

UOT 621.742.571

SİLİNDİR OYMAQLARININ OPTİMAL EMAL REJİMLƏRİNİN TƏYİNİ

İsmayılov A.R., İsmayılov N.Ş., Hüseynov M.Ç.

*Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H. Cavid pr., 25
E-mail: nizism@mail.ru*

Xülasə. Silindr oymaqlarının optimal emal rejimlərini təyin etmək üçün lazerlə emal olunmuş boz çuqundan silindr oymaqlarının struktur təşkildicilərinin yeyilmə göstəricilərinə təsiri tədqiq olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, lazer emalının əsas parametrlərinin yeyilməyə təsiri qum-gil və mərkəzdənqaçma üsulu ilə tökülmədə eyni xarakterə malikdir. Eksperimentlərin planlaşdırılması, təcrübə nəticələrinin statistik emalı və riyazi modellərin qurulması kompüter sistemlərinin tətbiqi ilə aparılmışdır.

Abstract. *The effect of the wear and tear of the structural components of the gray cast iron sleeves treated by laser to determine the optimal modes has been investigated. It has been established that the influence of the main parameters of laser treatment of castings received sand-clay forms and centrifugal way has the same character. The optimization of parameters was carried out by planning experiments, statistical processing of results, mathematical models and computer systems.*

Аннотация. *Исследовано влияние показателям износа структурных составляющих цилиндровых втулок из серого чугуна, обработанных лазером для определения оптимальных режимов. Установлено, что влияние основных параметров лазерной обработки отливок, полученных в песчано-глинистых формах и центробежным способом имеет одинаковый характер. Оптимизация параметров проведена при помощи планирования экспериментов, статистической обработки результатов, математических моделей и компьютерных систем.*

Açar sözlər: *yeyilmə göstəriciləri, struktur təşkilediciləri, silindr oymaqları, boz çuqun*

Key words: *wear indicators, structural components, cylinder sleeves, grey cast iron*

Ключевые слова: *показатели износа, структурные составляющие, цилиндрические втулки, серый чугун*

Giriş. Gəmi dizellərinin mürəkkəb istismar şəraiti hissələrin yüksək yeyilməsinə səbəb olur, bu isə ehtiyat hissələrinə böyük tələbat yaradır və buna uyğun olaraq gəmi təmirinə daha çox vəsaitin xərclənməsinə gətirib çıxarır (1,2). Müxtəlif tip və modifikasiyalı daxiliyanma mühərriklərinin istismarı (DYM) gəmi təmiri müəssisələrinin anbarlarında mühərriklərin ehtiyat hissələrinin böyük ehtiyatlarını saxlamaq zərurətini şərtləndirir. Belə ehtiyat hissələrinin dəyəri gəmilərin balans dəyərinin 15% -dək təşkil edir (3,4).

Gəmi mühərriklərinin istismar təcrübəsi göstərir ki, cari və orta təmirlərin aparılma müddətləri silindr piston qrupu (SPQ) detallarının texniki vəziyyətindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. SPQ-nin daha çox yüklənmiş və bahalı detallarından biri silindr oymağıdır (SO), onun işçi səthinin yeyilməsi mühərrikin işinin təmirarası dövrünü müəyyən edir (4,5). Gəmi dizelləri silindr oymaqlarının istismar xarakteristikaları və iş qabiliyyətinə irəli sürülən yüksək tələbləri hazırda möhkəmləndirilməmiş halda istifadə olunan oymaqlar ödəmir, onların resursunun artırılmasına ciddi ehtiyac vardır.

Oymaqların möhkəmləndirilməsinin kifayət qədər sayda üsulları mövcuddur: xromlaşdırma, azotlama, izotermik tablama və s. Lakin texnoloji proseslərin əmək tutumu, mexaniki emala optimal payların verilmə zərurəti bu metodların səmərəli istifadəsini məhdudlaşdırır (5,6).

