

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT İQTİSAD UNİVERSİTETİ
Magistratura mərkəzi

Əl yazması hüququnda

Səlimzadə Təbriz Qurbani oğlu

TEKSTİL MAŞINLARININ VƏ AVADANLIQLARININ
ETİBARLIĞINI ARTIRMAQ ÜÇÜN TEXNOLOJİ TƏMİNATIN ANALİZİ

İxtisasın şifri və adı: 060625 - Texnoloji maşın və avadanlıqlar mühəndisliyi
İxtisaslaşma: Yüngül sənaye və məişət xidmətinin texnoloji maşın və avadanlıqları

Elmi rəhbər

t.ü.f.d. E.N.Cəfərov

Magistr proqramının rəhbəri

t.ü.f.d. E.N.Cəfərov

Kafedra müdiri:

t.e.d. prof. M.H.Fərzəliyev

Bakı - 2020

M Ü N D Ə R İ C A T

	səh.
GİRİŞ	3
 FƏSİL I. ETİBARLILIQ – OBYEKTİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ	
1.1.Etibarlılıq göstəriciləri.....	6
1.2. Detalların səthinin keyfiyyəti.....	8
1.3. Səthin fiziki-mexaniki və fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri.....	17
 FƏSİL II. MAŞIN DETALLARININ SIRADAN ÇIXMASI SƏBƏBLƏRİ	
2.1. Sürtünmə və aşınma.....	24
2.2. Aşınmanın mexanizmi.....	28
2.3. Aşınma proseslərinin təsnifatı.....	30
2.4. Yorğun parçalanma və korroziya parçalanması.....	34
 FƏSİL III. TEKSTİL MAŞINLARININ VƏ AVADANLIQLARININ ETİBARLIĞINI ARTIRMAQ ÜÇÜN TƏTBİQ OLUNAN TEXNOLOJİ ÜSULLAR	
3.1. Metal və metalabənzər örtüklərin tətbiqi üsulları.....	40
3.2. Galvanik örtüklər.....	46
3.3. Plazma çiləmə örtüklər.....	54
3.4. Detalların lazer tətbiqi ilə sərtləşməsi.....	59
 NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR	64
ƏDƏBİYYAT SİYAHISI	66
XÜLASƏ	68
SUMMARY	69
PE3IOME	70

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı. Etibarlılıq məhsul keyfiyyətinin əsas göstəricilərindən biridir. Ayrı bir detal belə məhsul hesab edilə bilər. Etibarlılıq anlayışı məhsulun iş fəaliyyətinin yaxşılaşdırılmasına kömək edən hər şeyi özündə birləşdirir. O, dizayn, texnologiya və istismar sahəsindəki uğurların əksidir.

Etibarlılıq müəyyən edilmiş rejimlərdə və istifadə, təmir, saxlama daşınma şərtlərində tələb olunan funksiyaları yerinə yetirmə qabiliyyətini xarakterizə edən bütün parametrlərin dəyərlərini müəyyən bir həddə saxlamaq obyektidir.

Etibarlılıq nəzəriyyəsində aşağıdakı ümumiləşdirilmiş obyektlər nəzərdən keçirilir:

- məhsul – müəyyən bir müəssisə, sex və s. tərəfindən buraxılan istehsal vahidi, məsələn dayaq, dəzgah, avtomobil;
- element bu nəzərdən keçirilən məhsulun ən sadə hissəsidir;
- etibarlılıq məsələlərində bir çox detaldan ibarət ola bilər;
- sistem - müəyyən edilmiş funksiyaları müstəqil şəkildə yerinə yetirmək üçün hazırlanmış birgə fəaliyyət göstərən elementlər toplusu.

Aktuallığı ilə seçilən tədqiqat işində araşdırma mövzusunə çevrilən əsas məsələlərin, eləcə də texnoloji üsulların təhlili, müasir dövr tikiş sənayesində tekstil maşınları və avadanlıqlarının etibarlılığının artırılmasına müsbət təsir göstərəcək.

Tədqiqatın predmet və obyekt. Dissertasiyada etibarlılıq göstəriciləri (ümumi şəkildə), tekstil maşınları və avadanlıqların etibarlılığının artırılması üçün tətbiq edilən texnoloji üsullar (geniş şəkildə) tədqiq olunaraq araşdırma obyektinə çevrilmişdir.

Tədqiqatın əsas məqsədi və vəzifələri. Tekstil maşınlarının və avadanlıqlarının etibarlılığını artırmaq üçün texnoloji təminatın analizindən ibarətdir.

Dissertasiyanın işlənilməsi zamanı aşağıdakı əsas məsələlər araşdırılmışdır:

1. Etibarlılıq komponentləri;
2. Səthin fiziki-mexaniki və fiziki-kimyəvi xassələri;
3. Sürtünmə və aşınmanın mexanizmi;
4. Qoruyucu örtüklər;
5. Müxtəlif üsullarla etibarlılığın artırılması.

Tədqiqatın informasiya bazası və işlənməsi – dissertasiyada məqsədyönlü şəkildə qarşıya qoyulan bütün məsələlər elmi mənbələr və şəbəkə sistemindən istifadə etməklə vahid sistem şəkilində təhlil olunmuşdur.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Bu gün Azərbaycan Respublikasında Yüngül sənaye sahələrinin inkişaf etdiyi və genişləndiyi bir dövrdə tekstil maşınlarının və avadanlıqlarının etibarlılığının artırılması üçün texnoloji təminat məsələlərinin tədqiqi dissertasiyanın elmi yeniliyi hesab edilə bilər.

Tədqiqatın təcrübi əhəmiyyəti. Dissertasiyada tədqiq olunan bütün müddəalar sənaye sahələrində, istehsalatda tətbiq edilə bilər.

Dissertasiyanın nəticələri UNEC-in “Texnologiya və Dizayn” fakültəsi, “Texnoloji maşın və avadanlıqlar mühəndisliyi” ixtisasının diplom, eləcə də mühazirə kurslarında istifadə edilə bilər.

Dissertasiya işin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş hissəsi, 3 fəsil və paraqraflardan, nəticə hissəsi, dissertasiyaya uyğun əlavə edilən cədvəl və sxemlərdən; ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiya işinin ümumi həcmi 74 səhifədən ibarətdir.

“Etibarlılıq – obyektin xüsusiyyətləri” adlı I Fəsildə - etibarlılıq göstəriciləri, detalların səthinin keyfiyyəti və səthin fiziki-mexaniki və fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri araşdırılır.

“Maşın detallarının sıradan çıxması səbəbləri” adlanan II Fəsildə - Sürtünmə və aşınma, aşınmanın mexanizmi, aşınma proseslərinin təsnifatı verilir, eləcə də yorğun parçalanma və korroziya parçalanması təhlil edilir.

“Tekstil maşınlarının və avadanlıqlarının etibarlılığını artırmaq üçün tətbiq olunan texnoloji üsullar” adlı III Fəsildə - Metal və metalabənzər

örtüklərin tətbiqi üsulları təhlil olunur, qalvanik örtüklər, plazma çiləmə örtüklər və detalların lazer tətbiqi ilə sərtləşməsi işıqlandırılır.

Dissertasiya işinin “Nəticə və təkliflər” bölməsində, müasir dövr tikij sənayesində tekstil maşınlarının və avadanlıqların iş fəaliyyətinin yaxşılaşdırılmasına kömək edən etibarlılığın artırması məqsədilə bir sıra texnoloji üsullar irəli sürülür.

FƏSİL I. ETİBARLILIQ – OBYEKTİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

1.1.Etibarlılıq göstəriciləri

Etibarlılıq göstəriciləri etibarlılıq komponentlərinə uyğun olaraq davamlılıq, uzunömürlülük, təmirədayanıqlıq göstəricilərinə görə fərqlənir. Məhsulların bərpa olunmasına görə, onlar bərpa olunan və bərpa olunmayan məhsul göstəricilərə bölünürlər.

Fərdi xüsusiyyətlərini və kompleks göstəricilərini xarakterizə edən göstəricilər tətbiq olunur. Ümumi etibarlılıq səviyyəsini xarakterizə edən nisbi göstəricilərdən və fərdi maşın ölçülərini xarakterizə edən mütləq və ya ədədi göstəricilərdən istifadə edilir. Məhsulların etibarlılığı, növlərindən asılı olaraq, hər hissə və ya bütün etibarlılıq göstəriciləri ilə qiymətləndirilə bilər.

İmtinasız istismar göstəriciləri. İmtinasız istismar ehtimalı dedikdə verilmiş istismar müddətində imtinanın olmaması ehtimalı başa düşülür. İmtinaya qədər orta istismar - bərpa olunmayan məhsulun imtinaya qədər istismarının riyazi gözləməsidir.

İstismar dedikdə obyektin işinin həcmi və ya müddəti başa düşülür. İmtinaya hesablanmış istismar - bərpa olunan obyektin istismarının bu istismar müddətindəki imtinaların sayının riyazi gözləməsinə olan nisbətidir.

İmtina intensivliyi- imtina nisbəti bərpa olunmayan məhsulların etibarlılığının göstəricisidir və bu vahid zamanda imtina edilən obyektlərin orta sayının (və ya digər vahidlərdə işlədilən vaxtın) istismarda olan obyektlərin sayına nisbətinə bərabərdir.

Bu göstərici, xüsusilə yüksək etibarlılıq məhsullarında imtinasız işləmə ehtimalından daha həssasdır. İmtina axını parametri - bərpa edilmiş məhsulların etibarlılığının göstəricisidir, o, bərpa olunan obyektin ixtiyari kiçik bir zamanda imtinanın orta sayının bu əməliyyat vaxtının dəyərinə nisbətinə bərabərdir (təmir olunmayan məhsullardakı imtina nisbətinə uyğundur, lakin təkrar imtinalar da daxildir).

Uzunömürlülük göstəriciləri. Texniki resurs (qısa- resurs) - bir obyektin istismarının başlanğıcından və ya təmirdən sonra bərpa olunub istismar vəziyyətinə gətirilməsi. Resurs əməliyyat vaxtı vahidlərində (adətən saatlarda), yol uzunluğunda (kilometrlərlə) və çıxış vahidlərində ifadə edilir. Bərpa olunmayan məhsullar üçün texniki resurs anlayışı və imtinaya hesablanmış istismar üst-üstə düşür.

Xidmət müddəti - təqvim iş saatları həddinə qədərdir, adətən illərlə ifadə olunur. Maşın hissələri üçün davamlılıq meyarı olaraq texniki resurs istifadə olunur.

Fərqli şəraitdə işləyən və təqvim xidmət müddətindən daha dəqiq göstəriciyə sahib olan maşınlar üçün də (xüsusən nəqliyyat vasitələri üçün - yürüş, mühərriklər üçün - motosaatlar) texniki resurs istifadə olunur. Digər maşınlar üçün xidmət müddəti istifadə olunur.

Uzunömürlülük göstəriciləri, qammafaizlərə, cari (və ya əsaslı) təmirə görə orta, tam, orta səviyyələrə bölünür.

Qammafaiz göstəriciləri, bu tip məhsulların orta hesabla müəyyən edilmiş sayına (γ) nisbətində olan və ya üstələyən göstəricilərdir. Onlar məhsulların davamlılığını verilmiş iş qabiliyyətinin qorunması ehtimalı ilə xarakterizə edirlər.

Qammafaiz resursu, digər hissələrə paylanmaq şərtlə yellənmə rulmanların əsas hesablama göstəricisidir. Bu göstəricinin xüsusi əhəmiyyətli üstünlüklərinə bütün nümunələrin yoxlanılması başa çatmamışdan əvvəl müəyyənləşdirilməsinin mümkünlüyü, erkən zədələnmə hallarının yaxşı kəmiyyət xarakteristikası və s. aiddir.

Seriya və kütləvi istehsal məhsulları, xüsusilə yellənmə rulmanları üçün ən çox istifadə olunan 90% -li resursdur. Daha çox məsuliyyətli məhsul olan rulmanlar üçün bu resurs 95% və daha yüksək dərəcədə seçilir.

Əgər imtina insan həyat üçün təhlükəlidirsə, resurs 100% -ə yaxınlaşdırılır. Məsuliyyətli traktor aqreqatları üçün 80% -li resurs qəbul edilir. Davamlılıq və təmirə uyğunluq dərəcələri. Bu göstəricilərə aşağıdakılar daxildir:

- iş qabiliyyəti vəziyyətinin bərpasının orta müddəti;

- verilmiş zamanda iş qabiliyyəti vəziyyətinin bərpası ehtimalı;
- saxlanma müddəti (orta və γ faiz);
- kompleksi göstəricilər (əsasən avtomatik komplekslər və mürəkkəb sistemlər üçün istifadə olunur);
- Texniki istifadə əmsalı dedikdə – müəyyən istismar müddəti ərzində işlək hal zamanının riyazi gözləməsinin işlək hal zamanının riyazi gözləməsinin cəmlərinə və təmir və texniki xidmət üçün dayanmalara nisbəti başa düşülür.
- hazırlıq əmsalı - istismar təmin edilmədiyi dövrlər istisna olmaqla, obyektin ixtiyari bir zaman anında iş vəziyyətində olma ehtimalı.

Əmsal iş qabiliyyəti vəziyyəti müddətinin riyazi gözləmələrinin bu zamanın cəminin və plandankənar təmir vaxtının riyazi gözləmələrinə nisbəti kimi müəyyən edilir.

1.2. Detalların səthinin keyfiyyəti

Texnikada bir detalın səthi dedikdə quruluşuna və digər xüsusiyyətlərinə görə daxili detallardan fərqlənən xarici təbəqə başa düşülür. Bir detalın hazırlanması nəticəsində əldə edilən xüsusiyyətlər kompleksi ümumiləşdirilmiş "səth keyfiyyəti" anlayışı ilə xarakterizə olunur.

Səthin keyfiyyəti fiziki-mexaniki, fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri, eləcə də səthin həndəsəsi ilə müəyyən edilir.

Göstərilən səth keyfiyyət xüsusiyyətləri detalların yorğunluq müqaviməti, aşınma, korroziya və eroziyaya davamlılıq kimi iş xüsusiyyətlərinə təsir göstərir və interfeys xüsusiyyətləri ilə əlaqələndirilir.

Mikrogeometrik, dalğalılıq və səth məsaməliliyi. Certyojlardakı detallar ciddi şəkildə təyin olunmuş həndəsi forma səthləri ilə bağlanmış elementlər şəklində təsvir edilmişdir və belə təsəvvür edilir. Hər bir həqiqi cisim, xətalər adlanan ideal formasından kənara çıxmalara malikdir.

Bir hissənin işlənmiş səthinin yaranması nöqtəyi-nəzərindən və onları təyin etmək üçün istifadə olunan ölçmə texnikasının kənaraçıxmasını üç kateqoriyaya

bölmək olar: makrogeometrik kənaraçıxma, səth dalğalığı, səth məsaməliliyi (mikrogeometrik kənaraçıxma).

Makrogeometrik kənaraçıxmalar. Səthin (və ya profilin) formasının belə xətası altında həqiqi səthin (həqiqi profilin) formasının nominal səthin (nominal profilin) formasından kənaraçıxması başa düşülür. Məsələn, dairəvi silindr yan səthləri olan detallarda aşağıdakı kənaraçıxmalar ola bilər:

- konturun dairədən kənara çıxması (ovallıq, kəsmə);
- silindr oxunun düzxətliyi zamanı yaranan düzxətlikdən kənaraçıxma (barel şəkilli, korsetli);
- yarananların düzxətliyindən kənaraçıxma (konusformalı);
- oxun ayrılığı.

Bu kənaraçıxmaların böyüklüyü və təbiəti detalın diametrini uzunluğu boyunca müxtəlif kəsişmələrdə və bu kəsişmədə müxtəlif istiqamətlərdə ölçməklə müəyyən edilə bilər. Düz səthlərdə qabarmalar və əyilmələr və s. ola bilər. Makrogeometrik səth kənaraçıxmalarının baş verməsi əsasən dəzgahdakı qeyri-dəqiqliklər səbəbindən baş verir

- emal aparılır;
- detalın quraşdırılması zamanı xətlər;
- “dəzgah – detal – alət” güc və temperatur deformasiyaları sistemi və detal emalı zamanı alətin sıradan çıxması.

Səthin dalğalılığı. Bu, iç-içə qabarıq və ya çökəkliklər arasındakı məsafənin l baza uzunluğundan çox olduğu dövrü olaraq təkrarlanan bərabərsizliklər məcmusudur. Dalğalılıq makrogeometrik xətlər (forma kənaraçıxmaları) və səthin məsaməliliyi arasında aralıq bir mövqe tutur.

Səthin dalğalılığı rəndələnmə və cilalanma zamanı baş verən bərabərsizliklər zamanı yaranır. Eləcə də qeyri-bərabər kəsici qüvvələr, balanssız kütlələrin olması zamanı “dəzgah - detal - alət” sisteminin nizamsızlığı və s. nəticəsində yaranır.

Digər səbəblər, kəsmə alətinin dalğalılığını təkrarlamaq, cilalama təkərinin formasının əyilməsi və onun qeyri-bərabər aşınması, həmçinin alət və ya detalın

hərəkətdəki xətalardır. Cilalanma zamanı təkərin balanssızlığı güclü təsir göstərir. Dış cilalanması zamanı, dəzgahın bölme dişli qurdu xətasi, dişin yan səthinin dalgalanması şəklində özünü göstərir. Dalğalılıq məsaməlilikdən ciddi bir addımla fərqlənir; təmiş işləmə zamanı 0.25 mm'dən az olmamaqla yanaşı, qaralama işləmə zamanı 8 mm-dən çoxdur. Çox vaxt elə olur ki, təmiz rəndələmə və silindrik cilalanma zamanı dalğa hündürlüyü 14 mm-ə qədər olan addım ilə 15 mikrona çatır.

Mövcud tövsiyələrlə aşağıdakı dalğalılıq parametrləri təyin edilir. Dalğalılıq hündürlüyü W_Z - ən azı beş real böyük dalğalılıq addımlarına bərabər olan uzunluğu L_W ilə ölçülən hissəsində müəyyən edilmiş beş dəyəri ($W_1, W_2, \dots, W_5$) arifmetik ortalamasıdır (Şəkil 1, a).

$$W_Z = \frac{1}{5} (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)$$

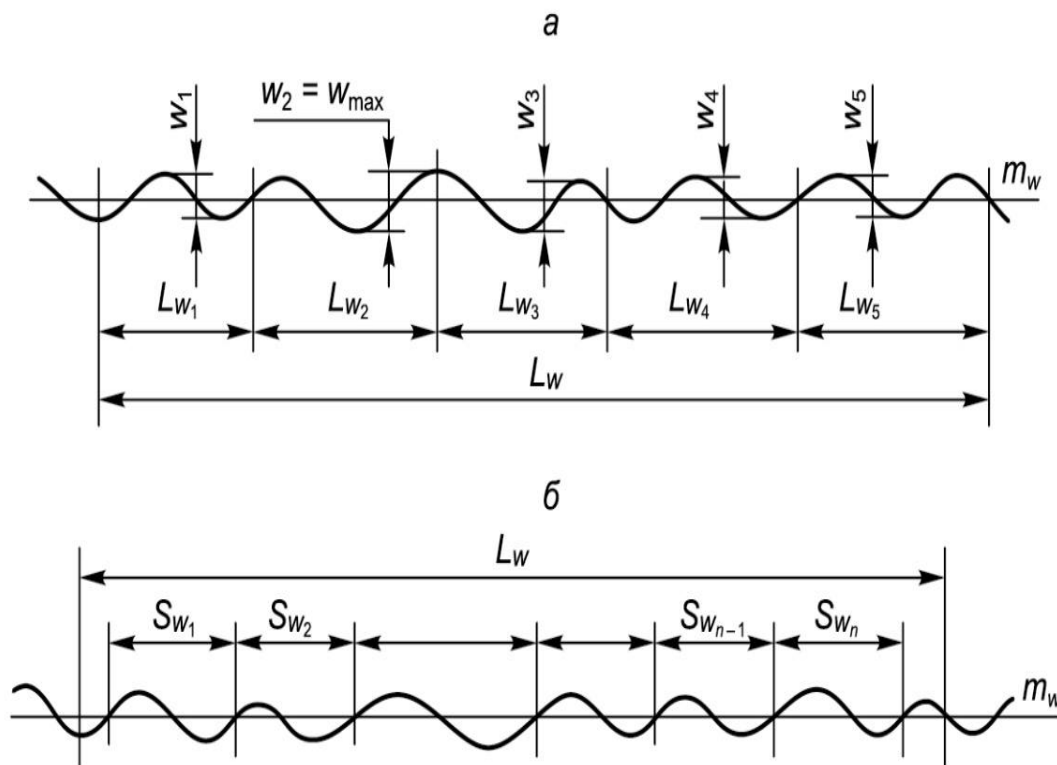
Ölçmə hissələrinin qeyri ardıcıl tənzimlənməsinə icazə verilir. W_Z -nin ədədi məhdud dəyərləri: 0.1; 0.2; 0.4; 0.8; 1.6; 3.2; 6.3; 12.5; 25; 50; 100; 200 mkm sıralardan seçilməlidir. Ayrı dalğalılıq ölçüləri L_W -nin beşdə birinə bərabər olan l_{wi} uzunluğunda aparılır.

