

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**

*Əlyazması hüququnda*

Əzimli Solmaz Mahir qızı, Hüseynov Vüsal Mizəfər oğlu,  
İsmayılov Davud Qulu oğlu

**GƏMİLƏRİN TƏKRAR EMALININ TƏDQIQI**

**mövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI**

**İxtisas: 060646** “Təkrar emal və bərpa texnologiyaları mühəndisliyi”

**İxtisaslaşma:** “Metallurji tullantıların təkrar emal texnologiyaları”

**Elmi rəhbər:** k.e.n., dosent Şirinova Nəcibə Əhməd qızı

**BAKI – 2023**

## MÜNDƏRİCAT

<b>İxtisarlarmın siyahısı.....</b>	<b>4</b>
<b>GİRİŞ.....</b>	<b>5</b>
I Titul vərəqi (Əzimli Solmaz Mahir qızı).....	7
<b>I FƏSİL. İSTİSMAR MÜDDƏTİ BİTMİŞ GƏMİLƏRİN UTILİZASİYASI VƏ YARATDIQLARI EKOLOJİ PROBLEMLƏR.....</b>	<b>8</b>
1.1. İstismar müddəti bitmiş gəmilərin yaratdığı ekoloji problemlər.....	8
1.2. Polad istehsalı üçün xammal kimi gəmilərin metal tullantılardan istifadə.....	11
1.3. Poladəridici sexlər üçün tullantı materiallarının mənbələri.....	13
1.4. Təkrar polad istehsalında çuqun tullantılardan istifadə.....	17
1.5. Əlvan metal qarışıqları olan tullantıların poladın keyfiyyətinə təsiri.....	20
II Titul vərəqi (Hüseynov Vüsal Mizəfər oğlu).....	24
<b>II FƏSİL. GƏMİLƏRİN TULLANTILARA KƏSİLMƏ ÜSULLARI VƏ DOĞRANILMANIN TEXNOLOJİ PROSESİ .....</b>	<b>25</b>
2.1. Gəmilərin utilizasiyasının müasir vəziyyəti və təkrar emalının təşkilati- texnoloji sxemi.....	25
2.2. Gəmi gövdələrinin kəsilməsi üsulları.....	28
2.2.1. Termiki kəsmə üsulu.....	28
2.2.2. Plazma ilə kəsmə üsulu.....	28
2.2.3. Ekzotermik kəsmə üsulu.....	29
2.2.4. Mexaniki kəsmə üsulu.....	30
2.2.5. İmpuls kəsmə üsulu .....	32
2.2.6. Hidroabraziv kəsmə texnologiyası.....	37
2.3. Gəmilərin tullantı üçün doğranılmasının texnoloji prosesi.....	38
III Titul vərəqi (İsmaylov Davud Qulu oğlu).....	42
<b>III FƏSİL. DOĞRANILMIŞ GƏMİ TULLANTILADAN POLADIN ALINMASI.....</b>	<b>43</b>
3.1. Poladəridici sexlərin şixtə materialları ilə təmin edilməsi.....	43

3.2. Metal tullantıların kimyəvi tərkibinin təyini üsulları.....	45
3.3. Tullantıların səpilən sıxlığının ərimə şəraitinə təsiri.....	48
3.4. Qövs poladəritmə sobalarının işləməsinin enerji rejimi.....	52
3.5. Metal tullantılarının səpilən sıxlığının qövs poladəritmə sobalarının göstəricilərinə təsirinin qiymətləndirilməsi.....	59
3.6. Eksperimental hissə.....	61
3.6.1.Sərf olunan dəmir tullantıların hesabı .....	67
<b>NƏTİCƏLƏR.....</b>	<b>70</b>
<b>İSTİFADƏ OLUNMUŞ ƏDƏBİYYAT.....</b>	<b>71</b>

**İXTİSARLARIN SİYAHISI**

FİƏ	Faydalı iş əmsalı
QPS	Qövs poladəritmə sobası
DÜİST	Dövlət Ümumittifaq standartları
TAK	Termiki avtogen (qaz-oksigen) kəsilmə
PK	Plazma ilə kəsilmə
EK	Ekzotermik kəsilmə
QK	Qazla kəsilmə
MK	Mexaniki kəsilmə
İVQ	İcazə verilən qatılıq
İK	İmpuls kəsilmə
PM	Partlayıcı mərmilər
ŞKPM	Şnur formalı kumulyativ partlayıcı maddələr
UKP	Uzadılmış formalı partlayıcı maddələrin
MPQ	Maye partlayıcı qarışığı
KUKM	Kontaktlı uzanmış kumulyativ mərmə
RFA	Rentgen-flüorossent analizatorların
QSS	Qırıntıların səpilmə sıxlığı

## GİRİŞ

**Mövzunun aktuallığı.** Ümumiyyətlə hər bir gəmi 20 ildən 30 ilə qədər xidmət edir. Sonra metalın korroziyası başlayır, bu səbəbdən də gəminin saxlanması və təmiri faydasız olur. Köhnə gəmilər böyük dərinliklərdə batırılır, onlardan süni riflər yaradılır, muzey ekspozisiyaları və ya kafe və restoranlar üçün ərazi kimi istifadə olunur. Bununla belə, köhnə gəminin utilizasiyasının ekoloji cəhətdən ən təmiz yolu onu sökmək və sonra tullantı kimi təkrar emal etməkdir. Təbii resursların həddindən artıq istismar edilməsi digər faydalı qazıntılar kimi dəmir filizinin də dünya üzrə ehtiyatının azalmasına səbəb olmuşdur. Bundan əlavə filizin hasilatı, zənginləşdirilməsi, metalın istehsalına sərf olunan sərmayə tullantılardan təkrar emal ilə alınan metaldan 10-20 dəfə baha başa gəlir. Bu səbəbdən metal tullantılarının təkrar emala cəlb olunması günün aktual problemidir. Nəzərə alsaq ki, orta kütləli bir gəminin istehsalına 30-40 min ton metal sərf olunur, istismar müddətini bitirmiş gəmilərin təkrar emalından nə qədər tullantının alınacağını demək olar. Bəzi ölkələrdə istismar müddətini bitirmiş gəmiləri utilizasiyaya yönəltməyərək onu sadəcə dənizdə və ya okeanda batırırlar. Buna səbəb gəmilərin doğranılması, daşınması və təkrar emalı işinin çətin və təhlükəli olması, həmçinin bütün ölkələrdə xüsusi gəmi emalı sahələrinin olmamasıdır. Batırılmış gəmilər ətraf mühitə ciddi ziyan vurur. Nəzərə alsaq ki, gəmilər korroziyadan qorunmaq üçün toksiki tərkibli boyalarla boyanır, onun mühərriklərində yanacaq və yağ məhsulları var, əsas hissəsi poladdan hazırlansa da, bəzi detalları əlvan metallardan hazırlanıb, onda hər bir batırılan gəminin ətraf mühitə hansı zərərlər yetirəcəyini təsəvvür etmək olar. Respublikamızda gəmi istehsal edən müəssisə olmadığı üçün gəmilərin və onların bəzi hissələrinin alınması dövlətə baha başa gəlir. Köhnəlmiş gəmilərin müasir texnologiya və avadanlıqlarla sökülməsi, düzgün çeşidlənmənin aparılması, istismarda olan gəmilər üçün bu doğranılmış hissələrdən lazımi detalların istehsal edilməsi aktual və lazımlı prosesdir.

**Tədqiqatın məqsədi.** İstismar müddətini bitirmiş gəmilərin müasir texnologiyalarla və ətraf mühitə ziyan yetirmədən təhlükəsiz doğranılması, doğranılmış hissələrdən yeni gəmi detallarının hazırlanması, ətraf mühitin qorunması,

təhlükəsizlik tədbirlərinin araşdırılmasıdır.

**Tədqiqatın predmeti və obyektı.** Bakıda yerləşən “Zığ” Gəmi Təmiri və Tikintisi Zavodunda köhnə gəmi tullantılarının əridilməsi ilə yeni detalların istehsalı texnologiyasıdır.

**Elmi yenilik.** İstismar müddətini bitirmiş gəmilərin doğranılması zamanı tətbiq edilən kəsmə üsulları araşdırılmış, doğranılmış hissələrindən səmərəli texnologiya ilə yeni detalların istehsalı tədqiq edilmiş, əridilmə zamanı şixtənin səpilmə sıxlığının sobanın elektrik enerjisinin xüsusi sərfinə, əridilməyə sərf olunan zaman müddətinə təsirinin müəyyənləşdirilməsidir.

**Təcrübi əhəmiyyəti.** Araşdırmaların nəticələrinin batırılmış gəmilərin təmirini həyata keçirən zavod və müəsisələrdə tullantı kimi təkrar emala yönəldilməsi , tullantılardan tökmə üsulu ilə yeni detalları istehsalı iqtisadi cəhətdən səmərəliliyin artmasına və müəsisənin məhsuldarlığının yüksəlməsinə imkan yaradır.

**İşin müzakirəsi.** İşin əsas məzmunu “Kimya texnologiya, təkrar emal və ekologiya” kafedrasının elmi seminarlarında, bakalavr və magistrantların elmi-texniki konfranslarında (2022 və 2023) məruzə və müzakirə edilmişdir.

**İşin həcmi və strukturu.** Dissertasiya işi 75 səhifə həcmində giriş, üç fəsil və nəticələrdən ibarət olub, tərkibində 7 cədvəl, 27 şəkil, 5 diaqram və 57 adda istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısı vardır.

**Tədqiqatın aprobasiyası:** Dissertasiya işinin nəticələri aşağıda göstərilən konfranslarda məruzə edilmişdir: Qərbi Kəspəi Universitetində Ümumilli lider H.Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr edilmiş ali məktəb tələbə və magistrantların XXVI Respublika Elmi-praktiki Konfransı (may 2022, Bakı), Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetində H.Əliyevin anadan olmasının 100-cü ildönümünə həsr edilmiş “Qeyri-neft sektoru və qlobal ərzaq təhlükəsizliyi problemləri” mövzusunda Respublika Elmi-praktiki Konfransı (may 2023, Gəncə), Azərbaycan Texniki Universitet Ümumilli lider H. Əliyevin anadan olmasının 100-cü ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar mövzusunda VII Respublika elmi-texniki konfransı” (may 2023, Bakı).

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**

*Əlyazması hüququnda*

Əzimli Solmaz Mahir qızı

**İSTİSMAR MÜDDƏTİ BİTMİŞ GƏMİLƏRİN UTİLİZASIYASI VƏ**  
**YARATDIQLARI EKOLOJİ PROBLEMLƏR**

**mövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASIYASI**

**İxtisas: 060646** “Təkrar emal və bərpa texnologiyaları mühəndisliyi”

**İxtisaslaşma:** “Metallurji tullantılarının təkrar emal texnologiyaları”

**Elmi rəhbər:** k.e.n., dosent Şirinova Nəcibə Əhməd qızı

**BAKI – 2023**

## I FƏSİL. İSTİSMAR MÜDDƏTİ BITMİŞ GƏMİLƏRİN UTILİZASIYASI VƏ YARATDIQLARI EKOLOJİ PROBLEMLƏR

### 1.1. İstismar müddəti bitmiş gəmilərin yaratdığı ekoloji problemlər

Metalların, xüsusilə də poladların çoxtonnajlı istehlakçılarından biri də gəmiqayırma müəssisələridir. Hər bir orta yüktutumu olan gəminin istehsalına 40-50 min ton metal sərf olunur. Digər nəqliyyat vasitələrinə nisbətən su nəqliyyatı ucuz olduğu üçün dünya miqyasında gəmi istehsalı önəmli yerlərdən birini tutur. Müasir gəmilərin xidmət müddəti orta hesabla 30 ildir. Bu müddət ərzində gövdənin korroziyası, metalın yorğunluğu və ehtiyat hissələrinin olmaması səbəbindən onların fəaliyyəti sərfəli olur. Vaxtında xidmət etmiş gəmiləri sadəcə olaraq limanda saxlamaq və ya yaxınlıqda sahilə çıxarmaq olmaz. Bu taktikaya əməl edən istənilən liman gec-tez ətraf mühiti çirkləndirən və insan sağlamlığına təhlükə yaradan paslı “qablar”la tıxanacaq. Köhnə gəmilərin sökülməsi işi dünyada ən təhlükəli işlərdən biri hesab olunur. Su nəqliyyatı təkcə istismar zamanı deyil, həm də gəmilər fiziki və mənəvi cəhətdən köhnədikdən sonra ətraf mühitin çirklənməsinin səbəblərindən biri olur. Orta hesabla bir gəmi 20 ildən 30 ilə qədər xidmət edir (9). Sonra metalın korroziyası başlayır, bu səbəbdən də gəminin saxlanması və təmiri faydasız olur. Köhnə gəmilər böyük dərinliklərdə batırılır, onlardan süni riflər yaradılır. Bununla belə, köhnə gəmini utilizasiyasının ekoloji cəhətdən ən təmiz yolu onu sökmək və sonra kəsilmiş metal tullantıları təkrar emala yönəltməkdir (3, 11, 14).

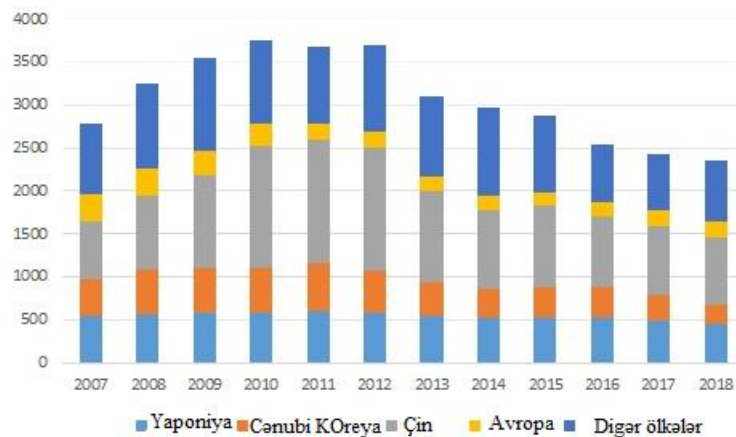
Utilizasiya olunmuş gəmilərin əksəriyyəti Cənubi Asiya ölkələrinə göndərilir və orada təhlükəsizlik qaydalarına riayət edilmədən xüsusi “gəmi çimərliklər”ində sökülür. Çox vaxt “çimərlik” adlanan üsul (ingilis dilindən - beach) bahalı infrastruktur tələb etməyən iş üçün tətbiq olunur. Gəmi sahilə yaxın lövbər salır, təkrar istifadə və ya təkrar emal üçün satılan ağır hissələrdən azad edilib. Daha sonra gəmi palçığa köçürülür və hissələrə sökülür. Bu, adətən primitiv və təhlükəli alətlərlə edilir (48).

Bəzən isə Avropa və Amerikalı gəmi sahibləri köhnə gəmiləri istismardan çıxarmaq əvəzinə işçi adı altında inkişaf etməkdə olan ölkələrə göndərirlər. Belə gəmilərin istismarı çoxlu sayda insanın təhlükəli rejimdə işləməsi deməkdir (52).



Gəmilərin təhlükəsiz təkrar emalı qaydalarını tənzimləyən əsas sənədlərdən biri 1989-cu ildə qəbul edilmiş “Təhlükəli tullantıların transsərhəd daşınmasına və onların utilizasiyasına nəzarət” haqqında Bazel Konvensiyasıdır. 2002-ci ildə konvensiya üçün köhnə gəmilərin təhlükəsiz və ekoloji cəhətdən təmiz sökülməsi üçün tövsiyələri ehtiva edən texniki təlimat hazırlanmışdır. Onlara uyğun olaraq, gəmilər yalnız xüsusi təchiz olunmuş yerlərdə - quru (stasionar) doklarda, onlardan bütün təhlükəli maddələr çıxarıldıqdan sonra hissələrə sökülə bilər. Eyni zamanda işçilər rahat və təhlükəsiz şəraitdə işləməlidirlər. 2004-cü ildə Bazel Konvensiyasının qərarı köhnə gəmiləri rəsmi olaraq “zəhərli tullantılar” kimi təsnif edərək, idxal edən dövlətin icazəsi olmadan ölkəni tərk etmələrinin qarşısını aldı. Bu, inkişaf etmiş ölkələrin ekoloji cəhətdən təmiz yerlərdə, xüsusən də keçmiş gəmiqayıрма zavodlarında təkrar emalın bərpasına səbəb olub. Gəmi hissələrinin utilizasiyası zamanı ətraf mühitə zəhərli tullantılar daxil olur: asbest, polixlorbutil, bifenillər, ağır metallar, o cümlədən, civə və qurğuşun (6). Hələ 2010-cu ildə Dünya Bankının ekspertləri 2030-cu ilə qədər Banqladeş və Pakistanda 85 min tondan çox asbest, 256 min ton polixlorbutil, 225 min ton qalaylı üzvi maddələr, 75 min ton boya, 720 ton ağır metal, o cümlədən 2,2 mln ton maye üzvi tullantılar və 1 milyon tondan çox digər təhlükəli tullantıların toplayacağını proqnozlaşdırmışdılar. St John's Universitetinin (ABŞ) tədqiqatçısı Olalekan Adekola və onun Plimut Universitetindən (Böyük Britaniya) olan həmkarı Cahir Rizvi qeyd edirlər ki, bu zərərsizləşdirmə üsulu təkcə dəniz və sahil ekosistemlərinə mənfi təsir göstərmir. Bundan əlavə, işçilərin sağlamlığına zərər vurur və əsas gəlir mənbəyi balıqçılıq olan yerli sakinlərin sağlamlığına da dolayısı yolla təsir göstərir (4,17). Alimlər gəmilərin sökülməsinin iqtisadi və ekoloji cəhətdən təmiz üsulunu təklif ediblər ki, bu da ətraf mühitin çirklənmədən qorumağa və təbii resurslara qənaət etməyə kömək edəcək. Müəlliflər gəmiləri beton, çınqıl və qumdan hazırlanmış dördqatlı xüsusi platformada sökməyi tövsiyə edirlər. Platformanın bütün təbəqələri müxtəlif keçiricilik dərəcələrinə malikdir və bu, hər səviyyədə müxtəlif çirkləndiricilərin tutulmasına imkan verir (14). Alimlər əmindirlər ki, gəmilərin sökülməsi işinin təkmilləşdirilməsi və inkişafı dəniz suyunun və torpağın çirklənməsinin qarşısını almağa kömək edəcək. Bundan əlavə, gəmilərin sökülməsindən yeni istehsallar üçün təbii və ucuz materiallar alınır. Ekoloji

problemi aradan götürmək üçün tədqiqatçılar təkrar emal prosesinə nəzarət edəcək beynəlxalq təşkilat yaratmağı təklif edirlər. Onlar həmçinin gəmi istehsalçılarını uğursuzluqdan sonra gəmilərlə nə baş verdiyini izləməyə məcbur edəcək genişləndirilmiş istehsalçı məsuliyyəti sisteminin işlənilib hazırlanmasının zəruriliyinə işarə edirlər. Son illərin statistikasına nəzər salsaq görərik ki, yeni gəmilərin istehsalı tempi aşağı düşmüşdür. Gəmiçilik üzrə dünya miqyasında liderlik edən dövlətlərdə belə yeni gəmilərin istehsalına olan sifarişlər iqtisadi böhranla əlaqədar olaraq aşağı düşmüşdür (şəkil 1.1) (54)



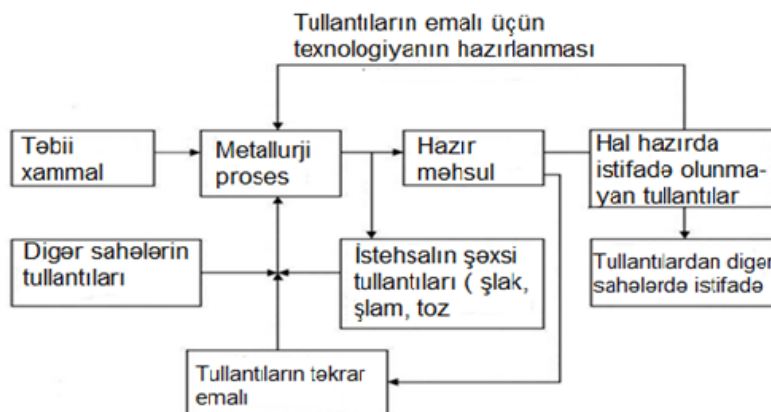
Şək.1.1. Dünya miqyasında 2007-2018-ci illərdə gəmi istehsalına olan sifarişlərin dinamikası

Əksər iş adamları yeni gəmilərin sifarişi əvəzinə, istismarda olan gəmilərin təmiri və rekonstruksiyasına önəm verirlər. Bu isə gəmilərin istismar müddətinin yalnız 10-15 il uzadılması deməkdir. Bu səbəbdən köhnəlmiş gəmilərin utulizasiyasının ən əlverişli yolu onların doğranılması və iri tonnajlı metal tullantılar mənbəyi kimi istifadəsi ən səmərəli üsuldur. İstismara yararlılıq cəhətdən köhnəlmiş gəmilər utulizasiya edilir və onların ağır tonajlı gövdələri metal qırıntılarına kəsilir. Bu məsələ metallurqların böyük marağına səbəb olmuşdur. Xüsusilə də son zamanlar tullantılarla işləyən metallurqlar daha ucuz xammal mənbəyi axtarırlar (29).

Təqdim olunan dissertasiyada istismardan çıxarılan gəmilərin utulizasiyası məsələləri, gəmilərin qırıntılara kəsilməsi üçün texnoloji proseslərin mümkün variantları, bu halda yaranan ekoloji problemlər və onların həlli yolları müzakirə olunur.

## 1.2. Polad istehsalı üçün xammal kimi gəmilərin metal tullantılardan istifadə

*Metal tullantılar haqqında ümumi məlumat, təsnifatı və onların yaranması səbəbləri.* Əhalinin artması və təbii ehtiyatların tükənməsi bəşəriyyət üçün xammal və enerji ehtiyatlarının qənaətlə xərclənməsi problemini qoyur. Müasir sənaye texnologiyası xammalın aşağı səmərəliliyə (~50%) və poliqonlarda, şlam anbarlarında, zibilxanalarda yığılmış əhəmiyyətli miqdarda tullantılara malikdir. Dünyada 100 milyard tondan çox sənaye tullantıları toplanmışdır ki, bu da çoxlu miqdarda qiymətli elementləri ehtiva edir. Bəzən tullantılarda qiymətli elementlərin miqdarı çıxarılan xammalda onların miqdarını üstələyir. Metallurjiya istehsalında təkrar xammalın istifadəsi və metallurjiya dəyəri filizlərin çıxarılmasına və zənginləşdirilməsinə, çuqunun əridilməsinə gedən məsrəflərin məbləğini on dəfələrlə azaldır. Hazırda mühüm problem ikinci dərəcəli materialların istehsala cəlb edilməsi, onların səmərəli təkrar emalının təmin edilməsidir (33). Bu problemi təkrar emal olunan materialların, xüsusilə köhnəlmiş tullantıların keyfiyyətinin və yığılma səviyyəsinin yüksəldilməsi ilə həll etmək olar. Metallurjiyada ikinci dərəcəli materialların təkrar emalı sxemi aşağıda şəkildə verilmişdir (şəkil 1.2)(28). Təkrar emal proseslərinin uğurla həyata keçirilməsi üçün qanunvericilik səviyyəsində təkrar emal edilə bilən ikinci dərəcəli xammalın keyfiyyətinin qorunmasını təmin etmək üçün tələblərə əməl olunmasını təmin etmək lazımdır. Bu problemin həlli üçün bütün dövlət orqanlarının məqsədyönlü birgə işi lazımdır, çünki bu, insanın və təbiətin qorunmasını təmin edir. Bəşəriyyət üçün dəmir, demək olar ki, “nəcib metaldır”, çünki ondan məhsullar dəfələrlə yenidən əridilə bilər, bu da təkrar emalı demək olar ki, qeyri-



Şək.1.2. Metallurjiya tullantılarının təkrar emalı sxemi

məhdud edir (12). Polad istehsalında xammal kimi çuqun, polad tullantıları və bərk oksidləşdirici maddə kimi dəmir filizi istifadə olunur. Bu materiallara tələb və təklif bir-biri ilə əlaqəlidir və metallurgiya xammalı və hazır məhsul bazarlarında müəyyən konyuktura yaranmışdır. Polad tullantıları polad emalı üçün əsas və ən qənaətcil xammallardan biridir (29). Onun istehlakı polad istehsalının strukturu, əritmə texnologiyalarının inkişaf səviyyəsi, metal xammalının qiymətlərində bazar vəziyyəti və ətraf mühitin qorunması üzrə mövcud qanunvericiliklə müəyyən edilir. Bütün ölkələrdə tullantı ehtiyatları problemi aktualdır. Elektrometallurgiya sənayesinin inkişafının taleyi yığılan tullantıların miqdarından və keyfiyyətindən asılıdır. Bu sahədə çalışan tədqiqatçılar belə bir nəticəyə gəliblər ki, gələcəkdə tullantıların qıtlığı hər il artacaq və bu hadisə, bu bazarın bütün iştirakçıları tərəfindən nəzərə alınmalıdır. Polad məhsulları bazarında yüksək rəqabət istehsalçıları poladın maya dəyərini və keyfiyyətinin davamlı olaraq yaxşılaşdırılması şərti ilə şixtəyə çəkilən xərcin azaldılması yollarını axtarmağa məcbur edir.

Metal tullantılarından istifadə edilməsi ilə poladəritmə istehsalında ən çox tətbiq edilən yarımfabrikatların elektrik qövs sobalarında yüksək intensivliklə əridilməsi və sobadankənar emalı-“dupleks prosesi” texnologiyası müasir metallurgiyada mini zavodlarda həyata keçirilir. Belə bir zavod üçün əsas xammal ikinci dərəcəli metal olan - metal tullantılarıdır (35).