Maşın hissələri və mexanizmlərinin möhkəmləndirilməsi, onların hazırlanması, eləcə də təmir prosesində etibarlılığının yüksəldilməsinin fundamental problemlərinə bir sıra tanınmış alimlərin elmi əsərləri həsr olunmuşdur. Əhəmiyyətli işlərin görülməsinə və tədqiqatların aparılmasına baxmayaraq, hələ bu günədək resursunu normativ qiymətlərə qədər artırmağa imkan verən ortadövrü mühərriklərin (ODM) oymaqlarının etibarlı möhkəmləndirilməsinin istehsal texnologiyaları mövcud deyildir. Ona görə də silindr oymaqlarının yeyilməyə davamlılığının artırılması problemi hələ də aktualıq kəsb edir.

Tədqiqatın əsas məzmunu. Əvvəlki tədqiqatlar göstərir ki, qum-gil qəlibdə və mərkəzdənqaçma texnologiyası ilə hazırlanmış və işçi səthi möhkəmləndirilmiş boz çuqunun strukturu və fiziki-mexaniki xassələri əhəmiyyətli dərəcədə lazer emalının rejim parametrləri, xüsusilə emal gücü və sürətindən asılıdır (6,7).

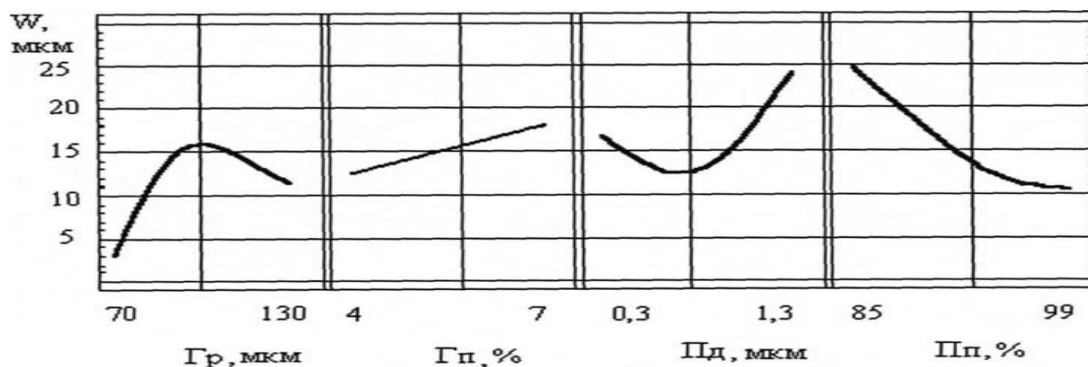
Silindrlərin güzgüsündə yeyilməyə davamlı səthin formalaşmasında sadalanan amillərin qarşılıqlı təsirinin mühüm rolu nəzərə alınaraq onların optimallaşdırılması üçün riyazi analiz və statistika metodlarını istifadə etmək qərara alınmışdır. Eksperimentlərin planlaşdırılması, təcrübə nəticələrinin emalı, riyazi modellərin qurulması və onların adekvatlığının yoxlanması statistik informasiyanın emalı və analizində kompüter sistemlərinin - Statgraphics 3,0 Plus for Windows tətbiqi ilə aparılmışdır.

Bu məqsədlə materialın struktur təşkiledicilərinin (qrafit və perlit dənələrinin ölçüsü və onların miqdarı) lazerlə emal olunmuş boz çuqundan silindr oymaqlarının yeyilməsinə təsiri tədqiq

