

UOT 621.742.571

GƏMİ SİLİNDİR OYMAQLARININ LAZERLƏ EMALINDA SƏTH QATINDA ÇUQUNUN STRUKTUR VƏ XASSƏLƏRİNİN DƏYİŞMƏSİ

İsmayilov N.Ş., Sadıqov V.B., Xankişiyev İ.A., İsmayilov A.R.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: nizism@mail.ru

Xülasə. Məqalədə gəmi silindr oymaqlarının lazerlə emalında səth qatında çuqunun struktur və xassələrinin dəyişməsi məsələsinə baxılmışdır. Müxtəlif legirləyici elementlərin boz çuqunun struktur və xassələrinə təsiri təhlil edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, silindr oymaqları istehsal etmək üçün boz çuqunda kükürd və fosfor kimi zərərli elementlərin miqdarını maksimum azaltmaq lazımdır. Göstərilmişdir ki, lazer emalına uğradılan boz çuqun oymaqlarını xüsusi kimyəvi tərkibdə hazırlamaq lazımdır.

Abstract. The issues of changing the structure and properties on the surface layer of gray caste are considered for laser treatment of the ship's engine cylinder snares. The effect on the structures and properties of the gray cast iron of various doping elements has been analyzed. It has been established that for the production of cylinder thimials in gray cast iron it is necessary to reduce the content of harmful elements - sulfur and phosphorus. It is indicated that the ship's touts, subjected to laser treatment, must be made of gray castiron with a special chemical composition.

Аннотация. Рассмотрены вопросы изменения структуры и свойств на поверхностном слое серого чугуна при лазерной обработке цилиндрических втулок судовых двигателей. Анализировано влияние на структуры и свойства серого чугуна различных легирующих элементов. Установлено, что для производства цилиндрических втулок в сером чугуне необходимо уменьшить содержание вредных элементов – серы и фосфора. Указано, что судовых втулок, подвергаемых лазерной обработке, необходимо изготовить из серого чугуна со специальным химическим составом.

Açar sözlər: silindr oymaqları, lazerlə emal, boz çuqun, struktur və xassələr

Key words: cylinder sleeves, laser treatment, grey cast iron, structure and properties

Ключевые слова: цилиндрические втулки, лазерная обработка, серый чугун, структура и свойства

Giriş. Məlumdur ki, ağ çuqun boz çuqunla müqayisədə daha yüksək bərkliyə və yeyilməyə davamlılığa malikdir [1,2]. Boz çuqundan hazırlanmış gəmi mühərrikləri silindr oymaqlarını lazerlə emal edərkən səth qatlarında ağ çuqun strukturu yaranır. Ağ çuqunda bütün karbon kimyəvi birləşmə şəkilindədir, ağ çuqunda sərbəst qrafit yoxdur. Yüksək bərkliyi təmin edən komponentlər əsasən karbonun Fe, Cr, W və digər metallarla karbidləridir [3-5]. Elə bununla əlaqədar olaraq, ağ çuqunu intensiv yeyilmə şəraitində istismar üçün konstruksiya materialı kimi istifadə edirlər [6-8].

Beləliklə, yeyilmə şəraitində işləyən detalların resursunu artırmaq üçün səth qatlarının strukturunu detalların hazırlanması və istismar şəraitinin birgə təhlili əsasında seçmək lazımdır. Ənənəvi möhkəmləndirmə üsulları ilə yanaşı, lazerlə emal da silindr oymaqlarının yeyilməyə işləyən səthlərində tənzimlənən fiziki-mexaniki xassələr və idarə olunan struktur formalaşdırmağa imkan verir [9].

Təcrübə göstərir ki, ağ çuqunun strukturu əsasən perlit matrisi və Fe₂C və ya (Fe, Cr)₂C tipli karbidlərdən ibarətdir. Belə çuqun yüksək bərkliyə (HB>700) malik olur və adi rejimli mexaniki emala uğramır, ancaq yüksək kövrəkliyə malik olur. Evtektikaya qədərki (2,8...3,2%C) tərkibdə çuqunun yeyilməyə davamlılığı karbonlu poladlarla müqayisədə 50-80% çox olur [10]. Müəyyən edilmişdir ki, lazer emalı ilə alınmış ağ çuqunun yeyilməyə davamlılığı onun mexaniki xassələri və ayrı-ayrı struktur təşkildicilərinin xassələrindən (mikrobərkliyi, möhkəmliyi, özlülüyü, forması,

qarşılıqlı yerləşməsi və miqdarca nisbəti və s.) asılıdır. Ağ çuqunun əsas təşkilədicilərini mikrobərəkliyin artmasına görə bu qaydada yerləşdirmək olar: perlit, sorbit, troostit, austenit, martensit, sementit, xrom, volfram və digər elementlərin karbidləri [11].

