



ISSN 2521-6376

Volume 4
Number 2
2020

Journal of Baku Engineering University

MECHANICAL
AND INDUSTRIAL
ENGINEERING

Journal is published twice a year
Number-1. June, Number-2. December

An International Journal

<http://journal.beu.edu.az>

Founder

Havar Mammadov

Editor-in-chief

Huseyn Mirzeyev

Co - Editor

Osman Mirzeyev, Vuqar Muradov

Editorial advisory board

Anrulla Agamaliyev (Baku State University, Azerbaijan)
Anatoliy Palmov (Sank- Petersburg Technical University, Russia)
Igor Kiyko (Moscow State University, Russia)
Ismail Fidan (USA, Tennessee, Technical University)
Gelani Panahov (National Academy of Science, Azerbaijan)
Garib Murshudov (York Akademy,UK, London)

Hamed Sari-Sarraf (Texas Technik University,USA)
Mugammet Mehdiyev (Baku State University, Azerbaijan)
Suleyman Karadeniz (Turkey , 9 Eylul University)
Remzi Varal (Suleyman Demirel University, Turkey)
Vladimir Gudramovic (Dnepropetrovsk State University, Ukraine)
Vagif Mirsalimov (Azerbaijan Technical University, Azerbaijan)

International Advisory board

Abdullah Sofiyev (Suleyman Demirel University, Turkey)
Abusamat Abusattarov (Uzbekistan, Tashkent State University)
Ertugrul Durak (Turkey, Suleyman Demirel University)
Fatih Oncul (USA, Southern Polytechnic State University)
Fuad Latifov (Azerbaijan, National Academy of Science)
Latif Talibli (Azerbaijan, Azerbaijan National Aviation Academy)
Musa Ilyasov (Azerbaijan, Azerbaijan National Aviation Academy)
Mustafa Toparli (Turkey, Dokuz Eylul University)
Nariman Rasulov (Azerbaijan, Azerbaijan Technical University)
Nikolay Leontyev (Russia, Moscow State University of Civil Engineering)
Rudolf Berqman (Israel, Tel-Aviv University)

Shakir Mammadov (Azerbaijan, Azerbaijan University of Architecture and Construction)
Sunkay Akbarov (Yildiz Technical University, Turkey)
Tarik Chakar (Turkey, Sakarya University)
Telman Alimjanov (Kazakistan, Alma-Ata State University)
Ugurlu Nadirov (Azerbaijan, Azerbaijan Technical University)
Vagif Hacıyev (Azerbaijan, National Academy of Science)
Vitali Paymushin (Tataristan, Kazan Aviation Academy)
Vladimir Gudramovich (Ukraine, Dnepropetrovsk State University)
Vladimir Starovoytov (Belarus, Minsk State University)
Yuri Konoplyov (Tataristan, Kazan State University)
Ziraddin Mammadov (Turkey, Harran University)

Executive Editors

Shafag Alizade

Assistant Editors

Parviz Hasanov
Gulnara Akhverdiyeva

Design

Ilham Aliyev

Contact address

Journal of Baku Engineering University
AZ0102, Khirdalan city, Hasan Aliyev str. 120, Absheron, Baku, Azerbaijan

Tel: 00 994 12 - 349 99 66/78 **Fax:** 00 994 12 349-99-90/91

e-mail: journal@beu.edu.az

web: <http://journal.beu.edu.az>

facebook: [Journal Of Baku Engineering University](https://www.facebook.com/Journal-Of-Baku-Engineering-University)

Copyright © Baku Engineering University

ISSN 2521-6376

ISSN 2521-6376



Journal of Baku Engineering University

**MECHANICAL AND
INDUSTRIAL ENGINEERING**

Baku - AZERBAIJAN

Journal of Baku Engineering University

MECHANICAL AND INDUSTRIAL ENGINEERING

2020. Volume 4, Number 2

CONTENTS

YÜKSƏK TEZLIKLI MAQNIT SAHƏSINDƏ YUMRUQLU VALLARIN SƏTHLƏRİNİN PLAZMA ƏRİTMƏ ÜSULU İLƏ MODİFİKASİYASI

Şirzadov Fərhad Məhəmməd oğlu _____ 33

YÜNGÜL SILAHLAR ÜÇÜN POLİMER KOMPOZİT MATERİALLARININ SEÇİLMƏSİ

Kərimbəyli Müzəffər İlham oğlu _____ 44

QAZ MÜHƏRRİKLİ KOMPRESSOR AQRƏQATLARININ GÜC SİLİNDRLƏRİNDƏ AYRILAN İSTİLİKDƏN SƏMƏRƏLİ İSTİFADƏ OLUNMASI

Faiq Əliyev, Asif Quliyev _____ 51

YÜKSƏK TEMPERATURLU TERMOMEXANİKİ EMALDA BORULARIN SIXLİMİŞ HAVA İLƏ SOYUDULMASININ TEXNOLOGİYASININ ARAŞDIRILMASI

Vurğun Qəhrəmanov _____ 56

MEXANİKİ XASSƏLƏRİ, YÜKLƏNMƏNİN NÖVÜNDƏN ASILI OLAN TİRLƏRİN DAYANIQLIĞI VƏ RƏQSİ HƏRƏKƏTLƏRİ HAQQINDA

Rzayev N. S. _____ 60

UOT: 621.43.038.6:669.268

YÜKSƏK TEZLIKLI MAQNIT SAHƏSINDƏ YUMRUQLU VALLARIN SƏTHLƏRİNİN PLAZMA ƏRİTMƏ ÜSULU İLƏ MODİFİKASİYASI

Şirzadov Fərhad Məhəmməd oğlu

Bakı Mühəndislik Universiteti

fashirzadov@beu.edu.az

XÜLASƏ

Məqalədə EN-GJV-400 markalı çuqundan hazırlanmış yumruqlu valın səthi volfram təsirsiz qaz (TİG), yüksək tezlikli cərəyan və hər iki üsulun eyni zamanda tətbiqi ilə emal olunaraq, alınmış nümunələrin mikrostrukturunu və bərklikləri müqayisəli şəkildə analiz olunmuşdur.

Müəyyən olunmuşdur ki, adi TİG üsulu ilə səthi əridilmiş nümunələrin mikrostrukturunu, yüksək tezlikli maqnit sahəsində əridilmiş nümunələrin mikrostrukturunu ilə eyni deyildir. Yüksək tezlikli maqnit sahəsində əridilən material maqnit enerjisinin təsirindən əlavə olaraq qızmaqla yanaşı, maqnit qüvvəsinin təsiri altında fırlanmaya məruz qalır. İstiliyin təsirindən materialda dənəciklərin ölçüsü böyüdüyü halda, dendrit strukturlu kristallaşan klasterlər maqnit qüvvəsinin təsirindən kiçik hissələrə parçalanır.

Üsul maşın hissələrinin bərpasında, legirlənməsində və onlara həndəsi formanın verilməsində tətbiq oluna bilər.

Açar sözlər: çuqun, maqnit, plazma, TİG (Tungsten İnert Gas), ledeburit, modifikasiya.

SURFACE MODIFICATION OF CAMSHAFTS USING PLASMA MELTING METHOD IN HIGH-FREQUENCY MAQNETIC FIELD

ABSTRACT

The article analyzes camshaft made of EN-GJV-400 cast iron, applying the method of Tungsten Inert Gas (TIG) and high frequency magnetic field separately and simultaneously as well as it compares the microstructure and hardness of the specimens.

It has been found that the microstructures of the modified surfaces through the conventional TIG and high frequency magnetic field are not same. The reason is that magnetic energy in the molten material in the latter method caused additional temperature in weld pool as well as the rotation of the weld pool in the direction of the magnetic induction vector. The size of the grains has been increased via the additional heating effect and at the same time the dendrite branches have been cut to the smaller particles.

The process can be applied to restoring, alloying of surfaces and shaping processes of machine parts.

Key words: cast iron, magnet, plasma, TIG (Tungsten Inert Gas), ledeburite, modification

ПОВЕРХНОСТНАЯ МОДИФИКАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВАЛОВ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОЙ ПЛАВКИ В ВЫСОКОЧАСТОТНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

РЕЗЮМЕ

В статье анализируется распределительный вал из чугуна марки EN-GJV-400 с применением отдельно и одновременно методом аргодуговой сварки (TIG) и высокочастотного тока, а также сравнивается микроструктура и твердость образцов.

Было обнаружено, что микроструктуры модифицированных поверхностей с помощью обычного TIG и высокочастотного магнитного поля не совпадают. Причина в том, что магнитная энергия в расплавленном материале в последнем способе вызывала дополнительную температуру в сварочной ванне, а также вращение сварочной ванны в направлении вектора магнитной индукции. Размер зерен был увеличен за счет дополнительного эффекта нагрева, и в то же время ветви дендритов были разрушены до более мелких частиц.

Процесс может применяться для восстановления, легирования поверхностей и формообразования деталей машин.

Ключевые слова: чугун, магнит, плазма, TIG (Tungsten Inert Gas), ледеburит, модификация.

Giriş və məsələnin aktuallığı. Müasir dövrdə fırlanma hərəkətini irəli - geri hərəkətə çevirmək üçün istifadə olunan yumruqlu vallar əsasən paketləmə, çap, tikiş maşınlarında və daha çox daxili yanma mühərriklərinin klapanları idarəetmə mexanizmlərində geniş tətbiq olunmaqdadır. Bu cür mexaniki idarəetmə sisteminin elektromaqnit və ya elektrohidravlik üsullarla əvəz olunmasına cəhd olunsada bu mexanizmlər müasir daxili yanma mühərriklərində öz tətbiqi aktuallığını saxlamaqdadır [1-6]. Klapanları idarəetmə mexanizmi xüsusən onun proqram daşıyıcı funksiyasını yerinə yetirən yumruqlu valı, mühərrikin inkişafında mərkəzi problemdir, çünki mühərriklərin texniki vəziyyəti bir çox hallarda klapanları idarəetmə mexanizminin səmərəli işi ilə müəyyən olunur və bu mexanizmin hissələri mühərrikin funksional çıxış parametrlərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir [7-10].

Daxili yanma mühərriklərində alınan enerjinin beşdə bir hissəsi hərəkətə sərf olunmayıb, mühərrik hissələrində baş verən sürtünmələrdə itgiyə gedir ki, bunun da 30%-ə qədər klapanları idarəetmə mexanizminin xüsusən yumruqlu val və klapanı itələyici cütün payına düşə bilər [2,4,7,8].

Yumruqlu valın səthində konsentrasiya olunan enerji səth kələ-kötürlüklərini deformasiya etdirərək, onların tədricən dağılmasına və sonda detallın həndəsi ölçülərini itirərək, klapanların idarə olunmasının dəqiqliyinin pozulmasına və mühərrikin funksional çıxış parametrlərinin azalmasına səbəb olur.

Maşın detallarının sürtünmə, yeyilmə, etibarlılıq və uzunömürlülüüyü onların gərgin vəziyyətdə olan səth təbəqələrinin quruluş və xüsusiyyətlərindən əhəmiyyətli dərəcədə asılı olub, onların sıradan çıxmasının 90%-ə qədəri bu səthin dağılması hesabına baş verir. Bu səbəbdən də son zamanlar hərəkətdə olan hissələrin səthlərində texnoloji üsullarla yaradılan yeyilmə-yədavamlı örtüklər mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Triboloji cütlərin səthlərində yeyilmə-yədavamlı təbəqələrin alınması istiqamətində aparılan bir çox tədqiqat işlərinə baxmayaraq, konkret bir problemin qoyuluşunda tətbiq kriteriyaları və tətbiq potensialı haqda çoxsaylı qeyri-müəyyənliklər mövcuddur [11,12].

Tədqiq olunan maşın hissələri kütləvi istehsal olunan EN-GJV-400 markalı çuqundan hazırlanmış yumruqlu valdır. Ümumiyyətlə çuqunlar nisbətən yüksək sürtünmə əmsalına və az yeyilməyə davamlılığa malik olduqlarından, onları aşağı kontakt gərginliyi və sürüşmə sürətinin mövcud olduğu çox yüksək tələb qoyulmayan maşın hissələrində istifadə edirlər. Qeyd etmək lazımdır ki, daha geniş yayılmış çuqun/polad sürtünmə cütündə sürtünmə əmsalı friksion və antifriksion materiallar üçün icazə verilən sərhəddə yerləşir. Buna görə də onlar həm friksion və həm də antifriksion material kimi tam qənaətbəxş hesab olunurlar. Buradan da çuqunların tribotexniki xüsusiyyətlərinin yüksəldilməsi məqsədi ilə onların müxtəlif üsullarla emalı tələbi meydana çıxır [11,13,14].

Çuqunların texnoloji emal üsullardan biri də yüksək konsentrasiyalı enerji mənbəyinə malik TİG (Tungsten İnert Gas) üstəritmə üsulunu tətbiq etməklə, səthdə ledeburit strukturunun alınmasıdır. Bu zaman səthdə ledeburit strukturunun alınması ilə əridilən materialın bərkliyinin yüksəldilməsinə baxmayaraq, ona antifriksion xüsusiyyəti verən qrafitin itməsi materialın quru sürtünmə zamanı tətbiqini məhdudlaşdırır [11]. Bu baxımdan məqalədə EN-GJV-400 markalı çuqunun, TİG üsulu ilə termiki emal olunmuş, həmçinin TİG və yüksək tezlikli maqnit (YTM) sahəsinin birgə tətbiqi ilə üstəridilmiş və üstəridilmiş nümunələrin mikrostrukturları və bərklikləri müqayisəli şəkildə analiz olunmuşdur. Burada cəhd olunmuşdur ki, YTM sahəsinin materialın həndəsəsinə və onun fiziki - mexaniki xüsusiyyətlərinə səmərəli təsiri nəticəsində örtük materialının keyfiyyəti yüksəldilsin [15].

Experimentlərin planlaşdırılması. Eksperimentlər zamanı nümunələrin səthi ayrı – ayrılıqda həm yüksək tezlikli cərəyan, həm TİG üsulu ilə modifikasiya edilmiş (əridilmiş və legirlənmiş) və həm də yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG üsulu ilə əritmə birgə həyata keçirilmişdir (şək. 1). Nümunələr kütləvi istehsal olunan EN-GJV-400 markalı çuqundan hazırlanmış yumruqlardır.

Cədvəl 1. Tədqiq olunacaq əsas materialın tərkibi.

Əsas materiallar	Kimyəvi tərkibi, %						
	C	Si	Al	Mn	Cr	Cu	Ni
Yumruq EN-GJV-400	2.7 – 3.8	0.5 – 2.9	<0.1	0.2 – 0.6	<0.1	0.6 – 1.0	0.2 – 0.6

Yüksək tezlikli cərəyanla materialın qızdırılması və ya əridilməsi üçün 15kVt gücə malik TTH15 markalı induksiya qurğusu, plazma üsulu ilə üstəritmə əməliyyatı üçün 200A əritmə cərəyanı yaradan TİG200AC/DC qaynaq aparatından istifadə olunmuşdur. Yüksək tezlikli cərəyanla materialın emalında materiala verilən enerji faizlərlə idarə olunur. İnduksiya cərəyanının tezliyi isə 450 kHs- ə qədər yüksəldilə bilər.

YTM sahəsində əsas materialın emalında induksiya cərəyanının orta tezliyi 200 kHs, gücün qiyməti 25-100% intervalında dəyişdirilərək, maye metalın sıxılması müşahidə olunmuşdur. TİG- lə materialın əridilməsində cərəyan şiddəti 140A, YTC- la birgə tətbiq olunduqda əridilmiş materialın stabilliyinin təminatı üçün cərəyan şiddəti 90A, induksiya qurğusunun gücü isə 25% müəyyən edilmişdir. Volfram elektrodun diametri onun yüklənməsindən asılı olaraq, bütün eksperimentlərdə 2.4 mm qəbul edilmişdir.

Yumruqlu valların səthinə anfriksion örtüklərin əridilməsi üçün örtük materialları seçilərək, onların kimyəvi tərkibi və bəzi fiziki xüsusiyyətləri cədvəllərdə verilmişdir. Cədv. 2.- də yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG üsulu ilə üstəridiləcək örtük məftilinin tərkibi və alınacaq örtüyün nəzəri bərkliyi cədv. 3.- də yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG üsulu ilə səthin legirlənməsi üçün tətbiq olunacaq legirleyici folqanın tərkibi və xüsusiyyətləri təqdim olunmuşdur.

Cədvəl 2. Yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG üsulu ilə səthə çəkiləcək UTPADUR600 markalı örtük məftilinin tərkibi və alınacaq örtüyün nəzəri bərkliyi.

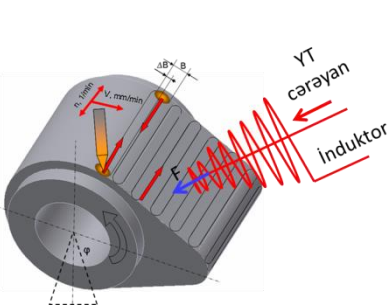
TİG-üstəritmə məftil	Kimyəvi tərkibi, %					Nəzəri bərklik
	C	Si	Mn	Cr	Qalanı	
UTPADUR600	0,5	3	0,5	9,5	Fe	610HV

Şək. 2.- də TİG üsulu ilə plazma mühitində üstəritmə, səthi legirləmə və modifikasiya sxemi və cədv. 4., cədv. 5. və cədv. 6.- da bu əməliyyatlarda tətbiq olunmuş texnoloji parametrlər təqdim olunmuşdur.

Cədvəl 3. Yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG üsulu ilə səthin legirlənməsi üçün tətbiq olunacaq legirləyici folqanın tərkibi və xüsusiyyətləri.