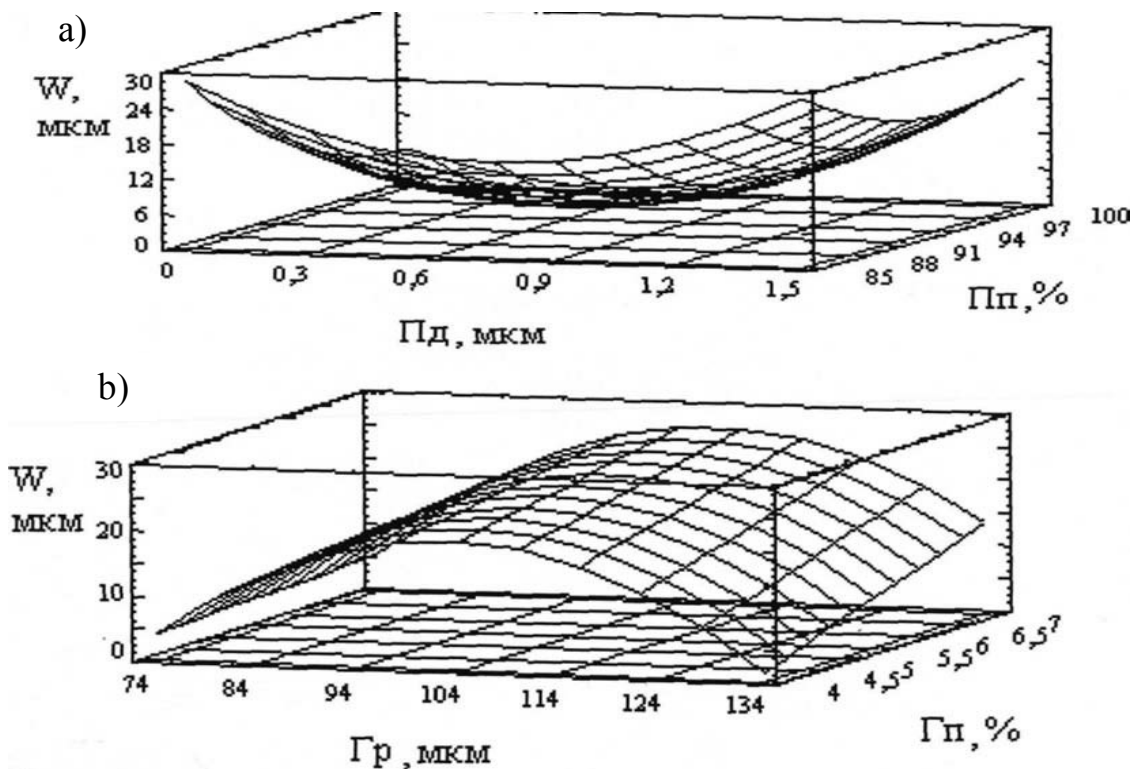
olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki bu amillərin yeyilməyə təsiri hər iki üsulla tökülmədə eyni xarakterə malikdir (şək. 1 və şək. 2). Təsdiq olunmuşdur ki, baxılan amillər ən əhəmiyyətli amillərdir.

Eksperimental nəticələrin emalı əsasında tədqiq olunan amillərin boz çuqunun yeyilməsinə təsirini əks etdirən riyazi model alınmışdır:

$$W = 40595,7 + 397,565 \cdot \Gamma_p - 1641,92 \cdot \Gamma_{\Pi} - 7451,46 \cdot \Pi_d - 1095,46 \cdot \Pi_{\Pi} - 0,749 \cdot \Gamma_p^2 + 2,437 \cdot \Gamma_p \cdot \Gamma_{\Pi} - 4,879 \cdot \Gamma_p \cdot \Pi_d - 2,71 \cdot \Gamma_p \cdot \Pi_{\Pi} + 0,382 \cdot \Gamma_{\Pi}^2 + 365,014 \cdot \Gamma_{\Pi} \cdot \Pi_d + 12,854 \cdot \Gamma_{\Pi} \cdot \Pi_{\Pi} + 1431,52 \cdot \Pi_d^2 + 44,723 \cdot \Pi_d \cdot \Pi_{\Pi} + 6,483 \cdot \Pi_{\Pi}^2, R^2 = 0,91; \quad (1)$$



Şək. 1. Çuqunun struktur təşkiledicilərinin yeyilməyə W təsiri



Şək. 2. Struktur təşkiledicilərinin çuqunun yeyilməsinə təsiri (a,b)

