

Əlyazması hüququnda

**Dəmirqrafit ovuntu pəstahlarının ilkin
məsaməliliyinin ikiqat presləmədən sonra
struktur və xassələrə təsiri**

İxtisas: 3312.01 - Materiallar texnologiyası

Elmi sahəsi: Texnika

Iddiaçı: **Sevil Məsi qızı Rüstəmovə**

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq
üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKI- 2024

Dissertasiya işi Azərbaycan Texniki Universiteti PHŞ-nin “Metallurgiya və materiallar texnologiyası” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: Əməkdar Elm Xadimi, t.e.d., professor
Rafiq Qurban oğlu Hüseynov

Rəsmi opponətlər:

Azərbaycan Respublikası Prezidenti Yanında Ali Attestasiya Komissiyasının
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHŞ-nin nəzdində fəaliyyət göstərən ED
2.02 Dissertasiya şurası

Dissertasiya surasının sədri:

Dissertasiya şurasının
elmi katibi:

Elmi seminarın sədri:

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Müasir sənayenin intensiv inkişafı materialşünaslıq elminin nailiyyətləri ilə sıx bağlıdır. Bu sahələrdə yeni konstruksiya materiallarının işlənməsi və bunun əsasında kefiyyətli pəstah və məmulatların istehsalında ovuntu metallurjiyası xüsusi yer tutur. Çünki ovuntu metallurjiyası üsulları tələb olunan tərkib və xassəyə malik müxtəlif təyinatlı pəstahlar almağa imkan verir. Bu cür struktur və xassələri digər üsullarla almaq həm çətin, həm də qeyri-mümkündür. Ovuntudan alınmış pəstahlarda mürəkkəb konfigurasiya və ölçüləri mexaniki emal etmədən almaq olur, bu halda əmək tutumu azalır və metala xeyli qənaət edilir. Ovuntu metallurjiyası üsulu ilə pəstah alma proseslərində yüksək dərəcədə mexanikləşdirmə və avtomatlaşdırma hesabına əhəmiyyətli məhsuldarlıq və iqtisadi səmərə əldə edilir.

Ovuntu metallurjiyası üsulları ilə daha çox dəmir əsaslı konstruksiya materiallarından müxtəlif təyinatlı pəstahlar istehsal olunur. Son dövrlərdə MDB məkanında, o cümlədən Rusiyada ovuntudan pəstahları istehsalı xeyli genişlənmişdir. Eyni tendensiya Yaponiya, ABŞ, Almaniya, Türkiyə və digər ölkələrdə də bu hal müşahidə olunur.

Ovuntu metallurjiyası üsullarına böyük maraq nəticəsində hazırda bu sahədə bir çox mütərəqqi texnoloji proseslər işlənmiş və sənayedə tətbiq olunmuşdur. Bu texnoloji proseslərin əsasında ilkin ovuntu materiallarının yaxşı qarışdırılması, şixtə kütləsinin soyuq halda preslənməsi və pres – pəstahın yüksək temperaturlu emalı-bişirilməsi durur.

Pəstahların fiziki və mexaniki xassələrin sonrakı artırılması əlavə legirləmə və termiki emalla təmin edilir. Məlumdur ki, müxtəlif sənaye sahələrində dəmir əsaslı müxtəlif ovuntulardan alınan konstruksiya materialları çox geniş tətbiq olunur. Belə ovuntulara legirləyici element qismində xrom, manqan, fosfor, nikel, molibden və bor verilir. Müəyyən edilmişdir ki, bir dəfə soyuq presləmə ($\sigma_m=380-780 \text{ MPa}$) və bişirmədən sonra ($T=1180-1200^\circ\text{C}$, $\tau_{sax}=3,5-7,0 \text{ kS}$) dəmirqrafit ovuntusundan alınan pəstahların sıxlığı $6,2\div 6,7 \text{ q/sm}^3$, məsaməlik isə 8-18% təşkil edir. Belə ovuntu

materialının tərkibi 0,3-1,3% karbondan ibarətdir, tərkibdə sərbəst qrafit isə 0,2-0,6% olur. Mexaniki xassələr bu həddə dəyişir: bərklik 62-82 HRB, dartılmada möhkəmlilik həddi $\sigma_m=140-240$ MPa, sıxılmada möhkəmlilik həddi $\sigma_{sıx}=780-880$ MPa.

Rasional termiki emal rejimləri tətbiq edildikdə mexaniki xassələr daha da artır: tablama və tabəksiltmədən sonra pəstahların səthində 18 HRC, özəyində isə 23 HRC intervalında bərklik müşahidə olunur. Lakin hətta bu xassələr olduqda belə ovuntu kompozit konstruksiya materiallarına irəli sürülən tələbləri ödənmir. Bu xassələri yüksəltmək üçün ikiqat presləmə və bişirmə tətbiq olunur. Bu halda məmulatın sıxlığı 7,2-7,6 q/sm³, bərkliyi HB və ya HRC 1600÷2200 MPa, dartılmada möhkəmlilik həddi $\sigma_m=520-620$ MPa-dək artır, nisbi uzanma isə 1,6-2,8% intervalında dəyişir. Göstərilmiş nəticələr belə qənaətə gəlməyə imkan verir ki, legirlənməmiş dəmir-qrafit ovutusundan ikiqat presləmə və bişirmə rejimlərində yüksək fiziki-mexaniki xassələrə malik pəstahlar almaq imkanı mövcuddur.

Qeyd edək ki, çox vaxt ovuntu məmulatlarının ən vacib xarakteristikalarını artırmaq üçün isti presləmə, dinamik presləmə, döymə və qızmar ştamplama kimi texnoloji üsullar istifadə edirlər. Amma qeyd olunmalıdır ki, yüksək temperaturlarda yerinə yetirildiklərindən sadalanan proseslər presləmə tərtibatlarının düzümlüyünü azaldır, bahalı və mürəkkəb avadanlıqlar tələb edir, eləcədə məmulatın əmək tutumu xeyli artır. Ona görə də iri seriyalı və kütləvi istehsalda bu üsulların tətbiqi məhduddur. Doğrudur, bərk və kövrək materialların istehsalında bu proseslər səmərə verə bilər.

Dəmir və əlvan metal ovuntuları, yəni yüksək plastikliyə malik ovuntulardan pəstah istehsalında soyuq presləmə üsulu daha səmərəli hesab olunur. Ancaq soyuq birqat presləmə və bişirməklə alınan konstruksiya ovuntu məmulatları artan tələbatları ödəyə bilmir. Deməli, ikiqat presləmə tətbiq etməklə pəstahların bişirmə texnologiyasına perspektiv istiqamət kimi baxıla bilər. Ancaq bu səmərəli texnologiya hələ də pres-pəstahların alınmasında öz geniş tətbiqini tapmamışdır. Burada həm obyektiv, həm də subyektiv amilləri qeyd etmək olar. Obyektiv səbəb odur ki, ilk presləmə və bişirmə ilə alınan pəstahın təkrar preslənməsini avtomatik proqram üzrə yerinə yetirən komplekslər

hələ də yaradılmamışdır. Digər bir səbəb isə elmi-praktiki araşdırmaların və texniki-iqtisadi əsaslandırılmaların işlənməməsi ilə əlaqədardır. Deməli, bir sıra elmi-texniki, nəzəri-texnoloji məsələlər hələ də dərinlən öyrənilməyib.

Belə məsələlərdən biri məmulatın sıxlığı, struktur-mexaniki xarakteristikaları, habelə tərkib və xassələrin ikinci presləmədən sonra dəyişmə qanunauyğunluqlarının öyrənilməsidir. İkinci presləmə tətbiq olunarkən prosesin texniki-iqtisadi səmərəliliyi də hələlilik kifayət qədər əsaslandırılmamışdır.

Yuxarıda göstərilənləri nəzərə alaraq qeyd etmək olar ki, dəmir əsaslı ovuntu konstruksiya məmulatlarının istehsalında təkrar presləmə və bişirmə üsulunun tətqiqi və müvafiq texnoloji parametrləri arasında qarşılıqlı əlaqələrin qurulması aktualdır və bu dissertasiya işində həmin tətqiqatların aparılması nəzərdə tutulmuşdur.

Tətqiqatın məqsəd və vəzifələri dəmir-qrafit ovuntu materiallarından konstruksiya təyinatlı məmulatın alınması üçün təkrar presləmə və bişirmə üsulunun nəzəri-texnoloji əsaslarının işlənməsi və bu proseslərin parametrləri arasında qarşılıqlı əlaqələrin qurulmasından ibarətdir.