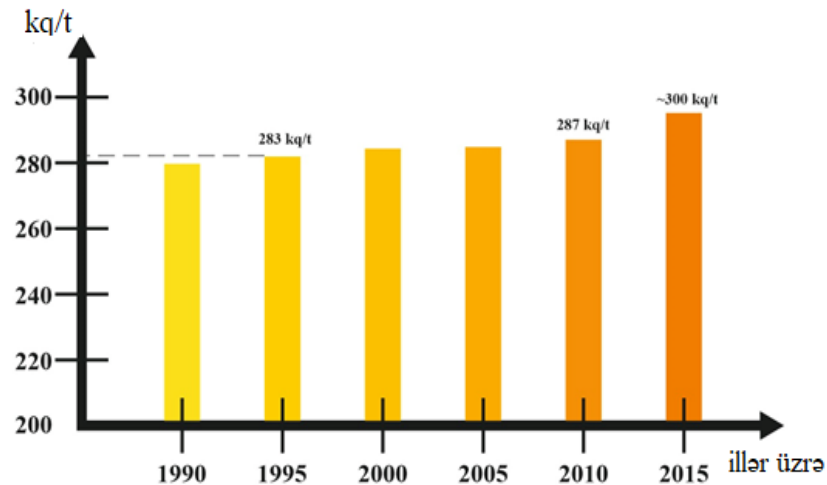
Metal tullantılarının tədarükü və emalı ilə məşğul olan mütəxəssislər ikinci dərəcəli metalların təsnifatı və terminologiyası, onların emalı və əriməyə hazırlanması üsulları, əsas avadanlıq, təhlükəsizlik qaydaları və mövcud normativ-texniki sənədlər haqqında biliklərə ehtiyac duyurlar. Hazırda əsasən dəyişkən kimyəvi və fraksiya tərkibli qarışıq qırıntılar toplanır ki, bu da öz xüsusiyyətləri ilə texnoloqları qane etmir. Bundan əlavə, tullantı istehsalçıları və onun istehlakçıları - metallurqların maraqları ziddiyyət təşkil edir. Metalların istehsalında təbii xammalı əvəz edərkən, faktiki metallurgiya istehsalında təkə ekoloji cəhətdən zərərli emissiyaları deyil, həm də xammalın çıxarılması, emalı, habelə təmizləyici qurğuların yaradılması və istismarı xərcləri, onların metallurgiya üçün hazırlanması prosesləri nəticəsində ətraf mühitə

vurduğu ekoloji ziyanı da yaddan çıxarmamaq lazımdır. Polad istehsalı üçün xammal kimi tullantılardan istifadə edərkən, minimum ekoloji xərclər tələb olunur. Digər mühüm problem, yığılmış tullantıların ətraf mühitə mənfi təsiridir, çünki metallar korroziyaya məruz qalır, yəni metal məmulatlarının səthinin ətraf mühitin kimyəvi (elektrokimyəvi) təsirindən korlanması baş verir. Metal məmulatlarında həm atmosferdə, həm də su mühitində və ya torpaqda da korroziya proseslərinin inkişafı gedə bilər. Bu prosesin intensivliyi xüsusi şərtlərdən asılıdır və ilkin hesablamalara görə bu, metal fondunun həcmində 0,6%-ni təşkil edir (41).

Azkarbonlu və az legirlənmiş kiçik çəkili və təbəqə şəklində olan qırıntı və yonqarlar daha çox korroziyaya uğramağa qadirdirlər. Məsələn, metal ehtiyatlarının ümumi həcmində payının 40%-ə qədər olan nazik təbəqəli yüngül qırıntılar, yonqarlar korroziya nəticəsində məhv olur və 5-7 ildən sonra isə metallurgiya prosesində növbəti istifadə üçün yararsız olur. Ehtiyatları hazırda bir neçə yüz min ton təşkil edən metal yonqarlar oksidləşmə nəticəsində məhv olmağa daha çox meyllidir. Onun məhv olmasının ekoloji nəticələri çox ağır olur, çünki yonqarın səthində olan pas, yağlar və emulsiyalar bilavasitə ətraf mühitə daxil olur. Metal tullantılarının ümumi strukturunu belədir: 78-79% polad parça tullantıları, 7,0-7,5% polad yonqarları, 11,0-11,5% çuqun tullantıları, 1,2-1,4% çuqun yonqarları, 1,0 -1,2% - soba aşqarları. Bu tərkibə nəzər salsaq, korroziyadan olan itkilərin miqdarını təxmini bilmək olar (41).

### **1.3. Poladəridici sexlər üçün tullantı materiallarının mənbələri**

Hal-hazırda polad, çuqun istehsalında metallurgiya xammalı kimi birbaşa reduksiya edilmiş dəmir və polad tullantısından istifadə olunur. Statistikanın göstərdiyi kimi, qlobal dəmir istehsalında, istehsal olunan poladın təxminən 50%-də sabit qalır, polad istehsalı isə əhəmiyyətli dərəcədə artır. Polad istehsalında reduksiya olunmuş dəmirin payı (dəmir, isti briketlənmiş dəmir) poladəridilmənin ümumi həcmində 1%-dən çox deyil. Təhlildən belə nəticəyə gəlmək olar ki, polad istehsalında əsas artım metal şixtəsində tullantının miqdarının artması hesabına baş verir. Bir ton polad istehsalında tullantının payı durmadan artır. 1995-ci ildə tullantının sərfi 283 kq/t, 2010-cu ildə 287 kq/t olmuş və tədricən 300 kq/t-a yaxınlaşır (şəkil 1.3) (29). İstismar olunan dəmir filizi yataqları tükənir. Buna görə nisbətən zəif dəmir filizləri



Şək.1.3. Polad istehsalında illər üzrə tullantıların payı, kq/t

kommersiya istismarına cəlb edilir. Beləliklə, elektriclə poladəridilmə istehsalının xüsusi çəkisi tullantılar hesabına artır. Bu da metallurgiya istehsalında təkrar xammalın payının artmasına səbəb olur. Tullantının emalı və istehlakı polad emalının strukturu, poladın əridilməsi, tökülməsi və prokatı üçün yeni texnologiyaların inkişafı ilə müəyyən edilir. Metal tullantılar elektriclə poladəridilmə prosesinin əsas mənbəyidir. Mənşəyindən asılı olaraq, polad tullantısının aşağıdakı mənbələri var: 1-qara metalların istehsalında yaranan tullantı (dövrədə olan tullantı); 2-emal və prokat nəticəsində yaranan metal tullantıları; 3-amortizasiya tullantıları; 4-şlak tullantılarda olan metal, çöküntü və metallurgiya qurğularının qaztəmizləmə sistemlərində tutulan tozlar.

Texnoloji prosesin mükəmməl olmaması səbəbindən polad əridilməsi zamanı texnoloji tullantılar əmələ gəlir. Onun payı hazırda təqribən 15–20% təşkil edir. Poladın fasiləsiz tökülməsinin geniş tətbiqindən sonra qəliblərə tökmə zamanı onun miqdarı 25–30% azalır. Metal emalı sənayesində emal tullantıları əmələ gəlir. Onlar yenidən əridilmə üçün tullantı şəklində təkrar istifadə üçün qaytarılır. Polad əridildikdə dəmirin bir hissəsi əridilmiş şlak ilə itirilir. Şlakın tərkibində dəmirin payı (məsələn, elektrik poladəridən şlaklarda olduğu kimi) 35% və ya daha çox olur. Dəmirin itkisinin qarşısını almaq üçün onu mövcud şlaklardan çıxarmaq və şlak tullantılarını emal etmək lazımdır. Bununla da ikinci dərəcəli metalların ehtiyatlarını artırmaq və eyni zamanda ekoloji vəziyyəti yaxşılaşdırmaq mümkündür. Metal tullantısının əmələ gəlməsi mənbələri müxtəlifdir. Metal tullantılarının mənbələrindən biri də

amortizasiya tullantısının yığılması və hazırlanmasıdır. Bu tullantılar az miqdarda ölkə daxilində mövcuddur. Ölkədə tullantı ehtiyatları metal fondunun doldurulması və əridilməsi ilə müəyyən edilir. Bu prosesi xüsusi təşkilati-istehsal strukturu tələb edir: satınalma təşkilatları, tullantının emalı və əridilməyə hazırlanması üzrə ixtisaslaşmış müəssisələr olmalıdır. Hazırda qüvvədə olan ikinci dərəcəli metallar üçün normativ və texniki sənədlər hazırlanmış və tətbiq edilmişdir. Qabaqcıl avadanlıq və texnologiyalardan istifadə etməklə həm enerjiyə qənaət edilir, həm də bu iş ekoloji cəhətdən sərfəlidir. Tullantıların təkrar emalı üçün xüsusi avadanlıqların istehsalı üçün müəssisələr də təşkil edilməlidir. Tullantının yığılması, çeşidlənməsi və əritməyə hazırlanması üzrə ixtisaslaşmış müəssisələr sistemi də yaradılmışdır.

1990-cı ildə SSRİ-nin dağılması ilə metal tullantılarının tədarükü sistemi ilə bağlı vəziyyət də tamamilə dəyişdi. Bütün müəssisələr, o cümlədən təkrar metal emalı müəssisələri də özəlləşdirildi və xüsusi mülkiyyətə verildi. Metal qırıntılarının toplanması bir növ azad müəssisə oldu və tullantıların özü bazarda aktiv şəkildə satılan və alınan bir əmtəyə çevrildi. Metal tullantılarının toplanması ilə çoxlu sayda fiziki şəxslər məşğul olur. Uzun illər metal tullantıları sənayesi köhnə avadanlıqlarla işləyirdi, modernləşdirilməmişdi və yalnız son illərdə yeni avadanlıqlarla təchiz edilməyə başlanmışdır. Sənayenin yenidən təşkili prosesi davam edir. Metal qırıntılarının tədarükçüləri və emalçıları əsas fondların keyfiyyətə yenilənməsi, yeni texnologiyaların istifadəsi və satışa çıxarılan qırıntıların keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasında çox maraqlıdırlar (41).

*Qara metalların əridilmə zamanı yaranan tullantılar.* Qara metalların istehsalında metal tullantılarının əmələ gəlməsi texnoloji proseslərlə müəyyən edilir və buna növbəti amillər təsir edir: istifadə olunan metallurgiya texnologiyasının səviyyəsi, proseslərin texnoloji sxemləri və avadanlıqların texniki təkmilləşdirilməsi. Ədəbiyyat məlumatlarına görə (3), qırıntı şəklində metal tullantılarının payı çuqun istehsalında 1%, polad istehsalında 10-12%, tökmədə 25-27% təşkil edir. Qabaqcıl texnologiyaların tətbiqi ilə istehsalda tullantıların payı azalır. Poladın fasiləsiz tökülməsinə, eləcə də tökmə və yayma kombinasiyasına keçid təkrar emal edilmiş tullantının əmələ gəlməsini 250-dən 100 kq/t-a qədər azaldır (23,31). Bu da ilk növbədə

poladın xüsusi sərfiyyatının 1,18-dən 1,05-1,08-ə qədər azalması ilə əlaqələndirilir. Gələcəkdə polad emalı üçün bu növ ikinci dərəcəli metalın miqdarı istehsal olunan poladın ümumi həcmnin təxminən 3,0-4,0%-ni təşkil edəcəkdir. Hər bir müəssisənin daxilində istehsalda olan metal tullantılarının tərkibi məlumdur. O, zavod ərazisindən kənara çıxmır və digər materiallarla (təmiz tullantı) çirklənmir. Hazırda bu tullantılar ayrıca saxlanılır. Digər tullantı növləri ilə qarışdırılmır və ehtiyatla istifadə olunur. Belə tullantının kimyəvi tərkibi dəyişmədiyinə görə onlardan yüksək keyfiyyətli poladın əridilməsi üçün istifadə edilməlidir. Polad istehsalı prosesində əmələ gələn və dövriyyədə olan tullantının kütləsi aşağıdakı formulla müəyyən edilir (5):

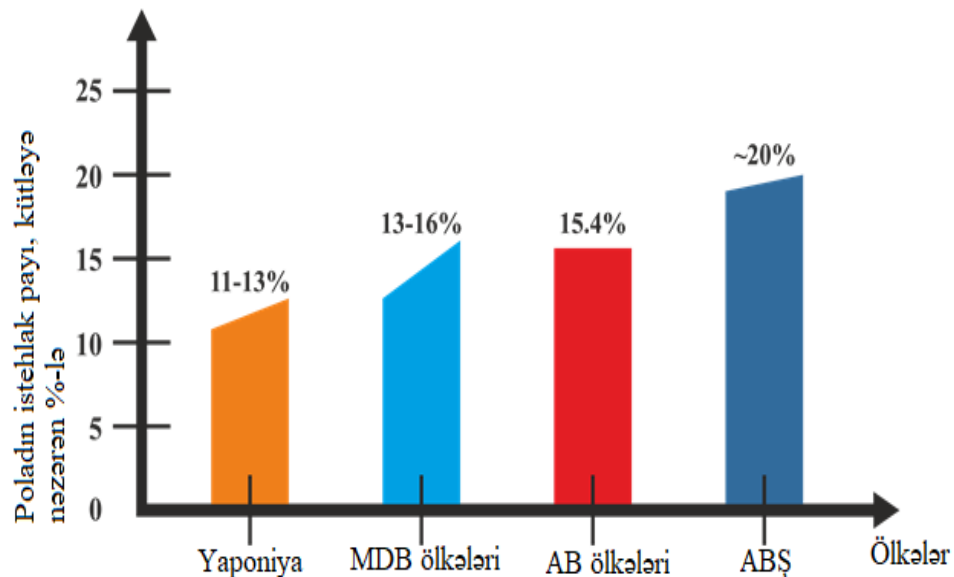
$$B = \frac{0,3 - 0,175 \cdot c}{1 + 0,175 \cdot c}$$

burada, B əridilmiş poladın tərkibində daxili (dövrədə olan) tullantının payıdır, t/t; c – poladəritmə müəssisəsində polad tökmə payı (0-dan 1-ə qədər); c=0 olduqda, bütün əridilmiş poladın qəliblərə töküldüyünü bildirir; B =0,3 olduqda, qəliblərə tökmə zamanı 1 ton əridilmiş poladdan 0,3 ton təkrar emal olunmuş tullantının əmələ gəldiyini bildirir; c =1 olduqda, bütün əridilmiş poladın qəliblərə töküldüyünü və sonra B dəyərinin 0,106 t / t poladın bərabər olacağını bildirir.

Prokat istehsalında da tullantıların miqdarı azalmışdır: armatur istehsalı (bobinlərdə möhkəmləndirmə), polad təbəqə istehsalı, ştamplama, qaynaq və s. ərintilərin istehsalı əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Poladın fasiləsiz tökülməsinin yayma ilə birləşdirilməsi keyfiyyətli poladın dözümlülüyün artıracaqdır. Müəssisə daxilində əmələ gələn və kimyəvi tərkibinə görə nəzarət edilən və tərkibində əlvan metal qarışıqları az olan tullantıları və metal emalı tullantılarını emal etmək daha çox sərfəlidir.

**Metalların emalı tullantıları.** Metal emalı tullantıları əsasən polad məmulatların metallurjiya, maşınqayırma və digər müəssisələrdə emalı zamanı yaranır. Bu tullantılar təbəqə və prokat məmulatların doğranılması, polad və cuğun məmulatların yonulması zamanı əmələ gəlir. Onların miqdarı hazır məhsulun miqdarı ilə bağlıdır. Dünyanın müxtəlif regionlarında polad istehlakından asılı olaraq metal emalı tullantılarının yaranmasının mümkün miqdarı aşağıdakı diaqramda verilmişdir (şəkil 1.4)(56).



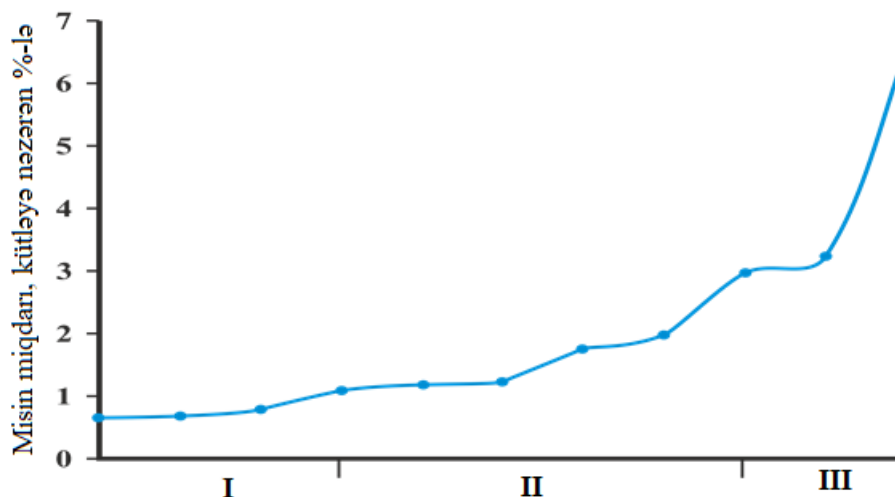


Şək.1.4. Dünya miqyasında polad istehlakında yaranan metal tullantıların miqdarı

#### 1.4. Təkrar polad istehsalında çuqun tullantılardan istifadə

Qövs sobalarında gəmi tullantılarından polad alınarkən şixtə materialları arasında 30-35% çuqunun olması vacibdir. Çuqun tullantılar digər tullantılarla bərabər sobaya yüklənir. Domna sobası yaxınlığında yerləşən bir çox poladəitmə sexlərində maye çuqundandan istifadə edilməsi çox əlverişlidir, çünki isti maye çuqun özü ilə bərabər istilik gətirdiyi üçün elektrik enerjisinə müəyyən miqdarda qənaət edilir. Məsələn, 45% belə maye çuqundan istifadə elektrik enerjisinə 200kvt·saat/t qənaət etmək olur (35). Bundan əlavə əridilmə mühitinə 50m<sup>3</sup> oksigenin üfürülməsi prosesi konvert üsuluna yaxın edir. Maye çuqundan istifadə edən elektrik sobalarının işinin təhlili göstərir ki, onun elektrik sobalarında poladın əridilməsi üçün şixtədə istifadəsi aşağıdakı hallarda perspektivlidir: çuqun ehtiyatlarının artıqlığı olduqda; tullantılarda çıxarıla bilinməyən qarışıqların olması zamanı; elektrik enerjisi resurslarının məhdud olması; metal qırıntıları və kifayət qədər dəmir filizi və kömür ehtiyatları olan rayonlarda mini zavodların təminatı zamanı. Domna fazasına daxil olan dəmir filizi materiallarında misin konsentrasiyası əsasən çuqundakı misin tərkibini müəyyən edir. Çuqunda misin miqdarı 0,3% ilə məhdudlaşır. Hazırda çuqun əsasən misin məhdud olduğu yüksək keyfiyyətli poladların əridilməsi üçün konvertor istehsalına verilir. İntegrasiya edilmiş zavodlarda (tam dövriyyə ilə işləyən) elektrik qövs sobası sexləri varsa, çuqun qövs sobasının şixtəsinin bir hissəsi kimi maye vəziyyətdə istifadə edilə bilər. Domna

mərhələsindən gələn çuqunun kimyəvi tərkibi müvafiq sertifikatla müşayiət olunur ki, bu da texnoloqlara misin tərkibini qiymətləndirməyə və poladın keyfiyyətini proqnozlaşdırmağa imkan verir və zəruri hallarda təmiz şixtə materiallarının əlavə edilməsini təmin edir. Müxtəlif marka çuqunlarında cari normativ və texniki sənədləri araşdırmaqla çuqunun tərkibində misin maksimum buraxıla bilən miqdarını ifadə edən asılılıq qrafikini qura bilərik (şəkil 1.5) (6).



Şək.1.5. Müxtəlif marka çuqunlarda misin miqdarı: I, II, III-misin miqdarına görə çuqun markaları

Aşağıdakı cədvəldə (cədvəl 1.2) mis miqdarına görə fərqlənən çu qun tullantıları qruplarının dekodlaşdırılmasını göstərilmişdir. Qırıntıların qəbulu və çeşidlənməsi zamanı yüksək mis tərkibli çuqundan hazırlanmış bu məmulatlara diqqət yetirmək və mümkün olduqda, mis ilə ərintisiz poladın əridilməsi zamanı onların qövs sobalarının şixtəsinə daxil olmasının qarşısını almaq lazımdır. Yuxarıda sadalanan çuqun məmulatlarının tərkibinin aydınlaşdırılması onların tərkibindəki misin daha dəqiq

Cədvəl 1.2.

Tərkibindəki misin miqdarına görə çuqun qırıntılarının qrupları [78]

Qrup	Tökmə üçün çuqun növləri (mislə legirlənmiş).
I	AЧС-2, АЧС-3; АЧВ-1; ЧХНТ; ЧНХМД; ЧНХМДШ; L-NiMn 13 7; ВЧ60; ВЧ70; ВЧ80; ВЧ100; ИЧХЗТД; ИЧХ4Г7Д; L-NiCuCr 15 6 2 istisna olmaqla, təbəqəli və kürəvari qrafitli bütün yüksək nikelli çuqunlar; L-NiCuCr 15 6 3
II	ASЧС-1; АЧК-1; ЧХ16М2; ЧГ28Д2; ЧГ8Д3; ЧН20Д2Ш. Ч28НД3Ю4; ЖЧЮ2ХШ; ЖЧЮ22
III	ЧН15Д7; ЧН15Д3Ш; L-NiCuCr 15 6 2; L-NiCuCr 15 6 3

qiymətləndirilməsinə və qırıntıların qəbulu zamanı məhsulların çeşidlənməsinə kömək edəcəkdir. Cədvəldən görüldüyü kimi polad əridilərkən, çuqun qırıntılarından istifadə edildikdə, yarımfabrikatın mis ilə çirklənməsi çox ehtimal olunur. Tullantı emalı sənayesinin hazırkı vəziyyətini nəzərə alaraq, həm tullantıların toplanması, həm də metallurgiya müəssisələrində, yəni qırıntıların birbaşa nəqliyyat vasitələrindən qövs poladəritmə sobalarına (QPS) tədarükü zamanı daşınan kimyəvi tərkibə nəzarət cihazlarından istifadə edərək ehtiyatlı çeşidlənməsi əməliyyatları aparılmır. Vizual qiymətləndirmə nəticəsində mis ərintiləri olan çuqun tullantıların əridilmə şixtəsinin tərkibinə daxil olmaq potensialı qalır ki, bu da əsaslı narahatlıq yaradır. Beləki, 17A/B; 18A; 19A; 23A/B; 24A/B qrupuna aid olan çuqun ərintiləri pota şəklində poladəridilmədə istifadə edilə bilməz. Yaddan çıxarmamaq lazımdır ki, ikinci dərəcəli qırıntılar üçün müasir DÜİST, doğranılmış çuqunun karbona və kimyəvi tərkibinə görə ərintiləri müəyyənləşdirir, lakin ayrı-ayrı elementlərin, o cümlədən əlvan metal qarışıqlarının miqdarını məhdudlaşdırmır.

Optimal nəticələr verən xammalın və karbonun daxil edilməsinin daha qənaətcil üsulunun seçilməsi ilə müxtəlif əridilmə variantları mümkündür. Tərkibində yüksək miqdarda mis olan çuqun məmulatları metal qırıntılarını çeşidləyənlərin diqqətini çəkməli və mümkün olduqda, mis ilə ərintisiz poladın əridilməsi zamanı belə materialın metal şixtəsinə daxil olmasının qarşısını almalıdır. Maye və ya pota çuqun polad sexinə domna soba sexindən daxil olduqda, bütün əlvan metal qarışıqlarının, o cümlədən misin tərkibinə dəqiq zəmanət verən keyfiyyət sertifikatı ilə müşayiət olunur. Bu seçimdə poladəritmə texnoloqları hazır poladdakı misin miqdarından qorxmadan şixtə üçün müxtəlif növ metal qırıntılarından istifadə edə bilərlər. Təcrübədə çuqun tullantısını vizual olaraq çeşidləmək çətindir və bu səbəbdən də onun müəyyən bir hissəsi ızgara, kiçik çuqun məmulatları, çuqun qırıntısı və s. şəklində QPS-nin şixtəsinə daxil olur. Çuqunların çeşidlənməsinin səmərəliliyi müasir metroloji nəzarət vasitələrindən, məsələn, portativ ekspress analizatorlardan istifadə etməklə təmin edilə bilər.

Polad istehsalı üçün tökmə çuqunlardan istifadə edilməməlidir. QPS-nin şixtəsinin bir hissəsi olaraq, mis və digər əlvan metal qarışıqlarının tərkibinə görə

yarımfabrikatları təmizləmək üçün “təzə” şixtə kimi tökmə çuqun istifadə edilməlidir. Eyni zamanda, yadda saxlamaq lazımdır ki, hətta tökmə çuqunda uyğun olaraq, mis tərkibi 0,3%-ə çata bilər (mis tərkibli dəmir filizlərindən çuqun istehsalında olur). Tökmə çuqundakı əlvan metal qarışıqlarının tərkibi cədvəldə verilmişdir (cədvəl 1.3) (22). Çuqundan “təzə” yük kimi istifadə edilməsi məsələsi həll edildikdə, tam kimyəvi analiz apararaq, müəyyən bir çuqunda əlvan metal qarışıqlarının mövcudluğunu nəzərdə saxlamaq lazımdır. Maye çuqundan istifadə etmək daha məqsədəuyğundur, çünki bu variantda ərimə prosesinə əlavə fiziki istilik daxil olur ki, bu da polad istehsalı zamanı elektrik istehlakının azalmasına müsbət təsir göstərir.

Cədvəl 1.3

#### Tökmə çuqunda əlvan metal qarışıqlarının tipik tərkibi

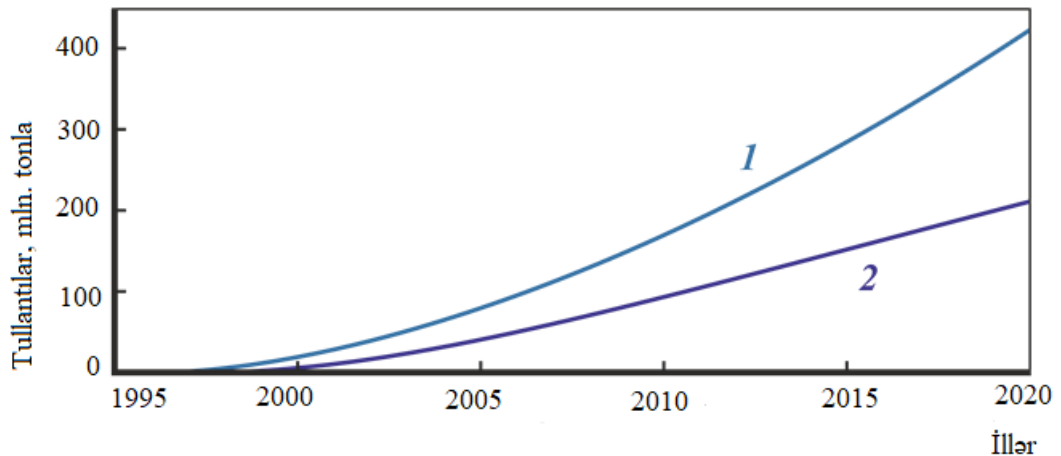
Miqdarı	Komponentin miqdarı, kütləyə nəzərən %-lə						
	Cr	Ni	Cu	Sn	Pb	Zn	As
Minimum	0.008	0.010	0.009	0.0008	0.0002	0.0005	0,0014
Maksimum	0,021	0,017	0,015	0.0010	0,0004	0.0033	0,0027
Orta	0,014	0.012	0.011	0,0009	0,0003	0,0012	0,0021

Sobaya daxil olan çuqun miqdarı qurğunun məhsuldarlığına əhəmiyyətli təsir göstərir, lakin çuqun qarışıqlarının (silisium, manqan və s.) əlavə oksidləşməsi səbəbindən soba şlaklarının miqdarı artır, keyfiyyəti pisləşir və sobanın astarının davamlılığı, xüsusən də dibliyin maili hissələrində azalır. Bundan əlavə, metal şixtədə çuqundan istifadə şlak ilə dəmirin əlavə itkisi səbəbindən yaxşı metalın məhsuldarlığını azalda bilər. Odur ki, metal şixtədə 30%-dən çox olmayan çuqundan istifadə etmək məqsədəuyğundur.

