

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ  
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

*Əlyazması hüququnda*

Cəfərov Tural İbrahim oğlu, Həsənzadə Fuad Etibar oğlu, Nemətli  
Toğrul İlqar oğlu.

POLAD PƏSTAHLARIN HAZIRLANMASINDA BAŞ  
VERƏN İSTİLİK PROSESLƏRİNİN TƏDQIQI

mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASIYASI

İxtisas: 060611 - Metallurgiya mühəndisliyi

İxtisaslaşma: 06061105 – Qaynaq istehsalı metallurgiyası,  
texnologiyası və avadanlığı

Elmi rəhbər: T.ü.f.d., dos. Namazova Zənurə Əsgər qızı

BAKİ-2023

## Mündəricat:

GİRİŞ.....	3
1.Fasiləsiz tökmə maşınları haqqında .....	6
1.1. Fasiləsiz tökmə maşınında pəstah istehsalı üçün poladın emalı və xüsusiyyətləri .....	9
2. Polad pəstahların alınma texnologiyası.....	11
3.Polad pəstahların hazırlanması zamanı baş verən istilik proseslərinin tədqiqi.....	16
3.1. Polad pəstahların hazırlanması zamanı istilik keçirmə hadisəsi.....	16
3.2 İstilik zamanı polad pəstahlarda baş verən dəyişikliklər .....	20
3.3 Polad pəstahların alınması zamanı termiki emalda istiliyin ötürülməsi şəraiti .	23
3.4. Polad pəstahların alınmasında termiki emal zamanı istilikötürmə prosesi və onun gedişi .....	25
3.5 Polad pəstahlarda istilik keçirmə prosesi.....	27
3.6. Polad pəstahların alınması zamanı qızma və soyuma rejimlərinin təyini .....	31
4. Polad pəstahların alınmasından sonra termiki emal proseslərinə uğradılması .....	37
4.1. Polad pəstahların hazırlanması zamanı termiki emal prosesində qızdırma,.....	39
saxlama və soyutma müddətləri.....	39
4.2. Polad pəstahların hazırlanmasında termiki emal proseslərində yaranan gərginliklər. I, II və III növ gərginliklər .....	44
5. Polad pəstahların alınması zamanı yaranan qüsurlar .....	50
6. Nəticə.....	53
7. Ədəbiyyat .....	55

## GİRİŞ

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Dünyada bütün ölkələrin ağır sənayesinin başında metallurgiya sənayesi əsas rol oynayır. Dünyada metal istehsalı olmadan ağır və material tutumlu maşınların, avadanlıqlarının və konstruksiyaların istehsalı mümkün deyildir. Qeyri-metal materiallarla müqaisədə konstruksiyalarının yüksək möhkəmliyini, iş qabiliyyətini və etibarlılığını metal və ərintilərin təmin etməsi onların istifadəsini həmişə aktual edir. Metal və ərintilər içərisində ən geniş tətbiq olunanları qara metal və ərintilər, o cümlədən poladlardır. Polad istehsalının ölkəmizdə innovativ texnologiyalar əsasında təşkili geniş elmi tədqiqatların aparılması ilə yanaşı, həm də xammal bazasının genişləndirilməsini tələb edir.

Məhz belə yanaşma əsasında Bakı şəhərində 2000-ci ildə Azərbaycan xalqının Ümumilli lideri Heydər Əliyevin təşəbbüsü ilə “Baku Steel Company” MMC işə salındı. Müəssisə Simens firmasının 50 tonluq elektroqövs sobası ilə işləyir və inşaat sektoru üçün müxtəlif armaturlar istehsal edir. İlk dövrlərdə zavod yalnız metal tullantılarından istifadə etməklə təkrar emal texnologiyası ilə işləyirdi.

Lakin son dövrlər “Baku Steel Company” MMC innovativ texnologiyaların tətbiqinə xüsusi diqqət verir. Məsələn, şixtə komponentlərini çeşidləməklə seçimi və şixtənin sobaya fasiləsiz yüklənmə texnologiyasının tətbiqi, ferroərintilər istehsalının təşkili, onların müəssisədə istifadəsi, elektrometallurgiyanın son naliyyətləri əsasında elektrotexnikanın və elektrometallurgiyanın fiziki təsirlərinin istifadəsi ilə poladın əridilməsi, oksigensizləşdirilməsi, ondan fasiləsiz tökmə pəstahlarının alınması müəssisənin prioritet istiqamətləridir.

Ümumiyyətlə, son 25-30 il ərzində elektrometallurgiya, xüsusən elektropoladəritmədə innovativ texnologiyaların tətbiqi böyük vüsət almışdır. Bir sıra yeni əritmə aqreqatları, sobadan kənar emal və poladın fasiləsiz tökmə qurğuları, əritmə sexlərinin və ilkin materiallarla elektroəritmə aqreqatlarının və əritmə məhsullarının evakuasiya sistemləri yaradılmış, sənaye miqyasında işləyir və istifadə olunur. Tökmə - yayma

kompleksləri işlənir və tətbiq olunur, yeni elektrometallurgiya mini – zavodları işləyir və yeniləri tikilir. Bunlar inşaat və maşınqayırma ehtiyacları üçün hazır məmulatların alınmasını təmin edirlər. Beləliklə, elektrometallurgiya istehsalatı avadanlığın modernləşdirilməsi və texniki yenidən qurulması mərhələsindədir.

Bütün bu sadalanan problemərin həlli ölkəmizdə metallurgiyanın flaqmanı olan “Baku Steel Company” MMC-nin payına düşür. Bu müəssisə özünü keyfiyyətli şixtə materialları ilə təmin etməklə yanaşı, həm də bu materialların hazırlanması üçün avadanlığın, elektropoladəritmə üçün soba və tökmə avadanlıqlarının, poladın sobadan kənar emalı, külçələrin soyudurulması üçün avadanlığın, qəliblərin təmizlənməsi və yağlanması üçün maşınların, ferroərintilər istehsalatının soba və tökmə avadanlığının düzgün və dayanmadan təkmilləşdirilməsi problemini gündəmdə saxlayır.

Hazırda “Baku Steel Company” MMC elmi - texnoloji istiqamətlərini özünü və ölkənin digər metallurgiya zavod və sexlərini təmin etmək üçün Daşkəsən filizinin emalı və ondan metallaşdırılmış yuvarların alınması probleminə yönəltmişdir.

Aydındır ki, bu çox saylı problemlər içərisində enerjiyə qənaətli elektropoladəritmə prosesinin nəzəri əsaslarının işlənməsi böyük elmi tutumlu məsələdir. Eyni zamanda alınmış poladdan metal tutumu və həndəsi cəhətdən əlverişli pəstahların alınma problemi də vacib əhəmiyyət kəsb edir. Məlumdur ki, fasiləsiz tökmə ilə alınan pəstahlar sonrakı mərhələdə əsasən yayma ilə aralıq və ya son məhsula çevrilir. Bu məhsullar içərisində yayma texnologiyası nöqtəyi- nəzərindən fasiləsiz tökmə polad pəstahları daha böyük elmi – tədqiqat işlərinin aparılmasını tələb edir. Çünki demək olar ki, bu sahə elektrometallurgiya ilə polad istehsalında ən az tədqiq olunmuş sahədir. Bu texnologiyanın etibarlı və effektiv tətbiqi üçün yeni konstruksiyalı yayma vallarının işlənməsi də vacib əhəmiyyət kəsb edir.

## **FƏSİL I.**

**Cəfərov Tural İbrahim oğlu.**

**Fasiləsiz tökmə maşınları ilə polad pəstahların alınması və polad pəstahların hazırlanması zamanı istilik keçirmə hadisəsi**

## 1.Fasiləsiz tökmə maşınları haqqında

Yüksək keyfiyyətli töküklərin hazırlanması və daha mütərəqqi üsulların tətbiq edilməsi, tökmə texnologiyasının kompleksli mexanikləşdirilməsini və avtomatlaşdırılmasını tələb edir. Tökmə istehsalatının vacib tələblərindən biri də dinamik möhkəmliyə malik ( dəyişən işarəli yüklə işlədikdə ) karroziyaya və yüksək temperatura qarşı davamlı olan ərintilərdən töküklər alınmasıdır. Bir çox hallarda metal tökükləri mexaniki emal edərək hazır məmulata çevirmək üçün onları çox yonmaq lazım gəlir. Odur ki, metaldan az yonqar götürülməsinə çalışmaq yəni töküklərin ölçülərinin hazır maşın hissələrinin ölçülərinə yaxınlaşdırılmasını təmin edən texnoloji proseslərin yaradılmasına nail olmaq lazımdır. Tökmə sexlərində əmək məhsuldarlığını artırmaq üçün yüksək faydalı iş əmsalı ilə işləyə bilən qəlib hazırlayıcı maşınlar, əridici aqreqatlar, fasiləsiz tökücü maşınlar tətbiq etmək lazımdır. Poladkülçələrin yararlı metal çıxımını artırmaq bə onun keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq məqsədilə fasiləsiz tökmə üsulundan istifadə edilir. Qeyd etmək lazımdır ki. Bu üsuldan istifadə etməklə metal külçələrinin alınması fikrini ilk dəfə 1858-ci ildə Henri Bessemer təklif etmişdir.

Fasiləsiz tökmə üsulunun çoxdan ( 100 ildən artıq ) məlum olmasına baxmayaraq yalnız son illər sənayedə tətbiq olunmağa başlamışdır.

Keçmiş SSRİ-də fasiləsiz tökmə üsuluna aid tədqiqat işləri, əsasən müharibədən sonrakı illərdə aparılmış və 1953-cü ilin axırlarında ilk sənaye yoxlama tipli fasiləsiz tökmə maşını Novo-Tulski metallurgiya zavodunda, ilk sənaye tipli fasiləsiz tökmə maşını, 1955-ci ilin mayında « Krasnoe Sormovo» zavodunda istifadəyə verilmişdir. İstehsalatda müxtəli tipli fasiləsiz tökmə maşınlarından istifadə olunmasına baxmayaraq bu üsulla polad külçəsinin alınma mahiyyəti eynidir: maye polad stoporlu çalovdan içəridən aşağı tərəfdə zatrvka yerləşən və su ilə soyudulan xüsusi konstruksiyalı kristallaşdırıcıya tökülür.

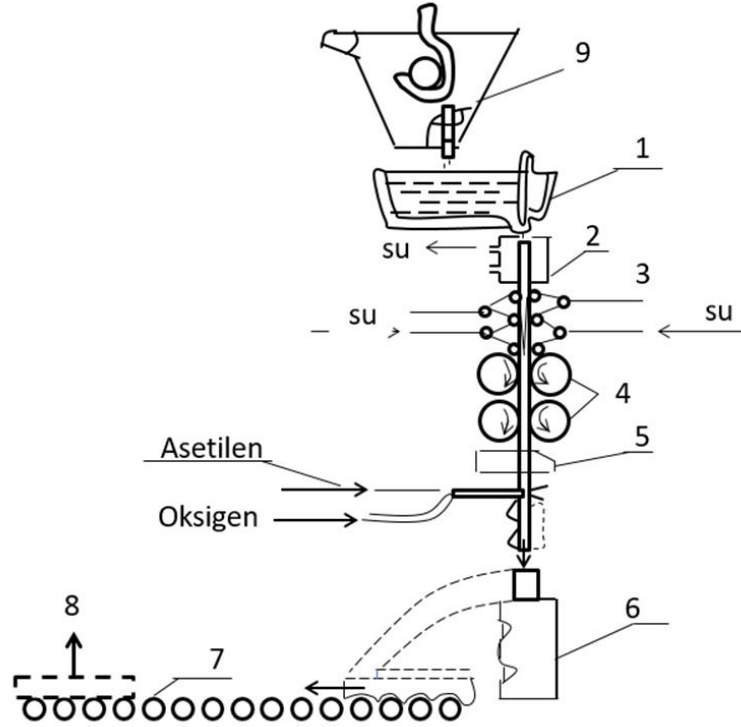
Kristallaşdırıcıda zətravkanın üzərində maye meta səthinin səviyyəsi 300-400 mm olduqda dartıcı mexanizm işə salınır. Müəyyən qədər bərkiməyə başlayan ərinti zətravka ilə birlikdə müəyyən sürətlə aparılaraq kristallaşdırıcıdan çıxarılır. Burada alınan tökmə müəyyən temperatura qədər soyuduqdan sonra lazımi ölçüdə olan pəstahlar şəklində kəsilir və istənilən məqsəd üçün istifadə edilir. Fasiləsiz tökmə maşını yüksək məhsuldarlığı ilə xarakterizə olunur. Maşının məhsuldarlığını daha da artırmaq üçün onu 2-4, hətta 8-metal külçəsini eyni zamanda ala bilən konstruksiyada hazırlayırlar. İlk fasiləsiz tökmə maşını şaquli tipli olmuşdur. Şəkil 1. Ümumi hündürlüyü 40 m-ə çatan şaquli tökmə maşınları texnoloji avadanlıqların yerləşmə səviyyəsinə görə şaxt, qülləli və ya yarımşaxt şəklində olur. Şaxt və yarımşaxt şəkilli şaquli tipli fasiləsiz tökmə maşınlarında dartıcı, kəsici və digər texnoloji avadanlıqlar dərinliyi 2-25, diaqmetri 25 m olan quyuda yerləşir. Şaxt tipli quyuların tikilməsi fasiləsiz tökmə qurğusunun ümumi tikinti xərcini artırır. Şaquli tipli, xüsusilə qülləli fasiləsiz tökmə maşınının yüksək hündürlükdə olması onun istismarını çətinləşdirir. Şaxt və yarımşaxt tipli quyuların tikilmə xərclərinin yüksək olması şaquli tipli fasiləsiz tökmə maşınlarının istehsalatda geniş tətbiqini məhdudlaşdırır.

Fasiləsiz tökmə qurğusunun ümumi hündürlüyünü və qurğunun quyusu hissəsinin dərinliyini azaltmaq məqsədilə dartıcı vallardan sonra onların arasından keçən metal külçəsinin üfüqi istiqamətdə əyirlər. Bunun təsirindən qurğunun ümumi hündürlüyü xeyli azalır. Qurğunun əyici, düzləndirici, kəsici və s. Avadanlıqları sexin döşəməsi səviyyəsində yerləşir.

Aparılmış tədqiqat işləri nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, metal külçəsinin qalınlığı müəyyən həddən çox olduqda onun əyilməsi və sonradan düzləndirilməsi zamanı əyilmə yerində çat alınır. Çatın alınmaması üçün əymə radiusu metal külçəsinin qalınlığından 30 dəfə çox olmalıdır. Bu səbəbdən də göstərilən üsula qalınlığı 150-200 mm –dən az olan metal külçələri alınır. Metal külçəsinin kiçik qalınlıqda alınması, həm də tökmə sexində əyici və düzləndirici avadanlıqların yerləşdirilməsi ( bu avadanlıqlar sexin iş şəraitini çətinləşdirir ) üsulun çatışmayan cəhətlərindəndir. Buna görə də göstərilən fasiləsiz tökmə maşınının istehsalatda tətbiqi məhduddur.

Son zamanlar ümumi hündürlüyü şaquli tipli fasiləsiz tökmə maşınının hündürlüyünə görə çox az olan radial tipli fasiləsiz tökmə maşınlarından istifadə edilir.

Fasiləsiz tökmə maşınının prinsipial sxemi:



Şəkil 1.Fasiləsiz tökmə maşınının prinsipial sxemi:

**1-aralıq çalov; 2-kristallaşdırıcı; 3- ikinci soyutma zonası; 4- dartıcı vallar; 5- qaz kəsici; 6-çevirici –aşırıcı; 7- aparıcı rolqanq; 8-qaldırıcı qurğu; 9- polad çalovu.**

Burada həm soyuducuların, həm də dartıcıların işlək üzləri birlikdə qövsvari səth əmələ gətirdiyindən metal külçəsinin hərəkət trayektoriyası da müəyyən radiuslu əyri üzrə olur. Trayektoriyanın əyrilik radiusu metal külçəsinin qalınlığından asılı olub, aşağıdakı tənliklə tapılır:

$$R = ( 30-40 ) b$$

burada b- en kəsiyi düzbucaqlı olan metal külçəsinin qalınlığıdır



Müasir radial tipli maşınlarda metal külçəsinin hərəkət trayektoriyasının əyrilik radiusu 12 m-ə qədər olur. Qeyd etmək lazımdır ki, bu maşında alınan metal külçəsinin en kəsiyinin ölçüləri şaquli tipli maşınlarda alınan külçələrin ölçüləri kimidir. Bu üsulla Rustavi Metallurjiya zavodunda en kəsiyi 160×900, Novo-tulski zavodunda isə 200×1200 mm olan polad külçələr alınır. Bu tip fasiləsiz tökmə maşınının da çatışmayan cəhəti vardır ki, onlar üsulun istehsalatda geniş tətbiqini məhdudlaşdırır. Üsulun əsas çatışmayan cəhətlərindən biri metal külçəsinin hərəkətinin çətinləşməsi üzündən onun zəif yerində qırılmasıdır. Metal qırığının çıxarılması üçün kristallaşdırıcının və soyuducunun tam sökülməsi tələb olunur. Bu isə ağır zəhmət tələb edən işdir.

