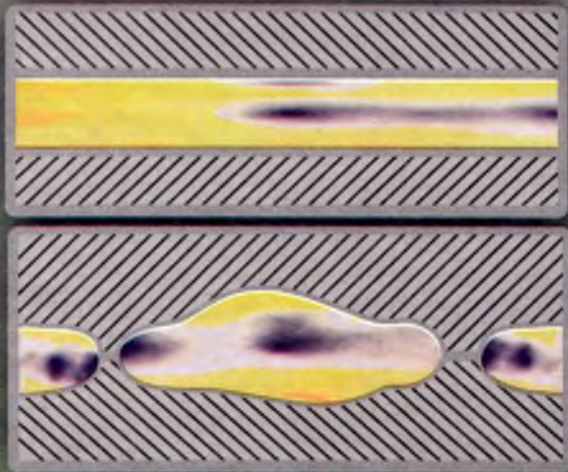


344  
41 ✓  
X. AHMEDXO'JAEV, X. AHMADJANOV,  
Q. MAHKAMOV, M. ABDUVOHIDOV

# TRIBOTEXNIKADAN AMALIY MASHG'ULOTLAR



34.5  
A-05

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA  
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

**X.AHMEDXO'JAYEV, X.M.AHMADJONOV,  
Q.X.MAHKAMOV, M.ABDUVOHIDOV**

**TRIBOTEXNIKADAN AMALIY  
MASHG'ULOTLAR**

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi  
tomonidan oliy texnika o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv  
qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*

**NAMANGAN DAVLAT  
UNIVERSITETI**  
Axborot-resurs markazi

12162

**TOSHKENT – 2006**

X.Ahmedxo'jayev, X.Ahmadjonov, Q.Mahkamov, M.Abduvohidov. Tribotexnikadan amaliy mashg'ulotlar (Oliy texnika o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanma). T., «Fan va texnologiya», 2006, 256 bet.

O'quv qo'llanma V bobdan iborat bo'lib, I bobda ishqalanish yuzalarning parametrlari, II bobda ishqalanish qismlarini moylash, III bobda tutash sirtlarining ishqalanishi va yeyilishi, IV bobda tribotexnik materiallar va ularni tanlash, V bobda ishqalanuvchi qismlarning tribotexnik xususiyatlarni yaxshilash masalalari yoritilgan. Har bir bobda nazariy ma'lumotlardan so'ng ko'rilayotgan mavzuga oid misol va masalalar berilgan hamda amaliy laboratoriya mashg'ulotlarini olib borish tartibi yoritilgan.

O'quv qo'llanma «Yer usti transport tizimlari» hamda «Texnologik mashina va jihozlar» ta'lim yo'nalishlarida bilim olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan. Undan mashinasozlik korxonalarining va boshqa turdagi korxonalarining ta'mirlash bo'limi muhandis mexaniklari ham foydalanishlari mumkin.

**Taqrizchilar:** **M.M. ABDULLAYEV** – FNKIZ bosh konstruktorlik bo'limining yetakchi konstruktori, t.f.n., dotsent;  
**N. DADAXONOV** – NamMPI TMJ kafedrasida dotsenti.

**ISBN 978-9943-10-008-4**

© «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2006

## **SO'Z BOSHI**

Mashinalardan foydalanish davrida yuzaga kelgan talabalar asosida mashinalar to'g'risidagi fanlar kengayib bormoqda.

Haqiqatan ham dastlabki mashina va mexanizmlar kinematik nuqtayi nazaridangina loyihalangan va tekshirilgan bo'lsa keyinroq mashinalar tezligi va yuklaganlik darajasi ortgacha ularni dinamik jihatdan loyihalash va tekshirish, detallarini asosiy ishchanlik kriteriyalari bo'yicha hisoblash zaruriyati tug'ildi. Ammo detallar sirtlarining yeyilish nazariyasi mukammal ishlab chiqilmaganligi sababli detallarning yeyilishga chidamliligini shartli tarzda mustahkamlik, issiqbardoshlik kabi kriteriyalar bo'yicha ta'minlashga urinildi. Albatta, bunday shartli hisoblar tutash detallar yuzasining yeyilishi mohiyatini ifodalay olmas edi.

Aksincha, amaliyot natijalari material mustahkamligini hamda detalni tayyorlash aniqligi va sirtining tozaligini oshirish hisobiga uni yeyilishga chidamli qilish har doim ham texnik iqtisodiy samara bermasligini ko'rsatdi. Shuning uchun so'nggi paytlarda tutash detallar sirtlaridagi ishqalanish, yeyilish va moylanish jarayonlarini hamda bu jarayonlarni kechishiga ta'sir etuvchi omillarni o'rganuvchi tribotexnika fani shakllana boshladi.

Tribotexnika fani alohida kurs sifatida dastlab muhandis-mexaniklar malakasini oshirish fakultetlari; so'ng mashina va apparatlar detallarini yeyilishga chidamliligini oshirish va tiklash mutaxassisligi va nihoyat 1999-yildan boshlab, «Yer usti transport tizimlari» hamda «Texnologik mashina va jihozlar» yo'nalishlarining o'quv rejasiga kiritildi. Shuni alohida ta'kidlash joizki tribotexnika fanini shakllanishida va bu fan bo'yicha talabalar uchun o'quv adabiyoti yaratishda O'zbekistonda olimlarining hissalar katta. Jumladan, bu fan bo'yicha o'quv qo'llanma rus tilida birinchi bor Toshkent Davlat Texnika Universitetining professor-o'qituvchilari O'.Ikromov va M.A.Levitinlar tomo-

nidan «Tribonika asoslari» nomi bilan 1984-yilda Toshkentda «O'qituvchi» nashriyotida chop etildi.

Oradan besh yil o'tgachgina 1989-yilda Moskvada «Mashinasozlik» nashriyotida D.N.Garkunov tomonidan «Tribotexnika» nomli darslik chop etildi. Ammo hozirgi kungacha tribotexnika fanidan amaliy mashg'ulotlar o'tkazishga doir o'quv qo'llanma MDH davlatlarining birontasida ham nashr ettirilgani yo'q.

Natijada, tribotexnika fani bo'yicha amaliy masalalarni yechish va laboratoriya mashg'ulotlarini o'tkazish hamda korxonalarining muhandis texnik xodimlari tomonidan tribotexnika yutuqlari asosida real masalalarni hal etish qiyin bo'lmoqda. Ushbu o'quv qo'llanma «Tribotexnika» fanidan amaliy mashg'ulotlar o'tkazishga bag'ishlangan o'zbek tilidagi birinchi adabiyot bo'lganligi sababli u kamchiliklardan xoli bo'lmasligi tabiiy. Mualliflar Tribotexnikadan amaliy mashg'ulotlar o'quv qo'llanmasi bo'yicha bildirilgan barcha fikr va mulohazalarni chin dildan qabul qiladi.

## **KIRISH**

Texnika iste'mol qiladigan quvvat foydali va zararli qarshilik kuchlarini yengish uchun sarflanadi. Shu o'rinda ishqalanish kuchi ikki xil ahamiyatga ega ekanligini unutmash kerak. Ma'lumki, kinematik juft elementlarining nisbiy harakatiga ko'rsatiladigan qarshilik kuchi ishqalanish kuchi deb ataladi. Agarda mashina detallari bir-biriga nisbatan harakat qilishi kerak bo'lsa, bu detallarning tutash sirtlarida hosil bo'ladigan ishqalanish kuchi detallarning harakat yo'nalishiga teskari yo'nalgan bo'lib, ularning nisbiy harakatiga qarshilik qiladi va mexanizmning foydali ish koeffitsiyentini kamayishi hamda tutash sirtlarni yeyilishiga sabab bo'ladi. Masalan, podshipniklar, tishli uzatmalar, porshenli tizimlar va yo'naltirgichlarda hosil bo'ladigan ishqalanish kuchi zararli hisoblanadi.

Agarda foydali ish bajarish uchun tutash sirtlarda nisbiy harakat bo'lmasligi maqsadga muvofiq bo'lsa, ishqalanish kuchi foydalidir. Bu holda ishqalanish kuchi yetaklanuvchi zvenoni yetaklovchi zveno bilan bir xil yo'nalishda va tezlikda harakatlantirishga intiluvchi ya'ni foydali ish bajaruvchi kuch bo'lib, mexanizmning foydali ish koeffitsiyentini oshiradi va tutash sirtlarni sirpanib yeyilishdan saqlaydi. Masalan, tormozlar, ilashish muftalari, friksion uzatmalar, g'ildirak-yo'l kinematik juftlarida hosil bo'ladigan ishqalanish foydali ish bajarish uchun xizmat qiladi.

Umuman olganda ishqalanish tabiatdagi har bir jarayonda ham mavjuddir. Ishqalanish kuchi tufayli nisbiy harakat qilinadi, issiqlik va olov olinadi, kimyoviy reaksiyalar tezlashadi, g'ijjaklar chalinadi, plastinkalarga tovushlar yoziladi. Ammo ishqalanish jarayonida tutash yuzalarda yeyilish sodir bo'lishi oqibatida mashinaning ish unumi va ishonchligi hamda ishlab chiqarilayotgan mahsulot sifati pasayadi. Shuning uchun texnika vositalarini yaratish va ulardan foydalanuvchi kadrlar mashina detallaridagi ishqalanish jarayonlari, yeyilish turlari

va ularni aniqlash usullari, ishqalanish va yeyilish qiymatlarini hisoblab topish, ishqalanish va yeyilish miqdorini kamaytirish yoki oshirish usullarini bilishlari kerak.

Ammo tutash sirtlardagi ishqalanish va yeyilish jarayonining ko'p jihatlarini hozirga qadar mukammal o'rganilgani yo'q. Sirtlar ishqalanganda bir vaqtning o'zida mexanik, elektrik, issiqlik va kimyoviy jarayonlar sodir bo'ladi. Ishqalanish metallni mustahkamlashi yoki bo'shashtirishi, uning tarkibidagi uglerod miqdorini orttirishi yoki kamaytirishi, vodorodga to'yintirishi yoki vodorodsizlantirishi oltin va platinani oksidga aylantirishi, detal sirtlarini sayqallashi yoki bir-biriga payvandlashi mumkin. Ishqalanish o'zi tashkillanuvchi murakkab jarayon bo'lib, unda sirtni ongli tarzda va ma'lum ketma-ketlikda shikastlash yoki aksincha yeyilishni kamaytirish tizimlari hosil bo'ladi.

Mashina detallarini mustahkamlikka, bikrikka va ustuvorlikka hisoblash masalalari yuqori darajada hal qilingani holda ishqalanish va yeyilish nazariyasini bugungi holati konstruktorga tutash sirtlarni yeyilish chidamligini oldindan ishonchli tarzda hisoblash imkoniyatini bera olmaydi. Jumladan, yaratilganiga yuz yildan oshgan bo'lsada gidrodinamik moylash nazariyasi asosidagi hisoblar ishqalanuvchi sirtlar orasida doimiy moy qatlami bo'lishligini to'sin materiallar qarshiligi usullari bilan hisoblagandagi kabi aniqlikka va ishonchlilikka ega emas. Kelgusida mashina va mexanizmlarni ish resursini, unumdorligini va ish sifatini oshirish ko'p jihatdan tribotexnik masalalarni qanday darajada ijobiy va mukammal hal qilinishiga bog'liq bo'lib qolmoqda. Shuning uchun so'nggi yillarda butun jahonda turli sohalaridagi yetakchi konstruktor, texnolog va olimlar tribotexnik muammolarni hal etishga intilmoqdalar. Natijada, mashinalarni ishlash muddatini nafaqat ratsional konstruktiv, texnologik va ish sharoitini yaratish omillari hisobiga, balki fizika, kimyo va materialshunoslik fanlarining yutuqlari asosida ishqalanish, yeyilish va moylanishning mukammal nazariyasini yaratilishi hisobiga ham oshirishga erishilmoqda. Jumladan, vodorodli yeyilish qonuniyatlarini ochilishi mashinalarning ishqalanuvchi detallarini yeyilishga chidamliligi va ishonchlilikini oshirishning yangi imkoniyatlarini bermoqda.

Ishqalanuvchi detallar sirtida sinergetiga qonuniyatlari asosida yangi o'zi tashkillanuvchi tuzilmalarni yaratish yo'li bilan detalning asliy materialini umuman yeyilmasligini ta'minlash usuli yaratilmoqda. Tribotexnik muammolar bilan bugungi kunda zavod va fabrikalarda, oliy ta'lim va ilmiy tadqiqot institutlarida keng doirada shug'ullanilmoqda, ilmiy-amaliy anjumanlar o'tkazilmoqda, monografiya va ko'plab maqolalar e'lon qilinmoqda.

Mashinalarning ishqalanuvchi detallarini yeyilishiga chidamliligi va ishonchliligini oshirish nazariyasi va amaliyotida ko'plab miqdorda sinov va kuzatuv natijalari to'planmoqda. Bu to'planayotgan nazariy va amaliy ma'lumotlarni tartiblab va umumlashtirib mexanik yo'nalishidagi talabalarga va muhandis-texnik xodimlarga yetkazish kelgusida respublikamizda tribotexnik muammolarni hal etishga munosib hissa qo'sha oladigan kadrlarni yetishib chiqishiga xizmat qiladi.



## *I bob.* UMUMIY MA'LUMOTLAR

### 1.1. TRIBOTEXNIKA FANINING QISQACHA RIVOJLANISH TARIXI

Tutash sirtlar ishqalanganda murakkab jarayonlar sodir bo'lib hozirgacha ular mukammal o'rganilmagan.

Ishqalanish hodisasini dastlab Aristotel o'rganishga uringan, ammo u nisbiy harakatga bo'lgan qarshilikni ishqalanish va inersiya kuchlariga ajrata olmagan. Leonardo Davinchi ishqalanish koeffitsiyenti tushunchasini kiritdi, ishqalanish kuchini tutash yuzlar materialiga, ishloviga, yuklanganlik darajasi va moylanganligiga bog'liqligini aniqladi, lekin ishqalanish kuchini hisoblash formulasini taklif etmadi. Fransuz olimi Amonton 1699-yili birinchi bo'lib ishqalanish kuchi tutash yuzaga tik kuchga to'g'ri chiziqli nisbatda ekanligini ifodalovchi empirik formula taklif etdi.

$$F = N \cdot f \tag{1.1}$$

bu yerda,  $F$  – tutash sirtlardagi ishqalanish kuchi;  $N$  – ishqalanish tekisligiga tik bo'lgan yuklanish;  $f$  – tutash sirt materiallari orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti.

Amontonning vatandoshi Sh.Kulon ishqalanish kuchi ko'pgina omillar (yuklanish, sirpanish tezligi, ishqalanuvchi detallar materiallari, yuzalarning g'adir-budirliigi kabi)ga bog'liqligini tushundi. Ammo Kulon mexanik ishqalanish nazariyasiga asos solmada bu jarayondagi energiya va issiqlik xususiyatlarini o'rganmadi, jumladan, Kulon taklif etgan sirpanib ( $F_c$ ) va dumalanib ( $F_o$ ) ishqalanish kuchlarini aniqlash formulalarida bu xususiyatlar o'z aksini topmagan:

$$F_c = N \cdot f + A \tag{1.2}$$

$$Fo = \lambda \cdot \frac{N}{r} \quad (1.3)$$

bu yerda,  $A$  – ishqalanish kuchining tutash yuzalarni ilashuvchanligiga bog‘liq bo‘lgan qismi;  $\lambda$  – dumalashdagi ishqalanish koeffitsiyenti;  $r$  – dumalovchi silindr radiusi.

Ishqalanishda mexanik energiya issiqlikka aylanishini B. Tompson 1798-yilda isbotladi. Belarus olimi 1934-yilda molekular nazariyani to‘liq rivojlantirib tutash sirtlar yaqinida molekular kuch maydoni bo‘lishi jismlarning o‘zaro molekular ilashuviga sabab deb tushuntirdi. Ammo molekular nazariya sirtlarning mexanik shikastlanishi, notekisliklarning bir-biriga botib kirishi va ilashib qolishi kabi hodisalarni tushuntirib bera olmadi. Rus olimi I.V.Kragelskiy 1946-yili ishqalanishning molekular-mexanik nazariyasini ishlab chiqdi va ishqalanish sirtidagi ayrim chiqiqlarni bir-biriga kirishi yoki deformatsiyalaninish bilan ham (mexanik ta‘sir), ikki sirtning o‘ta yaqinlashgan joylaridagi moddalarining molekular tortishish kuchlari bilan ham bog‘liq degan xulosaga keldi.

Tutash sirtlardagi ishqalanishdagi energetik nazariyasi 1952-yilda A.D.Dubining tomonidan taklif etilgan. U ishqalanish jarayoni kuch qonunlari asosida emas, balki energetik qonunlar, ya‘ni energiyaning bir turdan ikkinchi turga aylanishi qonunlari asosida tekshirilishi kerak degan xulosaga keldi.

Umuman olganda mavjud nazariyalar ishqalanish jarayonini to‘liq ifodalay olmaydi, lekin muammolarni hal etish uchun qoniqarli natijalar olish imkonini beradi. Hozirgi kunda amaliyotda ishqalanishning mexanik-molekular nazariyasi ko‘proq qo‘llaniladi. Shuningdek, 1966-yila D.N.Garkunov va I.V.Kragelskiylar ishqalanishda tanlovli ko‘chish ya‘ni sirtlarning yeyilmaslik effektini kashf etganlarini va bu kashfiyot asosida tribotexnik muammolarni hal etishga asosan so‘nggi yillarda e‘tibor kuchayganligini alohida ta‘kidlash kerak.

## **1.2. TRIBOTEXNIKANING ASOSIY TUSHUNCHALARI**

Ishqalanish – har qanday mexanizm ishlaganida albatta sodir bo‘ladigan jarayon. Texnikada u ikki xil ahamiyatga ega. Podship-

niklar, tishli uzatmalar, porshenli tizimlarda ishqalanish tutash sirtlarning yeyilishiga, quvvatning isrof bo'lishiga olib keladi. Shuning uchun bu o'rinda ishqalanish zararli omil hisoblanadi. Tormozlar va ilashish muftalarida hamda friksion va tasmali uzatmalarda esa ishqalanish foydalidir, shu o'rinda yeyilishning ruxsat etilgan chekli qiymatlaridan chiqib ketmagan holda ishqalanish kuchini ma'lum qiymatigacha oshirishga harakat qilinadi.

Ishqalanuvchi juftliklar ashyolarini va ular uchun moy turini tegishlicha tanlash, ishqalanuvchi qismlarning tuzilishini ish sharoitiga moslashtirish mexanizmlarning ishlash samaradorligini belgilaydi va friksion tuzilmaning chidamliligi hamda ishonchligini oshirish imkonini beradi.

Ishqalanish ashyolarini tadqiq qilish sohasida to'plangan tajriba va mashina detallarining ishqalanishi, n yeyilishi hamda moylanishiga oid nazariy ishlanmalar asosida tribotexnika fanining umumiy tushuncha va atamalari qabul qilingan.

Tribotexnika – qattiq jismlar bir-biriga nisbatan harakatlanganida ularning o'zaro ta'sir ko'rsatuvi haqidagi fan bo'lib, mashinalardagi ishqalanish, yeyilish va moylashga oid butun masalalar majmuyini o'z ichiga oladi. Keyingi yillarda tribotexnikada yangi bo'limlar tribokimyoy, tribofizika va tribomexanika bo'limlari rivojlanmoqda.

Tribokimyoy – tutash sirtlarning kimyoviy aktiv muhit bilan o'zaro ta'sirlashuvini o'rganadi. U ishqalanishdagi yemirilish muammolarini, tanlama ko'chirishning kimyoviy asoslarini va ishqalanishda polimerlarning yoki moylash ashyosining parchalanishi tufayli ajralib chiqadigan kimyoviy aktiv moddalarning detallar sirtiga ta'sirini tekshiradi.

Tribofizika – tutash sirtlarning nisbiy harakati vaqtidagi o'zaro ta'sirlashuvining fizik jihatlarini o'rganadi.

Tribomexanika – tutash sirtlarning ishqalanishdagi o'zaro ta'sirlashish mexanikasini o'rganadi. U energiya va impulsning tarqalishini, ishqalanishdagi mexanik o'xshashlikni, relaksatsion tebranishlarni, reversiv ishqalanishni, gidrodinamika tenglamalari va boshqalarni ishqalanish, yeyilish hamda moylash masalalariga bog'lab o'rganadi.

Ba'zi bir mamlakatlarda tribotexnika atamasi o'rniga tribologiya va tribonika atamalari ishlatiladi. Shuningdek, ishqalanish jarayonida

materiallarning sirtqi qatlami tuzilishi va xossasini o'rganishda dinamik materialshunoslik atamasi ham texnik adabiyotlarda uchraydi.

Tribotexnikaga oid ko'pgina atamalar standartlashtirilgan. GOST - 23.002-78 da 97 ta atama bo'lib, ular ishqalanish, yeyilish, moy, moylash usullari va moylash ashyolari bo'yicha tasniflangan. Tribotexnikaning umumiy tushunchalari qatoriga quyidagi atamalar kiradi.

Tashqi ishqalanish-nisbiy harakatlanishga nisbatan bo'ladigan qarshilik hodisasi bo'lib, ikki jismning tutash sirtlarida yuzaga keladi.

Yeyilish – ishqalanish natijasida jism o'lchamlarining asta-sekin o'zgarib borishi jarayon ishqalanuvi sirdan ashyo ajralib chiqishida va (yoki) uning qoldiq deformatsiyasida namoyon bo'ladi. Ishqalanish natijasida ham yemirilish yuz berishi mumkin (GOST 16429-70).

Yeyilish miqdori – ishqalanish jarayonida tutash sirtlarning yeyilishi natijasida detal o'lchamining boshlang'ich qiymatidan o'zgarishi bo'lib, uzunlik, hajm, massa kabi birliklar bilan o'lchanishi mumkin. Yeyilish tezligi – vaqt birligi ichida detal o'lchamlarining o'zgarish tezligi mm soat bilan o'lchanadi.

Yeyilish sur'ati – yeyilish miqdorini shu davrda bosib o'tgan yo'l yoki bajarilgan ish hajmiga nisbati mm km, mm kg, bilan o'lchanadi.

Yeyilishga turq'unlik – materialning ma'lum ishqalanish sharoitida yeyilishiga qarshilik qila olish xususiyati bo'lib yeyilish tezligi yoki yeyilish jadalligiga teskari qiymat bilan baholanadi.

Moylovchi material – ishqalanuvchi sirtlar orasiga ishqalanish kuchi va (yoki) yeyilish jadalligini kamaytirish uchun kiritiluvchi material.

Moylash – moylovchi materialni ishqalanish yuzasiga kiritish jarayoni.

Moylanish – moylash materialining ta'siri ya'ni ishqalanish kuchi va (yoki) yeyilish jadalligini kamayishi.

Tinch holatda ishqalanish – ikki jismning nisbiy harakatga o'tkuniga qadar mikroharakatlardagi ishqalanish.

Harakatdagi ishqalanish – nisbiy harakatda bo'lgan ikki jismning ishqalanishi.

Surkov ashyosisiz (moysiz) ishqalanish – ishqalanuvchi sirtga hech qanday surkov ashyosi (moy) surtilmagandagi ikki jismning ishqalanishi.

Surkov ashyosi bo'lgandagi ishqalanish – ikki jismning ishqalanuvchi sirtiga har qanday surkov ashyosi surtilgandagi ishqalanish.

Sirpanishdagi ishqalanish – ikki qattiq jismning harakatdagi shunday ishqalanishki, bunda urinish nuqtalarida jismlarning tezliklari qiymati va yo'nalishi bo'yicha har xil bo'ladi.

Dumalashdagi ishqalanish – ikki qattiq jismning harakatdagi shunday ishqalanishki, bunda urinish nuqtalarida ularning tezliklari qiymati va yo'nalishiga ko'ra turlicha bo'ladi.

Ishqalanish kuchi – bir jism tashqi kuch ta'sirida boshqa jismning sirti bo'ylab harakatlanganida yuzaga keladigan qarshilik, mazkur kuch ana shu jismlar orasida umumiy chegaraga urinma bo'yicha yo'nalgan bo'ladi.

Tinch holatdagi eng katta ishqalanish kuchi – tinch holatdagi ishqalanish kuchi bo'lib detalni siljituvchi kuch miqdori undan kattalashishi bilan oq tutash sirtida nisbiy harakat boshlanadi.

Tinchlikdagi siljish – ishqalanishda detallarni tinch holatdan nisbiy harakat holatiga o'tgunga qadar ularning tutash sirtlarida yuz beradigan nisbiy mikrosiljishlar.

Sirpanish tezligi – sirpanishda urinish nuqtalaridagi jismlar tezliklari orasidagi farq.

Ishqalanish sirti – jismning ishqalanishda qatnashuvchi sirti.

Ishqalanish koeffitsiyenti – ikki jism ishqalanish kuchining ana shu jismlarning bir-biriga siqib turuvchi me'yoridagi kuchga nisbati.

Ilashish koeffitsiyenti – ikki jismning tinch holatdagi eng katta ishqalanishi kuchining jismlarini bir-biriga siqib turadigan, ishqalanish sirtlariga nisbatan me'yorida bo'lgan kuchga nisbati.

### **1.3. QATTIQ JISMLARNING TUTASH YUZALARI GEOMETRIYASI**

Tribotexnik jarayonlarda detal materialidan ko'ra ham uning ishqalanish sirtlarining holati muhimroq ahamiyatga ega. Texnikada detal sirti deganda uning tashqi qatlami tushuniladi.

Tashqi qatlamning geometrik tuzilishi va boshqa fizik-kimyoviy xossalari detalni tayyorlash jarayonidagi ishlovlar va undan foydalanish jarayonidagi turli omillar ta'sirida ichki qismdan farq qiladi.

Tashqi qatlamning ichki qatlamga nisbatan kompleks xonalarini boshqachaligini qabul qilingan.

Sirt sifati detalning charchashga, yeyilishga, korroziyaga va eroziyaga chidamliligiga, tig'iz birikmaning mustahkamligiga hamda qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas qilib bog'langan zichlikning ishonchililigiga ta'sir qiladi.

Detal sirtidagi o'zgarishlarni shartli tarzda uchta sinfga bo'lish mumkin.

I – sirt geometriyasiga taalluqli o'zgarishlar.

II – detal materialining sirt qatlami tuzilishiga oid o'zgarishlar.

III– detal sirtida hosil bo'luvchi tashqi muhit moddalaridan iborat parda qatlamlariga tegishli o'zgarishlar.

Garchi detallar chizmada qat'iy shaklda silliq chiziqlar bilan ifodalansada, aslida ularning real shakli ideal shaklidan farq qiladi va bu farq detalning geometrik notekisligi deb ataladi.

Detailning geometrik notekisligi hosil bo'lishi va miqyosiga ko'ra uch turga: makrogeometrik (shakliy), to'liqinli va mikrogeometrik yuk (g'adir-budirli) notekisliklarga bo'linadi.

Shakliy notekislik detalni tayyorlash jarayonida dastgohning noaniqligi o'rnatish va sozlash ishlaridagi xatoliklar hamda dastgoh – moslama – asbob – detal (DMAD) tizimining yuklama va issiqlik ta'sirida deformatsiyalanishi natijasida sodir bo'ladi. Masalan, silindrik shaklli bo'lishi kerak bo'lgan detal bo'ylamasiga bochqasimon, konussimon yoki egri, ko'ndalangiga esa egrilik radiusi turli joylarda har xil bo'lgan yuza (masalan, ovalsimon) bo'lib qoladi. Yassi detallar yuzida qavariq va botiqlar paydo bo'ladi.

Detaldan foydalanish davrida shakliy notekislik mashinani yig'ish va montaj qilishdagi noaniqliklar, ishqalanuvchi yuzaning barcha joylarda ish sharoiti (bosim, harorat, moylanish, sirpanish tezligi va tashqi muhit bilan ta'sirlanish) har xil bo'lganligi sababli hosil bo'ladi.

Sirtidagi to'liqinli notekislik kesish qadami va yo'naltirgich notekisligi hamda DMAD tizimining majburiy tebranishi tufayli vujudga

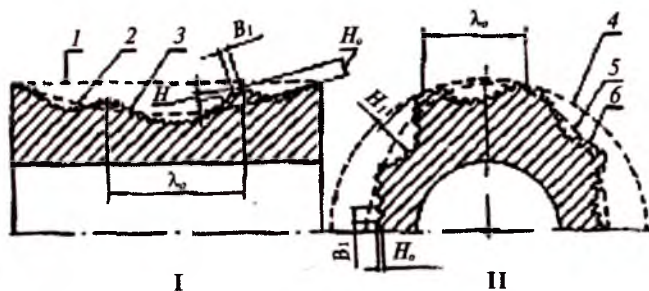
keladi. To'liqinli notekislik qadami sof ishlovda 0,25 mm, dag'al ishlovda 14 mm gacha bo'lishi mumkin. To'liqinli notekislik ishqalanish jarayonida yig'ma birlik va uning elementlari majburiy tebranishlar va ish sharoitining bir xil emasligi tufayli yuzaga kelishi mumkin.

G'adir-budirlik notekislik kesish asbobining geometriyasi a uning g'adir-budir yeyilishi, ishlov berish rejimi, detal va kesuvchi asbob materiallarining xususiyatlari, DMAD tizimidagi tebranishlar va boshqa ko'rinishdagi omillarga bog'lig' holda hosil bo'ladi.

Detalni tayyorlaganda shakllangan g'adir-budirlik ishqalanish jarayonida, ish sharoiti va tutash detal sirtidagi g'adir-budirlik xarakteriga bog'liq holda o'zgaradi. Tajribalardan yangi yig'ilgan detal-larning sirt g'adir-budirliги xo'rdalanish davrida o'zgara borib bu davr oxirida deyarli o'zgarmaydigan (barqarorlashgan) holatga kelishligi aniqlangan.

Barqarorlashgan g'adir-budirlik mazkur tutash juftlik va ish sharoitida eng kam ishqalanish koeffitsiyenti bo'lishligini ta'minlaydi.

Detalning haqiqiy sirtidagi o'zgarishlarning chizmasi 1.1-rasmda keltirilgan. Unda bo'ylama shakliy notekislik (botiqlik), ko'ndalang shakliy xatolik esa ovallik tarzida ifodalangan.



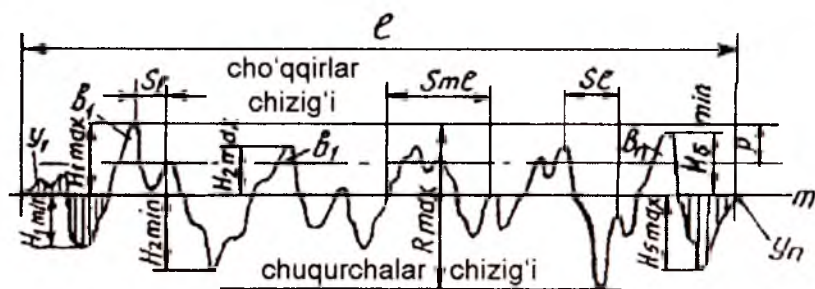
1.1-rasm. Silindrik detalning tashqi sirtidagi notekisliklarning chizma ko'rinishi: 1 – ideal bo'ylama profil; 2 – korsetlik; 3, 6 – haqiqiy bo'ylama va ko'ndalang profil; 4 – ideal ko'ndalang profil; 5 – ovallik.

Xalqaro ISOP4G8 standartiga ko'ra detal sirtlaridagi g'adir-budir notekisliklar (1.2-rasm) quyidagi oltita parametrlar bilan baholanadi.

1. Vertikal yo'nalishdagi prametrlar.

1.1. Profilning o'rta arifmetik chetga chiqishi  $R_a$ .

- 1.2. Notekisliklarning 10 ta nuqtadagi balandligi  $R_z$ .
- 1.3. Nazorat qilinayotgan sohadagi eng katta balandlik  $R_{max}$ .
2. Gorizontal yo'nalishdagi parametrlar.
  - 2.1. Profildagi notekisliklarning o'rta chiziq bo'yicha o'rtacha qadami qiymati  $S_m$ .
  - 2.2. Profildagi notekisliklar balandliklarining o'rtacha qadami qiymati  $S$ .
  - 2.3. Profildagi g'adir-budirlikning nisbiy uzunligi  $tp$ .
3. Notekisliklar profilini xarakterlovchi parametrlar (GOSTdan tashqari).
  - 3.1. Balandliklar cho'qqilarining yumaloqlanish radiuslari.
  - 3.2. Notekisliklar yon tomonlari (profil burchaklari) qiyalik burchaklari.



1.2-rasm. Sirt g'adir-budirlikning ko'rsatkichlari.

G'adir-budirlik notekisliklarining parametrlarini aniqlashda profilning bazoviy uzunligi  $l$  va profilning o'rta chizig'i  $m$  tushunchalaridan foydalaniladi. Bazoviy uzunlik  $l$  sirt g'adir-budirlikini o'lchash uchun tanlab olingan uzunlik bo'lib u profilogrammadagi kamida beshtadan cho'qqi va chuqurligi bo'lgan oraliqdan iboratdir. Profilogrammada o'rta chiziqning geometrik o'rnini uning ikkala tomonidagi g'adir-budir profillar konturlari yuzalari teng bo'lishlik shartidan aniqlanadi:

$$\int_0^l y(x) dx = 0 \quad \text{yoki} \quad F_1 + F_3 + F_5 + \dots + F_n \approx F_2 + F_4 + \dots + F_n \quad (1.4)$$



Profil chetga chiqishining o'rtta arifmetik qiymati  $R_a$  bazoviy uzunlikdagi hamma g'adir-budirliklarning profil o'rtta chiziqqa nisbatan absolut chetga chiqishining o'rtta arifmetik qiymatiga teng:

$$R_a = \frac{1}{\lambda} \int_0^l |y(x)| dx \quad (1.5)$$

bu yerda,  $\lambda$  – bazoviy uzunlik;  $u$  – profildagi nuqtalarning o'rtta chiziqdan uzoqligi.

Taqriban integral chekli yig'indi bilan almashtirilganda (1.5) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$R_a = \frac{1}{n} = \sum_{i=1}^n |Y_i| \quad (1.6)$$

Bunda  $i=n$  – bazoviy uzunlikda olingan nuqtalar soni;  $Y_i$  – nuqtaning o'rtta chiziqdan uzunligi;  $R_a$  – profildagi barcha g'adir-budirliklarning o'rtacha balandligini xarakterlaydi.

Profil g'adir-budirliklari (notekisliklar) balandligi  $R_z$ .

Bazoviy uzunlikdagi 5 ta eng yuqori cho'qqi va 5 ta past chuqurliklarning o'rtacha absolut balandliklarining yig'indisidir:

$$R_z = \frac{1}{s} \left[ \sum_{i=1}^n |Y_{pi}| + \sum_{j=1}^n |Y_{\alpha j}| \right] \quad (1.7)$$

bu yerda,  $Y_{pi}$  – profilning  $i$ -chi eng katta cho'qqisining o'rtacha chiziqdan mutlaq uzoqligi, ya'ni balandligi;  $Y_{\alpha j}$  – profilning  $j$ -chi katta chuqurligining o'rtacha chiziqdan absolut uzoqligi, ya'ni chuqurligi.

Profil notekisliklari eng katta balandligi  $R_{max}$  chuqurliklar va balandliklar chiziqlari orasidagi masofadir. Shunday qilib  $R_{max}$  deb bazoviy uzunlikdagi balandlik chizig'i va chuqurlik chizig'i orasidagi masofaga aytiladi.  $R_{max}$  amalda bazoviy uzunlikdagi eng baland va eng past nuqtalar balandliklari farqiga teng. Balandlik chizig'i deb eng baland cho'qqidan o'rtta parallel (ekvidistant) o'tkazilgan chiziqqa aytiladi. Chuqurlik chizig'i deb eng past chuqurlikdan o'rtta chiziqqa parallel (ekvidistant) o'tkazilgan chiziqqa aytiladi.

Profildagi mahalliy chiqiqlarning o'rtacha qadami  $S$  bazoviy uzunlik doirasida profildagi mahalliy chiqiqlar qadamining o'rtacha qiymatiga teng:

$$S \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad (1.8)$$

bu yerda,  $n$  – bazoviy uzunlik doirasidagi notekisliklarning cho'qqilari bo'yicha qadamlari soni.

Profildagi notekisliklarning o'rtacha chiziq bo'yicha o'rtacha qadami  $S_m$  bazoviy uzunlik doirasida profildagi notekisliklar qadamining o'rtacha qiymatiga teng:

$$S_m \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi} \quad (1.9)$$

bunda,  $n$  – bazoviy uzunlik doirasidagi notekisliklar profilining o'rta chizig'i bo'yicha qadamlari soni.

Qattiq jismlarning o'zaro ta'sirlashishiga tutash sirtlardagi mikro-notekisliklar cho'qqilarining egrilik radiuslari katta ta'sir ko'rsatadi. Cho'qqilarining egrilik radiuslari detalga berilgan ishlov yo'nalishida (bo'ylama  $r_b$ ) va unga tik yo'nalishda (ko'ndalang  $r_k$ ) turlicha bo'lib, qiymatlari ishlov turiga bog'liq bo'ladi (1.1-jadval).

### Po'lat detallar sirtidagi mikronotekisliklar ko'rsatkichlarining taxminiy qiymatlari

*1.1-jadval*

T.r.	Ishlov turi	$R_a; r, \text{ mkm}$	$r_k; r_b$	$B; V; \Delta 40^2$
1	Ichki jilvirlash	1,8; 5 0,9; 8 0,45; 13 0,22; 18	3,5; 8 6; 11 10; 16 15; 23	0,6; 2,0; 495 0,9; 1,9; 130 1,1; 1,8; 36 1,4; 1,7; 11
2	Yassi yuzalarni yonboshli frezada frezalash	$R_z=13; 420$ 1,8; 900 0,9; 1300	45; 4000 90; 9000 120; 15000	0,4; 2,2; 11 0,5; 1,6; 3,0 0,6; 1,5; 2,2
3	Doiraviy jilvirlash	0,9; 8 0,45; 12 0,2; 20 0,1; 30	4; 16 6,5; 22 12; 30 18; 40	0,6; 2,0; 16 0,9; 1,95; 4,1 1,3; 1,90; 9,6 2,0; 1,50; 2,8

NAMANGAN DAVLAT  
 UNIVERSITETI  
 Axborot-resurs markazi

12.162

1	2	3	4	5
4	Yassi jilvirlash	Rz=8; 35 1,8; 100 0,9; 180 0,45; 370 0,22; 550	5; 250 7; 1300 10; 3200 17; 8000 20; 15000	0,6; 2,2; 124 0,9; 1,95; 20 1,0; 1,85; 6,0 1,6; 1,80; 1,3 2,3; 1,60; 0,264
5	Sidirish	0,8-1,0 0,4-0,5 0,2-0,2	12; 9000 25; 12000 70; 15000	
6	Sayqallash	0,45; 230 0,22; 450 0,11; 670	350; 150 700; 300 1000; 450	2,0; 1,7; 1,4 2,5; 1,6; 0,3 3,5; 1,5; 0,08
7	Silindrik yuzaga so'ngi ishlov berish (yetkazish)	0,11; 30 0,04; 40 0,023; 55	25; 35 40; 40 70; 43	2,5; 1,5; 2,2 2,6; 1,4; 0,77 2,6; 1,3; 0,26
8	Yassi yuzalarni silindrik frezada frezalash	Rz=30 Rz=15 1,6-2,0 0,8-1,0	10; 45 15; 60 25; 90 50; 120	
9	Silindrik yuzalarni yo'nish (tokarlik dastgohida)	Rz=15; 15 1,8; 20 0,9; 35 0,45; 55	20; 10 30; 13 60; 20 120; 25	1,0; 2,1; 250 1,4; 1,9; 79 1,8; 1,8; 19 2,0; 1,6; 6,3
10	Teshiklarni razvertkalash	1,6-2,0 0,8-1,0 0,4-0,5 0,20-0,25	10, 20 30; 50 250; 350 500; 500	
11	Xoninchalash	0,45; 15 0,22; 20 0,11; 35 0,04; 70	4; 60 5,5; 70 14; 90 20; 160	0,7; 1,8; 0,37 1,0; 1,7; 12 1,9; 1,16; 2,26 2,5; 1,6; 0,46
12	Randalash	Rz-30 Rzq-15 1,6-2,0 0,8-1,0	17; 150 30; 250 90; 600 160; 950	
13	Teshikni kengaytirish	Rz=15 1,6-2,0 0,8-1,0 0,4-0,5	20; 10 35; 15 60; 25 110; 35	
14	Yassi yuzalarga yakuniy ishlov berish	0,11; 300 0,04; 500 0,023; 1000	15; 7000 25; 10000 0,023; 1000	2,4; 1,6; 0,23 3,0; 1,4; 0,03 3,3; 1,2; 0,01

Ellipsoid shakldagi chiqiqlar cho'qqilarining egrilik radiuslari:

$$r_{\bar{o}} = B^2 / c; \quad r_K = a^2 / c \quad (1.10)$$

bu yerda,  $a, v, s$  – ellipsoid yarim o'qlarining o'lchamlari.