#### 1.5. Əlvan metal qarışıqları olan tullantıların poladın keyfiyyətinə təsiri

Tullantıların keyfiyyətini müəyyən edən amillərdən biri onun tərkibindəki çirkləndiricilərin, o cümlədən əlvan metalların qarışıqlarının olmasıdır. Polad istehsalının ümumi həcmində elektrik sobalarında poladın alınmasının payının artması ilə elektrometallurgiya zavodlarında, xüsusilə də prokat məhsullar istehsalında qarışıqlara qarşı artan tələbləri genişlənir. Əvvəllər poladların bu çeşidi tam metallurgiya tsikli olan zavodlarda əridilirdi. Tələblərə cavab vermək üçün istehsalın

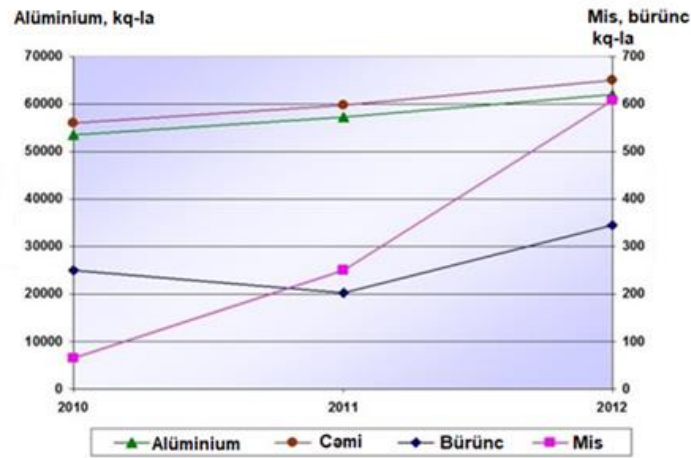
texniki səviyyəsini daha da yaxşılaşdırmaq və təmiz tullantıların seçilməsini təşkil etmək zərurəti yarandı. Eyni zamanda sənayeləşmiş ölkələrdə yaranan tullantıların əsas hissəsini amortizasiya tullantıları təşkil edir ki, bu da ondan yüksək keyfiyyətli polad əridilməsi üçün istifadə edildikdə ciddi problemlər yaradır. Amortizasiya tullantılarının keyfiyyətinin aşağı düşməsi iki səbəblə bağlıdır: təkrar emal və ərintilərin tərkibindən əlvan metal qarışıqlarının yığılması və qarışıqların miqdarının artması. Qeyd etməliyik ki, tullantıların çirklənməsi onun yığılması və əridilməyə hazırlanması texnologiyasından asılıdır. Amortizasiya tullantılarının dövriyyəsinin artması ilə hazır poladda və müvafiq olaraq ondan əmələ gələn amortizasiyada və metal emalı tullantılarında çirkləndiricilərin tərkibi artır. Sonra bu tullantıları klassik üsullarla polad əritmədə istifadə etmək mümkün olmur. Aşağıdakı şəkildə son illərdə istifadəyə yararsız tullantıların toplanması haqqında hesablanmış məlumatlar verilmişdir (şəkil 1.6)(18).



Şək.1.6. İstifadəyə yararsız metal tullantıların illərə görə miqdarı: 1-tərkibindəki çirklənmələri 1,5 dəfədən çox olması şərti ilə ; 2-tullantıların keyfiyyətinin dəyişməməsi şərti ilə

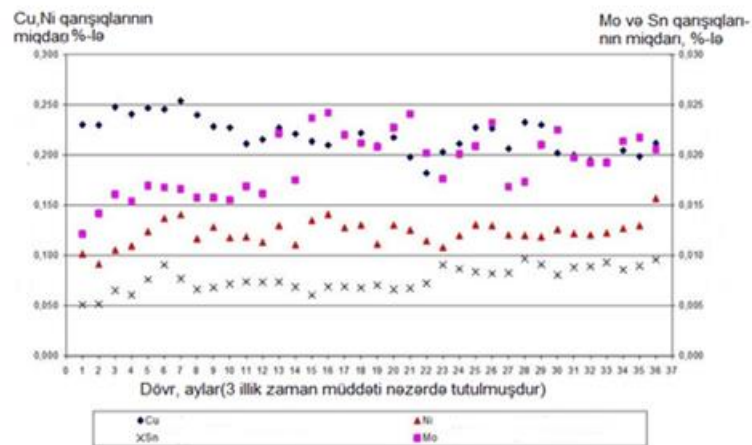
Gəmilərin metal tullantılarında əlvan metalların, xüsusən mis və qalay ərintilərinin qarışıqlarının olması ciddi problemdir. Gəmi tullantıları emal edən metallurgiya müəssisələrində üç il ərzində (2010-cu ildən 2012-ci ilə qədər) alınmış tullantılarda vizual olaraq mis, alüminium və bürünc tərkibli tullantıların çeşidlənməsi zamanı yaranan dəyişikliyin təhlilinin nəticələri şəkildə verilmişdir (şəkil 1.7) (18). Qrafikdə yığılmış qırıntılarda əlvan metal qarışıqlarının miqdarının artması tendensiyası göstərilir. Burada poladın əridilməsində şixtədə 30%-ə qədər maye

çuqundan istifadə edilmişdir. Üç illik istismar müddətində aralıq məhsulda əlvan metal qarışıqlarının tərkibi növbəti şəkildə göstərilmişdir (şəkil 1.7).



Şək.1.7. Toplanmış metal tullantıların əlvan metal qarışıqları ilə çirklənməsi

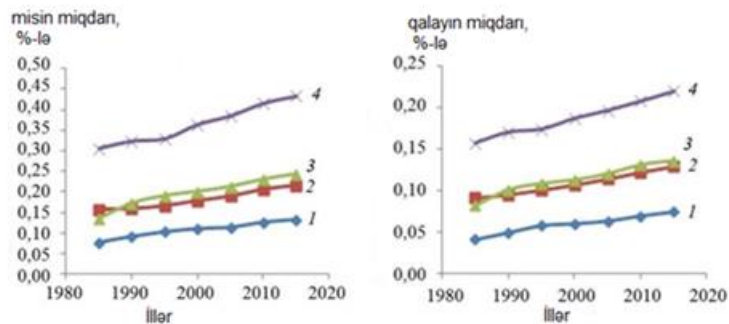
Alınmış polad ərintisində mis ilə birlikdə qalayın da olması əlavə bir problem yaradır. Qövs sobalarına yüklənən şixtənin tərkibində olan əlvan metal qarışıqları şəkildə göstərilmişdir (şəkil 1.8).



Şək. 1.8. Üç illik istismar müddətində aralıq məhsulda əlvan metal qarışıqlarının tərkibi

Tullantıların təkrar istifadəsi (təkrar emalı) iqtisadi cəhətdən məqsədəuyğundur və ekoloji cəhətdə zəruridir. Amortizasiya tullantısının metallurgiya dəyəri, əridilmiş poladın keyfiyyətini və dəyərini əhəmiyyətli dərəcədə azaldan ərinti elementlərinin- kükürdün, fosforun və əlvan metal qarışıqlarının tərkibi ilə müəyyən edilir. Bəzi hallarda bu, metallurgiya şixtəsi tullantı keyfiyyətinin qiymətləndirilməsində əsas meyardır. Şixtənin tərkibini seçmək üçün optimal həllər axtararkən yuxarıda göstərilən bütün amilləri nəzərə almaq lazımdır. Elektrik

sobalarında poladın tullantılardan əridilməsi zamanı qarışıqların da polada keçməsi elementlərin oksigenə hərisliyindən, elementin buxar təzyiqindən və dəmir-karbon ərintisində həll olunma qabiliyyətindən asılı olaraq qiymətləndirilir. Molibden, nikel, kobalt, mis, volfram, qalay, sürmə, vismut və arsen kimi elementlər demək olar ki, tamamilə aralıq məhsula keçir. Oksigenə az həris və yüksək buxar təzyiqi olan elementlər- sink, qurğuşun tamamilə qaz fazasına keçir. Bu zaman bu metalların ara məhsula qismən keçidi müşahidə olunur. Xüsusilə arzuolunmaz hal mis ilə birlikdə poladda qalayın olmasıdır, çünki bu, misin zərrəciklərin sərhədlərinə yerdəyişməsinə kömək edir və çatlaların əmələ gəlməsinə səbəb olur (2). Bu halda mislə müqayisədə qalay çatlara əmələ gəlməsi prosesinə səkkiz dəfə güclü təsir göstərir. Gəmi tullantılarının emala hazırlanması üçün müasir proseslərin, xüsusilə də, aşağı temperaturda xırdalanma və əzilmə üsullarının tətbiqi də nəzərə alınmalıdır. Poladın əridilməsi zamanı misin daxil olması mənbəyi tərkibində 3%-ə qədər mislə legirlənmiş poladdan olan hər hansı məmulat və ya detal hissələrinin misdən olması səbəbindən baş verə bilər (şəkil 1.9) (24).



Şək. 1.9.İllərə görə əridilən poladlarda mis və qalayın miqdarının dəyişməsi: 1-minimal; 2-sortlu prokatda; 3-laylı prokatda; 4-ərintidə tullantı şəklində dəyişməyən

Bu vəziyyətdən ən asan çıxış yolu çirklənmiş tullantıları əridərkən zərərli qarışıqları olmayan təbii materiallardan hazırlanmış əvəzedicilərdən-çuqun və ya isti briketlənmiş dəmir və metallaşdırılmış qranullardan istifadə etməkdir.

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**

*Əlyazması hüququnda*

Hüseynov Vüsal Mizəfər oğlu

**GƏMİLƏRİN TULLANTILARA KƏSİLMƏ ÜSULLARI**  
**VƏ DOĞRANILMANIN TEXNOLOJİ PROSESİ**

**mövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI**

**İxtisas: 060646** “Təkrar emal və bərpa texnologiyaları mühəndisliyi”

**İxtisaslaşma:** “Metallurji tullantılarının təkrar emal texnologiyaları”

**Elmi rəhbər: k.e.n., dosent :** Şirinova Nəcibə Əhməd qızı

**BAKI – 2023**

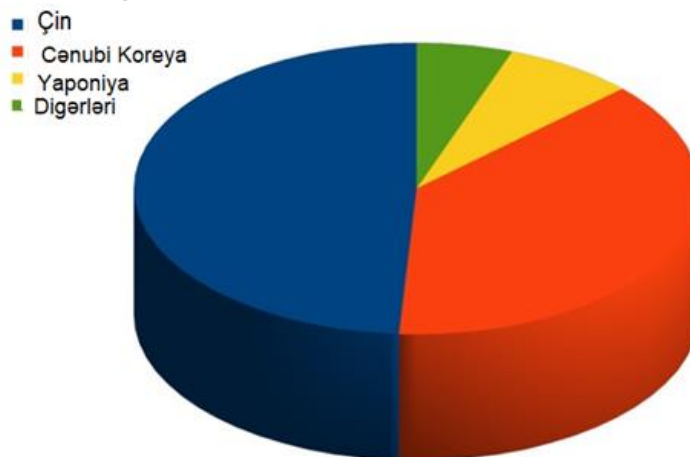


## II FƏSİL. GƏMİLƏRİN TULLANTILARA KƏSİLMƏ ÜSULLARI VƏ DOĞRANILMANIN TEXNOLOJİ PROSESİ

### 2.1. Gəmilərin utilizasiyasının müasir vəziyyəti və təkrar emalının təşkilati-texnoloji sxemi

Təmir nəticəsində istismar müddəti bitmiş gəminin texniki xüsusiyyətləri təxminən ilk tikinti qiymətlərinə qaytarılır. Eyni zamanda, hər bir sonrakı təmir gətdikcə daha çox baha başa gəlir və sonda təmirə çəkilən sərmayə gəminin dəyərinin sonrakı dövrdə istismarından qazancını ödəməyəcəyi bir məqam gəlir. Belə gəmilər utilizasiya olunmalıdır. Dizayn səhvləri və ya bazar şəraitindəki dəyişikliklər nəticəsində kifayət qədər yaxşı gəmilərin istismarının faydasız olduğu hallar da baş verir. Təbii ki, bu cür gəmilərin də sonrakı istismarı qeyri-mümkündür. Son statistik məlumatlara baxsaq görürük ki, gəmiçiliklə məşğul olan ölkələrdə də son illər yeni gəmilərin tikintisi sifarişləri azalmışdır (şəkil 2.1 və cədvəl 2.1) (55). Mənəvi cəhətdən köhnəlmiş gəmilər ən çox məqsədyönlü dəyişikliyi ilə və çox vaxt gəminin ölçülərinin dəyişdirilməsi, əsas elektrik stansiyasının dəyişdirilməsi və s. ilə təmir olunur. Fiziki cəhətdən köhnəlmiş gəmilər utilizasiya edilir və onların gövdələri doğranılaraq tullantı kimi istifadə olunur. Bu fəsildə istismardan çıxarılan gəmilərin utilizasiyası məsələləri, gəmilərin tullantı kimi kəsilməsi üçün texnoloji proseslərin mümkün variantları, bu halda yaranan ekoloji problemlər və onların həlli yolları müzakirə olunacaqdır.

Gəmilərin sökülməsi dünya miqyasında olan aktual bir problemdir. Dünya donanmasının gəmilərinin istehsalı ötən əsrin 70-ci illərində maksimum həddə çatdı,



Şək.2.1. Gəmi istehsal edən ölkələrdə son illərdə sifarişin dinamikası

Cədvəl 2.1.

## Gəmi istehsalı ilə məşğul olan ölkələrə son illər sifarişin dinamikası

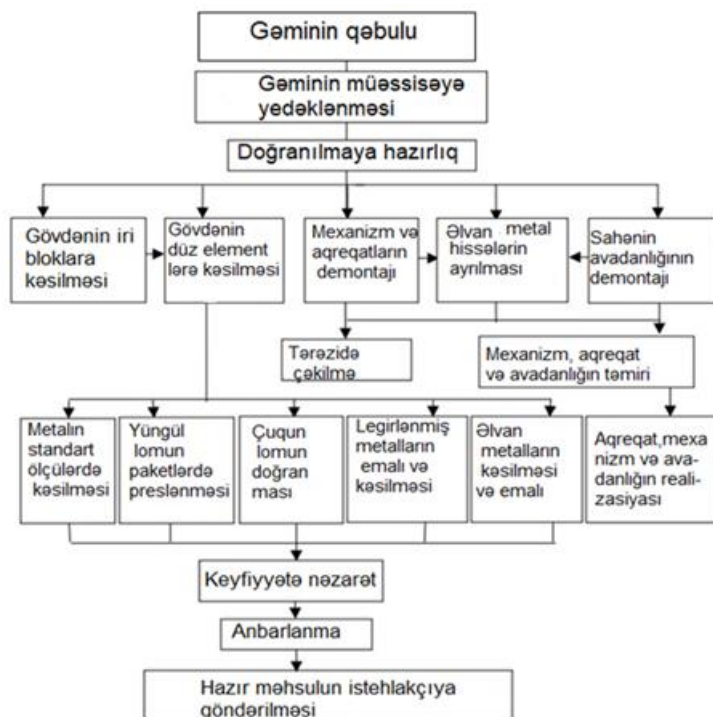
Ölkələr / illər	2022	2023	Dinamika
Çin	43,3%	49%	+5,7%
Cənubi Koreya	32,1%	38%	+5,9%
Yaponiya	11,8%	7,5%	-4,9%
Digərləri	12,8%	5,5%	-7,3%

xüsusən 1977-ci ildə ümumi tonajın artımı 394 milyon ton təşkil edirdi. Hazırda bu gəmilərin yaşı 30 yaş həddinə yaxınlaşır, onların bir çoxu artıq istismar müddətini bitirmiş və utilizasiya edilmişdir. Beləki, 1985-ci ildə təkrar emal edilmiş gəmi qırıntılarının kütləsi 45 milyon ton, 90-cı illərin birinci yarısında təxminən bir ildə 50-60 mln.ton olmuşdur. XXI əsrdə artıq bu rəqəmlər il ərzində 60-100mln. tonu göstərir (52). Gəmi tullantılarının emalı dünyanın bəzi regionlarında həyata keçirilir.

Gəmilərin tullantı kimi kəsilməsi üçün bir neçə təşkilati və texnoloji sxemlər mövcuddur. Cənub-Şərqi Asiya, Uzaq Şərq və Afrika ölkələrində aşağıdakılardan istifadə olunur: yüksək qabarma zamanı gəmi tam sürətlə yumşaq maili sahilə atılır, sonra çoxlu sayda işçi onu sökərək metal qırıntılarına çevirir. Kəsmə kompakt avadanlıqdan istifadə etməklə həyata keçirilir (əllə qaz kəsimi). Sökülmə zamanı kranlar və bucurqadlardan istifadə olunur. Bir kiçik gəminin sökülməsini orta hesabla 4 aya, böyük tonajlı gəmiləri isə 1 ilə həyata keçirirlər. Qırıntıların sonrakı emalı zavodda həyata keçirilir. Uzaq Şərqin inkişaf etmiş ölkələrində (Tayvan, Cənubi Koreya), Avropa və Amerika Birləşmiş Ştatlarında gəminin sökülməsi və su xəttinin üstündəki gövdənin kəsilməsi stasionar yanalma divarının yaxınlığında suda aparılır. Gövdə böyük hissələrə kəsilir, daha sonra satıla bilən qırıntılara çevrilmək üçün kranla sahilə köçürülür. Gəminin qalan hissəsi sürüşmə yolu ilə sahilə çıxarılır, burada da qaz kəsiciləri ilə kəsilir. Böyük hissələrin bazara çıxarılan qırıntılara emalı mexaniki kəsmə üsulu ilə həyata keçirilir. Bu sxem sayəsində Tayvanda böyük tonajlı bir gəminin utilizasiyası 1,5-2 ay ərzində həyata keçirilir (48).

Ukraynada yeganə ixtisaslaşmış gəmiqayırma bazası ikinci sxemdən istifadə edir. Bununla belə, onun üzərində mexaniki kəsmə faizi daha azdır və kran avadanlığının gücü daha azdır, qazın kəsilməsi üçün istifadə olunan avadanlıq

həcmli, bu da köməkçi əməliyyatlar üçün vaxt itkisini artırır. Əsas istehsal üçün xammalın olmaması səbəbindən gəmi təmiri və yenilərinin tikintisi müəssisələri son vaxtlar gəmilərin utilizasiyası ilə məşğul olmağa başladılar, bu da gəmilərin təkrar emalı üçün müxtəlif təşkilati və texnoloji sxemlərə kömək etdi. Beləliklə, məsələn, gəminin əsas hissəsi iki 900 tonluq portal kranın köməyi ilə sahilə qaldırılır; gəminin qalan hissəsini maili sürüşmə yoluna çəkmək variantı ilə dartılır. Dartma qüvvəsi bucurqadlar və ya portal kranlardan istifadə etməklə yaradılır. Çayların, dənizlərin sahillərindəki körfəzlərdə yarıtılmış vəziyyətdə olan gəmiləri ənənəvi üsullarla kəsmək mümkün deyil. Bu səbəbdən onların utilizasiyası üçün kəsilməni yeni təşkilati və texnoloji sxemləri yaradılmışdır (şəkil 2.2) (49). Bunun üçün lazımı avadanlıqla, müvafiq kran və gəmi sındırma bazası ilə təchiz edilmiş üzən mobil dəstələri olan gəmilər yaradılmışdır .



Şəkil 2.2. Gəmilərin utilizasiyasının təşkilati-texnoloji sxemi

Bu halda gəmilərin emalı partlayışın enerjisindən istifadə etməklə , xüsusən də batmış gəmilərin böyük hissələrə kəsilməsi, bölmələrin daha sonra barjalara və ya başqa üzən gəmilərə yüklənməsi və daha sonra stasionar gəmidoğrama bazasına daşınması ilə həll oluna bilər. Şəkildən görüldüyü kimi, gəminin gövdəsinin kəsilməsi prosesi üç əsas mərhələdən ibarətdir: 1 - böyük tutumlu gəmilərin iri bloklara və

hissələrə kəsilməsi; 2-alınan blokların və hissələrin düz hissələrə və tavanlara kəsilməsi (kiçik və orta ölçülü gəmilər eyni vaxtda bloklara və böyük hissələrə əvvəlcədən kəsilmədən düz hissələrə kəsilə bilər); 3-satıla bilən metal qırıntıları üçün düz kəsiklərin kəsilməsi (26).

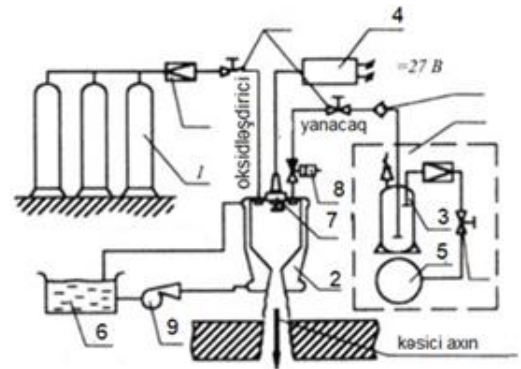
## 2.2. Gəmi gövdələrinin kəsilməsi üsulları

Prinsipcə, metal tullantıları kəsmək üçün termiki, mexaniki və impuls kəsmə üsullarından istifadə edilə bilər. Yuxarıda göstərilən mərhələlərin hər birinin özünəməxsus tələbləri var və bu tələblərdən asılı olaraq bu və ya digər üsula və kəsmə növünə üstünlük verilir. Bütün mərhələlər üçün əsas və ümumi tələbələr: kəsilmənin ucuz başa gəlməsi, kəsmənin ilk texnoloji mərhələsində əsas tələb avadanlığın sadəliyi, etibarlılığı və yığcamlığıdır, çünki burada məhsuldarlıq kəsmə sürətinə görə o qədər də müəyyən edilmir. Burada məhsuldarlıq metal səthinin kəsilməyə imkan verən minimum hazırlığı, köməkçi əməliyyatların sayı və avadanlıqların etibarlılığına görə qiymətləndirilir.

### 2.2.1. Termiki kəsmə üsulu.

Hal-hazırda, gəmi gövdəsinin kəsilməsinin ilk texnoloji mərhələsində əl kəsicisi ilə ən çox termiki avtogen (qaz-oksigen) kəsilməsi (TAK) istifadə olunur (şəkil 2.3)(46).

Şək.2.3. Termiki-qaz üsulu ilə kəsmə aparatının prinsipial sxemi: 1-oksidləşdirici həcm; 2-axın generatoru; 3-yanacaq həcmi; 4-yanacaq sistemi; 5-sıxılmış neytral qaz həcmi; 6-soyuducu maye həcmi; 7-yandırıcı şam; 8-yanacaq ötürücü klapən; 9-soyuducu mayeni ötürən nasos



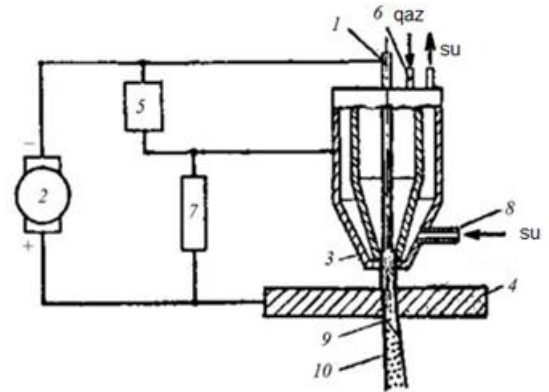
Kəsilmənin ucuz başa gəlməsi üçün TAK-də asetileni propan-butan və ya kerosin (kerosin kəsiciləri) ilə əvəz etmək olar. Partlayış təhlükəsi artdığından benzin kəsicilərindən imtina edilmişdir (6).

### 2.2.2 . Plazma ilə kəsmə üsulu

Plazma ilə kəsmə (PK) ilk baxışdan adi və bir çox üstünlüklərinə-daha yüksək kəsmə sürəti və kəsmə vahidi uzunluğuna və daha az enerji sərfi olmasına baxmayaraq, gəmi gövdələrinin kəsilməsində geniş tətbiq tapmamışdır (şəkil 2.4). Bunun əsas

səbəbləri aşağıdakılardır: plazmatrondan kəsilmiş səthə qədər olan məsafəni ciddi şəkildə saxlamaq üçün kəsilmiş səthin diqqətlə hazırlanması, kəsilən materialın qalınlığından asılı olaraq avadanlığın yenidən tənzimlənməsi ehtiyacı və qaz-oksigenlə kəsmə ilə müqayisədə daha böyük həcmli avadanlığa malik olması.

Şək.2.4. Legirlənmiş polad tullantıların plazmalı kəsilməsinin sxemi: 1-elektrod; 2-sabit cərəyan mənbəyi; 3-müşdük; 4-tullantı; 5-yüksək keyfiyyətli generator; 6-qazın verilməsi ştutseri; 7-elektrik müqaviməti; 8-soyudulma üçün verilən su ştutseri; 9-plazma axını; 10-ərinmiş metal damcıkları ilə qaz axını



Nəticədə, plazma kəsmənin (PK) ümumi məhsuldarlığı qazla kəsmə ilə müqayisədə bir neçə dəfə aşağıdır. Plazma kəsmənin (PK) ciddi çatışmazlıqlarına yüksək səs-küy səviyyəsi, zərərli ultrabənövşəyi radiasiyanın olması və digər termik kəsmə növləri ilə müqayisədə atmosfərə daha çox zərərli qazların və hissəciklərin buraxılması da daxildir. PK üsulu əsasən korroziyaya davamlı poladdan və əlvan metallardan hazırlanmış məmulatların, məsələn, lövbər vintlərinin kəsilməsi üçün tətbiq olunur (50).