Fasiləsiz tökmə maşını aralıq tökmə çalovu, kristallaşdırıcı, soyuducu, dartıcı vallar, kəsmə qurğusu və s. kimi əsas hissələrini göstərmək olar. Aralıq tökmə çalovun tutumu 8-14 t olub, vəzifəsi maye ərintini çox şırnaqlı fasiləsiz tökmə qurğusunun kristallaşdırıcıları arasında bərabər bölüşdürmək, və maye ərintinin tökülmə sürətini və miqdarını tənzimləməkdən ibarətdir. Hər aralıq çalov fasiləsiz tökmə qurğusundakı kristallaşdırıcıların sayı qədər stoporlu bağlayıcıya malik olur. Maye ərintinin kristallaşdırıcıya lazımi sürətlə verilməsi üçün onun çalovda yerləşmə dərinliyi 600-700 mm olmalıdır. Fasiləsiz tökmə maşınlarının məhsuldarlığını artırmaq üçün aralıq çalovundan ardıcıl olaraq bir neçə ərintinin süzülməsində istifadə edirlər.

### **1.1. Fasiləsiz tökmə maşınında pəstah istehsalı üçün poladın emalı və xüsusiyyətləri**

Fasiləsiz tökmə prosesində poladın qazsızlaşdırma prosesinin xüsusiyyətləri tədqiq olunub. Müəyyən olunmuşdur ki, poladın qazsızlaşdırılması kifayət etmədikdə kristallaşmadan sonra onda struktur qüsurları yaranır, bu qüsurlar strukturda flokenlər və çatlar kimi özlərini biruzə verirlər. Qeyd olunur ki, qazsızlaşdırma prosesini arqonla, azotla və hətta sıxılmış hava ilə aparmaq olar. Ən yüksək nəticələr maye poladın

arqonla qazsızlaşdırılmasında mümkün olmuşdur. Bu halda poladda oksidlərin ümumi miqdarının 80%-dək azalması müşahidə olunmuşdur.

Poladın fasiləsiz tökülməsində fiziki metodların təsiri qiymətləndirilmişdir. Bu məqsədlə mayenin elektromaqnit qarışdırma və titrəyişin təsiri tədqiq olunmuşdur. Metalın kristallaşdırıcıda diyircəkli elektromaqnit qarışdırılması (DEMQ) üçün metodika və qurğu işlənmişdir. Bu metodikaya əsasən oxvari koğuş, oxvari kimyəvi qeyribircinslik, nöqtəvi qeyribircinslik, qabıqaltı qabarcıqların yaratma dərinliyi qiymətləndirilmişdir .

**Cədvəl 1**

**İsti briketləndirilmiş yuvarlardan əridilən metalın kimyəvi tərkibi və mexaniki xassələrinin təhlili**

№	Əritmə nömrəsi	Kimyəvi tərkibi %-lə								Mexaniki xassələri			Polad markası
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Axma həddi (Rt), N/mm <sup>2</sup>	Möh-kəmlik həddi (Rm), N/mm <sup>2</sup>	Nisbi uzanma, δ, %	
1	85392	0,20	0,67	0,22	0,017	0,014	0,08	0,06	0,09	545	630	22,1	A500
2	85393	0,2	0,68	0,25	0,016	0,011	0,06	0,05	0,07	550	645	21,8	A500
3	85394	0,2	0,65	0,21	0,015	0,012	0,08	0,07	0,09	535	640	22,0	A500
Metallik şixtədən istifadə etməklə əridilən metalın kimyəvi tərkibi və mexaniki xassələrinin təhlili													
№	Əritmə nömrəsi	Kimyəvi tərkibi %-lə								Mexaniki xassələri			Polad markası
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Axma həddi (Rt), N/mm <sup>2</sup>	Möh-kəmlik həddi (Rm), N/mm <sup>2</sup>	Nisbi uzanma, δ, %	
1	85628	0,2	0,7	0,26	0,028	0,035	0,22	0,18	0,26	570	665	19,2	A500
2	85629	0,20	0,72	0,27	0,020	0,031	0,23	0,20	0,28	580	672	19,0	A500
3	85630	0,2	0,69	0,27	0,022	0,034	0,28	0,22	0,24	556	652	19,8	A500

Poladı PFTM-da kristallaşdırıcıda elektromaqnit qarışdırıcı qurğusunun təsiri altında emal etdikdə fasiləsiz tökmə pəstahlarının keyfiyyətini təyin edən bütün göstəricilər əhəmiyyətli yaxşılaşır.

## 2. Polad pəstahların alınma texnologiyası

Fasiləsiz tökmə maşınında çeşidli polad pəstahların alınması zamanı keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması üçün kristallaşdırıcıda elektromaqnit qarışdırıcı quraşdırılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, elektromaqnit qarışdırmanın effektivliyi maye ərintinin kristallaşdırıcıda hərəkət sürətindən asılıdır. Bu halda mayenin optimal sürəti hansısa minimal kəmiyyətdən çox olmamalıdır, yalnız belə olduqda qeyri – metal birləşmələrin toplaşaraq posaya çıxmasına şərait yaranır . Kristallaşdırıcının en kəsiyində maqnit induksiyasının paylanması tədqiq olunub. Qeyd olunur ki, qütbün eni boyunca maqnit sahəsinin induksiyasının artması əhəmiyyətli paylanmanın mövcudluğu ilə sıx əlaqədardır. Bu məqsədlə maye ərintinin axınlarının sürətləri hesablanmışdır . Elektromaqnit qarışdırıcının tətbiqində qeyri – metal birləşmələrdən təmiz olan səth qatının qalınlığı, bu emalı keçməyən pəstahlarla müqaisədə təxminən 2 dəfə artmışdır. Eyni zamanda 1,5÷2 dəfə qabıqaltı qabarcıqların miqdarı və balı, habelə qabarcıqların maksimal diametri və onların maksimal yatma dərinliyi 1,5 – 2 dəfə azalmışdır; bununla yanaşı səth qabarcıqlarının miqdarı 2,0÷2,5 dəfə artmışdır. Beləliklə, yaymadan əvvəl pəstahların qızdırılmasında səth qabarcığı praktiki olaraq yanıyla birlikdə tam yox olmuşdur. PFTM-nin kristallaşdırıcısında poladı titrəyişlə emal etmək üçün qurğunun sxemi işlənmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, metalın kristallaşmasında kristallaşma sürətinin 25 – 63% artması, polad pəstahın mərkəzi zonasının sıxlaşması baş verir və likvasiya əhəmiyyətli dərəcədə azalır .

Müəyyən olunmuşdur ki, poladın titrəyişlə emalı oksid və nitrid birləşmələrinin paylanmasında özünü o qədər də biruzə vermir. Lakin titrəyişin təsiri poladda sulfid fazasının xarakterinin dəyişməsində özünü açıq – aydın göstərir. Belə ki, titrəyişlə emal olunmamış metalla müqaisədə təcrübi metalda qatvari sulfidlərin miqdarının azalması müşahidə olunur və ayrı – ayrı qlobullardan ibarət olan sətirli sulfid birləşmələrinin payı artır.

Kristallaşan metalin titrəyişində iri qatvarı sulfidlər dağılmaya və onların muncuq şəkilli sətirlərə çevrilməyə meyilliliyə malik olurlar. Müəyyən olunmuşdur ki, titrəyiş yolu ilə poladın emalında xırda qlobulyar sulfidlərin ( $<2\text{mkm}$ ) payı azalır və onların ehtimal olunan koalensensiyası nəticəsində daha iri (2 – 4mkm) birləşmələrin payı artır. Xüsusən pəstahın mərkəzi zonasında poladda qazla doyma azalır; oksigen və hidrogenin miqdarı uyğun olaraq 10 – 20 və 14 – 29% azalır.

Texnoloji və iqtisadi cəhətdən metalın ən səmərəli oksigensizləşdirmə üsulu poladı kompleks çətdırma qurğusudur. Bu məqsədlə alüminum və ferroərintilərin daxil edilmə prosesinin oksigensizləşdirici – legirləyici furmalarla (OLF) aparılması üçün xüsusi metodika və qurğu işlənmişdir. Bu məqsədlə oksigensizləşdirici – legirləyici furmanın (OLF) ən effektiv konstruksiyası və poladı kompleks çətdırma qurğusunda (PKÇQ) çalovda metalın oksigensizləşdirmə texnologiyası təklif olunmuşdur. Bütövlükdə OLF-nin işlənmiş konstruksiyasının və onun texnologiyasının istifadəsi yayılmış metalın zay məhsulunu 1,1-dən 0,4%-dək azaltmağa imkan vermişdir. OLF-in tətbiqi poladın oksigensizləşdirilməsində alüminiumun sərfini xeyli azaltmağa, PKÇQ qurğusunda alüminiumun mənimsənilməsini artırmağa, oksid birləşmələrdə çirklənmələri azaltmağa, yayılmış metalın qüsurluluğunu azaltmağa, poladın möhkəmlik və plastiklik göstəricilərini xeyli artırmağa imkan vermişdir.

PFTM-da soyutma sistemi tədqiq olunmuş və külçənin soyuma qabiliyyətini təyin edən alqoritm qurulub. Su ilə və su hava sistemlə soyutma rejimlərinin analitik modelləri təklif olunub. Qeyd olunub ki, soyuyan külçənin səthinin temperaturu xətti paylanmaya yaxındır və bərkimə temperaturundan kristallaşdırıcıdan pəstahın çıxışında səthin temperaturunadək dəyişir. Kristallaşdırıcının qabığının qalınlığının və pəstahın uzunluğunun hesabi parametrləri təyin

edilmişdir. Fasiləiz tökmə ilə alınan polad pəstahlarında yaranan qüsurlar və onların aradan qaldırılma yolları təhlil olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, fasiləsiz tökmə ilə pəstahların istehsalında tökmə prosesi elektromaqnit qarışdırmanın iştirakı ilə qapalı şəraitdə aparılmalıdır.

Alınmış polad pəstahların biçiminin məntiqi sxemi tərtib olunmuş və hesablama düsturları verilmişdir. Pəstahların müxtəlif sahələrində ilkin austenit zonasının ölçülərində fərq 5-6 baladək təşkil edir və bu fərq normallaşdırma ilə ləğv edilir.

Fasiləsiz tökmə polad pəstahlarının istehsalının yeni texnologiyaları işlənmişdir. Fasiləsiz tökülmüş polad pəstahların istifadəsi tətbiq olunub və eksperimental məlumatlar alınıb (cədvəl 2). İstehsalat tədqiqatlarının əsasında qaynaqlanmış kilidlərli yüksəkmöhkəm polad pəstahların istehsalı mənimsənilib. İşlənmiş yayma texnologiyası yararlı pəstahların çıxımını 75-dən 83%-dək (ədədlə) artırmışdır.

Fasiləsiz tökmə ilə polad pəstahlarının sənaye istehsalının ölkədə təşkili üçün “Baku Steel Company” MMC-də PFTM–2-nin rekonstruksiyası həyata keçirilmişdir. Yeni PFTM-nin alınması ilə müqaisədə innovativ yanaşmalar əsasında belə maşınlarının rekonstruksiyası dairəvi boru pəstahlarının alınmasında qoyulan kapital xərclərini 3 – 5 dəfə azaldır.

Baza radiusu R6m olan çeşidli PFTM-2-də aparılmış işlər nəticəsində diametri Ø130, Ø170, Ø190 və Ø220mm olan dairəvi polad pəstahlarının istehsalı “Baku Steel Company” MMC şəraitində mənimsənilib. Aparılmış tədqiqatların nəticələri əsasında müəssisələrdə işlək mövcud PFTM-nin fasiləsiz tökmə polad pəstahların istehsalı üçün rekonstruksiyasının konsepsiyası işlənib. Mütəxəssislərin əsas qarşılaşdıqları problem aralıq çalovun “soyuq” (lövhəli) hörgüsü olmuşdur. Tökmədən əvvəl ilkin qızmaya imkan verməyən “soyuq” hörgü, tökməyə metalı vermədən qabaq onun əlavə qızdırılmasını tələb edir. Odadavamlı metal qəlibinin qızdırılması üçün “Baku Steel Company” MMC və VNIİMETMAŞ mütəxəssislər tərəfindən işlənmiş xüsusi tərtibatların tətbiqindən sonra bu problem müvəffəqiyyətlə həll edilmişdir.

**Cədvəl 2**

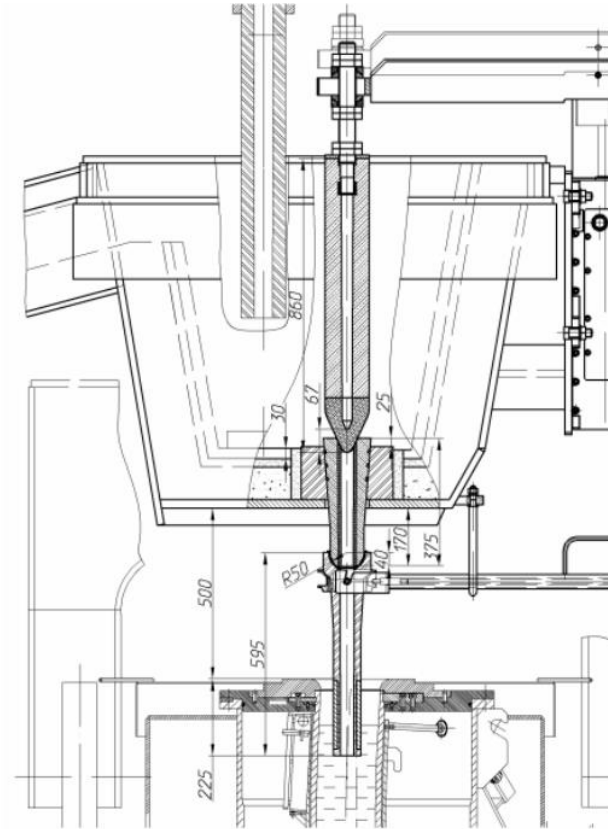
**“Baku Steel Company” MMC-nin PFTM – 2-nin  
modernləşdirmədən əvvəl və sonra əsas texniki parametrləri**

Parametr	Modernləşdirmədən əvvəl	Modernləşdirmədən sonra
Əritmənin çəkisi, T	25	25
PFTM-nin baza radiusu, mm	6000	6005 (6000–130x130mm üçün)
Axınların miqdarı, əd.	2	2
Əritmənin tsikli, dəq.	55 – 60	55 – 60
PFT qatlama nöqtələrinin miqdarı	2	2
Pəstahların kəsiyi, mm	110x110, 130x130	Ø130, Ø170, Ø190 və Ø220, 130x130
Poladın tökülən markaları	Adi azkarbonlu	Boru azkarbonlu, legirli
Tökmə üsulu	Açıq şırnaqla	Bağlı və açıq şırnaqla
Kristallaşdırıcıda metalın səviyyəsini saxlama üsulu	əl ilə	Avtomatik
Kristallaşdırıcıda metalın səviyyəsini saxlama sisteminin датçикinin tipi	–	Elektromaqnit (NPP “Texnoap”)
Promçalovun (PK) nominal həcmi, T	3,9	6,0
P/K-da metalın nominal səviyyəsi, mm	500	600
Kristallaşdırıcıda suyun sərfi, l/dəq	1300	1300÷2200

Rekonstruksiya olunmuş PFTM–2-də dairəvi pəstahların tökülməsinin mənimlənməsi üçün “açıq şırnaqla” dairəvi polad pəstahların seriyalı tökülməsi 2 yanvar – fevral 2016-cı ildə aparılmışdır. Pəstahların tökülməsindən sonra Ø 220 mm maksimal diametrlə belə formatda dairəvi polad pəstahların alınması üzrə PFTM-2-də istehsal imkanlarına son şübhələr götürülmüşdür . PFTM–2-də “açıq şırnaqla” Ø130, Ø170, Ø190 və Ø220mm diametrlə və habelə “bağlı şırnaqla” Ø170, Ø190 və Ø220mm diametrlə polad pəstahlar müvəffəqiyyətlə tökülür. “Bağlı şırnaqla” tökmədə poladtökücü çalovdan aralıq çalova tökmə metalın güzgüsü saflaşdırıcı və istilikizoləedici qarışıqların mühafizəsi ilə mühafizə edici borunun vasitəsilə həyata keçirilmişdir (şəк.2) . Aralıq çalov – kristallaşdırıcı sahəsində tökmə xüsusi seçilmiş ovuntu ilə metalın güzgüsünü mühafizə edən yükləyici stakanlar vasitəsilə həyata keçirilmişdir. Soyuducuda və zavod laboratoriyasında müayinədən sonra şırnağı mühafizə ilə tökülmüş diametri Ø170, Ø190 və Ø220 mm olan polad pəstahların səthinin və mikrostrukturunun əhəmiyyətli qüsurları qeyd olunmamışdır.