Ammo ellipsoid yarim o'qlarining o'lchamlarini aniqlash qiyin bo'lganligi uchun (1.10) formuladan foydalanish noqulay. Shuning uchun mikronotekislik cho'qqilarini o'rtacha egrilik radiuslarini g'adir-budirlik profilogrammasi asosida aniqlangani qulay:

$$r_{\bar{o}} = \frac{K_{B\bar{o}}}{K_{r_{\bar{o}}}^2 8h_{\bar{o}}} \quad r_K = \frac{K_{BK} d_K^2}{K_{r_K}^2 8h_K} \quad (1.11)$$

bu yerda,  $d_b, d_K$  – bo'ylama va ko'ndalang profilogrammadagi 5 ta eng baland mikrochiqiqlarning cho'qqi tepasidan mos tarzda  $h_b = 0,06 R_{\max} \cdot b$   $h_K = 0,06 R_{\max} \cdot k$  masofada asosiga parallel qilib o'tkazilgan kesimlari eni kvadratlari yig'indisining o'rtacha qiymati;  $K_{vk}, K_{gk}$  – ko'ndalang profilogrammaning vertikal va gorizontal yo'nalishlardagi masshtabi;  $K_{vb}, K_{gb}$  – bo'ylama profilogrammaning vertikal va gorizontal yo'nalishlardagi masshtabi:

Chiqiqlar cho'qqisining keltirilgan egriligining o'rtacha radiusi:

$$r = r_k \cdot r_{\bar{o}} / (r_k + r_{\bar{o}}) \quad (1.12)$$

bu yerda,  $r_K$  – ko'ndalang,  $r_B$  – bo'ylama profilogrammalardagi chiqiqlar cho'qqilarining o'rtcha radiuslari:

Profilning tayanch uzunligi balandlik chizig'idan  $R$  masofada ekvidistant chiziq profildan kesib o'tgan kesmalarning uzunliklari yig'indisidir:

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i \quad (1.13)$$

Profilning nisbiy tayanch uzunligi esa tayanch uzunligining bazoviy uzunlikka nisbatiga teng:

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} \quad (1.14)$$

Profil nisbiy tayanch uzunligining qiymati foizlarda hisoblanisa 10, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 %ga teng bo'lishi mumkin. Profil kesimi sathi  $R$  balandlik chizig'idan hisoblanadi (o'lchanadi) va  $R_{\max}$  ga nisbatan foizda ifodalanadi.

Uning tavsiya qilingan kattaliklari quyidagilardir: 5, 10, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 %. G'adir-budirlikning kattaligi,  $Y$  yuzaning o'z funksional vazifalarini bajarishiga ta'sir ko'rsatadigan hollarda nazorat qilinadi. Ma'suliyatli detallarning ishqalanadigan yuzalari uchun  $R_a$  yoki  $R_z$  larning yo'l qo'yilgan kattaliklari hamda notekisliklarining yo'nalishi belgilanadi va nazorat qilinadi. Umumiy holda  $R_a, R_z, R_{\max}$  1.2-jadvalda keltirilgan mos bazoviy uzunliklar uchun belgilanadi.

$R_a, R_z, R_{\max}$  parametrlari va bazis uzunlik  $l$  ning o'zaro nisbatlari.

*1.2-jadval*

$R_a, \text{ mkm}$	$R_a=R_{\max}, \text{ mkm}$	$l, \text{ mm}$
0,025 gacha	0,1 gacha	0,08
[0,025–0,4]	[0,1–1,6]	0,25
[0,4–3,2]	[1,6–12,5]	0,8
[3,2–12,5]	[12,5–50]	2,5
[12,5–100]	[50–400]	8

Agar  $R_a, R_z, R_{\max}$  parametrlar jadvalda keltirilgan bazoviy uzunlikda aniqlangan bo'lsa, g'adir-budirlikka talablarda ko'rsatilmaydi aks holda u ko'rsatilishi shart.

Sirt notekisligi profilogrammasidan foydalanib detal materialining g'adir-budir qatlamda taqsimlanishini ifodalovchi tayanch egri chiziq grafigini qurish mumkin (1.3-rasm) Buning uchun profilogrammani o'rta chiziqqa parallel bir nechta gorizontaal chiziqlar o'tkazilib darajalarga bo'linadi, so'ngra tegishli daraja  $R$  da cho'qqilar eni ni chegaralovchi uchastkalar yig'indisi aniqlanadi.

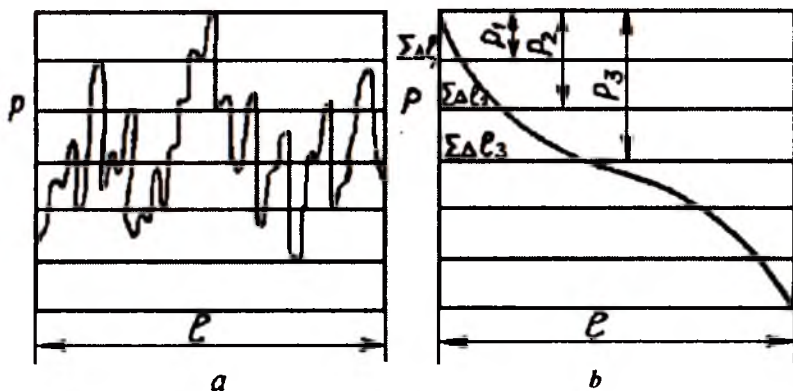
Tayanch egri chiziqni boshlang'ich (eng baland cho'qqidan o'rta chiziqqacha bo'lgan) qismini nisbiy miqdorlarda quyidagicha funksiya ko'rinishida approksimatsiyalash mumkin.

$$t_p = b \cdot \left( \frac{a}{R_{\max}} \right)^V \quad (1.15)$$

bu yerda,  $l_b$  – profilning nisbiy tayanch uzunligi;  $a$  – yaqinlashish;  $R_{\max}$  – profil kattaligining maksimal balandligi;  $b$  va  $V$  – tayanch egri chiziq parametrlari:

$$b = t_m \left( \frac{R_{\max}}{R_p} \right)^V, \quad V = 2t_m \frac{R_p}{R_a - 1} \quad (1.16)$$

bu yerda,  $t_m$  – profilning o'rtacha chiziq bo'yicha nisbiy tayanch uzunligi;  $R_p$  – o'rtacha chiziqdan eng baland chiziq cho'qqisigacha bo'lgan masofa taxminiy hisoblarda  $R_p = R_{\max}/2$  olish mumkin.



1.3-rasm. Profil egriligi va tayanch yuza egri chizig'i.

Ikkita g'adir-budir tutash yuzalar uchun va parametrlarning qiymatlari:

$$v = v_1 + v_2, \quad b = K_1 b_1 b_2 (R_{\max 1} + R_{\max 2}) \frac{v_1 + v_2}{R_{\max 1}^{v_1} R_{\max 2}^{v_2}} \quad (1.17)$$

$$K_2 = \frac{r(v_1 + 1)r(v_2 + 1)}{r(v_1 + v_2 + 1)} \quad (1.18)$$

1-misol. Tekshirilayotgan sirtning turli uchastkalaridan olingan profilogrammalarining parametrlari quyidagi qiymatlarga ega. O'rtacha chiziq bo'yicha nisbiy tayanch uzunlik:

$t_{mi} = 0,5; 0,52; 0,54; 0,53; 0,53$ . Profillarning o'rtacha arifmetik chetga chiqishi:  $R_{ai} = 1,4; 1,3; 1,42; 1,35; 1,36$ . Cho'qqilar chizig'idan o'rta chiziqqacha bo'lgan masofa  $R_{pi} = 3,2; 3,3; 3,4; 3,5; 3,4$ . Cho'qqilar chizig'idan chuqurliklar chizig'igacha bo'lgan masofa:  $R_{max} = 6,5; 6,7; 6,9; 6,8; 6,5$ .

Profiling tayanch chizig'i parametrlarini aniqlash talab etiladi.

1. O'rta chiziqlar bo'yicha nisbiy tayanch uzunligining o'rtacha qiymati:

$$t_m = \frac{1}{5} \sum_1^5 t_{mi} = \frac{0,5 + 0,52 + 0,54 + 0,53 + 0,53}{5} = 0,524$$

2. O'rtacha arifmetik chetga chiqishlarining o'rtacha qiymati:

$$R_a = \frac{1}{5} \sum_1^5 R_{ai} = \frac{1,4 + 1,3 + 1,42 + 1,35 + 1,36}{5} = 1,366 \text{ MKM}$$

3. Cho'qqilar chizig'idan o'rta chiziqqacha bo'lgan masofalarning o'rtacha qiymati:

$$R_p = \frac{1}{5} \sum_1^5 R_{pi} = \frac{3,2 + 3,3 + 3,4 + 3,5 + 3,4}{5} = 1,36 \text{ MKM}$$

4. Cho'qqilar va chuqurliklar chiziqlari orasidagi masofaning o'rtacha qiymati:

$$R_{max} = \frac{1}{5} \sum_1^5 R_{max} = \frac{6,5 + 6,7 + 6,9 + 6,8 + 6,5}{5} = 6,68 \text{ MKM}$$

5. Tayanch chiziq parametrlari:

$$v = 2t_m \frac{R_p}{R_a} - 1 = 2 \cdot 0,524 \cdot \frac{3,36}{1,366} - 1 = 1,578.$$

**2-misol.** Sirt profiling ko'ndalang profilogrammasi.

$K_{KF} = 400$ ,  $K_{BF} = 1000$ , bo'ylama profilogrammasi  $K_{FB} = 1000$ ,  $K_{B\phi} = 4000$ , marta kattalashtirib olingan. Ko'ndalang profilogramma parametrlari:  $R_{maxk} = 40$  mm;  $h_k = 2,5$  mm;  $d_{ki} = 6; 7; 8; 10,5; 8,5$  mm.ga, bo'ylama profilogramma parametrlari  $R_{max\phi} = 40$  mm;  $h_{\phi} = 2,5$  mm;  $d_{\phi i} = 55; 58; 66; 60; 75$  mm.ga teng. Sirt profiling chiqiqlari cho'qqilarining egrilik radiusi hisoblansin.

1. Ko'ndalang va bo'ylama profilogrammalar bo'yicha kesimlar enining o'rtacha qiymati kvadrati:

$$d_k^2 = \frac{1}{5} \sum_1^5 d_{k_i}^2 = \frac{6^2 + 7^2 + 8^2 + 10,5^2 + 8,5^2}{5} = 66,3 \text{ m}^2.$$

$$d_{\delta}^2 = \frac{1}{5} \sum_1^5 d_{\delta_i}^2 = \frac{55^2 + 58^2 + 66^2 + 60^2 + 75^2}{5} = 3994 \text{ mm}^2.$$

2. Ko'ndalang va bo'ylama profilogrammalar bo'yicha chiqiqlar cho'qqisining egrilik radiuslari:

$$r_k = \frac{K_{kk}}{K_{2k}^2} \cdot \frac{d_k^2}{8_{kk}} = \frac{1000}{400^2} \cdot \frac{66,3}{8 \cdot 2,5} = 0,02 \text{ mm} = 20 \text{ mkm}$$

$$r_{\delta} = \frac{K_{\delta\delta}}{K_{2\delta}^2} \cdot \frac{d_{\delta}^2}{8_{\delta\delta}} = \frac{4000}{1000^2} \cdot \frac{3994}{8 \cdot 2,5} = 0,798 \text{ mm} = 798 \text{ mkm}$$

Profil chiqiqlari cho'qqilarining keltirilgan egrilik radiusi.

## 1-LABORATORIYA ISHI

Detal yuzasi profilogrammasini olish va g'adir-budirlik parametrlarini aniqlash.

1. Ishdan maqsad: profilograf – profilometr tuzilishi va ishlashi bilan tanishish hamda uning yordamida yuza g'adir-budirliklarini o'lchashni o'rganish.

2. Kerakli asbob va jihozlar:

2.1. 201 modeli profilograf – profilometr.

2.2. Yuza g'adir-budirlikni o'lchash uchun detallar.

a) toza tokarlik ishlov berilgan valik.

b) toza frezerlik ishlov berilgan tekis detal.

3. Umumiy tushunchalar.

Profilografiya – profilometriya asosan po'lat, cho'yan, rangli metallardan tayyorlangan detallarni va quyma xomashyolarning yuzalari g'adir-budirlikni va to'liqsimon yuzalarni profilini o'lchash va yozish uchun hamda nometall detallarning g'adir-budirliklarini ularning yuzalariga zarar yetkazmasdan aniqlash uchun xizmat qiladi.

Yuza g'adir-budirlikni aniqlash mutlaq metod yordamida quyidagicha olib boriladi:

– 80 mkm balandlikkacha bo'lgan mikronotekisliklarni elektrotermik qog'ozda kattalashtirgan masshtabda yozish;

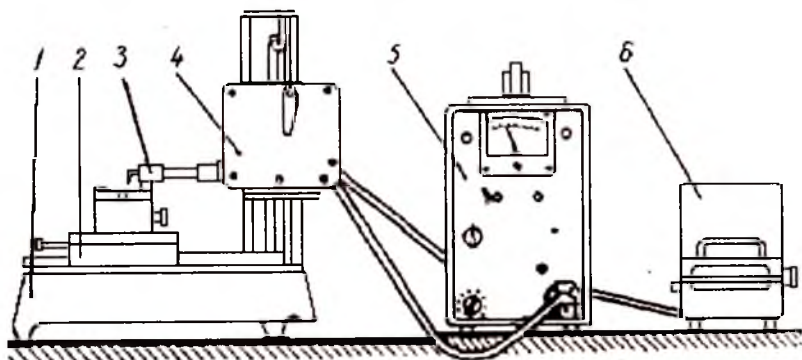


– 0,02 mkm dan 5 mkm gacha bo'lgan parametrlarni milliy (strelkali) asbob yordamida aniqlash (profilning o'рта arifmetik chetlanishi bo'yicha).

3.1. Asbob asosan tekis, silindrik va boshqa tashqi va ichki yuzalarini g'adir-budiriligini aniqlab beradi, faqat ularning o'lchanuvchi yuzalar to'g'ri chiziqni tashkil etishi kerak.

Asbobni ishlash prinsipi asosan shundan iboratki, unda kichik radius bilan o'lchangan olmos igna o'lchanuvchi yuza bo'ylab harakatida mikronotekisliklari paypaslab o'tadi va ularning past-balandliklariga mos ravishda harakat yo'nalishiga tik yo'nalishda tebranadi. Ignaning tebraishlari asbobdagi mos qurilma yordamida o'zgarvchan elektr kuchlanishini hosil qiladi va bu kuchlanishning o'zgarishiga qarab g'adir-budirlik ko'rsatkichlari aniqlanadi.

Asbob alohida tayyorlangan quyidagi buloklardan iborat (1.4-rasm).



1.4-rasm. Profilograf – profilometrli qurilmaning umumiy ko'rinishi. 9 harakatlanuvchi ustun. 1. harakatlanuvchi universal stol; 2– universal dastgoh; 3 – datchik; 4 – motouzatma; 5 – ko'rsatuvchi asboblilik elektron blok; 6 – yozuvchi asbob.

4. Jihozni profilograf sifatida ishlatish. Yozuvchi asbob bilan ishlash quyidagi ketma-ketlikda olib boriladi:

4.1. Motouzatmaga datchik mahkamlanadi, buning uchun datchik motouzatma schyotchikka shunday o'rnatilishi kerakki, datchik

quticha o'rnatilgan shtif motouzatma shtogi paziga kirishi kerak, keyin datchik vint 7 bilan shtokka mahkamlanadi.

4.2. Asbobni 20 min davomida qizdiriladi.

4.3. Moslamaga detal o'rnatiladi.

4.4. O'lchovchi ignani tekshirilayotgan yuza bilan to'qnashtirish ustun datchik bilan motouzatmani vertikal o'q bo'ylab tushirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Buning uchun maxovik 8 bo'shatiladi stoyka 9 bo'ylab motouzatma tushiriladi, maxovik 10 ni aylantirib datchik o'lchash yuzasiga to'g'rilanadi. Aniq o'lchash uchun datchik maxovik 11 yordamida aylantiriladi.

10, 11 maxoviklarni burab nazorat strekasi 11 pastki burchak ichiga keltiriladi, tumbler 13 «Вход усилителя» holatida bo'ladi. Vaqtida cho'zuvchi qalam qog'ozni o'ng tomonida bo'lishi kerak.

4.5. Vertikal yo'nalishdagi kattalashtirish miqdori 1 dan 200 gacha qilib o'rnatilsin. Uning uchun 14 dan foydalaniladi.

4.6. O'chirib – yondirish qurilmasi 15 yordamida o'lchash harakati 0,2 yoki 1 mm min qilib o'rnatiladi.

4.7. Yozuvchi priborni maxovik 16 aylantirib qog'ozni harakat tezligini gorizontal yo'nalishi bo'yicha kattalashtirishga qarab topilsin (1-jadvalga qarang).

Datchikni tezligi mm/min	Qog'ozning tezligi					
	20	40	80	300	400	800
	Gorizontal yo'nalishda kattalashtirish					
0,2	1000	200	400	1000	2000	4000
1,0	20	40	80	200	400	800
10	2	4	8	20	40	80

4.8. Qayta ulagich (25)ni «EP» (записывающий прибор) yozuvchi asbob holatiga o'tkazilsin.

4.9. Dastak (17) yordamida yoyuvchi asbob perosini lenta o'rtasiga to'g'rilanadi.

4.10. Qayta ulagich (16)ni ishlatib, lentani harakatga keltiriladi.

4.11. Richag 19 ni o'ng tomonga, oxirigacha tortib, o'lchash datchigi ishchi holatga keltiriladi.

5. Priborni profilometr sifatida ishlatish.

5.1. Detalni moslamaga o'rnatish.

5.2. Qayta ulagich (14)dan foydalanib, kerakli o'lcham chegarasini 8 dan 0,08 mkm gacha o'rnatiladi.

5.3. Maxovik 20 ni «PP» (показывающий прибор) holatiga keltiriladi.

5.4. Dastak (20)ni chap tomonga (oxirigacha) surib datchikni boshlang'ich holatga keltiriladi. Bunda ko'rsatuvchi moslamani strelkasi shkalani «0» belgisi to'g'risiga tushishi kerak. Agarda strelka «0» ga to'g'ri kelmasa richag (2) yordamida to'g'rilanadi.

5.5. Maxovik (10)ni aylantirib datchikni tekshirilayotgan yuzaga shunday o'rnatish kerakki, unda nazorat moslamani (12) strelkasi to'g'ri burchak ostida bo'lishi kerak. O'lchash paytida strelka shu uchastkadan chiqib ketmasligi kerak. Bu holatda qayta ulagich «вход усилителя» holatida turishi kerak.

5.6. Motouzatma qayta ulagich (15)ni aylantirib sterlkani «PP» holatiga keltiradi. Bunda «sabochkani» ishlab turishi (tirixlani) eshittilib turishi kerak va ko'rsatuvchi moslama uchun 0,7 mm/min tezlik avtomatik ravishda o'rnatiladi.

5.7. Qayta ulagich 23 ni tanlab olingan o'lchash uzunligiga mos holda o'rnatilsin 0,8 mm, 3,6 m yoki 6 mm.

*Eslatma:* tishlarning uzunligi qadamlarni hisobga olgan holda quyidagicha bo'ladi. 2,5–8 mm; 0,08 va 0,25 –1,6 mm.

Tekshirish uzunligi tanlash dasturining holati motouzatma dastagi holati bilan bir xil bo'lishi kerak.

5.8. Qayta ulagich 25 ni holati «PP» keltiriladi.

5.9. Qayta ulagich 25 kerakli o'lchashni bazaviy uzunligiga 0,08; 0,15 yoki 2,5 mm qadamlarni hisobga olib o'rnatiladi.

5.10. Maxovik 6 ni burib ustundagi harakatlanuvchi motouzatmani holati qo'zg'almas etib ta'minlanadi.

5.11. Dastak 19 o'ng tomonga oxirigacha turib datchik harakatga keltiriladi.

*Eslatma:* Maxovik 27 yordamida datchik harakatini o'lchash yuzasiga paralleligi ta'minlanadi. Parallellik pribor 12 yordamida nazorat qilinadi.

Qabul qilingan vertikal yo'nalishdagi kattalashtirishga qarab shkala bo'yicha mikronotekislik miqdori aniqlansin.

Shkala bo'yicha ko'rsatkichlar 11 masshtabda 1, 2 va 4 ming marta 1:10 masshtabda 10, 20 va 40 ming marta 1:100 masshtabda esa 100 ming marta kattalashtirish uchun berilgan.

Sirtning tozalik sinfini aniqlash GOST 2789-73 bo'yicha olib boriladi, GOSTdan ko'chirma 1.4-jadvalda berilgan:

*1.4-jadval*

Sinf	O'qdir-budirliklarni parametrlari		Bazaviy uzunlik mkm
	Ra, mkm	Rz, mkm	
1	2	3	4
1	—	320 – 160	8,0
2	—	160 – 80	
3	—	80 – 40	
4	—	40 – 20	2,5
5	—	20 – 10	
6	2,5 – 2,0	—	
	2,0 – 1,6	—	
	1,6 – 1,25	—	
7	1,25 – 1,00	—	0,8
	1,00 – 0,80	—	
	0,80 – 0,63	—	
8	0,63 – 0,50	—	
	0,50 – 0,40	—	
	0,40 – 0,32	—	
9	0,32 – 0,25	—	
	0,25 – 0,20	—	
	0,20 – 0,16	—	
10	0,160 – 0,125	—	0,25
	0,125 – 0,100	—	
	0,100 – 0,080	—	
11	0,080 – 0,063	—	
	0,063 – 0,050	—	
	0,050 – 0,040	—	
12	0,040 – 0,032	—	
	0,032 – 0,025	—	
	0,025 – 0,020	—	

*jadvalning davomi*

1	2	3	4
13	—	0,100 – 0,080	0,08
	—	0,080 – 0,063	
	—	0,063 – 0,050	
14	—	0,050 – 0,040	
	—	0,040 – 0,032	
	—	0,032 – 0,025	

5.12. Ko'rsatuvchi asbobning strelkasi to'xtagandan so'ng hisob olinsin. O'lchashdan so'ng qayta ulagich 25 «ZAGR» holatiga keltiriladi va pribor o'chiriladi.

6. Ishni bajarish tartibi.

6.1. Pribor ishga tushiriladi va 20 min qizdirib turiladi.

6.2. Tekshirilayotgan detal moslamaga o'rnatilgan.

6.3. Qayta ulagich (14)ni burab vertikal kattalashtirish birligi aniqlanadi.

6.4. Dastak (26)ni burab qatlamlar kattaligini aniqlanadi.

6.5. Qayta ulagich 23 va 24 ni burab kerakli o'lchash uzunligi topiladi.

6.6. 15 va 16 qayta ulagichni «PP» holatga keltiriladi.

6.7. Datchikni tekshirayotgan detalga o'rnatiladi bunda pribor strelkasi (12)ni to'g'ri burchak chegaralarida turishi kerak.

6.8. Qayta ulagich 25 ni «PP» holatga keltiradi va datchikni dastak (18)ni burash orqali harakatga keltiriladi.

6.9. Moslama ko'rsatkichlari yozib olinadi va jadval 3 orqali detal yuzasini tozalik sinfi aniqlanadi.

6.10. Moslamani dastak (19)ni chap tomonga o'tazib o'chiriladi va qayta ulagich (25) «ZAGR» holatga keltiriladi.

#### **1.4. QATTIQ TUTASHISH PARAMETRLARI**

Sirt notekisligi tufayli detallar nominal yuza AN bo'yicha to'liq tutashmaydi. Amalda detallar to'liqin cho'qqilaridagi g'adir-budirliklar bilan tutashadi. Tegishib turgan to'liqin cho'qqilari yuzalarining yig'indisi kontur tutashuv yuzasi AK, ulardagi g'adir-budirliklarning

tutashgan yuzalarini yig'indisi haqiqiy tutashuv yuzasi AX, deb ataladi.

Tutashgan sirtlarning kontur yuzasi AK va haqiqiy tutashgan yuzasi AX miqdori nominal yuzadan juda oz bo'ladi:

$$A_K = (0,05 - 0,15)A_H$$

$$A_X = (0,0001 - 0,001)A_H$$

Ayrim g'adir-budirliklarning deformatsiyalanishi natijasida haqiqiy tutash yuza o'lchami 3–50 mkmga yetadi. Tutash sirtga tik yuklama (normal kuch) N ni yuzaga nisbati bosim deb ataladi. Nominal RN, kontur RK va haqiqiy R quyidagicha topiladi:

$$P_H = \frac{N}{A}, \quad P_K = \frac{N}{A_K}, \quad P = \frac{N}{A_X}$$

Haqiqiy tutashuv yuzasini kontur yuza bo'yicha hisoblash mumkin:

$$A_X = \frac{N}{P} = \frac{A_K P_K}{P}$$

Masalan, sirdagi to'liqlik notekislik elastik deformatsiyalanganda va  $R_{max} < 0,1$  Nt xol uchun kontur yuza va kontur bosim. Empirik usulida quyidagi hisoblab topiladi:

$$A_K = 2,2 A_H^{0,14} \left( \frac{R_T}{H_T} \right)^{0,43} (\theta N)^{0,86} \quad (1.20)$$

$$P_K = 0,45 \left( \frac{H_T}{R_T} \theta^2 \right)^{0,43} P_a^{0,14} \quad (1.21)$$

bu yerda, NT, RT – tutashayotan to'liqlik notekislikning balandligi va egrilik radiusi.

Deformatsiyalanayotgan ikki sirtning keltirilgan elastiklik doimiysi:

$$\theta = \theta_1 + \theta_2 = \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \quad (1.22)$$

$\mu_1$  va  $\mu_2$  – deformatsiyalanayotgan tutash detallarning materiallari uchun Puasson koeffitsiyenti.

$Ye_1$  va  $Ye_2$  – deformatsiyalanayotgan tutash detallar materiallarning elastik modullari.

G'adir-budirlik ikki sirt cho'qqilari elastik deformatsiyalangan hol uchun haqiqiy bosim

$$P_x = 0,61 \left( \frac{R_a}{r\theta^2} \right)^{0,43} P_K^{0,14} \quad (1.23)$$

Plastik deformatsiyalangan hol uchun haqiqiy bosim

$$P_x = P_K - 0,4 \sqrt[3]{\frac{H^3}{P_K}} \quad (1.24)$$

bu yerda,  $N$  – tutash detallardan yuzasini yumshoqrog'ining mikroqattiqligi. Agarda  $P_K \leq \frac{1}{3}HB$  bo'lsa  $R_x=N$  olinadi.

Plastik deformatsiyalangan sirt qaytadan yuklanganda g'adir-budirlik ikki sirt orasidagi haqiqiy bosim.

$$P_x \approx H \left( \frac{N}{N_0} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (1.25)$$

bu yerda,  $N_0$  – birinchi yuklanishdagi normal yuklama.

Yuklanish natijasida g'adir-budirliklarning sirlarga botishi hamda to'liqlik notekisliklarning plastik va elastik deformatsiyalanishi oqibatida yuzalar h masofaga yaqinlashadi:

$$h = h_z + h_T \quad (1.26)$$

$h$  – yuzalarning yaqinlashishining umumiy qiymati;  $h_z$  – g'adir-budirliklarning botishi va deformatsiyalanish natijasidagi yaqinlashish;  $h_T$  – to'liqlik notekisliklarning deformatsiyalanishi natijasidagi yaqinlashish.

G'adir-budirlik ikki sirt tutashganda.

Faqat g'adir-budirlik cho'qqilar deformatsiyalanishi natijasidagi yaqinlashish.

$$h = 3,4 R_a \left( \frac{P_K}{P_x} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (1.27)$$

G'adir-budirli sirt silliq sirt bilan tutashgan hol uchun

$$h \approx 4,4 R_a \left( \frac{P_K}{P_X} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1.27a)$$

to'liqin deformatsiyalanishi natijasidagi yaqinlashish.

To'liqinli ikki sirt tutashganda

Faqat g'adir-budirli cho'qqilar deformatsiyalanishi natijasidagi yaqinlashish:

$$h_T = 1,8 H_T^{0,85} R_T^{0,15} \theta^{0,3} P_a^{0,3} \quad (1.27b)$$

To'liqinli sirt silliq sirt bilan tutashgan hol uchun

$$h_T = 3,83 H_T^{0,8} R_T^{0,2} (\theta P_X)^{0,4} \quad (1.28)$$

Tutash sirtlar oralig'idagi bo'shliq hajmi va tirqishlarning o'rtacha eni tutashishni germetikligini va issiqbardoshligini belgilovchi parametrlar hisoblanadi. Bu hajm tutash sirtlarning tayanch chizig'i shakliga va normal yuk ostida sirtlarning yaqinlashish darajasiga bog'liq. Tutash sirtlar to'liqinli notekisliklardan iborat bo'lsa, bo'shliq hajmi asosan to'liqinlarning shakli va deformatsiyalanish darajasiga bog'liq bo'ladi. G'adir-budir sirtlar tutashgandagi bo'shliq hajmi  $V_b$  va tirqishlarning o'rtacha eni  $h_M$

$$V_6 = \left[ 1 - 3,3 \left( \frac{P_K}{P_X} \right)^{1/3} \right] (R_{p1} + R_{p2}) A_k; \quad h_M = \frac{V_6}{A_K} \quad (1.29)$$

G'adir-budirli silliq sirt bilan tutashgan holda

$$V_6 = \left[ 1 - 3,6 \left( \frac{P_K}{P_X} \right)^{1/2} \right] A_k \cdot R_p; \quad h_M = \frac{V_6}{A_K} \quad (1.30)$$

To'liqinli va g'adir-budirli sirtlar tutashgan holda

$$V_6 = \left( \frac{H_{T1}}{2} + \frac{H_{T2}}{2} + R_{p1} + R_{p2} - h \right) A_k; \quad H_M = \frac{V_6}{A_K} \quad (1.31)$$

Tutash sirtlarning tegishgan joyida sirtlar o'zaro ta'sirlashishi oqibatida ishqalanish va yeyilish sodir bo'ladi.



Tegishgan joy yuzasining kattaligi yeyiluvchan zarra o'Ichami, ta'sirlashish vaqti va ishqalanishda hosil bo'ladigan issiqlik miqdoriga ta'sir etadi. Tegishgan joylar oralig'i ularning ta'sirlashish chastotasini belgilaydi.

G'adir-budirli sirtlar tutashganda ularning tegishgan joylari soni

$$n_T = 3,1 \frac{A_K}{K_r r R_a} \left( \frac{P_K}{P_X} \right)^{0,66} \quad (1.32)$$

Cho'qqilarning tutash holatini inobatga oluvchi koeffitsiyent elastik tutashishda  $K_r = 11$ , plastik tutashishda  $K_r = 21$  ga teng.

Bitta tutashish tegishgan yuzasining o'rtacha qiymati

$$\Delta A_r = 0,33 K_r \cdot r \cdot R_a \left( \frac{P_K}{P_X} \right)^{0,33} \quad (1.33)$$

Tutashgan joylar orasidagi o'rtacha masofa

$$S = 0,57 (K_r \cdot r \cdot R_a)^{0,5} \left( \frac{P_X}{P_K} \right)^{0,33} \quad (1.34)$$

Agarda tutash sirtlardan bittasi silliq bo'lsa, yuqoridagi formulalar oldidagi 3,1; 0,33 va 0,57 sonlar o'rniga mos tarzda 2; 0,5 va 0,7 sonlarni qo'yish kerak. Shuningdek, qavs daraja ko'rsatkichlari 0,66 va 0,33 o'rniga 0,5 ga teng bo'ladi.

To'lqinlarning tutash yuzalari o'Ichami yeyiluvchan zarra kattaligi, birlik tutashishdagi ishqalanish vaqtiga va hosil bo'layotgan issiqlik miqdoriga ta'sir ko'rsatadi. Tutashgan to'lqin yuzalari orasidagi o'rtacha masofa  $S$  – o'zaro tutashish chastotasiga ta'sir qiladi. Shuni unutmashlik kerakki haqiqiy bosim qiymati juda katta bo'ladi va chiqiqlarning plastik deformatsiyalanishiga sabab bo'ladi. Ba'zan tutash zonada issiqlik ta'sirida plastik oqish ro'y berishi va sirt xossalari o'zgarib ketishi mumkin.

*3-misol.* Bir xil po'lat materialli detallarning tutash sirtlarining quyidagi ko'rsatkichlari berilgan:  $R_{f1}=R_{f2}=0,1$  mkm;  $r_k = 150$  mkm;  $r_b=750$  mkm;  $E_e=2 \cdot 10^5$  N<sub>mm</sub><sup>2</sup>; -0,3;  $R_k=20$  N/mm<sup>2</sup> 1 berilganlardan ko'rinadiki ikkala sirt ham g'adir-budirli ekan.

Detallarning tutash sirtlaridagi haqiqiy bosim aniqlansin. Profil-dagi mikrochiqirlar cho'qqilarining keltirilgan egrilik radiusi:

$$r = \frac{r_n \cdot r_0}{r_k \cdot r_6} = \frac{150 \cdot 750}{150 \cdot 750} = 125 \text{MKM}$$

1. Profilning umumiy o'rtacha arifmetik chetga chiqishi

$$R_a = R_{a1} + R_{a2} = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{MKM}$$

2. Sirtlarning keltirilgan elastiklik doimiyliigi

$$\theta = \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} = \frac{2(1 - \mu^2)}{E} = \frac{2(1 - 0,3^2)}{2 \cdot 10^5} = 9,1 \cdot 10^{-6} \text{MM}^2 / H$$

3. Tutash sirtlaridagi haqiqiy bosim

$$P_s = 0,61 \left( \frac{R_0}{r \cdot \theta^2} \right)^{0,43} \cdot P_k^{0,14} = 0,61 \left( \frac{0,2}{125(9,1 \cdot 10^{-5})^2} \right)^{0,43} \cdot 20^{0,14} = 3440 \text{H} / \text{MM}^2$$

**4-misol.** Ikki po'lat sirtlarning kontur tutash yuzasining quyidagi ko'rsatkichlari ma'lum:

$$R_{a1} = R_{a2} = 1,5 \text{MKM}; \quad H_{T1} = 10 \text{MKM}; \quad H_{T2} = 20 \text{MKM};$$

$$R_{T1} = 100 \text{MM}; \quad R_{T2} = 150 \text{MM};$$

$$E_1 = E_2 = 2 \cdot 10^5 \text{H} / \text{MM}^2; \quad A_H = 2500 \text{MM}^2;$$

$$\mu_1 = \mu_2 = 0,3; \quad H_1 = H_2 = 1000 \text{H} / \text{MM}^2;$$

$$P_H = 10 \text{H} / \text{MM}^2.$$

$$P_H = 10 \text{H} / \text{MM}^2.$$

Sirtlarning kontur tutash yuzasi hisoblansin.

1. Deformatsiyalanayotgan sirtlarning keltirilgan elastiklik doimiyisi:

$$\theta = \frac{2(1 - \mu^2)}{E} = \frac{2(1 - 0,3^2)}{2 \cdot 10^5} = 9,1 \cdot 10^{-6} \text{MM}^2 / H$$

U holda  $\frac{1}{\theta H} = \frac{10^6}{9,1 \cdot 1000} \approx 110$

2. To'liqlarning keltirilgan egrilik radiusi

$$R_T = \frac{R_{T1} \cdot R_{T2}}{R_{T1} + R_{T2}} = \frac{100 \cdot 150}{100 + 150} = 60 \text{MM}$$

3. Tutash sirtagi normal yuklama

$$N = P_H \cdot A_H = 10 \cdot 2500 = 25000 \quad H$$

4. Sirtlarning kontur tutash yuzasi

$$A_K = 2,2 A_H^{0,14} \left( \frac{R_T}{H_T} \right)^{0,43} (\theta N)^{0,86} = 2,2 \cdot 2500^{0,14} \left( \frac{60}{30} \right)^{0,43} (9,1 \cdot 10^{-6} \cdot 25000)^{0,86} = 248 \text{mm}^2.$$

**5-misol.** Bir hil po'lat materialli ikki tutash sirtlarning quyidagi ko'rsatkichlari ma'lum:

$$R_{z1} = R_{z2} = 0,3 \text{mkm}; \quad r = 300 \text{mkm}; \quad E = 2 \cdot 10^5 \text{H/mm}^2; \quad \mu = 0,3.$$

Sirtlarning bosim ostida qanchalik yaqinlashishi aniqlansin.

1. Sirtlarning notekisliklari balandliklarining umumiy qiymati:

$$R_z = R_{z1} + R_{z2} = 0,3 + 0,3 = 0,6 \text{mkm}$$

2. Chiqiqlar cho'qqilarining keltirilgan egrilik radiusi:

$$r = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2} = \frac{300 \cdot 300}{300 + 300} = 150 \text{mkm}$$

3. Sirtlarning keltirilgan elastiklik doimiysi:

$$\theta = \frac{2(1-\mu^2)}{E_1} + \frac{2(1-0,3)}{2 \cdot 10^5} = 9,1 \cdot 10^{-6} \text{mm}^2 / \text{H}$$

4.  $R_a = 0,2$ ,  $R_z = 0,2 \cdot 0,6 = 0,12$  mkm deb qabul qilib sirtagi haqiqiy bosimni aniqlaymiz:

$$P_x = 0,61 \left( \frac{R_a}{r \cdot \theta^2} \right)^{0,43} \cdot P_k^{0,14} = 0,61 \left( \frac{0,12 \cdot 10^{12}}{150 \cdot 9,1^2} \right)^{0,43} \cdot 10^{0,14} \approx 84,8 \text{H/mm}^2$$

5. G'adir-budirli sirtlarning yaqinlashish kattaligi:

$$h \approx 3,4 Ra \left( \frac{P_x}{P} \right)^{\frac{1}{3}} = 3,4 \cdot 0,12 \left( \frac{10}{84,8} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,20 \text{mkm}$$

**6-misol.** Miss materialli ikkita yassi sirtlarning quyidagi ko'rsatkichlari ma'lum:

$$R_{a1} = 6 \text{mkm}; \quad R_{a2} = 0,3 \text{mkm}; \quad HB_1 = HB_2 = 700 \text{H/mm}^2;$$

$$A_H = 100 \text{mm}^2; \quad N = 1000 \text{H}.$$

Sirtlarning tutashish oralig'idagi bo'shliq hajmi aniqlansin.

