

UOT 621.742.571.

LAZER EMALI REJİMLƏRİ VƏ BOZ ÇUQUNUN XASSƏLƏRİ

İsmayilov A.R., İsmayilov N.Ş.

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. Lazer emal rejimlərinin boz çuqunun struktur və xassələrinə təsiri tədqiq olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, lazer emalının əsas parametrləri - emal gücü və emal sürəti qum-gil və mərkəzdənqaçma qalıblarında alınmış oymaqların yeyilmə xarakteristikalarına əhəmiyyətli təsir göstərir. Təyin olunmuşdur ki, silindr oymaqlarının minimal yeyilməsinə lazer şüasının gücü $P = 1250...1300 \text{ Vt}$ və emal sürəti $V = 6...7 \text{ mm/san}$ (qum-gil qəlib), $P = 1200...1300 \text{ Vt}$ və $V = 4,5...6 \text{ mm/san}$ (mərkəzdənqaçma tökmə üsulu) olduqda nail olunur.

Abstract. The effect of the laser treatment regime parameters on the structures and the properties of gray cast iron has been investigated. It has been established that the basic parameters of laser treatment - the power and speed of treatment has a significant impact on the wear of cylinder sleeves, obtained in sand-clay and centrifugal forms. It has been determined that minimal sleeve wear is provided at the power of the $P=1200..1300 \text{ Wt}$ laser and processing speed $V= 4...6 \text{ mm/s}$.

Аннотация. Исследовано влияние режимных параметров лазерной обработки на структуры и свойства серого чугуна. Установлено, что основные параметры лазерной обработки – мощность и скорость обработки оказывает существенное влияние на характеристики износа цилиндрических втулок, полученных в песчано-глинистых и центробежных формах. Определено, что минимальный износ втулок обеспечивается при мощности лазера $P=1200..1300 \text{ Вт}$ и скорости обработки $V = 4...6 \text{ мм/с}$.

Açar sözlər: rejim parametrləri, lazer emalı, struktur və xassələr, boz çuqun, oymaqların yeyilməsi

Key words: modes of parameters, laser treatment, structure and properties, grey cast iron, sleeve wear

Ключевые слова: режимные параметры, лазерная обработка, структура и свойства, серый чугун, износ втулок

Giriş. Gəmi dizellərinin mürəkkəb istismar şəraitində hissələrin yüksək yeyilməsinə səbəb olur və gəmi təmirinə daha çox vəsaitin xərclənməsinə gətirib çıxarır (1,2). Gəmi mühərriklərinin istismar müddəti xeyli dərəcədə silindr-piston qrupu (SPQ) detallarının texniki vəziyyətindən asılıdır.

SPQ-nin daha çox yüklənmiş detallarından biri silindr oymağıdır (SO), onun yeyilməsi mühərrikin işləmə dövrünü müəyyən edir (3,4). Odur ki, gəmi dizelləri silindr oymaqlarının yeyilmə xarakteristikaları və resursunun artırılmasına ciddi ehtiyac vardır.

Oymaqların möhkəmləndirilməsinin kifayət 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).

Əhəmiyyətli tədqiqatların aparılmasına baxmayaraq, oymaqların etibarlı möhkəmləndirilməsi texnologiyaları mövcud deyildir. Ona görə də silindr oymaqlarının yeyilməyə davamlılığının artırılması problemi hələ də aktualıq kəsb edir.

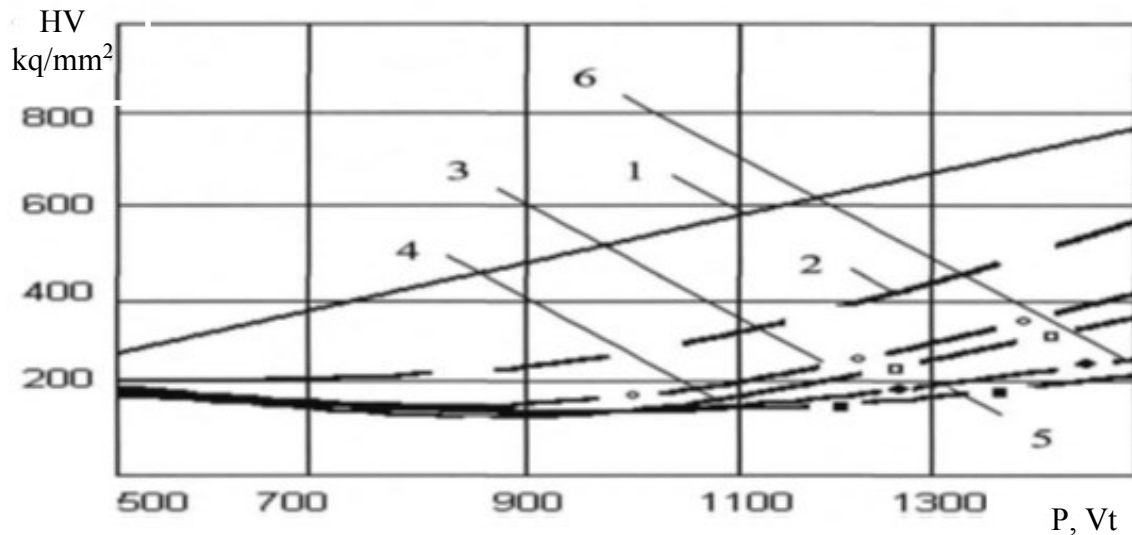
Tədqiqatın əsas məzmunu. Əvvəlki tədqiqatlar göstərir ki, qum-gil qəlibdə və mərkəzdənqaçma texnologiyası ilə hazırlanmış və işçi səthi möhkəmləndirilmiş boz çuqunun

strukturu və fiziki-mexaniki xassələri əhəmiyyətli dərəcədə lazer emalının rejim parametrləri, xüsusilə emal gücü və sürətindən asılıdır (6,7).

Boz çuqundan (C425) iki üsulla: mərkəzdənqaçma və qum-gil qəliblərdə hazırlanan silindr oymaqlarının lazerlə möhkəmləndirilməsinin müxtəlif rejimləri öyrənilmişdir. Məlumdur ki, mərkəzdənqaçma tökmə üsulu daha mütərəqqi və texnolojidir, çünki bu halda alınan çuqunun strukturu daha kip olur.