Legirləyici folqanın tərkibi və xüsusiyyəti	Kimyəvi tərkibi, %				
	Sn	Cu	Ni	Si	B
CuSn-4: korroziyaya qarşı davamlılığı, istilik ötürməni yüksəldir, narın strukturun alınmasına və səthə mis köçürülməsi prosesinə səbəb olur.	3-5	95-97	-	-	-
Ni əsaslı folqa-Ni78Si8B14 Silisium möhkəmliyi, istiliyə davamlılığı, bərkliyi artırır və qrafitin əmələ gəlməsinə şərait yaradır; Nikel strukturu narınlaşdırır, möhkəmliyi, korroziyaya qarşı davamlılığı yüksəldir və qrafitin əmələ gəlməsinə şərait yaradır; Bor karbid kimi yeyilməyə davamlılığı və kontakt temperaturunu yüksəldir və qrafitin əmələ gəlməsinə şərait yaradır.	-	-	78	8	14

EN-GJV-400 markalı çuqunun səthinin yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG üstəritmə əməliyyatının tətbiqi ilə üstəridilməsində, nikel və mislə legirlənməsində materialın həddən çox qızmasının qarşısının alınması və beləliklə də onun bərkliyinin təminatı üçün maqnit sahəsinin yalnız sıxıcı təsirindən istifadə edərək, induksiya qurğusunun 25% gücündən istifadə olunmuşdur.

	Həndəsi parametrlər	Texnoloji parametrlər
	<ul style="list-style-type: none"> - Yandırma ləkəsinin eni - Qonşu tikişi örtmə $\Delta B = f(\varphi)$ - Elektrod bucağı və səthdən olan məsafəsi - Qaynaq tikişinin həndəsəsi 	<ul style="list-style-type: none"> - Üstəritmə sürəti - Elektrodun səth üzrə hərəkət tezliyi - Üstəritmə cərəyanı - Üstəritmə gərginliyi - Maqnit sahəsinin parametrləri

Şəkil 1. Yüksək tezlikli maqnit sahəsində yumruğun səthinin modifikasiyası və legirlənməsi zamanı induktorla detallı qarşılıqlı vəziyyəti, yandırma ləkəsinin səth üzrə hərəkət sxemi, həndəsi və texnoloji parametrlər.

Cədvəl 4. Yüksək tezlikli maqnit sahəsində UTPADUR600 məftillə səthə örtükəkmədə üstəritmə parametrləri.

Üstəritmə cərəyanı, A	Örtüyün hündürlüyü, mm	Üstəritmə sürəti, mm/dəq	Üstəritmə tezliyi, 1/dəq	Elektrodun səthdən olan məsafəsi, mm	Örtüyün eni, mm	Məftilin diametri, mm	İnduktorun gücü, %	İnduktor tezliyi, kHz	TIG/Ar qazının miqdarı, l/dəq
30-130	<3	50-130	20-40	2-2,5	5-6	ø3,2	25-100	200	8

Cədvəl 5. Yüksək tezlikli maqnit sahəsində çuqunun səthinin TİG üsulu ilə əridilməsi zamanı qaynaq parametrləri.

Üstəritmə cərəyanı, A	Üstəritmə dərinliyi, mm	Üstəritmə sürəti, mm/dəq	Üstəritmə tezliyi, 1/dəq	Elektrodun səthdən olan məsafəsi, mm	Örtüyün eni, mm	İnduktorun gücü, %	İnduktorun cərəyan tezliyi, kHs	TİG/Ar qazının miqdarı, l/dəq
40-140	<2,5	90-150	40-90	2-2,5	4-6	25-100	200	8

Yüksək tezlikli maqnit sahəsində yumruqların səthlərinin legirlənməsi şəxk. 2.- də verilmiş cizgiyə əsasən aparılmışdır.

Cədvəl 6. Yüksək tezlikli maqnit sahəsində səthə çəkilməmiş örtüklərin TİG üsulu vasitəsi ilə əridilməsi zamanı qaynaq parametrləri.

Üstəritmə cərəyanı, A	Üstəritmə dərinliyi, mm	Üstəritmə sürəti, mm/dəq	Üstəritmə tezliyi, 1/dəq	Elektrodun səthdən olan məsafəsi, mm	Örtüyün eni, mm	İnduktorun gücü, %	İnduktor tezliyi, kHs	TİG/Ar qazının miqdarı, l/dəq
80-145	<3,5	40-70	20-70	2-3,5	5-7	25-100	200	6

Səthin legirlənməsindən əvvəl tərkibdə alına biləcək legirləyici elementlərin miqdarı öncədən nəzəri olaraq təyin olunmuşdur. Yumruğun səthinin TİG üstəritmə üsulu ilə legirlənməsi zamanı legirləyici elementin miqdarı folqanın və legirlənəcək səthin qalınlığından asılı olaraq növbəti ifadə ilə təyin olunmuşdur.

$$\begin{aligned} h_R(mm) + h_F(mm) &\longrightarrow 100\% \\ h_F(mm) &\longrightarrow E_V\% \end{aligned} ; E_V = \frac{h_F}{h_R + h_F} \cdot 100\% \cdot \left(\frac{E_L\%}{100\%} \right)$$

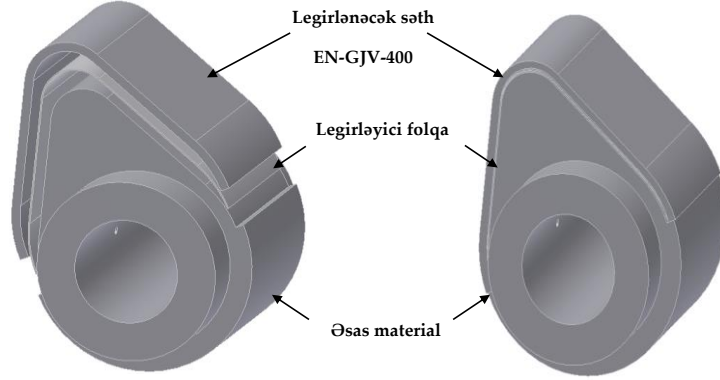
$$E_V = \frac{E_L \cdot h_F}{h_R + h_F} \quad (1)$$

E_V -legirlənəcək səthdə elementlərin tələb olunan miqdarı, h_R -üstəritmədə alınmış təbəqənin qalınlığı, h_F -folqanın qalınlığı, E_L -legirləyici folqada elementin miqdarıdır.

Əritmə zonasında elementin miqdarı məlum olduqdan sonra, tələb olunan folqanın qalınlığı aşağıdakı ifadə ilə təyin olunmuşdur.

$$h_F = \frac{h_R \cdot E_V}{E_L - E_V} \quad (2)$$

Eksperimentlərin reallaşdırılması. Eksperimentlərin planlaşdırılması əsasında səthin emalı zamanı alınmış nəticələrin tədqiqində mütəxəsislər ilkin olaraq adi gözlə alınmış örtüyün görünüşünü nəzərdən keçirirlər. Bu baxımdan eksperimentlərdən alınmış bəzi nümunələrin fotolarını nəzərdən keçirək.



Şəkil 2. Yüksək tezlikli maqnit sahəsində səthin legirlənməsinin sxematik təsviri.

Şək. 3. və şək. 4.- da uyğun olaraq səthi adi TİG və yüksək tezlikli maqnit sahəsində emal olunmuş və paradaqlanmış yumruqlar təsvir olunmuşdur. Şək. 3.- dən görüldüyü kimi yumruğun yan səthlərində materialın axması ilə mailliklər əmələ gəlmişdir. Materialın axması adətən səthin horizontal vəziyyətdə yüksək enerji sıxlığı ilə əridilməsindən baş verir. Şək. 4.- də yüksək tezlikli maqnit sahəsində əridilmiş nümunələrin əritmədən və paradaqlamadan sonrakı təsviri verilmişdir. Yüksək tezlikli maqnit sahəsinin yaratdığı Lorens qüvvəsini yumruqların yan səthində tətbiq etməklə, qaynaq vannasının axmasının qarşısı alınmış və bərkimiş yumruqların yan səthində həndəsi qüsurlar - mailliklər aradan qaldırılmışdır.



Şəkil 3. Adi TİG üsulu ilə səthlərinə örtük çəkilmiş yumruq və linglərdə baş vermiş qüsurlar.

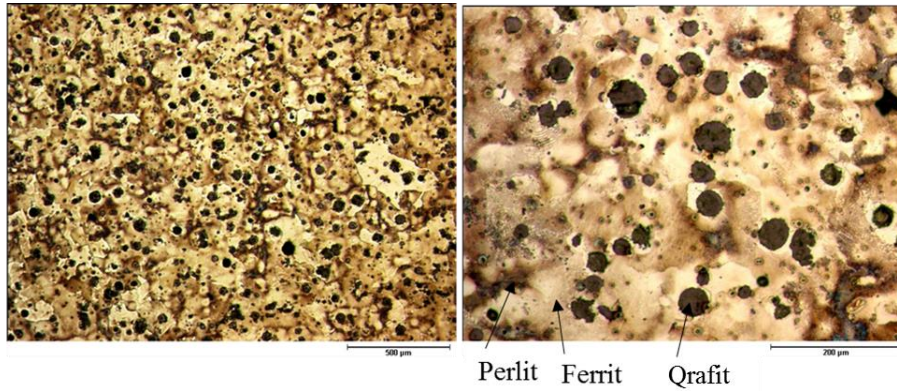


Şəkil 4. Yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG- üsulu ilə səthi yenidən əridilmiş və üstəridilmiş yumruqların ümumi görünüşü.

Çuqun səthin yüksək tezlikli maqnit sahəsində dolaq şəkilli induktorlarla əridilməsində maye materialın yuxarı dartılması müşahidə olunmuşdur. Belə bir əritmə əməliyyatı əridilmiş materialın ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında axıb tökülməsinin qarşısının alınması məqsədi ilə də tətbiq oluna bilər. Yüksək tezlikli cərəyanın gücünün artırılması ilə hətta ərimiş maye halında olan materialı səthdən dartıb, qoparmaq da mümkün olmuşdur. Buna səbəb səthdən yuxarı istiqamətdə təsir edən Lorens qüvvəsidir. Bu zaman induktordan materiala induksiya edən induksiya cərəyanının yaratdığı Lorens qüvvəsi yuxarı istiqamətdə, induktorda yaranan Lorens qüvvəsi isə yuxarı qalxan mayeni yandan sıxaraq, ona forma verəcəkdir.

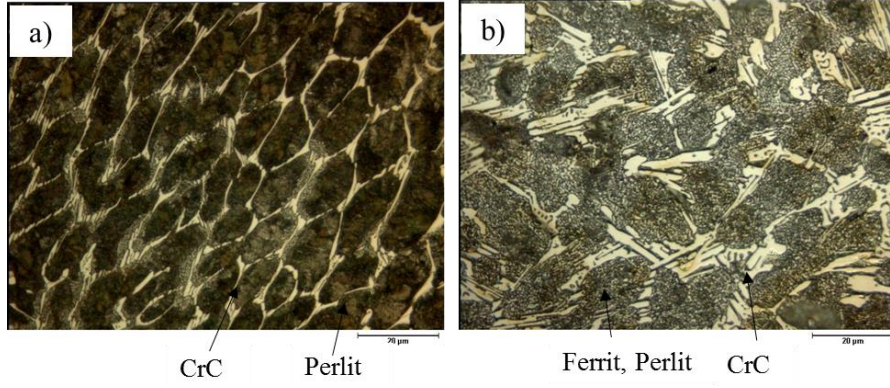
Yüksək tezlikli maqnit sahəsinin tətbiqi ilə səthdə alınan örtüklərin fiziki – mexaniki xüsusiyyətlərinin tədqiqi onun mikrostrukturunun və bərkliyinin təyini ilə müəyyən olunmuşdur. Bunun üçün nümunələrin maraqlı hissələri kəsilərək şliflər hazırlanmış və onların strukturunun analizi üçün IMATEC şəkil işləmə proqramına malik LEICA DMRM işıq mikroskopu istifadə olunmuşdur. Şliflərin mikrostrukturunun daha aydın görünməsi üçün onların səthi kimyəvi üsulla aşılanaşdır.

Şək. 5.- da əsas material – EN-GJV-400 markalı çuqunun mikrostrukturunu verilmişdir. Tərkib perlit, ferrit və sərbəst qrafitdən ibarətdir. Ferrit və perlit mikrostrukturuna aşağı bərkliyə malik olduğundan belə materiallardan hazırlanmış detalların eyni kontakt sahəsində buraxıla bilən Hers təzyiqi aşağı olacaqdır. Bu baxımdan belə materialdan olan yumruqların eni adətən poladdan olan yumruqların enindən geniş olub, yüngül konstruksiya baxımından səmərəsizdir. Yumruqların qəza vəziyyətində işi zamanı tərkibdə olan sərbəst qrafit səthi yağlayaraq sürtünmə əmsalını azaldır və onun dağılma prosesini gecikdirir.



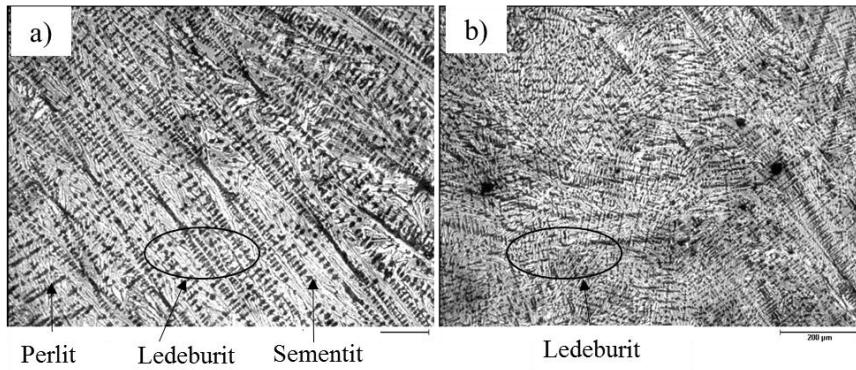
Şəkil 5. EN-GJV-400 markalı çuqunun mikrostrukturunu.

Şək. 6.- də UTP A DUR 600 markalı məftillə adi TİG və yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG üsulu ilə üstəridilmiş səthin mikrostrukturunu təqdim olunmuşdur. Mikrostrukturdan məlum olur ki, yüksək tezlikli maqnit sahəsindən qaynaq vannasına daxil olan istilik və onu maqnit induksiyası istiqamətində fırladan Lorens qüvvəsi mikrostrukturda mövcud olan tor şəkilli xrom karbidinin parçalanmasına və tərkibdə olan perlitin miqdarının azalaraq ferrit dənəciklərinin alınmasına səbəb olmuşdur.



Şəkil 6. UTP A DUR 600 örtüyün adi TİG və yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG- lə üstəridilməsindən əmələ gələn mikrostruktur (a- adi və b- yüksək tezlikli maqnit sahəsində üstəritmə).

Şək. 7.- də adi TİG və yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG üsulu ilə üstəridilmiş nümunələrin mikrostrukturunu təsvir olunmuşdur. Hər iki halda mikrostruktur ledeburitdən ibarətdir. Mikrostrukturdan məlum olur ki, yüksək tezlikli maqnit sahəsindən qaynaq vannasına daxil olan istilik və onu maqnit induksiyası istiqamətində fırladan Lorens qüvvəsi mikrostrukturda mövcud olan sementit dendritlərinin parçalanmasına səbəb olmuşdur.

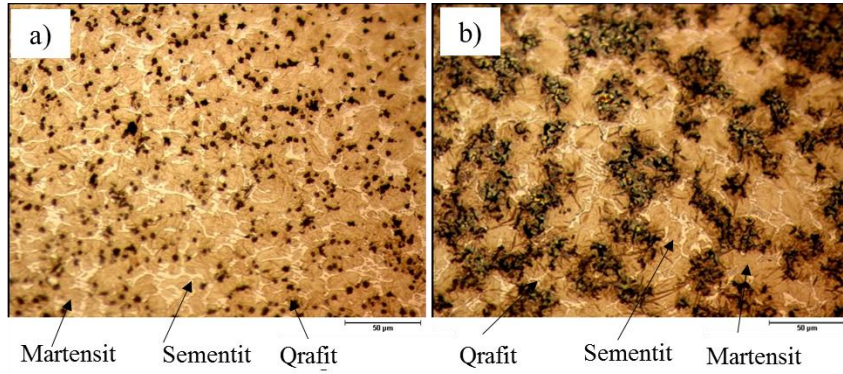


Şəkil 7. Adi və yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG üsulu ilə EN-GJV-400 markalı çuqunun səthinin üstəridilməsi (a- adi və b- yüksək tezlikli maqnit sahəsində üstəritmə).

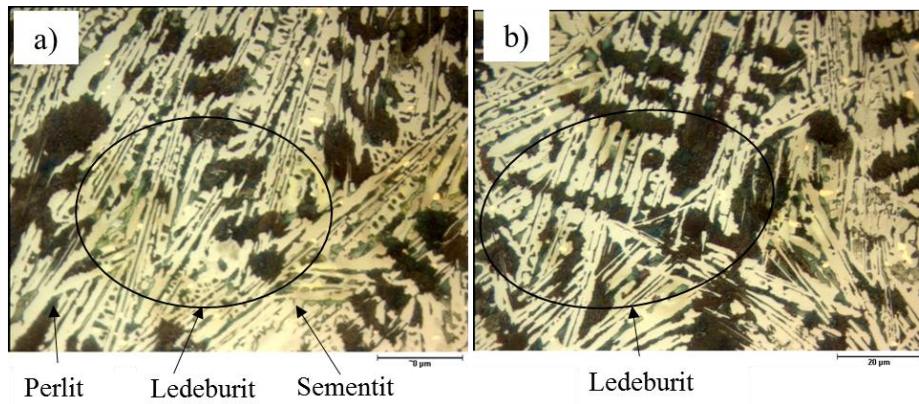
Şək. 8.- da adi TİG və yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG üsulu ilə səthi nikel əsaslı folqa ilə legirlənərək modifikasiya olunmuş EN-GJV-400 markalı çuqunun mikrostrukturunu təsvir olunmuşdur. Hər iki halda mikrostrukturda sərbəst qrafit mövcuddur ki, bu da səthin antifriksionluq qabiliyyətini yüksəldir. Bundan əlavə tərkibdə martensit iynələrinin əmələ gəlməsi ilə materialın bərkliyi artmış (qraf. 1) və onun buraxılabilən Hers təzyiqi yüksəlmişdir. Mikrostrukturların fərqiindən məlum olur ki, yüksək tezlikli maqnit sahəsində alınan mikrostrukturda qrafitin miqdarı qaynaq vannasına maqnit sahəsindən daxil olan əlavə istiliyin təsirindən yüksəlmişdir.