### 2.2.3. Ekzotermik kəsmə üsulu

Çubuq elektrodlarla egzotermik kəsmə (EK) (21) də oksigen sərfinin artması və elektrodların tez-tez dəyişdirilməsi zərurətindən yaranan aşağı məhsuldarlıq səbəbindən geniş tətbiq tapmamışdır. Bununla belə, EK üsulu avadanlıqların yüksək etibarlılığı, sadəliyi və ucuz olması, bundan əlavə korroziyaya davamlı poladları, əlvan metalları və ərintiləri kəsərkən plazma kəsmə (PK) ilə ciddi rəqabət aparmağa imkan verə bilər. Ovuntulu məftillər ilə qövsə kəsmədən istifadə etmək üçün məlum cəhdlər var, lakin bu üsul eksperimental iş mərhələsindən çıxmayıb və istehsalat praktikasında tətbiq edilməmişdir. Lazer kəsmə ilə gəmilərin kəsilməsi də avadanlıqların mürəkkəbliyi və həcmliyi, həmçinin yüksək qiyməti səbəbindən mümkün deyil. Belə ki, hazırda gəmi qırıntılarının 70%-ə qədər qaz kəsmə üsulu ilə emal olunursa, birinci və ikinci mərhələdə kəsmə 100%-i qaz kəsiciləri və əl ilə aparılır. Gəmiqayırma və gəmi təmiri müəssisələrində isə yalnız qaz kəsiciləri (QK) ilə

kəsmə aparılır. Qazla kəsilmənin (QK) əl ilə aparılması çətin şəraitdə, çox vaxt qapalı yerlərdə həyata keçirilir, səmərəsizdir (təcrübəli kəsicilərin məhsuldarlığı 2 t / saatdan çox olmur) və ətraf mühitə son dərəcə zərərli. Bu proses zamanı asetilenin (propan-butan, kerosin) yanmasından atmosfərə karbon-monoksid ilə yanaşı, mazut, dizel yanacağı, akkumulyator turşusunun qalıqları ilə birlikdə kükürd dioksidi SO<sub>2</sub> də atılır. Utilizasiya olunan köhnə gəmilər bir neçə qat qurğuşun və mis birləşməsi əsasında hazırlanmış boya ilə örtülmüşdür. Belə örtüklər kəsici məşəlin alovunda yandırıldıqda atmosfərə çoxlu miqdarda tüstü və zəhərli qazlar buraxılır. Yüksək temperaturun təsiri altında qurğuşun və mis havaya daxil olan yüksək zəhərli aerozolların əmələ gəlməsinə səbəb olur ki, bunlar da iş sahəsinə və orada işləyən insanların bədənində sublimasiya olunur. Müasir boyalarda qurğuşun yoxdur, lakin onlar da az zəhərli deyillər, çünki yandırıldıqda bəzi digər zərərli maddələr əmələ gəlir. Qaz kəsimini (QK) həyata keçirən insan iş vaxtının 20-30% -ə qədərini birbaşa qapalı yerdə, yəni qazların ən yüksək konsentrasiyası şəraitində keçirir. Bundan əlavə kəsmə vaxtının təxminən yarısını narahat bir vəziyyətdə (əyilmiş, oturmuş və ya diz çökmüş vəziyyətdə) keçirdiyi üçün kəsicinin zəhərli məşəllə maksimum təmasına səbəb olur. İş sahəsinin havasında zərərli maddələrin qatılığı İVQ səviyyəsini 20-30 dəfə üstələyir. Tətbiq olunan fərdi tənəffüs qoruyucu vasitələri və binaların havalandırılması intoksikasiya riskini azalda bilər, lakin tam olaraq aradan qaldırmır. İş sahəsinin havasından zəhərli maddələr ətrafdakı atmosfərə də daxil olur və onu çirkləndirir. Beləliklə, çəkisi 10000 ton olan gəmi kəsilərkən atmosfərə 5,5 km radiusda 350 milyard m<sup>3</sup> havanı İVQ səviyyəsinə qədər çirkləndirə bilən zəhərli məhsullar buraxılır (46).

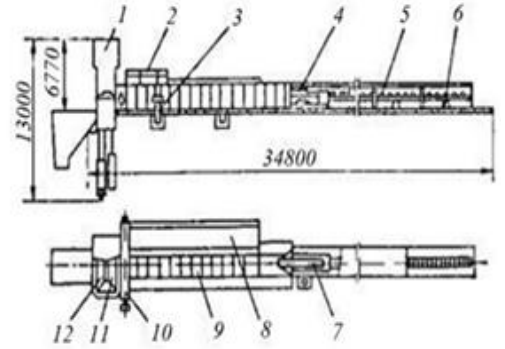
#### **2.2.4. Mexaniki kəsmə üsulu**

Ən məhsuldar və ekoloji cəhətdən təmiz mexaniki kəsilmə (MK) üsuludur. Gəminin gövdəsinin kəsilməsinin üçüncü texnoloji mərhələsində - düz hissələrin satıla bilən qırıntılara qədər kəsilməsi - ən uyğun olanı böyük bıçaq qaldırıcısı olan hidravlik və mexaniki qayçıların istifadəsidir. Çox vaxt qayçılardan kombinasiya olunmuş formada istifadə olunur: əsas (uzununa) hazırlanmış hissəni 2000-4000 mm uzunluğunda və 400-800 mm enində zolaqlara kəsir və eninə olanları qayçılar

müəyyən bir ölçüdə, adətən 400-800 mm olan kiçik qırıntılara kəsir .

Eni 4000 mm və uzunluğu 15000 mm-ə qədər olan kəsiklər Lindenmann hidravlik uzununa kəsmə modeli Ludor NA 90 ilə, adətən 400 mm enində zolaqlara qədər kəsilə bilər (şəkil 2.5). Sonra isə bu hissələr Lumac NA 5 5 qayçısı ilə uzununa 400x400 mm ölçüdə parçalara kəsilir. Kompleksin ümumi məhsuldarlığı 30-45 t/saat təşkil edir. HY 2 12000-4000-7/1300 (Oberländer) tipli uzununa hidravlik qayçı 4 m enində və 12-15 m uzunluqda kəsikləri kəsməyə imkan verir. Qayçı pəncərəsinin hündürlüyü 1250 mm-ə qədərdir, buna görə də dəstin hündürlüyü 1,2 m-ə qədər ola bilər. İri həcmli dəmir tullantıların kəsilməsində bəzi müəssisələrdə həm bir və həm də iki kəsici qayçısı olan hidravlik ötürücüdən istifadə edilir (şəkil 2.5). Eyni firmanın HY 2 5000-2100-6 / 1300 tipli qayçıları eni 2m-ə, uzunluğu 4 m-ə qədər olan kiçik hissələri

Şək. 2.5. Dəmir tullantıların kəsilməsi üçün hidravlik qayçı qurğusu: 1-özül; 2-sabit cərəyan mənbəyi; 3-çevirmə mexanizmi; 4-tullantını itələyici; 5-ştanqa; 6-dayaq diyircəklər; 7-hidroslindr; 8-yükləyici; 9-qəbuledici; 10-presləyici mexanizm; 11-sixici mexanizm; 12-kəsici mexanizm

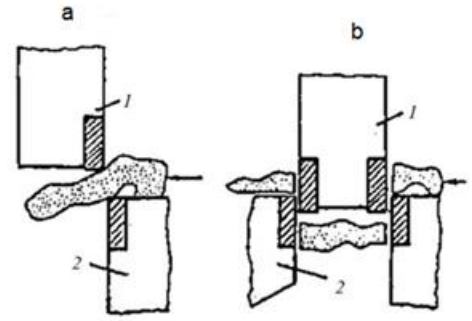


kəsərmək və 0,9 m hündürlüyə qədər quraşdırmaq üçün istifadə edilə bilər. Qayçı avtomatik rejimdə işləyir, əl ilə idarəetmə ilə işləmək mümkündür. Məhsuldarlıq – 35-50 t/saat (38).

"Harris" firması (ABŞ) gəmi qırıntılarını kəsmək üçün iki sxemdən istifadə edir - böyük və kiçik hissələri kəsilməsi. Birinci halda, bıçağın eni 3,5 m, kəsilmiş hissəsinin uzunluğu 9 m-ə qədər, hündürlüyü 1,2 m-ə qədər olan 12WSCH-30-1000A model uzununa qayçıları və kəsici qüvvəsi 21 MH olan FB-1023A və bıçağın eni 900 mm olan eninə qayçılardan istifadə olunur. İkinci halda 8WSCH-30-1000A modelinin bıçağın eni 2,5 m olan uzununa qayçıları, kəsilmiş hissənin uzunluğu 9 m-ə qədər, quraşdırılmış hündürlük 900 mm-ə qədər və bıçaq eni 2,5 m olan eninə qayçı - 8WSCH-26-700-dən istifadə olunur. "Vezzani" Firması tərəfindən (uzununa) model C1600/4000 və iki eninə model C1000LLP qayçıların birləşməsinə təklif etmişdir (şəkil 2.6) (42). Birinci qayçı seksiyaları 8500x4000 mm ölçüdə hissələrə, 30 mm-ə qədər

qalınlığı və 15 tona qədər çəkisi olan 4000x800 mm ölçülü zolaqlara kəsir, ikincisi isə onları

Şək.2.6. Qayçıların kəsici hissəsinin konstruktiv sxemi: a-bir kəsici qayçı ilə; b-iki kəsici qayçı ilə: 1- hərəkət edən bıçaq; 2-hərəkətsiz bıçaq



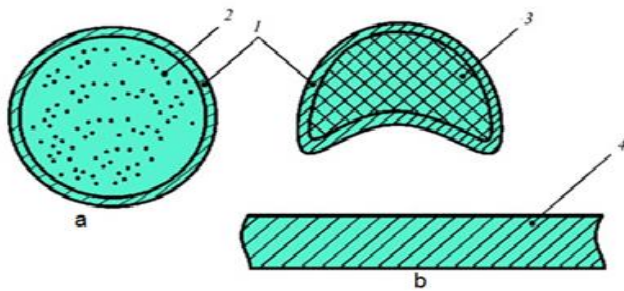
800x400 mm ölçüdə parçalara doğrayır. Kəsilmiş hissələr lentli konveyer ilə dəmir yolu vaqonlarına yüklənir. Əsas qayçıların məhsuldarlığı 132 t/saat, hər bir eninə qayçının məhsuldarlığı isə 66,7 t/saatdır. Beləliklə, gəminin gövdəsinin kəsilməsinin üçüncü texnoloji mərhələsində termik kəsmə (TK) üsulunu tamamilə yüksək məhsuldar və ekoloji cəhətdən təmiz mexaniki üsulla (MK) əvəz etmək olar. Kəsilmiş hissələrin qalınlığı 30 mm-dən çox olarsa, bu mərhələdə termiki kəsilmə (TK) üsulu istifadə edilməlidir. Böyük hissələr və blokları düz hissələrə kəsərkən (ikinci texnoloji mərhələ) hidravlik kranların oxlarına quraşdırılmış hidravlik qayçılardan istifadə edilə bilər. Bu qayçılar vasitəsilə əmtəlik qırıntılar üçün əyri konturlu bölmələri kəsirlər. Hal hazırda gövdələrin kəsilməsinin birinci texnoloji mərhələsində mexaniki kəsmə (MK) üsulu tətbiq edilmir. 80-ci illərin sonunda kiçik və orta ölçülü gəmilərin gövdələrini lövbər tipli bıçaqdan istifadə edərək mexaniki üsulla (MK) bölmələrə kəsmək üçün iki maraqlı üsul təklif edilmişdir (53). Birinci halda, gəmi sürüşmə yolunda və ya yerüstü kranı olan estakada ilə təchiz edilmiş maili səth üzərinə yerləşdirilir; bıçaq arabalarda yerləşən bucurqadların və zəncir qaldırıcıların köməyi ilə hərəkətə gətirilir ki, bu da bucurqadların çəkmə gücünü artırır və kəsmə istiqamətini tənzimləyir. İkinci halda, gəmi üfüqi bir sürüşmə müstəvisində yerləşdirilir və bıçaq elektro-hidravlik qurğunun köməyi ilə hərəkət edir. Qurğu öz növbəsində quraşdırma relslər boyunca gəminin yan tərəfi boyunca hərəkət edir. Lakin bu üsulların hər ikisi texniki təkliflər səviyyəsində qaldı.

### 2.2.5. İmpuls kəsmə üsulu.

Kəsmənin ilk mərhələsində ən perspektivli üsul, yönəldilmiş partlayışın enerjisindən istifadə edilən impuls kəsmə (İK) üsuludur (35). Bu məqsədlə şnur formalı kumulyativ partlayıcı maddələrin (ŞKPM) istifadəsi metodun vəd etdiyi



perspektivi göstərdi. ŞKPM mis və ya dəmir tozuna əsaslanan çevik metallaşdırılmış lentlə örtülmüş uzununa kümülativ girintili müxtəlif diametrlilik kordonlar şəklində elastik partlayıcı (PM) mərmilərdir. ŞKPM-nin işə salınması detonator kapsullarının və ya elektrik detonatorlarının köməyi ilə kəsilmə səthində yapışan lentlə bərkidilməsi ilə həyata keçirilir. Bununla birlikdə, bir sıra çatışmazlıqlara görə bu kəsmə növü geniş istifadə olunmur: güclü partlayış dalğasının olması, geniş fraqmentlər və kəsmənin baha qiymətə başa gəlməsi (avtojen kəsmə ilə müqayisədə 3-5 dəfə baha), ŞKPM -nin baha qiyməti ilə əlaqədar olaraq. 80-ci illərdə E.O.Patona adına Elektrik Qaynaq İnstitutunun əməkdaşları Nikolaev filialı ilə birlikdə uzadılmış formalı partlayıcı maddələrin (UKP) və onların istehsalı texnologiyasını təkmilləşdirdilər, bu da kəsmə səmərəliliyini artırmağa və mərmilərin dəyərini əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa imkan verdi (36). Burada ən effektiv partlayıcılardan biri olan heksogendən partlayıcı maddə kimi istifadə olunur. Qranullaşdırılmış mis boruya UKP yerləşdirilir, daha sonra bir sıra ardıcıl yerləşmiş filyer vasitəsilə çəkilir, nəticədə boruda kümulyativ boşluq əldə edilir və dənəvər heksogen monolit vəziyyətinə qədər sıxılır ki, bu da nəticədə onun səmərəliliyini daha da artırır (şəkil 2.7 və cədvəl 2.2) (20).



Şək. 2.7. Uzadılmış kümulyativ mərmənin sxemi: a-ilkin qarışıq; b-hazır mərmə;1-mis boru; 2-dənəvərləşdirilmiş heksogen; 3-monolit vəziyyətdə heksogen; 4-kəsilmə konstruksiyası

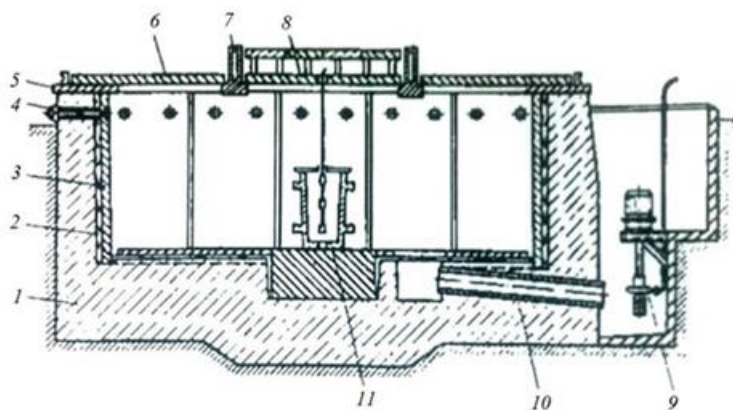
Nəticədə, eyni qalınlıqda olan metalın kəsilməsi üçün 3mərminin kalibrini ŞKPM ilə müqayisədə 40% azaltmaq olar ki, bu zaman kəsməyə sərf olunan xərclər termik üsulla kəsmənin maya dəyərinə yaxın olur. 1990-cı illərdə bu üsulla bir sıra gəmilər, tankerlər və sualtı qayıqlar metal qırıntılarına kəsilmiş (17) və UKP-nin istifadəsi ilə kəsmənin yüksək səmərəliliyi təsdiq edilmişdir. Bu halda mərmənin radiusu böyük gəmilər üçün təxminən 50 m, kiçik gəmilər üçün isə 100 m olmuşdur. Mərmənin kalibrinin azalması səbəbindən şəhər hüdudları daxilində də bu üsulla gəmiləri kəsmək mümkündür. UKP-dən istifadə edərək kəsmə həm yerüstü, həm də

sualtı mövqelərdə aparıla bilər, bunun üçün mərmə xüsusi hermetik qoruyucu boruya yerləşdirilir (şəkil 2.8) (19).

Cədvəl 2.2

Metalların kəsilməsində tətbiq edilən partlayıcı maddələrin partlayış-texniki xarakteristikaları

Xarakteristikalar	Partlayıcı maddələr					
	Ammo-nit	Trotil	Hekso-gen	UKM Hekso-gen	MPQ (raket yanacağı)	Hekso-plastit
Sıxlıq $\rho \cdot 10^3$ , $t/m^3$	1,0-1,2	1,6	1,05	1,8	1,29	1,45-1,50
Partlayışın xüsusi istiliyi $Q, kc/kq$	4305	4230	5500	5500	6300	5024
Detonasiya sürəti $D \cdot 10^3$ , $m/san$	3,6-4,8	7,0	8,3	8,6	6,7	7,0-7,6
Xüsusi güc $q \cdot 10^9$ , $kc/(m^2 \cdot san)$	15,5-24,2	49,1	47,9	85,1	54,5	51,0-57,3
Kritik diametr $d_{kr}, mm$	10-12	4,5	3,2	1,0	1,0-0,3	3-4



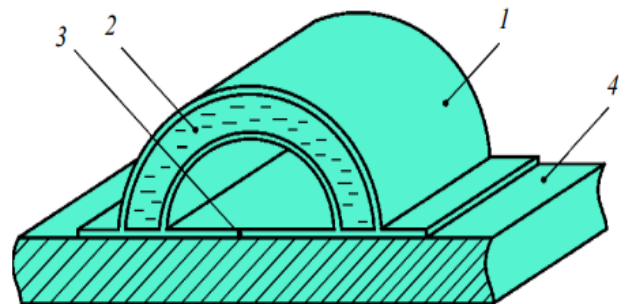
Şəkil 2.8. Sualtı partlayışla kəsilmə qurğusunun sxemi: 1-özül və divarlar; 2-taxta dayaq; 3,5,6-polad piletələr; 4-boltlar; 7-aparıcı dayaq; 8-qapaq; 9-su nasosu; 10-suyun axıdılması üçün boru; 11-əziləcək qəlib

Partlayıcı kəsmə texnologiyalarından istifadə

edərkən kəsmə müddəti bir neçə millisaniyə çəkir, buna görə də boyalar və laklar, izolyasiya və digər örtüklər alovlanmağa vaxt tapmır və yalnız partlayışın özü atmosfərə buraxılır. Nəticədə atmosfərə buraxılan zəhərli qazların miqdarı termik kəsmə üsuluna nisbətən təqribən 1000 dəfə azdır (16) və kəsildikdən 10 saniyə sonra aparılan ölçmələrdə havanın çirklənməsinin olmadığı aşkar edilmişdir. UKP ilə impuls kəsmə metodunun geniş istifadəsinə mane olan əsas amillər bunlardır: partlayıcı maddələrin istehsal texnologiyası ilə əlaqəli qiymətlərinin nisbətən baha qiyməti; mərmilərin əyri səthlərdə yerləşdirilməsi üçün boru bükücülərindən istifadəyə ehtiyac; kəsilmiş səthdən və dok qovşaqlarından fokus məsafəsində mərmənin təyin edilməsi

üçün UKP-nın xüsusi elementlərinin standart ölçülərinin hər biri üçün istehsalı və quraşdırılması ehtiyacı; yüksək sürətli partladılmış fraqmentlərin formalaşması ilə onların lokallaşdırılması üçün konstruktiv mühafizə sahəsinin quraşdırılmasının tələbi; kəsilmiş səthin zərərli qarışıq olan mis ilə çirklənməsinin metal tullantıların qiymətini aşağı salması; partlayış nəticəsində tam kəsilməmiş dəstin hissələrinin əlavə qazla kəsilməsinin aparılması zərurəti; partlayıcı maddələrin qəbulu, onların yüklənməsi və boşaldılması, xüsusi nəqliyyat vasitələri ilə daşınması, xüsusi anbarlarda saxlanması və mühafizəsinin təşkili zərurəti ilə bağlı təşkilati çətinliklər və s. 1990-cı illərdə metal kəsmək üçün yeni bir mərmə növü - maye partlayıcı qarışığı (MPQ) olan kontaktlı uzanmış kumulyativ mərmə (KUKM) hazırlanmışdır (1,40). Struktur olaraq, KUKM polimer materialdan hazırlanmış örtüklə əhatə olunmuş MPQ-dır (şəkil 2.9). Arakəsmə ilə girinti çəngəl arasında hava boşluğunun qorunması polimer təbəqədəki arakəsmə mərmənin formasını saxlamağa xidmət edir və partlayıcının su mühitində

Şək. 2.9. Kontakt kumulyativ mərmənin sxemi: 1-örtük; 2-maye partlayıcı qarışıq; 3-arakəsmə; 4- kəsiləcək konstruksiya



partladılması zamanı kumulyativ reaktivin dayanıqlığını təmin edir. KUKM üçün örtük təbəqə korpuslar əzilmiş tullantı polimer materiallardan

ekstruziya yolu ilə hazırlanır ki, bu da onların dəyərini azaldır və istənilən uzunluqdakı təmas qovşaqları olmadan partlayıcıları hazırlamağa imkan verir. Beynəlxalq müqavilələrə uyğun olaraq məhv edilməli olan raketlərdən yanacaq komponentləri (oksidləşdirici və reduksiya edən) partlayıcı maddə kimi istifadə olunur ki, bu da istifadə olunan partlayıcının ucuz əldə olunmasını təmin edir (27). Başqa bir variantda oksidləşdirici kimi qatı nitrat turşusu istehsalının tullantı məhsulu  $H_2O_4$  və karbohidrogen yanacağından ibarət qarışıqdan istifadə edilir. Müəllifləri ona “Kvazar-PM” adını veriblər (12). Maye partlayıcı qarışıqlar (MPQ) yalnız heksogendən sonra güclü partlayıcı maddələrdir (cədvəl 2-yə bax). Raket yanacağı əsaslı maye partlayıcı

maddələr (PM) üçün kritik diametri 1 mm-, “Kvazar-PM” üçün isə 0,3 mm-dən azdır. Əmək intensivliyini azaltmaq və KUKM təbəqəsinin quraşdırılmasını asanlaşdırmaq üçün partlayıcılar birbaşa kəsilən səthə yapışdırılır (buna görə də partlayıcının adında “kontakt” sözü əlavə edilir). Bu halda partlayıcının səmərəliliyi azalır, çünki kəsilən metalın qalınlığı partlayıcının diametrinin təxminən yarısı qədər olur. Bununla belə, partlayıcı maddələrin kütləsinin məcburi artırılmasının müsbət tərəfi də var - partlayışdan sonra alt kəsiklərin olmaması. Təbəqə maqnitlər, yapışan bant və ya təbəqənin istehsalı zamanı arakəsməyə tətbiq olunan yapışan laydan istifadə edərək səthə yapışdırılır. Partlayış, təbəqənin açıq ucuna bərkidilmiş və gərginliyi birləşdirən elektrik çıxışları olan kimyəvi katalizatoru olan kapsuldan başlanır. Gərginlik tətbiq edildikdə, katalizatoru olan kapsul dağılır, onun materialı qarışığa daxil olur və partlayışa səbəb olur. MPQ komponentləri və partlayış agenti - kimyəvi katalizator - özlüyündə partlayıcı deyil. Beləliklə, PM qısa müddət ərzində - komponentləri qarışdırmaq və qarışığı örtük təbəqələrə tökmək anından partlayış anına qədər mövcuddur. Nəticədə, partlayıcı maddələrin daşınması üçün xüsusi anbarların təşkilinə və ya xüsusi təchiz olunmuş avtomobillərin alınmasına ehtiyac qalmır. MPQ komponentləri mövcud konteynerlər, dəmir yolu sisternləri, yanacaq daşıyan maşınlar və s. istifadə etməklə saxlanıla və daşına bilər ki, bu da onların istifadəsinin mübahisəsiz üstünlüyüdür. Yalnız oksidləşdirici maddənin toksikliyi və kimyəvi aqressivliyini yaddan çıxarmamaq lazımdır. Kəsmə xətti boyunca mərmilərin quraşdırılması da daxil olmaqla işlərin əksəriyyətini partlatma üzrə təlim keçməmiş işçilər də həyata keçirə bilər. KUKM-nin örtüklərinin istehsalının sadəliyi satın alınan standart ödənişlərin istifadəsindən imtina etməyə şərait yaradır. Kəsilmiş materialın qalınlığından və növündən asılı olaraq, dəqiq dozada partlayıcı maddələrlə tələb olunan uzunluqda tələb olunan mərmilər birbaşa iş yerində hazırlanır. Partlayış həyata keçirərkən, KUKM-nin polimer qabığı, UKM-dən istifadə edərkən olduğu kimi örtüyün yüksək sürətli fraqmentləri sahəsi yaratmır və kəsilmiş hissə yad metal ilə çirklənmir. KUKM-nin köməyi ilə metalı suyun altında da kəsmək mümkündür və bu zaman xüsusi hermetik örtüklər hazırlamağa ehtiyac yoxdur. MPQ istehsalı prosesində komponentlərin sayı elə seçilir ki, oksigen balansı vahidə bərabər olsun, yəni  $A \geq 1$ .

MPQ -da olan oksigenin miqdarı partlayıcı çevrilmə reaksiyası nəticəsində yalnız atmosferi çirkləndirməyən tam oksidləşmiş partlayış məhsullarını əldə etmək miqdarında olmalıdır. Bərk aqreqat vəziyyətində olan partlayıcı maddələr mənfi oksigen balansına malikdir (trotil  $A = 0,364$ , heksogen və oktagendə isə  $A = 0,667$ ). Beləliklə, MPQ istifadəsi ilə impuls kəsmə üsulu praktiki olaraq ekoloji cəhətdən təmizdir və bu üsul yalnız mexaniki kəsməyə üstünlük verir. Polimer qabığının və MPQ komponentlərinin aşağı qiymətdə olması səbəbindən bir xətti metr kəsmə qiyməti hətta oksigen kəsmə ilə müqayisədə bir qədər aşağıdır, məhsuldarlıq isə plazma kəsmə ilə müqayisədə 10 dəfə və oksigen-asetilenlə kəsmə ilə müqayisədə isə 6 dəfə yüksəkdir (40) (Cədvəl 3).

Cədvəl 2.3.