Ən yüksək dalğalılıq hündürlüyü $W_{\max}$ - bir tam dalğa ilə ölçülən L_W sərhədləri içərisində ölçülən profilin ən yüksək və ən aşağı nöqtələri arasındakı məsafədir.

Dalğalılığın orta pilləsi, $S_W - S_{wi}$ orta xəttinin seqmentlərinin uzunluqlarının aritmetik ortalamasıdır, onların kəsişmə nöqtələrinin dalğalılıq profilinin qonşu bölmələri ilə məhdudlaşır (Şəkil 1, b):

$$S_W = 1/n \sum_{i=1}^n S_{W_i}$$

m_w orta xəttinin mövqeyi, m məsaməlilik profilinin orta xəttinin mövqeyi ilə eyni şəkildə müəyyən edilir.



Şək. 1. Səthin dalğalılığının hündürlüyünün (a) və addımının (b) təyini

Dalğa şəkli səthin dalğalılığına gətirib çıxaran səbəblərdən asılı olaraq fərqli ola bilər. Çox vaxt dalğalanma sinusoidal xarakter daşıyır.

Səthin məsaməliliyi. Həqiqi səth hamar olmur, onun əyrilikləri olur: aralarında nisbətən az məsafədə olan çıxıntılar və çökəklər. Səthin məsməliliyi adı altında səthi əyriliklərin l təməl uzunluğuna nisbətən kiçik addımlarla birləşməsi başa düşülür. Bəzən həqiqi bir səthin çıxıntıları və çökəkliklərinin əlaqəsini səthin mikrorelefi adlandırırlar.

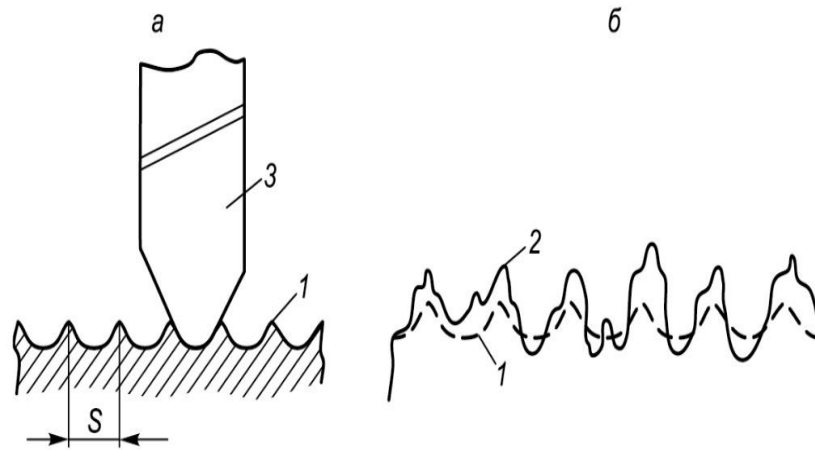
Həqiqi bir səthin kəsişməsinin müvafiq ideal həndəsi səthə dik olan bir düzlənmə konturu məhsulun səthinin mikrohəndəsəsini xarakterizə edən bir profil təşkil edir.

Məsaməlilik ölçülərinə görə həqiqi profilin qrafik görüntüsünə məsaməlilik profiloqramı deyilir. Geometrik yüzeyin belirli bir noktasından sonsuz sayıda normal bölüm çizilebildiyindən, yüzey pürüzlülüğü bir yönde veya başka bir şəkildə ilişkilendirilmelidir. Belə ki, həndəsi səthin verilmiş nöqtəsindən sonsuz

sayda normal bölmələr çəkilə biləcəyi üçün, səthin məsaməliyini bu və ya digər istiqamətlə əlaqələndirmək olar.

İşlənmiş səthin məsaməliliyi qırıntı meydana gəlməsi zamanı hissənin səth qatının plastik deformasiyasının, alətin kəsici kənarlarının qeyri-bərabərliyinin və detala sürtünməsinin, material hissəciklərinin səthdən qopmasının və digər səbəblərin nəticəsidir.

Kəsmə ilə işlənmiş səthi, ilk (kəbud) yaxınlaşmada, alətin kəsici hissəsinin izi kimi qəbul etmək olar (şəkil 2). Yonma zamanı kəsmə kənarının forması və detalın hər dövrənin sonunda hərəkəti məsaməliliyi müəyyənləşdirir - masanın qarşılıqlı hərəkətinə perpendikulyar olan istiqamətdə işarələrin meydana gəlməsi.



Şəkil 2. Kəsici aləti ilə işlənmiş səthdə ayrılıqların meydana gəlməsi sxemi: a - nizamlı (müntəzəm) eninə bir səth profilinin meydana gəlməsi; b - qırıntı ayrılması zamanı plastik deformasiyalar səbəbindən profil ayrılığı; 1, 2 - müvafiq olaraq, müntəzəm və əyilmiş səth profilləri; 3 - kəsici

Kəsicinin kəsici kənarındakı çentiklər və daraklar arasındakı çökəkliklər bir məsaməlilik meydana gətirir. Yonma zamanı kəsici tərəfin izi, detalın bir kəsici dövrəsinə bərabər olan səthin vint xəttidir. Kəsmə zamanı işlənmiş səthin əsas hərəkət istiqaməti üzrə məsaməliliyə uzununa, verilmə istiqamətinə isə eninə məsaməlilik deyilir.

Səthi emal izlərinin və ya sürtünmə izlərinin üstünlük təşkil etdiyi istiqamət ayrılıqlar istiqaməti adlanır. Səthin məsaməliliyi - ölçülü bir xüsusiyyətdir. Kəmiyyətə, məsaməlilik bu və ya digər göstərici ilə müəyyən edilə bilər.

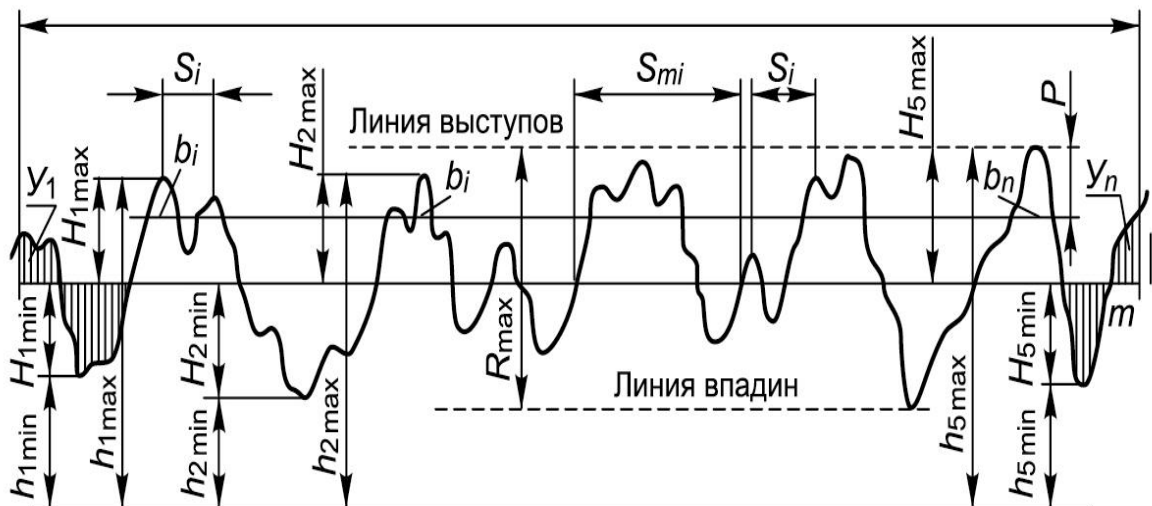
Burada nəzərə almaq lazımdır ki, onu emal metodundan asılı olmayaraq kəmiyyətə təyin edirlər. Səthlərin xüsusiyyətləri yalnız ayrılıqların hündürlük xüsusiyyətləri ilə müəyyən edilmir: şəkildə iki səth profili göstərilir, hündürlük parametrlərinin dəyərləri eyni olsa da, əməliyyat xüsusiyyətləri fərqlidir.

Bununla əlaqədar, DÜİST 2789–73 səthin məsaməliliyini xarakterizə edən altı parametr təqdim edir:

üç yüksək hündürlük - R_a , R_z və R_{max} ,

iki addım - S və S_m və

struktur - t_p profilinin nisbi istinad uzunluğu.



Şək.3. Səthin məsaməlilik parametrləri

R_a profilinin orta arifmetik kənarəçixması l baza uzunluğu içərisindəki profil kənarəçixmalarının mütləq dəyərlərinin arifmetik ortalamasıdır (şəkil 3).

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \text{ və ya } R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

Profiloqramda profilin orta xəttinin mövqeyi elə müəyyənləşdirilir ki, onun hər iki tərəfindəki F sahələri profil konturuna bərabər olsun, yəni ona görə ki

$$\int_0^l y(x)dx = 0, \text{ və ya } F_1 + F_3 + \dots + F_{n-1} = F_2 + F_4 + \dots + F_n$$

Parçanın səthinin mikroəyriliklərinin nisbi vahidliyi nisbətən kiçik bir uzunluğunun araşdırmasının nəticələrinə görə bu istiqamətdəki məsaməliliyi mühakimə etməyə imkan verir.

Səth məsaməliliyini xarakterizə edən əyilmələri vurğulamaq üçün istifadə olunan təməlin uzunluğuna l uzunluğu deyilir. On nöqtədəki profil əyriliklərinin hündürlüyü R_z profilin ən böyük beş proyeksiyasının yüksəkliklərinin və baza uzunluğu daxilində profilin ən böyük beş enmə dərinliklərinin orta mütləq dəyərlərinin cəmidir (Şəkil 3):

$$R_z = 1/5 [\sum_{i=1}^5 |y_{p_i}| + \sum_{i=1}^5 |y_{v_i}|]$$

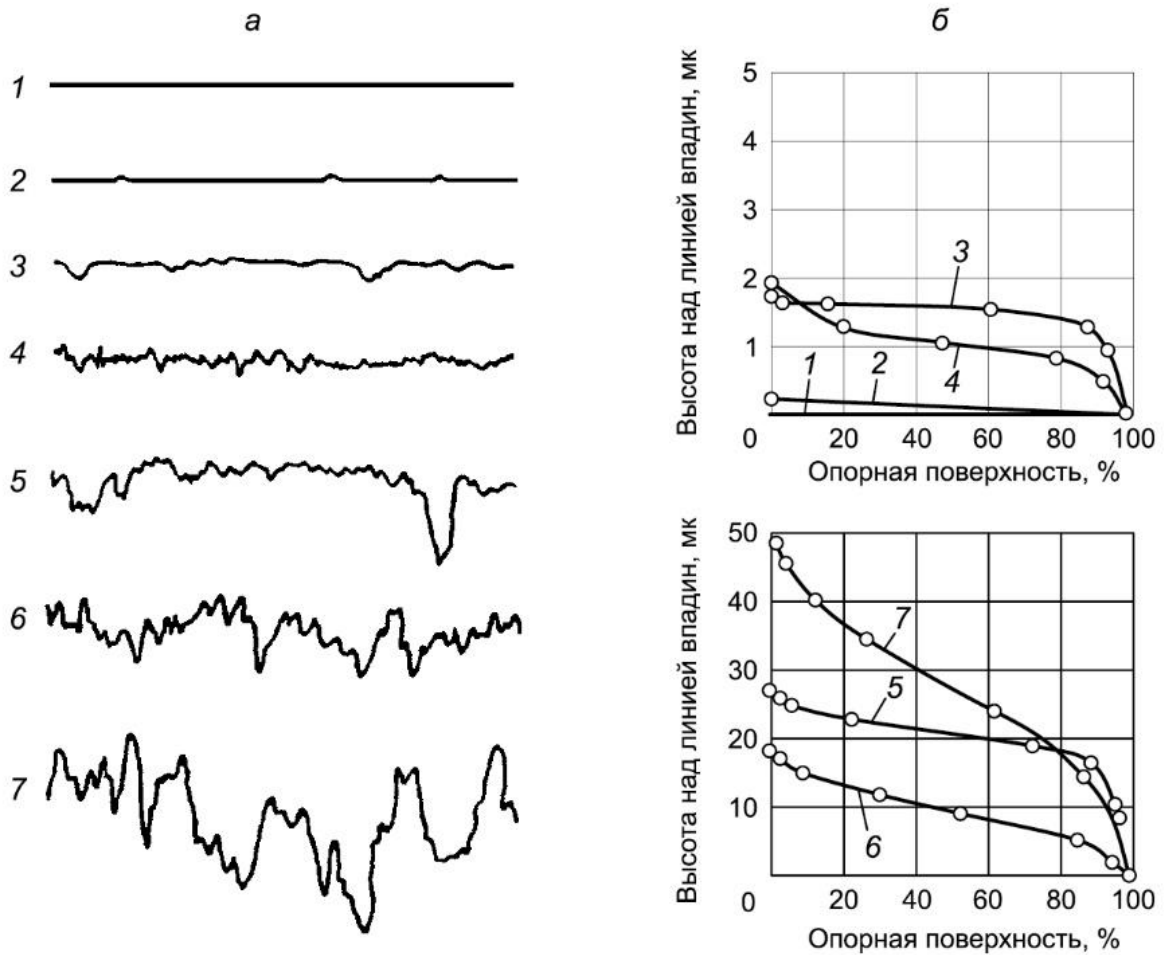
burada y_{p_i} - profilin i -ci ən böyük çıxıntı hündürlüyü; y_{v_i} - i -ci ən böyük profil dərinliyidir.

R_{max} profilinin əyriliklərinin ən böyük hündürlüyü profilin ümumi hündürlüyüdür, yəni $R_{max} = H_{max} + H_{min}$ baza uzunluğu həddində çıxıntılar xətti ilə profilin çökəkliklər xətti arasındakı məsafədir.

S profilinin yerli çıxıntıların orta addımı baza uzunluğu daxilində profilin yerli çıxıntıların addımlarının orta qiyməti:

$$S = 1/n \sum_{i=1}^n S_i$$

Profil əyriliklərinin orta hündürlüyü S_m - baza uzunluğu içərisindəki profil əyriliklərinin orta dəyəri:



Şək. 4. Profil ayriləri (a) və müxtəlif səthlər üçün daşıyıcı səthin (b) ayriləri:
 1 - ideal; 2 - ölçmə plitələr; 3 – sürtünmədən sonra; 4 - cilalamadan sonra; 5 –
 cilalanmadan sonra; 6 – incə rəndələmədən sonra; 7 – dəlmədən sonra.

$$S_m = 1/n \sum_{i=1}^n S m_i$$

Bu parametrlər profilin orta xətt ilə kəsişməsinin xarakterik nöqtələri arasındakı məsafə barədə təsəvvür yaradır.

S və S_m parametrləri, R_a və R_z hündürlük parametrləri ilə birlikdə, ayrılıqların hündürlüyünə əlavə olaraq, sürtülən səthlərin antifriksion xüsusiyyətləri üçün vacib olan istiqamətin müəyyənləşdirilməsinə imkan verir.

Profilin dayaq əyrisi - istinad profilinin uzunluğunun profil bölməsinin səviyyəsindən asılılığının qrafik təsviridir.

Dayaq əyrisi səthi əyriliklərin quruluşunu, tamamilə hamar bir cismin yaxınlaşdıqda (təmas prosesində) əyriliklərə sahib olduqda (buna da kobud bir səth deyilir) seçilmiş hissədəki dayaq sahəsindəki artım nümunəsini göstərir. Bu xüsusiyyət, bir çox baxılmış maşın hissələrinin istismarı məsələlərində vacibdir.

Profilin dayaq uzunluğu ηp DÜİST 2789–73 ilə tənzimlənir və əsas material uzunluğunun orta hissəsinə bərabər olan bir xətt ilə kəsilmiş, profil səviyyəsində p səviyyəsində kəsilmiş baza uzunluğu içərisindəki seqmentlərin uzunluqlarının cəmini təmsil edir.

Çox vaxt profilin nisbi dayaq uzunluğu $tp = \eta p / l$ istifadə olunur.

Profilin dayaq uzunluğu materialın məsaməli qatdakı paylanması xarakterizə edir və məsaməli cisimlərin sahələrinin hesablanması mühüm rol oynayır.

Şəkil 4 –də müxtəlif emal üçün səthin əyriləri göstərilir.

Həqiqi səth hər üç kateqoriyadan kənaraçıxmalara malikdir. tp profilinin dayaq əyrisinin başlanğıc hissəsi

$$tp = bx'$$

güc funksiyası ilə yaxınlaşdırılır.

burada x - çıxıntılar xəttindən R_{max} -a aid edilən çıxıntılar xəttindən profil hissəsinə olan məsafə. B və γ parametrləri profiloqramdan müəyyən edilir.

t_p dəyərlərini seçərkən, onların artırılması ilə daha çox əmək tələb edən emal proseslərinin tələb olunacağı nəzərə alınmalıdır: məsələn, $tp = 25\%$ (profilin orta xətti ilə müəyyənləşdirildikdə) incə dönüş istifadə edilə bilər və $t_p \approx 40\%$ olduqda bükülmə zəruridir.

Profilinin dayaq uzunluğu t_p təmas zamanı detalların səthlərinin plastik deformasiyasının yüksəkliyini müəyyənləşdirir.

1.3. Səth fiziki-mexaniki və fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri

Səth qatının fiziki-mexaniki xüsusiyyətləri aşağıdakılarla müəyyən edilir: sərtlilik; struktur və faz dəyişiklikləri; hündürlük ölçüsü, gərginlik dərinliyi və işarəsi; kristal qəfəsinin deformasiyası. Struktur və faza dəyişiklikləri. Plastik deformasiya, metalın kəsilməsi zamanı da daxil olmaqla, mikro quruluşun dəyişməsinə səbəb olur.

Metal strukturunda qaydasız yerləşmiş kristal dənəciklər, plastik deformasiya zamanı vahid bir oriyentasiya (tekstura) əldə edirlər. Söndürməyi qəbul edən metalların emalında daha dərin dəyişikliklər mümkündür.

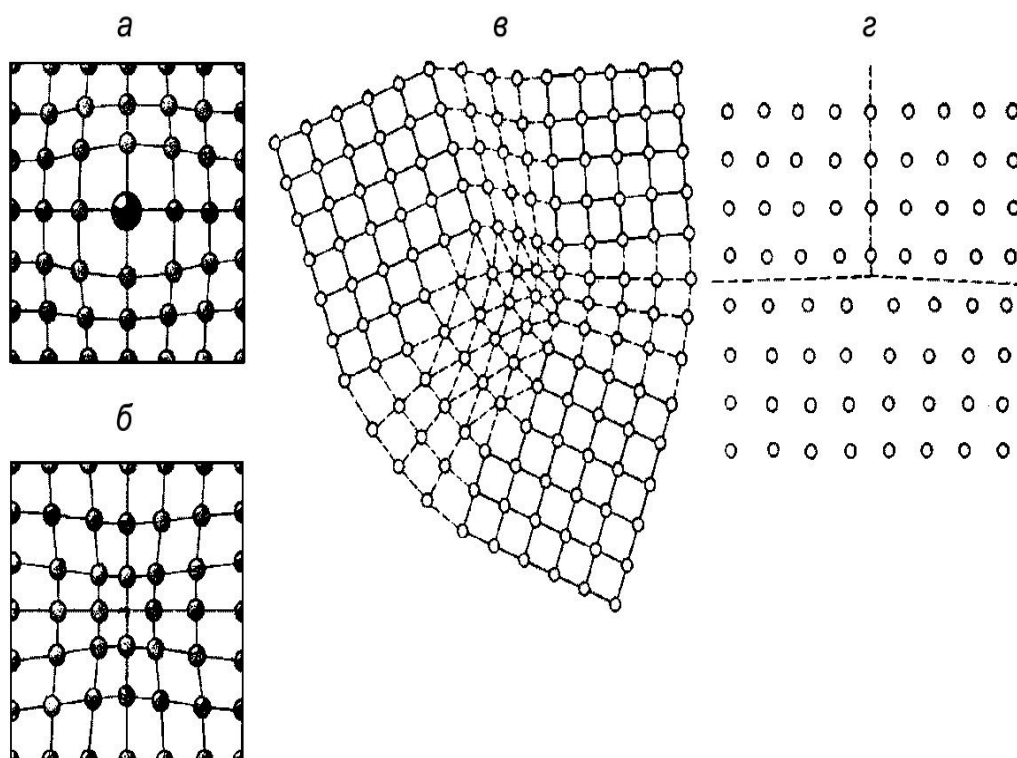
Faza dəyişiklikləri və struktur dəyişiklikləri yüksək səth isidilməsi və sürətli soyutma nəticəsində baş verə bilər. Məsələn, qızdırılmış və soyudulmuş poladın cilalanması prosesində, metalın ikinci dəfə qızdırılması zamanı ostenitik-martensitik strukturlu üst səthi təbəqəsi əmələ gəlir.

