

UOT 621.923.5

HONLAMA PROSESİNDƏ SƏTH KEYFİYYƏTİNİN MÜASİR TEXNOLOJİ ÜSULLARLA YÜKSƏLDİLMƏSİ

¹Əziz S.Ş., ²Abbasov E.O., ²Kəlbəyev F.M., ³Hüseynzadə E.M.

¹“Azərbaycan Texniki Universiteti” PHŞ

AZ1073, Bakı şəh., H.Cavid pros., 25

²“Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ

AZ1000, Bakı şəh., Z. Əliyeva küç., 18

³Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti

AZ1001, Bakı şəh., İstiqlaliyyət küç., 6

E-mail: sarvan_e@hotmail.com, elnur.abbasov@asco.az, farqan.kalbiyev@asco.az,
e_huseynzade@unec.edu.az

Xülasə. Gəmiqayırma sənayesində geniş istifadə olunan 30CrMo4 markalı poladdan hazırlanmış yüksək dəqiqlikli hissələrin honlanması əməliyyatında keyfiyyətin artırılması məsələləri təqdim edilmiş məqalənin əsas məğzini təşkil edir. Honlamada yüksək keyfiyyətin əldə olunması üçün seçilmiş polad markasının fiziki-mexaniki, struktur-kimyəvi və ən əsası texnoloji xüsusiyyətləri analiz edilmişdir. Honlama əməliyyatının tətbiqi zamanı səthin mikrohəndəsəsinin, eləcə də səth və səth qatı keyfiyyətinin formalaşması qanunauyğunluğu öyrənilmişdir. Səth keyfiyyətinin optimal hədlərdə alınması üçün daxili slindrik honlama prosesinin əsas giriş parametrlərinin təyini üzrə aparılmış təcrübələrin nəticələri göstərilmişdir. Əməliyyatın əsas xüsusiyyətləri əsasında detal səthinin keyfiyyətinə təsir edən faktorlar müəyyənləşdirilmiş və emalın optimal şəraiti seçilmişdir. Müasir honlama əməliyyatlarının tətbiqi ilə yüksək keyfiyyətli daxili slindrik səthlərin alınması üçün texnoloji üsulların seçilməsi, səthin formalaşma xüsusiyyəti və emal rejimi parametrlərinin seçilməsinin ümumi qanunauyğunluğu araşdırılmışdır.

Аннотация. Основное внимание в статье уделено повышению качества процесса хонингования высокоточных деталей из стали 30CrMo4, используемых в судостроительной промышленности. Для достижения высокого качества хонингования были проанализированы физико-механические, структурно-химические и, что самое главное, технологические свойства выбранной марки стали. Изучены закономерности формирования микрогеометрии поверхности, а также качество поверхности и поверхностного слоя при применении операции хонингования. Представлены результаты экспериментов, проведенных по определению основных входных параметров процесса внутреннего цилиндрического хонингования для получения оптимального качества поверхности. На основании главных характеристик операции выявлены факторы, влияющие на качество поверхности детали, и выбраны оптимальные режимы обработки. Исследован выбор технологических приемов получения высококачественных внутренних цилиндрических поверхностей за счет применения современных операций хонингования, общие закономерности выбора свойств формирования поверхности и параметров режимов обработки.

Abstract. The article focuses on improving quality in the honing process of high-precision parts made from 30CrMo4 steel, which is used in the shipbuilding industry. The physical-mechanical, structural-chemical, and, most importantly, technological properties of the selected steel grade have been analyzed to ensure high-quality honing. The study examines the microgeometry of the surface, as well as the formation regularities of surface and surface layer quality during the honing process. The results of experiments aimed at determining the main input parameters of the internal cylindrical

honing process to achieve optimal surface quality have been presented. Based on the main characteristics of the process, the factors affecting the quality of the part's surface have been identified, and the optimal machining conditions have been selected. The research investigates the selection of technological methods, surface formation characteristics, and machining regime parameters to achieve high-quality internal cylindrical surfaces through modern honing processes.

