AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

AYNUR VALEH QIZI ŞƏRİFOVA

KOMPONENTLƏRİ BİRİ-BİRİLƏ QARŞILIQLI TƏSİRLƏNMƏYƏN METAL-QRAFİT KOMPOZİSİYALARIN STRUKTURU VƏ XASSƏLƏRİ

3312.01 - «Materiallar texnologiyası»

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKI-2014

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyasının "Materialşünaslıq və materialların texnologiyası" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: **texnika elmləri namizədi, professor S.M.Mustafayev**

Rəsmi opponentlər: **texnika elmləri doktoru, professor A.T. Məmmədov**
texnika üzrə fəlsəfə doktoru, F.T. Quliyev

Aparıcı təşkilat: "Azneftkimyamaş" ASC

Müdafiə « 17 » sentyabr 2014-cü ildə saat 11^{00}-da Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən D02.171 dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ1073, Bakı şəhəri, H.Cavid pr., 25

Dissertasiya ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat « » iyul 2014-cü ildə göndərilmişdir.

D02.171 dissertasiya şurasının
elmi katibi, t.ü.f.d. **S.K. Gözəlov**

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Müxtəlif şəraitlərdə sürtünmə əmsalının kiçik qiymətinə və yeyilməyə yüksək müqavimət qabiliyyətinə malik materiallara tələbat iş şəraitinin və sürtünmə rejimlərinin mürəkkəbliyinə uyğun daim artır. Bu isə öz növbəsində yeni antifriksion materialların işlənməsinə diqqətin artırılmasını tələb edir.

Antifriksion materiallar sırasında mis əsaslı istər kompakt, istərsə də ovuntu materiallar xüsusi yer tutur. Mis əsaslı antifriksion materialların geniş tətbiqi onlardan hazırlanan yastıq içlikləri və oymaqlarının, elektrik mühərriklərinin cərəyan götürücülərinin və s. kiçik sürtünmə əmsalını, xüsusilə intixabi köçürmə şəraitində belə materiallardan və onlarla kontaktda olan digər materiallardan hazırlanan detalların uzunömürlülüyünü təmin etməyə imkan verir.

Sürtünmə qovşaqlarında ovuntu metallurgiyası texnologiyaları əsasında hazırlanan materiallardan istifadə edilməsi olduqca mühüm rol oynayır. Belə ki, bu texnologiyalar əsasında əritmə yolu ilə alınan kompakt materiallarda əldə edilə bilməyən xassələr almaq mümkündür. Ovuntu metallurgiyası texnologiyaları əsasında alınan yüksək qrafit tərkibli metal-qrafit materialların sürtgüsüz, məhdud sürtgülü şəraitdə, su və sulu məhlullar mühitində işləyən sürtünmə qovşaqlarında geniş tətbiqi yüksək tribotexniki effekt verir.

Lakin qeyd etmək lazımdır ki, komponentləri biri-biri ilə qarşılıqlı təsirlənməyən mis-qrafit, nikel-qrafit kimi kompozisiyalarda qrafitin yüksək miqdarının təmin edilməsi çətinlik törədir. Tədqiqatlar göstərir ki, mis-qrafit kompozisiyasında qrafitin kütlə miqdarının 6%-dən çox olması kompozisiyanın mexaniki xassələrinin kəskin surətdə aşağı düşməsinə səbəb olur. Mexaniki xassələrin aşağı düşməsi əsasən qrafitin miqdarının artması ilə materialın metal matrisasının kəsilməzliyinin pozulması və diskret matrisa yaranması ilə izah olunur.

Mexaniki qarışdırma ilə hazırlanan şixtə əsasında yüksək qrafit tərkibli materialların alınması sahəsində aparılan işlər indiyədək əhəmiyyətli nəticələr verməmişdir. Bu əsasən onunla izah olunur ki, mis-qrafit tərkibli ovuntu materialının hazırlanmasında komponentlərin dispersliyi kifayət qədər nəzərə alınmamışdır. Halbuki, qrafitin dispersliyi artdıqca onun ümumi səthinin şixtədə payı artır, nəticədə iri mis hissəcikləri qrafit hissəciklərini tam örtə bilmir və bunun da nəticəsində diskret matrisa əmələ gəlir.

Adi hesablamalar göstərir ki, kompozisiyada qrafitin hər kütlə faizi ümumi həcmin 2,25%-ni tutur. Beləliklə, kompozisiyada 10% qrafit olduqda həcmin 22,5%-ni qrafit hissəcikləri tutur. Qrafitin miqdarının sonrakı artımı şixtənin presləmə prosesində dağılmasına səbəb olur.

Qeyd etmək lazımdır ki, mis-qrafit şixtəsinin hazırlanma üsulu materialın struktur və xassələrinin formalaşmasında böyük rol oynayır. Bir tərəfdən mislə qrafitin sıxlıqları, digər tərəfdən komponentlərin təbiəti kəskin fərqləndiyi üçün mexaniki qarışdırma yolu ilə bircinsli qarışıq alınması olduqca çətindir. Belə ki, qarışdırılmış şixtənin dərhal laylanaraq mis hissəciklərinin çökməsi nəticəsində şixtənin bircinsliyi pozulur. Bu isə öz növbəsində presləməni çətinləşdirir və möhkəmlik xassələrinə mənfi təsir göstərə biləcək texnoloji yağlayıcıdan istifadə etmə zərurəti yaradır.

Yuxarıda göstərilən səbəblər kəsilməz matrisalı strukturda qrafitin kütlə miqdarını məhdudlaşdırır. Bu problemin qrafit hissəciklərinin elektroliz və ya elektrokimyəvi üsulla mislə örtülməsi yolu ilə həll edilməsi mümkündür. Lakin kompozisiyanın bütünlükdə qrafitin elektrokimyəvi üsulla mislə örtülərək yaradılması iqtisadi cəhətdən əlverişli deyil. Bu baxımdan qrafit hissəciklərini nazik mis təbəqəsi ilə örtərək, kompozisiyada matrisa yaradacaq mislə mis örtüklü qrafit arasında təbii uyğunluğun yaradılması və qismən də komponentlərin sıxlıqları arasında fərqin azaldılması ilə mis + mis-qrafit şixtəsinin hazırlanması və yüsək qrafit tərkibli material alınması daha prespektivlidir. Eyni zamanda qrafit hissəciklərinin ölçüsünün artırılması (dispersliyinin azaldılması) ilə onların eyni kütlə miqdarında ümumi səthi azaldıla və beləliklə də kəsilməz matrisa yaranması üçün kompozisiyada qrafitin artırılmış miqdarında misin daha az miqdarından istifadə edilə bilər.

Yuxarıda göstərilənlər komponentləri qarşılıqlı təsirlənməyən mis-qrafit tipli kompozisiya materiallarının komponentlərinin dispersliyini tənzimləməklə yüksək qrafit tərkibli materialların alınmasının mümkün olduğunu göstərir.