Şək. 9.- da adi TİG və yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG üsulu ilə səthi mislə legirlənərək modifikasiya olunmuş EN-GJV-400 markalı çuqunun mikrostrukturunu təqdim olunmuşdur. Hər iki halda mikrostruktur əsas materiala nisbətən yüksək bərkliyə malik ledeburitdən ibarətdir.

EN-GJV-400 markalı çuqunun yüksək tezlikli maqnit sahəsində havada qızdırılaraq soyulmasında demək olar ki, bərklik eyni qalmışdır. Materialın bu üsulla əridilməsində maye metalın Lorens qüvvəsinin təsiri altında hərəkətini nəzərə alaraq, üsulu formavermə əməliyyatlarında tətbiq etmək olar.



Şəkil 8. Adi və yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG üsulu ilə EN-GJV-400 markalı çuqunun sətinin Ni78Si8B14 folqa ilə legirlənməsindən alınan mikrostruktur (a- adi və b- yüksək tezlikli maqnit sahəsində üstəritmə).



Şəkil 9. Yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG üsulu ilə səthi mislə legirləmədə əmələ gələn mikrostruktur (a- adi və b- yüksək tezlikli maqnit sahəsində üstəritmə).

Maqnit sahəsində səthi legirlənmiş nümunələrin EDX analizi əsasında ən kəşik üzrə elementlərin kimyəvi tərkibi və konsentrasiyası müəyyən olunaraq, cədv. 7.- da təqdim olunmuşdur.

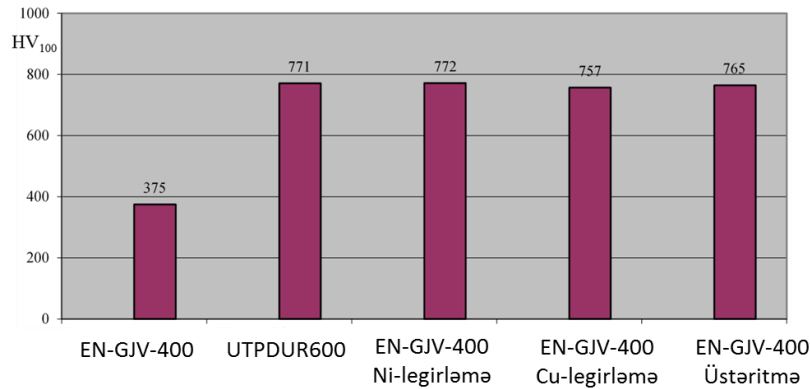
Cədvəl 7. Yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG üsulu ilə legirlənərək modifikasiya olunmuş təbəqədə elementlərin paylanması.

Material	Mövqe	Elementlər, %								
		Sn	Al	Si	Mn	Ni	Cu	Cr	Fe	
Əsas material EN-GJV-400		-	0.09	2.41	0.49	0.26	0.67	0.09	Qalanı	
Çuqunun səth təbəqəsinin legirlənməsində tətbiq olunan legirleyici folqalar	Mis-CuSn-4, 10% Cu-lə legirləmə	Birləşmə sahəsi	0.06	0.07	2.15	0.45	0.29	7.15	0.05	-
		Örtüyün mərkəzi	0.05	0.04	2.17	0.43	0.41	8.57	0.06	-
		Səth	0.08	0.09	2.41	0.49	0.32	9.91	0.07	-
	Nikel Ni78Si8B14; 10% Ni-lə legirləmə	Birləşmə sahəsi	-	0.07	2.56	0.40	8.23	0.61	0.07	-
		Örtüyün mərkəzi	-	0.08	2.43	0.44	9.11	0.72	0.06	-
		Səth	-	0.10	2.34	0.49	9.32	0.68	0.09	-

Legirləyici elementlərin fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin çuqunla müqayisədə fərqli olması və qaynaq vannasına əlavə maqnit sahəsinin təsiri ilə ona fırlanma hərəkətinin verilməsi qaynaq vannasının hidrodinamikasına təsir etmiş və legirləyici elementlər əridilmiş səth sahəsində müntəzəm patylanmışdır ki, belə səthlər də texniki-iqtisadi baxımdan səmərəli olub, istismar dövründə əvvəlki xüsusiyyətlərini qoruyub saxlayırlar.

Yüksək tezlikli maqnit sahəsində modifikasiya olunmuş səthlərin mikrobərkliyi qraf. 1-də təsvir olunmuşdur.

Qraf. 11.- də təqdim olunmuş qiymətlərdən görüldüyü kimi yüksək tezlikli maqnit sahəsində səthi mis və nikkellə legirlənmiş həmçinin üstəritmə üsulu ilə səthi modifikasiya olunmuş EN-GJV-400 markalı çuqunun bərkliyi əsas materialın (EN-GJV-400) bərkliyinə nisbətən xeyli yüksəlmişdir. [3] mənbəsində adi TİG üsulu ilə əridilmiş nümunələrə nisbətən yüksək tezlikli maqnit sahəsində əridilmiş nümunələrin bərkliyi azalmışdır. Bunu mikrostruktur analizindən də qabaqcadan müəyyən etmək olar.



Qrafik1. Yumruq üzərinə çəkilmiş təbəqənin bərkliyi.

Nəticə. Məqalədə TİG, yüksək tezlikli cərəyanla (YTC) emal üsulları ayrı - ayrılıqda və birgə tətbiq edilərək, nümunələrin səthi modifikasiya olunmuş, örtüyün həndəsəsinin, mikrostrukturun və bərkliklərin müqayisəli analizi əsasında texnoloji üsul material və texnoloji parametrlər nöqtəyi – nəzərdən təqdim olunmuşdur.

EN-GJV-400 markalı çuqundan hazırlanmış nümunənin YTC- la havada induksiya üsulu ilə qızdırılaraq soyudulmasında demək olar ki, bərklik eyni qalmışdır. Materialın bu üsulla əridilməsində maye metalın Lorens qüvvəsinin təsiri altında hərəkətini nəzərə alaraq, üsulu formavermə və legirləmə əməliyyatlarında tətbiq etmək olar.

Adi TİG və yüksək tezlikli maqnit sahəsində TİG üsulu ilə əridilərək modifikasiya olunmuş nümunələrin mikrostrukturları bir-birindən fərqlidir. Bunun səbəbini materiala əlavə maqnit enerjisinin daxil olması ilə onun qızması və qaynaq vannasının maqnit induksiya vektoru istiqamətində fırlanmasıdır. Sahə təsirindən əlavə qızmış nümunələrin dənəciklərinin ölçüsü nisbətən böyük alınmış və eyni zamanda əlavə fırlanma məruz qalmış mikrosahələrdə dentrit budaqları kiçik hissələrə doğranmışdır.

Tədqiq olunan texnologiya tribotexniki maşın hissələrinin istehsalında və təmirində hissələrinin keyfiyyətinin yüksəldilməsi, onların bərpası və maqnit sahəsinin təsiri altında forma verilməsi məqsədi ilə tətbiq oluna bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Percin Ayanoglu//Experimentelle Erfassung des elastohydrodynamischen Kontaktes in Zahnradgetrieben und Nocken/Flachstößel-Paarungen//(Diss. RWTH Aachen). Aachen 1993. 192 S.
2. Халилов Р.А//Системный анализ кулачковых механизмов автомобилей//Баку 2001, 258 ст.
3. Левицкий Н.И.//Теория механизмов и машин//Москва, издательство машиностроение 1965. - 365 с.
4. Harold A. Rothbart//Cam Design Handbook//McGraw-Hill Professional 2003, 606 p.
5. Ohne Nockenwelle. Ein neues elektromechanisches Ventiltriebssystem von Valeo//MTZ 03/2007 Jahrgang 68.
6. Dirk Denger, Karsten Mischker//Die elektrohydraulische Ventilsteuerung//MTZ 12/2004 Jahrgang 65.
7. Heinrich Uhe, Vlotho//Zur Reibung von Nockentrieben mit Flachstößeln//Konstruktionstechnik/Maschinenelemente Nr.129. VDI-Verlag GmbH Düsseldorf 1985. 134 S.
8. Holland J., Schmidt A., Clausthal-Zellerfeld//Stößel-Rotation im Nocken-Flachstößel-System//Technologie Schmierungstechnik 40 Jahrgang 1/1993. S. 10-15.
9. Klaus Spiegel//Beiträge zur Elastohydrodynamik bei Nocken-Stößel-Paarungen//Technische Universität Clausthal 1982. 196 S.
10. Peter Meusburger//Leichtbau im Motorenbau mit gebauten Nockenwellen//Jahrgang 67, MTZ 03/2006. S. 174-179.
11. Shirzadov F.//Erhöhung der Verschleißbeständigkeit von Ventiltrieb-Werkstoffpaarungen mittels unterschiedlicher Randschichtmodifikationen//Dissertation, Berlin 2012. 178 S.
12. Musayev Y. B.//Verbesserung der tribologischen Eigenschaften von Stahl/Stahl- Gleitpaarungen für Präzisionsbauteile durch Diffusionsmetallisieren im Vakuum//Dissertation/Universität Erlangen – Nürnberg. 2001. 180 S.
13. Садыхов А.И., Ширзадов Ф.М., Вёше Р. //Триботехнические свойства поверхности модифицированного чугуна при смазывании//Вестник машиностроения 4/2014. Ст. 52-54.
14. Sadıxov Ə.H., Şirzadov F.M.//Elektroqövs üstəritmə üsulu ilə səthə yeyilməyə davamlı örtüklərin çəkilməsi və TİG üstəritmə üsulu ilə səthin modifikasiyası//Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının xəbərləri. Bakı, Cild 8 – 3/ 2016, səh 45-55.
15. Ширзадов Ф.М., Садыхов А.И., Гасимова Л.А. //Наплавка поверхности под действием магнитного поля//Вестник машиностроения 3/2015. Ст. 50-52.

UOT.623.443

YÜNGÜL SILAHLAR ÜÇÜN POLİMER KOMPOZİT MATERİALLARININ SEÇİLMƏSİ

Kərimbəyli Müzəffər İlham oğlu

Bakı Mühəndislik Universiteti

mkarimbayli@beu.edu.az

XÜLASƏ

Bu məqalə yüngül silahların istehsalı üçün uyğun kompozit materialın seçilməsi məsələsinə həsr olunmuşdur. Yüngül silahlar üçün uyğun matris xüsusiyyətlərinə malik olduğu müəyyən edilən poliamid 66 (PA66) və polikarbonat (PC) materialları şüşə və karbon lifi ilə gücləndirilib. Enjeksiyon qəlibləmə üsulu ilə istehsal olunan kompozit materiallarda armatur nisbəti 15-40% aralığında istifadə edilmişdir.

Hazırlanmış nümunələr elastiklik, möhkəmlik, zərbəyə davamlılıq, aşınmaya davamlılıq, müxtəlif temperaturlarda dayanıqlıq, sərtlik, su udma müqaviməti, korroziyaya davamlılıq, sıxlıq və qiymət baxımından yoxlanılmışdır. Mexanikə təcrübələr göstərdi ki, kompozit materialların möhkəmlik dəyərləri və sərtliyi lif möhkəmləndirilməsinin tətbiqi ilə artır və lif növü kompozit materialların elastik davranışına, möhkəmlik dəyərinə və temperaturdan asılılığına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. Müəyyən edilmişdir ki, tədqiq olunan polimer kompozit materialların su udma qabiliyyəti və korroziyaya davamlılığı lif növündən çox matris tipindən asılıdır. Müəyyən edilmişdir ki, kompozit materialların aşınma müqavimətinə lif növü qismən təsir etsə də, bu, əsasən matris tipindən asılıdır. Aparılan müayinələr nəticəsində yüngül silahlarda gövdə materialı kimi istifadə ediləcək ən uyğun kompozit materialın tərkibində 40% karbon lifi olan PA66 olduğu qənaətinə gəlinib.

Açar sözlər: Yüngül silah materialları, Poliamid 66, Polikarbonat, Polimer kompozit material.

POLYMER COMPOSITE MATERIAL SELECTION FOR LIGHT WEAPONS

ABSTRACT

In this study, it is aimed to make proper composite materials selection for light weapons. Physical, mechanical and tribological properties of PA66 and PC composites reinforced with glass fiber and carbon fiber by using injection method between 15% and 40% have been investigated in order to select proper material for light weapons.

The prepared samples were examined in terms of elasticity, strength, impact resistance, wear resistance, stability at temperature, hardness, water absorption resistance, corrosion resistance, density and cost. It has been determined that the strength values and hardness of composite materials increase in direct proportion with the increase of fiber reinforcement in mechanical tests. It has been observed that the fiber type significantly affects the elastic behavior, strength values and dependence of temperature on composite materials. The investigated polymer composite materials have been shown to have water absorption resistance and corrosion resistance due to the matrix type rather than the fiber type. It has been determined that although the wear resistance of composite materials is partially affected by the fiber type, it is predominantly affected by the matrix type. As a result of the investigations, it has been determined that the most proper composite material which can be used as body material in light weapons is PA66 containing 40% carbon fiber.

Keywords: Light weapon materials, Poliamid 66, Polycarbonate, Polymer composite material.

ВЫБОР ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛЕГКОГО ОРУЖИЯ

РЕЗЮМЕ

В данном исследовании ставится цель сделать правильный выбор композиционных материалов для легкого оружия. Исследованы физические, механические и трибологические свойства композитов ПА66 и ПК, армированных стекловолокном и углеродным волокном методом впрыска от 15% до 40%, с целью выбора подходящего материала для легкого оружия.

Подготовленные образцы исследовали на эластичность, прочность, ударопрочность, износостойкость, температурную стабильность, твердость, водопоглощение, коррозионную стойкость, плотность и стоимость. Установлено, что показатели прочности и твердости композиционных материалов увеличиваются прямо пропорционально увеличению армирования волокном при механических испытаниях. Было замечено, что тип

волокна существенно влияет на упругое поведение, значения прочности и температурную зависимость композиционных материалов. Показано, что исследованные полимерные композиционные материалы обладают водопоглощением и коррозионной стойкостью за счет типа матрицы, а не типа волокна. Установлено, что хотя на износостойкость композиционных материалов частично влияет тип волокна, но преимущественно на него влияет тип матрицы. В результате исследований установлено, что наиболее подходящим композиционным материалом, который может быть использован в качестве материала корпуса легкого оружия, является ПА66, содержащий 40% углеродного волокна.

Ключевые слова: Материалы для легкого оружия, Полиамид 66, Поликарбонат, Полимерный композиционный материал.

Giriş. Silah insanların özlərini müdafiə etmək və ya ovçuluq məqsədilə istifadə etdikləri alətlərdir. Yüngül silah növlərindən ən çox istifadə edilən silahlar tapança və tüfənglərdir. Portativ silahlarda axtarılan ən əhəmiyyətli xüsusiyyətlərdən olan yüngüllük, ucuzluq, yüksək möhkəmlik və korroziyaya davamlılığı təmin etmək üçün istehsalda kompozit materialların istifadəsi sürətlə artır. Bu silahlarda əsas gövdə hissələrinin istehsalında kompozit materiallardan istifadə edilir.

Kompozit materiallar, xüsusi çəkisinin az olması səbəbindən, daha çox əl ilə daşınan zireh və silah kimi avadanlıqları daha yüngül edir. Son illərdə inkişaf edən texnologiya ilə müdafiə sənayesində qabaqcıl kompozitlərin yeri və tətbiq sahələri sürətlə artır [1]. Klassik tapançaların polad gövdələri orta hesabla 400 qr, alüminium lehimli gövdələri orta hesabla 200 qr və 30% şüşə liflə gücləndirilmiş (Şəkl.1) PA66 kompozit gövdənin çəkisi təxminən 120 qramdır. Müvafiq olaraq, polad gövdəli silahlar orta hesabla 1200 qr, alüminium ərintiləri orta hesabla 1000 qr, polimer kompozit silahlar isə orta hesabla 750 qr çəkiyə malikdir [1;2].

Silahlar yüksək intensivlikli və təkrarlanan zərbə yükləri altında işləyir. Bu səbəblərə görə hissələrin istehsalında istifadə ediləcək materiallardan ilk növbədə yüksək möhkəmlik və elastiklik modulu tələb olunur. Müdafiə sənayesi üçün istehsal edilən kompozit materiallarından gözlənilən xüsusiyyətlər yüksək möhkəmlik/sıxlıq nisbəti, asan formalaşdırıla bilmə, korroziyaya və kimyəvi təsirlərə qarşı müqavimətdir. Silah istehsalçıların silahı ən yüksək keyfiyyətlə istehsal etməsi üçün bu parametrləri ən uyğun nisbətdə təmin edən materialdan istifadə etmək lazımdır. [3]

Polimer kompozit materiallar üzərində aparılan tədqiqatlarda 0%, 10%, 20% və 30% qısa şüşə lifli PA66 və 0% 10%, 20% və 30% qısa şüşə liflə gücləndirilmiş polipropilen matrisli kompozit materiallar tədqiq edilmişdir. Lif möhkəmləndirilməsinin matrisin mexaniki xüsusiyyətlərinə müsbət təsir etdiyi müşahidə edilmişdir. Enjeksiyon üsulunda liflərin matrisdə homogen şəkildə paylandığı müəyyən edilmişdir. Bundan əlavə, istehsal üsulu olaraq istifadə edilən plastik inyeksiya metodunun daha sürətli və daha az xərclə istehsal etməyə imkan verdiyi müşahidə edilmişdir [4].

