бар цилиндрлік сынамалар жойылған кезде эксперименттік мәліметтерден анықтауға болатындығын көрсетті. Сонымен қатар, ақаудың мөлшері Болат құрылымының дәнінің мөлшерімен салыстырылады. Көрсеткіш  $n_T$  20-болат үшін 0,20-0,24 шамасында мәндерді қабылдайды, бұл ретте критикалық деформация мәндері қалдық деформация  $\varepsilon_{кр} = 0,13 - 0,98$  кезінде 0,16-0,96 көрсетіледі, өйткені сынғыш микрокректердің өсуі кейбір деректер бойынша 0,02-0,06% шамасында деформациялар кезінде басталады, мұндай тәсіл ең сенімді болып көрінеді.

Термомеханикалық әсер ету жағдайында деформацияның қатаю көрсеткішінің мәні қоршаған орта мен механикалық жүктеменің бірлескен әсерін ескере отырып, температураға да тәуелді және критикалық деформация деңгейін анықтайды [7].

Алайда, коррозиялық крекинг және коррозиялық шаршау кезінде сынуға дейінгі уақыт мәні мен деформациялық қатаю көрсеткіші өзгеруі мүмкін [7].

Көрсетілген коэффициент аққыштық шегінің өзгеруін тікелей көрсететіндіктен, зақымданудың беткі қабаттың икемділігі мен қаттылығына тәуелділігі жалпыланған параметр ретінде енгізілуі керек. Химиялық-термиялық өңдеудің тиісті режимі бар әртүрлі партиялардан алынған үлгілер сериясындағы коэффициенттерді эксперименттік анықтау (6) теңдеуінің коэффициенттерін анықтауға мүмкіндік береді, мұндағы:  $KCV$  – соққы тұтқырлығы,  $\alpha$ ,  $\beta$  және  $C$  – эмпирикалық коэффициенттер.

Бөлшектердің құрылымдық ерекшеліктерінің пайдалану сенімділігіне әсері негізінен сыртқы жүктемелердің әсерінен ішкі кернеулердің біркелкі емес таралу аймақтарының пайда болуына әкелетін бөлшектердің геометриялық ерекшеліктері болған жағдайларда көрінеді. Кернеу концентраторлары аймағындағы кернеу жағдайын бағалау және олардың машина жасау өнімдерінің беріктігіне әсерін ескеру өзекті міндет болып табылады. Кернеу концентраторлары ретінде бөлшектердің құрылымдық элементтерінің геометриялық ерекшеліктері де болуы мүмкін, мысалы, бір білік диаметрінен екіншісіне күрт ауысу, сонымен қатар ішкі ақаулар мен беттік ақаулар, беттің сапасыз өңделуіне байланысты.

Статистикалық фактордың әсері үлгілердің көлемінің ұлғаюымен шаршау жарықтарының пайда болу ошақтары болып табылатын материал құрылымындағы ақаулардың ықтималдығының жоғарылауымен байланысты. Статистикалық немесе масштабты фактордың әсері (абсолютті өлшемдер) арнайы коэффициентпен ескеріледі [3]:

$$K_{d\sigma} = \frac{\sigma_{-1d}}{\sigma_{-1}}, \quad (12)$$

мұндағы:  $\sigma_{-1d}$  – кернеу концентрациясы жоқ  $d$  диаметрлі үлгілердің төзімділік шегі;  
 $\sigma_{-1}$  – бірдей кіші стандартты диаметрлі үлгілердің төзімділік шегі ( $d_0=7,5$  мм)

В.П. Когаевтың жұмысында кернеулердің ауқымды әсері мен шоғырлануы егжей-тегжейлі қарастырылған [8].

Төмен циклдік жүктеме кезінде кернеулерді аққыштық шегімен салыстыруға болады, бұл жағдайда  $2\sigma_a > \sigma_T$ , сәйкес [3]:

$$\sigma_a = K_e \delta_H / 2, \quad (13)$$

мұндағы:  $K_e$  – Нейбердің тәуелділігімен анықталатын серпімді пластикалық аймақтағы деформация концентрациясының коэффициенті:

$$K_\sigma \cdot K_e = \alpha_0^2, \quad (14)$$

мұндағы:  $\alpha_0$  – кернеу концентрациясының теориялық коэффициенті кестелер бойынша таңдалады;