İşin məqsədi müxtəlif maşın və avadanlıqların tribotexniki qovşaqlarında tətbiq edilmək üçün istifadə oluna biləcək yüksək qrafit tərkibli mis-qrafit ovuntu kompozisiya materialının alınmasının nəzəri və praktiki əsaslarının işlənməsindən ibarətdir.

Qarşıya qoyulmuş məqsədə uyğun olaraq aşağıdakı əsas məsələlər həll edilmişdir:

1. Komponentləri biri-biri ilə qarşılıqlı təsirlənməyən mis-qrafit tipli kompozisiyanın həndəsi modelinin işlənməsi.

2. İşlənmiş model əsasında komponentlərin dispersliyinin kompozisiya materialının strukturunun formalaşmasına təsirinin öyrənilməsi.
3. Kəsilməz mis matrisalı struktur alınması üçün komponentlərin şixtəyə daxil edilmə metodlarının işlənməsi.
4. Mis+mis-qrafit (misləndirilmiş qrafit) şıxtəsindən hazırlanmış ovuntu kompozisiyasının xassələrinin öyrənilməsi.
5. Aparılmış tədqiqatların tətbiqini təmin edə biləcək əsaslandırılmış tövsiyələrin işlənməsi.

Alınmış nəticələrin dürüstlüyü. Tədqiqatların aparılması üçün qarşıya qoyulmuş məsələlər nəzəri araşdırmalar və laboratoriya şəraitində aparılan eksperimentlər yolu ilə həll edilmişdir. Alınmış nəticələrin dürüstlüyü tədqiqat üçün istifadə olunan müasir cihazlardan, ölçü vasitələrindən, qurğu və tərtibatlardan istifadə etməklə təmin edilmişdir.

Elmi yenilik. Komponentləri biri-biri ilə qarşılıqlı təsirlənməyən mis-qrafit kompozisiya materialının həndəsi modeli yaradılmışdır.

Kompozisiyanın həndəsi modeli əsasında materialın strukturunun formalaşmasında komponentlərin dispersliyinin rolu aşkarlanmışdır.

İlk dəfə olaraq mis-qrafit kompozisiyasına qrafitin daxil edilməsi üçün elektroliz üsulu ilə misləndirilmiş qrafitdən istifadə etməklə mis + mis-qrafit (Cu+(Cu-C)) kompozisiya materialı alınmasının elmi-praktiki əsasları işlənmişdir.

İşin praktiki əhəmiyyəti. Aparılmış tədqiqatlar əsasında yeni tipli mis-qrafit kompozisiya materialı işlənmişdir.

Mis əsaslı ovuntu materialının tərkibində qrafitin miqdarının 25-30% -ə qədər artırılmasının texnoloji prosesi işlənmiş, bu yolla alınan materialın müxtəlif tribotexniki qovşaqlarda tətbiqi üçün tövsiyələr formalaşdırılmışdır.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas müddəaları aşağıdakı konfrans və seminarlarda məruzə və müzakirə edilmişdir:

1. Ümummilli lider Heydər Əliyevin 85 illik yubileyinə həsr olunmuş aspirantların və gənc tədqiqatçıların Respublika elmi konfransı. Bakı, 2008.
2. Aspirantların və gənc tədqiqatçıların XIII Respublika elmi konfransı. Bakı, 2009.
3. Молодежь и наука: реальность и будущее. II Beynəlxalq elmi-praktiki konfransı. Nevinomısk, 2009.
4. Metallar fizikasının müasir problemləri. II Beynəlxalq elmi-praktiki konfransı. Bakı, 2010.

5. Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XV Respublika elmi konfransı. Bakı, 2011.
6. Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVII Respublika elmi konfransı. Bakı, 2013.
7. Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVIII Respublika elmi konfransı. Bakı, 2013.
8. ADNA-nın "Materialşünaslıq və materialların texnologiyası" kafedrasının genişləndirilmiş iclası, Bakı, 2014.

İşin nəşri. Dissertasiya işinin əsas məzmunu 12 elmi işdə dərc olunmuşdur.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, 4 fəsil, ümumi nəticələr və istifadə olumuş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiya 150 səhifəlik mətni, 62 şəkli, 24 cədvəli, 112 istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısını əhatə edir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, işin məqsədi, alınmış nəticələrin etibarlılığı, elmi yeniliyi, praktiki əhəmiyyəti və işin əsas müddəaları müəyyən edilmişdir.

Dissertasiya işinin I fəslində ovuntu metallurgiyası üsulu ilə müxtəlif təyinatlı yüksək qrafit tərkibli metal-qrafit materialların alınma texnologiyaları şərh edilmişdir.

Müxtəlif məmulların hazırlanması üçün metal-qrafit materialların alınmasına aid ədəbiyyat təhlili göstərmişdir ki, belə materialların alınmasında ən əlverişli və qabaqcıl texnologiya ovuntu metallurgiyasının tətbiqidir.

Bu fəsildə əsas məsələlərdən biri kimi sənaye tullantıları olan qrafitləşmiş kömür elektrod materialından qrafit ovuntusunun, həmçinin elektrokimyəvi metodla mis-qrafit ovuntusunun alınma texnologiyaları şərh olunmuşdur.

Mövcud ədəbiyyatlarda olan məlumatların tənqidi analizi belə bir nəticəyə gəlməyə imkan vermişdir ki, sənaye tullantısı olan qrafitləşmiş kömür elektrod materialından alınan müxtəlif fraksiyalı ovuntuların misləndirilməsi və onun mis əsasa əlavə edilməsi ilə yüksək fiziki-mexaniki, tribotexniki və istismar xassəli antifriksion və konstruksiya təyinatlı ovuntu kompozisiya materialının yaradılması vacib əhəmiyyət kəsb edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, komponentləri biri-birilə qarşılıqlı təsirlənməyən metal-qrafit (mis-qrafit) kompozisiyasının alınması və onun struktur və xassələrini öyrənilməsi, o cümlədən yüksək qrafit tərkibli kəsilməz matrisalı mis-qrafit kompozisiya materialının alınması ovuntu metallurgiyası qarşısında duran ən çətin məsələlərdən biridir. Belə ki, məlum tədqiqatlara əsasən müxtəlif üsullarla alınan materialın şixtə tərkibinə ən çoxu 10%-ə qədər qrafit daxil edilə bilir. Qrafitin miqdarı çoxaldıldıqda kompozisiyadakı mis hissəcikləri qrafit dənəciklərini tam örtmək üçün kifayət etməyərək diskret matrisanın yaranmasına gətirib çıxarır. Bu isə lazımi xassələri almağa imkan vermir. Bu baxımdan yüksək qrafit tərkibli yeni tip mis-qrafit ovuntu kompozisiya materialının alınması və bunun üçün kompozisiyadakı komponentlərin dispersliklərinin və dispersliklər arasındakı nisbətin nəzərə alınması məsələsi maraq doğurur.