Lazer emalının oymağın materialına təsirinin qiymətləndirilmə meyarları kimi: səth qatının bərkliyi (HV), qatlar üzrə mikrobərkliyin dəyişməsi, tablanma dərinliyi h , yeyilmə və variasiya amillərinin bütün diapozonunda mikrostruktur götürülmüşdür.

Tədqiqatlarla müəyyən olunmuşdur ki, mikrobərkliyin (HV) dəyişməsi lazer emalının zonalarının dərinliyi üzrə əsasən lazer şüasının gücündən P asılıdır (şək. 1 və 2). Lazerin gücünü 700-dən 1700 Vt-dək artırırdıqda səthin mikrobərkliyi HV 750-dək (qum-gil qəlibə tökmə) artır və bu, qrafitin sürətli həll olması, mikroməsələlərin miqdarının azlması və ledeburitin miqdarının artması ilə əlaqədardır.



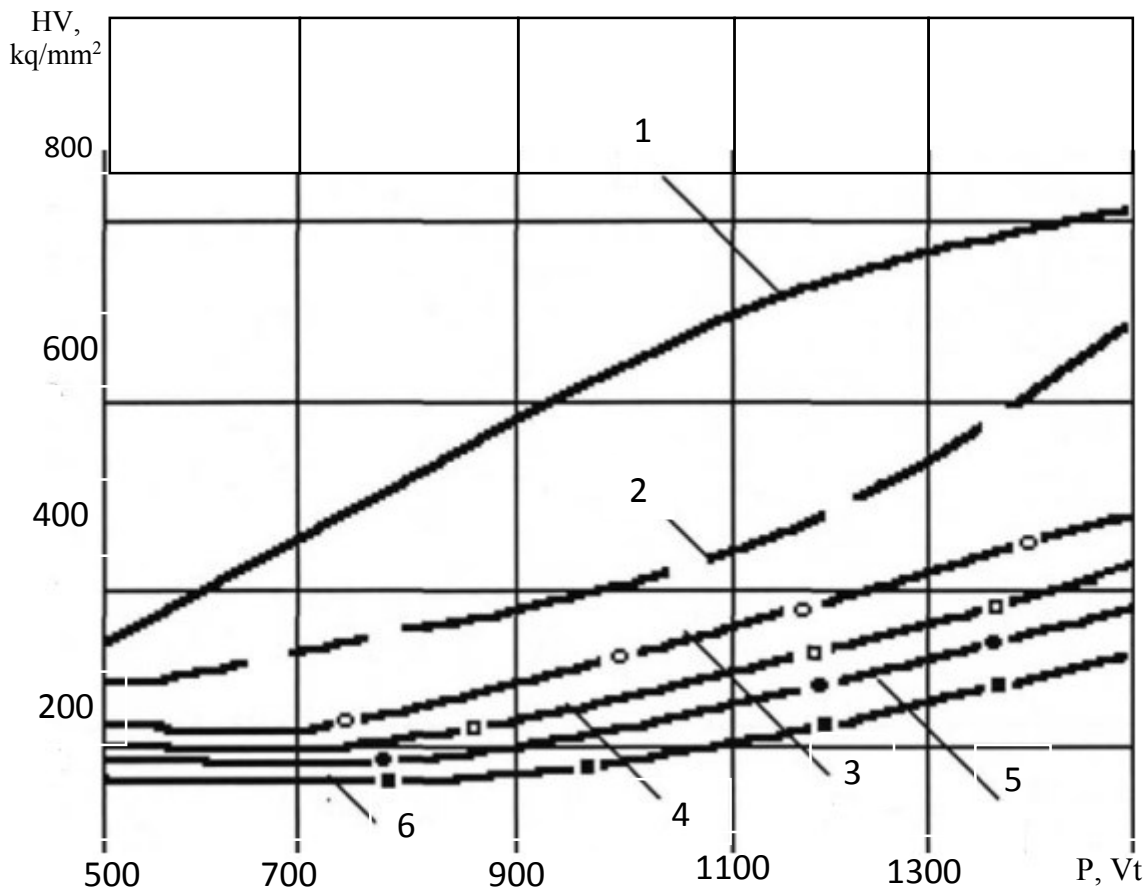
Şək. 1. Lazerin gücündən P asılı olaraq emal zonalarının dərinliyi h üzrə mikrobərkliyin HV dəyişməsi (qum-gil qəlib)

- 1) ————— $h_{0,02}$, 2) ———— $h_{0,12}$, 3) ———— ° ———— $h_{0,22}$,
 4) ———— □ ———— $h_{0,32}$, 5) ———— • ———— $h_{0,42}$, 6) ———— ■ ———— $h_{0,52}$

Mikrobərkliyin maksimal qiyməti (HV 900) mərkəzdənqaçma tökmə üsulu ilə alınmış çuqun oymaqlar üçün $P = 1700$ Vt olduqda alınır. Qum-gil qəliblərdə alınmış çuqunlarda 0,12 mm dərinlikdə $P = 700$ Vt olduqda mikrobərklik cüzi dəyişir. Bu, lazer emalının yüksək sürəti və aşağı gücü (strukturu dəyişmək üçün) ilə izah olunur.

$\geq 0,22$ mm dərinlikdə yerləşmiş qatlarda mikrobərkliyin azacıq azalması baş verir. Bu onunla izah olunur ki, bu qatlarda yəqin ki, tabəksiltmə strukturu əmələ gəlir.

Lazerin gücünün sonrakı artırılması ($P > 1700$ Vt) zamanı bərkliyin müəyyən qədər azalması baş verir. Aydındır ki, bu halda qrafit demək olar ki, bütünlüklə həll olunmuşdur, lazerin gücünün artırılması isə austenitin miqdarının artmasına və soyutma sürətinin azalması hesabına martensitin miqdarının azalmasına gətirib çıxarır, həmçinin karbonsuzlaşma səbəbindən sementitin miqdarının azalması baş verir.