Öz növbəsində, bu təbəqə istiliklə işlənmiş metalın ilkin quruluşuna qədər bütün mərhələlərinin quruluşuna malik bir təbəqə üzərində yatır.

Normal cilalanma şəraitində dəyişilmiş strukturlu bir təbəqə demək olar ki, bərabər qalınlığa malikdir. Bənzər dəyişikliklər yonma zamanı da müşahidə edilə bilər. Hər bir struktur komponentinin özünəməxsus həcmi, fazası və struktur çevrilmələri olduğuna görə, plastik deformasiya ilə birlikdə qalıq gərginlik mənbəyidir.

Alətlə emal zamanı faza və struktur dəyişiklikləri yalnız metastabil (nisbətən sabit) quruluşa malik olan metallarda mümkündür. Metalın soyuq plastik deformasiyası vəziyyətində, dartılma zamanı eyni zamanda gərginlik altında nisbi uzanma və nisbi eninə sıxılma azaldıqda sərtliyi və mıhkəmliyi artır. Buna sərtləşdirmə və ya bərkimə adlandırılır.

Səth qatının kristal qəfəsinin deformasiyası. Kristalın həqiqi və nəzəri möhkəmliyi arasındakı uyğunsuzluq həqiqi kristallarda qüsurların olması səbəbindən yaranır.



Şək 5. Kristal qəfəsin qüsurları: a - yerdəyişən atom; b - vakansiya; c - bloklar arasındakı sərhəddə atomların qablaşdırılmasının pozulması; g - dislokasiya

Nöqtəli, xətti, səthi və üçölçülü kristal qüsurlarını ayırırlar. Nöqtə qüsurları - bütün istiqamətlərdəki kiçik qüsurlar - kristalda atom qalıqlarının olması (şəkil 5, a) və ya boş yerlərin yaranması zamanı əmələ gəlir (şəkil 5, b), yəni, atomlar tərəfindən işğal olunmayan kristal qəfəsinin düyünlərindəki boş yerlər. Xətti çatışmazlıqlar iki ölçüdə kiçik, üçüncüsündə isə nisbətən uzun olur. Səth qüsurları yalnız bir istiqamətdə kiçikdir və digər ikisində (dənəcik sərhədləri, əkizlər, fazalararası sərhədləri, kristal səth) yüksəkdir.

Üç ölçülü qüsurlar - həcmli (boşluqlar, ikinci faza daxilolmaları və s.) Adətən metal kristalları təxminən 1 mkm ölçüdə bir dərəcənin ondan biri ölçüsündə bucaq altında yerləşmiş çox sayda bölgədən ibarətdir. Atomların düzgün bir şəkildə yığıldığı bu bölgələr blok adlanır.

Bloklar arasındakı sərhəddə atomların yığılması pozulur (şəkil 5, b). Xətti çatışmazlıqlara artıq və ya yarımçıq kristal səth yerdəyişmələri (boşluq) daxildir (şəkil 5, g). Bu çatışmazlıqlar böyük dərəcədə kristalın mexaniki xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirir.

Kristalların möhkəmliyinin nəzəri hesablamalarında, bütün atomların kristal quruluşuna uyğun olaraq kristal qəfəsində yerləşdiyi qəbul edilir. Belə bir quruluşa malik plastik deformasiya kristalın bütün həcmi boyunca paylanmalıdır, çünki onun bütün bölmələri eynidir.

Nəticədə, paralel səthlərin eyni vaxtda sürüşməsinin (kartların dəstindəki sürüşmə kimi) baş verəcəyini güman etmək olar.

Bütün atomlar eyni vaxtda plastik deformasiyada iştirak edə bilər və deformasiyaya böyük müqavimət göstərə bilərlər. Bununla belə, real kristallarda kristalloqrafik səthlər boyunca sürüşmə baş verir və kiçik sahələrdə plastik deformasiya yaranır, tədricən bütün səth üzərində yayılır. Sürüşmə zamanın hər anında kristal qəfəsinin az sayda atomu iştirak edir və nəticədə atomlararası bağların gücündən istifadənin effektivliyi çox azalır.

Səthin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri, əsas metal ilə möhkəm əlaqəli müxtəlif pərdələrin metal səthində olması ilə xarakterizə olunur. Səth enerjisi. Metalın səthi təbəqəsi çox böyük aktivliyə malikdir.

Bunun səbəbi, bərk cisim içərisində hər bir atom digər atomlarla əhatə olunmuş və bütün istiqamətlərdə möhkəm bir şəkildə əlaqədirlər, səthdə yerləşən atomların isə xarici tərəfdən bu atomlar şəklində "qonşu" ları yoxdur.

Buna görə də bərk cismin atomlarının səth təbəqəsində sərbəst bağlar adlandırılan əlaqələr mövcud olur, onların mövcudluğu səth yaxınlığında atom (molekulyar) cazibəsi yaradır.

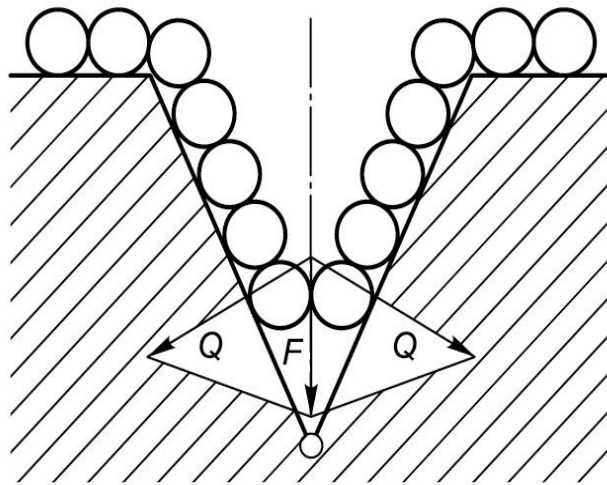
Bunun nəticəsində, təxminən iki sıra atom (yəni qalınlığı $h = 0,1 - 1,0 \text{ nm}$) özündə saxlayan sərhəd təbəqəsi səth enerjisinin sərbəst ehtiyatına sahibdir. Səth enerjisi potensial və kinetik enerjinin cəmidir.

Potensial enerji, kristal qəfəsinin normal quruluşunun pozulması ilə əlaqələndirilir və atomlar arasındakı normal intervalın yüzdə birindən bir neçə faizə qədər dəyişir.

Kinetik - sərhəd qatındakı atomların dalğalanması rejiminin dəyişməsi nəticəsində yaranır.

Adsorbsiya və xemisorbsiya. Sərbəst enerjinin olması nəticəsində bərk cismin səthi ətraf mühitdə mövcud olan maddələrdən ibarət bir pərdə ilə örtülür: qazlar, adətən havada olan su buxarı və digər mayelərin buxarları, həmçinin mayədə əriyən və bərk cismin səthi ilə təmasda olan maddələr.

Adsorbsiya - qazın, buxarların və ya həll edilmiş maddələrin sonuncunun səthində ən incə pərdənin meydana gəlməsi və ya bu maddələrin cismin səthinə hopması hadisəsidir.



Şəkil 6. Sürtkü yağının qütb molekullarının adsorptiv meyilli hərəkətinin sxemi

Səthi-aktiv maddələr daha çox adsorbsiya qabiliyyətinə malikdirlər, yəni molekulları adsorbsiya zamanı səthə perpendikulyar yönəlmiş maddələr (məsələn, üzvi turşular, onların sabunları, spirtlər, qatranlar).

Bərk cisim səthində adsorbsiya olunan maddələrin molekulları, səthi tamamilə örtmək üçün kifayət etmədikləri yerlərdən daha artıq olduqları yerlərə hərəkət etmək qabiliyyətinə malikdirlər.

Adsorsiya olunmuş molekulların hərəkətliliyi adsorbsiya növündən asılıdır. Adsorbsiya fiziki və kimyəvi ola bilər. Kimyəvi adsorbsiya (Xemisorbsiya) zamanı adsorbsiya olunmuş molekullar cismin səthinə bağlanır və kimyəvi birləşməyə bənzər bir monoqat meydana gətirirlər. Nəticədə molekulların hərəkətliliyi ciddi şəkildə məhdudlaşır.

Xemisorbsiya fiziki adsorbsiyadan fərqli olaraq seçici xarakter daşıyır. O, kristal qəfəsin nizamlılığının pozulduğu yerlərdə (daxilolmalar və ya "çuxurlar") böyük bir intensivliklə davam edir. Bir çox hallarda fiziki və kimyəvi adsorbsiya eyni vaxtda baş verir, lakin onlardan biri üstünlük təşkil edir. Möhkəmliliyi aşağı salmanın adsorbsiya effekti (Rebinder effekti).

Səthi-aktiv bir mühit, bərk cisimlərin deformasiya və dağılması proseslərinə təsir göstərir, ətraf mühitdən səthi-aktiv maddələrin fiziki (geri qaytarıla bilən) adsorbsiyası nəticəsində deformasiya və dağılma müqavimətini əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salır. Bu effekt professor P.A. Rebinder tərəfindən yaradıldı və onun adını daşıyır. Xarici və daxili adsorbsiya effektləri fərqlənir.

Xarici adsorbsiya effekti deformasiya olunan bərk cismin xarici səthinə səthi-aktiv maddələrin adsorbsiyası nəticəsində baş verir. Bu, səthin plastikiləşməsinə və məhsuldarlıq gücü σ_T -nin azalmasına gətirib çıxarır, burada sərtləşmə əmsalı $\lambda = \frac{\partial \sigma}{\partial E}$, σ - gərginlik; E - deformasiyadır.

Xarici adsorbsiya effekti zamanı səthi-aktiv maddələr təbəqəsinin adsorbsiyasının köməyi ilə bərk cismin səthi enerjisi azalır və bu da bir dislokasiyanın buraxılmasını asanlaşdırır.

Daxili adsorbsiya effekti səthi-aktiv maddələrin daxili bölməyə adsorbsiyası zamanı yaranır - bərk cismin deformasiyası zamanı meydana gələn dağıdıcı mikroçatlarda yaranır. Bu effekt dağıdıcı deformasiyası zamanı mikroçatların

səthində səthi-aktiv maddələrin atomlarının adsorbsiyasından ibarətdir və onların inkişafını asanlaşdırır. Nəticədə yeni bir səthin yaradılması işi aşağı düşür.

Dartılma gərginliyi - xarici təsirdən yaranan və ya qalıcı gərginlik, ultramikoçatlaqları aşkar edir və Rebinder effektinin təzahürünə səbəb olur. Əksinə, sıxma gərginliyi zamanı çatlaqlar bağlayır. Bu vəziyyətdə, sonuncunun "özünü müalicə etməsi" baş verir və effek yaranmaya bilər.

Elastik və ya daha da plastik deformasiya ilə, səthin bəzi yerlərində çirklənməmiş divarları olan çatlar əmələ gəlir. Bu divarlarda adsorbsiya olunan aktiv molekullar təsirli effekt göstərir və deformasiyanı gücləndirir.

Bu vəziyyətdə, meyilli bir hərəkətin təzahürü üçün ön şərtlər meydana gəlir, bu da daha sonra deformasiyanı gücləndirir. Daxili Rebinder effekti sürtgü-soyuducu mayələrin səthi-aktiv komponentlərinin təsiri altında plastik cisimlərin (metalların) kəsilməsinin asanlaşdırılmasına əsaslanır.

Metal səthlərdə pərdələr. Emal prosesində metal səthlər çox tez ilkin oksid pərdəsi ilə örtülür. Bu cür pərdələrə dəyərli metallarda da rast gəlinir. Çox nazik olmasına baxmayaraq, pərdə normal bir temperaturda verilən bir oksid fazasının kristal qəfəsinin yalnız bir neçə elementar oyuğu sonrakı oksidləşmənin qarşısını alır.

Oksidləşmə məhsulları bir metalda və onların kimyəvi birləşmələrində oksigenin bərk məhlulları ola bilər. Beləliklə, normal temperaturda dəmir təxminən 0.05% oksigen, 1000°C-də isə 0.12% həll olur.

Metal səthdə bir oksid pərdənin meydana gəlməsi bir saniyə fraksiyalarında hesablanır. Məsələn, 1,4nm qalınlığında bir təbəqənin yaranması üçün 0,05 s kifayətdir.

Qalınlığı artırdıqca pərdənin böyüməsi yavaşlayır. Oksidləşdirici metallarda pərdə qalınlığı təxminən 2–10 nm (molekulların 10–20 təbəqəsi) təşkil edir. Məsələn, poladın oksid pərdəsi 1–20 nm, alüminiumun isə 10-15 nm təşkil edir. Beləliklə, səth qatında aşağıdakı əsas zonaları qeyd etmək olar.

Zona 1 - adsorbsiyalanmış qaz pərdəsi, nəm və sürtgü-soyuducu mayelərdən ibarət olan bir sərhəd təbəqəsidir. Sadəcə detalın vakuumda qızdırılması zamanı yox etmək olar.

Zona 2 - Müəyyən sahələrinin hamarlaşdırılması zamanı yüksək temperaturun təsiri ilə deformasiya olmuş, ciddi şəkildə parçalanmış, kristal qəfəsləri pozulmuş və karbonsuzlaşmış metal: belə metalın tərkibində oksidlər və nitratlar, boşluqlar, cırılmalar və çatlar vardır.

Zona 3 - cilalama zamanı çarxın və tangensial qüvvələrin təzyiqinin təsiri altında güclü deformasiya olunan dənəciklərdən ibarətdir; yüksək temperaturun təsiri altında əmələ gələn sərbəst sementitin quruluşunu ehtiva edir.

Zona 4 - orijinal quruluşa malik metal.

FƏSİL II. MAŞIN DETALLARININ SIRADAN ÇIXMASI

SƏBƏBLƏRİ

2.1. Sürtünmə və aşınma

Maşın detallarının sıradan çıxmasının əsas səbəblərindən biri aşınmadır. Sürtünmə və aşınma proseslərinə, yuxarıda qeyd edildiyi kimi, detalların səth keyfiyyəti xüsusi təsir göstərir.

Tribotexnika - bərk cisimlərin onların nisbi hərəkəti ilə qarşılıqlı əlaqəli elmdir. O, maşınların sürtünmə, aşınma və yağlama məsələlərini əhatə edir. Tribotexnikada tribokimya, tribofizika və tribomexanika bölmələri inkişaf etdi. Tribotexnikada bəzi terminlər standartlaşdırılıb. Tribotexnikanın ümumi anlayışlarına aşağıdakı terminlər daxildir.

Xarici sürtünmə - enerjinin dağılması ilə müşayiət olunan, səthlərin təmas zonalarında iki bərk cərgə arasında yaranan nisbi yerdəyişmə müqavimətidir.

Zəncirvari sürtünmə - nisbi hərəkətə keçidə qədər mikroyerdəyişmələr zamanı iki cismin sürtünməsidir. Hərəkət sürtünməsi - nisbi hərəkətdə olan iki cismin sürtünməsidir.

Sürüşmə sürtünməsi - iki bərk cismin hərəkət sürtünməsidir, burada cisimlərin təmas nöqtələrindəki sürəti hündürlüyünə və istiqamətinə görə fərqlidir. Yellənmə sürtünməsi - təmas nöqtələrində sürətlərinin hündürlük və istiqamətə görə eyni olduğu iki bərk cismin hərəkət sürtünməsidir.

Sürtünmə gücü - bu cisimlər arasındakı ümumi sərhədə tangensial bir xarici qüvvənin təsiri altında bir cismin digərinin səthi üzərində nisbi hərəkəti zamanı müqavimət qüvvəsidir.

Sürtünmə səthi - sürtünməyə cəlb olunan cismin səthi. Sürtünmə əmsalı - iki cismin sürtünmə qüvvəsinin bu cisimləri bir-birinə yaxınlaşdıran normal qüvvəyə nisbəti.

Aşınma- cismin ölçüsü və (və ya) formasının tədricən dəyişməsində özünü büruzə verən, sürtünmə zamanı materialın bərk səthindən parçalanması və (və ya) qalıq deformasiyasının toplanması prosesidir.

Aşınma - müəyyən olunmuş vahidlərdə təyin olunan aşınmanın nəticəsidir. Aşınmanın miqdarı uzunluq, həcm, kütlə və s. vahidlərlə ifadə edilə bilər.

Aşınmayadavamlılıq – aşınma intensivliyi və ya aşınma sürəti, hündürlük ilə qiymətləndirilən müəyyən sürtünmə şəraitində aşınmaya müqavimət göstərmək üçün materialın xüsusiyyəti. Aşınma sürəti $\gamma = du / dt$ (mkm/s) aşınma miqdarının aşınma baş verdiyi müddətə nisbətidir.

Aşınma intensivliyi $J = du/ds$ - aşınma miqdarının aşınmanın baş verdiyi nisbi sürtünmə məsafəsinə (s) nisbətidir. Aşınma və sürtünmə məsafəsi eyni vahiddə ölçülərsə, bu miqdar ölçüsüz olacaqdır.

Yağlama - bir sürtkü yağının hərəkətidir, bunun nəticəsində iki səth arasında sürtünmə gücü və (və ya) aşınma sürəti azalır. Sürtünmə molekulyar-mexaniki təbiətə malikdir. Faktiki təmas sahələrində molekulyar cazibə qüvvələri fəaliyyət göstərir.

Onlar kristal qəfəslərdəki atomlararası məsafədən on qat daha çox məsafələrdə yaranır və temperaturun artırılması çıxalır. Aralıq bir axıcı təbəqənin (nəm, çirk, sürtkü yağları və s.) olması və ya olmaması zamanı molekulyar qüvvələr bu və ya digər bölmələrdə adgeziyaya səbəb olur.

Adgeziya – müxtəlif təbiətli bərk və ya maye cisimlərin (fazaların) öz səthləri ilə bir-birinə yapışdırılmasıdır. Adgeziya eyni zamanda elektrik qüvvələrinin təsiri ilə də yarana bilər.

Molekulyar qüvvələrin daha güclü bir təzahürü də səthlərin bir-birini tutmasıdır. Bu halda sürtünmə qüvvəsi tutma zonalarının sahəsindən və onların parçalanması müqavimətindən asılıdır. Sürtünmə qüvvəsi T mexaniki və molekulyar qarşılıqlı təsirlərlə müəyyən olunur:

$$T = a \cdot S_{\phi} + b \cdot P$$

burada a - sürtünmə qüvvəsinin molekulyar komponentinin orta intensivliyi; S_{ϕ} - faktiki əlaqə sahəsi; b - sürtünmə qüvvəsinin mexaniki

komponentini xarakterizə edən əmsal; P - xarici qüvvədir. Sürtünmə əmsalı f sürtünmə qüvvəsinin xarici qüvvəyə nisbətidir.

Sürtünmə əmsalı düsturu əsasında alırıq

$$f = a \cdot S_{\phi}/P + b$$

Sürtünmə qüvvəsi üçün ikihədli ifadələr və sürtünmə əmsalı sürtgü materialı ilə və onsuz olan hal üçün üçün doğrudur. Sürtgü materialı olmadan sürtünmə. Bu proses, toxunan səthlərin yalnız oksid pərdələr və ya su və qazın adsorbsiyalaşmış pərdələri ilə örtüldükdə həyata keçirilir.

Əyləc, sürtünmə düyünlərində və sürtünmə sahələrində, sürtkü yağlarının (toxuculuq, qida, kimya sənayesi maşınları) istifadəsinin yolverilməz olduğu və ya təmas zonasında yüksək temperatur səbəbindən istifadəsinin mümkün olmadığı yerlərdə meydana gəlir.

Adətən, sürtkü yağları olmadan işləyən sürtünmə nöqtələri üçün sürtünmə cisimlərindən biri möhkəm bir kompozitdən hazırlanır ki, o da sərt sürtkü materialından (molibden disulfidi, volfram diselidi, qrafit) və ya plastik metallardan ibarət olur.

Laylı bir quruluşa və aşağı sürüşmə müqavimətinə malik bərk sürtkü materialları sürtünən cisimlərin sürtünmə qüvvəsini və aşınma sürətini azaldır.

Sərhədyanı yağlama zamanı sürtünmə. Bu halda toxunan cisimlərin səthləri çox kiçik qalınlıqda sürtkü materialı təbəqəsi ilə ayrılır (bir molekulun qalınlığından 0,1 mkm-ə qədər).

Sərhədyanı qatın və ya sərhəd pərdəsinin olması sürtkü yağı olmadan sürtünmə ilə müqayisədə sürtünmə qüvvələrini 2-10 dəfə və toxunan səthlərinin aşınmasını isə yüz dəfə azaldır.