1. Birinchi sirt g'adir-budirliigi  $R_a$  ikkinchi sirt g'adir-budirliigi ancha katta bo'lganligi  $R_{a1}/R_{a2}=6/0,3=20$  uchun ikkinchi sirtni silliq deb qabul qilinganligi sababli haqiqiy bosim material qattiqligiga teng deb olinadi:

$$P_x = H = HB = 700H / \text{MM}^2$$

2. Sirtida to'liqlinligi notekisliklar yo'qligi uchun kontur yuza normal yuzaga teng bo'ladi:

$$A_K = A_H - 100\text{MM}^2$$

3. Tutash sirtidagi kontur bosim:

$$P_K = \frac{N}{A_K} = \frac{1000}{100} = 10H / \text{MM}^2$$

4.  $R_p=2,5R_a^{0,62}, 2,5R_{a1}=2,6 \cdot 6=15 \text{ mkm}=0,015 \text{ mm}$  ekanligini e'tiborga olib sirtlarning tutashish oralig'idagi bo'shliq hajmini aniqlaymiz:

$$V_G = \left[ 1 - 3,6 \left( \frac{P_K}{P_x} \right)^{\frac{1}{2}} \right] A_K \cdot R_p = \left[ 1 - 3,6 \left( \frac{10}{700} \right)^{\frac{1}{2}} \right] 100 \cdot 0,015 = 0,855\text{MM}^3$$

*7-misol.* Bir xil po'lat materialli sirtlarning quyidagi ko'rsatkichlari ma'lum:  $R_a=10 \text{ mkm}$ ;  $r=100 \text{ mkm}$ ;  $A_K=200 \text{ mm}^2$ ;  $N=2000 \text{ H}$ ;  $NV=3000 \text{ N/mm}^2$ . Tutash sirtlardagi tegishgan joylar soni va bu joylarning o'rtacha yuzasini aniqlang.

1. Kontur bosim:

$$P_K = \frac{N}{A_K} = \frac{2000}{200} = 10H / \text{MM}^2$$

Kontur bosim qiymati  $P_K \leq \frac{1}{3}HB$  bo'lsa haqiqiy bosim qiymati

$P_x = HB$  olinadi. Bu holda

$$\frac{1}{3}HB = \frac{1}{3}3000 = 1000 \gg 10$$

Demak, tutashishda plastik deformatsiya sodir bo'lib haqiqiy bosim  $P_x = HB = 3000H / \text{mm}^2$  ga teng.

2. G'adir-budirlik ikki sirt tutashib plastik deformatsiyalangan hol uchun tegishgan joylar soni:

$$n_T = \frac{3,1 \cdot A_K}{K_r \cdot r \cdot R_a} \left( \frac{P_K}{P_x} \right)^{0,66} = \frac{3,1 \cdot 200}{21 \cdot 100 \cdot 10} \left( \frac{10}{300} \right)^{0,66} = 684$$

3. Tegishli joylar yuzasining o'rtacha qiymati:

$$AA_K = 0,33 K_r \cdot r R_a \left( \frac{P_K}{P_x} \right)^{0,33} = 0,33 \cdot 21 \cdot 0,1 \cdot 0,01 \left( \frac{10}{3000} \right)^{0,33} = 0,001055 \text{mm}^2 = 1055 \text{mkm}^2$$

4. Tutashgan joylar orasidagi o'rtacha masofa:

$$S = 0,57 (K_r \cdot r \cdot R_a)^{0,5} \left( \frac{P_x}{P_K} \right)^{0,33} = 0,57 \cdot (21 \cdot 0,1 \cdot 0,01)^{0,5} \left( \frac{3000}{10} \right)^{0,33} = 41,55 \text{mkm}$$

5. Tegishgan joyning o'rtacha diametric:

$$d = \sqrt{\Delta A} = \sqrt{1055} = 32,48 \text{mkm}.$$

## 1.5. TASHQI ISHQALANISH KOEFFITSIYENTI VA UNGA TA'SIR ETUVCHI OMILLAR

Tashqi ishqalanishda qattiq jismlarning o'zaro ta'siri amaliy tutashish zonasidagi deformatsiyalar turi (elastik, elastoplastik, plastik)ga va tutashishning to'yinganligiga bog'liq. Tutashishning to'yinganligi kontur bosim, ishqalanish sirtlarining fizik-mexanik xususiyatlari va mikrogeometriyasiga bog'liq bo'ladi.

Elastik tutashishning mavjud bo'lish sharti

$$h/r < 2,4(1 - \mu^2)^2 (HB/E)^2 \quad (1.35)$$

bu yerda,  $h$  – tutash sirtlarni yaqinlashishi;  $r$  – cho'qqilarning keltirilgan egrilik radiusi;  $NV, Ye$  – bikrligi kam bo'lgan material ko'rsatkichlari.

Agarda kontur yuzada tutashgan g'adir-budirliklar soni  $n_r$  shu yuzadagi barcha g'adir-budirliklar sonidan kam, ya'ni  $n_r < n_c$  bo'lsa tutashish to'yingan, agar teng bo'lsa ( $n_r = n_c$ ) to'yingan bo'ladi.

To'yinmagan elastik tutashish sharti:

$$\Pi_K / \Pi_K = 6 \cdot 10^{-3} \left( \frac{R_{\max}}{r \epsilon^v} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{E}{1 - \mu^2} \quad (1.36)$$

To'yinmagan elastik tutashishda tinch holatdagi ishqalanish koefitsiyenti:

$$f = 2,4\tau_0(1 - \mu^2)(r/h)^{\frac{1}{2}} / (v(v-1)K_1E) + \beta + a_2(h/r)^{\frac{1}{2}} / K_1v(v^2 - 1) \quad (1.37)$$

To'yingan elastik tutashishda tinch holatdagi ishqalanish koefitsiyenti:

$$f = 2,4\tau_0(1 - \mu^2)v^{\frac{1}{2}}(r/Rm)^{\frac{1}{2}} E(\epsilon v - (v-1)E_h)^{\frac{1}{2}} + \beta + 0,5a_r(R_{\max}/r)^{\frac{1}{2}} \cdot [v^e(v-1)\epsilon h]^{\frac{1}{2}} / v^{\frac{1}{2}} \quad (1.38)$$

Plastik tutashish sharti:

$$h/r > 5,4(1 - \mu^2)^2 (HB/E)^2 \quad (1.39)$$

To'yinmagan plastik tutashish yuz beradigan kontur bosim quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$14,5 \left( \frac{r \epsilon^{1v}}{R_{\max}} \right)^2 \left( \frac{HB(1 - \mu^2)}{E} \right)^4 \leq \frac{Pk}{HB} \leq \frac{0,5}{(v \epsilon^v)^{v-1}} \quad (1.40)$$

To'yinmagan plastik tutashishda ishqalanish koefitsiyenti:

$$f = \tau_0 / HB + \beta + 0,55v(v-1)K_1(h/r)^{\frac{1}{2}} \quad (1.41)$$

To'yingan plastik tutashishda ishqalanish koefitsiyenti:

$$f = \tau_0 / HB + \beta + 0,54(h/r)^{\frac{1}{2}} [v - (v-1)hH/h]^{\frac{1}{2}} / v^{\frac{1}{2}} \quad (1.42)$$

bunda  $h_H$  – to‘yinmagan tutashishdan to‘yingan tutashishga o‘tish holatiga to‘g‘ri kelgan sirtlar yaqinlashishi;  $\tau_0, \beta$  – minimolekular ta’sirlardagi urinma kuchlanish miqdorini aniqlovchi friksion parametrlar;  $a_2$  – sirdagi cho‘zilish-siqilish deformatsiyasidagi gisterezis yo‘qotishlar;  $v, \nu$  – tayanch yuza parametrlari  $K_1$  – integrallash doimiysi – nisbiy yaqinlashish;  $\varepsilon = h_{\max} / R_{\max}$   $\varepsilon_H = (bv)^{1-1/\nu}$  – barcha notekisliklar tutashgan vaqtdagi yaqinlashish.

Plastik to‘yinmagan tutashish tig‘iz o‘rnatmalarda, og‘ir yuklamali ishqalanish qismlarida sodir bo‘ladi.

Ko‘pchilik ishlov turlari uchun  $0,55(v-1)vk_1=0,4$  ligini inobatga olsak (3,6) formulani soddalashtirish mumkin:

$$f = \frac{\tau_0}{HB} + \beta + 0,4 \left( \frac{h}{r} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1.43)$$

Bu ko‘rsatkichlarning qiymatlari ma’lumotnomalardan foydalanib aniqlanadi.

## 1.6. ISHQALANISH KOEFFITSIYENTIGA TA’SIR ETUVCHI OMILLAR

Ishqalanish koeffitsiyenti juda ko‘p omillarga bog‘liq. O‘z navbatida bu omillarga ham ishqalanish koeffitsiyentlarining o‘zgarishi ta’sir etadi. Shuning uchun omillar ta’sirini to‘plangan tajribalar va o‘tkazilgan tadqiqotlar natijalari asosida baholanadi.

Tutash yuzadagi normal yuklama va harorat, sirt notekisligi va fizik-mexanik xususiyati ishqalanish koeffitsiyentiga ta’sir qiluvchi asosiy omillardir. Tutash yuzada normal yuklama va (kontur bosim) ortgan sari ishqalanish koeffitsiyenti molekular tashkil etuvchisi kamayib, deformatsion (mexanik) tashkil etuvchisi ortib boradi.

Dastlab kontur bosim  $R_s$  ortishi tutash yuzalar silliqlashgani uchun ishqalanish koeffitsiyenti kamayadi. Lekin  $R_s$  ma’lum qiymatga yetishgandan so‘ng mikronotekisliklarning yuzalarga botib kirishi kuchayib nisbiy siljishga mexanik qarshilik ortadi va ishqalanish koeffitsiyenti ko‘paya boshlaydi. Kontur bosim yanada ortib plastik deformatsiya boshlang‘ich yuzalarning molekular ilashishi va

deformatsiyalanishdagi gisterezis yo'qotishlar ortadi. Sirtning g'adir-budirlik darajasini belgilovchi  $\Delta = R \max / (r\epsilon^2)^{\frac{1}{2}}$  ko'rsatkichining kichik qiymatlarida molekular ilashish katta bo'ladi.  $\Delta$  kattalashgan sari molekular ilashish ozayib ishqalanish koeffitsiyenti kamayadi. Ammo  $\Delta$  ma'lum qiymatga yetganda notekisliklarning sirtga botib kirishi va gisterezis yo'qotishlar natijasida ishqalanish koeffitsiyenti orta boshlaydi.

Ishqalanish koeffitsiyenti kattaligiga tutash sirtlarning, ayniqsa bikrligi kichik bo'lgan materialning fizik-mexanik xususiyatlari katta ta'sir ko'rsatadi. Elastik tutashishda elastiklik moduli  $E_{\text{plastik}}$  tutashishda esa qattiqlik  $N_{\text{Vo}}$  asosiy omil hisoblanadi. Bikrligi kam bo'lgan materialning elastiklik moduli va qattiqligi ortishi bilan ishqalanish koeffitsiyenti kamaya boradi. Buni elastiklik oshganda gisterezis yo'qotishlar ozayishi (deformatsiya miqdori o'zgarmagan holda) hamda sirt qattiqligi oshganda notekisliklarning botish chuqurligi kamayishi bilan izohlash mumkin.

Ishqalanish koeffitsiyentiga sirdagi haroratning qanday ta'sir qilishi to'liq o'rganilgan emas. Ammo harorat oshganda molekular ilashish kamayib, deformatsion qarshilik ortadi degan fikr mavjud.

Yuqoridagi xulosalar tinch holatdagi ishqalanishga taalluqli bo'lib, harakatdagi tutashish uchun ishqalanish kuchini I.V.Kragelskiy taklif etgan formula yordamida aniqlash mumkin:

$$F = (a + bV)e^{-cv} + d \quad (1.44)$$

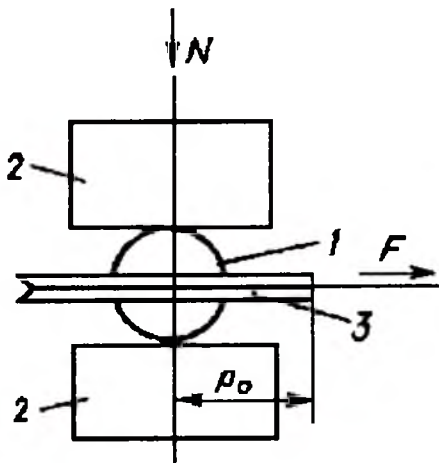
bunda,  $a, b, c, d$  — koeffitsiyentlar  $v$  — sirpanish tezligi.

Ishqalanish koeffitsiyentining mexanik tashkil etuvchisini bikrligi kam bo'lgan tutash detalning mexanik ko'rsatkichlari, bikrligi katta bo'lgan detal sirtining mikrogeometrik ko'rsatkichlari va ishqalanish qismidagi kontur bosim kattaligi bo'yicha yuqorida keltirilgan formulalar yordamida hisoblash mumkin.

Ishqalanish koeffitsiyentining molekular tashkil etuvchisi tajriba o'tkazib aniqlanadi. Buning uchun ishqalanish kuchining mexanik tashkil etuvchisi kam ta'sir etadigan usul qo'llaniladi. Bu usulda to'g'ri geometrik shakldagi soqqa 1 ikkita o'zaro parallel tekis namu-



nalar S orasida N kuchi ostida siqilib simmetriya o'qi atrofida aylantiriladi (1.5-rasm). Soqqalar ishqalanuvchi namuna Z materiallariga nisbatan qattiq materialdan tayyorlanadi va  $Ra=0,02$  mkm g'adir-budirlikkacha ishlov beriladi. Qulay bo'lishi uchun soqqa 1 tutqich 3 ga o'rnatildi. Soqqa aylanishida ko'rsatilgan qarshilik kuchi asosan sirtlar orasidagi molekular tortishish kuchidan iborat bo'ladi ( $F_{\max} 0$ ).



1.5-rasm. Tutashish zonasida atomlararo va molekulararo ta'sirlashdagi urinma kuchlanishlarni aniqlash chizmasi: 1—sharli indentor; 2—plastinalar; 3—tutqich.

Molekular ishqalanish kuchi bo'yicha molekular ishqalanish koeffitsiyenti aniqlanadi.

*1-masala.* Qattiqligi NV 250 bo'lgan konstruksion po'latdan yassi jilvirlash bilan  $Ra=0,22$  mkm g'adir-budirlikda tayyorlangan yo'naltirgich elastiklik moduli  $Ye=103$  N/mm<sup>2</sup>; kengayish koeffitsiyenti  $\alpha=0,15$ ; qattiqligi  $NV=10_3$  N/mm<sup>2</sup> va Puasson koeffitsiyenti  $\mu=0,5$  bo'lgan ftoroplast materialli detal bilan normal bosim  $RN=40$  N/mm<sup>2</sup> ostida tutashadi.

Tutash sirtlar orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti hisoblansin.

1. Po'lat ftoroplastdan ancha qattiq bo'lganligi uchun yo'naltirgichning g'adir-budirlik parametrlarini aniqlaymiz.

1.1-jadvaldan  $\Delta=2,64 \cdot 10^{-3}$ ;  $\nu = 1,6$ ;  $\sigma=2,3$ ;  $R_{\max}=2,4$  MKM;  $r = 550$  MKM qiymatlarni olamiz. Ishqalanish havo sharoitida bo'lganligi uchun 2.2-jadvaldan ishqalanish koeffitsiyentining molekular tashkil etuvchisi  $f_M=0,028$  va friksion parametrlar qiymati  $\tau_0 = 3,41$  N/mm<sup>2</sup>  $\beta=0,017$  ga tengligini aniqlaymiz [5].

Tutashuvchi detallar yassi bo'lgani uchun ma'lum yuza bilan tegishadilar va bu yuza qiymatiga sirtlarning to'liqlik notekisligi ta'sir etadi. To'liqlik notekislik inobatga olinganda sirtidagi kontur bosim:

$$P_K = K \cdot E^{0,8} \left( \frac{H_T}{K_T} \right)^{0,4} \cdot P_H^{0,2} \quad (1.45)$$

To'liqlik notekislikni sferik shaklli deb olinsa  $K=0,5$  va yassi jilvirlash uchun  $\frac{H_T}{R_T} = 10^{-5}$  deb qabul qilsak,  $P_K = 0,5 \cdot (10^3)^{0,8} = 1,04$  N/mm<sup>2</sup>.

Sirtlarning haqiqiy tutashish sohasidagi deformatsiya turini aniqlaymiz:

$$\frac{P_K}{HB} = \frac{2,4^{2,2} \nu(\nu-1)K_1}{5} \cdot \frac{HB^{2\nu+1}}{A^\nu} \left( \frac{1-\mu^2}{E} \right)^2 =$$

$$= \frac{2,4^{2,2} 1,6(1,6-1)0,5}{5} \frac{31^{24,6+1}}{(2,64 \cdot 10^{-3})^{1,6}} \left( \frac{1-0,5^2}{10^3} \right)^2 = 2,526$$

Ya'ni kontur bosim  $RK=7,8$  N/mm<sup>2</sup>, shuning uchun bizning misolimizda tutashish zonasida plastik deformatsiya bo'lib, uning to'yinganlik darajasi

$$\frac{P_H}{HB} \geq \frac{0,5}{(\nu\delta^\nu)^\nu} = \frac{0,5}{(1,6 \cdot 2,3^{1/1,6})^{1,6/(1,6+1)}} = 0,61$$

Ya'ni  $P_K \geq 18,9$  bo'lib, qism to'yingan plastik tutashish zonasida ishlaganligi sababli ishqalanish koeffitsiyenti  $h \approx 0,045 \cdot 2$

$$f = \frac{\tau_0}{HB} + \beta + \frac{0,54}{\nu_1} \left( \frac{h}{r} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{0,032}{31} + 0,017 + \frac{0,54}{1,6^{0,5}} = 0,11$$

2-masala. Po'lat 45 dan NRC 52 qattqlikda toblanib va sirti doiraviy jilvirlanib  $R_a=0,12$  mkm g'adir-budirlikda tayyorlangan val hamda elastiklik moduli  $Ye=9 \cdot 10^4$  N/mm<sup>2</sup> ga teng, qattqligi HB70 bo'lgan bronza BROTSS6-6-3dan razvertkalash yo'li bilan  $R_a=0,22$  mkm g'adir-budirlikda tayyorlangan vkladishdan iborat sirpanma podshipnik k ning quyidagi parametrlari ma'lum. Podshipnik chegaraviy moylanish rejimida qismni qizdirib yubormaydigan tezlik bilan ishlaydi. Val diametri 80 mm,  $v=0,6$ ;  $v=2$ ;  $\Delta 9,6$  10-2;  $R_{max}=2,4$  mkm;  $r=10$  mkm;  $f=0,06$ ;  $Q=42$  N/mm<sup>2</sup>;  $\max=26$  H/mm<sup>2</sup>

Podshipnikdagi ishqalanish koeffitsiyenti aniqlansin.

1. Tutashishdagi deformatsiya turini tekshiramiz:

$$\frac{P_K}{HB} = \frac{0,5 \cdot 5,4^v}{A^v} \frac{HB^{2v+1} (1-\mu^2)^{2v}}{E^{2v}} =$$

$$= \frac{0,5 \cdot 5,4^2}{(9,6 \cdot 10^{-2})^2} \left( \frac{70^{2 \cdot 2+1} (1-0,3^2)^{2 \cdot 2}}{9 \cdot 10^3} \right) = 2,85 \cdot 10^{-5}$$

ya'ni  $RK=0,002$  n/mn<sup>2</sup>.

Ishqalanish qismidagi kontur bosim elastik deformatsiyalanishdan plastik deformatsiyalanishga o'tishdagi kontur bosimdan katta chiqdi. Demak, berilgan qism tutash sirtida plastik deformatsiya ro'y beradi.

2. Tutashishda tashqi ishqalanish amalga oshishi mumkinligini tekshiramiz:

ya'ni, 
$$\frac{P_K}{HB} = \frac{0,1225}{\Delta^2} \left( 1 - \frac{6m}{HB} \right) = 0,125 \cdot 100 \cdot 0,64^2 \approx 5,1$$

$$P_K = 5,1 \cdot HB = 5,1 \cdot 70 = 360 \text{ N/mm}^2$$

Aniqlangan qiymat qismdagi qiymatdan katta, demak, podshipnik tashqi ishqalanish rejimida ishlaydi.

3. Tutashishning to'yinganlik darajasini aniqlaymiz:

$$\frac{P_K}{HB} = \frac{0,5}{\left( \delta^{\frac{1}{v}} \right)^{v-1}} = \frac{0,5}{\left( 0,6^{\frac{1}{2}} \cdot 2 \right)^{2-1}} = 0,21$$

Ishqalanish qismidagi kontur bosim hisoblash natijasida olingan  $R_K$  dan kichik, demak, qismda to'yinmagan plastik tutashish mavjud.

4. Tashqi ishqalanish koeffitsiyenti:

$$f = f_M + 0,448\Delta^{\frac{1}{4}} \left( \frac{P_K}{HB} \right)^{\frac{1}{4}} = 0,06 + 0,44(9,6 \cdot 10^{-2})^{\frac{1}{4}} \left( \frac{2,6}{70} \right)^{\frac{1}{4}} = 0,12$$

*3-masala.* Diskli ilashish muftasining maxovigi va diskasi NV 250 qattqlikdagi SCh 15 cho'yanidan tayyorlangan. Nakladkasi, qattqligi NV100, elastik moduli  $3700 \text{ N/mm}^2$  va  $\mu=0,5$  li kompozitsion materialdan tayyorlangan. Muftadagi nominal bosim  $R_N=40 \text{ N/mm}^2$ ; ishchi harorat  $t=60^\circ\text{C}$ ; molekular ishqalanish koeffitsiyenti  $f_M=0,15$ . Tayanch chiziq parametrlari:  $\delta=v=2$ ;  $\Delta=5,3 \cdot 10^2$  ga teng. Qismdagi ishqalanish koeffitsiyenti aniqlansin.

1. Friksion nakladka bikrligi kam bo'lgani uchun nominal bosimni kontur bosimga teng deb hisoblash mumkin.  $R_K=R_N=40 \text{ N/m}$ . Tutash zonada plastik deformatsiyani vujudga keltiruvchi kontur bosim:

$$\begin{aligned} \frac{P_K}{HB} &= \left( \frac{2,7}{\Delta} \right)^v HB^{2v+1} \left( \frac{1-\mu^2}{E} \right)^{2v} = \left( \frac{2,7}{5,3} \cdot 10^2 \right)^2 100^{2 \cdot 2+1} \left( \frac{1-0,5^2}{3700} \right)^{2 \cdot 2} = \\ &= 2595 \cdot 10^{-15} = 0,4385 \cdot 10^{-6} \end{aligned}$$

ya'ni,

$$P_K = 0,4385 \cdot 10^{-6} \cdot 10 = 0,4385 \cdot 10^{-5} \quad H / \text{mm}^2$$

Bu kontur bosim muftadagi kontur bosimdan kichik bo'lib, haqiqiy tutashish zonasida plastik deformatsiya hosil bo'ladi.

2. Ilashish muftasida tashqi ishqalanish rejimini belgilovchi kontur bosim:

$$\frac{P_K}{HB} = \frac{0,125}{\Delta^2} \left( 1 - \frac{6m}{HB} \right)^2 = \frac{0,125 \cdot 10^4}{5,3^2} \left( 1 - \frac{6}{100} \right)^2 \approx 0,45$$

Ya'ni  $R_K=45 \text{ N/mm}^2$ , bu kontur bosim muftadagi kontur bosimdan katta bo'lganligi sababli qismda tashqi ishqalanish mavjud deb hisoblashimiz mumkin.

3. Ilashish muftasida to'yingan kontaktni ta'minlovchi kontur bosim:

$$P_K \approx 0,25HB = 0,25 \cdot 100 = 25 \quad H / \text{MM}^2$$

Ya'ni mazkur sharoitda ilashish muftasi elementlari sirtida to'yinmagan plastik tutashish mavjud.

4. Tashqi ishqalanish koeffitsiyenti:

$$f = f_M + 0,44 \cdot \Delta^{\frac{1}{2}} \left( \frac{P_K}{HB} \right)^{\frac{1}{4}} = 0,15 + 0,44(5,3 \cdot 10^{-2})^{\frac{1}{2}} \left( \frac{0,4}{100} \right)^{\frac{1}{4}} = 0,156.$$

## **II bob. ISHQALANISH QISMLARINI MOYLASH**

### **2.1. UMUMIY MA'LUMOTLAR**

Mashinalarning ishqalanuvchi qismlarini moylash mashinalar ishonchligini oshiruvchi samarali omildir. Masalan, ishqalanish koeffitsiyenti moylanmagan metallar orasida 0,2–0,3 bo'lsa, moylanganda 10–6 gacha kamayishi mumkin. Natijada, moylangan detallar tez yeyilib ketmaydi, moylash mashina tezligini, yuk ko'taruvchanligini va unumdorligini oshirish imkonini beradi. Moylash mashinalarini tez yeyilib ishdan chiqishdan saqlaydi. Yog'lovchi moylarning qo'shimcha funksiyasi: detallarni ishqalanishda qizishdan, korroziyadan, zarbli ta'sirdan, oraliq qisilishdan saqlaydi, sovuq havoda ham mexanizmlarni ishonchli yurgizishni ta'minlaydi, ishqalanish zonasidan yeyilish mahsulotlarini chiqarib tashlaydi. Moylash materiallarining fizik-kimyoviy xarakteristikalari uning sifatini belgilovchi standart ko'rsatkichlardir. Moy sifatini belgilovchi standartlashtirilgan asosiy ko'rsatkichlar quyidagilar: belgilangan haroratdagi nominal zichlik: 50<sup>0</sup>C yoki 100<sup>0</sup>C haroratda aniqlangan nominal qovushqoqlik; olovlanish harorati – oddiy bosimda qizdirilayotgan moylash materialidan chiqayotgan bug'ni unga olov yaqinlashtirilganda yonishiga olib keluvchi eng past harorat; qotish harorati – moyni 450 qiyalikdagi standart probirkadan oqish qobiliyatini yo'qolishidagi eng baland harorat; kislotali soni –1 gramm moyni neytrallashtirish uchun kerak bo'ladigan kaliy ishqori massasining milligrammlardagi miqdori; kokslanuvchanligi – sinalayotgan moylash materialini tarkibidagi koks massasining %larda olingan nisbati; qo'llanganligi – moylash materialidagi yonmaydigan moddalar miqdori; mexanik unsurlar miqdori; suvda eruvchi kislota va ishqorlar miqdori; temir va mis plastinkalariga moyning korrozion ta'siri; oltingugurt miqdori; fenol, krizol, nitrobenzol va furfurool miqdori.

Qovushqoqlikdan boshqa barcha ko'rsatkichlar bilvosita va cheklangan tarzda moylash materialini ishqalanish qismini moylashdagi holatini belgilash yoki ularni ishlab chiqarish, tashish va saqlash vaqtida sifatini nazorat qilish uchun kerak bo'ladi. Moy zichligining kamayishi, uning qovushqoqligi va olovlanish haroratini pasaytiradi. Olovlanish harorati moylash materialini bug'lanish va yong'inga xavflilik darajasini bildiradi. Olovlanish haroratini moylash materiali qaynoq bug', gaz yoki metallga tegishi ehtimol bo'lgan hollarda e'tiborga olinadi. Olovlanish harorati moylanayotgan sirt haroratidan katta bo'lishi kerak. Qotish haroratidan moy ishqalanish sirtini qanchalik darajada ho'llashishini aniqlashda foydalaniladi.

Biroq moylash ayrim konstruktiv usullarni qo'llashni, moylash materiallarini to'g'ri tanlashni taqozo etadi.

Moylash usuli va moylovchi materiallarni to'g'ri tanlay bilish, mashinani birinchi navbatda uning ishqalanish qismi ishonchliligining oshishini ta'minlaydi. Moylar fizik holatiga ko'ra gazsimon, suyuq, plastik va qattiq turlarga bo'linadi. Moylanish ishqalanish juftligini ajratish darajasiga va mexanizmiga ko'ra gidrodinamik (газодинамик) suyuq, chegaraviy va yarimsuyuqli turlarga bo'linadi.

Moy materiallar suyuq, plastik va qattiq bo'lishi mumkin. Ular asosan minerallar va neftdan, qisman o'simlik hamda hayvon yog'laridan olinadi.

Organik moylar yaxshi surkalish xossalariga ega, lekin haroratga chidamsiz bo'lganidan asosan mineral moylarga qo'shimcha sifatida ishlatiladi. Mineral va organik moylar  $-20^{\circ}\text{C}$  da qotadi,  $150-200^{\circ}\text{C}$  da bug'lanadi va oksidlanadi. Spirt, efir va kremniy organik birikmalar asosidagi sintetik moylar issiqlikka chidamli bo'lsada, neft moylariga nisbatan qimmat turadi. Plastik (konsistent) moyning asosi mineral bo'lib, quyuqlashtiruvchi sifatida sovun, qattiq uglevodlar, to'ldiruvchi siftida grafit ishlatiladi.

Plastik moylar past va baland haroratda ham o'z xususiyatini yaxshi saqlagani uchun keng qo'llaniladi. Ishlatilishiga ko'ra moylar umumiy va maxsus moylarga bo'linadi.

Umumiy (industrial) moylar o'rtacha yuk va harorat ostida, maxsus moylar (tranmissiya, turbina, aviatsiya moylari) og'irroq sharoitda sirtlarni moylashda ishlatilishga mo'ljallangan. Yengil yuklanishda,

uncha yuqori bo'lmagan haroratda ishlovchi detallar legirlanmagan industrial moylar, o'rtacha yoki og'ir yuklama bilan uncha yuqori bo'lmagan sirpanma tezlikda ishlovchi detallar ortiqcha legirlanmagan industrial yoki maxsus moylar bilan moylanadi.

Yengil-o'rtacha yuklama va katta tezlikda legirlanmagan industrial yoki maxsus yog'li moylar ishlatiladi. Og'ir sharoitli (katta yuklama va yuqori harorat) ish rejimida, legirlangan industrial yoki transmission moylar qo'llaniladi.

Plastik moylar issiqlik kam ajraluvchi, ochiq yoki germetikligi bo'sh, harorati, yuklanish tezligi, tezligi keng diapazonli va uzoq muddatga konservatsiyalangan qismlarni moylashda ishlatiladi. Ishlatilishiga ko'ra plastik moylar antifriksion, konservatsiyalovchi va to'sqichli turlariga bo'linadi. Mashinalardan foydalanish davrida asosan antifriksion plastik moylar qo'llaniladi.

Moylovchi yog'larning ifloslanishi, mashinani tez-tez yurgizish va to'xtatish ishchi sirlari charchamasdan turib, yeyilib ketishiga sabab bo'ladi. Yemirilishni ozaytirish uchun ishqalanish qismlarining germetizatsiyasini mukammallashtirish, yog'ni va qism sovitilayotganda so'rilyotgan havoni filtrlash, yeyilishga qarshi qo'shimchalar aralash-tirilgan moylardan foydalanish kerak.

## **2.2. CHEGARAVIY MOYLANISH**

Chegaraviy moylanishda ishqalanuvchi yuzalar juda yupqa ( $<0,1$  mkm) moy qatlami bilan ajralgan bo'ladi.

Chegaraviy moylanish mexanizmi murakkab jarayon hisoblanadi, chunki moy qatlami yupqalashganda u hajmiy xossalarini yo'qotadi, jumladan, qattiq sirtning molekular maydoni ta'sirida moy harakatlana olmaydigan holga kelishi mumkin. Shuningdek, moy ishqalanish yuzalari bilan fizik va kimyoviy ta'sirlashib ularning xossalarini keskin o'zgartiradi.

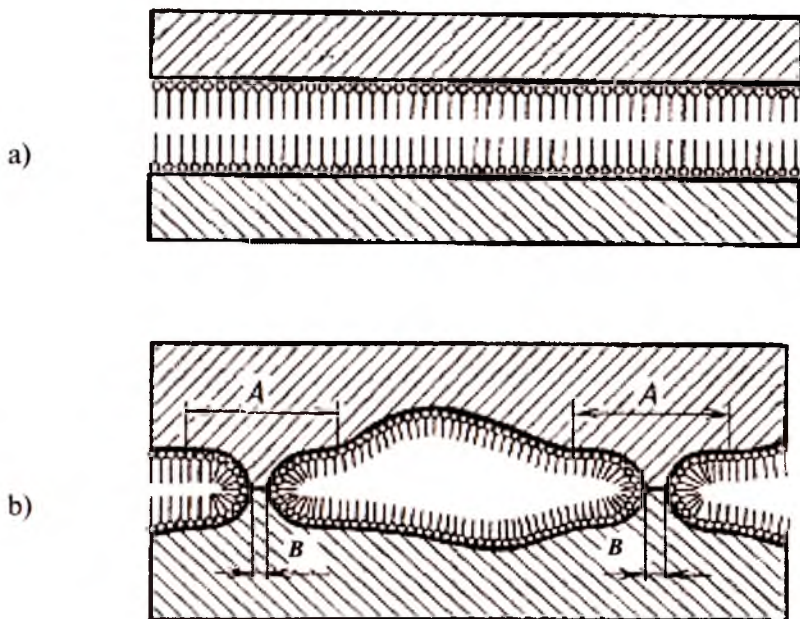
Molekular-mexanik ishqalanish nazariyasiga ko'ra moylanish samarasi ikki hodisaga bog'liq: birinchidan moy ishqalanuvchi yuzalarning adgezion ta'sirlashish kuchlarini ozaytiradi, ikkinchidan elastik va plastik deformatsiyalanishga qarshilikni kamaytiradi. Moy ishqalanish sharoitini yaxshilaydi, musbat gradient yaratadi, kabi



friksion ko'rsatkichlar qiymati ozayib molekulararo ta'sirlashuvdagi urinma kuchlanishni kamayishiga sabab bo'ladi.

Natijada, chegaraviy moylangan qismlarda moysiz ishqalanishga nisbatan qarshilik kuchi 2–10 marta, yuzalar yeyilishi yuzlab marotaba kamayadi.

Chegaraviy moylanishda moy materialining molekulari qattiq yuzaga tik holatda bo'ladi (2.1-rasm).



2.1-rasm. Chegaraviy moylanishda jismlarning sirpanish chizmasi: a—ideal yuzalarning moylanishi; b—haqiqiy yuzalarning tutashishi; A—yuklanuvchi uchastkalar; B—bevosita tutashgan uchastkalar.

Tadqiqotlar ma'lum harorat va bosim uchun moy (parda) qatlamning kritik qalinligi  $h_{kr}$  mavjudligini, qatlam qalinligi kritik qiymatdan kamaysa moyli sirpanish buzilishini ko'rsatadi.

Moylarning qovushqoqligi har bir ishqalanish qismi uchun optimal bo'lishi va issiqlik ko'rsatilganda kam o'zgarishi kerak.

Chegaraviy moylanishda sirtlarning yuklama ostida tutashgan yuzalarining eng yaqinlashgan joylari elastik va plastik deformatsiyalanadi. Bunday joylarda moy qatlamining yaxlitligi buzilmagan holda sirtlar bir-biriga botishi mumkin. Masalan, konstruksion cho'yan detalning xo'rdalangan sirtida g'ovak antifriksion materiallarga shimdirilgan mineral moylar, grafit va molibden-disulfidi ishqalanish yuzalarida chegaraviy moy qatlam hosil qila oladi.

### **2.3. KAFOLATLANGAN MOY QATLAMLI MOYLANISH**

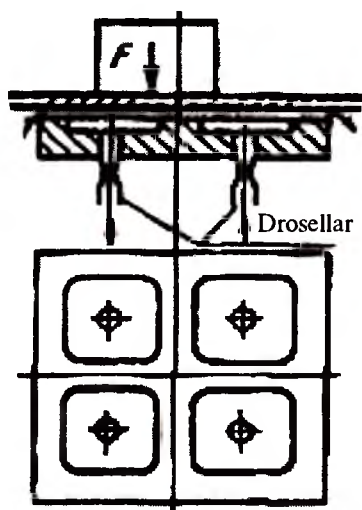
Ishqalanish qismlarida moy qatlamidagi bosim kattalashib tashqi yuklanishni yengib sirtlarni ajrata olsa, gidrokinamik yoki gidrostatik moylanish yuz beradi. Detallar yuzasi bevosita tutashmaydi, ya'ni ular orasida doimiy moy qatlami bo'lib, harakatga qarshilik kuchi asosan moy qatlamlari orasidagi ishqalanish kuchidan iborat xolos. Ishqalanish koeffitsiyentining, energiya sarfi va yeyilishning kamligi jihatidan bunday moylanish optimal sharoit hisoblanadi.

Gidrostatik bosim maxsus qurilmalar vositasida ta'minlansa, gidrokinamik bosim qismning o'zida uning konstruksiyasi, moy xususiyati va ish rejimlariga bog'liq holda tabiiy tarzda hosil bo'ladi.

Gidrostatik usulda ishqalanuvchi yuzalarni ajratishga yetarli bosim nasos yordamida hosil qilib turiladi (2.2-rasm). Moyning podshipniklarning yon tomonlaridan sizib chiqib ketayotgan qismi barobar nasos qismga haydab beradi.

Gidrokinamik bosim amalga oshishi uchun ishqalanuvchi qism konstruksiyasida ponasimon tirqish mavjud bo'lishi, moy qovushqoqligi va valning aylanish tezligi yetarli darajada bo'lishi kerak. Tirqishning ma'lum qiymatida moy qovushqoqligi va tutash sirtlarning nisbiy sirpanish tezligi qanchalik yuqori bo'lsa, qismning gidrokinamik moylanishi shunchalik samarali bo'ladi. O'rtacha holda gidrokinamik moylanish bo'lishi uchun tezlik 15 m/s dan yuqori bo'lishi kerak.

O'rtacha holda gidrokinamik moylanish bo'lishi uchun tezlik 15 m/s dan yuqori bo'lishi kerak.

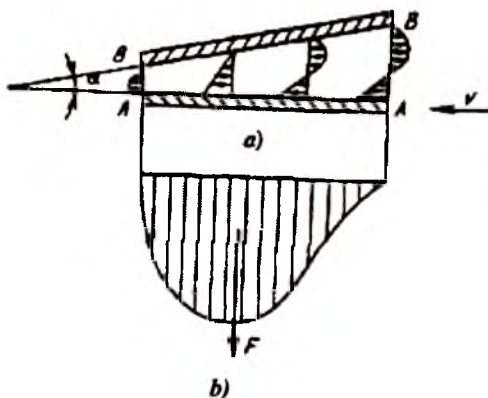


2.2-rasm. Hidrostatik tayanchning ishlash chizmasi.