Şək. 2. Lazerin gücündən P asılı olaraq lazer emalı zonanın dərinliyi h üzrə mikrobərkliyin HV dəyişməsi (mərkəzdənqaçma tökmə üsulu)

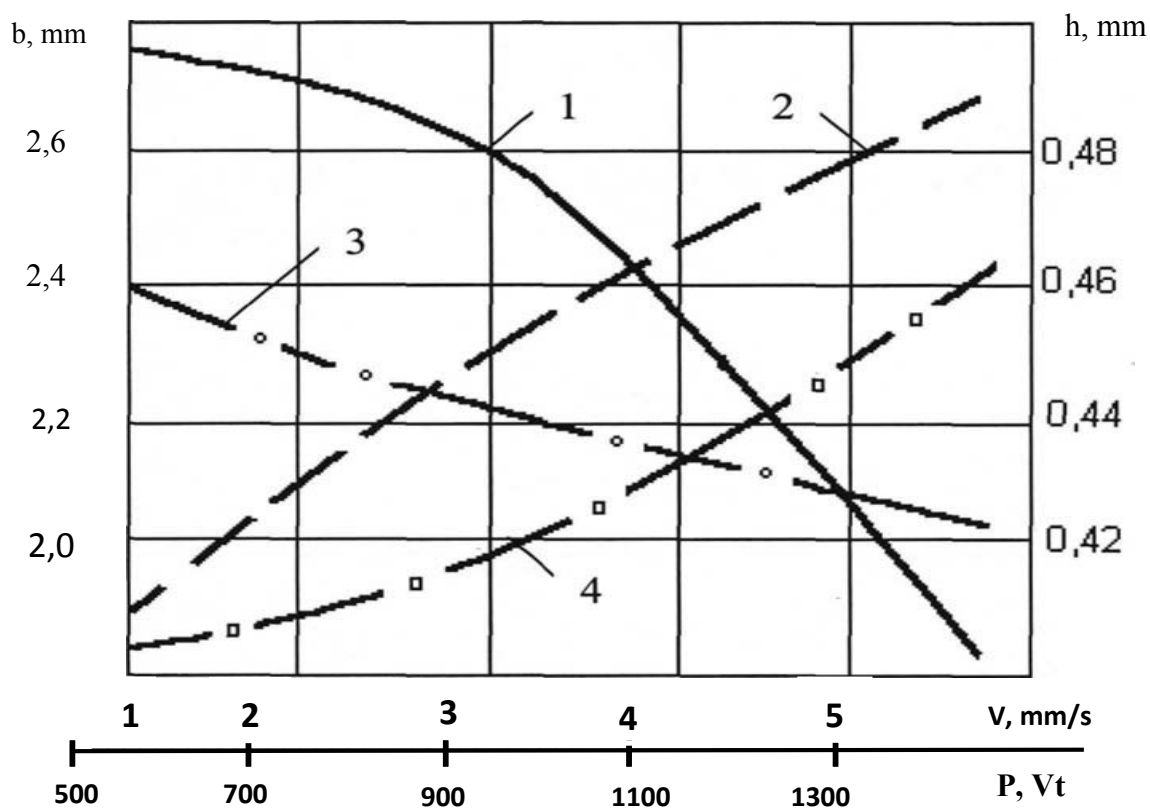
- | | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1) ————— $h_{0,02}$, | 2) ————— $h_{0,12}$, | 3) ——— ° ——— $h_{0,22}$, |
| 4) ——— □ ——— $h_{0,32}$, | 5) ——— • ——— $h_{0,42}$, | 6) ——— ■ ——— $h_{0,52}$ |

Müəyyən olunmuşdur ki, lazer emalının rejimləri lazer təsiri zonalarının dərinliyi və eninə birbaşa təsirə malikdir. Şək. 3-də lazer emalı zonasının dərinliyi h və eni b -nin lazer şüasının sürəti və gücündən asılılığı göstərilmişdir. Lazer şüasının gücünün artırılması ilə termiki möhkəmlənmə zonasının eni və dərinliyi artır.

Sürət $V > 3$ mm/s və güc $P > 500$ Vt olduqda ərimə zonası yoxdur, çuqunun mikrostrukturunda ancaq dərinliyi 0,2 mm-dən çox olmayan bərk fazanın tablanma zonasını müşahidə etmək olar. Şüalanma gücünü 900 Vt-dək yüksəltdik də və sürət $V = 1,2$ mm/s olduqda ərimə zonasının səthində mikro nahamarlığın böyük hündürlükləri ($R_z = 100...160$ mkm) və ərimiş cığırların qeyri-bərabər eni müşahidə olunur.

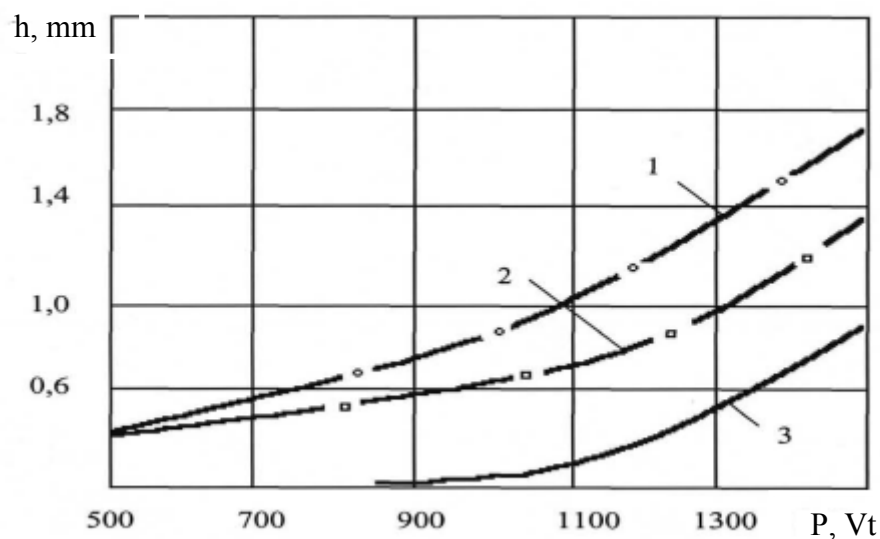
Emal sürətinin artırılması isə termiki təsir zonasının üst hissələrində qrafit birləşmələri ətrafında matrisanın karbonla doyma dərəcəsinin azalmasına gətirib çıxarır. Termiki təsir zonasının aşağı hissəsində austenit çevrilmələrinin qızdırma zamanı başa çatmaması və bərk məhlul karbonla daha az doyur. Nəticədə lazer emalının dərinliyi və eni sürətin artırılması zamanı hiss olunacaq dərəcədə azalır.