Aşkar olunmuşdur ki, maksimal yeyilməyə davamlı struktur təşkilediciləri bu hədlərdə olmalıdır: $\Gamma_p > 110$ mkm, $\Gamma_{\Pi} = 6...7\%$, $\Pi_d = 0.6...1.0$ mkm, $\Pi_{\Pi} = 98...99\%$. Eksperimental nəticələrin emalı əsasında boz çuqunun yeyilməsinə əsas amillərin təsirini ifadə edən riyazi modellər alınmışdır:

a) torpaq qəlibdə tökülən oymaqlar üçün:

$$HV = -563,06 + 1,094P + 105,184V - 449,208 \cdot 10^{-6} P^2 + 4,682 \cdot 10^{-2} PV - 9,573V^2, \quad (2)$$

$$h = 0,883 + 989,038 \cdot 10^{-6} \cdot P - 8,838 \cdot 10^{-2} \cdot V + 4,179 \cdot 10^{-7} \cdot P^2 + \\ + 5678,57 \cdot 10^{-8} \cdot P \cdot V + 999,91 \cdot 10^{-6} \cdot V^2, \quad (3)$$

$$W = 50,996 - 6,291 \cdot 10^{-2} \cdot P + 0,832 \cdot V + 2580 \cdot 10^{-8} \cdot P^2 - \\ - 2,065 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot V + 1,114 \cdot 10^{-1} \cdot V^2, \quad (4)$$

b) mərkəzdənqaçma üsulu ilə tökülən oymaqlar üçün:

$$HV = -115,06 + 2,114 \cdot P + 123,174 \cdot V - 568,341 \cdot 10^{-6} \cdot P^2 + \\ + 6,233 \cdot 10^{-2} \cdot P \cdot V - 12,732 \cdot V^2, \quad (5)$$

$$h = 1,462 + 1108,038 \cdot 10^{-6} \cdot P - 12,254 \cdot 10^{-2} \cdot V + 7,873 \cdot 10^{-7} \cdot P^2 + \\ + 6014,7 \cdot 10^{-8} \cdot P \cdot V + 1090,1 \cdot 10^{-6} \cdot V^2, \quad (6)$$

$$W = 43,776 - 8,264 \cdot 10^{-2} \cdot P + 0,932 \cdot V + 3712 \cdot 10^{-8} \cdot P^2 - \\ - 5,167 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot V + 1,421 \cdot 10^{-1} \cdot V^2, \quad (7)$$

Verilmiş riyazi modellər silindr oymaqlarının lazer emalı rejimlərini optimallaşdırmağa imkan verən qrafiklər kompleksini qurmağa imkan vermişdir. Təcrübi hesablamalar üçün histoqramların köməyi ilə inam intervalını təyin edib, prosesə əhəmiyyətsiz və ya cüzi təsir göstərən amilləri ataraq, daha vacib amilləri saxlamaqla optimal rejimləri müəyyən etmək olar (şək. 3 və şək. 4).

Bu histoqramlardan yaxşı görünür ki, vertikal xətti kəsən amillərin bütün sütunları 95% inam ehtimalına malikdir, yəni əhəmiyyətli amillərdir. Odur ki, əhəmiyyətsiz təsirlərə malik amillər atıldıqdan sonra riyazi modellər aşağıdakı şəkllə düşür:

a) torpaq qəliblər:

$$HV = -563,06 + 1,094 \cdot P, \quad R^2 = 0,88; \quad (8)$$

$$h = 0,883 + 989,038 \cdot 10^{-6} \cdot P + 4,179 \cdot 10^{-7} \cdot P^2 + 5678,57 \cdot 10^{-8} \cdot P \cdot V; \\ R^2 = 0,9; \quad (9)$$

$$W = 50,996 - 6,291 \cdot 10^{-2} \cdot P + 2580 \cdot 10^{-8} \cdot P^2, \quad R^2 = 0,87. \quad (10)$$

b) mərkəzdənqaçma tökmə üsulu:

$$HV = -115,06 + 2,114 \cdot P - 568,341 \cdot 10^{-6} \cdot P^2, \quad R^2 = 0,9 \quad (11)$$

$$h = 1,462 + 1108,038 \cdot 10^{-6} \cdot P - 12,254 \cdot 10^{-2} \cdot V + 7,873 \cdot 10^{-7} \cdot P^2 + \\ + 6014,57 \cdot 10^{-8} \cdot P \cdot V, \quad R^2 = 0,93; \quad (12)$$

$$W = 43,776 - 8,264 \cdot 10^{-2} \cdot P + 3712 \cdot 10^{-8} \cdot P^2, \quad R^2 = 0,89; \quad (13)$$