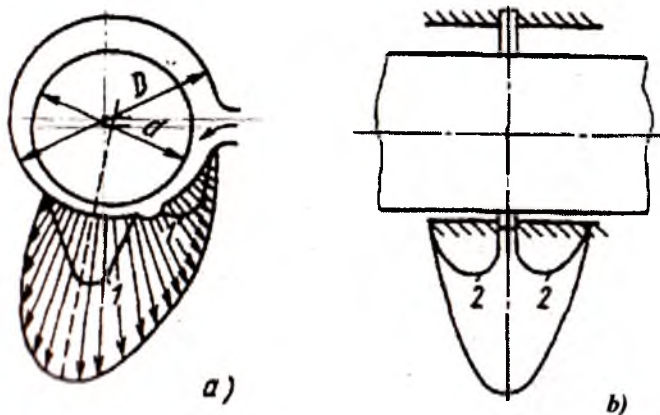
Gidrodinamik moylanish mexanizmining yassi tayanch (2.3-rasm) va val tayanchlari (sirpanma podshipnik)da hosil bo'lishi (2.4-rasm) nazariyasini 1883-yilda N.P.Petrov isbot qilgan. Plastina A-A qo'zg'almas tekislik V-V ga nisbatan burchak ostida  $v$  tezlik bilan harakat qiladi. Plastina va tekislik oralig'i qovushqoq moy bilan to'lgan. Moyning A-A plastinani ho'llagan qatlami qovushqoqlik ishqalanish kuchlari tufayli urinmas ostidagi moy qatlamini ham harakatlantiradi. Shu tarzda harakat qatlamdan qatlama o'tadi, faqat V-V tekislikni ho'llagan moy qatlami harakatlanmaydi. Natijada, moy ponasimon bo'shliqqa kirib unda bosim hosil qiladi. Ponasimon bo'shliqda bosim pona uzunligi bo'yicha bir xil bo'lmaydi, bo'shliqqa kirish va chiqish joylarida moy atmosfera bilan tutashgani uchun u bilan bir xil bosimga ega bo'ladi.

Sirpanma podshipniklarda teshik diametri val sapfasi diametridan katta bo'lganligi uchun ular orasida o'roqsimon tirqish mavjud bo'lib, val aylanganda qovushqoqlik kuchlari tufayli moy bu oraliqqa kiradi, natijada, bosim ortib sapfa vkladishdan ajraladi. Gidrodinamik moylanish tebranma va tebranma-sirpanma harakatda ham hosil bo'lishi

mumkin. Suyuq moylanish amalga oshishi uchun silliq tutash yuzalar oralig'idagi moy qatlaminin g qalinligi suyuqliklarining hajmiy xossalari o'rinli bo'ladigan qalinlikdan kam bo'lmasligi kerak.

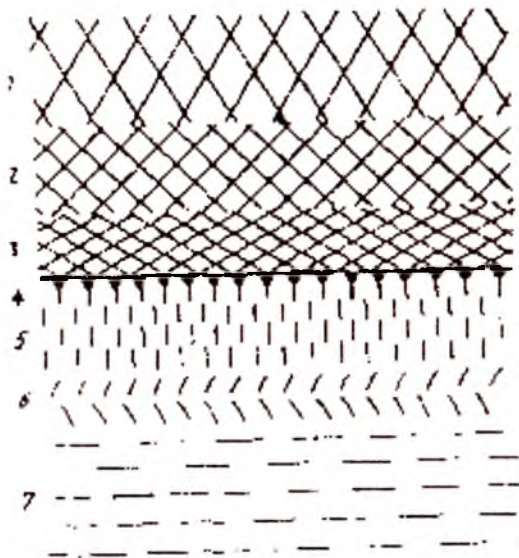


2.3-rasm. Ko'taruvchi moy qatlaminin g ko'taruvchi kuch hosil qilish chismasi.



2.4-rasm. Sirpanma podshipnikning moy qatlamida bosimning taqsimlanishi: a - ko'ndalang kesimda; b - bo'ylama kesimda; 1 - bo'ylama o'yida; 2 - halqali o'yiqda.

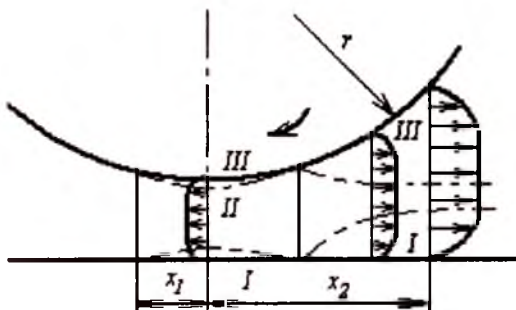
Suyuq moylanishdagi ishqalanish jarayoni \_\_\_\_\_ nazariya to'liq ifodalay olmaydi. Chunki bu nazariya jarayonning sof mexanik tomonlarini ochib beradi xolos. Aslida moddalar ishqalanish sirtida adsorblashib, qatlamda chegaraviy qatlam hosil qiladi. Bu qatlamda chegaraviy qatlam hosil bo'ladi, chegaraviy qatlamdan keyin mikro-turbolanish moy qatlami harakatdagi va undan so'ng ---- harakatdagi moy qatlami joylashadi (2.5-rasm).



2.5-rasm. Metall sirt va suyuq moylash materiali qatlamining chizma kesimi: 1 – metallning boshlang'ich tuzilishi; 2 – ishlov yo'nalishda deformatsiyalangan kristallar; 3 – parchalangan bo'yalgan kristallar, oksidlar va adsorblashgan moy; 4 – moyning adsorblashgan mono qatlami; 5 – moyning chegaraviy qatlami; 6 – mikroturbulent sohasi; 7 – laminar oqim sohasi.

Umuman olganda, suyuq moylanish faqat sirtlar orasidagina emas, balki dumalab yoki dumalab-sirpanib ishlovchi sirtlar orasida ham hosil bo'lishi mumkin. Shuningdek, eziluvchan moylash materiallari ham suyuq moylar kabi sirtlarni bevosita tegishidan aniqlovchi kafolatlangan moy qatlami hosil qilishi mumkin (2.6-rasm). Bu holda I va III sohalarda tezroq ----- qatlam balandligi bo'yicha nolga teng

bo'lmaydi, II sohada esa urinma kuchlanish chegaraviy siljitish kuchlanishida oz bo'lgani uchun moy qatlamlari o'zaro siljmaydi.



2.6-rasm. Sıınır yassı sırtaa dumaıaganca ezııuvcanan qovushqoq oqımda tezlıkning taqsimlanısh epurasi.  $X_1, X_2$  – moy qatlamchalarını chetki koordinataları.

## I-AMALIY MASHG'ULOT

### NAMUNAVIY ISHQALANISH JUFTLIKLARI UCHUN MOYLOVCHI MATERIALLARNI TANLASH

#### I. ISHNING MAQSADI

Namunaviy ishqalanish juftliklari-sirpanish podshipniklari, tishli uzatmalar, kulachokli mexanizmlar, ilashish muftalari hamda yo'nal-tiruvchi yuzalar uchun moylash materiallarini nazariy asoslangan holda tanlashni o'rganish va o'qituvchi ko'rsatgan muayyan juftlik uchun moylash materialini tanlash.

#### 2. NAZARIY QISM

##### 2.1. UMUMIY MA'LUMOTLAR

Texnologik jihozlarni loyihalashda har bir ishqalanuvchi juftlik uchun eng maqbul moylash materialini tanlash ulardan samarali foydalanishni ta'minlovchi omillardan biridir. Bundan tashqari, chet

el firmalari yetkazib bergan texnologik jihozlar uchun tavsiya qilingan moylash materiallari ko'p hollarda kamyob bo'lib foydalanish jara-yonida ularni boshqa materiallar bilan almashtirish zaruriyati tug'iladi. Har ikkala holatda ham masala ishqalanish juftligi konstruksiyasi va uning ish rejimi xususiyatlaridan kelib chiqqan holda hal qilinishi talab etiladi. Ishqalanish juftliklarining eng ko'p tarqalgan va xarakterli konstruksiyalari uchun masalani hal qilish uchun moylash materiallari bilan tanishib chiqamiz [8,9,10].

## **I. MOYLASH MATERIALLARI**

Turli sirpanish qismlarda ishlatiluvchi moylar guruhlarining eng muhimlari quyidagilardir.

1. Umumiy qo'llaniladigan qo'shimchasiz industrial moylar (GOST 20799-75). Bu moylar aniqlik va ishlatilish talablari yuqori bo'lmagan ishqalanish qismlarida ishlatiladi va ularning eng ko'p qo'llaniladiganlari quyidagilardir: I-5A, I-8A, I-12A, I-20A, I-30A, I-25A, I-40A, I-70A, I-100A. Bu qatordagi moylarning 50<sup>0</sup>C haroratdagi qovushqoqliklari 4 mm<sup>2</sup>/C<sup>0</sup> dan 118 mm<sup>2</sup>/C<sup>0</sup> gacha diapazonda yotadi va ular qatorda qovushqoqlik o'sib borishi tartibida joylashgan. Turlardagi raqamlar qovushqoqlikni ko'rsatadi.

2. IGP seriyasidagi moylar (TU 38100413-78). Bu moylar juda yaxshi tozalangan bo'lib, 50<sup>0</sup>C haroratdagi qovushqoqligi 2-190 mm<sup>2</sup>/C<sup>0</sup> diapazonda o'zgaradi. Bu moylarga oksidlanishga, yeyilishga va ko'piklanishga qarshi qo'shimchalar qo'shib, ular past yuklamali tishli uzatmalar va boshqa oksidlanishga qarshi yuqori talablar qo'yiladigan qismlarda qo'llanishga mo'ljallangan. Asosiy markalari: IGP-2, IGP-4, IGP-6, IGP-14, IGP-18, IGP-30, IGP-38, IGP-49, IGP-72, IGP-118, IGP-152, IGP-182. Turlardagi raqamlar qovushqoqlikni ko'rsatadi.

3. IGS<sub>p</sub> seriyasidagi moylar (TU 38101238-78). IGP seriyasidagi moylardan qattiq tishlashib qolish qarshi qo'shimcha borligi bilan farq qiladi va 50<sup>0</sup>C dagi qovushqoqligi 18 va 38 mm<sup>2</sup>/C bo'lgan (IGS<sub>p</sub>-18 va IGS<sub>p</sub>-38) ishlab chiqariladi. Qattiq tishlashib qolish xavfi bo'lgan mas'ul gidroyuritmalarda ishlatiladi. Turlardagi raqamlar qovushqoqlikning kattaligini ko'rsatadi.

4.  $INS_p$  seriyasidagi moylar (TU 3810672-77). Bu moylarga ishqalanish, qattiq tishlashib qolish va ko'piklanishga qarshi stabillovchi va adgezion qo'shimchalar qo'shib ularning alohida xususiyatlaridan biri yuqori siltanishga qarshi xususiyatlaridir. Asosiy turlar:  $INS_p-20$ ,  $INS_p-40$ ,  $INS_p-65$ ,  $INS_p-110$  bo'lib, raqamlar qovushqoqlikni ko'rsatadi.

5.  $IGNS_p$  seriyasidagi moylar (TU 38101798-79). Bu moylar  $INS_p$  seriyasidagi moylar kabi kulachokli va xrapovikli mexanizmlar, tishli va past yuklamali chervakli uzatmalar, sirpanish va dumalanish yo'naltiruvchilari, shuningdek, umumiy bakdan ta'minlanadigan gidravlik tizimlar uchun ishlatishga mo'ljallangan. Qovushqoqliklari  $50^{\circ}C$  haroratda 20 va  $40 \text{ mm}^2/C$  bo'lgan  $IGNS_p-20$  va  $IGNS_p-40$  turlari ishlab chiqariladi.

6.  $ISP$  seriyasidagi moylar (TU 38101293-78). Bu industrial moylarga qattiq tishlashib qolish, ishqalanish va yeyilishga qarshi xususiyatlarini yaxshilovchi qo'shimchalar qo'shilgan bo'lib kinematik qovushqoqliklari 23, 65, 118  $\text{mm}^2/C^0$  diapazonda o'zgaruvchi  $ISP-25$ ,  $ISP-65$ ,  $ISP-110$  markalari ishlab chiqariladi va tishli uzatmalar va yassi ishqalanish yuzalarini moylashga mo'ljallangan.

7.  $IRP$  seriyasidagi moylar (TU 38101451-78). Bu moylar sanoat jihozlarining o'rtacha yuklamalik qismlarini, tishli uzatmalarni moylash uchun mo'ljallangan bo'lib qovushqoqligi  $50^{\circ}C$  da 40, 75 va  $150 \text{ mm}^2/C$  bo'lgan  $IR_p-40$ ,  $IR_p-75$ , va  $IR_p-150$ , turlari ishlab chiqariladi va qattiq tishlashib qolish, ishqalanish va oksidlanishga qarshi qo'shimchalarga ega.

8.  $ITP$  seriyasidagi moylar (TU 38101292-79). Ular yuqori qovushqoqlikka ega bo'lib qattiq tishlashib qolish, ishqalanish va oksidlanishga qarshi qo'shimchalarga ega va og'ir yuklamali tishli va chervakli uzatmalar uchun mo'ljallangan,  $50^{\circ}C$  haroratda 200 va  $300 \text{ mm}^2/C$  kinematik qovushqoqlikka ega  $ITP-200$  va  $ITP-300$  turlari mavjud.

9.  $ITSP$  seriyasidagi moylar (TU 38101482-74). Davriy ravishda  $180-200^{\circ}C$  harorat sharoitida ishlovchi ishqalanish qismlarini moylash uchun mo'ljallangan. Harorat  $100^{\circ}C$  da kinematik qovushqoqliklari 20 va  $40 \text{ mm}^2/C$  bo'lgan  $ITSP-20$  va  $ITSP-40$  turlari ishlab chiqariladi.



**II. EZILUVCHAN MOYLAR**

Sirpanish tayanchlarida valning chiziqli tezligi 2 m/s dan past hamda qayta-qisqa muddatli ish rejimi hollarida eziluvchan (plastik) moylar ishlatiladi. Moylarni tanlash tayanchning ishchi harorati, moylash tizimi hamda muhit sharoit (quruq yoki nam)larni hisobga olgan holda bajariladi.

Eziluvchan moy tanlashda eng zarur bo'lgan ma'lumotlar quyidagilardan iborat.

Eziluvchan moylarning eng universallari ko'p maqsadli moylar guruhiga mansub bo'lib deyarli barcha turdagi ishqalanish qismlarida ishlatilishi mumkin. Bu guruhdagi moylar suvga chidamli bo'lib, tezlik, harorat va yuklamalarning katta oraliqlarida ishlatishga yaraydi. Bu moylar ko'p hollarda yuqori haroratga mo'ljallangan solidol turidagi, yog'li va konstalin turidagi hamda industrial moylar o'rnini bosishlari mumkin.

Ko'p maqsadli moylar guruhiga litiyli moylar-litol-24 (GOST 21150-75) va uning o'rinbosuvchilaridan fiol-I (TU 38 Ukr 201347-80), fiol-2 (TU 38 Ukr 201 188-79), fiol-3 (TU 38 Ukr 201 324-79) va fiol 2M (TU 38 Ukr 101-75).

Ko'p maqsadli moylarga shuningdek, kalsiyli kompleks moylarni ham kiritish mumkin: uniol 1 (TU 38 Ukr 201 150-78), va uniol-2 (GOST 23510-79) hamda silikagelli moy siol (TU 38 Ukr 10152-74).

Endi mazkur moylarni qo'llash bo'yicha qo'shimcha ma'lumotlarni keltiramiz. Ishchi harorat 60<sup>0</sup>C dan oshmagan va aniqligi yuqori bo'lmagan ishqalanish qismlarida umumiy qo'llaniladigan moylar-solidollar (GOST 4368-76) va yog'li solidollar (GOST 1033-79) ishlatiladi.

Litol-24 barcha turdagi ishqalanish qismlarida ishlatilishi mumkin: sirpanish va dumalash podshipniklarida, sharnirlarda, tishli va zanjirli uzatmalarda, v.h. Yuqori tomchilanish harorati oz bug'lanuvchanlik va yetarli mahkamlik yoki yuqori penetratsiya bu moyni 130<sup>0</sup>Cgacha haroratda ishlatish imkonini beradi. Litol-24 ko'p maqsadlilik tufayli boshqa moylar o'rniga ishlatilganda moylarning assortimentini unifikatsiyalash imkoniyati tug'iladi. Bu esa korxonalarda sezilarli iqtisodiy samara beradi.

GOST 21150-75 tavsiyasiga binoan litol-24 dan foydalanish ishqalanish qismlarida moyni to'ldirish va almashtirish muddatlarini 2-4 marta oshirish imkonini beradi.

Fiol-2M moyida 2 % antifriksion disulfid molibden qo'shimchasi bo'lib bu uning ishqalanishga va qattiq tishlashib qolishga qarshi xususiyatlarini litol-24 va fiol guruhidagi boshqa moylarga nisbatan yaxshilanishini ta'minlaydi.

Siol moyi tarkibida ham 0,5 % disulfid molibden qo'shimchasi bo'lib yuqori suvga chidamlilik xususiyatiga ega va yuqori tezlikli podshipniklarda almashtirishsiz uzoq muddat ishlashga yaraydi.

Ishqalanuvchi qismlarda harorat yana ham yuqori bo'lganda maxsus yuqori haroratli moylar, masalan, SIATIM-221 (GOST 9433-80), uniol-1, BNZ-4 (TU 38 Ukr 201197-80) ga o'xshash moylar ishlatish tavsiya qilinadi.

Endi bu moylarni qo'llash xususiyatlarini ko'rib chiqaylik:

SIATIM-221 ishqalanish qismlarini 150-180°C gacha haroratlarida yaxshi ish qobiliyatini ta'minlaydi, suvga chidamli va mahsulotning moy bilan ifloslanishini kamaytiradi. Uning kamchiligi - kamyobligidir.

Uniol-1 moyini 150°C haroratda va qisqa muddat 200°C gacha haroratda ishlatiladi. Ishchi harorat 60-70°C va yuqori bo'lmagan aniqlikdagi mexanizmlar uchun esa umumiy qo'llaniladigan moylar - sintetik solidollar (GOST 4306-76) va yog'li solidollar (GOST 1033-70) ishlatiladi.

BNZ-4 moyi ishqalanish qismida harorat 160-200°C bo'lganida hamda suv bug'lari va agressiv moddalar borligida ham ish qobiliyatini ta'minlaydi. Bu sharoitlar esa mashina va jihozlardagi eng og'ir sharoitlar qatoriga kiradi.

## **A. SIRPANISH TAYANCHI**

Sirpanuvchi tayanchning suyuq moylanish rejimida ishlash imkoniyati ko'p jihatdan tanlangan moyning qovushqoqligi bilan belgilanadi. Radial sirpanish podshipnigi ishchi sohasida harorat o'rta bo'lganida moyning talab qilingan kinematik qovushqoqligi empirik formula yordamida quyidagicha aniqlanishi mumkin [8].

$$v_i = \frac{1,06 \cdot 10^{-3} w \psi^2}{\ell \cdot d \cdot \omega [S_0]} \quad (2.1)$$

bu yerda,  $w$  — podshipnikka yuklama;  $\psi$  — nisbiy tirqish;  $\ell$ ,  $d$  — podshipnikning uzunligi va diametri, mm;  $\omega$  — burchak tezlik,  $s^{-1}$ ;  $[S_0]$  — zommer fold mezoni (2.1-jadvalda turli geometrik nisbatlarga ega podshipniklar uchun uning kattaliklari keltirilgan).

### Zommerfeld mezoni kattaliklari

2.1-jadval

L/d Nisbat	Sapfa diametri, mm								
	30	40	50	60	70	80	100	150	200
$\psi = 0,001$									
0,6	0,28	0,35	0,42	0,53	0,65	0,8	1	2	3
0,8	0,44	0,54	0,64	0,8	0,95	1,2	1,5	2,7	4
1	0,58	0,72	0,85	1	1,2	1,5	1,9	3,3	4,5
1,2	0,7	0,8	1	1,2	1,4	0,7	2,2	3,7	5
$\psi = 0,002$									
0,6	0,42	0,53	0,65	0,8	1	1,4	2	3	5
0,8	0,64	0,8	0,95	1,2	1,5	1,9	2,7	4	6
1,0	0,85	1,0	1,2	1,5	1,9	2,4	3,3	4,5	7,0
1,2	1	1,2	1,4	1,7	2,2	2,6	3,7	5	8
$\psi = 0,003$									
0,6	0,65	0,8	1	1,4	2	3	4	5	6
0,8	0,95	1,2	1,5	1,9	2,7	4	5	6	8
1	1,2	1,5	1,9	2,4	3,3	4,5	6	7	9
1,2	1,4	1,7	2,2	2,6	3,7	5	6,5	8	10

Nisbiy tirqish geometrik jihatdan quyidagicha aniqlanadi:

$$\psi = \frac{2\Delta}{d} \quad (2.2)$$

bu yerda,  $2\Delta$ —val sapfasi va podshipnik ichquymasi orasidagi radial tirqish.

Nisbiy tirqishni konstruktiv va ishlatuv nuqtayi nazaridan quyidagicha aniqlash tavsiya etiladi:

$$\psi = 0,8 \cdot 10^{-3} \sqrt[4]{\vartheta}$$

bu yerda,  $\vartheta$  – valning chiziqli tezligi, m/s.

Yuqoridagi formulalar moy qovushqoqligining eng past chegaraviy kattaligini aniqlashga imkon beradi. Qovushqoqlikning amalda keragidan yuqori bo'lishi tayanchning qizishiga va moy qovushqoqligini pasayishiga olib keladi. Bundan tashqari energiya sarfi ham oshadi.

Moy turini uzil-kesil tanlash uchun uning ishchi haroratida aniqlangan qovushqoqligining 50°C haroratda aniqlangan kattaligiga nisbatini olish kerak:

$$v_{50} = \frac{v_t(0,1t)^{26}}{65,67} \quad (2.3)$$

bu yerda  $(0,1t)^{26}$  haroratga bog'liq 2.2-jadvaldan quyidagicha aniqlanadi.

2.2-jadval

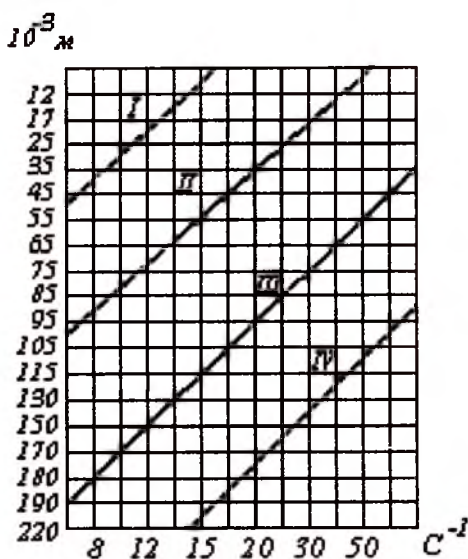
T°C	30	40	50	60	70	80	90	100
$(0,1t)^{26}$	17,4	36,78	65,67	105,5	157,7	222,9	302,6	398

## B. DUMALANISH TAYANCHI

Dumalanish podshipniklarini moylash uchun suyuq va eziluvchan moylovchi materiallar ishlatilishi mumkin. Amalda moy turini tanlashning eng umumiy qoidasi: yuqori tezliklar va kichik yuklamalar mavjudligida qovushqoqligi past moylar yoki yumshoq eziluvchan moylar, past tezlik va katta yuklamalar sharoitida esa yuqori qovushqoqlikli moylar va qattiqroq, zichroq eziluvchan moylar ishlatiladi.

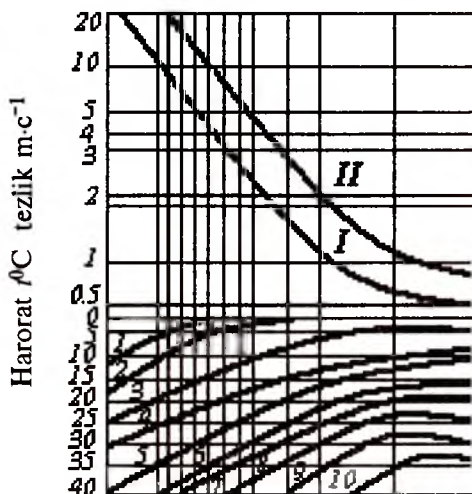
Surkov moyining turini tanlashni podshipnik kattaligi, aylanishlar soni va muhit harorati bo'yicha maxsus diagramma (2.7-rasm) va jadval 2.3 yordamida amalga oshirish mumkin [9].

Soha	Muhim harorati, °C			
	0-gacha	0-10	60-100	100-dan yuqori
I	I-12A, IGP-14	I-40A, IGP-38	I-70A, цилиндровое 11	P-28, IGP-152
II	I-8A, IGP-8	I-30A, IGP-30	I-50A, IGP-49	I-70A, цилиндровое
III	I-5A, IGP-6	I-20A, IGP-18	I-20A, IGP-30	I-70A, IGP-72
IV	IGP-4	I-8A, IGP-8	I-20A, I-12A, IGP-18	I-50A, I-40A, IGP-49



2.7-rasm. Podshipnikning ishlash sohasini aniqlash grafigi.

Bunda 2.8-rasmdagi diagrammadan podshipnik teshigi diametriga mos ordinatadagi nuqtadan o'tkazilgan gorizontal va val aylanishlari soniga mos absissadagi nuqtadan o'tkazilgan vertikal chiziqlarining kesishish nuqtasi topiladi. Bu nuqta diagrammadagi I-IV sohalarining qaysi biriga tushsa jadval 2.3dan shu soha raqami va muhit harorati bo'yicha moyning maqbul markasi aniqlanadi.

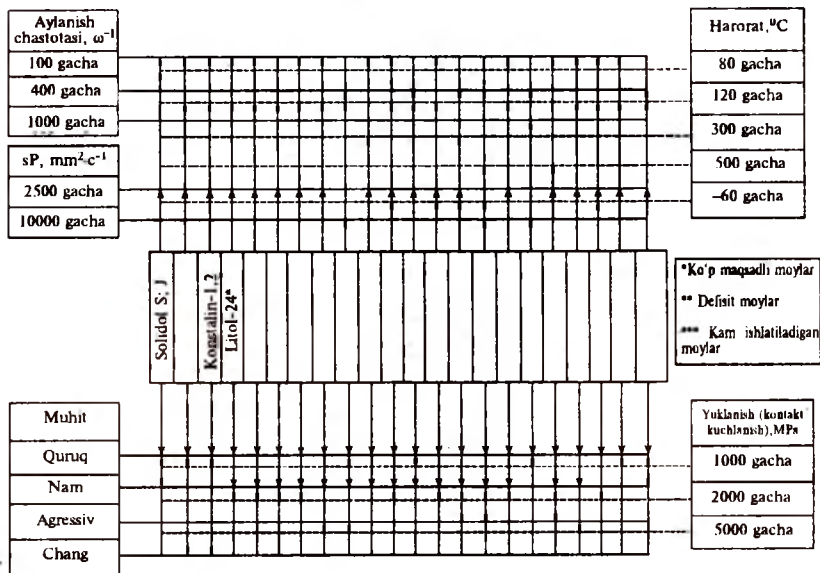


2.8-rasm. Tishi uzatmaga moylash materialini tanlash diagrammasi:  
 1-IGP-14, I-12A; 2-IGP-18, I-20A; 3-IGP-30, ISP-25; 4-IGP-38, ISP-40;  
 5-IGP-49, I-50A; 6-IGP-72, ISP-65, nigrol 3, Tap-15V, TAD-17i;  
 8-IGP-152, IRp-150, цилиндровое 24; 9-IGP-182, ИTP-200, nigrol L,  
 цилиндровое 38; 10-ИTP-300, цилиндровое 52.

Dumalanish podshipniklari uchun eziluvchan moy tanlash esa 2.9-rasmda keltirilgan bosqichli chizma bo'yicha amalga oshirish mumkin [3].

Mazkur chizma ish sharoitining eng muhim 5 ta omilini- $d_n$ -tezlik, ishchi harorat  $^{\circ}\text{C}$ , muhit xarakteri va yuklama kattaligi omilini hisobga oladi. Tezlik omili va diametri va uning aylanishlar sonining ko'paytmasiga teng:  $d_n = d\omega$  mm/sek $^{-1}$ ; yuklama kattaligi omili shartli ravishda podshipnikka qo'yilgan yuklamani va diametri va podshipnik halqasi kengligi kattaliklarning ko'paytmasiga bo'lib kontakt kuchlanish sifatida topiladi.

Chizmadan foydalanish tartibini muayyan misolda ko'ramiz. Masalan, muhit changli, va diametri 20 mm, valning aylanishlar soni  $\omega=50$  sek $^{-1}$  ishchi harorat  $80^{\circ}\text{C}$ , yuklama 10,0 KN va podshipnik halqasi kengligi (eni) - 16 mm bo'lsin.



2.9-rasm. Dumalash podshipniklar uchun eziluvchan moyni bosqichli tanlash chizmasi.

U holda changli muhitga tegishli gorizontaal chiziqda ishlatish mumkin bo'lgan ikkita guruh eziluvchan moyni 1–13 yog'li (жиробая) va konstalin 1,2 larni topamiz. Yuklama omili  $10000 \text{ N}/20 \cdot 10^{-3} \cdot 16 \cdot 10^{-3} \approx 0,3 \cdot 1000$  bo'yicha unga tegishli gorizontaal chiziqqa mos 8 ta moy ichida oldin tanlangan ikkita moy borligi uchun ular ikkalasini ko'rib chiqishni davom etamiz. Endi tezlik omili  $dn=50 \cdot 20=1000 < 2500$  bo'yicha ishlatish mumkin bo'lgan 19 ta moylar ichida yana o'sha oldin tanlangan ikkita moy borligini ko'ramiz va ularni ko'rib chiqishda davom etamiz. Keyin ishchi harorat  $80^{\circ}\text{C} < 120^{\circ}\text{C}$  bo'yicha yo'l qo'yilgan 16 ta moy ichida yana usha moylar borligini ko'ramiz. Va nihoyat aylanishlar soni  $\omega=50 \text{ c}^{-1} < 100$  bo'yicha ishlatishga tavsiya qilinishi mumkin bo'lgan moylar ichida yana o'sha ikkita moy borligini ko'ramiz. Endi bu ikkita moydan qaysisini tanlash faqat ularning kamyoblighi yoki bor-yo'qlighi, narxi kabi tashkiliy omillarga bog'liq bo'lib qoladi.

## V. TISHLI UZATMALAR

Yopiq silindrik va konussimon tishli uzatmalar uchun moylar atrof muhit harorati, chiziqli tezlik va kichik g'ildirak (шестерня) materialiga bog'liq ravishda 3-rasmdagi diagramma yordamida tanlanadi [9]. Chiziqli tezlik kattaligiga mos nuqta yuqori ordinata chizig'idan topilib undan kichik g'ildirak materialiga mos egri chiziq bilan kesishguncha gorizontol o'tkaziladi. Kesishish nuqtasidan pastga perpendikular o'tkaziladi. Bu perpendikularni pastki ordinata chizig'idan atrof-muhit haroratiga mos nuqtadan o'tkazilgan gorizontol chiziq bilan kesishish nuqtasi aniqlanadi. Bu nuqta tanlanishi kerak bo'lgan moy turiga xos egri chiziqlardan birida yotadi yoki unga eng yaqin bo'ladi.

Ochiq tishli uzatmalar ishchi harorati 60°C gacha bo'lganida odatda, umumiy qo'llaniladigan eziluvchan moy solidol S bilan, yuqori haroratlarda esa ko'p maqsadli eziluvchan moylar litol-24 va Uniol-1 bilan moylanadi [10].

## G. YASSI ISHQALANISH YUZALARI

Yassi ishqalanish yuzalarini moylash uchun suyuq moylar qovushqoqligi maxsus formula yordamida aniqlanadi:

$$v_{50} = \frac{h_{\min}^2 [1 + (L/B)^2] w \cdot 10^{-2}}{L^2 \vartheta B} \quad (2.4)$$

bu yerda,  $v_{50}$  – moyning 50°C haroratdagi qovushqoqligi, mm<sup>2</sup>/S;  $h_{\min}$  – moylovchi qatlamning yo'l qo'yilgan eng kichik qalinligi; L, B – sirpanuvchi detalning tayanch qismi uzunligi va kengligi; w – yuklama,  $\vartheta$  – sirpanish tezligi, m/s.

Moylovchi qatlamning eng kichik yo'l qo'yiladigan qalinlik kattaligi quyidagicha aniqlanadi:

$$h_{\min} = 1,5(R_{z1} + R_{z2})$$

bu yerda,  $R_{z1}, R_{z2}$  tutashuvchi yuzalar g'adir-budirliklari o'rtacha arifmetik qiymatlari, mm.



Moyning qovushqoqligi bo'yicha tanlashda shuni esda tutish kerakki, yassi yuzalarni moylashda ikki guruhdagi industrial siltanishga qarshi moylar ishlatiladi. INSP-20 va INSP-20 va INSP-40 moylar gorizontaal ishqalanish yuzalarini, INSP-65 va INSP-110 moylar esa vertikal yuzalarini moylash uchun ishlatiladi.

Yassi ishqalanish yuzalari eziluvchan moylar bilan moylanganda harorat 60°C gacha bo'lganida solidol S va harorat 120°C gacha bo'lganida litol-24 ishlatiladi [3].

### 3. ISHNI BAJARISH

1. Moylash va moylovchi materiallarga doir yuqorida keltirilgan hamda ma'ruza va tavsiya qilingan adabiy otlardagi nazariy ma'lumotlar bilan tanishing.

2. 2.4-jadvaldan o'qituvchi ko'rsatgan variant bo'yicha sirpanuvchi podshipnikning ko'rsatkichlarini aniqlang va (2.1) va (2.2) formulalar bo'yicha moyning shu podshipnikka mos kinematik qovushqoqligini hisoblab toping.

#### Sirtanish podshipnigiga moy tanlash uchun ma'lumotlar

*2.4-jadval*

t/r	W, H	L, mm	D, mm	W, C <sup>-1</sup>
1	2	3	4	5
1	2	10	8	1000
2	4	12	8	200
3	10	15	10	750
4	25	18	12	600
5	40	20	12	500
6	100	25	15	400
7	200	32	15	300
8	300	40	20	250
9	400	50	25	200
10	500	65	30	150
11	750	80	35	120
12	1000	100	40	100
13	1200	125	50	80

*jadvalning davomi*

1	2	3	4	5
14	1500	150	65	70
15	200	80	100	200
16	10	8	800	10
17	12	8	750	20
18	15	10	600	50
19	18	12	500	100
20	20	12	400	200
21	25	15	300	400
22	32	15	250	800
23	40	20	200	1200
24	50	25	150	2000
25	55	30	125	3000
26	80	35	100	4000
27	100	40	80	5000
28	125	50	65	8000
29	150	65	50	10000
30	200	80	40	12000

3. Moylar to'g'risida keltirilgan ma'lumotlar bo'yicha berilgan sirpanish podshipnigi uchun eng maqbul moyning markasini aniqlang.

4. 2.5-jadvaldan o'qituvchi ko'rsatgan variant bo'yicha dumalanish podshipnigi diametri  $d$  va aylanish soni  $n$  ni aniqlang va 2.7-rasm da keltirilgan diagramma bo'yicha shu podshipnik tushadigan sohani aniqlang.

**Dumalanish podshipnigiga moy tanlash uchun  
ma'lumotlar**

*2.5-jadval*

t/r	d, mm	n, C <sup>-1</sup>	t <sup>0</sup> , C
1	2	3	4
1	15	8	0
2	25	10	20
3	40	15	40
4	65	20	60
5	80	30	80
6	100	50	100
7	150	10	120

*jadvalning davomi*

1	2	3	4
8	200	16	100
9	20	25	90
10	30	40	70
11	50	65	50
12	80	8	30
13	120	12	10
14	180	15	0
15	220	20	25
16	12	30	40
17	16	40	50
18	20	50	65
19	25	60	80
20	32	65	90
21	40	50	100
22	50	40	110
23	65	32	120
24	85	25	100
25	110	22	80
26	150	20	50
27	160	18	20
28	180	16	0
29	200	14	65
30	220	12	100

5. 2.3-jadval bo'yicha berilgan dumalanish podshipnigi uchun ko'rsatilgan ishchi harorat uchun maqbul moy markasini aniqlang.

6. O'qituvchi ko'rsatgan variant bo'yicha jadval 2.6 dan dumalanish podshipnigi ish muhiti, val diametri  $d$ , podshipnik halqasi kengligi  $\ell$ —aylanishlar soni  $\omega, c^{-1}$ , ishchi harorat  $t^0c$ , yuklama  $W, H$  larni toping.

## Dumalanish podshipnigi uchun eziluvchan moy tanlash uchun ma'lumotlar

*2.6-jadval*

№	Ish muhiti	d, mm	L, mm	W, c <sup>-1</sup>	t <sup>0</sup> C	W, H
1	2	3	4	5	6	7
1	Quruq	10	9	1000	-50	10
2	Nam	20	14	900	-40	15
3	Agressiv	25	15	100	-30	150
4	Chang	30	16	400	-20	180
5	Quruq	35	17	250	-10	200
6	Nam	40	18	200	0	250
7	Agressiv	45	19	180	10	250
8	Chang	50	20	150	20	400
9	Quruq	55	21	120	30	650
12	Chang	70	24	80	60	2000
13	Quruq	75	25	70	70	1000
14	Nam	80	26	60	80	4000
15	Agressiv	85	28	50	90	6500
16	Chang	90	30	40	100	8000
17	Quruq	100	34	30	110	10000
18	Nam	90	43	40	120	9000
19	Agressiv	80	39	60	130	750
20	Chang	70	35	70	140	6000
21	Quruq	65	33	80	150	4000
22	Nam	60	31	100	160	2500
23	Agressiv	55	29	110	170	1600
24	Chang	50	27	120	180	1000
25	Quruq	45	25	140	190	900
26	Nam	40	23	150	200	800
27	Agressiv	35	24	165	210	700
28	Chang	30	23	180	220	600
29	Quruq	25	21	200	230	650
30	Nam	20	19	300	240	500

1. Ko'rsatilgan variantdagi dumalanish podshipnigi uchun 2.9-rasmdagi grafik bo'yicha eziluvchi moy markasini bosqichli usulda tanlang.

2. Berilgan variant bo'yicha 2.7-jadvaldan tishli uzatma yoki yo'naltiruvchi yuza, moylash turi, muhit harorati va chiziqli tezlikni

va shesternya materiali kattiqligi NV ni aniqlang va 2.8-rasmdan yoki yuqoridagi tavsiyalardan foydalanib maqbul moy yoki ezilovchan moy turini tanlang.