Sürtkü yağının molekulları sərt səthə perpendikulyar olaraq yönəldilmişdir ki, bu da sərhədyanı sürtkü materialını xov şəklində təqdim etməyə imkan verir.

Bərpaolunmayan sərhəd pərdəsi sürtünmə məsafəsi artdıqca aşınır, pərdə yağı aşınma məhsullarına yapışır və sürtünmə səthindən uzaqlaşdırılır. Sərhəd

qatlarına sürtkü materialları və səthi-aktiv maddələrin sulu məhlullarının əlavə olunması sərhəd qatının qalınlığını artırır və aşınmanın azalmasına kömək edir (2 dəfəyə qədər).

Sərhəd yağlaması zamanı sürtünmə və aşınmaya həm toxunan materialların xüsusiyyətləri, həm də sürtkü yağının xüsusiyyətləri təsir edir.

Aşınma yağ pərdəsinin lokal parçalanması zamanı və bu pərdə vasitəsilə ötürmə cəhdləri zamanı baş verir. Bu pərdə aralıq qat rolunu oynayır və kvazi-bərk cisimlərin bəzi xüsusiyyətlərinə malikdir.

Maye sürtünmə. Bu növ sürtünmə onunla xarakterizə olunur ki, sürtünən səthlər təzyiq altında maye sürtgü materialının (yağının) maye təbəqəsi ilə ayrılır. Yağlama materialının təzyiqi xarici yükü tarazlaşdırır.

Yağlama materialı təbəqəsi - daşıyıcı qatdır. Maye yağlama zamanı hərəkətə müqavimət mayenin daxili sürtünməsi (özlülük) ilə müəyyən edilir və yağın sürtgü materialı qatının qalınlığında sürüşməsi müqavimətindən yaranır.

Özünəməxsus çox kiçik sürtünmə əmsalına malik olan bu sürtünmə rejimi, enerji itkisi, dayanıqlıq və aşınmayadavamlılıq baxımından sürtünmə vahidi üçün optimaldır.

Maye yağlaması zamanı sürtünmə qüvvələri toxunan səthlərinin təbiətindən asılı deyil.

Maye yağlanmanın həyata keçirilməsi üçün hamar səthlərə malik və digər ideal şərtlərdə istifadə olunan sürtkü yağının ən kiçik qalınlığı mayenin həcli xüsusiyyətlərinin ortaya çıxdığı qalınlıqdan az olmamalıdır.

Məsaməli səthlər üçün ən kiçik qat qalınlığı – toxunan səthlərin ayrılıqlarının çıxıntılarının ucları arasındakı minimum məsafədir.

Bununla birlikdə, maye sürtünmənin bir neçə mənfi cəhətləri var. Birinci, yağlama sisteminin konskultasiyasının əhəmiyyətli dərəcədə mürəkkəb olması ilə əlaqələndirilir.

İkincisi, böyüklüyü yükədən asılı olan səthlər arasında yağ təbəqəsinin olması düynün yerdəyişməsi dəqiqliyini poza bilər.

2.2. Aşınmanın mexanizmi

Aşınma prosesini üç fenomenə bölmək olar: sürtünmə səthlərinin qarşılıqlı təsiri; metalın səth qatında baş verən dəyişikliklər; səthlərin dağıdılması. Bu hadisələr ardıcıl deyil - davamlı olaraq qarşılaşır, bir-birinə təsir göstərir.

Səthlərin qarşılıqlı təsiri mexaniki və molekulyar ola bilər. Mexaniki qarşılıqlı əlaqə, qarşılıqlı tətbiqdə, sürüşən kobud səthlər zamanında toqquşma ilə birlikdə səthi pozuntuların tətbiq edilməsində ifadə olunur. Molekulyar qarşılıqlı əlaqə yapışma və tənzimləmə şəklində özünü göstərir. Tutma yalnız metal səthlərə xasdır və yapışmadan daha güclü əlaqə ilə fərqlənir.

Səthlərin qarşılıqlı nüfuzetmə sahələrində də molekulyar qarşılıqlı əlaqə mümkündür. Əlbəttə ki, bu yağ pərdəsinin dağılması zamanı baş verəcək. Sürtünmə səthindəki dəyişikliklər deformasiyalar, temperaturun artması və ətraf mühitin kimyəvi təsiri zamanı baş verir.

Deformasiyanın səbəb olduğu dəyişikliklər. Müəyyən şərtlər daxilində materialın quruluşundakı çatışmazlıqlar səbəbindən çoxlu elastik deformasiyalar yəllənən səthlərin yorğunluğuna səbəb olur və sürüşmə səthlərinin mikroəyriliklərinin çoxsaylı elastik deformasiyaları strukturun dayanıqlılığını azaldır.

Plastik deformasiya səth qatı materialının strukturunu dəyişdirir. Quruluşun dağılması - plastik deformasiyanın son mərhələsidir, çünki güc effekti bir yüklə artır. Kristal dənəciklərin yerdəyişməsi yapışmanın qismən pozulması ilə müşayiət olunur və nəticədə gərginliyin artırılması və ya onun təkrarı baş verməklə zəiflik, boşalma, gələcəkdə isə strukturun daha da pozulması baş verir.

Təkrar kristallaşma temperaturundan aşağı temperaturda plastik deformasiya səth qatının sərtləşməsinə - bərkiməsinə səbəb olur. Bununla birlikdə, səthin özündə struktur bir qədər zəifləyir, mikrosərtlilik aşağı düşür.

Sonuncu müəyyən bir dərinlikdə maksimuma çatır, daha sonra orijinala enir. Materialın struktur komponentlərinin sərtliyinə görə ciddi fərqlənən və yükün çoxsaylı təsiri altında əvvəlcə yumşaq əsasın intensiv aşınması baş verir, bunun

nəticəsində çıxan bərk komponentlərə təzyiq artır, yumşaq əsasə sıxılır, onlardan bəziləri əzilir və əlavə olaraq sürtünmə hərəkəti gücü altında yer dəyişirlər. Belə seçimli aşınma nəticəsində səth möhkəm struktur komponentlərlə zənginləşir və düzxətli strukturu qazanır.

Temperatur artımının təsiri. İstismar şəraitində və ya sürtünmə nəticəsində səth təbəqələrinin temperaturu metalın təkrar kristallaşma temperaturundan yüksəkdirsə, o zaman səth təbəqəsi pərçimlənmir, əksinə artan elastiklik vəziyyətində qalır. Yüksək temperatur və plastik deformasiya diffuziya proseslərinə gətirib çıxarır; nəticədə səthin bəzi elementlərlə (məsələn, poladın səthini karbonla) zənginləşdirilməsi, ayrı-ayrı struktur komponentlərinin koagulyasiya edilməsi və sürtünmə cütlərinin detalları materiallarının qarşılıqlı diffuziyaedici əriməsi mümkündür.

Temperaturun intensiv lokal şəkildə artırılması (temperatur sıçrayışı) zamanı və daha sonra metalı əhatə edən soyuq kütlə vasitəsilə kəskin soyutma zamanı, səthdə söndürmə strukturları meydana gələ bilər.

Buna temperaturu azaldan yüksək təzyiq (yükdən) səbəb olur, bu zaman struktur dəyişiklikləri baş verir. Plastik deformasiya, mümkün olan yüksək temperatur dərəcələri və struktur dəyişiklikləri, ayrı-ayrılıqda və birlikdə, materialın parçalanmasına təsir göstərə biləcək streslərə səbəb olur.

Yüksək yük və temperatur şəraitində maqma plazmasının əmələ gəlməsi mümkündür. Mikrokontaktların qarşılıqlı əlaqəsi çox qısa bir müddətdə (10^{-7} – 10^{-8} C) baş verir və bu müddət ərzində kontakta çox enerji verilir.

Belə şəraitdə səth qatının materialı transformasiya olunur, nəticədə ayrılıqların toqquşma zonasında maqma plazma əmələ gəlir; proses elektronların yayılması ilə müşayiət olunur.

Ətraf mühitin kimyəvi təsiri. Hava mühitində aşınmaya məruz qalan çılpaqlaşmış metal səthlərdə oksid pərdələr meydana gəlir. Bu pərdələr səthləri tutulmadan və bununla əlaqəli dərin yırtılmalardan qoruyur. Eləcə də yalnız sürtkü yağları olmadan sürtünmə üçün deyil, həm də yarıməyaye yağlama üçün vacib amildir.

Yağdakı kimyəvi cəhətdən aktiv çöküntülərlə qarşılıqlı əlaqədə olan metal səthlər, oksid pərdələrin roluna bənzər kimyəvi birləşmələrin pərdələri ilə örtülmüşdür.

Səthin karbonla doyması sürtkü yağının yüksək temperaturda parçalanması nəticəsində mümkündür. Aqressiv mayelər və qaz mühiti aşınmanı aktivləşdirir.

2.3. Aşınma proseslərinin təsnifatı

Mexanik aşınma təmas səthlərinin mexaniki qarşılıqlı təsiri nəticəsində baş verir. Aşındırıcı (hidrogaz-aşındırıcı), eroziv (hidroqaz-eroziya), yorğunluq və kavitasiya ola bilər. Elektrik cərəyanının təsiri altında olan aşınma eroziv (elektroeroziv) aşınmaya aid edilə bilər.

Bu proseslərin bir çoxu sürtünmə zamanı materialın mikrohəcmlərinin dağılmasına və prosesin qeyri-bərabər intensivliyinə səbəb olan xüsusi hadisələrlə xarakterizə olunur.

Molekulyar - mexaniki aşınma faktiki təmasın ləkələrindəki yapışan hadisələrdən qaynaqlanır. Bunun nəticəsində qaynaq körpüləri meydana gəlir, bunlar tangensial qüvvə ilə məhv edilir. Parçalanma sürtünmə cütünün elementlərindən birinin həcmi boyu baş verə bilər.

Molekulyar mexaniki aşınma ilişmi və tutma şəklində özünü göstərir. Korroziya - mexaniki aşınma, materialla təmasda olan sürtünmə səthinin əyriliklərinin impulsu, istilik və mexaniki qarşılıqlı təsirindən yaranan kimyəvi proseslərdən qaynaqlanır. Fretting korroziya zamanı oksidləşdirici aşınma və aşınma şəklində özünü göstərir.

Abraziv aşınma nisbi hərəkət zamanı detalın səthinin bərk hissəciklərlə qarşılıqlı təsiri nəticəsində yaranan dağılması ilə xarakterizə olunur. Böyük intensivliyə malik olan bu cür aşınmanın qarşısının alınması üçün müəyyən addımlar atılsa da, onun yaranması üçün kifayət qədər səbəblər mövcuddur.

Bu cür aşınma ətraf mühitdən sürtünmə səthinə abrazivlərin düşməsi və ya sürtkü materialının kifayət qədər filtrasiya olunmamasının nəticəsində baş verir.

Bir çox hallarda abraziv hissəciklər aşınma materiallarıdır, yəni mikro həcmələri struktur tərkiblərinin dağılan bərk hissəcikləridir. Maşınların bəzi hissələri birbaşa abraziv mühitlərdə (ekskvatorların çanaq dişləri və s.) işləyirlər.

Bu cür aşınma daha intensiv və kifayət qədər yağlanmış səthlərdə tətbiq olunan yük bir hissədən digərinə, yalnız yağlayıcı təbəqə ilə deyil, həm də aşındırıcı hissəciklər vasitəsilə ötürüldükdə baş verə bilər. Maye və ya qaz axını təsiri ilə, bərk hissəciklərin təsiri nəticəsində yaranan hidro və qaz abraziv aşınma abraziv aşınmanın fərqli bir növüdür.

Eroziv aşınma - maye, qaz və ya buxarın yüksək sürətlə axınının mexaniki təsiri səbəbindən bir materialın səthinin parçalanması.

Elektrik boşalmalarının təsiri altında metalların parçalanması da eroziyaya aiddir. Maye, qaz və ya buxarın təmiz şəkildə yüksək sürətlə axınının eroziv təsiri davamlı bir axının sürtünməsindən və səthə təsirindən ibarətdir. Sürtünmə nəticəsində materialın ayrı-ayrı hissələrinin boşalması və yuyulması baş verir.

Bu halda aşınma sürəti aşağıdır. Axın və təzqiyiqin dinamik təsiri daha böyük əhəmiyyətə malikdir.

Materialın xüsusiyyətlərindən asılı olaraq fərdi həcmələrdə və ya dənəcik qruplarında parçalanmalar mümkündür. Pərçimləmə qabiliyyəti olan plastik materiallarda əvvəlcə ayrı hissələrin mikroplastik deformasiyaları toplanır və sərtləşmə qabiliyyəti tükəndikdə bu hissələr dağılır və yuyulur.

Zərbə zamanı mikro çatlaqların əmələ gəlməsi anında daxil olan maye yan divarları itələyərək paz kimi özünü aparır.

İlkin mərhələdə hamar bir səthdə eroziya çox yavaş inkişaf edir, lakin zədələnmiş sahələrin yaranmasından sonra güclənir. Bu, mikro çatlaqların toplanması, mayenin təsirli hərəkəti və səthdə geniş burulğan əmələ gəlməsi səbəbindən zərbə təsirinin artması ilə zədələnmiş səth qatının kövrəkliyinin artması ilə izah olunur.

Eroziyadan dağılma tez-tez təyyarə mühərriklərinin hidravlik qurğularının, polad və çuqun pistonlu üzüklərin səthləri məruz qalır. Əgər axında abraziv hissəciklər varsa, onda aşınma erroziv-abraziv olur.

Eroziya və korroziya çox vaxt birlikdə hərəkət edir. Korroziya-eroziya aşınması korroziya-mexaniki aşınmanın bir növüdür. Hər iki amilin rolu materialdakı mexaniki və kimyəvi təsirlərin nisbətindən asılıdır.

Tipik bir nümunə kimi, korroziya və eroziya nəticəsində məhv olan avar vintlərini göstərmək olar.

Yorğunluqdan aşınma - sürtülən səthlərin mikroçixıntılarına dövrü təsirinin nəticəsidir.

Aşınma hissəciklərinin parçalanması səth qatının sərtləşməsi nəticəsində baş verə bilər ki, bu da kövrək olur və dağılır (onu bəzən kövrək sınıq zamanı aşınma adlandırırlar).

Kontakt yorğunluq və yorğun aşınma bir-birindən fərqləndirilir. Kontakt yorğunluq sürüşmə olmadan yellənmə zamanı meydana gəlir və yerli dağılma mənbələrinin (pitting) inkişafında özünü göstərir.

Yorğun aşınma sürüşmə sürtünməsi halı üçün üçün xarakterikdir və səthin mikrohəcmlərinin ayrılması zamanı özünü göstərir. Yumruq birləşmələrində - rulon, dişli ötürücü, yellənmə dayaqları və digərləri hər iki növ dağılma yer ala bilər. Böyük sürüşmələrdə əsas rolu aşınma oynayır. Bu, səthin pitting dağılmaları hadisələrindən daha intensivdir.

Kavitasiya aşınması, mayenin içində əriyən və ya buraxılan buxarlar, hava və ya qazlarla doldurulmuş köpüklər, zolaqlar və torbalar şəklində bərk cismin səthi boyunca hərəkət edən maye axınındakı boşluqların meydana gəlməsindən qaynaqlanır. Bu, aşağıdakı səbəblərə görə baş verir.

Yüksək sürətlə hərəkət edən bir axın içində, daralma baş verdikdə və ya yolunda hər hansı maneələr olduqda, təzyiq müəyyən bir temperaturda buxarlanma təzyiqinə uyğun bir təzyiqə qədər düşə bilər. Bununla belə, mayenin müqavimətindən asılı olaraq dağılma və axının tamlığının pozulması baş verə bilər.

Yaranan boşluq buxar və mayedən çıxan qazlarla dolur. Bir millimetrin onda biri qədər ölçülərdə buxar-qaz köpükləri axınla birlikdə hərəkət edərkən yüksək təzyiq zonalarına daxil olur.

Buxar qatılaşır, qazlar həll olur və maye hissəciklər böyük sürətlə yaranan boşluqlara axır; tam axının zərbə ilə müşayiət olunan bərpası baş verir.

Kavitasiya boru kəmərlərində, hidravlik mühərriklərdə və mərkəzdənqaçma və propeller nasoslarının və hidravlik turbinlərin və avar bıçaqları ətrafında axan axınlarda müşahidə olunur.

Kavitasiya fenomeni titrəmələrə, sarsıntılara və döyüntülərə səbəb olur ki, bu da bərkitmə əlaqələrinin boşalmasına, boltların qırılmasına, iplərin qırılmasına, birləşmələrin sürtünmə korroziyasına, sıxlığın pozulmasına və yorğunluq sınıqlarına səbəb olur.

Kavitasiya maşınların və avar vintlərinin səmərəliliyini aşağı salır və hərəkət zonasında detalların səthlərinin birbaşa məhvinə səbəb olur.

Zərbələrin təsiri altında metal səthi deformasiya olunur və kiçik bir dərinliyə yapışır.

Dəfələrlə təkrarlanan zərbələr ayrı-ayrı mikrosahələrdə materialın yumşalmasına, yenidən sərtləşməsinə səbəb olur, çatlaq şəklində parçalanma mənbələrinin yaranması ilə müşayiət olunur.

İlk növbədə daha zəif struktur komponentləri parçalanır (poladda - ferrit; çuqunda - qrafit daxilolmalar).

Tıxanma və tutma zamanı aşınma - təkrar kristallaşma temperaturundan aşağı bir temperaturda qarşılıqlı sürtünmə və ya birgə deformasiya nəticəsində metalların möhkəm birləşməsi hadisəsidir.

Bu zaman səthlərin birbaşa təmas sahələrində güclü metal əlaqələr meydana gəlir.

Tutma yerlərində, təmas edən cisimlər arasındakı sərhəd yox olur, eyni və fərqli metalların birləşməsi baş verir.

Tıxanma - tutmanın daha əlvan formasıdır. Bu halda qeyri-bərabər kənarları olan geniş və dərin hörüklər meydana gəlir, onlar bəzən birləşik olur; iri

çıxıntılar mövcuddur; yəqin ki, səth əriməsi nəticəsidir. Detalların tam tıxanması baş verə bilər.

Oksidli aşınma o halda baş verir ki, təmas səthlərində oksid pərdələr meydana gəlir, onlar sürtünmə zamanı parçalanır və yenidən əmələ gəlir. Aşınma məhsulları oksidlərdən ibarətdir.

Oksidali aşınma digər növ korroziya-mexaniki aşınmalardan aqressiv mühitin olmamaması ilə fərqlənir. Bu da normal və yüksəldilmiş temperaturda, sürtünmə zamanı və ya miqdarının az olduğu zaman baş verir.

2.4. Yorğun parçalanma və korroziya parçalanması

Yorğunluq - metala təkrar çoxsaylı güc təsirinin altında çatlaqların tədricən meydana gəlməsi və inkişafı prosesidir. Yorğunluq çatlaqının əmələ gəldiyi yer sınma nöqtəsi adlanır.

Dəyişən yükün təsiri altında çatlaq yavaş-yavaş detalın dərinliyinə yayılır, yorğun sınma inkişafı zonası yaranır. Sınıqda bu zonanın addımları, yaraları var.

Cismin qalan hissəsi qəbul ediləndən daha az olduqda, detal məhv olur. Yorğunluq sınığının xarakteri stres vəziyyətinin növündən asılıdır və buna görə gərilmə - sıxılma, əyilmə, burulma və təmas yorğunluğunu kimi fərqləndirilir.

Yorğunluq parçalanmaya məruz qalan ən xarakterik detallar tıxaclar, təkər valı, birləşdirən çubuqlar, altılı dişlər, rulman halqaları, yaylar, burulma vallarıdır.

Çox vaxt detallardakı gərginliklər sinusoidal qanuna uyğun olaraq zamanla ölçülür və ya hesablamaları çox asanlaşdıran sinusoidal harmoniklərin cəmi kimi təqdim edilir.

Ümumi hal üçün, t zamanı ilə σ gərginliyinin dəyişməsinin sinusoidal dövrləri 6-cı şəkildəki qrafiklərdə göstərilmişdir.