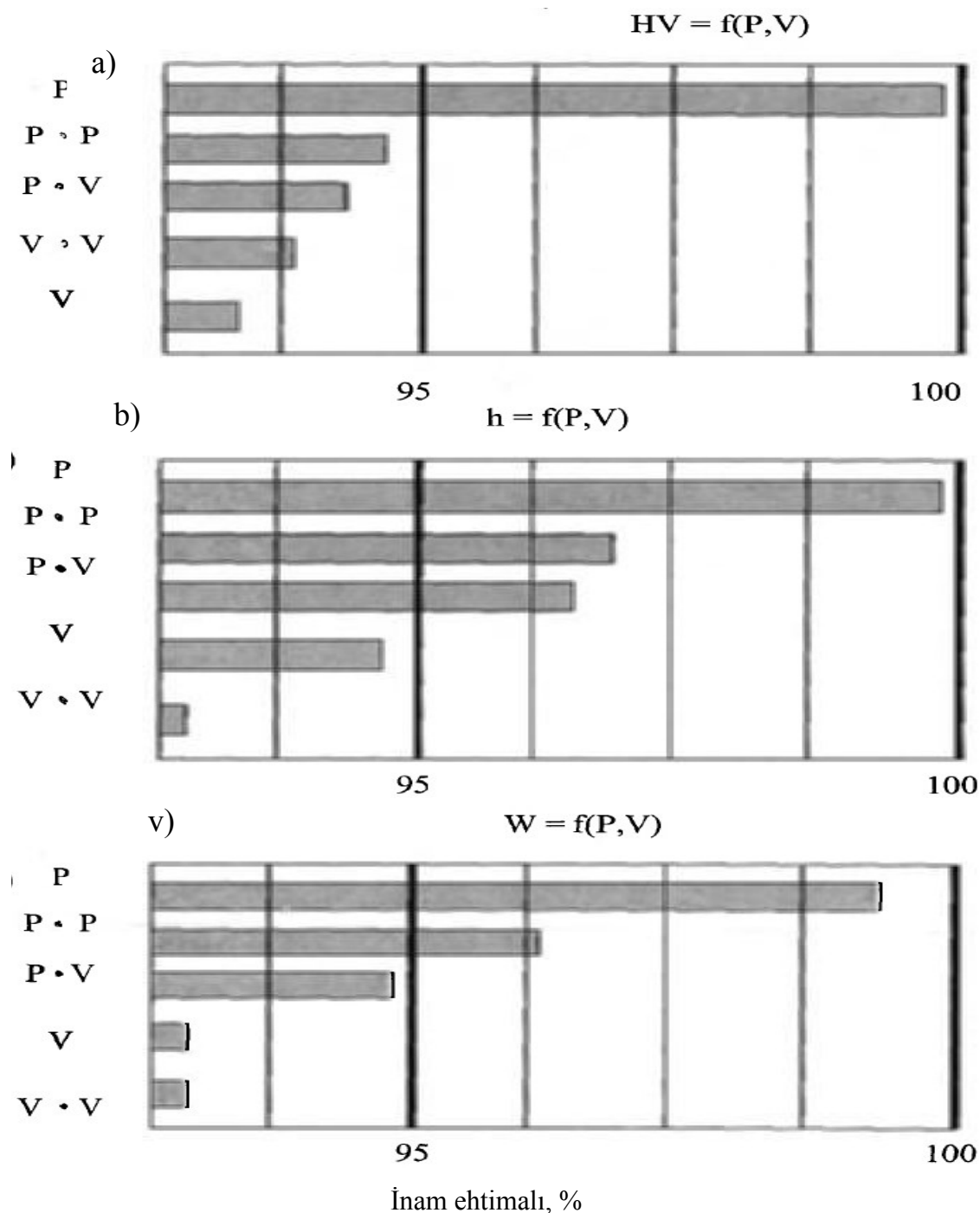
Boz çuqunun yeyilməsi W , mikrobərkliyi HV , lazer emalının dərinliyinə lazer emalının gücü və sürətinin təsiri $HV = f(P, V)$ asılılığı qurulmuşdur; lazer emalının gücü artdıqca mikrobərklik də artır. Emal sürəti 7 mm/s-dək artırıldıqda mikrobərklik artır, sonrakı artımda HV -nin azalması müşahidə olunur.