Fasiləsiz tökülmüş pəstahların mikrostrukturunda ayrı – ayrı qüsurların aşkarlanması, əsasən aralıq çalovda metalın məcburi ifrat qızması ilə əlaqədardır. Hazırda “Baku Steel Company” MMC-də bu problem həll edilib. Bundan başqa, PFTM-2-də tökmə sürətində uyğun olaraq pəstahların soyuma intensivliyini avtomatik saxlamaq üçün avtuatorlar quraşdırılıb.

Xüsusi olaraq qeyd etmək lazımdır ki, bu işin yerinə yetirilməsi “Baku Steel Company” MMC -nin heyətinin yüksək kvalifikasiyası və tərəfimizdən aparılan profesional tədqiqatlar olmadan həyata keçirilə bilməzdi.



**Şəkil 2. “Qapalı şırnaqla” tökmək üçün PFTM - 2-də  
metal vermənin sxemi**

İş prosesində yaranan bütün problemlər minimal müddətdə müvəffəqiyyətlə həll edilmişdir. Aparılmış tədqiqatlar göstərir ki, PFTM-nin inşasının və ya mövcud maşının rekonstruksiyasının məqsədə uyğunluğu kapital xərclərinin diqqətli öyrənilməsi və avadanlığın etibarlı işinin təmin edilməsi yolu ilə həll olunmalıdır. VNIİMETMAŞIN təcrübəsi təsdiq etməyə imkan verir ki, mövcud PFTM-nin rekonstruksiyası, o haldakı əsaslandırılmış həll olmalıdır, yeni PFTM-nin alınması ilə müqaisədə 3–5 dəfə kapital xərclərini azaldır.

### **3. Polad pəstahların hazırlanması zamanı baş verən istilik proseslərinin tədqiqi**

#### **3.1. Polad pəstahların hazırlanması zamanı istilik keçirmə hadisəsi**

Verilən istiliyin miqdarının istilikdaşıyıcısının qızması üçün lazım olan və ya onun soyuması zamanı ayrılan istiliyin miqdarına olan nisbətində temperaturkeçirmə əmsalı deyilir.

Temperaturun təsiri ilə müəyyən polad pəstahın xassələrinin, onun real strukturunun dəyişməsi zamanı, bu əmsal o materialın istilikkeçirmə əmsalı kimi dəyişmir. Burada nəzərə almaq lazımdır ki, temperaturun dəyişməsi zamanı, istilikkeçirmənin və real strukturun dəyişməsilə yanaşı materialın sıxlığı və istiliktutumu dəyişir.

Polad pəstahın istiliktutumu ondakı legirləyici elementlərin (adi həddə) miqdarından və onun müəyyən emal keçmiş struktur vəziyyətindən az asılı olur.

Polad pəstahın temperaturkeçirmə əmsalı əsasən qəfəslərdəki qüsurların istilikkeçirmə əmsalına təsirlə müəyyən olunur.

Ferrit strukturlu polad pəstahlarda temperaturkeçirmə, temperaturun dəyişməsilə istilikkeçirmədən fərqli dəyişir.

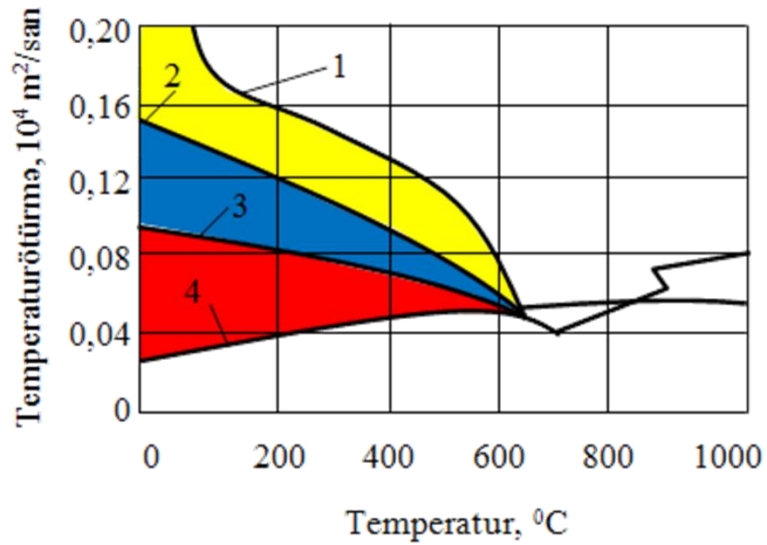
Bu da onunla izah edilir ki, istiliktutumu Küri temperaturuna yaxın vəziyyətdə daha böyük qiymətə qədər artır, bunun nəticəsində poladlarda Küri temperaturundan kənarlarda temperaturkeçirmə pisləşir. Şəkil 3-də görüldüyü kimi temperaturkeçirmə, həmçinin istilikkeçirmə, polad pəstahda legirləyici elementlərin miqdarı artdıqca



pisləşir. Legirləyici elementlərin yüksək qiymətində temperaturun temperaturkeçirməyə təsiri az hiss olunur. Buna görə,yüksəklegirli poladlarda temperaturun artması ilə temperaturkeçirmə çox az dərəcədə dəyişir.

Austenit strukturlu polad pəstahlarda istilikkeçiriciliyinin temperatur asılılığının spesifik xarakterilə bağlı, onların temperaturkeçirmə qabiliyyəti müəyyən qədər arta bilər.

Ferrit strukturlu adi polad pəstahlarda, qızana qədər temperaturkeçiriciliyinin temperatur əmsalının dəyişməsi, çevrilməsi və Küri temperaturundakı istilik effektilə müəyyən olunur. Bütün polad pəstahlarda temperaturkeçirmə əmsalı 900°C-dən yuxarı,  $0,04 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{san}$  qiymətindən çox az fəqlənir.



**Şəkil 3. Dəmir və müxtəlif tərkibli polad pəstahlarnın temperaturkeçiriciliyinin temperaturdan asılılığı**

**1-təmiz dəmir, 2-karbonlu polad, 3-legirli polad, 4-yüksəklegirli polad**

Temperaturkeçirmənin dəqiq ölçülməsi baha başa gəldiyindən, hər hansı polad hissə üçün termiki emal texnologiyası yaratdıqda, həmin ölçmənin aparılması məqsədəuyğun deyildir, belə hallarda ədəbiyyatlarda verilmiş göstəricilərdən istifadə etmək məsləhətdir. Bundan başqa materiallarda temperaturkeçirmə, istilikkeçirmə göstəriciləri əsasında  $a=\lambda/pc$  bərabərliyinə uyğun hesablanıla bilər. Əgər, verilmiş temperaturda materialın sıxlığı və xüsusi istiliktutumu məlumdursa, temperaturkeçirməyə materialın vəziyyətinin təsirini də qiymətləndirmək olar. Bu o şərtlə mümkündür ki, istilikkeçirmənin öyrənilməsi zamanı termiki və struktur gərginliklərinin təsirindən cismin ölçü və formasının dəyişməsi nəzərə alınsın. Müəyyən temperaturda materialın istilik-tutumu, istilikkeçirmədən fərqli olaraq, real strukturdan az asılı olur. Poladın xüsusi istiliktutumunun temperaturdan asılı dəyişməsi cədvəl 3-də verilmişdir.

**Cədvəl 3**

**Poladların orta xüsusi istiliktutumunun temperaturdan asılılığı**

N	Temperatur, °C	Xüsusi istiliktutumu, $Vt \cdot c/q \cdot K$
1	0	0,464
2	100	0,477
3	200	0,490
4	300	0,507
5	400	0,523
6	500	0,544
7	600	0,569
8	700	0,603
9	800	0,716
10	900	0,716
11	1000	0,712
12	1100	0,712

## **FƏSİL II**

**Həsənzadə Fuad Etibar oğlu.**

**İstilik zamanı polad pəstahlarda baş verən dəyişikliklər. Polad pəstahların alınması zamanı termiki emalda istiliyin ötürülməsi şəraiti,termiki emal zamanı istilikötürmə prosesi və onun gedişi, istilik keçirmə prosesi, qızma və soyuma rejimlərinin təyini.**

### 3.2 İstilik zamanı polad pəstahlarda baş verən dəyişikliklər

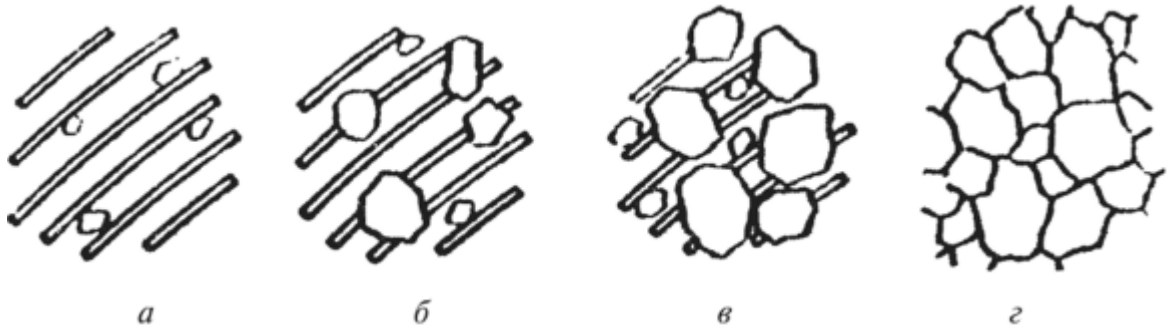
Polad pəstahın qızdırılması zamanı  $P \rightarrow A$ -nın çevrilməsi bir çox istilik müalicəsi üçün zəruri bir mərhələdir. Pəstahın tablanması, normallaşması və sərtləşməsi zamanı baş verir. Qızdırma şəraitindən asılı olaraq müxtəlif ölçülü austenit dənələri alınabilir və transformasiya məhsullarının xassələri böyük dərəcədə austenit kristallarının ölçüsündən asılıdır.

İlkin tarazlıq quruluşu olan polad pəstahlarda qızdırma zamanı baş verən çevrilmələri nəzərdən keçirək: perlit və ferrit, sementitlə perlit və perlit.

Polad pəstah qızdırıldıqda, onun strukturu yalnız polad  $A C_1$  ( $723^\circ C$ ) nöqtəsinə qədər qızdırıldıqda dəyişəcəkdir. Dəmir-sementit diaqramına uyğun olaraq,  $A C_1$  nöqtəsində perlit austenite çevrilir. Perlit taxılları ferrit və sementitdən ibarət alternativ plitələrdən ibarət mürəkkəbdir. Ferritdə həll olunan karbonun miqdarı cüzi olduğundan, bütün karbon atomları sementitdə cəmləşmişdir.  $A C_1$  temperaturunda karbon atomları sementit plitələrdən ferrit plitələrə keçməyə başlayır, orada həll olur və polimorfik (F A) çevrilməyə səbəb olur. Hər bir perlit koloniyasında bir neçə austenit kristallaşması mərkəzi nüvələşdiyindən,  $A C_1$  temperaturunda transformasiyataxıl zərifliyi ilə müşayiət olunur. Transformasiyanın bu çox vacib xüsusiyyəti istilik müalicəsi praktikasında geniş istifadə olunur - austenitik vəziyyətə qədər qızdırılması ilə əlaqəli poladın tablanması, normallaşdırılması, sərtləşməsi temperaturunda nüvələşmiş austenit kristallarının sayı perlitin incəliyi və qızdırma sürətinin artması ilə artır. Yüksək tezlikli cərəyan (HF) isitmə kimi yüksək sürətli qızdırma son dərəcə incə austenit kristalları istehsal edə bilər.

Perlitin austenitə çevrilməsi diffuziya xarakteri daşıyır, çünki o, karbonun yenidən paylanması ilə müşayiət olunur.

$AC_1$  nöqtəsində əmələ gələn austenit hətta bir taxılın həcmində də heterojendir. Əvvəllər sementit plitələrinin olduğu yerlərdə karbon tərkibi ferrit plitələrinin çökdüyü yerlərdən daha çoxdur.



**Şəkil 4 . A C1 temperaturda kristalların nüvələşmə və böyümə sxemi : a - sementitin austenite çevrilməsi; b - polimorf çevirmə F -> A; c - poladda taxılın üyüdülməsi; d-ferrit və sementit fazaları arasında poladda perlit strukturunun formalaşması.**

Homogen austenit əldə etmək üçün ya poladı A cs- dən yuxarı qızdırmaq lazımdır., və ya austenit taxıl daxilində diffuziya proseslərini başa çatdırmaq üçün ifşa vermək. Praktikada bu çevirmə ACs nöqtəsindən yuxarı qızdırıldıqda həyata keçirilir və temperaturun artması ilə davamlı olaraq sürətlənir. İstilik nə qədər tez aparılırsa, transformasiyanın davam etdiyi temperatur bir o qədər yüksəkdir. Perlitin ostenitə çevrilməsi başa çatdıqdan sonra çoxlu sayda kiçik austenit dənələri əmələ gəlir. Bu austenit taxıl başlanğıc adlanır. Pre- və hipereutektoid poladlarda, perlitin austenitə keçidindən sonra strukturda artıq struktur komponentləri (ferrit və sementit) saxlanılır.

Hipereutektoid poladlarda  $AC_1$ - dən  $AC_3$ -ə qədər qızdırıldıqda artıq ferrit austenitdə, hipereutektoid çeliklərdə isə  $AC_1$ - dən  $AS_t$ -ə qədər qızdırıldıqda artıq sementit austenitdə həll olur. Hər iki proses konsentrasiyanı bərabərləşdirən karbon diffuziyası və austenit kristallarının bir qədər qabalaşması ilə müşayiət olunur. Bir fazalı austenit bölgəsində poladın daha da qızdırılması austenit taxıllarının daha da böyüməsinə səbəb olur. Qızdırma temperaturu nə qədər yüksək olarsa və saxlama müddəti nə qədər uzun olarsa, austenit kristalları bir o qədər böyük olacaqdır. Austenit taxıllarının yüksək

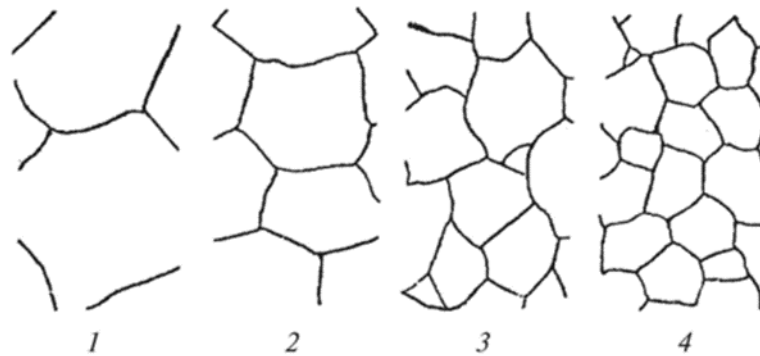
temperatur və ya uzun müddət məruz qalma nəticəsində qabalaşmasına həddindən artıq qızma deyilir. ACs və ASt temperaturlarından yuxarı həddən artıq qızma zamanı austenit taxıllarının böyümə sürəti müxtəlif çeliklər üçün eyni deyil: bu, əsasən poladın deoksidləşmə üsulundan və alaşım elementlərin mövcudluğundan asılıdır.

