

AZƏRBAYCAN DÖVLƏT NEFT VƏ SƏNAYE UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

RAMİZ KAMANDAR oğlu HƏSƏNLİ

**YÜKSƏKMÖHKƏM ÇUQUNUN İŞLƏNMƏSİ VƏ
STRUKTUR-KEYFİYYƏT XARAKTERİSTİKALARININ
YAXŞILAŞDIRILMASI**

3312.01 - Materiallar texnologiyası

**Texnika üzrə elmlər doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın**

A V T O R E F E R A T I

BAKİ – 2017

İş Azərbaycan Texniki Universitetində yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçi: texnika elmləri doktoru,
professor **S.N. Namazov**

Rəsmi opponentlər: texnika elmləri doktoru,
professor **V.T.Məmmədov**

texnika elmləri doktoru,
professor **Ə.G.Hüseynov**

texnika elmləri doktoru,
professor **M.H.Fərzəliyev**

Aparıcı təşkilat: Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti
(Texnoloji maşın və avadanlıqlar kafedrası)

Müdafinə 29 sentyabr 2017-ci il saat 14.00-da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdindəki D.02.142 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir. Ünvan: Az 1010, Bakı, Nəsimi, Azadlıq 20, ADNSU

Dissertasiya ilə Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat 25 avqust 2017-ci ildə göndərilmişdir.

D.02.142 Dissertasiya Şurasının
elmi katibi, t.e.n., dosent

T.Q. Cabbarov

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Problemin aktuallığı. Metallurgiya, maşınqayırma və digər sənaye sahələrinin inkişaf tempi avadanlıqların etibarlığı və ömürüzunluğunun artırılmasını, onların material tutumunun azaldılmasını və müasir tələblərə cavab verən maşın və aqreqların yaradılmasını tələb edir. Bu məsələlərin həlli istiqamətində əsas problem onların pəstahlarının hazırlanma texnologiyasının təkmilləşdirilməsi və səmərəli konstruksiya materiallarının işlənməsidir.

Məlumdur ki, maşınqayırmanın bütün sahələrində əsas konstruksiya materialı kimi çuqunlardan geniş istifadə olunur və onlarda çuqun töküklərinin xüsusi çəkisi 75% təşkil edir. Struktur və xassələrinə münasib kürəvi qrafitli yüksəkmöhkəm çuqunların (KQYÇ) istehsalatda istifadəsinə böyük ehtiyac yaranır və müxtəlif sənaye sahələrində onların tətbiqinə daha geniş imkanlar açılır. KQYÇ-lər tökmə halında belə qənaətbəxş möhkəmlik xassələrinə malik olsalar da, daha yüksək möhkəmlik ($\sigma_B \geq 800$ MPa) almaq üçün çuqunların əlavə legirlənməsi və ya möhkəmləndirici termiki emala uğradılması tələb olunur. Belə çuqunlar adətən aşağı plastiklik və zərbə özlülyünə malik olur, bu çatışmazlıqlar onlarda metallik əsasın beynit, beynit-austenit və ya ausferrit strukturları ilə təmin edilməsi yolu ilə aradan qaldırıla bilər. Beynit-austenitli kompleks struktura malik KQYÇ-nin alınması və onun istehsalatda geniş tətbiqi daha perspektivlidir.

Aparılan təhlillərdən aydın olmuşdur ki, KQYÇ-də yüksək mexaniki xassələrlə yanaşı, artırılmış plastiklik və zərbə özlülyünün əldə edilməsinə rəşional kimyəvi tərkibin seçilməsi, optimal termik emal rejimlərinin işlənməsi, əritmə, legirləmə və modifisirləmə texnoloji proseslərinin təkmilləşdirilməsilə nail olmaq mümkündür.

Yüksəkmöhkəm çuqunlarda beynit struktrunun alınmasının ən geniş yayılmış üsulu izotermiki tablandırmaadır. Lakin bu proses yüksək əmək və enerjitutumlu əməliyyatlardan ibarət olub, xüsusi avadanlıqlardan istifadə olunmasını tələb etdiyindən, KQYÇ üçün daha səmərəli termiki emal rejimlərinin işlənməsinə böyük ehtiyac yaranır. Maşın hissələrinin etibarlığı və ömürüzunluğunun artırılması məqsədilə KQYÇ-nin möhkəmlik və plastiklik xassələrinin yüksəldilməsi, enerji resurslarının qıtlığı və bahalı legirli poladlara qənaət baxımından xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Müasir maşınqayırmanın müxtəlif sahələri üçün daha yüksək mexaniki və istismar xassələrinə malik materiallar tələb olduğundan, mürəkkəb istismar şəraitində işləyən hissələrin istehsalı yüksək fiziki-mexaniki və istismar xassələrinə

malik KQYÇ-nin işlənməsi zərurətini yaradır. Beləliklə, kifayət qədər plastiklik və zərbə özlülüyünə malik, yüksək möhkəmlik xassələri nümayiş etdirən çuqun markalarının işlənməsi və istehsalatda tətbiqi mühüm elmi - texniki problem olub, böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Məlumdur ki, aqressiv mühitlərdə işləyən maşın və mexanizmlərin hissələrinin hazırlanması üçün bəzən nisbətən aşağı tökmə və texnoloji xassələrə malik legirli poladlardan istifadə olunur. Belə istismar şəraitlərində adi KQYÇ dözümlüyə qoyulan yüksək tələbləri ödəyə bilmədiyindən, bahalı və aztəpilan yüksəklegirli poladlardan istifadə edilməsi zərurəti yaranır ki, bu da məhsulun maya dəyərinin xeyli artmasına səbəb olur. Bu istiqamətdə metal qəliblərdə (kokillərdə) hazırlanan, yüksək istismar və xüsusi xassələrə malik KQYÇ töküklərinin istifadəsi imkanları da araşdırılmalıdır.

Yüksək istismar və xüsusi xassələrə malik ausferrit və beynit əsaslı KQYÇ-nin alınması əritmə, legirləmə və müxtəlif modifisirləmə üsulları da daxil olmaqla, maye çuqunun sobadankənar texnoloji emal proseslərinin təkmilləşdirilməsini və optimal termiki emal rejimlərinin işlənməsini tələb edir.

Göstərilən məsələlərin həllində, yüksəkmöhkəm çuqun töküklərinin istehsal üsulları əsas rol oynayır. Onlardan töküklərin kokillərdə hazırlanma üsulu ən mütərəqqi texnologiya olub, birdəfəlik qəliblərə tökmə üsuluna nisbətən bir sıra üstünlüklərə malikdir: qənaətlilik və mexaniki emal payının minimumluğu, töküklərin dəqiqliyi, səthinin təmizliyi, yüksək sıxlığı və möhkəmliyi, qrafitin disperslik və sferoidləşmə dərəcəsi, illik yararlı tökük çıxdaşı, əlavəliklərin, emal paylarının ölçülərinin az və zay töküklərin miqdarının aşağı olması, yüksək məhsuldarlıq və s.

Kokillərdə alınan KQYÇ tökükləri yüksək plastiklik və zərbə özlülüyü göstəricilərinə görə poladların etibarlı əvəzləyicisi ola bilərlər. Kokillərdə alınan KQYÇ tökükləri yüksək mexaniki xassələrlə yanaşı, yeyilməyə və korroziyadözümlülük, soyuqadavamlılıq və s. kimi yüksək istismar xassələrinə malik olurlar. Onların istismar xassələrinin tələb olunan səviyəsini təmin etməyin səmərəli yollarından biri qənaətli legirləmə və töküklərin rəasional termiki emal rejimlərinə uğradılmasıdır. Bu texnologiyaları tətbiq etmək və onları lazımi səviyyədə tənzimləməklə qrafitləşmə prosesini, kristallaşmanın kinetikasını əhəmiyyətli dərəcədə dəyişmək və KQYÇ-nin struktur və xassələrinin formalaşma prosesini məqsəduyğun istiqamətdə idarə etmək mümkündür.

Bir çox elmi işlərdə bir-birinə zidd məlumatların verilməsi və konkret istehsalat şəraitinə uyğun tədqiqatlar aparmadan legirləyici əlavələrin

kimyəvi tərkibinin düzgün müəyyənləşdirilməsini çətinləşdirir. Odur ki, əməktutumunu artırmadan və tökükləri bahalaşdırmadan legirlənmiş yüksəkmöhkəm çuqunlardan alınan kokil töküklərinin xassələrini artırma bilən əlverişli termiki emal rejimlərinin seçilməsi haqqında təklif və tövsiyələr işlənmişdir. Rasional legirləmə, yüksək qızdırma temperaturu və uzunmüddətli saxlama tələb olunmayan səmərəli termiki emal rejimlərinin birgə tətbiqi materiallar texnologiyasında mühüm elmi və praktiki əhəmiyyətə malik istiqamət sayıla bilər.

Dissertasiya işinin əsas məqsədi metallurji emal texnologiyalarını (əritmə, legirləmə, modifisirləmə və termiki emal) təkmilləşdirməklə beynit və austenit-ferrit matrisasının formalaşdırılması əsasında KQYÇ-nin struktur-keyfiyyət xarakteristikalarının yaxşılaşdırılmasının nəzəri-texnoloji əsaslarının, kokillərə tökmə üsulu ilə onlardan töküklər alınmasının səmərəli texnologiyalarının işlənməsi və müxtəlif təyinatlı töküklərin istehsalında tətbiq edilməsidir.

Göstərilən məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı **məsələlərin** həlli nəzərdə tutulmuşdur:

- KQYÇ töküklərinin struktur-keyfiyyət xarakteristikalarının yaxşılaşdırılmasının əsas istiqamətlərinin müəyyənləşdirilməsi;

- KQYÇ töküklərinin struktur-keyfiyyət xarakteristikalarının yaxşılaşdırılmasını təmin edən beynit-ausferrit matrisasının formalaşdırılmasının nəzəri əsaslarının işlənməsi;

- kompleks xassələrə malik beynit-ausferrit strukturlu KQYÇ almaq məqsədilə austenitin izotermiki parçalanma diaqramı əsasında nəzəri və eksperimental tədqiqatların aparılması;

- rasional kimyəvi tərkibin və əritmə, legirləmə, modifisirləmə, termiki emal texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi əsasında çuqunun alınma üsullarının işlənməsi;

- tərkib və strukturun, fiziki-mexaniki və istismar xassələrinin tədqiqi əsasında tökmə halında və termiki emaldan sonra KQYÇ-nin xassələrinin idarə edilməsinin səmərəli üsullarının işlənməsi;

- legirləyici əlavələrin rasional tərkibinin və kokillərdə alınan müxtəlif dərəcədə legirlənmiş KQYÇ töküklərinin optimal termiki emal rejimlərinin seçilməsi;

- yüksək istismar xassələrinə malik austenit-beynit əsaslı KQYÇ töküklərinin alınması texnologiyasının işlənməsi və onların neft-mədən, tribotexnika və kimya maşınqayırması sahələrində tətbiqi imkanlarının müəyyənləşdirilməsi.

Tədqiqat üsulları və nəticələrin dürüstlüyü. Dissertasiya işində qoyulan məsələlər laboratoriya və istehsalat şəraitində aparılan nəzəri və eksperimental tədqiqatlar əsasında həll edilmişdir. Nümunələrin və töküklərin mikrostrukturları, fiziki-kimyəvi xassələri, mikrohəcmələrində faza və elementlərin paylanması müasir mikroanalizatorlarda, optik, elektron mikroskoplarında və başqa avadanlıqlarda öyrənilmişdir.

İşin bəzi nəticələri austenitin izotermik parçalanma diaqramının təhlili yolu ilə alınmış və orada eksperimentlərin planlaşdırılmasının riyazi üsulundan istifadə olunmuşdur. Struktur və xassələrin özəlliklərinin nəzəri təhlilinin nəticələri KQYÇ-nin kimyəvi tərkibi və termiki emal rejimlərinin məqsədyönlü dəyişdirilməsi üçün əsas olmuşdur.

Alınmış nəticələrin **dürüstlüyü** müasir üsul və cihazlardan istifadə olunmaqla laboratoriya tədqiqatları və təcrübi-sənaye sınaqlarının nəticələrinin uzlaşması ilə təsdiq edilmişdir.

Müdafiəyə təqdim edilən müddəalar:

- austenitin termokinetiki təhlilinin nəticələri, yüksəkmöhkəm çuqunların rəasional kimyəvi və faza tərkibinin seçilməsi üçün dəqiqləşdirilmiş və inkişaf etdirilmiş nəzəri müddəə və mülahizələr;

- yüksəkmöhkəm çuqunlarda austenit-beynit əsasın formalaşma proseslərinin sistemləşdirilmiş nəzəri-texnoloji aspektləri;

- beynit-ausferritli KQYÇ-lərin yeni işlənmiş rəasional tərkibləri;

- əritmə, legirləmə, modifisirləmə və termiki emalın təkmilləşdirilmiş texnoloji rejim və prosesləri;

- austenit-beynit əsaslı yüksəkmöhkəm çuqunların strukturunun, mexaniki və istismar xassələrinin sınaqlarının yeni nəticələri.

İşin elmi yenilikləri yüksəkmöhkəm çuqunun struktur və keyfiyyət göstəricilərinin yüksəldilməsi üçün bir sıra yeni və dəqiqləşdirilmiş nəzəri müddəə və mülahizələrin irəli sürülməsi və sistemləşdirilməsindən, tələb olunan xassələrə malik rəasional tərkibli yüksəkmöhkəm çuqunların işlənməsi, struktur və xassələri arasında asılılıqların müəyyənləşdirilməsi və tətbiqindən ibarətdir.

Mühüm elmi yeniliklər bir sıra tələb olunan xassələrə malik yüksəkmöhkəm çuqunların yaradılması və istifadəsi sahəsində eksperimental məlumatlara və əməli nəticələrə əsaslanmışdır:

KQYÇ-nin struktur və xassələrinin formalaşmasında austenitin parçalanma prosesləri, kimyəvi tərkibi və parçalanmasının termokinetik şəraitinin həlledici təsiri müəyyən olunmuşdur. KQYÇ-də austenit, beynit və perlit çevrilmələrinin minimal inkubasiya dövrlərinin temperatur və müd-

dətləri təyin edilmiş, beynit strukturunun formalaşmasına Si, Cu, Ni və Mo-nin ayrılıqda və sinergetik təsirinin fiziki-kimyəvi mexanizmi dəqiqləşdirilmişdir.

Qənaətli legirlənmiş KQYÇ-də beynit strukturunun əldə olunmasının əlverişli və ekoloji termiki emal rejimləri təklif olunmuş və rəasional tərkibli çuqunlarda beynit çevrilməsi zamanı struktur əmələgəlmənin əsas özəllikləri aşkar edilmişdir. KQYÇ-də beynit çevrilməsinin əsas qanunauyğunluqlarının karbonun ikili xarakterlə bağıllığı müəyyən olunmuş və rəasional tərkibli stabil qrafitləmiş çuqunlarda beynit çevrilməsinin klassik sxemindən əsas fərqli cəhətləri göstərilmişdir.