Açar sözlər: honlama, kələ-kötürlük, bərklik, xüsusi təzyiq, ölçü dəqiqliyi

Ключевые слова: процесс хонингования, шероховатость поверхности, твердость, удельное давление, точность

Key words: honing process, surface roughness, hardness, special pressure, accuracy

Giriş. 30CrMo4 markalı polad BRITISH STANDARD-BS EN 10297-1:2003, SAE 4130-a uyğun olaraq Cr və Mo əsaslı, az karbonlu, legirlənmiş poladdır. Bu elementlər poladın fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərini və korroziyaya davamlılığını artırır. 30CrMo4 markalı polad digər oxşar analoqlarına nisbətə yüksək bərkliyə, möhkəmliyə və sərtliyə malikdir ki, bu da onu gərgin mexaniki şəraitlərdə istifadəyə yaralı edir. 30CrMo4 markalı poladın yaxşı texnoloji və yüksək fiziki-mexaniki xassələri vardır. Belə ki, bu polad yaxşı maye axıcılığına malikdir, çat yaranması və gərginliklərə meyilli deyildir. Tablanma dərinliyinin nisbətən az olması isə 30CrMo4 poladından nazikdivarlı məmulatlar, müxtəlif təyinatlı yayma boruları və s. istehsalında əlverişli konstruksiya materialı kimi istifadə etməyə imkan verir.

30CrMo4 markalı polad demək olar ki, sənayenin əksər sahələrində geniş diapazonda tətbiq olunur. Belə ki, gəmiqayırmada vallar, diş çarxlar və yüksək yüklərə məruz qalan detalların, avtomobil sənayesində mühərrik, transmissiya və şassi komponentlərinin, aerokosmik sənayedə isə yüksək güc və etibarlıq tələb olunan təyyarə və raket detallarının istehsalında geniş şəkildə istifadə olunur. Cədvəl 1-də 30CrMo4 markalı poladın əsas kimyəvi göstərilmişdir.

Cədvəl 1

30CrMo4 markalı poladın kimyəvi tərkibi

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Fe
0,27-0,34	<0,35	0,35-0,6	<0,035	<0,035	0,8-1,15	1,15-0,30	Qalanı

Adı çəkilən poladın kimyəvi tərkibi müxtəlif variantlarda təqdim olunur ki, cədvəl 2-də legirləyici elementlərin faiz nisbətinin müxtəlif hədlərdə müxtəlif göstəriciləri verilmişdir. 30CrMo4 markalı poladdan hazırlanmış tədqiqat obyektinin kimyəvi tərkibi onun mexaniki xassələrinə, xüsusən də bərkliyinə ciddi təsir edir.

Cədvəl 2

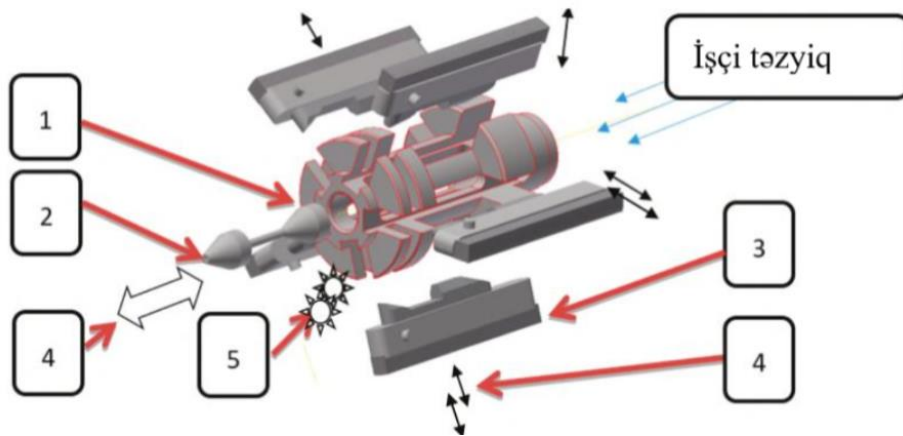
30CrMo4 markalı poladın kimyəvi tərkibinin kritik göstəriciləri

Variant	Tökmə	Qaynaqlanma		C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Ni %	Mo %
322D	IC	CEV 0.74 _{max}	Min	0.28	0.20	0.40	-	-	0.90	-	0.18
		Pcm 0.47 _{max}	Max	0.33	0.35	0.60	0.025	0.010	1.10	0.25	0.25
322Q	IC	CEV _{max}	Min	0.29	0.20	0.60	-	-	0.90	0.15	0.20
		Pcm _{max}	Max	0.32	0.35	0.70	0.010	0.002	1.10	0.25	0.25

Məlumdur ki, bərklik ədədinin artması ilə materialın kəsilməyə qarşı müqaviməti də artır, bu da öz növbəsində kəsmə qüvvəsinin yüksək qiymətdə seçilməsini şərtləndirir. Nəticə olaraq texnoloji sistem elementlərinin titrəməsi daha böyük diapazonlarda dəyişir ki, bu da səthin kələ-kötürlüyünün

yüksəlməsinə gətirib çıxarır.