**Tishli uzatma va yo'naltiruvchi yuza uchun moy tanlash  
uchun ma'lumotlar**

*2.7-jadval*

t/r	Ishqalanish juftligi	Moylash turi	NV, MPA	V, mlc	t <sup>0</sup> C
1	2	3	4	5	6
1	Silindrik tishli uzatma	Suyuq yoq'	18	1	0
2	Silindrik tishli uzatma	Suyuq yoq'	20	2	5
3	Silindrik tishli uzatma	Suyuq yoq'	22	3	10
4	Silindrik tishli uzatma	Suyuq yoq'	24	4	15
5	Silindrik tishli uzatma	Suyuq yoq'	26	5	20
6	Silindrik tishli uzatma	Suyuq yoq'	28	6	25
7	Silindrik tishli uzatma	Suyuq yoq'	30	7	30
8	Silindrik tishli uzatma	Suyuq yoq'	32	8	35
9	Silindrik tishli uzatma	Suyuq yoq'	34	9	40
10	Silindrik tishli uzatma	Suyuq yoq'	36	10	45
11	Konik tishli uzatma	Suyuq yoq'	18	10	0
12	Konik tishli uzatma	Suyuq yoq'	20	9	5
13	Konik tishli uzatma	Suyuq yoq'	22	8	10
14	Konik tishli uzatma	Suyuq yoq'	24	7	15
15	Konik tishli uzatma	Suyuq yoq'	26	6	20
16	Konik tishli uzatma	Suyuq yoq'	28	5	25
17	Konik tishli uzatma	Suyuq yoq'	30	4	30
18	Konik tishli uzatma	Suyuq yoq'	32	3	35
19	Konik tishli uzatma	Suyuq yoq'	34	2	40
20	Konik tishli uzatma	Suyuq yoq'	36	2	45
21	Ochiq tishli uzatma	Eziluvchan	—	—	20
22	Ochiq tishli uzatma	Eziluvchan	—	—	0
23	Ochiq tishli uzatma	Eziluvchan	—	—	50
24	Ochiq tishli uzatma	Eziluvchan	—	—	80
25	Ochiq tishli uzatma	Eziluvchan	—	—	90
26	Vertikal yo'naltirchi	Eziluvchan	—	—	90
27	Gorizontal yo'naltirchi	Suyuq yoq'	—	—	50
28	Yo'naltiruvchi gorizontal	Eziluvchan	—	—	40

*jadvalning davomi*

1	2	3	4	5	6
29	Yo'naltiruvchi gorizontal	Eziluvchan	—	—	100
30	Yo'naltiruvchi gorizontal	Eziluvchan	—	—	—
31	Yo'naltiruvchi gorizontal	Eziluvchan	—	—	110

## 2-AMALIY MASHG'ULOT

### MOYLASH MATERIALLARINING O'RINDOSHLARINI ANIQLASH

**Ishning maqsadi:** Qo'llanish miqyosi oshib borayotgan chet el texnologik mashina va jihozlari uchun tavsiya qilingan kamyob va qimmat moylovchi materiallarning o'rindoshlarini aniqlashni o'rganish.

**Nazariy qism:** O'zbekiston Respublikasi mustaqillikka erishganidan so'ng xalq xo'jaligining xalqaro iqtisodiy tizimga integratsiya jarayoni boshlandi. Bu jarayonning natijalaridan biri o'laroq turli rivojlangan mamlakatlarning turli-tuman mashina va jihozlarini korxonalariga olib kelish va foydalanish keng tus oldi. Yetakchi chet el firmalarining texnologik jihozlari ayniqsa, to'qimachilik sanoati va qishloq xo'jaligi kompleksida hozir keng miqyosda ishlatilmoqda. Bu mashina va jihozlarni ishlatish va texnik xizmat ko'rsatishning eng muhim jihatlaridan biri ularni moylashni va moy xo'jaligini tashkil qilishdir. Import texnologik jihozlarning ishlatish bo'yicha yo'riqnoma-malarida moylash nuqtalari, moylashning davriyligi va tavsiya qilingan moylash materiallarining turlari ko'rsatiladi. Tavsiya qilinadigan moylash materiallarini asosan G'arbiy Yevropa va Amerika kompaniya hamda firmalari ishlab chiqaradi. Ulardan mahsulotlari eng ko'p qo'llanadiganlari *Exxon, shell, Mobil, British, Petroleum (BP)* bo'lib ularning moylash materiallarini qo'llashni deyarli hamma yetakchi chet-el firmalari o'zlari ishlab chiqargan texnologik jihozlar uchun

tavsiya qiladilar. Masalan, G'arbiy Yevropada ishlab chiqariladigan moylovchi materiallarning 23 % Shell kompaniyasiga tegishli bo'lsa, BP - 14 %, Mobil - 9 %da Exxon - 8 % yoki bu to'rtta kompaniyaning ulishi 54 %ga teng. AQSHda ishlab chiqaradigan moylovchi materiallarning 23 %ni esa birgina Exxon kompaniyasi beradi [1].

Bu kompaniyalar ishlab chiqaradigan moylash materiallari ko'p hollarda qimmat bo'lishlaridan tashqari hamma vaqt ham topilavermaydi. Natijada, bu moylovchi materiallarni o'zimizda ishlab chiqariladigan moylovchi materiallar bilan almashtirish zarurati tug'iladi. Bu masalani hal qilish uchun avvalo, ishlab chiqaruvchi firma tavsiya qilgan moylash tizimi va moylovchi materiallar haqidagi ma'lumot bilan tanishish lozim.

Texnologik jihozlarning moylash kartalaridagi informatsiyadan foydalanish uchun avvalo ularda qabul qilingan texnik terminologiya, moylovchi materiallar tasnifi va turlanishi bilan biroz bo'lsa ham tanishib chiqish lozim.

2.8-jadvalda moylash masalalari bo'yicha eng asosiy texnik terminologiya besh tilda – o'zbek, ingliz, nemis, (olmon), fransuz va rus tillarida berilgan.

### Asosiy texnik terminologiya

*2.8-jadval*

O'zbekcha	Inglizcha	Olmoncha	Fransuzcha	Русча
Moylovchi material «Moylash» (operatsiyasi)	Lubricant Lubrication	Schmiermittel Schmierstoff Schmierung	Lubrificant Lubrification	Смазочный материал Оперсия «Смазка»
Moylamoq Moylovchi yoq'	Lubricate Oil	Schmierem Ol	Lubrifier Huile	Смазывать Смазочное масло
Eziluvchisiz-moy	Grease	Fett	Graisse	Пластичная смазка
Moylash turi	Lubrication system	Schmieranlage	Systeme de graissage	Смазочная система

Endi eng ko'p tarqalgan moylash masalalariga doir inglizcha terminlarning tarjimai bilan tanishamiz:

Fluid	– suyuq
Semi-fluid	– yarim suyuq
Light	– yengil
Medium	– o'rtacha
Heavy	– og'ir
Extra heavy	– juda og'ir
Compound	– kompozitsion (qurama)
Cardium compound	– yuqori kovushqoq
Ball and roller bearing	– sharikli va rolikli podshipnik
Gear and actuator screw	– tishli va vintli uzatmalar
Wide temperature range	– haroratning keng intervali uchun
High temperature	– yuqori haroratli
Low temperature	– past haroratli
Generale purpose	– umumiy qo'llanish
Multipurpose	– ko'p maqsadli
Corrosion preventive	– konservatsion, yemirilishga qarshi
Extreme pressure (EP)	– qattiq tishlashib qolishga qarshi
Instrument	– asbobiy
Industrial	– sanoat (uchun)
Automotive	– avtomobil (uchun)
Aeronautical, aircraft	– aviatsion
Graphite	– grafitli

G'arbiy Yevropa va Shimoliy Amerikada ishlab chiqariladigan moylash materiallari yagona standartlash va turlash tizimiga ega emas. Ular ning moylash materiallarining markasi odatda firma nomi, material navining nomi (ko'p hollarda reklama maqsadida rasmiy qayd qilingan nom) (R), hamda harfiy va raqamiy indeksdan tuzilgan uning tasnifiy raqami yoki ba'zi bir muhim xususiyatlarni ko'rsatuvchi belgidan iborat bo'ladi.

Masalan, Shell firmasining moylari quyidagicha nomlanadi.

Vitrel – industrial yoki mashina yoq'ı carnea-industrial suyuq (veretennoe) vexile-to'qimachilik uchun, turbo-turbinallar uchun, macoma, tegule-gidravlik sistema uchun, valvato-silindrlar uchun, tellus-tishli uzatmalar uchun, dontax, sp: roxtransmission, avtomobil va dizel uchun, ralette-metal qirquvchi va to'qimachilik mashinalari va jihozlari uchun v.h.



Shell firmasining eziluvchan moylari navlarning nomlanishi quyidagicha: unedo, livono, blometa-antifikatsion (ishqalanishga qarshi) umum qo'llanishi uchun, nerib, olbide-yuqori harakatda umum qo'llanish uchun, alvauia-ko'p maqsadli, suvga chidamli va yuqori haroratda chidamli, borbatiq-grafitli, suvga chidamli, otino com pomponund, multilug-korservatsion, ya'ni saqlash uchun. Shu eziluvchan moylarning markalanishida ularning ezilishiga qarshilik ko'rsatish xususiyatining miqdori-penetratsiya soni kattaligi uchun shartli indeks bilan ko'rsatiladi. Bu indekslarning penetratsiya kattaliklari bilan bog'liqligi 2.9-jadvalda keltirilgan.

### Eziluvchan moylar penetratsiyasining indeksatsiyasi

2.9-jadval

t/r	indeks	t=25 <sup>0</sup> C dagi penetratsiya
1	0.0	400-430
2	0	335-385
3	1	310-340
4	2	265-295
5	3	220-250
6	4	175-205
7	5	130-160
8	6	85-115

*Misol:* Shell aluenta Eppreaser markalanishining ma'nosi shell firmasining suvga chidamli, yuqori haroratga chidamli, qattiq tishlashib qolishga qarshi qo'shimchali va penetratsiyasi 25<sup>0</sup>Cda 265-295 bo'lgan eziluvchan moyi.

Transmission yoq'lar ko'proq amerika avtomobil injenerlari klassifikatsiyasi SAE bo'yicha markalanadi. Bu klassifikatsiya bo'yicha barcha yoq'lar ularning 99<sup>0</sup>C haroratdagi kinematik qovushqoqliklari bo'yicha 6 navga - 4,2 mm<sup>2</sup>/S (SAE 75W)dan 43 mm<sup>2</sup>/S (SAE 250)gacha bo'linadilar.

### O'rinbosarlarni topish uslubi

Moylash materiallari o'rinbosarlarni topishda quyidagilar hisobga olinadi.

1. Tavsiya qilingan moylovchi materiallarning xususiyatlari to'g'risidagi ma'lumotlar.
2. Tavsiya qilingan moylovchi materiallarning namunalari borligi.
3. Mashina va jihozlarning ish sharoitlari.
4. Shunga o'xshash ishqalanish qismlarida moylash materiallarini ishlatish tajribasi.
5. Moylovchi materiallarning o'rindoshlari bo'yicha ta'minlovchi firma tavsiyalari.
6. Moylovchi materiallar xususiyatlariga qo'yiladigan alohida talablar.
7. Ishlab chiqarish sinovlari qo'yish imkoniyati borligi.

Moylovchi materiallarning o'rindoshlarini aniqlashni ikki bosqichda bajarish tavsiya qilinadi.

1. Birinchi bosqichda mashina va jihozlarning ekspluatatsiya va texnik xizmat bo'yicha xususiyatlari, moylash tizimi va tavsiya qilingan moylash materiallari bilan tanishiladi, zarurat va imkoniyat bo'lsa ta'minlovchi firmadan qo'shimcha ma'lumot so'raladi.

2. Ikkinchi bosqichda ko'rsatilgan texnik ma'lumotlar asosida o'tkazilgan tadqiqotlarning e'lon qilingan natijalari, korxonalaridagi ma'lum tajriba v.h. asosida moylash materiallarining o'rindoshlarini aniqlanadi.

Birinchi bosqichda imkoniyatga qarab firma tavsiya qilgan moylash materiallari namunalarini fizik, kimyoviy va ekspluatatsion xususiyatlarini laboratoriyalarda aniqlash ham mumkin. Bunday tadqiqotlar ekspress tahlil asboblari bilan jihozlangan ekspress laboratoriyalarda, korxonaning laboratoriyasida, neft mahsulotlari ta'minoti korxonalari va ITI maxsus laboratoriyalarida bajarilishi mumkin. Shuningdek, turli ishqalanish juftliklari uchun moylovchi material o'rindoshini tanlashda qovushqoqlikning zaruriy kattaligi hisobiy yo'l bilan aniqlanishi mumkin. Lekin moylovchi materialni faqat qovushqoqligi bo'yicha tanlash to'laqonli almashtirishni ta'minlamasligi ma'lum. Bu moylovchi materiallarning qattiq tishlashib qolishga qarshi, oksidlanishga qarshi, siltanishga qarshi, ko'piklanishga qarshi, emulsiyalanishga qarshi v.h. xususiyatlarining birontasining mos kelmasligi jihozlarining ishga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Ba'zi bir hollarda tavsiya qilingan moylar namunalarini maxsus sinov mashinalarida tekshirib ishlab chiqarish sharoitida sinab ko'rib ham o'rindoshlarini aniqlash mumkin. Lekin bunda uzoq vaqt hamda mehnat va mablag' sarfi talab qilinadi.

Ta'minlovchi firmalar tavsiya qilgan moylovchi materiallarning o'rindoshlarini aniqlashning eng oson yo'li hosil qilingan ishlab chiqarish tajribasi va o'tkazilgan tadqiqotlarning natijalari asosida almashtirish lozim bo'lgan moy yoki yoq'ning fizikaviy, kimyoviy xususiyatlari va maxsus ishlatilish xususiyatlari bo'yicha eng yaqin bo'lgan analoglarini aniqlashdir. Masalani bunday tarzda hal qilish uchun eng zarur bo'lgan ma'lumotlar quyida keltiriladi.

2.11-jadvalda Shell firmasi ishlab chiqaradigan asosiy moylovchi moylarning turlanishi va guruhlanishi, bu guruhlariga kiruvchi moylarning asosiy xususiyatlari, guruhdagi moylarning turlari va ularga fizik-kimyoviy va ekspluatatsion xususiyatlarning eng ko'pchiligi bo'yicha maksimal yaqin turuvchi O'zbekiston va MDH mamlakatlarida ishlab chiqariladigan moylarning turlari berilgan. Xuddi shunday ma'lumotlar Mobil, Exxon va British Petpolum (BP) kompaniyalarining moylovchi moylari uchun mos ravishda 2.12, 2.13 va 2.14-jadvallarda keltirilgan. 2.15, 2.16 va 2.17-jadvallarda o'xshash ma'lumotlar Vengriya, Polsha va Chexiya hamda Slovakiya mamlakatlarida ishlab chiqarilgan moylar uchun berilgan. 2.18-jadvalda esa mazkur to'rtta eng yirik kompaniya moylarning o'zaro almashinish imkoniyatlari to'g'risida ma'lumotlar keltirilgan. 2.19-jadvalda esa Shell, Mobil, Exxon va British Petpolum (BP) kompaniyalari va MDH mamlakatlarda ishlab chiqariladigan eziluvchan moylarning o'zaro almashinishi bo'yicha tavsiyalar keltirilgan.

### **Ishni bajarish tartibi:**

1. Yuqorida berilgan nazariy va uslubiy ko'rsatmalar bilan tanishish.

2. Oldin bajarilgan «Namunaviy ishqalanish juftliklari uchun moylash materiallari tanlash» amaliy ishida berilgan nazariy ma'lumotlar, moylovchi moylar va eziluvchan moylash guruhlari haqidagi ma'lumotlari qaytarib chiqish.

3. 2.10-jadvaldan o'qituvchi ko'rsatgan variant bo'yicha ta'minlovchi firma tavsiya qilgan moylovchi material turini aniqlang.

**Tavsiya qilingan moylovchi materiallar**

*2.10-jadval*

t/r	Moylar	Moylar
1	2	3
1	Vitwa oil 13	Unedo 1,2,3
2	Cownra oil 15	Livona 2,3
3	Vexilla oil 23	FD 1
4	Tellus oil 11	Albida 1
5	Tonna oil 20	Nereta 1
6	Turbo oil 27	Cuprina RA
7	Valvata (nassa) oil 178	Retinax A
8	Mocoma oil 27	Alvania EP1
9	Omala oil 37	Alvania EP2
10	Talpa oil 20	Alvania EPS
11	Velocite 33	Bargoule B№1
12	BB U-100	Graphited №3
13	DTE oil LC	Mobilux 1
14	DTE oil 11	Lorital №2
15	Mobilube c 80	Mobilgrease L-1
16	Telura S-38	Chassis H
17	Nito H 36	Andok B
18	Febi 3K43	Lidok EP1
19	Teresso 32	Fibrax 280
20	Expes	Ladex 1
21	Energol HP	Energrease C1
22	Energol HP3	Energrease N1
23	Energol EM50	Energrease HT1
24	Energol EM150	Energrease HT2
25	Energol EM550	Energrease L1
26	Energol CS550	Energrease L2
27	Energol TX40	Energrease L2-M
28	Energol TX50	Energrease L5-CP1
29	Energol CS40	Energrease EP1
30	Energol CS125	Energrease PR-EP2

4. 2.11, 2.12, 2.13-jadvallardan foydalanib variantingizda berilgan moyni O'zbekiston va MDH mamlakatlarida ishlab chiqariluvchi o'rin-doshlarini aniqlang.

2.11-jadvaldan foydalanib xuddi shu moyning boshqa yetakchi kompaniyalar Shell, Mobil, Exxon, va BP kompaniyalaridan uchtasi va O'zbekiston hamda MDH mamlakatlarida ishlab chiqaradigan o'rindoshlarini aniqlang.

**Shell firmasi va MDH chiqarilgan moylarning  
almashuvchanligi**

*2.11-jadval*

t/r		O'zbekiston MDH	moylar xarakteristkasi
1	2	3	4
1	Vitwe oil 13 21 27 29.31 33 37.137 41.69 72.73 75 79	I-8A, IGP-14 I-12A, IGP-14 I-20A, I-25A I-30A, IGP-30 I-40A, IGP-38 I-50A, IGP-49 I-70A, IGP-72 I-100A, IGP-91, IGP-114 IGP-152, IGP-182 P-28, Ps-28, цилиндровое 24	Ish sharoitlari qushimchali moy talab qilmaydigan turli qismlar uchun mo'ljallangan yuqori qovushqoqli legir-langan industrial moylar
2	Cawnea oil 15.19 21 27 28 31 33.35 41 51 69 72 73	I-8A, IGP-8 I-12A, IGP-14 I-20A, IGP-18 I-25A I-30A, IGP-30 I-40A, IGP-38 I-50A, IGP-49 I-70A, IGP-72 I-100A, IGP-91, IGP-114 IGP-125A IGP-182A	Tomchilab va pilikli moyla-nadigan podshipniklar uchun mo'ljallangan kompozitsiya-langan (qurama) industrial moylar
3	Vexilla oil 117 23,6 29 143 37,137 41 08,69	IGP-8 IGP-14 IGP-18 парфмерное IGP-30 trikol IGP-49, VNIINP-405 Turbinnoe 57 IGP-72	Ip va materialda moy dog'-larini yo'qotishga yordam beruvchi qushimchalari, to'-qimachilik jihozlari uchun industrial moylar

*jadvalning davomi*

1	2	3	4
4	Tellus oil 11 13 15 T-17, 117 21 23,923,25 T-27,27 127 123 29,927 33,143,945 137,937 145,41,945 69 71 72 75	IGP-4 IGP-8 IGP-8 AMG-10 гидровлическое R IGP-14 IGP-18 IGP-18 MG-20 гидровлическое A IGP-30, VNIINP-403 IGP-38 IGP-49 IGP-72 IGP-91 IGP-91 IGP-91, IGP-114 IGP-152, IGP-182	Oksidlanishga, orroziyaga, yeyilishga va ko'piklanishga qarshi qo'shimchalar bo'lgan sanoat jihozlari, qishloq xo'jalik mashinalari va transport vositalari gidravlik sistemalari, Sirkulatsion (aylanma) va karter moylash tizimlari uchun mo'ljallangan yuqori sifatli mineral moylar
Shell firmasi va MDH moylarining almashuvchanligi			
5	Tonna oil 20,27 33  R 41 72	INSP-20, IGSP-18 INSP-40 IGNSP-40, IGSP-37 INSP-65 INSP-110	Moylovchi yuzadan oqib tushishga qarshi qo'shimchali jihoz va transport vositalari, qishloq xo'jaligi mashinalari yo'naltiruvchilari va gidravlik sistemalari uchun mo'ljallangan siltanishga qarshi industrial moylar
6	Turbo oil 27 29 33 37 41	T22, Tp-22 T30, Tp-30 IGP-38 T46, Tp-46 Turbinnoe -57	Emulsiyalanishga qarshi xususiyatli qurama qo'shimchali yuqori tozalangan turbina moylar
7	Velvata (nessa)oil 178 179 181	ITP-200 цилиндровое 11 P-28, PS-28 цилиндровое 24 ITP-300 цилиндровое 50	Past tezlikli tishli uzatmalar va bug' mashinalari silindrlari uchun mo'ljallangan distilat (haydalgan) va kompaund (qurama) silindr moylari
8	Macoma oil 27 33 37 45,62,68	ISP-25 IRP-40, ISP-40 ISP-65	Og'ir yuklamalangan tishli uzatmalar uchun mo'ljallangan qattiq tishlashib qolishga qarshi qo'shimchali mineral moylar

1	2	3	4
	R 68,69 R 71,72,172 73 75,76 R 77,275 82, R82	IRP-75 IRP-150, ISP-110  ITP-200 ITP-300	
9	Tegula oil 27 31,37 68 72	ISP-25 IRP-40, ISP-40 IRP-75, ISP-65 IRP-150, ISP-110	Og'ir yuklamalangan tishli uzatmalar uchun mo'ljallangan qattiq tishlashib qolishga qarshi qo'shimchali mineral moylar
10	Dentax 80 90 140  250	TSp-10 TAp-15V, TAD-17i Для щелочных передач ITP-200 ITP-300	O'rta yuklamalangan uzatish qutilari, konussimon, chervakli va gipoidli uzatmalar uchun mo'ljallangan qo'shimchalarli yuqori tozalangan transmission yuklamalarda ishlatiladigan moylar
11	Spirox EP Heavy duty Heavy EP duty Heavy EP duty EP	TSp-10 TAp-15V, TAD-17i Для щелочных передач ITP-200 ITP-300	O'rta yuklamalangan uzatish qutilari, konussimon, chervakli va gipoidli uzatmalar uchun mo'ljallangan qo'shimchalarli yuqori tozalangan transmission yuklamalarda ishlatiladigan moylar
12	Omala oil 37 58 71,72,75 77,79 81	IRp-40, Kp-8 Irp-75, K-12 TAD-17i, K-19 ITP-200, K-28 ITP-300	Yuqori harorat va yuklamalarda ishlaydigan aylanma tizimlar hamda reduktorlar, havo kompressorlari silindrlari, sentrifugal uchun mo'ljallangan mineral moylar
13	Telpa oil 20 30 40 60	D-11, M-10B M-12GI, K-12 K-19 ITP-200, K-28	Yuqori harorat va yuklamalarda ishlaydigan aylanma tizimlar hamda reduktorlar, havo kompressorlari silindrlari, sentrifugal uchun mo'ljallangan mineral moylar

**Mobil firmasi va MDH moylarining almashuvchanligi**

2.12-jadval

Mobil	MDH	Mobil	MDH
1	2	3	4
Industrial yoq'lar Velocite 3 4 6 10 E S D C,cx	IGP-2 IGP-4 IGP-5, IGP-8 IGP-14 IGP-8 I-12A IGP-14 IGP-18	Compound AA BB DD EE,FF CC, 66	IRP-40, ISP-40 IRP-75, ISP-65 IRP-150, ISP-110 ITP-200 ITP-300
Rublex  200 300 400 600	I-20A I-40A, IGP-30A I-40A, IGP-38A I-70A, IGP-72A	Tishli uzatmalar uchun Movil dear 630,632 634 636	IRP-150, ISP-110 ITP-200 ITP-300
Vectra light	I-20A, IGP-18A	Gidravlik sistemalar uchun moylar	
		DTE oil 11 13,24 15,25 16,26 18,28 88,105	AMG-10, IGP-14 IGP-18 IGP-30 IGP-38 IGP-72 IGP-91, IGP-114
Vectra Medium	V-30A, IGP-30	Vec HLP9 16 25 36 49 68	IGP-6, IGP-8 IGP-30 IGP-38 IGP-49 IGP-72
Vectra Heavy medium	I-40A, IGP-38	Yo'naltiruvchilar uchun moylar	
		Vectra oil 1 2 3 4	INSP-20, INGSP-20 INSP-40, IGNSP-40 INSP-65 INSP-110



*jadvalning davomi*

1	2	3	4
Vactra Heary	I-50A, IGP-49	Vacuoline 1405 1409	IGNSP-20, IGSP-18 IGNSP-40, IGSP-38
Vactra Extra heary	I-70A, IGP-72	Turbina yoq'lari	
BB	I-100A, IGP-114	DTE light	
AA	I-152A, IGP-182	Medium	T22, TP-22
ETNASS light -Trikol, parfyuternos		Heary medium	T30, TP-30
2	IGP-38, INSP-40	Heary	T46, TP-46
3	IGP-72, I-70A		
4	INSP-100, I-100A		
Aylanma sistemalar uchun		Extra heary	IGP-72
DTE oil LC	IGP-30		
BB	K-12		
AA	K-19, K-19		
HH	K-28		
Tishli uzatmalar uchun		Trasmission moylar	
Mobilgeer 626 629	IRP-40, ISP-40 IRp-75, ISP-65	Mobilube GX80, EPW G90 Gx90, EP90 C140 Gx140, EP140 C250, C400 HD 80 HD 90	TSP-10  Tap-15V, TAD-17i X90, YeR90

**YeXXON firmasi va MDH moylarining  
almashuvchanligi**

*2.13-jadval*

YeXXON	MDH	EXXON	MDH
1	2	3	4
Industrial moylar		Gidravlik sistema va yo'naltiruvchilar uchun	
Telura S-38 Z-43	I-12A, IGP-14 I-20A, IGP-18	Febis K43  K-48 K-53	IGSp-18 IGNSp-20

1	2	3	4
		K-68 K-73	INSp-20 IGSp-38 IGNSp-40 INSp-40 INSp-65 INSp-110
Misot K-50 K-65 K-70	I-40A,IGP-38 I-70A,IGP-72 Usha	Turbina moylari	
		Teresso 32.43.45 47 52 55	T22, Tp-22 T30, Tp-30 T46, Tp-46 57
Gidravlik sistemalar uchun		Tishli uzatmalar uchun moylar	
Spinesso 28 32.22 34 35.36 38 41	IGP-2 IGP-4 IGP-6 IGP-8 IGP-14 IGP-18, IGSP-18	Pen-o-Led EP 1 EP 2 EP 3 EP 4, EP 5 EP 6	IRp-40,ISP-40 IRp-75,ISP-65 IRp-150,ISP-110 ITP-200 ITP-300
Teresso 65 85 100 120 140	IGP-72 IGP-91 IGP-114 IGP-152 IGP-182	Sparton EP 68 EP 150 EP 220 EP 460 EP 680	IRp-40,ISP-40 IRp-75,ISP-65 IRp-150,ISP-110 ITP-200 ITP-300
Nuto H36 H40 H44 H46 H54 H64	IGP-8 IGP-18 IGP-18 IGP-30 IGP-38 IGP-72	Transmission yoq'lar	
		Expec com- pound 80 90 140	TSp-10 TAp-15V,TAD-17i gipoid uzatmalar uchun
Escto 42.45 55 65	IGP-30 IGP-38, IGSP-38 IGP-72	Cear oil GX 80 GX 90 GX 140	TSp-10 TAp-15V, TAD-17i gipoid uzatmalar uchun ITP-200

**BRITISH PETROLIUM**  
 firmasi va MDH moylarning almashuvchanligi

2.14-jadval

British petroleum	MDH	Moylar xarakteristikasi
1	2	3
Energol HPO HP HP3 HP10 HP15 HP20  HP30 HP40, HP50 HP80	IGP-2 I-5A, IGP-4 I-8A, IGP-6, IGP-8 I-20A, IGP-18 I-25A I-30A, IGP-30 IGP-38 I-40A, I-50A, IGP-49 I-70A, IGP-72 I-100A	Yuqori tezlikli qismlar urchuqlar va boshqa to'qimachilik mashinalarining ishqalanish juftliklarida keng qo'llanishiga mo'ljallangan industrial moylar
Energol EM35, EM35C EM50 EM65, EM65C EM80 EM100 EM125, EM125C EM150	IGP-6, IGP-8 I-12A, IGP-14 I-20A, IGP-18 I-25A I-30A, IGP-30 I-40A, IGP-38 I-50A, IGP-49	Yuqori tezlikli va yuqori yuklamali qismlar urchuqlar va boshqa to'qimachilik mashinalarining ishqalanish juftliklarida keng qo'llanishiga mo'ljallangan industrial moylar
Energol EM200, EM250 EM300, EM425 EM550 C 200, C250 C300, C425 C550	K-12 K-19, KS-19 K-28, IGP-200 K-12 K-19, KS-19 K-28, IGP-200	Yuqori harorat va yuklamada ishlovchi aylanma tizimlar, havo kompressorlari silindrlari, reduktorlar uchun mo'ljallangan moylar
Energol TX40 TX50 TX65, TX60 TX100 TX150 TX250	I-5A, I-8A, IGP-8 I-12A, IGP-14 Parfyumer Trikol VNIINP - 406 I-100A, IGP-114	Yaxshi emulsiyalanuvchi, ip va matolarni ifloslanishini oldini oluvchi to'qimachilik jihozlari uchun mo'ljallangan moylar

1	2	3
Energol CS40 CS50 CS65  CS80 CS100 CS125	IGP-6, IGP-8 IGP-14 IGP-18, IGSp-18 i IGP-30, VNIINP-403 IGP-38, IGSp-38 IGP-49	Yuqori haroratda ishlovchi gidravlik va aylanma tizimlarga mo'ljallangan qo'shimchasiz mineral moylar
Energol S 150 S200 S300	IGP-65 IGP-72 IGP-91,IGP-114	Yuqori haroratda ishlovchi gidravlik va aylanma tizimlarga mo'ljallangan qo'shimchasiz mineral moylar
Energol HLP40 HLP50 HLP65 HLP80 HLP100 HLP125 HLP125 HLP175 HLP250 HLP300 HLP425	MGE-10A Gidravlik R Gidravlik A MG-30 IGP-38 IGP-49 IGP-72 IGP-91 IGP-114 IGP-125,IGP-182	Oksidlanishga qarshi xususiyatli va qotish harorati past, gidravlik tizimlar uchun mo'ljallangan moylar
Energol SHF48, SHF50 SHF60 SHF80, SHF100 SHF150 SHF200	IGP-14 IGP-18, IGSp-18 IGP-30 IGP-49 IGP-72	Haroratlarning keng diapazonida ishlovchi gidravlik tizimlar uchun mo'ljallangan yuqori qovushqoqli moylar
Energol NR10S NR20S NR60S NR80S	INSp-20, IGNS-20 INSp-40, IGNSp-40 INSp-65 INSp-110	Yo'naltiruvchilarni moylashga mo'ljallangan yuqori yuklamalar sharoitida sirpanib ishqalanishda tishlashib qolishga yo'l qo'ymaydigan qo'shimchali moylar
Energol NT 80 NT 100 NT 150, NT 200 NT 300	INSp-20, IGNSp-20 INSp-40, IGNSp-40 INSp-65 INSp-110	Yo'naltiruvchi va sirpanish podshipniklar uchun mo'ljallangan yopishqoqligi oshirilgan moylar

1	2	3
100ER 125ER 150ER 200ER 300ER 425ER 550ER 700ER	Irp-40, IGNSp-20  ISP-65 ISp -75 Irp-150, ISP-110 ITP-200  ITP-300	Yuqori yuklama va haroratlarda ishlovchi silindrik, konussimon, chervakli uzatmalar uchun mo'l-jallangan maxsus qo'shimchali moylar
Energol GR 1200EP GR 125XP GR 190XP GR 280XP GR 390XP GR 550XP GR 700XP	IRp-40 IRp-75 IRp-150, ISP-110 IRp-150, ISP-110 ITP-200 ITP-300	Yuqori yuklama va haroratlarda ishlovchi silindrik, konussimon, chervakli uzatmalar uchun mo'l-jallangan maxsus qo'shimchali moylar
Gearoil 80,80ER 90,90ER  140,140ER 250,250ER	TSp-10 TAp-15V, TAD-17i Gipoid uzatmalar uchun ITP-200 ITP-300	Past va o'rta yuklamalarda ishlovchi reduktor va tezlik qutilariga mo'l-jallangan transmission moylar
Energol TN65-NV TN80-NV TN100-NV TN125-NV TN150-NV TN200-NV TN550-NV	T22, Tp-22 T30, Tp-30 T30, Tp-30 T46, Tp-46 Turinnoa 57 K-12 K-28	Yaxshi emulsiya yo'qotuvchi xususiyatga ega, oksidlanishga, korroziyaga (yemirilishga) qarshi qo'shimchali turbina moylari
Energol ME200-SS ME200-SS ME200-S ME200-S SS700, SS700-S SS850, SS850-S SS1200, SS1500	Silindr 11 Usha  Silindrov OS24,P-28 Silindrov OS38,P-40 Silindrov OS52	Nam yoki bug' kondensati mavjud sharoitdagi podshipnik va yo'naltiruvchilar uchun mo'l-jallangan, hayvon yoki o'simlik qo'shimchali silindr moylari

## To'rtta eng yirik firmalar moylarining almashuvchanligi

*2.15-jadval*

Shell	Mobil	Exxon	BP
1	2	3	4
<b>Industrial moylar</b>			
Carnea oil, Virtea oil, Vexilla oil	Velocite oil, Vactra oil (from light till extra heavy, BB)	Telura, Milcot	Energol HP, EM, EM-C, TX, TXN
<b>Gidravlik sistemalar uchun</b>			
Tellus oil, Tellus T oil	DTE oil (11, 13, 15, ..., 105), Vac HLP	Spinesso, Nuto H oil, Teresso, Esstic oil	Energol HLP, SHF, CS
<b>Gidravlik sistema va yo'naltiruvchilar uchun</b>			
Tonna oil	Vacuoline oil, Vactra oil (1, 2, 3, 4)	Febis K oil	Energol HP-C, NT
<b>Turbina moylari</b>			
Turbo oil	DTE oil (from light till heavy)	Teresso (43 ... 56)	Energol TH-HB
<b>Tishli uzatmalar uchun</b>			
Macoma oil, Tegula oil	Compound oil, Mobilgear oil	Pen-o-Led EP oil, Spartan EP oil	Energol GR-EP, GP-XP
<b>Transmission moylar</b>			
Dentax, Spirax, Omala oil	Mobilube C, Mobilube GX	Gear oil GX, Expec compound	Gear oil, Gear oil EP
<b>Oq moylar</b>			
Ondina oil	—	—	Energol WM, WT
<b>Silindr moylari</b>			
Valvata oil, Nassa oil	Extra Hecla, Super Cylinder	Cylessa oil	Energol DC, DC-C, AC, AC-C, ME-CC, ME-CR
<b>Sirkulatsion sistemalar uchun</b>			

*jadvalning davomi*

1	2	3	4
Omala oil, Talpa oil	DTE oil (BB, AA, HH)	Nuray oil	Energol CS, GR- ER, GR-XP, EM
Past haroratlar uchun			
Clavus oil	Gargoyle artic oil	Zerice oil	Energol LPT, LPT- LF
Transformator moylari			
Diala oil	-	-	Energol JS
Motor moylari			
Rotella, Rimula, Melina, Talona, Alexia, Multigrade	Mobiloil special, Mobil Delvac, Mobiloil super, Mobilgard	Essolube HD, Extra motor oil, Estor D, HD, DX, Estor SR, SDX, Tro-Mar, Telora	Energol HD, DS, DD, JC-M, OE, CLO, Vanellus M

### Vengriya va MDH moylari almashuvchanligi

*2.16-Jadval*

VENGRIYA	MDH	VENGRIYA	MDH
Industrial moylar OX-6 OT-20 OT-30 G T-20 G T-40 G T-50	I-5A I-8A, IGP-8 I-12A, IGP-14 I-20A, IGP-18 I-30A, IGP-30 I-50A, IGP-49	Turbina moylari Ta-32K, Ta-32	T22, Tp-22 T30, Tp-30
Transmission moylar S-80 S-90 S-140 Nu-80 Nu-90 Nu-140	IRp-75, ISP-65 IRp-150, ISP-110 ITP-200 TSp-10 TAp-15V, TEp-15 ITP-200	Kompressor moylari K-45, KA-68 K-65, K-95, K-100 K-145, KA-200 KA-150	Kp-8 K-12 K-19, KS-19 Kp-K-19
Yagona moy YeNM	TAD-17i	Gidravlik moylar Hidro 20 Hidro 30 Hidro 45	IGP-18, T22 IGP-30, T30 IGP-49, T46 VNIINP-406

**Polsha va MDH moylarining almashuvchanligi**

*2.17-jadval*

POLSHA	MDH	POLSHA	MDH
1	2	3	4
Turbina moylari	T22, Tp-22	Gidravlik moylar	IGP-6, IGP-8
Ti-20	T30, Tp-30	Gidravlik	IGP-18, Tp-22
Ti-30	T46, Tp-46	10	IGP-30, Tp-30
Ti-40		20	IGP-49, Tp-46
		30	VNIINP-406
		60	
Industrial moylar		Transmission moylar	
Masinnoe 4 Z	I-5A, IGP-6	Transol 40	IRp-40,
8	I-8A, IGP-8	Transol 80	ISPi-40
10	I-12A, IGP-14	Hipol 10	TSi-10, IRp-75
16C	I-20A, IGP-18	Transol 130	ISP-65
26.4.3	I-25A, IGP-30,	Hipol 15	TAp-15V, Tep-15
6	I-30A	Hipol 30	IRp-150
40.6 Z	I-40A, IGP-38	PZ	ITP-300
11	I-50A, IGP-49	PL	AK-15
11	I-70A, IGP-72		ITP-200
15	I-100A, IGP-91		
	IGP-114		
Kompressor moylari		Silindr moylari	Silindr moylari
SP-6, SPU-46	Kp-8	SI-17	24
SP-10, SPU-100	K-12	CI-30	38
SD-18	K-19, KS-19	CI-40	52
		CI-50	O'sha
Urchuq uchun moylar	IGP-8		
Velol 19			



**Chexiya va MDH moylari almashuvchanligi**

2.18-jadval

ChEXIYa	MDH	ChEXIYa	MDH
1	2	3	4
Turbina moylari		Kompressor moylari	
OT-T3S OT-T4S OT-T5V	T22, Tp-22 T30, Tp-30 T46, Tp-46	K8 K12  K18 K28	K-12 K-12, K-19 G' 35 65 G' K-19, KS-19 K-28
Industrial moylar		Gidravlik moylar	
II, BI 12, V2 13, V4 14 15, V5 16 RO R2 R4, R4A R8	I-5A, I-8A I-12A, I-20A I-25A, I-30A I-40A I-50A I-70A IGP-2, IGP-4 Trikol IGP-38 IGP-72	ON-1 ON-3 ON-5  Transmission moylar OA-RR7 OA-RN12 OA-RR13  OAR19 OA-RR44 OA-RR80 OA-RR90 OA-RR90N	IGP-14, IGP-18 IGP-30, T30 IGP-38, IGSp-38  TSp-10, Irp-75 TA TAD-17i Tap-15V, Tep-15, TS-14,5, TAD-17i  ITP-30 TSp-10, Irp-75 Tap-15V, Tep-15 TS-145, TAD-17i

**Turli firma va MDH maylarining almashuvchanligi**

2.19-jadval

Shell	Mobil	exxon	BP	MDH
1	2	3	4	5
Udeo 1, 2, 3	Gargoyle B № 1,2,3 Mobilgrease AA № 1,2,3	Chassis H, L, Estan 1,2, 2R, 3	Energrease C1, C2, C3, GP1, GP2, GP3	Press- solidollar S va J
Livona 2, 3, FD 1, 2, 3	Greasrex D60, D61	Cazar K1, K2, K3	Energrease N1, N2, N3, PR1, PR2, PR3	Solidollar S va J

1	2	3	4	5
Barbatia 1, 2, 3, 4, 6	Graphited № 3	Van Estan 2, 3	Energrease C3-G, GP1-G, GP2-G, GP3- G, GP4-G	Grafitli (UssA)
Albida 1, 2, 3, 4, 5, Nerita 1, 2, 3, 4	Gargoyle 1200, 1201, Mobilgrease BRB1, BRB2, BRB3, BRB4	Andok B, BR, C	Energrease HT1, HT2, HT3, RBB2, RBB3	1-13 yoq'li, konstalin 1 i 2
Alvania 1, 2, 3, R1,R2,R3, RA, B, C, Cyprina 3, RA, Unedo 4, 5, 6, Retinax A	Gargoyle B № 4, 5, Mobilgrease AA № 4, 5, Mobilux 1, 2, 3	Chassis XX, Estan 4, 5 Beacon 2, 3 Lidok 1, 2 Multipurpo se L, M	Energrease L1, L2, L3, LS1, LS2, LS3, LD2, LD3, GP4, GP5	Litol - 24 Fiol - 1 Fiol - 2 Fiol - 3
Retinax AM, Alvania RS	Mobilgrease Special, Mobilgrease Super, Mobilplex Special	Beacon Q2, EP Moly 5, Multipurpo se Moly	Energrease L2- M, L21-M	Fiol - 2M, VNIINP- 242
Alvania EP1, EP2	Mobilux EP1, EP2, Mobilgrease Larital № 2	Beacon EP1, EP2 Lidok EP1, EP2	Energrease LS- EP1 LS-EP2	LS-1P
Alvania EP2	Sovarex № 1, 3, Mobilplex EP23, EP24, 47, 48	Fibrax 280, 280D Nebula EP1, EP2 Unirex EP1, EP2	Energrease HT- EP1 HT-EP2	Uniol - 1 BNZ - 4
Rhodina 1, 2, Corbula A, B, C, D	Mobilgrease L-1, L-2, L- 3, № 234	Fibrax 370, EP370, Ladex 1, 2, 2HPF, P2	Energrease PR- EP1 PR-EP2	Uniol - 2

*jadvalning davomi*

Blameta 00, 06 Unedo 0, Simnia 0, Alvania EPSO, Darina 0	Mobilux EP0, EP023 Mobiplex 0, EP0, Mobiltemp 0, Gargoyle 1200 W	Lidok 0, EP0, Nebula EP0, EP6F, Estan 0, firmax 0, Ladex 0	Energrease HT0, N0, HT-EP00, NC0, FG-00- EP	SIATIM- 208 Transol - 200
Aeroshell 6, 14	Mobilgrease BRB Zero	Lotemp Moly, Beacon P- 290	Energrease LQ1, LT2, Aerogrease 33	SIATIM- 201 SIATIM- 203
Darina 1, 2, R2, Catapult FR, Aeroshell 5, 15A, Silicone	Mobiltemp 1, 2, 78, Hightemp № 2 Mobilgrease 24, 523, Mobiltemp SHC 100	Norva 275, Andok 260, Unirex 2, 3, N, Beacon 265, Equicalor 500	Energrease HTB, HTG2 Silicone HTS2, HTS25, Aerogrease 35	SIATIM- 221
Cardium Compound A, C, D, E, F, G, H	Mobiltac A, C, D, E, F Dorcia 30	Surett N5K, N26K, N80K, N270K, N700K	Energrease GG, GR1, GRS 260	OZP - 1
Aeroshell Compound 05, Ensis Compound CA, CB, CC	Mobil-Kote 334, 336, 338	Parmo 60, 62, 70, Pust-Ban 324, 326, 328	Energrease CPC 41 Petroleum Jelly PA2, PA5, PY3, PY4	Pushechnay a

## 2-LABORATORIYA ISHI

### MOYLAR QOVUSHQOQLIGINING HARORATGA BOG'LIQLIGINI TEKSHIRISH

**Ishning maqsadi:** Moylar qovushqoqligining ishchi haroratga qarab o'zgarishini aniqlash.

**Kerakli asbob va uskunalar:**

1. Tekshiriluvchi moy namunasi — 20—50 g.
2. Kapillar viskozimetr VPJ - 4. AKL 2 842 1 ta.
3. Termometr—1 ta.
4. Vizkozimetr tushiriladigan idish-1 ta.
5. Elektroplitka yoki spirtovka.
6. Sekundomer - 1 ta.
7. Aviatsiya benzini 100 g efir 50 g, distillangan suv 200, xromli aralashma 50 g, rektifikatsion spirt (aseton) 100 g.
8. Havo so'ruvchi vosita.