Lazer emalının gücünün müxtəlif üsullarla alınmış boz çuqunların möhkəmləndirilmiş zonasının dərinliyinə təsiri şək. 4 və 5-də göstərilmişdir. Göründüyü kimi, gücün dəyişməsi daha böyük təsiri mərkəzdənqaçma üsulu ilə alınmış C425 çuqunun termomöhkəmləndirmə dərinliyinə göstərir.



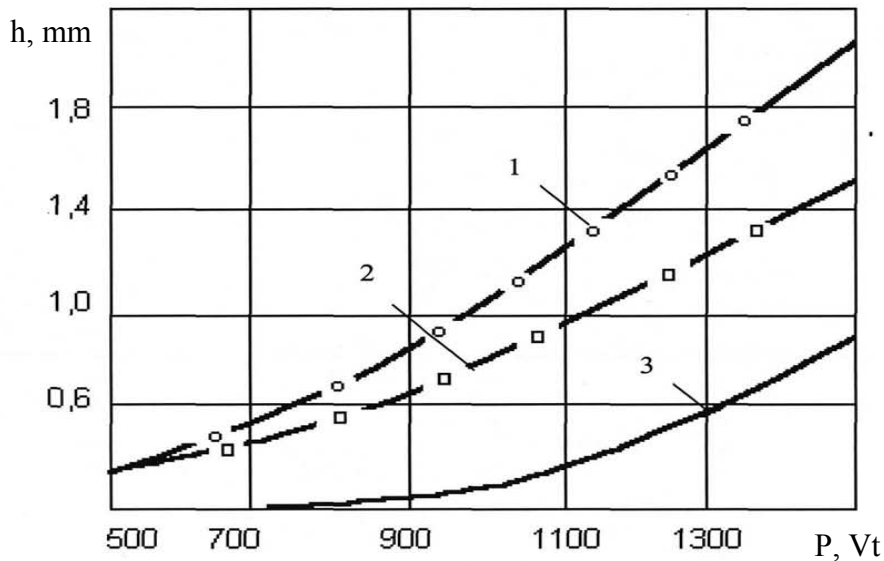
Şək. 3. Lazer emalının zonasının dərinliyi h və eninin b sürət V və gücündən P asılılığı:

- 1) — $h(v)$, 2) — — $h(\rho)$,
 3) — □ — $h(v)$ 4) — • — $h(\rho)$,



Şək. 4. Şüanın gücünün P lazer emalı zonası dərinliyinə h təsiri (qum-gil qəlib)

- 1) — ° — h , 2) — □ — h_{TTZ} , 3) — — h_{LEZ} ,



Şək. 5. Şüanın gücünün P lazer emalı zonasının dərinliyinə h təsiri (mərkəzdənqaçma tökmə üsulu)

1) — ° — h , 2) — □ — $h_{3T\Phi}$, 3) — — $h_{3\text{ЛО}}$,

Belə ki, çuqunun ərimə zonası (mərkəzdənqaçma tökmə üsulu) $P > 700$ Vt olduqda müşahidə olunur, eyni zamanda torpaq qəliblərə tökülmüş çuqunlarda belə zona $P = 800...900$ Vt olduqda yaranır.

Lazer şüasının gücünü 900...1700 Vt-dək intervalda qaldırdıqda mərkəzdənqaçma üsulu ilə tökülmüş çuqun oymaqlarda laer möhkəmlənməsinin dərinliyi 2 mm - dək artır, qum - gil qəliblərdə hazırlanmış çuqunlarda bu göstərici 1,6 mm təşkil edir.

Çuqunun möhkəmlənmiş zonasının dərinliyi üzrə mikrobərkliyin paylanma xarakteri şək. 6-da təqdim olunur. Lazer emalının gücü 520...1700 Vt olduqda dərinlik üzrə mikrobərkliyin azalmasının ümumi qanunauyğunluğu müşahidə olunur. $P = 1280$ Vt olduqda lazer emalı zonasının səthində mikrobərkliyin müşahidə olunan azalması münasib şəraitdir, çünki materialın uyuşma prosesi daha az vaxt ərzində baş verəcəkdir.

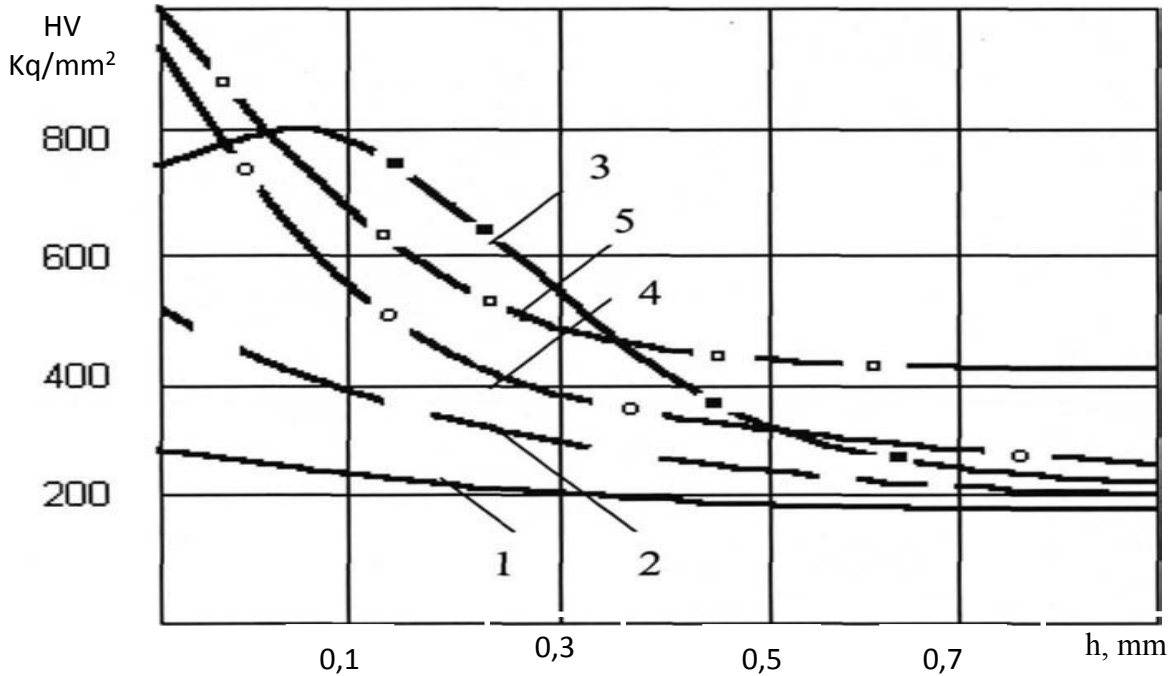
Bu zaman lazer emalından sonra silindr oymaqlarının „uyuşma” əməliyyatının əmək tutumu azalır. Uyuşmadan kontakt səthlərində 0,05...0,07 mm dərinlikdə mikrobərklik $HV = 800$ kq/mm² - dək artır, yüksək yeyilməyə davamlı mikrostrukturun formalaşması gedir.