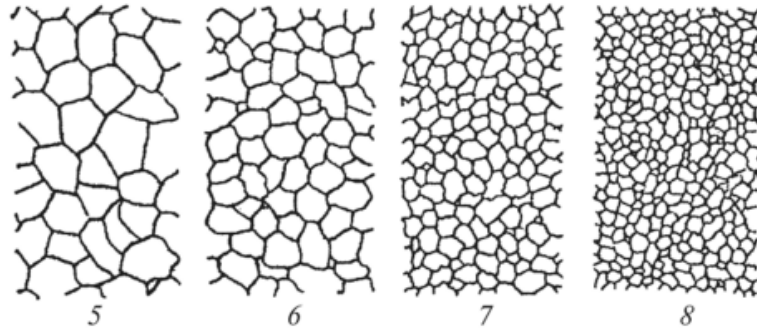
Austenit hissəciklərinin böyümə sürətindən asılı olaraq təbii qaba və təbii incə dənəli poladlar fərqləndirilir.

Təbii olaraq qaba dənəli poladlara poladlar deyilir ki, burada temperatur ACs və ya ASt-dən yuxarı qalxdıqda austenit dənələri tez daha qaba olur. Bunlar ferrosilikon və ferromanqan ilə əridilmə prosesində oksidləşmiş poladlardır.

Təbii olaraq incə dənəli poladlar 1000 ... 1100 ° C-yə qədər qızdırıldıqda austenit kristallarının aşağı sürətlə böyüdüüyü çeliklər adlanır. Bunlara alüminiumla əridilmə prosesində oksidləşmiş, həmçinin ərinti elementləri (titan, vanadium, sirkonium və s.) olan polad pəstahlar daxildir. Poladın dənə ölçüsü onun xassələrinə təsir etməsə də, isti işləmənin texnoloji prosesini müəyyən edir. İrsi incə dənəli poladlar döyülə bilər, həddindən artıq istiləşmədən qorxmadan daha yüksək temperaturda yuvarlana bilər. Onlar daha geniş sərtləşmə temperaturlarına malikdirlər və s.

İrsiliklə yanaşı, bu və ya digər istilik əməliyyatı nəticəsində əldə edilən sözdə real austenit taxıl da var. Faktiki austenit taxılının qabalığı mexaniki xassələrin statik xüsusiyyətlərinə (sərtlilik, dartılma gücü, məhsuldarlıq, nisbi uzanma) demək olar ki, heç bir təsir göstərmir, lakin xüsusilə yüksək sərtlilikdə təsir gücünü xeyli azaldır.





Dənə ölçüsünü kəmiyyətcə müəyyən etmək üçün strukturu standart şkala ilə müqayisə edin və bal ilə xarakterizə edin. 1-4 bala uyğun gələn austenit dənəsi böyük, 5-8 bal isə incə hesab olunur.

### **3.3 Polad pəstahların alınması zamanı termiki emalda istiliyin ötürülməsi şəraiti**

Termiki emal prosesi zamanı, cisimdə temperatur qradienti kəmiyyətinin mümkün olan həddi materialın xassələrindən, daha doğrusu qalıq gərginliyin təsiri altında onun çatların yaranmasına qarşı dayanıqlığından asılı olur. Bu dayanıqlıq materialın istidən genişlənmə əmsalı ilə müəyyən olunur, hansı ki temperatur qradienti ilə birgə, istilik (termiki) gərginliyinin yaranmasına cavabdehdir.

Qalıq termiki gərginliyin mümkün olan həddində, hələlik çatların yaranmasının baş verməməsi, materialın mexaniki xassələri ilə müəyyən olunur. Nə qədər ki, termiki emal zamanı materialın istilikkeçirmə əmsalına dəyişməz kəmiyyət kimi baxılır, texnoloji prosesin düzgün seçilməsinin köməyilə, yol verilməz böyük temperatur qradientindən qaçmaq və bunun nəticəsində çatların yaranmasının qarşısını almaq, kimi iki mövcud imkanlar yaranır.

Materialda istilikkeçirmə əmsalı aşağı olduqda, onun temperatur qradienti azalır. Bu o vaxt mümkündür ki, termiki emal üçün istifadə olunan qurğuda istiliyin səthə verilməsi məhduddur, elə buna görə ötürülən istiliyin əsas miqdarı cismin daxili hissəsinə keçir. Materialda temperatur qradientinin məhdudlaşdırılmasının (azaldılmasının) başqa

imkanlarından biri də pilləli qızdırmadır. Deməli verilmiş son temperatur, müxtəlif aralıq temperaturalara qədər ardıcıl (pilləli) qızdırma yolu ilə əldə edilir.

Temperatur qradientinin azaldılması onunla müəyyən olunur ki, sonuncunun miqdarı və müvəqqəti dəyişməsi təkcə  $\lambda/\alpha$  nisbətilə yox, cismin ölçüsü, həmçinin vaxtın hər anında cismlə onu əhatə edən mühit arasında temperatur fərqlə müəyyən olunur. Qeyd olunan proseslər başqa formalı cismlər üçün də istifadə oluna bilər. Lakin, bu halda cismin səthi və daxili hissələri arasında temperaturun bərabərləşməsi üçün başqa vaxt asıllığı tələb olunur. Məsələn, hərtərəfli məhdudlaşdırılmış kürə şəkilli cism üçün temperaturun dəyişmə sürəti maksimal olsa da, silindrlər və prizmalar üçün o, təxminən onların uzunluğu ilə tərs mütənasibdir.

Sonsuz uzun cismlər üçün isə, mümkün olan soyuma sürəti minimaldır. Əgər, eyni ölçülü və formalı cismlərdə istilikötürmə əmsalı dəyişirsə, cismin səthində və daxilində soyuma sürətləri nəzərə çarpacaq qədər fərqlənir. Bundan başqa, onlara materialın istilikkeçirmə və istilikötürmə əmsallarının temperatur asıllığı da təsir edir.

Qızdırma və soyutma proseslərinə təsir edən çox saylı amillərə, həmçinin istilikötürmənin müxtəlifliyinin, istiliyin mövcud ötrülmə şəraitindən (məmulatların qızdırıcıda necə yerləşdirilməsi, yığılma forması və s. ) asıllığını da aid etmək lazımdır. Bundan başqa qızdırma və soyutma proseslərinə əhatəedici mühitin temperaturunun vaxtdan və yerindən asılı dəyişməsi də təsir göstərir. Odur ki, qızdırma və soyutma proseslərinin gediş müddətini hesablama yolu ilə dəqiq təyin etmək çətindir. Bu göstəriciləri ən çox empirik asıllıqların köməyiylə əldə edirlər.

Nəzərə almaq lazımdır ki, vahid səthdən vahid vaxt ərzində, təkcə ətraf mühitdən cismə keçən miqdarda istilik keçir. Bunun sayəsində bərabərliyinin yerinə aşağıdakı asıllıq alınır.

$$\frac{\lambda}{\alpha} \cdot \frac{\lambda dT}{dr} \Big|_{R+T_R} = T_m(r, t)$$

Cismi əhatə edən temperatur- $T_m$  yerindən ( $r$ ), həmçinin vaxtdan ( $t$ ) asılı dəyişə bilər.  $R$ -indeksi cismin səthi temperaturuna  $T_R$  və ya səthdəki temperatur qradientinə  $dT/dr|_R$  aiddir. bərabərliyi qıraq şərtin üçüncü növüdür. Bu zaman cismin səthində ətraf mühitlə istilik mübadiləsi baş verir və temperatur qradienti perpendikulyar səthə yönəlir. Buna görə  $dT/dr|_R$ ,  $T_m - T_b$  ilə sıx bağlıdır. Bunun nəticəsində, cismlə ətraf



mühit arasında verilmiş temperaturlar fərqiində, məlum  $\gamma$  və  $\alpha$  əmsallarının köməyi ilə temperaturun səthə yönəlmə meyilliyini müəyyən etmək olar.

Bərk cisimlərdə temperatur sahəsi verilmiş bərabərliklərə əsaslanaraq analitik və ya elektron hesablama maşınlarında miqdari üsullarla hesablanı bilər. Materialın daxili istilik mənbəyləri və ya temperaturdan asılı xassələrinin istilik texnikası problemləri mürəkkəb olduğundan temperatur sahəsini analitik və ya miqdari üsullarla hesablamaq, çox vaxt qeyri mümkün olur.

Müxtəlif məmulatların termiki emal proseslərində qızdırma, saxlama və soyutma üçün vaxtın müəyyən edilməsi zamanı, bu parametrlərə təsir edən amillər, o qədər çoxsahəli və mürəkkəbdır ki, cisimdə temperatur sahəsi və onun dəyişməsi, hesablama yolu ilə öyrənilə bilməz. Bu məsələni yalnız ölçmə yolu ilə həll etmək mümkündür.

Bilməliyik ki, termiki emal zamanı temperaturun ölçülməsi ilə yanaşı, mütləq, temperaturun tənzimlənməsi problemini də həll etmək lazımdır. Bu, termiki emal qurğularının tələb olunan temperatur rejimlərini təmin etməsi və onu termiki emal olunan cismə düzgün ötürməsi üçün lazımdır.

### **3.4. Polad pəstahların alınmasında termiki emal zamanı istilik ötürmə prosesi və onun gedişi**

Termiki emal texnologiyası yerinə yetirilərkən əsas diqqət emal olunan məmulatları lazımi temperatura qədər qızdırma prosesinə yönəldilir. Proses zamanı temperatur dəyişmələri təcrübi olaraq, zamandan asılı, qrafik şəklində verilə bilər. Qrafikdə qızdırma temperaturu, qızma və soyutma vaxtı, orta və həqiqi və soyutma sürəti, qızmada saxlama vaxtı göstərilir və istehsal prosesinin ümumi vaxtı müəyyən olunur. Lakin qrafikin forması, hansı termiki emal növü ilə işimiz olduğunu müəyyən etmir.

Məlumdur ki, termiki emalın növü temperaturun zamandan asılı olaraq dəyişmə xarakteri ilə deyil, metalda baş verən faza və struktur dəyişmələrinin tipinə görə müəyyən olunur. Strukturunu dəyişməklə, məmulatı müəyyən aralıq və ya son xassələrinə çatdırmaq və ya onları yaxşılaşdırmaq məqsədi ilə, metallik məmulatları müvafiq standartda uyğun olaraq ümumi termiki emala və ya bilavasitə bir neçə emal üsullarına, o cümlədən termiki, kimyəvi termiki və ya termomexaniki emallara uğratmaq olar.

Metalda struktur və xassələrin lazımi dərəcədə dəyişməsi, temperatur rejimləri, daha doğrusu materialda temperaturun yüksəlmə ahəngi və onun dəyişmə sürəti ilə müəyyən olunur. Termiki emal prosesinin daha lazımi parametri, termiki emal üçün seçilmiş qurğudan (qızdırıcılardan) istiliyin emal olunan materiala ötürülməsi (keçməsi) və onun materialın öz daxilində paylanmasıdır.

Metalın qızması, ona verilən enerjinin birbaşa və ya dolaylı yolla verilməsi ilə baş verir və əsasən aşağıdakılarla xarakterizə olunurlar.

1. Enerjinin birbaşa verilməsi zamanı qızma, elektrik cərəyanının bilavasitə metala ötürülməsi nəticəsində induksiyanın köməyi ilə və ya dielektrik itgi hesabına gedir.

2. Enerjinin dolaylı yolla verilməsi zamanı qızma, müxtəlif başlanğıc temperaturu iki cism arasında temperaturun bərabərləşməsi və istiliyin ötürülməsi hesabına gedir.

Birinci halda istiliyin enerji mənbəyi qızdırılan metalın daxilində olsa da, ikinci halda istilik enerjisi metalın səthinə ötürülür. Ümumi halda ötürülən istiliyin miqdarı termiki qurğuda metalın qızdırıcıya nisbətən yerləşməsi və onda qalma müddətindən asılıdır. Hər iki halda metallik cismin daxilində temperatur istilikötürmə prosesinin hesabına bərabərləşir və qeyd etmək lazımdır ki, soyudulma zamanı da buna bənzər proses gedə bilər, daha doğrusu termiki emalın bütün mərhələlərində istilik mübadiləsi baş verir.

Termiki emal qurğularında, bir-biri ilə bağlı baş verən temperatur dəyişmələri, istilik mübadiləsi və istilikötürmə prosesləri arasındakı asılılıq, termiki emal olunan cisimdə temperaturun paylanma mexanizmi və s məlumdur. Buna baxmayaraq, indiki zamanda termiki emal prosesində qızdırma və soyutma şəraiti əsasən empirik asılılıqlara uyğun yazılmalıdır. Bu da bütün lazımı, çox saylı parametrlərin kompleks baxılmasına təcrübi imkanın olmaması ilə izah edilir. Odur ki, termiki emal zamanı əsas proses və parametrləri və onlar arasındakı qarşılıqlı təsirləri bütövlükdə analiz etməyə cəhd edilməlidir.

### **3.5 Polad pəstahlarda istilik keçirmə prosesi**

İstilikkeçirmə. Metalların istiliyi keçirməsi onların təbiətindən asılı olaraq dəyişir. Saf metalların istiliyi keçirməsi nisbətən yaxşı, onların ərintilərininki isə pis olur. Müxtəlif metalların istiliyi keçirmə qabiliyyətini müqayisə etmək üçün xüsusi istilikkeçirmə əmsalından istifadə edilir. Qalınlığı 1 sm olan metalın üzvləri arasındakı temperatur fərqi  $1^{\circ}\text{C}$  olduqda, onun  $1\text{ sm}^2$  sahəsinin hər saniyədə keçirdiyi istilik miqdarına xüsusi istilikkeçirmə əmsalı deyilir. Bu əmsal maye metalı qəliblərə tökmə prosesində, pəstahın təzyiqlə və termiki emal texnologiyasının, habelə kəsmə rejiminin işlənilməsində böyük əhəmiyyət kəsb edir.

İstilik enerjisinin ötürülməsi, cismin daxilində temperatur gradienti ilə şərtləşən, istilikkeçirmə hesabına baş verir və cismin səthi əhatəsindən ətraf mühitə ötürülməsi ilə davam edir. Cism və onu əhatə edən mühit arasında istilik mübadiləsi baş verir. İstilik mübadiləsi dedikdə, cismin vahid səthi və ya cismə onu əhatə edən mühit arasında vahid zaman ərzində mübadilə olunan, daha doğrusu, cismin səthinə perpendikulyar istiqamətdə daxil olan və ya ondan xaric olunan istiliyin miqdarı başa düşülür.

Mübadilə olunan istiliyin miqdarı  $Q_{\dot{U}}$  (termiki emal qurğusunda) iki təmasda olan səthlərin temperatur fərqlərindən asılı olur (Nyutonun soyuma qanunu). Buna əsasən istilik axınının sıxlığı ( $T_K > T_M$ ) olduğu halda aşağıdakı kimi ifadə olunur .

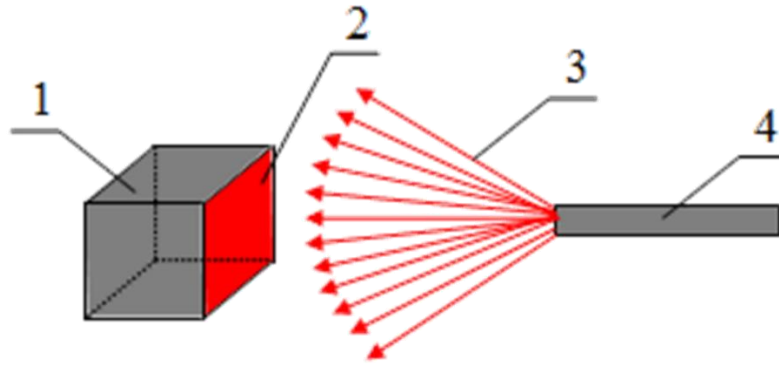
$$J_{\dot{U}} = \frac{dQ_{\dot{U}}}{dAdt} = a(T_b - T_m)$$

İstilikkeçirmənin xüsusi şərti mütənasiblik və ya istilikötürmə əmsalı ilə xarakterizə olunur. Bu da cismlə onu əhatə edən mühit arasındakı temperatur fərqi olduqda, vahid zəthə vahid zaman ərzində mübadilə olunan istiliyin miqdarını bildirir. İstilik mübadiləsi əsasən, konveksiya, istilikkeçirmə və istilik şüalanması yolu ilə baş verir.