Metal konstruksiyaların qırıntılar üçün kəsilməsinin müxtəlif üsullarının texniki və iqtisadi xüsusiyyətləri

Göstərici	Kəsilmə		
	oksigen-asetilen	plazmalı	KUKM
Məhsuldarlıq metr/növbədə	30	19	180
Material və elektro-enerji məsrəfi, kVt	-	320	10
Oksigen, m <sup>3</sup>	36	-	-
asetilen, m <sup>3</sup>	4,8	-	-
sıxılmış hava, m <sup>3</sup>	-	400	-
PVX tullantıları, kq	-	-	100
MPQ-ön komponentləri	-	-	50

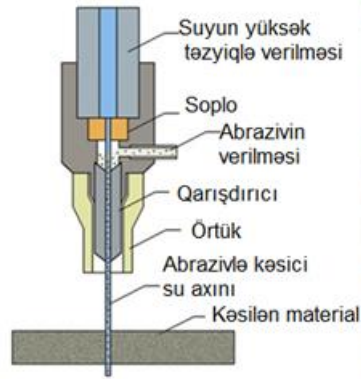
Deyilənlərdən belə nəticə çıxır ki, KUKM istifadə edərək impulsu kəsmə üsulu gəmi gövdələrinin kəsilməsinin birinci texnoloji mərhələsində ən perspektivlidir. İkinci mərhələdə - böyük blokların və bölmələrin düz elementlərə bölünməsi zamanı da tövsiyə oluna bilər. Mexanik kəsmə üçün avadanlıq olmadıqda, bu üsuldən üçüncü texnoloji mərhələdə- qırıntıları ümumi ölçülərə kəsmək üçün istifadə etmək mümkündür. Lakin onun burada istifadəsi yalnız hərtərəfli texniki və iqtisadi təhlildən sonra tövsiyə edilə bilər.

### 2.2.6. Hidroabraziv kəsmə texnologiyası.

Hidroabraziv (su axını) kəsmə (43,51) materialın nazik yüksək sürətli su axını ilə işləndiyi abraziv kəsmə növüdür (şəkil 2.10). Su 1200m/san sürətlə ölçmə

Şək.2.10. Hidroabraziv kəsmə üsulu

dəliyindən (0,3 - 0,5 mm) keçir, abraziv ilə qarışır, fokuslama borusu vasitəsilə atılır və materialı kəsir.



Su ilə abraziv kəsiləcək materialın mikrohissəciklərini dəfələrlə vurur. Yüksək təzyiqli nasos dəzgahın özünütənzimləyən kəsici başlığına təzyiqli su təzyiqli su axını ilə verilir. Kəsmə sürəti kəsmə keyfiyyətinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Yüksək sürətlə su-abraziv axının düzxətlikdən kənara çıxmasına və materialın kəsilməsi nəzərəcarpacaq dərəcədə zəifləyir. Nəticədə kəsilmənin daralması və onun kələ-kötürlüüyü artır.

### 2.3. Gəmilərin tullantı üçün doğranılmasının texnoloji prosesi

#### *1-Hazırlıq mərhələsinin əməliyyatları.*

1. *Gəminin qəbulu.* Bu, gəmini dayanacaqda yoxlayan xüsusi komissiya tərəfindən həyata keçirilir. Müayinənin nəticələrinə əsasən ilkin ekspertizanın aktı tərtib edilir. Bütün normativ tələblər və qaydalar nəzərə alınmaqla gəminin kəsmə yerinə yedəklənməsi üçün təşkilati, texniki və ekoloji tədbirlər hazırlanır.

2. *Müəssisədə gəminin yedəklənməsi və yanılması.* Müəssisəyə məxsus və ya icarəyə götürülmüş yedək gəmiləri ilə həyata keçirilir.

3. *Gəminin kəsilməyə hazırlanması.* Gəmi yük qalıqlarından, yanacaq-sürtgü materiallarından və s.-dən təmizlənir ki, bu da müəssisənin akvatoriyasının çirklənməsinə və ya kəsilmənin çətinləşməsinə səbəb ola bilər. Kəsmə zamanı gəminin batmazlığının təmin edilməsi, yanğın təhlükəsizliyi, texniki təhlükəsizlik qaydalarına və istehsalat sanitariyasına riayət edilməsi istiqamətində işlər aparılır.

4. *Mexanizmlərin və birləşmələrin, binaların avadanlıqlarının sökülməsi, əlvan metaldan olan komponentlərin və hissələrin çıxarılması.* Bu əməliyyatlar, sükən kompleksinin sökülməsi istisna olmaqla, adətən suda aparılır. Sökülməsi və çıxarılması ilə eyni vaxtda onların kütləsi təyin edilir. Çıxarılan avadanlıq, aqreqat, mexanizm,

komponent və hissələr yoxlanılır və vəziyyətindən asılı olaraq sonrakı satış və ya utilizasiya üçün təmirə göndərilir.

## ***II-Gəminin gövdəsinin böyük bloklara və hissələrə kəsilməsi.***

Gəminin gövdəsinin kəsilməsi slip , sürüşmə və digər gəmiqaldırıcı vasitələrin köməyi ilə quruda və ya üzən dokda quruya qaldırıldıqdan sonra aparılır. Əgər qaldırılacaq gəminin çəkisi bu vasitələrin daşıma qabiliyyətindən artıq olarsa, o, su xəttinə qədər suda kəsilir, sonra qalanı növbəti kəsilmə üçün sahilə çıxırarılır.

Korpusun bloklara və böyük hissələrə kəsilməsi maye partlayıcı qarışıq ilə uzadılmış təmas mərmilərindən istifadə edərək impuls (partlayıcı) üsulla aparılmalıdır. Bu halda aşağıdakı əməliyyatlar yerinə yetirilir.

1. *Gövdənin bloklara və bölmələrə parçalanması.* Bu əməliyyat gəminin struktur elementlərinin ölçüləri (tankların, anbarların, ara göyərtələrin, zirvələrin, maşın otağının, üst quruluşdakı göyərtələr arasındakı məsafələrin və s. ölçüləri və dizaynları) kimi amillər nəzərə alınmaqla müəssisədə mövcud olan yükqaldıran və yükdaşıyan avtomobillərin xüsusiyyətləri, eləcə də qırıntıların emalı avadanlıqları nəzərə alınmaqla aparılır.

2. *Gövdə üzərində kəsiləcək xətlərin çəkilməsi və səthin hazırlanması.* Gövdənin bloklara və hissələrə bölünməsinə uyğun olaraq, kəsilmiş metal təbəqələrin qalınlığını göstərən kəsiklərin ümumi uzunluğu müəyyən edilir. Kəsilmiş xətlər kəsiləcək strukturlara tətbiq olunur. Lazım gələrsə, onlar KUKM örtüklərinin bərkidilməsinə mane olan çirkləndirici məhsullardan və digər çirkləndiricilərdən təmizlənir.

3. *Mərmilərin parametrlərinin və təhlükəsizlik məsafələrin hesablanması.* Mərmilərin ümumi uzunluğu kəsilmiş xətlərin ümumi uzunluğuna bərabər olmalıdır. Kəsilmiş metalın qalınlığını nəzərə alaraq mərmilərin hər birinin uzunluğunu müəyyən etmək lazımdır. Mərminin kütləsi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$W = \Sigma W_i = k_{km} k_m s_i^2 l_i \quad (1)$$

burada,  $W_i$ -hər bir mərmidə MPQ-ın miqdarı, kq-lq;  $k_{km}$ - mühitin təsirini nəzərə alan əmsal (hava mühitində kəsilmə aparılırsa,  $k_{km}= 0,5$ ; su altında kəsilmədə  $k_{km}=1,0$ );  $k_m$ - kəsilən materialın xassələrini nəzərə alan əmsal (məsələn, 09Г2 və 10XCHД poladları üçün  $k_m=10000$ , bürünc üçün  $k_m=20000$ );  $s_i$  və  $l_i$  müvafiq olaraq

kəsiləcək metalın enü və uzunluğudur.

Mərminin formasını hesablayarkən yadda saxlamaq lazımdır ki, mərminin kalibri (diametri) metalın qalınlığından iki dəfə, mərmidəki MPQ-ın təbəqəsinin qalınlığı isə ən azı onun kritik diametri ölçüsündə olmalıdır.

Təhlükəsizlik məsafələrinin aşağıdakı düsturla təyin (10):

$$r = k\sqrt[3]{Q_e} \quad (2)$$

burada,  $r$ -təhlükəsiz məsafə, m-lə;  $k=15$ , əgər partlayış poliçon və xüsusi sahələrdə aparılırsa;  $k=80$ , əgər partlayım mülki obyektlərdə, yəni sexlərdə, bina yaxınlığında;  $Q_e$  –partlayışın enerjisi, trotilin kiloqramlarla ekvivalentinə nəzərən (cədvəl 2-yə müvafiq olaraq hesablanır).

Ədəbiyyat məlumatlarında (20) yerüstü partlayışların şüşələnmiş binaların və tikililərin təhlükəsiz məsafələrinin hesablanması verilmişdir:

$$Q_e \geq 1000 \quad r = 120\sqrt[3]{Q_e} \quad (3)$$

$$2 \leq Q_e \leq 1000 \quad r = 35\sqrt[3]{Q_e} \quad (4)$$

$$2 \leq Q \quad r = 65\sqrt[3]{Q_e} \quad (5)$$

(2) və (5) düsturlarının təhlili göstərir ki,  $Q_e \leq 1$  kq olduqda, təhlükəsiz məsafə (5) ilə,  $1 \leq Q_e \leq 120-130$  kq olduqda mülki obyektlər üçün (2) ilə,  $120-130 \leq Q_e \leq 1000$  kq olduqda isə (4) ilə təyin edilir. Əgər mərminin kütləsi 1000kq-dan artıq olarsa, partlayış xüsusi poliçonlarda aparılmalıdır. Təhlükəsiz məsafə ən yaxın binalara, tikililərə və s.-ə olan məsafədən böyükdürsə, o zaman kəsmə bir neçə mərhələdə, beləliklə, eyni vaxtda işə salınan partlayıcı maddələrin sayı azalmaqla aparılmalıdır (15).

4. *Mərmi örtüklərinin istehsalı.* Lazım olan uzunluqdakı örtüklər, kəsikləri yuxarıda göstərilən mərmii formasına uyğun gələn qəliblərdən istifadə edərək xırdalanmış PVX tullantılarından ekstruziya yolu ilə hazırlanır.

5. *Örtüklərin bərkidilməsi.* Kəsilmiş xətlər boyunca örtüklər maqnit, yapışan lent və ya istehsalı zamanı yükün divarına tətbiq olunan yapışqanlı təbəqədən istifadə edərək bərkidilir. Kimyəvi katalizatoru olan hər bir kapsul örtüyün açıq hissəsinə yapışdırılır. Naqillər kapsulun elektrik terminallarına birləşdirilir, yerli və əsas naqıl xətləri çəkilir.



6. *Maye qarışıqın hazırlanması və tökülməsi.* MPQ-nin hazırlanması bir qarışdırma qurğusu tərəfindən həyata keçirilir, burada oksidləşdirici və yanacaq lazımı nisbətdə qarışdırılır. Nəticədə qarışıq nasosdan istifadə edərək örtüklərə tökülür. Bu məqsədlə “Kvazar-PM” tökülməsi üçün daşınan və yerdəyişmə tipli Kvazar-ZU tökmə cihazlarından istifadə etmək mümkündür ki, bu da bu prosesləri avtomatlaşdırmağa imkan verir (12).

7. *Kəsmə.* Partlayış KPM-1 tipli adi partlayıcı maşınlardan gərginlik tətbiq etməklə başlanır. Bu zaman katalizatoru olan kapsul məhv olur, katalizator qarışıqğa daxil olur, partlayış baş verir və nəticədə metal kəsilir.

### ***III-Bloklar və böyük hissələrin kəsilməsi***

Kiçik və böyük gəmilər kəsilmənin ilk texnoloji mərhələsində düz elementlərə bölünə bilər. Böyük gəmilərin kəsildiyi bloklar, həcmli və böyük ölçülü bölmələr mexaniki avadanlıqlarda sonrakı emal üçün uyğun düz elementlərə kəsilməlidir. Belə kəsmə impuls üsulu ilə, ya da hidravlik quraşdırılmış qayçıların köməyi ilə həyata keçirilir.

### ***IV- Qırıntıların ümumi ölçülərə emalı***

DÜİST-ə uyğun ölçülərdə qırıntıların kəsilməsi, xüsusiyyətləri cədvəl 1-də verilmiş Oberländer, Lindemann, Harris və ya Vezzanidən olan hidravlik qayçılardan istifadə etməklə mexaniki şəkildə həyata keçirilir (3). Gəmi qırıntıları, bir qayda olaraq, A-3 sinfinə, yəni uyğun olaraq tərkibində zərərsiz qarışıqların çəkisi 1,5%-dən çox olmayan və parçaların ölçüsü 800x500x500 mm-dən çox olmayan polad parça tullantıları olmalıdır. Hər bir parçanın çəkisi ən azı 1 kq olmalıdır, xarici diametri 150 mm-dən çox olan borular uzununu boyunca düzəldilməli və ya kəsilməlidir (3).

### ***V- Keyfiyyətin yoxlanılması və tullantının istehlakçıya göndərilməsi.***

Qırıntıların keyfiyyətinə DÜİST-in tələblərinə uyğun olaraq zavod laboratoriyası tərəfindən nəzarət edilir. Tullantələrin istehlakçıya göndərilməsi maqnit şayba və ya bəndləyicilərlə təchiz edilmiş kranlarla həyata keçirilir. Əgər qırıntıların kəsilməsi “Vezzani” hidravlik qayçılarında aparılırsa, hazır qırıntılar qayçı avadanlığının bir hissəsi olan konveyer kəməri ilə vaqonlara və ya gəmiyə verilir.

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**

*Əlyazması hüququnda*

İsmayılov Davud Qulu oğlu

**DOĞRANILMIŞ GƏMİ TULLANTILARINDAN POLADIN ALINMASI**  
**mövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASIYASI**

**İxtisas: 060646** “Təkrar emal və bərpa texnologiyaları mühəndisliyi”

**İxtisaslaşma:** “Metallurji tullantılarının təkrar emal texnologiyaları”

**Elmi rəhbər:** k.e.n., dosent Şirinova Nəcibə Əhməd qızı

**BAKİ – 2023**

### III FƏSİL. DOĞRANILMIŞ GƏMİ TULLANTILARINDAN POLADIN ALINMASI

#### 3.1. Poladəridici sexlərin şixtə materialları ilə təmin edilməsi

Əsas polad əritmə sexlərinin bütün texnoloji avadanlığı iki əsas xətt üzrə cəmlənmişdir: şixtə materiallarının polad əritmə aqreqlarına hazırlanması, tədarükü və yüklənməsi, hazır məhsulların və əritmənin əlavə məhsullarının çatdırılması və emalı. Konvertorlar metal qırıntıları, maye dəmir, kütləvi şlak əmələ gətirən materiallarla yüklənir və oksigen verilir. Elektrik polad əritmə sexinə şixtə dəmir yolu vaqonları və ya nəqliyyat vasitələri ilə tullantıların emalı şöbəsindən şixtə məntəqəsinə və ya birbaşa sobanın badyasına çatdırılır. Səpilən materiallar qreyferlər vasitəsilə qismən qapaqlı tipli özüboşaldan badyalara yüklənir və ya konveyerlər vasitəsilə bunker aralığından tədarük dozalayıcı sistemi vasitəsilə bunkerə ötürülür və ərimə prosesi zamanı sobaya göndərilir. Əridilən poladın çeşidindən və qəbul edilmiş əritmə texnologiyasından asılı olmayaraq, materialların tərkibinə aşağıdakılar daxildir: metal şixtəsi (tullantılar, konversiya sexlərinin tullantıları, parçalanmış qırıntılar, metallaşdırılmış qranullar və çuqun). Müəssisələrə metal qırıntıları iki sxem üzrə verilə bilər.

*Birinci sxem*, müqavilələrə əsasən zavodlar metal qırıntılarını lazımı miqdarda, lazımı keyfiyyətdə, uyğun növdə və ciddi şəkildə vaxtında alırlar. Hazırlanmış metal qırıntıları vaqonlarla və ya avtomobil yolu ilə bilavasitə əritmə sexlərinin şixtə şöbələrinə çatdırıla bilər. Bu halda metallurgiya zavodunda daxil olan qırıntıların kəsilməsi və çeşidlənməsi üçün istehsalat obyektinin olmasına ehtiyac yoxdur.

*İkinci sxem*: metallurgiya zavodları əritməyə hazır olmayan qırıntıları alır və özləri kəsir və keyfiyyətinə görə çeşidləyirlər. Bu seçimdə zavodda tullantıların kəsmə sexi kimi xüsusi xidmət yaradılmalıdır (23).

Mini-metallurgiya zavodlarında qırıntıların emalı şöbələri elektrik polad əritmə sexinin bir hissəsi kimi layihələndirilə bilər. Müasir zavodlarda poladəritmə prosesində şixtə materiallarının kimyəvi tərkibi, ölçüləri, tullantı sükurları və kütlə sıxlığı baxımından metal keyfiyyətinə kifayət qədər yüksək tələblər qoyurlar. Şixtədə səpilmə sıxlığı 0,6-2,7 t/m<sup>3</sup> olan və qövs poladəritmə sobalarında (QPS) orta sıxlığı

0,75-0,9 t/m<sup>3</sup>-ə qədər təmin etmək iqtidarında olan xüsusi hazırlanmış, yüngüldən ağırlığa, müxtəlif həcmli və ölçülü metal qırıntıları istifadə olunur. Şixtədə 0,5% -ə qədər yonqar istifadə etməyə icazə verilir. Tullantılarda dəmirin miqdarı ən azı 95% , misin miqdarı isə 0,3%-dən çox olmamalıdır. Zavoda gələn qırıntılar daxilolma nəzarətindən keçirilir, ciddi qəbul qaydasında və keyfiyyət kateqoriyalarına uyğun saxlanılır. Böyük ölçülü qırıntıların hazırlanması üsulunun seçilməsi ilk növbədə alınan qırıntıların növündən asılı olaraq mühüm məsələdir. Yüngül qırıntılar zərərli qarışıqlarla çox çirklənmiş olduğuna görə onların əridilməyə hazırlanmasına xüsusi diqqət verilməlidir. Ərinmənin qarışdırılması, aşağı keyfiyyətli qırıntılar səbəbindən keyfiyyətsiz metal istehsalının qarşısını alacaq şəkildə proqramlaşdırılmış komponentlərin nisbətində uyğun olaraq ciddi şəkildə təmin edilməlidir. Qırıntılar sexə həm yüklənmə aralığı ilə, həm də mərkəzləşdirilmiş şəkildə verilə bilər ki, bu da zavodun baş planında polad əritmə sexlərin yerləşməsinin xüsusiyyətləri ilə əlaqədardır. Qırıntılar yüklənmə aralığı ilə təhvil verildikdə, tullantının keyfiyyətinə və əridilmiş polad dərəcəli tərkibinə düzəliş edilməklə, qırıntıların idarə edilməsi və badyalara yüklənməsi üzrə bütün işlər birbaşa aralıqda aparılır. Eyni zamanda, qırıntıların çatdırılması vaqonlar və ya nəqliyyat vasitələri ilə, polad özüboşaldan konteynerlərdə toplu olaraq və ya birləşdirilmiş variantlarda həll edilə bilər (49).

Qırıntılar toplu olaraq təhvil verildikdə, ölçülərinə uyğun olaraq, maqnit kranla və ya qreyferlə səbətlərə yenidən yüklənir, ardınca səbətlərdən emalatxananın və ya işçi platformanın səviyyəsində eninə yollar boyunca özüyeriyən arabalarla badyaya yüklənir. Sonra boşaltma və doldurma kranından istifadə edərək qırıntılar badyadan sobaya yüklənir. Bu üsulda çox sayda artıq yüklənmələr olduğundan prosesin məhsuldarlığı aşağı düşür. Tullantı tədarükünün bu variantı aşağı güclü sobaları olan emalatxanalarda (50 tona qədər) istifadə olunur. Bu sxemlə materialların verilməsi operativ olaraq şixtənin tənzimlənməsini və əridilmiş poladın çeşidini dəyişməyə imkan verir. Çeşidlənmiş qırıntılarla konteynerlərin yüklənməsi qırıntılar bölməsində və ya əritmə korpusuna paralel və ya onun sonunda yerləşən sahədə aparılır ki, çatdırılma yolları rahat və qısa olsun. Qırıntıların çatdırılmasının birləşdirilmiş üsulu kran əməliyyatlarının sayını azaldır və badyanın yüklənməsi prosesini sürətləndirir,

lakin boş və dolu konteynerlərin yerləşdirilməsi və saxlanması üçün xüsusi sahələrin olması vacibdir. Metal şixtənin sobaya çatdırılması özüboşaldan badyalarda həyata keçirilir. Badyalar yükləyici kran ilə nəqliyyatdan qaldırılır və bilavasitə sobanın yaxınlığında quraşdırılır. Yükləyici krandan istifadə edərək şixtə badyanın örtüyü açıq vəziyyətdə birbaşa sobaya yüklənir. Müxtəlif tutumlu (yükdaşıma qabiliyyəti) əritmə sobalarında istifadə olunan doldurma kranlarının və doldurma səbətlərinin (badyaların) texniki xüsusiyyətlərini göstərilmişdir (cədvəl 3.1) (31).

Cədvəl 3.1.

Əritmə sobaları üçün yükləmə kranları və badyaların texniki xüsusiyyətləri

QPS-nin nominal yüklənmə həcmi, ton	Doldurulacaq metalın hesablanmış kütləsi, ton	Özüboşaldan badyanın zədələnmələri, ton	Dolmuş səbətin ümumi kütləsi, ton	Daşıyıcı kranın yükqötürmə qabiliyyəti, ton
6	7,1	3,7	10,8	15
12	14,1	5,8	19,9	20
25	20,2	9,6	29,8	50
50	58,6	21,0	79,6	100
100	118,0	35,0	153,0	160
150	176,0	60,0	236,0	250
200	236,0	78,0	314,0	320

QPS-da qırıntıları doldurmaq üçün istifadə olunan badyalar (səbətlər) iki növ olur - çəvik sektorlu və ya qreyferli diblik ilə. İkinci badya daha təhlükəsiz və etibarlı olduğu üçün ona daha çox üstünlük verilir. Materialların özüboşaldan badyalarla sexə çatdırılması üsulunun seçimi zavodda mövcud yük axınlarının sxemi və iqtisadi amilin rolu ilə müəyyən edilir. Metal qırıntıları ilə boşaltma və yükləmə əməliyyatları əlavə kran arabasının elektromaqneti ilə baş verə bilər. Çuxur bunkerləri metal qırıntılarının əməliyyat ehtiyatının saxlanması üçün nəzərdə tutulmuşdur (45).

### 3.2. Metal tullantıların kimyəvi tərkibinin təyini üsulları

Həm alıcıların, həm də tullantı satıcılarının qiymət siyasəti materiallardakı faydalı və zərərli qarışıqların (kimyəvi tərkibi) tərkibinə görə tullantıların keyfiyyətinin obyektiv qiymətləndirilməsindən asılıdır. Çox heyf ki, bir çox tullantı

toplayan müəssisələrində belə avadanlıq yoxdur. Zamanla bu çatışmazlıq da aradan qalxacaq. Metal qırıntılarını çeşidləmək və hazır məhsulların kimyəvi tərkibini təhlil etmək üçün tətbiq edilə bilən bir çox cihazlar vardır. Hər bir cihaz növü əsasən spesifikdir, yəni əsasən bir sıra xüsusi problemləri həll etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur, lakin bəzi əlavə problemləri həll etmək üçün də istifadə edilə bilər.

Alətlərin əməliyyat proqramı alıcının tələbləri ilə də müəyyən edilə bilər. Hal-hazırda üç əsas sinif cihaz istifadə olunur: burulğan cərəyanlı, optik-emissiyalı və rentgen-flüorossent analizatorları (RFA)(11).

Burulğan cərəyanı cihazlarının işləmə prinsipi təhlil edilən materialın xüsusi elektrik keçiriciliyinin ölçülməsinə əsaslanır, alınan qiymət daha sonra müxtəlif ərintilər üçün cədvəl göstəriciləri ilə müqayisə edilir (cədvəl cihaza əlavə olunur və ya istifadəçinin özü tərəfindən istinad kitabları ilə tərtib edilir). Sakit burulğanlı cihazlar ən yığcam və mobil olsalar da, ərintinin kimyəvi tərkibini təyin etmək üçün çox əlverişli deyil. Bundan əlavə, onlar eyni (və ya yaxın) elektrik keçiriciliyi olan ərintiləri, məsələn, БрАЖ və БрОФ markalı bürüncləri, silikatlı ЛК80-3 və bürünc БрАЖ ərintisini, misin Л59, Л68, ЛС və ЛО ərintilərini, misin ЛАЖМЦ və bürüncün БрОЦС ərintilərini fərqləndirə bilmirlər.

Optik emissiya analizatorlarının iş prinsipi elektrik (qövs və ya qılgılcım) boşalmasında buxarlanan materialın spektrinin təhlilinə əsaslanır. Spektral cihazların çoxlu saylı sinifləri mövcuddur. İstifadə olunan spektrin qeyd sistemində görə bu sinifin cihazları stiloskop (vizual qeyd), spektroqraflara (fotoqrafik qeyd) və spektrometrlərə (fotoelektrik qeyd) bölünür.