Dövrün əsas xüsusiyyətləri aşağıdakılardır (DÜİST 23207–78):

σ_{max} – dövrün maksimal gərginliyi;

σ_{min} – minimal dövrü gərginlik;

σ_a – dövrü gərginliklərinin amplitudu;

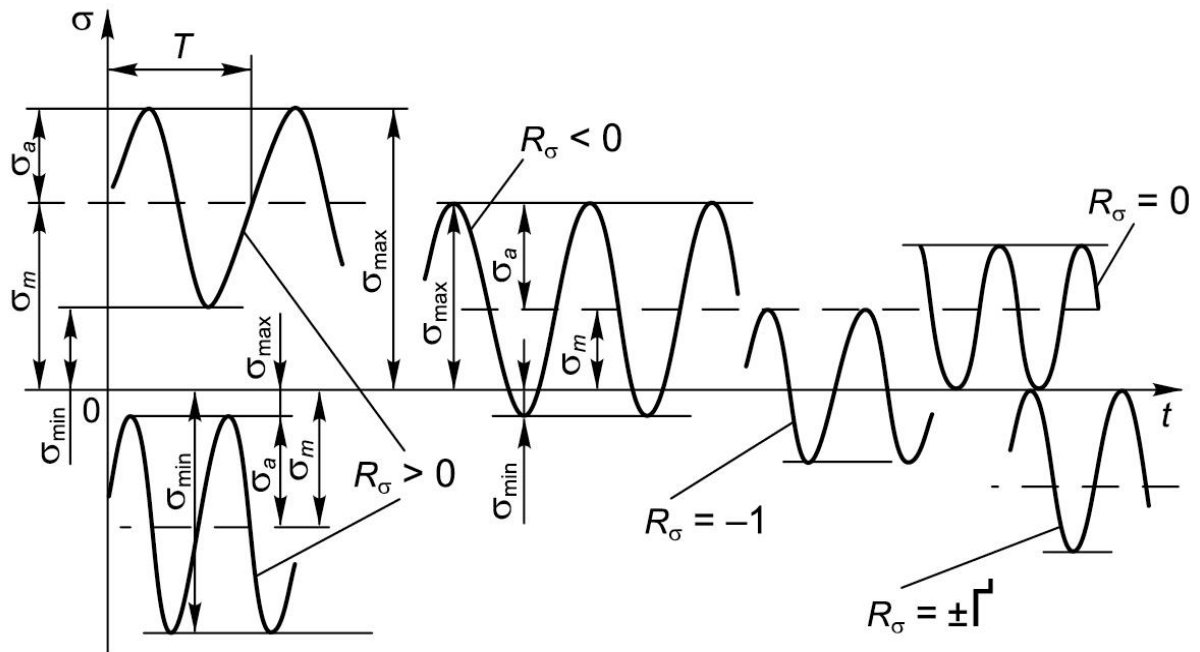
$R_\sigma = \sigma_{\min}/\sigma_{\max}$ – gərginlik dövrünün asimmetriya əmsalıdır;

σ_m – gərginlik dövrünün orta gücü;

T -dövr periodu (gərginliyin məhdud dəyərlərdən birini iki dəfə aldığı zaman).

Maşın hissələri üçün xarakterik olanlar asimmetrik alternativ dövrlər ($R_\sigma > 0$) və alternativ dövrlər ($R_\sigma < 0$), simmetrik ($R_\sigma = -1$) və sıfır ($R_\sigma = 0$ və $R_\sigma = \pm \infty$) dövrlərdir.

Təcrübə ilə müəyyən edilmişdir ki, gərginliyin artması ilə parçalanmaya qədər nümunəni özündə saxlaya bilən dövrlərin sayı tədricən azalır və əksər qara



Şək.7. Gərginlik dəyişiklikləri dövrləri

metallarda dövrə $\sigma_{\max}$ - in elə bir maksimum mütləq gərginliyi var ki, material istənilən dövrə sayında dağılmır. Belə bir gərginlik σ_R davamlılıq həddi adlanır:

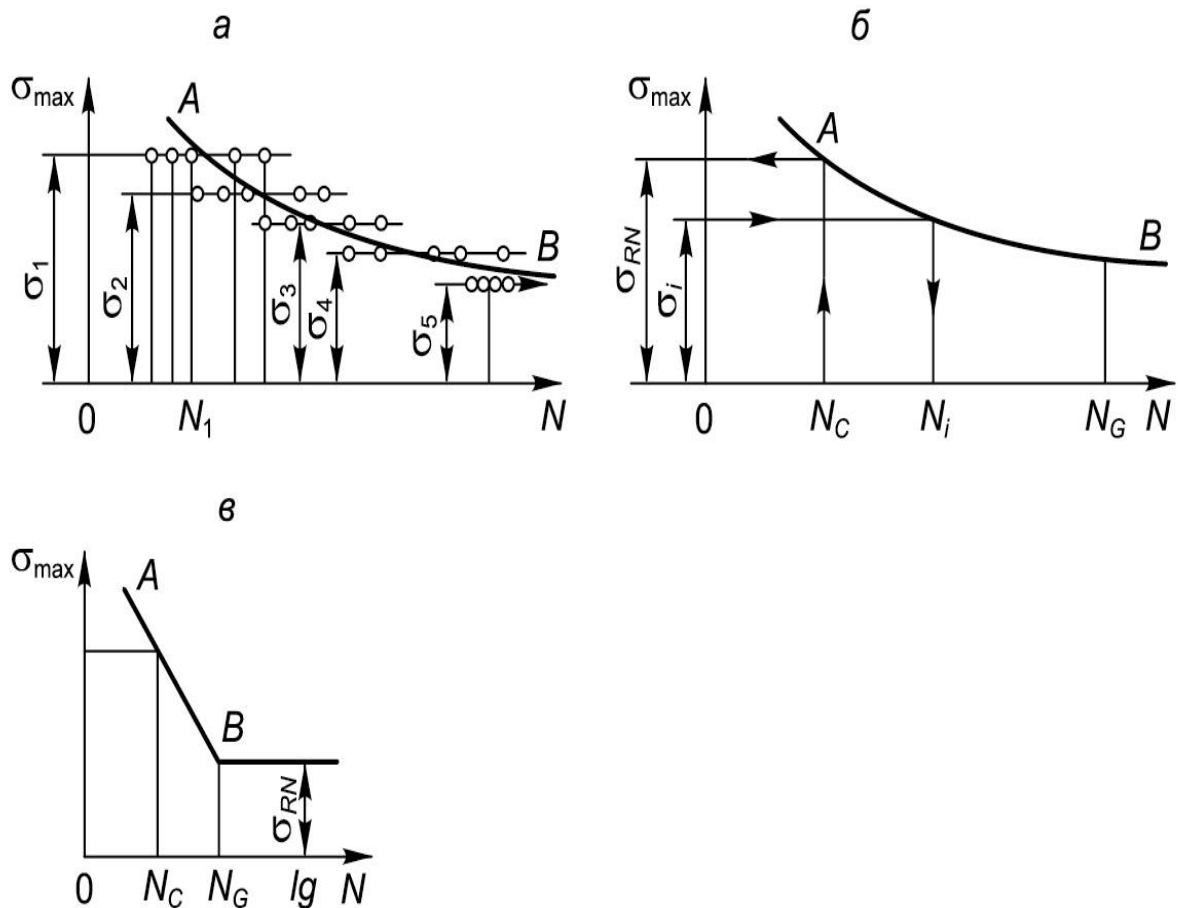
simmetrik bir dövr üçün ($R_\sigma = -1$)– σ_{-1} ,

sıfır bir dövr üçün ($R_\sigma = 0$)– σ_0 .

8-ci şəkildə və $\sigma_{\max}$ - N koordinat sistemində müxtəlif gərginlik səviyyələrində yorğunluq parçalanmasından əvvəl nümunələr tərəfindən saxlanan N gərginlik dövrlərinin məhdud sayına uyğun olaraq eksperimental nöqtələr qeyd edilir ($\sigma_1 - \sigma_4$).

N kəmiyyəti dövrü davamlılıq adlanır. Gərginlik σ_5 olduqda dağılma baş vermir (ox ilə işarələnmişdir). Yorğunluq testlərinin nəticəsi əsasında yorğunluq əyrisi qurulur.

Yorğunluq əyrisi – maksimal gərginlik (deformasiya) və ya dövrün amplitudu ilə eyni nümunələrin dövrü davamlılığı arasında ya bütün eyni nümunələr üçün eyni orta gərginlik (deformasiya, amplitud) ya da bütün nümunələr üçün eyni dövr assimetriyası əmsalı üçün qurulmuş qrafikdir.



Şək 8. Yorğunluq əyriləri

Tədqiqat nəticələri göstərir ki, artan N ilə, $d\sigma/dN$ mütləq dəyərdə azalır və adətən yorğunluq əyrisi üfüqi asimptoya malikdir.

İki düz xətt ilə təmsil olunan yorğunluq əyrisinin sınma nöqtəsinə uyğun N dəyəri (Şəkil 8, b-də B nöqtəsi) N_G -ni ifadə edir və adətən yorğunluq sınaqları bazası kimi qəbul edilir. Baza - nümunənin parçalanmayadək dayandığı şərti sayda dövrlərdir.

Əgər dövrlərin baza həcmində parçalanma baş verməzsə, onda belə qəbul edilir ki, hər hansı bir dövr həcmində də parçalanma olmayacaqdır. Qara metallar üçün $N=3 \cdot 10^6 - 10 \cdot 10^6$, baza qəbul edilir, əlvan metallar üçün $N=5 \cdot 10^7$. Sınaqlar zamanı eləcə də aşağı dövrlü $N \leq 10^6$ və yüksək dövrlü $N > 10^6$ yorğunluğu da fərqləndirirlər.

Verilmiş tsiklik dayanıqlığa uyğun dövr gərginliyinin mütləq dəyəri $N_C < N_G$ məhdud dözümlülük həddi adlanır və σ_{RN} ilə işarələnir (Şəkil 8, c). Qənaətbəxş dəqiqliyi ilə, yorğunluq əyrisi AB sahəsi asılılıq ilə yaxınlaşdırılır

$$\sigma_{RN}^m N_C = const$$

Və ya

$$\sigma_i^m N_i = const$$

burada σ – verilmiş gərginlik səviyyəsi; m – dərəcə göstəricisi.

Yorğunluq əyrisindən, N_C –nin verilmiş qiyməti ilə σ_{RN} , verilmiş gərginlik səviyyəsində $\sigma_i - N_i$ (şəkil 8, b). təyin olunur. Dərəcə göstəricisi m gərginlik vəziyyətinin növündən, detalın formasından, materialın mexaniki xüsusiyyətlərindən, termo-əmal metodundan asılıdır və ümumiyyətlə 6–9 səviyyəsindədir. m -in bu qiymətlərində sınaqlar zamanı σ_i azalması N_i -nin kəskin artması ilə əlaqələndirilir.

Kompakt bir qrafik əldə etmək üçün absis oxu boyunca logarifmik ölçü istifadə edilir. Loqarifmik ölçülər hər iki koordinat oxlarında geniş istifadə olunur, yorğunluq əyrisinin meyilli hissəsi isə düz xəttidir (şəkil 8, c).

Dözümlülük həddi yalnız materialın xüsusiyyətləri ilə deyil, məsələn, elastik modul, sınaq metodundan, dizayndan, nümunənin səthinin ölçüsündən və vəziyyətindən asılıdır. Hal-hazırda bir metalın yorğunluq parçalanması hadisəsini izah edən bir nəzəriyyə yoxdur.

Bir neçə fərziyyə mövcuddur: sərtləşmə və yumşalma (İ.A. Odinga), gücün statistik nəzəriyyəsi Veybullal və N.N.Afanasyev, Rebinder effekti və başqaları. Yorğunluq möhkəmliyi müxtəlif amillərdən asılıdır.

Gərginlik konsentrasiyası aşağıdakı parametrlər qrupundan qaynaqlanır:

- həndəsi (kəsiklər, çuxurlar, alt örtüklər, yivlər, oymalar, detalın kəşişən hissəsinin kəskin şəkildə dəyişdirildiyi təmas yerləri və s.);
- texnoloji (mexaniki emal nəticəsində yaranan detalın səthindəki qüsurlar);
- metallurgiya (ikinci dərəcəli fazaların metalda olması, qüsurların, məsamələrin, çatların və s. olması);
- istismar (konsentratlaşdırılmış qüvvələrin tətbiqi, məsələn, dişli təkərlərdəki təmas gərginlikləri, rulmanlar və s.).

Korroziya prosesi - metalların ətraf mühitlə kimyəvi və ya elektrokimyəvi qarşılıqlı təsiri nəticəsində parçalanmasıdır. Korroziyanın səbəbi ətraf (işləyən) mühitdə metalların termodinamik qeyri-sabitliyidir.

Korroziyanın ən sadə nümunəsi - materialın qalınlığını azaldan, lakin onun fiziki-kimyəvi və mexaniki xüsusiyyətlərinə təsir etməyən bərabər səth əriməsidir.

Bununla birlikdə, müxtəlif səth sahələrində korroziya tez-tez qeyri-bərabər olur. Şiddətli likal parçalanma halında, dərin nöqtəvi zədələr meydana gəlir, bu da divarların perforasiyasına və texniki cihazların sıradan çıxmasına səbəb olur.

Çox vaxt xrom və xrom-nikel poladların düyün sərhədlərinin parçalanması üstünlük təşkil edir: onlar arasındakı əlaqə zəifləyir, bu da avadanlıqların mexaniki xüsusiyyətlərini kəskin şəkildə pisləşdirir və çox halda çatlamasına səbəb olur.

Metalların korroziyası bıçaq xarakterli ola bilər - qaynaq boyunca dar dərin yivlər meydana gəlir. Əgər metal detallar korroziv bir mühitdə gərginlik altındalarsa, demək olar ki, bütün metallara və ərintilərə təsir edən korroziya çatlaması baş verə bilər.

Dinamik ağırlıq altında korroziya-yorğunluq və ya kavitasiya parçalanması meydana gəlir. Bəzi hallarda, korroziya mühitinin təsiri, materialın tərkibində və xüsusiyyətlərində əhəmiyyətli dəyişikliklərə səbəb olur, ərintinin selektiv korroziyası, daha sonra parçalanması baş verir.

Korroziya məhsullarının çökməsi nəticəsində boru kəmərlərinin keçiriciliyi pisləşir, istilik mübadiləsi səthlərinin istilik keçiriciliyi azalır. Korroziyanın meydana gəlməsi səbəbindən, müxtəlif məhsulların çirklənməsi, qida məhsullarının və içməli suyun bakterial çirklənməsi baş verə bilər.

Korroziya parçalanmasının təbiəti orta, temperatur, tərkib və axış sürətindən, təzyiqdən, şüalanmadan, həmçinin dizayn xüsusiyyətlərindən, o cümlədən sürtünmə sürtünmə düyünləri, dar boşluqlar, yuvalar və gərginlik konsentratlarının mövcudluğundan asılıdır.

Yeni, xüsusilə aqressiv mühitlər yaranır, detalların işləndiyi temperatur, təzyiq və mexaniki ağırlıqlar artır. Buna görə müasir texnologiyada hazırlanan metal detalların korroziyaya davamlılığına olan tələblər getdikcə artır.

Metalların korroziyaya davamlılığı sahəsində korroziyadavamlı struktur ərintilərin hazırlanması, metal detalların səth təbəqələrinin sərtləşməsi, effektiv inhibitorların istifadəsi və seçilməsi, korroziyaya davamlı qoruyucu örtüklərin işlənməsi kimi sahədə yeni irəliləyişlər tələb olunur.

FƏSİL III. TEKSTİL MAŞINLARININ VƏ AVADANLIQLARININ ETİBARLIĞINI ARTIRMAQ ÜÇÜN TƏTBİQ OLUNAN TEXNOLOJİ ÜSULLAR

3.1. Metal və metalabənzər örtüklərin tətbiqi üsulları

Müxtəlif funksional təyinatlı örtük tətbiqləri arasında son illərdə plazma-vakuum metodlarının praktik istifadəsinin artması tendensiyası müşahidə olunur.

Bu üsulların texnikası, əksər vakuum üsullarında olduğu kimi, maddə hissəcikləri axınının yaranmasını və bu axının bərk cisim səthi ilə qarşılıqlı təsirini təmin edir.

Bu qarşılıqlı əlaqənin nəticəsi ya səthdəki maddənin kondensasiyası (çökmə), ya da səth qatı materialının doyması (implantasiya, dopinq) şəklində özünü göstərir. Bütün öz kütlələrində vakuumda bu örtük metodlarını üç növə bölmək olar: termal buxarlanma, ion (katod) püskürmə və ion çökmə.

Güclü və zəif tərəflərini müqayisə edərək bu üsulları nəzərdən keçirək. Vakuumda termal püskürtmə ilə örtük prosesi hal-hazırda daha da inkişaf edərək ionotermik metod kimi tətbiq olunmağa başlayıb və onu ion çökmə üsullarına bənzədirlər.

Katod püskürmə (sputtering) örtük əldə etmək üçün bir üsuldur. Bu üsul materialdan sərt nişanın (katod) müsbət ionlar ilə güclü təsir edilməsindən ibarətdir və nəticədə substratın səthində püskürdölmüş hissəciklərin çökməsi baş verir.

Müsbət ionların mənbəyi işləyən (hərəkətsiz) yanan qaz mühitində elektrik axını (sabit və ya yüksək tezlikli) plazmasıdır. Katod püskürməsi prosesi, bir ion tərəfindən “çıxarılmış” neytral atomların sayına görə təyin olunan bir S püskürmə əmsalı ilə xarakterizə olunur.

Atomlarla yanaşı i ikinci elektrik cərəyanını yaradan hədəf müsbət ionlarla bombalandıqda, ikincil elektronlar çıxarılır. Buna görə də püskürmə əmsalını aşağıdakı düsturla tapmaq olar.

$$S = \frac{N}{i \cdot \tau}$$

burada N – püskürdölmüş atomların sayı; i – ölçölən cərəyan; τ – proses müddəti.

İonun bərk səthlə toqquşması zamanı ötürölən enerji atomun və səthin bağlayıcı enerjisindən artıq olarsa, katod püskürməsi baş verir. İonun ilkin həddi enerjisi ilk növbədə onun kütləsindən asılıdır və çoxsaylı təcrübələrin nəticələrinə görə 20-100 eV təşkil edir.

İon enerjisinin artması ilə püskürdölmüş atomların sayı artır, belə ki, substrat materialına daxil olan ionlar "yerini dəyişmiş atomlar" yaradır, bəziləri səthə üzərinə çıxır və səthi tərk edirlər. Enerjinin daha da artması ilə ion materiala o qədər dərin nüfuz edə bilər ki, yerdəyişmiş atomlar onun səthinə çata bilməz və püskürmə əmsalı azalır.

İon püskürməsi ilə örtük əldə etmək üçün ən çox maraq doğuran sahə giriş enerjisindən 5 keV həddinə qədər yayılır. Belə ki, püskürmə prosesi işləyən qaz mühitində baş verdiyindən, onun təzyiqi substratda yatırılmış püskürdölmüş atomların sayına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Bu onunla izah olunur ki, təzyiqi artıtdıqca işçi qaz molekulları (atomları) ilə toqquşma nəticəsində hədəfə yönələn atomların sayı artır.

Belə ki, toqquşmaların sayı yalnız təzyiqdən deyil, həm də “hədəf – substrat” məsafəsindən asılı olduğundan, real püskürmə əmsalının dəyişməsi adətən məsafəyə görə təzyiq funksiyası kimi qəbul edilir.

Katod püskürməsinin əhəmiyyətli bir xüsusiyyəti də ondan ibarətdir ki, örtüyün kimyəvi tərkibini dəyişmədən çoxkomponentli sistemlərin püskürdölməsi mümkündür.

Püskürdölən maddənin və örtüyün eyni kimyəvi tərkib komponentləri əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənən püskürmə əmsallarına sahib olan sistemlər üçün də qorunur. Belə bir uyğunluq, çoxkomponentli sistemlərin püskürməsi struktur-kinetik qanunlarına bağlıdır.

Bununla belə, stokiometriyanın dəqiqliyi deyil tərkibin istehsalı təmin edilir, çünki kimyəvi birləşmələr atom şəklində paylanır.

Bununla əlaqədar, hədəfdən substrata keçərkən ilkin molekulun daha dəyişkən bir komponentinin itməsi müşahidə olunur. Beləliklə, məsələn, SiO_2 , Al_2O_3 oksidlərinin püskürülməsi zamanı oksigen itir, sulfidlərin püskürülməsi zamanı isə kükürd itir. Bu qüsuru vakuum kamerasına aktiv qaz daxil etməklə aradan qaldırmaq olar. Hal-hazırda istifadə olunan püskürdücü sistemləri iki əsas qrupa bölmək olar:

- plazmaion- burada hədəf közərən, qövsvəri və ya yüksək tezlikli zərrəciklər vasitəsilə yaradılan seyrək qaz plazmasında yerləşir, səpələnə isə hədəfin plazmadan ayrılan ionlarla bombalanması hesabına baş verir.

- fokus olmadan və hədəfi bombalayan ion şüalarına fokuslanan avtonom ion mənbələri ilə. Plazma ion sistemləri təsnif edir:

- elektrodların sayına görə (diod, triod, tetrod);
- istifadə olunan gərginlik növünə görə (sabit, yüksək tezlikli);
- Substratda potensialın olması və ya olmaması (yerdəyişmə ilə və yerdəyişməsiz). İon püskürmə sistemlərini həyata keçirən sənaye avadanlıqları mikroelektronikanın ehtiyacları üçün geniş çeşiddə və miqdarda istehsal olunur.