Deyilənləri nəzərə alaraq, mis-qrafit ovuntu kompozisiyasının alınmasında nisbətən ucuz və asan tapılan komponentdən istifadə etməklə yeni tip şixtə tərkiblərin yaradılmasının, belə şixtələrdən alınmış materialın struktur formalaşmasına, fiziki-mexaniki, texnoloji və istismar xassələrinə təsir qanunauyğunluqlarının kompleks şəkildə öyrənilməsi vacib sayılmışdır.

Bu səpkidə daha ucuz başa gələn qrafitləşmiş kömür elektrod materialından müxtəlif fraksiyalı ovuntunun alınması və misləndirilməsi nəticəsində əmələ gələn mis-qrafit ovuntu kompozisiyasından istifadə etməklə və komponentlərin dispersliklərini nəzərə alaraq kəsilməz mis matrisanın yaradılması ilə yüksək qrafit tərkibli yeni tip mis-qrafit ovuntu kompozisiyasının alınmasının mümkünlüyünün tədqiqi dissertasiya işinin əsas məqsədi kimi qarşıya qoyulmuşdur.

Dissertasiya işinin II fəslində misləndirmə üçün seçilmiş qrafitləşmiş kömür elektrod materialından ilkin ovuntunun alınmasının optimal texnoloji sxemi işlənmiş və alınmış ovuntular ələk analizi vasitəsilə fraksiyalara ayrılaraq tədqiqat üçün daha əlverişli olan fraksiyalar müəyyən edilmişdir.

Həmçinin misləndirmə prosesinin düzgün yerinə yetirilməsi məqsədilə tədqiqat üçün seçilmiş mis ovuntunun (S11000, Türkiyə istehsalı) əsas xassələri öyrənilmiş, onun qranulometrik tərkibinin müəyyən edilməsi üçün sedimentasiya analizindən istifadə edilmiş, əldə edilmiş nəticələr əsasında mis ovuntusunun orta ölçüsünün ($a_{m\ or}$) 36 mkm olduğu təyin edilmişdir.

Bu fəsildə eyni zamanda mis-qrafit ovuntu kompozisiyasının alınması zamanı elektrokimyəvi metod əsasında və optimal elektroliz

rejimlərinin seçilməsi ilə reduksiyaedicisiz mühitdə qrafit ovuntusunun mislə örtülməsi prosesinin yerinə yetirilməsi təsvir edilmişdir.

Misləndirmə üçün yüksək məhsuldarlığı təmin etmək məqsədilə xüsusi qurğudan istifadə edilmiş, alınmış mis-qrafit kompozisiyasında (a_q=50 mkm) misin miqdarının təyin edilməsi məqsədilə element analizi aparılmışdır. Ayrı-ayrı misləndirmə vaxt rejimlərində (30, 60, 90 dəqiqə) misin miqdarının uyğun olaraq 16,6; 24,8; 64,5% olduğu aşkarlanmışdır.

Şixtə materialları seçilib əsaslandırılmaqla yanaşı şixtənin hazırlanma üsulları işlənmişdir. Mis ovuntunu əldə edilmiş mis-qrafit ovuntusu ilə qarışdırmaqla səmərəli şixtə tərkibi müəyyənləşdirilmişdir. Burada şixtənin və nümunənin alınma texnoloji sxemi verilmiş, Cu və Cu-C komponentləri arasında sıxlıqlar fərqinin azalması və ovuntuların xüsusi qurğuda qarışdırılması zamanı spirtdən istifadə edilməsi seqreqasiyanın aradan qaldırılmasına və şixtə qarışığının bircinsliyinin təmin edilməsinə kömək etmişdir.

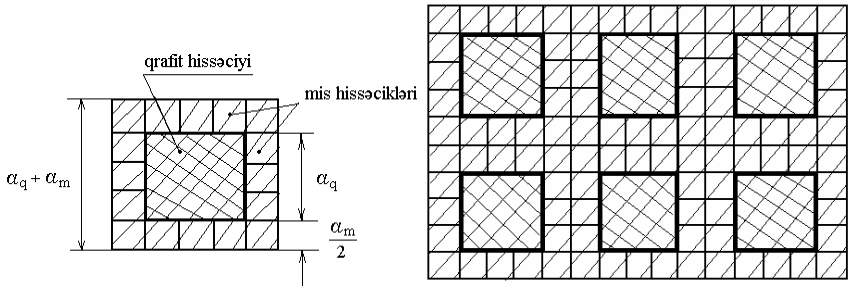
Şixtə qarışığının preslənməsi və bişirilməsi üçün müvafiq qurğulardan istifadə edilərək standart nümunələrin hazırlanma metodikaları işlənmişdir. Preslənmiş və bişirilmiş nümunələrin kalibrlənməsi nəticəsində məmulatın ölçülərinin dəqiqliyinin təmin edilməsi qeyd edilmişdir.

Alınmış nümunələrdən pardaxlama və cilalama yolu ilə şliflər hazırlanaraq mikrostrukturlarının, onların fiziki-mexaniki, tribotexniki və istismar xassələrinin öyrənilmə metodikaları verilmişdir. Tədqiqat nəticəsində aşkarlanmışdır ki, şixtənin təklif olunan üsulla hazırlanması bişirilmiş nümunənin yaxud məmulatın struktur bircinsliyini, fiziki-mexaniki xassələrini xeyli yaxşılaşdırmaqla yanaşı, bir sıra daha yüksək xassələrə malik ovuntu kompozisiyasının yaradılmasına imkan verir.

Dissertasiya işinin III fəslində materialın struktur parametrləri ilə xassələri arasındakı əlaqəni müəyyən etməyə imkan verən real strukturun təsviri metodlarından biri kimi mis-qrafit kompozisiyasının strukturunun həndəsi modelinin yaradılması və bu modeldən istifadə edərək komponentlərin dispersliyinin və dispersliklər arasındakı nisbətin kəsilməz matrisalı strukturun yaranmasına təsiri müzakirə edilmişdir.

Komponentləri bir-biri ilə qarşılıqlı təsirlənməyən mis-qrafit tipli kompozisiya materialında komponentlərin dispersliyinin rolunu müəyyən etmək üçün materialın ideallaşdırılmış həndəsi modelini yaratmaq məqsədəuyğun hesab edilmişdir (şəkil 1). Aşkardır ki, bu tip material yuvacıqlı struktura malikdir. Strukturda mis, qrafit dənələrini əhatələyən, bişirilmə prosesində diffuziya edərək matrisa əmələ gətirən və materialın möhkəmliyini təmin edən, qrafit isə yuvacıqları dolduraraq sərtlik yaradan,

həmçinin lazımi tribotexniki və elektrotexniki xassələri təmin edən komponentdir.