Rentgen-flüorossent analizatorların (RFA) iş prinsipi nümunənin rentgen və ya radioaktiv şüalanma ilə şüalanması zamanı əsas analiz edilən materialdan və qarışıqlardan alınan şüalanmanın qeydə alınmasına əsaslanır. Cihazın dizaynı rentgen borusunun və ya radioaktiv izotoplu kapsulun olmasını nəzərdə tutur. RFA cihazları ilə ərintinin əsas element daxil olmaqla istənilən elementlərinin konsentrasiyasını təyin etmək mümkün olur. Lakin yerdəyişmələr zamanı şüalandırıcıların zəif gücü səbəbindən yüngül elementlərin (Al, Si, Mg) qatılığının təyini mümkün olmur. Bu sinifin cihazları olduqca sadə və etibarlıdır. Nəticələrin ən yüksək dəqiqliyinə və

etibarlılığına malik olan stasionar alətlərdə hazır məhsulun təhlili məqsədə uyğundur. Belə qurğular müəyyən ölçülü xüsusi nümunələrin seçilməsi, hazırlanmasını və nümunə səthinin təmizlənməsini tələb edir. Həmçinin cihazı sertifikatlaşdırmaq və istehsal olunan ərintilərin standart nümunələri dəstini almaq lazımdır. Bundan əlavə, bu cihazlar qırıntıların kimyəvi tərkibinin ekspress analizatorları kimi də istifadə edilə bilər ki, bu da qırıntıların və tullantıların böyük homogen partiyaları üçün daha uyğundur. Son illərdə müəyyən növ qırıntıların və tullantıların kimyəvi tərkibinin təyininə portativ analizatorları daha geniş yayılmışdır (şək. 3.1) (47). Boru əsasında müasir *AlphaSeries™* portativ metal analizatoru kifayət qədər yüngül, etibarlı və çox istiqamətli və növbəti funksiyalara malikdir :1–2 saniyə ərzində dağıdıcı olmayan analiz (marka və kimyəvi tərkibi); təhlil edilən materialların geniş çeşidi: paslanmayan polad, Ni/Co, yüksək temperaturlu bir çox Al-ərintiləri, ekzotik və nadir metallar, həmçinin Ti, V və Cr tərkibli; “isti” şəraitdə analizlər üçün konstruksiya,



Şək.3.1. Müasir metal analizatorları

+450 °S; ekspress çeşidləmə üçün nadir metallar, həmçinin Ti, V və Cr tərkibli ərintilər üçün cihazın yaddaşında olan ştamplar; kompüterlə idarəetmə (planşet, noutbuk), OS Windowsla tanışlıq, rus dilində proqram; istismarda etibarlı və istənilən operator üçün əlçatan olması. *NITON XLT 898* analizatoru miniatür şüalanma borusu və bərk materialdan hazırlanmış detektoru olan texnologiyalarına əsasən hazırlanmışdır. Analizatorun aşağıdakıları icra etmək imkanı var: 3-5 saniyə ərzində istənilən növ ərintilərin dəqiq kimyəvi analizi; səthi hazırlamadan çətin şəraitdə birbaşa ölçmə, möhkəm, möhürlənmiş hissədən ibarət korpus, nasazlıq olmadan asan işləmə üçün daxili parlaq sensor displeylə işləmək (klipli mini-kompüterlər yoxdur). Tullantıların qəbulu zamanı sürətli qiymətləndirmə üçün portativ rentgen- flüorossent

cihazları istifadə olunur. Onların tətbiqində metallurgiya zavodlarından bir çoxunun təcrübəsi var.

### 3.3. Tullantıların səpilən sıxlığının ərimə şəraitinə təsiri

Böyük qırıntıların yüksək güclü QPS-da əridilməsinin özünəməxsus xüsusiyyətləri vardır. Ağır kütləli tullantı parçaları öz kütlələrinin təsiri altında tez bir zamanda maye vannaya batırılır və sonra praktiki olaraq ərimir, ancaq həll olunur. Maye ərintisinin və həll olunmuş qırıntı parçasının temperaturları arasındakı fərqin kiçik olması ilə, “bərək parça-maye ərimə” sərhədində istilik ötürülməsinin intensivliyinin azalması səbəbindən onun həll olunma müddəti artacaqdır. Bu, oksidləşmə dövrünün müddətinin uzanmasına və müvafiq olaraq əridilmiş poladın hər tonuna elektrik enerjisi sərfinin artmasına səbəb olur. Bu səbəbdən də, metal doldurmada ağır qırıntıların miqdarını 20-25% -ə qədər məhdudlaşdırmaq tövsiyə olunur.

Yükləmə badyalarında qırıntıların səpilmə sıxlığı (QSS) 0,7-1,5 t / m<sup>3</sup> arasında dəyişir və sobanın içşi zonasında şaxtaya yenidən yüklədikdən sonra 10-15% azalır. Tullantının səpici sıxlığını birinci badyanın kütləsi ilə qiymətləndirmək qəbul olunub. Qırıntı parçaları oksidləşdirici atmosferdə qızdırıldıqda onun səthində 700°S-dən yuxarı temperaturda FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dəmir oksidlərindən ibarət yanlıq təbəqə-vyüstit əmələ gəlir. Vyüstit (FeO) digər yüksək oksidləşmə dərəcəsinə malik dəmir oksidlərlə müqayisədə daha çox tezəriyəndir, bu səbəbdən o tez əriyir və tullantı parçalarının səthini nazik bir təbəqə ilə örtür. Dəmirin oksidləşməsi prosesi aşağıdakı düsturla xarakterizə olunur:

$$g_M^K = n \cdot k \cdot \tau \quad (3.1)$$

burada,  $g_M^K$  -vahid zamanda dəmir parçasının (nümunənin) vahid səthə düşən kütləsinin artması;  $n, k$ - temperaturdan asılı oksidləşmə sabitləri;  $\tau$ - zaman.

Oksidləşmə reaksiyası düsturundan belə çıxır ki, proses ilkin mərhələdə intensiv şəkildə gedir, sonra isə zəifləyir. Vyüstit oksigen ionları ilə zənginləşərək metal hissələrinin üzərində Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> və Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> əmələ gələnə qədər metala yapışacaqdır. Oksidlərin qırıntıların səthindən sonrakı köçürülməsi prosesi, temperaturun oksidlərin



ərimə temperaturunun ədədi qiymətinə yaxınlaşması vaxtı, yəni təxminən 1179-1180°S-ə qədər yüksəldikdə baş verir. Dəmir-polad qırıntılarının səthindən aşağı istilik keçiricisi olan yanığın çıxarılması onun intensiv qızdırılmasını və sonradan metalın əriməyə keçməsinə əvvəlcədən müəyyənləşdirir. Şixtə təbəqəsinin istilik müqaviməti aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$R = \frac{l}{\lambda_{ef}} \quad (3.2)$$

burada,  $l$ - QPS-nin işçi zonasının diametri boyunca şixtə qatının qalınlığı, m;  $\lambda_{ef}$ - boşluqları olan materialın istilik keçiriciliyinin effektiv əmsalıdır.

Şixtə hissələri arasında doldurulma zamanı boşluqlar yaranır. Ərimə zamanı boşluqların həll olması ilə şixtə qatının məsaməliliyi azalır. Sobaya doldurulduqda şixtə təbəqəsində qeyri-metal materiallar- kömür, əhəng də olur ki, bunlar da effektiv istilik keçiriciliyi əmsalını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Şixtənin metal hissəsinin nisbətən yüksək istilik keçiriciliyi ilə yanaşı, onun tərkibinə daha az istilik keçirici qeyri-metal komponentlər də daxildir.

Tullantı təbəqəsi nisbətən yüksək istilik müqavimətinə malikdir, çünki doldurulma zamanı şixtənin sıxlığı çox da kəpəklənir, çünki ayrı-ayrı parçalar qırılır və çoxsaylı qapalı boşluqlar istilik keçiriciliyi və qövs boşalmasının istilik mənbəyindən yenidən radiasiya ilə istiliyin ötürülməsini çətinləşdirir. Şixtə qatının istilik müqaviməti (3.2) düsturu ilə müəyyən edilir.

Metal şixtənin maye vəziyyətə keçməsinin ümumi təsviri tullantı parçalarının qeyri-müəyyən ölçüsü və forması, sobanın müxtəlif temperaturlu müxtəlif hissələrində yerləşməsi ilə əlaqələndirilir. Metal şixtənin tərkibindəki qeyri-metal materialların istilik keçiricilik əmsallarının kiçik dəyərləri qızdırılan materialın əhəmiyyətli istilik müqavimətini müəyyənləşdirir və böyük istilik istehlakı tələb edir. Şixtənin temperaturu 900°S-dən yuxarı qalxdıqda, şixtə qatının məsaməliliyi azalması ilə plastik deformasiyaya görə onun ümumi şəffaflığının azalması da baş verir. Dəmirdən daha az oksidləşmə dərəcəsinə malik olan elementlər (nikel, mis, qalay və s.) temperaturdan və ya metal səthində oksidin tərkibində olma miqdarından

asılı olaraq metallik vəziyyətdə qalırlar və əmələ gələn şlakla xaric olunurlar. Bütün metal şixtəsinin maye vəziyyətə keçməsi prosesinin dəqiq təsvirinin olmamasına görə onun qiymətləndirilməsində böyük çətinliklər növbəti səbəblərlə əlaqələndirilir: qırıntı parçalarının müxtəlif ölçüləri və forması; müxtəlif temperaturlu soba bölmələrində qırıntı parçalarının yerləşməsi (54). Bərk cisimlərin səthinin onların orta ölçüsünün kvadratına mütənasib olaraq artması və cisimlərin həcmnin (kütləsinin) bu ölçüdə olan kuba mütənasib olması barədə ümumi fikrə əsaslanaraq yazıla bilər:

$$\frac{dM_{tul}}{d\tau} = K_{\vartheta r} \sqrt[3]{M_{tul}^2} \quad (3.3)$$

burada,  $K_{\vartheta r}$ -ərimə temperaturunun əmsəlidir.

Əgər  $\tau$  zaman müddətində ərimiş tullantı parçalarını  $X$ -lə işarə etsək (%-lə tullantıların ümumi kütləsindən), onda aşağıdakı düsturu yazmaq olar :

$$\frac{dX}{d\tau} = K_{\vartheta r} \sqrt[3]{(100 - X)^2} \quad (3.4)$$

(3.4) düsturunu inteqrallasaq alarıq:

$$3 \cdot \sqrt[3]{100 - X} = -K_{\vartheta r} \tau + C \quad (3.5)$$

Onda  $\tau_1$  və  $\tau_2$  zaman müddətində ərimə temperaturunun əmsəlini aşağıdakı kimi ifadə edərik:

$$K_{\vartheta r} = \frac{3 \cdot \sqrt[3]{100 - X} - 3 \cdot \sqrt[3]{100 - X^2}}{\tau_2 - \tau_1} \quad (3.6)$$

Metal şixtənin optimal strukturu müəyyən bir qiymətə qədər maksimum doldurma sıxlığını, yükləmə zamanı soba divarının qorunmasını, ərimə dövründə qövsün yaxşı qorunmasını, minimum ərimə müddətini və enerji istehlakını təmin etməlidir. Badyaya doldurarkən qırıntıların qablaşdırma sıxlığı diblikdə minimum boşluqlar sayını təmin etməlidir, çünki hər boşluğun yox olmasına orta hesabla təxminən 2-5 dəqiqə sərf olunur və buna görə də ərimə müddəti və istilik itkiləri bu itirilən vaxta görə artır. Səpilən qırıntıların sıxlığı qırıntıların ölçülərindən və onların formasından, parçaların kütləsindən və həm badyada, həm də sobanın iş yerində doldurulma zamanı yığılmasından asılıdır (25).

Parçaların işçi sahədə yerləşməsi şixtə qatında istilik mübadiləsinə, qırıntı parçalarının qızdırılmasına və əriməsinə, aralıq məhsulda azotun miqdarına da təsir göstərir. Toplu təbəqənin xüsusiyyətləri metaldakı azotun tərkibinə öz təsirini göstərir. Yüksək keyfiyyətli boru və konstruksiya poladlarının istehsalında, xüsusən də müəssisədə vakuüm metal emalı yoxdursa, məhsul ən azı 70 ppm olmalıdır (1 ppm =1q/t) (55). Tədqiqat zamanı məlum olub ki, orta və ağır polad qırıntıları metalda azotun miqdarını artırır, yüngül qırıntılar isə əksinə azaldır. Bu baxımdan, metalda azotun müəyyən konsentrasiyasını almaq üçün şixtə tərkibinin texnoloji problemini həll etmək lazımdır. Çıxışda metalda azotun konsentrasiyası aşağıdakı düsturla müəyyən edilə bilər (54):

$$[N] = [N_0] - 0,43 \cdot X_y + 0,53 \cdot X_{or} + 1,81 \cdot X_a - 1,83 \cdot X_{ç} \quad (3.7)$$

burada,  $[N_0]$  - tullantı toplumunda azotun orta qatılığdır, 80-100 ppm qəbul edilməklə.  $X_y, X_o, X_a, X_{ç}$  - müvafiq olaraq yüngül, ort, ağır və pota çuqunun kütlə miqdarıdır, %-lə.

Bu baxımdan, metalda azotun müəyyən konsentrasiyasını almaq üçün doldurma tərkibinin texnoloji problemini həll etmək lazımdır. Çıxışda metalda azotun konsentrasiyası aşağıdakı düsturla müəyyən etmək olar:

$$\rho = \frac{100}{\left(\frac{X_y}{0,6} + \frac{X_{or}}{1,0} + \frac{X_a}{1,5} + \frac{X_{ç}}{2,6}\right)} \quad (3.8)$$

burada 0,6; 1,0; 1,5; 2,6- müvafiq olaraq yüngül-, orta-, ağırçəkili dəmir tullantının və pota çuqunun səpici sıxlıqlarıdır.

QPS-135 sobasını iki 90 m<sup>3</sup> həcmli badya ilə yükləmək üçün şixtənin orta sıxlığı 0,7 t/m<sup>3</sup> və daha çox olmalıdır. Polad əridilməsində ən mühüm amillərdən biri yaxşı poladın məhsuldarlığını təyin edən metal buxarlarıdır. Qövs sobalarında əritmədə metal yanığın miqdarı texnologiyanın xüsusiyyətlərindən və əsasən istifadə olunan metal qırıntılarının keyfiyyətindən -onun tərkibindəki təmiz dəmirin miqdarından və qarışıqlardan (pas, yanıt və müxtəlif örtüklərin olması), aktiv səth təbəqənin qalınlığından da asılıdır ki, bu da səpici sıxlıq baxımından qiymətləndirilir.

Müxtəlif növ qırıntıların texnoloji dəyəri mümkün yanıtın miqdarından və oksigenlə əridilmənin intensivləşməsindən asılıdır. Metal yonqarlardan istifadə

edildikdə və tullantı sürtkü yağları və örtük materialları ilə çirklənmiş olarsa, bunlar şixtənin yanığının miqdarına (10-dan 18% -ə qədər) böyük təsir göstərir.

Poladəritmə qırıntılarının strukturu QPS-nin enerji rejiminə və polad emalı üçün elektrik enerjisinin istehlakına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir.

### **3.4. Qövs poladəritmə sobalarının işləməsinin enerji rejimi**

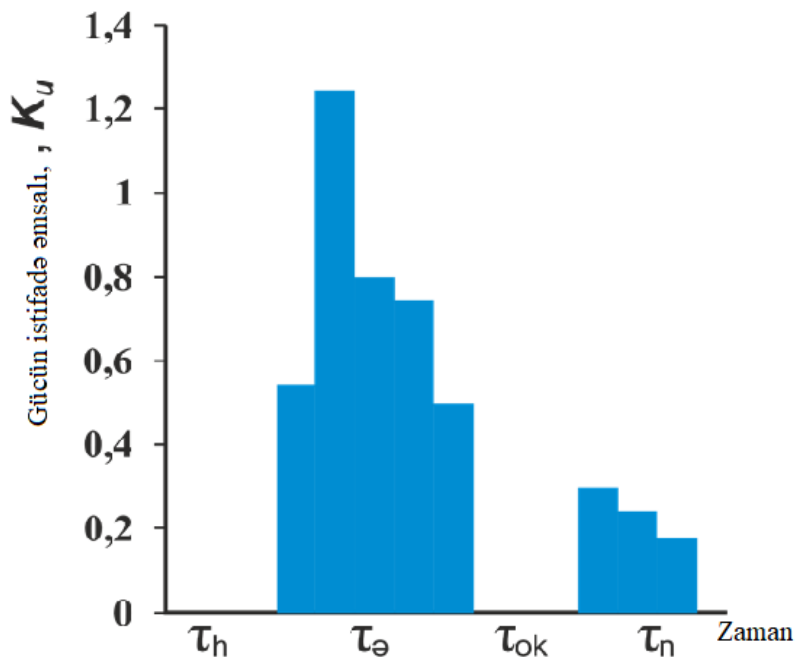
Qövs poladəritmə sobalarında (QPS) polad əritmə işinin enerji rejimi elektrik enerjisinin istehlakını müəyyən edir, orta hesabla bir ton əritmək üçün xüsusi xərcləri ilə hesablanır. QPS-nin iş sahəsinin həndəsi ölçülərinin texnoloji cəhətdən rəasional nisbətləri istilik axınlarının əlverişli paylanması təmin edir. Elektrodlara verilən güc qövslərin gücündən asılıdır. İstilik axınlarının paylanması isə məhz qövslərin gücündən asılır, yəni elektrodlara verilən gücdən asılıdır. Bu səbəbdən də ərimə zamanı rəasional enerji rejimi QPS-nin düzgün işləməsi üçün zəruri şərtədir (5).

Müxtəlif ərimə dövrlərində enerji rejimi fərqli olacaq. Bərk metalşixtənin qızdırılması və əridilməsi kimi enerjihəcmli prosesə sərf olunan zamanı ixtisar etmək üçün məqsədyönlüdür ki, proses maksimum yüksək güclə aparılsın. Əridilmənin energetik dövrü bütün ərimə prosesinin yarısından çoxunu əhatə edir. Bütün sərf olunan elektrik enerjisinin 60-80%-i məhz bu prosesə sərf olunur. Polad əritmə texnologiyası yüksək enerji sərfiyyatı ilə bağlıdır və tələb olunan istilik enerjisinin bir hissəsi ekzotermik reaksiyalar nəticəsində birbaşa maye metalın həcmindən ayrılabilir. Əritmənin texnoloji dövrünün enerji rejimi metalın və sobanın divarlarının tələb olunan temperaturunu təmin etməlidir. Qaz-oksigen odluqlarının tətbiqi ilə əlaqədar ekzotermik proseslərin əhəmiyyətli inkişafı olmadıqda, QPS-nin istilik gücü elektrik qövslərində tamamilə sərbəst buraxılır. Sobada istilik rejimini inkişaf etdirərkən aşağıdakı şərtlər nəzərə alınır: metal şixtəsini soba transformatorunun iqtisadi cəhətdən optimal gücünün qiyməti ilə müəyyən edilən ən qısa müddətdə əritmək lazımdır; müəyyən bir ərimə dövrü üçün istilik balansından müəyyən edilmiş müvafiq miqdarda istilik enerjisi vermək; istilik itkilərini kompensasiya etmək üçün enerji təchizatı elə təşkil edilməkdir ki, sobanın divarlarını həddindən artıq istiləşməsinin qarşısını alınsın. Şixtənin ərimə prosesinin hesablanması çox mürəkkəbdir. Bundan əlavə, təcrübə göstərir ki, ərimə dövrünün enerji rejimi hesablanma bilməyən çoxlu

sayda amillərdən (şixtənin səpilmə sıxlığı, qoyulma üsulu, fasilələr zamanı itirilən istilik miqdarı və s.) asılıdır. Bu səbəbdən də ayrı-ayrı ərimələrin enerji rejimləri çox fərqlənir. Soba transformatorunun gücünün hamar dəyişməsinə əldə etmək üçün ərimə müddətindən asılı olaraq pilləli tənzimləmədən istifadə etmək lazımdır (39).

İstiliyin ilkin mərhələsində nominal gücün yalnız yarısı təqdim olunur. Sonra qövsələrin qapalı yanması dövrü başlayır ki, bu vaxt soba divarlarının həddindən artıq istiləşməsi mümkün deyil. Bu bölmədə nominal gücü 1,2 və ya daha çox dəfə aşan elektrikle icazə verilən maksimum güc tətbiq edilir. Sonra soba divarlarının həddindən artıq istiləşməsinin qarşısını almaq üçün güc azaldılır.

QPS-da ərimənin enerji rejiminin asılıq qrafiki şəkildə verilmişdir (şəkil 3.2)(10). Böyük tutumlu QPS-da şixtənin səpilən sıxlığı 0,8-1,2 t/m<sup>3</sup> olduqda, bütün ərimə prosesini maksimum gücdə həyata keçirmək mümkündür, yalnız dövrün sonunda onu azaldırlar, çünki enerji dövründə soba divarının temperaturu çox vaxt şlak temperaturuna belə çatmır. QPS-da müxtəlif növ enerjilərin effektivliyinin



Şək.3.2. QPS-da əridilmənin energetik rejiminin zamandan asılılıq qrafiki:  $\tau_\theta$ -ərimə vaxtı;  $\tau_{ok}$ -oksidləşmə vaxtı;  $\tau_n$ -nümunənin götürülməsi

elektrik FİƏ-  $\eta_{el}$  –lə ifadə etmək qəbul olunmuşdur. Bu zaman işçi sahəsinə verildikdə elektrik enerjisinin itkisini, istilik səmərəliliyini nəzərə alan FİƏ- $\eta_{is}$ , elektrik sobasının qurğusunda bütün növ enerjinin nə qədər səmərəli istifadə edildiyini göstərən FİƏ-  $\eta_{üm}$

də nəzərə alınmalıdır. Ümumi  $Fİ\Theta - \eta_{\text{üm}}$  həm sobanın dizayn xüsusiyyətlərini, həm də iş şəraitini xarakterizə edir və müxtəlif sobaların işini müqayisə etmək üçün universal parametr kimi xidmət edə bilər. Hesablamalarda əldə edilən  $Fİ\Theta$  belə təqdim olunur : elektrik  $Fİ\Theta - 0,91$ ; istilik  $Fİ\Theta - 0,58$ ; ümumi  $Fİ\Theta - 0,56$ . Müasir yüksək güclü qövs sobaları üçün bu əmsalların diapazonu:

- elektrik  $Fİ\Theta$  təxminən 0,90-0,95;
- istilik  $Fİ\Theta$  təxminən 0,65-0,70;
- ümumi  $Fİ\Theta$  təxminən 0,55-0,65-dir.

İstilik və enerji balansları əsasında ərimənin enerji rejimi hazırlanmışdır ki, bu da ərimə zamanı güc dəyişilməsi addımlarının sayı və böyüklüyü və ya elektrik soba transformatorunun gərginliyi şəklində güc dəyişikliklərinin qrafikidir. Bu, avtomatik idarəetmə sistemlərində tənzimlənən elektrik enerjisinin müəyyən istehlakına uyğundur. Artıq qeyd edildiyi kimi, şixtənin ərimə müddəti bütün ərimə vaxtının yarısından çoxunu alır, ümumi elektrik istehlakının 60-80% -i istehlak olunur və hər ton polad əridilməsinə elektrik enerjisinin xüsusi istehlakının dəyərini təyin məhz edən bu dövrdür. Ərimənin texnoloji dövrünün enerji rejimi metalın və soba divarının tələb olunan temperaturunu təmin etməlidir. Ümumiyyətlə, qızdırılma gücü  $P_q$  şəklində sobaya daxil edilən istilik gücü aşağıdakı tənliklə təsvir olunur:

$$P_q = P_a + P_{sda} + P_{it} \quad (3.9)$$

burada,  $P_a$ - faydalı güc,  $MV \cdot A$ ;  $P_{sda}$  – soba divarının akkulyasiya edən güc,  $MV \cdot A$ ;  $P_{it}$  – istilik itkilərinin gücü,  $MV \cdot A$ .

Ərimə zamanı soba divarının temperaturunun artması soba üçün istilik istehlakının azalmasına səbəb olur, lakin istilik itkilərini artırır. Bu dəyərlər soba divarının həddindən artıq istiləşməsinə və məhv olmasına səbəb olmur, çünki istilik daxili səthdən istilik keçiriciliyi və soyudulmuş su ilə tamamilə çıxarılır. Gücün qalan hissəsi sobanın sərbəst fəzasında istilik mübadiləsini təyin edir. Elementlərin oksidləşməsinin ekzotermik reaksiyaları və qaz-oksigen ocaqlarının və alternativ istilik mənbələrinin istifadəsi olduqda, ərimə üçün elektrik enerjisinin istehlakı azaldıla bilər. Qövs sobalarında poladın əriməsi üçün praktiki qrafiklər tez-tez

hesablanmış qrafiklərdən fərqlənir. Şixtənin 0,8-1,2 t /m<sup>3</sup> səpilmə sıxlığında böyük tonnajlı QPS-1 üçün bütün ərimə maksimum gücdə aparılır, dövrün sonuna qədər azalır və soba divarı temperaturu çox vaxt şlak temperaturuna çatmır. Qrafikin ordinat oxunda gücün istifadə əmsalı  $S_{max}/S_{ist}$ , götürülür. Burada müvafiq olaraq  $S_{max}$  – maksimal,  $S_{ist}$  – istifadə olunan gücdür, MV·A . Yüksəkgüclü QPS-1 üçün bu kəmiyyət belə olur:

$$K_u = \frac{S_{max}}{S_y} = 1,2 \div 1,4 \quad (3.10)$$

Şixtənin ərimə dövrü üçün enerji balansı tənliyinə əsasən, soba transformatorunun enerji istehlakı aşağıdakı düsturla hesablanır :

$$P_{el} + Q_{ekz} \cdot m = Q_e \cdot m + g_d \cdot m \tau_s + g_e \cdot m \tau_\sigma, \text{ kVt}, \quad (3.11)$$

burada,  $P_{el}$  – əridilmə zamanı sobaya verilən güc, kVt·saat/ton;  $Q_{ekz}$  – qarışıqların və şixtənin dəmirinin oksidləşməsinin ekzotermik reaksiyalarının xüsusi istilik enerjisi, kVt·saat/ton;  $m$  – sobanın nominal həcmi;  $Q_e$  – energetik dövrün xüsusi enerji məsrəfi kVt·saat/ton;  $g_d$  – əridilməarası istilik itgilərinin xüsusi gücü, kVt·saat/ton;  $\tau_s$  – sobanın ərimələrarası dayanması müddəti, saat;  $\tau_\sigma$  – ərimənin davam etmə müddəti, saat.