Qarşıya qoyulan məqsədə nail olmaq üçün dissertasiyada aşağıdakı elmi və təcrübi məsələlər həll edilmişdir.

1. Dəmirqrafit ovuntu materialının şixtəsinin əsas komponentləri seçilmiş və seçilmiş rəasional şixtə tərkibi əsaslandırılmışdır;

2. İlkin presləmə və bişirmə proseslərinin parametrləri müəyyən edilmiş və bu parametrlərlə pres-pəstahın xassələri arasındakı asılılıqlar müəyyən edilmişdir;

3. İkinci presləmə və bişirmə proseslərinin rəasional parametrləri və rejimləri müəyyənləşdirilmiş, alınan dəmir-qrafit materialının strukturu və xassələri tətqiq olunmuşdur;

4. Aparılmış tətqiqatların nəticələrinin istehsalata tətbiq olunması üçün elmi cəhətdən əsaslandırılmış tövsiyələr işlənməmiş və prosesin iqtisadi səmərəliliyi əsaslandırılmışdır.

Tədqiqatın metodları. Dissertasiya işində qarşıya qoyulmuş məsələlər laboratoriya və istehsalat şəraitlərində aparılmış nəzəri və eksperimental tədqiqatlar əsasında həll edilmişdir. Tərkibdə olan komponentlərin qarışdırılması, şixtənin preslənməsi və pres-pəstahın bişirilməsi, ikinci presləmə və bişirmə əməliyyatları müasir avadanlıqlar, qurğu və tərtibatlardan istifadə etməklə aparılmışdır. Tədqiqat əməliyyatları, o cümlədən, incə tədqiqatlar (mikrostruktur analiz və s.) yeni cihazların və innovativ metodların tətbiqi ilə aparılmışdır.

Beləliklə, alınmış nəticələrin etibarlılığı müasir cihazlar, ölçmə vasitələri, qurğu və ləvazimatlardan istifadə etməklə aparılmış eksperimental tədqiqatlarla təsdiqlənir.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Aparılmış hərtərəfli tədqiqatlar əsasında təyin edilmişdir ki, ilkin presləmə zamanı başlanğıc mərhələdə ovuntu şixtəsinin sıxlaşma qabiliyyəti ovuntuların nisbi səpilmə sıxlığı ilə müəyyən olunur. İlkin presləmə və bişirmədən sonra pres-pəstahın sıxlıq əmsalı son presləmə təzyiqinin kiçik qiymətlərində öz təsirini ciddi göstərir. Son presləmə təzyiqinin yüksək qiymətlərində isə ilkin preslənmiş pəstahın sıxlığının böyük əmsalı sıxlaşma prosesinə az təsir edir. Bu, pres-pəstahda mövcud olan iri məsamələrin böyük presləmə təzyiqi altında yox olması və materialın matrisasının daha kiçik möhkəmliyi ilə əlaqədardır.

İkiqat presləmə və bişirmə əməliyyatlarının aparıcı parametrləri və ovuntu materialın strukturu və xassələri arasında qarşılıqlı əlaqələr qurulmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, dəmirqrafit materialların ilkin preslənməsində şixtədən qazların aktiv xaric olması üçün pres-qəlibin konstruksiyası daha əlverişli olmalıdır. Əks halda, yüksək ilkin presləmə təzyiqlərində texnoloji sürtkünün mövcudluğunda alınan pres-pəstahın sıxsızlaşması baş verir. İkinci presləmədə bu sıxsızlaşma daha aktiv şəkildə ləğv olunur. Ona görə də ilkin presləmə şəraitini yüngülləşdirmək üçün texnoloji sürtkünün şixtədə maksimal miqdarda istifadəsi daha məqbuldur.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Dəmir-qrafit ovuntu şixtəsindən konstruksiya təyinatlı məmulatların alınması üçün ikiqat presləmə və bişirmə texnologiyası işlənmişdir. Dəmir-qrafit şixtəsinin rəasional kimyəvi tərkibi müəyyən

edilmiş, aparılmış tədqiqatlar nəticəsində ilkin presləmənin təzyiqinin və son bişirmənin temperaturunun uyğun qiymətləri təyin edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, dəmir-qrafit şixtəsinin ilkin presləmə təzyiqi 400MPa, tabalma temperaturu isə 800-850°C, son presləmə təzyiqi 1000 MPa və son bişirmə temperaturu isə 1200°C həddində olmalıdır. İkinci bişirmə prosesi maye fazanın iştirakı ilə bişirmə halı üçün daha əhəmiyyətlidir. Bu halda bişmiş material bir qat bişirməyə nisbətən daha homogen struktura malik olur.

İşlənmiş dəmir-qrafit ovuntu materialların əlavə olaraq mis və nikellə qənaətlə legirlənməsi konstruksiya təyinatlı məmulatların, o cümlədən yüklötürücü hissələrin istehsalında müvəffəqiyyətlə istifadə oluna bilirlər. Çünki, bu məmulatlar öz möhkəmlik xarakteristikalarına görə analoji tərkibə malik olan kompakt ovuntu materiallarından heç də geri qalmırlar.

Tövsiyə olunan materialların və konstruksiya təyinatlı məmulatların hazırlanma texnologiyasının tətbiqi istehsal olunan məhsulun keyfiyyətini artırmağa (möhkəmlik, hermetiklik, yeyilməyə dözümlülük), metal tutumunu, baha başa gələn avadanlığın alınmasına sərf olunan xərcləri və əmək məsrəflərini xeyli azaltmağa imkan verir.

İşin nəticələrinin tətbiqi. İşin nəticələri konstruksiya təyinatlı məmulatlar istehsal edən neft maşınqayırma və digər uyğun müəssisələrdə həyata keçirilə bilər.

Aprobasiya və tətbiqi. Dissertasiyanın əsas müddəaları aşağıdakı konfrans və seminarlarda məruzə olunmuş və bəyənilmişdir.

Beynəlxalq elmi-texniki və elmi praktiki konfranslar:

1. "Maşınqayırmada intellektual texnologiyalar" Beynəlxalq elmi-texniki konfransı, AzTU, 2016.

2. "Metallurgiya və materialşünaslığın problemləri" mövzusunda 2-ci Beynəlxalq elmi-texniki konfrans, Bakı, AzTU, 28-30 noyabr 2017.

3. Розвиток освіти, науки та бізнесу: результати 2020: тези доп. міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 грудня 2020 р. – Україна, Дніпро, 2020.

Respublika elmi-texniki konfranslar:

1. Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XX Respublika konfransı ADNSU, Bakı, 24-25 may 2016.
2. AzMİU, prof. T.M. Pənahovun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş konfransı, 2016, 10-11 iyun.
3. "Gənclər və elmi innovasiyalar" mövzusunda Respublika elmi-texniki konfransı, Bakı, AzTU, 3-5 may, 2017.
4. H.Əliyevin anadan olmasının 95-ci ildönümünə həsr olunmuş "Gənclər və elmi innovasiyalar" mövzusunda Respublika elmi-texniki konfransı, AzTU, 3-5 may, 2018.
5. AzTU PHŞ-in "Materiallar texnologiyası" və "Metallurgiya və materiallar texnologiyası" kafedralarının 2016-2024 – cü il elmi seminarları

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiya işi girişdən, 4 fəsildən, Dissertasiya işi giriş, 4 fəsil, 133 səhifəlik kompüter mətni, 13 şəkil, 29 qrafik, 12 cədvəl, 142 adda ədəbiyyat siyahısı və əlavədən ibarətdir. Üz qabığı və mündəricat (3481 işarə), giriş (8511 işarə), I fəsil (36696 işarə), II fəsil (41404 işarə), III fəsil (53496 işarə), IV fəsil (34078 işarə), nəticə (5152 işarə) və istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı (13926 işarə). Dissertasiyanın həcmi şəkillər, cədvəllər, qrafiklər və ədəbiyyat siyahısı istisna edilməklə 229055 işarədən ibarətdir.

Nəşr olunma dərəcəsi: İşin əsas məzmunu 16 məqalə və məruzə materiallarında dərc olunmuşdur.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, işin məqsədi və vəzifələri müəyyən edilmişdir. Tədqiqatın elmi yenilikləri, elmi və təcrübi əhəmiyyəti formalaşdırılmışdır. İşin aprobeşiyası və dərcinə, strukturu və həcminə dair məlumatlar verilmişdir.