Aparılan tədqiqatlarda şüşə liflərlə gücləndirilmiş PA66 kompozit materialında 30% -ə qədər şüşə lif möhkəmləndirilməsinin materialların fiziki və mexaniki xüsusiyyətlərinə müsbət təsir göstərdiyi məlum olmuşdur.

Başqa tədqiqatlarda isə müəyyən edilmişdir ki, enjeksiyon və ekstruziya üsulu ilə hazırlanmış, şüşə liflə müxtəlif nisbətlərdə möhkəmləndirilmiş PA66 matris materialının dartılma gücü və möhkəmliyi xətti artım göstərmişdir. Bundan əlavə, enjeksiyon qəlibində dartılma müqaviməti 85 MPa və elastiklik modulu 7 GPa olduğu halda, ekstruziya metodunda dartılma müqavimətinin 70 MPa və elastiklik modulunun 5 GPa olduğu müəyyən edilmişdir [5].

Tədqiqatın məqsədi: İstər daxili təhlükəsizliyin təmin edilməsində, istərsə də xarici təhlükələrə qarşı təhlükəsizliyin təmin edilməsində istifadə olunacaq silahların, inkişaf edən texnologiyadan asılı olaraq daim yenilənməsi lazımdır. Bu çərçivədə material texnologiyasındakı inkişaf fonunda müdafiə sənayesində kompozit materiallara ehtiyac artır.

Yüngül silahlardan gözlənilən xüsusiyyətlərin son illərdə inkişaf etməkdə olan texnologiya ilə düz mütənasib artması, yeni silahlarda istifadə müddətinin daha yüksək rəqəmlərə çatmasına gətirib çıxarır. Ölkəmizin dünyada yüngül silah sənayesində istifadə olunan material texnologiyasındakı inkişafardan faydalanması və bu sahədə xarici asılılığımızın azaldılması üçün yerli müəssisələrdə bu istiqamətlərdə çalışmalara ehtiyac var.

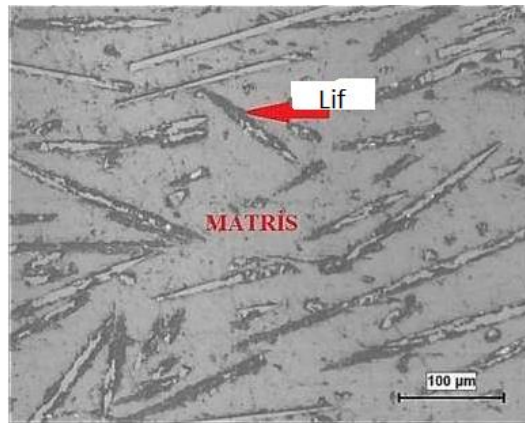
Bu araşdırmanın əsas məqsədi material texnologiyasındakı inkişafın ölkəmizin müdafiə sənayesinə tətbiqinə töhfə verməkdir. Bu məqsədə çatmaq üçün bir silahdan gözlənilən xüsusiyyətlərə ən uyğun şəkildə cavab verəcək polimer əsaslı kompozit material cütlərini təyin etmək üçün uyğunluq testləri aparmaqdır. [6]

Eksperimental tədqiqatlar: Bu işdə, ədəbiyyat araşdırmalarını, ilkin təcrübələri və ölkəmizin bazar şərtlərini nəzərə alaraq, yüngül silahların istehsalı üçün lazımi xüsusiyyətləri təmin edəcək polimer əsaslı kompozit materialların seçimini ən uyğun şəkildə etmək üçün PA66 (poliamid 66) və matris tipli PC (polikarbonat), lif növü kimi isə şüşə və karbon lifli materiallar seçilmişdir. Kompozit material nümunələri yuxarıda qeyd olunan matris materiallarının müxtəlif nisbətlərdə liflərlə möhkəmləndirilməsi ilə istifadə edilən inyeksiya üsulu ilə istehsal edilmişdir. Alınan nümunələr lazımi müayinələrdən keçirilmiş və silah istehsalı üçün ən uyğun kompozit material cütü müəyyən edilmişdir.

Bu tədqiqat üçün seçilmiş kompozit materiallar Cədvəl 1-də verilmişdir. Tədqiqatda istifadə üçün hazırlanmış nümunələri təsvir edən nümunəvi daxili strukturu Şəkil 1-də verilmişdir. Bu daxili quruluşda liflərin matris strukturunda təsadüfi şəkildə paylandığı görünür. [7]

Cədvəl 1: Eksperimental tədqiqatlarda istifadə olunan nümunələr

Matris materialı	Möhkəmləndirici material	Möhkəmləndirici Xüsusiyyətlər	Lifin Həcmi
Poliamid 66(PA66)	Şüşə Lif	Lif Çapı = 10 µm Lif Boyu=4,5mm	15%
			30%
			40%
	KarbonLif	Lif Çapı = 8 µm Lif Boyu=6mm	30%
			40%
Polikarbonat(PC)	Şüşə Lif	Lif Çapı = 10 µm Lif Boyu=4mm	15%
			25%
			30%



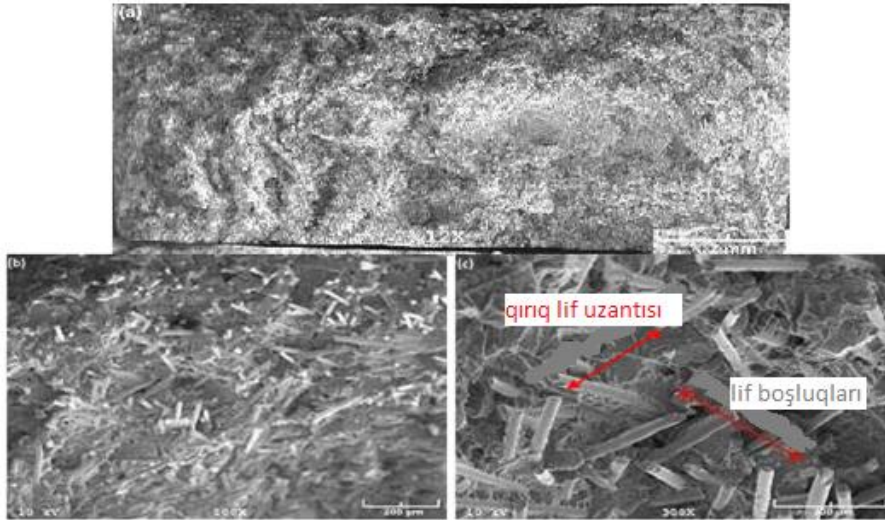
Şəkil1: 30%şüşə liflə gücləndirilmiş PA66 kompozit material

Tətbiq edilən sınaqlar nəticəsində alınan standartlara uyğun hazırlanmış nümunələrin fiziki-mexaniki xassələri Cədvəl 2-də verilmişdir. Müəyyən edilmiş dəyərlərdə ən yüksək möhkəmliyin PA66-40C nümunəsində, ən yüksək deformasiya və möhkəmlik dəyərinin isə PA66-40 GF nümunəsində əldə edildiyi müəyyən edilmişdir. Kompozit materiallar arasında ən az sıxlığa malik materialın PA66-15GF olduğu və ən yüksək sıxlığa malik olan kompozit material arasında 17% fərq olduğu müəyyən edilmişdir.

Cədvəl 2:Nümunələrin fiziki və mexaniki xassələri

Nümunə	Elastiklik modulu(GPa)	Dartılmada müqavimət(MPa)	Zərbəyə dözümlülük (J)
PA6615GF	7,21	95,7	1,02
PA6630GF	11,27	155	2,31
PA6640GF	14,56	191,4	2,71
PA6630C	17,72	193,1	2,59
PA6640C	24,63	231,3	2,91
PC15GF	4,83	88,2	1,80
PC25GF	6,81	118,8	2,15
PC30GF	8,42	138,8	2,41

Tədqiq olunan kompozit materiallardan standartlara uyğun hazırlanmış nümunələr qırılma enerjilərini təyin etmək üçün zərbə sınağına məruz qalmış və qırılma səthləri tədqiq edilmişdir. Skaner elektron mikroskopiyasının (SEM) köməyi ilə zərbə sınağına məruz qalan nümunələrin qırılma səthlərinin tədqiqində, möhkəmləndirici liflərin matris strukturunda müxtəlif istiqamətlərdə təsadüfi paylandığı və kompozitin xüsusiyyətləri müəyyən edilmişdir. Zərbə sınağına məruz qalan PA66-40GF nümunəsinin SEM təsviri Şəkil 2-də göstərilir. Şəkil 2-dən görünür ki, bütün nümunələrin qırılma davranışları kövrək qırılma xüsusiyyətləri ilə bir-birinə bənzəyir.



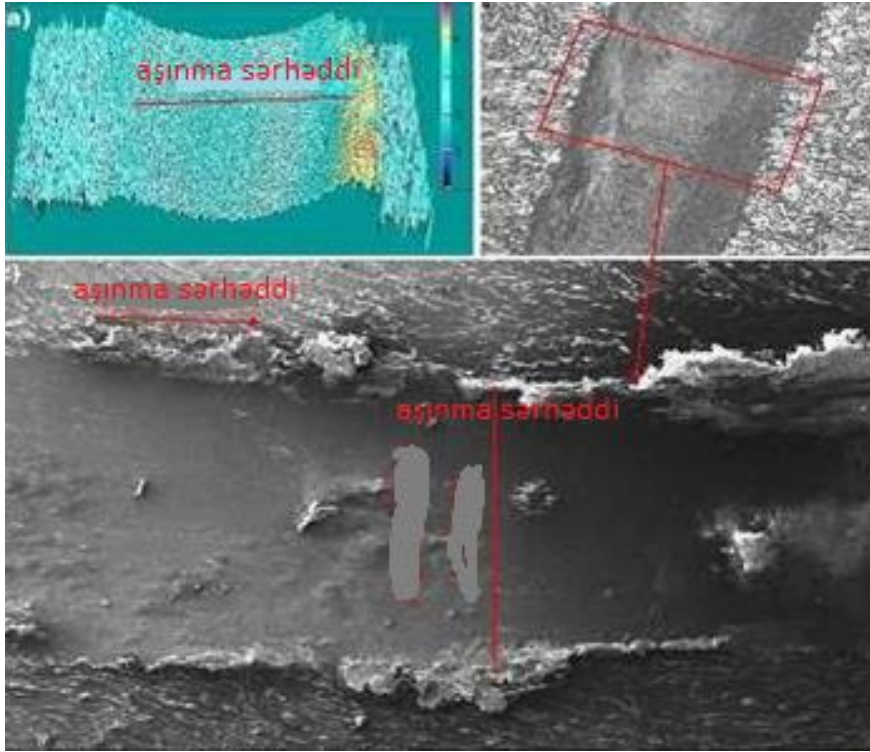
Şəkil 2: 40%şüşə lifli PA66 nümunəsinin qırılma səthinə aid SEM görüntüsü.

Su udma testi nəticəsində PC materiallarının su udma müqavimətinin daha yüksək olduğu, lakin PA66 materiallarının su udma müqavimətinin cüzi səviyyədə olduğu müşahidə edilmişdir. Nümunələrin su udma dəyərləri Cədvəl 3-də verilmişdir .

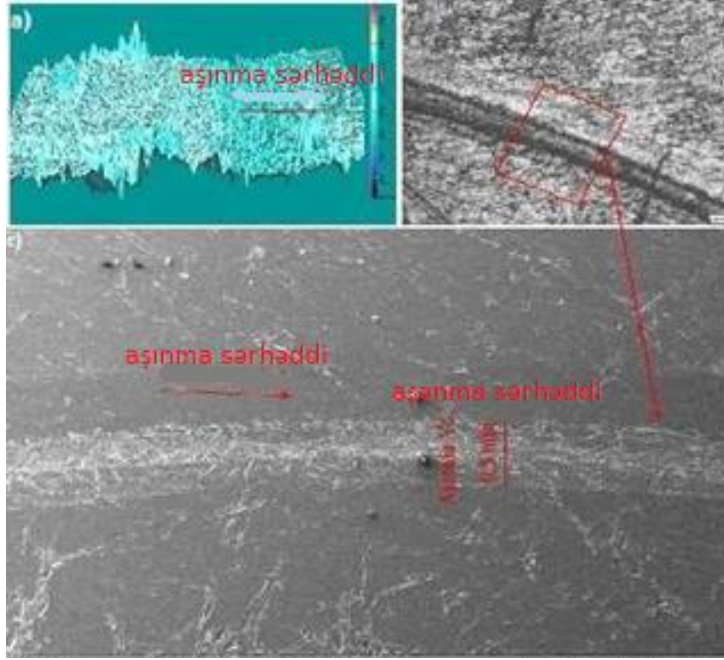
Cədvəl 3:Nümunələrin su udma dəyərləri

NUMUNE	PA6615GF	PA6630GF	PA6640GF	PA6630C	PA6640C	PC15GF	PC25GF	PC30GF
SUUDMA(24s,20°C) %ağırlıq	1,308	1,294	1,287	1,31	1,305	0,104	0,098	0,092
SUUDMA(24s,20°C) %həcm	1,635	1,773	1,943	1,677	1,736	0,135	0,134	0,132

Silahların performansını qiymətləndirərkən, zamanla baş verəcək aşınma miqdarını müəyyən etmək lazımdır. Bu məqsədlə, tədqiq edilən kompozit materialların aşınma sınağına məruz qalması nəticəsində əldə edilən aşınmaları müəyyən etmək üçün aşınma sərhədlərinin mikroskop və optik profilometr şəkilləri çəkilmişdir. Bundan əlavə, aşınma sərhədlərini daha ətraflı qiymətləndirmək üçün nümunələrin aşınma sərhədləri skan edilmiş elektron mikroskopunun köməyi ilə tədqiq edilmiş və vizuallaşdırılmışdır. Çəki itirmə üsulu ilə müəyyən edilən aşınma itkilərinin PA66 nümunələrində PC nümunələrinə nisbətən daha az olduğu, lakin mikroskopik müayinələrdə matrisin plastik deformasiyaya uğradığı başa düşüldü, buna görə də çəki itkilərindən heç bir dəqiq məlumat əldə edilə bilmədi. Aşınma sərhədlərinin mikroskopik müayinəsi zamanı PC kompozitlərinin PA66 kompozitlərinə nisbətən daha çox deformasiyaya (aşınma sərhədlərində dərinləşmə) məruz qaldığı müşahidə edilmişdir. Bu aşınma sərhədlərini göstərən tipik şəkilləri Şəkil 5 və 6-da görmək olar. Bu şəkillərdə nümunələrin aşınma sərhədlərində dərinlik fərqi aydın şəkildə görünür. Şüşə liflə gücləndirilmiş PC materiallarının aşınma sərhədlərinin şüşə lif və karbon liflə gücləndirilmiş PA66 nümunələrinə nisbətən daha aydın olmasının müşahidəsi PA66 kompozit nümunələrinin aşınma müqavimətinin daha yüksək olduğunu təsdiqləyir. [8]



Şəkil 5: 40% karbon lifli PA66 aşınma nümunəsindəki aşınma sərhədlərinin a) optik profilometr görüntüsü b) optik mikroskop görüntüsü c) SEM görüntüsü



Şəkil 6: 30% şüşə lifli PC aşınma nümunəsindəki aşınma sərhəddinin a) optik profilometr görüntüsü b) optik mikroskop görüntüsü c) SEM görüntüsü.

Eksperimental tədqiqatlardan əldə edilən nəticələri qiymətləndirmək və silahlar üçün təyin olunan material xüsusiyyətlərinə uyğun olan polimer kompozit materialı təyin etmək üçün material xüsusiyyətlərindən istifadə edilərək yaradılmış qiymətləndirmə cədvəli Cədvəl 4-də verilmişdir. Eksperimental nəticələr bu cədvəl əsasında şərh edilir və silahlar üçün ən uyğun material seçilir.

Cədvəl 4: Yüngül Silah Materiallarından Gözlənilən Xüsusiyyətlərin Qiymətləndirilməsi

S/N	Elastiklik modulu	Müqavimət	Zərbə dözümlülüyü	Aşınmaya dözümlülük	Temperatur dayanıqlılıq	Sərtlilik	Su udma davamlılığı	Korroziyaya davamlılıq	Yorğunluq	Xərc
1	PA6640C	PA6640C	PA6640C	PA66 KOMPOZİTMATERIALLAR	KARBONLIFLİ KM	PA6640C	KOMPOZİTMATERIALLAR	PA66VEPKOMPOZİTMATERIALLAR	PA6615GF	PC 30GF
2	PA6630C	PA6630C	PA6640GF			PA6630C			PA66-30GF	
3	PA6640GF	PA6640GF	PA6630C			PA6640GF			PC-25GF	
4	PA6630GF	PA6630GF	PC 30GF		PC30GF	PA6640C			PA66-40GF	
5	PC 30GF	PC 30GF	PA6630GF		PC25GF	PA6630GF			PC-15GF	
6	PA6615GF	PC 25GF	PC 25GF	ŞÜŞƏ LİFLİ KM	PA6630GF	PA66-15GF				
7	PC 25GF	PA6615GF	PC 15GF		PA6615GF	PC 25GF	PC 30GF	PA66-30C		
8	PC 15GF	PC 15GF	PA6615GF		PC15GF	PA6640GF	PA66-40C			

Silah hissələrinin qurulması üçün seçilən və araşdırılan kompozit materiallar matris üsulu ilə müəyyən edilən əhəmiyyət sırası nəzərə alınmaqla qiymətləndirildikdə, 40% karbon lifli PA66 matris kompozit materialının və 30% karbon lifli PA66 matris kompozit materialının elastiklik modulu, möhkəmliyi, baxımından gözlənilən şərtləri təmin etdiyi görülür. Bu materialları 40% şüşə liflə gücləndirilmiş PA66 matris kompozit material, 30% şüşə liflə gücləndirilmiş PA66 matris kompozit material və 30% şüşə liflə gücləndirilmiş PC matris kompozit material izləyir. 15% şüşə liflə gücləndirilmiş PA66 matris kompozit material, 25% şüşə liflə gücləndirilmiş PC matris kompozit material və 15% şüşə liflə gücləndirilmiş PC matris kompozit materiallar bu xüsusiyyətlərə görə ən pis nəticələr göstərən kompozit materiallardır. [9]

NƏTİCƏLƏR

1. Bu işdə şüşə və karbon liflə gücləndirilmiş PA 66 və enjeksiyon qəlibləri ilə istehsal olunan PC kompozit materiallar qiymətləndirilmişdir.
2. Kompozit materialların təsir müqaviməti artan lif möhkəmləndirilməsi ilə birbaşa mütənəsib olaraq artır. Ən yüksək zərbə gücü 40% karbon liflə gücləndirilmiş PA66 kompozit materialında müşahidə olunur. Bütün polimer əsaslı kompozit materiallar yüksək korroziyaya davamlıdır.
3. Ən aşağı su udma dəyəri PC matris kompozit materiallardır.
4. PA66 kompozit materiallarının aşınma müqaviməti ümumiyyətlə PC kompozit materiallarından daha yüksəkdir.
5. Yüngül silahlarda istehsalında gövdə materialı kimi istifadə ediləcək ən uyğun material 40% karbon lifi ilə gücləndirilmiş PA66-dır.
6. Şüşə liflə gücləndirilmiş PA66 kompozit materialı yüngül silahlarda aşağı gərginlik altında işləyən hissələrin daha qənaətli istehsalı üçün uyğun materialdır.