Lazer emalı zonasının dərinliyinə şüanın gücünün 530-dan 700 Vt-dək yüksəldilməsi heç bir təsir etmir, onun sonrakı artımında emal dərinliyi h artır. Emal sürətinin artırılması ilə möhkəmlənmiş zonanın dərinliyi azalır.

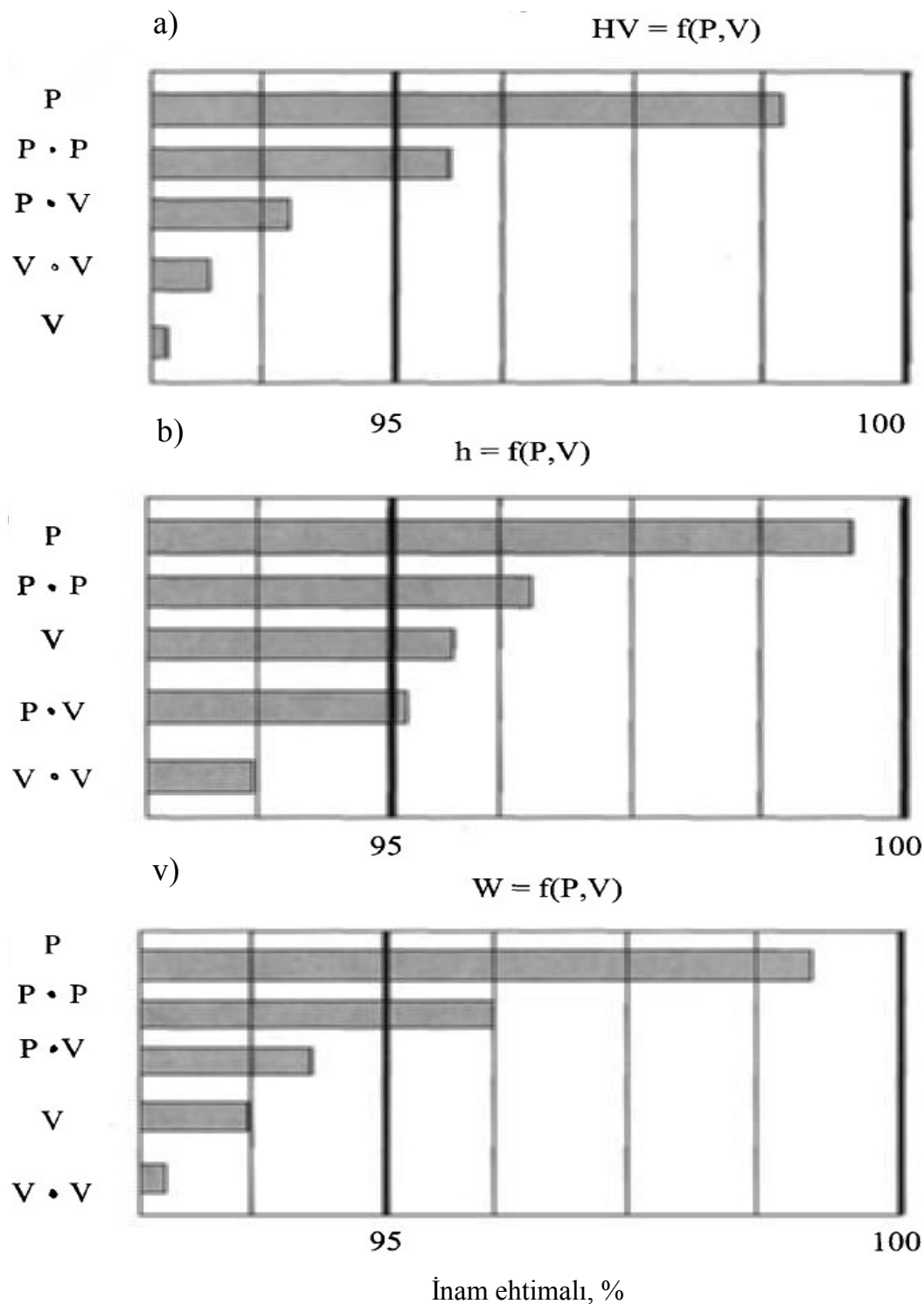
Tədqiq olunan intervalda lazer emalı dərinliyini 1550 Vt-dək artırıdığında yeyilmə W azalır. Emal gücünü 1550...1700 Vt intervalında artırıdığında yeyilmə artmağa başlayır. Emal sürətinin dəyişməsinin yeyilməyə təsiri cüzdür. Mərkəzdənqaçma ilə tökülmüş çuqunlar üçün lazerlə möhkəmləndirilmiş bu amillərin (HV , h , W) təsiri daha güclü hiss olunur.