Onun köməyilə, kontaktlara və elektrodlara qızıl, gümüş, platin pərdələri tətbiq edilir; nitrid tantal pərdələri elektrik müqavimətinin yüksək sabitliyi ilə xarakterizə olunur; tantal nitrit və bəzi ərintili pərdələr kondansatorlər üçün istifadə olunur.

Katod püskürmə tətbiqində yeni bir istiqamət, onun dekorativ məqsədlər üçün istifadə edilməsidir (müxtəlif naxışların, rəsmlərin alınması) və əsasən yaxşı yapıya bilən plastik üzərində nazik bir qat (xrom, mis və s.) əldə etməkdir.

Bu üsul vakuumda istilik buxarlanması tətbiqi çətin olan odadavamlı materialların örtülməsi üçün xüsusilə perspektivlidir. İon püskürməsi ilə örtük istehsal texnologiyasının əsas çatışmazlığı, müəyyən şərtlərdə, hədəfdə kimyəvi birləşmənin meydana gəlməsi nəticəsində reaktiv püskürmə zamanı çökmə nisbətinin kəskin azalmasıdır.

Plazma-vakuum texnologiyaları ilə örtük əldə edilməsinin vacib problemi, yalnız növbəti çiləmə dövrünə keçid zamanı deyil, həm də bir qrup məhsullar üçün dövr ərzində dəyişən struktur və xüsusiyyətlərinin qeyri-sabitliyidir.

Bu qeyri-sabitlik, çox sayda proses parametrlərinin olması ilə əlaqələndirilir, bunlardan başlıcası substratın istiliyi və səthin vəziyyəti, atmosfer təzyiqi və vakuum prosesinin həcmindəki reaksiya qazı (qaz qarışığı), boşalma cərəyanı, dayaq gərginliyi və maqnit sahəsinin induksiyaasıdır.

Göstərilən texnoloji parametrlərdən bəziləri prosesin fiziki parametrlərini müəyyənləşdirir: orta ion enerjisi W_i , reaktiv enerji axınının sıxlığı (istilik axınının sıxlığı) q , ion axınının sıxlığı j . Fiziki parametrlər aşağıdakı kimi təqdim edilə bilər

$$W_i = W_{i,0} + e\bar{Z}U_n$$

$$q = \alpha_a j(W_i + e\bar{J} - \bar{Z}e\phi$$

$$j = \mu_p I_\partial f(z, R)/mS_k, \frac{2\pi}{S_R} \int_0^{R_0} f(0, R) R dR = 1$$

burada $W_{i,0}$ - sürətləndiricinin çıxışında ionların orta kinetik enerjisi;

$e\bar{Z}$ - axındakı ionların orta yükü; α_a istilik yerləşdirmə əmsalıdır;

$e\bar{J}$ - metal atomlarının orta ionlaşma enerjisi;

$e\phi$ - elektronların çıxış işi;

μ_p - katodun aşınma əmsalı;

I_∂ cərəyan; $f(z, R)$ plazma axınında ionların paylama funksiyasıdır;

z - substrata olan məsafənin koordinatı;

R axının oxu boyunca olan radiusdur;

m metal atomunun kütləsidir;

S_k - katodun sahəsidir.

Çiləmə üsulunun fiziki parametrləri, qarşılıqlı təsir göstərən materialların xüsusi parametrləri ilə birlikdə, səpilmədən əvvəl səthin hazırlanması şərtləri və onun vəziyyəti örtük xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirir.

Buna görə örtüklərin xüsusiyyətlərinin diqqətlə öyrənilməsi, texnoloji prosesin hazırlanması və saxlanması kimi bir sıra texnoloji problemlərinin həllini tələb edir. Bunlara əlavə olaraq aşağıdakılar da daxildir:

- “Örtük – substrat” sistemində temperaturun və onun nəticəsində yaranan temperatur gərginliyinin müəyyən edilməsi;
- kondensasiya səthinə plazma axınının keçirdiyi istilik axınının sıxlığının müəyyən edilməsi;
- substratda ion cərəyanı sıxlığının təyini. Substrat səthinin örtük çöküntüsündən əvvəl hazırlanması prosesin əsas mərhələlərindən biridir və kondensatların lazımi xüsusiyyətlərini əldə etmək üçün səthi kondisionerləşdirmək kimi təyin olunur. Buna substratın səthindən mümkün çirkələri çıxarmaq məqsədilə xarici emal və bir vakum emalı həcmində ön emal daxildir.

Ənənəvi olaraq, substrat səthi 1-2 keV enerji aralığında olan katod materialının ionları ilə əvvəlcədən hazırlanır. Bunun nəticədəsin də konsentratlaşdırılmış enerji axınlarının bərk səthlə qarşılıqlı əlaqəsi nəticəsində mikrorelief yaranır.

Ancaq bu şəkildə ənənəvi emal və bu cəhətin praktik əhəmiyyəti olmasına baxmayaraq, yüksək enerji plazma axınının təsiri altında səth topoqrafiyasının transformasiyası və örtüklərin qoruyucu və dekorativ xüsusiyyətlərinə təsiri ilə bağlı suallar hələ də aydın deyil.

“Örtük - substrat” sistemindəki temperatur, örtüklərin əsas xüsusiyyətlərinin - quruluşu, yapışması, mexaniki, dekorativ, korroziya və digər xüsusiyyətlərinin formalaşmasına təsir edən çökmə prosesinin ən vacib parametrlərindən biridir.

İsitmə substratın səthinin təmizlənməsi və aktivləşdirilməsi zamanı baş verir. Bundan əlavə, kondensatın qalınlığının birbaşa artması da çökmə obyektinin istiliyinin dəyişməsi ilə müşayiət olunur. Bununla belə, həm "məcburi", həm də "spontan" istiliyin dərəcəsi substrata ("örtmə - substrat" sistemi) ötürülən xüsusi

enerji axını ilə müəyyən edilir və istilik sisteminin komponentlərinin həndəsi parametrlərindən və istilik xüsusiyyətlərindən də asılıdır.

Yüksək enerjili hissəciklər axınının kondensasiya səthi ilə qarşılıqlı təsiri zamanı örtüklərin vakuum ion-plazma çökmə proseslərində temperatur sahələrinin hesablanması iki şəkildə aparıla bilər: hissəciyin səthi ilə fərdi qarşılıqlı təsirini nəzərə alaraq, yerli əraziyə enerjisini verən, bütün çöküntü sahəsi üzərində integrasiya olunmaqla və nəzərə alınmaqla orta istilik axınının səthinə məruz qalma.

İlk yanaşmanın ciddi riyazi təsviri yalnız kvant mexanikası çərçivəsində mümkündür, bu da olduqca mürəkkəb və ağır işdir və əlavə olaraq istilik modelini sadələşdirmək üçün bir sıra fərziyyələrin qəbul edilməsini tələb edir.

Orta istilik axınının kristallaşma və ya qatılaşma səthinə təsirinin təhlilinə əsaslanan ikinci yanaşma istilik keçiriciliyi nəzəriyyəsi çərçivəsində həyata keçirilə bilər.

İstilik axınının komponentlərinin üstün rolu səpilmənin xüsusi şərtləri ilə müəyyən edilir və buna görə də örtüklərin müəyyən konkret çökmə metodu üçün nəzəri hesablama və ya təcrübə nəticəsində aydınlaşdırılmalıdır.

Nəticədə, bir substratda və ya "örtük - substrat" sistemində temperatur sahələrinin meydana gəlməsi prosesi ilə müşayiət olunan şərtlərin müxtəlifliyi bu və ya digər texnoloji prosesin hazırlanması zamanı həll edilməli olan müxtəlif istilik problemlərinə səbəb olur.

Vakuum-plazma çökmə prosesinin göstərilən bütün texnoloji və fiziki parametrlərinin örtüklərin quruluşuna, faza tərkibinə və funksional xüsusiyyətlərinə təsiri birmənalı deyil, bunu ziddiyyətli ədəbiyyat məlumatları da sübut edir.

Buna görə də, tənzimlənən xüsusiyyətlərə malik örtüklərin elmi cəhətdən düzgün seçilməsi üçün çökmə prosesinin texnoloji parametrləri, kondensatların struktur və funksional xüsusiyyətləri arasındakı əlaqənin təbiətini aydınlaşdırmaq lazımdır.

3.2. Galvanik örtüklər

Maşınqayırmada geniş istifadə olunan qalvanik örtüklər, metal materialları korroziyadan qorumaqla yanaşı, onların səthinə bir sıra dəyərli fiziki və mexaniki xüsusiyyətlər əlavə edir: sərtlik, aşınma müqaviməti, elektrik keçiriciliyi, lehimlilik, əks etdirmə qabiliyyəti, məhsullara dekorativ görünüş verir.

Örtüyün növü və qalınlığı məhsulun işlənməsi və ya saxlanması şəraitindən asılı olaraq dizayn və texnoloji sənədlərin tələblərinə uyğun seçilir.

Təyinatına görə metal örtüklər qoruyucu, qoruyucu dekorativ, dekorativ və funksional olaraq bölünür. Örtüklərin nəzərdə tutulduğu kimi bölünməsi şərti xarakter daşıyır və dekorativ əlavə üçün xüsusi təyinatlı bir sıra örtüklərdən istifadə edilə bilər.

Cədvəl 1-də elektrolitlərə müxtəlif təbiətli əlavələrin də daxil olduğu müxtəlif elektrolitlərdən əldə edilən galvanik örtüklərin sərtliyi haqqında məlumatlar verilir. Örtüklərin sərtliyi, elektrik və elektrokimyəvi xassələri, örtüklərin məsaməliliyi, hidrogenləşmə, lehimləmə qabiliyyəti, elektrik izolyasiyası və maqnit xüsusiyyətləri onların təyinatını müəyyənləşdirir.

Qoruyucu örtüklər. Sink və kadmium örtüklərinin əsas tətbiq sahəsi polad və çuqun məhsullarının atmosfer korroziyasından qorunmasıdır.

Belə ki, sink dəmirdən daha çox mənfi potensiala malik olduğu üçün onunla təmasda olan, korroziya mühitinin (KM) iştirakı ilə sink örtüyünün məsamələrinə bir galvanik element yaranır və burada dəmir katod rolunu oynayır və sink - anod parçalanmaya məruz qalır.

Beləliklə, sink örtük anodur və qara metalları yalnız mexaniki deyil, həm də elektrokimyəvi cəhətdən qoruyur.

Kadmium və dəmirin elektrod potensialları bir-birinə yaxındır, buna görə də kadmium örtüyü ilə məhsul hazırlayarkən müdafiə xarakteri (mexaniki və ya elektrokimyəvi) əsasən ətraf mühit və istehsal şəraitindən asılı olur.

Cədvəl 1.

Qalvanik örtüklərin sərtliyi

Örtüklər	Möhkəmlilik, QPa	Örtüklər	Möhkəmlilik, QPa
Dəmir(Fr)	1,5–7,5	Möhkəm xrom	8,3–11,0
Sementləşdirilmədən sonra da eyni	8,5-ə qədər	Sink	0,59–0,6
		Qızıl-mis	2,4–2,5
Qızıl	0,4–0,99	Qızıl-kobolt	1,20–1,8
Kadmievo	0,6–1,5	Qızıl-nikel	3,3–3,8
Mis	0,8–3,2	Mis-qalay	4,8–5,3
Nikel	2,6–3,6	Nikel-fosfor	5,9–6,0
Daha parlaq nikel	4,5–6,5	Termo-emaldan sonra eyni	9,3–10,8
Möhkəm nikel	10–13		
Qalay	0,13–0,52	Qalay-nikel	5,9–6,8
Palladium	2,6–3,9	Qalay-mis	3,9–4,0
Rodievo	4,9–9,5	Palladium Nikel	3,8–6,5
Rutenievo	7,9–8,9	Gümüş- palladium	1,5–3,5
Qurğuşun	0,06–0,15	Gümüş-nikel	1,8–1,8
Gümüş	0,8–1,5	Gümüş-sürma	1,2–1,36
Xrom südü	4,6–6,3	-	-

Kadmium örtük, qara və əlvan metal məmulatları atmosfer və ya tərkibində xloridlər (dəniz suyu) olan maye mühitə məruz qaldıqda, eləcə də tropik şəraitdə istehsal zamanı tətbiq olunur. Bu zaman kadmium məhsulları anod örtük olaraq elektrokimyəvi qoruyur.

Kükürd dioksidin üstünlük təşkil etdiyi bir sənaye mühitində, sink örtükləri kadmiumdan daha çox korroziyaya davamlı olur. Sinkin atmosferdə nisbətən yüksək dayanıqlılığı və mövcudluğu, onun polad təbəqələrin, məftillərin, maşın hissələrinin, su borularının, çən və benzin borularının qorunması üçün geniş tətbiq olunmasını təmin etdi. Sink örtükləri, korroziyadan müdafiə üçün tərkibində alüminium və ya sink tozları olan istiliyədavamlı bir lak istifadəsi ilə polad səşboğucularını və işlənmiş qaz borusunu qorumaq üçün istifadə edilə bilər.

Sink və kadmium örtüklərinin qoruyucu təsirinin müddəti əsasən korroziya mühitin təbiətindən, temperaturdan və örtük qalınlığından asılıdır. Sink və kadmiyin korroziyasının başlanğıcı, örtük məhsulların xrom məhlulları ilə işlənməsindən sonra xeyli yavaşlana bilər.

Sink örtüklərinin korroziyaya davamlılığını artırmaq üçün, onları örtüklərin məsaməliliyini azaldan parlaqlıqlar yaradan əlavələri olan elektrolitlərdən əldə edirlər. Və ya nikel, kobalt, molibden və dəmir ilə örtülmüş sink örtüklər əldə edirlər.

Sink lehimli örtük - qara xrom pərdəli dəmir, yüksək korroziya müqaviməti ilə fərqlənir və temperaturu 100°C olan avtomobil mühərriki kameralarında istifadə edilə bilər.

Məsaməsiz sink örtüklər elektrolizin qeyri-sabit rejimlərindən istifadə etməklə əldə edilə bilər, bu da sink örtüklərinin qalınlığını azaldır.

Sink örtüyünün qalınlığı məhsulların istehsal şəraitindən asılı olaraq seçilir və DÜİST 9.303–81 tərəfindən müəyyən edilir. Sinklənmə üçün müxtəlif tip elektrolitlər istifadə olunur: turşu, siyanid, ammoniyak, pirofosfat, qələvi sinkat. Turşu elektrolitlər örtüklər çox az hidrogenləşmə ilə xarakterizə olunur, buna görə də onlar yayların, nazik divarlı və istiliklə emal olunmuş detallar örtülməsi üçün istifadə olunur.

Maşın detallarının əməliyyat xüsusiyyətlərini təmin etmək üçün qoruyucu örtüklərin tətbiq olunmasının müxtəlif üsulları istifadə olunur: galvanik, diffuziya, ərintiyə yükləmə, vakum, plazma texnikasından istifadə edərək çiləmə üsulu.

Müasir bir istehsalda qalvanotexnika xüsusi yer tutur, çünki elektrokimyəvi üsullarla yalnız ənənəvi korroziyadan müdafiəyə nail olunmur, həm də məhsulların səthinin ən vacib funksional xüsusiyyətlərini təmin edilir. Qalvanik örtüyün çəkilməsinin texnoloji prosesi tam bir kompleksdir.

Onun əsas əməliyyatları örtüləcək məhsulun səthinin hazırlanması, qalvanik örtüyün çəkilməsi və çəkilmiş örtüyün emalıdır.

Detalların səthinin hazırlanması. Yüksək keyfiyyətli galvanik çöküntü əldə etmək üçün metal hissələrin səthi lazımi səviyyədə hazırlanmalıdır. Səthin hazırlığı

oradan yağlar və üzvi çirklənmələr, oksidlər, buruqlar, qırıqlar, cızıqlar və digər səth qüsurlarını aradan qaldırmaqdan ibarətdir.

Örtüklərin yapışma möhkəmliyi səthin məsaməliliyindən çox asılıdır. Əsas metalın səthinin məsaməliliyi nə qədər az olarsa, tətbiq olunan örtük daha keyfiyyətli olar: daha az məsamə və daha yüksək müdafiə xüsusiyyətləri. Örtüyün təyinatından asılı olaraq, əsas metalın səthinin hazırlanması fərqli şəkildə həyata keçirilir.

Qoruyucu örtükləri (sink, kadmium) tətbiq etməzdən əvvəl səth hazırlığı əsasən yağlama və aşınma səviyyəsinə gətirilir. Qoruyucu-dekorativ örtüklər (nikel, xrom) tətbiq etməzdən əvvəl hamar bir səth əldə etmək üçün mexaniki emal da tələb olunur.

Çünki bu örtüklərin tətbiqi zamanı səth qüsurları daha qabarıq görünə bilər, belə ki, çıxıntıların üzərindəki sıxlıq və qalınlıq girintilərdən daha çoxdur.

Səth hazırlığının mexaniki üsullarına axınabraziv emal, yuvarlama, vibroabraziv emal, cilalam və parlatma daxildir.

Axıabraziv emal pas, əzik, çökəklik, cızıqların aradan qaldırılması ilə eynicinsli batıq rəngli bir səth təmin edir və bu bir neçə yolla yerinə bilər.

Hidroabraziv emal zamanı emal edilən məhsulun səthinə 0.1-0.6 Mpaskal təzyiqi altında tərkibində kvars və ya metal qumu, cilalama tozu və 1:4 nisbətində su olan abraziv-su məhlulu vurulur.

Polad hissələrin karroziyasının qarşısına almaq üçün bu məhlulun tərkibinə 15-20 q/l natri nitratı və 4-5 q/l kalsiumlaşdırılmış soda əlavə edilir.

Abraziv materialın hissəciklərinin ölçüsü məhsulların xarakterindən, emal olunan metalın materialından və çıxarılan oksidlərin təbiətindən asılı olaraq seçilir və qum üçün 0,15-0,5 mm, elektrokorundum üçün 0,08-0,2 mm arasında dəyişir.

Əridilmiş və ştamplanmış hissələr emal edilərkən, 0.1-2.0 mm ölçülü çuqun və polad parçalardan istifadə olunaraq patçaaxınlı emal istifadə olunur.

Yuvarlama fırlanan metal barabanın kiçik hissələrin emal edilməsidir. Çapaq, pas və digər səth qüsurları doldurucu mühitdə sonuncunun qarşılıqlı

sürtünməsi nəticəsində hissələrdən çıxarılır. Quru yuvarlama zamanı detsllar qum ilə barabanın həcmnin $1/3$ və ya $2/3$ hissəsinə yüklənir.

Nəm yuvarlama zamanı kalsiumlaşdırılmış soda külü və ya trisodium fosfat (20 q/ l) istifadə olunur. Barabanların fırlanma tezliyi 10-15 dəq – iri hissələr üçün 1, kiçik hissələr üçün isə 40-60 dəq-dir; emal müddətinin davamlılığı səthin vəziyyətindən asılıdır və 2-50 saat arasındadır

Detalların vibro-abraziv emalı, abraziv materiallardan ibarət doldurucu yükləndiyi yerlərdə (cilalama çarxı daşları, cilalamla tozlar və s.) xüsusi kontenerlərdə detalların vibrasiya hərəkətləri nəticəsində onların səthinin hamarlanmasına gətirib çıxarır. Konteyner 3-5 saat ərzində 5 mm-ə qədər bir amplituda ilə dəqiqədə 1500-3000 vibrasiya hərəkətləri yerinə yetirir.

Cilalama hamar bir səth əldə etmək üçün cızıqlar, əziklər və digər qüsurları aradan qaldırmaq üçün istifadə olunur və abraziv materialın kiçik ölçüsünün tədricən azalması ilə bir neçə keçiddə aparılır.

Emal aləti kimi elastik bir dairə xidmət edir, bu da abraziv materialın dənəciklərinin də üzərinə yapışdığı yun, parça, fetr, dəri, pambıq materialdan hazırlanır. Sualtında cilalama zamanı detallar və abraziv materialları maye mühitdə 20-50 dəqiqə - 1 sürətlə fırlanan perforasiya edilmiş barabanlara yüklənir.

Maye mühit kimi əvvəlcə sabun suyu və elektrokorundun cilalanmış 10-15 mm ölçülü dairəcikləri, sonra isə polar dairəciklər və cilalanmış farfor istifadə olunur. Cadarlılıq əmsalı (R_z) 0,8–0,4 mkm ölçüyə qədər kiçildilə bilər.

Cilalama prosesi cilalama materialının dənəciklərinin ölçülərini dəyişməklə (10–8-dən 5–3-ə qədər) abraziv lentlər vasitəsilə iki-üç dəfə həyata keçirilir. Lentanın hərəkət sürəti polad hissələr üçün 15–20 m/s, yüngül materiallar üçün isə 30–50 m/s götürülür.

Cilalama dekorativ işləmənin sonuncu əməliyyatıdır ki, onun da nəticəsində səthin cadarlılığı 0,4–0,2 mkm ölçülərinə qədər kiçilir.