**Nazariy ma'lumotlar**

Moylovchi materiallar ishchi xarakteristikalaridan muhimi ularning qovushqoqligining haroratga bog'liqligidir, chunki ayni bir moyning o'zi turli ishchi haroratlarda turli qovushqoqlikka ega bo'ladi. Vaholanki, moylarning qovushqoqligi to'g'risidagi ma'lumotlar, hujjatlar va texnik adabiyotlarda normal haroratda beriladi. Ishqalanish juftligidagi moyning moylash xususiyatlariga baho berish uchun ularning haroratga qarab o'zgarishini bilishning amaliy ahamiyati shundan kelib chiqadi. Bunday baho berish uchun moyning qovushqoqligini haroratning turli kattaligida aniqlash zarur.

O'quv, ishlab chiqarish va ilmiy amaliyotda moylarning qovushqoqligini aniqlashning turli usullari qo'llaniladi.

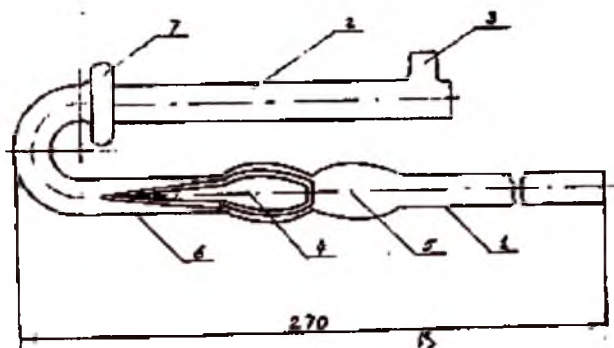
Ularning eng sodda va ishonchli, shu bilan birga amalga oshirish oson bo'lgani Otosi usuli bilan fizika va gidravlika fanlari o'quv amaliyotida qo'llaniladi. Bu usulning asosiy kamchiliklari qatorida harakat tezligi doimiy bo'ladigan sohavi aniqlashdagi noaniqlikni, suyuq moylar uchun asbob kattaligi (balandligi), ishlatiladigan zo'l-dircha (sharcha) katta bo'lishi, suyuqlikning albatta tiniq bo'lishi lozimligini ko'rsatish mumkin. Kapillar viskozimetr qo'llanganda yuqorida keltirilgan kamchiliklar chetlab o'tilishi mumkin. Bu qovushqoqligi va tiniqligi keng diapazonda o'zgaruvchi moylar bilan ish ko'rganda ahamiyatlidir.

VPJ—4 kapillar viskozimetr (2.10-rasm) U simon quvurcha ko'rinishida bo'lib uning o'ng tirsagi (1) ga kapillar (6) kavsharlab o'rnatilgan. Qovushqoqlikni o'lchash kapillardan ma'lum hajmdagi

moyning oqib o'tishi vaktini aniqlashga asoslangan. Viskozimetrning asosiy ko'rsatkichlaridan hisoblangan kapillarlarining diametri 0,52 mm va uzunligi 100 mm. Uzunligi va diametrining bunday katta nisbati deyarli barcha suyuqliklar qatori amalda ishlatiladigan moylar uchun Reynolds soni kafolatli tarzda 1000 dan ancha kichik bo'lishini va moyning kapillarlardagi oqimi albatta laminar bo'lishini ta'minlaydi. Bu esa uz navbatida quyidagicha ta'riflanadigan Puazeyl qonuni amal qilishini kafolatlaydi:

$$Q = \frac{4\pi r^4 \rho}{8\lambda \nu}$$

bu yerda,  $Q$  – moyning sarfi;  $r$  – kapillar radiusi;  $\lambda$  – uning uzunligi;  $\rho$  – moyning zichligi;  $\nu$  – moyning kinematik qovushqoqligi.



2.10-rasm. VPJ-4 markali moy qovushqoqligini o'lchash asbobi.

Keltirilgan ifodaning tahlili asosida suyuqlikning qovushqoqligini aniqlash uchun quyidagi ifodani olish mumkin:

$$\nu = c \frac{g}{9,807} t \quad (2.5)$$

bu yerda,  $t$  – moyning oqib chiqishi vaqti, sek;  $s$  - asbobning doimiysi.

Uning individual konstruktiv xususiyatlarini hisobga olgan holda tajriba yo'li bilan aniqlanadi va asbobning pasportida beriladi.

## **ISHNI BAJARILISHI**

1. Kapillar viskozimetr pasporti bilan tanishning va uning doimiy-sini aniqlang.

2. Viskozimetrni ishga tayyorlang. Buning uchun uni aviatsion benzin bilan yuvib efir bilan chayqang. Keyin viskozimetrni distillangan suv bilan yuvib, 5–6 soatga xromli aralashma quyib qo'ying. Keyin yana distillangan suv bilan yuvib kuriting. (Bularni ish o'tkaziladigan kundan bir kun oldin laborant bajaradi.). Viskozimetrni tez-roq tayyorlash uchun uni rektifikat spirt yoki aseton bilan yuvish mumkin.

3. Tajriba o'tkaziladigan idishga suv quyib elektroplitka ustiga qo'ying. Termometr yordamida suvning haroratini o'lchang.

4. Viskozimetrning yon quvurchasi 3 ga rezina shlang kiydiring. Keyin tirsak 2 og'zini barmoq bilan berkitib, viskozimetrni to'nkaring, tirsak 1 ni moy quyilgan idishga soling va rezina shlangdan biron yo'l bilan havoni suring. Buning uchun suv oqimi nasosi yoki har qanday boshqa so'ruvchi vosita ishlatilishi mumkin. Bunda moyda pufakchalar paydo bo'lishiga yo'l qo'yilmaslik kerak. So'ri-layotgan moy viskozimetrdagi M-2 belgidan o'tganda asbobni idish-dan chiqarib oling va tez normal tik holatga keltiring. Moy ortiqcha olingan bo'lsa, tirsak 1 dan chiqarib tashlang.

5. Viskozimetrni suvli idish-termostatga joylang va unda 15min. tutib turing. Bunda suvning harorati stabil bo'lishini kuzatib turing.

6. Tirsak 1 ga kengaygan joy B ning uchdan birigacha baland-likka moyni so'ring.

7. Tirsak 1ni havoga ochib moyning yuzasi meniskning M1 belgisidan M2 belgigacha tushish vaqtini sekundomer bilan o'lchang. O'lchashni 3 marta qaytaring va o'rtacha natijani aniqlang.

8. Formula 2 yordamida moyning qovushqoqligini hisoblang.

9. Olingan natijalarni 2.10-jadvalga yozing.

10. Tajribani moyning harorati 25, 50, 75, 80, 100°C bo'lganda qaytaring va natijalarni 2.10-jadvalga yozing.

11. Moy qovushqoqligining haroratga bog'liqligini ko'rsatuvchi grafik chizing.

t/r	Harorat	MOYning oqish vaqti, sekund				Qovush-qoqligi
		1-o'lchash	2-o'lchash	3-o'lchash	O'rtacha	

### 3-LABORATORIYA ISHI

#### SIRPANISH PODSHIPNIGINI ISH REJIMI XARAKTERISTIKASINI ANIQLASH

##### 1. Ishning maqsadi:

Sirpanish podshipnigi ish rejimi kritik xarakteristikasi va podshipnikning puxtalik koeffitsiyentini aniqlash.

##### 2. Kerakli asbob uskunalar:

1. Sirpanish podshipnigi.
2. Mikrometr.
3. Nutromer.
4. Shtangensirkul.

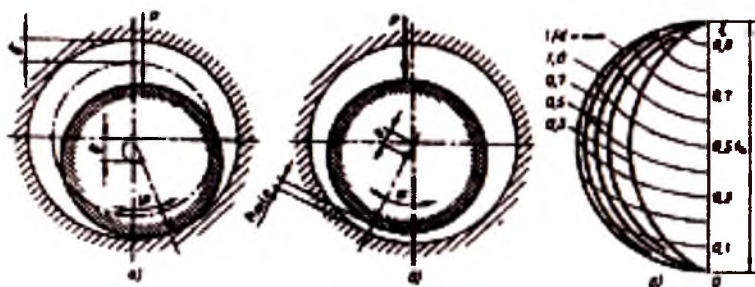
##### 3. Nazariy qism:

Sirpanish podshipnigi ishlaganda val va podshipnik yuzalari eng yaqinlashgan joyida ular yuzasidagi notekisliklarning podshipnik ish rejimidagi mumkin bo'lgan o'zgarishlar (yuklama ortishi, aylanishlar sonining kamayishi, qiziganda moy qovushqoqligining pasayishi) valning podshipnikda qiyshayishi, val va podshipnik elastik deformatsiyalari natijasida bir-biriga tegib ketishiga yo'l qo'ymaydigan kattalikda bo'lishi kerak.

Nisbiy eksentritsitet deb val va podshipnik o'qlari orasidagi masofaning radial tirqishga nisbatiga aytiladi (2.12-rasm, a, b).

$$\varepsilon = \frac{l}{\delta} = \frac{2l}{\Delta} \quad (2.6)$$

bu yerda,  $\Delta = 2\delta$  – diametral tirqish.



2.12-rasm. Podshipnikda val-vtulka juftligining joylashish chizmasi.

Moy qatlami nisbiy qalinligi deb val va podshipnik yuzalari bir biriga eng ko'p yaqinlashgan joydagi moy qatlami qalinligining radial tirqishga nisbatini aytiladi:

$$\xi = \frac{h_{\min}}{\delta} = \frac{2h_{\min}}{\Delta} \quad (2.7)$$

$h_{\min} - k\delta - e$  ekanligidan:

$$\xi = \frac{\delta - e}{\delta} = 1 - \varepsilon \quad (2.7 a)$$

Valning podshipnikda siljishi (aylanish emas) traektoriyasi (2.12 b) rasmda ko'rsatilgan. Agar  $1/\delta = \infty$  bo'lsa, traektoriya to'g'ri yarim aylanaga (Gyumbel yarim aylanasi) aylanadi.

Nisbiy eksentritsitet va moy qatlamining minimal qalinligi  $\xi = 1 - \varepsilon$  o'lchamsiz Zommerfeld soni va podshipnik uzunligining diametriga nisbati orasidagi funksional bog'lanish quyidagicha ifodalanadi [11]:

$$S_0 = \frac{\eta\omega}{k\psi^2} \quad (2.8)$$

bu yerda,  $\eta$  - moyning dinamik qovushqoqligi, Pa S;  $\omega$  - burchak tezligi, rad/sek;  $k$  - podshipnik ko'taruvchi yuzasi birligiga bo'lgan

yuklama, Pa;  $\psi$  - nisbiy tirqish  $\left(\psi = \frac{\Delta}{d}\right)$ .



Ba'zi adabiyotlarda Zommerfeld soni deb teskari kattalik, ya'ni

$$S_0 = \frac{k\psi^2}{2\omega} \text{ ni aytiladi. Moy qatlami nisbiy qalinligi va Zommerfeld}$$

sonining  $1/d$  turli kattaliklardagi bir-biri bilan bog'lanishlarining nazariy grafiklari 2.13-rasmda keltirilgan bo'lib, tajribada yuqori aniqlikda tasdiqlangan. Rasmda chap tomonda  $\xi$  va o'ng tomonda  $\varepsilon = 1 - \xi$  kattaliklari berilgan.

Podshipnik konstruktiv tuzilishi va ishlatiladigan moy turi bo'yicha  $\eta, \omega, k, \psi$  larni bilgan holda berilgan  $1/d$  nisbat uchun  $\xi$  kattaligini va moy qatlami minimal qalinligini (mikron) quyidagi ifodadan topish mumkin:

$$h_{\min} = 0,5\xi\Delta = 0,5 \cdot 10^3 \xi\psi d \quad (2.9)$$

bu yerda:  $d$  — podshipnik diametri, mm.

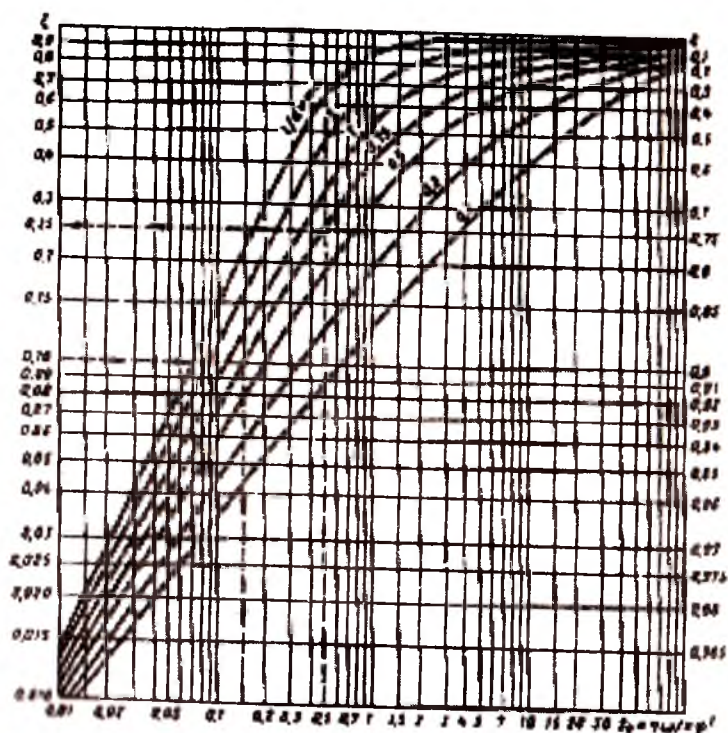
Podshipnikka bo'lgan solishtirma yuklama  $k = P/d$ . Zommerfeld soni  $S_0$  kattaligiga teskari proporsional va quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$k = \frac{1}{S_0} \cdot \frac{\eta\omega}{\psi} \quad (2.10)$$

2.13-rasmdagi garafikdan ko'rinishicha  $S_0$  kichik bo'lgan sohada  $S_0$  va  $\xi$  orasida to'g'ri proporsionallik mavjud. Bu podshipniklarning ustuvor ishlash sohasi bo'lib bunda val har bir rejim uchun xos bo'lgan muvozanat holatini o'z-o'zidan egallaydi.

2.13-rasmdagi grafiklardan ko'rinishicha Zommerfeld sonining qiymatlari  $S_0 = 0,5 - 2,0$  bo'lganda va  $1/d$  nisbat katta bo'lganida  $\xi$  chiziqlar egilib, deyarli gorizontol holatga o'tadilar. Bunda  $\xi$  qiymatlari birga yaqinlashib, podshipnikning yuk ko'tarish qobiliyati pasayadi va  $S_0 \rightarrow \infty$  holatda nolga intiladi. Ish rejimi o'zgarganda val markaziy holatga yaqin holatni saqlaydi va Gyumbol yarim aylanasi bo'ylab siklik tebranadi. Agarda  $1/d$  nisbat kichik bo'lsa chiziqlarning egilishi  $S_0$  ning kattaroq qiymatlarida yuz beradi (masalan,  $1/d = 0,5$  bo'lsa -  $S_0 = 2 - 10$  bo'lganda), bundan nisbatan

kattaroq podshipniklar ish rejimining kengroq diapozonda ustuvor ishlashi kelib chiqadi.



2.13-rasm. Podshipnik qismida Zommerfeld soni qiymatlarini aniqlash.

Amaliy maqsadlarida podshipnik ish rejimining quyidagi xarakteristikasidan foydalanish qulay:

$$\lambda = \eta \frac{n}{k} \quad (2.11)$$

bu yerda,  $\eta$  – moyning dinamik qovushqoqligi, Pa S;  $n$  – aylanish soni,  $C^{-1}$ ;  $k$  – solishtirma yuklama, Pa.

Ma'lumki  $n = \frac{\omega}{2\pi}$ ,

Bunda  $\frac{\eta n}{k}$  va  $\lambda = \frac{\eta n}{k}$  ifodalari o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$\lambda = \frac{\eta n}{k} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{n\omega}{k} \quad (2.12)$$

$$\frac{n\omega}{k} = 2\pi\lambda \quad (2.13)$$

Podshipnik ish rejimi ko'rsaikichlari  $\frac{\eta n}{k}$  omilining son qiymati bilan belgilanadi. Masalan, rejim xarakteristikasining yuqori qiymatlariga moy qovushqoqligi va aylanish soni  $n$  ning ko'paytirish yo'li bilan ham nisbiy yuklama  $k$  ni kamaytirish yo'li bilan ham erishish mumkin.

Podshipnik ish rejimining kritik xarakteristikasi deb  $\lambda$  ning shunday qiymatini aytiladiki, unda moy qatlamining minimal qatlami shunday kamayadiki, val va podshipnikning notekisliklari bir-biriga tegadi va ishqalanish koeffitsiyenti birdan oshib ketadi. U holatda suyuq moylanish o'rnini yarim suyuq moylanish oladi. Moy qatlamining suyuq moylanish o'rniga yarim suyuq moylanish paydo bo'ladigan qalinligi kritik qalinlik  $h_{kp}$  deyiladi.

Kritik qalinlik  $h_{kp}$  ning qiymati yaxshi tayyorlangan silliq va biki podshipnik va vallar uchun o'rtacha 5–10 mkm bo'ladi.

Agar  $h_{kp}$  ma'lum bo'lsa, (2.7) tenglama bo'yicha  $\xi$  ning mos qiymatini bilish va so'ng 2.13-rasmdagi diagrammadan Zommerfeld soni va podshipnik ish rejimi kritik xarakteristikasi  $S_{0kp}$  va  $\lambda_{kp}$  larni topish mumkin.

Podshipnikning puxtalik koeffitsiyenti deb uning ishchi xarakteristikasining kritik xarakteristikasiga quyidagi nisbatini aytiladi:

$$\chi = \frac{\lambda}{\lambda_{kp}} = \frac{S}{S_{0kp}} \quad (2.14)$$

Bu kattalik birdan katta bo'lishi kerak. Puxtalik koeffitsiyenti  $\chi$  qancha katta bo'lsa podshipnik ish rejimining yarim suyuq moylash

sohasiga o'tib qolish xavfi shuncha kamayadi. Masalan,  $\chi = 5$  bo'lsa, podshipnik yarim suyuq moylash sohasiga o'tishi uchun moyning qovushqoqligi 5 marta kamayishi yoki podshipnikka yuklama 5 marta ortishi kerak.

Podshipnik kritik xarakteristikasi va podshipnikning puxtalik koeffitsiyentini aniqlashga misol keltiramiz.

Aytaylik  $d = 100$  mm,  $l = 75$  mm,  $P = 40$  KN,  $\varphi = 0,001$  (diametral tirgish  $\Delta = 100$  mkm):  $n = 100$  ayl/min,  $n = 100$  ayl/min Pa S bo'lsin. Unda solishtirma yuklama:

$$k = \frac{P}{ld} = \frac{40 \cdot 10^3}{100 \cdot 75 \cdot 10^{-6}} = 5,35 \quad \text{MPa}.$$

Ish rejimi xarakteristikasi:

$$\lambda = \frac{\eta v}{k} = \frac{25 \cdot 10^3}{5,35 \cdot 10^{-6} \cdot 6} = 7,8 \cdot 10^{-8}.$$

Zommerfeld soni:

$$S_0 = 2\pi \frac{\lambda}{\psi^2} = 2\pi \frac{7,8 \cdot 10^{-8}}{10^{-6}} = 0,5.$$

2.13-rasm bo'yicha (shtrix chiziq)  $l/d = 0,75$  uchun topamiz  $\xi = 0,25$ .

Moy qatlamining minimal qalinligi (2.9) formulaga binoan

$$h_{\min} = 0,5 \cdot 10^3 \cdot \xi \cdot \psi \cdot d = 0,5 \cdot 10^3 \cdot 0,25 \cdot 0,001 \cdot 100 = 12,5 \text{ mkm}.$$

Aytaylik moy qatlamining kritik qalinligi  $h_{kp} = 5$  mkm bo'lsin.

Unda  $\xi$  ning kritik qiymati (2.7) formula bo'yicha:

$$\xi_{kp} = \frac{2h_{\min}\varphi}{\Delta} = \frac{2,5}{100} = 0,1.$$

2.13-rasmdagi diagrammada shu nuqtadan gorizontaal to'g'ri chiziq o'tkazib  $l/d=75$  egri chizma bilan kesishish nuqtasida

Zommerfeld soni kritik qiymatini topamiz:

$$S_{0kp} = 0,15$$

Puxtalik koeffitsiyentini (2.12) formula bo'yicha topiladi:

$$\chi = \frac{S_0}{S_{0kp}} = \frac{0,5}{0,15} = 3,3.$$

#### **4. ISHNI BAJARISH TARTIBI**

1. 2.11-rasmda keltirilgan. laboratoriya qurilmasidan sirpanish podshipnikni ajratib oling (laborant bajaradi).

2. Podshipnik va val sapfasi diametrlari va uzunliklarini o'lchab oling.

3. Podshipnikni o'rniga o'rnating (laborant bajaradi).

4. O'qituvchidan podshipnikka radial yuklama  $P$ , podshipnikning aylanishlar  $n$  soni va moyning dinamik qovushqoqligi  $\eta$  moy qatlami kritik qatlami  $hk_p$  qiymatlarini oling (har bir talabaga alohida qiymatlar 2.21-jadval bo'yicha beriladi).

5. Solishtirma yuklamani (2.10) formula bo'yicha hisoblang.

6. Ish rejimi xarakteristikasini toping (2.14 formula bo'yicha).

7. Zommerfeld sonini hisoblang (2.8 formula bo'yicha).

8. 2.13-rasmdagi diagramma bo'yicha kattalikni toping ( $1/d$  qiymati bo'yicha).

9. Moy qatlami minimal qalinligini hisoblang (2.9 formula bo'yicha).

10. Moy qatlami qalinligi kritik qiymatini hisoblang (2.7 formula bo'yicha).

11. Diagramma bo'yicha Zommerfeld soni kritik qiymatini toping.

12. Podshipnikning puxtalik koeffitsiyentini toping (2.14 formula bo'yicha).

Sirpanish podshipnik puxtalik koeffitsiyentini  
hisoblash uchun ma'lumotlar

2.21-jadval

t/r	Radial yuklama R, kN	Aylanishlar soni $n$ , ayl/min	Moy dinamik qovushqoqligi $\eta \cdot 10^3$ Па S	Moy qatlamini kritik qalinligi $h_{kp}$ mkm
1	20	500	16	3
2	25	600	18	4
3	30	700	20	5
4	35	800	22	6
5	40	900	25	7
6	50	1000	28	8
7	60	1100	32	9
8	70	1200	35	10
9	80	1300	38	8
10	90	1400	40	6
11	100	1500	50	4
12	20	1750	20	3
13	25	2000	22	5
14	30	2250	24	7
15	35	2500	26	9
16	40	2750	28	11
17	50	3000	31	12
18	60	2800	34	10
19	70	2600	38	8
20	80	2400	45	6
21	90	2200	48	4
22	100	2000	55	5
23	20	1900	18	7
24	25	1800	19	9
25	30	1600	20	11
26	35	1500	23	10
27	40	1400	27	8
28	50	1300	29	6
29	60	1200	31	4
30	70	1100	33	7

### III bob. TUTASH SIRTLARNING ISHQALANISHI VA YEYILISHI

#### 3.1. MASHINA DETALLARINING ISHQALANISH VA YEYILISH TURLARI

Tutash detallar bir-biriga dumalab, sirpanib yoki dumalab-sirpanib harakatlanishi mumkin. Detallarning nisbiy harakatlanishiga ularning tutash sirtlarida hosil bo'ladigan ishqalanish kuchi qarshilik qiladi. Agarda ishqalanish kuchi detallarni harakatlantiruvchi kuchdan kam bo'lsa harakatdagi ishqalanish kuchi ( $f_x$ ), teng bo'lsa tinch holatdagi maksimal ishqalanish kuchi ( $f_m$ ), katta bo'lsa tinch holatdagi ishqalanish kuchi ( $f_T$ ) deb ataladi. Aslida tutash detallarni nisbiy harakati to'liq yuz bergunga qadar ishqalanish kuchini tutash sirtlarning bir-biriga ilashish (mikrodeformatsiyalanish) kuchi deb atash ma'qulroq. Ya'ni sirtlarning tinch holatda turgan vaqtdagi ilashish kuchi maksimal qiymatga ega bo'lib, mikrotsiljishlar boshlanishi bilan kamayib boradi va detallarning nisbiy harakati to'liq boshlang'ich minimal qiymatga erishib, harakatdagi ishqalanish kuchiga aylanadi. Miqdor jihatidan  $f_x < f_T < f_m$ .

Tutash sirtlar orasidagi moylash materialining qalinligiga qarab moysiz, chegaraviy moyli va kafolatlangan moy qatlamli ishqalanish turlari mavjud.

Tutash sirtlar orasidagi ishqalanish kuchining miqdori antifriksion qismlarda ijobiy, friksion qismlarda salbiy ahamiyatga ega. Tutash detallarning ishqalanishi natijasida ularning sirtlari yeyiladi. Detal sirtlarining yeyilishi antifriksion va friksion qismlarning barchasida salbiy omil hisoblanadi. Detal sirtining yeyilishi mashinaning ish resursi, ishga yaroqliligi, ish unumi va sifatining pasayishiga olib keladi. Shuning uchun har qanday ishqalanish qismida sirtlarning yeyilishi sur'ati va miqdorini kamaytirish kerak.

Detallarning nisbiy harakatida ularning tutash sirtlarida hosil bo'ladigan ishqalanish kuchi va sirtlarining yeyilish mohiyatini o'rganish borasida olib borilgan ilmiy tadqiqotlar va gipotezalar asosida ishqalanish va yeyilishning turlicha nazariyalari yaratilgan. Bu nazariyalar mexanik, molekular, energetik yoki umumlashgan (mexanik-molekular) tamoyillarga asoslangandir. Ammo tutash sirtlarning ishqalanish va yeyilish jarayoniga juda ko'p omillar ta'sir etganligi sababli yuqoridagi nazariyalarning birontasi ham jarayonni to'liq va ishonchli ifodalab bera olmaydi.

Hozirgi vaqtda sirtlarning yeyilish jarayoni uchta hodisaga bo'lib o'rganilmoqda: ishqalanish sirtlarining o'zaro ta'sirlashishi; material tashqi qatlamida sodir bo'ladigan hodisalar; sirtning yemirilishi. Bu hodisalarni ma'lum ketma-ketlikda o'tadi deb hisoblash noto'g'ridir. Chunki bu hodisalar uzluksiz, qaytariluvchan va bir-biriga ta'sir ko'rsatuvchi hodisalardir.

**Sirtlarning o'zaro ta'sirlashishi** mexanik va molekular tamoyilli bo'lishi mumkin. Mexanik ta'sirlashish sirtlarning o'zaro kirishishi, notekisliklarning ilashishi va urilishi tarzida ro'y beradi. Molekular ta'sirlashish sirtlarni adgeziyalanishi va yopishishi ko'rinishida namoyon bo'ladi. Adgeziyalanish sirtlarning nisbiy harakatiga qarshilik qilibgina qolmasdan sirdagi materialning yulib olinishiga ham sabab bo'lishi mumkin. Sirtlarning yopishib qolishi faqat materialga xos bo'lib, adgeziyadan yopishishning kuchlilik bilan farq qiladi. Molekular ta'sirlashish sirtlarning mexanik botib kirgan uchastkalarida, moy qatlami buzilgan joylarida ham sodir bo'ladi.

**Ishqalanish sirtlaridagi o'zgarishlar** deformatsiyalanish, haroratning ko'tarilishi va tashqi muhitning kimyoviy ta'siri oqibatidir.

Deformatsiyalanish ta'siridagi o'zgarishlar quyidagilardan iborat:

1. Ko'p marta takrorlanuvchi elastik deformatsiyalanishda dumalash sirtlarining toliqishi, sirpanish sirtlarining titilishi.
2. Plastik deformatsiyalanishda material tashqi qatlam tarkibining o'zgarishi va buzilishi.
3. Past haroratdagi plastik deformatsiyalanishda tashqi qatlamning mustahkamlanishi, shu qatlam sirtida mikroqattqlikning biroz kamayishi.



Turli qattqlikdagi materiallar tutashganda va takrorlanuvchi yuklanish ostida dastlab yumshoq joylarining tez yeyilishi oqibatida yuklama ortib, ularning parchalanishi.

Haroratning ko'tarilishi natijasida o'zgarishlar quyidagilardir:

1. Sirtidagi harorat metallning rekristallanish temperaturasidan ortganda sirtning yumshab silliqqlanishi.

2. Yuqori haroratli plastik deformatsiyada diffuzion jarayonlar boshlanib sirtning ba'zi bir elementlar (masalan, uglerod) bilan to'yinishi.

3. Mahalliy (lokal) harorat jadal suratda ko'tarilib, so'ng atrof-muhit harorati keskin soviganda tegishgan joyni toblanishi.

4. Yuqori harorat plastik deformatsiya va tarkibiy o'zgarishlar ta'sirida materialning kuchlanib titilishi.

5. Yuqori harorat va yuklama ostida joylar urilganda magma-plazmani hosil bo'lishi va ishqalanish jarayoni elektronlar emissiyasi bilan birgalikda o'tishi.

Muhitning kimyoviy ta'siri quyidagilardir:

1. Yeyilish natijasida ochilgan toza metall sirtlarda oksid pardalari hosil bo'lishi.

2. Metall sirtlarni moydagi kimyoviy faol qo'shimchalar bilan ta'sirlanib sirtiga parda qoplanishi.

3. Yuqori haroratda moyning parchalanishi natijasida sirtning uglerod bilan to'yinishi.

4. Agressiv suyuqlik va gazlar, ayniqsa vodorod ta'sirida sirtlarning yeyilish sur'atining ortishi.

Ishqalanish sirtining yemirilish ko'rinishlari quyidagilar:

1. Mikroqir qilish — qattiq abraziv zarra yeyilish mahsuloti ishqalanish yuzasiga yetarlicha chuqurlikda botganda sirtni nisbiy harakatda qir qilishi.

2. Plastik surilish — sirtga botib kirgan uchastka yoki abraziv zarra sirpanayotganda yumshoq sirtni oldinga va ikki yon tomonga surishi va tirnalganga o'xshash iz qoldirishi.

3. Qatlamlanib ko'chish — plastik surilgan materialning sirtidan ajralishi.

4. Uvalanish — sirtidagi qatlamni ko'p sonli o'zgaruvchan deformatsiyalanishi natijasida toliqishidan yemirilishi.

5. Chuqur yo'linish — nisbiy harakatlanayotgan sirtlarning molekular bog'lanish kuchi material mustahkamligidan katta bo'lganda bo'shroq material sirtining yulinib qattiqroq sirtga o'tishi.

Yuqorida ta'kidlaganimizdek, ishqalanish va yeyilish nazariyalari-ning hozirgi holati mashinalarning ishchanlik qobiliyatini aniq hisoblash imkoniyatini bermaydi. Shuning uchun ma'lumotlardan foydalanishdan tashqari natural ko'rinishdan sinovlar o'tkazib so'ng aniqroq bir fikrga kelish kerak. Tutash sirtlardagi ishqalanish va yeyilish jarayonlarini o'rganish borasida hali yechilmagan muammolar mavjud bo'lib, ularni ijobiy hal etish juda katta iqtisodiy samaralar beradi.

### **3.2. ISHQALANISH SIRTLARINI ABRAZIV MUHITDA YEYILISHI**

Bunday yeyilish ishqalanuvchi detallar sirtqi qatlamlari yemirilishining eng oddiy turi bo'lib, detal sirtidan mayda qirindilar uzluksiz yo'nilib chiqishi natijasida yuz beradi. Bunday yo'nilish qotishmalarini tashkil qiluvchi ayrim moddalarning qattiqligi va ashyo zarralari yoqlarining qattiqligi har xilligi, shuningdek, ishqalanish jarayonida yuqori qattqlikdagi yangi kimyoviy birikmalar (oksidlar) yuzaga kelishi va ishqalanuvchi sirtlar orasiga tashqaridan begona qattiq jismlar tushib qolishi oqibatida sodir bo'ladi. Zarrachalardan yeyilish odatida, yeyilishning boshqa turlariga nisbatan jadalroq kechadi. U qishloq xo'jaligi mashinalarining ish organlari hamda traktor va avtomobillarning ko'pgina detallari uchun xosdir.

Zarralari ancha qattiq va qirqish (tirnash) xususiyatiga ega bo'lgan tabiiy yoki sun'iy mineral, abraziv ashyo deb ataladi. Zarrachalardan yeyilish nisbiy harakat vaqtida detal sirtining qattiq zarralar bilan o'zaro ta'sirlanishi natijasida yemirilishdir. Bunday zarralarga quyidagilar kiradi: a) qo'zg'almaydigan bo'lib mahkamlanib qolgan, detal sirtiga nisbatan kichik burchak ostida urinma bo'ylab o'zaro ta'sirlashadigan qattiq zarralar (masalan, yumshoq antifriksion ashyolarning begona qattiq zarralar ta'sirida tirnalishi); b) detal sirti bilan o'zaro ta'sirlashuvchi mahkamlanmagan zarralar (chunonchi, yerga tashlab beruvchi mashinlar ishlayotganda tuproqdagi abraziv zarralar

va hokazo); d) tutash detallar tirqishidagi erkin zarralar; e) suyuqlik yoki gaz oqimi bilan birga kiradigan erkin abraziv zarralar.

Qishloq xo'jaligi, yo'l qurilishi, yuk tashish mashinalari va tuzilmalarning detallari, metallurgiya uskunolari, metall qirqish dastgohlarining qismlari, tayyorlar shassilari, gidravlik turbinalarning kuraklari, suv hamda bug' qozonlarining quvirlari, tutun so'rgichlarining kurakchalari, neft va gaz sanoatining burg'ulash uskunolari va boshqalar abrazivdan yeyiladi.

Zarrachalardan yeyilish jarayoniga abraziv zarralarning tabiati, muhitning holati, yeyilayotgan sirtlarning xossalari, qizish va boshqa omillar ta'sir ko'rsatishi mumkin. Sirt yemirilishining mexanik xarakteri abrazivdan yeyilish uchun umumiy tomondir.

Ishqalanuvchi sirtga tushib qolgan tuproq, ko'mir va boshqa narsalar, ishqalanuvchi sirdan mahkamlanib qolgan yoki parchalangan metall qirindi, oksid pardalari, qurum va yeyilish mahsullari, ayniqsa, qattiq tarkibiy qismlarning uvalangan zarralari zarrachalaridan yeyilishga sabab bo'ladi.

Agressiv muhitda jism yuzasi bir vaqtda sodir bo'ladigan ikki jarayon: korroziya va mexanik yeyilish ta'siri ostida yemiriladi.

Kimyoviy korroziya material kimyoviy korrozion material quruq gazlar yoki tok o'tkazmovchi suyuqliklar bilan tutashganda; elektrokimyoviy korroziya metall elektrolitlar (kislotalarning suvdagi eritmasi, ishqorlar, tuzlar, tuz eritmaları va hokazo) bilan tutashganda yuz beradi. Bunda ikkita anodli (metall atomlarining suyuqlikka ionlar tarzida bevosita o'tishi) va katodli (ortiqcha elektronlarning suyuqlik atom va ionlari bilan assimillatsiyalanishi) jarayonlarni kuzatish mumkin. Ishqalanish sohasida elektr toki hosil bo'ladi.

Ishqalanish natijasida ochilgan yuzalarni noagressiv muhitda hosil bo'ladigan pardalardan tirkibi o'zgacha bo'lgan pardalar qoplaydi.

Hosil bo'lgan pardalar oson ajralsa sirt yuzalar yopishishi, aksincha, yuzaga mustahkam yopishgan bo'lsa yeyilish sur'ati kamayishi mumkin.