İstifadə olunmuş ədəbiyyatlar

1. Arıcasoy, O., "Kompozit Sektor Hesabatı", İstanbul Ticarət Palatası, 4-22, (2006). Eryıldız E., Eker A., Müdafiə Sənayesində İstifadə Olunan Qabaqcıl Kompozit Materiallar və Onların Tətbiq Sahələri, Beynəlxalq Mühəndislik Araşdırmaları və İnkişafı Jurnalı, Cilt 7, No.4, 2015, Müdafiə Sənayesi Simpoziumunun Xüsusi Sayı.
2. Yaşar H., (2001) Plastics World, TMMOB Maşın Mühəndisləri Odası, Ankara.
3. Sabancı Ş., Enjeksiyon üsulu ilə Liflə Gücləndirilmiş Polimer Matris Kompozitlərinin istehsalı, Yıldız Texniki Universiteti, Elm və Texnologiya İnstitutu, İstanbul, 2005.
4. Sui G., Wong S. və Yue C., Qısa şüşə lifləri olan rezinlə bərkidilmiş polimerlərin mexaniki xassələrinə ekstruziya birləşməsinin təsiri, Materialların Emalı Texnologiyası jurnalı, 113.1-3 (2001) 167-171.
5. Thomason J.L., Lif uzunluğunun, diametrinin və konsentrasiyasının şüşə liflə gücləndirilmiş poliamidin uğursuzluğuna gücü və gərginliyinə təsiri 6.6, Kompozitlər A Hissəsi: Tətbiqi Elm və İstehsalat, 39.10 (2008) 1618-1624.
6. Thomason J.L., Lif uzunluğunun, diametrinin və konsentrasiyasının şüşə liflə gücləndirilmiş poliamidin moduluna təsiri 6.6, Kompozitlər Part A: Tətbiqi Elm və İstehsalat, 39.11 (2008) 1732-1738.
7. Pegoretti A., Fidanza M., Migliaresi C. və DiBenedetto T., Neylon-6/şüşə lifli kompozitlərdə lif/matris interfeysinə sərtiliyi, Kompozitlər Part A: Tətbiqi Elm və İstehsalat, 29.3 (1998) 283-291.
8. ASTM D638, Plastiklərin Dartma Xüsusiyyətləri üçün Standart Test Metodu, ASTM İnternational, Amerika Birləşmiş Ştatları, 2003. ASTM D 256 Metod B, Plastiklərin İzod Sarkacının Təsir Müqavimətinin Müəyyən edilməsi üçün Standart Test, ASTM.
9. Erbay K., Silah Gövdələri üçün Polimer Əsaslı Kompozit Materialların İstehsalı və Mexaniki Xüsusiyyətlərinin Tədqiqi, Karadəniz Texniki Universiteti, Elm və Texnologiya İnstitutunun dissertasiyası (2009).

UOT62-714

QAZ MÜHƏRRİKLİ KOMPRESSOR AQRƏQATLARININ GÜC SİLİNDRLƏRİNDƏ AYRILAN İSTİLİKDƏN SƏMƏRƏLİ İSTİFADƏ OLUNMASI

Faiq Əliyev¹, Asif Quliyev²

¹SOCAR "Neftqazemitədqiqatlayihə" İnstitutu

²Bakı Mühəndislik Universiteti

eliyevfaiq@mail.ru, guliyevasif@gmail.com

XÜLASƏ

Məqalədə Qaradağ 2 saylı kompressor stansiyasında fəaliyyət göstərən qaz mühərrikli kompressor aqrəqatlarının güc silindrlərində ayrılan istilikdənsəmərəli istifadə olunması məsələsinə baxılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, aqrəqatların güc silindrlərindən isti sikl soyutma sistemi vasitəsilə ayrılan istilikdən həm müəssisənin özünün, həm də yaxınlıqda yerləşən obyektlərin ehtiyacları üçün istifadə etməklə kompressor stansiyasının enerji xərclərini əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salmaq mümkündür.

Açar sözlər: kompressor aqrəqatı, soyutma sistemi, isti sikl, temperatur, istilik enerjisi.

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫДЕЛЯЕМОГО ТЕПЛА В СИЛОВЫХ ЦИЛИНДРАХ ГАЗОМОТОКОМПРЕССОРОВ.

РЕЗЮМЕ

В статье рассмотрены вопросы эффективного использования выделяемого тепла в силовых цилиндрах газомотокомпрессоров, используемых на Карадагской компрессорной станции № 2. Установлено что, использование тепла, выделяемого в силовых цилиндрах агрегатов посредством системы охлаждения горячего цикла как для нужд самого предприятия, так и других объектов расположенных поблизости, может существенно снизить энергетические затраты компрессорной станции.

Ключевые слова: компрессорный агрегат, система охлаждения, горячий цикл, температура, тепловая энергия.

EFFICIENT USE OF HEAT, SEPARATED FROM POWER CYLINDERS OF GAS ENGINE COMPRESSOR UNITS.

ABSTRACT

The article considers the efficient use of heat, separated from power cylinders of gas engine compressor units, which operating in the Garadagh compressor station N2. It has been defined that, the power costs of both the compressor station and the nearby facilities, can be substantially reduced by using the heat, released from power cylinders in the hot cycle cooling system.

Keywords: compressor unit, cooling system, hot cycle, temperature, heating energy.

Qaz mühərrikli kompressor aqrəqatları (QMKA) qazlift üsulu ilə neftçıxarmada, magistral qaz kəmərləri sistemində, sıxıcı kompressor stansiyalarında, neft və qaz emalı zavodlarında, yeraltı qaz saxlama anbarlarının kompressor stansiyalarında və digər obyektlərdə aqrəqat qatışıqları olmayan müxtəlif tərkibli təbii və səmt qazlarının sıxılması və nəql olunması üçün nəzərdə tutulmuşdur [1, 2].

QMKA-da güc silindrləri, kompressor silindrləri, yağ və sıxılan qazın soyudulması onların təhlükəsiz istismarı və işinin səmərəliliyi baxımından mühüm əhəmiyyətə malikdir. Belə ki, soyutma sisteminin düzgün seçilməsi və təşkili hesabına kompressorların məhsuldarlığını, işinin etibarlılığını və təhlükəsiz işləmə müddətini artırmaq mümkündür. Deməli, kompressor

stansiyalarının səmərəliliyinin artırılması yollarından biri də onların soyutma sistemlərinin təkmilləşdirilməsindən ibarətdir. Ədəbiyyatda porşenli kompressor aqreqlərində tətbiq edilən müxtəlif növ soyutma sistemlərinin təsviri və müqayisəli təhlili geniş verilmişdir[3; 4; 5; 6].

Mövcud təcrübə və ədəbiyyat materiallarının analizi göstərir ki, QMKA-nın istismarı zamanı güc silindrlərinin soyudulması üçün, əksər hallarda, aralıq istilik daşıyıcılı hava soyutma sisteminə zərərli tutulur[1]. Belə soyutma sistemi isti sikl soyutma sistemi adlanır və burada aralıq istilik daşıyıcısı kimi əsasən tərkibi müəyyən tələblərə cavab verən sudan istifadə edilir. Kompresor aqreqləri işləyərkən güc silindrlərində ayrılan istilik qapalı kontur üzrə hərəkət edən suyun vasitəsilə hava ilə su soyutma qurğularına, oradan isə ətraf mühitə ötürülür.

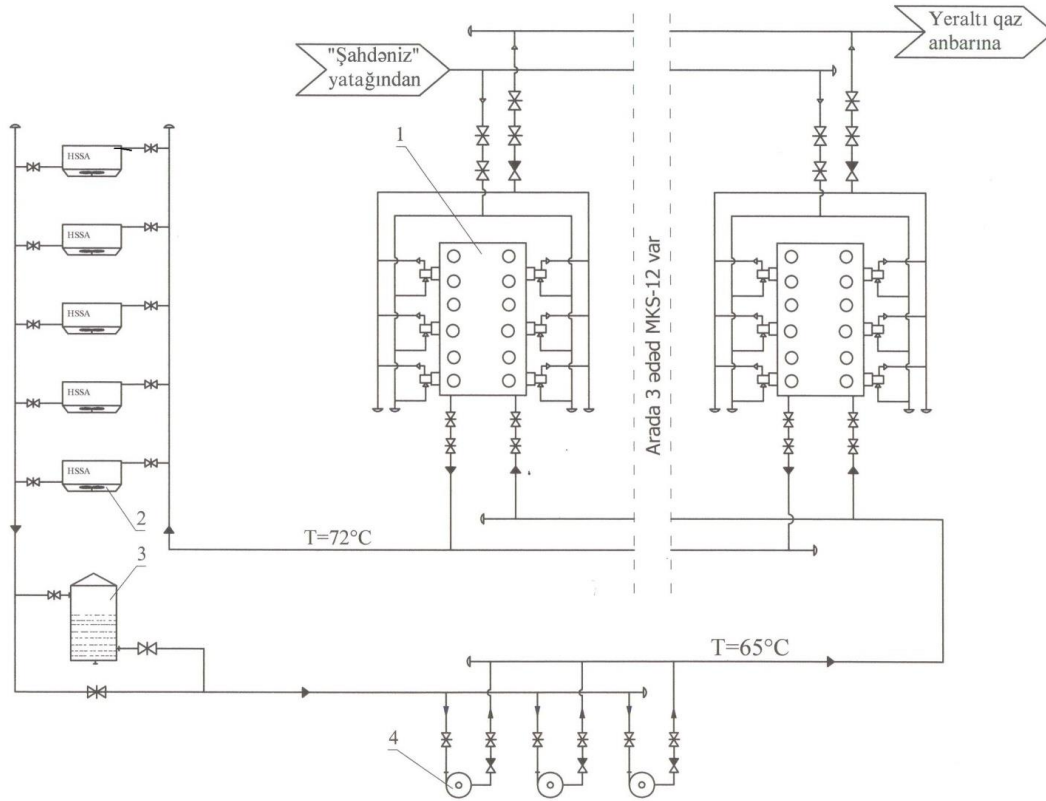
Kompresor aqreqlərinin soyutma sisteminin istiliyindən müxtəlif məqsədlər üçün istifadə olunmasına dair ədəbiyyatda bir çox nümunələr mövcuddur[7; 8]. Lakin təcrübədə buna çox az rast gəlinir və əksər hallarda böyük miqdarda istilik enerjisi istifadə olunmadan atmosfərə atılır.

Respublikamızda QMKA-dan əsasən neft sənayesində, xüsusən də elektrik enerjisi ehtiyatının məhdud olduğu ərazilərdə geniş istifadə olunur. Buna misal olaraq, "Neft Daşları" və N.Nərimanov adına NQÇİ-lərdə fəaliyyət göstərən qazlift kompressor stansiyalarını, həmçinin Qaradağ və Qalmaz Yeraltı Qazsaxlama Anbarlarının kompressor stansiyalarını göstərmək olar.

Məqalədə Azneft İstehsalat Birliyi Qaz Anbarlarının İstismarı İdarəsinin Qaradağ 2 saylı kompressor stansiyasının təmsalında QMKA-nın isti sikl soyutma sisteminin işinin araşdırılması və soyutma sistemi vasitəsilə atmosfərə atılan istilik enerjisindən səmərəli istifadə olunması məsələlərinə baxılmışdır.

Qaradağ 2 saylı kompressor stansiyası "Şahdəniz" yatağından hasil olunan təbii qazın yeraltı qazsaxlama anbarlarına vurulması, həmçinin, anbardan götürülən qazın istehlakçılara çatdırılması məqsədilə tikilmişdir. Stansiyada 5 ədəd (4 işçi, 1 ehtiyat) MKS-12 tipli qaz mühərrikli kompressor aqreqləri fəaliyyət göstərir. Kompresor aqreqlərinin qəbuluna qaz 80 atm təzyiqlə verilir. Çıxışda isə qazın təzyiqi 160 atm-ə qədər artırıla bilər. Bu şəraitdə 1 ədəd kompressorun məhsuldarlığı 1800000 m³/sut, stansiyanın ümumi məhsuldarlığı isə 7200000 m³/sut təşkil edir.

Şəkil 1-də Qaradağ 2 saylı kompressor stansiyasının isti sikl soyutma sisteminin prinsipial sxemi verilmişdir.



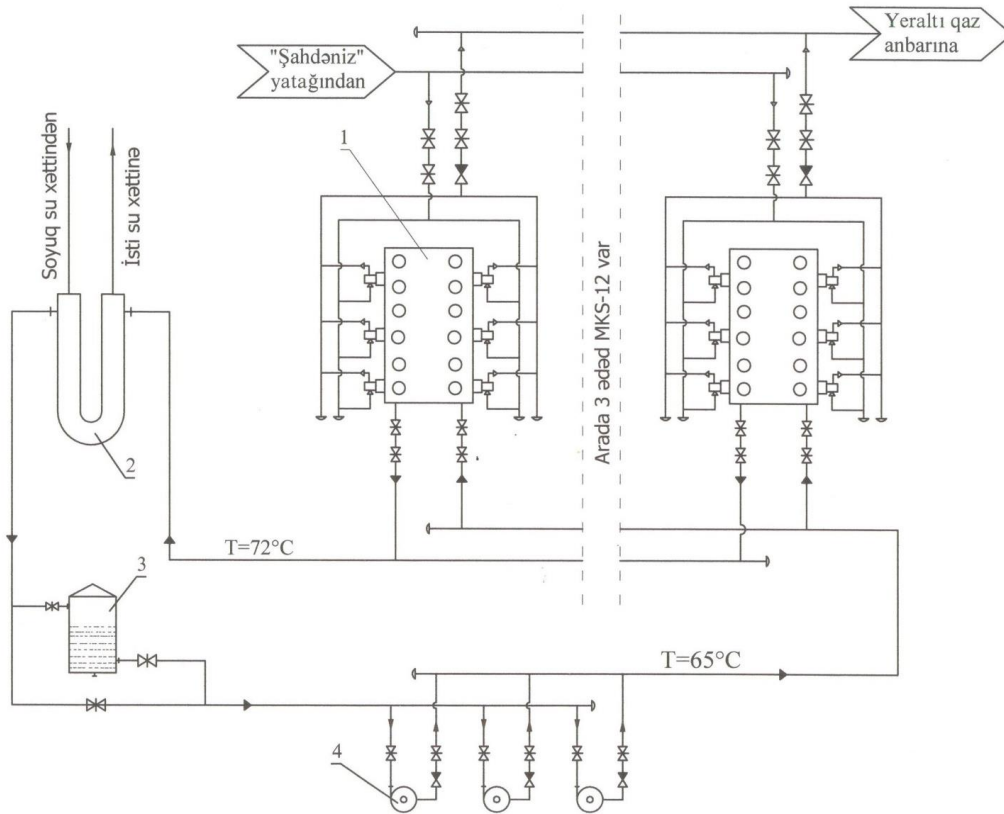
Şəkil 1. Qaradağ 2 sayılı kompressor stansiyasının isti sikl soyutma sisteminin mövcud sxemi: 1- qaz mühərrikli kompressor aqreqları, 2-hava ilə su soyuducu aparatları, 3-genişləndirici su çəni, 4-dövrü su nasosları.

Sistemin iş prinsipi aşağıdakı kimidir: nasoslar (4) vasitəsilə qapalı kontur üzrə hərəkət etdirilən su kompressor aqreqlarının güc silindrlərinin su köynəklərindən keçərək, onlarda ayrılan istilik hesabına bir qədər qızır. Qızmış su hava ilə su soyuducu aparatlardan (HSSA) (2) keçməklə əvvəlki həddə qədər soyudulur və yənidə nasoslar (4) vasitəsilə kompressor aqreqlarının girişinə verilir. HSSA-da suyun soyudulması hava axınının ventilyator vasitəsilə aparatın seksiyaları üzərinə istiqamətləndirilməsi hesabına həyata keçirilir. 1 ədəd HSSA-nın ventilyatorunun elektrik gücü 30 kVt-dır. Sistemdəki suyun həcmnin temperatur hesabına dəyişməsinə və baş verən müxtəlif səbəbli su itkilərini kompensasiya etmək üçün genişləndirici çəndən (3) istifadə olunur.

Texniki sənədlərə əsasən suyun temperaturunun aqreqların girişində 65-70°C, çıxışında isə 75-80°C hədlərində olması məsləhət görülür.