Şəkil 1. Mis-qrafit kompozisiyasının həndəsi modeli:
a – ayrıca götürülmüş mis-qrafit dənəciyi; b – mis-qrafit kompozisiyası

Kompozisiyada misin kütləsinin C_m, qrafitin kütləsinin isə C_q olduğunu qəbul edərək mis-qrafit kompozisiyasında hər iki komponentin kütlələrini və sıxlıqlarını bilməklə bərabər paylanmış struktur şəraitində ümumi həcmdə misin faizlə payını tapa bilərik. C_{1m} – misin həcmcə miqdarı; C_{1q} – qrafitin həcmcə miqdarı olarsa, iki komponentli sistem üçün aşağıdakı münasibət doğrudur:

$$C_{1m} = \frac{C_m / \gamma_m}{C_m / \gamma_m + C_q / \gamma_q} x100 \quad , \% \qquad (1)$$

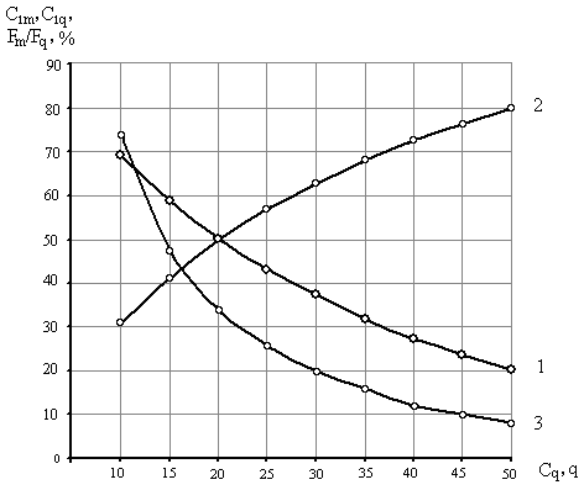
burada γ_m və γ_q – uyğun olaraq mis və qrafitin sıxlıqlarıdır, q/sm^3.

Yüklənmə prosesində, məsələn, sıxılmada kompozisiyanın hər iki komponentinin deformasiyası eyni olmalıdır (əks halda material dağılır). Bunu nəzərə alaraq Huk qanununa əsasən aşağıdakıları yaza bilərik:

$$\frac{F_m}{C_{1m}E_m} = \varepsilon_m = \varepsilon_q = \frac{F_q}{C_{1q}E_q}; \qquad \frac{F_m}{F_q} = \frac{C_{1m}E_m}{C_{1q}E_q}; \qquad (2)$$

burada E_m və E_q – uyğun olaraq mis və qrafitin elastiklik modulları, MPa; F_m və F_q – müvafiq surətdə misin və qrafitin qəbul etdiyi yük payıdır, N.

(1) və (2) ifadələrindən istifadə edərək şəkil 2-də göstərilən asılılıqları qurmaq mümkündür. Şəkildən göründüyü kimi, qrafitin kütlə miqdarının artırılması mis matrisanın qəbul etdiyi yükün azalmasına səbəb olur. Qrafitin 50% miqdarında mis matrisanın qəbul etdiyi yük ümumi yükün yalnız 8,0%-nə bərabər olur. Lakin, kompozisiyada qrafitin miqdarının artması ilə sıxılmada möhkəmlik həddinin aşağı düşmə xarakteri həmin əyri ilə uzlaşmır. Belə ki, komponentlərin dispersliyi nəzərə alınmadan hazırlanan kompozisiyada qrafitin artımı möhkəmlik həddinin son dərəcə azalmasına və materialın dağılmasına səbəb olur. Bunu, bəzi sahələrdə qrafitin mis hissəcikləri ilə tam örtülməməsi və nəticədə strukturda diskretliyin baş verməsi ilə izah etmək olar.



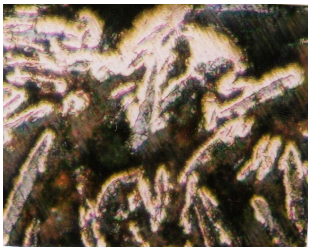
Şəkil 2. Mis və qrafitin həcminin (C_{1m} və C_{1q}) və onların qəbul etdiyi yüklərin nisbətinin (F_m/F_q) qrafitin miqdarından asılı olaraq dəyişmə qrafiki: 1 – C_{1m}; 2 – C_{1q}; 3 – F_m/F_q

Təbii ki, materialın maksimum möhkəmliyini təmin etmək üçün strukturda diskretlik olmamalı, bütün qrafit hissəcikləri kub şəkilli mis hissəcikləri ilə örtülməli, presləmədən və bişirilmədən sonra fasiləsiz, yuvacıqlarında qrafit kubcuqları (və ya lövhəcikləri) olan yuvacıqlı mis matrisa əmələ gəlməlidir.

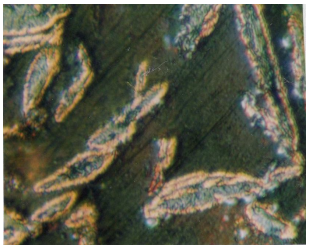
Təklif olunan həndəsi modeldən istifadə etməklə kompozisiyanın xassələrinə və qrafitin yol verilən miqdarına uyğun olaraq komponentlərin dispersliyini optimallaşdırmaq mümkün olmuşdur. Bu modeldən istifadə

edərək qrafitin ayrı-ayrı fraksiyaları üçün qrafit hissəciklərinin kütləsi, mis hissəciklərinin müxtəlif dispersilikləri üçün mis qatının kütləsi (kəsilməz matrisa alınması üçün qrafitin üzərini örtə biləcək mis qatının qalınlığı mis dənəciklərinin ölçüsündən az olmamalıdır) və kəsilməz mis matrisanın təmin edilməsi üçün lazım olan misin miqdarının komponentlərin dispersliyi və dispersliklər nisbətindən asılılığı təyin edilmişdir.

Komponentlərin dispersliyinin struktura təsiri mikrostrukturlar üzərində tədqiq edilmişdir. Elektrokimyəvi üsulla misləmiş qrafit ovuntularının səthində mis qatının formalaşma mikrofotoqrafiyasından (şəkil 3) aydın olur ki, kiçik disperslikli qrafit ovuntuları üzərində yaranan mis örtük yüksək disperslikli ilə müqayisədə daha bərabər paylanmış, müəyyən qalınlıqlı və bütöv olur.



a

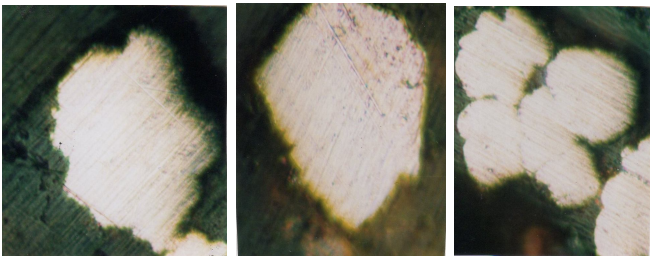


b

Şəkil 3. Elektrokimyəvi üsulla misləndirilmiş qrafit ovuntularının səthində mis qatının formalaşma mikrofotoqrafiyası, x400:
a, b – ГКЕГ; a – (-63 mkm); b – (-200 mkm)