QPS-nın enerji balansının daxil olan hissəsində ekzotermik reaksiyaların istiliyinin payı sobanın tutumundan praktiki olaraq asılı deyil. Ərimə prosesini intensivləşdirmək üçün oksigendən istifadənin adi praktikasında bu fraksiyanın ton başına kilovat-saatla dəyəri kiçik hədlər daxilində dəyişir və hesablamalarda ümumi daxil olan enerjinin 20%-i və ya 0,2-si kimi qəbul edilə bilər:

$$Q_{ekz} \cdot m = 0,2 \cdot (P_{el} \cdot \tau_\sigma + Q_{ekz} \cdot m), \text{ kVt} \cdot \text{saat/ton} \quad (3.12)$$

(3.9) düsturunda  $Q_{ekz}$  ifadəsini  $P_{el} \cdot \tau_\sigma$  ilə əvəz etsək, daxil edilən  $P_{el}$  gücün hesablanması üçün aşağıdakı düsturu alarıq:

$$P_{el} = \frac{0,8 \cdot m \cdot (Q_e + g_n \cdot m_\tau + g_e \cdot m)}{\tau_\sigma}, \text{ kVt} \quad (3.13)$$

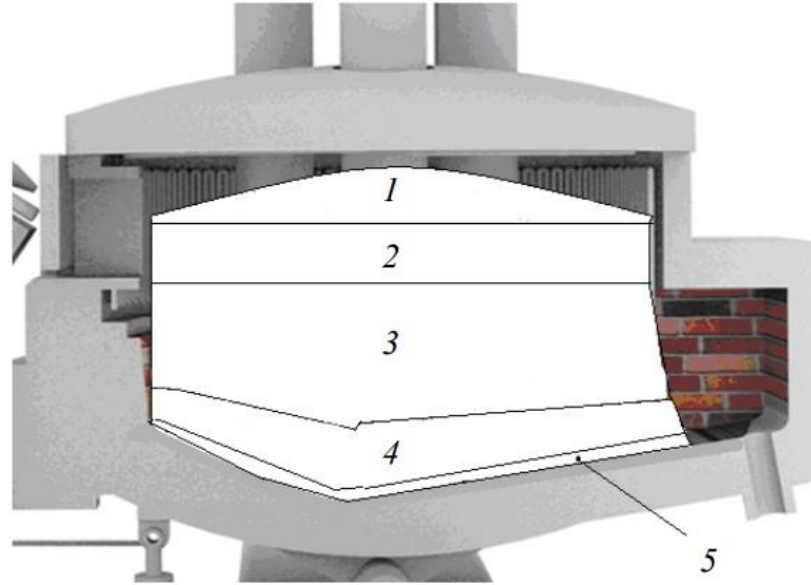
Metal və şlakın əriməsi və qızdırılması üçün xüsusi enerji sərfi adətən geniş diapazonda dəyişir. Poladın ərimə temperaturunu 1500°S-ə qəbul etsək, 0,03-0,04

şlak nisbəti ilə (şlak kütləsinin metal kütləsinə nisbəti), onda  $Q_e$  təxminən 400 kVt·saat/ton olacaqdır. Aralıq ərimə vaxtı və ərimə zamanı istilik itkilərinin xüsusi gücü  $g_e$ , kVt·saat/ton sobanın tutumundan asılıdır və təxmini qiymətləndirmə üçün onu qəbul etmək olar:

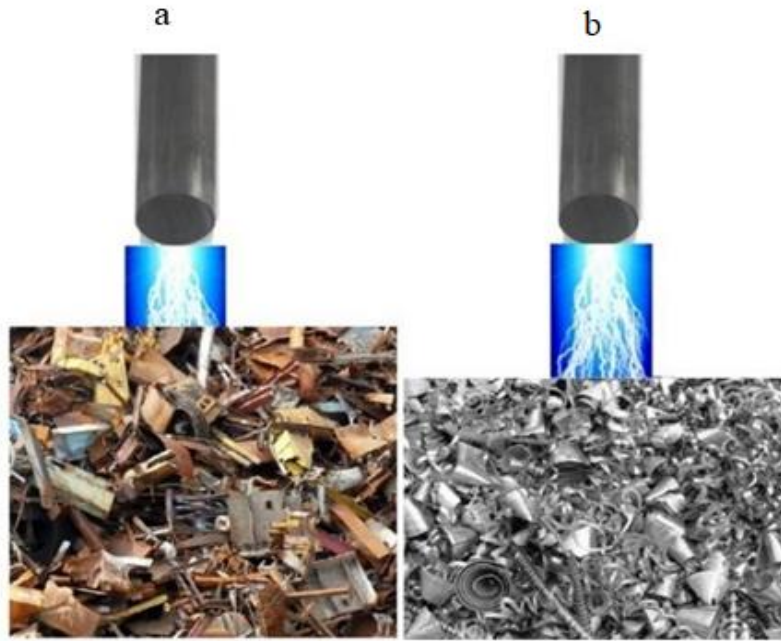
$$g_e = (220 \div 360) \cdot m^{0.5}, \text{ kVt} \cdot \text{saat/ton} \quad (3.14)$$

Sobanın tutumunun artması ilə istilik itkiləri artır. Ərimə fasilələri zamanı istilik itkilərinin xüsusi gücü  $1,5g_e$  bərabər qəbul edilə bilər, yəni ərimə dövründə istilik itkilərinin xüsusi gücündən 1,5 dəfə çox ola bilər, bu səbəbdən də sobanın işləməsinin ərimə dövrləri bütün vasitələrlə azaldılmalıdır. Texnoloji ərimə dövrü metalın və şlakın fiziki-kimyəvi vəziyyəti, soba divarının istilik vəziyyəti və nəticədə transformatorun müəyyən güc səviyyələrinə uyğun müxtəlif enerji sərfiyyatı ilə müəyyən edilən müxtəlif müddətlərlə xarakterizə olunan bir sıra ardıcıl intervallardan ibarətdir. Tipik olaraq, şixtənin əriməsi zamanı maksimum güc transformatorun çıxarılır və sonra soba divarının həddindən artıq istiləşməsinin qarşısını almaq üçün gücün pilləli azalması başlayır. Güc tənzimlənməsinin dərinliyini təyin etmək üçün minimum və maksimum ikincil gərginlik nəzərə alınmalıdır. Avtomatik tənzimləyici verilmiş ərimə cədvəlinə uyğun olaraq lazımi gərginlik səviyyəsini seçir. Güclü sobalarda ən yüksək gərginlik səviyyəsi təxminən üç dəfə aşağı olmalıdır. Soba qarışdırılmasının intensivliyi cərəyanın böyüklüyündən asılı olduğundan, metalın tutulması zamanı gərginliyi azaltmaq və cərəyan gücünü artırmaq, yəni qısa qövs üzərində işləmək daha düzgün olar. Lakin bu halda metalın karbonlaşması mümkündür ki, bu da aşağı karbonlu poladların əridilməsi zamanı nəzərə alınmalıdır. Soba transformatorunun giriş gücündən ən səmərəli istifadəni əldə etmək üçün yüklənmiş qırıntıların müxtəlif sıxlığını nəzərə almaqla QPS-da şixtənin rəasional doldurulması zəruridir (şəkil 3.3) (37). Metal qırıntılarının yükləmə sıxlığı qövs sobasının iş yerində elektrik qövsünün yanma rejiminə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir, qısa və ya uzun bir qövsü təmin edir (şəkil 3.4). Metalloşixtənin əriməsi prosesi maye və bərk fazalar arasında istilik və kütlə mübadiləsi prosesləri ilə əlaqələndirilir. Ərimə sürəti istilik və kütlə mübadiləsi prosesləri ilə birlikdə idarə oluna bilər və əhəmiyyətli dərəcədə bərk və maye fazaların kimyəvi tərkibindən asılıdır.



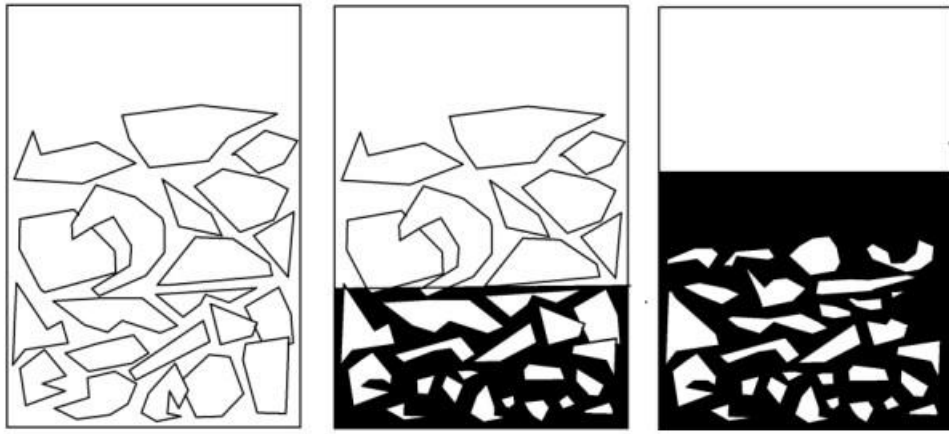


Şək.3.3 . QPS-da şıxtənin doldurulmasının düzgün yerləşdirilməsi; 1-yüngül lom; 2-orta lom; 3-ağırçəkili iriqabaritli lom; 4-yüngülçəkili lomun amortizasiya edən təbəqəsi; 5-maye şəklində qarışıq



Şək.3.4. QPS-nın işçi fəzasında metal qırıntılarının yerləşməsi sıxlığından asılı olaraq qövsün uzunluğu: a-tam doldurmada qısa qövs; b-yüngülçəkili doldurmada uzun qövs

Elektrik qövs sobalarında istilik mənbəyi qövs olduğu və müxtəlif fazaların (metal tullantıları, çuqun, şlak əmələgətiricilər və maye metalın qalığı) müxtəlif cür isinməsi nəticəsində ərimə prosesində istilik mübadiləsi bir neçə üsullarla istilik mübadiləsi aparılır : istilik keçiriciliyi, konveksiya və radiasiya. Ərimə QPS-nın işçi fəzasında ərimə prosesini şərti olaraq üç mərhələyə bölmək olar (şəkil 3.5) (39).



Şək. 3.5. Qövslü poladəritmə sobalarının işçi fəzasında şıxtənin əriməsinin üç mərhələsi

1. **Qızdırılma mərhələsi.** Qırıntılar əsasən sobanın yuxarı hissəsində elektrik qövsü ilə qızdırılır. İstilik qövs radiasiyası, metal qırıntıları arasında boş yerə keçən isti qazların konveksiyası, həmçinin qırıntı parçaları arasında təmas nöqtələrində istilik keçiriciliyi hesabına ötürülür. Sobanın yuxarı hissəsində metal qırıntılarının temperaturu ərimə nöqtəsinə çatana qədər yüksəlir. Bu mərhələdə, əsasən, qaz və bərk fazalar arasında istilik mübadiləsi nəzərə alınmalıdır.

2. **Ərimə mərhələsi.** Metal qırıntılarının əriməsinə başladıqdan sonra (və bu proses QPS-nın işçi fəzasının yuxarı hissəsindən başlayır) ərimiş metalın ilk hissələri sobanın dibinə doğru aşağıya hərəkət edir. Daha sonra işçi fəzada bərk qırıntı təbəqəsinin hündürlüyü azalarkən maye metalın səviyyəsi yüksəlir. Metal qırıntılarının bütün kütləsi bu anda həm yuxarı hissədə quraşdırılmış yanacaq-oksigen odluğunun məşəlləri və ya divarlarda, həm də sobanın dibindəki ərimiş metal sayəsində qızdırılır. Maye metalın səthi metal qırıntıları əridikcə yuxarı hərəkət edir. Eyni zamanda “qaz - bərk” və “bərk – maye” fazaları arasında əlaqə mövcud olur.

3. **Son mərhələ.** Bütün qırıntılar tamamilə maye əriməyə batırıldıqdan sonra orada yalnız “bərk-maye” faza əlaqəsi qalır. Nəzərə alınan sahə sabitləşir. Maye ərimənin mövcudluq sahəsi genişlənir, bərk və maye fazaların təmas səthi metal qırıntıları tamamilə əriyəne (həll olunana) qədər davamlı olaraq azalır. Enerji balansının hesabatlarından əridilməyə sərf olunan enerjinin 11%-i qaz-oksigen odluqlarından, 9% maye çuqundan və 4,4% əvvəlcədən qızdırılmadan daxil olur və bu da ümumi enerjinin 25%-ni təşkil edir. Ekzotermik reaksiyalardan istiliyi 30%

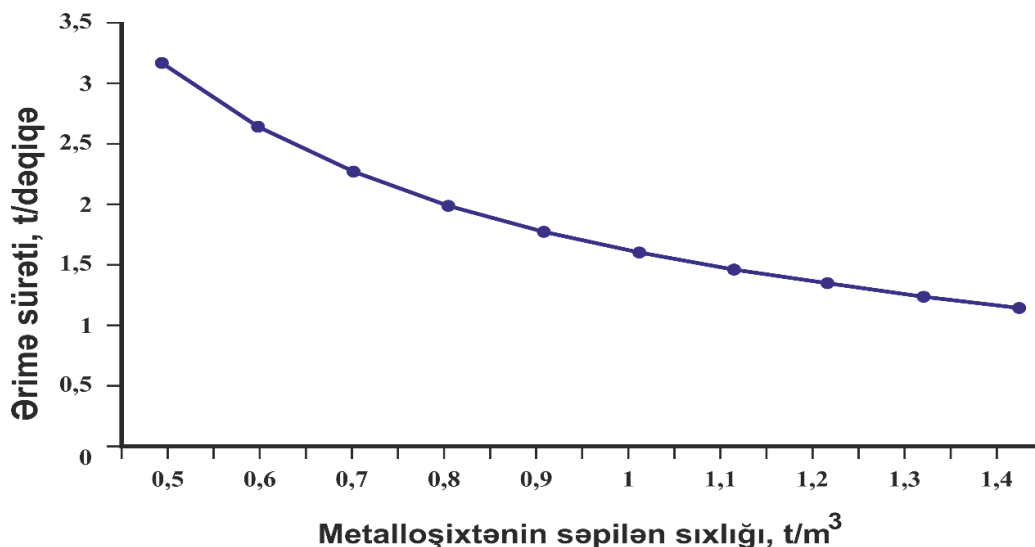
təşkil edir. İstilik itkiləri isə 32% təşkil edir. Kameradan ayrılan qazların istiliyi 500-800<sup>0</sup>S-olur. Bu istilikdən istifadə olunmadığı üçün onlar soyudulur.

### 3.5. Metal tullantılarının səpilən sıxlığının QPS-nin göstəricilərinə təsirinin qiymətləndirilməsi

Qövs polad əritmə sobalarında poladın əridilməsi zamanı texniki-iqtisadi göstəricilər əsasən qırıntıların səpilən sıxlığı ilə müəyyən edilir. Bu parametr təkcə metalın qızdırılması və əriməsi sürətinə deyil, həm də ərimə müddətinin artmasına və sobanın məhsuldarlığının azalmasına birbaşa təsir edən boşluqların sayına da təsir göstərir (bir boşluğa 3-5 dəqiqəyə qədər vaxt və istilik itkisi tələb olunur) (37). Yüklənmiş şixtənin əriməsi prosesi üçün xüsusi enerji istehlakı aşağıdakı düsturla müəyyən edilə bilər:

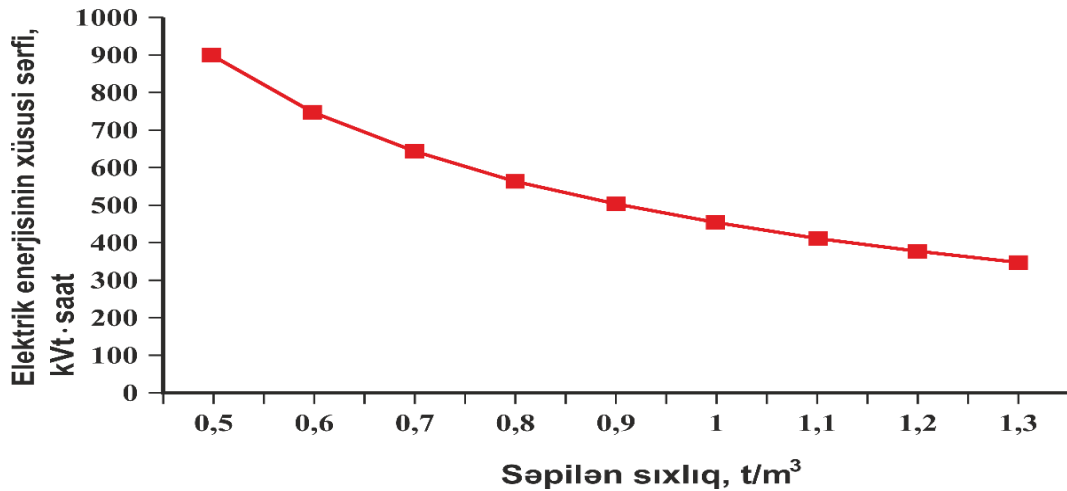
$$q = K_T \cdot W / \rho \cdot V_s, \quad (3.15)$$

burada,  $K_T$  .1 ton metalloşixtənin sərf olunma sabiti, t/t ;  $W$ -vahid zamanda elektrik enerjisinin ümumi sərfi, kVt·saat;  $\rho$ -səpilən sıxlıq, t/m<sup>3</sup>,  $V_s$ -sobanın daxili həcmi. Səpilən sıxlığın elektrik enerjisinin xüsusi sərfinə təsirini araşdırsaq və alınan nəticələr əsasında qrafik qursaq görərik ki, səpilən sıxlığın ədədi qiyməti qalxdıqca, elektrik enerjisinin xüsusi sərfi azalır (şəkil 3.6).



Şək.3.6. Elektrik enerjisinin xüsusi sərfinin səpilən sıxlıqdan asılılığı

Metal şixtənin səpilən sıxlığını dəyişdirərək, metalloşixtənin ərimə sürətini qiymətləndirmək olar (şəkil 3.7)(10). Metalloşixtənin səpilən sıxlığı nə qədər yüksəkdirsə, sobanın ərimə sürəti bir o qədər yüksək olur. Bundan əlavə, nəzərə



Şək.3.7.Əridilməyə sərf olunan vaxtın metalloşixtənin səpilən sıxlığından asılılığı

alınmalıdır ki, səpilən sıxlığın ədədi qiyməti sobada yaranan boşluqlarına sayına təsir edir və ərimə zamanı həm vaxt itkisi, həm də enerji itkisinə səbəb olur. Qeyd etmişdik ki, hər bir belə boşluğun ləğv olunmasına təxminən 2 dəq. vaxt sərf olunur. Sobadakı metalloşixtədə yaranan boşluqlarının sayını boşaltma badyalarının həcmi, sobanın tutumu və metalloşixtənin səpilən sıxlığını bilməklə hesablamaq olar. Sobadakı metalloşixtədə yaranan boşluqlarının sayını boşaltma badyalarının həcmi, sobanın tutumu və metalloşixtənin səpilən sıxlığını bilməklə hesablamaq olar:

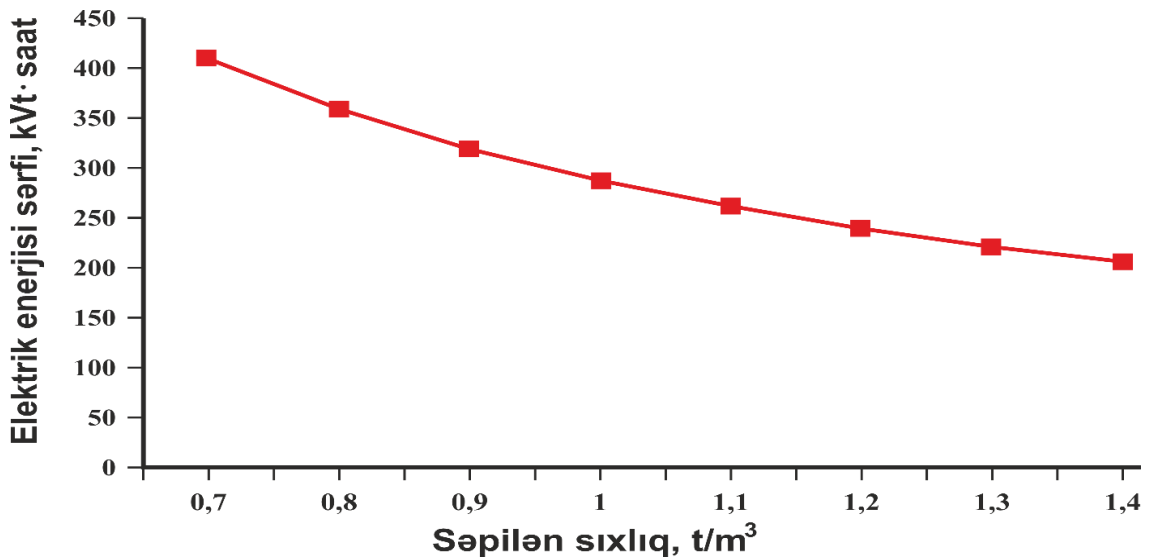
$$P = 1 + M / \rho \cdot V \quad (3.16)$$

burada,  $M$ -sobanın tutumu,t;  $\rho$ -metalloşixtənin səpilən sıxlığı, t/m<sup>3</sup>;  $V$ -boşaltma badyasının həc mi,m<sup>3</sup>;  $P$ -boşluqların sayı,tam ədəd yuvarlaqlaşdırılmış.

Qəbul edilmişdir ki, hər bir boşluq elektrik enerjisininində sərfiyyatı 10 kVt/t, cərəyansız ərimə müddətini isə 2 dəqiqə artır və bu da xüsusi enerji sərfiyyatına birbaşa təsir göstərir . Bir ton poladın əridilməsi üçün boşluqların təsiri də nəzərə alınmaqla elektrik enerjisi istehlakının hesablanmasına dair məlumatlar qrafikdə təsvir olunmuşdur (şəkil 3.8).

### 3.6. Eksperimental hissə

Liman şəhəri olduğu üçün Bakıda da bir neçə gəmi təmiri zavodları mövcuddur. Təkrar emal prosesini izləmək və bəzi proseslərin təhlilini aparmaq üçün Bakıda yerləşən “Zığ” Gəmi Təmiri və Tikintisi Zavoda göhnə gəmi tullantılarından lövbərin tökmə üsulu ilə alınması prosesində iştirak etdik. İstismar müddəti bitmiş



Şək.3.8. Yaranan boşluqlar da nəzərə alınmaqla, elektrik enerjisinin sərfiyyatının səpilən sıxlıqdan asılılığı

gəmilər burada mexaniki və termiki üsul ilə döğranır, xırdalanır və elektrik qövs poladəritmə sobalarında əridilir və verilən sifariş əsasında lazımı detallar hazırlanır (57). Burada yalnız polad deyil, həmçinin mis, bürünc və digər metal ərintiləri də təkrar emal edilərək təmir üçün ehtiyat detalları hazırlanır.

Poladdan kütləsi 600kq, dəstəyinin kütləsi isə 200kq olan Holl lövbərin hazırlanması sifariş olunmuşdu. İlk əvvəl maye metalın tökülməsi üçün press-forma hazırlanır. Formanın hazırlanması üçün modelin səthi təmizlənir və qrafit örtüklə örtülür. Press-formanın qutusu modelin aşağı hissəsinə yerləşdirilir və qutuya formalaşdırıcı qarışıq tökülür və pnevmatik çəkiclə sıxlaşdırılır. Səth şlifləyici şaberlə hamarlanır. Yuxarı hissənin modeli aşağı hissənin modeli üzərinə qoyulur. Press-formanın qutusu qutunun aşağı hissəsinə quraşdırılır və modelin yuxarı hissəsi tam dolana və bərkiyəne qədər doldurulur. Hazır press-forma 250-300<sup>0</sup>S temperaturda 3-4 saat sobada saxlanılır.

Metal tullantılarının əridilməsinin aparmaq üçün sobaya xırda monokarbon yonqarlar tökülür. Bərk hissəciklər elə yerləşdirildi ki, aralarında mümkün qədər az boşluq qalsın. Qarışıq 1600-1620<sup>0</sup>S-yə qədər qızdırıldı və üzərinə 3 kq ferrosilisiyum əlavə edilir. Şlak təmizləndikdən sonra ərinmiş metala 1tona 5kq ferrosilisiyum və 7kq ferromanqan əlavə edilir . Bundan sonra kimyəvi analiz üçün nümunə götürüldü.

Analizin nəticələri əsasında düzəlişlər aparıldı və maye metalın üzəri şlakdan təmizləndi və metalın reduksiyası aparıldı. Metal boşaldılmadan 5-8 dəqiqə əvvəl 1 tona 0,5 kq hesabı ilə alüminium, 3-5 dəqiqə əvvəl isə 0,2 kq silikokalsium əlavə edildi. Maye metal formaya töküldü. Metalın boşaldılması üçün tətbiq edilən kovş-çömçə əvvəlcədən 600-800<sup>0</sup>S-yə qədər qızdırılır. Kran vasitəsilə kovş sobanın qarşısında quraşdırılır. Sobadan kovşa maye metal tökülür. Poladın formaya tökülən zaman temperaturu 1580-1600<sup>0</sup>S olmalıdır. İsti poladın formada soyudulması üçün müəyyən müddət saxlanılmalıdır. Soyudulmadan sonra forma demontaj edilir və formadan çıxarılır. Formanın demontajı 450-600<sup>0</sup>S-də aparılır. Tökmənin səthi təmizlənir.

Ст.25Л markalı poladın alınması üçün sərf olunan materiallar,%-lə:

1. polad qırıntıları-51,79
2. çuqun qırıntıları-0,9
3. istehsalat tullantıları-45,5
4. silisium-0,89
5. Manqan-0,88
6. silikokalsium-0,2

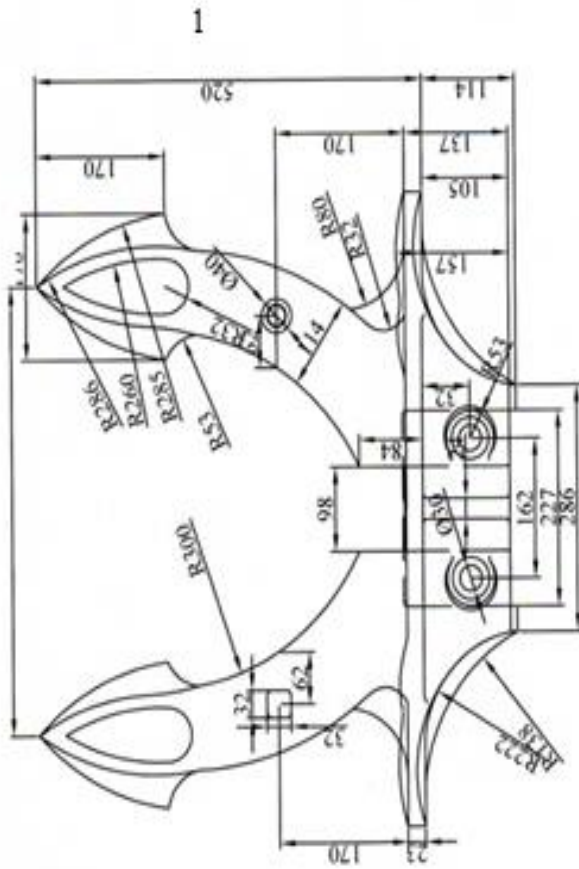
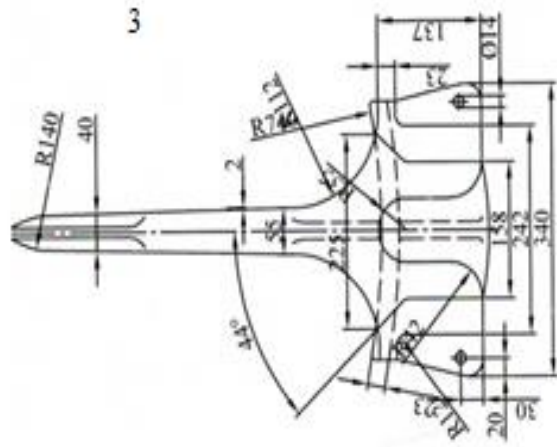
Cəmi: 100%

Xəlitənin laborator analizinin nəticələrindən sonra və verilmiş dəqiq çertyoj əsasında (şəkil 3.9 və 3.10) hazırlanan lövbər və vərdənənin DÜİST 761-74 tələblərinə cavab verilməsi yoxlanılır.