Birinci fəsilə aparılmış ədəbiyyat icmalında ətraflı araşdırılmış işlərdən belə nəticəyə gəlmək olar ki, hal-hazırda tədqiqatçıların əsas diqqəti mürəkkəb legirləmə aparmaqla bişirilmiş konstruksiya poladlarının yaradılmasına yönəldilib. Bununla da onlar qarşıya qoyulan əsas məqsədə – bu poladların fiziki-mexaniki və tribotexniki xassələrinin artırılmasına nail olurlar.

Bunu da nəzərə almaq lazımdır ki, bu tədqiqatların əksəriyyəti hələ də laboratoriya şəraitində aparılmışdır, hələlik sənayedə öz geniş tətbiqini tapmamışdır. Aydın ki, materialı mürəkkəb legirləməklə və qızmar formalaşdırma metodlarından istifadə etməklə istehsalatda rentabelliyyə nail olmaq mümkün deyildir. Beləliklə, aparılmış ədəbiyyat icmalı əsasında aşağıdakı nəticələrə gəlmək olar:

Ovuntu məmulatlarının istehsalında birqat presləmə – bişirmə texnologiyası ən geniş tətbiq olunur. Bu, prosesin sadəliyi, onun asan mexanikləşdirilməsi və avtomatlaşdırılması ilə əlaqədardır. Lakin bu texnoloji proses, əsasən antifriksion təyinatlı ovuntu məmulatlarının istehsalında geniş tətbiq tapmışdır. Konstruksiya təyinatlı ovuntu materiallarına qoyulan yüksək tələbatları ödəmək üçün tərkibin mürəkkəb legirlənməsi və yaxud da əlavə əməliyyatlardan istifadə olunmalıdır. Bu işə məhsulun maya dəyərini kəskin artırır.

Yüksək effektiv qəlibləmə metodları, o cümlədən qızmar presləmə, qızmar ştamplama və s. üsullar yüksəkmöhkəmlikli konstruksiya təyinatlı ovuntu məmulatlarının alınmasına imkan verir. Lakin bu üsulların həyata keçirilməsi üçün lazım olan avadanlığın mürəkkəbliyi, pres – qəliblərin aşağı dözümlüyü və digər səbəblər həmin proseslərin sənayedə geniş tətbiqini müəyyən qədər çətinləşdirir.

Konstruksiya təyinatlı ovuntu materiallarının alınmasında məsaməli pəstahların infiltrasiyası, yəni asanəriyən metallarla hopdurulması da tətbiq olunur. Lakin bu üsul da öz mürəkkəbliyi ilə fərqlənir. Belə ki, asanəriyən metalın əridilməsi və məsaməli pəstahların xüsusi avadanlıqda maye metalla hopdurulması heç də həmişə eyni struktura və xassələrə malik olan məmulatların alınmasını təmin etmir.

Aparılmış ədəbiyyat icmalının təhlili göstərir ki, konstruksiya təyinatlı ovuntu məmulatlarının ən sadə və əlverişli yolu ikiqat presləmə –bişirmə texnologiyasıdır.

Beləki, hər iki presləmə və bişirmə əməliyyatları eyni avadanlıqlarda aparıla bilər, yəni dörd əməliyyat üçün iki növ avadanlıq lazım gəlir. Materialın strukturu və möhkəmlik göstəriciləri və qızmar presləmə və ştamplama üsulları ilə alınan materiallarınkına yaxındır. Bu dənələrarası bitişmə prosesinin keyfiyyətli getməsilə əlaqədardır.

Ədəbiyyat materiallarına əsasən belə nəticəyə gəlmək olar ki, ikiqat presləmə və bişirmə texnologiyası sahəsində tədqiqat işləri çox azdır. Bu, tədqiqatçıların yüksək effektiv qəlibləmə üsullarına əsassız diqqəti çox ayırması ilə izah oluna bilər. Soyuq presləmə üsullarına lazımi diqqətin yetirilməməsi, bu sahənin inkişafını xeyli ləngitmişdir.

İkinci fəsildə ilkin materialların seçilməsi və eksperimental tədqiqatların aparılma metodikaları verilir. Tədqiqatlarda aşağıdakı materiallar istifadə olunmuşdur: ПЖ2М3 (ГОСТ 9849 – 86) bərpa olunmuş dəmir ovuntusu, ПЖРНЛ (Т-127-134-10) markalı püskürdölmüş azlegirli dəmir ovuntusu, ГС markalı qrafit ovuntusu (ГОСТ 2022-96) və parfümer-kosmetika sənayesi üçün istifadə olunan “У” markalı (ТУ6 – 09 – 4473 – 97) sink stearatı.

Ovuntu şixtələrinin qarışdırılması Y şəkilli (3D) qarışdırıcıda sex şəraitində 1 saat ərzində həyata keçirilmişdir. Şixtələrin ilkin preslənməsi laboratoriya və sex şəraitlərində aparılmışdır. Laboratoriya şəraitində presləmə ГП – 125 markalı presdə, sex şəraitində isə HPM – 100S modeli hidravlik presdə 400-1000 MPa presləmə təzyiqində aparılmışdır.

Alınmış prespəstahların aralıq bişirilməsi laboratoriya şəraitində МП-2УМ modeli mutel sobasında 800-1000⁰С temperaturda endoqaz mühitində, sex şəraitində isə konveyer tipli “KOYO Lindberg” sobasında həmin temperaturda, yenə də endoqaz mühitində həyata keçirilmişdir. Aralıq bişirmə vaxtı 40-60 dəq. təşkil etmişdir.

Aralıq bişirilmiş pəstahlar ikinci presləməyə HPM-100S presində 400-1000 MPa presləmə təzyiqində, son bişirməyə isə “KOYO Lindberg” sobasında 1100-1150°C temperaturalarda endoqaz mühitində 1,0 saat ərzində uğradılmışdır.

Prespəstahların və bişirilmiş pəstahların sıxlığı və məsaməliliyi standart metodlarla Arximed qanununa əsasən təyin edilmişdir. Bişirilmiş nümunələrin bərkliyi və möhkəmlik xarakteristikaları standart avadanlıqlarda öyrənilmişdir.

Pəstahların bərkliyinin təyini TK-2M bərklik ölçən cihazda B və C şkalaları üzrə ölçülmüşdür. Nümunələrin dartılmada möhkəmlik həddi isə P-5 sınaq maşınında ГOCT 1197-74, əyilmədə möhkəmlik həddi isə P-10 sınaq maşınında ГOCT 18228-95, zərbə özlülüüyü isə KM-30 markalı toxmaqlı maşında ГOCT 9594-98 üzrə aparılmışdır.

Nümunələrin və ovuntuların mikrostrukturunun tədqiqi həm optik və həm də elektron mikroskopda öyrənilmişdir. Optik mikroskop kimi Yaponiya istehsalı olan “Olumpus” mikroskopu, NEOFOT – 21-də (ADR), elektron mikroskop kimi isə Ukrayna istehsalı olan rastr elektron mikroskopu PƏM-200 istifadə olunmuşdur.

Ovuntuların mikrostrukturunun və zərrəciklərin formasının tədqiqi PƏM-200 mikroskopunda, bişirilmiş pəstahların mikrostrukturunu isə “Olumpus” və NEOFOT-21 (ADR) metalloqrafik mikroskoplarında tədqiq edilmişdir. Eyni zamanda fazaların analizi üçün ДРОН-2,0 rentgen qurğusunda nümunələrin faza analizi həyata keçirilmişdir.

Eksperimentlərin həcmi azaltmaq məqsədilə onların riyazi planlaşdırılması və onların xətlərinin qiymətləndirilməsi həyata keçirilmişdir.

Optimallaşdırma parametri kimi bişirilmiş nümunələrin dartılmada möhkəmlik həddi seçilmişdir. Tam faktorlu eksperimentin iki mərhələli reallaşdırılma nəticələrinə görə birinci mərhələ üçün aşağıdakı reqressiya tənliyi alınmışdır.

$$y = 318 + 3,875x_1 + 5,125x_2 + 7,375x_3$$

Lakin daha yüksək möhkəmlik xarakteristikalarının alınması üçün eksperimentlərin ikinci mərhələdə planlaşdırılmasında təkrar presləmə təzyiqinin dominəedici rolu müəyyən edilmiş və aşağıdakı son reqressiya tənliyi alınmışdır.

$$y = 385,75 + 10x_3$$

Üçüncü fəsildə müəyyən edilmişdir ki, qəliblənən məsaməli (ovuntu) mühitinin sıxlığı gərginliklər tenzorunun funksiyasıdır, o sonuncunun ən böyük komponentlə birmənalı əlaqəli deyil və briketin sıxlaşma prosesinin intensivliyi gərginliklər tenzorunun deviyator təşkiledicisinin nisbi kəmiyyətindən bilavasitə asılıdır.