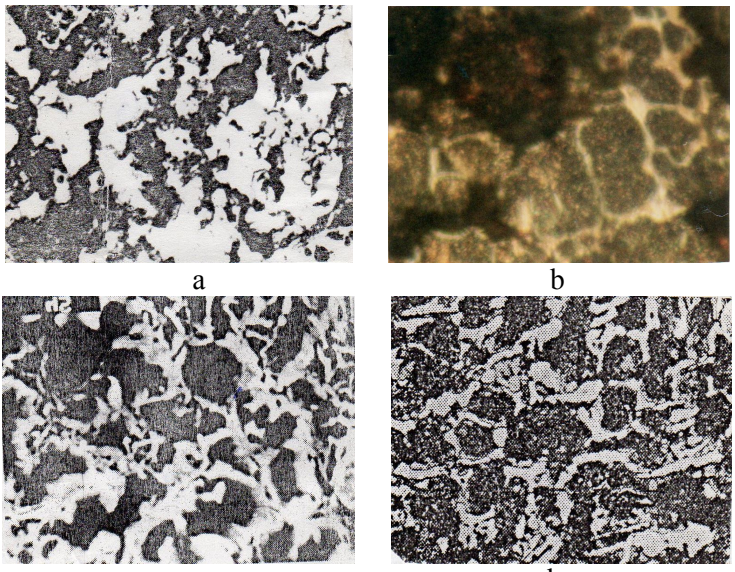
Həmçinin aşkar edilmişdir ki, müəyyən qalınlıqlı mis təbəqəsinin alınması üçün qrafit zərrəciklərinin ölçüsü artdıqca, başqa sözlə dispersliyi azaldıqca, onların örtülməsinə daha az mis sərf olunur. Ən optimal misləmə isə qrafitin böyük ölçülü fraksiyalarında (160–315 mkm) müşahidə olunur (şəkil 4) . Həmin hissəciklərinin səthinin parlaq və təmiz mis təbəqəsi ilə örtülməsindən başqa, onlarda kvadratik (bəzən düzbucaqlı) və sferik formaya yaxınlaşma tam şəkildə aşkarlanmışdır.

Komponentlərin dispersliklərinin kəsilməz mis matrisanın yaranmasına təsiri şəkil 5-də göstərilən, misləmiş qrafitdən və mis ovuntusunun (orta dispersliyi 36 mkm saxlanılmaqla) müxtəlif disperslikli qrafit ovuntularının misləndirilməsi nəticəsində alınan mis-qrafitlə mexaniki qarışdırılması yolu ilə alınmış şixtədən hazırlanan nümunələrin mikrostrukturu üzərində öyrənilmişdir.



a b c

Şəkil 4. Elektrokimyəvi üsulla mislənmiş qrafit ovuntusunda müxtəlif fraksiyaların mikrofotoqrafiyası, x200:
a, b, c – ГКЕГ; a – (-160 mkm); b – (-200 mkm); c – (-315 mkm)



a b

c d

Şəkil 5. Kəsilməz matrisalı mis + mis-qrafit kompozisiyasının mikrostrukturu, x400: a, b – (-63 mkm); c, d – (-200 mkm);
a, c – МКГ-30; b, d – М-МКГ-40

Şəkildən göründüyü kimi, kəsilməz matrisanın alınması heç də bütün dispersliklərdə mümkün olmamışdır. Qrafit ovuntularının dispersliyinin artması ilə mis matrisada mis dənələrini əhatə edən və müəyyən qalınlığa malik olan qrafit toru yaranır. Bu səbəbdən də metallik

əlaqələrin sayı kəskin azalır və bişirilmə prosesinin öz funksiyasını itirməsi baş verir. Qrafit ovuntularının dispersliyinin azaldılması isə əksinə, mis hissəcikləri arasında əlaqənin və nəticədə kəsilməz matrisanın yaranmasına imkan verir.

Beləliklə, mis əsasa mislənmiş qrafitin əlavə edilməsi ilə alınan yeni şixtə tərkibindən dispersliyin nəzərə alınması ilə hazırlanmış nümunələrin strukturunun öyrənilməsi göstərmişdir ki, bu kompozisiyanın istər mikrostrukturunun formalaşması, istərsə də xassələri adi mis-qrafit kompozisiyasından olduqca üstündür. Dispersliyin nəzərə alınması kəsilməz matrisanın yaranması və mis əsasda optimal strukturun tənzimlənməsinə xidmət etmişdir. Hər iki materialda - (Cu-C) tərkibli МКГ-30 və (Cu+(Cu-C)) tərkibli М-МКГ-40 materiallarında qrafitin miqdarının artırılmasına nail olunmuşdur. Alınmış yeni М-МКГ-40 antifriksion materialın mikrostrukturunda qrafitin bütün həcm boyu müəyyən qalınlıqlı fasiləsiz mis qatı ilə əhatə olunduğu aşkar edilmişdir. Tam təsdiqlənmişdir ki, şixtənin mis+mis-qrafitdən hazırlanması yüksək qrafit tərkibli kompozisiyanın struktur və xassələrinin formalaşmasında həlledici rol oynayır.

Sübut edilmişdir ki, şixtəyə daxil olan komponentlərin dispersliyini tənzimləməklə qrafitin kompozisiyada miqdarını artırmaq mümkündür. Tədqiqat nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, müxtəlif disperslikli (63 – 200 mkm) qrafit dənəciklərini misləndirərək mis əsasa əlavə etməklə alınan şixtədə 40%-ə qədər qrafitin olması təmin edilə bilər.

Dissertasiya işinin IV fəslində sürtünmə qovşaqlarında tətbiq edilən mis-qrafit tipli ovuntu kompozisiya materialının xassələrinə komponentlərin dispersliyinin və texnoloji rejimlərin təsiri tədqiq edilmişdir. Komponentləri qarşılıqlı təsirlənməyən mis-qrafit ovuntu kompozisiya materialının xassələrinə komponentlərin dispersliyinin təsirini müəyyən etmək üçün kompozisiyanın həndəsi struktur modelindən istifadə olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, mis-qrafit kompozisiya materialının mis və qrafitdən ibarət qeyri-bircins lövhə olduğunu və bu lövhədə mis hissəcikləri və qrafit hissəcikləri səthlərinin ölçülərinin komponentlərin dispersliyi nisbətindən asılı olduğunu bilərək, müəyyən yüklə yüklənmə zamanı onların daşıdığı yükün miqdarının və yaranan gərginliklərin də eyni amildən asılı olduğunu təsdiq etmək mümkündür. Mis və qrafit hissəciklərinə təsir edən qüvvələri və onlarda yaranan gərginlikləri tapmaq üçün lövhənin sıxılması zamanı müvazinət şərtindən istifadə edilmişdir:

$$\sigma_m S_m + \sigma_q S_q - Q = 0, \qquad (3)$$

burada σ_m və σ_q – müvafiq olaraq misdən və qrafitdən ibarət səthlərdə yaranan gərginliklər, MPa; S_m və S_q – misin və qrafitin təşkil etdiyi ümumi sahələr, mm^2; Q – lövhəyə təsir edən sıxıcı qüvvədir, N.