Belə qalınlıqda xərdadənəli sementit birləşmələri ilə austenit – martensit sahələri müşahidə olunur. Struktur təşkiledicilərinin, qrafit və perlitin (Гр, Гп, Пд, Пп – uyğun olaraq) miqdarının boz çuqunun ərimə zonasının dərinliyinə təsiri şək. 7 və 8-də göstərilmişdir.

Sınaqlarda nümunələr güc $P=520...1700$ Vt və sürət $V=10$ mm/s olduqda möhkəmləndirilmişdir. Torpaq qəliblərdə alınmış çuqun oymaqların lazer emalının dərinliyini artırmaq üçün qrafit birləşmələrinin ölçüsü 95 mkm-dən az onların faizlə miqdarı isə maksimal olmalıdır. Perlitin də ölçüləri və miqdarı da lazer emalının dərinliyinə eyni cür təsirə malikdir. Perlitin ölçüləri 0,9 mkm-dək və onun miqdarı 88%-dən çox olduqda lazer emalının dərinliyi artır.

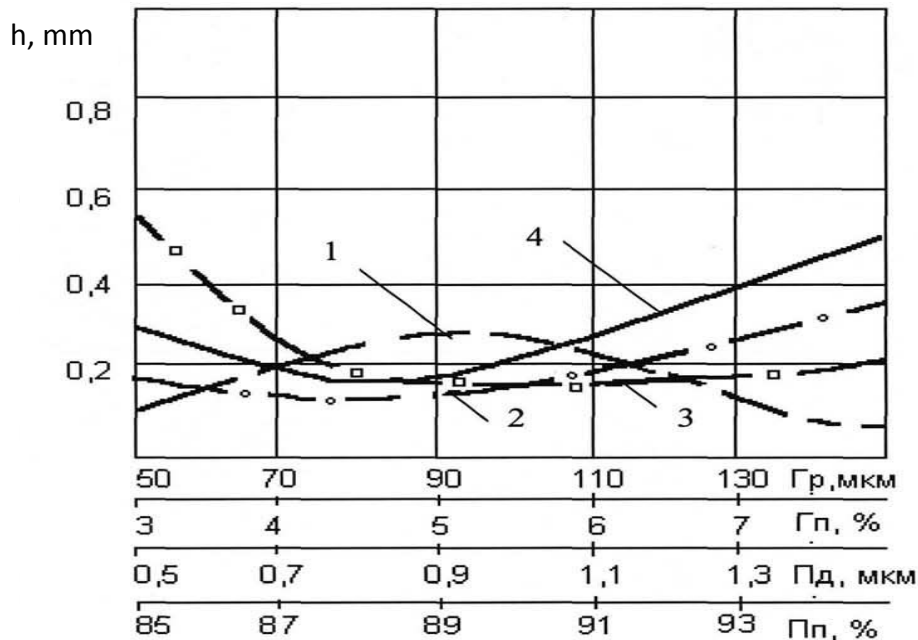
Mərkəzdənqaçma tökmə üsulu ilə alınmış çuqunlarda qrafit birləşmələrinin böyüməsilə lazer emalının dərinliyinin azacıq artımı baş verir. Qrafitin faizlə miqdarının artması isə tərs asılılığa səbəb olur. Lazer emalının dərinliyini artırmaq üçün perlitin maksimal qatılığı və minimum ölçülərini əldə etmək zəruridir. Qrafitin ölçüsü və perlitin faizlə miqdarının yeyilməyə təsiri şək. 9 və 10-da göstərilmişdir. Bu amillərin yeyilməyə təsir xarakteri töküklərin baxılan alınma üsullarında eyni qanunauyğunluğa malikdir. Qrafitin ölçüsü 100 mkm-dək və miqdarı 90%-dək artırdıqda çuqunun yeyilməyə davamlılığı azalır.

Qrafitin ölçülərinin 100 – 110 mkm intervalında və perlitin miqdarı 90...92% olduqda maksimal yeyilmə müşahidə olunur. Odur ki, yeyilməni azaltmaq üçün perlitin maksimal qatılığına və qrafit birləşmələrinin 110...130 mkm ölçüsünə malik struktur əldə etmək lazımdır.