Yüksək plastiklik, özlülük və möhkəmliyin lazımi səviyyəsinin təmin edilməsində qalıq austenitin rolu, miqdarı və beynitin martensit xarakterli olması müəyyən edilmişdir. KQYÇ-də metallik əsasın ilkin strukturunun beynit çevrilməsinin kinetik parametrlərinə həlledici təsiri aşkarlanmış və beynit əmələgəlmə zamanı bərk məhlulda ərintinin rekristallaşmasının kinetikasi öyrənilmişdir.

NQR-spektroskopiya ilə legirləmə, tökmə üsulu və termiki emalın yüksəkmöhkəm çuqunun struktur və xassələrinə təsir mexanizmi dəqiqləşdirilmiş, termokinetik şəraitin və tökmə üsulunun qalıq austenitin miqdarına təsiri və qalıq austenitin əlverişli miqdarı müəyyən edilmişdir.

KQYÇ-nin xassələrinə qrafitin forma, ölçü və miqdarının həlledici təsiri təsdiqlənmiş və yüksək mexaniki xassələri təmin etmək üçün qrafitin tamamilə kürəvi, ya da 10%-dən az vermikulyar olması təyin olunmuşdur.

Kokillərə və qum-gil qəliblərə tökülmüş legirli çuqunda silisiumun paylanma mənzərəsi müəyyən olunmuşdur: tökmə halında silisiumun böyük miqdarının ledeburit lövhələri arasında yerləşməsi, tabalma və normallaşdırmadan sonra isə likvasiyanın ləğv olunmadığı müşahidə olunmuşdur; silisiumla zəngin sahələr qrafit birləşmələri ətrafında, yoxsul sahələr isə tabalmaya qədər sementitin tutduğu yerlərdə aşkarlanmışdır.

KQYÇ növbələşən yüksək bərklik və kövrəkliyə malik, legirlənmiş plastik sahələrdən ibarət çarpaz möhkəmləndirilmiş yüksək silisiumlu və silisiumsuz heterogen strukturlu əlverişli konstruksiya materialı kimi qiymətləndirilmişdir. Silisiumun və digər elementlərin mikrolikvasiya mənzərəsinə əsasən kimyəvi tərkibin qeyri-bircinsliyinin materialın xassələrinə təsirinə dair prinsipə yeni müddəa irəli sürülmüşdür: çuqunun strukturunda tərkibə eynicinsli mikrosahələrin maksimum dispersliyi, kövrək və plastiki zonaların isə heterogen struktur əmələ gətirməklə rəasional şəkildə yerləşməsinin vacibliyi müəyyən edilmişdir.

Beynitli-ausferritli strukturun yaranmasına tüküklerin divar qalınlığının həlledici təsiri aşkar edilmişdir; müxtəlif səmərəli metallurji emal texnologiyalarının tətbiqilə KQYÇ-də yüksək möhkəmliklə yanaşı, plastiklik və zərbə özlülüyünün əhəmiyyətli artımı təmin olunmuşdur; ilk dəfə olaraq termomexaniki emalla KQYÇ tüküklerinin səthi möhkəmləndirilməsi üsulu və texnologiyası işlənmişdir.

Kokilə tükülən beynitli KQYÇ-nin müxtəlif aqressiv mühitlərdə legirli polada nisbətən korroziyaya və yeyilməyə daha dözümlü olduğu aşkarlanmış və bu effekt çuqunda lokal plastikliyin və səth qatlarının möhkəmliyinin artması ilə izah edilmişdir.

İstismar müddətinin artması ilə beynitli çuqunda korroziya proseslərinin səngiməsinin səthdə tədricən qrafit-oksit pərdəsinin yaranması ilə əlaqədar olduğu aydınlaşdırılmışdır. Mənfi temperaturlarda sınaqlar zamanı qənaətlə legirlənmiş KQYÇ-də qalıq austenitə malik beynitli matrisin zərbə özlülüyünün yüksək qiymətlərini təmin etdiyi müəyyən olunmuşdur.

İşin təcrübi əhəmiyyəti. Yüksək mexaniki və tribotexniki xassələrə malik KQYÇ-nin rəasional tərkibləri işlənmiş və beynit (beynit-ausferrit) strukturunun formalaşması üçün termiki emalın ekoloji texnoloji prosesləri təkmilləşdirilmişdir. Çuqunların yeni tərkibləri və onların alınmasında istifadə olunan mütərəqqi texnoloji proseslər müxtəlif təyinatlı maşınqayırma hissələri tüküklerinin alınmasında istifadə edilmişdir. Qənaətlə legirlənmiş KQYÇ-dən metal qəliblərdə tüküklerin alınma texnologiyası işlənmişdir. KQYÇ-nin əritmə, legirləmə, modifisirləmə və termiki emal texnologiyaları təkmilləşdirilmiş və parametrləri dəqiqləşdirilmişdir. KQYÇ tüküklerinin istismar xassələrinin yaxşılaşması istehsalat sınaqları ilə təsdiqlənmişdir.

Müəllifin şəxsi töhfəsi. Dissertasiya işinin əsas nəticələri bilavasitə müəllif tərəfindən müstəqil olaraq əldə edilmişdir. Tərkib, struktur və xassələrin tədqiqat üsulları, texnoloji proseslərin işlənməsi və təkmilləşdirilməsi müəllif tərəfindən müstəqil və ya onun məsul icraçı qismində iştirakı ilə yerinə yetirilmişdir.

İşin nəticələrinin həyata keçirilməsi və tətbiqi. KQYÇ-dən müxtəlif təyinatlı hissələrin hazırlanması üçün işlənmiş texnoloji proseslər təcrübi - sənaye sınaqları keçmiş və ayrı-ayrı nəticələr respublikamızın müxtəlif maşınqayırma müəssisələrində tətbiq edilmiş və mənimsənilmişdir. Dissertasiyanın nəticələrinin tətbiqindən gözlənilən iqtisadi səmərə ildə 413,01 min AZN təşkil edir.

Tədqiqat işinin aprobeasiyası. Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı konfrans və seminarlarda müzakirə və təqdir edilmişdir:

1. AzTU-nun 43-cü elmi-texniki və metodiki konfransı (Bakı, 1995);
2. Gənc alimlərin və aspirantların respublika konfransı (Bakı, ADNA, 1997);
3. 46-ой научно-технической конференции АзТУ (Баку, 1998);
4. II Международной научно-технической конференции «Проблемы машиностроения XXI века» (Баку, 2001);
5. Professor-müəllim heyəti və aspirantların 48-ci yubiley tədris-metodiki və elmi-texniki konfransı (Bakı, 2001);
6. Международная научно-техническая конференция (Баку, 2004);
7. 51-ci elmi-texniki və tədris-metodiki konfransı (Bakı, 2004);
8. AzTU-nun 55 illiyinə həsr edilmiş elmi-texniki konfrans (Bakı, 2005);
9. “Metallar fizikasının müasir problemləri” elmi-praktik konfransı (Bakı, 2006);
10. Professor-müəllim heyəti və aspirantların 53-cü elmi-texniki konfransı (Bakı, 2006);
11. Azərbaycan metallurqlarının II elmi-təcrübi konfransı (Bakı, 2007);
12. “Texniki ali məktəblərdə təhsilin müasir problemləri” respublika elmi-praktiki konfransı (Bakı, 2008);
13. Professor - müəllim heyəti və aspirantların 54-cü elmi-texniki və tədris-metodiki konfransı (Bakı, 2009);
14. AzTU-nun 60 illik yubileyinə həsr olunmuş “Təhsildə və elmdə innovasiya texnologiyaları” respublika elmi-praktiki konfransı (Bakı, 2010);
15. “Yüksək texnologiyalar və ali təhsil” beynəlxalq elmi-texniki konfransı (Bakı, 2011);
16. Международная конференция «Современная техника и технологии: исследования и разработки» (РФ, Липецк, 2011);
17. Международная научно-практическая конференция “Новости научной мысли” (Чехия, Прага, 2011);
18. Международная научно-практическая конференция “Перспективные вопросы мировой науки” (Болгария, София, 2011);
19. Международная конференция «Актуальные вопросы современной техники и технологии (РФ, Липецк, 2012);
20. Международная конференция «Инновации в машиностроении» (РФ, Юрга, 2012);
21. Metrologiya və standartlaşdırma kafedrasının elmi seminarı (AzTU, 4 iyun 2013-cü il);

22. “Metallurgiya və materialşünaslığın problemləri” I beynəlxalq elmi konfrans (Bakı, 2013);
23. “Heydər Əliyev və Azərbaycan təhsili” Respublika Elmi Konfransı (Bakı, 2013);
24. Tökmə və qaynaq istehsalı kafedrasının elmi seminarı (AzTU, 5 fevral 2014-cü il);
25. XII международная конференция «Развитие науки в XXI веке» (Украина, Харьков, 2016);
26. “Metallar Fizikasının Müasir Problemləri” Beynəlxalq Elmi-Praktiki Konfrans (Bakı, AzMİU, 2016);
27. “Maşınqayırmada intellektual texnologiyalar” Beynəlxalq elmi-texniki konfrans (Bakı, AzTU, 2016).

İşin nəticələrinin dərc olunması. Dissertasiyanın əsas məzmununu əks etdirən tədqiqatlar və onların nəticələri 68 işdə öz əksini tapmışdır.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, altı fəsil, ədəbiyyat siyahısı və əlavələrdən ibarətdir. Dissertasiya 341 səhifə kompüter mətnindən ibarət olub, özündə 134 şəkil, 44 cədvəl, 336 adda ədəbiyyat siyahısı və 4 əlavəni birləşdirir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatların məqsədi və əsas vəzifələri şərh edilmişdir. İşin elmi yeniliyi və alınmış nəticələrin təcrübi əhəmiyyəti təqdim olunmuşdur. Mühüm nəticə, təklif və tövsiyələrin sənayedə tətbiqinə dair məlumatlar verilmişdir.

Birinci fəsilə yüksəkmöhkəm çuqun töküklərin keyfiyyətlərinin artırılmasının əsas istiqamətləri müəyyən edilmişdir. Burada yüksəkmöhkəm çuqunlardan töküklər hazırlanmasının müasir vəziyyəti təhlil edilmiş, yüksəkmöhkəm çuqunlar müxtəlif təyinatlı hissələr üçün mütərəqqi konstruksiya materialı kimi əsaslandırılmışdır. KQYÇ-nin struktur və xassələrinin formalaşması haqqında müasir təsəvvürlər araşdırılmış və metal qəliblərdə alınan yüksəkmöhkəm çuqunun strukturunun formalaşmasının xüsusiyyətləri aşkarlanmışdır. Kimyəvi tərkib və əsas matrisin formalaşmasının qanunauyğunluqları təhlil edilmiş və legirləmə, modifisirləmə və termiki emal KQYÇ-nin keyfiyyətinin yüksəldilməsində səmərəli üsullar kimi təqdim olunmuşdur. Beynit və ausferrit əsaslı KQYÇ-nin mütərəqqi konstruksiya materialı kimi xüsusiyyətləri ədəbiyyat və istehsalat mənbələri əsasında icmal edilmişdir.

Müəyyən olunmuşdur ki, KQYÇ-lər daha geniş istifadə edilən kons-

truksiya materialı olmaqla, bir sıra istismar xarakteristikalarına görə ənənəvi materiallardan xeyli üstündür və ona görə də onların neft, kimya və tribotexnika maşınqayırmasında məsul hissələrin hazırlanmasında mütərəqqi konstruksiya materialı kimi istifadə edilə bilər. KQYÇ-lərin struktur və xassələrini kimyəvi tərkibin, əritmə, legirləmə, modifisirləmə texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi, termiki emalın növləri və rejimlərinin rəasional seçilməsilə daha səmərəli idarə etmək olar.

Tədqiqatların nəticələrindən aydın olmuşdur ki, beynit əsaslı kürəvi qrafitli çuqunlar maksimal möhkəmliyə və kifayət qədər yüksək plastikliyə malik olmaqla, yeyilməyə və korroziyadözümlülük, yorulma və təmas möhkəmliyi və s. xüsusi xassələrə malik olurlar. KQYÇ-lərin matrisinin optimal strukturunu və bunun əsasında yüksək mexaniki və istismar xassələrini təmin etmək üçün müxtəlif texnoloji üsullardan istifadə edilir.

Müəyyən edilmişdir ki, ausferritli və beynitli kürəvi qrafitli çuqunların struktur və xassələrinin formalaşmasının fiziki-kimyəvi proseslərinin təbiəti, habelə onlardan müxtəlif təyinatlı məsul töküklərin hazırlanmasının səmərəli texnoloji üsullarının imkanları haqqında sistemləşdirilmiş təklif və tövsiyələr işlənilib hazırlanmamışdır. Aydın olmuşdur ki, yüksəkmöhkəm çuqunların maşınqayırma sənayesində ləng tətbiq edilməsinin əsas səbəbləri ausferrit və beynit əsaslı KQYÇ-lərin alınmasının nəzəri əsasları və texnoloji üsullarına dair tədqiqatların azlığı, müxtəlif təyinatlı töküklərin hazırlanması üçün münasib əritmə, legirləmə, modifisirləmə və termiki emal texnologiyalarının təkmilləşdirilməsinə qoyulan tələblər, o cümlədən, ekoloji təmiz və səmərəli texnologiyaların zəif tətbiq olunmasıdır.

Aparılan ədəbiyyat icmalı və istehsalat təcrübələri nəticəsində yüksəkmöhkəm çuqun töküklərinin struktur - keyfiyyət xarakteristikalarının yaxşılaşdırılmasının aşağıdakı **əsas istiqamətləri** müəyyən edilmişdir:

- kürəvi qrafitli yüksəkmöhkəm çuqunlardan töküklər hazırlanmasının müasir vəziyyətinin araşdırılması və onların perspektivli konstruksiya materialı kimi səciyyələndirilməsi;

- KQYÇ-nin struktur və xassələrinin formalaşması haqqında müasir təsəvvürlərin sistemli təhlili və onların inkişaf etdirilməsi;

- KQYÇ-nin kimyəvi tərkibi, struktur və xassələrinin formalaşması qanunauyğunluqlarının dərinlən öyrənilməsi və onların yaxşılaşdırılmasının əlverişli üsul və vasitələrinin işlənməsi;

- əritmə, legirləmə, modifisirləmə, tökmə texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi, termiki emal üsul və rejimlərinin səmərəli seçilməsi və KQYÇ-nin keyfiyyətinin yüksəldilməsi;

- beynit və ausferritli KQYÇ-nin müxtəlif təyinatlı hissələrin hazırlanmasında istifadəsi üçün mütərəqqi texnologiyaların işlənməsi və tətbiqi.

İkinci fəsildə nəzəri və təcrübi məsələlərin həlli üçün istifadə edilmiş müxtəlif elmi-tədqiqat üsulları və texnologiyaları şərh edilmişdir.

Burada texnoloji tədqiqat üsulları, o cümlədən əritmə, legirləmə, modifisirləmə, termiki emal və sınaqlar üçün nümunələrin hazırlanması metodikaları şərh olunmuşdur. Həmçinin, metalloqrafik tədqiqatların aparılması üçün nümunələrin hazırlanması, ərintinin kimyəvi tərkibi və termiki emalından alınan ayrı-ayrı fazalar və struktur təşkiledicilərinin mövcudluğu və miqdarı, onların morfoloji xüsusiyyətləri, paylanmaları və qarşılıqlı yerləşmələrinin müəyyənləndirilmə üsulları izah olunmuşdur.