Araşdırmalar göstərir ki, kompressor aqreqlarından çıxan 75-80°C temperaturlu sudan ilin soyuq aylarında müəssisənin ərazisində yerləşən inzibati və yardımçı binaların qızdırılması üçün istifadə etməklə, həm obyektin tərkibində fəaliyyət göstərən qazanxananın, həm də hava ilə su soyuducu aparatların enerji sərfiyyatını kifayət qədər aşağı salmaq mümkündür. Üstəlik bu zaman heç bir əlavə avadanlığın quraşdırılmasına ehtiyac yoxdur. Lakin bu tədbir yalnız mövsümi xarakter daşıya bilər.

Tərəfimizdən həm müəssisənin özünün, həm də yaxınlıqda yerləşən obyektlərin isti su təchizatı sistemində verilən suyun kompressorların isti sikl soyutma sisteminin istiliyi hesabına qızdırılması variantı araşdırılmış və bu məqsədlə aşağıdakı sxemdən istifadə olunması təklif edilmişdir:



Şəkil 2. Qaradağ 2 saylı kompressor stansiyasının isti sikl soyutma sisteminin təklif olunan sxemi: 1-qaz mühərrikli kompressor aqreqları, 2-istilik-mübadilə aparatı, 3-genişləndirici su çəni, 4-dövrü su nasosları.

Təklif olunan sxemin mövcud sxemdən fərqi ondan ibarətdir ki, burada 5 ədəd HSSA-nın əvəzinə Azneft İstehsalat Birliyinin müəssisələrində geniş istifadə olunan "boru içində boru" tipli istilik mübadilə aparatından istifadə olunmuşdur. Aparatın borulararası fəzasındakompres-sor aqreqlarından çıxan isti su, daxili borusunda isə mövcud su şəbəkəsindən götürülmüş soyuq su hərəkət edir. Nəticədə isti sikl soyutma sisteminin istiliyi daxili boruda hərəkət edən suya ötürülür.

Aparatın daxili və xarici borularında hərəkət edən mühitlər arasında istilik balansını tənliyi aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (1)$$

burada, Q -isti suyun soyuması zamanı ayrılan istilik miqdarı;

Q_1 -soyuq suyun qızmasına sərf olunan istilik miqdarı;

Q_2 -isti sudan ətraf mühitə ayrılan istilik miqdarıdır.

Ətraf mühitə ayrılan istilik miqdarının ümumi istiliyin 10%-i miqdarında, yəni $Q_2=0,1Q$ olduğunu nəzərə almaqla, (1) düsturunu açıq şəkildə aşağıdakı kimi yazıla bilər [9]:

$$0,9 V \rho c (t_{i1} - t_{i2}) = V_1 \rho_1 c_1 (t_{s2} - t_{s1}) \quad (2)$$

Burada, V və V_1 , ρ və ρ_1 , c və c_1 -uyğun olaraq, isti və soyuq suyun həcmi məhsuldarlığını, sıxlığını və xüsusi istilik tutumunu;

t_{i1} və t_{i2} -isti suyun başlanğıc və son temperaturunu;

t_{s1} və t_{s2} isə soyuq suyun başlanğıc və son temperaturunu göstərir.

Təqribi hesabat üçün $\rho=\rho_1$ və $c=c_1$ qəbul edərək, (2) düsturuna əsasən yaza bilərik:

$$V_1 = \frac{0,9V(t_{i1} - t_{i2})}{t_{s2} - t_{s1}} \quad (3)$$

Bir ədəd kompressor aqreqatının isti sikl soyutma sistemində suyun həcmi məhsuldarlığı $160\text{m}^3/\text{saat}$, ümumilikdə stansiya üçün isə $V=4 \times 160=640\text{m}^3/\text{saat}$ təşkil edir. Nəzarət-ölçü cihazlarının göstəricilərinə əsasən isti suyun başlanğıc və son temperaturu üçün orta qiymət olaraq, $t_{i1}=72^\circ\text{C}$ və $t_{i2}=65^\circ\text{C}$ müəyyən edilmişdir. Soyuq suyun başlanğıc temperaturunu $t_{s1}=10^\circ\text{C}$, son temperaturunu isə $t_{s2}=55^\circ\text{C}$ qəbul edərək, (3) düsturuna əsasən hesabat aparsaq, $V_1=89,6\text{m}^3/\text{saat}$ alırıq. Bu isə o deməkdir ki, təklif olunan sxemə əsasən Qaradağ 2 saylı kompressor stansiyasının isti sikl soyutma sistemindən atmosferə atılan istilik hesabına saatda təxminən 90m^3 suyun temperaturunu 10°C -dən 55°C -yə qədər yüksəltmək mümkündür.

Həmin sudan isə həm müəssisənin özünün, həm də yaxınlıqda yerləşən obyektlərin isti suya olan tələbatını ödəmək üçün istifadə etmək olar.

Sxemdə nəzərdə tutulan "boru içində boru" tipli istilik mübadilə aparatının istilik-konstruktiv hesabının aparılması üçüntərəfimizdən xüsusi proqram tərtib olunmuşdur. Bu proqramla aparılan ilkin hesabat əsasən aparatın tələb olunan istilik mübadilə səthinin sahəsi $F=116\text{m}^2$ olmalıdır. Adı çəkilən aparatın istehsalı "Neftqazəlmütədqiqatlayihə" İnstitutunun mütəxəssisləri tərəfindən tərtib olunmuş konstruktor cizgiləri əsasında yerli zavodlarda həyata keçirilir.

Yuxarıda deyilənlərdən belə nəticə çıxartmaq olar ki, qaz mühərrikli kompressor aqreqatlarının güc silindrlərindən isti sikl soyutma sistemi vasitəsilə ayrılan istilikdən həm müəssisənin özünün, həm də yaxınlıqda yerləşən obyektlərin ehtiyacları üçün istifadə etməklə Qaradağ 2 saylı kompressor stansiyasının enerji xərclərini əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salmaq mümkündür.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI:

1. Газомотокомпрессор типа 10ГК, Руководство по эксплуатации, Нижний Новгород, 2006, 233с.
2. Козаченко А.Н. Эксплуатация компрессорных станций магистральных газопроводов. М: изд. РГУ Нефти и газа им. Е.М.Губкина; 1999, 463 с.
3. Берман Я.А., Маньковский О.Н., Марр Ю.Н., Рафалович А.П. Системы охлаждения компрессорных установок.- Л.: Машиностроение, 1984. 228 с.
4. Горбушкин Ю.В., Горшенин А.С. Системы охлаждения компрессорных установок, Самара, СамГТУ, 2014, 17с.
5. Промышленные системы охлаждения. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям, Москва, Бюро НДТ2016, 342 с.
6. акиров Д.Г. Исследование охлаждающих устройств шахтных поршневых компрессорных установок с целью повышения эффективности их эксплуатации. Дис.канд.техн.наук., Пермь, 1982, 135с.
7. Денисов - Винский Н.Д. Использование теплоты компрессорных установок. Журнал "Энергосбережение", 2010, №7, стр. 54-60.
8. Автономова И.В., Мазурин Э.Б., Братусь А.В., Разработка технологической схемы компрессорной установки с рекуперацией теплоты. Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Сер. «Машиностроение», 2011, с. 78-97.
9. Таранова Л.В. Теплообменные аппараты и методы их расчета, Тюмень, ТюмГНГУ, 2012, 198 с.

UOT 621.762.

YÜKSƏK TEMPERATURLU TERMOMEXANİKİ EMALDA BORULARIN SIXLIMIŞ HAVA İLƏ SOYUDULMASININ TEKNOLOGİYASININ ARAŞDIRILMASI

VURĞUN QƏHRƏMANOV

Bakı Mühəndislik Universiteti
Mexanika Mühəndisliyi kafedrası
vqahremanov@beu.edu.az

XÜLASƏ

Məqalədə müxtəlif üsullarla istehsal edilmiş boruların termomexaniki emaldan sonra sıxıl-muş hava ilə soyudulmasının texnologiyası araşdırılmışdır. Tədqiqatlar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, bütün temperaturlarda effektiv möhkəmlənmə yüksək temperaturlu termomexaniki emal zamanı əldə edilmişdir. Lakin yüksək temperaturlu termomexaniki emal nəticəsində əldə edilən möhkəmlənmənin tərkibindəki karbonun miqdarından asılı olduğu da tədqiqat nəticəsində sübut olunmuşdur.

Açar sözlər: Mikroskop, mexaniki sınaq, boru, fraqmentləşmə, termiki emal, möhkəmlənmə, soyutma

RESEARCH OF TECHNOLOGY OF COLD COMPRESSED AIR COOLING IN HIGH TEMPERATURE THERMOMECHANICAL PROCESSING

ABSTRACT

The article examines the technology of compressed air cooling after thermomechanical treatment of pipes produced by various methods. Studies have shown that effective hardening at all temperatures is achieved during high-temperature thermomechanical treatment. However, research has shown that the strength obtained as a result of high-temperature thermomechanical treatment depends on the amount of carbon in the steel.

Keywords: Microscope, mechanical test, tube, fragmentation, heat treatment, solidification, cooling

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОГО ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ТРУБ ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

РЕЗЮМЕ

В статье рассматривается технология охлаждения сжатым воздухом после термомеханической обработки труб, изготовленных различными способами. Исследования показали, что эффективное твердение при всех температурах достигается при высокотемпературной термомеханической обработке. Однако исследования показали, что прочность, полученная в результате высокотемпературной термомеханической обработки, зависит от количества углерода в стали.

Ключевые слова: Микроскоп, механическое испытание, труба, фрагмент, термообработка, прочность, охлаждение

Giriş: Yüksək temperaturlu termomexaniki emal prosesi rekristallaşma temperaturundan yuxarı temperaturda (T_{rek}) aparıldığı üçün deformasiyadan sonra əgər məmulun tezliklə soyudulması təmin olunmasa, poladda rekristallaşma prosesləri gedir. Bu zaman qısa vaxt ərzində təhrif olunmuş kristallik qəfəs düzəlir (bu qayıtma adlanır), sonra poliqonlaşma, birinci mərhələ - "emal", ikinci mərhələ "yığıcı" rekristallaşma prosesləri başlayır. Yığıcı rekristallaşmadan sonra yüksək temperaturlu termomexaniki emal öz əhəmiyyətini itirə bilər [1].

Yüksək temperaturlu termomexaniki emalda deformasiyadan sonra döyənək strukturu almış metalın halı dayanıqlı olmadığından, hissənin tezliklə soyudulması təmin olunmasa və ya texnoloji prosesdə deformasiya və tablanma arasında fasilə yaranarsa A_{C3} -dən yuxarı tempera-

turda olan austenitdə emal və yığıcı rekristallaşma prosesləri gedə bilər. Nəticədə belə emalda alınan yüksək mexaniki xassələr xeyli azala bilər. Bu səbəbdən uzun hissələrin son mexaniki, fiziki xassələri deformasiya olunmuş austenitin dayanıqlığından və deformasiyadan sonra tablamaya qədərki müddətdə gedən rekristallaşma dərəcəsi asılıdır[2].

Tədqiqatın məqsədi: Termomexaniki emaldan sonra boruların mexaniki xassələrinin tədqiqi göstərdi ki, pərçimləmənin möhkəmləndirmə effekti çox dayanıqlı olur (yüksək temperaturlu termomexaniki emaldan sonra).

Yüksək mexaniki xassələr, həmçinin, mexaniki emal lazım olduqda, yüksək möhkəm boruların istehsalında yüksək temperaturlu termomexaniki emal tətbiq etməklə irsi möhkəmlənmə effektindən istifadə etmək böyük təcrübə əhəmiyyət kəsb edir. Aralıq tabəksiltmə bərkliyi azaltmaqla mexaniki emalı mümkün edir, amma sonrakı termiki emal kompleks mexaniki xassələri bərpa edir

Borular termomexaniki və termiki emala aşağıdakı rejimlə məruz saxlanılmışdır: yaymadan sonra həmin anda tablama-aralıq tabəksiltmə 1 saat 400°C və 500°C -də sürətli qızdırma (duz vannasında 840-850°C temperaturda 3 dəqiqə müddətində)-suda tablama – son tabəksiltmə (100÷600°C). Austenit dənəsinin ölçüsünün tədqiqi göstərdi ki, təkrar sürətli qızdırma vaxtı emal rekristallaşması müəyyən dərəcədə inkişaf edir[3].

Termomexaniki möhkəmlənmə vəziyyətinə görə xırda rekristallaşmış dənələrin sayı xeyli çoxdur [4], bunun nəticəsində austenit dənəsinin orta ölçüsü ДБ poladına nisbətən 30% kiçik (13,8 əvəzinə 11,3 mk) və 10-12% kiçik polad 36Г2С 38ХНМ poladına nisbətən 11,2-yə nisbətən 10,1 və 11-ə nisbətən 9,8 mk olur (yüksəktemperaturlu termomexaniki emaldan sonrakı göstəricilərə nisbətən).

Həm də tədqiqat nəticəsində o da məlum oldu ki, tabəksiltmə temperaturunu 400°C-dən 500°C-yə qaldırdıqda rekristallaşma prosesi çox da təsir nəzərə çarpmadı.

Mikrostruktur analizi göstərdi ki, borular rolqanq üzərində soyudulduqda belə, emal rekristallaşması tamamilə keçmir, yığıcı rekristallaşma isə heç vaxt başlamır. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində aşkar edilmişdir ki, yüksək temperaturlu termomexaniki emal nəticəsində alınan fraqmentləşmə, təkrar qızdırıldıqdan sonra da qorunur. Ona görə də, məqsədəuyğun hesab edilir ki, yaymadan alınan borunu həmin anda sıxılmış hava ilə sürətli soyutmaya uğradaq.

Təcrübəni borunun başqa ərintiləri üzərində aparmaq lazım gəldi (polad ДБ və 36Г2С), boruların ölçüləri 133 × 9 olmuşdur. Polad 38ХНМ isə əvvəlki ərintidən alınmışdır.

Müqayisə etmək üçün tabəksiltmə həmin rejimdə aparılmışdır.

Mikroskopik tədqiqat və bərkliyin ölçülməsi göstərdi ki, polad ДБ alınan boruların sürətli soyudulması nəticəsində alınan struktur (tablanmış troostit) austenitin 500-550°C -də parçalanmasından alınan struktura uyğun gəlir. Polad 36Г2С və 38ХНМ poladlarından hazırlanmış boruların strukturu isə 400-450°C-də əmələ gələn troostit-beynit strukturundan ibarətdir.

Yüksəktemperaturlu termomexaniki emal prosesinin effektini istifadə etməklə mexaniki emaldan sonra alınan mexaniki xassələr 1-ci və 2-ci və 3-cü cədvəllərdə göstərilmişdir

Cədvəllərdəndə görünür ki, yüksəktemperaturlu termomexaniki emaldan sonra aparılan termiki emal (tabəksiltmə) möhkəmlilik xassələrini tamamilə bərpa edir. Beləliklə, bu baxılan halda, yüksəktemperaturlu termomexaniki emal prosesi nəticəsində əldə olunan xassələrdən irsi möhkəmlənmə effektini istifadə etmək olar

Cədvəl 1. YTME -dən, sıxılmış hava ilə soyutma və normallaşmadan sonra 38XHМ poladından hazırlanmış boruların mexaniki xassələri

Tabəksiltmə temperaturu, ° C	σ_B , kq/mm ²	σ_T , kq/mm ²	σ_v , %	Ψ , kq/mm ²	a_H , kq·m/sm ²	HRC
YTME-də sıxılmış hava ilə soyutma						
400	128 (113/44,5)	98 (92/103)	11,6 (10,3/13,5)	44,5 (41/47)	6,3 (5,7/6,8)	36
500	112,5 (107/1162)	86,5 (84,5/88)	12,4 (10,8/14)	55 (53,5/57)	9,7 (9,0/10,2)	29,5
600	100 (98,5/103)	82 (80,5/83)	13,6 (12,4/14,5)	58 (56,5/62)	10,4 (9,9/11,2)	28,5
Qeyd: Mötərizədə sürət və məxrəcdə uyğun olaraq xassələrin yuxarı və aşağı hədləri göstərilmişdir						

Cədvəl 2. YTME -dən, sıxılmış hava ilə soyutma normallaşmadan sonra polad boruların mexaniki

Tabəksiltmə temperaturu, ° C	σ_B , kq/mm ²	σ_T , kq/mm ²	σ_v , %	Ψ , kq/mm ²	a_H , kq·m/sm ²	HRC
YTME-də sıxılmış hava ilə soyutma						
400	93 (91,3/97)	69 (62/71,5)	18,8 (16,3/21)	53,5 (50,5/59,5)	7,5 (7,0/9,0)	25,5
500	93 (99/95,2)	69 (65/72)	18,7 (16/21)	51 (47/54,5)	7,2 (6,0/7,8)	23
600	86,5 (82/93)	64 (61/71)	20,3 (20/21)	55,5 (53/57,5)	7,4 (6,5/8,0)	19,5
Normallaşdırma						
400	81 (80/81,5)	48 (45,5/50)	22,2 (17/23)	59,5 (57/62)	7,8 (7,3/8,8)	16
500	81,5 (80/82)	49,5 (48/51)	21,5 (18/24)	57,5 (54/60)	7,8 (6,9/8,4)	16
600	80 (81/82,5)	49 (47,5/52)	22,7 (19/25,5)	60,5 (56/64,5)	8,1 (7,4/8,5)	16
Tabəksiltmə aparılmadan	81,5 (81/82,5)	49 (47,5/52)	20,5 (19/21,5)	58,5 (52/63)	8,2 (7,2/8,8)	16
Qeyd: Mötərizədə sürət və məxrəcdə uyğun olaraq xassələrin yuxarı və aşağı hədləri göstərilmişdir						

Cədvəl 3. YTME -dən, sıxılmış hava ilə soyutma və normallaşmadan sonra 36Г2С poladından hazırlanmış boruların mexaniki xassələri

Tabəksiltmə temperaturu, ° C	σ_B , kq/mm ²	σ_T , kq/mm ²	σ_v , %	Ψ , kq/mm ²	a_H , kq·m/sm ²	HRC
YTME-də sıxılmış hava ilə soyutma						
400	143 (124,5/163,5)	104,5 (98,5/114,5)	9 (7,2/13)	24 (15,6/31,5)	2,0 (1,3/1,6)	37,5
500	110 (104/120)	84 (76/89,5)	13,7 (9,5/17,8)	40 (37/43)	6,4 (6,0/7,2)	29,5
600	85,5 (83/87,5)	68 (66,5/70,5)	20 (18,5/22,5)	57,5 (51,5/60,5)	9,8 (8,8/11)	23,5
Normallaşdırma						
400	86 (85,5/89)	52,5 (51,5/54)	20 (16,5/21)	58 (57/59,5)	9,7 (7,4/10,4)	19,5
500	85 (83,5/86)	52,5 (51/53,5)	22 (17,5/24)	58,5 (56/61,5)	9,4 (8,6/10)	19
Tabəksiltmə aparılmadan	86 (85/87)	53,5 (52,5/55)	22 (21/23)	56,5 (55/57,5)	9,2 (8,2/9,7)	19,5
Qeyd: Mötərizədə sürət və məxrəcdə uyğun olaraq xassələrin yuxarı və aşağı hədləri göstərilmişdir						

Polad ДБ-ni yüksək temperaturlu termomexaniki emaldan sonra sıxılmış hava ilə soytduqda və 400-500°C temperaturda tabəksiltməyə uğratdıqda sonra xassələri aşağıdakı kimi alınmışdır:

$$\sigma_b = 93 \text{ kq/mm}^2, \sigma_t = 69 \text{ kq/mm}^2, \delta = 18,5\%, \psi = 51-53\%; a_H = 7 \text{ kq} \cdot \text{m/sm}^2$$

Zavod şəraitində apardığımız təcrübələr nəticəsində müşahidə edilmişdir ki, yüksək temperaturlu termomexaniki emalın bu növünü tətbiq etmək (hava ilə üfürmə) perspektiv planda geniş yayılacaq, çünki, mexaniki xassələr yüksəlməklə bərabər əlavə avadanlıq tələb olunmur və yayma zamanı temperatur aşağı düşür.