İlkin kristallaşmanı idarə etməklə daha yüksək yeyilməyə davamlılığa malik ağ çuqun əldə etmək olar. İş burasındadır ki, aşağı dərəcəli ifrat soyutma austenitin qısa, lakin enli dendritləri, həmçinin sementitin kobud lövhələrinin yaranmasına səbəb olur. Yüksək dərəcəli ifrat soyuma isə austenitin nazik uzanmış dendritlərinin yaranması və sementit evtektikasının əhəmiyyətli dərəcədə xırdalanmasına səbəb olur [12]. Evtektik ərinti kristallaşan zaman mayenin ayrı-ayrı təşkilədicilərə diffuzion ayrılması evtektik sementitin austenitin ilkin dendritlərinin böyüməsilə müqayisədə daha sürətli böyüməsinə gətirib çıxarır. Soyuma sürətinin artması evtektikanın kristallaşma oblastını genişləndirir, çünki sementitin böyümə sürəti evtektik austenitin yaranma və böyümə sürətini üstələyir.

Beləliklə, ifrat soyutma dərəcəsi sementit evtektikasının dispersliyinə əhəmiyyətli təsir göstərir. Soyutma sürəti artdıqca, austenitdə və evtektik ərintidə karbonun qatılığı müvazinət halından əhəmiyyətli fərqlənir. Bu zaman austenit və sementit evtektikasının dendritlərinin nisbi miqdarı da dəyişir, bu nisbət aşağı soyutmalarda yüksək soyutmalara nisbətən az olur. İfrat soyuma şəraitində austenitin ikinci kristallaşması karbonun aşağı miqdarı və azalmış mikrobərəkliyə malik evtektoidin yaranması ilə müşayiət olunur. Austenitin parçalanması yeyilməyə davamlılığın yüksəlməsini təmin edən troostit-martensit, martensit və martensit-austenitli strukturun yaranmasını təmin etməlidir.

Legirləyicilərin struktur və xassələrə təsiri. Məlumdur ki, silindr oymaqları üçün boz çuqunun tərkibi bir neçə əsas elementdən ibarətdir: karbon, silisium, xrom, fosfor, kükürd, manqan və d. Çuqunda silisiyuma legirli element kimi baxmaq olar, silisium kristallaşma zamanı austenit və evtektik ərinti arasında paylanır. Silisium evtektik kristallaşma temperaturunu qaldırır, evtektik çevrilmə intervalını genişləndirir, ifrat soyumaya mane olaraq, soyutma sürətinin təsirini azaldır. Boz çuqunun lazer emalı zamanı silisium ağarmanın yuxarı böhran temperaturunu da artırır. Silisiumun təsiri altında (0,5...1,5%) austenitdə karbonun həllolma həddi və Fe-C-Si diaqramında evtektika nöqtəsinin vəziyyəti sola yerdəyişmə edir, özü də bu zaman karbid evtektik təşkilədicisinin quruluşu daha nazik olur. Bu, evtektik çevrilmə momentinə qalan maye fazanın həcmnin artması ilə əlaqədardır.

Silisium bərkimə zamanı, həm də bərk halında gedən struktur dəyişikliklərinin formalaşma prosesinə güclü təsir göstərir. Ağ çuqunda fazalar arasında silisiumun paylanmasına dair tədqiqatlarla müəyyən edilmişdir ki, çuqunun soyumasının adi sürətlərində silisium demək olar ki, bütünlüklə matrisdə (ferritdə) cəmləşir. Evtektikayaqədərki ağ çuqunlarda Si-un miqdarının 0,05-0,78%-dək artırılması bərkliyin və yeyilməyə müqavimətin yüksəlməsinə səbəb olur. Silisium sementit evtektikasının miqdarının artmasına və austenitin miqdarının azalmasına kömək edir. Si-un aşağı miqdarında (1%-dək) boz çuqunlarda lazer emalı zonasında evtektik ərintinin əhəmiyyətli ifrat soyuma dərəcəsi və ayrılmış sementit sahələrinin yaranması müşahidə olunur. Silisiumun miqdarının artması ilə çuqunun ifrat soyuma dərəcəsi azalır, austenitin nazik dendritlərinin mövcudluğuna baxmayaraq, evtektika yaxşı formalaşır və çox xırda struktura malik olur.