Abraziv zarralar turli shakllarda va tutash sirtlarga nisbatan turli tomonlarga yo'nalgan bo'lishi mumkin. Abraziv zarraning sirtiga botib kirish xususiyati ular qattqliklarining nisbatlarigagina emas, balki zarraning geometrik shakliga ham bog'liq. Masalan, qavariq

sirtli yoki o'tkir qirrali zarra o'zidan qattiqroq jismning sirtiga hatto shikastlanmasdan qadalishi mumkin. Metallning o'zidan yumshoqroq zarralar ta'sirida yeyilishini shu bilan tushuntirish mumkin.

Agressiv muhitda ishqalanuvchi yuzalarning holatini ularning elektrod potentsiallari o'zgarishi bo'yicha aniqlash mumkin. Buning uchun ishqalanishdagi yuza potentsiali  $\varphi_I$  yuza pardadan tozalangan-da keyingi potentsiali  $\varphi_T$  bilan taqqoslanadi. Agarda  $\varphi_I \approx \varphi_T$  bo'lsa yuzadan parda ajraladi va tutash yuzalarning yopishib qolish xavfi mavjud. Agarda,  $|\varphi_I - \varphi_T|$  farq qancha ko'p bo'lsa parda shunchalik sirtini yaxshi himoya qiladi va yeyilish sur'ati kamayadi.

Korroziyon – mexanik yeyilish reaktorlar sentrofuga va separatorlarning zichlash halqalari va sirpanish podshipniklarida uchraydi.

Agressiv muhitda ishqalanib ishlovchi materiallar yuqori korroziyon bardoshlikka, yaxshi antifriksion xossalarga va yeyilishga chidamlilikka ega bo'lishi kerak. Korroziyon – aktiv muhitda materialning yeyilish tezligi yuzalarda pardalarning hosil bo'lishi va mexanik ta'sir ostida yemirilishi turli tezlik bilan kechishiga bog'liq bo'ladi. Qismning yeyilishga chidamliligini oshirish uchun agressiv muhitga ingibatorlar qo'shib yuzada passiv qatlam hosil qilish yoki korroziyaga yaxshi chidamli materiallardan foydalanish kerak. Umuman agressiv muhit ishqalanish yuzasini o'yishi, harorat esa korroziyani kuchaytirishi, nisbiy bosim va tezlikning oshishi o'z navbatida haroratni ko'tarishi, yuklama va abraziv zarralar miqdorining ortishi g'adir-budir notekisliklarning plastik deformatsiyalanishi, yopishishi va mikroqir-qilishiga sabab bo'lishi mumkinligini nazarda tutish kerak.

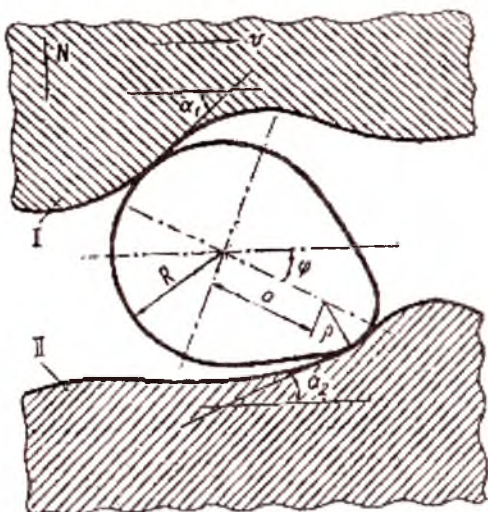
Agressiv muhitda yuqori legirlangan zanglamas po'latlar (14X17NCH, 20XVNCHG9, 12X18N10, 08X17N15M3T) yumshoq antifriksion materiallar (uglegrafitlar, plastmassalar) bilan hamda kam legirlangan korroziyaga bardoshli cho'yan (CHNXT) va qattiq qotishmalar (VK3, VK6) bir juftlikda yaxshi ishlaydi. Korroziyaga bardoshlilik va qattiqligini oshirish uchun barcha metall materiallarga termik ishlov beriladi, zanglamas po'latlarning yopishishiga moyilligini kamaytirish uchun sirtini azotlantiriladi yoki xromlanadi. Kimyo-

viy apparatlarda yuqori qattqlikdagi nomeniral material (silitsirlangan va borotsilitsirlangan grafitlar, kremniy karbidi mineralokeremika) lar ishlatiladi. Ular mo'rt va qiymat bo'lsa ham boshqa materiallarga nisbatan yeyilishga va korroziyaga chidamli bo'ladi. Masalan, yon to'skich va sirpanish podshipniklarda qo'llanilganda qismni yeyilishga chidamliligi 10–100 marta ortadi. Silitsirlangan grafitni ftorli, bromli, yodli, kuchli ishqor va kislotali muhitlardan boshqa har qanday agressiv muhitda qo'llash mumkin. Bunday materialli detalni tegishli markadagi g'ovakli grafitlardan mexanik ishlov yo'li bilan tayyorlab olgach suyuq kremniyga to'yintiriladi. Kremniy uglerod bilan ta'sirlashib, kremniy karbidni hosil qiladi. Ammo bir qism kremniy va grafit erkin holda qoladi. Bunday detallarga olmosli asbob bilangina ishlov berish mumkin. Borotsilitsirlangan grafitli detallar grafitni kremniy va borli eritmalarda to'yintirish yo'li bilan olinadi. Bunday materiallar gidrobrozavli oqimlarda yaxshi ishlay oladi. Ftoroplast – 4 asosidagi kompozitsion polimerlar istiqbolli bo'lib ularga chidamligi, grafit, qum, molibden disulfidi, bornitriti, qo'shilsa agressiv muhitga saqlangan holda mustahkamligi ham ortadi. Shuningdek, agressiv muhitda ishlovchi qismlarda silikatli (emal) qoplamlar ham qo'llaniladi.

Ko'pgina metallar uchun ular oksid pardalarining qattqligi metallarning o'zining qattqligadan yuqori bo'ladi. Aluminiy oksidlari-ning qattqligi Moos shkalasi bo'yicha eng yuqori, aluminiyning qattqligi esa pastroq bo'ladi. Shu tufayli aluminiy po'lat bo'ylab ishqalanganda oksid pardalari, shuningdek, ana shu pardalarining yemirilishi mahsullari hatto eng qattiq po'latlarning kuchli yeyilishiga ham sabab bo'lishi mumkin. Yumshoq oksid boshqa sirtga deyarli abraziv ta'sir ko'rsatmaydi. Magniy juda yumshoq oksidni hosil qiladi, shu sababli qattiqroq ashyolar hatto oksid hosil bo'lishi uchun qulay bo'lgan sharoitda ham yumshoq magniy ta'sirida yeyilmaydi. Bu hol nima uchun magniy qotishmalaridan yasalgan porshenlar aluminiy qotishmalaridan ishlangan porshenlarga qaraganda silindr devorlarini karoq tirnashi va qirqishini tushuntirish imkonini beradi.

### 3.2.1. HISOBLASH MODELI

Abraziv zarrali ishqalanish qismini qo'zg'aluvchan detal 1, abraziv zarra 2, qo'zg'almas detal 3 tizimi tarzida modellash mumkin (3.1-rasm).



3.1-rasm. Ishqalanish sirtlari orasidagi abraziv zarraning ikki radiusli modellashtirilgandagi holati:

$\rho$  – chiqiq (tutashish) radiusi;  $R$ —hajmiy radiusi;  $a \approx R$ .

Abraziv zarra qo'zg'aluvchan detal bilan katta egrilik radiusi ( $R$ ) li, qo'zg'almas detal bilan kichik egrilik radius ( $r$ )li sirti bilan tutashgan holni tekshiramiz. Detallar sirti cho'qqi va botiqlar ketma-ketligidan iborat. Rasmda  $\alpha_1$  va  $\alpha_2$  – 1 va 2 detal mikronotekisliklari profilining burchaklari (tutash sirtlarga o'tkazilgan urinma bilan harakat tekisligi orasidagi burchaklar)  $\varphi$  – profilga o'tkazilgan normal sirpanish tezligi yo'nalishi orasidagi burchak. Notekislik profilining burchaklari ishlov turiga bog'liq bo'lib, uning o'rtacha qiymatlari 3.1-jadvalda keltirilgan.

Ishlov turi	Notekislik qiymati, $R_a$ mkm	$\alpha$
Tekis jilvirlash	1,25–0,63	8 <sup>0</sup> 40'
	0,63–0,32	6 <sup>0</sup> 40'
	0,32–0,16	4 <sup>0</sup> 50'
Ichki jilvirlash	1,25–0,63	7 <sup>0</sup> 50'
	0,63–0,32	5 <sup>0</sup> 25'
Doiraviy jilvirlash	0,32–0,16	3 <sup>0</sup> 50'
	0,63–0,32	4 <sup>0</sup> 40'
	0,32–0,16	5 <sup>0</sup> 20'
Jilolash	0,16–0,08	3 <sup>0</sup> 20'
Silindrik yuzalarni saqlash	0,63–0,32	2 <sup>0</sup> 15'
	0,32–0,16	1 <sup>0</sup> 15'
	0,16–0,08	0 <sup>0</sup> 40'
	0,16–0,08	3 <sup>0</sup> 20'
	0,08–0,04	2 <sup>0</sup> 00'

### 3.2.2. HISOBLASHNING ASOSIY FORMULALARI

Erkin zarrali ishqalanish qismini tutash sirtlardagi sirpanishini zarraning ta'sir qiluvchi kuchlar (3.2-rasm) ostida muvozanat shartidan aniqlaymiz.

Detallar sirti bilan zarra o'rtasidagi ta'sirlashish kuchining teng ta'sir etuvchilari  $N_1$  va  $N_2$  ni xarakterlab yo'nalishga parallel  $F_1$  va tik  $F_2$  tashkil etuvchilariga ajratamiz.

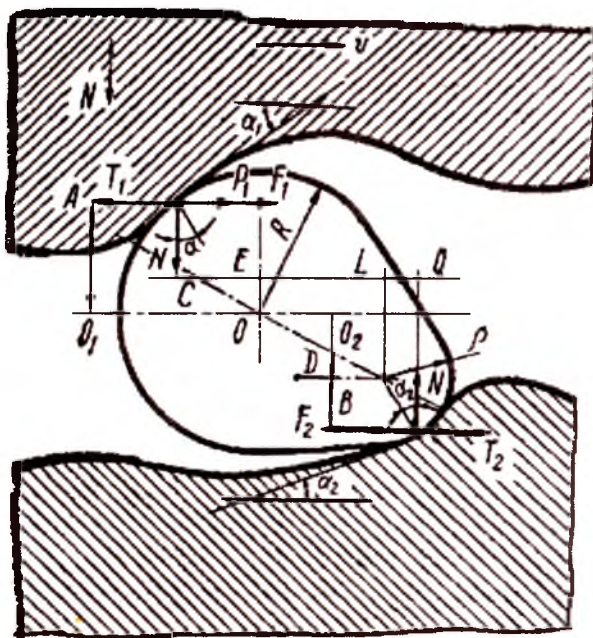
Abraziv zarrani oniy o'q atrofida aylantiruvchi momentlar yig'indisi:

$$M_a = (F_1 + b_1)h_1 + (F_2 + b_2)(h_2 + h_3) \quad (3.1)$$

Abraziv zarrani aylanishiga to'sqinlik qiluvchi momentlar yig'indisi:

$$M_T = T_1 \cdot h_1 + T_2(h_2 + h_3) + N(h_4 + h_5 + h_6) \quad (3.2)$$

$T_1$  va  $T_2$  – zarrani dumalashiga qarshilik kuchlari.



3.2-rasm. Ishqalanish sirtlari orasidagi abraziv zarraga ta'sir etuvchi kuchlar.

Agarda,  $M_u > M_T$  bo'lsa, zarra oniy o'q atrofida aylanadi va bu holda sof dumalash bo'ladi. Agarda,  $M_u < M_T$  bo'lsa, uch xil hol ro'y berishi mumkin.

1. Agarda detal 1 va zarra orasidagi kuchlar yig'indisi detal 2 va zarra o'rtasidagi kuchlar yig'indisidan katta bo'lsa, (ya'ni shart bajari-lishi) abraziv zarra harakatlanayotgan detal 1 yuzasiga uringan holda qo'zg'almas detal 2 yuzasida sirpanadi.

2. Agarda,  $F_1 + b_1 = F_2 + b_2$  bo'lsa, abraziv zarra detal 2 ga o'r-nashib detal 1 sirtida sirpanadi.

3. Agarda,  $F_1 + b_1 < F_2 + b_2$  bo'lsa, abraziv zarra hech bir detalga o'r-nashib qolmasdan ularga nisbatan sirpanadi.  $F_1 = Nf_1$ ,  $F_2 = Nf_2$ ,



$T_1 = NK_1 / R$  va  $T_2 = NK_2 / R$  ekanligini inobatga olsak abraziv zarraning oniy o'q atrofida aylanish sharti.

$$\begin{aligned} & (f_1 - K_1 / R) \cos \alpha_1 + (f_2 - K_2 / R + r) \cdot \\ & \cdot (r / R \cos \alpha_2 + \sin \varphi) g \varphi_2 \sin \varphi - \cos \varphi > 0 \end{aligned} \quad (3.3)$$

bo'ladi.

### 3.3. YUQORI SIRPANISH TEZLIGIDAGI ISHQALANISH VA YEYILISH

Yuqori sirpanish tezligi aviatsiyada, raketalarda, turbinasozlik va boshqa soha texnologiyalarida uchraydi.

Ko'pchilik hollarda yuqori tezlikdagi sirpanish qisqa vaqt davom etadi ( $10^{-5}+1$  s, ba'zan  $10+20$  s).

Yuqori tezlikdagi ishqalanishda tutash yuzada katta issiqlik hosil bo'ladi. Birlik vaqt ichida birlik nominal tutash yuzada hosil bo'layotgan issiqlik miqdori:

$$q = fP_H V \quad (3.4)$$

bu yerda,  $f$  – sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti;  $P_H$  – nominal bosim;  $V$  – tezlik.

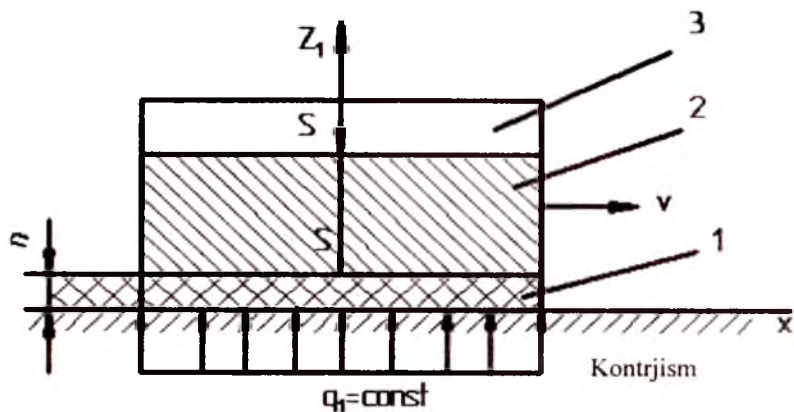
Ammo tutashish qisqa vaqt davom etganligi uchun yuzada hosil bo'lgan issiqlik materialning ichki qatlamiga tarqalib ulgurmaydi. Natijada, issiqlikni yutishda yupqa sirt qatlamgina ishtirok etib uning qalinligi:

$$\delta = 1,94 \sqrt{at} \quad (3.5)$$

bu yerda,  $a$  – materialning issiqlik o'tkazuvchanligi;  $t$  – tutashish vaqt.

Issiqlik oqimining sur'ati hosil bo'ladigan issiqlikni yutuvchi qatlamning yuqaligi tutash zonadagi materiallardan birining yuzasini eritib yuborishi mumkin.

Yuqori tezlikda tutash zonada qattiq jism yuzasini erish modeli 3.3-rasmda ko'rsatilgan.



3.3-rasm. Yuqori tezlikdagi ishqalanishda tutashish joylarida qattiq jismni erish modeli: 1 – erigan qatlam; 2 – qizigan qatlam; 3 – boshlang'ich haroratli qatlam.

Erish ro'yi beradigan vaqt oralig'i  $t_3$  quyidagicha aniqlandi:

$$t_3 = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{\lambda^2 (v_3 - v_0)}{aq_1} \quad (3.6)$$

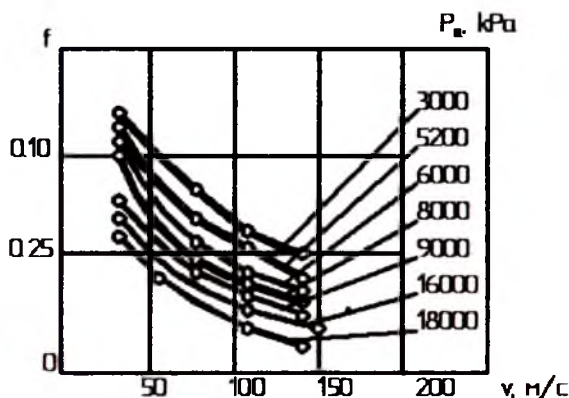
bu yerda,  $\lambda$  – issiqlik o'tkazuvchanlik;  $v_3$  – erish harorati;  $v_0$  – jismning boshlang'ich harorati;  $a$  – koeffitsiyenti;  $q$  – issiqlik oqimi.

Tutash zonada erigan qatlamning hosil bo'lishi oqibatida ishqalanish koeffitsiyenti kamayadi va hatto gidrodinamik ishqalanish yuz berishi mumkin. Masalan, o'qning va snaryadning tegishli qurilmalar stvoli bilan ishqalanish koeffitsiyentini sirpanish tezligiga bog'liqligi  $f_v$  va  $f_c$  quyidagicha:

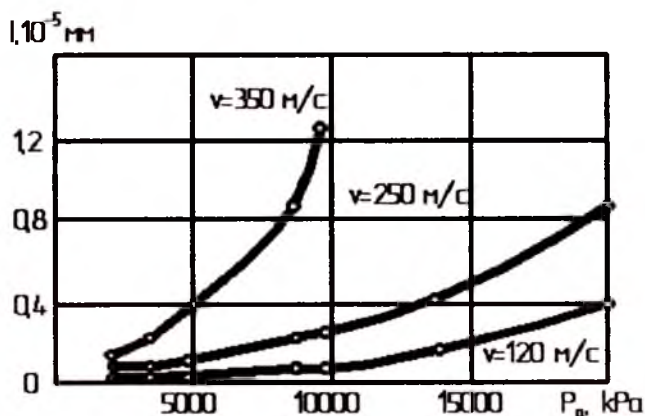
**Sirpanish tezligi, m/s**

	0	85	340	720	930
$f_v$	0,30	0,070	0,054	0,051	–
$f_c$	0,27	0,052	0,031	0,022	0,021

Bosim ortsa ishqalanish koeffitsiyenti kamayadi, sirpanish tezligi va bosim ortsa yeyilish sur'ati kuchayadi (3.4-rasm).



3.4-rasm. Ishqalanish koeffitsiyentini bosim va tezlikka bog'langan grafigi. Material po'lat 10.



3.5-rasm. Yeyilish jadalligini tezlik va bosimga bog'liqligi (mis-po'lat bilan).

Yuqori tezlikda aniqlanuvchi tutashishlarda quyidagi materiallardan foydalaniladi: volfram, molibden, tantal, armkotemir, po'lat,

cho'yan, mis, alumin, rux, qalay, qo'rg'oshin. Bu qatorda materiallar yeyilishga chidamliligi bo'yicha ketma-ketlikda keltirilgan.

### 3.4. VAKUUMDAGI ISHQALANISH VA YEYILISH.

#### 3.4.1. VAKUUMDAGI SHAROIT BELGILARI

Ishqalanish qismlarining vakuumda ishlash sharoiti oksid va adsorbtsion pardalarning past tezlikda tiklanishi, materiallarning bug'lanishi va buzilishi, fazaviy holati va mexanik xususiyatlarning o'zgarishi hamda issiqlik uzatishning susayishi bilan xarakterlanadi. Vakuumlik darajasi  $\lambda/d$  nisbat bilan baholanadi.

$\lambda$  — gazning ikki molekulasining to'qnashishiga qadar bir molekula bosib o'tadigan o'rtacha masofa.  $d$  — mazkur jarayon uchun ahamiyatli bo'lgan chiziqli o'lchov.

$\lambda/d$  nisbatga ko'ra vakuumni ma'lum bosimga mos tarzda to'rtta darajaga bo'linadi (3.2-jadval).

*3.2-jadval*

Vakuum darajasi	Past < 1	O'rtacha ≈ 1	Yuqori > 1	O'ta yuqori
Bosim $d$ , Pa	> 100	100 – 10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-1</sup> – 10 <sup>-3</sup>	< 10 <sup>-3</sup>

Vakuumdagi gazda uglevodorodli birikmalar bo'lsa «yoq'li», bo'lmasa «yoq'siz» vakuum deyiladi.

Yerda yuqori va o'ta yuqori vakuum hosil qilish va ushlab turish nihoyatda murakkab bo'lib, o'ta qimmat nasos va apparatlardan foydalanishga to'g'ri keladi. Kosmik fazodagi vakuum tez hosil bo'ladi, nurlanishli, o'ta past yoki o'ta yuqori haroratlilik bilan xarakterlanadi.

#### 3.4.2. VAKUUM SHAROITIDA ISHLOVCHI QISMLARGA QO'YILADIGAN TALABLAR

Talablar materialga, konstruksiyaga va vakuum gigenasiga xos bo'ladi. Materiallar minimal gaz ajratuvchi, g'ovaksiz past tezlikda bug'lanadigan, ishqalanish va korroziyaga chidamli bo'lishi kerak.

Jism tanasi yoki sirtidan vaqt birligida ajralayotgan gaz miqdori nisbiy gaz ajratish tezligi deb ataladi.

Ishqalanish qismidan ajralayotgan gaz oqimi:

$$Q = gA$$

bu yerda,  $g$  – nisbiy gaz ajratish tezligi;  $A$  – vakuumdagi yuzlangan sirt yuzasi.

Agarda ishqalanish materiallari har xil bo'lsa, umumiy oqim:

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (3.8)$$

bu yerda,  $Q_1$  va  $Q_2$  har bir detal ajratayotgan gaz oqimi.

Suyuq moylar va solidollardan vakuumda gaz katta tezlikda ajrab chiqqanligi uchun ular vakuumda ishlatishga yaroqsizdir.

Vakuumba asosan qattiq moylar-ftoroplast, grafit, molibden disulfidi  $MoS_2$ , volfram disulfidi  $WS_2$  ishlatiladi.

Ishqalanish boshlanishida sirtidagi himoya pardalari asta-sekin yeyiladi, gaz ajratish uncha katta bo'lmaydi.

Ammo bu materiallarda ham himoya pardasi yeyilgandan va buzilgandan so'ng gaz ajratish keskin oshadi, ishqalanish koeffitsiyenti va yeyilish jadalligi ham ortadi.

G'ovakli materialning kir suyuqliklarni shimishi mumkinligi va ular vakuumda gazni ajralishiga sabab bo'lib kameradagi muhitni o'zgartirganligi uchun bunday materiallarni vakuumda qo'llash tavsiya qilinmaydi. Vakuumda kadmiy, rux, magniy, vismut kabi materiallar bug'langanligi sababli ular ham ishlatilmaydi.

Ba'zi metall va qotishmalar ham vakuumda uzoq vaqt issiqlikda ishlaganda bug'lanishi mumkin. Masalan, latun tarkibidagi rux bug'lanib ketadi.

Metallar bug'i vakuumli jihozning detallari va devorlariga cho'kib elektr izolatorlar, ko'rish oynalari, qaytargichlar kabilarni ishdan chiqaradi.

Metallarning bug'lanish tezligi:

$$W = \frac{5,833 \cdot 10^{-2} PM}{t}$$

bu yerda,  $P$  – bug' bosimi;  $M$  – molekular massa;  $t$  – harorat.

Material bug'lanmasligi uchun uning bug'ining bosimi vakuum qurilmadagi qoldiq bosimning qismidan kam bo'lishi kerak.

Vakuumba ishlatiladigan materiallar issiqlikka va korroziyaga kosmosda ishlatilsa qo'shimcha tarzda radiatsion nurlar, meteorit zarralar ta'siriga ham chidamli bo'lishi kerak.

Vakuumba ishlaydigan qismlarga qo'yiladigan konstruktiv talablar:

- qism oson yig'ilishi va ajralishi, kirdan tozalash uchun qulay bo'lishi;

- qiyin suriladigan «cho'ntak» lari bo'lmasligi;

- ishda yuqori puxtalikka ega bo'lishi;

- ajralayotgan gazlarning umumiy tarkibi vakuum qurilmaning qoldiq gaz tarkibi talabalarini qondirish kerak.

Vakuumba gigienasiga xos talablar quyidagilardan iborat:

- qism tayyorlanadigan va yig'iladigan xona havosida uchuvchi changlar, moy, kislota, ishqor va boshqa kimyoviy moddalar bo'lmasligi kerak;

- detallar yig'ishdan oldin barcha turdagi kirlardan (qirindi, bo'yoq, oksid parda), yoq'lardan benzin bilan tozalanishi va 80–100°C da shkafda quritilishi kerak;

- detallarni tuksiz materialli qo'lqoplarni kiyib yig'ish kerak;

- detallarni yig'ilgandan so'ng qurilmani o'rnatguncha bo'lgan vaqt qisqa bo'lishi kerak.

### **3.4.3. VAKUUM SHAROITDA ISHQALANISNI O'RGANISH**

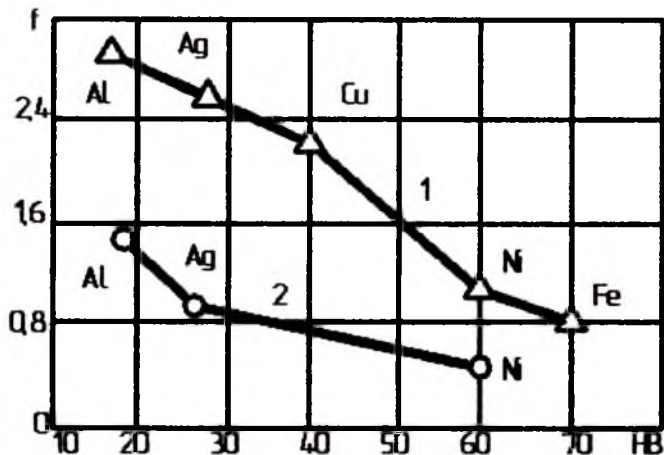
Keyingi vaqtda vakuum sharoitida ishqalanishni o'rganish masalasiga olimlar ko'p e'tibor qaratmoqdalar. Bunga kosmik texnikani rivojlanishi ham katta imkoniyatlar yaratmoqda.

Vakuumba moysiz sirpanishda ishqalanish koeffitsiyenti va yeyilish yuqori bo'lishi yuzalarning shilinishi va yo'linishi hamda qismda tiqilish sodir bo'lishi kuzatiladi.

Misol tariqasida vakuum kameramidagi moylanmagan zanglamaydigan po'lat juftlikning qoldiq bosimga bog'liq holdagi ishqalanish koeffitsiyenti qiymatlarini keltirish mumkin.

Kameradagi qoldiq bosim, KPa	100 (havoda)	$10,5 \cdot 10^{-7}$	$0,18 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-9}$
Ishqalanish ko'effitsiyenti, f	0,47	1,22	2,47	2,94

Tadqiqotlar bir xil material juftligi vakuumda ishlaganda ishqalanish ko'effitsiyenti material qattiqligi oshganda mutanosib tarzda kamayishini ko'rsatdi (3.6-rasm).



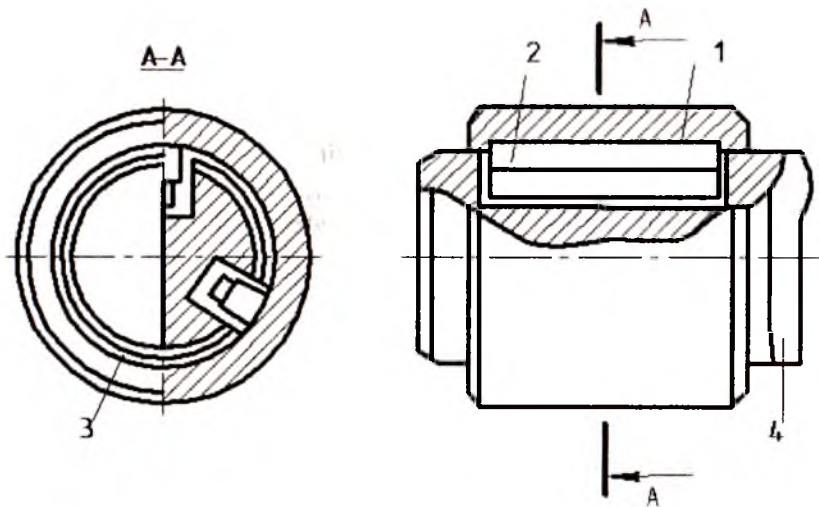
3.6-rasm. Bir xil material juftligida ishqalanish ko'effitsiyentiga qattiqlikning ta'siri: 1 – vakuum 10 Pa; 2 – vakuum 0,3 Pa.

Ishqalanish qismining antifriksion xususiyatlarini yaxshilash uchun o'zaro moylanuvchi materiallar (masalan, AMAN), qattiq moylash materiallari (ftoroplast, grafit,  $M_0S_2$ ,  $WS_2$ ) qo'llaniladi.

AMAN materiali vakuumda po'lat bilan barqaror va kichik ishqalanish ko'effitsiyentiga ega. ( $f = 0,1-0,15$ ) bo'lib, 5–15 MPa bosim va 1–4 ms sirpanish tezlikda yaxshi ishlay oladi.

Vakuumda ishlaydigan ishqalanish qismida qattiq moylash material rotoprint usulida qo'llanilsa uzoq vaqt va samarali ishlaydi

(3.7-rasm). Ishqalanish qismi tashqi vtulka 1 ichida o'rnatilgan val 4 va ularning oralig'iga joylangan va val bilan birga aylanadigan ichki val va ichki vtulkadagi o'yiqlarda qattiq moylovchi materialdan tayyorlangan moylovchi detal 2 joylashtirilgan.



3.7-rasm. Rotaprint usulida moylash chizmasi.

Moylovchi detal 2 radial yo'nalishda val va ichki vtulkadagi o'yiqlarda markazdan qochma kuch ta'sirida erkin harakatlanadi va bunda val va tashqi vtulka yuzlariga surkalib ularni moylaydi.

So'nggi paytlarda vakuumda ishlovchi dumalanish podshipniklarini yaratishga ko'p e'tibor berilmoqda. Bunday podshipniklar an'anaviy usulda moylanmasdan ishonchli ishlashi uchun ularning separatorlari qattiq moylash materialidan tayyorlanmoqda. Separator mustahkam bo'lishi uchun ular metall bilan ta'mirlanadi. Shuningdek, yo'lakchalari molibden disulfid surkalgan yoki qiyin eruvchi ( $WSe_2$ ,  $NbSe_2$ ,  $MoSe_2$ ) materialli pardalar qoplangan dumalanish podshipniklari ham vakuumda ishlatilmoqda.



### 3.5. PAST TEMPERATURA SHAROITIDA ISHQALANISH VA YEYILISH

Muhit temperaturasi  $0^{\circ}\text{C}$ –( $-150^{\circ}\text{C}$ ) bo'lsa past, ( $-150^{\circ}\text{C}$ )–( $-272,85^{\circ}\text{C}$ ) bo'lsa kriogen va  $-272,85^{\circ}\text{C}$  dan oz bo'lsa o'ta past deb ataladi.

Kriogen texnikasini rivojlanishi natijasida past temperaturalarda ishlovchi ishqalanish qismlari muntazam ko'payib bormoqda. Bularga kriogen suyuqliklar nasosi valining yon va radial to'siqchalari, o'ta o'tkazuvchan rotorli elektr generatorlarining to'siqchlari, geliyli sovitish mashinalaridagi porshen to'siqchalari va h.k. misol keltirish mumkin. Bunday sharoitlarda aksariyat uglerodli po'latlar va hajmiy markazlashgan kubik panjarali metallar (Fe, Cr, Mo, Ta, W) mo'rtliklari tufayli parchalanishga moyilligi sababli qo'llanilmaydi. Past temperaturalarda qirra markazlashgan kubik panjarali metallar (Ae, Ni, Ph, Ci, Az) yoki geksogonal zich taxlangan panjarali (Ti, Zn, Mg, Co) materiallarni qo'llash tavsiya etiladi.

Bundan tashqari,  $-45^{\circ}\text{C}$  ga qadar ish haroratida toblangan va bo'shatilgan kam legirlangan mayda donali mantensit strukturali ferrit po'latlar,  $-200^{\circ}\text{C}$  gacha austenitli strukturali zanglamas po'latlar  $-240^{\circ}\text{C}$  gacha temperaturada singuvchi martensitli nikelli po'latlardan foydalanish mumkin. Odatda, past temperaturada ishlovchi ishqalanish qismining har ikki detali zanglamas bo'ladi. (40X, GVL, 12X, 18N, 9T) va uglegrafitdan tayyorlanadi. Shuningdek, grafitli ishqalanish juftligi yoki azot va suyuq vodorodli muhitda grafit bilan to'yintirilgan neilon, ftoroplast, alumin, yoki polimerlar ham qo'llaniladi. Ulardan o'ta past temperaturada ishlaydigan sharikli podshipniklari seperatorlari tayyorlanadi. Past temperaturada ishlaydigan sirpanma podshipniklar tekis bo'lib, P-68 va AK-80 polimerlari, kapron, shisha, to'ldirilgan kapron va ularning molibdan disulfidi bilan kompozitsiyalaridan tayyorlanadi.

Past  $t_k$  temperaturali qismlarda maxsus suyuq moylar kam ishlatilishi mumkin. Masalan, kremniy organikli N3 ( $t_k < 100^{\circ}\text{C}$ ) uglevodorodli siatim  $-205$  ( $t_k < -50^{\circ}\text{C}$ ) va konsistentli siatim-221 ( $t_k < -100^{\circ}\text{C}$ ) moylari qo'llaniladi. Harorat  $t_k$   $-45^{\circ}\text{C}$  dan  $-185^{\circ}\text{C}$  gacha bo'lsa suyuq ftorli poliefir asosli moylash materiallari yaxshi natija beradi.

Kriogenli suyuq azot va vodorod muhiti haroratlari sharoitida ishqalanish yuzalaridagi oksid pardalari tezda yo'qolib tutash yuzalarining yopishib qolishga moyilligi ortadi. Suyuq kislorodli muhitda metallarning ishqalanishi yuzalarning kuchli korroziyalanishi bilan birga kechadi. Shuningdek, gazsimon fazali muhit hosil bo'lib kavitatsiya jarayoni yuzaga kelishi va yuzaning yemirilishi ro'y berishi mumkin.

Ayniqsa, past temperaturali vakuumli muhitda ishqalanish qism materiallari uchun eng og'ir sharoit hisoblanadi.

### **3.6. FRETTING-KORROZIYA VA UNGA QARSHI KURASH**

#### **3.6.1. FRETTING-KORROZIYA HOSIL BO'LISHI**

Fretting korroziya (inglizcha fret-kemirish ma'nosini anglatadi)-ishqalanish yuzasining korroziyon-mexanik yeyilishi bo'lib kichik amplitudali nisbiy tebranma harakat sharoitida sodir bo'lishi, yeyilish mahsuloti asosan metall oksididan iboratligi, shikastlanish amaliy tutash joylarda mujassamlashtirilganligi, siljish amplitudasi o'ta kichik (0,02–1 mm) kattalikda bo'lganligi uchun yeyilish mahsulotlarini ishqalanish zonasidan chiqarib qayta tashlanishi qiyinligi jihatidan oddiy yeyilishlardan farq qiladi. Tutash detallarning tebranishi ular orasida o'zaro nisbiy sirpanish mikro siljishlarga olib keladi. Masalan, tebranish chastotasi 30 s amplitudasi 0,25 mm bo'lsa o'rtacha sirpanish tezligi 3 mm ni tashkil etadi.

Fretting korroziya jarayonining boshlanish fazasining sodda chizmasi quyidagicha: o'zgaruvchan kuchlanishlar ta'sirida yuzalarning deformatsiyalanishi va siljishi-korroziya oksidli va boshqa pardalarning buzilishi — sof metallning ochilishi va mahalliy yopishish manbalarini buzilishi va ochilgan joylarga kislorodning adsorblanish-oksidlanishi va h.k.

Siljish amplitudasi 2 mm dan kattalashsa fretting korroziya jarayoni amalga oshmasdan oddiy yeyilish jarayoni boshlanadi.

Fretting korroziya tig'iz shlitsali va ponali, boltli va parchin mixli birikmalarda, muftalarda, kanat, resor va prujina, saqlash klapanlari

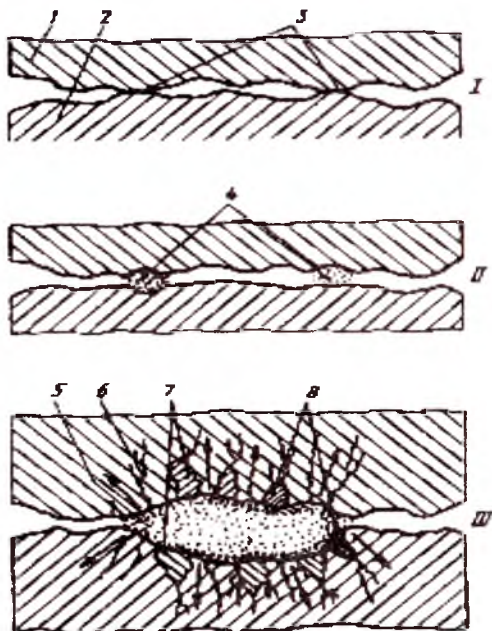
va sozlagichlari, kulachokli va sharnirli mexanizmlar kabi konstruksiyalarda tutash detallarning o'zgaruvchan yuklama ostida deformatsiyalanishi natijasida yuz beradi.

Fretting korroziya tutash yuzalarda mahalliy siyqalanish, yopishish, uzilish va o'yilish kabi «yaralar» tarzida hamda yeyilish mahsulotining kukunsimonligi bilan namoyon bo'ladi. Fretting korroziya oqibatida shikastlangan joylar kuchlanish konsentratolariga aylanib, detalning chidamlilik chegarasini pasaytiradi, ortiqcha tirqishlar hosil bo'ladi, tig'izlik bo'shashadi, sirt g'adir-budirliги ortadi, qismda tiqilish ro'y berishi mumkin.

### 3.6.2. FRETTING – KORROZIYANING RIVOJLANISHIGA TA'SIR ETUVCHI OMILLAR

Fretting-korroziyadan yeyilish mexanizmining sodda ko'rinishi 3.8-rasmda ko'rsatilgan. Detallar dastlab yuzalardagi ba'zi bir nuqta (3)lar bilan tutashadi (1). Titrash natijasida amaldagi kontakt zonalardagi oksidli pardalar buziladi, unchalik katta bo'lmagan kovaklar hosil bo'ladi (II) va ketsin kattalashadi va birlashib bitta yirik kovak hosil qiladi (III). Katta kovakda oksidlangan metall zarralaridan bosim ortib yoriqlar hosil bo'ladi. Oksid zarralari abraziv tarzida ta'sir etadi. Bosim va ishqalanish kuchining oshishi natijasida temperatura ko'tariladi va oq rangli qattiq strukturalar hosil bo'lishi boshlanadi.