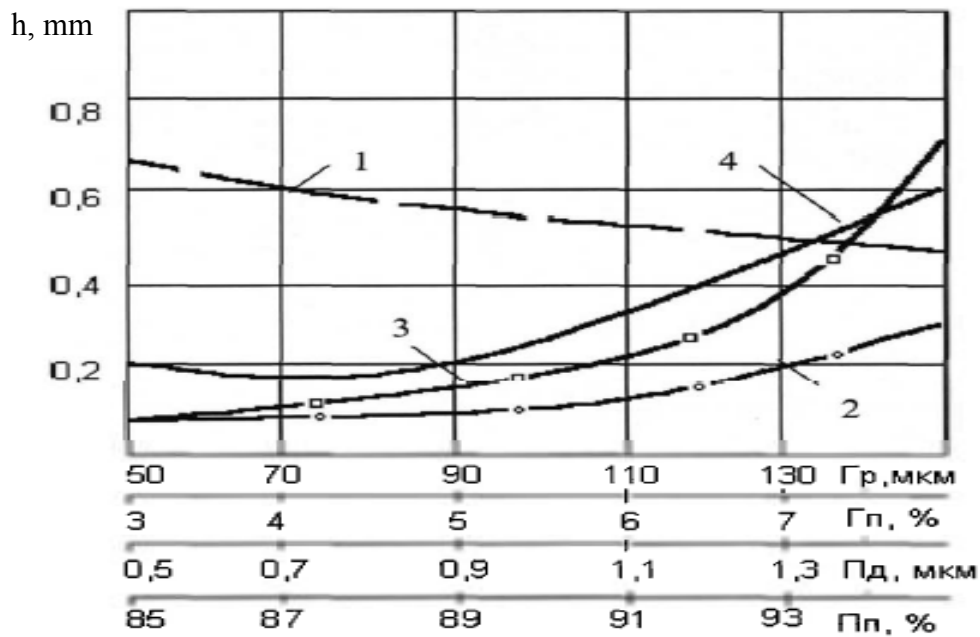
Şəkl. 6. Sürət $V = 10$ mm/s olduqda gücün P dərinlik üzrə mikrobərkliyə HV təsiri:

- 1) ——— $P = 520$ Vt, 2) ——— $P = 930$ Vt, 3) ———°——— $P = 1280$ Vt,
 4) ———□——— $P = 1570$ Vt, 5) ———■——— $P = 1700$ Vt



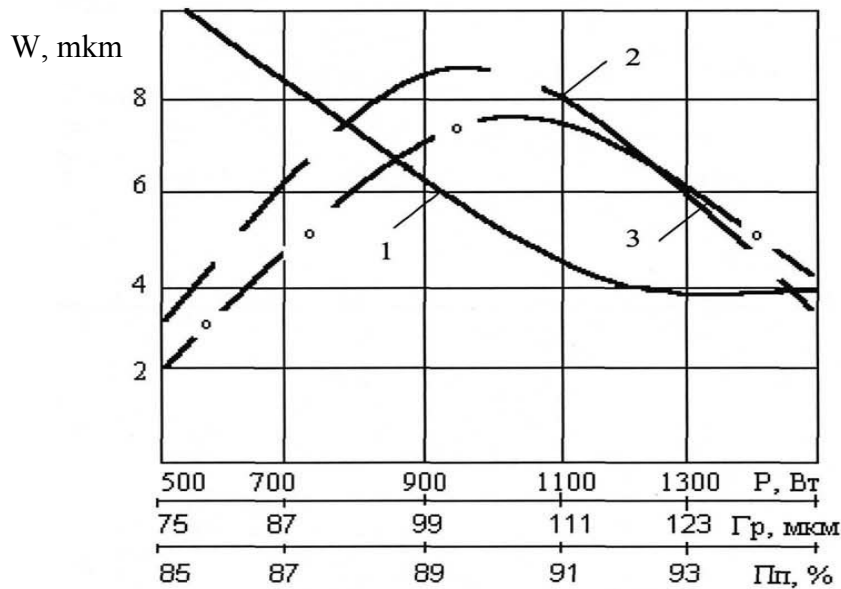
Şəkl. 7. Qrafitin (Γ_p , Γ_n) və perlitin (Π_d , Π_n) ölçü və miqdarının lazer emalı zonasının dərinliyinə h təsiri ($P = 520...1700$ Vt, $V = 10$ mm/s, qum-gil qəlib)

- 1) ——— Γ_p , 2) ———°——— Γ_n ,
 3) ———□——— Π_d , 4) ———■——— Π_n



Şək. 8. Qrafitin və perlitin ölçü və miqdarının (Γ_p , Γ_n və Π_d , Π_n) lazer emalı zonasının dərinliyinə h təsiri
 ($P = 520 \dots 1700 \text{ Vt}$, $V = 10 \text{ mm/s}$, mərkəzdənqaçma tökmə üsulu)

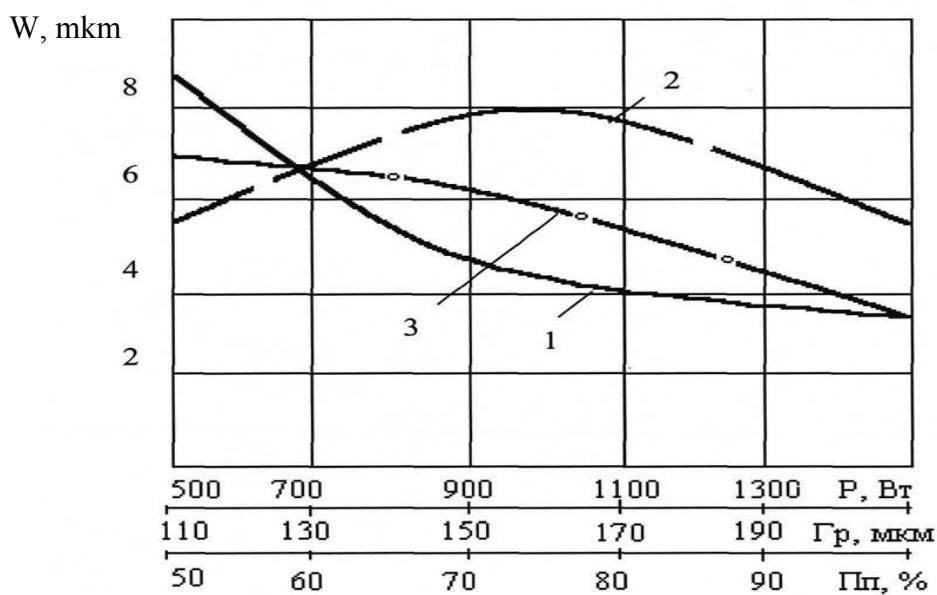
- 1) ———— Γ_p , 2) ———— Γ_n ,
 3) ———— Π_d , 4) ———— Π_n