Daxili silindrik səthlərin honlanması çox kiçik həndəsi forma meyillənməsi və kələ-kötürlüyün (R_a) minimal həddlərdə formalaşmasına imkan yaradan texnoloji əməliyyat kimi geniş tətbiq olunur. Honlama əməliyyatı finiş emal prosesi olaraq, hissələrin mikrohəndəsi ölçüləri, səth və səth qatı keyfiyyəti, həmçinin işçi səthin yeyilməyə davamlılığın lazımı həddlərdə formalaşması üçün tətbiq olunur. Kəsmə rejimi elementlərinin tənzimlənməsi səthin kələ-kötürlük dərəcəsinin dəyişməsi ilə nəticələnir. Həmçinin bu parametr özü detalın giriş və çıxış məntəqələrində aşağı, mərkəzə yaxın yerlərdə isə nisbətən böyük qiymətlər alır. Göstərilən fərqlilik təxminən 9-11% nisbətində dəyişə bilər. Bu, honlama başlığının konsol tir şəklində yerləşməsi və pəstahın dəzgah tərtibatında bərkidilmə xüsusiyyətindən irəli gəlir. Hissələrin həm termiki emal olunmuş və olunmamış səthlərində özütənzimlənən honlama əməliyyatının aparılmasından alınan kələ-kötürlük göstəriciləri ənənəvi honlama ilə müqayisədə nəzərəcarpacaq dərəcədə effektivdir. Avtomatlaşdırılmış honlama əməliyyatı üçün özütənzimlənən iki istiqamətli honlama başlığının kinematik sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir [1]. Seçilmiş konstruksiya bülöv daşları və honlama başlığının hərəkət istiqamətini ikitərəfli idarə etməyə imkan verir.



Şəkil 1. Özütənzimlənən iki istiqamətli honlama başlığı: 1-əsas gövdə, 2-bülöv üçün genişləndirici, 3-bülöv daşı, 4-hərəkətin idarəedilmə istiqaməti; 5-avtomatik nəzarət sistemi

Daxili silindrik səthlərin mövcud emal texnologiyası ilkin torna, incə torna, termiki emal, ilkin paradaqlama, incə paradaqlama və ən sonda honlama texnoloji əməliyyatlarının ardıcıl şəkildə tətbiqi ilə yerinə yetirilir. Honlama prosesində səthin təmizlik dərəcəsi asılı olaraq, fırlanma və irəli-geri hərəkət sürətlərinin 2:1 və 3:1 nisbətləri tətbiq edilir [2, 3]. Kəsmə ilə mexaniki emalın istənilən əməliyyatı emal olunan səthin plastik deformasiyası ilə müşayiət olunur. Metal qatının yapışdığı zona adətən metal qatının səthinə aid edilərək, sonrakı əməliyyatlarda çıxarılmaq üçün nəzərdə tutulur [4,5]. Finiş emal əməliyyatı prosesində əsasən intensiv yapışmış qat çıxarılır, qalan böyük hissə isə üst səth qatı materialında qalır.

Səthin əsas keyfiyyət göstəricisi olan kələ-kötürlük (R_a) çoxsaylı qarşılıqlı əlaqəli faktorlardan asılıdır və bunlar kompleks şəkildə maşın detallarının istismar xüsusiyyətlərini formalaşdırır. Tələb olunan keyfiyyət göstəricilərinin təmin olunması məqsədilə honlama prosesinin texnoloji imkanlarının kompleks tədqiqinin vacibliyi meydana çıxır. Bu məqsədlə emal prosesinin əsas parametrləri beş səviyyədə araşdırılmışdır.