$K_\sigma$  – серпімді пластикалық аймақтағы кернеу концентрациясының коэффициенті,

$$K_{\sigma} = \frac{\sigma_T}{\sigma_H} \quad (15)$$

– аққыштық  $\sigma_T$  пен созылу беріктігінің  $\sigma_B$  мәндерін қабылдау керек:

– егер сынау кезінде және мәндері мемлекеттік стандарттар [4] және болатқа арналған техникалық шарттар талаптарына сәйкес келсе – осы құжаттарда көрсетілген ең төменгі мәнге сәйкес

– егер сынау кезінде  $\sigma_T$  және  $\sigma_B$  мәндер мемлекеттік стандарттарда немесе болатқа арналған техникалық шарттарда көзделгеннен төмен болса, онда нақты мәндер ауыстырылуы керек.

Технологиялық параметрлер (беттік өңдеу сапасы, бетті шынықтыру әдістері, геометриялық пішіннің дәлдігі)

Беттік өңдеу сапасы бөлшектердің шаршау сипаттамаларына айтарлықтай әсер ететін анықтаушы факторлардың бірі болып табылады.

Кедір-бұдырдың әсерін ескеру үшін төзімділік шегін төмендету коэффициенті енгізіледі:

$$K_{F\sigma} = \frac{\sigma_{-1}(R_z)}{\sigma_{-1}}, \quad (16)$$

мұндағы:  $R_z$  – беттің кедір бұдырлығы көрсеткіші [2].

Зертханалық үлгілер жұмыс бетінің кедір-бұдырына дейін мұқият жылтыратылған  $R_z < 1$  мкм.

[8] сәйкес өңдеу коэффициентінің кедір-бұдырға тәуелділігінің корреляциялық қатынасы кестелерде келтірілген.

Коэффициент кедір-бұдырға байланысты, мысалы, алюминий қорытпалары үшін  $\sigma_B$  және  $R_z$

Деформацияланатын алюминий қорытпалары үшін бетті өңдеу сапасына тәуелділік коэффициентінің индикативті мәндері, яғни беттің кедір-бұдырлығы 1 кестеде келтірілген.

Кесте 1. Беттік өңдеу сапасының коэффициентінің беттің кедір-бұдырлығына тәуелділігі

Соңғы өңдеу	Кедір-бұдырлық параметрлері $R_z$ , мкм	$K_{F\sigma}$
Жылтырату	0,5...1,0	1,00
Тегістеу	1,5...2,0	0,96-0,98
Таза бұралу	4...10	0,87-0,94
Бұрылу	10...15	0,84-0,88
Өрескел бұралу	20...30	0,78-0,83
Өте өрескел бұралу	50...100	0,70-0,75



## Нәтижелер және талқылау

Беттік қатайтудың физика-химиялық немесе химиялық-термиялық әдістерін қолданған жағдайда, төзімділік шегінің едәуір артуы байқалады, бұл бөліктің беткі қабатында қалдық кернеулердің пайда болуымен түсіндіріледі және оның қаттылығының айтарлықтай жоғарылауымен бірге жүреді.

Уақыт кедергісін және сәйкес қаттылықты арттыру арқылы беттік беріктіктің әсер ету коэффициентін төзімділік шегіне тәуелділік арқылы анықтауға болады:

$$K_V = \frac{\sigma_{-1(\text{упр})}}{\sigma_{-1}}, \quad (17)$$

мұндағы:  $\sigma_{-1(\text{упр})}$  сынау кезіндегі төзімділік шегі, қатаюдан кейін.

Мұнда беттік қатайту әдістерінің негізгі түрлері келтірілген:

– беттік пластикалық деформация (БПД) фракциямен үрлеу, роликтермен илектеу, Гауһар үтіктеу, соғу, тесіктерді илемдеу және т. б.;

– химиялық-термиялық әдістер (цементтеу, азоттау, циандау (көміртегі мен азотпен бір мезгілде Болаттың беткі қабатының диффузиялық қанығу процесі) және т. б.);

– жоғары жиілікті токтармен жылумен беттік сөндіру;

– сәулелік әдістер: лазерлік өңдеу, иондық имплантация, электронды сәулелік өңдеу;

– аралас әдістер.

Беттік қатайту әдістері төзімділік шегінің 1,2...3 есе артуына әкелуі мүмкін. Әсер, басқалармен қатар, құрылымдық элементтің жұмыс жағдайына байланысты (жүктеме, температура, орта және т.б.) және қатайтылған және қатайтылмаған үлгілер мен бөлшектерді тікелей сынау арқылы орнатылады [2].  $K_V$  коэффициентін анықтауға арналған кейбір анықтамалық мәліметтер 2 және 3 кестелерінде келтірілген.