Mexaniki və istismar sınaqları üçün üsullar, o cümlədən müvəqqəti müqavimət, nisbi uzanma, möhkəmlik həddi, zərbə özlülüyü, bərklik, dağılmaya müqavimət, müxtəlif fazalar və struktur təşkiledicilərinin mikrobərkliyi, yeyilmə sınaqları və sürtünmə əmsalının təyini, korroziya- və soyuqadözümlülük, böyüməyə dayanıqlılıq və s. xassələrin öyrənilməsi üçün üsul və vasitələr təqdim olunmuşdur. Bu fəsildə fiziki- kimyəvi və statistik tədqiqat üsulları, o cümlədən, kimyəvi analiz, elementlərin mikrohəcmərdə paylanması, nüvə qamma-rezonans spektroskopiyası və təcrübələrin nəticələrinin statistik emalı kimi müasir tədqiqat üsulları şərh olunmuşdur. Həmçinin, standart üsullarla yanaşı, bir sıra qeyri-standart və orijinal üsul və vasitələr, sınaq qurğuları və ləvazimatların sxemləri, iş prinsipləri və lazımı izahatları verilmişdir.

Üçüncü fəsil beynitli və ausferritli yüksəkmöhkəm çuqunların struktur və xassələrinin tədqiqinə həsr olunmuşdur. Burada KQYÇ-nun struktur və keyfiyyət xarakteristikalarının formalaşmasının nəzəri-metodoloji əsasları işlənmişdir. KQYÇ-də izotermiki çevrilmələr, austenitin parçalanma prosesləri, beynitəmələgəlmənin qanunauyğunluqları, sadələşdirilmiş termiki emalla KQYÇ-də beynit strukturunun alınmasının mümkünüyü öyrənilmişdir. Legirləmə, tökmə üsulu və termiki emalın çuqunun struktur və xassələrinə təsirini dəqiqləşdirmək üçün nüvə-qamma rezonans spektroskopiyası aparılmış, struktur amillərinin KQYÇ-nin tribotexniki xassələrinə təsiri müəyyənləşdirilmişdir.

Müəyyən olmuşdur ki, KQYÇ-nun struktur və xassələrinin formalaşmasını austenitin parçalanma prosesləri təyin edir. Bu proseslərdə austenitin kimyəvi tərkibi və parçalanmasının termokinetiki şəraiti həlledici təsirə malikdir. Ekstrapolyasiya yolu ilə bu təsiri qiymətləndirmək çətin olduğundan, austenitin izotermik çevrilmə diaqramı qurularaq təhlil edilmişdir.

siya dövrlərinə təsirinin qiymətləndirilməsi cədvəl 1-də verilmişdir. Orada elementlərin təsirindən inkubasiya dövrlərinin $\Delta\tau$ minimal qiymətlərinin dəyişməsi, həmçinin onların cəmi $\tau_{cəm}$ müəyyən olunmuş, karbon üçün isə legirlənməmiş ərintilərin diaqramlarındakı qiymət verilmişdir. Sferoidləşdirici modifikatorların təsirləri, analogi kimyəvi tərkibə malik boz və yüksəkmöhkəm çuqunlarda austenitin izotermiki parçalanma diaqramlarını müqayisə etməklə müəyyən edilmişdir.

Cədvəl 1

Çuqunun kimyəvi tərkibinin minimal inkubasiya dövrlərinin qiymətinə təsiri

Çevril mə	Elementlər üçün $\Delta\tau$, san.						$\tau_{cəm}$, san.
	C*	Si** 2,5%	Mn 1,0%	Mo 0,4%	Cu 1,5%	Mg 0,05%	
Perlit	0,3	2	3	120	2	4	131,3
Beynit	2	15	1	5	10	10	43
* austenitdə həll olmasına görə ; ** Si-un legirləyici təsirinə görə							

Bu qiymətlərdən istifadə edərək, qənaətli legirlənmiş KQYÇ-də beynit və perlit çevrilmələrinin başlanma sahələrinin əsas konturları müəyyən edilmişdir. Aydın olur ki, belə çuqunda beynit strukturunun alınması sadə və səmərəli termiki emal rejimlərilə mümkündür.

Müəyyən olunmuşdur ki, perlit sahəsinin temperatur intervalında siliyum digər elementlərlə kompleksdə tablandırmanın böhran sürətini azaldır, beynit çevrilməsində karbidmələgətirməni təmin edir. Cu, Si və Mn-la kompleks legirləmə çuqunda beynit strukturunun alınmasına lazımi şərait yaradır. Ayrıca mislə kifayət dərəcədə legirləmə, çuqunda α -fazanın dispersli möhkəmlənməsini təmin edir. Ni və Mo-lə birgə legirləmə, çox yavaş soyutmalarda çuqunda beynit strukturunun alınmasına imkan versə də, az miqdarda molibden beynit strukturunun alınması üçün münasib şərait yaradır. O, mislə birlikdə verildikdə α -fazanın dispers möhkəmlənmə effektini gücləndirir.

İşdə karbidsiz beynit çevrilməsinin fərqli xüsusiyyətləri müəyyən edilmiş strukturun stabilliyindən asılı olaraq, bu proses "ausferrit pəncərəsi"nin temperatur-zaman şəraiti ilə məhdudlaşa və ya beynit çevrilməsinin bütün temperatur intervalında baş verə bilər. Strukturun ferritləşməyə yüksək meyilliliyi beynitəoxşar ferritin və ya 500÷400°C temperatur intervalında qismən diffuziyalı $\gamma \rightarrow \alpha$ çevrilməsilə izah olunur ki, bu da stabil

qrafitləşmiş çuqunlarda silisiumun miqdarından asılıdır. Təcrübələr göstərmişdir ki, KQYÇ-yə tərkibində müxtəlif miqdarda Si və Mn olan sahələrə malik heterogen strukturlu kompozisiya materialı kimi də baxmaq olar.

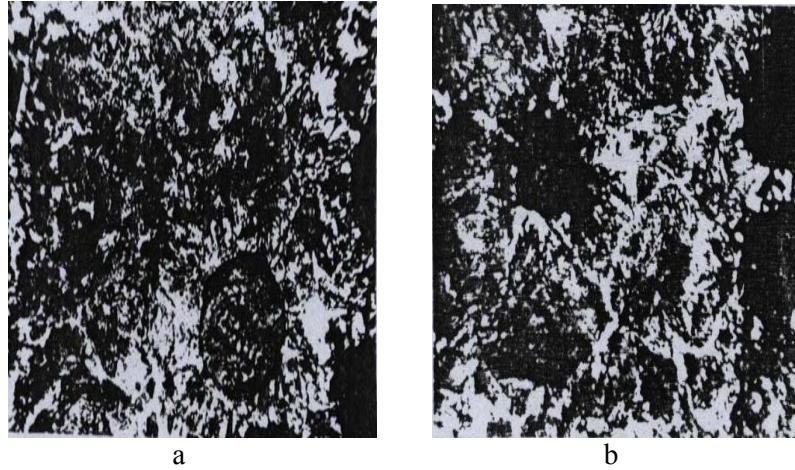
Aparılan analitik-nəzəri müddəaların nəticələrinə əsasən çuqunun rasionall kimyəvi tərkibinin, perlit və beynit çevrilmələrinin minimal inkubasiya dövrlərinə təsiri qiymətləndirilmişdir. Belə ki, qənaətli legirlənmiş KQYÇ-də beynit strukturunun alınması daha rasionall üsullarla təmin edilə bilər. Bu halda perlit çevrilməsi kiçik böhran soyutma sürəti ilə (~2÷3 dər/san) təmin edilməlidir. Buna töküklərin qəlibdən isti halda çıxarılması və havada tablandırılması ilə nail olmaq mümkündür. Aydındır ki, beynit çevrilməsi havada, müəyyən soyutma prosesində başlayır. Odur ki, çevrilməni 350÷400°C temperatur intervalında sobada izotermiki saxlama yolu ilə davam etdirmək məqsədəuyğundur. Bu halda saxlama müddəti nikel və molibdenlə legirlənmiş çuqundakından əhəmiyyətli dərəcədə aşağı olur və beynit çevrilməsinin kifayət dərəcədə (~50%) gətməsi üçün bu vaxt 2÷3 saat təşkil edir.

Beləliklə, beynit və ya qarışıq sturukturun, yüksək mexaniki xassələrin təmin edilməsi məqsədilə KQYÇ-nin termiki emalının daha sadə və səmərəli rejimlərinin mümkünlüyü aşkar edilmişdir. Beynit strukturunun alınması üçün təklif olunan termiki emalın özəlliyi, havada soyutmaqla 350÷400°C temperatur intervalında izotermiki saxlamadan ibarət tablandırma ola bilər. Matrisada lazımı strukturun alınması üçün bu termiki emal zamanı mis və molibdenlə legirləmə də daxil olmaqla, çuqun rasionall kimyəvi tərkibə malik olmalıdır.

Müəyyən edilmişdir ki, beynitli çuqunların alınmasının müxtəlif üsulları arasında tökmə halında beynit əsasın yaranması daha cəlbədidir. Təcrübələr göstərmişdir ki, Cu-Ni-Mo kimi elementlərin çuquna verilməsi qrafitləşdirici tabalmadan sonra yavaş soyutma zamanı belə, kokil çuqununun strukturunda beynit sahələrinin formalaşmasına səbəb olur. Deməli, belə şəraitdə çuqunda beynit strukturunun alınmasının daha səmərəli üsulu izotermiki tablandırma ola bilər. İzotermiki tablandırma KQYÇ-nin strukturunda perlit və sərbəst ferrit birləşmələri olmadan beynitin formalaşmasına imkan verir. Lakin, iqtisadi və ekoloji baxımdan qənaətli legirlənmiş KQYÇ-də beynit strukturunu təmin etmək üçün sürətli soyutma ilə normallaşdırma rejimi daha məqsədəuyğundur. Bu ekoloji təmiz üsul olmaqla yanaşı, strukturda müəyyən qədər qalıq austenitin saxlanması imkan yaradaraq, plastiklik və zərbə özlülüyünün lazımı səviyyəsini təmin edir.

Aydın olmuşdur ki, kokil çuqunlarının metallik əsasının ilkin struk-

туру бейнит çevrilməsinin kinetik parametrlərinə əsaslı təsir göstərir. İlkin ferrit strukturlu matrisada бейнит çevrilməsi perlit strukturlu çuquna nisbətən daha tez və tam baş verir, halbuki inkubasiya dövrü ferritli KQYÇ-də daha böyük olur. Məlum olur ki, бейнит, дənələrin sərhəddində perlitin ətrafında (şəkil 2,a), ya da zolaqlar şəklində qrafit birləşmələrinin ətrafında yerləşir (şəkil 2,b). Perlit və бейнитin qarşılıqlı yerləşməsi ərintinin yenidən kristallaşmasının kinetikasını əks etdirir ki, bu da yüksək xassələrin alınmasının əsas səbəblərindən biridir.



Şəkil 2. Legirlənmiş çuqunun normallaşdırmadan sonra mikrostrukturu: a - бейнит дənələrin sərhəddində perlitin ətrafında; b - бейнит zolaqlar şəklində qrafit birləşmələrinin ətrafında. x600

Бейнит çevrilməsi zamanı əvvəlcə ferrit iynələri əmələ gəlir və böyüyür. Бейнит ferriti C-la zəngin olduğundan, termokinetik şəraitdən asılı olaraq, ondan xırda karbid ayrılımaları da mümkündür. Qalıq austenit də C-la zənginləşərək stabilləşir. Nəticədə yüksəkdispersli strukturlar–xırda karbidlərə malik бейнит və ya karbidsiz austenit-ferrit matrisi yaranır ki, bu da çuquna lazımı xassələr verir. Normallaşdırmadan sonra KQYÇ-nin faza tərkibinin morfoloqiyası mikrostrukturun uzun, paralel iynəli ferritə malik бейniddən ibarət olmasını təsdiqləyir.

Aparılan tədqiqatlar əsasında fasiləsiz soyutmaqla səmərəli termiki emal rejimi seçilmişdir: $900\pm 10^{\circ}\text{C}$ -dək qızdırma, 30÷40 dəq. saxlama, so-

uyutma, 200÷400°C temperaturda 3 saat saxlamaqla tabəksiltmə.

KQYÇ-nin xassələrinin sonrakı artımı, metal matrisada beynit və ya beynit-perlit strukturlarını formalaşdıran optimal termiki emal rejimlərilə təmin edilir. Burada əməktutumlu izotermiki tablandırmanın fasiləsiz soyutmaqla əlverişli normallaşdırma rejimilə əvəz edilməsi də təklif edilmişdir. Termiki emal rejimlərindən sonra rasionallıq tərkibli KQYÇ-də 6÷10% çevrilməmiş austenit qalır, bu da plastiklik və zərbə özlülüyünün lazımı səviyyədə saxlanılmasını təmin edir.

Soyutma sürəti və legirləmənin KQYÇ-nin atom-struktur vəziyyətinə təsir mexanizminin aydınlaşdırılması məqsədilə nüvə-qamma rezonans (NQR) spektroskopiyası aparılmışdır. Alınan nəticələr göstərmişdir ki, küvrəvi qrafitli çuqunun kokillərə tökülməsi karbonun bir hissəsinin bərk məhlulda çoxsaylı karbon atomlarına malik konfigurasiyalarda saxlanmasına səbəb olur və sonrakı qızdırmalarda həmin atomlar bərk məhluldan çıxaraq, qrafit birləşmələri əmələ gətirirlər. Kokillərə tökmə və sonrakı qızdırmalar zamanı bərk məhluldan ayrılan çoxsaylı karbon atomları birdəfəlik qəliblərə tökmə ilə müqayisədə olduqca kiçik ölçülərə malik olub, çoxlu miqdarda xırda qrafit birləşmələri əmələ gətirirlər. Bununla da, spektroskopiyanın nəticələri, izotermiki tablandırmanın sürətli soyutmaqla normallaşdırma ilə əvəz edilməsini, həmçinin, kokillərə tökülən çuqunlara optimal miqdarda legirləyici əlavələrin (1,0% Ni, 0,5% Cu və 0,5% Mo) verilməsinin məqsədəuyğunluğunu təsdiq edir.

Çuqunda plastiklik və zərbə özlülüyünün əsas təminatçısı strukturda saxlanılan qalıq austenitdir. Müəyyən edilmişdir ki, termokinetik şəraiti dəyişməklə qalıq austenitin miqdarını tənzimləmək mümkündür. Lakin burada maraqlı bir effekt aşkarlanmışdır. Belə ki, austenitləşmə temperaturunun böyüməsilə qum-gii qəliblərə tökülən çuqunlarda qalıq austenitin miqdarı 30%, kokil çuqunlarında isə yalnız 14% artır. Bu effekt, kokil töküklərinin nisbətən bircins strukturu, yəni burada elementlərin kiçik mikrolüksiyası ilə bağlıdır ki, bu da onların yüksək xarakteristikalara malik olmasının əsas səbəblərindəndir. Məlum olur ki, çuqunda qalıq austenitin yüksək xassələrə görə qiymətləndirilən optimal miqdarı 8÷12%-dir.