Yalnız qəlibləmənin yüksəkeffektli metodlarını tətbiq etməklə, hansısa yüksəktemperaturlu proseslər və qəlibləmənin impulsu metodlarına aiddir, 100%-ə yaxın sıxlığa nail olmaq mümkündür. Bu hallarda ovuntu materiallarının sıxlığı uyğun tərkibli və strukturlu məsaməsiz (tökmə və ya döymə) materialların sıxlığı ilə müqayisə olunur. Lakin əksər hallarda belə yüksək möhkəmlik xarakteristikaları ovuntu materialları üçün tələb olunmur. Çünki ovuntu metallurgiyasının metodları çox kiçik ölçülü dənənin və xüsusi strukturun alınması hesabına eyni tərkibli yayma materiallarının xassələrini üstələyən möhkəmlik və plastiklik xassələri materiallar hazırlamağa imkan verir. Odur ki, ikiqat soyuq presləmə metodundan istifadə etməklə tələb olunan tələbatlara cavab verən konstruksiya ovuntu materialları almaq mümkündür.

Soyuq presləmə təzyiqi və ovuntu materialın sıxlığı arasında bu və ya digər birmənalı əlaqə quran geniş yayılmış asılılıqlar, ciddi desək yalnız presləmənin o sxemlərinə aiddirlər ki, hansılar üçün onlar alınmışdır və ona görə də hər hansı ümumi qanunauyğunluq kimi onlar yozula bilməzlər. Bəzi məlumatlar, hansılar ki, hərəkət edən iynəli (matrisli) nazikdivarlı oymaların preslənməsi, ovuntu materiallarının yayılması və onların ekstruksiyası, üçoxla yükləmə qurğularında sıxlaşdırma və s. kimi belə qəlibləmə proseslərinin yazılmasında qeyd olunur, ona dəlalət edir ki, məsaməli (ovuntu) materialın sıxlığının dəyişməsi nəinki presləmə qüvvələrindən, həm də materialın deformasiya şəraitlərindən də asılıdır.

Bu fəsildə həm də məsaməli mühitin soyuq sıxlaşma prosesinin gedişinə göstərilən amillərin vəhdətinin təsirini təyin etmək məsələsi həll edilmişdir. Beləki, prespəstahın sıxlığının artması o faktdan ayrılmazdır ki, qəliblənən materialda dönməz, yəni qeyri –

plastik deformasiyalar yer tutur. Aydınadır ki, bəzi cari məsaməliliyə malik olan cisim, belə şəkildə yüklənmişdir ki, onun möhkəmliyi materialın deformasiyasının elastiki sahədə qalmasına kifayət etmir. Həqiqətən, presləmə prosesinin istənilən qeyd olunmuş momentində sıxlaşdırılan materialın zərrəciklərinin müəyyən yerləşməsi və onlar arasındakı əlaqə tərkiblə, forma ilə və s. səciyyələnən sıxlığı, baxılan məsaməli fəza konstruksiyasını formalaşdıran xarici yükləri götürmək üçün kifayətdir və təbii ki, sonuncu bu halda dağılmır. Bu şərait aşağıdakı əsas müddəaları qəbul etməyə imkan verir:

- 1) bütün sıxlaşma prosesi ərzində ovuntu (məsaməli) materialı həddi gərginlik halında olur;
- 2) sıxlaşma prosesinin intensivliyi materialın deformasiya şəraitlərindən nəinki asılıdır, həm də onunla təyin olunur.

Sonuncu məsaməli mühitin preslənmə prosesləri üçün ümumi məlum faktın özünə bənzər yozumudur, bu onu göstərir ki, materialın yüklərə müqavimət göstərmə qabiliyyəti əhəmiyyətli dərəcədə bu yüklərin kəmiyyəti ilə o qədər də yox, bir o qədər onların tətbiq xarakteri ilə əlaqəlidir.

Ovuntu şixtəsinin sıxlaşdırılmasında toxunan və normal gərginliklər arasında əlaqəni aşağıdakı kimi ifadə etmək olar.

$$[\tau_n] = \sigma_n \cdot \operatorname{tg} S + K,$$

burada k – ovuntunun ilişmə əmsəlidir; s – ovuntunun matrisə daxili sürtünmə bucağıdır; bu bucaq altında τ_n və σ_n kəmiyyətlərinin dəyişməsinin mütənasibliyini təyin edən bucaq başa düşülür.

Materialın deformasiya olunmuş zonasının məsaməliliyinin dəyişmə xarakterinin bilavasitə ölçülməsi «Kvantimetr-720» cihazında aparılmışdır. Deformasiya istiqamətində oxvari müstəvidə şlifi onu vakuumda epoksid qətranı ilə və təzyiq altında hopdurduqdan sonra hazırladıq. Sınaqlara qədər orta sıxlığı 70%-ə malik olan ПДЖ2М3 ovuntusundan briketlər üçün emal olunmuş nəticələr materialın sıxlaşması $\tau_n = f(\sigma_n)$

funksiyasında sınıma nöqtəsinin arxasında dayanan τ_n və σ_n gərginliklərinin bütün nisbətlərində onun deformasiyasını müşayət edir. Beləliklə, yuxarıda qeyd olunan o nəticə təsdiqlənmişdir ki, məsaməli mühitin sıxlaşması σ_n kəmiyyətindən bilavasitə asılı deyildir və yuxarıda göstərilən asılılığın bütün ikinci sahəsinin boyunca müşahidə olunur, buradan görünür ki, asılılığın özü daha sıx materiala keçid sərhəddir.

Qeyd etmək lazımdır ki, sıxlığın ν 60-dan 80%-dək dəyişmə diapazonunda tədqiq olunan materiallar üçün yuxarıdakı tənliyinin K və S əmsallarının məsaməlilikdən asılılığı xəttiyyə yaxındır. Bu halda praktiki tələb üçün kifayət qədər dəqiqliklə bu parametrlərin qarşılıqlı əlaqəsini və sıxlaşma əyrisini qurmaq, o cümlədən məsaməliliyin göstərilən azalma diapazonunda bu əyrini təsvir edən funksiyanı təyin etmək imkanı meydana çıxır. Daha aşağı və ya daha yüksək sıxlıqlar zonalarında, eksperimentlərin göstərdiyi kimi, K və S əhəmiyyətli dərəcədə intensiv dəyişirlər, yəni presləmə tənliyində nəinki əmsalların, həm də sərt matrissalarda və hidrostatlarda sıxlığı presləmə təzyiqilə əlaqələndirən asılılığın öz tipinin dəyişməsini gözləmək olar.

Eksperimental məlumatların təhlili və məsaməli materialın sıxlaşmasının seçilmiş sahəsi, hansıdakı məsaməlilik istənilən trayektoriya üzrə azala bilər (əvvəllər birmənalı qəbul olunmuş təzyiq – sıxlıq əlaqəsinin qurulma prinsipindən fərqli olaraq), ovuntu materiallarının rəşional qəlibləmə sxemlərinin işlənməsi üçün yaxşı əsaslandırmanı təqdim edir.

Beləliklə, apardığımız tədqiqatlar göstərir ki, birqat presləmədə istənilən halda pəstahın nisbi sıxlığı 85-90% ötmür. Bunun səbəbləri isə yuxarıda qeyd edildiyi kimi, ovuntu zərrəciklərinin bir-birinə sürtünmə qüvvələrinin, onların səthlərinin matrissanın divarına sürtünmə qüvvəsinin, materialın plastiklik qabiliyyətinin həddi vəziyyətə gəlməsi və s. amillərdir. Odur ki, ilkin presləmədən sonra məsaməli pəstah tabalmaya uğradılmalı və yeni şəraitdə preslənməlidir. Odur ki, növbəti bölmədə məsaməli pəstahın ikinci preslənməsində plastiklik nəzəriyyəsinin tənliklərini gərginliklərin təyini üçün tətbiq etdik.