Təcrübə nəticələrinin adekvatlığı Koxren kriteriyası ilə yoxlanılmış, hesablamalar nəticəsində amillərin kodlaşdırılmış qiymətləri üçün prosesin reqresiya modeli alınmışdır. Riyazi modeldən görünür ki, R_a -ya həlledici təsiri x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 amilləri göstərir. Fişer kriteriyasına görə yoxlama $\alpha=0,05$ qiymət səviyyəsi üçün seçilmiş modelinin adekvat olduğunu təsdiqləyir.

$$\begin{aligned} \hat{y}_{Ra} = & 0,33 - 0,010x_1 - 0,018x_2 + 0,016x_3 + 0,023x_4 - 0,027x_5 - \\ & - 0,019x_2 - 0,012x_1x_4 - 0,013x_1x_5 + 0,021x_2x_3 + 0,012x_2x_4 - \\ & - 0,013x_2x_5 + 0,014x_3x_5 + 0,012x_4x_5 + 0,011x_1^2 + 0,029x_2^2 + \\ & + 0,015x_3^2 + 0,013x_4^2 - 0,029x_5^2 \end{aligned} \quad (1)$$

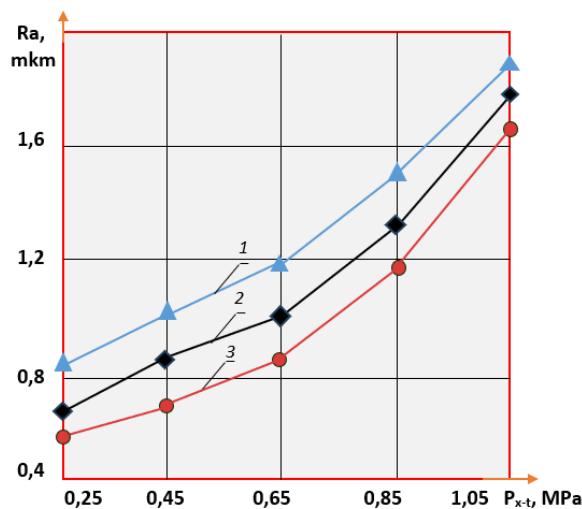
Müvafiq çevirmələrdən sonra (1) bərabərliyi amillərin natural qiymətləri üçün aşağıdakı şəkli alır:

$$\begin{aligned} R_a = & 0,161 + 0,031V_{i-g} - 0,121V_f + 0,215P_{x,t} + 0,419Z - 0,251T + \\ & + 0,342V_{i-g}V_f - 0,015V_{i-g}V_fZ - 0,152V_fP_{x,t} + 0,254P_{x,t}T + \\ & + 0,242P_{x,t}Z + 0,015V_{i-g}^2 + 0,145V_f^2 + 0,282P_{x,t}^2 + 0,325Z^2 - 0,262T^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Bu metodikaya əsasən, yeni üsulla aparılan honlama əməliyyatı üçün səthin münasib kələ-kötürlüyünü təmin etmək məqsədilə emal prosesinin optimal parametrləri təyin edilmişdir - $V_{i-g}=0,17$ m/san, $V_f=0,52$ m/san, $P_{x,t}=0,70$ MPa, $Z=170$ mkm, $T=95$ san.

Honlama prosesinin müxtəlif parametrlərinin emal olunan səthin kələ-kötürlüyünə təsirinin ümumi qanunauyğunluğu eksperimental olaraq tədqiq olunmuş və funksional asılılıqlar əldə olunmuşdur.

Honlama prosesində səthə göstərilən təzyiqin artırılması onun xarici görünüşünün və fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin, o cümlədən də səthin kələ-kötürlüyünün dəyişməsinə gətirib çıxarır. Xüsusi təzyiqin ($P_{x,t}$) qiymət artımı ilə səthin kələ-kötürlüyü (R_a) da artır (qrafik 1). Təzyiqin artması ilə yağlayıcı və soyuducu səth qatı dağılır, kəsilən metal qatına düşən yük artır, bu da istiliyin ayrılmasına-səth qatı materialının plastikiləşməsinə gətirib çıxarır ki, nəticədə detal səthinin möhkəmliyi azalır [6, 7]. Daxili silindrik səthlərin honlama prosesində xüsusi təzyiqin artması hesabına hon başlığı ilə detal arasında optimal araboşluğun faktiki olaraq yaranmaması kəsmə zonasından yonqarın kənar olunmasını çətinləşdirir və başlığın səthi üzrə dənəciklərin bərabər paylanma şərtini pozur. Nəticədə emal olunan səthdə cızıqlar və şırımlar yaranır və onların üzərində kiçik ölçülü yonqar və abraziv dənələri yığılır. Səthə istiqamətlənmiş aşağı təzyiqlərdə plastik deformasiya yalnız səthin nahamarlıqlarının (çixıntılarının) uc hissələrinin kəsilməsində müşahidə olunur.

