

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazması hüququnda*

## **YÜKSƏK KEYFİYYƏTLİ ÇUQUNLARIN STRUKTUR VƏ XASSƏLƏRİNƏ TERMİKİ EMALIN TƏSİRİNİN ARAŞDIRILMASI**

İxtisas: 3312.01-“Materiallar texnologiyası”

Elm sahəsi: Texnika

İddiaçı: **Rəfiqə Səxavət qızı Şahmarova**

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq  
üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

### **AVTOREFERATI**

**Bakı – 2022**

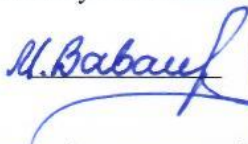
Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Materialşünaslıq və emal texnologiyaları” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: Texnika elmləri doktoru, professor  
**Mustafa Baba oğlu Babanlı**

- Rəsmi opponentlər:
1. Texnika üzrə elmlər doktoru,  
**Ələsgərov Faiq Kazım oğlu**
  2. Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Əliyev Maqsud Əliqulu oğlu**
  3. Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Əliyev İlham Alxan oğlu**

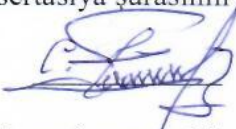
Azərbaycan Respublikası Prezidenti Yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.02 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri: Texnika elmləri doktoru, professor



**Mustafa Baba oğlu Babanlı**

Dissertasiya şurasının katibi: Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent



**Tahir Qaffar oğlu Cabbarov**

Elmi seminarın sədri:



Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent

**Qəhrəman Söyün oğlu Həsənov**

## **İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI**

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Ölkənin neft-qaz kompleksində istifadə olunan qazomotokompressorun piston üzükləri, pistonlar, silindr və silindrköynəkləri, silindrin su ilə soyudulan qapaqları üçün keyfiyyətli tökmə pəstahlarına ehtiyac böyükdür. Bu hissələr xaricdən valyuta ilə baha qiymətə alınır və respublikaya gətirilir. Bundan başqa neft hasilatında tətbiq edilən dalma nasos hissələri (istiqləndirici aparat) yüksək legirli austenit çuqunundan hazırlanır. Bu hissələr istismar zamanı aqressiv mühitdə işləyirlər. Bunlara verilən tələbatlardan ən vacibi yeyilməyə və korroziyaya qarşı davamlılıqdır, lakin belə çuqunun maya dəyəri yüksəkdir. Bunlardan başqa, neft və qazıma avadanlıqlarının bir çox detalları çuqundan hazırlanır və dəniz şəraitində işləyirlər. Bunlar dəniz atmosferinə, azaqressiv suyun təsirinə məruz qalaraq korroziyaya uğrayırlar. Bu avadanlıqlara hava və qaz kompressorları, su və yağ nasosları və s. Aiddir. Adətən onların hissələri boz çuqundan hazırlanır, nikel və xromla legirlənir. Burada kimyəvi tərkibdən başqa çuqunun korroziyaya davamlılığına onun sıxlığı da təsir edir. Ona görə də yeni innovativ texnoloji proseslərin işlənməsi və bu hissələrin istehsalının intensivləşdirilməsi, həmçinin yerli ucuz xammaldan – metal qırıntılardan, tullantılardan yüksək keyfiyyətli sintetik çuqunun alınma texnologiyasının yaradılması mənimsənilməsi və sənaye miqyasında tətbiqi aktual məsələdir.

Tədqiqat nəticələri göstərir ki, çuqunun sıxlığı artdıqca onun korroziyaya davamlılığı da artır. Ona görə də yüksək sıxlığa malik sintetik çuqunun alınma texnologiyasının işlənməsi və belə çuqundan yuxarıda göstərilən detalların istehsalı gündəmdə olan məsələdir.

**Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.** Yüksəkkeyfiyyətli sintetik çuqunun rəsonal tərkibini tərtib edərək nəzarətli əritmə prosesi aparmaqla yüksək mexaniki, fiziki və istismar xassəli hissələr almaqdır. Qarşıya qoyulan məqsədə nail olmaq üçün almaq üçün aşağıdakı məsələlər həll edilmişdir:

- nəzarətli əritmə üsulu ilə yüksəkkeyfiyyətli sintetik çuqunun alınması və texnoloji parametrlərinin öyrənilməsi;

- texnoloji parametrlərin kristallaşma prosesinə təsirinin tədqiqi;
- sintetik çuqunun fiziki-mexaniki və istismar xassələrinin və strukturunun əritmə parametrindən asılı olaraq dəyişməsi;
- sintetik çuqunun istehsalat şəraitində alınması
- əridilmiş çuqunun struktur və xassələrinin istehsalat şəraitində tədqiqi.

**Tədqiqatın metodları.** Dissertasiya işində qarşıya qoyulmuş məsələlər laboratoriya və istehsalat şəraitində aparılmış nəzəri və eksperimental tədqiqatlar əsasında həll edilmişdir. Tədqiqatlarda müasir avadanlıq və cihazlardan, o cümlədən optik və elektron mikroskop, rentgenstruktur və spektral analiz kimi incə tədqiqat metod və vasitələrdən istifadə edilmişdir. Alınmış nəticələrin dürüstlüyü müasir cihaz, ölçmə vasitələri qurğu və ləvazimatların istifadə olunması ilə aparılmış eksperimental tədqiqatlarla təmin edilir.

**Müdəfiyə çıxarılan əsas müddəalar:**

Dissertasiyada aşağıdakı məsələlərə baxılmışdır:

- rasionallıq şərti tərkibinin işlənməsi;
- nəzarətli əritmə üsulu ilə yüksəkkeyfiyyətli sintetik çuqunun alınması və texnoloji parametrlərinin öyrənilməsi;
- sintetik çuqunun texnoloji parametrlərinin kristallaşma prosesinə təsirinin tədqiqi;
- sintetik çuqunun fiziki-mexaniki və istismar xassələrinin, habelə strukturunun əritmə parametrindən asılı olaraq idarə olunması;
- istehsalat şəraitində sintetik çuqunun alınması;
- istehsalat şəraitində əridilmiş çuqunun struktur və xassələrinin tədqiqi.

- **Tədqiqatın elmi yeniliyi.** Si/C nisbəti, (Sev) evtektiklik dərəcəsi, nəzarətli əritmə və termiki emal rejimləri ilə yüksək keyfiyyətli çuqunun struktur və xassələri arasında qarşılıqlı əlaqə qurulmuş, yeni çuqun işlənməsidir.

- Hadfild poladı ideyası əsasında yüksək manqanlı deformasiya oluna bilən, tökmə və yüksək temperaturlu tablandırımadan sonra strukturu austenit + xırda qrafit ünsürlərindən ibarət yeni strukturlu çuqun alınmışdır.

- Yayıma zamanı iş prosesində çuqunun deformasiyası nəticə-

sində austenitin mexaniki ikiləşməsi dislokasiyalarının hərəkətində yaranan maneə əsasında çuqunun möhkəmlənməsi təmin edilmişdir. İkiləşmələr daxili gərginlikləri relaksasiya edərək plastik deformasiyanın lokallaşmasının və çatların yaranmasının qarşısını almışdır. Yeni elmi postulat çuqunlarda da özünü təsdiqləmişdir. İlk dəfə olaraq çuqunlarda austenit – beynit çevrilməsinin mexanizmi haqqında mövcud mülahizələr dəqiqləşdirilmiş və genişləndirilmişdir. Yuxarı beynitin austenitdən, aşağı beynitin isə martensitdən yaranması haqqında müddəa təsdiqlənmişdir.

**Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.** Tədqiqatın nəzəri əsasını materialşünaslıq, metallurgiya və materiallar texnologiyasının elm və texnika sahəsinin klassik nəzəri və texnoloji müddəaları təşkil edir. Bununla yanaşı tədqiqat işində yaxın və uzaq xarıcdə yüksək keyfiyyətli sintetik çuqunların istifadəsi probleminə dair dövrü elmi – texniki nəşrlərdə dərc olunmuş monoqrafiya və məqalələrin müddəaları da istifadə olunmuşdur. Tədqiqatın praktiki əhəmiyyəti - Azneft İstehsalat Birliyinin Dalma qurğularının təmiri və kirayəsi üzrə eksperimental istehsalat müəssəsinin tökmə sexində dalma nasos hissələri üçün töküklərin alınmasında tətbiq edilmişdir.

**Tədqiqatın nəticələrinin tətbiqi.** “Baku Steel Company” üçün yayma valları, dəşici dəzgahın sağanağı, qurşaqlı valların üzükləri, daxili yanma mühərrikləri üçün piston üzükləri, dəyirman küreləri kimi məsul pətahlar üçün çuqun tərkibləri, onların tökmə və termiki emal texnologiyaları işlənmiş və istehsalatda tətbiq edilmişdir. İşlənmiş yüksək keyfiyyətli çuqunun tərkibi Azərbaycan Respublikasının patenti ilə müdafiə olunur.

**Aprobasiya və tətbiqi.** Dissertasiya işinin əsas müddəaları aşağıdakı konfrans və seminarlarda müzakirə olunmuş və bəyənilmişdir:

Beynəlxalq elmi-texniki və elmi praktiki konfranslar:

1. Наука и Просвещение» Сборник статей X Международной научно-практической конференции, 20 июня 2020 г.В Г.Пенза.

Respublika elmi-texniki konfranslar:

2. Azərbaycan Texniki Universiteti azərbaycan xalqının Ümummilli Lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 94- ci ildönümünə həsr

olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və elmi innovasiyalar” mövzusunda respublika elmi-texniki konfransının materialları, Bakı, 2017.

3. Azərbaycan Texniki Universiteti “Metallurgiya və materialşünaslığın problemləri” mövzusunda 2-ci Beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları, Bakı, 2017.

4. ADNSU-nun “Materialşünaslıq və emal texnologiyaları” kafedrasının elmi seminarları, 2017-2021-ci illər.

**Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı** Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənayə Universitetinin “Materialşünaslıq və emal texnologiyaları” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

**Aparılan tədqiqatda iddiaçının şəxsi töhfəsi.** İddiaçı tərəfindən tədqiqatların aktuallığı, işin məqsədi və məqsədə çatmaq üçün qoyulan məsələlər müəyyən edilmiş, tədqiqatın istiqaməti göstərilmişdir. Sintetik çuqunun nəzarətli əritmə prosesində çuqunun tökülməsində və plastiki deformasiyasında baş verən mexanizmlər sistemləşdirilmiş və müzakirə edilmişdir. Beləliklə, təqdim olunan dissertasiya işi iddiaçının şəxsən özünün yazdığı, müdafiə üçün irəli sürdüyü elmi-praktiki müddəaları və nəticələrin məcmusunu əhatə edən tamamlanmış elmi tədqiqat işidir.

**Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi.** Dissertasiya işi giriş, 4 fəsil, 155 səhifəlik kompüter mətni, 37 şəkil, 30 cədvəl, 140 adda ədəbiyyat siyahısı və əlavədən ibarətdir. Üz qabığı və mündəriçat (3198 işarə), giriş (10476 işarə), I fəsil (34226 işarə), II fəsil (35139 işarə), III fəsil (46584 işarə), IV fəsil (37899 işarə), nəticə (3588 işarə) və istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı (22726 işarə). Dissertasiyanın həcmi şəkillər, cədvəllər, və ədəbiyyat siyahısı istisna edilməklə 171110 işarədən ibarətdir.

**Nəşr olunma dərəcəsi:** Dissertasiya işinin əsas məzmunu 12 elmi əsər, o cümlədən 1 ixtira, 8 məqalə (onlardan 4-ü xaricdə, 1-i SCOPUS bazasında daxil olmaqla), 3 konfrans materialı (onlardan 1-i xaricdə) nəşr olunmuşdur.

## İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

**Girişdə** dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı və müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar formalaşdırılıb.

**Birinci fəsilə** sintetik çuqunun induksiya sobasında əridilmə texnologiyası haqqında olan müddəalara baxılmış, daxili və xarici ədəbiyyatların icmalı aparılmışdır.

Qeyd edilmişdir ki, polad və çuqun yonqarları, qırıntılar və tullantılar, yüksək keyfiyyətli sintetik çuqun əritmək üçün prespektiv materialdır. Burada domna çuqunlarından istifadə etmək olmaz, bu çuqunlar “irsi” xassəli olduğu üçün, əridilən çuqunun keyfiyyətini aşağı salır.

Müəyyən olunmuşdur ki, şixtə materialının “irsi” təsirini aradan qaldırmaq üçün, çuqun ifrat qızdırılmalı, sonra isə modifikasiya edilə bilər. Müxtəlif şixtə materialı tətbiq etdikdə qrafit aşkarları müxtəlif alınır; polad yonqarı ilə əritdikdə qrafit izole edilmiş şəkildə, çuqun yonqarı ilə əritdikdə isə qrafit dentritlər arası tipli alınır [1]<sup>1</sup>.

Göstərilir ki, induksiya sobasında əridilən çuqunun mexaniki xassələri yüksək olur. Sintetik çuqunlarda perlit eynicinslidir. Termovaxtlı emal ərintini eynicinsli edir. İfrat qızmadan sonra, çuqun və polad yonqarından əridilmiş çuqunda qrafitin uzunluğu azalır, kompakt alınır, izole olur, perlitin dispersliyi artır və eynicinsli alınır. Lakin qrafit xırdalandıqca dendritlər arası qrafitin miqdarı artır. Ona görə də möhkəmlik həddi əvvəlcə artır, sonra izə azalır. Bu hal çuqunun bərkliyini monoton artırmaqla, zərbə özlülüyünə təsir etmir.

Qeyd edilir ki, nəzarətli əritmə rejimi yaratmaqla stabil xassəli və izotrop strukturlu çuqun almaq olar. Bu məqsədlə ərintini ifrat qızdırmaq, həmin temperaturda saxlamaq, saflaşdırmaq, legirləmək və modifisirləmək lazımdır.

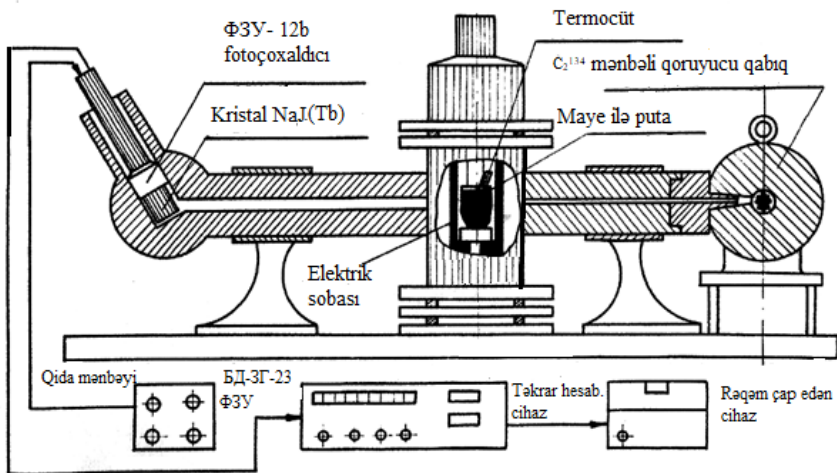
Göstərilir ki, yüksək keyfiyyətli çuqunun karbonlaşdırdıqdan sonra ərintiyə silisium vermək lazımdır. Sübut edilmişdir ki, çuqunun markasında tələb olunan silisiumun 50%-ni şixtə, 50%-ni isə 1400°C-

---

<sup>1</sup> Babanlı, M.B., Hüseyinov, B.H., Cabbarov, T.Q., Şahmarova, R.S., Əliyev, E.Ə., Yüksəkkeyfiyyətli sintetik çuqunların sıxlığı və həcmi oturmaı.

də modifisirləmə zamanı vermək lazımdır.

**İkinci fəsildə** Çuqunun maye və bərk vəziyyətdə sıxlığını təyin etmək üçün “НПО ЦНИИТМАШ” elmi-tədqiqat institutunun konstruksiya etdiyi qurğudan istifadə edilmişdir (şəkil 1). Bu qurğuda metal və ərintilərin xassələri qamma-şüalanma üsulu ilə tədqiq edilir və qurğu “Paraboloid-3” adlanır. Burada avtomatik rejimdə metalın maye və bərk halda mütləq və nisbi sıxlığı təyin edilir.



Şəkil 1. Metal və ərintilərin xassələrinin qamma-şüalanma üsulu ilə tədqiq edilməsi (“Paraboloid-3” qurğusu)

Qurğu əsas üç hissədən ibarətdir:

- qrafit qızdırıcılyükksəktemperaturlyu elektrik sobası;
- qamma-şüalanma mənbəly konteyner;
- temperaturu və şüalanmanı qeyd edən sistem.

Sobanın işçi həcmi  $300 \text{ sm}^3$ -dir. Sobada tədqiq edilən metalın temperaturunu ölçmək üçün volfram-renium termocütü yerləşdirilmişdir. İşçi həcmdə  $0,15 \text{ Pa}$  seyrəklidə vakuüm almaq olur, lakin bütün təcrübələr təsirsiz qaz mühitində (arqon) aparılır.

Şüalanma mənbəyinin aktivliyi Seziyum-37 izotopu vasitəsilə



alınır və 5,4 Ku təşkil edir. Bu üsulun bir çox üstünlükləri vardır: yüksək temperatur sahəsi yaradır, ərintinin ölçü cihazları ilə əlaqəsi yoxdur, proses tez gedir və yüksək dəqiqdir.

Ərinti ilə dolu olan putadan keçən qamma-şüalarının intensivliyinin dəyişməsi ilə sıxlıq təyin edilir:

$$\Delta\rho = \rho_1 \cdot \frac{\ell n J_2}{\ell n J_1} \bigg/ \frac{J_1}{J_0},$$

burada  $\rho_1$  – başlanğıc temperaturda metalın sıxlığı, q/sm<sup>3</sup>;  $J_1$  – başlanğıc temperaturdan keçən şüaların intensivliyi, impuls/san;  $J_2$  – son temperaturda keçən şüalanma intensivliyi;  $J_0$  – metala düşən şüalanma axınının intensivliyi, impuls/san.

Sıxlığın ölçülməsi stabil temperatur yaranandan sonra (8-10 dəq müddətində) hər 30 san-dən bir kvarts hesablayıcı vasitəsilə aparılır.

İşdə evtektik və evtektikaya qədərki çuqunların sıxlığı tədqiq edilmişdir. Çuqun azsilisiumlu şixtədən əridilmiş və tökmə temperaturu 1590°C olmuşdur.

Təcrübi ərinti aparmaq üçün kütləsi 300 q olan nümunədən istifadə edilmişdir, nümunə diametri 30 mm və uzunluğu 600 mm olan İCT-0,16 sobasında əridilmiş (1360°C) çuqun tökükdən kəsilmişdir. Şixtə materialı elə hesablanmışdır ki, tərkibdə karbonun miqdarı 3,5%, silisiumun miqdarı isə dəyişən, yəni 0,75÷2,5% həddində olsun. Nümunə “Paraboloid-3” qurğusunda əridildikdən sonra termovaxt emal keçirilmişdir [2]<sup>2</sup>.

Metal qurğuda 1590°C temperatura qədər 7 k/dəq sürəti ilə ifrat qızdırılmışdır: bu temperaturda 5 dəq saxladıqdan sonra həmin sürətlə 1400°C-ə qədər soyudulmuşdur. Bundan sonra, ərintiyə qatqı şəklində ferrosilisium  $\Phi$ C75 verilmişdir. Bu qatqının miqdarı o qədər olmuşdur ki, silisiumun miqdarı 1,5% alınsın, 5-10 dəq saxladıqdan sonra həmin sürətlə otaq temperaturuna qədər soyudulmuşdur.

Termovaxt emalın təsirini aşkar etmək üçün həmin üsulla ikinci dəfə əritmə aparılmışdır (1440°C), bu temperaturda saxlama müd-

---

<sup>2</sup> Babanlı, M.B., Hüseyinov, B.H., Cabbarov, T.Q., Şahmarova, R.S., Austenit – beynit çevrilməsinin temperatur rejimləri

dəti 15 dəq olmuşdur.

Çuqunda kimyəvi elementlərin qatılığı “Лекo”, AH-7529, “Kvantovak-31000” cihazlarında, oksigenin miqdarı isə “Лекo” qaz-analizatorunda və “Balvers” cihazında tədqiq edilmişdir.

Dartılmada möhkəmlik həddi, bərklik, çuqunun ağarmaya meyilliliyi və mikrostrukturu standart üsullarla tədqiq edilmişdir. Riyazi hesablar EHM-da aparılmışdır. Çuqunun bərk halda sıxlığı hidrostatik çəki üsulu ilə təyin edilmişdir.

Tədqiqatın aparılmasında qarşıya qoyulan məsələlər, yüksək keyfiyyətli çuqunu əritdikdə azsilisiumlu şixtədən istifadəni, kompleks modifisirləməni və sənayedə tətbiq edilən cihazlarda çuqunun yüksək xassələrinin təmin olunmasını nəzərdə tutur.

Azsilisiumlu şixtədən əritmə apardıqda aşağıdakı materillardan istifadə edilmişdir: polad və çuqun qırıntıları, istehsal tullantıları, fer-roərintilər (ФC45, ФC75, ФMn75). Ərintini karbonlaşdırmaq üçün grafitləşdirilmiş elektrod qırıntılarından (marka ЭГ-O), modifisirləmədə kompleks modifikatorlar KM-1, KM-2 və liqaturlar (NTM tərkibli) tətbiq edilmişdir.

Çuqun həm induksiya sobasında (ИЧТ-2,5), həm də qövslü elektrik sobasında (ДСП-3 turş hörgülü) aparılmışdır. Kimyəvi elementlərin qatılığı “Лекo”, FY-7529, “Kvantovak-31000” cihazlarında təyin edilmişdir.

Sınaq nümunələrindən mikro və makroşliflər hazırlanmışdır. Töküyün mikrostrukturu aşılınmış və aşılınmamış vəziyyətdə NEOFOT-21 mikroskopunda öyrənilmişdir.

İstismar xassələrinin əsas göstəricisi – yeyilməyə davamlılığı təyin etmək üçün tökükdən 5×25×500 mm ölçüsündə nümunələr kəsilmişdir. Ölçmələr yüksəksürətli yeyilmədə istifadə edilən “Nippon elektrik industry” firmasının SL-06 tipli cihazında aparılmışdır.

Çuqunun ağarmağa meyilliliyini təyin etmək üçün ölçüləri 20×50×110 mm sınaq nümunəsi tökülmüşdür. Töküyün müxtəlif divar qalınlığının ağarmaya təsiri pilləvari sınaq nümunəsində tədqiq edilmişdir.

**Üçüncü fəsil**də yüksək keyfiyyətli çuqunun alınması üçün şix-

tə materialının seçilməsi aparılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, aşqarlar ərintinin fiziki-kimyəvi vəziyyətinə təsir etməkdə onun struktur və xassələrinin dəyişməsinə səbəb olur. Deməli aşqarlardan daha təmiz olan polad qırıntılardan istifadə etməklə yüksək keyfiyyətli sintetik çuqun almaq lazımdır. Sintetik çuqunun əridilməsində isə ən vacib proseslərdən biri maye metalın karbonlaşdırılmasıdır.

Müəyyən edilmişdir ki, karbonun maye dəmirdə həll olması müəyyən mərhələlərlə keçir: əvvəlcə bərk karbon hissəciklərinin səthindən onun bazis müstəvilərinin paketləri ayrılır və mayədə həll olur, sonra isə karbon atomları məhlulda diffuziya edir. Güman edilir ki, karbonun dəmirdə həll olması, dəmir atomlarının bazis müstəvilərinin arasına daxil olmaqla baş verir. Karbonun sonrakı həll olması temperatur və vaxtdan asılıdır [3]<sup>3</sup>.

Tədqiqatların nəticəsi göstərir ki, metalın temperaturu nə qədər yüksək, karbonlaşdırıcının dispersliliyi nə qədər çox olarsa, karbonlaşma bir o qədər sürətli olacaqdır.

Karbonlaşma prosesinin getməsi üçün metalın temperaturu 1400°C-dən yuxarı olmalıdır. Sintetik çuqunların əridilməsində kimyəvi tərkib, yüksək temperatur və bu temperaturda saxlama müddəti arasında müəyyən asılılıq olmalıdır (termovaxt emal). Təcrübələr göstərir ki, sintetik çuqun ərintisində hər bir faiz silisium, karbonun həll olmasını 4 – 5% azaldır. Ona görə də sintetik çuqunu karbonlaşdırdıqdan sonra ərintiyə silisium vermək lazımdır.

Bizim tədqiqatların nəticələri göstərir ki, yüksək keyfiyyətli sintetik çuqunun alınmasında mühüm əhəmiyyət kəsb edən amillərdən biri də silisiumun ərintiyə nə vaxt və nə qədər verilməsidir [4]<sup>4</sup>.

Sübut edilmişdir ki, çuqunun markasında tələb edilən silisiumun 50%-ni şixtə ilə, 50%-ni isə 1400°C-də modifisirləmə zamanı vermək lazımdır. Nəticədə, belə məlum olur ki, karbonlaşma prose-

---

<sup>3</sup> Cabbarov, T.Q., Aslanov, C.N., Şahmarova, R.S., Saturation of glass particles with metal during sintering of a composite material of the iron- cast iron-glass system.

<sup>4</sup> Hüseynov, B.H. Nəzarətli əritmə üsulunun sintetik çuqunun oturmasına təsirinin araşdırılması.

sinə təsir edən amillər olduqca çoxdur və keyfiyyətli çuqun almaq üçün prosesi mütləq nəzarətli aparmaq lazımdır.

Nəzarətli əritməni aparmaqda məqsəd lazımı hissələrin hazırlanması üçün texnoloji rejim tərtib etməkdir. Təcrübi əritmələr gəmi təmiri zavodlarında və başqa tökmə sexlərində İÇT-1,0 induksiya və DSP-0,5 qövslü elektrik sobalarında aparılmışdır. Şixtə materialına polad qırıntılar və istehsalat tullantıları, ferroərintilər (FS75, FMn75) daxil edilmişdir.

Ərintini karbonlaşdırmaq üçün GQ-O markalı (50±10) mm ölçüsünə qədər xırdalanmış qrafitləşdirilmiş elektrodan istifadə edilmişdir. Kimyəvi tərkib “AH-7529” və “Kvantovax-31000” cihazlarında, maye çuqunun temperaturu isə optik pirometrlə təyin edilmişdir. Əritmə prosesi induksiya sobasında aparıldıqda şixtə materialının 50%-ni maye çuqun (bolota), qövslü sobada əridildikdə isə şixtə materialının tərkibində silisiumun miqdarı tələb olunan miqdarın 50%-ni təşkil etmişdir. Sobada maye ərinti 1450 – 1460°C-də 10 dəq müddətində termovaxt emala uğradılmışdır.

Silisiumun kimyəvi tərkibə çatdırılması modifisirləmə vaxtı 1400°C-də aparılmışdır. Əritmənin nəzarət edilən parametrləri evtektiklik dərəcəsi ( $S_{evt}$ ), silisiumun karbona olan nisbətindən ( $Si/C$ ), şixtə materialındakı silisiumun və habelə kimyəvi tərkibə çatdırma zamanı verilən silisiumun miqdarından ibarətdir.

Sintetik çuqunun mexanixi xassələrini və strukturunu tədqiq etmək üçün hər əritmədən standart nümunələr ( $d=30$  mm və  $l=600$  mm) tökülmüşdür. Möhkəmlik xassələri standart üsullarla təyin edilmiş, çuqunun strukturu isə aşılardan əvvəl və sonra MİM-7 mikroskopunda öyrənilmiş, kimyəvi analizlərin nəticələri, çuqunun xassələri və nəzarət olunan parametrlər cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəldən görünür ki, eyni evtektiklik dərəcəsinə malik çuqunların xassələri müxtəlif qiymətə malikdir. Buna səbəb nəzarət olunan parametrlərin müxtəlifliyidir. Silisium nə vaxt və hansı temperaturda nə qədər verilməsindən,  $Si/C$  nisbətindən, manqanın 0,1 – 0,2% artıq götürülməsindən asılı olaraq sıxlığın və möhkəmlik xassələrinin qiyməti artmışdır.

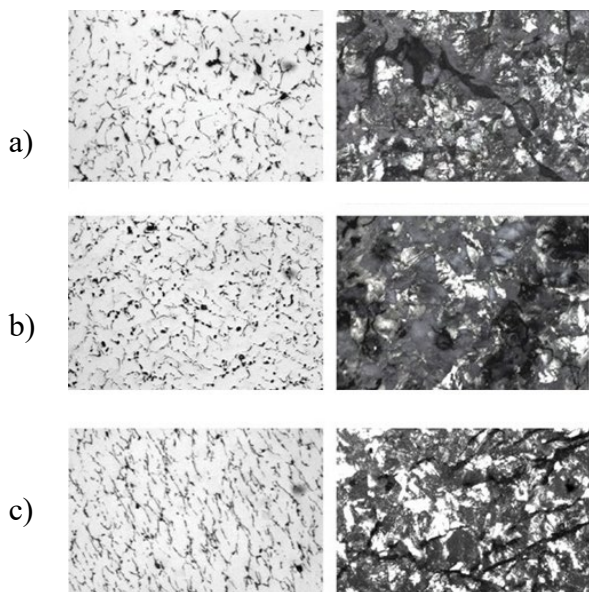
**Cədvəl 1**

**Sintetik çuqun ərintilərinin kimyəvi tərkibi, xassələri və nəzarət olunan parametrlər**

Ərinti №	Kimyəvi tərkib			Parametrlər				Sıxlıq $\rho$ , q/sm <sup>3</sup>	Bərklik HB	Möhkəmlik $\sigma_{möh}$ , MPa	Həcmi oturma $\alpha$ , %
	C	Mn	Si	S <sub>əvt</sub>	Si/C	Si (şixtədə)	Si (çatdırmada)				
İlkin adi çuqun	3,01	0,72	2,10	0,80	0,63	1,95	0,15	7,0	150	200	0,7
İlkin sintetik çuqun	3,00	0,70	2,05	0,80	0,63	1,80	0,25	7,10	180	250	0,8
1	2,88	0,95	2,20	0,80	0,70	1,10	1,10	7,30	240	300	–
2	2,85	0,92	2,00	0,80	0,70	1,00	1,00	7,32	240	300	–
3	2,88	0,90	1,80	0,81	0,61	0,90	0,90	7,31	240	300	–
4	2,92	0,91	2,05	0,80	0,70	1,00	1,00	7,30	240	300	–
5	3,02	0,85	1,79	0,80	0,60	1,04	0,90	7,32	240	300	–
6	2,40	0,95	2,08	0,69	0,81	1,01	1,04	7,35	250	350	0,2
7	2,69	0,85	2,03	0,75	0,78	1,10	1,02	7,35	245	320	–
8	2,70	0,74	2,20	0,74	0,80	1,05	1,10	7,35	245	320	–
9	2,44	0,78	2,10	0,69	0,85	1,95	1,05	7,34	250	350	–

Nəzarətli əritmə çuqunun strukturuna da müsbət təsir etmişdir. Metalın əsas özəyi dispers perlitdən və izolə olmuş kompakt qrafitdən ibarətdir. Perlitin dispersliyi 0,8 mkm-dən 0,1–0,2 mkm qədər artmışdır. Qrafit aşqarlarının ölçüsü 20–30 mkm-ə enmişdir (şəkil 2). Tədqiqatın nəticələrinə əsasən texnoloji rejim tərtib edilmiş və istehsalatda tətbiq edilmişdir.

Beləliklə, nəzarətli əritmə üsulu ilə eyni evtektiklik dərəcəli çuqunun xassələrini və strukturunu yaxşılaşdırmaq mümkün olmuşdur.



Şəkil 2. Eyni evtetiklik dərəcəli çuqunların mikrostrukturları,  $\times 100$ :  
*a* – ilkin adi çuqun (CЧ20); *b* – ilkin sintetik çuqun (CЧ25);  
*c* – nəzarətli əridilmiş sintetik çuqun (CЧ35)

Maye çuqunun qəlibdə kristallaşma və otaq temperaturuna qədər soyuması zamanı töküyün həcmi və xətti ölçüləri dəyişir. Soyuma mərhələlərindən asılı olaraq bu ölçülər ya azalır (oturma), yaxud da arta bilər (genişlənmə). Aqreqat vəziyyətindən asılı olaraq oturma, maye ərintinin bərkiməsi zamanı və bərkimədən sonrakı oturmalarından ibarətdir. Bunlardan ən mürəkkəbi çuqunun bərk-maye vəziyyətindəki oturmasıdır. Bu oturmaya termiki amillər, faza çevrilmələri, qazların xaric olması, qrafitləşmə və s. proseslər təsir edir. Maye çuqunun oturmaya təsir edən amillərdən ən vacibi bərkimə zamanı qazların xaric olması və karbonun qrafit formasında ayrılmasıdır. Bu amillər çuqunun həcmi ya azaldır və yaxud da artırabilir.

Çuqunun növündən asılı olaraq oturma əmsallarının qiyməti dəyişir. Belə ki, boz çuqunlar üçün xətti oturma əmsalının qiyməti (0,9–1,0)%, ağ çuqunlar üçün (1,6–2,3)% və s. hədlərdədir. Məlum

olmuşdur ki, strukturda karbon ilə dəmirin kimyəvi birləşmə miqdarı artdıqca, oturma əmsalının qiyməti də artır və poladın oturma əmsalına yaxınlaşır [5]<sup>5</sup>. Tökükdə oturma boşluğunun alınmasının qarşısı almaq üçün qyulan əlavəliyin tətbiqi maye metalın 10–15% faydasız sərfinə səbəb olur. Bu baxımdan, çuqun töküklərində oturma boşluğunun alınmaması üçün tədbirlərin araşdırılması aktual məsələlərdən biridir.

Məlumdur ki, töküklərdə oturma boşluğu maye ərintinin kristallaşması zamanı (bərk-maye mərhələsində) yaranır. Əgər bu mərhələdə qrafitləşmə prosesi tənzim edilərsə, genişlənmə hesabına oturma sifra endirmək olar. Maye metalda həcmi genişlənmə artdıqca oturma boşluğunun həcmi azalır. Həcmi oturmaya eyni zamanda metalın tərkibi, temperaturu, evtektiklik dərəcəsi, karbon ekvivalenti, silisiumun karbona olan nisbəti, silisiumun metala nə vaxt nə qədər verilməsi kimi parametrlər də təsir edir. Bunun nəticəsində tökükdə oturma boşluğu ya arta və yaxud da azalıb sifra enə bilər [2, s.263-266].

Qeyd etmək lazımdır ki, metalın maye vəziyyətinin, temperaturunun və silisiumun nə vaxt nə qədər verilməsinin oturma boşluğunun həcminə təsiri, ümumiyyətlə, az öyrənilmişdir. Təkcə bu məlumdur ki, çuqunun markası artdıqca və karbon ekvivalenti azaldıqca oturma boşluğunun həcmi artır. Aparılan tədqiqat nəticələri göstərir ki, eyni evtektiklik dərəcəsinə malik olan, nəzarətli əritmə üsulu ilə alınmış sintetik çuqunun markaları bir neçə pillə fərqlənirlər [6, s.5]. Nəzarətli əritmə ilə alınmış bu çuqunların həcmi oturma (0,7–0,8)%-dən 0,2%-ə enmiş, hətta sıfır qiymətli olmuşlar. Onların sıxlığı isə 7,3–7,35 q/sm<sup>3</sup> təşkil etmişdir. Nəzarətli əritmə üsulunun mahiyyətindən görünür ki, yüksəkkeyfiyyətli sintetik çuqun almaq üçün şixtə materialının əridilməsindən başlamış, axırda qəlibə tökülməsinə qədər olan bütün prosesləri izləmək və həmin proseslərə təsir etmək lazımdır. Bu təsir sahələri aşağıdakılardır:

1. Şixtə materialının tərkibi;
2. Materialın əridilməsi, maye ərintinin termovaxt emalı, modifisirləmə;

---

<sup>5</sup> Şahmarova, R.S., Obtaining Of High Quality Synthetic Cast Iron.

3. Ərintinin fiziki vəziyyətinin kristallaşma prosesinə, çuqunun struktur və xassələrinə təsiri və s.

NPO ÜNİİTMAŞ-da «Paraboloid-3» cihazında qamma-şüalanmadan istifadə etməklə sintetik çuqun ərintisinin 1020–1590°C temperatur həddində sıxlığı tədqiq edilmiş və aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1. Çuqunu yüksək sıxlıqlı almaq üçün şixtədə silisiumun miqdarını məhdudlaşdırmaq və tərkibə çatdırmaq üçün onu ərintiyə modifisirləmə zamanı vermək lazımdır.

2. Homogen tərkib almaq üçün ərintini 1430-1450°C 15dəq müddətində termovaxt emal etmək lazımdır.

Metala qənaət üçün sintetik çuqunların əridilməsində ərintinin bircinsli alınması üçün onu temovaxt emal edirlər. Bunun nəticəsində ərintinin maye vəziyyəti dəyişir, qrafit aşqarların ölçüləri xırdalanır və perlitin dispersliyi artır [6]<sup>6</sup>.

Beləliklə, şixtədə silisiumun miqdarını azaltmaq, sonra isə çatışmayan silisiumu ərintiyə modifisirləmə zamanı vermək lazımdır. Silisiumun şixtədəki miqdarı və sonradan əlavə verilən silisiumun miqdarından asılı olaraq onun karbona olan nisbətinin çuqunun struktur və xassələrinə təsirinin tədqiqi aktual olaraq hələ də qalır. Tədqiqat obyektini kimi evtektiklik dərəcəsi (şəkil 3).  $0,7 \div 1$  olan lövhəli boz çuqun olmuşdur.

Silisiumun karbona olan nisbətinin çuqunun sıxlığına təsiri tədqiq edildikdə, eyni zamanda silisiumun tərkibə çatdırma əmsalını da nəzərə almaq lazımdır:

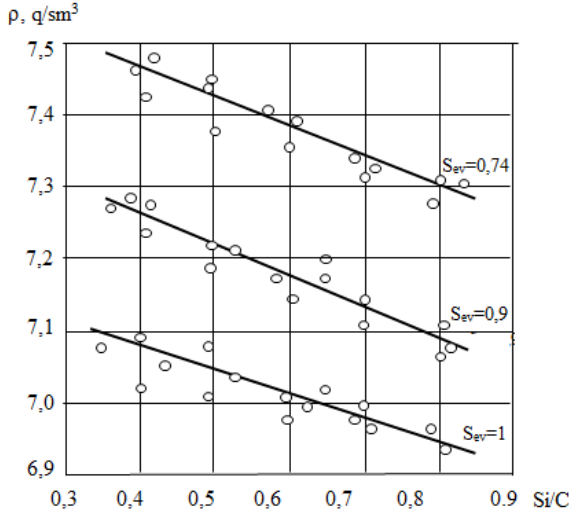
$$K = Si_{\text{şix.}} / Si_{\text{tərk.}}$$

Yüksəkkeyfiyyətli sintetik çuqun almaq üçün «K» əmsalının qiymətini (0,8-1,2) həddində, evtektiklik dərəcəsini (0,74-0,8) həddində və silisiumun karbona olan nisbətini (0,6-0,7) həddində saxlamaq lazımdır.

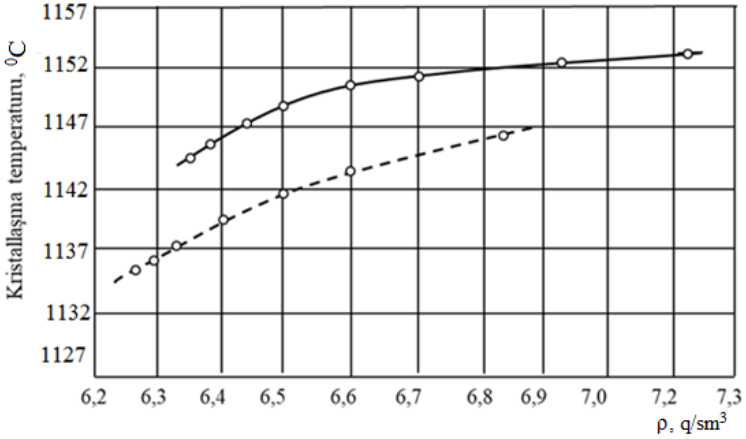
---

<sup>6</sup> Гусейнов., Б. Г., Алиев, Э. А., Гафаров Н.А., Бабанлы, М. Б. Чугунный литой шар для мельницы.