Emal gücünü 1700 Vt - dək artırıdığında mikrobərklik 900...950 kq/mm²-dək artır. Emal sürətini 4,5...10 mm/s intervalında dəyişdikdə mikrobərklik azacıq artır. Möhkəmlənmiş zonanın dərinliyi 0,6...0,7 mm-ə çatır. Maksimal yeyilməyə davamlılıq lazerin gücü 1150...1300 Vt və sürət 4,5...5,5

m/san intervalında müşahidə olunur. W , HV və h funksiyalarının üçölçülü modellərinin lazer emalının gücü P və sürətindən asılı olaraq riyazi modellərinin qurulması zamanı istifadə olunmuşdur.



Şəkl. 3. Qum-gil qalıbə tökülmüş silindr oymaqları üçün riyazi modellərdə amillərin (P, V) və onların qarşılıqlı təsirlərinin statistik əhəmiyyəti



Şək. 4. Mərkəzdənqəçmə tökmə üsulu ilə alınmış silindr oymaqları üçün riyazi modellərdə amillərin (P,V) və onların qarşılıqlı təsirlərinin statistik əhəmiyyəti

Nəticə. Beləliklə, aparılmış tədqiqatlar əsasında belə qənaətlə gəlmək olar ki, lazer emalının gücü və sürətinin optimal qiymətlərini belə təklif etmək olar: qum-gil qələblərə tökülən oymaqlar üçün $P=1280Vt$, $V=7mm/san$; mərkəzdənqəçmə tökmə üsulu ilə hazırlanan oymaqlar üçün $P = 1200Vt$, $V = 5 mm/san$.

Ədəbiyyat

1. Исмаилов, А.Р., Исмаилов, Н.Ш. Особенности технологии дефектации цилиндрических втулок судовых дизелей// “Dəniz nəqliyyatında innovativ texnologiyalar”. Beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları, ADDA, -2015, -с. 33-35
2. Troy F. Guidelines for preventing torsional Vibration Problems in reciprocating Machinery / F. Troy, H. Charles // Engineering Dynamics Incorporated. San Antonio: University Oak, -2002. p. 48.
3. Правила классификации и постройки морских судов. ЧАСТЬ VII. // Механические установки. НД №2-020101-124. СП-6.: РМРС, -2020. -107 с. 4.
4. International Management for the Safe Operation of Ships and for Pollution Prevention (Edition 2015), -2015. -7 с.
5. Jianda Y., Hongyun L., Zhonghua L. (2014). A plasticity-corrected stress intensity factor for fatigue crack growth in ductile materials under cyclic compression. International Journal of Fatigue, 59, 208 – 214.
6. Yamada Y., Ziegler, B.Newman Jr, J.C. (2011). Application of a strip-yield model to predict crack growth under variable-amplitude and spectrum loading – Part 1: Compact specimens. Engineering Fracture Mechanics, 78, 2597 – 2608.

Мəqalə qəbul olunub: 15.03.2021

Təvsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov