

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

BİRBAŞA REDUKSIYAETMƏ YOLU İLƏ DƏMİR FİLİZİ KÜNDƏLƏRİNİN ALINMASINDA SƏMƏRƏLİLİYİN ARTIRILMASI ÜSULLARI

İxtisas: 3315.01 – “Metallurgiya texnologiyası”
Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Lalə Hacıağa qızı Əzimova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2026

Dissertasiya işi Azərbaycan Texniki Universitetinin “Metallurgiya və materiallar texnologiyası” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: texnika elmlər namizədi, professor
Rəhim İzzət oğlu Şükürov

Rəsmi opponentlər: texnika elmlər doktoru
Ramin İsmətbəy oğlu Kərimov

texnika elmlər doktoru, professor
Vaqif Abbas oğlu Abbasov

texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Telman İmran oğlu Aslanov

Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.52 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri: texnika elmləri doktoru, professor



Sübhan Nadir oğlu Namazov

Dissertasiya şurasının
elmi katibi:



texnika elmləri doktoru, professor

Bəyalı Bəhcət oğlu Əhmədov

Elmi seminarın sədri:



texnika elmləri doktoru, professor

Arif Tapdıq oğlu Məmmədov

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Azərbaycan Respublikasının iqtisadi və sosial inkişafının əsas istiqamətləri qara metallurgiya sənayesində mütərəqqi elmi-texniki nailiyyətlərin geniş tətbiqinə əsaslanaraq texniki cəhətdən yenidən təchiz edilməsi nəzərdə tutulur. Bu barədə Azərbaycan Respublikasında dağ-mədən (metal filizləri) və metallurgiya sənayesinin inkişafının təmin edilməsi ilə bağlı bir sıra tədbirlər haqqında Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 1 aprel 2026 ildə verdiyi Sərəncam Azərbaycan Respublikasında dağ-mədən (metal filizləri) və metallurgiya sənayesinin inkişafı iqtisadiyyatın şaxələndirilməsi, sənayeləşmənin dərinləşdirilməsi, ixracın strukturunun genişləndirilməsi və regionların sosial-iqtisadi inkişafının sürətləndirilməsi baxımından mühüm strateji əhəmiyyət kəsb edir.

Hazırda Respublikada maşın hissələrinin hazırlanmasında istifadə olunan poladlar elektrik sobalarında metal qırıntısını əritməklə alınır. Bu da polad əritmədə enerji sərfinin yüksək olmasına, alınan metalın keyfiyyətinin lazımı həddə olmamasına səbəb olur. Bəzi hallarda metallurji zavod, metal qırıntısının çatışmamazlığı səbəbindən günlərlə işləmir. Qabaqcıl ölkələrdə poladların keyfiyyətini artırmaq, həmçinin deyilən qüsurları aradan qaldırmaq üçün, polad əritmədə dəmir qırıntısı əvəzinə, dəmir filizi konsentratından hazırlanmış tərkibində 95–96% dəmir olan kündələrdən istifadə edirlər. Dissertasiya işinin məqsədi Daşkəsən dəmir filiz konsentratından zənginləşdirilmiş keyfiyyətli dəmir filizi kündələrinin alınma texnologiyasının işlənilməsidir. Bununla bərabər Daşkəsən filiz kombinatının tam işləməsi Respublika üçün böyük iqtisadi və sosial əhəmiyyət kəsb edən aktual məsələdir.

Bu mühüm elmi-texniki və xalq təsərrüfatı məsələlərinin həyata keçirilməsini təmin etmək üçün Daşkəsən dəmir filiz konsentratının optimal tərkibini, ona verilən əlavəliklərin tərkibi və miqdarını, önların kündələrin struktur və xassələrinə təsirini, kündələrin qurudulma və yandırılma proseslərində temperatur rejimlərinin optimallaşdırılmasını və s. məsələlərin tədqiq edilməsi, öyrənilməsi sənayedə tətbiqi nəzərə alınmaqla mümkündür.

Bu məsələlərlə və müxtəlif çeşidli maşın hissələrinin istehsalının

səmərilliliyin artırılması, istehsal olunan məhsulların möhkəmliyi və etibarlılığı problemləri ilə məşğul olan alimlərin -V.S. Kudryavsev, M.L. Bernşteyn, R.İ. Şükürov, V.Y. Ostorenko, Y.M. Matveev, A.A. Şevçenko, A.İ. Çelikova və b. işlərini göstərmək olar.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Tədqiqatın obyektı kimi dəmir kündələrinin hazırlanmasında istifadə olunan Daşkəsən dəmir filizi, onun bentonit, dolomit, əhəng daşı və boksit kimi əlavəliklərlə müxtəlif tərkibli konsentratı götürülmüşdür.

Dəmir filizi kündələrinin əsaslığı, kimyəvi tərkibi, sıxılmaya qarşı möhkəmliyi, bərkliyi, kündələrdə temperaturun paylanması və onun kündələrdə qurutma effekti, kündələrin nəmliyinin soyuq və qaynar suda qalma müddəti öyrənilmişdir.

Tədqiqat işinin məqsədi və vəzifələri. İşin məqsədi nəzəri və eksperimental tədqiqat üsulları ilə domna prosesi tətbiq etmədən birbaşa reduksiya etmə yolu ilə Daşkəsən dəmir konsentratından kündələrin alınması, enerji sərfinin azaldılması, ekoloji təmiz texnologiyaya işləmələrin həyata keçirilməsidir.

Aparılan tədqiqatın əsas istiqamətinə uyğun olaraq müəyyən edilmiş texnologiyaya və nəzəri məsələlərin həll edilməsi bu elmi işin əsas vəzifəsidir.

1. Metallik kündələrin metallurji xassələrinə qoyulan tələblərin işləməsi.

2. Daşkəsən dəmir filizindən alınan kündələrin (flüsləşmiş və flüsləşməmiş) nəmliyi, məsaməliyi, möhkəmliyi və s. xassələrinin öyrənilməsi.

3. Dəmir filizi kündələrinin istehsalı üçün yeni enerjiyə qənaətli texnologiyanın təhlili.

4. Metallaşdırılmış kündələrdən elektrik sobasında əridilən poladlardan alınmış məmulatların bəzi xassələrinin tədqiqi.

Tədqiqat metodları. Dissertasiya işində əldə edilmiş elmi nəticələrin dəqiqliyi və etibarlılığı, müasir avadanlıqlar, dəqiq ölçü cihazları və ixtisaslaşdırılmış laboratoriyaya qurğuları vasitəsilə həyata keçirilmiş eksperimental yoxlama tədqiqatları ilə elmi cəhətdən əsaslandırılmışdır.

Kündələri yandırdıqda kündə qatında istilik kütlə mübadiləsinin universal riyazi modeli tətbiq edilmişdir. Metalloqrafik tədqiqatlar

“Heohfot-2” markalı mikroskopda aparılmış, kündələrin möhkəmliyi IPG-1M cihazı ilə ölçülmüşdür. Tədqiqat üçün maqnetit kündələrin əridilməsi 15 kq. laboratoriya induksion sobada aparılmışdır.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar. Qarşıya qoyulan məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı elmi və təcrübi məsələlər həll edilməlidir.

1. Maqnetit dəmir kündələrinin istehsalı üçün enerjiyə qənaət edən texnologiyaların əsaslandırılması.
2. Daşkəsən dəmir konsentratından bərpa edilən kündələrin möhkəmliyinin dəyişməsinə təsir edən müxtəlif amillərin müəyyən edilməsi.
3. Kündələri bişirmə prosesində yanacaq sərfinin azaldılması yollarının araşdırılması.
4. Kündələrin yandırılmasında istilik kütlə mübadiləsinin universal riyazi modelinin işlənilməsi.
5. Metallaşmış kündələrin elektrik sobasında əridilməsində alınmış məmulatların bəzi xassələrinin öyrənilməsi.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. İlk dəfə olaraq maqnetit filiz materiallarından dəmir kündələrinin alınması prosesinin tədqiqi nəticəsində əldə edilmiş qanunauyğunluqların nəzəri ümumiləşdirilməsi aparılmışdır. Birləşdiricinin mineraloji tərkibindən asılı olaraq dəmir kündələrinin möhkəmlik strukturu müəyyən edilmişdir: göstərilmişdir ki, dolomit, bentonit və əhangdaşı müəyyən nisbətlərdə daxil edildikdə, yandırılmış kündələrdə möhkəmlik səviyyəsi yüksəlir.

Kündələrin metallurji xassələrinin yaxşılaşdırılması üçün flüs möhkəmləndiriciləri- boksit, bentanit, dolomit və əhangdaşı müəyyən edilmiş və onlar Daşkəsən dəmir konsentratına əlavəliklər kimi verilmişdir. İlk dəfə olaraq tərkibi 92-96% dəmir olan kündələrin istehsalı üçün mövcud üsulların təhlili göstərir ki, MIDREX qurğusunda dəmir konsentratından metallaşdırılmış kündələrinin istehsalı digər qurqulara nisbətən xeyli əlverişlidir. Belə ki, HYL/Energiron, FASTMET və ITmk3 aqreqatları, Finmet və başqa qurqularda (20-ə qədər) karbon qazının emissiyası, elektrik enerjisinin və suyun sərfi yüksəkdir. Vacib olan məsələlərdən biri də odur ki, bu qurqularda bərbaedici kimi hidrogen qazından istifadə

etmək mümkün deyil. Göstərtlən səbəblərə görə MIDREX qurğusunun Daşkəsəndə istifadəsi tövsiyə olunmuşdur.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Daşkəsən Filiz Saflaşdırma kombinatında dəmir konsentratından kündələrin alınması, onların MIDREX qurğusunda işlənməsi və Respublika metallurji zavodlarında kündələrin əridilməsi nəticəsində yüksək keyfiyyətli polad istehsalı nəzərdə tutulmuşdur.

Daşkəsən dəmir konsentratına verilən boksit, əhəngdaşı, dolomit və bentanit kimi əlavəliklərin tərkibi və miqdarı təyin edilmişdir

Həyata keçirilmiş tədqiqat işinin praktiki tətbiq imkanları son dərəcə genişdir. Belə ki, əldə edilmiş elmi-texnoloji nəticələr Daşkəsən Filiz Saflaşdırma Kombinatının istehsal proseslərində, həmçinin "Fonte GreenMet Investments Fund" (Qazaxıstan) şirkəti ilə "Daşkəsən Dəmir Filiz" və "Azərbaycan Metal Company" müəssisələrinin birgə sərmayəsi əsasında Şəmkir rayonunda inşa edilməkdə olan isti briketlənmiş dəmir (HBI) istehsalı zavodunda, eləcə də potensialı yüksək olan bir sıra metallurgiya zavodlarında uğurla tətbiq edilə bilər.

Dissertasiya işində işlənilib hazırlanmış elmi-metodiki materiallar Azərbaycan Texniki Universitetinin fakültələrində bakalavr və magistratura səviyyələrində mühazirə, kurs işi və layihələrin, buraxılış işlərinin və magistrlik dissertasiyalarının icrasında metodiki vəsait kimi istifadə edilməsi məqsədəuyğun hesab olunur.

Tədqiqatın aprobeiasyası və nəticələrin tətbiqi. Tədqiqat işinin əsas elmi-nəzəri müddəaları, metodoloji yanaşmaları və praktiki nəticələri aşağıda göstərilən beynəlxalq və Respublika əhəmiyyətli elmi konfranslarda və ixtisas seminarlarında geniş müzakirəyə çıxarılmış, elmi ictimaiyyət tərəfindən müsbət qiymətləndirilmiş və qəbul edilmişdir:

1. Azərbaycan Texniki Universitetinin professor-müəllim heyətinin və aspirantların 54-cü elmi-texniki və tədris-metodiki konfransı. Bakı, 2009.
2. "Nanotexnologiyalar və onların texnikada tətbiqi" mövzusunda I Beynəlxalq konfransı. Bakı, 2010.

3. Ümummilli lider H.Əliyevin anadan olmasının 90 illiyinə həsr olunmuş “Metallurgiya və materialşünaslığın problemləri” Beynəlxalq elmi konfrans. Bakı, 2013.

4. Ümummilli lider H.Əliyevin anadan olmasının 90 illiyinə həsr olunmuş “Heydər Əliyev və Azərbaycan təhsili” Beynəlxalq konfrans. AzTU. Bakı, 2013.

5. “Maqnityumşaq ərintilərin informasiya texnologiyalarında və hərbi sənayesində tətbiqi perspektivləri”–Beynəlxalq elmi-praktik konfrans. Bakı-2019.AzMIU.

6. Azərbaycan və Türkiyə “Universitetləri: təhsil, elm, texnologiya” I Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans. Bakı-2019.

7. Proceedings of VII International Scientific and Practical Conference Barcelona, Spain 1-3 August 2022.

8. International Symposium “The Great Silk Roud: The Bridge Between East and West” The 29 June 2023 Kars/Türkiye.

9. Машиностроение: инновационные аспекты развития: Материалы международной научно-практической конференции. Vol.8 2025 Санкт-Петербург.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiya işi tam olaraq 4 fəsil, 147 səhifəlik kompyuter mətni, 19 şəkil, 19 qrafik 19 cədvəl, 178 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Üz qabığı və mündəricat (4.855), giriş (11.205), I fəsil (52.888), II fəsil (33.163), III fəsil (42.847), IV fəsil (25.390), nəticələr (2.351) və istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısı (28.560). Dissertasiyanın həcmi - mətndəki boşluqlar və şəkillər, cədvəllər, qrafiklər, əlavələr və ədəbiyyat siyahısı istisna edilməklə 173.455 işarədən ibarətdir.

Dissertasiya işinin nəticələrinin dərci. Dissertasiya işinin əsas məzmunu 22 elmi işdə öz əksini tapmışdır. SCOPUS bazasında olan jurnallarda 5, AAK-ın siyahısında olan elmi-texniki nəşrlərdə 4 məqalə, xarici jurnallarda 5 məqalə, konfranslarda 8 məruzə materialı dərc olunmuşdur.

İŞİN ƏSƏS MƏZMUNU

Girişdə mövzusunun aktuallığı, tədqiqatın elmi yeniliyi, nəzəri və praktiki əhəmiyyəti, vacibliyi əsaslandırılmış, işin məqsədi, vəzifələri, tədqiqat metodları, əprobasiya və tətbiqi göstərilmiş, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar formalaşdırılmışdır.

Birinci fəsildə dəmir filizi, o cümlədən Daşkəsən dəmir filiz yatağı, Zaqafqaziyada dağ-mədən sənayesinin əsasının qoyulması və inkişafı haqqında elmi və praktiki məlumatlara əsaslanan məsələlərə baxılmışdır. Dəmir filizi, metallurgiya sənayesinin əsas xammalıdır. Dəmir filizləri təbiətdə Maqnetit (Fe_3O_4), Hematit (Fe_2O_3), Limonit ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Goetit ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), Siderit (FeCO_3) və Pirit (FeS_2) mineralları şəklində olur. Hazırda Daşkəsən Dağ-Mədən Kombinatının əsas fəaliyyəti dəmir filizi istehsalıdır. Burada dəmir filizi istehsalat prosesindən keçəndən sonra 60%-ə qədər zənginləşdirilir.

Daşkəsən dəmir filizi haqqında ilk yazılı məlumat, orta əsr tarixçisi Həmdulla Qəzvini (XIII əsr) tərəfindən verilmişdir.

Daşkəsən dəmir filiz yatağının 63%-i yüksək növlü, 37%-i isə aşağı növlü hesab olunur.

Daşkəsən dəmir filizi yataqlarındakı filizlər öz genezisinə görə kontakt – metasomatik maqnetit filizlərdir və texnoloji baxımdan aşağıdakı keyfiyyətlərə malikdir.

1. Mineral tərkibinə görə Daşkəsən filizləri ilkin maqnetit filizlər tipinə aiddir və filizdə maqnetit mineralının miqdarı dəmir minerallarının ümumi miqdarının 75–85%-i arasındadır. Fiziki xassələrinə görə yataqlardakı filizin 90%-dən çoxunun möhkəmliyi M.M.Protodyakonov şkalasına görə $f = 6-14$ arası dəyişir və texnoloji tipinə görə əsasən sıx filizlər növünə aiddir.

2. Maqnetit mineralının süxurlarda paylanmasına görə Daşkəsən yataqlarında sırf maqnetit olan sahələrdə dəmirin miqdarı 45% çoxdur. Yataqlardakı ehtiyatların 36–43% isə iri və orta ölçüli dənələr təşkil edir.

3. Maqnetit mineralı təmizliyinə görə Daşkəsən təmiz filizlər qrupuna daxildir, bu filizlərdən tərkibində 68–71% dəmir olan konsentrat istehsal etmək mümkündür.

Burada yüksək keyfiyyətli dəmir filizi konsentratı istehsalında tətbiq olunan narın ələmə prosesi hazırda, ABŞ, Kanada, İsveç, Finlandiya, Rusiya, Qazaxstan və başqa ölkələrdə də istifadə edilir.

Dissertasiya işi Azərbaycanda qara metallurgiyanın qapalı dövrəsini müasir səviyyədə təşkil etmək üçün dəmir filiz kündələrinin istehsal texnologiyasına yönəldilmişdir.

Bu qapalı dövrüyə: tərkibində 66–68% dəmir olan narın üyüdülmüş (granulometrik tərkibi 100% – 0.074 mm olan) konsentrat istehsalı, həmin konsentratdan xam kündələrin alınması, onların qurudulması və reduksiya edərək metallaşdırılması daxildir.

Ənənəvi üsullar, yəni kömürdən koks, konsentratdan aqlomerat almaq, sonra domna sobasında istehsal olunan çuqundan polad istehsalı bahalı avadanlıqlarda, çoxsahəli komplekslərdə həyata keçirilir. Bundan əlavə belə prosesdə karbon qazının atmosfərə axını ekoloji problemlər yaradır. Metallaşdırılmış kündələrin birbaşa polad istehsalında istifadəsi isə təxminən 2 dəfə ucuz başa gəlir. Çünki ikinci halda xərclər yalnız mədənlərin və saflaşdırıcı fabrikin tikintisində və istismarına, konsentratdan alınan kündələrin metallaşdırılmasına çəkilir.

Dissertasiya işinin I fəslində qarşıya qoyulan məsələlər araşdırılmış və ilkin nəticələr əldə edilmişdir. Daşkəsən dəmir filizi yataqları Azərbaycan iqtisadiyyatının ən mühüm strateji xammal bazalarından biri olub, tərkibində 35–36 %-dən çox dəmir olan ehtiyatıdır. Yuxarıda qeyd olunanlara əsasən, aşağıdakı tədqiqat məsələləri qarşıya qoyulub.

1. Metallik kündələrin metallurji xassələrinə qoyulan tələblərin işlənməsi.
2. Dəmir kündələrinin istehsalı üçün yeni enerjiyə qənaətli texnologiyanın təhlili.
3. Daşkəsən dəmir filizindən alınan flüsləşmiş kündələrin məsaməliyi, möhkəmliyi və s. xassələrinin öyrənilməsi.
4. Metallaşdırılmış kündələrin elektrik sobasında əridilməsindən alınmış məmulatların bəzi xassələrinin tədqiqi.

İkinci fəsildə metallaşdırılmış dəmir kündələrin istehsal proseslərinin müasir üsulları tədqiq edilmişdir. Burada dəmir kündələrinin istehsalı üçün enerjiyə qənaət edən texnologiyalar araşdırılmışdır. Bu fəsilə XX əsrin əvvələrində dəmir filizinin müxtəlif

üsullarla alınma texnologiyalarına da baxılmışdır. XX əsrin 30–50-ci illərində kömürdən bərpaedici kimi istifadə etməklə məsaməli dəmirin tigəldə (Höganés), şaxt tipli sobada (Viberq) və fırlanan sobalarda (Krupp) alınması prosesləri inkişaf etmişdir. XX əsrin 50-ci illərindən başlayaraq bərpaedici qazdan istifadə etməklə məsaməli dəmirin stasionar retorlarda (HYLI) və xüsusi reaktorlarda (FİOR) alınması prosesləri işlənmişdir. Həmin əsrin 60-cı illərində bərpaedici qazlardan istifadə etməklə şaxta tipli reaktorlarda (MIDREX və HYL) 14%-dən çox məsaməli dəmirin alınması mümkün olmuşdur. 70-ci illərdə İsveçdə kömür ilə bərpaetmə prosesləri həyata keçirilmişdir. Hismelt prosesinin təkmilləşdirilməsi 1990-cı ildə tamamlanmış və təyin edilmişdir ki, məsaməli dəmirin alınması texnologiyaları içərisində MIDREX və HYL prosesləri üstünlük təşkil edir[16]¹. 1980-cı illərdən başlayaraq qaynar qatda kiçikdispersli dəmir filizininin bərpaedilməsi daha geniş yayılmışdır.

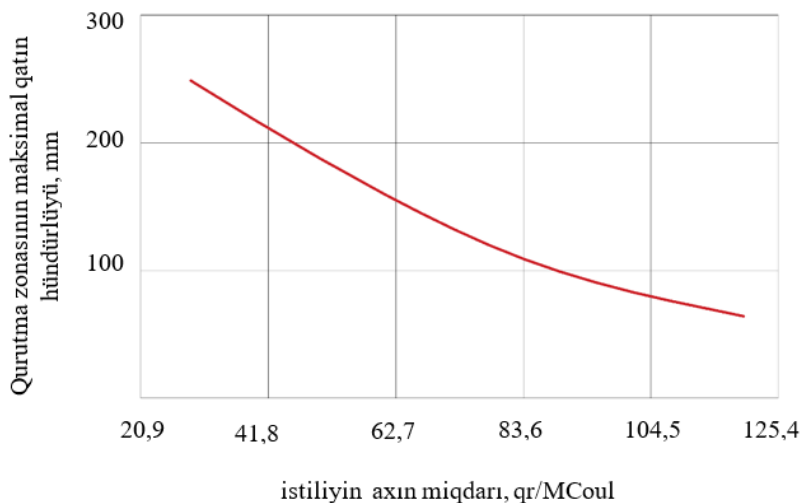
Dissertasiya işində – şıxtədən alınan məhsulun xüsusiyyətlərinin formalaşmasını təmin edən, yanma məşınında kündə qatının termiki emalının optimal rejimlərinin maksimal texniki-iqtisadi göstəricilərlə seçilməsi prinsipləri öyrənilmişdir. Optimal rejimlərin təhlili aşağıdakıları əhatə edir: fiziki-kimyəvi proseslərin kündələrin strukturunun və metallurji xassələrinin formalaşmasında rolunun müəyyən edilməsi; verilmiş istilik sxeminə uyğun olaraq kündə qatının istitexniki hesablamalarını nəzərə alaraq termiki emal rejimlərinin bir neçə variantlarının işlənməsi; sənaye sınaqlarının aparılması, rejim sazlama işləri, termiki emalın temperatur və qazodinamik rejiminin verilmiş metallurji xüsusiyyətləri və kündə qatı üçün optimal reallaşdırılması [10]².

¹ Azimova, L.H., Shukurov R.I., Mirbabayeva N.R. Method for Reducing Fuel Consumption When Roasting Pellets from Maqnetite Iron Ore Concentrate //L.H.Azimova, R.I.Shukurov, N.R.Mirbabayeva //Engineering Headway, – Switzerland: –2024. v. 7, –p. 45-50.

² Əzimova, L.H. Konveyer bişirmə məşınlarında qranulların termiki emal rejiminin optimallaşdırılması // Mühəndis Mexanikası jurnalı. AzMİU. –Bakı: – 2020. №1, – s. 3-7.

Bişirmə maşınlarının işinin texniki-iqtisadi göstəricilərinin və yandırılmış kündələrinin metallurji xüsusiyyətlərinin artımı sonrakı texnoloji zonaların işi ilə xam kündələrinin xüsusiyyətlərini əlaqələndirən, qurutma zonalarının rejimlərinə və strukturlarına hərtərəfli yanaşmaların işlənməsi və həyata keçirilməsi ilə təyin edilir[8]³.

Süni olaraq qurutma zamanı $q_T < 41.8 \text{ MCoul/t}$ kündələrin nəmliyi ilkin nəmlik ilə müqayisədə 0.2%-dən artıq olmur və bu qurutmanın sonuna qədər qorunub saxlanılır.



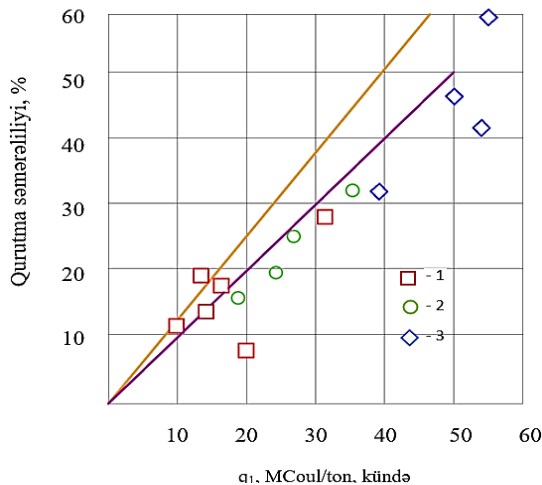
Qrafik 1. Qurutmanın maksimal hündürlüyünün istilik axının miqdarından asılılığı

Ən intensiv qurutma rejimində ($q_T > 104.5 \text{ MCo-ul/t}$ filiz kündələri) nəmlik 2.2% təşkil edir, bu qiymət əsasən səth qatında (50 mm) və birinci qurutmanın mərkəzində müşahidə edilmişdir.

³ Əzimova, L.H., Tağıyev, T.Ə. Qurutma texnologiyasının köməyi ilə dəmir filizi qranullarının əldə edilməsi //Azərbaycan və Türkiyə “Universitetləri: təhsil, elm, texnologiya” I Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans. –Bakı: –2019. – s.336-339.

Qrafik 1-dən göründüyü kimi xüsusi istiliyin miqdarının ($q_T > 125.4 \text{ MCoul/t}$) və qatın hündürlüyünün ($H_q < 300 \text{ mm}$) nisbətən böyük qiymətlərində, su axarı zonası artıq qurutmanın ilk dəqiqəsində kənarlaşır[4] ⁴.

Ümumiyyətlə, xüsusi istiliyin miqdarı q_i təkcə qurutma prosesi üçün deyil o, həm də prosesin effektivliyini müəyyənləşdirmək üçün çox vacib parametrdir. Qrafik 2-ki məlumatlardan aydın olur ki, Lebedinski, Kaçkanarski və Kostumukşski kündələri bir-birindən strukturuna, xassələrinə, həmçinin keyfiyyət və miqdarına görə fərqlənməyə baxmayaraq eyni qanunuyunluğa tabe olurlar[18] ⁵.



Qrafik 2. İstiliyin miqdarından asılı olaraq qurutma zonasında (q_T) filiz kündələrin quruma effekti
1 – ■ LebedMK, 2 – ○ KaçDMK, 3 – ◆ KostDMK

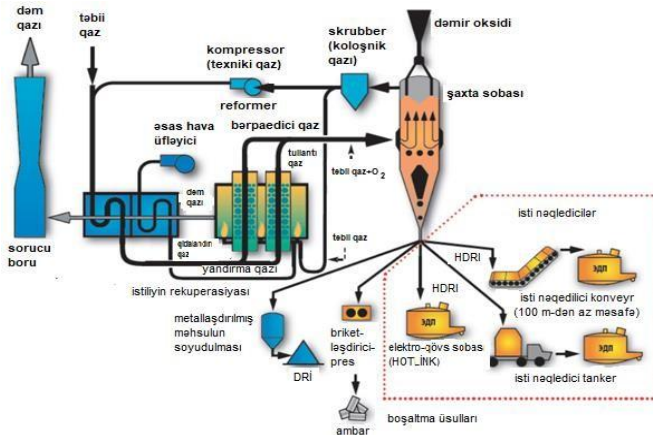
⁴ Əzimova, L.H, Şükürov R.İ, Maşayev, Ş.M, Namazova S.R Dəmir filizi qranularinin təbəqəli qurutmasının xüsusiyyətləri // “Ölcmə və keyfiyyət: problemlər, perspektivlər” Beynəlxalq Elmi-texniki konfrans. –Bakı: AzTU, – 2018. – s. 364-366.

⁵ Азимова, Л.Г. Особенности слоевой сушки железорудных окатышей //Машиностроение: инновационные аспекты развития: Материалы международной научно- практической конференции. –Санкт-Петербург: – 2025. №8, –с.17-20.

Müəyyən edilmişdir ki, dəmir kündələrinin istilik müqaviməti, kündələrin xüsusi səth sahəsinin artması və diametrinin azalması ilə daha da artır. Dəmir kündələrinin plastikliyinin artması istilik dözümlülüyünə müsbət təsir göstərir. Bu isə öz növbəsində qurutma zamanı yüksək temperaturlarda strukturun plastikliyinin qorunub saxlanması və dağılmaya qarşı olan müqavimətinin artması üçün effektiv sayılır.

Metallurgiyada tətbiq edilən "yaşıl" istiqamət xüsusi texnologiyalardan (MIDREX, Arex, HYL və s.) istifadə etməklə dəmiri yüksək olan filizi birbaşa reduksiyalama ilə sonrakı polad istehsalı üçün yarımfabrikatların – kündələrin domensiz istehsalıdır.

Şəkil 1-də zənginləşmiş dəmir filiz kündələrini istehsal edən geniş yayılmış MIDREX qurğusunun sxemi verilmişdir.



Şəkil 1. MIDREX qurğusunun sxemi

Burada zənginləşdirilmiş dəmir kündə istehsalı, yuxarıdan qurğuya yüklənmiş qurudulmuş kündə materiallarına aşağıdan əks istiqamətdə verilən qızdırılmış qazla reduksiya olması ilə həyata keçirilir. Qurğunun əks istiqamətdə işləməsi yüksək məhsuldarlığa nail olmağa imkan verir. Burada bərpaedici kimi konvertorlaşdırılmış təbii qazdan istifadə olunur. Bərpaedici qazı qurğunun oksigen reaktorunda (reformer) təbii qazı oksigendə natamam yandırmaqla alırlar (950°C). Alınmış bərpaedici qazın tərkibi 29% CO, 55% H₂ və 13% oksidləşdiricilərdən (H₂O və CO₂)

ibarətdir. Bu qazı qismən oksidləşdiricilərdən azad edib 1100–1150°C temperatura qədər qızdırıb sobaya verirlər. Əgər zənginləşdirilmiş isti kündələr və ya isti briketlənmiş dəmir (600°C) əridiləcəksə, o sobanın aşağı zonasında soyudulmur və birbaşa əridici sobalara verilir[14]⁶.

Dissertasiya işində diqər müasir – HYL/Energiron, FASTMET və ITmk3 aqreqatları, Finmet və s. qurğularda birbaşa bərpaedilmiş zənginləşdirilmiş dəmir filiz kündələrinin istehsalı haqqında ətraflı məlumat verilmişdir. İkinci fəsildə dəmir filiz kündələrin əritmə prosesində yanacaq sərfinin azaldılması yolları öyrənilmişdir. Konveyer bişirmə maşınlarında (KBM) qaz-hava yolları sistemi, texnoloji məqsədlərdən əlavə (yanacağın yanması üçün havanın verilməsi, kündələrin soyudulması və emal olunmuş qazların tüstü bacasına verilməsi) istilik ötürücülərinin soyuma və bişirmə sahələrinin resirkulyasiya vəsaitəsi ilə müxtəlif sahələrə verilir. KBM- da nə qədər cox istilik ötürücüsü resirkulyasiya olursa, yanan qazların məhsulu tüstü borusuna xeyli az atıldığından nəticədə yanacağa qənaət olunur. Beləliklə, resirkulyasiya dərəcəsi nə qədər yüksək olarsa, KBM-da qaz axını sxemi qənaətli olacaq.

Üçüncü fəsildə metallaşdırılmış dəmir kündələrin istehsalında enerjiyə qənaətli texnologiyaların tətbiqinin əsaslandırılması aparılmış, tədqiqat işlərinin nəticələrinin təhlili verilmişdir. Yeni nəsil konveyer tipli bişirmə maşının xüsusiyyətləri və SATOP texnologiyasının ekoloji təhlükəsizliyi öyrənilmişdir. Yeni nəsil konveyer bişirmə maşınlarında enerji qənaətli tədbirlərdən və xüsusi təmizləyici qurğulardan istifadə etdikdə, texnologi tullantıların miqdarı xeyli azalması göstərilmişdir. Bərabər şərtlər daxilində SATOP texnologiyası: kündələrin yandırılmasına sərf olunan yanacağın 2.0–2.2 dəfə, havaya atılan zərərli qatışıqların miqdarının 2.5–3 dəfə, azot oksidlərinin atmosferə atılması 3–4 dəfə, dəmir filiz tozunun 2–2.5 dəfə, çıxan qazlarla istiliyin itməsi 3.5–

⁶Əzimova, L.H, Şükürov R.İ, Mirbabayeva N. Daşkəsən dəmir filizinin bir başa bərpaetməklə zənginləşdirilmiş dəmir kündələrinin müasir alınma üsullarının təhlili //International Symposium “The Great Silk Roud: The Bridge Between East and West”. –Kars/Türkiye: – 29 June, – 2023. – s.240-242.

4.0 dəfə, avadanlığın elektrikle işləyən hissələrinin əyləclərinin qızmasının 1.2–1.5 dəfə azalmasını təmin edir. Nəzəri və eksperimental tədqiqatların əsasında, xarici ölkələrdə aparılan tədqiqatların və təcrübələrinin analizinə əsasən yandırıcı konveyer tipli NPVP “TOREKS” aqreqatının yeni nəslinin unikal istilik sxemi hazırlanmışdır. Burada müxtəlif tərkibli və təyinatlı dəmir kündələrin istehsalında istilik - enerji və ekoloji parametrlər tətqiq olunmuşdur.

Bizim fikrimizcə kündələrin bərpaı zamanı yeni fazanın yaranmasının qanunauyğunluqlarını analitik yanaşmaqla həll etmək lazımdır. Burada mikro və makro mexanizmləri, proseslərinin xüsusiyyətlərini və qarşılıqlı əlaqələrini, gərgin halın kinetikasını və mexanizmini, kündənin xarakteristikasını göstərən əlaqələri, o cümlədən onun şişməsini və möhkəmliyinin azalmasını nəzərə almaq lazımdır.

Mikrostruktur və mikrorentgen spektral üsulları ilə aparılan kompleks laboratoriya tədqiqatları və həmçinin yarım sənaye sınaqlar bu yanaşmanın effektivliyini təstiq etmişdir. Nəticədə kündələrin istehsalında şıxtəyə əlavə edilən $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ tərkibli boksit bərpa etmədə çat əmələ gəlməni 1.6–1.8 dəfə və deformasiya dərəcəsini 5–7% azaldaraq, metallaşma dərəcəsini 2–3% yüksəltdir [17]⁷.

Bu fəsilə kündələrin yandırılmasında istilik kütlə mübadiləsinin universal riyazi modeli işlənmişdir. Modelin çıxarış göstəriciləri: lentli konveyerin iş qaydası şərtlərinə, təbəqənin hündürlüyü və həndəsi quruluşuna, nəm kündələrinin fiziki-kimyəvi xarakteristikasına, təbəqələrin girişdə olan temperaturuna, çıxışda olan qaz fazasının temperaturuna və maşının uzunluğu boyu sürətinə, kündələrinin möhkəmliyinin göstəricilərinə, axın avadanlığının bəzi xarakteristikalarına, yanacağın yandırılma parametrlərinə və s. xidmət edir. Bu model konveyer maşının bütövlükdə istilik texniki (yanacağın sərfini və təbəqənin qızma dərəcəsi) və texnoloji (kündələrin tərkibi və möhkəmliyi) parametrlərini analiz etməyə

⁷ Азимова, Л.Г. Теоретические основы новых энергосберегающих технологий производства железорудных окатышей // Журнал «JARITS», – Санкт-Петербург: –2025. в. 47, –с.71-76.

imkan verir [7]⁸. Təbəqədən çıxan qazın xarakteristikasının alınmasına, sovurucu vasitələrin seçilməsinə kömək edir. Modeldən istifadə etməklə həyata keçirilən hesablama analizindən görünür ki, xam kündələrin temperaturunun artması sərbəst nəmliyin monoton azalmasına səbəb olur. Belə ki, kündələrinin temperaturu 25⁰C-dən yuxarı olduqda yenidən nəmlənmə sahəsi xeyli azalır və bu hal 40⁰C-ə temperaturda sifra yaxınlaşır.

Dördüncü fəsildə Daşkəsən flizindən alınmış konsentratdan dəmir kündələrinin istehsal texnologiyasının işlənməsi və yeni texnologiyaların analizi aparılmışdır. Yandırılmış kündələrin strukturu və faza tərkibi reaksiya səthlərin inkişaf kinetikasına, şişməsinə və beləliklə onların xarakterinə tam uyğun olaraq istilik bərpa emalına təsir edir. Tərkibində çoxlu miqdarda boş süxurlar olan (3%) kündələrin əsaslığının optimallaşması probleminin həlli – dəmirin ümumi miqdarına xələl olmadan həll etmək mümkün olmur.

Buna görə də tədqiqatda şıxtəyə əlavə olunan ənənəvi (əhəng daşı, bentonit, dolomit,) və qeyri ənənəvi (boksit) flüslərin kündələrin struktur və möhkəmliyin formalaşmasına təsiri öyrənilmişdir. Şıxtə materialı kimi yüksək keyfiyyətli konsentrat, ona əlavə olunan bentonit, boksit, əhəng daşı və dolomitdən istifadə olunub.

Cədvəl 1-də tədqiq etdiyimiz Daşkəsən konsentratın kimyəvi tərkibi göstərilmişdir. Şıxtənin başqa komponentləri laboratoriya şəraitində xırdalanıb və sonra onları təyin olunmuş proporsiya ilə konsentratla qarışdırmışıq.

Cədvəl 2-də Daşkəsən filiz konsentratından zənginləşdirilmiş dəmir kündələrinin laboratoriyada 1240-1290⁰C temperaturda alınması üçün istifadə edilən şıxtələrin tərkibi verilmişdir.

⁸Əzimova, L.H., Tağıyev, T.Ə., Maşayev, Ş.M. Birbaşa reduksiyaetmə üçün dənəvərləşdirilmiş dəmiq filizinin istehsal texnologiyasının təkmilləşdirilməsi yolları //“Maqnityumşaq ərintilərin informasiya texnologiyalarında və hərbi sənayesində tətbiqi perspektivləri”. Beynəlxalq elmi-praktik konfrans. –Bakı: AzMİU. –2019.– s.321-323.

Cədvəl 1.

Tədqiq olunan Daşkəsən maqnetit konsentratının kimyəvi tərkibi (hissəciklərin orta ölçüsü 550 mkm)

Tərkib	Göstəricilər
Fe_3O_4	65
Fe	67
SiO_2	2
MnO	0.6
Al_2O_3	0.8–0.9
S	0.08
P	0.05
Nəmlik	10

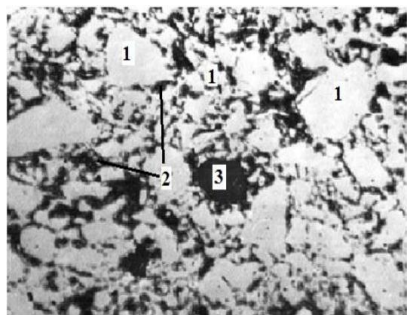
Cədvəl 2.

Daşkəsən filiz konsentratından zənginləşdirilmiş dəmir kündələrinin 1240-1290°C temperaturunda alınması üçün istifadə edilən şıxtənin tərkibi

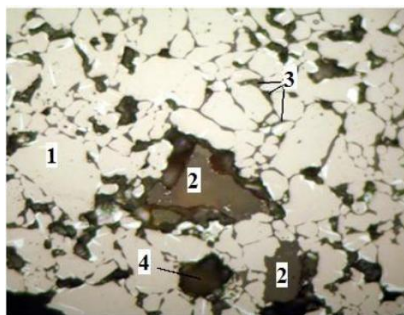
Təcrübə №	Tərkiblər, % *			
	Əhəng	Bentonit	Boksit	Dolomit
1	0.3	0.5	-	0.5
2	0.3	0.35	-	0.5
3	0.3	0.35	0.6	0.5
4	0.3	0.35		
<u>*Qalanı konsentrat</u>				

Laboratoriya girdələyicisində kündələr hazırlanıb və diametri 12–16 mm olan fraksiyalara ayrılıb. Nəm kündələri mufel tipli sobalarda təbəqə şəklində yerləşdirmişiq. Bərpa edici kimi distillə edilmiş ağac kömründən istifadə etmişik. Bütün təcrübələrdə sobalarda iş rejimi dəyişilməz 1240–1260⁰C temperaturda olub. Saxlama müddəti isə 9 dəqiqə təşkil edib.

Mikrostruktur və mineroloji tədqiqatlar üçün cədvəl 2-də göstərilmiş 4 sınağa kündəsindən istifadə olunub. Burada 1-ci təcrübədə gedən proseslərdən məlumat verilir: kündələrin cılalanmış səthində, struktur olaraq ifadə olunmayan, maqnetit tərkibli nüvə görünür. Kündələrin səthi xeyli kip, mərkəzi isə məsaməlidir. Bir ədəd radial yerləşmiş tükəbənzər çat vardır. Struktur qırıntılardan əmələ gəlmişə bənzəyir, dənələrin səthi ərimiş, narın dənələr isə şar kimidir. Kündələr hematit tərkibli, səthdə dənələrin ölçüləri iri, mərkəz istiqamətdə isə ölçülər kiçilir, məsaməlik yüksəlir. Kündələrdə əlaqələr hematit tipindədir, silikatlı əlaqə zəifdir və hematit dənənin səthində pərdə şəklində şüşə kimi görünür. Burada ayrıca kvars dənələri var, bentonit filiz fazasından ayrılmış əlavəliklər kimi görünür. Silikat bağlayıcının ümumi həcmi yüksək olmayıb 4–5% təşkil edir. Şəkil 2 və 3-də uyğun olaraq kündələrin nüvəsinin və qabığının mineral tərkibi və mikrostrukturu verilib.



Şəkil 2. Kündələrin nüvəsinin mineral tərkibi və mikrostruktur. 1- maqnetit, 2-kvars dənəcikləri, 3- şüşə fazalı təbəqələr, 4- məsamələr. x-300



Şəkil 3. Kündələrin qabığının mineral tərkibi və mikrostruru. 1-iri və narın hematit, 2-şüşə faza, 3- kvars dənəcikləri. x300

Aparılan tədqiqatlar kündələrin filiz bağlayıcı strukturunun əmələ gəlməsinin əsas mexanizmini müəyyən etməyə imkan verir. İlk növbədə, şıxtəyə müxtəlif əlavəliklər etdikdə yandırılmış kündələrin filiz tərkibi çox az dəyişilir, yandırma temperaturu daha əhəmiyyətli təsir göstərir.

Beləliklə, metal kündələrini qızdırdırdıqda struktur sıxlaşır və bu da maqnetit dənələrinin bitişməsinə və dənə sərhədlərinin itirilməsinə səbəb olur. Bitişmə dərinliyi prosesin temperaturu və müddəti ilə müəyyən edilir. İlk dəqiqələrdə maqnetit dənələri bitişərək 0,5 mm dərinliyə qədər maqnetit çərçivəsi əmələ gətirir. Daha sonra bu çərçivə bütün kündəyə nüfuz edir. Bitişmə prosesi maqnetit dənələrinin böyüməsi ilə müşayiət olunur. 900-1000°C-də qızdırma dənə sərhədlərini artırır. Quruluşda lokal maye fazalar əmələ gəlir və kristallaşma zamanı maqnetit dənələrini sementləyir. Bundan əlavə, Fe_3O_4 və SiO_2 arasında bərk hal reaksiyaları kündə mərkəzinə bitişik ərazilərdə baş verir. Reduksiya prosesləri ilə eyni vaxtda posa rabitəsi əmələ gəlir və maqnetit dənələri böyüyür.

Reduksiya olunmuş kündənin strukturunda üç sahə aydın görünür: kündə səthində metal qabıq, mərkəzi maqnetit bölgəsi və aralarındakı keçid reaksiya sahəsi. Yüksək temperaturda metallaşma dərəcəsi artır, metal dəmirin xırda dənələri isə maqnetit zonasının koagulyasiyası və azalması səbəbindən böyüyür.

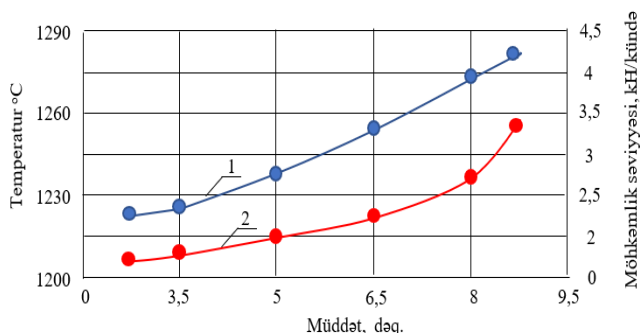
Yandırılmış flüsləşmiş kündələrin möhkəmlik səviyyəsi flüsləşdirici əlavələrin–əhəngdaşı, bentonit, dolomit- miqdarından asılı olub 3.5–4 kH/kündə kündə təşkil edir. Flüsləşməmiş kündələrdə isə möhkəmlik 2.2–2.7 kH/kündə kündə olur (qrafik 3).

Aparılan tədqiqatlarda müəyyən edilmişdir ki, əsaslığın dəyəri maye faza bışırilməsinin inkişaf səviyyəsindən asılı olaraq məhsulun möhkəmliyinə təsir göstərir. Lakin o, yandırılmış məhsulun ümumi keyfiyyətinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir etmir [11].⁹

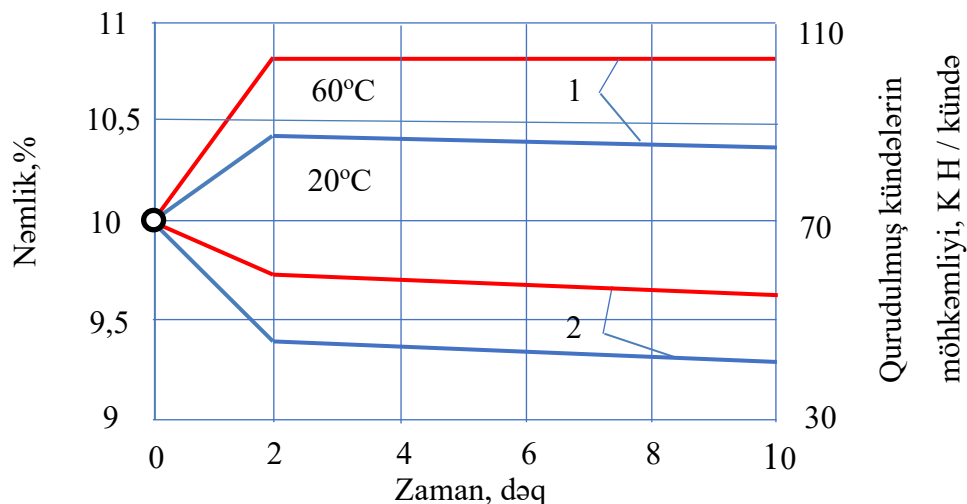
⁹ Азимова, Л.Г., Сулейманова, С.Н., Мирзоева, Г.А. Изменение прочности железорудных окатышей в процессе термической обработки //Proceedings of VII International Scientific and Practical Conference Barcelona, –Spain: – 1-3 August, – 2022. – p 77-80.

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, flüsləşmiş kündələrin ümumi məsaməliyi flüsləşməmiş və boksit tərkibli kündələrə nisbətən yüksək olur. Bu hal 700–900°C temperaturda əhəngin parçalanması və boksidin dağılması nəticəsində baş verir.

Tərkibində 0.35% bentonit olan Daşkəsən dəmir kündəsinin nəmliyinin dəyişməsinə onun 20 və 60°C temperaturda su ilə qarşılıqlı əlaqəsi tədqiq olunmuşdur. Qurutmadan sonra onların nəmliyi yoxlanılmışdır. Təcrübənin əvvəlində nəmliyin qiyməti təxminən 10% - dir. Təcrübənin nəticələrindən məlum olmuşdur ki, flüsləşmiş və flüsləşməmiş kündələrin 20 və 60°C temperaturda saxlama müddətindən asılı olaraq möhkəmliyin dəyişməsi baş verir. Belə ki, flüsləşmiş kündələrdə möhkəmlik flüsləşməmiş kündələrə nisbətən yüksəkdir(qrafik 4) .



Qrafik 3. Daşkəsən dəmir flizindən laboratoriya şəraitində hazırlanmış 14 mm olan kündələrin müxtəlif temperaturlarda saxlama müddətindən asılı olaraq möhkəmliyi. 1– flüsləşmiş və 2–flüsləşməmiş.



Qrafik 4. Daşkəsən dəmir filiz kündələrin nəmliyinin otaq və isti suda qalma müddətindən möhkəmliyinin asılılığı. 1 – flüsləşmiş, 2 – flüsləşməmiş

Nəticədə, 1200°C -dən aşağı yandırma temperaturda Al_2O_3 dəmir və kalsium oksidləri ilə reaksiyaya girərək bərk, çətin əriyən və çətin bərpa olunan birləşmə-braunmüllerit ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) yaradır. Bu birləşmə filiz dənələrin sərhəddində yerləşir. Əhənglə, dolomitdə flüslənən minerallaşmış kündələr praktiki olaraq məlum strukturlu flüsləşmiş kündələrdən fərqlənir.

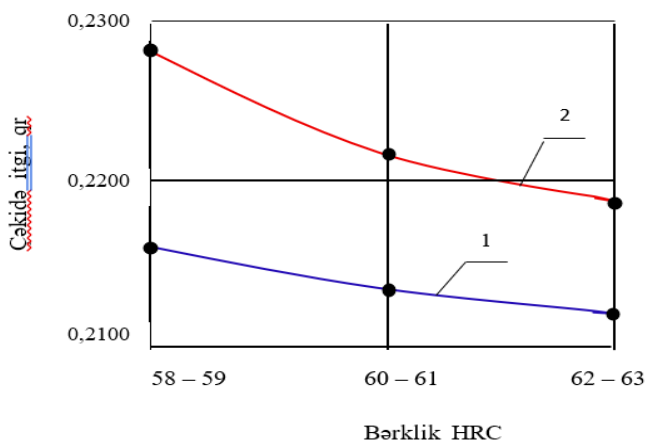
Dissertasiyada müxtəlif aqreqlatlarda metallaşdırılmış xammalın istehsalının texniki-iqtisadi göstəriciləri işlənilib hazırlanmışdır.

Hazırda ən çox istifadə edilən proses MIDREX texnologiyasıdır. Bu proseslə metallaşdırılmış xammal istehsalı dünya istehsal gücünün təxminən 60%-ni təşkil edir. Midrex qurğularında istifadə olunan əsaslıq adətən 0,5–0,8 arası dəyişir. Flüsləşmiş kündələrin əsaslıqlığının 1-ə qədər qalxması onlarda dəmirin azalmasına səbəb olur.

Qurğunun effektiv işləməsi üçün nəinki, şixtənin tərkibi və kündələrin fiziki xassələri, həmçinin onların strukturu və birləşdiricisinin xassələri də tələb olunur. Bununla yanaşı, hər bir şixtə üçün optimal və əsaslandırılmış termiki emal rejiminin seçilməsi və təmin olunması istehsal prosesinin sabitliyi və alınan məhsulun keyfiyyətinə təsir göstərən mühüm amillərdən biridir.

Midrex avadanlığında metallaşdırma və sonradan isti briketləşmə aparmaq üçün filiz kündələri yüksək möhkəmlik göstəriciləri və bərpa olunma qabiliyyətindən əlavə plastikliyinin az olması tələb olunur. Bu tələblər şixtəyə az miqdarda boksit verilməsi və termiki emal rejimlərinin optimallaşması ilə əldə oluna bilər.

Son illər metallaşmış kündələrinin əridilməsindən alınan müxtəlif tərkibli və təyinatlı poladların istehsalı geniş tətbiq olunmaqdadır[20]¹⁰. Bunu nəzərə alaraq kündələrin əridilməsi ilə alınan poladın xassələri öyrənilib. Tədqiqat üçün tərkibləri məlum olan IIIX15 və 15X2HMΦЮ markalı poladlar laboratoriyada 15 kq induksion sobada maqnetit kündələrini əritməklə pəstah alınmışdır. Alınmış pəstahlar 1200 °C qədər qızdırılıb, döyəcələnb və yumşaltma əməliyyatına uğratıldığından sonra onlardan mexaniki xassələri öyrənmək üçün nümunələr hazırlanıb. Alınmış xassələr, ədəbiyyatda məlum olan metal qırıntısından hazırlanmış həmin poladların xassələri ilə müqaisə edilmişdir.



Qrafik 5. Maqnetit kündələrdən (1) və polad qırıntıdan (2) hazırlanmış IIIX15 poladların nümunələrinin yeyilməyə dözümlülüyü

¹⁰ Namazov, S.N., Gahramanov, V.F., Rzayev N.S., Shahverdiyev, M.A., Hamdullayeva, İ.H., Azimova, L.H. Improving the properties of spring and spring steels by changing their structure// International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE) 2025. Volume 17 (3), - p.236-247

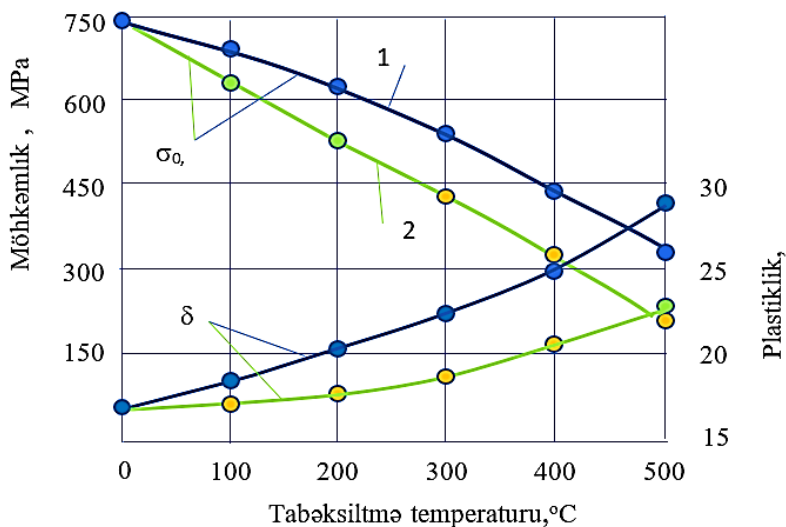
Tətqiq olunan poladların dənə ölçüsü, yeyilməyə dözümlülüyü, həmçinin zərbə özlüliyi öyrənilmişdir. Qrafiq 5-dən göründüyü kimi 3 halda tablamadan sonra bərkliyi 58-59 HRC, 60-61 HRC və 62-63 HRC olan nümunələrdə yeyilməyə dözümlülük tədqiq olunmuşdur.

Bütün hallarda maqnetit kündələrdən hazırlanmış nümunələrin yeyilməyə dözümlülüyü polad qırıntıdan hazırlanmış nümunələrdən yüksəkdir. Məsələn, tablamadan sonra bərkliyi 58–59 HRC olan nümunədə çəkiddə itki 0.217qr. olduğu halda dəmir qırıntıdan hazırlanmış poladda yeyilmədə itki 0.230 qr təşkil edir. Tablamadan sonra bərkliyi 62–63 HRC olan nümunələrdə yeyilməyə dözümlülük 0.2130 qr təşkil ediyi halda, dəmir qırıntıdan hazırlanmış nümunədə bu göstərici 0.2190 qr itki təşkil edir.

Dərinliq nasos ştanqları üçün istifadə olunan 15X2HMΦЮ markalı poladın axma həddinə ($\sigma_{0,2}$) və plastikliyinə (δ) şıxtə materialının tərkibinin təsiri öyrənilmişdir.

Belə ki, tərkibi 90% dəmir kündəsi və 10% metal qırıntıdan ibarət olan şıxtə materialı ilə tərkibi 100% metal qırıntıdan ibarət olan şıxtə materialından alınan nümunələrin xassələri müqaisəli öyrənilmişdir. Qrafiq 6-dan görünür ki, poladların axma həddi ($\sigma_{0,2}$) və plastikliyi (δ) dəmir kündələrdən hazırlanmış nümunələrdə bütün tabəksiltmə temperaturlarında, 100 %-li metall qırıntıdan hazırlanmış nümunələrdən xeyli yüksəkdir. Bu hal kündələrdən hazırlanmış poladların keyfiyyətli olmasını göstərir [19]¹¹.

¹¹ Shukurov, R.I., Mirbabayeva, N.R., Azimova, L.H. Development of high-strength deep-well pump rods for oil production based on innovative metallurgical technologies //Reliability: Theory and Applications 2nd International Scientific and Technical Conference "Infocommunication Systems and Artificial Intelligence Technologies". U.S.A. Special. – 2025. Issue 7 (83). v.20, –p.365-371.



Qrafik 6. Tabəksiltmə temperaturunun 15X2HMΦЮ poladının axma həddinə ($\sigma_{0,2}$) və plastikliyinə (δ) təsiri. Şıxtə materialının təkibi: 1–95%-li zəğirləşdirilmiş dəmir kündəsi +10% polad qırıntı, 2 – 100%- polad qırıntı

Daşkəsən dəmir kündələrindən hazırlanmış armaturların istehsalından alınan iqtisadi səmərəlik 1 ton armatur üçün 15-20 AZN təşkil edə bilər.

NƏTİCƏLƏR

1. Daşkəsən maqnetit konsentratına verilmiş əhəg, bentonit, boksit, dolomid kimi əlavəliklər alınan kündələrin özəyinin maqnetit tərkibli olmasını göstərir. Reduksiya olunmuş kündənin strukturunda üç sahə aydın görünür: kündə səthində metal qabıq, mərkəzi maqnetit bölgəsi və aralarındakı keçid reaksiya sahəsi. Yüksək temperaturda metallaşma dərəcəsi artır, metal dəmirin dənəcikləri isə maqnetit zonasının koagulyasiyası və azalması səbəbindən böyüyür.

2. Aparılan tədqiqatlar kündənin filiz bağlayıcı strukturunun əmələ gəlməsinin əsas mexanizmini müəyyən etməyə imkan verir. İlk növbədə, şıxtəyə müxtəlif əlavəliklər etdikdə yandırılmış kündələrin filiz tərkibi çox az dəyişilir, yandırma temperaturu daha əhəmiyyətli təsir göstərir.

3. Flüsləşmiş kündələrin ümumi məsaməliyi, Flüsləşməmiş və boksit tərkibli kündələrə nisbətən artması müşahidə olunur. Bu hal $700-900^{\circ}\text{C}$ temperaturda əhəngin parçalanması və boksidin dağılması nəticəsində baş verir.

4. Bərpa olunan kündələrin məsaməliliyi bərpa olunmamış kündələrin məsaməliyindən 45-60%-ə qədər yüksəkdir.

5. Əhəng, bentonit, dolomit ilə Flüsləşmiş və yandırılmış kündələrin möhkəmlik səviyyəsi, 3.5–4.5 kH/kündə kündə təşkil edilir. Flüsləşməmiş kündələrdə isə möhkəmlik 2.6 kH/kündə kündə təşkil edir.

6. Daşkəsən dəmir filizindən keyfiyyətli kündə almaq üçün, onun istehsalında əhəng (0,25-0,35%), bentonit (0,35-0,50%), dolomit (0,40-0,50%) kimi materiallardan istifadə olunması tövsiyə olunur.

7. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, kündələrin ölçülərinin böyüməsi nəticəsində kükürdsüzləşmə faizini yüksəltmək üçün istilik ötürməni artırmaq lazımdır. Bu da enerji sərfini artıracaq. Bu səbədən bütün hallarda, polad əritmədə ən

optimal variant kiçik ölçüli metallaşmış kündələrdən istifadə etmək əlverişlidir [9]¹².

8. İlk dəfə olaraq, tərkibi 92-96% dəmir olan kündələrin istehsalı üçün mövcud üsulların təhlili göstərir ki, MIDREX qurğusunda dəmir konsentratından metallaşdırılmış kündələrinin istehsalı, digər qurqulara nisbətən xeyli əlverişlidir. Belə ki, FASTMET HYL/Energiron və ITmk3 aqreqatlarında, Finmet və başqa qurqularda (20-ə qədər) karbon qazının emissiyası, elektrik enerjisinin və suyun sərfi yüksəkdir. Əsas məsələlərdən biri də odur ki, bu aqreqatlarda bərbaedici kimi hidrogen qazından istifadə etmirlər. Bu səbəblərdən MIDREX qurqusunun Daşkəsəndə istifadəsi tövsiyə olunur.

9. Maqnetit kündələrdən hazırlanmış IIX15, 15X2HMΦЮ markalı polad nümunələrində uyğun olaraq yeyilməyə dözümlülük və möhkəmlik xassələri, dəmir qırınıdan hazırlanmış həmin markalardakı xassələrdən nisbətən yüksəkdir. Bu hal kündələrdən hazırlanmış poladların keyfiyyətli olmasını göstərir.

¹² Азимова, Л.Г. Влияние размеров металлических гранул на процесс обессеривания и производительность сушильных машин //Azərbaycan TexnikiUniversiteti. “Məşinşünaslıq” jurnalı, –Bakı: – 2020. №1, –s. 33-36

DISSERTASIYA MÖVZUSU ÜZRƏ ÇAP OLUNMUŞ ELMI ƏSƏRLƏRİN SIYAHISI

1. Əzimova, L.H. Birbaşa reduksiya etmə yolu ilə dəmirin alınması üsullarının təhlili və perspektivləri //“Maşınqayırmada intellektual Texnologiyalar” Beynəlxalq Elmi-texniki konfrans, – Bakı: AzTU, –28-30 sentyabr, –2016. –s. 298-301.

2. Əzimova, L.H., Şükürov, R.İ., Qafarov, E.N. Birbaşa reduksiya etmə yolu ilə dəmir filizindən girdələrin alınması texnologiyasının nəzəri prinsipləri //“Metallurgiya və materialşünaslığın problemləri ” 2-cı Beynəlxalq Elmi-texniki konfrans. – Bakı: AzTU, –2017. – s. 36-39.

3. Əzimova, L.H., Quliyeva, A.M. Birbaşa reduksiyaetmə zamanı şixtənin tərkibinin dəmir girdələrinin strukturuna və faza tərkibinə təsiri // “Metallurgiya və materialşünaslığın problemləri” 2-cı Beynəlxalq Elmi-texniki konfrans. –Bakı: AzTU, –2017. – s.45-47.

4. Əzimova, L.H, Şükürov R.İ, Maşayev, Ş.M, Namazova S.R Dəmir filizi qranularinin təbəqəli qurutmasının xüsusiyyətləri // “Ölcmə və keyfiyyət: problemlər, perspektivlər” Beynəlxalq Elmi-texniki konfrans. –Bakı: AzTU, –2018. – s. 364-366.

5. Əzimova, L.H, Şükürov R.İ., Maşayev, Ş.M., Namazova S.R., Namazov S.N. Dəmir filizi qranularinin təbəqəli qurutmasının əsas xüsusiyyətləri və texnologiyası // AzTU, Elmi Əsərlər, –Bakı: – 2018. №4, –s. 23-29.

6. Əzimova, L.H. Dəmir filizi qranullarının qurutma texnologiyasının işlənməsi //Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının elmi əsərləri, –Bakı: –2019. №2(30), –s.131-135.

7. Əzimova, L.H., Tağıyev, T.Ə., Maşayev, Ş.M. Birbaşa reduksiyaetmə üçün dənəvərləşdirilmiş dəmiq filizinin istehsal texnologiyasının təkmilləşdirilməsi yolları //“Maqniyumşaq ərintilərin informasiya texnologiyalarında və hərbi sənayesində tətbiqi perspektivləri”. Beynəlxalq elmi-praktik konfrans. –Bakı: AzMİU. –2019.– s.321-323.

8. Əzimova, L.H., Tağıyev, T.Ə. Qurutma texnologiyasının köməyi ilə dəmir filizi qranullarının əldə edilməsi //Azərbaycan və

Türkiyə “Universitetləri: təhsil, elm, texnologiya” I Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans. –Bakı: –2019. – s.336-339.

9. Азимова, Л.Г. Влияние размеров металлических гранул на процесс обессеривания и производительность сушильных машин //Azərbaycan Texniki Universiteti. “Maşınşünaslıq” jurnalı, –Bakı: – 2020. №1, –s. 33- 36

10. Əzimova, L.H. Konveyer bişirmə maşınlarında qranulların termiki emal rejiminin optimallaşdırılması // Mühəndis Mexanikası jurnalı. AzMİU. –Bakı: – 2020. №1, – s. 3-7.

11. Азимова, Л.Г., Сулейманова, С.Н., Мирзоева, Г.А. Изменение прочности железорудных окатышей в процессе термической обработки //Proceedings of VII International Scientific and Practical Conference Barcelona, –Spain: – 1-3 August, – 2022. – p 77-80.

12. Азимова, Л.Г. Повышения качества стали при электрошлаковом переплаве металлизированных окатышей // Science and word International scientific journal. – Volgograd: – 2022. №10 (110), – с. 27-31.

13. Azimova, L.H. Isothermal transformations in Higt – Strength Cast Iron / L.H. Azimova, R.K. Hasanli, I.I. Aliyev [et al.] //Scientific Herald of Uzhhorod University Series “Physics” journal. –Ukraine: –2022. №51, –с.48-58.

14. Əzimova, L.H, Şükürov R.İ, Mirbabayeva N. Daşkəsən dəmir filizinin bir başa bərpaetməklə zənginləşdirilmiş dəmir kündələrinin müasir alınma üsullarının təhlili //International Symposium “The Great Silk Roud: The Bridge Between East and West”. –Kars/Türkiye: – 29 June, – 2023. – s.240-242.

15. Азимова, Л.Г. Сравнительные характеристики подшип-никовой стали, полученной в электропечи и методом элект-рошлакового переплава металлизированных окатышей //Журнал «Научное обозрение. Технические науки». –Москва: – 2024. №1, –с. 5-11.

16. Azimova, L.H., Shukurov R.I., Mirbabayeva N.R. Method for Reducing Fuel Consumption When Roasting Pellets from Maqnetite Iron Ore Concentrate /L.H. Azimova, R.I.Shukurov, N.R.Mirbabayeva //Engineering Headway, –Switzerland: –2024. v. 7, –p. 45-50.

17. Азимова, Л.Г. Теоретические основы новых энергосберегающих технологий производства железорудных окатышей //Журнал «JARITS»,–Санкт- Петербург: –2025. v. 47, –с.71-76.

18. Азимова, Л.Г. Особенности слоевой сушки железорудных окатышей //Машиностроение: инновационные аспекты развития: Материалы международной научно-практической конференции. –Санкт-Петербург: –2025. №8, – с.17-20.

19. Shukurov, R.I., Mirbabayeva, N.R., Azimova, L.H. Development of high-strength deep-well pump rods for oil production based on innovative metallurgical technologies //Reliability: Theory and Applications 2nd International Scientific and Technical Conference "Infocommunications Systems and Artificial Intelligence Technologies". U.S.A. – 2025. Special Issue 7 (83). v.20, –p.365-371.

20. Namazov, S.N., Gahramanov, V.F., Rzayev N.S., Shahverdiyev, M.A., Hamdullayeva, I.H., Azimova, L.H. Improving the properties of spring and spring steels by changing their structure// International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE) 2025. Volume 17 (3), - p.236-247

21. Gahramanov, V.F., Azimova, L.H., Huseynova, G.M., Hamdullayeva, I.H. High temperature thermomechanical treatment of chromium-nickel steel // International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE) 2025. Volume 17 (4), - p.21-29

22. Gahramanov, V.F., Suleymanova S.N., Hamdullayeva, I.H., Azimova, L.H. Identification of fine structure formation in high-speed steel after various heat treatment methods // International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE) 2025. Volume 17 (4), - p.118-127

Çap olunmuş əsərlərdə müəllifin şəxsi iştirakı:

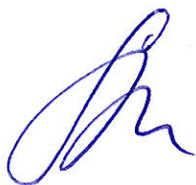
[1,6,9,10,12,15,17,18] sayılı işlər iddiaçı tərəfindən müstəqil yerinə yetirilmişdir.

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

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

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

[2,3,4,5,7,8,11,13,20,21,22] sayılı işlər müəlliflər tərəfindən bərabər səviyyədə yerinə yetirilmişdir.



Dissertasiyanın müdafiəsi 23 sentyabr 2026-cı il tarixində saat 14:00 - da Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.52 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1073, Bakı, H.Cavid prospekti, 25, Azərbaycan Texniki Universiteti

Dissertasiya ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Texniki Universitetinin www.aztu.edu.az rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 20 İyul 2026-cı il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 10.07.2026
Kağızın formatı: A5
Həcm: 36804
Tiraj: 100 nüsxə