Termiki emal zamanı qızdırıcı və ya soyuducu, həm də emal olunan cism arasında təmas yaradan istilik daşıyıcıları qaz, buxar və mayedir. Onların köməyi ilə çox hallarda istilik eyni zamanda bir neçə müxtəlif üsullarla ötürülə bilər və onlar əsasən aşağıdakılardır.

İstilikkeçirmə. İstilikkeçirmə ilə ötürülən istiliyin miqdarı bərabərliyinə əsasən, istilik daşıyıcısının temperatur qradientinə mütənasib olur və bu halda o istilik ötürücüsü funksiyasını yerinə yetirir, beləliklə istilik mübadiləsi bilavasitə hərəkətsiz maye və ya qaz mühitlərinin qoncu hissəcikləri arasında (istilikötürmə əmsalı ) gedir.

Konveksiya. Konveksiya üsulunun köməyi ilə istilikötürmə istilik daşıyıcılarının bilavasitə hərəkəti, onların və təşkil edicilərinin hissəciklərinin yer dəyişmələri ilə bağlıdır. Konveksiya, yalnız hissəcikləri hərəkətdə olan maye və ya qazlarda mümkündür . Prosesi intensivləşdirmək (sürətləndirmək) məqsədi ilə, təzyiq və məcburi sirkulyasiyanın (dövr etmənin) köməyi ilə istilik daşıyıcı hissəciklərin miqdarı və hərəkət sürəti artırılır. Əgər hissəciklərin hərəkəti, temperatur müxtəlifliyi nəticəsində istilik daşıyıcılarında yalnız fərqli sıxlıqların yaranması ilə baş verirsə, belə konveksiya təbii və ya sərbəst adlanır.



**Şəkil 5. İstiliyin konveksiya üsulu ilə ötürülməsi**

**1-qızdırılan cism, 2-cismin qızdırılmış səthi (üzü), 3-istiliyin qaz, hava və yaxud maye vasitəsi ilə ötürülməsi, 4-püskürdüüyü başlıq**

Qaz və ya maye axınının hərəkətinin xarici qüvvələr hesabına saxlanması isə məcburi konveksiya adlanır. Ümumiyyətlə, sərbəst və məcburi konveksiyalar eyni vaxtda baş verir, lakin onların hər birinin istilikötürməyə verdiyi töhvəsi istilik daşıyıcılarında temperatur qradienti və məcburi axının sürətindən asılı olur. Konveksiya zamanı istilik-ötürmə əmsalı ( ) çox saylı amillərlə müəyyən olunur və əsasən aşağıdakılardır.

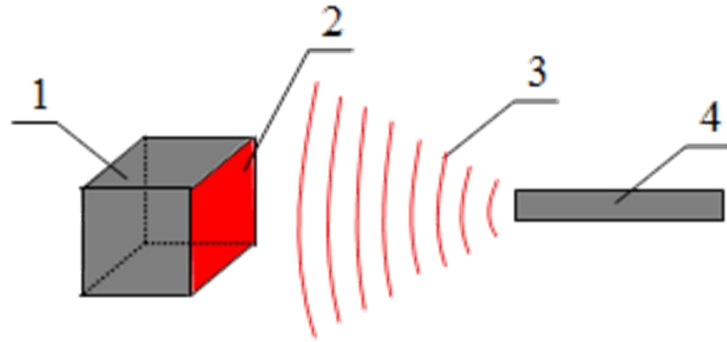
1. İstiliyi qəbul edən və ya verən səthin ölçüsü və formasından
2. İstiliyi qəbul edən və ya verən səthin həcmdə vəziyyətindən
3. İstiliyi qəbul edən və ya verən cismin fiziki xassələrindən
4. İstilik daşıyıcılarının xassələrindən
5. Hərəkətin yaranma səbəblərindən (sıxlıq, təzyiq, dinamik özlülük, xüsusi istiliktutumu və s)
6. Cismi əhatə edən mühit arasındakı temperatur fərqi və s.

İstilik şüalanması. İstilik şüalanması ilə ötürülməsi, müstəsna hal olaraq şüalanan cismin istiliktutumundan asılıdır. İstilik şüalarının udulması ilə cismin istiliktutumu da artır. Bütün  $T_b > 0K$  temperaturu cislər, başqa cislər tərəfindən udula bilən dalğalar

şüalandırır. Ona görə iki cism arasında şüa ilə istilik mübadiləsi yaranır. Bu zaman iki dəfə enerji çevrilişi baş verir onlar əsasən aşağıdakılardır.

1.İstilik enerjisi şüalanma enerjisinə çevrilir

2.Sonra şüalanma enerjisi istilik enerjisinə çevrilir



**Şəkil 6. İstiliyin şüalanma üsulu ilə ötürülməsi**

1-qızdırılan cism, 2-cismin qızdırılmış səthi (üzü), 3-istiliyin şüalanma vasitəsi ilə ötürülməsi, 4-şüalandırıcı başlıq

Bu formada istilik mübadiləsi istilik daşıyıcılarından asılı olmur və buna görə də istiliyin şüalanmanın köməyi ilə istiliyin ötürülməsi vakkumda da baş verə bilər. İstilik şüalanması enerjisinin spektral paylanması və intensivliyi, yalnız şüalanan cismin mütləq temperaturu və özünəməxsus şüalanma xarakteristikasından asılı olduğundan, istiliyin şüalanma ilə ötürülməsi Stefan-Bolsman qanununa tabe olur.Buna uyğun, şüalanan enerji ( $j_s$ ) cismin dördüncü dərəcədə temperaturu ilə mütənasibdir .

$$j_s = \sigma(T_m^4 - T_b^4)$$

Burada,  $\sigma$ -şüalanma əmsəlidir.

$T_m$  -mühitin temperaturudur

$T_b$  -başlanğıc (normal) temperaturudur

### 3.6. Polad pəstahların alınması zamanı qızma və soyuma rejimlərinin təyini

Metalda plastiki deformasiya prosesi deformasiyaedici gərginliklərin müəyyən qiymətində başlayır. Bu qiymət metalın axma həddinə ya yaxın, ya da ona bərabər olmalıdır.

Metalın plastikliyini artırmaq, deformasiya müqaviməti möhkəmlik həddini artırmaq, deformasiya müqaviməti möhkəmlik həddini azaltmaq məqsədilə, təzyiqlə emaldan əvvəl onu yüksək temperatura qədər qızdırılır. Qızma prosesini düzgün aparmaq üçün aşağıdakı parametrlər müəyyən olunmalıdır:

- metalın sobada maksimum qızma temperaturu (temperaturun yuxarı həddi);
- təzyiqlə emalın sonuna uyğun gələn temperatur (temperaturun aşağı həddi);
- temperaturun yuxarı həddinə qədər qızma sürəti;
- temperaturun yuxarı həddinə metalın sobada saxlama müddəti;

Pəstahın yuxarı temperatur həddindən çox qızdırılması və həmin temperaturda uzun müddət saxlanması onun ifrat qızmasına səbəb olur. Bu zaman deformasiya öçünmüş pəstahda mikroçatlar yaranır ki, bu da mexaniki xassələrin pisləşməsinə-plastikliyin azalmasına, kövrəkliyin artmasına səbəb olur.

İfrat qızmış poladın ilkin strukturunu tabalma əməliyyatı ilə bərpa etmək mümkündür.

Qızma temperaturunu ərimə temperaturuna yaxınlaşdırmaqla həmin temperaturlarda saxlama müddətini də artırmış olsaq, metalda ifrat yanma halı baş verir. Bu zaman metalın nəinki səthi, hətta dənələrin sərhədləri belə əriməyə başlayır və dənələrarası rabitə pozulur. Nəticədə metal öz möhkəmliyini və plastikliyini itirərək tamamilə

kövrəkləşir. Poladda karbonun miqdarı artdıqca ifrat yanma halı nisbətən aşağı temperaturlarda baş verir. İfrat yanmış polad bərpa olunmur və zay metal hesab edilir və təkrar əritmə prosesinə verilir.

Təzyiqlə emalın sonuna uyğun gələn temperaturun böyük əhəmiyyəti vardır. Bu temperaturun böyük əhəmiyyəti vardır. Bu temperaturun 600<sup>0</sup>S-dən aşağı qiymətlərində poladın möhkəmliyi nisbətən yüksək olur və nəticədə pəstahın formasını dəyişmək üçün böyük qüvvə sərf edilir. Çünki, aşağı temperaturlarda poladın təzyiqlə emalı döyənəklənmə ilə nəticələnir, yəni pəstahın səthi bərkliyi və kövrəkliyi artmış olur.

Metalın ən yüksək plastikliyə və az deformasiya müqavimətinə uyğun gələn temperatur hədləri isti təzyiqlə emalın temperatur intervalı adlanır.

Hər bir metal növü üçün kimyəvi tərkibdən asılı olaraq isti təzyiqlə emalın müəyyən temperatur intervalı mövcuddur.

Pəstahların qızdırılma prosesi elə aparılmalıdır ki, onun səthi və özəyinin temperaturlar fərqi böyük alınmasın, yəni mümkün qədər hər tərəfli bərabər qızdırılsın. Əks təqdirdə yaranan termiki gərginliklər nəticəsində pəstahda çatlar əmələ gələ bilər.

Sobada qızma zamanı pəstahın səthi lazımi temperatura çatdıqdan sonra onun hər tərəfli qızmasını təmin etmək üçün həmin temperaturda müəyyən müddət saxlamaq lazım gəlir. Saxlama müddəti adətən qızma müddətinin  $\frac{1}{4} \div \frac{1}{5}$  hissəsini təşkil edir.

Pəstahı uzun müddət qızdırdıqda onun səthi havanın oksigenilə görüşdüyündən yanlıq təbəqəsi ilə örtülür ki, bu da metal itkisinə səbəb olur. Yanlıq qatının miqdarı metalın sobada saxlama müddətindən, sobanın atmosferindən və həmçinin onun kimyəvi tərkibindən asılıdır.

Pəstahı neft və qaz sobalarında qızdırdıqda yanmaya sərf olunan metalın miqdarı birinci qızdırmada 2-3%, sonrakı qızdırmalarda isə 1-1,5% təşkil edir.



Pəstahın qızdırılmasında elektrik enerjisindən istifadə edilərsə, yanmanın miqdarı 2 dəfə azalmış olar.

Pəstahın səthi yüksək temperatur təsirindən oksidləşmə ilə yanaşı olaraq karbonsuzlaşma prosesinə də maruz qalır. Karbonsuzlaşmış səth isə oksid təbəqəsinin altında yerləşir.

İsti təzyiqlə emal zamanı temperaturun buraxıla bilən yuxarı həddi, yəni emalın başlanğıc temperaturu aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$T_B = T_{\text{sal.}} - 150^{\circ}\text{C}$$

Burada  $T_{\text{sal.}}$ - “dəmir - karbon” diaqramında solidus xəttinə uyğun gələn temperaturdur,  $^{\circ}\text{C}$ .

Təzyiqlə emalın sonuna uyğun gələn temperaturun aşağı həddi isə materialın növündən asılı olaraq təyin olunur:

evtektoidə qədər olan poladlar üçün

$$T_{\text{sol.}} = Ar_3 + (30 \div 50^{\circ}\text{C})$$

evtektoid poladlar üçün

$$T_{\text{sol.}} = Ar_1 + 30^{\circ}\text{C}$$

evtektoiddən sonrakı poladlar üçün

$$T_{\text{sol.}} = Ar_1 + 60^{\circ}\text{C}$$

Burada  $Ar_3$  və  $Ar_1$ - böhran temperaturlarıdır,  $S^{\circ}$ .

Qalınlığı 100 mm-dən artıq olan pəstahları  $1300^{\circ}\text{S}$  temperaturu sobada  $1200^{\circ}\text{S}$ -yə qədər qızdırmaq üçün qızma müddətini aşağıdakı düsturdan təyin edirlər:

$$T = K \cdot D \sqrt{D}, \text{ saat}$$

Burada  $T$ - pəstahın temperaturunu  $15^{\circ}$ -dən  $1200^{\circ}\text{S}$ -yə qədər qızdırmaq üçün lazım olan vaxtdır, saat, saat;

D – pəstahın diametri və ya kvadratın tərəfinin uzunluğudur, m.

K – qızdırılan pəstahın formasını və soba döşəməsində yerləşmə qaydasını nəzərə alan əmsal olub, cədvəldən seçilir: az karbonlu polad pəstahlar üçün

$\kappa = 5 \div 10$ ; yüksək karbonlu və legirli polad pəstahlar üçün  $\kappa = 10 \div 20$  qəbul edilir.

Lövhəvari pəstahları  $1150 - 1180^{\circ} \text{S}$ -yə qədər qızdırmaq üçün lazım olan vaxt onların h- qalınlığından asılı olaraq

$$T = (0,7 \div 1,0) h \text{ qəbul edilir.}$$

Plastiki deformasiya əməliyyatını başa çatdırmaq üçün lazım olan qızdırmaların sayı aşağıdakı nisbətdən təyin edilir:

$$n_{\text{qız.}} = \frac{T_{\text{def}}}{T_{\text{soy.}}}$$

burada  $T_{\text{def}}$  – tam deformasiyaya sərf olan vaxt, dəq;

$T_{\text{soy.}}$  - deformasiya zamanı pəstahın  $800^{\circ}\text{S}$  temperaturadək soyumasına lazım olan vaxtdır, dəq;

$$T_{\text{soy.}} = C_1 \cdot m,$$

burada,  $C_1$  – deformasiyaya başlama temperaturunu nəzərə alan əmsal olub, cədvəl 3-dən seçilir.

#### Cədvəl 4.

#### Temperatur amilin deformasiyaya başlama temperaturundan asılılıq cədvəli

Deformasiyaya başlama						
-----------------------	--	--	--	--	--	--

temperaturu, °S	1000	1050	1100	1150	1250	1250
C <sub>1</sub> -in qiymətləri	0,12	0,16	0,2	0,23	0,25	0,28

m – pəstahın ölçülərini nəzərə alan həndəsi amil olub, aşağıdakı kimi təyin edilir.

$$m = \frac{1}{1/l + 1/b + 1/h}$$

burada l, b, h - uyğun olaraq pəstahın uzunluğu, eni və qalınlığıdır, mm.

Polad pəstahlarının keyfiyyətli alınması üçün soyuma rejiminin də düzgün seçilməsi çox vacibdir. Çünki, soyuma sürəti düzgün olmadıqda pəstahlarda çat əmələ gətirə bilən daxili gərginliklər yarana bilər.

Pəstahların soyuma rejimi onların kinyəvi tərkibinə, maksimal en kəşik sahələrinə və ilkin pəstahın formasına görə təyin edilir. Poladın legirilliyi nə qədər yüksək, özlülüyü aşağı olarsa, döymə də bir qədər yavaş sürətlə soyudulmalıdır. Döymələrin soyudulma əməliyyatı sakit havada, quyularda və soba ilə birlikdə aparıla bilər. Yavaşsürətli soyuma tələb edən döymələri adətən quyularda soyudulur. Soba ilə birlikdə soyutma zamanı isə soyuma sürətini tənzimləmək üçün imkan yaranır. Bu zaman döymələr emaldan sonra 650 – 700°S temperaturu sobalara yüklənir və temperaturu bərabərləşənədək orada saxlanılır. Onların soyudulması isə soba ilə birlikdə aparılır. Konstruksiya və alət polad pəstahların soba ilə birlikdə soyuma sürəti 700°S-dən 400°S-yə qədər 25 dər/saat, 400°-dən 100°S-yə qədər temperatur intervalında isə 15 dər/saat olmalıdır. Soyuduqdan sonra pəstahlar sobadan boşaldılaraq sakit havaya çıxarılmalıdır.

## **FƏSİL III**

**Nemətli Toğrul İlqar oğlu.**

**Polad pəstahların alınmasından sonra termiki emal proseslərinə uğradılması. Polad pəstahların hazırlanması zamanı termiki emal prosesində qızdırma, saxlama və soyutma müddətləri. Polad pəstahların hazırlanmasında termiki emal proseslərində yaranan gərginliklər. I, II və III növ gərginliklər. Polad pəstahların alınması zamanı yaranan qüsurlar**

#### 4. Polad pəstahların alınmasından sonra termiki emal proseslərinə uğradılması

Polad pəstahı verici transportyorla manipulyatora daxil olur, o isə onu şaquli vəziyyətə çevirir və döndərici masanın üstünə quraşdırılır, onun üzərində isə hərəkət edən platformada üç induktor və tablandırıcı qurğu yerləşdirilib. Birinci iki induktor pəstahların ilkin qızdırılması üçün, üçüncü isə sonuncu qızdırma üçün nəzərdə tutulub. Qızdırma və soyutma prosesində pəstah  $72\text{dəq}^{-1}$  tezliklə fırlanır. Qızdırmadan sonra pəstah xarici və daxili spreylərdən ibarət olan tablama qurğusuna daxil olur. Termoşöbənin dövredici tsiklindən  $0,6\text{MPa}$  suyun təzyiqi altında tablamaya verilir. İnduksion qızdırma prosesində üçüncü induktorda pəstahın temperaturuna, cərəyanın gücünə, şiddətinə, gərginliyə və cərəyanın tezliyinə dəyişdiricidən çıxışda və habelə qızdırmanın davamiyyətinə (soyutma) və bir mövqedən digərinə vermə, tablamaya olan suyun təzyiqinə və temperaturuna, induksion avadanlığının soyudulmasına nəzarət olunur. İşin verilmiş parametrlərindən səpmədə avadanlıq işdən aralanır və siqnallaşma işləyir. Qızdırma və tablama prosesi, qızdırma (soyutma) davamiyyətini idarə etmə şitində quraşdırılmış gücverənlərlə tənzimlənir. Tablama qurğusunda mufta pəstahının real və xarakterik soyuma ayrıləri şəkildə göstərilib. Hər bir induksion – tablama qurğusundan polad pəstahları fərdi transportyorlarla tabəksiltmə üçün elektrik sobasının yükləyici masasına verilir, burada onlar birsıralı partiyaya qruplaşdırırlar (12 dənədən çox olmadan), onlar dövrü olaraq itələyici ilə sobaya konveyerli transportyora verilir. Polad pəstahlar konveyer transportyoru ilə  $27 - 53\text{mm/dəq}$  yerini dəyişir. Bərabər qızma hər bir dövrdən birində sobanın qübbəsində quraşdırılmış ventilyatorlarla sobanın işçi fəzasında isti havanın dövr etməsi ilə təmin olunur. Layihəyə görə konveyerin dayanmasında vəziyyət datçikinə komandasına görə sobadan pəstahların birsıralı partiyasının yan boşaldılması nəzərdə tutulmuşdur. İtələyici ilə təchiz olunmuş zəncirli elevator yan pəncərə vasitəsilə sobadan kənar lentli konveyerə pəstahların növbəti partiyasını itələyir, hansı ki, soyuma üçün onların su forsunkalarının altına yerini dəyişir. Sobanın temperaturuna hər zonanın sonunda

yerləşdirilmiş termocütlərlə nəzarət olunur. EMAG firmasının avadanlığının mənimsənilmə prosesində aydınlaşdırıldı ki, sobada konveyer transportyorunun sürəti faktiki olaraq 70 – 184mm/dəq təşkil edir, polad pəstahlarının boşaldılması üçün qurğu işə yararlı olmadı. Bununla əlaqədar olaraq BNİTİ və “Baku Steel Company” MMC mütəxəssisləri tərəfindən sobadan tabəksildilmiş pəstahların verilməsi barədə təklif olunmuş həlldən fərqli olan konstruktiv həll təklif olunmuş və reallaşdırılmışdır. Baxış pəncərələrindən aşağı təpədə çıxışda bütün en boyunca pəncərə hazırlanır, korroziyaya dözümlü poladdan olan vərəqdən skliz quraşdırılır, onun vasitəsilə konveyerdən pəstahlar su olan baka yerlərini dəyişirlər, bu halda onlar öz kütlələri ilə xırda zəncirlərdən düzəldilmiş qapağı itələyirlər. Bakdan verilən soyutma vaxtı vasitəsilə zəncirli elevatorla transportyora sonrakı mexaniki emal üçün pəstah verilir. Digər zavodlarda anoliji avadanlığın mənimsənilmə təcrübəsi göstərdi ki, tablama və tabəksiltmə üçün avadanlığın birinci növbədə istilik texniki tədqiqatlarının aparılması vacibdir. Qızdırma və soyutma proseslərinin tədqiqində induksion – tablama qurğusunda tabəksiltmə sobasını 166x17mm ölçülü və uzunluğu 180mm olan mufta pəstahları üçün istifadə etdik, onlara xromel – alumel termocütlər (elektrodların diametri 0,7mm) bərkətdik. Termocütlərin birləşmələrini xarici və daxili səthdən ~ 3,5mm məsafədə və habelə divarın qalınlığının ortasında yerləşdirdik. 350 – 570 kVt verilən gücdə qızdırmanın tədqiq olunan temperaturlarının intervalı 850 – 1200°C təşkil etmişdir. Həm də qızdırma davamiyyətini və pəstahı bir mövqedən digər mövqeyə verməni (yəni bir tsiklədə) uyğun olaraq 30 – 45 və 8 – 20 s ərzində tənzimlədik, pəstahları 50 – 100°C-dək soyutduq. İnduksion qurğuda mufta pəstahlarının kifayət qədər keyfiyyətli qızdırma 450 – 570kVt verilən gücdə, 33 – 35 s qızdırma davamiyyətində, 8 – 10 s ötürmədə nail olunmuşdur, yəni tsiklin uzunluğu 41 – 44s təşkil etmişdir. Tablama prosesinin tədqiqində müəyyən olunmuşdur ki, xarici və daxili spreylərin soyutma intensivliyinin qiymətləri yaxındır və kifayət qədər yüksəkdir. Polad pəstahlarının real soyutma ərintilərinin təhlili göstərdi ki, 850 - 400°C (şəkil) temperatur intervalında orta soyutma sürəti xarici və daxili səthlər üçün 100 və 82°C/s uyğun olaraq, divarın qalınlığının ortası üçün isə 50°C/s təşkil edir. Xarakterik soyutma əyrilərindən görünür ki, maksimal soyutma sürəti 800 – 900°C temperaturlar

intervalındadır, xarici və daxili səthlər üçün uyğun olaraq 154 və 142°C/s təşkil edir, divarın qalınlığının ortası üçün isə 900 – 1000°C-də 77°C/s bərabərdir. Tabəksiltmə sobasında polad pəstahlarının qızdırma prosesinin tədqiqində verici cihazların və zonalar üzrə sobada temperaturu qeyd edən cihazların fərqi aşkar etdik. Eyni zamanda polad pəstahının maksimal temperaturadək çatan ana qədər sobanın və polad pəstahının arasında fərq 20 – 25°C-dək olmuşdur, sonra temperatur düzəlir. Tabəksiltmə temperaturunda saxlama davamiyyəti soba konveyerinin yalnız yerdəyişmə sürətilə tənzimlənir (70 – 184mm/dəq) və 7 – 84 dəq təşkil edə bilər. EMAG firmasının termiki şöbə xəttində 166x15,75 – 16,25mm-lik ölçüləri yüksəkmöhkəm polad pəstahlarının istehsal texnologiyasını işləmək üçün azkarbonlu polad 20-ni material kimi istifadə etdik. Onun bərklik əmsalı  $K_{kr}=0,30$  və 0,40-dır, karbonlu polad 45-iniki  $K_{kr}=0,64$ , azlegirli polad 32Г2-ninki isə  $K_{kr}=0,68$ -dir ( $K_{kr}=\%C + 0,25\%$  legirləyici element). Mexaniki xassələrin tədqiqini müxtəlif termiki emal rejimlərindən sonra polad pəstahlarının metalında apardıq. Azkarbonlu polad 20-dən ( $K_{kr}=0,40$ ) hazırlanmış tablandırılmış polad pəstahlarının metalının strukturu martensitdən və ferritin vahid sahələrli beynitdən ibarət olmuşdur; divarın bütün qalınlığı boyunca austenit dənəsinin qiyməti 4 – 5 bal təşkil etmişdir.

#### **4.1. Polad pəstahların hazırlanması zamanı termiki emal prosesində qızdırma,**

##### **saxlama və soyutma müddətləri**

Polad pəstahların hazırlanması zamanı termiki emal üçün texnoloji rejimlərin işlənməsi zamanı, qızdırma, saxlama və soyutma proseslərinin aparılma müddətlərini yetəri əsaslandırmaqla, müəyyən etmək lazımdır. Termiki emal proseslərinin əsas parametrlərindən biri sayılan, vaxt xarakteristikaları hal hazırda təqribi olaraq, ya hesablama və ya təcrübi yolla müəyyən edilir. Termiki emal əməliyyatlarında təcrübi üsuldan daha çox istifadə olunur, çünki, temperaturun dəyişməsi, aşağıdakı çox saylı amillərdən asılı olur:

Ətraf mühitin temperaturu:

1. Termiki emal üçün avadanlığın növü
2. Termiki avadanlığın böyüklüyü və gücü
3. Termiki emala uğradılacaq materialın miqdarı

İstilikötürmə əmsalı:

1. İstiliyi qəbul edən və ötürən cismin həcmi səthlərinin vəziyyəti və ölçüsü
2. İstilikdaşıyıcısının növü
3. İstilikdaşıyıcısının hərəkəti
4. Cismin və əhatə mühitinin temperaturu

Cismin temperaturu:

1. Ölçüləri və formasından asılıdır
2. Cismin istilik-texniki xassələrinə
3. Temperaturkeçirmə və istilikötürmənin birgə təsiri

Qızdırma prosesi üçün məhdudiyyət: Qızdırma zamanı, qalın termiki gərginliyin (termiki emala uğradılacaq materialın struktur vəziyyəti və mexaniki xassələri, istilikdən genişlənmə əmsalı və temperaturkeçirməsindən asılı olaraq) yaranmasına müəyyən həssaslığına görə, hər bir material üçün xarakterik qızdırma sürətini aşmaq olmaz.

Soyutma prosesi üçün məhdudiyyət: faza çevrilmələri nəticəsində tələb olunan struktur vəziyyəti əldə etmək üçün, cismin səthindən verilmiş məsafədə müəyyən soyutma sürətinə (cismin səthində və həm də daxilində) nail olmaq lazımdır. Verilmiş, müəyyən tərkibli poladın termiki emal növü üçün soyutma sürətini, onun austenitləşdirmə şəraiti və austenit çevrilməsinin termokinetiki diaqramına istinad etməklə tapmaq mümkündür. Bundan başqa, termiki emal zamanı qızdırma və soyutma proseslərinin



parametrləri elə seçilməlidir ki, qalıq daxili gərginliklər minimal yaransın, məmulatda əyilmələr və deformasiyalar baş verməsin.

Termiki emal prosesində saxlama vaxtı metal tam qızdıqdan sonra, sabit temperaturda müəyyən vaxt ərzində aparılır, bu temperaturun paylanması dəyişməsilə bağlı deyildir.

Soyutma prosesinin aparılma müddəti, qızdırma prosesinin asılı olduğu amillərə uyğun müəyyən edilir. Müəyyən qızdırma temperaturundan sonra soyutma sürəti, polad məmulatın strukturunun və tələb olunan xassələrinin formalaşmasında əsas parametr sayılır. Soyutma rejimi təyin edildikdə mütləq cismin ölçüsü və forması (cismin səthinin onun həcminə nisbəti), tablama üsulu və temperaturu, həmçinin tablama üçün soyuducu mühitin temperaturu nəzərə alınmalıdır. Məmulatın ümumi qızdırılma müddətinə, onun səthinin verilmiş yüksək temperaturaya qədər, həmçinin gövdəsinin lazımi dərəcədə tam qızmasına sərf olan vaxtların cəmi ilə yanaşı, verilmiş temperaturun səthdə və özək hissədə bərabərləşməsinə çox saylı əhəmiyyətli amillər təsir edir. Ona görə, nəzərə almaq lazımdır ki, verilmiş yüksək temperatura qədər qızma ilə gövdənin lazımi dərəcədə tam qızmasını bir-birindən ayırmaq olmaz, çünki iqtisadi nöqtəyindən qızdırıcı qurğuda əhatəedici mühitin temperaturu həmişə cismin verilmiş qızma temperaturundan əsasən yüksək saxlanılır.

Bu səbəbdən cismin səthi və özək sahəsi arasında temperaturun tam bərabərləşməsi mümkün deyil, lakin maksimum mümkün olan soyuma sürəti və vaxtını nəzərə almaqla, qızma prosesinin verilmiş temperatura qədər getməsi üçün, əsaslandırılmış optimal qızma və saxlama vaxtı seçmək lazımdır.

Təcrübi olaraq, termiki emalın ümumi texnoloji müddətində işçi proseslər və onların ardıcılığının xarakteri, termiki emal üçün istifadə olunan avadanlıqlar, termiki emala uğradılan cismin forması və ölçülərindən asılı, qızdırma müddətini müəyyən edərkən, lazımi olan əsas proseslər və parametrlər hər iki halda eyni olmasına baxmayaraq, yarımfabrikatların (pəstahların) termiki emalını, məmulatların termiki emalından fərqləndirmək lazımdır.

Məmulatın qızma müddətini müəyyən etmək üçün bütün təxmini göstəricilər son vaxtlar şəkil 8-da verilmiş təkliflərlə əsaslandırılır. Məmulatın forma və ölçüsü, onun səciyyəvi ölçüsü  $s$  və forma əmsalı  $\kappa$ -nın hasilinə uyğun  $s\kappa$  əmsalı ilə nəzərə alınır və bu göstəricilər cədvəl 5-də verilmişdir.

**Cədvəl 5.**

**Müxtəlif forma və ölçülü cismlərin səciyyəvi ölçüsü  
və forma əmsalı**

Cismin forması	Səciyyəvi ölçü, $s$	Forma əmsalı, $k$
Kürə	Diametri	0,7
Kub	Tilinin uzunluğu	0,7
Silindr	Diametri	1,0
Prizma	Tilinin uzunluğu	1,0
Həlqə	Eni	1,5
Lövhə	Qalınlığı	1,5
Boru	Qalınlığı	1,5
	Divarının qalınlığı	2,0 gödək açıq, 4,0 uzun, 4,0 bağlı

Səciyyəvi və ya xarakterik ölçü, məmulatın həmişə maksimum istilik axınına yönəlmiş səthinin ölçüsünü təmsil edir. Əgər daxil olan istiliyin miqdarının çox hissəsi məmulata iki istiqamətdən verilsə  $\kappa = 1$  olur, forma əmsalı bu ikiölçülü istilik axınından kənarlaşmanı təsvir edərsə, məmulatın bərabəroxluluğa yaxın vəziyyətində  $\kappa > 1$  (əsasən üçölçülü istilik axını) və lövhəvari olduqda isə  $\kappa < 1$  (əsasən birölçülü istilik axını) olur.

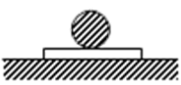





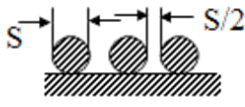
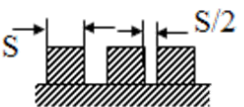
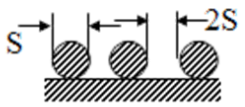
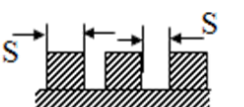

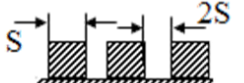
Termiki emal üçün istifadə olunan avadanlıqların xarakteri və emal olunan poladın tərkibinin təsiri təcrübi göstəricilərə əsasən nəzərə alınır və bu qrafiki olaraq, şəkil 8-da göstərilmişdir. Qızma müddətinin bu cür müəyyən edilməsi o vaxt yararlı sayılır ki, sobada istilik maniyəsiz olaraq, bir-başa məmulata çatdırılsın. Termiki emal

prosesi zamanı məmulatların sobada müxtəlif formada yığılmasının təsiri verilmiş düzəldici əmsallardan, cismin forması və yığılmanın növündən asılı olaraq hesablanır. Odur ki, şəkil 8-da verilmiş qrafikin köməyi ilə müəyyən olunmuş qızma müddətini bu əmsallara vurmaq lazımdır.

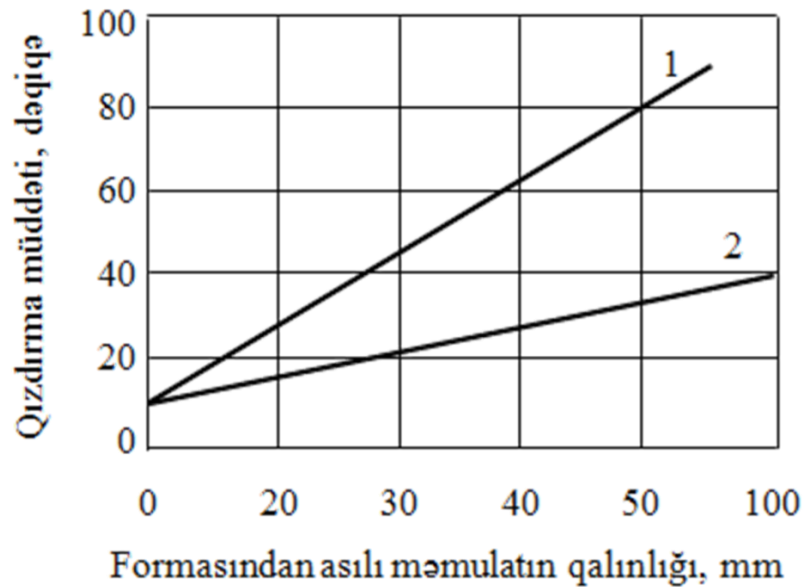
Bu üsulla tapılan qızma müddətinin qiyməti yalnız nəzarət üçün alınan kəmiyyət sayılır və o yenidən təcrübi aparılan termiki emalın nəticələrinə əsasən korreksiya olunur.

Bu üsulla yalnız sadə formalı məmulatlar qiymətləndirilir, lakin real məmulatlarda enkəsiyin xeyli fərqlənməsi, qızma müddətinin lazımi səviyyədə dəyişdirilməsinə gətirib çıxarır.

Yarımfabrikatların (pəstahların) qızma müddətinin təyin edilməsi zamanı, bəzi əlavə xüsusiyyətlər nəzərə alınmalıdır, bu da, cismin forması (uzun ştanqlar, qalındıvarlı cism və s.), soba daxilində yığılmaların sayının çoxluğu və qızdırma üçün istifadə olunan avadanlığın növü ilə müəyyən edilir.

Sobada yerləşdirmə	Əmsal	Sobada yerləşdirmə	Əmsal
	1,0		1,0
	1,0		1,4
	2,0		4,0
	1,4		2,2
	1,3		2,0
	1,7		1,8

**Şəkil 7. Soba müxtəlif formada yüklədikdə, qızma müddətini hesablamaq üçün düzəldici əmsallar**



**Şəkil 8. Məmulatın kameralı soba (a) və duz vannasında (b) qalınlığının forma şərtləşməsindən asılı, lazımi dərəcədə tam qızma müddəti**

#### **4.2. Polad pəstahların hazırlanmasında termiki emal proseslərində yaranan gərginliklər. I, II və III növ gərginliklər**

Qalıq (daxili) gərginliklər və onların təsiri. Qalıq gərginliyin qiymətləndirilməsi təcrübi işlər və ya istismar şəraiti üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir, bu gərginliklər istənilən halda materialın “ilkin” yüklənməsini müəyyən edir. Qalıq daxili və xarici gərginliklər toplandığından, maşın hissələrinin deformasiyaya qarşı davranışının möhkəmlik xarakteristikalarını qiymətləndirmək, həmçinin materialın bir çox fiziki və kimyəvi xassələri haqqında fikir söyləmək üçün, qalıq daxili və xarici gərginlikləri hesaba almaqla, yekun gərginlikli vəziyyəti dəqiq bilmək lazımdır.

Statiki yüklənmə zamanı hissələrin deformasiyaya qarşı davranışını qiymətləndirmək üçün, gərginliyin qiymətilə yanaşı, qalıq (daxili) gərginliklərin çoxoxluluğunun dərəcəsi də əhəmiyyətlidir. Maşın hissələrində mövcud olan daxili gərginliklərin təcrübədə qiymətləndirilməsi müəyyən çətinliklərlə bağlıdır.

Dinamiki yüklənmə zamanı qalıq gərginliklər dinamiki möhkəmliyin xarakterinə, qabaqcadan verilmiş daimi gərginliklər kimi təsir edirlər. Qalıq dartılma gərginlikləri metalda yorulma möhkəmliyini aşağı salır, qalıq sıxıcı gərginliklər isə onu yüksəldir. Ona görə məmulatın səthində tablama, azotlama və ya səthi deformasiyanın köməyiylə bilərəkdən və məqsədyönlü sıxıcı gərginliklər yaradılır. Bu vaxt yorulma möhkəmliyinin yüksəldilməsi təkcə səthdəki qalıq (daxili) gərginliyin qiymətilə yox, daha çox qalıq gərginliklərin ən kəsikdə dəyişmə dərəcəsi ilə müəyyən olunur.

Daxili gərginliklərin əmələ gəlməsi və təsnifatı. Xarici qüvvə və momentlərin təsiri olmadan, qapalı sistemdə mövcud olan gərginliklər qalıq gərginlikləri adlanır. Onların miqdarı və paylanması elə səviyyədə olur ki, bu gərginliklərlə törədilən bütün yekunlaşdırıcı qüvvə və momentlərin cəmi sıfıra bərabər olur və sistem mexaniki müvazinət vəziyyətini alır.

Bu gərginliklər sahələrinin böyüklüyü ilə seçilir və sahə daxilində kəmiyyət və istiqamətlərinin daimiliyi baxımından, onlar homogen olurlar. Həmin sahələrin makroskopik, mikroskopik və ya atomar ölçüdə olmalarından asılı olaraq, daxili gərginliklər sahələrinə uyğun, I, II və ya III növ adlandırılırlar.

Qalıq gərginliklər cismin müəyyən həcmi sahələrində təqribən daimi olduqlarından, onların təsnifatı yarımempirik şəkildə verilir. Beləliklə, birinci növ qalıq gərginlik makroskopik sahədə minimum iki istiqamətdə daimidir, polikristallik materiallarda bu sahə, bir qayda olaraq, bir sıra kristallitlərdə (dənələrdə) yayılır.

İkinci növ gərginliklərin yaranması zamanı, onların qiymətlərindəki təxmini daimilik təkcə bir kristal (dənə) sahəsində, üçüncü növ gərginliklərdə isə bir neçə atomlararası məsafə həddində yerini tapır.

Termiki gərginliklər (I növ). Metallik cism sürətlə qızdırıldıqda və ya soyudulduqda onun səthilə özək sahəsi arasında temperaturlar fərqi yaranan andan I növ (termiki) gərginlik əmələ gəlir. Nümunənin səthi özək sahəsindən tez soyuduğundan, müəyyən vaxtdan sonra səthlə özək arasında temperaturlar fərqi maksimum həddə çatır. Bunun nəticəsində səthdə dartılma və uyğun olaraq özək sahədə sıxılma gərginlikləri əmələ gəlir. Səthi zonada dartılma gərginliyi ani vaxtda özünün maksimum qiymətinə çatır və sonra bərabərləşmə həddində temperatur aşağı düşür. Səthi zona ilə özək sahəsi arasında temperaturların tam bərabərləşməsi zamanı, proses əgər elastiki sahədə gedərsə, məmulatda gərginlik tamamilə yox olmalıdır. Çox hallarda səthi zonada dartılma gərginliyi, nisbətən yüksək temperaturlarda elastiki gərginliyi aşır, ona görə səthi zonada plastiki deformasiya baş verir (hələlilik isti olan özək sahədə uyğun sıxılma baş vermir) və qalmış dartıcı gərginliklər, elastiki vəziyyət üçün uyğun gərginliklərdən fərqli, xeyli azalır.

Struktur gərginlikləri (II növ). Termiki emal zamanı struktur çevrilmələri ilə bağlı həcm dəyişməsi, I növ gərginliklərin əmələ gəlməsinin başqa səbəbidir; bu struktur gərginlikləri termiki gərginliklərlə cəbri toplanır. Məsələn, özək sahədə son növbədə baş verən struktur çevrilməsi, həcm böyüməsilə bağlı olduğundan, özəkdə sıxılma və səthi qatda dartılma gərginliklərinin yaranmasına səbəb olur. Həcm kiçilməsi zamanı isə hadisələrin əksinə getməsi müşahidə olunur.

Tablandırma zamanı baş verən struktur çevrilmələri nəzərə çarpacaq dərəcədə həcm dəyişməsilə bağlıdır. Beləki, qızdırma zamanı ferrit-karbid qarışığının austenitə çevrilməsində həcm kiçilməsi; tablama zamanı austenitin martensitə çevrilməsində isə həcm böyüməsi baş verir. Tablandırmadan əmələ gələn martensit strukturu, özündən qabaqki-başlanğıc, məsələn, tabalmadan sonra alınan ferrit və karbidlərdən ibarət strukturaya nisbətən böyük xüsusi həcmə malikdir. Karbonun miqdarının yüksəlməsi, martensit çevrilməsində həcm artımını böyüdür.

Tabəksiltmə temperaturunu yüksəltdikcə bu artım tədricən yox olur-struktur ferrit-karbid qarışığına yaxınlaşır.

Martensitin əmələ gəlməsi zamanı həcmın artması təkcə karbonun miqdarından deyil, poladın tərkibindəki legirləyici elementlərin miqdarı və xarakterindən də asılı olur. Həcmın böyüməsi ən çox legirlənməmiş və aşağılegirli poladlarda müşahidə olunur.

Yüksəklegirli ledeburitli, ferrit sinifli xromlu poladlar həcmın minimum artması ilə xarakterizə olunurlar.

Austenit sinifli poladlarda austenitin martensitə çevrilməsi, məsələn, dərin soyutma zamanı, həcmın böyüməsinə səbəb olur. Amma bu, təcrübə marağı doğurmur, çünki o poladlar austenit vəziyyətində istifadə olunurlar. Almanların təcrübəsindən məlum olmuşdur ki, yüksəklegirli manqalı poladlarda, metastabil aralıq heksaqonal  $\epsilon$ -martensitin yaranması nəticəsində,  $\gamma - \alpha$  çevrilməsi zamanı, həcm hətta kiçilə bilər.

Poladın tərkibi ilə yanaşı, həcmın gözlənilən dəyişməsinə, həmçinin tablandırma temperaturu əhəmiyyətli təsir edir. Heç bir tablama prosesində austenitin tamamilə (100%) martensitə çevrilməsi baş vermir. Poladda qalıq austenitin olması, onun son həcmının ölçüsünə təsir edir: müəyyən miqdar saxlanılan qalıq austenit onun həcmını kiçildir və əksinə qalıq austenit martensitə çevrildikdə həcm böyüyür.

Austenitləşdirmə temperaturunun, xüsusi ilə legirli poladlarda yüksəldilməsi zamanı, həcmın böyüməsi hər şeydən əvvəl karbonun bərk məhlulda artması (karbidlərin və başqa fazaların həll olması) hesabına baş verə bilər. Bu o vaxta qədər davam etdirilir ki, qızdırma temperaturunun sonrakı artımlarında austenit tablamaya qədər güclü legirlənə bilsin ki, tablamadan sonra alınan qalıq austenitin miqdarının artması son həcmə təsir etməsin.

Bütün hallarda struktur gərginlikləri termiki gərginliklərə cəbri toplanır, qalıq gərginliklərinin bu və ya digər son vəziyyətinə çatmaq üçün, çevrilmə temperaturunun vəziyyəti daha böyük əhəmiyyətə malikdir: o gərginliyin plastiki relaksasiyanın köməyi ilə çıxarıla və ya çıxarıla bilməməsini müəyyən edir.

Kristallik quruluşun qüsurları (III-növ gərginlik). III növ gərginliklərin yaranmasının əsas səbəbi, hər bir texniki metal və ərintilərin kristallik quruluşunda qüsurların olmasıdır. İstənilən termiki emal prosesi kristal qəfəslərinin bu qüsurlarının görünüşünə, sayına və paylanmasına güclü təsir göstərir. Bütün III növ gərginliklərin əsas mənbəyi dislokasiyalar sayılır; dəmir ərintilərində isə gözə çarpan belə gərginliklərin mənbəi, bərk məhlulda həll olan qatışıqların atomları və seqreqasiya prosesi nəticəsindəki ayrılmalardır.

Məlum olduğu kimi, karbon dəmirlə daxilolma bərk məhlulu əmələ gətirir; martensitin qəfəslərinin oktaedrik boşluqlarına daxil olan karbon atomları, tetraqonallığı artırmaqla, III növ gərginliklərin yaranma səbəbi sayılırlar.

Yığılmış müxtəlif növ və mənşəli qalıq (daxili) gərginliklər. Sənayedə istifadə olunan məmulatlarda və pəstahlarda həmişə müxtəlif mənşəli I, II və III növ gərginliklər yarana bilər. Əvvəllər deyildiyi kimi, dəmir ərintilərinin termiki emalı zamanı, bu gərginliklərin yaranmasını aşkar edən, çox saylı səbəblər mövcuddur.

Tablanmış məmulatlarda, hər şeydən əvvəl tablama prosesinin gedişində əmələ gələn termiki I növ gərginliklərlə, I növ struktur gərginlikləri toplanır. Bunlara, müxtəlif istiqamətlərə yönəlmiş dənələrdə anizotrop deformasiyalar və ayrı-ayrı struktur təşkiledicilərinin istidən müxtəlif genişlənmə əmsalları sayəsində yaranan II növ gərginliklər, həmçinin karbon atomlarının martensitin qəfəsinə məcburi daxil olması və qəfəsdə başqa qüsurların olması nəticəsində yaranan III növ gərginliklər əlavə olunur. Bundan başqa tablamadan sonra deformasiya olunmuş hissələrin mexaniki düzəldilməsi I növ deformasiya gərginliyi yaradır. Ayrılma və seqreqasiya proseslərinin gedişilə bağlı, son tabəksiltmə zamanı yeni struktur gərginlikləri də yarana bilər.

Tablanmış hissələri lazımi ölçüyə və səthini tələb olunan keyfiyyətə çatdırmaq üçün onları tez-tez pardaxlayırlar. Bu vaxt tablanmış hissələr istilik və mexaniki yükün təsirinə məruz qalırlar. Mexaniki təsir səthi qatda plastik deformasiya və sıxılma gərginliklərinin meydana gəlməsinə gətirib çıxarır, eyni zamanda səthi zonalarda qızma



temperaturunun artması ilə dartılma gərginlikləri yaranır və böyüyür. Soyumadan sonra səthi qatda adətən dartılma gərginlikləri qalır. Martensit strukturlu poladlarda təmiz istilik hadisələri ilə şərtlənən, həcm dəyişməsinə martensitin parçalanması ilə bağlı dəyişmə də əlavə olunur. İstidən genişlənmədən yaranan gərginliklər, martensitin parçalanması zamanı həcmi kiçilməsilə qismən kompensasiya olunur və soyumadan sonra qalan dartılma gərginlikləri azalır.

Məlumdur ki, maşın hissələrində qalıq daxili gərginliklər çox saylı mürəkkəb amillərin təsirinin nəticəsidir. Bu gərginliklər emal proseslərinin gedişində, pəstahın hazırlanmasından başlayaraq, hazır hissənin təmiz (səthi) emalı başa çatana qədər yarana bilər.