### 2-Кесте. Беттік қатаюдың әсері

Жоғары жиілікті токтармен бетті шынықтыру әсері (айналумен иілу, шыңдалған қабат тереңдігі 0,9-1,5 мм)	Үлгі диаметрі үшін $K_V$	
Үлгі түрі	7-20 мм	30-40 мм
Кернеу концентрациясы жоқ	1,3-1,6	1,2-1,5
Кернеу концентрациясымен	1,6-2,8	1,5-2,5

### 3-Кесте. Химиялық-термиялық өңдеу түрінің әсері

Химиялық-термиялық өңдеу сипаттамасы	Үлгі түрі	Үлгі диаметрі үшін $K_V$		
		8-15 мм	10 мм	30-40 мм

Қабаттың тереңдігінде азот-тау (N) 0,1-0,4 мм, қабаттың қаттылығы 730.970 Н В	Кернеу концентрациясы жоқ	1,15-1,25	-	1,10-1,15
	Кернеу концентрациясымен (көлденең, тесік, кесу)	1,90-3,00	1,30-2,00	
0,2-0,6 мм қабат тереңдігінде цементтеу (С)	Кернеу концентрациясы жоқ	1,20-2,10	1,10-1,50	

Шаршау шегі мен материалдардың беріктік шегі арасында бір мәнді байланыс орнатылмаған, бірақ беріктік сипаттамалары неғұрлым жоғары болса, соғұрлым шаршау шегі де соғұрлым жоғары болады. Алайда, жоғары беріктігі бар материалдар кернеу концентрациясына жоғары сезімталдыққа ие, бұл олардың беріктік артықшылықтарын жоққа шығаруы мүмкін. Сондықтан, мұндай бөлшектерді жобалау кезінде кернеу концентраторларының әсерін ескеріп, дизайнды өте мұқият өңдеу керек. Материалдың беріктігінің жоғарылауымен оның бетінің күйіне сезімталдығы артады. Конструктордың қолында бөлшектердің шаршау беріктігі мен сенімділігін арттыруға мүмкіндік беретін әдістердің кең спектрі бар.

Ортаның циклдік шаршауға әсерін олардың әсер ету жылдамдығының жарықтардың даму жылдамдығына сәйкес қарастырған жөн. Көптеген жұмыстар ортаның агрессивтілігінің жоғарылауымен хабтың әсері әлсірейтінін көрсетеді. Кернеу деңгейі неғұрлым жоғары болса, кернеу концентраторларының әсері ортаның салыстырмалы түрде аз әсерімен соғұрлым күшті болады [7].

### Қорытынды

Жүргізілген зерттеулер мен әдеби деректерді талдау нәтижесінде қазіргі уақытта бұйымдардың берілген дәлдігі мен олардың бетінің жоғары сапасын қамтамасыз ету мақсатында олардың пайдалану жүктемесін және бөлшектерді механикалық және беттік өңдеудің технологиялық процесін одан әрі дамытуды ескере отырып, бұйымдардың беріктігін болжау әдістерін одан әрі жетілдіру қажеттілігі туындағаны анықталды.

Жүк көтергіш беттердің тозуының шекті мәндерінің пайдалану жүктемелері кезінде машина бөлшектерінің жұмыс қабілеттілігіне әсерін зерттеу Пайдалану кезінде бөлшектердің беріктігін болжау есептеулерінің модельдері мен әдістерін жасауға мүмкіндік береді.

### Авторлардың қосқан үлесі:

**О.Б. Сейдуллаева, Д.С.Мырзалиев** – тұжырымдама, әдістеме, ресурстар, мәліметтер жинау.

**З.А. Ибрагимова** – талдау, визуализация, интерпретация, жазу, өңдеу, қаржыландыру.

### Әдебиеттер тізімі

1. Сидоров С.А. Технический уровень и ресурс рабочих органов сельхозмашин. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1998. – № 3. – С. 29–33.