Şəkil 3. Sintetik çuqunun sıxlığının evtektik dərəcəsi və silisiumun karbona nisbətindən asılılıq qrafiki



Şəkil 4. Ərintinin sıxlığından asılı olaraq müxtəlif ifrat qızdırılmış çuqunların kristallaşmasının başlanğıc temperaturlarının dəyişməsi:

- — ifratqızma temperaturu 1440°C;
- — ifratqızma temperaturu 1410°C

1440°C-ə qədər ifrat qızdırılmış çuqunlarda evtektikanın kristallaşmasının əvvəl və son 1410°C-ə qədər (şəkil 4) qızdırılmış çuqunlarla müqaisədə temperaturları yüksəkdir. Bu, göstərir ki, ifrat-qızma kristallaşma temperaturuna təsir edir.

Kimyəvi tərkibdən başqa korroziyaya davamlılığa çuqunun sıxlığı da təsir edir. Dəqiqləşdirilmişdir ki, çuqunun sıxlığı artdıqca, onun korroziya dözümlülüyü artır. Burada perlit strukturu daha əlverişli hesab edilir, ferrit strukturuna nisbətən perlitdə boşluqlar, qeyri-metal aşqarlar olmadıqda, oksigenin metalın dərinliyinə keçməsi çətinləşir. Bu problemin həllində əsas məqsəd yeni texnologiya ilə hazırlanan sintetik çuqunun lazımı mexaniki xassələrin təmin etməsinə nail olmaq, hal-hazırda istifadə olunan “nirezist” çuqunun tərkibində olan qiymətli legirleyici elementlərin istifadəsini ümumiyyətlə ləğv etmək, mövcud istehsal prosesində heç bir dəyişiklik etmədən məhsulun maya dəyərini 3 – 5 dəfə azaltmaqdır [7]<sup>7</sup>.

Texnoloji parametrləri istehsalatda optimallaşdırmaq məqsədi ilə müxtəlif tərkibə və texnoloji ardıcılılığa malik 6 eksperimental ərinti aparılmışdır. Ərintilər xüsusi texnoloji rejimlərə riayət etməklə Bakı “Dalma nasoslari” istehsalatı və kirayəçi eksperimental istehsalat müəssisəsinin tökmə sexində hal-hazırda istifadə edilən IST-0,16 induksiya sobasında aparılmış, kompleks modifikatorlarla modifisirlənmişdir. Qəliblər qum-gil materiallardan hazırlanmış və hər birində 8 ədəd “istiqaşmätlendirici aparat” olan qəliblərdə tökülmüşdür. Əritmə prosesinin əsas mərhələsində 1450°C temperaturda sintetik çuqunun emalı aparıldıqdan sonra tam bişirilmiş çuqun 1400°C temperaturda çalova tökülür. Tökmə prosesini aparan zaman çalova ölçüləri 3 – 5 mm olan ferrosilisiyum (ФС 75) verilir. Qeyd etdiyimiz kimi, tədqiqat işinin metodikası yeni texnologiyanın tətbiqi ilə əritmə və tökmə proseslərini nəzarətdə saxlayaraq modifisirləşməni özündə birləşdirir. Alınan nəticələr cədvəl 2 və 3-də verilmişdir.

YKÇ-dan hazırlanmış “istiqaşmätlendirici aparat”ın struktur quruluşu şəkil 5-də verilmişdir.

---

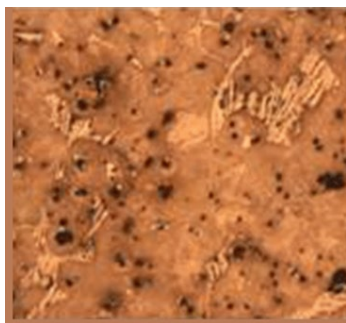
<sup>7</sup> Şahmarova, R.S., İfrat qızdırılmış çuqunlarda sıxlığın evtektik kristallaşma temperaturuna təsiri.

**Cədvəl 2**  
Nirezist və sintetik çuqunun tərkibi və sıxlığı

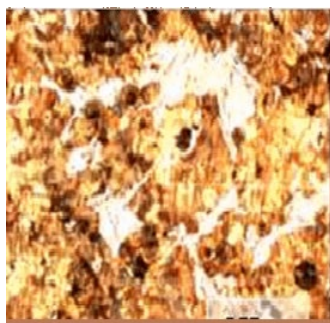
Ərintinin №-si	Çuqunun kimyəvi tərkibi								Sıxlıq, q/sm <sup>3</sup>
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	
Nir.çuqun	3,7	1,6	0,94	0,04	0,03	0,8	11,1	5,0	7,3
1	3,01	2,53	0,24	0,02	0,02	0,1	0,5	0,25	7,37
2	3,43	2,66	0,32	0,03	0,02	0,11	0,15	0,25	7,22
3	3,21	2,48	0,54	0,01	0,02	0,16	0,77	0,18	7,31
4	3,03	2,17	0,15	0,025	0,045	0,008	0,47	0,15	7,15
5	3,47	2,35	0,21	0,007	0,005	0,05	0,43	0,2	7,11
6	3,4	2,36	0,252	0,019	0,077	0,125	0,775	0,21	7,32

**Cədvəl 3**  
Nirezist və sintetik çuqunun bəzi xarakteristik göstəriciləri

Ərintinin №-si	$\sigma_m$ , MPa	Bərklik, HB	Nisbi yeyilmə, qr	Struktur
Nir.çuqun	300	120	0,016	F + P + A + dənəli qrafit
1	400	260	0,004	Dispers perlit + qrafit
2	250	180	0,014	Perlit + lövhəli qrafit
3	300	210	0,011	Ferrit + lövhəli qrafit
4	220	150	0,017	Ferrit + perlit + qrafit
5	220	150	0,018	Ferrit + perlit + qrafit
6	300	210	0,012	Ferrit + perlit + qrafit



a



b

**Şəkil 5. “İstiqamətləndirici aparat”ın mikrostrukturunu**

- a) Qrafitin paylanması (aşılanmamış şlif) x100  
b) Matrisa (aşılanmış şlif) x200

**Dördüncü fəsildə** yüksək keyfiyyətli çuqunların struktur və xassələrinə termiki emal proseslərinin təsirinə baxılmışdır. Nəzarətli əritmə üsulu ilə hazırlanmış yüksəkkeyfiyyətli sintetik çuqunların sənayedə tətbiqi, termiki emal proseslərinin yüksəkkeyfiyyətli çuqunların struktur və xassələrinə təsiri göstərilmişdir.

Yüksək keyfiyyətli çuqundan olan yayma valları normallaşdırma əməliyyatına verilmişdir (nəzarətli əritmədən sonra) [8]<sup>8</sup>. Çuqunların mikrostrukturunu dispers perlitdən və xırda lövhəli qrafitdən ibarətdir (qrafit lövhəsinin uzunluğu 30-50 mkm). Perlitin dispersliyi 0,1/0,2mm, sıxlığı isə 7,4 q/sm<sup>3</sup> təşkil edir. Normallaşdırma rejimi: 920°C-yə qədər qızdırma, 15 dəq saxlama, 750°-yə qədər havada soyutma, 100°C-yə qədər sobada qaz mühitində soyuma+havada soyutma. Termiki emaldan sonra perlit sorbit səviyyəsinə qədər disperslənmişdir. Nəticədə bərklik Brinel üzrə 290 HB olmuşdur. Strukturda sementit olmadığı üçün mexaniki emal qorunub saxlanmışdır.

Deşici alət termomexaniki emal edilmişdir. Termiki emal rejimi belədir: tablama 1050°-1100°C-də qızdırılır, sonra suda soyudulur (tablama). Otaq temperaturunda austenitin xassələri belə olmuşdur:

<sup>8</sup> Babanlı, M.B., Hüseyinov, B.H., Cabbarov, T.Q., Şahmarova, R.S., Əliyev, E.Ə., Yüksəkkeyfiyyətli çuqundan hazırlanmış yayma vallarının termiki emalı .