I növ termiki və struktur gərginliklərinin yığılması zamanı, struktur çevrilməsi temperaturu həll edici əhəmiyyətə malik olur. Kifayət qədər yüksək çevrilmə temperaturu zamanı, struktur gərginlikləri (çevrilmə zamanı həcm dəyişməsilə) plastiki deformasiyalar sayəsində xeyli dərəcədə azalır (relaksasiya olunur), lakin bu termiki gərginliklərə əhəmiyyətli təsir göstərmir. Aşağı çevrilmə temperaturlarında struktur gərginlikləri azalmır (relaksasiya olunmur), amma bu tablamadan sonra gərginliklərin ümumi paylanmasına güclü təsir göstərir. Məlumdur ki, martensit strukturunun əmələ gəlməsi nəticəsində həcmi böyüməsi, sıxılma gərginliklərinin yaranmasına səbəb olur. Lakin martensit çevrilməsi o qədər tez başlayır ki, nisbətən artıq çevrilmə temperaturlarında struktur gərginlikləri relaksasiya olunur və səthlə özək sahə arasında temperaturların bərabərləşməsindən sonra termiki gərginliklər üstünlük təşkil edir. Beləliklə, səth sıxılma gərginliklərinin, özək sahə isə qalıq dartılma gərginliklərinin təsiri altında olur.

Termiki gərginliklərlə şərtlənən, deformasiyaların metalda yığılması və çevrilmələrlə şərtlənən, həcmi böyüməsi, hər şeydən əvvəl təcrübədə, tablama zamanı məmulatın ölçüləri və formalarının dəyişməsi kimi özünü göstərir.

Tablamadan sonra müxtəlif temperaturlarda aparılan tabəksiltmə proseslərində, həcm dəyişməsi, həmçinin struktur çevrilmələrlə bağlıdır. Odur ki, aşağıda

poladlar üçün tabəksiltmənin təsbit edilmiş bəzi mərhələlərinə baxmaq məqsədəuyğundur. Tabəksiltmənin aşağı temperatur sahələrində,  $\epsilon$ -karbidlərin ayrılması nəticəsində həcm azalması ilə yanaşı, bir qədər daha yüksək tabəksiltmə temperaturunda qalıq austenitin çevrilməsi hesabına, həcm müəyyən qədər böyüyür və tabəksiltmənin inkişaf etdiyi üçüncü mərhələsində (bir qədər də yuxarı temperaturda) martensitin parçalanması həcm sonradan kiçilməsinə gətirib çıxarır. Tabəksiltmənin ikinci mərhələsində, qalıq austenitin miqdarından asılı (hansıki, tablama temperaturu və eləcə də legirleyici elementlərin miqdarı ilə bağlı) olaraq, ümumiyyətcə həcm hətta böyüyə bilər.

Legirleyici elementlər təkcə qalıq austenitin tərkibinə deyil, onun parçalanma temperaturuna da təsir göstərir. Yüksəklegirli poladlarda austenitin stabilləşməsi çox aydın müşahidə olunur. Bu halda həcm böyüməsi, ona görə tabəksiltmənin daha yüksək temperaturlarından başlayır.

Müxtəlif təyinatlı alətlərin istehsalında son vaxtlar termiki emal proseslərində aşağı həcmi dəyişmələrə malik martensitli-köhnələn poladlardan geniş istifadə olunur. Onların köhnəltmə əməliyyatları  $430-480^{\circ}\text{C}$  temperatur intervalında aparılır və bu vaxt həcm azalması təxminən  $0,05\%$  təşkil edir.

Çox saylı presizion məmulat və detalların, məsələn, ölçücü alətlər, presizion alətlər, diyircəkli ystıqlar, dizel mühərriklərinin porşen barmaqçıqlarının və s. istismar etibarlılığı, onların uzun müddətli istismarı zamanı, ölçü və formalarının yüksək stabilliyini nəzərdə tutur. Ölçülərin stabilliyi bir tərəfdən, strukturların və emal olunmuş hazır detalda qalıq gərginliklərinin vəziyyətindən, və başqa tərəfdən istismar zamanı mexaniki və istilik yüklənmələrindən asılı olur.

## **5. Polad pəstahların alınması zamanı yaranan qüsurlar**

Fasiləsiz tökmə polad pəstahlarında yarana biləcək qüsurların təsnifatı işənmiş, onları

törədən səbəblər təhlil olunmuş və aradan qaldırma yolları göstərilmişdir. İşlənmiş təsnifata əsasən fasiləsiz tökmə pəstahlarının qüsurları aşağıdakı şəkildə qruplaşdırılmışdır:

- pəstahın formasının həndəsi qüsurları;
- pəstahın təpələrinin qüsurları;
- səth qüsurları;
- daxili qüsurlar;
- fasiləsiz tökmə pəstahlarında kristallaşan qabığın yuyulması.

Pəstahın formasının həndəsi qüsurları özlərini çox müxtəlif şəkildə biruzə verirlər. Bu qüsurlar pəstahların perimetrlərinin ayrı –ayrı sahələrinin ölçülərinin dəyişməsi nəticəsində çatların yaranması ilə ifadə oluna bilərlər. Bu qüsurları yaradan səbəblər çox müxtəlifdir, onlara qeyri – bircins soyutmanı, kristallaşdırıcıda istiliyin qeyri – bərabər ötürülməsini, qeyri – bərabər təkrar soyutmanı, tökmənin yüksək sürətini və s. misal göstərmək olar. Bu qüsurların əksəriyyəti sonrakı emalda düzəldilə bilər.

Pəstahın təpələrinin qüsurları pəstahın əmtəə görünüşünü pozur, yayma prosesində məhsullarda müxtəlif qüsurların meydana çıxmasına gətirir. Bu qüsurlara doqrama qüsurları da deyilir. Onlar metallurji xarakterli olurlar, yaranmaların əsas səbəbləri qazla kəsmə maşını avadanlığının saz olmaması, kəsmədə iştirak edən oksigenin aşağı təmizliyi və s.dır. Qüsurların ləğv olunması onların kəsilib atılması ilə həyata keçirilir.

Pəstahların səth qüsurları “isti” (kristallaşma) və “soyuq” çatlara bölünürlər. Kristallaşma çatları dendritlərin oxlarını kəsmirlər, yalnız dendritlərin divarları və çatların sonluqları likvatorlarla zəngin olur.

Soyuq çatlar dendritlərin oxlarını kəsirlər. İsti çatların yaranmasına çoxlu texnoloji amillər və tökülən poladın keyfiyyət amilləri təsir edir. Əksər hallarda kristallaşdırıcıda keyfiyyətsiz posamələgətirici qarışıqların (PƏQ) istifadəsi, təkrar soyutma zonasında (TSZ) həddən artıq soyutma, yüksək temperatur və kristallaşdırıcının böyük

konusluğu bu çatları yaradır .

Pəstahlarda ən qorxulu qüsurlar daxili qüsurlardır, çünki onlar əksər hallarda son emal proseslərində - yayma, mexaniki emal və s.-də meydana çıxırlar. Daxili çatların təsnifatı aşağıdakı müddəalar əsasında verilmişdir: inkişaf dərəcəsinə görə, yaranma səbəbinə görə, istiqamətliyinə görə, yerləşməsinə görə, uzanma dərinliyinə görə.

Eyni zamanda hər bir göstərilən müddəaya görə çatların formaları müəyyənləşdirilərək təsnif olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, bu qüsurların yaranmasının əsas səbəbləri metallurjiya texnologiyasının parametrlərinin pozulmasıdır.

Fasiləsiz tökmə pəstahlarında ən ciddi qüsurlardan biri metalda yaranan qeyri – metal birləşmələrdir. Onların növləri göstərilmiş və poladın tərkibindən onların təmizlənmə üsulları işlənmişdir. Qeyri –metal birləşmələr aşağıdakılar üzrə təsnif olunmuşdur: xətti oksidlər, nöqtəvi oksidlər, kövrək silikatlar, deformasiya olunmuş silikatlar, sulfidlər, nitridlər və xətti karbonitridlər, nöqtəvi nitridlər, xətti nitridlər və s. Bu qüsurların yaranmasının əsas səbəbləri kimi metallurjiya texnologiyasının pozulması, şixtə materialının təmizliyinə riayət olunmaması və s. kimi amilləri göstərmək olar.

Çeşid pəstahların fasiləsiz tökülməsinin əsas problemi metalın kristallaşan qabığı vasitəsilə yuyulmasıdır. Metal qabığın yuyulmasının dörd tipi müəyyən edilmişdir: soyuma, asılqan, posa və başlanğıc (axının buraxılmasında). Soyuma yuyulmalarını pəstahda yaranan “boşluq” (boş pəstah) üzrə tanımaq mümkündür. Asılqan yuma kristallaşdırıcının altında baş verir. Asılqan yumalar kristallaşan qabığın soyudulan gilizin səthinə yapışmasıdır . “Posa üzrə” yuyulmalar əsasən maye poladda [Mn]:[Si]-un optimal nisbətinə riayət olunmaması nəticəsində baş verir. Başlanğıc yuyulmalar adətən metal axının buraxılışından sonra tökmənin ilk saniyələrində (15 – 25sən) baş verir. Bu yuyulmanın yeri kristallaşdırıcının altıdır.

## 6. Nəticə

1. Polad pəstahlarının alınması üçün elektropoladəritmə prosesinin metallurgiya texnologiyası işlənmişdir. Elektropoladəritmənin nəzəri – texnoloji əsasları haqqında mövcud təsəvvürlər inkişaf etdirilmiş və dəqiqləşdirilmişdir.
2. Fasiləsiz tökmə prosesində maye poladın qazsızlaşdırma prosesitədqiq olunub. Qazsızlaşdırma kifayət etmədikdə poladda struktur qüsurların yaranması müşahidə olunmuşdur.
3. Fasiləsiz tökmə polad pəstahlarının istehsalının yeni texnologiyaları işlənmişdir. Tədqiqatlar əsasında qaynaqlanmış kilidlərli yüksəkmöhkəm polad pəstahlarının işlənmiş yayma texnologiyası yararlı pəstahların çıxımını 75-dən 83%-dək artırmağa imkan vermişdir. “Baku Steel Company” MMC-də fasiləsiz tökmə ilə polad pəstahlarının istehsalı üçün PFTM – 2 maşınının rekonstruksiyası aparılıb, bu, yeni PFTM-nın alınması ilə müqaisədə kapital xərclərini 3 – 5 dəfə azaltmağa imkan verir.
4. Müxtəlif ölçülü polad pəstahlarının termiki möhkəmləndirmə texnologiyası işlənmiş və mənimsənimişdir. Bu texnologiya polad pəstahların induksion qızdırmasını, suda soyudulmasını və tabəksildilməsini özündə əks etdirir.
5. Polad pəstahlarının termiki möhkəmləndirilməsinin yeni texnologiyasının tətbiqi aşağıdakı struktur və xassələri formalaşdırmağa imkan verir.
  - akarbonlu poladlarda martensit və divarın bütün qalınlığı boyunca dənənin 4 – 5 bal ölçüsündə tək – tək sahələrli ferrit olan beynit:  $\sigma_d=1420 - 1441\text{MPa}$ ;  $\sigma_{ax}=1142 - 1146\text{MPa}$ ;  $\delta=4 - 6\%$ ,  $\psi= 23\div 26,2\%$ .
  - azlegirli poladlarda austenit balının 5 – 6 bal qiymətində martensit:  $\sigma_d=2000 - 2010\text{MPa}$ ,  $\sigma_{ax}=1630 - 1730\text{MPa}$ ,  $\delta=8 - 9\%$ ,  $\varphi=27,5 - 29,5\%$
6. Fasiləsiz tökmə ilə alınan polad pəstahlarında yaranan qüsurlar və onların ləğv olma yolları təhlil olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, bu halda tökmə prosesi elektromaqnit qarışdırıcının iştirakı ilə qapalı şəraitdə aparılmalıdır.

7. Polad pəstahın formasının həndəsi qüsurları onun perimetrinin ayrı-ayrı sahələrinin ölçülərinin dəyişməsi ilə ifadə olunur və özlərini çatların yaranması ilə biruzə verirlər. Bu qüsurları yaradan əsas səbəblərin metallurji səbəblər olması müəyyən edilmişdir. Pəstahın təpələrinin qüsurları, xüsusən boru pəstahlarında onların əmtəə görünüşünü pozur, onların nəticəsində digər qüsurlar aşkrılır. Bu qüsurlar metallurji xarakterli deyildir, əsasən qazla kəsmə maşının rejimlərinin pozulması nəticəsində baş verir.

8. Polad pəstahların hazırlanması zamanı baş verən istilik proseslərinin öyrənilməsi və tədqiqi.

9. Pəstahların səth qüsurları “isti” (kristallaşma) və “soyuq” çatlardan ibarət olurlar. Kristallaşma çatları dendritlərin oxlarını kəsmirlər, soyuq çatlar isə əksinə həmin oxları kəsirlər. İsti çatların yaranmasına çoxlu texnoloji amillər və tökülən poladın keyfiyyət amilləri təsir edir. Pəstahlarda ən qorxulu qüsurlar daxili qüsurlardır, onlar əsasən son emalda meydana çıxdıqlarına görə son məhsul zay hesab olunur. Daxili qüsurların təsnifatı aşağıdakı müddəalar əsasında verilmişdir: inkişaf dairəsinə, yaranma səbəblərinə, istiqamətliyinə, yerləşməsinə, uzanma dərəcəsinə görə.

10. Pəstahlarda yaranan ən ciddi qüsurlar metalın strukturunda yerləşən qeyri – metal birləşmələrdir. Onların təsnifatı aşağıdakı kimi verilmişdir: xətti oksidlər, nöqtəvi oksidlər, kövrək silikatlar, deformasiya olunmuş silikatlar, sulfidlər, nitridlər və xətti karbonitridlər, nöqtəvi nitridlər, xətti nitridlər. Bu qüsurları yaradan səbəblər metallurjiya və tökmə texnologiyalarının pozulması və şixtə materiallarının təmizliyinə riayət olunmamasıdır.

## 7. Ədəbiyyat

1. “Fasiləsiz tökmə polad pəstahların resurslara qənaətli texnologiyasının nəzəriəsaslandırılması və tətbiqi” Ramin İsmətəbəy oğlu Kərimov Bakı – 2021
2. Павшин В.М. Повышение эффективности процесса непрерывной разливки (Международная конференция «Технология и оборудование для внепечной обработки и непрерывной разливки стали, 2005, г. Москва, с.258-265.
3. Правосудович В.Л., Сокуренок В.П., Данченко В.Н. и др. Дефекты стальных силитков и проката. / Справочник. М.: «Интернет Инжинеринг» 2006, 382с.
4. JOURNAL OF BAKU ENGINEERING UNIVERSITY- MECHANICAL AND INDUSTRIAL ENGINEERING 2018. Volume 2, Number 2 Pages 98-104
5. Kərimov R.İ., Quliyev F.T., Cəfərova A.A., Məmmədli N.R. Fasiləsiz tökmə pəstahlarının həndəsi qüsurları və onların yaranma səbəbləri. 4-5 aprel 2018-ci il tarixlərində AzTU-də “Təhsil-tədqiqat-istehsalat mexanizminin qurulması” mövzusunda keçirilən Elmi-texniki konfransının materialları. 4-5 aprel 2018-ci il, AzTU, Bakı. Səh.196-201.
6. Kərimov R.İ., Quliyev F.T., Cəfərova A.A. Fasiləsiz tökmə pəstahlarında səth qüsurlarının yaranma səbəbləri. 4-5 aprel 2018-ci il tarixlərində AzTU-də “Təhsil-tədqiqat-istehsalat mexanizminin qurulması” mövzusunda keçirilən Elmi-texniki konfransının materialları. 4-5 aprel 2018-ci il, AzTU, Bakı. Səh.192-196.
7. Kərimov R.İ., Quliyev F.T. Fasiləsiz tökmə pəstahları. (Qüsurları və onların aradan qaldırılma tədbirləri). "Sabah", Monoqrafiya), 2018, 144с.
8. Məmmədov V.A., Kərimov R.İ., Quliyev F.T. Fasiləsiz tökmə pəstahlarında yaranan daxili qüsurların təhlili. 4-5 aprel 2018-ci il tarixlərində AzTU-də “Təhsil-tədqiqat istehsalat mexanizminin qurulması” mövzusunda keçirilən Elmi-texniki konfransının materialları. 4-5 aprel 2018-ci il, AzTU, Bakı. Səh.158-161.
9. Hüseyinov B.H.” Pəstahların layihələndirilməsi və istehsalı”. Dərs vəsaiti,

Bakı, Çarşıoğlu, 1997, 90 səh.

10.Hüseynov B.H. “Mühazirə konspekti”. AzTU. 2011.

11.AzTU Metallurgiya və materiallar texnologiyası “ Termiki emal texnologiyası”  
Bakı-2016