2. Ткачев В.Н., Фиштейн Б.Ч., Казинцев Н.В., Алдырев Д.А. Индукционная наплавка твердых сплавов. – М.: Машиностроение, 1970. – 184 с.
3. Иванайский В.В., Ишков А.В., Кривочуров Н.Т. и др. Влияние природы борлирующего агента, флюсов и активаторов на характеристики покрытий, полученных при скоростном борировании легированных сталей // Ползуновский вестник. – 2010. – № 3. – С. 201–203.
4. Ишков А.В., Кривочуров Н.Т., Мишустин Н.М. и др. Износоустойкие боридные покрытия для почвообрабатывающих органов сельхозтехники // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 9. – С. 71–74.
5. Химикотермическая обработка металлов и сплавов / Справочник под редакцией Л.С. Ляховича. – М.: Металлургия, 1981. – 424 с.
6. Ворошнин Л.Г., Ляхович Л.С. Борирование стали. – М.: Металлургия, 1978. – 239 с.
7. Эвери Д., Бэкофен В. Зарождение и рост усталостных трещин // Разрушение твердых тел. - М: Металлургия, 1967. – С.146-190.
8. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени / В.П. Когаев. – М.: Машиностроение, 1977. – 232 с.

**О.Б Сейдуллаева, Д.С.Мырзалиев, З.А. Ибрагимова**

*Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан, Шымкент*

### **Методика оценки долговечности при изнашивании поверхностно упрочненных деталей**

**Аннотация.** В статье рассмотрена методика долговечности при изнашивании поверхностно упрочненных деталей. Повышение прочности техники связано, прежде всего, не только с повышением надежности ее основных узлов, агрегатов, соединений и деталей, но и со снижением затрат и расхода топлива при выполнении производственных процессов.

Качество поверхности деталей машин включает как геометрические характеристики, так и физико-механические свойства. Исследование влияния шероховатости рабочих поверхностей на их износостойкость показало, что минимальная шероховатость поверхности не всегда обеспечивает ее высокую износостойкость

Связь между износостойкостью и механическими параметрами всегда определяется экспериментально. В качестве обобщенного параметра предлагается коэффициент  $r$ , для определения которого необходимо рассмотреть совместный эффект указанных в статье параметров. По-видимому, в качестве обобщенного критерия оценки эффективности разработанного режима Карбонитрации следует использовать параметр, контролируемый твердостью и прочностью сердцевины изделия, а также твердостью и прочностью поверхностно-упрочненного слоя.

В свою очередь, в статье рассмотрен ряд способов выражения критического коэффициента интенсивности напряжения через предел прочности и текучести.

При проведении исследований учитывались известные результаты научных работ, выполняемых на кафедре «Механика и машиностроение» по государственным бюджетным и грантовым темам в области машиностроения.

**Ключевые слова:** износостойкость, прочность, долговечность, механическая обработка, карбонитрация.

**O.B. Seidullayeva, D. S. Myrzaliyev, Z.A. Ibragimova**

*M. Auezov South Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan, Shymkent*

### **Methodology for assessing durability during wear of surface-hardened parts**

**Abstract.** The article considers the method of durability during wear of surface-hardened parts. The increase in the strength of equipment is primarily due not only to an increase in the reliability of its main components, aggregates, connections and parts, but also to a reduction in costs and fuel consumption during production processes.

The surface quality of machine parts includes both geometric characteristics and physical and mechanical properties. The study of the influence of the roughness of working surfaces on their wear resistance has shown that the minimum surface roughness does not always ensure its high wear resistance.

The relationship between wear resistance and mechanical parameters is always determined experimentally. The coefficient  $p$  is proposed as a generalized parameter, to determine which it is necessary to consider the combined effect of the parameters specified in the article. Apparently, as a generalized criterion for evaluating the effectiveness of the developed carbonitration regime, a parameter controlled by the hardness and strength of the core of the product, as well as the hardness and strength of the surface-hardened layer, should be used.

In turn, the article considers a number of ways to express the critical stress intensity coefficient through the tensile strength and yield strength.

The research took into account the well-known results of scientific work carried out at the Department of Mechanics and Mechanical Engineering on state budget and grant topics in the field of mechanical engineering.