$\sigma_b=700$  МПа;  $\delta=35,4\%$ ; KCV=100 coul/sm<sup>2</sup>. Yeyilməyə davamlılığı artırmaq üçün, mexaniki emaldan sonra stampda soyuq halda deformasiya olmaqla pərçimləndirilir. Pərçimləmədən sonra bərklik 500/550 HB-yə qədər qalxır; möhkəmlik həddi  $\sigma_b=1500-1800$  МПа olur [9]<sup>9</sup>.

Yayma valının üzükləri termiki emal edilmişdir. Qurşaqlı valın töküyünü tablama üsulu ilə austemitleşdirirlər (Mn tərkibli austenit çuqunu). Rejim belədir: 1050–1100°C-yə qədər qızdırma + (5/10) dəq saxlama + suda tablama (soyudulmuşdur). Töküklər bundan sonra köhnəlmə əməliyyatına verilir (burada austenitdən dispers karbidlər ayrılır). Bu məqsədlə üzüklər 300° – 350°C-yə qədər qızdırılır (sobada 5 saat saxlanılır). Bu müddətdə qalıcı austenit yuxarı beynit və troostit fazalarına ayrılır. Bu çevrilmə nəticəsində səthi bərklik Brinellə görə HB450,  $\sigma_b=1000 - 1200$  МПа, zərbə özlülüyü KCV=80 coul/sm<sup>2</sup> olur [10]<sup>10</sup>.

Porşen üzükləri termiki emal edilmişdir. Tökmədən sonra normalaşdırma əməliyyatına verilir. Rejim belədir: 920°C-dək (2saat) qızdırma + bu temperaturda (4saat) saxlama + 720°C-də (2saat) soyutma + 720°C saxlama (4saat) + havada soyudulma [11]<sup>11</sup>. Normallaşdırmadan sonra mikrostrukturu dənəvari perlit (sorbitə yaxınlaşma və lövhə şəkilli perlit grafit dispers) üzüklərin elastiklik qüvvəsini ( $P_d=16-22$  kqş) səviyyədə saxlamaq üçün termofiksasiya edilir. Bu əməliyyat 600°- 620°C temperaturda aparılır: bu temperaturda 25 – 30 dəq saxlanılır və havada soyudulur. Üzüklərin materialının yeni optimal texnologiya ilə hazırlanması sıxlığın artırılmasına, yəni 7,3 q/sm<sup>3</sup> səbəb olduğu üçün elastikliyində artmasına təsəbb olmuştur. Əgər adi çuqunlarda temperatur artdıqca elastiklik qüvvəsi 500°C-dən sonra azalrsa, bu çuqunda elastiklik 600–620°C-dən sonra azalmaqla baş-

---

<sup>9</sup> . Babanlı, M.B., Hüseyinov, B.H., Cabbarov, T.Q., Şahmarova, R.S., Əliyev, E.Ə., Austenitli çuqunun termomexaniki emalı

<sup>10</sup> Qəhrəmanov, V.F., Əliyev, E.Ə., Maşayev, Ş.M., Şahmarova, R.S., Qurşaqlı yayma valının üzüklərinin termiki emalı.

<sup>11</sup> Babanlı, M.B., Hüseyinov, B.H., Cabbarov, T.Q., Şahmarova, R.S.

Термическая обработка поршневых колец, изготовленных из высококачественного синтетического чугуна.

layır. Bu hala səbəb, perlitin 600°C-dən sonra öz təşkiledicilərinə parçalanmasıdır.

Səthi ağarmış dəyirman kürələri termiki emal edilmişdir. Səthi ağarmış tökülərdə tam ağarmış səth qatı ilə özək arasında ala çuqun strukturlu aralıq zona yerləşir. Bu zonada həm qrafit, həm də sementit evtektikası kristallaşır. Tam ağarmış səthin sturukturu austenit dendritlərindən və evtektik çevrilmə sturukturundan ibarət olur. Keçid zonasının sturukturu austenit-qrafit dəstəsindən ibarətdir. Ağarmış zonada səthi bərklik 50 – 60 HRC, zərbə özlülüyü KCV=10 – 80 coul/sm<sup>2</sup>. Keçid zonasında bərklik 40 – 45 HRC, özək zonada isə 15 – 20 HRC həddindədir. Tam ağarmış zonanın makrostrukturu sementit + ledeburid keçid zonasının strukturu: austenit-qrafit evtektikasıdır. Tökük sonra tablandırılır və tabəksildir. Tablandırmadan sonra, töküyün səthində yüksək karbonlu martensit alınır. Özək hissədə isə daxili gərginlikləri çıxarma üçün tabəksiltməyə uğradılır (150 – 200<sup>0</sup>)C. Bu əməliyyatdan sonra səthdə bərklik HRC=56 – 60, özək hissədə isə HRC=25 – 15 alınır [12]<sup>12</sup>.

Ağarmış səthdən termiki emaldan sonra iri iynəvari martensit, özək hissədə isə kobud iridənəli struktur yaranır. Tabəksiltmə zamanı (2 saat müddətində) martensitdən dispers karbidlər ayrılır [13]<sup>13</sup>.

## ÜMUMİ NƏTİCƏLƏR

1. Yüksək keyfiyyətli çuqun əritmək üçün metal tullantılarına üstünlük verilmişdir. Domna çuqunlarından istifadə edilməməsinin əsas səbəbi bu çuqunların irsi xassəli olub, əridilən çuqunun keyfiyyətinin aşağı salmasıdır. Çuqun əritmədə strukturun formalaşmasında kimyəvi tərkibin əsas rol oynadığı aşkarlanmışdır. Yüksək keyfiyyətli çuqunun alınmasında şixtə materialının düzgün seçilməsi əsas şərtlərdən biri kimi qəbul edilmişdir. Strukturların və xassələrin fərqli

---

<sup>12</sup> Şahmarova, R.S., Высококачественные мельницы из синтетического чугуна.

<sup>13</sup> Qəhrəmanov, V.F., Əliyev, E.Ə., Maşayev, Ş.M., Şahmarova, R.S. Yüksək keyfiyyətli çuqunlardan hazırlanmış səthi ağarmış dəyirman kürələri .

xarakter daşması tərkibdə müxtəlif mikroaşqarların olması ilə izah olunur

2. Alınan çuqunun tərkibində karbonun mənimsənilmə dərəcə-sini artırmaq üçün, maye çuquna verilən silisiumu karbonlaşdırma prosesindən sonra verilməsi müəyyənləşdirilmişdir. Aşqarlanmışdır ki, sintetik çuqun ərintisində hər bir faiz silisium, karbonun həll ol-masını 4 - 5% azalmasına gətirib çıxarır.

3. Müəyyən edilmişdir ki, şixtə materialının irsi təsirini aradan qaldırmaq üçün maye çuqun ifrat qızdırmalı, sonra isə modifisirlən-məlidir. Əritmə vaxtı şixtə materialının xoşagəlməz “irsi” xassələrini aradan qaldırmaq üçün maye çuqunu yüksəktemperaturlu emal pro-sesinə uğratmaq lazımdır. Yüksək temperaturlu ifratqızma və ərinti-nin homogenləşdirilməsi yüksək keyfiyyətli töküyün alınması üçün əsas göstəricidir. Beləliklə, temperatur artdıqda karbonun metalda həll olması və bərabər paylanması sürətlənmişdir. Belə emal pro-se-sində ərinti qeyri-metal aşqarlardan və qazlardan təmizlənilir.

4. Əridici sobada çuqun qırıntılarını əritdikdən sonra, polad qı-rıntıların verilməsi ən optimal variant sayılmışdır. Şixtə materialının seçilməsi və əritməyə hazırlanması, onun homogenləşdirilməsi, saf-laşdırılması, modifikasiya edilməsi, legirlənməsi, optimal tökmə tem-peraturunun seçilməsi və uyğun tökmə sürətinin təyin edilməsi və s. yüksəkkeyfiyyətli çuqunun alınmasının əsas şərtləri hesab edilmişdir.