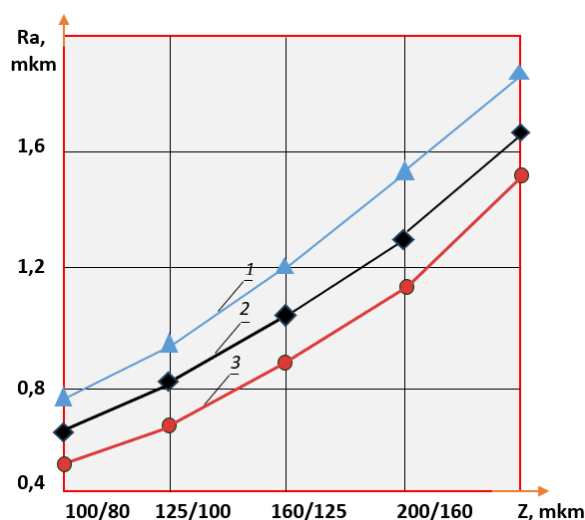


Qrafik 1. Kələ-kötürlüyün (R_a) xüsusi təzyiqdən ($P_{x,t}$) asılılığı: (1, 2, 3 – uyğun olaraq, irəli-geri hərəkət sürətinin $V_{i-g}=0,10, 0,15$ və $0,20$ m/san qiymətlərində)

Kələ-kötürlülük aşağı düşdükcə səthin abraziv dənəcikləri ilə kontaktı nəzərəcarpacaq qədər artır və prosesin sonunda bu dənəciklərin əsas hissələri xırdalanır. Belə şəraitdə honlama prosesinin növbəti mərhələdə davam etdirilməsi üçün daha yüksək kontakt təzyiqi təmin edilməlidir. Bu hal honlama gücünün artması, kəsmə zonasında temperaturun yüksəlməsi və üst səthin yumşalmış materialının abraziv dənəcikləri ilə gücləndirilmiş qaydada tutulması ilə nəticələnə bilər [8, 9]. Xüsusi təzyiqin qiymətinin 0,80-dən 1,10 MPa qədər artırılması səthdən metal çıxarılmasını tədricən artırır, sonrakı artımda isə alət suvaqlaşır ki, bu da metal çıxarılmasının azalmasına gətirib çıxardır.

$P_{x,t}$ -nin sonrakı optimaldan aşağı səviyyədə azalması metal çıxarılmasının və emal məhsuldarlığının aşağı düşməsinə səbəb olur. 1,20-1,35 MPa təzyiq diapazonu daxilində səthdən metal çıxarılması $P_{x,t}$ -yə mütənəsb olaraq dəyişir.

Qrafik 2-dən göründüyü kimi honlama bülövü dənəvərliyinin (Z) artması ilə emal olunan səthin kələ-kötürlüyü (R_a) əhəmiyyətli dərəcədə artır. Səthin kələ-kötürlüyü R_a -nın artması dənəvərliyinin artması, həm də dənələrin həndəsi forma quruluşundan asılılığı güman olunur. Belə ki, dənəvərliyin yüksəlməsi ilə hər bir vahid dənəciyin çıxardığı qatın sahəsi artır, bu da səth qatının mikroreliefindəki qanovcuqların en kəsiklərinin artmasına gətirir, nəticədə səthin kələ-kötürlüyü R_a -nın qiyməti artır.