Austenitdə karbonun miqdarının azalması ilə əlaqədar izafi austenitin ikinci sementitin iynələri yoxdur. Evtektoid əvvəlki dendritlərində lövhəlidir və yaxşı differensiallaşmışdır; evtektoid lövhələrinin böyüməsi silisium 1,2%-dən çox olduqda lazerlə emal olunmuş çuqunun yeyilməyə davamlılığı azalır [11-14]. Manqan ağ çuqunda austenit və sementit stabilizasiyasına kömək edir. Hər bir elementin miqdarı 1%-ə qədər, karbonun miqdarı 3,5%-dək olduqda ağ çuqunda Mn, Cr, Mo və V-un paylanmasına dair tədqiqatlarla müəyyən olunmuşdur ki, bu elementlərin miqdarı ərimə zonasının ortasında minimaldır, periferiya tərəf müntəzəm artır və evtektik özləklərdə daha çoxdur. Bu, xüsusən karbonun miqdarının az ($C < 2,3\%$) olduğu hallarda özünü daha çox biruzə verir. İlkin austenitdə bu elementlərin paylanması karbonun miqdarının artmasına mütənəssib azalır.

Manqanın miqdarının 1,3%-dək artması ilə karbonun austenit və evtektik ərinti arasında karbonun austenitdə miqdarının artması istiqamətində yenidən paylanması müşahidə olunur. Mn-in miqdarı 1%-ə qədər olduqda, evtektoid yaxşı differensiallaşmış karbid quruluşuna malik olur. Manqanın miqdarının artması ilə sementitin strukturu əhəmiyyətini dəyişir. Ancaq bütöv sementit sahələrinin yaranmasına azacıq meyli qeyd etmək olar. Mn-in miqdarı 1,5% olduqda çuqunun yeyilməyə davamlılığı cuzi dəyişir.

Xrom boz çuqunun güclü ağarmasına kömək edir. Xrom α və γ dəmirdə karbonun həll olmasını azaldır. Çuqunda hətta azacıq miqdarda xrom olduqda xromla zəngin sementit tipli karbid fazası yaranır (Cr_3C). Tərkibində 0,4% Cr olan ağ çuqunlarda karbidlərdə xromun miqdarının onun feritdəki miqdarına nisbəti cüzi tərəddüdə malikdir və ortalama 5:1 nisbətində olur. Karbonun miqdarı sabit olduqda, sementitdə xromun miqdarının onun çuqundakı orta miqdarına nisbəti xromun miqdarı artdıqda azalır. Xromun çuqundakı miqdarı 0,4%-dən çox olduqda, yeyilməyə davamlılıq azalır. Bu, xromun sementitdə həll olması ilə əlaqədardır və çuqunun kövrəkləşməsinə gətirib çıxarır.

Bəzi metallurji müəssisələrdə boz çuqunun istehsalı zamanı ona titan, vanadium, nikel və ya molibden də əlavə edirlər. Dəmir-karbon ərintilərinin kristallaşması zamanı titan sementitdə həll olmayaraq TiC şəklində ayrılır. Titan karbidin yaranması nəticəsində maye faza karbonla “yoxsullaşır” və titanın miqdarı kifayət etdikdə və müvafiq soyutma şəraitində çuqunun ağarmasına səbəb olur. Çuqunda 0,13% Ti olduqda perlitin miqdarını azaldaraq və karbonun miqdarını artıraraq evtektoid nöqtəsi S sağa sürüşür.