Ayrı-ayrılıqda mis və qrafitin səthlərinə təsir edən qüvvələr isə müvafiq surətdə aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$Q_m = \sigma_m S_m \quad \text{və} \quad Q_q = \sigma_q S_q \ . \tag{4}$$

Məlumdur ki, sıxılma prosesində misin və qrafitin boyuna deformasiyaları eyni olacaqdır. Bunu və sıxılmada Huk qanununu ($\sigma = \varepsilon E$) nəzərə alaraq, ayrı-ayrı səthlərdə sıxıcı qüvvədən asılı olaraq yaranan gərginliklər aşağıdakı qiymətləri alacaqdır:

$$\sigma_m = \frac{Q}{S_m + \frac{E_q}{E_m} S_q} = \frac{QE_m}{S_m E_m + S_q E_q};$$

$$\sigma_q = \frac{Q}{S_q + \frac{E_m}{E_q} S_m} = \frac{QE_q}{S_m E_m + S_q E_q} \ . \tag{5}$$

Bu halda gərginliklərin qiymətlərinə uyğun olaraq səthlərə təsir edən qüvvələr aşağıdakı kimi hesablana bilər:

$$Q_m = \frac{QE_m S_m}{S_m E_m + S_q E_q}; \qquad Q_q = \frac{QE_q S_q}{S_m E_m + S_q E_q} \ . \tag{6}$$

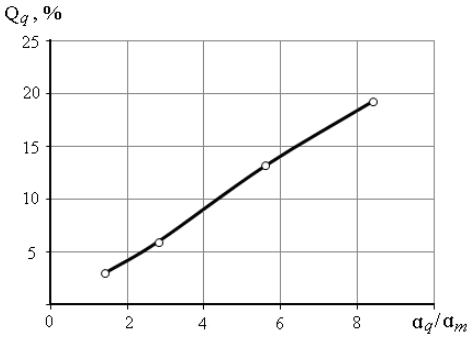
Məlumdur ki, mis üçün sıxılmada buraxıla bilən gərginlik qrafit üçün buraxıla bilən gərginlikdən böyükdür. Əgər qrafitdə sıxılma zamanı yaranan gərginlik buraxıla bilən gərginliyə bərabər olarsa, misdə yaranan gərginlik onun buraxıla bilən gərginliyindən kiçik olacaq. Odur ki, sıxılma prosesində möhkəmliyə hesabat qrafitə görə aparılmalıdır:

$$\sigma_q = \frac{Q}{S_q (1 + \frac{E_m}{E_q} \frac{S_m}{S_q})} \le [\sigma_q], \tag{7}$$

burada $[\sigma_q]$-qrafitin materialı üçün buraxıla bilən gərginlikdir, MPa.

Yuxarıdakı asılılıqlara əsaslanaraq qurulmuş qrafik (şəkil 6) yükün komponentlər arasında paylanması haqqında dəqiq təsəvvür yaradır. Qrafikdən göründüyü kimi komponentlərin dispersliyi nisbətinin dəyişməsi

onların arasında yükün paylanma xarakterinə ciddi təsir göstərir. Bu həmçinin onunla təsdiqlənir ki, həmin nisbətin artması ilə qrafitin xüsusi səthinə düşən yük artır. Bu zaman komponentlərə düşən yükün dəyişməsi praktiki olaraq düz xətt xarakteri daşıyır.



Şəkil 6. Bir qrafit dənəciyinin səthinə düşən yükün komponentlərin dispersilikləri nisbətindən asılılığı

Yuxarıda verilən düsturlar göstərir ki, mis hissəciklərinin dispersliyinin sabit qiymətində qrafit hissəciklərinin ölçüsü artdıqca (dispersliyi azaldıqca) onlarda yaranan gərginlik azalmalıdır. Lakin qrafit hissəciklərinin ölçüsünün artması ilə gərginliyin dəyişməsi adekvat deyil. Çünki, sistemin tarazlıq şərtinə görə onun bütövlüyünün təminatı üçün kompozisiyadakı ümumi gərginlik və onun komponentlərinin qəbul etdikləri gərginliklər bərabər olmalıdır.

Göstərilən nəzəri müddəaların yoxlanması məqsədi ilə iki yolla - qrafitin şixtəyə elektrokimyəvi misləndirmə yolu ilə daxil edilməsi və mis əsasa mislənmiş qrafitin əlavə edilməsi ilə alınmış mis-qrafit tipli kompozisiya materiallarından hazırlanmış nümunələr üçün preslənmə təzyiqi 150-800 MPa, bişirilmə temperaturu 850-1000^{0}C intervallarda qəbul edilmişdir.

Tədqiqatın təhlili göstərmişdir ki, mis hissəciklərinin dispersliyini dəyişmədən qrafit hissəciklərinin dispersliyinin artırılmasının yaranan gərginliklərin qiymətinə, başqa sözlə kompozisiyanın yükdaşıma qabiliyyətinə xələl gətirməməsi materialda qrafitin miqdarının əhəmiyyətli dərəcədə artırılmasına imkan verir. Eyni zamanda bu fəsildə antifriksion tətbiqli detalların hazırlanma texnologiyası da verilmiş, məsaməlikdən asılı olaraq preslənmə təzyiqinin 150-400 MPa, bişirilmə temperaturunun 850-1000^{0}C olduğu qeyd edilmişdir.

Məsaməliyin geniş intervalda dəyişməsi müxtəlif dərəcədə yüklənən detalların hazırlandığı ovuntu konstruksiya materiallarının fiziki-mexaniki xassələrini idarə etməyə imkan verir. Belə ki, az yüklənmiş detallar üçün məsaməliyi 15-30%, orta yüklənmiş detallar üçün isə 10-15% olan materiallar tətbiq edilə bilər.

Yuxarıda deyilənləri nəzərə alaraq cədvəl 1-də müxtəlif sıxlıqlı Cu-C və Cu+(Cu-C) ovuntu kompozisiya materiallarından olan konstruksiya detallarının hazırlanma texnologiyasının növləri və hazırlanmış nümunələrin bərkliyi və sıxılmada möhkəmlik həddinin öyrənilməsinə dair nəticələr verilmişdir.