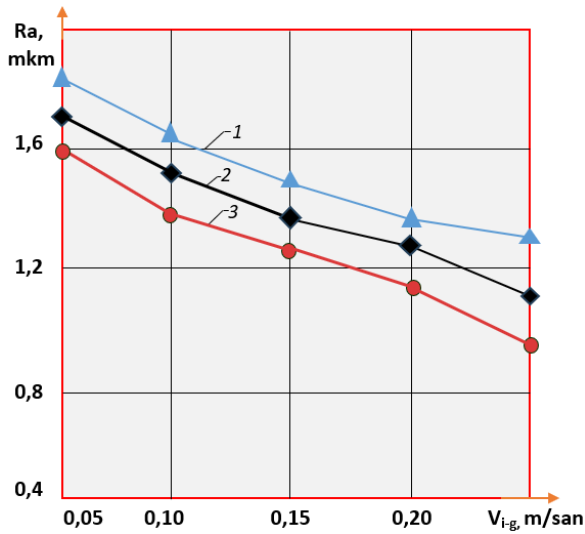
Qrafik 2. Kələ-kötürlüyün (R_a) abraziv dənəvərliyindən (Z) asılılığı;
(1, 2, 3 – uyğun olaraq, irəli-geri hərəkət sürətinin $V_{i-g}=0,10, 0,15$ və $0,20$ m/san qiymətlərində)

Abraziv pastanın dənəvərliyinin dəyişilməsi ilə ümumilikdə kəsmə prosesi, həm də emal olunan metalla dənəcik arasındakı hər cür əlaqə də dəyişilir. Bu qarşılıqlı təsirə kontakt zonasındakı dənələrin vəziyyəti və hərəkətləri də nəzərəcarpacaq dərəcədə təsir göstərir [10, 11]. Əgər xırda abraziv dənələri emal prosesində nisbətən stabil vəziyyətə malikdirsə, daha böyük dənələri olan bülöv daşları tətbiq olunduqda mexaniki kəsmənin payı artır.

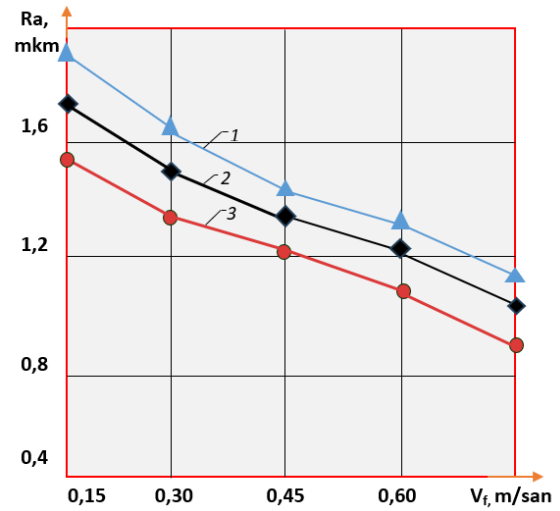
Optimal markalı pastaların seçilməsi hesabına emalın məhsuldarlığını 1,4-1,6 dəfə və emal olunan səthin kələ-kötürlüyünü 1,7-1,9 dəfəyə qədər artırmaq mümkündür. Bir faktı da qeyd etmək lazımdır ki, bir sıra abraziv materialların xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, onların emal olunan səthə təsiretmə imkanları yalnız mexaniki deyil, həm də kimyəvi təsiretməni ehtiva edir. Bu hal həm də emal olunan səthdə oksidləşmiş örtüyün əmələ gəlməsi ilə xarakterizə olunur.

Qrafik 3 və 4-dən göründüyü kimi, honlama başlığının irəli-geri (V_{i-g}) və fırlanma (V_f) hərəkət sürətlərinin artması ilə emal olunan səthin kələ-kötürlüyü azalır. Honlama başlığında müəyyən təzyiq olduqda abraziv dənəcikləri ilə kəsmə baş verir, fırlanma sürətinin aşağı qiymətlərində üst səth qatındakı metalın yumşalması üçün lazım olan istilik miqdarı və mikroreliefin plastik hamarlanması yetərli olmur. Bu problemin həlli üçün istiliyin artırılması məqsədilə V_{i-g} və V_f parametrləri

qiymətlərinin artırılması zəruridir. Müəyyən edilmişdir ki, stabil kələ-kötürlüyün alınması üçün $V_{i.g}=0,25-0,30$ m/san və $V_f=0,5-0,6$ m/san sürətlərində işləmək daha əlverişlidir.