Lazerlə emal və səth qatında struktur və xassələrin dəyişməsi. Lazerlə emal zamanı ərimiş çuqunun ifrat soyutma qabiliyyəti xüsusi maraq doğurur. Bu, çuqun ərintisində titan karbidin həll olması və kristallaşma zamanı karbidin ayrılmasını təsdiqləyir. Titanın miqdarının çuqunda 0,2%-dək artırılması ilə çuqunun mexaniki xassələri yaxşılaşır. Bu, kifayət qədər yüksək bərkliyə malik evtektoidin yaranması və onun və onun sahələrinin ölçülərinin böyüməsi, sementit evtektikasının miqdarının azalması və sementitin mikrobərkliyinin azalması ilə izah olunur.

Bütün bu amillərin hərəsi çuqunun özlülüyünün artmasına və yeyilmə prosesində sementit evtektikası və sərbəst sementit strukturunun ovxalanmasının azalmasına gətirib çıxarır. Boz çuquna vanadium əlavə edərkən, sementitin stabilləşməsi baş verir, özü də onun çuqunda miqdarı çox olduqca, bu, daha güclü təzahür edir. Tədqiqatlar göstərir ki, vanadium sementitdə həll olmur. VC, VC₃ karbidləri əmələ gətirir, bunlar isə kürəvari formaya yaxın olurlar [15-17].

Boz çuqunda 0,5%-dək vanadium həll ola bilər. Deməli, bu elementlə legirləmə karbonun bir hissəsini karbidə “bağlayır”, maye fazanı karbonla “yoxsul” edir. Bu zaman karbidəmələgəlmə, adi sementitlə müqayisədə daha dayanıqlı və möhkəm olan sementitdə vanadium karbidinin bərk məhlulları yarandıqdan müəyyən qədər mürəkkəbləşir. Birinci kristallaşma prosesində vanadium titana analoji olaraq karbonun təkrar paylanmasına səbəb olur. Yalnız austenit və sementitdə daha böyük həllolma müşahidə olunur. Çuqunu vanadiumla legirlədikdə, 0,4% xromu olan çuqunla müqayisədə daha yüksək bərklik və yeyilməyə davamlılıq təmin edilir [18-20].

Nikel karbonla metalstabil Ni₃C karbidi əmələ gətirir. Çuqunun nikellə legirlənməsi austenitin stabilləşməsinə kömək edir və γ -Fe oblastını genişləndirir. Müəyyən olunmuşdur ki, nikelin ağ çuqunun bərkliyinə təsiri manqanın təsirinə analojidir. Nikelin miqdarı 1%-dək olduqda, çuqunda dendrit strukturu müşahidə olunur, ikinci sementitin birləşməsi ilə trostitəbənzər evtektoidli çox böyük sahələr, sərbəst sementitin kiçik sahələri və zərif (nazik) quruluşlu evtektika nəzərə çarpır. Nikelin belə qatılığında yeyilməyə davamlılığın yüksəlməsi baş vermir. Yeyilməyə davamlılığa daha güclü təsiri molibden göstərir. Molibden dəmirə bərk məhlullar və bir neçə kimyəvi birləşmə əmələ gətirir. Tərkibdə molibdenin olması ikinci sementit birləşmələri ilə trostitəbənzər evtektoid sahələrinin miqdarının artmasına gətirib çıxarır. Boz çuqunda 1,5% Mo olduqda, lazer emalından sonra sürtünən səthlərin yeyilməyə davamlılığının artması müşahidə olunur.

Məlumdur ki, kükürd zərərli qatışıqlara adi edilir və dəmirə FeS və FeS₂ tipli sulfid birləşmələri əmələ gətirir. Buna baxmayaraq, kükürd lazer emalı zamanı çuqunun ağarmasına

kömək edir, çuqunun oturmasını artırır, çuqunda gərginlik və çatlara meyli artırır, çuqunu maye axıçı edir [16]. Kükürdün 0,12%-dək miqdarında çuqunda dendrit quruluşu və əhəmiyyətli miqdarda iri iynəvari quruluşlu ikinci sementitin böyük lövhəli evtektoid quruluşu müşahidə olunur. Dendritlərarası fəza sərbəst sementitlə dolmuşdur, burada kubik və çoxüzüzlü formaya malik manqan birləşmələri yerləşir. Azacıq miqdarda zərif quruluşlu evtektika vardır. Kükürdün çuqunda miqdarı 0,1-i aşmamalıdır.