Yüksəktemperaturlu termomexaniki emal üsulundan istifadə etməklə (xüsusi hallar istisna olmaqla) sonuncu üsul kimi, 100°C-də tabəksiltmə rejimi tətbiq edilir. Bunu da nəticəsində ДБ və 36Г2С poladlarından hazırlanmış hissələrdə zərbə özlülüyünə qarşı müqavimət yüksəlir. Belə bir keyfiyyət sadəcə yüksəktemperaturlu termomexaniki emal keçmiş poladlarda alınır.

ДÜİСТ 632-57-yə görə çeşidli neft boruları kateqoriyadan asılı olaraq, aşağıdakı mexaniki xassələrə malik olmalıdır (cədvəl 4).

Cədvəl 4. Neft borularının növündən asılı olaraq mexaniki xassələrinin möhkəmlikdən asılı olaraq dəyişməsi

Boruların kateqoriyası	σ_b , kq/mm ²	σ_t , kq/mm ²	δ , %
D	65	38	16
E	70	50	12
E _m	75	55	12
L	80	65	12
M	90	75	12
Bütün kateqoriya borular üçün: $\psi=40\%$; $a_H=4 \text{ kq} \cdot \text{m/sm}^2$			

ALINAN NƏTİCƏLƏR:

1. Polad ДБ və 36Г2С poladlarını adi opmallaşdırılmadan və bundan sonra aparılan tabəksiltmə rejimi mexaniki xassələrə təsir etmir;
2. Sürətli soyutmadan sonra (sıxılmış hava ilə) və sonrakı tabəksiltmə mexaniki xassələri artırır, lakin plastiklik azalır. Plastikliyin azlmasına baxmayaraq, möhkəmlik xassələrinin artması (yüksək sürətli soyutma + tabəksiltmə zamanı) tələb edilən qiymətdən çox olduğu üçün uyğun hesab edilir.
3. Polad ДБ halında tabəksiltmə temperaturunu 400°C-dən 500°C-yə qədər qaldırıqda mexaniki xassələr dəyişmir; halbuki, temperaturu 600°C-ə çatdırdıqda möhkəmlik azalır, plastiklik isə artır.
4. İstehsalatda aparılan təcrübələr göstərdi ki, boruları yüksəktemperaturlu termomexaniki emaldan sonra sürətli soyutma üsulu ilə emal edib yüksək mexaniki xassələr almaq olar

İSTİFADƏ EDİLƏN ƏDƏBİYYAT

1. Я.Л.Ваткин, Ю.Я. Ваткин. Трубное производство. Издательство «Металлургия», М, 1970.
2. Ю.М.Мавеев, Я.Л.Ваткин. «Калибровка инструмента трубных станов», Издательство «Металлургия», М, 1980.
3. А.П.Чекмарев и др. «Калибровка прокатных валков», Издательство «Металлургия», М, 1981.
4. Металловедение и термическая обработка стали. Справочник в трех томах. Под редакцией.
5. Бернштейн М. Л. «Термомеханическая обработка металлов и сплавов» Издательство, Metallurgia, Москва, 1968. Том 2
6. Rosenthal A. C. "Modern Metals", 1964, v, XX, № 4; p.27-34

UOT 539.3

MEXANIKI XASSƏLƏRİ, YÜKLƏNMƏNİN NÖVÜNDƏN ASILI OLAN TİRLƏRİN DAYANIQLIĞI VƏ RƏQSİ HƏRƏKƏTLƏRİ HAQQINDA

RZAYEV N. S.

Bakı Mühəndislik Universiteti,
Xırdalan şəh, Həsən Əliyev küç., 120 AZ0102,
Bakı, AZƏRBAYCAN
nzayev@beu.edu.az

XÜLASƏ

İşdə dartılma və sıxılmaya müxtəlif müqavimət göstərən materiallardan hazırlanmış tirlərin təmiz əyilmədə dayanıqlığının müstəvi formada itməsi və eninə sərbəst rəqsləri öyrənilir. Müəyyən şərtlər daxilində göstərmək olar ki, bu məsələlərin həlli xətti elastik materialdan hazırlanmış tirlərin uyğun məsələlərinin həllinə gətirilir. Nəticələr cədvəl və xarakterik parametrlər arasında asılılığın qrafiki şəklində göstərilmişdir.

Açar sözlər: dartılma, sıxılma, əyilmə, burulma, elastik, dayanıqlıq, rəqs.

ON STABILITY OF OSCILLATIONS OF BEAM WHOSE MECHANICAL FEATURES DEPEND ON THE FORM OF STRESS STATE

ABSTRACT

In this study, the problems for a plane form of stability loss and eigen – oscillation of beams made of materials with different resistance to tension and compression are investigated. Under certain conditions, it can be shown that the solution of these problems leads to the solution of the corresponding problems of the beams made of linear elastic materials. The results are presented in the form of a graph of the relationship between the table and the characteristic parameters.

Keywords: tension, compression, bending, torsion, elastic, stability, oscillation.

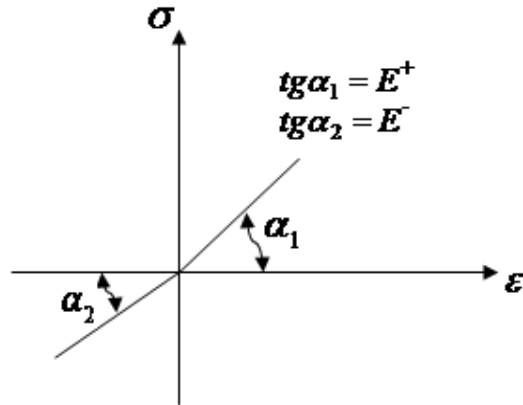
ОБ УСТОЙЧИВОСТИ И КОЛЕБАНИИ БАЛКИ МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙТВО КОТОРЫХ ЗАВИСЯТ ОТ ВИДА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

РЕЗЮМЕ

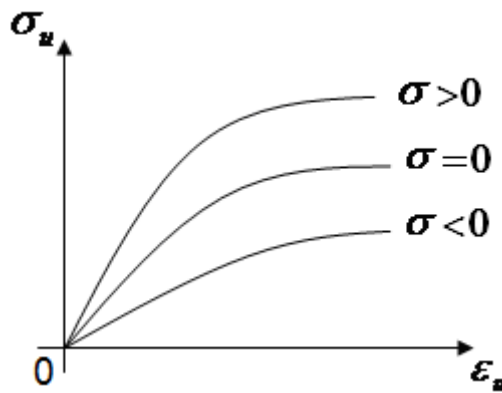
В работе исследуется задачи плоской формы номери устойчивости и собственное колебание брусев изготовлении из разнo сопротивляющихся растяжению и сжатию материалов. Показано что решение поставленной задачи можно привести к аналогичной задачи для линейной упругости. Результаты представлены в виде графика зависимости между таблицей и характеристическими параметрами.

Ключевые слова: Растяжение, сжатие, изгиб, кручение, эластичность, устойчивость, колебание.

Giriş. Müasir tikinti komplekslərinin, maşınqayırmanın və texnikanın bir çox sahələrində müxtəlif fiziki-mexaniki xassələrə malik materiallardan hazırlanmış konstruksiya elementlərindən geniş istifadə olunur. Bunların içərisində müxtəlif konfigurasiyaya malik tirlər, lövhə və qabıqlar mühüm rol oynayır. Son zamanlar dartılma, sıxılma və burulmaya müxtəlif müqavimət göstərən materiallardan hazırlanmış konstruksiya elementləri çox yayılmışdır. (kompozitlər, çuqunun bəzi növləri, keramika və s.). Belə materiallar üçün gərginlik deformasiya ($\sigma_{ii} \propto \varepsilon_{ii}$) diaqramı (şəkil 1 və 2.) müxtəlif olur [2, 3].



Şəkil 1. Müxtəlif modullu elastik materiallar üçün gərginlik-deformasiya diaqramı



Şəkil 2. Yüklənmənin növündən asılı olan materiallar üçün gərginlik və deformasiya intensivlikləri arasındakı asılılıq

Burada σ_u, ε_u uyğun olaraq gərginlik və deformasiyaların intensivliyi, σ -hidrostatik gərginlikdir. Qeyd etmək lazımdır ki, yuxarıdakı spesifik xassələri, dayanıqlıq və rəqsi hərəkətlərin öyrənilməsində nəzərə alındıqda məsələnin həlli riyazi çətinləşir, almadıqda isə xətalara yol verilir (gərginlikli vəziyyət qeyri bircins olduqda). Bu problemlər aşağıdakı iki məsələnin həllində tədiq olunur.

1. En kəsiyi düzbucaqlı tirin sərbəst rəqsləri

En kəsik boyu gərginlik aşağıdakı qanun ilə dəyişir:

$$\text{Dartılmada } \sigma^+ = E^+(l_0 + y\varphi) \quad z_0 \leq y \leq h$$

$$\text{Sıxılmada } \sigma^- = E^-(l_0 + y\varphi) \quad -h \leq y \leq y_0 \quad (1)$$

Burada l_0 və φ uyğun olaraq mərkəzi oxun deformasiyası və əyriliyidir.

Neytral oxun tənliyindən ($\rho_0 = l_0\varphi^{-1}$) və boyuna qüvvənin olmaması ($P = 0$) şərtindən istifadə edərək əyici momenti aşağıdakı kimi təyin olunduğunu tapırıq.

$$M = M_0 K \varphi \quad (M_0 = \frac{2}{3} E^+ b h^3)$$

$$K = \frac{1}{2} [\rho^2(1-n) + n + 1] - \frac{3}{8} \cdot \frac{[\rho^2(1-n) + n - 1]^2}{\rho + 1 + n(1-\rho)} \quad (2)$$

Tirin sərbəst rəqslərinin hərəkət tənliyi əyintiyə nəzərən

$$\frac{\partial^4 W}{\partial Z^4} + m^2 \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} = 0; \quad (m^2 = \frac{Vh}{M_0 K}) \quad (3)$$

kimi yazılır.

Həlli birinci etabda

$$W(y, t) = V(Z)e^{i\omega t} \quad (4)$$

şəklində axtarıq. Burada ω -dairəvi tezlik, t -zaman, $V(z)$ isə sərhəd şərtlərini ödəməlidir.

Əyintinin (4) ifadəsini (3) –da yerinə yazsaq aşağıdakı tənliyi alarıq:

$$\frac{d^4 V(Z)}{dZ^4} - m^2 V(Z) = 0 \quad (5)$$

Xarakteristik tənlik

$$K^4 - m^2 \omega^2 = 0 \quad (6)$$

kimi yazılır. (5) tənliyinin ümumi həlli isə

$$V(Z) = C_1 \cos mz + C_2 \sin mz + C_3 \cosh mz + C_4 \sinh mz \quad (7)$$

Olur.

Burada C_1, C_2, C_3, C_4 naməlum sabitlərdir və sərhəd şərtlərindən tapılır.

Göstərmək olar ki, ucları oynaqlarla bərkidilmiş tir üçün dairəvi tezliklərin qiymətləri

$$\omega_i^2 = \left(\frac{i\pi}{l}\right)^2 \sqrt{\frac{KE^+ J_0}{V}} \quad (8)$$

düsturu ilə hesablanır.

Dartılma və sıxılmada eyni müqavimət göstərən tirlər üçün (8) aşağıdakı şəkilə düşür:

$$\bar{\omega}_i^2 = \left(\frac{i\pi}{l}\right)^2 \sqrt{\frac{E^+ J_0}{V}} \quad (9)$$

(8) və (9) iadələrini tərəf tərəfə bölsək alarıq:

$$\omega_*^2 = \left(\frac{\omega_i}{\bar{\omega}}\right)^2 = \frac{1}{\sqrt{K}} \quad \text{və yaxud} \quad \omega_*^2 = K^{-\frac{1}{2}} \quad (10)$$

Dartılma və sıxılmada elastiklik modulları (E^+, E^-) məlum olduqda tezliyin qiyməti (10) ifadəsi ilə hesablanır.

2. Təmiz əyilmədə tirin müstəvi formada dayanıqlığını itirməsi məsələsi.

Müəyyən şərtlər daxilində tir təmiz əyilmədə müstəvi formasında dayanıqlığını itirə bilər [5]. Bu halda kritik momentin (M_k) tapılması, riyazi olaraq aşağıdakı differensial tənliklər sisteminə gətirilir.

$$B \frac{d^2 U}{dZ^2} = \psi M$$

$$C \frac{d\psi}{dZ} = \frac{dU}{dZ} \quad (11)$$

Burada ψ -en kəsinin z -oxu ətrafında dönmə bucağı, B -elastiki əyilmədə sərtlik, C -isə elastiki burulma sərtliyidir.

Göstərmək olar ki, kritik moment aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$M_k = M_k^o \left(\sqrt{K_1 \cdot K_2} \right) \quad (12)$$

(12)-ifadəsində klassik material üçün $\sqrt{K_1 \cdot K_2} = 1$ olur.

M_k^o -klassik həllə uyğun kritik momentin qiymətidir.

$$K_1 = 0,5 \left[n(1 - \rho^2) + 1 + \rho^2 \right] - 0,375 \cdot \frac{[\rho^2(1 - n) + n + 1]^2}{\rho(1 - n) + 1 + n} \quad (13)$$

$$K_2 = 0,5 \left[n^{-1}(1 + \rho) + 1 - \rho \right] \quad (14)$$

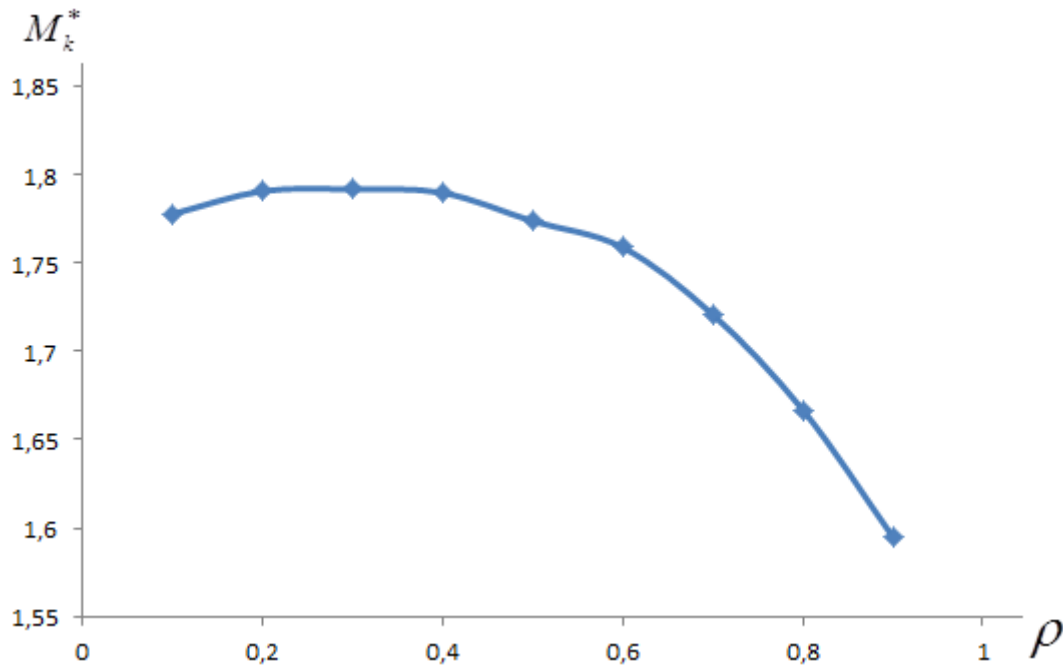
Burada $n = E^- / E^+$; $0 < n < 1$ qiymət alır.

(13) və (14) ifadələrindən görünür ki, $n = 1$ olduqda, olduqda dartılma və sıxılmaya eyni müqavimət göstərən tirlər üçün ($K_1 = 1$ və $K_2 = 1$) məsələnin həllini alırıq:

Hesabat nəticələri cədvəl 1 və şəkil 3 -də göstərilmişdir.