Təcrübələr göstərmişdir ki, struktur amili KQYÇ-nin istismar xassələrini müəyyən etməklə, tribotexniki xassələri yaxşılaşdırır. Sürtünmə əmsalı və təmas səthlərinin intensiv yeyilmə sahələri də strukturdan əhəmiyyətli dərəcədə asılı olur. Təmas səthlərinin kiçildilməsi ilə effektiv sürtünmə əmsalının azalması, həmin təmas sahələrində abraziv hissəciklərin sıçrantılarının deformasiya olunaraq dağılması müəyyənləşdirilmişdir. Sonra

KQYÇ-nin antifriksion xassələri kobud mikrorelyef yaratmaqla, mikrostrukturun armaturlaşdırılması yolu ilə yaxşılaşdırılır.

Təcrübədə beynit və ya qarışıq strukturun, həmçinin yüksək mexaniki xassələrin təmin edilməsi məqsədilə KQYÇ-nin termiki emal rejimini xeyli asanlaşdırmaq mümkündür. Belə termiki emal, 350÷400°C temperaturda, istənilən mühitdə saxlamaqla havada soyudulan, izotermiki təhliləndirilmə ola bilər. Bu termiki emalın aparılması üçün Mg+NTM ərintisi ilə sendviç-proseslə modifikasiya və Si-un yüksək miqdarında Ni, Cu və Mo-lə legirləmə də daxil olmaqla, çuqun rəşional kimyəvi tərkiblə təmin olunmalıdır. Çuqunun tribotexniki xassələrinə qrafitin müsbət təsiri, karbonun ümumi miqdarı 4,2÷4,4% intervalında olduqda hiss edilir. Ni, Cu və Mo-lə qənaətlə legirlənmiş, beynit və ya ausferrit strukturlu KQYÇ yüksək mexaniki və tribotexniki xassələr nümayiş etdirir.

Müəyyən olmuşdur ki, KQYÇ-də beynit çevrilməsinin özəlliyi C-nun ikili xarakterlə əlaqədardır. Belə ki, beynitəmələgəlmə zamanı C ya diffuziyalı proseslərlə yenidən paylanır, ya da martensit mexanizmi üzrə baş verən diffuziyasız polimorf çevrilməyə məruz qalır. Nəticədə C-la zəngin və yoxsul sahələr yaranaraq, heterogen struktur formalaşmasını təmin edir ki, bu da beynitli çuqunun yüksək xassələrə malik olmasının əsas səbəblərindəndir.

Qeyd etmək lazımdır ki, rəşional tərkibli stabil qrafitləşmiş çuqunlarda beynit çevrilməsi γ -faza çevrilməsi və karbidlərin ayrılması ilə əlaqəli deyildir. Karbidəmələgəlmə əlavə energetik aktivləşmə tələb edən proses olduğundan, ifrat doymuş austenit sahələrindən atomların diffuziyalı ayrılması, onların çuqunun strukturunda olan qrafit birləşmələrinə və rüşeymlərinə tərəf axması yolu ilə baş verir. Nəticədə karbidsiz austenit-ferrit strukturu və ya beynitli α -faza əmələ gəlir. Fazaların yekun nisbəti kimyəvi tərkibdən, termokinetik şəraitdən asılı olub, proseslərin diffuziyası ilə təyin olunur. Belə özəlliklər alınan struktur təşkilədicisini "ausferrit", prosesin özünü "austempirləmə" və ya "austemperinq" adlandırmağa əsas verir.

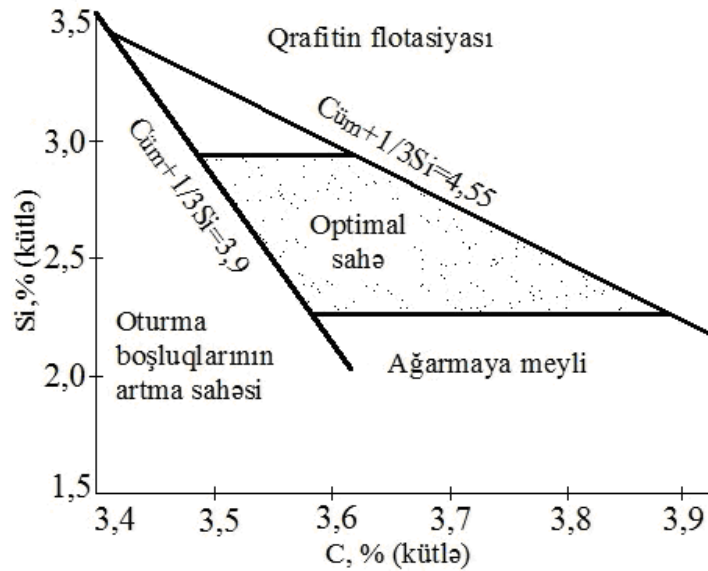
Dördüncü fəsil beynit və ausferrit əsaslı yüksəkmöhkəm çuqunların alınmasının nəzəri-texnoloji əsaslarının işlənməsinə həsr edilmişdir. Burada çuqunun kimyəvi tərkibi və müxtəlif qurğularda onların əridilməsinin texnoloji proseslərinin xüsusiyyətləri araşdırılmaqla, şixtənin seçilməsi və hesablanması aparılmış, sınaq əritmələrinin alınması, əlverişli tökmə üsulünün və rəşional termiki emal rejimlərinin seçilməsi yerinə yetirilmişdir. Qrafitin formasının və legirləyici elementlərin beynitli KQYÇ-nin struktur vəziyyətinə və mexaniki xassələrinə təsiri öyrənilmişdir. Modifikasiya üsullarının, kimyəvi tərkib və termiki emal rejimlərinin beynitli KQYÇ-nin

strukturu, tribotexniki və mexaniki xassələrinə, tablandırma dərinliyinə təsiri, həmçinin yüksək keyfiyyətli yeni çuqun markalarının alınmasının xüsusiyyətləri və s. tədqiq edilmişdir.

KQYÇ-nin fiziki-mexaniki və istismar xassələrini müəyyən edən əsas amillərdən biri kimyəvi tərkib olsa da, çuqun töküklərin keyfiyyəti tərkibin rasionallığı, strukturun bircinsliliyi və materialın optimal xassələrilə müəyyən edilir. Odur ki, tələb olunan struktur və xassələrin alınması üçün qənaətlə legirlənmiş (2,0%-dən çox olmamaqla) çuqun tədqiq olunmuş və nəticələr məqsədəuyğun alınmışdır. Aydınadır ki, karbon yüksəkmöhkəm çuqunların struktur və mexaniki xassələrinə əsaslı təsir göstərmir, lakin onun artması maye axıcılığı yaxşılaşdırır və nazikdivarlı töküklərin alınmasına imkan verir. Divarının qalınlığı 100 mm-dən böyük olan töküklərdə C-nun miqdarının $2,7\div 3,2\%$ -dək azaldılması məqsədəuyğundur.

Ümumiyyətlə, Si, Mn, S və P çuqunun struktur və xassələrinə əsaslı təsir göstərsə də, KQYÇ-nin həmin xarakteristikalarına Si-un təsiri daha böyükdür. O, çuqunun korroziyaya dözümlülüyünün artmasını, qrafitləşmə müddətinin qısalmasını və tökmə xassələrinin yaxşılaşmasını təmin edir. Lazımı plastiklik almaq üçün silisiumun miqdarı $2,0\div 2,4\%$ həddində təklif edilsə də, başqa amilləri nəzərə almaqla KQYÇ-də silisiumun miqdarının $2,6\div 3,0\%$ həddində saxlanması daha yararlıdır. Çuqunun yüksək fiziki-mexaniki və istismar xassələrinin əldə edilməsi üçün C və Si-un miqdarlarının xüsusi nomogramda optimal sahəyə uyğun seçilməsi qrafiki olaraq şəkil 3-də verilmişdir. Manqan KQYÇ-də ferritin miqdarını azaldaraq, perlitin miqdarını artırır, bu da möhkəmlik həddinin artmasına və plastikliyin azalmasına səbəb olur. Ona görə ferritli çuqunlarda Mn-in miqdarı ($0,2\div 0,6\%$), perlitli və beynitli çuqunlardakına ($0,4\div 0,7\%$) nisbətən az olmalıdır. Tabalma prosesini çətinləşdirən karbidlərin yaranmasının qarşısını almaq üçün KQYÇ-də Mn-in miqdarı $0,3\div 0,5\%$ həddində məhdudlaşdırılır.

Kürəvi qrafitli çuqunlarda fosfid evtektikasının yaranmaması üçün fosforun miqdarı 0,1%-dən çox olmamalıdır. Bu, nisbi uzanma və zərbə özlülüyünün azalmasına səbəb olur. Çuqunun mexaniki xassələrinə mənfi təsir göstərdiyinə və modifisirləmə prosesini çətinləşdirdiyinə görə KQYÇ-də kükürdün miqdarı 0,02%-dək azaldılmalıdır. Mis fəal perlitəmələgətirici element kimi austenit çevrilməsinin başlanğıc temperaturunu aşağı salır, $A_{C1} - A_{C3}$ intervalını genişləndirir, bu da çuqunun termiki emalını asanlaşdırır və tablandırma dərinliyini xeyli artırır.



Şəkil 3. KQYÇ-də karbon və silisiumun optimal miqdarlarının təyin olunma nomoqramı

Legirləyici element kimi KQYÇ-yə verilən Ni və Mo-in qarşılıqlı təsirlərinin qanunauyğunluqları öyrənilmişdir. Məlum olmuşdur ki, Ni silisiumun likvasiyasını misə nisbətən daha güclü azaldaraq, eynicinsli strukturun alınmasını təmin edir. Tərkibində 1,0%-dək nikel olan kürəvi qrafitli çuqunlar aşağı tökmə oturmali və perlit strukturlu matrisaya malik olurlar, bu da möhkəmlik xassələrinin yüksəlməsinə səbəb olur. Mo çuqunun möhkəmlik, plastiklik və zərbə özlülüyünü səmərəli artırır. Bu da onun ferritdə atomlararası rabitə qüvvəsini gücləndirməsi və dənələrin sərhədlərini ziyanlı ayrılmalardan qoruması ilə izah olunur. 0,5÷0,8% Mo verilmiş çuqunlarda izotermiki tablandırma zamanı austenitin dayanıqlığı artır. Deməli, KQYÇ-ni Ni, Cu və Mo-lə qənaətli legirləməklə möhkəmlik xassələrini xeyli artırmaq mümkündür.

Müəyyən olunmuşdur ki, kürəvi qrafitin alınması üçün modifisirleyicilərin miqdarı optimal həddi (0,03÷0,08%) aşmamalıdır. Bu həddin aşağı qiymətlərində sferoidləşmə səmərəli getmir, çox olduqda isə ağarmaya və lövhəli qrafitin əmələ gəlməsinə şərait yaranır. Beləliklə, aparılan tədqiqatların nəticələrini nəzərə alaraq, kokillərə tökülən KQYÇ üçün rasiona

kimyəvi tərkib seçilmişdir: 3,2÷3,7% C; 2,4÷3,0% Si; 0,3÷0,5% Mn; ≤ 0,02% S; ≤ 0,1% P; 0,03÷0,06% Mg (cədvəl 2). Əsas tərkibə ayrılıqda 1,0÷ 2,0% Ni; 0÷0,8% Cu və 0÷0,8% Mo elementləri verilmişdir.

Cədvəl 2

Çuqunun təcrübi əritmələrinin kimyəvi tərkibi

Əritmənin №-si	Elementlərin miqdarı, % (kütlə)								
	C	Mn	Si	S	P	Ni	Mo	Cu	Mg
1	3,32	0,46	2,86	0,020	0,068	-	-	-	0,07
2	3,42	0,41	2,91	0,012	0,069	1,00	-	-	0,06
3	3,34	0,48	2,84	0,008	0,070	1,50	-	-	0,07
4	3,69	0,51	2,81	0,014	0,086	2,00	-	-	0,07
5	3,25	0,46	3,00	0,012	0,070	1,00	-	0,50	0,05
6	3,21	0,45	2,90	0,016	0,097	1,50	-	0,50	0,07
7	3,16	0,48	3,01	0,013	0,061	1,50	-	0,80	0,08
8	3,23	0,35	2,91	0,009	0,060	1,50	0,50	-	0,03
9	3,43	0,40	2,70	0,018	0,070	1,00	0,80	-	0,07
10	3,51	0,50	2,34	0,015	0,071	1,00	0,50	0,50	0,04
11	3,30	0,50	2,80	0,019	0,070	1,50	-	0,80	0,06
12	3,38	0,45	2,90	0,017	0,065	1,50	-	-	0,04

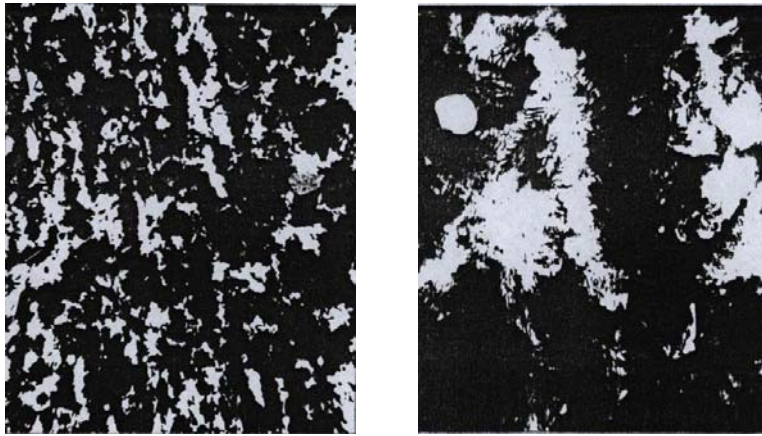
Çuqunun modifisirləyicilərlə emalı xüsusi qoruyucu kameralarda, avtoklavlarda, həmçinin aşağı tərkibli maqneziuma malik liqaturların köməyilə çalovlarda və qəliblərdə aparılmışdır.

Təcrübələr göstərmişdir ki, çuqunun strukturunda yığcam (vermikulyar) qrafitin miqdarının artması onun fiziki, mexaniki və istismar xassələrini pisləşdirir. Odur ki, KQYÇ-ni beynit strukturu ilə təmin etmək üçün müxtəlif rejimli termiki emal üsullarından istifadə olunmuşdur. Bu məqsədlə aparılan termiki emal pilləli qızdırmaqla (830°C, saxlama 30 dəqiqə; 900°C, saxlama 30 dəqiqə), 900°C-dən suda soyutmaqla (3÷4 saniyə) fasiləli tablandırma və 290÷320°C temperatur intervalında 3 saat saxlamaqla termodövlü tabəksiltmədən ibarətdir.

KQYÇ-nin strukturunda yığcam qrafitin 30%-dən çox artması möhkəmlilik həddi və nisbi uzanmanı aşağı salır və izotermiki tablandırmadan sonra onun mexaniki xassələrini yüksəltmir, yalnız matrisanın strukturunun

dəyişməsinə səbəb olur. Məlum olmuşdur ki, termiki emaldan sonra çuqunun əsas strukturu sərbəst karbidləri olmayan beynitdən (aşağı və yuxarı beynitin qarışığından) ibarət olur. Alınan beynitli çuqunun mexaniki və istismar xassələrinə mənfi təsir edən əsas amil qrafit birləşmələrinin miqdarı və forması olduğundan, yüksək möhkəmlik xarakteristikalarına ($\sigma_B=1150\div1250$ MPa, $\delta=7\div8\%$, $a_n=40\div45$ C/sm²) nail olmaq üçün yığcam qrafitin maksimal miqdarı 10%-dən az olmalıdır.