5. Müəyyən edilmişdir ki, bircinsli perlit strukturlu sintetik çuqunda ifrat qızma temperaturunu artırdıqda adi çuquna nisbətən perlitin dispersliyi artır. Perlitin dispersliyi 1400°C-dən sonra daha yüksək olur, nümunənin en kəsiyi boyunca perlit bircins paylanır. Çuqunun bircinsliliyini artırmaq üçün termovaxtılı emal və keyfiyyət-li şixtə materialından istifadə edilmişdir. Bircinslilik yüksəldikcə if-rat soyumaya meyillilik artmışdır. Bu zaman, ifrat soyuma dərəcəsi artdıqca evtektik kristallaşmanın başlanğıc və son temperaturları aş-ağ düşür, interval daralır, nəticədə qrafit kristalları dispersləşir.

6. Təyin edilmişdir ki, ifrat qızma temperaturu yüksək, modifi-sirləmə temperaturu isə aşağı olmalıdır. Ifratqızma zamanı kristal mərkəzlərinin sayı azalır, ifrat soyuma dərəcəsi artır, çuqunun ağar-maya meyilliyi yüksəldir, qrafitin forması və paylanması passivləşir

və mexaniki xassələr azalır. Ona görə də yüksəkkeyfiyyətli ərinti almaq üçün əsas şərtlərdən biri çuqunun modifisirləşdirilməsidir.

7. Nəzarətli əritmə rejimi yaratmaqla stabil xassəli və izotop strukturlu çuqun almaq olar. Bu məqsədlə ərintini ifrat qızdırmaq, həmin temperaturda saxlamaqla saflaşdırmaq, legirləmək və modifisirləmək lazımdır.

8. Göstərilmişdir ki, maye metal karbonlaşdırılmalıdır. Karbonlaşmanın sürəti metalın temperaturundan və karbürizatorun dispersliyindən çox asılıdır. Metalın temperaturu nə qədər yüksək karbürizatorun dispersliyi nə qədər çox olarsa karbonlaşma bir o qədər sürətlə gedər. Bu prosesin rahat getməsi üçün metalın temperaturu 1400°C -dən yuxarı olmalıdır.

9. Yüksək keyfiyyətli sintetik çuqunda karbürizatorun karbonun mənimsənilməsi əritmə vaxtından, karbürizatorun verilmə üsulundan və yerindən asılıdır. Karbürizatorun karbonun mənimsənilməsini artırmaq üçün ferrosilisiyum metala karbonlaşdırma prosesindən sonra verilməsi müəyyən edilmişdir.

10. Yüksək keyfiyyətli sintetik çuqunun alınmasında mühüm əhəmiyyət kəsb edən amillərdən biri də silisiyumun ərintiyə nə vaxt və nə qədər verilməsidir. Sübut edilmişdir ki, çuqunun markasında tələb edilən silisiyumun 50%-ni şıxtə ilə, 50%-ni isə 1400°C-də modifi-sirləmə zamanı vermək lazımdır. Beləliklə, belə məlum olur ki, karbonlaşma prosesinə təsir edən amillər olduqca çoxdur və keyfiyyətli çuqun almaq üçün prosesi mütləq nəzarət altında aparmaq lazımdır.

### **Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı işlərdə çap olunub:**

1. Babanlı, M.B., Hüseynov, B.H., Cabbarov, T.Q., Şahmarova, R.S., Əliyev, E.Ə., Yüksəkkeyfiyyətli sintetik çuqunların sıxlığı və həcmi oturması. ADNSU//Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərin Xəbərləri, Cild 19 №1(105) 2017, s. 61-68.
2. Babanlı, M.B., Hüseynov, B.H., Həbibov, İ.Ə., Cabbarov, T.Q., Şahmarova, R.S., Maqnitsiz çuqun və onun alınma üsulu //



- Azərbaycan Respublikası Əqli Mülkiyyət Agentliyi Patent və Əmtəə Nişanları Mərkəzi, a20170122, Bülleten № 6, 30.08.2019.
3. Qəhrəmanov, V.F., Əliyev, E.Ə., Maşayev, Ş.M., Şahmarova, R.S., Yüksək keyfiyyətli çuqunlardan hazırlanmış səthi ağarmış dəyirman kurləri // Azərbaycan Texniki Universiteti Azərbaycan xalqının Ümummilli Lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 94-cü ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və elmi innovasiyalar” mövzusunda respublika elmi-texniki konfransının materialları, Bakı 2017, s. 156-159 .
  4. Qəhrəmanov, V.F., Əliyev, E.Ə., Maşayev, Ş.M., Şahmarova, R.S., Qurşaqılı yayma valının üzüklərinin termiki emalı // Azərbaycan Texniki Universiteti “Metallurqiya və materialşünaslığın problemləri” mövzusunda 2-ci Beynəlxalq Elmi-texniki konfransın materialları, Bakı 2017, s. 93-96.
  5. Babanlı, M.B., Hüseyinov, B.H., Cabbarov, T.Q., Şahmarova, R.S., Əliyev, E.Ə., Austenitli çuqunun termomexaniki emal //ADNSU Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərin Xəbərləri, Cild20 №2(112)2018, s. 45-50.
  6. Babanlı, M.B., Hüseyinov, B.H., Cabbarov, T.Q., Şahmarova, R.S., Əliyev, E.Ə., Yüksəkkeyfiyyətli çuqundan hazırlanmış yayma vallarının termiki emalı // ADNSU Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərin Xəbərləri, Cild 21 №1(117) 2019, s.57-60.
  7. Babanlı, M.B., Hüseyinov, B.H., Cabbarov, T.Q., Şahmarova, Austenit – beynit çevrilməsinin temperatur rejimləri // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, Cild 11, №3, 2019, s. 94 -97.
  8. Babanlı, M.B., Hüseyinov, B.H., Cabbarov, T.Q., Şahmarova, Термическая обработка поршневых колец, изготовленных из высококачественного синтетического чугуна. Научный журнал «Молодой вчений» №3 (67) березень 2019 р.с. 6-11.
  9. Şahmarova, R.S., Высококачественные мельницы из синтетического чугуна // «Наука и Просвещение» Сборник - статей X Медународной научно – практической конференции – составшейся 20 июня 2020 г.В Г.Пенза, с. 34-37.

10. Şahmarova, R.S., İfrat qızdırılmış çuqunlarda sıxlığın evtektik kristallaşma temperaturuna təsiri // ADNSU Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərin Xəbərləri, Cild 22, №5 (2020), s.52-54 .
11. Cabbarov, T.Q., Aslanov, C.N., Şahmarova, R.S., Saturation of glass particles with metal during sintering of a composite material of the iron- cast iron- glass system // “EVREKA: Physics and engineering” Volume1(32), 2021. ISSN 2461-4254, c. 106-112.
12. Şahmarova, R.S., Obtaining Of High Quality Synthetic Cast Iron // Black Sea Scientific Journal Of Academic Research Volume 59 Issue 02 2021, Issn: 1987 - 6521, E – Issn: 2346 – 7541, c.13-19.

### **Çap olunmuş əsərlərdə müəllifin şəxsi iştirakı:**

[9,10,12] sayılı işlər müəllif tərəfindən müstəqil yerinə yetirilmişdir.

[1,2,3,4,5,6] sayılı işlər müəlliflər tərəfindən bərabər yerinə yetirilmişdir.

[7] sayılı işdə iddiaçı məsələnin qoyuluşunu, nəzəri araşdırmaları və eksperimental tədqiqatların aparılmasını yerinə yetirmişdir.

[8] sayılı işdə iddiaçı məsələnin qoyuluşunu, nəzəri tədqiqatları və məqalənin tərtibini yerinə yetirmişdir.

[11] sayılı işdə iddiaçı nəzəri və eksperimental tədqiqatları aparmışdır.

Dissertasiyanın müdafiəsi 28 oktyabr 2022-ci il tarixində saat 13<sup>00</sup> da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.02 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1010, Bakı, Azadlıq prospekti, 20. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, əsas bina, otaq 250

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

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 27 oktyabr 2022-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: \_\_.\_\_.2022

Kağızın formatı: A5

Həcm: \_\_\_\_\_

Tiraj: 100