Fosforun çuqunun fiziki-mexaniki xassələrinə təsiri onun miqdarı 0.15%-dək olduqda araşdırılmışdır. Fe-P hal diaqramına uyğun olaraq, fosforun miqdarının artırılması metalın ərimə temperaturunu əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Fe₃P şəkilli fosfid və α-məhlulun doymuş kristalları evtektika əmələ gətirir. Fosfid evtektikası yüksək bərkliyə malik olur [16]. Fosfid evtektikasının çuqunda paylanma xarakteri onun yeyilməyə davamlılığına iki cür təsir göstərir. Fosfid evtektikası tor şəklində yerləşdikdə, çuqunun yeyilməyə davamlılığı artır. Lakin fosfid evtektikasının ayrıca hissəcikləri çox asan oxşalanır və yeyilməyə davamlılığa mənfi təsir göstərir. Odur ki, lazerlə möhkəmləndirilən boz çuqunlarda fosforun miqdarı minimal olmalıdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, sadalanan elementlərin çuqunun fiziki-mexaniki xassələrinə təsirinə kompleks yanaşmaqla baxmaq məqsədəuyğundur, bu elementlərin birgə təsirini nəzərə almaq lazımdır. Çünki bu elementlərin təsiri ayrılıqda deyil, birgə baş verir. Burada söhbət artıq sinergetik effektdən getməlidir. Odur ki, lazerlə emal zamanı sadalanan elementlərin qarşılıqlı təsirini nəzərə almaq üçün tədqiqatlar aparmışdır. Araşdırma zamanı ağ çuqunun struktur və xassələri, kompleks aşqarların təsiri öyrənilmişdir.

“Silisium-manqan-xrom” sistemi araşdırılarkən manqanın miqdarı 0,7-dən 1,4%-dək dəyişdirilmişdir, bu zaman silisiumun miqdarı 0,9...1,1% və xromunku 0,2...0,4% həddində saxlanılmışdır. Çuqunda manqanın miqdarı 0,7% olduqda, şlifin dendrit quruluşu heç də bütün sahələrdə müşahidə olunmur, evtektoid troostitə oxşardır, böyük miqdar sərbəst sementit vardır, ikinci sementit yoxdur. Manqanın miqdarı 1,4%-dək artdıqca, dendrit quruluşu və evtektikanın müəyyən qədər artımı qeydə alınır. Manqanın miqdarının artırılması mikrobərklik və yeyilməyə davamlılığın yüksəlməsilə səciyyə olunur.

Karbon-silisium-manqan-xrom-titan” elementlər sistemi tədqiq olunmuşdur. Karbonun miqdarı 2,9...3,5% intervalında dəyişmişdir, digər elementlərin miqdarı sabit saxlanılmışdır. Karbonun miqdarı 3%-dək olduqda, zərif dendrit quruluşu müşahidə olunmuşdur: evtektoid sorbitəbənzərdir, sərbəst sementitin çoxlu xırda sahələri vardır. Evtektika zərif quruluşludur, onun miqdarı artmışdır. Titanın karbidləri sementit və evtektikanın sahələri daxilində yerləşmişlər, ikinci sementit yoxdur.

Karbonun miqdarının sonrakı artırılması zamanı evtektikanın miqdarının artması müşahidə olunur; evtektika dəstələr (toplanmış) şəklində yerləşmişdir, quruluşu daha kobuddur. Maksimal yeyilməyə davamlılıq karbon 3,32% olduqda nail olunur. „Silisium-manqan-xrom-fosfor” sistemində fosforun çuqunun xassələrinə təsiri onun qatılığının 0,1...0,14% həddində baxılmışdır. Çuqunun tərkibi belə olmuşdur: 2,8...3% C, 1,1...1,6% Si, 0,2...0,3% Cr.

Fosforun miqdarı 0,1% olduqda, dendrit quruluşu müşahidə olunur, ikinci sementit birləşmələrilə troostitəbənzər və zəriflövhəli quruluşlu evtektoidin miqdarı əhəmiyyətli dərəcədədir. Dendritlərarası fəza sərbəst sementitlə dolmuşdur. Fosforun miqdarının artması mikrobərkliyin müəyyən qədər azalmasına kömək edir. Fosforu istənilən digər elementlərlə birgə verməklə də yüksək yeyilməyə davamlı çuqun almaq çətindir, çünki bu özlü fazanın (evtektoidin) azalmasına və kövrək təşkiləticilərin (sementit və fosfid evtektikası) artmasına gətirib çıxarır.