Tabalmaya uğradılmış çuqunun natrium-pikrat məhlulunda aşkarlanmış strukturunda Si-un mikropaylanması özünəməxsus mənzərəsi, daha doğrusu, Si-la zəngin və yoxsul sahələrin səlis, növbə ilə bir-birini əvəzetməsi müşahidə olunur. Orada Si-la zəngin sahələrin qrafit birləşmələrinin ətrafında, yoxsul sahələrin isə tabalmaya qədər sementitin olduğu yerlərdə cəmləşdiyi aşkar edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, tabalma prosesində Si-un yenidən paylanması ilə yanaşı, Si-la daha çox zənginləşən, qrafit birləşmələrinə yaxın və bitişik sahələr yaranır. Bundan başqa, evtektika sementitin mövcud olduğu yerlərdə silisiumun miqdarı matrisada austeritləşdirmə və normallaşdırmadan sonra da aşağı olaraq qalır (şəkil 4).



a

b

Şəkil 4. Kokillərə tökülən çuqonda tabalma (a) və normallaşdırmadan (b) sonra silisiumun mikropaylanması (natrium-pikrat məhlulunda): a - x100; b - x800

Alınan nəticələr göstərir ki, aşkarlanmış mikrolivasiya mənzərəsi

nəinki silisiumun, həm də digər elementlərin qeyri-bircins paylanması əks etdirir. Beləliklə, KQYÇ-yə bir-birini əvəz edən, yüksək bərklik və kövrəkliliyə malik yüksəksilisiumlu və ya silisiumsuz, çox ehtimal ki, manqanla legirlənmiş sahələrdən ibarət, möhkəmləndirilmiş heterogen strukturlu kompozisiya materialı kimi baxmaq olar.

Aydındır ki, Si-un paylanmasının xüsusiyyətləri, materialın mexaniki xassələrinə müəyyən qədər təsir edir, lakin daha yüksək mexaniki xassələr tamamilə, yaxud xeyli ağarmış (50%-dən çox) legirli nümunələrdə müşahidə olunur. Müəyyən olunmuşdur ki, eynicinsli tərkibə malik mikrohəcmlərin və qrafit birləşmələrinin ölçüləri kristallaşan ərintinin ifrat soyuma sürəti artdıqca kiçilir, bu da çuqunun xassələrinə müsbət təsir göstərir.

Mikrolikvasiyanın verilmiş şərhli kimyəvi tərkibin mikroqeyri-bircinsliyinin KQYÇ-nin xassələrinə təsirinə dair yeni konsepsiyaların irəli sürülməsinə imkan verir. Belə ki, tabaldan sonra tam eynicinsli kimyəvi tərkibə malik strukturun əldə edilməsi mümkün olmur.

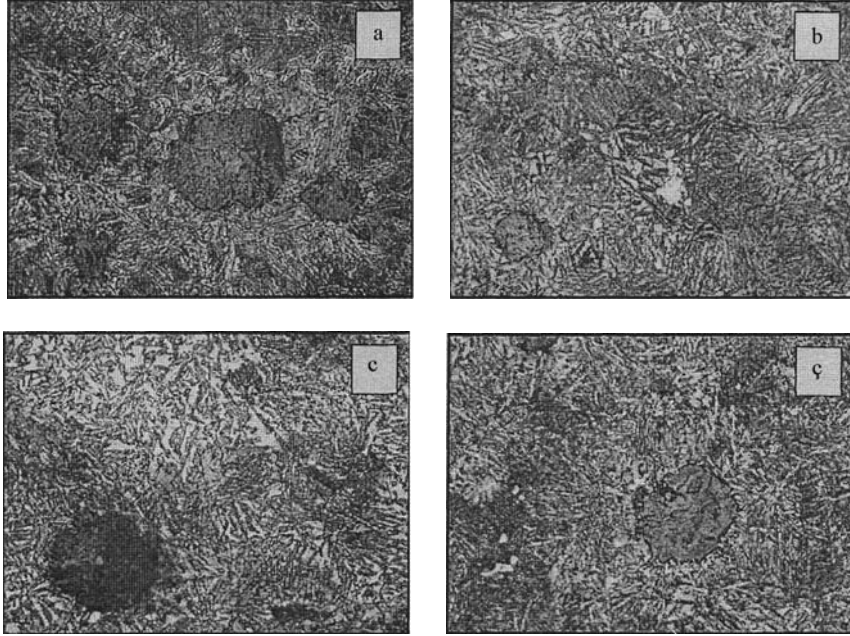
Ona görə çalışmaq lazımdır ki, çuqunun strukturunda kimyəvi tərkibə eynicinsli mikrohəcmlər maksimum xırda ölçülü alınsın, kövrək və plastiki fazalar isə heterogen struktur əmələ gətirməklə rəşional şəkildə yerləşsinlər. Bu yeni nəzəri müddəalar tabalmaya uğradılmış kokil KQYÇ-lərində təcrübi effektlə nəticələnmiş və qum-gil qəliblərə tökülənlərlə müqayisədə mexaniki xassələrin yüksəlməsini təmin etmişdir.

Eksperimental təcrübələr göstərmişdir ki, açıq çalovda və ya avtoklavda çuqunun modifikasiya edilməsi, qəlibdə modifikasiya ilə müqayisədə yüksək mexaniki xassələrə malik etibarlı və stabil nazik en kəsikli, ağarmamış KQYÇ töküklərinin alınmasını təmin edir. Burada KQYÇ-nin modifikasiya olunmasının ən səmərəli üsulu ərintinin qəlibin daxilində – reaksiya kamerasında emalı sayılır.

KQYÇ-də beynit strukturunun alınması üçün austenitləşdirmə və onun izotermiki parçalanması kimi proseslərdən ibarət müxtəlif rejimli izotermiki tablandırma seçilmişdir. KQYÇ-nin tam və qismən austenitləşdirmə temperaturu $850\div 920^{\circ}\text{C}$ intervalında müəyyən edilmişdir. Austenitləşdirmə temperaturu verilmiş intervaldan aşağı olduqda matrisada xeyli çevrilməmiş ferrit fazası qalır ki, bu da bərkliyin azalmasına səbəb olur. Temperaturun 950°C -dən yuxarı olması isə karbidlərin həllolmasına şərait yaradaraq, qalıq austenitin miqdarını artırır ki, bu da bərkliyin azalması ilə nəticələnir. Müəyyən edilmişdir ki, izotermiki emaldan sonra beynitli yüksəkmöhkəm çuqunlarda yüksək möhkəmlik və özlülük xarakteristikaları $300\div 350^{\circ}\text{C}$ temperatur intervalında müşahidə olunur. Bu intervalda aralıq çevrilməsi zamanı beynit matri-

şasında xeyli miqdarda çevrilməmiş austenit qalır ki, bu da ona yüksək özlülük xarakteristikası verir. Beynitin martensit xarakterli olması KQYÇ-də möhkəmlik və bərkliyin yüksək alınmasını təmin edir.

Müəyyən olunmuşdur ki, 250°C-də izotermiki saxlamadan sonra beynitli çuqunun strukturu, ferrit lövhələri arasında karbid ayrılımları olan, qalıq austenitin incə lövhələrinə malik aşağı beynitin xırdadispersli iynələrindən ibarətdir (şəkil 5,a).



Şəkil 5. Beynitli çuqunların müxtəlif izotermiki saxlama temperaturlarında mikrostrukturları, x500: a - 250°C; b - 300°C; c - 350°C; ç - 400°C

Həmin temperaturda izotermiki saxlamadan sonra çuqun maksimal bərkliklə yanaşı, aşağı plastikliyə ($\delta=2\div3\%$) malik olur. 400°C-də izotermiki saxlamadan sonra çuqunun əsas strukturu yuxarı beynit və ferrit-austenit sərhəddindəki karbidlərdən ibarət olur (şəkil 5,ç). Həmçinin, 300÷350°C temperaturlarda izotermiki saxlamalardan sonra çuqunun strukturu ferritdəki karbid ayrılımları və ayırma səthində ferrit lövhələrinə malik qalıq austenitlə ayrılmış yuxarı və aşağı beynitin qarışığından ibarət (şəkil 5, b,c) olur, bununla da beynit-ausferrit strukturu alınır.

Bu intervalda beynitli KQYÇ-nin möhkəmlik, plastiklik və zərbə öz-lülüyünün ən yaxşı kompleks göstəriciləri təmin olunur. Beləliklə, beynit əsaslı KQYÇ-nin optimal struktur və xassələrinin alınması üçün 300÷350°C intervalında 2,5÷3,5 saat izotermiki saxlamaqla tablandırılması töv-siyə edilir.

Aydın olmuşdur ki, çuqunun tablandırma dərinliyi əsasən kimyəvi tərkibdən, o cümlədən karbon və silisiumun miqdarından və alınan struktur-dan asılıdır. Silisium, karbonun austenitdə həllolmasına və tablandırma də-rinliyinə əsaslı təsir göstərir, onu xeyli yüksəldir.

Təcrübələr göstərmişdir ki, KQYÇ-nin tablandırma dərinliyinə təkcə silisium və karbonun miqdarı deyil, həm də qrafitin sferoidləşməsinə təmin edən modifisirləmə texnologiyası təsir göstərir. Tədqiq edilən nümunələrdə tamamilə martensit və beynit strukturlu tablandırma dərinliyi müşahidə olunmuşdur.

Bu intervalda beynitli KQYÇ-nin möhkəmlik, plastiklik və zərbə öz-lülüyünün ən yaxşı kompleks göstəriciləri təmin olunur. Beləliklə, beynit əsaslı KQYÇ-nin optimal struktur və xassələrinin alınması üçün 300÷350°C intervalında 2,5÷3,5 saat izotermiki saxlamaqla tablandırılması töv-siyə edilir.

Aydın olmuşdur ki, çuqunun tablandırma dərinliyi əsasən kimyəvi tərkibdən, o cümlədən karbon və silisiumun miqdarından və alınan struktur-dan asılıdır. Silisium, karbonun austenitdə həllolmasına və tablandırma də-rinliyinə əsaslı təsir göstərir, onu xeyli yüksəldir.

Təcrübələr göstərmişdir ki, KQYÇ-nin tablandırma dərinliyinə təkcə silisium və karbonun miqdarı deyil, həm də qrafitin sferoidləşməsinə təmin edən modifisirləmə texnologiyası təsir göstərir. Tədqiq edilən nümunələrdə tamamilə martensit və beynit strukturlu tablandırma dərinliyi müşahidə olunmuşdur.

Müxtəlif istehsal sahələrində qəliblərdə KQYÇ-dən töküklər hazır-lanması zamanı geniş yayılmış qüsurlar – “qara xal”ın əmələgəlməsidir. Onun qarşısının alınması üçün əlavə tədbirlərin görülməsi vacib məsələlərdən biridir. Məlumdur ki, KQYÇ töküklərində “qara xal” əsasən maqnezium-sulfidlər və qrafitin bir yerə yığılmasından yaranır. Onunla mübarizə tədbiri kimi çuqunun tökmə temperaturunun yüksəldilməsi, maye çuqunun flüs-lərlə saflaşdırılması və maye metalın qəlibə tökülməsində sifonlu çalovlar-dan istifadə təklifləri irəli sürülür.

Müəyyən olunmuşdur ki, tökmə halında kürəvi qrafitli çuqun, VÇ 40 markalı çuqunun malik olduğu yüksək möhkəmliyə uyğun xassələr nümayiş

etdirir. Daha yüksək möhkəmlikli (VÇ80, VÇ100) KQYÇ-lərin alınması isə əlavə legirləmə və ya möhkəmləndirici termiki emalın tətbiqilə mümkündür. Qeyd etmək lazımdır ki, yüksək möhkəmlikli KQYÇ-də müşahidə olunan çatışmazlıqlar onların aşağı plastiklik və zərbə özlülüyünə malik olmalarıdır. Görülən işin əsas ideyası çuqunu beynit, beynit-austenit və ya ausferrit strukturları ilə təmin etməklə həmin çatışmazlıqların aradan qaldırılmasının mümkünlüyüdür. Deməli, zərbə özlülüüyü və plastiklik daxil olmaqla, KQYÇ-də kompleks yüksək xassələrə rəasional kimyəvi tərkibin, səmərəli istehsal üsulunun və optimal termiki emal rejimlərinin düzgün seçilməsilə nail olmaq olar.

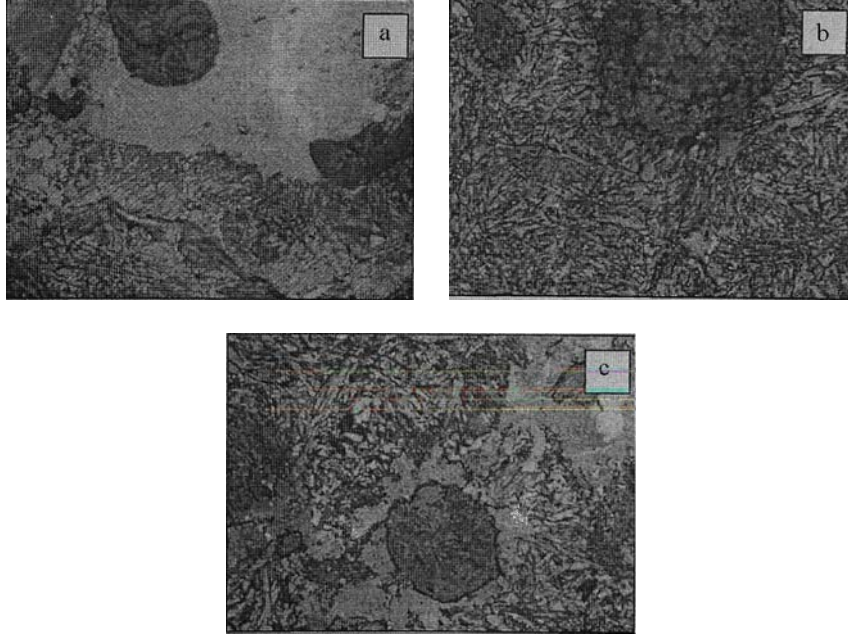
Alınan nəticələri təhlil etməklə, KQYÇ üçün aşağıdakı rəasional termiki emal rejimləri təklif olunur: 850÷950°C-də austenitləşdirmə, 0,5÷4 saat saxlama, perlit çevrilməsinin baş verməməsi üçün 250÷450°C-dək sürətlə soyutma, beynit çevrilməsinin sona çatması üçün 1÷4 saat saxlama və sonra ətraf mühitin temperaturunadək havada soyutma. Belə termiki emal rejimlərindən sonra çuqunun strukturu beynit, qalıq austenit və kürəvi qrafitdən ibarət olmaqla, yüksək mexaniki xassələrə ($\sigma_B=950\div1050$ MPa) malik olur. Beynit-ausferritli çuqunun mikrostrukturunun ayrı-ayrı sahələri şəkil 6-da verilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, çuqunun təklif edilən rəasional kimyəvi tərkibi, əlverişli termiki emal rejimləri və alınmış strukturu, kifayət qədər yüksək möhkəmlik həddi saxlanılmaqla, plastiklik və zərbə özlülüüyünün əhəmiyyətli dərəcədə artmasını təmin edir.