Cilalama, vaxtaşırı cilalama pastaları ilə yağlanmış yun, fetr, keçədən hazırlanmış dairələrindən istifadə etməklə həyata keçirilir. Cilalama pastalarının

tərkibinə mikrotozlar və abraziv materiallar (xrom oksidi, aliminum oksidi, əhəng) əlavə edilir.

Əlavə olaraq sabun və qliserin tərkibli suda həll olunan pastalar geniş istifadə olunur və bu, həlledicilərdən istifadə etmədən metal səthindən pasta izlərinin çıxarılmasını asanlaşdırır.

Qara metallar və xrom poladlar üçün pasta aşağıdakı tərkibə malikdir (kütlə payı,%):

- xrom oksidi - 30;
- mikrotoz M5, M10 - 30;
- məişət sabunu 60% - 16;
- qliserin - 5;
- sürtkü yağı BMT - 3;
- DT7 preparatı - 1;
- karbamid - 1; su - 14.

Əlvan metallar və ərintilər üçün aşağıdakı tərkibdə suda həll olunan pasta istifadə olunur (kütlə payı,%):

- xrom oksidi - 15;
- mikrotoz M5, M10 - 20;
- məişət sabunu 60% - 10;
- qliserin - 20;
- sürtkü yağı UA - 3;
- preparat OP - 7 - 1;
- karbamid - 1;
- sintanol DS-10 - 1;
- su - 30.

Suda həll olunan pastaları isti suya və ya 5% li kalsiumlaşdırılmış soda ilə isladaraq asanlıqla çıxarmaq olar.

Kimyəvi səth hazırlığı detalların səthinin yağsızlaşdırılmasından ibarətdir və müxtəlif yollarla həyata keçirilə bilər: üzvi həlledicilərdə, qələvi məhlullarda və elektrokimyəvi üsulla.

Həlledicilər vasitəsilə yağsızlaşdırılma detalların parlaq pasta və qatı sürtkülərdən təmizlənməsi üçün effektiv bir vasitədir. Bununla birlikdə, onların istifadəsi bəzi həlledicilərin böyük yanğın təhlükəsi olması və digərlərinin isə yüksək toksikliyi olması səbəbi məhdudlaşdırılır.

Qalvanik örtüklərin keyfiyyəti bir neçə üsul ilə müəyyən edilir: - məhsul sındırılması vasitəsilə örtük qalınlığına nəzarət üsulu; - qravimetrik üsul (məhsulun bütövlüyünə xələl gətirməməklə); - damcı üsulu (cədv.2); elektroaxın metodu; kulonometrik metod və s.

cədvəl 2.

Damcı üsulu ilə sınaqdan keçirilən əsas örtük növləri

Örtük növləri	Qat-altı və ya özülün metalı	Mayenin tərkibi		Damlalar arasındakı müddət, s	Ölçmənin başa çatma göstəricisi
		Komponentlər	Məzmun q/l		
1	2	3	4	5	6
Sink(Zn), Kadmium (Cd)	Polad, mis və onun ərintiləri	Kalium yodid yodu (KI)	200 100	80 40	Əsas metalın görünüşü
Mis(Cu)	Nikel, polad	Gümüş nitrat turşusu	55	70	Poladda qara və ya nikeldə ağ rəngli ləkənin yaranması
Nikel(Ni)	Polad, mis və onun ərintiləri	Dəmir xlorid Mis sulfat	200 110	20	Çəhrayı ləkənin yaranması

Gümüş (Ag)	Mis və onun ərintiləri	Kalium yodid yodu	300 380	80 50	Əsas metalın görünütüsü
Qalay(Sn), qalay bismut(Sn- Bi)	Polad, mis və onun ərintiləri	Natrium diosulfat Distillə edilmiş su	300 1200 ml	50	Əsas metalın görünütüsü
Qalay- qurquşun(Sn- Pb)	Polad, mis	Perchlorid dəmir, Mis sulfat Hidroqlor turşusu (1.18 q/sm ³) Hidroflüor turşusu (1.13 q/ sm ³) Hidrogen peroksid (30%) Distillə edilmiş su	30 50 150 ml/l 10 ml/l 2,6 ml/l 80 ml/l	50	Əsas metalın görünütüsü
Xrom(Cr)	Polad, mis və onun ərintiləri, nikel, sink və ərintiləri	Hidroqlor turşusu (1,18 q/ sm ³)	430	50	Əsas metalın görünütüsü
Mis-sink (Cu-Zn)	Polad	Perxlorid dəmir	100	30	Əsas metalın

		Hidroxlör turşusu (1.18 q/ sm ³)	100мл/л		görünütüsü
		Sirkə turşusu (buzlu)	200мл/л		

3.3. Plazma çiləmə örtüklər

Plazma çiləmə üsulu, maşın hissələri və avadanlıqlarının aşınma müqavimətini, istiliyə davamlılığını, korroziyaya davamlılığını və digər əməliyyat xüsusiyyətlərini yaxşılaşdıran universal bir prosesdir.

Kimya istehsalının struktur hissələrinin, neft avadanlıqlarının, avto-traktor texnikasının, stasionar qaz turbinli bıçaqların və təyyarələrin qaz-turbin mühərriklərinin bərkətilməsi və bərpası üçün bir sıra plazma çiləmə texnoloji proseslərində istifadə edilir. Örtüklərin formalaşdırılmasının təyin olunmuş mexanzmləri, birbaşa çiləmə prosesində onların xüsusiyyətlərini tənzimləmək üçün ən rəşional texnoloji üsulları tövsiyə etməyə imkan verir.

Bu üsulları termal və kimyəvi hissələrə bölmək olar, baxmayaraq ki, belə bir klasifikasiya şərti xarakter daşıyır və örtüyün xüsusiyyətlərinin onun müəyyən bir hazırlıq prosesində idarə olunacağını vurğulayır. Tozlar vasitəsilə plazma örtülməsinin tipik texnoloji prosesi aşağıdakı əməliyyatlardan ibarətdir.

1. Detalın əvvəlcədən və əsas işlənməsi də daxil olmaqla məhsulun səthinin möhkəmləndirmə üçün hazırlanması. Bu məqsədlər üçün, korund ilə axınabraziv emal istifadə etmək məsləhətdir.

Örtülmənin maksimum möhkəmlik xüsusiyyətlərini təmin etmək baxımından daha effektiv bir üsul, qövs elektrik boşalması ilə aktivləşdirilməkdir.

Zərrəciklərin zərbəsi zamanı axınabraziv emal prosesində, artan aktivliyi ilə xarakterizə olunan materialın “gənc” səthinin meydana gəlməsi ilə oksid pərdələr parçalanır. Bunun sayəsində, dərin vakuumda, təmasda olan iki bərk materialdan olan “gənc” səthlər, otaq temperaturunda kiçik sıxılma zamanı belə belə möhkəm yapıya bilirlər.

Əgər detal yüksək sərtliyə (50-60 HRC və ya daha çox) malikdirsə və ya başqa səbəblərdən axınabraziv və ya mexaniki emala cəlb edilə bilmirsə, detailın səthinə elektroqılgılcım emal istifadə edərək çiləmə üçün hazırlamaq lazımdır.

Bu vəziyyətdə elektrod olaraq nikel telini istifadə etmək üstünlük təşkil edir. Bu elektrod elektrikliqılgılcım zamanı elektrik qövsü vasitəsilə əriyir və detailın səthinə kiçik hissəciklər şəklində qaynaqlanır. Nəticədə səthdə 0,0-0,75 mm ölçülü kiçik çıxıntılar əmələ gəlir.

2. Tozun səpilməyə hazırlanması, zəruri fraksiya tərkibinin alınması və ilkin tozların qızdırılmasından ibarətdir. Hissəciklərin ölçüsü tozların termofizik xüsusiyyətlərinə və plazmatronların xüsusiyyətlərinə əsasən seçilməlidir.

Tozun kimyəvi tərkibindən və ətraf mühitin təzyiqindən asılı olaraq onun fraksiya tərkibi 10-120 mk arasında dəyişə bilər. Toz paylayıcıda bərabər paylanma və yaxşı səpilməsinin təmin edilməsi üçün tozlar germetik qablarda saxlanılır və çiləmədən əvvəl metal 390-420 K temperaturda, keramika olanlar isə 870–970 K temperaturda qurudulur (asanlıqla oksidləşənlərdən başqa).

3. Örtük çəkilməsi – texnoloji prosesin əsas əməliyyatıdır. Örtüyün xüsusiyyətləri və keyfiyyətinə bir sıra amillər əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir: baza materialın və örtük materialının ilkin vəziyyəti, səthin hazırlığı və s.

Lakin, müəyyən edən amillər örtük çiləmə rejimlərinin düzgün seçilməsi ilə bağlıdır. Plazma çiləmə üsulu istifadəsi ilə keyfiyyətli örtüklər əridilmiş vəziyyətlə olan hissəciklərdən formalaşır.

Buna görə də çiləmə rejimini seçməyin əsas vəzifəsi - səpilmə aparılan materialın istilik və kinetik enerjisinin minimum itkisi ilə məhsulun səthinin qızdırılması, əriməsi və hərəkət etməsini təmin etməkdir.

Tədqiqat nəticələri göstərir ki, plazma çiləmə zamanı plazma əmələ gətirən qazlar olaraq hidrogen, azot, helium, argon istifadə edilərkən ən səmərəli qızdırma əldə edilir.

Bununla birlikdə, hidrogenlə işləyərkən plazma qızdırıcı elektrodlarının müqaviməti az olur, buna görə də hidrogenin əsas qaz plazmasına - argon və ya azota əlavə maddə şəklində (5-10%) istifadə edilməsi daha məqsədəuyğundur.

Aşağı istilik keçiriciliyi olan materialları qızdırmaq üçün, səpilmə aparılan materialın hissəciklərinin axının yüksək temperatur zonasında yerləşmə müddətini maksimum dərəcədə artırmaq lazımdır.

Dinamik vakuumba oksid tozlarını səpilməsi üçün nəqliyici qaz olaraq oksigen istifadə etmək daha məqsədəuyğundur, toz toplayıcıda ilk tozu isə 420–570 K-ə qədər qızdırmaq məsləhətdir.

Karbidlər kimi yaxşı istilik keçiriciliyi olan metal və materiallardan olan tozlarla örtüklər tətbiq edərkən plazma çiləmə rejimini seçməkdə böyük imkanlar var.

Bununla belə, hətta bu vəziyyətdə də, uzunluğu və eni boyunca nisbətən aşağı temperatur gradienti olan uzun plazma axınlarından istifadə etməklə çiləməyə üstünlük verilir. Belə şəraitdə materialın buxarlanması və dağılması daha yavaş baş verir, buna görə də materialın istifadə əmsalı artır.

Tərpənməz bir plazmatron tərəfindən tətbiq olunan örtük, mərkəzdə maksimum qalınlığa malik olan "təpə" formasına malikdir və kənarlara doğru azalır. Örtüyün qalınlığının "təpənin" kəsiyi üzərində paylanması, bir qayda olaraq, eksponent paylama qanununa tabedir.

Çiləyicinin xətti hərəkəti nəticəsində səpilmə aparılan material rulon şəklində yığılır. Tam bir örtük əldə etmək üçün, atomizatora qonşu rulonların qarşılıqlı üst-üstə düşməsinə səbəb ola biləcək əlavə verilir.

Buna görə də, səpilmə aparılmış təbəqə orta qalınlıq və dalğalanma ilə xarakterizə edilə bilər. Örtüyün dalğalılığı eninə kəsikdə tək bir rulonun profili ilə müəyyən edilir və çiləyicinin eninə hərəkətindən asılıdır.

Örtük səthinin dalğalığına (məsaməliliyinə) xüsusi tələblər olmadıqda, eninə hərəkət vahid rulonun eninin təxminən 1/3-ə bərabər olaraq seçilməlidir.

Örtük formalaşdırılması prosesinin səmərəliliyini artırmağın başqa bir yolu – səpilmə hissəciklərinin temperaturunun artırılmasıdır. Göstərilir ki, hissəciklərin yapışma gücü hissəciklə baza arasında təmasda qoyulan temperatur və hissəciyin kristallaşma müddəti ilə təyin olunur.

Həm təməlin istiliyini artırmaqla, həm də hissəcikləri ərimə temperaturundan yuxarı temperaturda qızdırmaqla kristallaşma müddətini artırmaq mümkündür.

Buna görə də, məhsulun lokal və ya ümumi qızdırılması qəbul edilməz və ya aşağı temperaturla məhdudlaşdıqda, örtük əmələ gəlməsi prosesini qidalandırıcıdakı tozun əvvəlcədən 420-500 K-a qədər qızdırılması ilə aktivləşdirmək mümkündür.

Toz qidalandırıcının konstruksiya xüsusiyyətləri və material qidalandırıcı konstruksiyasında istifadə olunan materialların istilik müqavimətinə görə daha yüksək temperatur istifadə oluna bilməz.

Bu vəziyyətdə texnoloq bir dilemma ilə qarşılaşır: hansı metod daha effektivdir - substratı qızdırmaq və ya səpilən hissəciklərin həddindən artıq qızdırılması? Bu suala eynimənalı cavab vermək olduqca çətindir. Səpilən hissəciklər istiliklə yanaşı kinetik enerji də alır.

Hər iki enerji növü örtüyün formalaşmasında iştirak edir və onun quruluşunu və keyfiyyətini müəyyənləşdirir. Əgər sürət aşağıdırsa, o zaman termik proseslər hissəciklərin möhkəm bağlantısının yaranma mexanizmində əsas rol oynayır.

Aparılan tədqiqatlar göstərdi ki, ərimiş hissəciklərin 300-500 m/s sürətində, onların əvvəlcədən qızdırılmadan substratla güclü birləşməsini gözləyə bilərik.

Buna görə yüksək keyfiyyətli örtüklərin plazma çilənməsi üçün belə bir hissəcik sürətini təmin edən avadanlıq və həmçinin fraksiya tərkibi çox kiçik, məsələn 15-20 mkm olan ilkin toz tələb olunur.

Örtüyün yapışma gücünə örtüyün formalaşması zamanı səpilən hissəciklərin enerji vəziyyəti böyük təsir göstərir. Hissəciklərdə saxlanan enerji onların entalpiyası ilə qiymətləndirilir, belə ki, müxtəlif proseslər: qızdırma, ərimə, oksidləşmə, faza çevrilmələri və hissəcikləri meydana gətirən materiallar arasındakı müxtəlif kimyəvi qarşılıqlı təsirlər kimi proseslər hesabına hissəciklər tərəfindən enerjinin yığılmasını xarakterizə olunur.

Səpilmə zamanı ən yüksək entalpiyaya ərinmiş şəkildə volfram və molibden hissəcikləri malik olur. Bu materialların hissəcikləri tərəfindən saxlanılan enerji, substratı termal olaraq aktiv etmək və örtüyün mis və onun ərintilərindən başqa xüsusi bir səth hazırlığı olmadan metal alt təbəqələrə etibarlı yapışmasını təmin etmək üçün kifayətdir.

Lakin nə volfram, nə də molibden aktiv mühitdə yüksək temperaturda altqat və örtük qismində təklif edilə bilməz. Onlar 570-670 K temperaturda intensiv şəkildə oksidləşirlər və nəticədə meydana gələn sublimasiya oksidləri qoruyucu örtüyü "laxladır".

Altqatların səpilməsi üçün perspektivli materiallardan biri də termotənzimləyici nikel-alüminium tozudur. Ekzotermik reaksiyada nikel-alüminium hissəciklərin entalpiyası volfram və molibdenin entalpiyasına yaxınlaşır.

4. Plazma örtüklərinin istilik və akustik emalına qaz ocaqları ilə əridilmə, sobalarda termal diffuziya yandırılması, lazer emalı və ultrasəs emalı daxildir. AXICİ olan ərintilərin örtükləri qaynaq edilməlidir.

O sıxlığına görə kompakt materiala yaxınlaşan və möhkəmliyinə görə əsasən yapışmaqda 300 MPa çatan aşınmaya davamlı və korroziyaya davamlı təbəqənin yaranmasına səbəb olur.

Əridilmə üçün örtük 1270–1370 K istilik dərəcəsinə qədər qızdırılır. Kiçik miqyaslı istehsalda qaz yanacağı ilə qaynaq etmək tövsiyə olunur. Örtük olan hissənin səthinin qızdırılması neytral və ya bərpaulunan bir mühitdə qızdırılır.

Belə ki, qızdırılma 50 dər/dəq-dən çox olmayan sürətə bərabər olmalıdır, bu vəziyyətdə çoxburunlu qızdırıcılar daha səmərəlidir. Qızdırılma və əridilməni örtük çəkildikdən sonra tez bir zamanda etmək məsləhətdir.

Örtüyün ərinmədən öncə və sonra detallarının qızdırma və soyutma rejimləri üçün tələblər örtüyün vurulduğu detalın materialından asılıdır.

Bu rejimlər baza materialındakı faza və struktur dəyişikliklərini, həmçinin axıcı ərintilərdən hazırlanmış örtüklərdə çatlaqların yaranmasını nəzərə almalıdır.

3.4. Detalların lazer tətbiqi ilə sərtləşməsi

Son zamanlarda lazer şüası enerjisinin istifadəsinə əsaslanan texnoloji proseslər daha geniş tətbiq olunur. Bunlara lazer istilik sərtləşməsi, ərintisi, kəsmə, qaynaq və s. aid etmək olar.

Bu texnologiyalar məhsulların səth təbəqələrinin əməliyyat xüsusiyyətlərini, istehsalın və əmək məhsuldarlığının avtomatlaşdırılması səviyyəsini, enerji və metal istehlakını, tapılmayan materialların istehlakını azaltmaq kimi problemləri yeni bir şəkildə həll etməyə imkan verir.

Bu texnologiyaların əsas xüsusiyyətləri bunlardır: təsir zonasına daxil olan yüksək enerji konsentrasiyası; ümumi enerji itkisinin əhəmiyyətli dərəcədə aşağı olduğu şəraitdə emalın lokallığı və dəqiqliyi.

Bu texnologiyalarda bir alətin praktiki olmaması, eləcə də onun sıradan çıxması, emal olunan detalla mexaniki təmas idarəedilmədə hərəkətliliyi, hissələrin yerləşdirilməsinin asanlığı ilə birlikdə işləmə rejimlərinin geniş tənzimlənməsini təmin edir. Lazer sərtləşməsinin effektivliyi, detalların səthi ilə lazer radiasiyasının udulması əmsalı ilə müəyyən edilir.

Emal olunan səthin udma qabiliyyəti şüanın dalğa uzunluğu, detalların səthinin xüsusiyyətləri və vəziyyətinə, lazerlə qızdırılma şəraitinə bağlıdır və 20-30% təşkil edir.

Səth məsaməliliyinin ilkin parametrlərini dəyişməyən rejimlərdə lazer emalı zamanı, sonuncunun udma qabiliyyəti aşağı olur və nə qədər aşağı olarsa dalğa uzunluğu yüksək olur.

5 mkm-dan yüksək dalğa uzunluğunda, udma qabiliyyəti materialın elektrik keçiriciliyindən asılıdır: elektrik keçiriciliyi nə qədər yüksək olsa, udma qabiliyyəti o qədər aşağı olur. Səthin udma qabiliyyəti şüalanmaya məruz qaldıqda dəyişir:

$$A = A_0 + A_1 \cdot (T - T_0)$$

burada A_0 , T_0 – udma qabiliyyətinin və temperaturun ilkin dəyərləridir; A_1 – artan temperatur ilə udma qabiliyyətinin dəyişmə sürətidir. Detalın səth temperaturu $T(0, \tau)$ zamanla aşağıdakı kimi ölçülür:

$$T(0, \tau) = T_0 + (T_0 + \frac{A_0}{A_1}) \cdot [e^{u^2} \cdot (1 + e \cdot r \cdot f \cdot u) - 1]$$

burada $u = F_0 \cdot A_1 \cdot \frac{\tau}{K} \cdot c$; c – materialın xüsusi istiliyidir.

Udulma əmsalında kəskin bir artım metalın ərimə temperaturundan başlayır, bu da səth qatının temperaturunun əhəmiyyətli dərəcədə artmasına səbəb olur. Bu müsbət bir amildir, belə ki şüalanma enerjisinin çox hissəsi səth təbəqəsi tərəfindən udulur.

Buradan belə nəticə çıxır ki, detalın səthindəki materialın ərimə istiliyinə nail olmaq üçün lazım olan şüalanma axınının həddi 1,6-3,6 dəfə azaldılmalıdır.

Hal hazırda yüksək güclü TL-lər olaraq qəbul edilən CO₂ lazer şüalanmasına məruz qaldıqda metal səthlərin əksətmə əmsalının (cədvəl 3) yüksək dəyərlərinə diqqət yetirilməlidir.