**Keywords:** wear resistance, strength, durability, machining, carbonitration.

### **References**

1. Sidorov S.A. Tekhnicheskiy uroven' i resurs rabochikh organov sel'khoz mashin. // Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. [Sidorov S.A. Technical level and resource of working parts of agricultural machines. // Tractors and agricultural machines] – 1998. – № 3. – S. 29–33.
2. Tkachev V.N., Fishteyn B.Ch., Kazintsev N.V., Aldyrev D.A. Induktsionnaya naplavka tverdykh splavov. – M.: Mashinostroyeniye, [Tkachev V.N., Fishteyn B.Ch., Kazintsev N.V., Aldyrev D.A. Induction surfacing of hard alloys. – M.: Mechanical Engineering] 1970. – 184 s.
3. Ivanayskiy V.V., Ishkov A.V., Krivochurov N.T. i dr. Vliyaniye prirody boriruyushchego agenta, flyusov i aktivatorov na kharakteristiki pokrytiy, poluchennykh pri skorostnom borirovani legirovannykh staley // Polzunovskiy vestnik. [Ivanayskiy V.V., Ishkov A.V., Krivochurov N.T. and others. The influence of the nature of the boriding agent, fluxes and activators on the characteristics of coatings obtained during high-speed boriding of alloy steels // Polzunovsky Bulletin. – 2010. – № 3. – S. 201–203.

4. Ishkov A.V., Krivochurov N.T., Mishustin N.M. i dr. Iznosoostoykiye boridnyye pokrytiya dlya pochvoobrabatyvayushchikh organov sel'khoztekhniki // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. [Ishkov A.V., Krivochurov N.T., Mishustin N.M. and others. Wear-resistant boride coatings for tillage implements of agricultural machinery // Bulletin of the Altai State Agrarian University.] – 2010. – № 9. – S. 71–74.
5. Khimikotermicheskaya obrabotka metallov i splavov / Spravochnik pod redaktsiyey L.S. Lyakhovicha. – М.: Metallurgiya, [Chemical-thermal processing of metals and alloys / Handbook edited by L.S. Lyakhovich. – М.: Metallurgy] 1981. – 424 s.
6. Voroshnin L.G., Lyakhovich L.S. Borirovaniye stali. – М.: Metallurgiya, [Voroshnin L.G., Lyakhovich L.S. Boriding of steel. – М.: Metallurgy] 1978. – 239 s.
7. Everi D., Bekofen V. Zarozhdeniye i rost ustalostnykh treshchin // Razrusheniye tverdykh tel- М: Metallurgiya, [Avery D., Bakofen V. Origin and growth of fatigue cracks // Fracture of solid bodies - М: Metallurgy] 1967-s146-190.
8. Kogayev, V.P. Raschety na prochnost' pri napryazheniyakh, peremennykh vo vremeni / V.P. Kogayev. – М.: Mashinostroyeniye, [Kogayev, V.P. Strength calculations under time-varying stresses / V.P. Kogayev. – М.: Mashinostroenie] – 1977. – 232 s.

**Авторлар туралы мәлімет:**

**Сейдуллаева Орынгул Бахытқызы** – магистр, оқытушы, «М.ӘУЕЗОВ атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті» КЕАҚ, «Механика және мұнайгаз ісі» факультеті, Шымкент, 160016, Қазақстан Республикасы.

**Сейдуллаева Орынгул Бахытовна** – магистр, преподаватель НАО «Южно-Казахстанский университет им.М.Ауэзова», Шымкент, 160016, Республика Казахстан.

**Seydullayeva Oryngul Bakhytkyzy** – Master's degree, a teacher NAO «M.Auezov South Kazakhstan University», Faculty of Mechanics and oil and gas engineering, Shymkent, 160016, Republic of Kazakhstan

**Мырзалиев Дархан Сапарбайұлы** – т.ғ.к., доцент, «М.ӘУЕЗОВ атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті» КЕАҚ, «Механика және мұнайгаз ісі» факультеті, Шымкент, 160016, Қазақстан Республикасы

**Мырзалиев Дархан Сапарбаевич** – к.т.н., доцент НАО «Южно-Казахстанский университет им.М.Ауэзова», Шымкент, 160016, Республика Казахстан.

**Myrzaliev Darkhan Saparbaevich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of NAO «M.Auezov South Kazakhstan University», Faculty of Mechanics and oil and gas engineering, Shymkent, 160016, Republic of Kazakhstan

**Ибрагимова Зауре Асилбекқызы** – PhD доктор, доцент, «М.ӘУЕЗОВ атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті» КЕАҚ, «Механика және мұнайгаз ісі» факультеті, Шымкент, 160016, Қазақстан Республикасы

**Ибрагимова Зауре Асилбековна** – PhD доктор, доцент НАО «Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова», Шымкент, 160016, Республика Казахстан.

**Ibrahimova Zaure Asilbekovna** – PhD Doctor, Associate Professor of the NAO «M. Auezov South Kazakhstan University», Faculty of Mechanics and oil and gas engineering, Shymkent, 160016, Republic of Kazakhstan



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).