Beynitli KQYÇ-nin yekun strukturu və xassələrini təmin edən izotermiki tablandırımda əsas amillər austenitləşdirmə temperaturu və izotermiki saxlama vaxtıdır. Bu əsasda beynitli KQYÇ üçün əlverişli termiki emal rejimləri müəyyən edilmişdir: 900÷920°C-də 0,5÷1,5 saat saxlamaqla austenitləşdirmə; 300÷350°C-də 2,5÷3,5 saat izotermiki saxlama. Təklif olunan rejimlər KQYÇ-ni yüksək plastikliklə yanaşı, bərklik və möhkəmlik həddinin maksimal göstəricilərilə təmin edir. Struktur yuxarı və aşağı beynit, ausferrit və kürəvi qrafitdən ibarət olur.

Beynit-ausferritli KQYÇ-nin rəasional kimyəvi tərkibi müəyyən edilmiş, əridilmə və modifisirləmə texnologiyaları təkmilləşdirilmiş və onun üçün əlverişli termiki emal rejimləri işlənmişdir. Təklif olunan kimyəvi tərkib və sadələşdirilmiş termiki emal rejimləri çuqunda əlverişli strukturun alınmasını mümkün edir.

Beynitli KQYÇ-nin yekun strukturu və xassələrini təmin edən izotermiki tablandırımda əsas amillər austenitləşdirmə temperaturu və izotermiki saxlama vaxtıdır. Bu əsasda beynitli KQYÇ üçün əlverişli termiki emal rejimləri müəyyən edilmişdir: 900÷920°C-də 0,5÷1,5 saat saxlamaqla auste-

nitləşdirmə; 300÷350°C-də 2,5÷3,5 saat izotermiki saxlama.



Şəkil 6. Kürəvi qrafitli beynit-ausferritli çuqunun mikrostrukturunun ayrı-ayrı sahələri, x1000: a-tökmə halında, b-beynitli strukturlu sahə, c-ausferritli strukturlu sahə

Təklif olunan rejimlər KQYÇ-ni yüksək plastikliklə yanaşı, bərklik və möhkəmlik həddinin maksimal göstəricilərlə təmin edir. Struktur yuxarı və aşağı beynit, ausferrit və kürəvi qrafitdən ibarət olur.

Beynit-ausferritli KQYÇ-nin rəşional kimyəvi tərkibi müəyyən edilmiş, əridilmə və modifisirləmə texnologiyaları təkmilləşdirilmiş və onun üçün əlverişli termiki emal rejimləri işlənmişdir. Təklif olunan kimyəvi tərkib və sadələşdirilmiş termiki emal rejimləri çuqunda əlverişli strukturun alınmasını mümkün edir.

Müxtəlif qalınlıqlı tökülərdə KQYÇ-nin struktur və xassələrinə Ni, Cu və Mo-lə qənaətli legirləmə səmərəli təsir göstərir. Onların tökülərin mexaniki və istismar xassələrini yüksəldən optimal miqdarda aşağıdakı intervalda seçilir, % (kütlə): Cu - 0,5÷0,8; Ni - 1÷2 və Mo -0,2÷0,5.

Kokillərdə alınan qənaətli legirlənmiş KQYÇ-nin ehtiyat imkanlarından səmərəli istifadə etmək üçün möhkəmləndirici termiki emalın müxtəlif rejimləri tövsiyə edilmişdir. Nəticədə daha yüksək və əlverişli xassələr əldə edilmişdir ki, bu da töküklərin termiki emal proseslərinə çəkilən xərclərə haqq qazandırır. KQYÇ-nin, austenitləşdirmə və ferrit əsasın alınması üçün yüksəktemperaturlu tabaldan, tələb edilən istismar xassələrinin təmin edilməsi üçün izotermiki tablandırma ibarət, termiki emal texnologiyası təkmilləşdirilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, tabaldan sonra KQYÇ-nin mikrostrukturunu əsasən ferrit əsasdan ibarət olsa da, orada ümumi sahəsi 5÷10%-dən çox olmayan perlit sahələri və 5%-dən çox olmayan ayrı-ayrı sementit birləşmələri müşahidə edilir. Strukturda qrafitin əsasən kürəşəkilli, bəzi sahələrdə isə 10%-dək yığcam formada alınması bir sıra səmərəli metallurji proseslərin həyata keçirilməsilə əldə edilmişdir.

Yüksək temperaturlarda zərərli qarışıqların minimal miqdarını və modifisirləyicilərin yaxşı həllolmasını təmin edən induksiya və qövslü elektrik sobalarında əritmə, sendviç-proseslə və qəlibdaxili reaksiya kamerasında modifisirləmənin rəasional üsulları seçilmişdir. Modifisirləyici kimi çuqunun qeyri-metallik birləşmələrlə çirklənməsinin qarşısını alan silisium-maqnezium liqaturundan istifadə təklif olunmuşdur. Həmçinin, təklif olunan optimal tərkibli çuquna rəasional termiki emal rejimləri tətbiq edildikdə, kifayət qədər yüksək möhkəmlik həddi saxlanılmaqla, plastiklik və zərbə özlülüyünün əhəmiyyətli dərəcədə artması təmin edilir.

Bəşinci fəsildə KQYÇ-lərdən müxtəlif təyinatlı töküklərin alınma imkanlarına baxılmışdır. Burada əsasən töküklərin hazırlanması üçün KQYÇ-nin istifadə edilmə təcrübəsi öyrənilərək, sürtünmə qovşaqlarında işləyən, neft-mədən və kimya maşınqayırması, habelə müxtəlif təyinatlı avadanlıqların hissələrinin hazırlanmasının xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Qənaətlə legirlənmiş KQYÇ-dən neft maşınqayırması töküklərinin hazırlanması üçün induksiya elektrik sobalarında təcrübə-sənaye əritmələri aparılmışdır. Maye çuqun 1380÷1420°C temperaturda kokillərə tökülmüş, modifisirləmə isə sendviç-proseslə FSM_q-5 markalı liqaturdan istifadə etməklə yerinə yetirilmişdir. Kokillər şaquli ayırma müstəvisinə malik olduqlarından, onlardan töküklərin çıxarılması asanlaşmışdır. Töküklərin kəsmə ilə emalını yaxşılaşdırmaq, antifriksion və möhkəmlik xassələrini yüksəltmək məqsədilə onlar döşəməsi hərəkət edən qaz sobalarında qrafitləşdirici tabalma və normalaşdırma əməliyyatlarına uğradılır. Yüksək yeyilməyə dözümlülüyü təmin etmək üçün töküklər izotermiki və səthi tablandırma əməliyyatlarına uğradılır. Prosesin səmərəliliyini artırmaq üçün sürtünmə ilə qaynaq maşınında tökük-

lərin səthi möhkəmləndirilir. Bu əməliyyatda möhkəmlənmə sürtünmə zamanı dəmirin kristal qəfəsində təhriflərin və qrafit birləşmələrinin xırdalanmasının baş verməsi ilə səth zonalarında 1,00÷1,25 mm dərinlikdə plastiki deformasiyalar yaranır, bu da bərkliyin yüksəlməsinə səbəb olur. Termomehaniki möhkəmləndirmə üsulundan istifadə termiki emalın məhsuldarlığını artırır, elektrik enerjisinin sərfini azaldır və hissələrin stabil yüksək keyfiyyətini təmin edir. Bunlardan başqa, sərbəst sementitsiz, kifayət qədər möhkəmliyə və yüksək plastiklik ehtiyatına malik ferrit və ferrit-perlit strukturlu KQYÇ-dən töküklərin alınma texnologiyası da işlənmişdir. Təklif olunan texnoloji proseslərə əsasən məsul təyinatlı hissələrin istehsalında legirli bahalı poladların KQYÇ-dən hazırlanmış tökmə pəstahlarla əvəz edilməsi istehsalatın texniki-iqtisadi səmərəliliyini təmin edir.

Dissertasiya işində işlənmiş texnoloji proseslərdən və KQYÇ-dən kimya maşınqayırmasının məsul hissələrinin, korroziyalı yeyilməyə məruz qalan hissələrin, avtomobil, traktor və kombaynlar üçün dirsəkli valların, daxiliyanma mühərriklərində piston həlqələrinin, pistonların və silindr oymaqlarının, gəmitəmiri və gəmiqayırmada bəzi hissələrin, həmçinin, yüksək termiki dözümlü müxtəlif maşın hissələrinin töküklərinin istehsalında geniş istifadə oluna bilər.

Yaradılmış KQYÇ konstruksiya materialı kimi kifayət qədər yüksək korroziya və yeyilmə dözümlülüyünə malik olub, əksər neft-mədən və kimya maşınqayırması hissələri üçün tamamilə etibarlıdır. Pəstah istehsalında KQYÇ-dən istifadə bahalı və aztapılan elementlərlə legirlənmiş poladların əvəz edilməsinə, qaynaq proseslərinin ləğvinə, dəmirçi-presləmə avadanlıqları və ştamplama tərtibatlarının aradan qaldırılmasına və xeyli iqtisadi səmərənin əldə edilməsinə imkan verir.

Altıncı fəsil əsaslandırılmış təklif və tövsiyələrin işlənməsi və onların sənaye sınaqlarına həsr olunmuşdur. Beynitli və ausferritli KQYÇ-nin istismar xassələri, o cümlədən mexaniki, tribotexniki xarakteristikalar, cızılmaya davamlılıq, müxtəlif aqressiv mühitlərdə korroziyaya dözümlülük, böyüməyə dayanıqlılıq, soyuğa davamlılıq və s. tədqiq edilmiş, sənaye sınaqları və tədqiqatların nəticələrinin tətbiqlə bağlı işlər yerinə yetirilmişdir. Aydın olmuşdur ki, termiki emal bütün legirli çuqunların möhkəmlik xassələrini iki dəfə yüksəldə bilər. O, xüsusilə qənaətlə legirlənmiş çuqunların möhkəmlik xassələrinə səmərəli təsir göstərərək, eyni zamanda onların plastiklik xarakteristikalarının da yüksəlmə meyilliyini artırır.

Tədqiqatların nəticələrinə əsasən kokillərdə hazırlanan çuqun töküklərinin yüksək mexaniki və istismar xassələrinə malik olması onların ilkin,

tökmə strukturu ilə əlaqədardır. Yüksək soyuma sürəti səbəbindən kokil tökükləri austenit-ledeburit strukturuna maik olub, evtektiki dənələri xırda alındığından zərərli qarışıqların seqreqasiyası xeyli az, qrafit birləşmələrinin ölçüləri isə daha narın yaranır. Bunlar da çuqunun möhkəmlik və plastikliyinə müsbət təsir göstərir.

Yeyilməyə dözümlülüyə görə aparılan təcrübələr, legirli KQYÇ-nin, istifadə olunan poladlardan geri qalmadığını müəyyən etmişdir. Tərkibində 1,0% Ni, 0,5% Cu və 0,5% Mo olan KQYÇ, sınaqdan keçirilən bütün çuqunlarla müqayisədə daha yüksək yeyilmə dözümlülüyünə malik olur. Bu tərkibli legirli və kokillərdə istehsal olunan beynitli KQYÇ-nin yüksək yeyilmə dözümlülüyü, möhkəmlik və zərbə özlülüyü aparılan sınaqlarla bir daha təsdiqlənmişdir. Bu da onların neft-kimya maşınqayırması və tribotexniki şəraitdə istismar olunan məsul töküklərin hazırlanmasında konstruksiya materialı kimi istifadəsinə zəmanət verir.

Eyni kimyəvi tərkibə və metallik matrisaya malik, yalnız tökmə üsulları ilə fərqlənən, qənaətlə legirlənmiş yüksəkmöhkəm çuqunların müqayisəli sınaqlarının nəticələri göstərmişdir ki, kokil çuqunlarının möhkəmlik, zərbə özlülüyü və başqa istismar xassələri xeyli yüksəkdir. Həmçinin, qənaətlə legirlənmiş, kokillərə tökülmüş, beynitli strukturlu KQYÇ-nin 7,5 və 15 MPa təzyiq altında yeyilməyə və cızılmaya davamlılığı 40, 40X və 30X13 markalı poladlara nisbətən xeyli yüksək olması müəyyən edilmişdir.

Çuqunların tribotexniki xassələrinin öyrənilməsinin nəticələri göstərmişdir ki, kürəvi qrafitli beynit-ausferritli yüksəkmöhkəm çuqunun sürtünmə əmsalı, tuncun sürtünmə əmsalına yaxındır, lakin yeyilməyə dözümlülüyü tuncdan bir neçə dəfə, lövhəli qrafitli antifriksion çuqundan isə xeyli yüksəkdir. Termiki emaldan istifadə KQYÇ-də xırdadənəli strukturun və daha yüksək tribotexniki xassələrin alınmasını təmin edir.

Alınan nəticələrdən aydın olur ki, optimal miqdarda və qənaətlə nikel, mis, molibdenlə legirlənmiş, kokillərə tökülən KQYÇ, aqressiv mühitlərdə - dəniz, lay, axar sulara, ifratqızmış buxarda, hidrogen-sulfid ($H_2S+CO_2 \leq 6\%$) mühitində statiki və dinamiki yüklənmələrdə korroziyadözümlü materialdır. Onun 40X markalı polada nisbətən daha yüksək korroziyadözümlü olduğu aşkarlanmışdır. Qənaətlə legirlənmiş kokil çuqunlarının böyüməyə dayanıqlığı və soyuğadözümlülük səviyyəsi müxtəlif iqlim şəraitlərində onun etibarlı işinə təminat verir.

Müəyyən edilmişdir ki, siyirtmələrin yəhər, şiber, gediş qaykası hissələri üçün 1,0% Ni, 0,5% Cu və 0,5% Mo-lə, gövdə hissəsi üçün isə 1,0% Ni-lə qənaətlə legirlənərək metal qəliblərə tökülmüş KQYÇ əlverişli kons-

truksiya materialıdır. İstismar sınaqları ilə göstərilən hissələrin müxtəlif mühitlərdə yeyilməyə və korroziyaya yüksək dözümlülükləri müəyyənləşdirilmişdir. Deməli, beynit-ausferitli KQYÇ-nin yüksək mexaniki və tribotexniki xassələri rəşional kimyəvi tərkibin və xüsusi çoxpilləli termiki emalın birgə tətbiqi, yüksək texnoloji və istismar xassələrinin alınması isə qrafitin sferoidləşməsinə təmin edən modifisirləyici emal üsullarının düzgün seçilməsilə mümkündür.