Ovuntu metallurgiyasında perspektiv istiqamətlərdən biri şəkildəyişən və möhkəmləndirici – kalibrləndərici əməliyyatlar kimi ovuntu pəstahlarının plastik deformasiyasının tətbiqidir, bu əksər hallarda qalıq məsaməliliyin azaldılması, materialın əsasının möhkəmləndirilməsi və detalın səthinin təmizliyinin artırılması hesabına materialların istismar xarakteristikalarını əhəmiyyətli yaxşılaşdırmağa imkan verir. Lakin ovuntu materiallarının təzyiqlə emal proseslərinin düzgün aparılması üçün formanın plastiki dəyişmə prosesində onların davranışının başa düşülməsi vacibdir. Bu isə öz növbəsində plastiki məsaməli cismin eksperimentin nəticələrini adekvat təsvir edən modelinin qurulma zəruriyyətini ortaya qoyur. Məsaməli cismin plastiki deformasiyasının əsas xüsusiyyəti həcmnin qalıq dəyişməsinin mövcudluğudur, bu, məsələn, Puasson əmsalında ($0 \leq \mu \leq 0,5$) əks olunur. Qarşıya qoyulan məsələnin mürəkkəbliyi həm də ondadır ki, plastiki deformasiya prosesində məsaməli cismin mexaniki möhkəmlənməsi həm məsaməliliyin dəyişməsi, həm də materialın əsasının möhkəmliyinin dəyişməsilə şərtlənir.

Məsaməli cismin plastiki davranışını yazmaq üçün hər şeydən əvvəl materialın həddi vəziyyət şərtini və ya plastiklik şərtini qəbul etmək lazımdır.

Əgər gərginliklər deviatorunun komponentləri məlumdursa, onda tarazlığın differensial tənliklərini σ_{ij} , $c=0$ və bir sıra sərhəd şərtlərindən istifadə edərək gərginliklər tenzorunun komponentlərini də tapmaq olar.

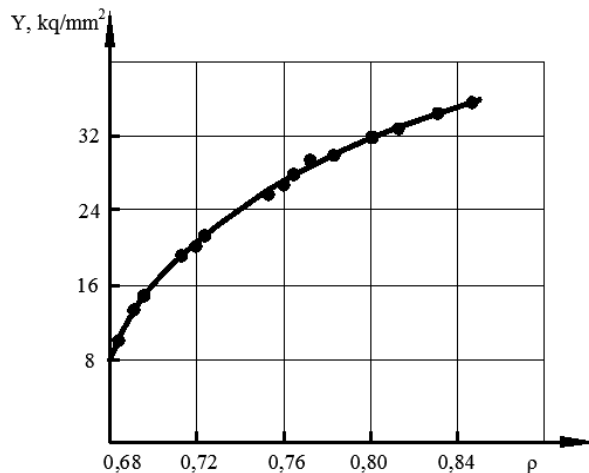
Plastiki məsaməli cismin dissertasiyada baxılan modelini ПЖ2М3 dəmir ovuntusundan olan oymaqların yuvalarının deformasiya edici dartılmasında gərginliylərin təyin edilməsi üçün istifadə edilmişdir. Deformasiya edici dartma ovuntu materiallarının təzyiqlə emalının stasionar prosesidir, çünki cismin istənilən nöqtəsində onun gərginlik – deformasiya halı onun koordinatları ilə təyin olunur və bu vaxtdan asılı deyil.

Ölçüləri $D \times H = 10 \times 10$ mm olan ovuntu silindrik nümunələrin ilkin sınağı aparılmışdır. Sınaqlardan əvvəl nümunələrin nisbi sıxlığı $\rho_0 \geq 0,68$ olmuşdur.

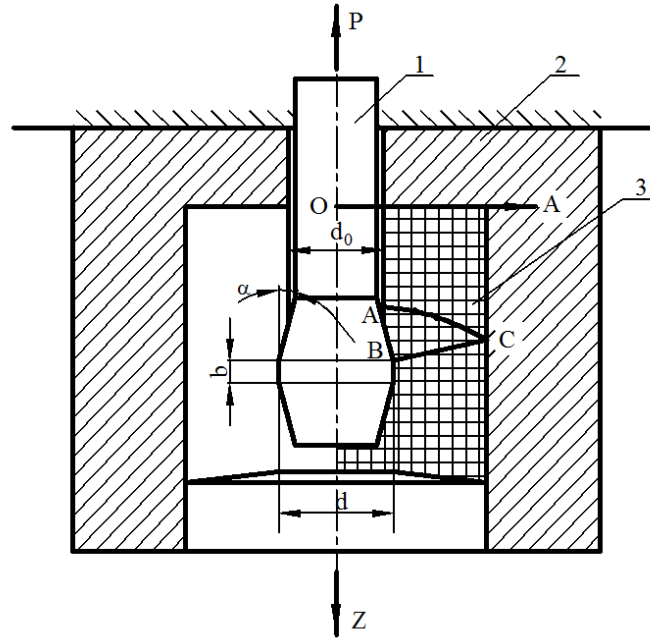
Sıxılmaya sınaqlar ГП-250 prosesində aparılmışdır. Kontakt səthlərinin yağlanması üçün sürtkü material kimi floropast araqlarından istifadə edilmişdir. Sınaqlar prosesində oturdurulmuş nümunənin diametri və onun hündürlüyü ölçülmüşdür. Alınmış nəticələrə əsasən $Y = f(s)$ asılılıq qrafikini qurulmuşdur (şəkil 1).

Ovuntu oymaqlar deformasiyayadək $D_o=23$ mm xarici diametrə, $d_o=15$ mm daxili diametrə, $H_o=18$ mm hündürlüyə malik olmuşdur. Nisbi sıxlıq $s_o=0,68$ -ə bərabər olmuşdur. Oymaqlar meridional müstəvidə kəsilmiş vəziyyətdə hazırlanmışdır. Kəsilmə müstəvisinə УИМ – 21 alət mikroskopunda korund iynə ilə rəflərinin ölçüləri $0,5 \times 0,5$ mm olan koordinat tor çəkilmişdir.

Deformasion dartma $V_o=5$ mm/dəq sürətlə УМП–10ТМ maşınında həyata keçirilmişdir. Oymağın dartılmış deşiyinin diametri $i_d = 15,4$ mm həddində olmuşdur (gərilmə isə $(d - d_o)/d_o = 0,027$). Dornanın keçid hissəsinin konusunun bucağı $\alpha=4$ dərəcə, kalibrleyici qurşağın eni $b=1,5$ mm olmuşdur. Dartma oymağın artmasına qədər aparılmışdır (şəkil 2). Sonra deformasiya dayandırılmış və oymaq bandajdan çıxarılmış və УИМ-21 mikroskopda deformasiya olunmuş torun qovşaq nöqtələrinin koordinatları ölçülmüşdür. Şəkil 2-də punktr xətlərlə deformasiya edici dartmada deformasiya ocağının sərhədləri göstərilib.



Şəkil 1. Axıcılıq həddinin Y nisbi sıxlıqdan asılılığı puanson əmsalının nisbi sıxlıqdan asılılığı aşağıdakı eksperimental nisbətlə yaxşı ifadə olunur: $\mu=0,5\rho^2$



Şəkil 2. Ovuntu oymaqda deşiklərin deformasiyaedici dartılma prosesinin sxemi:

1 – dorna; 2 – qurşaq; 3 – oymaq; ABC – plastik deformasiyalar zonası

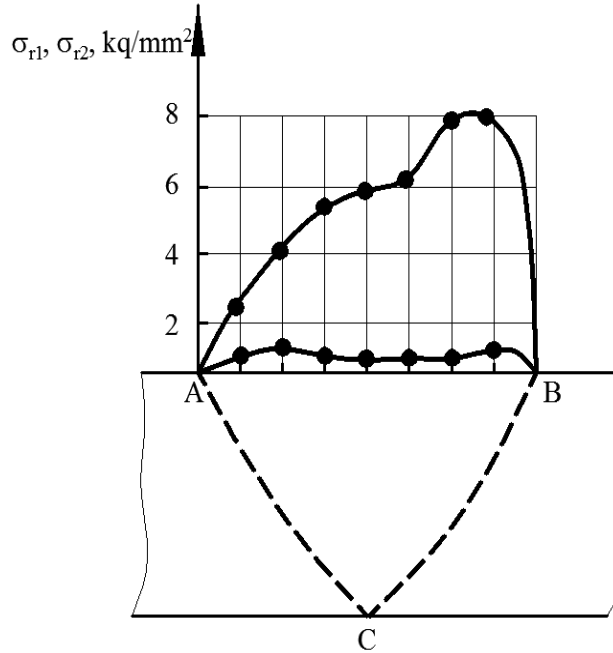
Deformasiya edici dartmada gərginliklər kompyuterdə hesablanmış və nizamlı torun qovşaqlarında təsadüfi törəmələri hesabladıqda son fərqlər metodundan istifadə edilmişdir. Say inteqrallaşması Simpson düsturuna əsasən aparılmışdır.