Cədvəl 1.

$n = 0,8$			
ρ	K_1	K_2	$\sqrt{K_1 K_2}$
0,1	2,80	1,13	1,778
0,2	2,79	1,15	1,791
0,3	2,77	1,16	1,792
0,4	2,74	1,17	1,790
0,5	2,67	1,18	1,774
0,6	2,58	1,20	1,759
0,7	2,45	1,21	1,721
0,8	2,28	1,22	1,667
0,9	2,07	1,23	1,595



Şəkil 3. Ölçüsüz kritik əyici momentin qiyməti ilə neytral oxun sərhəddi arasındakı asılılıq

Nəticə: Müxtəlif modullu elastik tirlərin xalis əyilmədə dayanıqlıq və rəqsi hərəkət məsələləri tədqiq edilmişdir. (10) ifadəsindən göründüyü kimi müxtəlif möduluğu xarakterizə edən kəmiyyətin qiyməti artdıqca ölçüsüz tezliyin qiyməti azalır.

Cədvəl 1 və şəkil 3-dən göründüyü kimi ρ – nun artması ilə müxtəlif modulların kritik parametrlərə təsiri azalır.

ƏDƏBİYYAT

1. Гасымов Г.М., Рзаев Н.С. Поперечное колебание стержня лежащего на неоднородно вязко-упругом основании// Elmi əsərlər. Cild 1. -2013. -№3. -с.41-45.
2. Панферов В. М –Теория упругости твердого тела, свойства которого различны при растяжении, сжатии и кручение- В. кн. Упругости и не упругости –М: Изд-во МГУ, в 1, 1971.
3. Толоконников Л. А, Вариант разномодульной теории упругости .В. кн. Прочность и пластичности, -М: 1971, С. 102-104.
4. Тимошенко С. П- Колебание в инженерном деле. М; Наука, 1965.
5. Тимошенко С. П- Устойчивость упругих систем. М; Наука, 1956.
6. Gadjev V. D., Rzayev N.S. Lateral oscillations of a beam made of multi-modulus material lying on inhomogeneous visco-elastic foundation// Transaction of NAS of Azerbaijan, 2014, vol. XXXIV, №1, pp . 125-130, 6s.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

1. "The Baku Engineering University Mechanical and Industrial engineering" accepts original unpublished articles and reviews in the research field of the author.
2. Articles are accepted in English.
3. File format should be compatible with **Microsoft Word** and must be sent to the electronic mail (journal@beu.edu.az) of the Journal. The submitted article should follow the following format:
 - Article title, author's name and surname
 - The name of workplace
 - Mail address
 - Abstract and key words
4. The title of the article should be in each of the three languages of the abstract and should be centred on the page and in bold capitals before each summary.
5. **The abstract** should be written in **9 point** type size, between **100** and **150** words. The abstract should be written in the language of the text and in two more languages given above. The abstracts of the article written in each of the three languages should correspond to one another. The keywords should be written in two more languages besides the language of the article and should be at least three words.
6. **UDC** and **PACS** index should be used in the article.
7. The article must consist of the followings:
 - Introduction
 - Research method and research
 - Discussion of research method and its results
 - In case the reference is in Russian it must be given in the Latin alphabet with the original language shown in brackets.
8. **Figures, pictures, graphics and tables** must be of publishing quality and inside the text. Figures, pictures and graphics should be captioned underneath, tables should be captioned above.
9. **References** should be given in square brackets in the text and listed according to the order inside the text at the end of the article. In order to cite the same reference twice or more, the appropriate pages should be given while keeping the numerical order. For example: [7, p.15].

Information about each of the given references should be full, clear and accurate. The bibliographic description of the reference should be cited according to its type (monograph, textbook, scientific research paper and etc.) While citing to scientific research articles, materials of symposiums, conferences and other popular scientific events, the name of the article, lecture or paper should be given.

Samples:

- a) **Article:** Demukhamedova S.D., Aliyeva İ.N., Godjajev N.M.. *Spatial and electronic structure of monomerrik and dimeric conapeetes of carnosine üith zinc*, Journal of structural Chemistry, Vol.51, No.5, p.824-832, 2010
 - b) **Book:** Christie ohn Geankoplis. *Transport Processes and Separation Process Principles*. Fourth Edition, Prentice Hall, p.386-398, 2002
 - c) **Conference paper:** Sadychov F.S., Aydın C., Ahmedov A.İ.. Appligation of Information – Commu-nication Technologies in Science and education. II International Conference."Higher Twist Effects In Photon- Proton Collisions", Baki, 01-03 Noyabr, 2007, ss 384-391
References should be in 9-point type size.
10. The margins sizes of the page: - Top 2.8 cm. bottom 2.8 cm. left 2.5 cm, right 2.5 cm. The article main text should be written in Palatino Linotype 11 point type size single-spaced. Paragraph spacing should be 6 point.
 11. The maximum number of pages for an article should not exceed 15 pages
 12. The decision to publish a given article is made through the following procedures:
 - The article is sent to at least to experts.
 - The article is sent back to the author to make amendments upon the recommendations of referees.
 - After author makes amendments upon the recommendations of referees the article can be sent for the publication by the Editorial Board of the journal.

YAZI VƏ NƏŞR QAYDALARI

1. "Journal of Baku Engineering University- Mexanika və sənaye mühəndisliyi" - əvvəllər nəşr olunmamış orijinal əsərləri və müəllifin tədqiqat sahəsi üzrə yazılmış icmal məqalələri qəbul edilir.
 2. Məqalələr İngilis dilində qəbul edilir.
 3. Yazılar **Microsoft Word** yazı proqramında, (**journal@beu.edu.az**) ünvanına göndərməlidir. Göndərilən məqalələrdə aşağıdakılara nəzərə alınmalıdır:
 - Məqalənin başlığı, müəllifin adı, soyadı,
 - İş yeri,
 - Elektron ünvanı,
 - Xülasə və açar sözlər.
 4. **Məqalədə başlıq hər xülasədən əvvəl** ortada, qara və böyük hərflə xülasələrin yazıldığı hər üç dildə olmalıdır.
 5. **Xülasə** 100-150 söz aralığında olmaqla, 9 punto yazı tipi böyüklüyündə, məqalənin yazıldığı dildə və bundan əlavə yuxarıda göstərilən iki dildə olmalıdır. Məqalənin hər üç dildə yazılmış xülasəsi bir-birinin eyni olmalıdır. Açar sözlər uyğun xülasələrin sonunda onun yazıldığı dildə verilməklə ən azı üç sözdən ibarət olmalıdır.
 6. Məqalədə UOT və PACS kodları göstərməlidir.
 7. Məqalə aşağıdakılardan ibarət olmalıdır:
 - Giriş,
 - Tədqiqat metodu
 - Tədqiqat işinin müzakirəsi və onun nəticələri,
 - İstinad ədəbiyyatı rus dilində olduğu halda orijinal dili mötəzə içərisində göstərməklə yalnız Latın əlifbası ilə verilməlidir.
 8. **Şəkil, rəsm, grafik və cədvəllər** çapda düzgün, aydın çıxacaq vəziyyətdə və mətn içərisində olmalıdır. Şəkil, rəsm və grafiklərin yazıları onların altında yazılmalıdır. Cədvəllərdə başlıq cədvəlin üstündə yazılmalıdır.
 9. **Mənbələr** mətn içərisində kvadrat mötərizə daxilində göstərməklə məqalənin sonunda mətn daxilindəki sıra ilə düzəlməlidir. Eyni mənbəyə iki və daha çox istinad edildikdə əvvəlki sıra sayı saxlanmaqla müvafiq səhifələr göstərməlidir. Məsələn: [7,səh.15].

Ədəbiyyat siyahısında verilən hər bir istinad haqqında məlumat tam və dəqiq olmalıdır. İstinad olunan mənbənin bibliografik təsviri onun növündən (monoqrafiya, dərslik, elmi məqalə və s.) asılı olaraq verilməlidir. Elmi məqalələrə, simpozium, konfrans, və digər nüfuzlu elmi tədbirlərin materiallarına və ya tezislərinə istinad edərkən məqalənin, məruzənin və ya tezisnin adı göstərməlidir.
- Nümunələr:**
- a) **Məqalə:** Demukhamedova S.D., Aliyeva İ.N., Godjayev N.M.. *Spatial and electronic structure of monomeric and dimeric complexes of carnosine with zinc*, Journal of structural Chemistry, Vol.51, No.5, p.824-832, 2010
 - b) **Kitab:** Christie ohn Geankoplis. *Transport Processes and Separation Process Principles*. Fourth Edition, Prentice Hall, 2002
 - c) **Konfrans:** Sadychov F.S., Aydın C., Ahmedov A.İ.. Appligation of Information-Communication Technologies in Science and education. II International Conference. "Higher Twist Effects In Photon- Proton Collisions", Baki, 01-03 Noyabr, 2007, ss 384-391
- Mənbələr 9 punto yazı tipi böyüklüyündə olmalıdır.
10. **Səhifə ölçüləri:** üstədən 2.8 sm, altdan 2.8 sm, soldan 2.5 sm və sağdan 2.5 sm olmalıdır. Mətn 11 punto yazı tipi böyüklüyündə, **Palatino Linotype** yazı tipi ilə və tək simvol aralığında yazılmalıdır. Paraqraflar arasında 6 punto yazı tipi aralığında məsafə olmalıdır.
 11. Orijinal tədqiqat əsərlərinin tam mətni bir qayda olaraq 15 səhifədən artıq olmamalıdır.
 12. Məqalənin nəşrə təqdimi aşağıdakı qaydada aparılır:
 - Hər məqalə ən azı iki ekspertə göndərilir.
 - Ekspertlərin tövsiyələrini nəzərə almaq üçün məqalə müəllifə göndərilir.
 - Məqalə, ekspertlərin tənqidi qeydləri müəllif tərəfindən nəzərə alındıqdan sonra Jurnalın Redaksiya Heyəti tərəfindən çapa təqdim oluna bilər.

YAZIM KURALLARI

1. “Journal of Baku Engineering University- Makine ve endüstri mühendisliği” önceler yayımlanmamış orijinal çalışmaları ve yazarın kendi araştırma alanın-da yazılmış derleme makaleleri kabul etmektedir.
2. Makaleler İngilizce kabul edilir.
3. Makaleler Microsoft Word yazı programında, (**journal@beu.edu.az**) adresine gönderilmelidir. Gönderilen makalelerde şunlar dikkate alınmalıdır:
 - Makalenin başlığı, yazarın adı, soyadı,
 - İş yeri,
 - E-posta adresi,
 - Özet ve anahtar kelimeler.
4. **Özet** 100-150 kelime arasında olup 9 font büyüklüğünde, makalenin yazıldığı dilde ve yukarıda belirtilen iki dilde olmalıdır. Makalenin her üç dilde yazılmış özeti birbirinin aynı olmalıdır. Anahtar kelimeler uygun özeti sonunda onun yazıldığı dilde verilmekle en az üç sözcükten oluşmalıdır.
5. Makalede UOT ve PACS tipli kodlar gösterilmelidir.
6. Makale şunlardan oluşmalıdır:
 - Giriş,
 - Araştırma yöntemi
 - Araştırma
 - Tartışma ve sonuçlar,
 - İstinat Edebiyatı Rusça olduğu halde orijinal dili parantez içerisinde göstermekle yalnız Latin alfabesi ile verilmelidir.
7. **Şekil, Resim, Grafik ve Tablolar** baskıda düzgün çıkacak nitelikte ve metin içerisinde olmalıdır. Şekil, Resim ve grafiklerin yazıları onların alt kısmında yer almalıdır. Tablolarda ise başlık, tablonun üst kısmında bulunmalıdır.
8. **Kullanılan kaynaklar**, metin dâhilinde köşeli parantez içerisinde numaralandırılmalı, aynı sırayla metin sonunda gösterilmelidir. Aynı kaynaklara tekrar başvurulduğunda sıra muhafaza edilmelidir. Örneğin: [7,seh.15]. Referans verilen her bir kaynağın künyesi tam ve kesin olmalıdır. Referans gösterilen kaynağın türü de eserin türüne (monografi, derslik, ilmî makale vs.) uygun olarak verilmelidir. İlmî makalelere, sempozyum, ve konferanslara müracaat ederken makalenin, bildirinin veya bildiri özetlerinin adı da gösterilmelidir.

Örnekler:

- a) **Makale:** Demukhamedova S.D., Aliyeva İ.N., Godjajev N.M.. *Spatial and Electronic Structure of Monomeric and Dimeric Conapeetes of Carnosine Üith Zinc*, Journal of Structural Chemistry, Vol.51, No.5, p.824-832, 2010
- b) **Kitap:** Christie ohn Geankoplis. *Transport Processes and Separation Process Principles*. Fourth Edition, Prentice Hall, p.386-398, 2002
- c) **Kongre:** Sadychov F.S., Aydın C., Ahmedov A.İ. Appligation of Information-Communication Technologies in Science and education. II International Conference. “*Higher Twist Effects In Photon- Proton Collisions*”, Baki, 01-03 Noyabr, 2007, ss 384-391

Kaynakların büyüklüğü 9 punto olmalıdır.

9. **Sayfa ölçüleri**; üst: 2.8 cm, alt: 2.8 cm, sol: 2.5 cm, sağ: 2.5 cm şeklinde olmalıdır. Metin 11 punto büyüklükte **Palatino Linotype** fontu ile ve tek aralıkta yazılmalıdır. Paragraflar arasında 6 puntoluk yazı mesafesinde olmalıdır.
10. Orijinal araştırma eserlerinin tam metni 15 sayfadan fazla olmamalıdır.
11. Makaleler dergi editör kurulunun kararı ile yayımlanır. Editörler makaleyi düzeltme için yazara geri gönderilebilir.
12. Makalenin yayına sunuşu aşağıdaki şekilde yapılır:
 - Her makale en az iki uzmana gönderilir.
 - Uzmanların tavsiyelerini dikkate almak için makale yazara gönderilir.
 - Makale, uzmanların eleştirel notları yazar tarafından dikkate alındıktan sonra Derginin Yayın Kurulu tarafından yayına sunulabilir.
13. Azerbaycan dışından gönderilen ve yayımlanacak olan makaleler için,(derginin kendilerine gönderilmesi zamanı posta karşılığı) 30 ABD Doları veya karşılığı TL, T.C. Ziraat Bankası/Üsküdar-İstanbul 0403 0050 5917 No’lu hesaba yatırılmalı ve makbuzu üniversitemize fakslenmelidir.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. «Journal of Baku Engineering University» - Механические и промышленного строительства публикует оригинальные, научные статьи из области исследования автора и ранее не опубликованные.
2. Статьи принимаются на английском языке.
3. Рукописи должны быть набраны согласно программы **Microsoft Word** и отправлены на электронный адрес (**journal@beu.edu.az**). Отправляемые статьи должны учитывать следующие правила:
 - Название статьи, имя и фамилия авторов
 - Место работы
 - Электронный адрес
 - Аннотация и ключевые слова
4. **Заглавие статьи** пишется для каждой аннотации заглавными буквами, жирными буквами и располагается по центру. Заглавие и аннотации должны быть представлены на трех языках.
5. **Аннотация**, написанная на языке представленной статьи, должна содержать 100-150 слов, набранных шрифтом 9 punto. Кроме того, представляются аннотации на двух других выше указанных языках, перевод которых соответствует содержанию оригинала. Ключевые слова должны быть представлены после каждой аннотации на его языке и содержать не менее 3-х слов.
6. В статье должны быть указаны коды UOT и PACS.
7. Представленные статьи должны содержать:
 - Введение
 - Метод исследования
 - Обсуждение результатов исследования и выводов.
 - Если ссылаются на работу на русском языке, тогда оригинальный язык указывается в скобках, а ссылка дается только на латинском алфавите.
8. **Рисунки, картинки, графики и таблицы** должны быть четко выполнены и размещены внутри статьи. Подписи к рисункам размещаются под рисунком, картинкой или графиком. Название таблицы пишется над таблицей.
9. **Ссылки** на источники даются в тексте цифрой в квадратных скобках и располагаются в конце статьи в порядке цитирования в тексте. Если на один и тот же источник ссылаются два и более раз, необходимо указать соответствующую страницу, сохраняя порядковый номер цитирования. Например: [7, стр.15]. Библиографическое описание ссылаемой литературы должно быть проведено с учетом типа источника (монография, учебник, научная статья и др.). При ссылке на научную статью, материалы симпозиума, конференции или других значимых научных мероприятий должны быть указаны название статьи, доклада или тезиса.

Например:

- a) **Статья:** Demukhamedova S.D., Aliyeva I.N., Godjajev N.M. *Spatial and electronic structure of monomeric and dimeric complexes of carnosine with zinc*, Journal of Structural Chemistry, Vol.51, No.5, p.824-832, 2010
- b) **Книга:** Christie on Geankoplis. *Transport Processes and Separation Process Principles*. Fourth Edition, Prentice Hall, 2002
- c) **Конференция:** Sadychov F.S, Fydin C, Ahmedov A.I. Application of Information-Communication Nechnologies in Science and education. II International Conference. "*Higher Twist Effects In Photon-Proton Collision*", Baki, 01-03 Noyabr, 2007, ss.384-391

Список цитированной литературы набирается шрифтом 9 punto.

10. **Размеры страницы:** сверху 2.8 см, снизу 2.8 см, слева 2.5 и справа 2.5. Текст печатается шрифтом **Palatino Linotype**, размер шрифта 11 punto, интервал-одинарный. Параграфы должны быть разделены расстоянием, соответствующим интервалу 6 punto.
11. Полный объем оригинальной статьи, как правило, не должен превышать 15 страниц.
12. Представление статьи к печати производится в ниже указанном порядке:
 - Каждая статья посылается не менее двум экспертам.
 - Статья посылается автору для учета замечаний экспертов.
 - Статья, после того, как автор учел замечания экспертов, редакционной коллегией журнала может быть рекомендована к печати.