Dissertasiya işində KQYÇ-nin üç mərhələli termiki emalının rəşional rejimlərinin texnoloji parametrləri müəyyənləşdirilmişdir. Qızdırma zamanı tamamilə austenitləşmə, soyutma prosesində isə austenitin qismən ferritləşməyə meyilliliyinin artırılmasının təmini üçün pilləli qızdırma rejimi təklif olunmuşdur. Birinci mərhələ çuqunun $900 \pm 20^{\circ}\text{C}$ temperaturadək qızdırılmasından, ikinci mərhələ isə onun havada və ya müxtəlif müddətdə suda saxlamaqla, $450 \div 400^{\circ}\text{C}$ -dək soyudulmasından ibarətdir. Üçüncü mərhələdə isə adi sobada $300 \div 350^{\circ}\text{C}$ temperaturda $2,5 \div 3,5$ saat izotermiki saxlamaq və ya həmin temperatur intervalında termodöviyyəli emal aparılır.

Yüksək mexaniki və tribotexniki kompleks xassələrə malik kürəvi qrafitli beynit-ausferritli çuqunların rəşional tərkibləri işlənmiş və onların möhkəmlik həddi, xüsusi yüklənmələr və sürtünmə şəraitində yeyilməyə dözümlülükleri öyrənilmişdir. Artırılmış yüklənmələr və sürtünmə şəraitində işləyən hissələrin istehsalat sınaqlarının nəticələri əsasında kürəvi qrafitli beynit-ausferritli yüksəkmöhkəm çuqunun istismar xassələrinin yüksək olması müəyyən edilmişdir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Ədəbiyyat və istehsalat icmalı əsasında müəyyən edilmişdir ki, neft və kimya maşınqayırmasının məsul tökükləri üçün istifadə edilən konstruksiya materiallarının texnoloji və istismar xassələri lazımi tələblərə tam cavab vermir. Odur ki, qoyulan tələbləri ödəyə biləcək, optimal texnoloji parametrlərlə yanaşı, rəşional kimyəvi tərkibə və struktura malik yeni kürəvi qrafitli yüksəkmöhkəm çuqunların işlənməsinə zərurət yaranmışdır.

2. KQYÇ töküklərinin keyfiyyətinin daha da yüksəldilməsi üçün mü-tərəqqi əritmə, legirləmə, modifisirləmə, tökmə və termiki emalın əlverişli texnologiyalarının işlənməsi, mövcudların təkmilləşdirilməsi və tələb olunan yüksək mexaniki və istismar xassələrinin artırılmasını əhatə edən əsas istiqamətlər müəyyən edilmişdir.

3. Müəyyən olunmuşdur ki, karbidsiz beynitin (ausferritin) əmələgəl-

məsi “ausferrit pəncərəsinin” temperatur-zaman şəraitinə uyğun məhdudlaşa və ya çevrilmənin bütün temperatur intervalında davam edə bilər. Həmçinin, doymuş beynit ferritinin və ya 500÷400°C temperatur intervalında qismən diffuziyalı $\gamma \rightarrow \alpha$ çevrilmənin baş verməsi yolu ilə strukturun ferritləşməsinə yüksək meyillik yaranır.

4. Beynit çevrilməsində baş verən struktur dəyişmələrinin qanunauyğunluqları – karbonun diffuziyalı yenidən paylanması və diffuziyasız $\gamma \rightarrow \alpha$ polimorf çevrilməsi, karbonla yoxsul və zəngin austenit sahələrinin əmələ gəlməsi və termiki emaldan sonra onların strukturda saxlanması, 500÷400°C temperatur intervalında diffuziyalı və diffuziyasız mexanizmlərlə α -fazının əmələ gəlməsi və s. təcrübi olaraq aşkar edilmişdir.

5. KQYÇ-də legirleyici elementlərin təsiri nəzəri əsaslandırılmış və onların təcrübi əhəmiyyətləri müəyyənləşdirilmişdir:

- mis ağarmaya meyilliyi azaldır, termiki emal zamanı əlavə dispersli möhkəmlənmə hesabına çuqunun tablandırma dərinliyini artırır və möhkəmlilik xassələrini yüksəldir, həmçinin, Si, Mn, Ni və Mo-lə kompleksdə beynit strukturunun alınmasını təmin edir;

- nikel silisiumun likvasiyasını misə nisbətən daha güclü azaldaraq, bircinsli strukturun alınmasını təmin edir, möhkəmlilik xarakteristikalarının yüksəlməsinə səbəb olur;

- molibden möhkəmlilik, plastiklik və zərbə özlülüyü göstəricilərini səmərəli yüksəldir, izotermiki tablandırmada austenitin dayanıqlığını artırır;

- nikel və molibden beynit strukturunun formalaşmasına münasib şərait yaratmaqla, mislə birlikdə beynitin dispersli möhkəmlənmə effektini gücləndirir;

- silisium beynit çevrilməsi şəraitində karbidlərin ayrılmasını əngəlləyir və ausferritli əsasın əmələ gəlməsinə səbəb olur, tablandırma dərinliyini artırır.

6. Müəyyən edilmişdir ki, KQYÇ-nin yüksək texnoloji, mexaniki və istismar xassələri əsasən qrafitin sferoidləşməsinə təmin edən modifisirləyici emal üsulundan, optimal kimyəvi tərkib və termiki emal rejimlərinin rəşional texnoloji parametrlərindən, həmçinin, çuqunda tökmə halında beynit strukturunun əmələ gəlməsinə təmin edən nikel, mis və molibdenlə qənaətlə legirləmədən asılıdır.

7. Məsul təyinatlı hissələrin hazırlanması üçün 1,0% nikel, 0,5% mis və 0,5% molibden ilə kompleks legirləmə seçiminin düzgünlüyü, bu elementlərin strukturəmələgətirmə proseslərinin öyrənilməsilə müəyyənləşdirilmişdir. Legirleyici elementlərin mikropaylanmasının nəticələri göstər-

mişdir ki, yüksəkmöhkəm çuquna, müxtəlif miqdarlarda silisium və manqana malik növbələşən sahələrdən ibarət, heterogen strukturlu kompozisiya materialı kimi də baxmaq olar və bu, onun tətbiq sahələrini genişləndirir.

8. Aydın olmuşdur ki, beynitli KQYÇ-nin mexaniki və istismar xassələrinə təsir edən əsas amillərdən biri qrafit birləşmələrinin formasıdır. Müəyyən edilmişdir ki, yüksək möhkəmlik xarakteristikalarına nail olmaq üçün çuqunun strukturunda vermikulyar formalı qrafitin maksimal miqdarı 10%-dən az olmalıdır.

9. Müəyyən olunmuşdur ki, izotermiki tablandırmada əsas amillər beynitli KQYÇ-nin yekun struktur və xassələrini təmin edən $900\div 920^{\circ}\text{C}$ -də $0,5\div 1,5$ saat saxlamaqla austenitləşdirmə və $300\div 350^{\circ}\text{C}$ -də $2,5\div 3,5$ saat izotermiki saxlamadır. Belə termiki emalla beynitli KQYÇ-nin möhkəmlik, bərklik, plastiklik və zərbə özlülüyünün ən yaxşı kompleks göstəriciləri təmin olunur. KQYÇ-nin strukturu yuxarı və aşağı beynit, ausferrit və kürəvi qrafitdən ibarət olur.

10. Aparılan müqayisəli sınaqların nəticələrindən aydın olmuşdur ki, qənaətlə legirlənmiş KQYÇ-nin korroziyaya dözümlülüyü 40, 40X, 20XГCJI, 30X13 və s. markalı poladlara nisbətən daha yüksəkdir. Həmçinin, KQYÇ-nin böyüməyə dayanıqlılıq və soyuqadözümlülük göstəricilərinin də tələb olunan səviyyədə olması aşkar edilmişdir. Kokillərə tökülən qənaətlə legirlənmiş yüksəkmöhkəm çuqunun tribotexniki xarakteristikalarının poladlara nisbətən daha yüksək olması müəyyən olunmuşdur.

11. Kürəvi qrafitli beynit-ausferritli yüksəkmöhkəm çuqunlar üçün, onu tələb olunan yüksək mexaniki və tribotexniki xassələrlə təmin edən kimyəvi tərkib işlənmişdir: $3,2\div 3,7\% \text{C}$; $0,3\div 0,5\% \text{Mn}$; $2,4\div 3,0\% \text{Si}$; $\leq 0,02\% \text{S}$; $\leq 0,1\% \text{P}$; $0,03\div 0,06\% \text{Mg}$; $1,0\% \text{Ni}$; $0,5\% \text{Cu}$; $0,5\% \text{Mo}$. Onun nisbi uzanması 8%-dək olduqda, möhkəmlik həddi $1150\div 1250 \text{MPa}$ təşkil edir, xüsusi yüklənmələrdə və aşağı sürtünmə şəraitində yeyilməyə dözümlüdür. Artırılmış yüklənmə və sürtünmə şəraitində işləyən hissələrin istehsalat sınaqlarının nəticələri də çuqunun yüksək istismar xassələrinə malik olmasını təsdiqləmişdir.

12. KQYÇ-dən töküklərin hazırlanması üçün işlənmiş səmərəli texnoloji proseslər neft-mədən, neft-kimya maşınqayırma sənayesində istismar xassələrini qane edən seçilmiş materialdan müxtəlif təyinatlı hissələrin alınmasının üstünlükləri və etibarlılığını təmin edir. İşin nəticələrinin tətbiqindən gözlənilən iqtisadi səmərə 413,01min manat təşkil edir.

**Dissertasiya işinin mövzusu üzrə aşağıdakı
əsas elmi əsərlər dərc olunmuşdur:**

1. Cəfərov E.H., Həsənlı R.K. Metal qəliblərdə istehsal olunan legirlənmiş yüksəkmöhkəm çuqunun xassələri //AzTU-nun Elmi Əsərləri, 1995, №1, s. 80-83
2. Джафаров Э.Г., Гасанли Р.К. Исследование свойств экономно-легированного высокопрочного чугуна /Материалы докладов 43-й научно-технической и методической конференции. АЗТУ, Баку, 1995, с. 157-158
3. Айвазов Б.Ю., Гасанли Р.К., Исмаилов Н.Ш., Гусейнов Б.Г. Литье поршневых колец из высококачественного чугуна // Ученые записки АЗТУ, 1996, том 5, №4, с. 20-23
4. Гасанли Р.К. Выбор режима отжига легированного высокопрочного чугуна / Gənc alimlərin və aspirantların respublika konfransının tezisləri (texniki elmlər), Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası, 1997, II hissə, s. 62-63
5. Гасанли Р.К., Мир-Бабаева Н.Р. Влияние легирования на структуру и микроликвацию чугуна // Ученые записки АЗТУ, 1997, том 6, №2, с. 16-20
6. Həsənlı R.K., Rəsulov F.R. Yüksəkmöhkəm çuqunun legirlənməsi və termiki emalı // AzTU-nun Elmi Əsərləri, 1997, cild 6, №3, s. 25-28
7. Şükürov R.İ., Səmərqəndi S., Həsənlı R.K. Silindr gilizlərinin yüksəkmöhkəm çuqunlardan hazırlanması // AzTU-nun Elmi Əsərləri, 1998, cild 7, №1, s. 6-8
8. Həsənlı R.K. Kürəvi qrafitli yüksəkmöhkəm çuqun. Monoqrafiya. Bakı, Elm, 1998, 203 s.
9. Həsənlı R.K. Çuqunun bəzi istismar xassələrinin tədqiqi //AzTU-nun Elmi Əsərləri, 1999, cild 8, №2, s. 103-109
10. Həsənlı R.K., Əsgərov M.A.Vermikulyar qrafitli çuqunun alınması üsulu // Texnika, 1999, №1, s.43-46
11. Həsənlı R.K. Kürəvi qrafitli çuqunun tökmə xassələrinin tədqiqi// AzTU-nun Elmi Əsərləri, 2000, cild 9, №1, s. 24-27
12. Həsənlı R.K. Daxiliyanma mühərpikləri gilizlərinin vermiklyar qrafitli çuqundan hazırlanması imkanlarının tədqiqi//AzTU-nun Elmi Əsərləri, 2001, cild X, №2, s. 29-31
13. Гасанли Р.К., Абдуллаев М.М., Исмаилов Н.Ш. Исследование возможностей изготовления тормозных колодок автомобилей из чугуна

с вермикулярным графитом /Материалы докладов II Международной научно-технической конференции „Проблемы машиностроения XXI века”. Баку, 2001, с. 88-89

14. Исмаилов Н.Ш., Абдуллаев М.М., Гасанли Р.К. Разработка технологических процессов изготовления отливок автомобильных деталей / Материалы докладов II Международной научно-технической конференции „Проблемы машиностроения XXI века”. Баку, 2001, с. 85-87

15. İsmayılov N.Ş., Həsənli R.K., Abdullayev M.M. Avtomobil hissələri töküklərinin hazırlanma texnoloji proseslərinin işlənməsi təcrübəsi / Professor-müəllim heyəti və aspirantların 48-ci yubiley tədris metodiki və elmi-texniki konfransı, Bakı, 2001, II hissə, s. 226-227

16. Həsənli R.K. Əritmə texnologiyasının çuqunun struktur və möhkəmlik xassələrinə təsiri // Texnika, 2002, №3, s. 47-49

17. Həsənli R.K. Tökmə istehsalında ekoloji təmiz texnologiyaların istifadə mümkünlüyünün araşdırılması/ Professor-müəllim heyəti və aspirantların 51-ci elmi-texniki və tədris-metodiki konfransının materialları, II hissə, Bakı, AzTU, 2004, s. 173-174

18. Töküklərin istehsalında ekoloji texnologiyalar və ekoloji töküklərin alınma prinsipləri. Elmi-tədqiqat işinin hesabatı. Bakı, AzTU, 2005. Dövlət Qeydiyyat Mərkəzi. Q/N 0102 Az00317. İnv. 0206 Az 00438, 28 s.

19. Neft-mədən avadanlığı metal tutumlu hissələrinin alınmasının mütərəqqi tökmə texnologiyasının işlənməsi. Elmi-tədqiqat işinin hesabatı. Bakı, AzTU, 2005. Dövlət Qeydiyyat Mərkəzi. Q/N 0101 Az00838. İnv. 0206 Az 00446, 56 s.

20. Həsənli R.K., İsmayılov N.Ş., Əzizov M.M. Daxiliyanma mühərrikləri porşen həlqələri töküklərinin struktur və xassələrinin tədqiqi // AzTU-nun Elmi Əsərləri, 2005, №4, s. 58-60

21. İsmayılov N.Ş., Həsənli R.K. Neft-qaz kompressorları tökükləri hazırlanması üçün səmərəli texnoloji proseslərin işlənməsinə dair / Professor-müəllim heyəti və aspirantların AzTU-nun 55 illiyinə həsr edilmiş konfransının məruzə materialları, Bakı, 2005, s. 350-351

22. İsmayılov N.Ş., Həsənli R.K. Kompresorların porşen həlqələri üçün oymaq töküklərinin mərkəzdənqaçma üsulu ilə hazırlanması// Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, 2007, № 9, s. 40-43

23. Həsənli R.K. Müxtəlif əridici qurğularda çuqunun əridilməsi zamanı yaranan zərərli maddələrin tədqiqi / “Texniki ali məktəblərdə təhsilin müasir problemləri” respublika elmi - praktiki konfransının materialları.