Kontakt səthinə toxunan $r=const$ xətti boyunca normal və toxunan gərginliklərin epyürləri şəkil 3-də göstərilib. Normal gərginliklər z oxu istiqamətində intensiv artır və deformasiya ocağından çıxışında ən böyük qiymətlərə malik olur. Toxunan gərginliklər də deformasiya ocağında çıxışda ən böyük qiymətlərə malik olur, lakin onların paylanması böyük bərabərliklə fərqlənir.

σ -nin bucağı kiçikliyinə görə bu gərginlikləri birinci yaxınlaşmada kontakt gərginlikləri hesab etmək olar. Aydındır ki, kontakt normal və toxunan gərginliklər arasında mütənasib asılılıq yoxdur. Ona görə də prosesin enerji qüvvə parametrlərinin hesabında Kulona görə yox, Zibelə görə sürtünmə qanuna üstünlük vermək lazımdır.

Gərginliklər təyinin təklif etdiyimiz metodu ovuntu materiallarının təzyiqlə emalının digər stasionar proseslərinə də tətbiq oluna bilər (çəkməyə, basıb itələməyə, yaymaya və digərlərinə).

Ölçülərin dəyişməsinin sürət vektorunu təyin etmək üçün koordinatlar torunun qurulmuş və məsələli materialdan məmulatın alınmış plastiki axma tənliklərinə əsaslanan ovuntu materiallarının təzyiqlə emalının stasionar proseslərində gərginliklərin təyini metodu işlənmişdir. Metod ПЖ2М3 dəmir ovuntusundan soyuq presləmə və aralıq bişirmə ilə alınmış məsələli oymaqların yuvasının deformasiyaedici dartılmasında yaranan gərginliklərin hesablanması üçün tətbiq olunmuşdur.



Şəkil 3. Kontakt səthinə toxunan $r = \text{const}$ xətti boyunca normal σ_r və toxunan τ_{r2} gərginliklərin epyürləri

Göstərilmişdir ki, bişirilmiş məsələli məmulatın ümumi deformasiyası gərgin vəziyyətin növü, yükləmə müddəti və deviatorun növündən asılıdır, həm də iki invariantın – gərginliklər tenzorunun birinci invariantının C və gərginliklər deviatorunun ikinci invariantının C funksiyalarıdır.

Həcmi deformasiyalar baxılmış bütün modellərlə keyfiyyətcə təsvir olunur. Həcmi dəyişmələrinin kəmiyyət qiymətləndirilməsində Martınova – Ştern modelinə üstünlük vermək lazımdır.

Dördüncü fəsildə 400-1000 MPa presləmə təzyiqlərinin diapazonunda yanan, buxarlanan və uçan plastifikatorların tətbiqlə birqat presləmə - bişirmə yolu ilə hermetik və məsaməsiz məlumatların alınması çətindir, çünki pres - pəstahların bişirmə prosesində onların qazsızlaşmasında bir - birilə əlaqələnən açıq məsaməlilik yaranır və bu sualın müsbət həlli üçün geniş xüsusi tədqiqatlar və işləmələrin aparılması zəruridir.

Əsaslandırılmış hallarda, məsələn məsamə kanallarının effektiv kəsiyinin verilən kəmiyyətilə açıq məsaməliliyin alınmaması üçün presləmə təzyiqinin 1000 MPa, mümkünsə daha yüksək artırılması ola bilər.

Presləmə təzyiqinin kəmiyyətilə yanaşı məsaməliliyin və məsamə kanallarının tənzimlənməsinin effektiv vasitəsi preslənən şixtənin komponentlərinin, hər şeydən əvvəl onun əsasının zərrəciklərin formasına və qranulometrik tərkibə görə optimallaşdırılmış seçimi ola bilər.

Presləmə prosesində bişirilmiş materialların başlayan məsaməliliyinin formalaşması plastifikatorun buxarlanması və pres-pəstahların qazsızlaşması hesabına bişirməsi prosesində davam edir və sonuncu olaraq yüksək temperaturda tamamlanır. Bu halda pres-pəstahların qızdırılma sürəti məmulatların sıxlığına, kimyəvi tərkibinə, bərkliyinə və möhkəmliyinə təsir göstərə bilər.

Təkrar presləmə prosesindən əvvəlki bişirmə temperaturu məsaməliliyin, kimyəvi tərkibin və mikrostrukturunun davam edən formalaşmasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir və bu təsir ilkin materialların texnoloji parametrlərindən və məmulatların preslənmə şəraitlərindən asılıdır.

İlkin presləmə və aralıq bişirmə proseslərində ilkin materialların kimyəvi tərkibi, zərrəciklərin forması və qazsızlaşma şəraiti, habelə son bişirmədə temperatur və qızdırma sürəti təkrar presləmədə elastiki sonrakı təsirin kəmiyyətinə və bişirmədə məmulatların kiçilməsinə və ya böyüməsinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir.

Aparılmış tədqiqatlardan müəyyən edilmişdir ki, hər iki ovuntu materialı – ЖГр1 və ЖГр0,5D1,5H1,5 üçün təkrar presləmədən əvvəl aparılan tabalmanın səmərəli temperatur intervalı 900°C hesab olunur.

Kompakt materiallardan olan detalların bişirilmiş materiallarla əvəzlənməsində məsaməliliyin, qazkeçiriciliyinin və qazsızlığının və digər bu kimi xassələrin kəmiyyətini hərtərəfli əsaslandırmaq zəruridir.

Təkrar preslənmiş ovuntuların mexaniki xassələrinin formalaşması prosesləri araşdırılmışdır. ЖГр0,8 tərkibli və ЖГр0,65D2H1 tərkibli məsaməli materialın möhkəmlik xarakteristikaları cədv.1 və cədv.2-də verilmişdir. Göründüyü kimi presləmə təzyiqini 700 MPa-dək yüksəltəndə ovuntu pəstahlarının dartılmada möhkəmlik həddi (σ_d), eləcə də nisbi uzanması (δ) artır (cədv.1). Sıxlaşdırma təzyiqinin daha da yüksəldilməsi bu xassələrin artımına səbəb olunur, əksinə xassələr müəyyən qədər azalır. Ovuntu metallurqiyasının klassik nəzəri müddəasına görə bu effekti belə izah etmək olar ki, ПЖ2М3 tərkibdən hazırlanmış pəstahlar böyük xüsusi səthli ovuntulardan ibarət olduğuna görə presləmə təzyiqi artdıqda ovuntu şixtəsinin drenaj şəraiti pisləşir. Məhz bu amil ovuntu presləndikdən sonra pəstahların möhkəmliyinin azalmasına səbəb olur. Nəticədə ovuntu pəstahlarının fiziki-mexaniki xassələri aşağı düşür. Bu dediklərimiz cədvəl 2-də əyani təqdim olunmuşdur. Burada xüsusi səthinin sahəsi az inkişaf etmiş püskürdülmüş ovuntudan hazırlanmış pəstah nümunələri 1000-1100 MPa sıxlaşdırıldıqdan sonra sıxlıqları xeyli azalır. Müəyyən olunmuşdur ki, ПЖ2М3 tərkibli ovuntu üçün presləmə təzyiqinin 700 MPa-dan çox artdıqda şixtənin drenaj şəraiti pisləşir, bu effekt xüsusən qalın divarlı ovuntu pəstahları hazırlanarkən özünü daha çox büruzə verir.