Qrafik 3. Kələ-kötürlüyün (R_a) irəli-geri hərəkət sürətindən (V_{i-q}) asılılığı;
 (1, 2, 3 – uyğun olaraq, xüsusi təzyiqin $P_{x-t}=0,45$,
 0,65 və 0,85 MPa qiymətlərində)

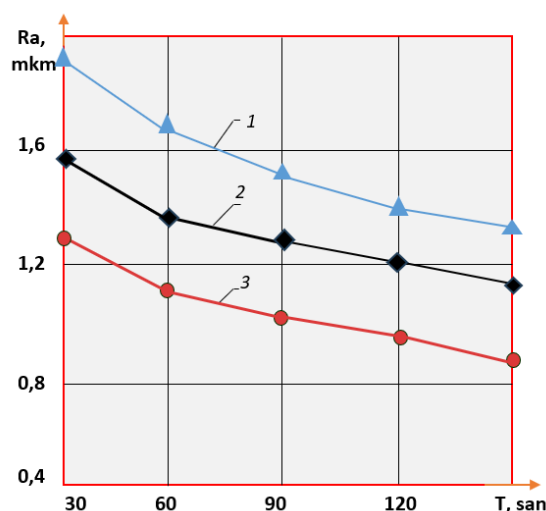


Qrafik 4. Kələ-kötürlüyün (R_a) fırlanma hərəkət sürətindən (V_f) asılılığı;
 (1, 2, 3 – uyğun olaraq, xüsusi təzyiqin $P_{x-t}=0,45$,
 0,65 və 0,85 MPa qiymətlərində)

Təcrübələrlə müəyyən edilmişdir ki, detalların irəli-geri və fırlanma hərəkət sürətlərinin $V_{i.g}=0,15-0,17$ m/san və $V_f=0,45-0,50$ m/san qiymətlərindən kiçik sürətlərdə səthdə $R_a=1,0-1,2$ mkm-dək aşağı dayanıqlı kələ-kötürlüyün alınması mümkün olmur. İrəli-geri və fırlanma hərəkət sürətlərinin artırılması ilə detalın üst səth qatından metal çıxarılma intensivliyi yüksəlir. Belə ki, abraziv dənəciklərin mikrohəndəsi ölçüləri (dənəverliyi) nə qədər böyük olarsa, səthdən metal çıxarılması daha nəzərəçarpan dərəcədə olur.

Metalların mexaniki xassələri ilə onun yonulma qabiliyyəti arasında qənaətbəxş korrelyasiya yoxdur. Məlumdur ki, bərkliyin və möhkəmliyin artması metalın sürətlə yonulma qabiliyyətini, kimyəvi tərkibindən asılı olmayaraq azaldır. Lakin bərkliyin eyni qiymətində, struktur və kimyəvi tərkibi müxtəlif olan metalların yonulma qabiliyyəti arasında xeyli fərq olur. Yonulma qabiliyyətinə təsir edən amillərdən ən əhəmiyyətli metalların istilikkeçirmə xüsusiyyətidir [12,13]. Sürət parametrləri qiymətlərinin artması ilə kəsmə zonasında temperatur artır, bu da hər bir dənəciyin emal olunan səth üzrə kəsmə yolunun artması ilə əlaqədardır.

Səth keyfiyyətini xarakterizə edən əsas texnoloji amillərdən bir də emal vaxtıdır. Emal vaxtının (T) artması ilə emal olunan səthin kələ-kötürlüyü azalır (qrafik 5). Emal müddətinin artması ilə metal çıxarılma intensivliyi yüksəlir. Lakin burada birbaşa asılılıq yoxdur, çünki emal müddətinin artması həm də bülöv daşının yeyilməsini artırır. Yeyilmə intensivliyi sürtgünün işçi səthində olan dənələrin sayından asılıdır [14]. Səthin kələ-kötürlüyünün azalması emal müddətinin artması ilə tam əlaqəlidir. Qeyd etmək lazımdır ki, emal müddətinin artması ilə kəsmə zonasında temperatur yüksəlir ki, bu başlanğıc mərhələdə sıçrayış xarakterli olur və sonradan tədricən stabilləşir.