Cədvəl 1

Hazırlanmış nümunələrin fiziki və mexaniki xassələrinin qrafit ovuntusunun fraksiyasından və texnoloji rejimlərdən asılılığı

Tərkib	Elektrolizin aparılma müddəti, dəq.	Qrafit ovuntusunun fraksiyası, mkm	Presləmə təzyiqi, MPa	Bişirilmə temperaturu, ^{0}C	Sıxlıq $\rho \cdot 10^3$ kq/m^3	Bərklik, HB, MPa	Sıxılmada möhkəmlik həddi, σ_s, MPa
Cu-C*	60	50	150-400	850-1000	5,1 – 5,7	170 – 350	54
		200			4,8 – 5,3	150 – 300	45
Cu+(Cu-C)**		50			5,7 – 6,1	420 – 620	192
		200			5,5 – 6,0	400 – 550	180
Cu-C*	60	50	500-800	850-1000	6,2 – 6,4	500 – 700	115
		200			5,9 – 6,1	450 – 600	96
Cu+(Cu-C)**		50			7,3 – 7,5	1070 – 1100	310
		200			7,0 – 7,2	900 – 1050	284

*mislənmiş qrafit; **mis əsaslı mislənmiş qrafit

Tədqiqatın nəticələri Cu-C və Cu+(Cu-C) ovuntu kompozisiyasından hazırlanmış, 200-250 MPa təzyiqdə preslənərək 900-950^0 C temperaturda bişirilmiş və kalibrlənmiş nümunələrin yüksək etibarlılığını göstərmişdir.

Sürtünmə qovşaqlarında tətbiq edilən mis-qrafit tipli ovuntu kompozisiya materiallarının mexaniki və tribotexniki xarakteristikalarına məsaməliyin təsirinin müqayisəli təhlili göstərmişdir ki, məsaməliyin artması ilə bərklik və zərbə özlülüyü azalsa da Cu+(Cu-C) şixtəsindən hazırlanan nümunələrdə bu xassələr ovuntu misdən və mislənmiş qrafitdən (Cu-C) hazırlanan nümunələrə nisbətən daha yüksək olur.

Müəyyən edilmişdir ki, məsaməlik 10-dan 35%-ə qədər artırıldıqda ovuntu misdən hazırlanmış nümunələrdə yeyilməyə davamlılıq azalır, lakin bu sürtünmə əmsalının qiymətinə təsir etmir. Digər, yəni Cu-C və Cu+(Cu-C) tərkibli materiallarda yeyilməyə davamlılıq 20% məsaməlikdən sonra azalmağa və sürtünmə əmsalı isə 25% məsaməlikdən sonra artmağa başlayır. Ümumi səviyyədə ən yaxşı tribotexniki xassələrə Cu+(Cu-C) materialı malik olur. Eyni zamanda məsaməlikdən və presləmə təzyiqindən asılı olaraq möhkəmlik xassələrinin artması da ən çox Cu+(Cu-C) ovuntu kompozisiya materialında müşahidə olunmuşdur.

Məlum olduğu kimi, məişət texnikasının sürüşmə yastığı ilə işləməsinin böyük üstünlüklərindən biri istismar zamanı az səsə və kiçik titrəyişə malik olmasıdır. Bu səbəbdən Cu+(Cu-C) kompozisiya materialından hazırlanan sürüşmə yastıqlarının istismarı zamanı tərkibdəki mislənmiş qrafitin səstörətməyə və titrəməyə təsiri tədqiq edilmişdir.

Aşkarlanmışdır ki, Cu+(Cu-C) kompozisiya materialında mislənmiş qrafitin mis örtüyünün qalınlığı 10-12 mkm-dan çox olan halda səs təzyiqinin ümumi səviyyəsi 10-12 dB qədər azalır. Səstörətmə müddətini azaldan mis qatının orta qalınlığı 21 mkm müəyyənləşdirilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, səs titrəyişlərinin sönməsi kəsilməz matrisa rolunu oynayan əsas metal və onun əhatə etdiyi qrafit arasındakı sərhəddə titrəyiş enerjisinin itirilməsi, həmçinin qrafitin və mis qatının təbiəti ilə şərtlənən itkilər nəticəsində baş verir. Həmçinin bu kompozisiya materialından hazırlanan yastıqlar $1x10^4$ saat müddətində sınaqdan sonra səsin orta səviyyəsinin ən aşağı qiymətinə malik olmuşdur.

Beləliklə, tədqiqatlar göstərmişdir ki, kəsilməz matrisalı strukturun alınması hesabına qrafitin yüksək miqdarında belə lazımi fiziki, mexaniki və tribotexniki xassələrin əldə edilməsi mümkündür və təklif olunan üsulla hazırlanan material həm xüsusi konstruksiya materialı, həm də məsaməli antifriksion materialı kimi tətbiq oluna bilər.

ÜMUMİ NƏTİCƏLƏR

1. Komponentləri biri-biri ilə qarşılıqlı təsirlənməyən kompozisiya materiallarının mis-qrafit kompozisiyası nümunəsində həndəsi modeli işlənmişdir. Həndəsi model metal matrisanın kəsilməzliyini təmin edən komponentlərin kütlə miqdarını onların disperslik səviyyəsindən asılı olaraq müəyyən etməyə imkan vermişdir.

2. Təklif olunan modeldən istifadə etməklə kəsilməz matrisanı təmin edən komponentlərin disperslik səviyyəsini optimallaşdırmaq mümkündür.

3. Müəyyən edilmişdir ki, kompozisiyada qrafitin miqdarının artırılması üçün mis əsasın dispersliyini saxlamaqla qrafit dənəciklərinin ölçüsünün artırılması kifayət edir.

4. Qrafitin kompozisiyaya elektrokimyəvi üsulla misləndirilərək daxil edilməsi komponentlərin təbiətinin və qismən də onların sıxlıqlarının uyğunluğunu təmin etməklə kompozisiyanın daha əlverişli strukturunu almaq mümkündür.

5. Elektrokimyəvi misləndirmə nəticəsində qrafit üzərinə çökdürülmüş mis hissəcikləri yüksək dispersliyə (elektroliz prosesinin parametrlərindən asılı olaraq hətta nanoölçüyə) malik olduğu üçün preslənmiş briketlərin bişirilməsi prosesi mis – mis sərhəddində daha aktiv diffuziya ilə baş verir ki, bu da alınan kompozisiyanın möhkəmliyinin yüksək olmasına imkan verir.

6. Kompozisiyaya daxil edilən qrafit dənəciklərinin ölçüsünü 200 mkm qədər artırmaqla qrafitin kütlə miqdarını 25-30% qədər artırmaq mümkün olmuşdur. Qrafitin miqdarının belə artımı kompozisiyanın ümumi sıxlığının kəskin azalaraq misə qənaət edilməsini təmin etməklə yanaşı, həm də bərk sürtgü materialı olan qrafitin sayəsində tribotexniki xassələrin yaxşılaşmasına imkan verir.

7. Aparılmış tədqiqatlara əsaslanaraq ilk dəfə olaraq Cu + (Cu-C) kompozisiya materialı (Cu-C – misləndirilmiş qrafiti əhatə edir) yaradılmış, onun mikrostrukturu və mexaniki xassələri öyrənilmişdir.

8. Alınmış Cu + (Cu-C) ovuntu kompozisiya materialı ümumi xarakterli tribotexniki qovşaqlarda istifadə edilməklə yanaşı məişət texnikasında qovşağın uzunömürlülüyünü təmin etməklə bərabər, eyni zamanda səstörətmə səviyyəsini və müddətini hazırda tətbiq edilən БрО10С1,5Ц, ЖГр1 kimi materiallara nisbətən 1,5-1,6 dəfə azaldır.