ЖГр0,8 tərkibli ovuntu materialını təkrar presləyib bişirməyə uğratdıqda presləmə təzyiqi ilə pəstahların mexaniki xassələri arasında düz mütənəsb əsliliq müşahidə olunur (cədv.3). 700-900 MPa təzyiq altında preslənmiş pəstahlar daha yüksək xassələrə malik olur ($\sigma_d=310$ MPa və $\delta=25\%$). (900+600), (900+700), (900+800) və (900+900) MPa təzyiq altında sıxlaşdırılmış pəstahların nisbətən aşağı göstəriciləri ilkin

Cədvəl 1

ЖГр1markalı ovuntu materialının fiziki- mexaniki xassələri

Sıxlaşdırma təzyiqi, MPa	Pəstahların xüsusi çəkisi, q/sm ³	Dartılmada möhkəmlik həddi, MPa	Nisbi uzanma, %	Bərklik, HRB
380	6,28	172	6,60	22
520	6,48	192	7,24	28
620	6,78	206	8,16	34
720	6,82	230	8,78	41
780	6,76	226	8,42	39
910	6,74	206	7,32	39
400+600	7,02	324	15,12	73
400+700	7,16	336	16,92	74
400+800	7,22	352	20,02	75
400+900	7,28	360	20,52	77
700+600	7,16	352	20,04	72
700+700	7,26	380	24,22	76
700+800	7,32	384	24,02	80
700+900	7,34	390	24,42	77
900+600	7,12	338	18,12	84
900+700	7,18	350	18,43	86
900+800	7,22	350	20,24	92
900+900	7,26	368	20,83	93

Cədvəl 2

ЖГр0,5D1,5H1,5 markalı ovuntu materialının fiziki- mexaniki xassələri

Sıxlaşdırma təzyiqi, MPa	Pəstahların xüsusi çəkisi, q/sm ³	Dartılmada möhkəmlik həddi, MPa	Nisbi uzanma, %	Bərklik, HRB
420	6,02	154	6,04	46
510	6,33	170	6,92	54
620	6,64	172	7,32	55
710	6,72	220	7,04	60
820	6,84	230	6,74	62
880	6,83	248	6,75	67
400+600	6,76	352	15,04	85
400+700	6,92	358	13,52	89
400+800	7,06	368	13,12	90
400+900	7,16	404	15,54	94
700+600	7,06	412	12,54	89
700+700	7,12	434	13,46	92
700+800	7,24	466	14,64	90
700+900	7,26	470	15,36	89
900+600	7,16	444	13,08	90
900+700	7,24	472	12,56	92
900+800	7,32	477	13,52	98
900+900	7,36	499	16,62	86

Materialların mexaniki xassələri

Materialın markası	Presləmə təzyiqi, MPa	Sıxlıq, q/sm ³	Tablamadan və tabəksiltmədən sonra bərklik, HRC	Radial sıxılmada möhkəmlik, kN
Çuqun	–	–	42-47	32,15
ЖГр1	400	6,20	34-36	12,10
	500	6,45	37-39	15,23
	600	6,7	40-42	16,15
	700	6,8	40-44	20,00
	800	6,8	39-43	19,85
	900	6,79	44-46	17,27
	400+600	7,0	44-48	35,24
	400+700	7,15	46-49	38,15
	400+800	7,2	44-48	45,17
	400+900	7,25	42-44	45,85
	700+600	7,17	45-47	41,23
	700+700	7,27	44-48	46,33
	700+800	7,3	44-48	50,00
	700+900	7,35	45-49	52,17
	900+600	7,1	45-48	38,24
	900+700	7,15	45-49	40,15
	900+800	7,2	44-48	41,23
	900+900	7,25	43-49	43,18
ЖГр0,65D2N1	400	6,05	30-35	16,2
	500	6,35	34-37	18,32
	600	6,6	35-38	19,17
	700	6,7	36-38	19,85
	80	6,8	38-41	19,75
	900	6,85	39-42	20,04
	400+600	6,7	40-42	37,17
	400+700	6,9	41-43	40,21
	400+800	7,05	42-44	42,22
	400+900	7,15	43-45	46,17
	700+600	7,0	43-45	43,23
	700+700	7,1	42-46	47,75
	700+800	7,2	44-48	51,00
	700+900	7,25	44-46	52,84
	900+600	7,15	43-45	50,07
	900+700	7,2	45-47	53,03
	900+800	7,3	45-48	54,17
	900+900	7,35	46-48	62,25

presləmə zamanı qazların drenaj şəraitinin pisləşməsilə əlaqədardır. Halbuki bu pəstahlar böyük bərklik nümayiş etdirir, bu bişirmə prosesində gedən karbonsuzlaşma

ilə izah oluna bilər. ЖГр0,65D2H1 tərkibli ovuntudan hazırlanmış pəstahlar elə ilkin presləmə və bişirmədən sonra dartılmada böyük müqavimət həddi nümayiş etdirir. Lakin, presləmə təzyiqini 700 MPa-dan çox artırıqda pəstahlarda nisbi uzanma müəyyən qədər azalır, halbuki bərkliyin əhəmiyyətli artması davam edir.

Müəyyən olunmuşdur ki, bütün hallarda ikiqat presləmə pəstahlarının dartılmada möhkəmlik həddini və nisbi uzanmasını əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Təkrar presləmə təzyiqi yüksəldikcə pəstahların dartılmada möhkəmlik həddi və səthin bərkliyi artır, nisbi uzanma isə əhəmiyyətli dəyişikliyə uğramır.

Radial sıxılmada möhkəmlik həddinin sınaqları çuqun töküklər və ЖГр0,8 və ЖГр0,65D2H1 ovuntusundan hazırlanmış diyircək tipli pəstahlar üzərində aparılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, ilkin presləmə və bişirməklə hazırlanmış diyircəklərin radial sıxılmada möhkəmlik həddi çuqun töküklərdən kəsilmiş nümunələrə nəzərən xeyli dərəcə aşağıdır. Təkrar presləmə və bişirmə texnologiyası tətbiq edildikdə pəstahların möhkəmliyi xeyli yüksəlir və bu pəstahlar ilkin presləmə və bişirməklə əldə olunan pəstahlara nisbətən daha yaxşı möhkəmlik nümayiş etdirir.

Boz çuqun tökükdən hazırlanmış diyircək pəstahlar homogen struktura malik olsalar da təkrar presləmə və bişirmə texnologiyası ilə alınmış ovuntu pəstahlarla müqayisədə mexaniki xassələrin səviyyəsində uduzurlar. Bu məsələ çuqun pəstahların aşağı özlülüyə malik olması ilə izah oluna bilər.

ÜMUMİ NƏTİCƏLƏR

Beləliklə, dəmir və qrafit əsasında hazırlanan materialının təkrar presləmə və bişirmə texnologiyası tətbiq edildikdə struktur və xassələrin dəyişməsinə dair aparılmış kompleks araşdırmalardan aşağıdakı nəticələr əldə olunmuşdur.

1. Konstruksiya təyinatlı ovuntu materiallarının preslənməsinin yeni nəzəri və texnoloji müddəaları irəli sürülmüş, sistemləşdirilmiş və dəqiqləşdirilmişdir. Pəstahların ilkin soyuq preslənməsi zamanı ovuntu materiallarının statiki və dinamik preslənməsinin müəyyən özəllikləri aşkar edilmişdir. Təyin olunmuşdur ki, sıxlaşdırılan məsaməli

materialın sıxlığı gərginliklər tenzoru funksiyasının ən böyük təşkiledicisi ilə birbaşa əlaqəli deyildir. Pəstahın preslənmə prosesinin gedişatı gərginliklər tenzoru deviator komponentinin nisbi qiymətindən asılıdır.

2. Dəmir və qrafit qarışığı əsasında ovuntu materiallarının presləmə diaqramı tərtib olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, qapalı tərtibatda ilkin presləmə zamanı ovuntuların preslənməsi normal və toxunan gərginliklərin koordinatları ilə həddəndir. Ənənəvi sıxlaşdırma prosesləri üçün presləmə təzyiqi və materialın sıxlığı arasında korrelyasiyanı ifadə edən funksiyaların növü və onların müvafiq əmsalları təyin olunmuşdur.

3. Dənəvər materialları presləməklə emal texnoloji proseslərində məsələli pəstaha plastiklik nəzəriyyəsinin klassik tənlikləri tətbiq olunmuşdur. Məsələli və plastik ovuntu materialının gərginlik halına dair Beltramın hipotezi əsasında riyazi model işlənmişdir. Təklif edilən modelin bazasında deformasiya gərginlikləri və sürətləri kimi parametrlərin korrelyasiya tənlikləri çıxarılmışdır.

4. Stasionar və qərarlaşmış rejimlərdə məsələli ovuntu materialının təzyiqlə emalı zamanı gərginlikləri təyin etmək üçün metod təklif olunmuşdur. Deformasiyanın sürət sahəsini müəyyən etmək üçün koordinatlar toru əsasında və məsələli cismin plastik axma tənlikləri çıxarılmışdır. Bu tənliklər məsələli ovuntulardan hazırlanan pəstahların dənənlərinin dartılma deformasiyası zamanı yaranan gərginliklərin analitik təyini üçün istifadə olunmuşdur.