Bakı, AzTU, 2008, s. 226-228

24. Həsənli R.K., İsmayılov N.Ş., İbrahimov Y.N. Çuqun istehsalında yaranan tullantıların və onların təmizlənmə üsullarının tədqiqi // Ekologiya və su təsərrüfatı. Elmi-texniki və istehsalat jurnalı, 2008, №4, s.13-19

25. Həsənli R.K. Neft-mədən maşınqayırması pəstahlarının termiki emal rejimlərinin xüsusiyyətləri // Mexanika-Maşınqayırma, 2009, №4, s.56-58

26. Гасанли Р.К. Исследование коррозионной стойкости высокопрочного чугуна экономнолегированного никелем и медью, производимого в кокилях // «Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов», Курск, 2010, №3, с. 178-180

27. Гасанли Р.К. Высокопрочный чугун как перспективный материал для деталей запорных устройств //Техника и технология, Москва, 2010, №3, с. 8-11

28. Həsənli R.K. Kürəvi qrafitli yüksəkmöhkəm çuqunun bəzi istismar xassələri // AzTU-nun Elmi Əsərləri, 2010, №1, s. 51-54

29. Гасанли Р.К. Повышение ударной вязкости высокопрочного чугуна, производимого в кокилях//Естественные и технические науки, Москва, 2010, № 6 (50), с. 593-596

30. Гасанли Р.К. Особенности формирования структуры высокопрочного чугуна в металлических формах//Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. Журнал научных публикаций, Москва, 2010, №8, с. 53-55

31. Гасанли Р.К. Влияние экономного легирования на качество высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, производимого в кокилях// Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сборник научных трудов.- Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 40, с. 50-52

32. Гасанли Р.К., Молаев Р.А. Влияние легирования на качество высокопрочного чугуна, производимого в металлических формах // Механика-Машиностроение, 2010, №2, с. 93-95

33. Həsənli R.K. Yüksəkmöhkəm çuqun hissələrin keyfiyyətinin yüksəldilməsinin əsas istiqamətləri / AzTU-nun 60 illik yubileyinə həsr olunmuş “Təhsildə və elmdə innovasiya texnologiyaları” Respublika Elmi-Praktiki Konfransının materialları, AzTU-nun Elmi Əsərləri, 2010, s. 294-296

34. Гасанли Р.К. Экономное легирование – эффективный способ управления структурой и свойствами высокопрочного чугуна// Azər-

baycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, 2011, №1 (71), s. 28-31

35. Гасанли Р.К. Особенности экономного легирования высокопрочного чугуна для отливок судоремонта // Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri, 2011, №1, s. 12-15

36. Гасанли Р.К. Хладостойкость экономнолегированного высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, изготавливаемого в металлических формах // Заготовительные производства в машиностроении, Москва, Машиностроение, 2011, №8, с. 5-8

37. Гасанли Р.К. Износостойкость экономнолегированного высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, производимого в металлических формах // Техника и технология, Москва, 2011, №4 (45), с. 59-63

38. Гасанли Р.К. Ударная вязкость высокопрочного чугуна, производимого в кокилях / Международная конференция «Современная техника и технологии: Исследования и разработки», РФ, Липецк, 23 июля 2011, Сборник докладов, с. 44-46

39. Гасанли Р.К. Структура и фазовый состав термообработанных чугунов / Материалы международной научно-практической конференции “Новости научной мысли” 27 октября-05 ноября 2011, Чехия, Прага, том. 20, с. 3-6

40. Гасанли Р.К. Превращение аустенита в чугуне при обработке с непрерывным охлаждением / “Yüksək texnologiyalar və ali təhsil” beynəlxalq elmi-texniki konfransının materialları, Bakı, 21-24 noyabr 2011, AzTU-nun Elmi Əsərləri, s. 75-76

41. Гасанли Р.К. Структурное состояние кокильного экономнолегированного чугуна / Материалы VII международной научно-практической конференции “Перспективные вопросы мировой науки” 17-25 декабря 2011, Болгария, София, том 29, с. 3-5

42. Гасанли Р.К. Исследование износостойкости экономнолегированного высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, полученного литьем в металлические формы // Вестник машиностроения, Москва, Машиностроение, 2012, №1, с. 47-49

43. Гасанли Р.К. Влияние легирующих элементов на структурное состояние литого и отожженного чугуна/Заготовительные производства в машиностроении, Москва, Машиностроение, 2012, № 2, с. 5-8

44. Гасанли Р.К. Ядерно-гамма резонансная спектроскопия высокопрочного чугуна с шаровидным графитом / VI-я Международная

нучная конференция “Актуальные вопросы современной техники и технологии”. Липецк, 28 января 2012, Сборник докладов, с. 27-29

45. Гасанли Р.К., Намазов С.Н. Изотермическое превращение в высокопрочном чугуна // Инновации в машиностроении: Сборник трудов Международной конференции / Юргинский технологический институт. Томск: ТПУ, 27-29 августа 2012, с. 287- 288

46. Həsənli R.K. Legirlənmiş kürəvi qrafitli çuqun. İxtira ərizəsi № a 2012 0037 13.04.2012. İlkinlik tarixi - 09.07.2012

47. Həsənli R.K. Yüksəkmöhkəm çuqunların struktur və xassələri. Monoqrafiya, Bakı, Elm, 2013, 250 s.

48. Həsənli R.K., Намазов С.Н. Termiki emalın beynit-ausferritli çuqunun struktur və mexaniki xassələrinə təsiri // Metallurjiya və materialşünaslığın problemləri” I beynəlxalq konfransın materialları. Bakı, AzTU, 2013, s.45-48

49. Həsənli R.K. Qrafitin formasının beynitli yüksəkmöhkəm çuqunun mexaniki xassələrinə təsiri // Metallurjiya və materialşünaslığın problemləri I beynəlxalq konfransın materialları. Bakı, AzTU, 2013, s.48-50

50. Həsənli R.K., Намазов С.Н. Kürəvi qrafitli çuqunlardan pəstahlar istehsalının müasir vəziyyəti və perspektivləri // Heydər Əliyev və Azərbaycan təhsili Respublika Elmi Konfransının materialları. Bakı, AzTU, 2013, s.273-275

51. Гасанли Р.К. Влияние способов модифицирования на структуру и свойства высокопрочного чугуна с шаровидным графитом // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сборник научных трудов.- Донецк: ДонНТУ, 2013. Вып. 1,2 (46), с.74-78

52. Həsənli R.K. Beynit-ausferritli yüksəkmöhkəm çuqunların alınmasının xüsusiyyətləri // AzTU-nun Elmi Əsərləri, 2013, cild 1, №1, s. 83-88

53. Həsənli R.K. Kimyəvi tərkibin və termiki emal rejimlərinin beynitli yüksəkmöhkəm çuqunun tribotexniki xassələrinə təsiri // Maşınşünaslıq, Bakı, AzTU, 2013, №2, s. 66-69

54. Гасанли Р.К. Особенности структуры и фазового состава термообработанных высокопрочных чугунов с шаровидным графитом // Вестник машиностроения, Москва, Машиностроение, 2013, №10, с. 31-33

55. Гасанли Р.К., Исмаилов Н.Ш. Эффективный способ получения бейнитной структуры экономно легированного высокопрочного

чугуна // Вестник машиностроения, Москва, Машиностроение, 2014, №9, с. 76-79

56. Гасанли Р.К., Намазов С.Н. Особенности превращения аустенита при обработке высокопрочного чугуна с непрерывным охлаждением // Вестник машиностроения, Москва, Машиностроение, 2014, №11, с. 65-67

57. Гасанли Р.К., Намазов С.Н. Особенности микрораспределения кремния в экономнолегированном высокопрочном чугуне// Вестник машиностроения, Москва, Машиностроение, 2015, №4, с. 67-68

58. Гасанли Р.К., Исмаилов Н.Ш. Влияние технологических факторов на качества литейных форм для отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом//Вестник машиностроения, Москва, Машиностроение, 2016, №1, с.65-66

59. Гасанли Р.К., Абдулазимова Е.А. Влияние экономного легирования на структурно-качественных характеристик высокопрочного чугуна с шаровидным графитом//XII международная конференция «Развитие науки в XXI веке». Научно-информационный центр «Знание»- Харьков, 2016, с.47-50

60. Həsənli R.K. Legirlənmiş yüksəkmöhkəm çuqun//Patent (İxtira) İ 2016 0054 29.06.2016

61. Гасанли Р.К., Намазов С.Н. Влияние легирования на структуру и микроликвацию высокопрочного чугуна //“Metallar Fizikasının Müasir Problemləri” ВЕРК. Bakı, AzMİU, 2016, s.403-405

62. Гасанли Р.К., Абдулазимова Е.А. Влияние модифицирования на структуру и свойства высокопрочного чугуна //“Metallar Fizikasının Müasir Problemləri” ВЕРК materialları. Bakı, AzMİU, 2016, s. 406- 409

63. Гасанли Р. К., Мамедов З.Г. Особенности изотермического превращения в высокопрочном чугуне с шаровидным графитом//Вестник машиностроения, Москва, Машиностроение, 2016, №11, с.72 -74

64. Гасанли Р.К., Намазов С.Н., Мамедов З.Г. Исследование хладостойкости высокопрочного чугуна, отливаемого в кокиль //“Maşınqayırmada intellektual texnologiyalar” Beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları, Bakı, AzTU, 2016, s.287-290

65. Hasanli R.K. An Effective Way of Obtaining Bainite Structure in Alloyed High-Strength Cast Irons // Mechanics, Materials Science & Engineering Journal, Austria, Sankt Lorenzen, Vol. 7 2016, p.7-12

66. Həsənli R.K., Namazov S.N. Legirlənmiş kürəvi qrafitli yüksəkmöhkəm çuqun. İxtira ərizəsi № a 2017 0006 11.01.2017. İlkinlik tarixi –

24.01.2017

67. Гасанли Р.К., Асланов З.Ю. Исследование ударной вязкости высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, полученного литьем в металлические формы //Вестник машиностроения, Москва, Машиностроение, 2017, №2, с.24-26

68. Hasanli R.K., Namazov S.N. Especially the Transformation of Austenite in High - Strength Cast Iron during Processing With Continuous Cooling//Mechanics, Materials Science & Engineering Journal, Austria, Sankt Lorenzen, Vol. 8 2017, p.26-31

Həmmüəlliflərlə çap olunmuş elmi işlərdə müəllifin şəxsi iştirakı:

– [4,8,9, 11, 12, 16,17, 23, 25÷31, 33÷44, 46,47, 49, 51÷54, 60, 65] – sayılı işlər müstəqil yerinə yetirilmişdir;

– [1÷3, 10, 13, 18÷22, 24, 48, 50, 55÷59, 66] – sayılı işlər məsələnin qoyuluşu və texniki həllində, metodların işlənməsi, eksperimentlərin aparılması və materialların tərtibində;

– [5÷7, 14, 15, 32, 45, 51, 57, 61÷64, 67, 68] – sayılı işlər məsələnin qoyuluşu, eksperimentlərin aparılması, alınmış nəticələrin emalı və ümumiləşdirilməsində, materialların tərtib olunmasında.

Рамиз Камандар оглы Гасанли
Разработка и улучшение структурно-качественных
характеристик высокопрочного чугуна
Аннотация

Диссертационная работа посвящена улучшению структурно-качественных характеристик высокопрочного чугуна путем выбора рационального химического состава, оптимальных режимов термической обработки, совершенствования технологических процессов выплавки, модифицирования и легирования чугуна на основе формирования бейнитной и аусферритной матрицы. Работа состоит из введения, шести глав, основных выводов, списка использованной литературы и приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определена цель работы и намечены пути ее достижения.

Первая глава посвящена определению основных направлений улучшения структурно-качественных характеристик отливок из ВЧШГ. Проанализировано современное состояние изготовления отливок из ВЧШГ. По результатам обзора литературных источников и практических данных высокопрочный чугун обоснован как перспективный конструкционный материал для деталей различного назначения.

Во второй главе приведены особенности методов и средств теоретических и экспериментальных исследований, необходимых для решения поставленных задач. Изложены методики технологических, металлографических, физико-химических и статистических исследований, механических и эксплуатационных испытаний.

Третья глава посвящена исследованию особенностей структуры и свойств бейнитных и аусферритных высокопрочных чугунов. Исследованы возможности получения бейнитных структур при упрощенной термической обработке ВЧШГ, определено превращение аустенита при обработке непрерывным охлаждением. Изучены особенности структуры и фазового состава, бейнитного и изотермического превращения в ВЧШГ. Исследована ядерно-гамма резонансная спектроскопия и влияние структурных факторов на триботехнические свойства высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.

Четвертой главе рассмотрены пути получения бейнитных и аусферритных высокопрочных чугунов. Определено влияние хими-

ческого состава, процесса графитизации, легирующих элементов, способов модифицирования, режима термической обработки на структуру и свойства бейнитно-аусферритного ВЧШГ, исследованы особенности получения высших марок ВЧШГ.

В пятой главе определены возможности применения ВЧШГ для получения отливок различного назначения.

Шестая глава посвящена разработке обоснованных предложений и рекомендаций и их промышленным испытаниям.

Ramiz Kamandar oglu Hasanli
Development and improvement of structurally-qualitative
Characteristics of high-strength pig-iron
Summary

Dissertational work is devoted to improvement of structurally-qualitative characteristics of high-strength pig-iron by a choice of a rational chemical compound, optimum modes of thermal processing, perfection of technological processes of melt, modifying and alloying of pig-iron on the basis of formation of bainite and austenite-ferrite matrixes. Work consists of the introduction, six chapters, the basic conclusions, the list of the reference literature and the appendix.

In introductions the urgency of a theme of the dissertation is substantiated, purpose of work is defined and ways of its achievement are planned.

The first chapter is devoted to definition of the basic a direction of improvement of structurally-qualitative characteristics of casting from high-strength pig-iron with spherical graphite. It has been analyzed a modern condition of manufacturing of casting from high-strength pig-iron with spherical graphite. By results of the review of references and practical data high-strength pig-iron is proved as a perspective constructional material for parts of various purposes.

In the second chapter the features of methods and means of theoretical and experimental researches necessary for the decision of assigned tasks are given. Techniques of technological, metallographic, physical and chemical and statistical researches, mechanical and operational tests are stated.

The third chapter is devoted to the research of features of structure and property of bainite - austenite-ferrite high-strength pig-iron. It is investigated an opportunity of receiving of bainite structures at the simplified thermal processing of high-strength pig-iron with spherical graphite; it is defined transformation of austenite at processing with continuous cooling. Features of structure and phase structure of high-strength pig-iron with spherical graphite, features of bainitic transformation and isothermal transformation into high-strength pig-iron with spherical graphite are studied. It is researched the nuclear - scale resonance spectroscopy and influences of structural factors on tribotechnical properties of high-strength pig-iron with spherical graphite.

The fourth chapter deals with the ways of obtaining of the bainitic and austenite-ferrite high-strength pig-iron. Influence of a chemical compound, process of graphitization, alloying elements, ways of modifying, a mode of thermal processing on structure and property of bainite - austenite-ferrite high-strength pig-iron with spherical graphite are defined and features of receiving of top qualities of high-strength pig-iron with spherical graphite are investigated.

In the fifth chapter it is defined an opportunity of application of high-strength pig-iron with spherical graphite for obtaining of casting of various purpose.

The sixth chapter is devoted to the development of substantiated offers and recommendations and their industrial test.