Nəticə. Beləliklə, araşdırmalar əsasında belə bir nəticə çıxarılmışdır ki, əvvəla, silindr oymaqları istehsal etmək üçün boz çuqunda kükürd və fosfor kimi zərərli elementlərin miqdarını maksimum azaltmaq lazımdır. İkincisi, lazer emalına uğradılan boz çuqun oymaqları xüsusi tərkibdə hazırlamaq təklif edilir: 2,9...3,3% C; 1,3...1,6% Si; 1,0...1,3% Mn; 0,3...0,5% Cr; P < 0,2% ; S < 0,1%.

Ədəbiyyat

1. Гиршович, Н.Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках / Н.Г. Гиршович. –М.: Машиностроение, -2006. -562 с.
2. Глебов, В.В., Прохоров, И.И., Глебов, В.В., Лазерная обработка поверхности чугуна с целью его упрочнения// Сб. статей «Управление строением отливок и слитков», -2012. -с. 56-61.
3. Готтесман, К.А. Практическое применение лазеров в автомобилестроении// - США: Автомобильная промышленность, -2016. N2, -с. 18 – 21.
4. Шиганов, И.Н. Оборудование и технология лазерной обработки материалов / Шиганов И.Н. -М.: Высшая школа, -2010, -158 с.
5. Сафонов, А.Н. Основы лазерного термоупрочнения сплавов. Учеб. пособие для вузов / Сафонов А.Н. -М.: Высш. шк., -2008, 159-с.
6. Григорьев, М.А. Соотношение износов, вызванных различными эксплуатационными факторами, в общем износе цилиндров двигателей. / М.А. Григорьев, В.М. Павлинский, В.М. Бунаков// Автомобильная промышленность, -2015, N3, -с. 3.
7. Григорович, В.К. Твёрдость и микротвёрдость металлов / В.К. Григорович. -М.: Наука, -1996. -232 с.
8. Густва, В.А. Влияние лазерного облучения на структуру штамповой стали Х12М. Изв. вузов // Черная металлургия, -2008, N11, -с.106.
9. Дубняков, В.Н. Соотношение между количественными характеристиками микро-структуры и износостойкостью серого чугуна, упрочнённого лазерным излучением. Изв. вузов/ В.Н. Дубняков, О.Л. Кащук //Черная металлургия, -2006. N9, –с. 40.
10. Дубняков, В.Н. Влияние предшествующей обработки на пластичность и абразивную износостойкость метастабильных слоев // Трение и износ, -2015. N9, -с. 870 – 875.
11. Дубняков, В.Н. Влияние метастабильного состояния поверхностных слоев твёрдых тел на трение и износ// Трение и износ. -2013. -с. 925 – 929.
12. Еднерал, Н.В. Поверхностная лазерная обработка стали У10// Технология автомобилестроения. -2010. N5, - с.27.
13. Ершова, Л.С. О механизме перекристаллизации при лазерной обработке // МиТОМ, -2013. N3, -с. 45-52.
14. Ильин, В.М. Влияние лазерного упрочнения на стойкость и надёжность режущего инструмента. Изв. Вузов // Машиностроение, -2012. N7, -с. 11-15.
15. Кондратьев, Н.Н. Отказы и дефекты судовых дизелей /Н.Н. Кондратьев, -М.: Транспорт, -2005. -152 с.
16. Коваленко, В.С. Лазерная обработка отверстий / В.С. Коваленко. Машиностроитель, -1998. -23 с.
17. Коваленко, В.С. Справочник по технологии лазерной обработки / В.С. Коваленко, В.П. Котляров. -К: Техника, -2005. -167 с.
18. Костин А.К. Работа дизелей в условиях эксплуатации/ А.К. Костин, Б.П. Пугачёв, Ю.И. Кочинев, -Л.: Машиностроение, -2009. -284 с.
19. Костец, Б.И. Поверхностная прочность материалов при трении / Б.И. Костец. -К.: Техника, -2006. -296 с.
20. Кожевников, В.А. Исследование влияния микрогеометрии втулок цилиндров судовых дизелей на их износостойкость: /Автореф. дис. канд. техн. наук. / -Л., -1992. -22 с.

Мəqalə qəbul olunub: 05.03.2020

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