Şək. 9. Şüanın gücü P , qrafitin ölçüsü Γ_p və perlitin miqdarının Γ_n boz çuqunun yeyilməsinə W təsiri
 (qum-gil qəlib)

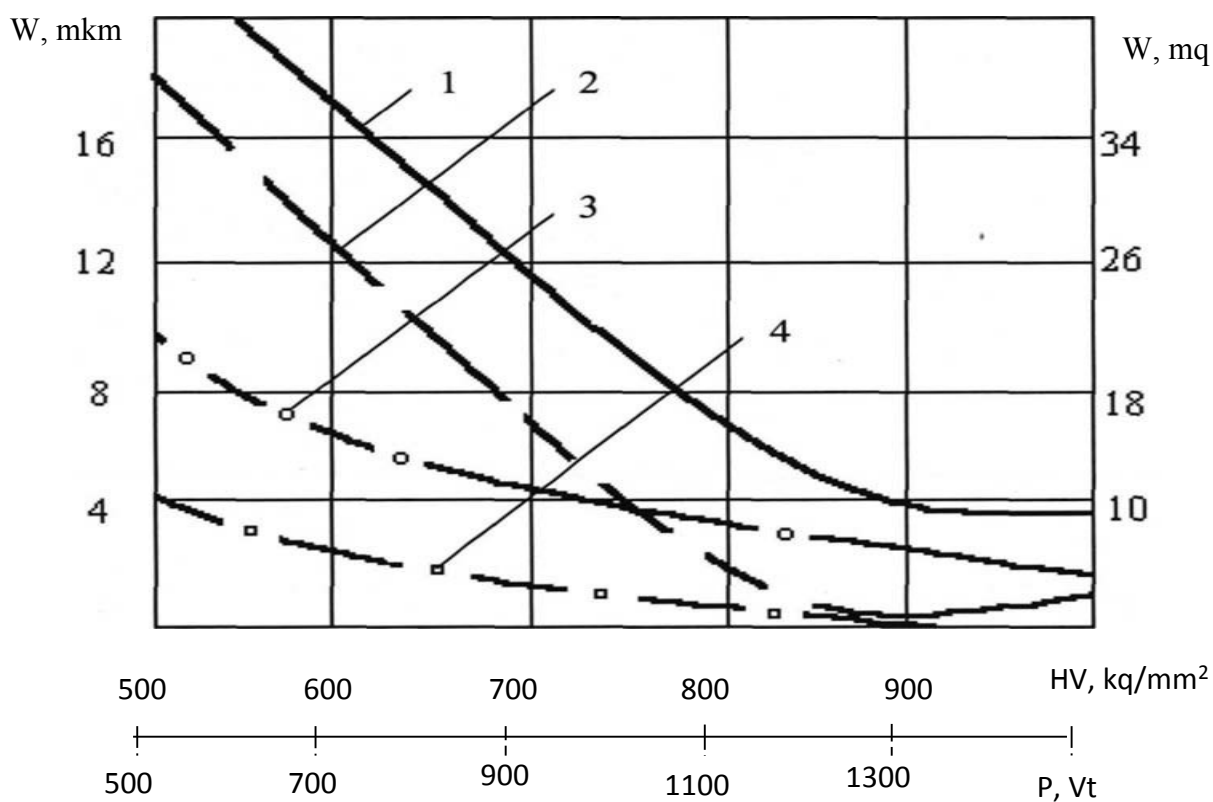
- 1) ———— P , 2) ———— Γ_p , 3) ———— Γ_n

Şək. 11 və 12-də boz çuqundan hazırlanmış silindr oymaqlarının lazer emalından sonra xətti və çəki yeyilməsinə əsas amillərin təsiri göstərilmişdir. Tədqiqatların nəticələri göstərir ki, oymaqların minimal yeyilməsinə nail olmaq üçün lazer şüasının gücü $P = 1000 \dots 1300 \text{ Vt}$, sürət $V = 5 \dots 8 \text{ mm/s}$ intervalında olmalıdır, bu halda mikrobərklik $HV 800 \dots 900 \text{ kq/mm}^2$ həddində alınə bilər. Belə mikrobərklik çuqun oymaqların maksimal yeyilməyə davamlılığını təmin edə bilər.



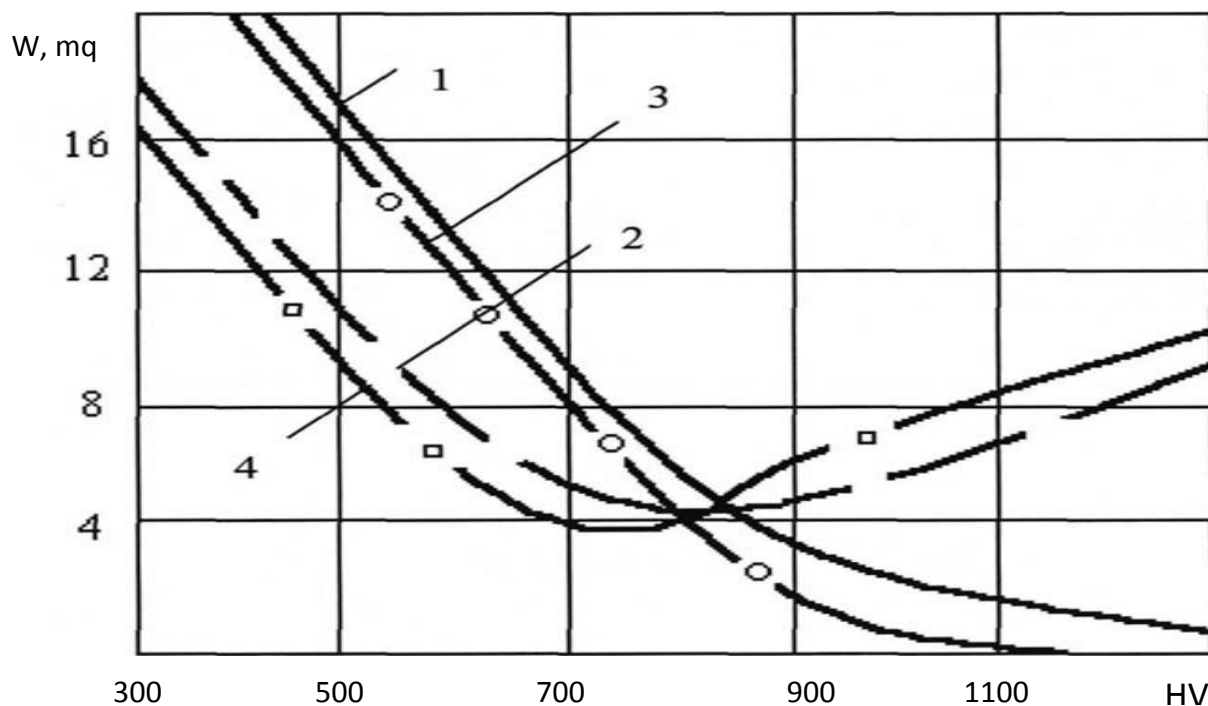
Şək. 10. Lazer emalının gücü P , qrafitin ölçüsü Γ_p və perlitin miqdarının Γ_π in boz çuqunun yeyilməsinə W təsiri (mərkəzdənqaçma tökmə üsulu)