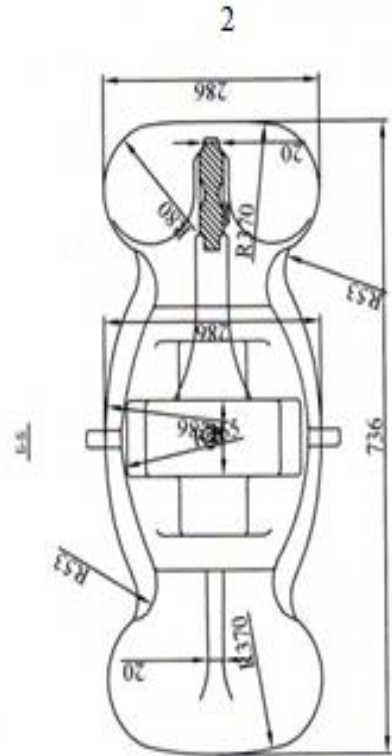
Holl lövbəri hazırlanan zaman konstruksiya, əsas ölçülər və material aşağıda göstərilən materiallara uyğun olmalıdır:

1. Pəncənin materialı- 25Л.- III DÜİST 977-88
2. Milin materialı- БСТ 3сП 2\* DÜİST 380-94\* , Ст20\* - DÜİSTn1050-88
3. Oxun materialı- Ст.3545 DÜİST1050-88
4. Sancağın materialı- БСТ 3сП 2 DÜİST 380-94 Ст20 DÜİST -1050-88

Lövbərin mexaniki xassələri DÜİST 8479-70 əsasən кп28 oxunun, qalanları isə DÜİST 8479-70 əsasən кп28-ə uyğun olmalıdır (44).



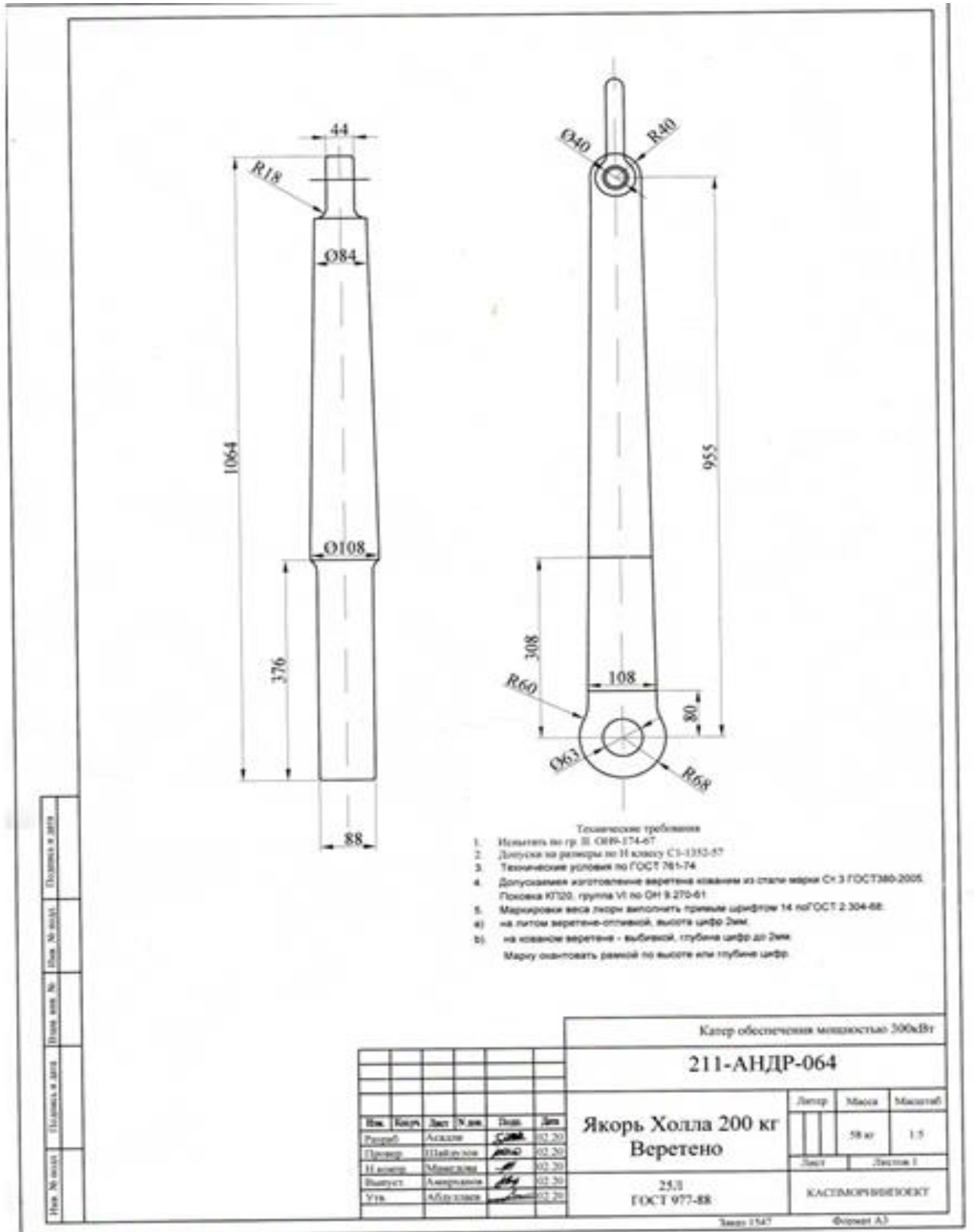
1. Номинаты по гр. II, ОИР 174-07
2. Допуски на размеры обрабатываемых поверхностей по 7 классу точности, ГОСТ 5.1010 и ГОСТ 24846-84, обработанных на станках - по С1-1302-97
3. Технические условия по ГОСТ 761-74



Катер обеспечения мощностью 300кВт		Листер		Масса	Максималь
211-АНДР-063		Якорь Холла 200 кг		130 кг	1-5
Лопаты		Лист		Листов 1	
ГОСТ 977-88		КАСТМАШИНОСТРОИТЕЛЬ		Формат А3	
25Л		ГОСТ 977-88		Лист 1	
Утв.		Абдуллаев		20.02.20	
Выполн.		Абдуллаев		20.02.20	
Исполн.		Мамедов		20.02.20	
Проект.		Шайдуллин		20.02.20	
Рисовал.		Алиев		20.02.20	
Масштаб		1:1			
Изм.		Изм.			
Исполн.		Исполн.			
Провер.		Провер.			
Утв.		Утв.			

Şək.3.9. Kütləsi 600 kq olan Holl lövbərinin çertyoju: 1-pəncə; 2-sancaq; 3- mil





Şək.3.10. Kütləsi 600 kq olan Holl lövbərinin vərdənəsinin çertyoju

**Prokatdan detal hazırlanarkən**

Prokatdan detallar hazırlanan zaman alınan məhsulun mexaniki xassələri aşağıda göstərilənlərə uyğun olmalıdır:



-Döyməyə olan tələblər № DÜİST 8479-70

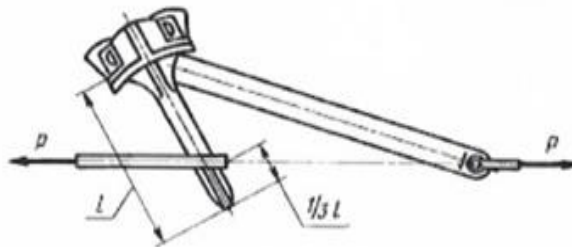
-Tökməyə olan tələblər III DÜİST 977-75

Sancaqlar və oxu daxil olmaqla Holl lövbərinin pəncəsinin kütləsi lövbərin ümumi kütləsinin ən azı 60% -i olmalıdır - 200 kq.

Tökmə detallarında aşağıdakılara icazə verilmir :

- tökmə gövdəsinin qalınlığının 5 mm- dən və 5% dərinliyi çox olmayan yumşaq əyilmələri və kələ-kötürlüyün olması ;
- onların sayı isə  $100 \text{ sm}^2$  sahədə 3 ədəddən çox olmamalıdır.
- 600 kq- a qədər çəkisi olan lövbərlər üçün bir səthdən digərinə hamar keçid olmadan səthlərin yerdəyişməsi - 8 mm- dən çox olmamalıdır.

İcazə veriləndən artıq olan qüsurlar elektrik qaynağı ilə düzəldilməlidir. Hall lövbəri DÜİST 766-74-ə əsasən pəncənin iki vəziyyətində sınaqdan çıxarılmalıdır. İlk əvvəl sancaqdan bir tərəfə çevrilməklə, sonra isə lövbərin pəncəsinə nəzərən tam çevrilməklə. Sınaq həm qoruyucu zirehlə birlikdə, həm də onsuz aparılmalıdır (şəkil 3.11).



Şək.3.11. Lövbərin pəncəsinin sınağa uğradılması sxemi

DÜİST 765-1-ə uyğun ştapel sancaqları, lövbərlə yığıldıqdan sonra perimetr ətrafında qaynaq edilməlidir. Armatür hissələrinin qaynağı Э42А DÜİST 9467-75 tipli elektrodların mexaniki xüsusiyyətlərinə malik elektrodlarla aparılmalıdır.

- Qaynaq olunmuş tikişlərin konstruktiv elementləri DÜİST 5264-80- ə uyğun olmalıdır.
- 200 kq lövbər üçün sınaq yüklənmənin ədədi qiyməti DÜİST 766-74 C.5-ə uyğun olmalıdır.

Dartma sınağından sonra Hall lövbərinin pəncələrinin hər iki istiqamətdə tam açılması və sərbəst fırlanması üçün sınaqdan keçirilməlidir. Sınaqdan və markalanmadan sonra lövbər və pəncəsi DÜİST 1709-75-ə uyğun olaraq A dərəcəli daşkömür lakı ilə boyanmalıdır. Metal tullantılardan alınmış hazır Holl lövbəri və onu saxlayan vərdənənin şəkli verilmişdir (şəkil 3.12 və 3.13).

Dartma testindən sonra lövbərin kütləsi  $\pm 1\%$  dəqiqliklə çəkilməlidir.



Şək.3.12. Metal tullantılardan alınmış Holl gəmi lövbərinin vərdənəsi, 200 kq



Şək.3.13. Metal tullantılardan alınmış Holl gəmi lövbəri, 600 kq

### 3.6.1.Sərf olunan dəmir tullantılarının hesabı

Smeta göstəricilərinə əsasən əridilmə zamanı 30% itkiyə gedir. Nəzərə alsaq ki, əridilmə üçün götürülmüş qarışıqda polad qırıntıları-51,79%, çuqun qırıntıları 0,9% və istehsalat tullantıları-45,5% təşkil edir, onda bu itki ilə nə qədər metal tullantısının götürülməsini hesablamaq olar. Hesabatı 1ton polad ərintisi almaq üçün aparaq. Əridilməyə  $51,79+45,5+0,9=98,19$  , yəni 9819kq metal tullantısı lazımdır. Əgər əridilmə zamanı 30% itkini də nəzərə alsaq , 1ton polad ərintisi almaq üçün

$$9819 \cdot 0,3 = 2945,7 \sim 3000 \text{ kq} = 3 \text{ ton tullantı lazımdır.}$$

Hal hazırda qara metalların tullantı kimi alınmasının bazar qiymətləri orta hesabla 1 tona 400manat təşkil edir. Bu hesabla 1 ton polad ərintisinə metal tullantısına sərf olunan məbləğ

$$3 \times 400 = 1200 \text{ manat olacaqdır.}$$

Yüklənmiş şixtənin əriməsi prosesi üçün xüsusi enerji istehlakı aşağıdakı düsturla müəyyən edilə bilər:

$$q = K_T \cdot W / \rho \cdot V_s, \quad (3.15)$$

burada,  $K_T$ -1 ton metalloşixtənin sərf olunma sabiti,t/t ;  $W$ -vahid zamanda elektrik enerjisinin ümumi sərfi, kVt·saat;  $\rho$ -səpilən sıxlıq, t/m<sup>3</sup>,  $V_s$ -sobanın daxili həcmi.

Sərf olunan enerjinin miqdarı şixtənin səpilən sıxlığından çox asılıdır. Ona görə enerji sərfiyyatı hesablanarkən , səpilən sıxlığı təxminən 0,5-1,3 t/m<sup>3</sup> kimi götürəcəyik. Metalloşixtənin 1 ton maye metala sərfiyyat əmsalını  $K_T=1,1$  t/t götürülür. Səpilən sıxlığın  $\rho=0,7$  t/m<sup>3</sup> qiymətində elektrik enerjisinin orta sərfiyyatı 150 kVt·saat/ton qəbul edilir. Əridilməyə sərf olunan orta elektrik enerjisi sərfini təyin edək:

$$W = 170 \cdot V_s$$

Burada  $V_s$ -sobanın işçi fəzasının həcmidir və orta qiymət kimi 27m<sup>3</sup> götürək. Onda 1 saat əridilmə zamanı sərf olunan elektrik enerjisi

$$W = 150 \cdot 27 = 4050 \text{ kVt} \cdot \text{saat olacaq.}$$

Buradan, qeyri-əhali üçün enerji sərgiyyatı 1 kVT/saat üçün 8 qəpik olduğu nəzər alınsa, metal tullantılardan 1ton polad almaq üçün enerjiyə ödəniləcək məbləğ

$$4050 \cdot 0,08 = 324 \text{ manat olacaq.}$$

Qeyd etməliyik ki, bunlar nəzəri hesablamalardır. Əridilmə zamanı doldurma kranı, havanın təmizlənməsi qurğuları və digər avadanlıqlar da elektrik enerjisi sərf edir. Əgər tullantıların müəssisənin özündən olması nəzərə alınarsa və buna görə əldə olunan gəliri təxminən 1200 manat hesablasaq, onda yalnız əridilmədən sonra elektrik enerjisinə sərf olunan məbləği çıxsaq, müəssisənin gəliri orta hesabla

$$1200-324=876 \text{ manat olacaq.}$$

Bu məbləğ sadəcə tullantının doğranılması, daşınması, xırdalanması, işçilərin əməkhaqqı, digər materialların sərfiyyatı və avadanlıqların istismarı xərcləri nəzərə alınmayan məbləğdir. Lakin nəzərə alsaq ki, hazır Holl lövbərlərini satan Rusiya istehsalçıları belə kütləyə malik vərdənəli lövbəri təxminən 3000 manata satırlar, onda müəssisənin əldə edəcəyi gəliri təxminən görmək olar.

## NƏTİCƏLƏR

1. Dünya təcrübəsində istifadə olunan gəmi gövdələrinin kəsilməsi üsulları -termal, mexaniki, abraziv və impuls kəsmə üsulları araşdırılarkən məlum olmuşdur ki, impuls kəsmə üsulu müasir üsullar arasında ən perspektivli üsuldur, çünki bu üsulla yalnız utilizasiya olunan gəminin yerüstü hissəsi deyil, həm də sualtı hissəsində də kəsilmə aparmaq mümkündür.
2. Qövslü poladəitmə sobalarının işləməsinin enerji rejimi, tullantıların səpilən sıxlığının ərimə şəraitinə, elektrik enerjisinin xüsusi sərfini, əridilməyə sərf olunan vaxta, şixtə məhsulları sobaya yüklənən zaman yaranan boşluqların əriməyə sərf olunan enerjiyə və vaxta təsiri araşdırılmış və asılılıq qrafikləri verilmişdir.
3. Kəsilmiş gəmi gövdəsi tullantılarından ümumi kütləsi 800 kq olan vərdənəli Holl gəmi lövbərinin tökmə üsulu ilə hazırlanmasının hesabatı aparılmış və hesabatlardan məlum olmuşdur ki, enerji məsrəfləri nəzərə alınmaqla müəssisə gəmi tullantılarından lövbərin alınmasında 876 manat əlavə gəlir əldə etmişdir.

**İSTİFADƏ OLUNMUŞ ƏDƏBİYYAT**

1. Бабанин В.Ф., Прокофьев О.П. Перспективы использования направленного взрыва для разделки корпусов судов // Судостроение. 2018. № 1. Стр.37–39.
2. Бардавелидзе Г. Г., Горбачев В. А., Гараева Е. А., Кашин В. В. Принципы выбора оптимальной технологии утилизации цинкосодержащих металлургических отходов / // Сталь. 2020. № 9. Стр. 19–22.
3. Вальдман Н.А. Влияние затонувших судов на экологическую безопасность прибрежных акваторий береговых зон России / Текст: электронный // Труды Крыловского государственного научного центра. 2019. Т. 4, № 390. Стр. 231-244.
4. Воинов В.А., Данилов А.Т., Мацкевич В.Д. О путях решения проблемы утилизации судов // Судостроение. 2016. № 2–3. Стр.40–41.
5. Гудим Ю. А., Зинуров И. Ю., Киселев А. Д. Производство стали в дуговых печах. Конструкции, технология, материалы: монография. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. 547 с.
6. Гузенкова А. С., Иванов С. С., Исаев Г. А., Производство стали, чистой от примесей цветных металлов /: МГВМИ, 2018. 118 с.
7. Данченко М. Е. Подводная резка штучными электродами / М. Е. Давченко, А. В. Лаппа // Автоматическая сварка. 2018. № 8. Стр. 36-37.
8. Жданова В.Д. Пилить или не пилить? Правовое регулирование утилизации морских судов в РФ / глобальная база данных по морской отрасли в России и странах СНГ. Опубликовано 16 июля 2018.
9. Журавлев А. А., Мысик В.Ф., Жданов А.В. Расчеты материальных и энергетических балансов при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах: учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. 128 с.
10. Журба Е.И., Силкина М.А. Проблема утилизации списанных судов средствами архитектуры и дизайна/ DOI: 10.24412/cl-35672-2021-1-006
11. Исаков М.Г., Валуев Н.П., Мойш Ю.В. Радиационный контроль

- металлургических процессов // *Металлург*. 2018. №9. Стр. 24–30.
12. Каганер Ю. А. Квазар технология взрывных работ и ее применение при судоразделке // *Судостроение*. 2017. № 4. Стр. 67-69.
13. Карабасова Ю. С. И др. *Сталь на рубеже столетия / коллектив авторов; М.: Изд-во МИСиС, 2019. 664 с.*
14. Картамышева Е. С., Иванченко Д. С. Экологическая безопасность при утилизации судов и кораблей // *Молодой ученый*. 2018. № 25 (211). стр. 15-18.
15. Кирюшина Е. В., Вокин В. Н., Кадеров М. Ю. *Технология и безопасность взрывных работ: учеб, пособие - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018. - 236 с*
16. Коротеев А.Я., Гречка Ю.В., Еременко В.И. и др. Разделка корпусов судов с помощью энергии направленного взрыва// *Автоматическая сварка*. 2020. – № 8. Стр.73–74.
17. Крылова А.Н. *Вопросы предотвращения загрязнения моря и атмосферы с судов: Сб. НТО Л.: Судостроение. 2018*
18. Кудрин В. А. Проблемы выплавки стали, чистой по примесям цветных металлов // *Сталь*. 2019. №1. Стр. 20–23.
19. Кудинов В.М., Коротеев А.Я., Волгин Л.А. и др. Опыт применения подводной резки взрывом при демонтаже трубчатых оснований морских стационарных платформ // *Автоматическая сварка*. 2017. № 6. Стр.27.
20. Кутузова Б.Н., В.Н.Скоробогатов и др.; *Справочник взрывника / Под общ. ред. – М.: Недра, 2018. 511 с.*
21. Лебедев В. А. О выборе оборудования для механизированной резки порошковыми проволоками / В. А. Лебедев, В. Ф. Мошкин, В. Г. Пичак // *Автоматическая сварка*. 2015. № 6. Стр. 53-54.
22. Мысик В. Ф., Жданов А. В., Тимофеев М. О. Чугун и сталь как источники загрязнения медью // *Бюллетень научно-технической и экономической информации «Черная металлургия»*. 2017. № 4. Стр. 41–45.

23. Мысик В. Ф., Жданов А. В. Ресурсы и подготовка лома к плавке стали : учебное пособие. Екатеринбург: УрФУ, 2017. 225 с.
24. Мысик В. Ф., Жданов А. В., Тимофеев М.О. Оценка качества лома и его влияние на работу ДСП // Сб. тр. XIII Международного конгресса сталеплавателей. Москва–Полевской, 2017: ОАО «Северский трубный завод» Стр. 132–135.
25. Мысик В. Ф., Жданов А. В., Бареев М. Р. Расчет влияния насыпной плотности лома на энергоэффективность работы ДСП-70 // Бюллетень «Черная металлургия». 2019. № 2. Стр. 50–52.
26. Муктепавел В. О. Резка гребного винта на металлолом / В. О. Муктепавел // Сварочное производство. 2017. № 7. Стр. 28-29.
27. Паламарчук Б.И., Вахненко В.А., Черкашин А.В. Воздушные ударные волны при сварке и резке взрывом и методы их локализации // Автоматическая сварка. – 2018. № 2. Стр.69–72.
28. Пизинциали Л.В., Александровская Н.И. Варбанец Р.А. Выбор технологического процесса утилизации корпуса судна методом экспертных оценок/Вестник Астраханского Государственного Технического Университета. Серия: морская техника и технология, 2018 № 1, стр.14-20
29. Пизинциали Л. В. Анализ технологических методов утилизации судов / Материали науч.-техн. конф., Одеса, 26-28 марта 2019 г. Одеса: ОНМА, 2017. Стр. 33-34.
30. Попов Г. Ф., Волобуев В. Ф. Ресурсы вторичных черных металлов. М.: Металлургия, 2016. 128 с.
31. Попов В. А., Дуиб Е. Н., Мущик Е. Е. Приемка, контроль и сортировка лома и отходов цветных металлов и сплавов / Донецк: Кальмиус, 2017. 212 с.
32. Свистешин В. Резка списанных судов с применением взрывной технологии // Речной транспорт. –2016. № 10/12. Стр.17.
33. Семченко К. А. Управление ресурсообеспечением металлургических комплексов вторичным сырьем: автореферат дисс.канд. экон. наук /.



Челябинск, 2017. 24 с.

34. Семин Д. С., Чижиков А. С., Котельников Г. И. Вторичные черные металлы и электроплавка стали // Электromеталлургия. 2017. № 6. С. 2–7.
35. Смердов В., Воронцов В. Импульсный метод разделки корпусов судов // Речной транспорт. 2021. № 10–11. Стр. 18–19, 29.
36. Совков И. П. Разделка корпусных конструкций с применением удлиненных кумулятивных зарядов // Судостроение. 2016. № 4. Стр. 43–46
37. Супрун С. В., Семин А. Е. Влияние состава и качества лома на ТЭП электроплавки // Рынок вторичных металлов. 2017. № 2 (40). Стр. 27–29.
38. Фисак Е. П., Глазова Н. Д. Механизация разделки судов на лом // Технология судостроения. 2018. № 8. Стр. 84–86.
39. Шапиро Б. М., Бесчаснова М. А., Соловьев А. В. Отделения переработки лома для сталеплавильного производства // Вторичные металлы. 2017. № 1. Стр. 30–35
40. Шевчук А. М., Бутенко Г. Г., Бушмарин В. А. Технология разделки корпусов судов с использованием жидких взрывчатых смесей // Судостроение. – 2015. № 1. Стр. 38–39.
41. Эверс Э., Шоль В., Вильке Р. Рынок лома и снабжение ломом черной металлургии // Черные металлы. 2015. № 9. Стр. 49–53.

***Internet məlumatları:***

42. Гидравлические ножницы для металлолома компании ZDAS [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zdas.cz/ru/content.aspx?id=28> (дата обращения: 08.08.2017)
43. Гидроабразивная резка металла. ООО «Меридиан». [Электронный ресурс]. URL: [http://meridianmet.ru/services/gidroobrazivnaya\\_rezka/](http://meridianmet.ru/services/gidroobrazivnaya_rezka/) (дата обращения: 08.05.2017)
44. ГОСТ 2787–75. Металлы черные вторичные. М.: ИПК «Издание стандартов», 2015. 53 с.
45. Грейферы для металлолома. [Электронный ресурс]. Интернет-журнал

- «XLom» – лом и отходы, экология и вторсырье. URL: <http://xlom.ru/oborudovanie/grejfery-dlya-metalloloma/> (дата обращения: 08.08.2017).
46. Манипулятор газовой резки МГР-1400 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.opt-union.ru/i\\_store/item\\_1001466443/manipulyator-gazovoy-rezki-mgr-1400.html](http://www.opt-union.ru/i_store/item_1001466443/manipulyator-gazovoy-rezki-mgr-1400.html) (дата обращения: 08.08.2017).
47. МУК 2.6.1.1087–02. Радиационный контроль металлолома. Методические указания. [Электронный ресурс]. URL: <http://files.stroyinf.ru/Data1/52/52282/> (дата обращения: 08.08.2017).
48. Международная конвенция о безопасной и экологически рациональной утилизации судов. Гонконг, 2019 // URL: [http://www.mintrans.ru/news/detail.php?ELEMENT\\_ID=10558](http://www.mintrans.ru/news/detail.php?ELEMENT_ID=10558).
49. Обзор предлагаемых компанией Metso Londemann технологий рециклинга (Metalrecycling overview brochure) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.metso.com/> (дата обращения: 08.08.2017).
50. Ручная плазменная резка: аппараты, оборудование, видео [Электронный ресурс] // Интернет-журнал о металлообработке [rezhemmetall.ru](http://rezhemmetall.ru). URL: <http://rezhemmetall.ru/ruchnaya-plazmennaya-rezka.html> (дата обращения: 08.08.2017).
51. Технология гидроабразивной резки металла. ООО «Стил-М». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.steelmetall.ru/tekhnologii/gidroabrazivnaya-rezka-metalla/> (дата обращения: 08.08.2017).
52. Утилизация кораблей // Всё о переработке и утилизации отходов: [сайт]. – URL: <https://musorish.ru/utilizatsiya-korabley/> (дата обращения: 20.11.2020).
53. Шредерные установки для металлолома Lindemann серий ZZ, PS и EtaTrip [Электронный ресурс]. URL: <http://www.metso.com/product-finder?industry=Recycling#/By%20family/Metal%20recycling/Shredders> (дата обращения: 08.08.2017).
54. Каталог перегружателей металлолома. Кто есть, кто на рынке спецтехники [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cdminfo.ru/spetstehnika/>

- stroitelnaya-tehnika/12.-peregruzhateli-loma.html(датаобращения:08.08.2017)
55. <https://seanews.ru/2020/03/16/utilizacija-sudov-sokratilas/>
  56. <https://www.liebherr.com/ru/rus/beyond-the-horizon/magazine-content-page.html>
  57. [http://www.imodocs.com/txt/data\\_www/texts/MEPC196\\_62.php3](http://www.imodocs.com/txt/data_www/texts/MEPC196_62.php3).