Dissertasiyanın məzmununa aid aşağıdakı işlər dərc olunmuşdur:

1. Mustafayev S.M., Şərifova A.V. Komponentləri biri-biri ilə qarşılıqlı təsirlənməyən ovuntu kompozisiyasının həndəsi modelinin işlənməsi // Mexanika – maşınqayırma, AzTU, 2008, №4, s.48-50
2. Şərifova A.V. Ovuntu kompozisiya materiallarının mexaniki xassələrinin formalaşmasında komponentlərin dispersliyinin rolu. Ümummilli lider Heydər Əliyevin 85 illik yubileyinə həsr olunmuş aspirantların və gənc tədqiqatçıların Respublika elmi konfransı. Bakı, 2008, səh. 84-86
3. Şərifova A.V. Mis-qrafit kompozisiyası strukturunun modelləşdirilməsi barədə. Aspirantların və gənc tədqiqatçıların XIII Respublika elmi konfransı. Bakı, 2009, səh. 71
4. Мустафаев С.М., Шарифова А.В. О влиянии дисперсности частиц на свойства композиций, компоненты которых не взаимодействуют друг с другом. Молодежь и наука: реальность и будущее. Материалы II международной научно-практической конференции. Том VIII, Невинномысск, 2009, с.182-183
5. Şərifova A.V. Mis-qrafit kompozisiya materialında komponentlərin dispersilikləri. Elmi əsərlər, AzTU, 2010, №1, s.59-61
6. Şərifova A.V. Elektrokimyəvi metodla qrafitin misləndirilmə rejimlərinin kompozisiyanın strukturuna təsiri. Metallar fizikasının müasir problemləri II Beynəlxalq elmi-praktiki konfransının materialları, Bakı, 2010, səh. 48-50
7. Şərifova A.V. Mis-qrafit kompozisiya materialında komponentlərin dispersliklərinin mexaniki xassələrə təsiri. Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XV Respublika elmi konfransının materialları, Bakı, 2011, səh. 166-168
8. Mustafayev S.M., Şərifova A.V., Quliyev A.Ə. Mis-qrafit ovuntu kompozisiyasının strukturunun formalaşması. Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, №5, 2012, səh. 55-58
9. Şərifova A.V. Yüksək qrafit tərkibli mis-qrafit kompozisiyasının struktur və xassələrinin formalaşması. Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVII Respublika elmi konfransının materialları, Bakı, 2013, səh. 127-128

10. Мустафаев С.М., Шарифова А.В., Гулиев А.А. Исследования по разработке медь-графитовой композиции с повышенным содержанием графита. Прогрессивная технология и системы машиностроения. Вп. 1(45)-2(46), Донецьк, 2013, с. 187-191
11. Şərifova A.V. Mis əsaslı mis-qrafit ovuntu kompozisiya materiallarında mislənmiş qrafitin antifriksion materialların istismarında səstörətməyə və titrəməyə təsiri. Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVIII Respublika elmi konfransının materialları, Bakı, 2013, səh. 260-261
12. Шарифова А.В. О влиянии дисперсности невзаимодействующих компонентов на свойства композиционного материала. Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. Научно-технический журнал. Москва, 2014, №3, с. 28-31

Çap olunmuş elmi işlərdə iddiaçının şəxsi iştirakı: 2, 3, 5, 6, 7, 9, 11, 12 saylı işlər müəllif tərəfindən sərbəst yerinə yetirilmişdir. 1, 4, 8, 10 saylı işlər müəlliflər tərəfindən bərabər səviyyədə yerinə yetirilmişdir.

РЕЗЮМЕ

Диссертация посвящена разработке теоретических и практических основ медь-графитового композиционного материала с высоким содержанием графита с целью использования в триботехнических сопряжениях различных машин и оборудования.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, общих выводов и заключений, списка использованной литературы и приложения (рекомендаций по практическому использованию результатов работы).

Во введении обоснованы актуальность темы и необходимость проведения по ней исследований, определены их цель и поставленные задачи.

В первой главе дан обзор литературы по получению различного назначения материалов методами порошковой металлургии, в том числе порошковых антифрикционных медь-графитовых композиций. Установлены необходимость проведения исследований по разработке медь-графитовой композиции с высоким содержанием графита.

Во второй главе разработана оптимальная технологическая схема по получению первичного порошка для введения в шихту, определены виды и гранулометрический состав компонентов шихты. Определены методы электрохимического меднения графита, сделан выбор оптимальных режимов электрохимического меднения, способ изготовления шихты, обеспечивающий ее однородность.

Третья глава посвящена разработке геометрической модели медь-графитовой композиции, позволяющей установить связь между структурными составляющими материала. Обсуждены вопросы создания неразрывной матрицы композиции в зависимости от соотношения дисперсности компонентов.

В четвертой главе диссертации обсуждены вопросы влияния дисперсности компонентов и технологических режимов на структуру и свойства материала Обоснованы и практически изготовлены образцы композиционного материала Cu+(Cu-C) – т.е. медь+электрохимически медненный графит. Результаты проведенных структурных анализов и механических испытаний показали практическую возможность получения медь-графитовой композиции с необходимыми механическими, триботехническими и физическими свойствами.

SUMMARY

Dissertation is devoted to the development of theoretical and practical foundations of copper-graphite composition material with a high content of graphite for use in tribological pairings various machinery and equipment.

The dissertation consists of an introduction, 4 chapters, the general findings and conclusions, list of references and applications (recommendations for the practical use of the results of the work).

In the introduction grounded topicality of the topic and the need for research on it, defined by their purpose and tasks.

The first chapter provides an overview of the literature on the preparation of materials for different purposes by powder metallurgy techniques, including powder antifriction copper-graphite compositions. Established the need for research on the development of copper-graphite composition with a high content of graphite.

In the second chapter the optimal technological scheme of developed for obtaining primary powder for injection into the charge, identify the types and size distribution of the mixture components. Electrochemical methods defined copper plating graphite, made the choice of optimal modes of electrochemical copper plating method of making the charge, ensuring its homogeneity.

The third chapter is devoted to the development of the geometric model of copper-graphite composition that allows to establish communication between the constituents of the material. Discussed the establishment of an inseparable matrix composition depending on the ratio of dispersion components.

In the fourth chapter of the dissertation discussed the influence of dispersion components and technological conditions on the structure and properties of the material. Substantiated and practically prepared samples of composition material Cu + (Cu-C) – copper + electrochemically copper plating graphite. The results of structural analysis and mechanical testing demonstrated the feasibility of producing copper-graphite composition with the necessary mechanical, tribological and physical properties.

АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

АЙНУР ВАЛЕХ кызы ШАРИФОВА

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МЕТАЛЛО-ГРАФИТОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ, КОМПОНЕНТЫ КОТОРЫХ НЕ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ

3312.01 - «Технология материалов»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени доктора философии по технике

БАКУ-2014