Oksidləşməmiş metal səthinin $\lambda = 10,6$ mkm lazer dalğa uzunluğunda olan udma qabiliyyəti Hagen-Rubens tənliyi ilə müəyyən edilir:

$$A = \frac{112,2}{\sqrt{\sigma_0}}$$

burada σ_0 – birbaşa cərəyan üçün metalın elektrik keçiriciliyidir, OM/m.

Metalların elektrik keçiriciliyi temperaturun artırılması ilə azalır, buna görə də udma əmsalları artır. Bundan əlavə, vacib bir amil səthin vəziyyəti amilidir.

Xüsusilə, əgər səthin lazer emalı hava və ya başqa bir oksidləşdirilmiş mühitdə aparılırsa, o zaman nümunə üzərində oksid pərdənin böyüməsi baş verir və udma qabiliyyəti artır (cədvəl 4).

Oksidləşən səthin $\lambda = 10,6$ mkm dalğa uzunluğu olan infraqırmızı şüalanmanın udma əmsalı bir neçə dəfə artır.

Beləliklə, lazer emal proseslərinin enerji səmərəliliyi müvafiq səth emalı ilə əhəmiyyətli dərəcədə artırıla bilər.

Effekt həm səth topoqrafiyasını, həm də kimyəvi tərkibin dəyişməsi ilə əldə edilə bilər. Arata Y-yə görə, R_z -in məsaməlilik dərəcəsinin 34-dən 120 mkm-ə qədər artması infraqırmızı şüalanmanın udma əmsalının paslanmayan poladdan 1,2-1,5 dəfə və texniki dəmir üçün 2,5-2,8 dəfə artmasına səbəb olur.

İncə metal pudra və ya yüksək udma əmsalı olan xüsusi bir boya kimi örtük istifadəsi zamanı udma qabiliyyəti 2-2,5 dəfə artır.

cədvəl 3.

Əksetdirmə əmsalları

Lazerin xarakteristikası		R metalla			
Aktiv maddə	λ, mkm	Au	Cr	Ag	Ni
Ar	0,288	0,445	0,457	0,962	0,567
Rubin	0,634	0,980	0,851	0,971	0,656
Nd	1,034	0,961	0,981	0,984	0,731
CO ₂	10,300	0,875	0,994	0,898	0,842

Lazer emalının səmərəliliyini artırmaq üçün səth topoqrafiyasının dəyişdirilməsi hər zaman texnoloji cəhətdən doğru əməliyyat hesab olunmur, o

zaman lazer emalının effektivliyini əhəmiyyətli dərəcədə artıran müxtəlif uducu örtüklərin istifadəsi daha məsləhətli hesab olunur.

Xüsusən də ciddi şəkildə aşağı temperaturda ($T < T_m$) aparıldığı təqdirdə. Lazer səthi termoemalı əməliyyatları zamanı, xüsusilə hamar cilalanmış səthlərdə, uducu örtüklərin istifadəsi əksər hallarda vacib şərt olmaqdadır.

Cədvəl 4.

Udulma əmsalları ($\lambda = 10,6 \text{ мкм}$)

Metal	A səthi	
	cilalanmamış	cilalanmış ($T=873\text{K}$, $t=2\text{saat}$)
Au	0,020	-
Al	0,022	0,15-0,30
Fe	0,030	0,43-0,84
Zn	0,063	0,46-0,55
Ti	0,084	0,19-0,35

Lazer emalından əvvəl detalların səthinin hazırlanması lazer şüalanmasının maksimum udma əmsalı ilə xarakterizə olunan bir təbəqə yaratmaqdan ibarətdir. Detaiların sərtləşmə rejimində, proses ərimədən aparıldıqda, səth tərəfindən şüalanmanın əhəmiyyətli dərəcədə əks olunması baş verir.

Udulma əmsalını artırmağın bir yolu da, detallara uducu örtüklərin tətbiq edilməsidir. Örtük ən az 0.8-0.9 nisbətində udulma əmsalına malik olmalıdır və lazer şüalanmasına məruz qaldıqda emal zonasının quruluşuna və xüsusiyyətlərinə təsir etməməlidir.

Bundan əlavə, rahat tətbiq edilməli və silinməlidir, həmçinin məhsulun səthində sabit bir qalınlığa malik olmalıdır, odadavamlı olmalıdır, yaxşı istilik keçiriciliyinə malik olmalı və əridildikdə istilik ötürmə şəraitini yaxşılaşdırmaq üçün substratı nəmləndirməlidir.

Örtüyü təşkil edən maddələrin yüksək udulma əmsalı olmalıdır. Daha tez-tez istifadə olunan oksidləşmə və örtük üsulları - volfram, mis oksid və ya boyalar şəklində olanlardır.

Uducu örtüklərin effektivliyini eyni şüalanma şəratində onların termik təsir zonalarının dərinliyi ilə qiymətləndirirlər. Aşağı güclü şüalanma zamanı fosfat örtüklü hissələrdə möhkəmlənmə dərinliyi örtüyün olmadığı hala nəzərən iki dəfə artıq olur. Quaş örtük halında möhkəmlənmə dərinliyi fosfat örtüyə nəzərən 10 % az olur.

Səthlərə his tərkibli qara rənglərin çəkilməsinin heç bir effekti olmur. Ən yaxşı nəticələr udma əmsalı 0.9 olan matqans fosfatı örtüyü vasitəsilə əldə olunur.

NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR

“Element” və “sistem” anlayışları məsələnin qoyuluşundan asılı olaraq transformasiya olunur. Məsələn, bir maşın öz etibarlılığını təyin edərkən fərdi elementlərdən - mexanizmlərdən, detallardan və s. ibarət olan bir sistem kimi qəbul edilir və avtomatik xəttin etibarlılığı öyrənilərkən - bir element kimi qəbul edilir. Məhsullar bərpa edilə bilinməyən hissəyə bölünür, onlar istehlakçı tərəfindən bərpa oluna bilmir və dəyişdirilməsi lazımdır. Etibarlılıq aşağıdakı əsas şərtlər və hadisələr ilə xarakterizə olunur:

- İşləmə qabiliyyəti – məhsulun ona verilən funksiyaları normal yerinə yetirə bilmə vəziyyətidir. İşləmə qabiliyyəti istehsal göstəricilərinə birbaşa təsir etməyən tələblərə tətbiq edilmir, məsələn, rəngin zədələnməsi və s.
- Xidmət qabiliyyəti - məhsulun nəinki əsas, həm də köməkçi tələblərə cavab verdiyi vəziyyətdir. İşləyən bir məhsul mütləq işləkdir.
- Qeyri-xidmət qabiliyyəti - texniki sənədlərin ən azı birinə cavab verməyən məhsulun vəziyyəti. İmtinaya səbəb olmayan səhvləkləri fərqləndirirlər, səhvləri də, imtinaya səbəb olan birləşmələri də.
- İmtina - tam və ya qismən iş qabiliyyətinin itirilməsindən ibarət olan hadisə. İmtinalar baxılan element və ya obyekt tərəfindən yerinə yetirilməsinə xitam verildiyi funksional xətalara və bəzi parametrlərinin yolverilməz həddə dəyişdiyi parametrik xətalara bölünür.
- Təsadüfi səbəblər - gözlənilməyən artıq yükləmələr, material qüsurları və nəzarət tərəfindən aşkarlanmayan hazırlanma xətalrı, texniki işçilərin səhvləri və ya idarəetmə sisteminin nasazlıqlarıdır. Təsadüfi amillər əsasən mənfi kombinasiyalardakı hərəkətlərdə imtinaya səbəb olur.
- Sistemətik səbəblər - mərhələli xəta yığılmasına səbəb olan qanuni hadisələrdir: ətraf mühitin təsiri, zaman, temperatur, şüalanma (korroziya, köhnəlmə), artıq yük və sürtünmə (yorğunluq, sürünmə, aşınma), funksional effektlər (tıxanma, yapışma, sızma).

Etibarlılıq, istehsal zamanı yaranan xüsusiyyətlər ilə xarakterizə olunur və bu da məhsul istehsalçılarının və istehlakçılarının gözləntilərinə nə dərəcədə cavab verəcəyini qiymətləndirməyə imkan verir.

- İmtinasızlıq (və ya sözün dar mənasında etibarlılıq) - müəyyən bir və ya işləmə müddətində davamlı iş qabiliyyətinin saxlanması xüsusiyyətidir. Bu xüsusiyyət intinası zamanı insan həyatı üçün təhlükə yaradan və ya böyük bir maşın kompleksinin istismarında fasiləyə səbəb olan, avtomatlaşdırılmış istehsalın dayanması və ya bahalı məhsulun yararsız hala düşməsi ilə əlaqəli olan maşınlar üçün xüsusilə vacibdir.

- Uzunömürlülük – məhsulub müəyyən bir təmir və texniki xidmət vasitəsilə uzun müddət, son vəziyyətinə qədər iş qabiliyyətini qoruya bilmək xüsusiyyətidir. Məhsulun son vəziyyəti, onun sonrakı işləməsinin mümkün olmaması, səmərəliliyin və ya təhlükəsizliyin azalması ilə xarakterizə olunur.

Bərpa olunmayan məhsullar üçün uzunömürlülük və etibarlılıq anlayışları demək olar ki, üst-üstə düşür.

Təmirədavamlılıq - məhsulun imtina, xəta, zədə və bərpa kimi səbəblərinin qarşısının alınması və aşkarlanması, təmir və texniki xidmət yolu ilə performansın bərpasına istiqamətlənməsidir.

Tekstil maşınlarının və avadanlıqlarının etibarlılığını artırmaq üçün aşağıdakı texnoloji üsullar tətbiq oluna bilər:

- metal və metalabənzər örtüklərin çəkilməsi;
- galvanik örtüklər;
- örtüklərin plazma çiləmə üsulu;
- lazer şüalanmasının tətbiqi ilə detalların möhkəmləndirilməsi.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Грилихесс С.Я. Обезжиривание, травлении и полирование металов, М., 1994
2. Девайно О.Г. Технологии формирования износостойких по поверхности лазерным легированием, Минск, 2001
3. Демкин Н.Б. Качество поверхность и контакт деталей машины, М., 1981
4. Ильин В.А. Краткий справочник гальванотехника, СПб., 1993
5. Коваленко В.С. Упрочнение детали лучом лазеръ, Киев, 1981
6. Комбалова В.С. Оценка три-ботехнических свойств в контактирующих поверхностей, М., 1983
7. Костин Н.А. Импульсный электролизъ, Киев, 1989
8. Крагельский И.В. Основы расчет на трение и износ, М., 1977
9. Мельник П.С. Справочник по гальвано покрытиям в машин строении, М., 1991
10. Оборудовании цеха электрохимической покрытия, Л., 1987
11. Одинцов Л.Г. Финишное обработка деталей алмазными выглаживанием и вибровыглаживанием, М., 1981
12. Папщев Д.Д. Упрочняющая технологии в машиностроении, М., 1978
13. Практикумпо прикладном электрохимии, Л., 1990
14. Процес плазменной нанесения покрытий: теория и практика. М., 1999
15. Спиридонов Н.В. Плазменные и лазерный методы упрочнении деталей машин, М., 1988
16. Справочник поэлектрохимическими и электрофизическими методами обработки, Л., 1988
17. Сулийма А.М. Поверхностные слои и эксплуатационные свойства деталей машин, М., 1998

18. Суслов, А.Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей, М., 1987
19. Улиг Г. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику, Р. Рев. Л., 1989
20. Чепа П.Я. Технологические основы упрочнения деталей по поверхностным пластическим деформированием, М, 1981
21. Шнейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом /Ю.Г.Шнейдер. Л., 1982
22. Ящерицин П.И. Технологическая наследственность и эксплуатационные свойства шлифованных детали, Минск, 1987
23. Ящерицин П.И. Технологическая наследственность в машиностроении, М., 1977
24. Ящерицын П.И. Технологическая и эксплуатационная наследственность и ее влияние на долговечность машин, М., 1978

XÜLASƏ

Bu gün Azərbaycan Respublikasında Yüngül sənaye sahələrinin inkişaf etdiyi və genişləndiyi bir dövrdə tekstil maşınlarının və avadanlıqlarının etibarlılığının artırılması üçün texnoloji təminat məsələlərinin tədqiqi dissertasiyanın elmi yeniliyi hesab edilə bilər.

“Etibarlılıq–obyektin xüsusiyyətləri” adlı I Fəsildə - etibarlılıq göstəriciləri, detalların səthinin keyfiyyəti və səthin fiziki-mexaniki və fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri araşdırılır.

“Maşın detallarının sıradan çıxması səbəbləri” adlanan II Fəsildə - sürtünmə və aşınma, aşınmanın mexanizmi, aşınma proseslərinin təsnifatı verilir, eləcə də yorğun parçalanma və korroziya parçalanması təhlil edilir.

“Tekstil maşınlarının və avadanlıqlarının etibarlılığını artırmaq üçün tətbiq olunan texnoloji üsullar” adlı III Fəsildə - metal və metalabənzər örtüklərin tətbiqi üsulları təhlil olunur, qalvanik örtüklər, plazma çiləmə örtüklər və detalların lazer tətbiqi ilə sərtləşməsi işıqlandırılır.

Dissertasiya işinin “Nəticə və təkliflər” bölməsində, müasir dövr tikiş sənayesində tekstil maşınlarının və avadanlıqların iş fəaliyyətinin yaxşılaşdırılmasına kömək edən etibarlılığın artırması məqsədilə bir sıra texnoloji üsullar irəli sürülür.

SUMMARY

Today, during the development and expansion of light industry in the Republic of Azerbaijan, the study of technological support to increase the reliability of textile machinery and equipment can be considered the scientific novelty of the dissertation.

Chapter I, entitled “Reliability - Object Characteristics”, discusses indicators of reliability, surface quality of parts, as well as physico-mechanical and physico-chemical properties of the surface.

Chapter II, entitled “Causes of Machine Parts Breakdown,” contains a classification of friction and wear, a wear mechanism, wear processes, and an analysis of fatigue and corrosion cracking.

Chapter III, “Technological Methods Used to Improve the Reliability of Textile Machines and Equipment,” analyzes the use of metal and metal-like coatings, highlights electroplated coatings, plasma spraying, and laser hardening of parts.

In the dissertation section “Results and Recommendations”, a number of technological methods are proposed to increase the reliability of textile machines and equipment in the modern clothing industry, which helps to increase their productivity.

РЕЗЮМЕ

Сегодня, во времена развития и расширения легкой промышленности в Азербайджанской Республике, исследование технологического обеспечения для повышения надежности текстильных машин и оборудования можно считать научной новизной диссертации.

В главе I, озаглавленной «Надежность - характеристики объекта», - рассматриваются показатели надежности, качества поверхности деталей, а также физико-механические и физико-химические свойства поверхности.

Глава II, озаглавленная «Причины поломки деталей машин», содержит классификацию трения и износа, механизм износа, процессы износа, а также анализ усталостного и коррозионного растрескивания.

В главе III «Технологические методы, используемые для повышения надежности текстильных машин и оборудования», анализируется применение металлических и металлоподобных покрытий, освещаются гальванические покрытия, плазменные напыления и лазерное упрочнение деталей.

В разделе диссертации «Результаты и рекомендации» предлагается ряд технологических приемов для повышения надежности текстильных машин и оборудования в современной швейной промышленности, что способствует повышению их производительности.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT İQTİSAD UNİVERSİTETİ
Magistratura mərkəzi

Əl yazması hüququnda

Səlimzadə Təbriz Qurbani oğlu

TEKSTİL MAŞINLARININ VƏ AVADANLIQLARININ
ETİBARLIĞINI ARTIRMAQ ÜÇÜN TEXNOLOJİ TƏMİNATIN ANALİZİ
mövzusunda magistr dissertasiyasının

R E F E R A T I

Elmi rəhbər

t.ü.f.d. E.N.Cəfərov

Bakı - 2020

Mövzunun aktuallığı. Etibarlılıq məhsul keyfiyyətinin əsas göstəricilərindən biridir. Ayrı bir detal belə məhsul hesab edilə bilər. Etibarlılıq anlayışı məhsulun iş fəaliyyətinin yaxşılaşdırılmasına kömək edən hər şeyi özündə birləşdirir. O, dizayn, texnologiya və istismar sahəsindəki uğurların əksidir.

Etibarlılıq müəyyən edilmiş rejimlərdə və istifadə, təmir, saxlama daşınma şərtlərində tələb olunan funksiyaları yerinə yetirmə qabiliyyətini xarakterizə edən bütün parametrlərin dəyərlərini müəyyən bir həddə saxlamaq obyektidir.

Etibarlılıq nəzəriyyəsində aşağıdakı ümumiləşdirilmiş obyektlər nəzərdən keçirilir:

- məhsul – müəyyən bir müəssisə, sex və s. tərəfindən buraxılan istehsal vahidi, məsələn dayaq, dəzgah, avtomobil;
- element bu nəzərdən keçirilən məhsulun ən sadə hissəsidir;
- etibarlılıq məsələlərində bir çox detaldan ibarət ola bilər;
- sistem - müəyyən edilmiş funksiyaları müstəqil şəkildə yerinə yetirmək üçün hazırlanmış birgə fəaliyyət göstərən elementlər toplusu.

Aktuallığı ilə seçilən tədqiqat işində araşdırma mövzusunə çevrilən əsas məsələlərin, eləcə də texnoloji üsulların təhlili, müasir dövr tikiş sənayesində tekstil maşınları və avadanlıqlarının etibarlılığının artırılmasına müsbət təsir göstərəcək.

Tədqiqatın predmet və obyekt. Dissertasiyada etibarlılıq göstəriciləri (ümumi şəkildə), tekstil maşınları və avadanlıqların etibarlılığının artırılması üçün tətbiq edilən texnoloji üsullar (geniş şəkildə) tədqiq olunaraq araşdırma obyektinə çevrilmişdir.

Tədqiqatın əsas məqsədi və vəzifələri. Tekstil maşınlarının və avadanlıqlarının etibarlılığını artırmaq üçün texnoloji təminatın analizindən ibarətdir.

Dissertasiyanın işlənilməsi zamanı aşağıdakı əsas məsələlər araşdırılmışdır:

1. Etibarlılıq komponentləri;
2. Səthin fiziki-mexaniki və fiziki-kimyəvi xassələri;

3. Sürtünmə və aşınmanın mexanizmi;
4. Qoruyucu örtüklər;
5. Müxtəlif üsullarla etibarlılığın artırılması.

Tədqiqatın informasiya bazası və işlənilməsi – dissertasiyada məqsədyönlü şəkildə qarşıya qoyulan bütün məsələlər elmi mənbələr və şəbəkə sistemindən istifadə etməklə vahid sistem şəkilində təhlil olunmuşdur.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Bu gün Azərbaycan Respublikasında Yüngül sənaye sahələrinin inkişaf etdiyi və genişləndiyi bir dövrdə tekstil maşınlarının və avadanlıqlarının etibarlılığının artırılması üçün texnoloji təminat məsələlərinin tədqiqi dissertasiyanın elmi yeniliyi hesab edilə bilər.

Tədqiqatın təcrübi əhəmiyyəti. Dissertasiyada tədqiq olunan bütün müddəalar sənaye sahələrində, istehsalatda tətbiq edilə bilər.

Dissertasiyanın nəticələri UNEC-in “Texnologiya və Dizayn” fakültəsi, “Texnoloji maşın və avadanlıqlar mühəndisliyi” ixtisasının diplom, eləcə də mühazirə kurslarında istifadə edilə bilər.

Dissertasiya işin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş hissəsi, 3 fəsil və paraqraflardan, nəticə hissəsi, dissertasiyaya uyğun əlavə edilən cədvəl və sxemlərdən; ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiya işinin ümumi həcmi 74 səhifədən ibarətdir.

“Etibarlılıq–obyektin xüsusiyyətləri” adlı **I Fəsildə** - etibarlılıq göstəriciləri, detalların səthinin keyfiyyəti və səthin fiziki-mexaniki və fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri araşdırılır.

“Maşın detallarının sıradan çıxması səbəbləri” adlanan **II Fəsildə** - Sürtünmə və aşınma, aşınmanın mexanizmi, aşınma proseslərinin təsnifatı verilir, eləcə də yorğun parçalanma və korroziya parçalanması təhlil edilir.

“Tekstil maşınlarının və avadanlıqlarının etibarlılığını artırmaq üçün tətbiq olunan texnoloji üsullar” adlı **III Fəsildə** - Metal və metalabənzər örtüklərin tətbiqi üsulları təhlil olunur, qalvanik örtüklər, plazma çiləmə örtükləri və detalların lazer tətbiqi ilə sərtləşməsi işıqlandırılır.

Dissertasiya işinin “Nəticə və təkliflər” bölməsində, müasir dövr tikij sənayesində tekstil maşınlarının və avadanlıqların iş fəaliyyətinin yaxşılaşdırılmasına kömək edən etibarlılığın artırması məqsədilə bir sıra texnoloji üsullar irəli sürülür.

Magistrant

T.Q.Səlimzadə

Elmi rəhbər

t.ü.f.d. E.N.Cəfərov