- 1) ————— P , 2) ———— Γ_p ,
 3) ——— ° ——— Γ_π



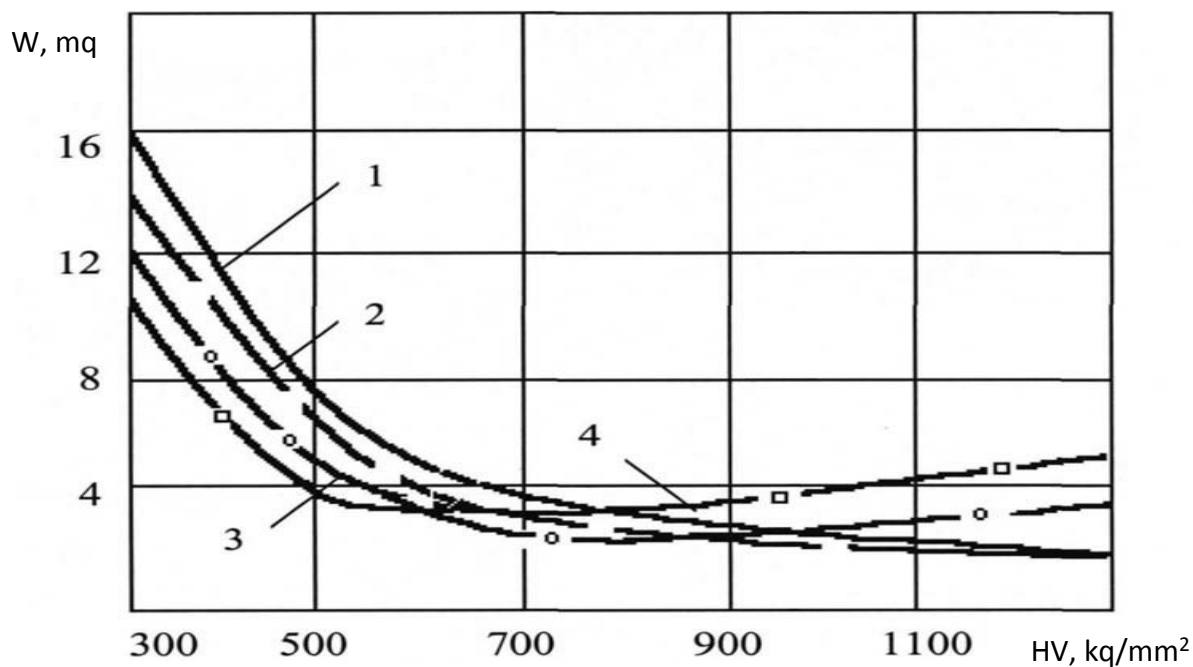
Şək. 11. Boz çuqunun yeyilməsinə lazer şüasının gücünün P və mikrobərkliyin HV təsiri:

- 1) ————— W , mkm (P), 2) ———— W , mq (P),
 3) ——— ° ——— W , mkm (HV), 4) ——— □ ——— W , mq (HV),



Şək. 12. W mikrobərkliyin HV materialın yeyilməsinə lazer emalı zonasının müxtəlif dərinliklərində h təsiri (qum-gil qəlib):

- 1) ————— $h_{0,02}$,
 2) ———— $h_{0,07}$,
 3) ———— $h_{0,12}$,
 4) ———— $h_{0,18}$.



Şək. 13. Lazer emalı zonasının müxtəlif dərinliklərində h materialın yeyilməsinə W mikrobərkliyin HV təsiri (mərkəzdənqaçma tökmə üsulu)

Nəticə. Beləliklə, müəyyən olunmuşdur ki, silindr oymaqlarının minimal yeyilməsinə lazer şüasının gücü $P = 1250...1300$ Vt və lazer şüasının sürəti $V = 6...7$ mm/san (qum-gil qəlib), $P = 1200...1300$ Vt və $V = 4,5...6$ mm/san (mərkəzdənqaçma tökmə üsulu) olduqda nail olunur.

Ədəbiyyat

1. Pratik Kakade. Analyzing and Identifying Various Approaches for Crankshaft Failures // Pratik Kakade. Manish D. Pasarkar Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), ISSN: 3159-0040, Vol. 2 Issue 2, February. –2015.
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.: PMPC, -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.
7. Wang J., Yi B., Zhou H. Framework of computational approach based on inherent deformation for welding buckling investigation during fabrication of lightweight ship panel // Ocean Engineering. 2018. V.157. Pp. 202–210.
8. Wang J., Ma N., Murakaw H. An efficient FE computation for predicting welding induced buckling in production of ship panel structure // Marine Structures. 2015. V.41. Pp. 20–52

Мəqalə qəbul olunub: 01.03.2021

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