5. Müəyyən edilmişdir ki, yüksək temperaturda bişirilmiş məsələli ovuntu materialının qapalı tərtibatda həcmi deformasiyasının qiyməti pəstahın gərginlik halı, yüklənmə vəziyyəti və deviatorun növü ilə təyin olunur. Bu deformasiyalar təklif olunan riyazi modellərdə qiymətləndirilmişdir. Məsələli materialı presləməklə emal zamanı deformasiyaların kəmiyyətə qiymətləndirilməsi üçün Marfinova – Ştern modelinə üstünlük vermək məqsəduyğundur.

6. İlkin, təkrar presləmə və bişirmə proseslərinin rəşional texnoloji rejimləri eksperimental yolla müəyyən edilmişdir. Göstərilmişdir ki, dəmir-qrafit əsaslı yüksək

sıxlığa malik pəstahların keyfiyyətinə şixtənin drenajlama prosesinin təsiri vardır. Bişirmə temperaturu, presləmə sürəti və pəstahın ölçüləri artdıqca qapalı tərtibatdan qazların çıxarılması prosesinin rolu daha da həlledici olur.

7. Müəyyən olunmuşdur ki, məsaməli ovuntu pəstahlarının fiziki-mexaniki xassələrinin formalaşmasına dənələrin forma və ölçüləri mühüm təsirə malikdir. Göstərilmişdir ki, presləmə prosesində məsaməli materialın sıxlaşmasının səmərəliliyi baxımından maye metalın püskürdülməsi üsulu ilə alınmış ovuntuların istifadəsi daha məqsədə uyğundur.

8. Məsaməli ovuntu materiallarından müxtəlif pəstahların istehsalında aralıq bişirmə temperaturunun ikiqat presləmə-bişirmə prosesində ən vacib texnoloji parametrlər olduğu müəyyən olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, aralıq bişirmə temperaturu pəstahların sonrakı mərhələlərində fiziki-mexaniki xassələrin səviyyəsini və əlverişli struktur parametrlərinin formalaşmasını müəyyən edir.

9. Müəyyən olunmuşdur ki, dəmirqrafit əsaslı ovuntu materiallarının təkrar preslənməsi pəstahların fiziki-mexaniki xarakteristikalarını birqat sıxlaşdırılmış pəstahlarla müqayisədə az qala iki dəfə yüksəldir. Bununla da təkrar preslənmiş pəstahların xassələri isti preslənmiş ovuntu materiallarının xarakteristikalarına yaxın olur. Təsdiq edilmişdir ki, məsaməli ovuntu materiallarının soyuq təkrar presləmə texnologiyası isti presləmə və ya ştamplama ilə müqayisədə xeyli səmərəlidir. Odur ki, təkrar soyuq presləmə texnologiyasının konstruksiya təyinatlı məsaməli ovuntu pəstahlarının istehsalında daha geniş miqyasda tətbiqi böyük texniki-iqtisadi səmərə verə bilər.

Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı işlərdə çap olunub:

1. A.T.Məmmədov, S.M.Rüstəmov. İlkin soyuq presləmədə ovuntu materiallarının sıxlaşma qanunauyğunluqları. AzTU, Elmi əsərlər, Bakı, 2016, №3, c.81-88.

2. A.T.Məmmədov, S.M.Rüstəmov. Təzyiqlə emal proseslərində məsaməli cisimə plastiklik nəzəriyyəsinin tənliklərinin tətbiqi. AzTU, Maşınşünaslıq, Bakı, 2016, №1, s. 66-70.
3. S.M.Rüstəmov. Birqat presləməklə alınan dəmirqrafit ovuntu materialları. Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XX Respublika konfransı. ADNSU, Bakı, 24-25 may 2016, s. 349-351.
4. S.M.Rüstəmov, N.R.Məmmədli. Dəmirqrafit əsasında ovuntu materiallarından konstruksiya təyinatlı məmulatların alınmasında müasir istiqamətlər A3İMY, Prof. T.M.Pənahovun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş Konfrans materialları, 2016, 10-11 iyun, s. 344-348.
5. S.M.Rüstəmov. İkiqat presləmə və bişirmədən sonra nümunələrin sıxlığı və mexaniki xassələri. «Maşınqayırmada intellektual texnologiyalar» Beynəlxalq elmi-texniki konfrans AzTU, 2016, s. 316-320.
6. S.M.Rüstəmov. Dəmir əsaslı ovuntu pəstahlarının alınması və xassələri. “Gənclər və elmi innovasiyalar” mövzusunda Respublika elmi-texniki konfransı. Bakı, AzTU, 3-5 may 2017, s.71-72.
7. A.T.Məmmədov, S.M.Rüstəmov. Dəmir əsaslı məsaməli cisimlərin plastiklik hipotezinin eksperimental yoxlanması. Bakı, Milli Aviasiya Akademiyası, Elmi məcmuələr, 2016, cild 18, №4, s.72-79.
8. S.M.Rüstəmov. İkiqat presləməklə alınan dəmirqrafit ovuntu materialları. ADDA, Elmi əsərlər, 2017, №1, s.57-60.
9. S.M.Rüstəmov. Aralıq bişirmə temperaturunun təkrar preslənmiş nümunələrin elastiki sonrakı təsirinin kəmiyyətinə və onların bişirmədə böyüməsinə (yığışmasına) təsiri. “Metallurgiya və materialşünaslığın problemləri” mövzusunda 2-ci Beynəlxalq Elmi-Texniki konfrans., Bakı, AzTU, 28-30 noyabr 2017, s.299-301.

10. A.T.Mamedov, S.M.Rustamova. Влияние промежуточной температуры спекания на свойства порошковых материалов. Вестник машиностроения, Москва, 2018, № 2, с.48-51.
11. R.Q.Hüseynov, S.M.Rüstəmovə. Ovuntu dəmirqrafit nümunələrin sıxlığının və bərkliyinin təkrar presləmə təzyiqindən asılılığı. AzTU, Elmi əsərlər, Bakı, 2018, №3, s.171-177.
12. S.M.Rüstəmovə. İkiqat soyuq presləmənin dəmir-qrafitin struktur və xassələrinə təsiri. AzTU-H.Əliyevin anadan olmasının 95-ci ildönümünə həsr olunmuş “Gənclər və elmi innovasiyalar” mövzusunda Respublika elmi-texniki konfransı. Bakı, AzTU, I hissə, 3-5 may, 2018, s. 223-224.
13. S.M.Rüstəmovə. Dəmir əsaslı məsaməli materialların strukturuna aralıq bişirmə temperaturunun təsiri. AzTU, Elmi əsərlər, Bakı, 2018, №1, c.143-148.
14. S.M.Rustamova. Влияние температуры промежуточного спекания на свойства порошковых материалов. Розвиток освіти, науки та бізнесу: результати 2020: тези доп. міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 грудня 2020 р. – Україна, Дніпро, 2020. Т.2. с. 344-348.
15. S.M.Rüstəmovə. Dəmir əsaslı ovuntu materiallarına soyuq presləmə və bişirmə texnologiyasının tətbiqi. AZMİU, “İnşaat” fakültəsinin 100 illiyinə həsr edilmiş “İnşaatın müasir problemləri” Beynəlxalq elmi - praktik konfransının materialı, Bakı, 2020, s.306-310.
16. S.M.Rustamova. Применение уравнений теории пластичности на процессах обработки давлением пористого тела. Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць. Вип. 40. – Маріуполь: ДВНЗ «Приазов. держ. техн. ун-т», 2021, с.106-112.

Çap olunmuş əsərlərdə müəllifin şəxsi iştirakı:

[1,2,4] – ideyanın verilməsi, tədqiq olunan məsələlərin qoyuluşu, həlli və nəticələrin alınması;

[7,10] – məsələlərin həlli və nəticələrin təhlilində iştirak;

[11,16] – tədqiq olunan məsələlərin qoyuluşu, həlli və nəticələrin alınması;

[3,5,6, 9,10,12-15] – müstəqil yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın müdafiəsi __ ____ 2024-cü il tarixində saat ____- da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHŞ-in 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 Texniki Universiteti PHŞ-in kitabxanasında tanış olmaq olar.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Texniki Universiteti PHŞ-in rəsmi internet saytında (www.aztu.edu.az) yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat “ __ ” _____ 2024-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: __. __.2024

Kağızın formatı: A5

Həcm: 39693

Tiraj: 120