Qrafik 5. Kələ-kötürlüyün (R_a) emal müddətindən (T) asılılığı;
(1, 2, 3 – uyğun olaraq, xüsusi təzyiqin $P_{x-t}=0,45, 0,65$ və $0,85$ MPa qiymətlərində)

Nəticə. Səth qatından materialın intensiv çıxarılması belə şəraitdə baş verir - əgər kəsmə və üst səth qatının sığallanması prosesləri arasında lazım olan bərabərliyi qorumaq mümkündürsə, bu halda emalın elə şəraitləri təmin olunmalıdır ki, bunlarda kələ-kötür səth qismən sığallanmasın. Təbii olaraq, bu halda başlanğıc kələ-kötürlük tədricən azalmalıdır. Lakin müəyyən olunmuş emal müddətindən sonra prosesin sonunda abraziv dənələrlə kəsmə dayanır və üst səth qatının plastik sığallanması üstün rol oynamağa başlayır. Beləliklə, yuxarıda qeyd olunanlardan göründüyü kimi, honlama prosesində səthin tələb olunan kələ-kötürlüyünün təmin olunması çoxsaylı texnoloji, konstruktiv və təşkilati amillərdən asılı olan mürəkkəb texnoloji məsələdir.

Ədəbiyyat

1. Adam Barylski, Piotr Sender, The Proposition of an Automated Honing Cell with Advanced Monitoring, Gdańsk University of Technology, 80-233 Gdańsk, Poland, https://www.researchgate.net/publication/344940422_The_Proposition_of_an_Automated_Honing_Cell_with_Advanced_Monitoring
2. Eziz, S. Sh. Kinematic features of the lapping process and determination of its basic parameters // – Moscow: Computational Nanotechnology, – 2020. №3 (Vol.7), – p. 11-16. 11-16
3. Əziz S.Ş. Daxili silindrik səthlərin sürtmə əməliyyatı ilə emalının əsas xüsusiyyətləri // AMA Xəbərləri, 2018, №3. s.44-50
4. Ümid Y.M., Xəlilov Ə.H. Maşınqayırma texnologiyasının əsasları. Bakı: AzPI, 1987, 121 s.
5. Yusubov N.D., Abbasova H.M. Models of Machining Accuracy in Multi-Tool Adjustments. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME). vol. 17, no. 3, pp. 8067-8085, Oct. 2020. Malaysia.
6. Yusubov N.D., Abbasova H.M., Dadashov R.Y. Theoretical basis for the development of an algorithmic unified complex of mathematical models of cutting forces// Machine Science. - 2023.- № 1 – p. 55-60.
7. Гафаров А.М. Ротационное хонингование. Баку, ЭЛМ, 1999, 132 с.
8. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0257897212010651>
9. Aziz S. Sh, Improving surface quality in flat grinding operations using modern technological methods, Baku, ATU, Machine Science - 2024, №2, - p. 59-64, https://msj.aztu.edu.az/uploads/msj_v6.pdf

10. Гафаров А.М. Прогрессивные методы механической обработки. Баку, "ЭЛМ", 2001. в двух томах т.1, 286 с, т.2, 310 с.
11. Aziz S. Sh. Characteristics of quality formation in processing of 32CrMoV12-10 steel by honing, 2nd International Scientific-Practical Conference "Machine Building and Energy: New Concepts and Technologies", December 4-5, 2023, AzTU -Baku, Azerbaijan <https://www.researchgate.net/publication/379628736> Characteristics of quality formation in processing of 32CrMoV12-10 steel by honing
12. Eziz, S. Sh. Theoretical studies of the dynamic characteristics of the internal lapping process // – Magnitogorsk: Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University, – 2020. №2 (Vol.18), – p. 30-37
13. Rasulov, N.M., Alekberov, M.Z., Nadirov, U.M. More Efficient Copy Grinding of Complex Surface. Russ. Engin. Res. 41, 829-831 (2021). <https://link.springer.com/article/10.3103/S1068798X21090227>
14. V.I.Guzeev, N.D.Yusubov, H.M.Abbasova, R.Y.Dadashov, Optimization of the number of machining stages workpieces for mechanical engineering parts, Machine science, N2, pp.4-12, 2024. <https://doi.org/10.61413/VZRV4922>

Məqalə qəbul olunub: 21.04.25
Təvsiyə edib: prof. Yusubov N.D.