Fretting-korroziyani rivojlanishiga nisbiy siljish amplitudasi va chastotasi, nisbiy yuklama va yuklanish sikllari soni, tashqi muhit va moy hamda ishqalanish yuzasidagi temperatura kabi ko'p omillar ta'sir etadi. Fretting-korroziya nisbiy siljish amplitudasi juda kichik ( $8 \cdot 10^{-7}$  mm) bo'lgandayoq boshlanishi mumkin. Ya'ni yeyilish mahsulotlari ishqala nish yuzalari orasida tebranib turishiga yetarli amplituda bo'lsa kifoya. Amplituda ortishi bilan yeyilish jadallashadi. Masalan, po'lat sirtlarda siljish 0,10–0,15 mm bo'lganda yeyilish tezligi maksimal qiymatga yetadi. Shuni e'tiborga olish lozimki fretting-korroziyaga uchragan tutash yuza kattalashishi oqibatida fretting-korroziyalanish jadallashadi.



3.8-rasm. Metall sirtlarni fretting korroziyada yeyilish mexanizmi:

- 1, 2 – tutashuvchi detallar; 3 – yuzalarni tutashgan nuqtalari; 4, 5 – hosil bo‘layotgan mayda kavernalar; 6 – yoriqlar; 7 – sinib ko‘chgan metall bo‘lakchalar; 8 – qattiq tuzilishli ko‘chayotgan bo‘lakchalar.

Yuklama ortganda nisbiy siljish amplitudasi kamayadigan bikrligi yetarli bo‘lmagan tutashishlarda dastlab ishqalanish zonasiga kislorod oson kirolmagani sababli fretting-korroziyaga xos toliqish korroziyalanish jarayoni tez kechadi (3.8-rasm). Lekin yuklama kritik qiymatga yetganda tutashadigan bikrlik buzilib toliqish-korroziyalanish sur‘ati pasayadi va yuzalarni yopishib qolishi kuchayadi (egri chiziq 2 ning pasayish zonasi).

Siljish chastotasining ko‘payishi yeyilishni kuchaytiradi, lekin ma‘lum chastotadan so‘ng oksidlanish jarayonining ta‘siri susayganligi uchun yeyilish tezligini o‘sishi kamayadi. Tadqiqotlar barcha metallarga kislorodli muhit salbiy ta‘sir etishini ko‘rsatdi.

O‘z navbatida fretting-korroziyadan havoda yeyilish vakuum, suyuq azot va vodorod muhitlarida yeyilishga nisbatan ko‘p. Masalan,

suvda, NaOH eritmasida yeyilish havodagiga nisbatan bir necha marta kam bo'ladi. Chunki suyuq muhitda oksidli himoya pardalari tez hosil bo'ladi, yeyilish mahsulotlari yumshoqroq va qisman tutash zonadan suyuq muhit vositasida tashqariga chiqarib tashlanganligi uchun abraziv yeyilish sur'ati pasayadi. Shu sababga ko'ra havo namligi oshgan sari fretting-korroziyada yeyilish susayadi.

Fretting-korroziyani kamaytirishi uchun suyuq, konsistent va qattiq moylar ishlatiladi.

Suyuq moy ishqalanuvchi yuzalarni to'liq qoplasa, yuzani kisloroddan himoya qiladi.

Fretting-korroziyaga uchraydigan qismlarda kislorodni kam eritadigan, oksidlanishga qarshiligi yuqori, katta bosimlarga chidamli, moylash qobiliyati yaxshi va vaqt o'tishi bilan xossasini o'zgartirmaydigan moylar qo'llanilishi kerak.

Kam qovushqoq (urchuq, transformator kabi) moylar fretting-korroziyani kamaytirolmaganligi uchun qo'llanilmaydi.

Asosan, VNII NP-50-1-4f tipidagi trikrezilfosfat qo'shimchali sintetik diefir moylar va VNII NP-6 tipidagi sintetik asbob moylari ishlatiladi.

Suyuq moylarni ishqalanish zonasida tutib turish qiyin bo'lganligi uchun ba'zan konsistent moylar biroz suyultirilib qo'llaniladi. Kalsiy sovun asosli shilinishga qarshi qo'shimchali moylar, qattiq metall (qo'rg'oshin, indiy) va nometall (grafit, molibden disulfidi) moylash materiallaridan ham foydalanishi mumkin.

Fretting-korroziyada tutashish tebranma bo'lgani sababli mahalliy joylarda oniy temperatura 700–800°C ga qadar ko'tariladi.

Natijada, yuza qatlam strukturasi o'zgaradi, yopishish jarayoni faollashadi. Tajribalardan fretting-korroziyadan po'latning yeyilishi muhit temperaturasi 50°C dan 150°C ga qadar ko'tarilganda deyarli o'zgarmasligi, lekin -140°C ga qadar pasaysa oshishi aniqlangan. Bunga sovuqda oksid pardalar mo'rtligi va gazlarning, jumladan, kislorodning ishqalanuvchi yuzalarga adsorbsiyalanishi oshishi sabab deyiladi.

Quruq sharoitda ishlaydigan qismlarda po'latning fretting-korroziyalanishi uch bosqichda o'tadi. Dastlab yuzalar mustahkamlanada, so'ng toliqishdan shikastlanish manbalari to'plana boshlaydi va nihoyat shikastlangan joylarning buzilishi ro'y beradi.

Fretting-korroziyadan barcha metall va nometallar ishqalanish juftligi tarkibidan qat'iy nazar turli tarzda shikastlanadilar. Lekin materiallarning ba'zi bir kombinatsiyalarida fretting bardoshroq bo'lishligi ham aniqlangan va ishqalanish juftligini quyidagicha olish tavsiya etilgan:

– cho'yan va cho'yanni, cho'yan va zanglamas po'latni molibden disulfid bilan moylab;

– toblangan asbobbop po'lat bilan;

– po'latni qalinligi 1,5 mm neylon qoplamali po'lat bilan;

– qo'rg'oshinni po'lat bilan;

– fosfat qoplamli po'lat, po'lat bilan;

– kumush qoplamli materialni po'lat bilan.

### **3.6.3. FRETING-KORROZIYAGA QARSHI KURASH**

Fretting-korroziyaga qarshi kurashning universal usuli yo'q. Biz elastik materialli detallar yuk ostida albatta deformatsiyalanishini nazarda tutib fretting-korroziyani kamaytirish usullariga asosiy e'tibor berishimiz kerak. Bu usullar quyidagilar.

1. Mikrosiljishni kamaytirish.

2. Ishqalanish kuchini kamaytirish.

3. Siljishni oraliq muhitda o'tkazish.

Nisbiy mikrosiljish detalni kerakli tarzda konstruksiyalash (masalan, g'ildirak gupchagiga o'yiqlik ochib) yoki ishqalanish koeffitsiyentini ko'paytirish hisobiga kamaytirilishi mumkin. Ishqalanish kuchini ko'paytirish uchun tutashish yuzalarini kamaytirib, bosimni ortirish yoki sirtni g'adirroq qilib ishqalanish koeffitsiyentini oshirish kerak. Bosimni ortirish siljishni sezilarli darajada kamaytirishiga samarali natija olinadi, aks holda butunlay zararli natija olish mumkin. Ishqalanish koeffitsiyentini sirt g'adir-budirligini oshirish yoki sirtga mis, qalay, kadmiy, kumush pardasini qoplash hisobiga oshirish mumkin.

Agarda qism titrashini yo'qotish yoki mikrosiljishini kamaytirish imkoni bo'lmasa ikkinchi va uchinchi usullardan foydalanish mumkin. Ya'ni bu holda ishqalanish kuchini ozaytirish yoki siljishni oraliq

muhitdan o'tkazish kerak. Ishqalanish kuchini ozaytirish uchun bosim va ishqalanish koeffitsiyentini kamaytiriladi. Fretting-korroziya sharoitida oddiy moylash materiallari ishqalanish koeffitsiyentiga ta'sir etmaydi, chunki chegaraviy moy pardasi to'la bo'lmaydi va tezda buziladi.

Molibden disulfidi sirt shikastlanishini, fosfatli suv emulsiyasida ishlash yoki parafin qoplash ishqalanish kuchini ozaytiradi. Qo'rg'oshin va indiyli qoplamalar surilishga qarshilik kam bo'lgan hollarda qattiq moylash materialini vazifasini o'taydi. Bu holda siljish asosiy materialda bo'lmay qoplangan qatlam ichida sodir bo'ladi, ishqalanish kuchi ham kamayadi. Fretting-korroziyaga po'lat-politetrafitoretilen yoki po'lat-poliamid juftligi yaxshi qarshilik ko'rsatadi. Rezinali qistirmalar ham yaxshi oraliq material hisoblanadi.

Fretting-korroziyaga qarshilikni ishqalanish juftligidagi detaldan bittasining qattiqligini oshirish yo'li bilan ham yaxshilash mumkin. Chunonchi, po'lat qattiqligi oshirilganda detallarning o'zaro botishi kamayib, yeyilish susayadi, yeyilish mahsulotlarining o'lchami kichik bo'lgani uchun ularning abrazivlik ta'siri ham kam bo'ladi. Sirtlarni toblanish va azotlash foydali, xromlash esa uning qattiq oksidlari yuzani shikastlanganligi sababli zararli hisoblanadi.

### **3.7. VODORODLI YEYILISH**

Detallarda vodorodli yeyilish mavjudligi nisbatan yaqinda aviat-siyada kerosin bilan moylanadigan toblangan po'lat-bronza juftli ishqalanish qismlarida aniqlandi. Ya'ni ishqalanish jarayonida po'lat sirti vodorodlashib juda qattiq po'lat zarralari bronza sirtiga o'tishi ma'lum bo'ldi. Keyinchalik bu hol tormozli qurilmalarda ham kuzatildi. Po'lat yoki cho'yandan tayyorlangan tormoz barabanidan polimerli friksion kolodka sirtiga zarralar o'tib yopishadi.

Vodorodli yeyilish suv bilan moylanadigan ishqalanish qismlarida va titan hamda titan qotishmalaridan tayyorlangan detallar mineral moy bilan yoq'langanda ham sodir bo'ladi. Vodorodli yeyilish mexanizmini quyidagicha tushuntirish mumkin, ishqalanish jarayonida vodorod moylash materialidan, yonilg'i, suv yoki plastmassadan katolitik va elektrokimyo jarayonlar oqibatida ajralib chiqishi mumkin.

Hosil bo'lgan vodorod metall ichiga singiydi. Ishqalanishda metall sirti to'yinganlik darajasiga qarab, vodorodli yeyilish asta-sekin va birdaniga sodir bo'lishi mumkin. Vodorodli yeyilishga moyillik detal qo'yilganda yoki galvanik qoplanganda metallda qolgan vodorod sababli ham bo'ladi.

Umuman ishqalanish qismi uchun material tanlanayotganda ularning vodorodlanish darajasini inobatga olish kerak. Po'lat tarkibiga xrom, titan, vanadiy qo'shilsa vodorodlanish kamayadi, pux-talanishda esa aksincha oshadi. Ferritli po'latlar austenitli po'latlarga nisbatan oson vodorodlanadi. Tezda parchalanib vodorod ajratadigan plastmassalardan imkon boricha foydalanmaslik kerak. Vodorodlanish ehtimoli bo'lgan ishqalanish qismlarida ham degidrogenizatsiya-lashadigan materialli moylarni ishlatish kerak. Moylarga vodorod oson birikadigan xlor atomlari mavjud bo'lgan kremneorganik birik-malar qo'shish tavsiya etiladi. Vodorodli yeyilishni qismda haroratni, sirpanish tezligi va nisbiy bosimni pastlatish hisobiga kamaytirish mumkin. vodorodlanadigan po'latli qismlarda ishqalanish zonasiga  $\text{CaF}_2$  poroshogini kiritilsa ajralib chiqqan vodorod fluor bilan reak-siyaga kirishib, HF birikmasini hosil qiladi va vodorodli yeyilish sodir bo'lishining oldini olinadi. Hozir vodorodlanmaydigan friksion plast-massalar ishlab chiqilmoqda.

#### **4-LABORATORIYA ISHI**

- 1. Ishning nomi:** mashina detallarining yeyilish kattaligini aniqlash.
- 2. Ishning maqsadi:** Ishqalanish qismlari detallarining yeyilish kattaligini mikrometrlash usuli bilan aniqlash.

#### **1. ISHNING NAZARIY ASOSI**

Mashinalardan foydalanish davrida uning ishqalanuvchi detallari-ning yeyilish miqdorini muntazam aniqlab turish, yeyilish miqdori ruxsat etilgan miqdordan ortib ketmasdan turib detallarni almashtirish yoki tiklash hamda yeyilish tezligini aniqlab olib uni kamaytirish tadbirlarini o'z vaqtida amalga oshirish imkoniyatlarini beradi. Ma'-



lumki, yeyilish natijasida detalning chiziqli o'lchamlari, hajmi va massasi o'zgaradi. Agarda detalning yeyilishdan oldingi va keyingi o'lchamlari solishtirilsa chiziqli, hajmlari solishtirilsa hajmiy, massalari solishtirilsa massaviy yeyilish miqdori aniqlanadi. Mashina detallarining yeyilish miqdorini mashinani to'xtatib yoki to'xtatmasdan aniqlash mumkin.

Yeyilish miqdorini mashinani to'xtatib aniqlash mikrometrlash, torozilash profilograflash va sun'iy bazalash usullari bilan amalga oshiriladi.

Yeyilish miqdorini mashinani to'xtatmasdan aniqlash ishchi moddalar sarfi bo'yicha, moy tarkibini tekshirish, radiaktiv izotoplar va pnevmatik mikrometrlarni qo'llash usullari bilan bajariladi.

Yeyilish miqdorini aniqlash usuli unga oz vaqt sarflash, qisqa vaqt oralig'idagi yeyilishni aniqlay olish, qismni yig'ish va ajratish sonini kam bo'lishi hamda o'lchashning aniqlik darajasi va tannarxiga qo'yilgan talablar asosida o'quv yurtida (korxonada)gi mavjud imkoniyatlardan kelib chiqqan holda tanlanadi.

**Mikrometrlash** usulida yeyilish miqdori chiziqli o'lchov asboblari vositasida aniqlanadi.

Bu usul oddiy, oson va yuzaning turli joylaridagi yeyilishlarni umumlashtirish mumkinligi bilan afzallikka ega. Lekin o'lchash asboblari xatolikni kattaligi, qismni har safar ajratish kerakligi kabi kamchiliklarga ega.

**Torozilash** usulida ishqalanuvchi sirtning umumiy yeyilish miqdori, ya'ni yo'qotilgan massa aniqlanadi.

Bu usul oson va oddiy, nisbatan o'lchash aniqligi yuqori, lekin bu usulda yuzaning alohida joylaridagi yeyilishini aniqlab bo'lmaydi, detalni tortib ko'rish uchun uni har safar qismdan ajratib olish kerak, bu usuldan sirtiga yeyilish mahsulotlari yopishadigan hamda nam yoki moyni shimuvchi materialli detallarga nisbatan foydalanib bo'lmaydi.

**Yeyilish miqdorini moy tarkibi bo'yicha aniqlash** usulida vaqti-vaqti bilan ishqalanish qismidan moy olinib uning tarkibidagi yeyilish mahsulotlari kimyoviy yoki spektral analiz qilinib tekshiriladi. Bu usulda detalni qismdan ajratib olinmaydi hatto qurilmani to'xtatmasdan ham moydan namuna olish imkoniyatlari bo'lishi mumkin,

natija yuqori aniqlikda olinadi. Moydagi  $1/10^3 - 1/10^6$  nisbatdagi metall elementlarni, masalan, atigi bir necha soatgina ishlagan ichki yonar motori moyiga yeyilish natijasida tushgan metall turi va miqdorini ham aniqlash mumkin. Lekin qismdagi har bir detal qanchalik va turli joylari qanchalik yeyilganligini aniqlab bo'lmaydi, usul murakkab bo'lib boshqa sohadagi mutaxassislarni jalb qilishga to'g'ri keladi.

**Radiaktiv indikator vositasida yeyilish miqdorini o'lchash usulida** ishqalanish sirti oldindan radiaktiv izotopli qilib olinadi.

Detalni radiaktiv izotoplash quyidagi usullar bilan amalga oshirilishi mumkin:

- a) detal metalli qo'yilayotganda;
- b) radiaktiv elektrolitik qoplama berib;
- d) detalni duffuziyalash usulida radiaktivlash;
- e) radiaktiv qistirmalar o'rnatish;
- f) detalni neytron bilan nurlash.

Detal yeyilishga mutanosib tarzda radiaktiv izotop atomlari moyga qo'shiladi. Moydan ma'lum qismi olinib undagi izotoplarning nurlanish jadalligi bo'yicha yeyilish miqdori aniqlanadi.

Bu usulda qism ajratilmaydi, yeyilish miqdori uzluksiz yoki davriy aniqlab turilishi mumkin, tutash detallarni yeyilganlik darajasini alohida tarzda aniqlash imkoni mavjud, lekin usul murakkab, maxsus jihoz, xona, himoya va tozalash qurilmalari kerak.

**O'rnatilgan uzatkichlar usulida yeyilish miqdori detalning chiziq-li o'lchami (holat)ini qismga o'rnatilgan uzatkich vositasida o'lchab** borilishi bilan aniqlanadi. Sirtning siljish miqdori induksion, kinematik, tenzometrik kabi uzatkichlar vositasida o'lchanadi va yozish qurilmasiga uzatiladi.

Bu usulning aniqligi nisbatan yuqori, qism ajratilmaydi, uzluksiz va davriy o'lchash mumkin, lekin murakkab, maxsus jihoz (ossillograf kabi) kerak, juftlikdagi detallarni yeyilish darajasini alohida o'lchash qiyin, ba'zan umuman imkoni yo'q.

**Sun'iy bazalar usulida oldindan profili (konusli yoki piramidali)** ma'lum bo'lgan o'yiq chuqurligining o'lchamini aniqlanadi.

Bu usulda ishqalanuvchi sirtga, kichrayuvchan kesimli chuqurlik detal materialiga nisbatan qattiq materialli asbob bilan oldindan o'yib

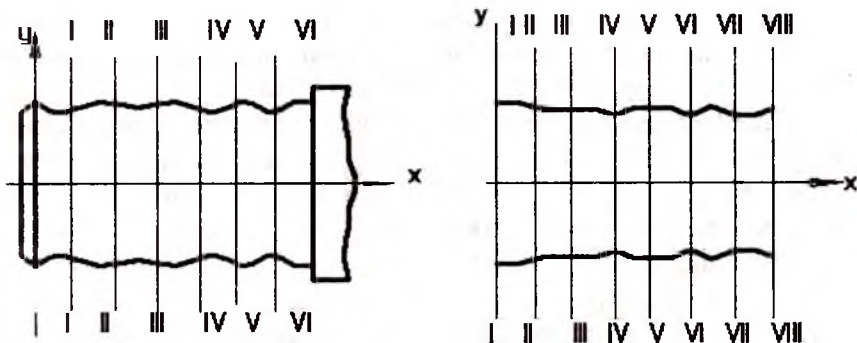
qo'yiladi va uning geometrik ko'rsatkichlari o'lchab olinadi. Ishqalanish natijasida o'yiqlarning o'zgargan geometrik ko'rsatkichlari bo'yicha yuzaning yeyilish miqdori aniqlanadi. O'yiqlarning geometrik shakli ishqalanish yuzaga tik yo'nalgan o'qqa ega bo'lib, yeyilish miqdori shu o'q bo'ylab o'lchab olinib hisoblanadi.

Sun'iy bazalar olmos piramida (indentor)ni detalning ishqalanadigan sirtiga botirish, bolg'a yoki boshqa bir maxsus asbob bilan konusli o'ygich (indentor) ni sirtga urish, uch yonli piramida keskich bilan sirtini qirqish natijasida hosil qilinishi mumkin.

Tekis yuzalarga tushirilgan kvadrat asosli piramida o'yiqlar izi bo'yicha chiziqli yeyilish miqdori (3.9-rasm)

$$\Delta h = h_1 - h_2 = \frac{(d_1 - d_2)}{m} \quad (3.10)$$

bu yerda,  $\Delta h$  – iz tushgan joydagi chiziqli yeyilish, mm;  $h_1, h_2$  – o'yiqlar yeyilishdan oldin va keyingi chuqurligi, mm;  $d_1, d_2$  – o'yiqlar diagonalining yuzaning yeyilishdan oldin va keyingi uzunligi, mm;  $m$  – mutanosiblik koeffitsiyenti. Piramida burchagi 1360 bo'lganda  $m=7$ .



3.9-rasm. Tekshiriladigan yuzani bo'lish chizmasi:  
a – valni; b – vtulkani.

Ishqalanish yuzasidan tutash sirtlarni sirpanishi tufayli hosil bo'ladigan qilov (riska)lar o'yiqlar diagonal uchlarini belgilashni qiyin-

lashtiradi. Ammo o'yiqli sirpanish yo'nalishiga tik diagonal o'lchansa belgilash osonlashadi. Shuning uchun aylanib sirpanuvchi val-vkladish, shkiv-kolodka kabi ishqalanuvchi sirtlarda o'yiqli tekshirilayotgan detalning bo'ylama o'qiga parallel diagonali o'lchanadi. Ilgarilanma sirpanuvchi silindr-plunjer kabi ishqalanuvchi sirtlarda o'yiqli aylana bo'ylab joylashgan diagonali o'lchanadi. Bu holatda o'lchanadigan sirt yoysimonligi inobatga olinsa chiziqli yeyilishni quyidagi formulalardan aniqlash mumkin.

**Silindr uchun**

$$\Delta h_s = \frac{(d_1 - d_2)}{m} - \frac{(d_1^2 - d_2^2)}{8R} \quad (3.11)$$

**plunjer uchun**

$$\Delta h_p = \frac{(d_1 - d_2)}{m} + \frac{(d_1^2 + d_2^2)}{8R} \quad (3.12)$$

bu yerda,  $R$  – o'yiqli ochilgan joydagi silindr (plunjer) radiusi, mm.

Ishqalanish sirtlariga yoyli o'yiqli keskich bilan ochilganda (3.10-rasm) yeyilish kattaligi:

$$\Delta h = h_1 - h_2 = \frac{(l_1^2 - l_2^2)}{8r} \quad (3.13)$$

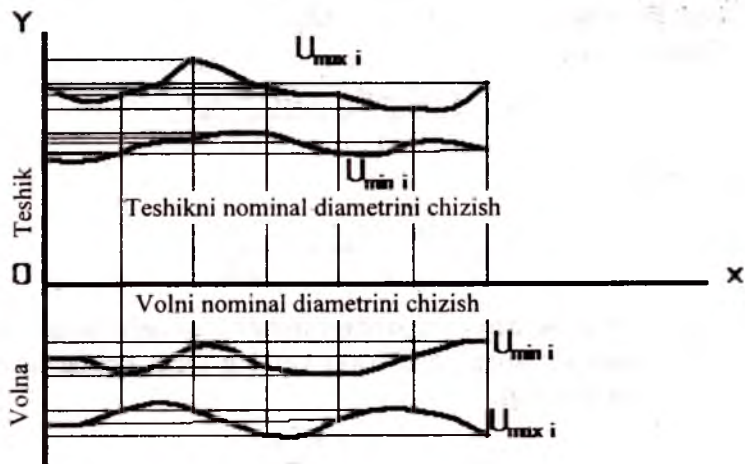
bu yerda,  $l_1, l_2$  – o'yiqli yeyilishdan oldingi va keyingi uzunliklari, mm;  $r$  – o'yiqli egrilik radiusi, mm.

Sun'iy bazalar usulining aniqligi nisbatan yuqori, yeyilish miqdori sirtning turli joylari uchun aniqlanishi mumkin, lekin sirt shaklini buzilishi, qismni ajratish zarurligi, o'yiqli va iz hosil qilish uchun maxsus asboblarning kerakligi, ko'p vaqt va mehnat talab etishi kabi kamchiliklar mavjud.

Mashinani to'xtatmasdan tekshirishni uzluksiz yoki ko'plab marta o'tkazish mumkinligi tufayli imkoniyat boricha radiativ va spektral analiz usullaridan foydalanish kerak. Quyida mashina detallarining yeyilish miqdorini aniqlashga doir usullardan ba'zilarini amalda bajarish uslubiyoti bilan batafsilroq tanishamiz.

Yeyilish miqdorini chiziqli o'lchamni o'lchash yordamida o'rganish uchun mashina va qism qismlarga ajratilib, detallarining yeyilgan

yoʻxud deformatsiyalangan deb gumon qilingan joylari oʻlchab koʻriladi. Bu usul detallarning yeyilgan qatlam qalinligi katta boʻlganda qoniqarli natija beradi. Yaʼni yeyilgan qalinlik miqdori, oʻlchov asboblarning aniqlik darajasidan bir necha bor katta boʻlishi kerak. Yeyilishini oʻlchash orqali aniqlashning, mikrometrlash va sunʼiy bazalar usullari koʻproq qoʻllaniladi.



3.10-rasm. Ishqalanish yuzasini yeyilish miqdori va epurasi.

Mikrometrlash usulining mohiyati shundan iboratki, bu usulda detal yuzalarining oʻlchamlari yeyilish jarayonidan oldin va keyin oʻlchanadi va bu oʻlchamlar detalning ishchi chizmasida koʻrsatilgan nominal oʻlchamlar bilan solishtiriladi. Bu usulning aniqlash darajasi qoʻllaniladigan oʻlchash asboblari aniqligi darajasiga qarab 0,01–0,005 mm oraligʻida boʻladi.

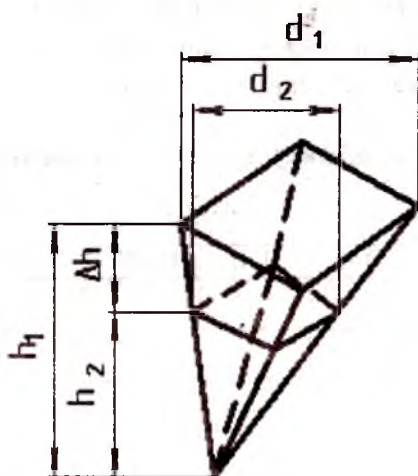
Yeyilish miqdorini aniqlashda oʻlchov asboblari mikrometrlar, shtangensirkullar, nutrometrlar va indikatorlar qoʻllaniladi. Yeyilish miqdorini aniqlashda koʻp holatlarda richaglitishli va tishli mexanizmlar oʻlchov asboblari foydalaniladi. Bunday oʻlchov asboblarning oʻlchash aniqligi 0,001 mm gacha boʻlib, ularning yeyilish miqdori 0,01 mm dan ortiq boʻlgan detallarni tekshirishda qoʻlla-

niladi. Tishli mexanizmlı o'lchash asboblariğa soat turidagi ICH-1, ICH-3, ICH-5 markali indikatorlar kiradi. Yeyilishni sun'iy tarzda jil-vir tosh yoki metall qirqish dastgohi yordamida (imitatsiya qilib) hosil qilish ham mumkin.

### **Ishni bajarish tartibi**

1. Tekshiriladigan detalğa texnik xarakteristika bering va eng ko'p yeyilishi mumkin bo'lgan yuzasini tanlang.

2. Tekshiriluvchi yuzani detal uzunligi bo'yicha 5-10 ta teng bo'laklarga metall lineyka va o'tkir temir plastinka bilan ajrating (3.9-rasm). Yeyilish imitatsiya qilinadigan bo'lsa yuzani bo'laklarga bo'lish detalğa ishlov bermasdan oldin amalga oshiriladi va yeyilishdan oldingi o'lchamlar qayd etib olinadi.



3.11-rasm. Konus piramidali iz bo'yicha yeyilish miqdorini o'lchash.

3. Yeyilish miqdorini o'lchash asbobi tanlanadi, masalan, ICH-3 rusumli indikator. Indikatorni moslamaga o'rnatib tekshiriladigan detalning yeyilishdan oldingi o'lchamiga sozlab oling. Agarda detalning yeyilishdan oldingi o'lchami noma'lum bo'lsa bu o'lchamni shartli

tarzda detalning ishchi chizmasida ko'rsatilgan nominal (ideal) o'lchamiga teng bo'lgan deb qabul qilamiz.

4. Detalni moslamaga o'rnatib indikator uchini yeyilgan yuzaning o'lchanuvchi (belgilangan) qismlariga birin-ketin tekizib yeyilishdan oldingi yoki nominal o'lchamidan maksimal ( $U_{\max}$ ) va minimal va ( $U_{\min}$ ) chetga chiqishlarning aniqlang va jadvalga yozing.

5. Yuza uzunligi bo'yicha har bir diametrini quyidagi formula bilan aniqlang va natijani jadvalga yozing:

$$D_{ei} = D_{oi} + (U_{\max,i} + U_{\min,i}), \quad i = 1-6 \quad (3.14.)$$

bu yerda,  $D_{ei}$  va  $D_{oi}$  - mos tarzda;  $i$  - kesimning yeyilishdan keyin va yeyilishdan oldingi (yoki nominal) diametri, mm.  $U_{\max,i}$  va  $U_{\min,i}$  - mos tarzda;  $i$  - kesimdagi maksimal yeyilishlar miqdori, mm. Yeyilish miqdori vallar uchun minus, teshiklar uchun musbat qiymatga egaligi (3.14) formulada inobatga olinishi kerak.

### Tekshirilayotgan yuza parametrlari

*3.4-jadval*

Kesim raqami	I-I	II-II	III-III	IV-IV	V-V	VI-VI
$D_{oi}$ , mm						
$U_{\max,i}$ , mm						
$U_{\min,i}$ , mm						
$D_{ei}$ , mm						

6. Yuzani yeyilish kattaligi epyura grafigi chiziladi (3.10-rasm). Buning uchun yeyilish miqdorlari ordinata (Y) o'qiga, yuza uzunligi bo'yicha belgilangan kesmilar raqami abssissa (X) o'qiga qo'yiladi. Valni yeyilishi uning diametrini kamaytirgani uchun manfiy, teshikni yengishi uning diametrini kattalashtirganligi uchun musbat yo'nalishli o'qqa qo'yladi. Rasmda yeyilish grafigi misol tariqasida ko'rsatilgan. Talabalar o'zlari o'tkazgan tajriba natijalari bo'yicha yuzaning yeyilish

grafigini qurishlari kerak. Grafikdagi  $U_{\max, i}$  va  $U_{\min, i}$  egri chiziqlari orasidagi maydon yuzasi detal yuzasining yeyilish epurasini ifodalaydi.

7. Detalning ta'mirlash yoki nominal o'lchami aniqlanadi:

$$D_T = D_H + U_{\max} \quad (3.15)$$

bu yerda,  $U_{\max}$  – barcha kesimlarda aniqlangan  $U_{\max, i}$  larning eng kattasi (3.10-rasmga qarang).

8. Bajarilgan ish bo'yicha xulosa qilinadi.

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Yeyilish miqdorini aniqlash usullari.
2. Mikrometrlash usulining mohiyati, afzallik va kamchiligi.
3. Mikrometrlash usulida qo'llaniladigan o'lchov asboblari, ularning aniqligi darajalari.
4. Qo'llanilgan jihoz va o'lchov asbobini sozlash.
5. Tekshiriladigan detal yuzasini o'lchashga tayyorlash.
6. Yeyilish grafigini qurish.
7. Yeyilgan yuzaga belgilab olingan kesimlardagi maksimal va minimal yeyilish miqdorlari aniqlash.
8. Detalni yeyilishdan keyingi va ta'mirlash o'lchamlarni aniqlash.

### 3-AMALIY ISH

#### TISHLI ILASHMALAR YEYILISH TEZLIGINI HISOBLASH

**Ishning maqsadi:** Tishli ishlamalarining yeyilishi tezligini EHM yordamida hisoblash.

**Nazariy qism:** Tishli uzatmalarning ponasimon tirqishiga kiradigan abraziv donachalar ishqalanish kuchi ta'sirida g'ildirak tishining bir-birliri bilan o'zaro tutashadigan qismi tomon harakat qiladi.



Abraziv donachalar soni ta'sir etuvchi normal kuch tishlarning o'zaro tutashadigan qismi yaqinlashuviga mos ravishda oshib boradi, buning natijasida ularning botish darajasiga qarab ishqalanish yuzalari elastik yoki plastik deformatsiyaga uchrashi mumkin.

Tishli uzatmalarda mikrokesish protsessi kuzatilmaydi, chunki tishlarning ilashadigan joylarida kontakt bosim abraziv donachalarning siqilishga mustahkamligidan ancha yuqoridir, shuning uchun ham donachalar uncha katta chuqurlikka botmasdan bo'laklarga (yana ham mayda donachalarga) bo'linib, natijada, o'z aktivligini yo'qotadi.

Uzatmadagi g'ildiraklar tishlarning ishchi profildagi tish uzunligi bilan tish balandligi bo'yicha joylashgan ikki abraziv donachasi orasidagi masofadan hosil bo'lgan yuzaning kattaligi

$$F = 0,75d_{ur} \left( \frac{\gamma_a}{E \cdot \gamma_m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.16)$$

bu yerda,  $d_{ur}$  – abraziv donachaning o'rtacha kattaligi;  $\gamma_a, \gamma_m$  – abraziv donacha va moyning zichliklari;  $Ye$  – abraziv donachalarning moydagi massa bo'yicha miqdori.

Tish uzunligi bo'yicha bir qator joylashgan abraziv donachalar soni.

$$n_L = \frac{1,38 \cdot L}{d_{ur}} \left( \frac{E \cdot \gamma_m}{\gamma_a} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ ga teng.} \quad (3.17)$$

bunda,  $L$  – tish uzunligi

Tishlar orasidagi sirpanish yo'li

$$S = \frac{\pi m}{Z_K} \left( \sqrt{Z_{sh}^2 \sin^2 \alpha + 4Z_{sh} + 4} - Z_{sh} \cdot \sin \alpha \right) \quad (3.18)$$

formula bilan aniqlanadi.

Bu yerda,  $m$  – ilashish moduli;  $i$  – uzatish soni;  $Z_k, Z_{sh}$  – g'ildiraklarning tishlar soni;  $\alpha$  – ilashish burchagi.

Yuzani yeyilishiga olib keluvchi sikllar soni.

$$N_p = \psi^{1,3} \text{ ga teng.}$$

Bunda,  $\psi$  – g'ildiraklar materiallarini nisbiy uzayish koeffitsiyenti. Yeyilish tezliklari quyidagi formulalar bilan hisoblanadi.

Yetaklovchi tishli g'ildirak uchun:

$$\gamma_{sh} = 16,67 \Gamma_{sh} \sigma_m^3 E^2 n_{sh} \gamma_m^2 m(i+1)(4HB_{sh} - \sigma_m) \cdot \frac{\left( \sqrt{Z_{sh}^2 \sin^2 \alpha + 4Z_{sh} + 4 - Z_{sh} \sin \alpha} \right)}{HB_{sh}^4 n_{rsh} \gamma_a Z_k} \quad (3.19)$$

Yetaklanuvchi tishli g'ildirak uchun:

$$\gamma_{sh} = 16,67 \Gamma_{sh} \sigma_m^3 E^2 n_k \gamma_m^2 m(i+1)(4HB_k - \sigma_m) \cdot \frac{\left( \sqrt{Z_{sh}^2 \sin^2 \alpha + 4Z_{sh} + 4 - Z_{sh} \sin \alpha} \right)}{HB_k^4 n_{pk} \gamma_a Z_k} \quad (3.20)$$

bunda,  $\sigma_m$  – abraziv donachalar sikilishiga mustahkamligi;  $\varepsilon$  – abraziv donachalarning moydagi o'rtacha miqdori;  $n_{sh}$ ,  $n_r$ , g'ildirakni burchak tezliklari;  $G_{sh}$ ,  $G_k$  – g'ildirak materiallari va abraziv donachalarning mustahkamligi o'rtasidagi boshlanishi hisobga oluvchi koeffitsiyent:

$$\Gamma_{sh,k} = \frac{\sqrt{4\sigma_m \cdot HB_{sh,k} - \sigma_m^2}}{HB_{sh,k}} + 4 \sqrt{\frac{\sigma_m}{HB_{sh,k}}} \quad (3.21)$$

Tishli g'ildiraklarni yeyilish tezligini hisoblash uchun kerakli qiymatlar 3.5-jadvalda kiritilgan.

Yeyilish tezligini (3.19), (3.20)-formulalar bo'yicha hisoblangan qiymatlari 4-laboratoriya ishi natijasi solishtiriladi va nisbiy xato aniqlanadi:

$$\Delta = \left( \gamma_{sh,k(x)} - \gamma_{sh,k(e)} \right) \cdot \frac{100}{\gamma_{sh,k(e)}} \quad (3.22)$$

Bunda,  $sh, k(x)$   $sh, k(e)$  – yeyilish tezligini hisoblangan va eksperimental qiymatlari.

**Ish bajarish tartibi:** Ishning nazariy qismi o'rganilib bo'lingandan so'ng, hisoblashning algoritmiga muvofiq ravishda hisoblash programmasi tuziladi.

**Tishli g'ildirakli uzatmalarni yeyilish tezligini hisoblash  
uchun berilgan qiymatlar**

3.5-jadval

Ko'rsatkichlar nomlari	Ko'rsatkichlar belgisi	O'lchov birligi	Qiymati
1	2	3	4
Ilashmaning uzatish soni	i		2
Moydagi abraziv donachalar miqdori	a		0,013
Abraziv donachalarning o'rtacha o'lchami	$d_{o'r}$	mm	0,015
Abraziv donachalarning mustahkamligi		mpa	2000
Tishli g'ildirak materialining elastik koeffitsiyenti:			
yetaklovchi g'ildirak uchun	$\varphi_1$		6
yetaklanuvchi g'ildirak uchun	$\varphi_2$		7
Tishli g'ildiraklar materiallarining qattiqligi:			
yetaklovchi g'ildirak uchun	NV1	mpa	3900
yetaklanuvchi g'ildirak uchun	NV2	mpa	2300
Tishli g'ildirak ish yuzasini yeyilishiga olib keluvchi sikllar soni:			
yetaklovchi g'ildirak uchun	n1		10,3
yetaklanuvchi g'ildirak uchun	n2		12,6
Abraziv donachalarning zichligi	$\gamma_2$	G/sm	0,91
Moyning zichligi	$\gamma_1$	G/sm <sup>3</sup>	0,91
G'ildirak materiallari va abraziv donachalarning qattiqligini va mustahkamligini hisobga oluvchi koeffitsiyent:			
yetaklovchi g'ildirak uchun	G2		19
yetaklanuvchi g'ildirak uchun	G1		33
Ishlash burchagi	$\alpha$	Grd	20
G'ildirakning burchak tezligi:			
yetaklovchi g'ildirak uchun	n1	Ayl/min	240
yetaklanuvchi g'ildirak uchun	n2	Ayl/min	120

#### 4-AMALIY ISH

### SIRPANIB ISHQALANUVCHI DETALLARNI YEYILISH TEZLIGINI HISOBLASH

**Ishning maqsadi:** EHMda sirpanib ishqalanuvchi detallarni yeyilishini hisoblashni o'rganish [14].

**Nazariy qism:** Agar moy abraziv donachalar bilan birga ishqalanish yuzasiga kelib tushsa yeyilish quyidagicha bo'ladi.

Abraziv donachalar yumshoq yuzaga botib o'rnashib oladi, qattiqroq yuzada esa qimirlaydi. Val butun sirti bo'ylab yeyiladi, vtulka esa faqat valni ko'tarib turuvchi, taxminan  $u = \pi/4$  radian burchakka ega yuza yeyiladi. Abraziv donachalarning o'yish izi kesik konus shaklida bo'lib, uning uchi ta'sir eta boshlagan joyda, asosi esa abraziv botib o'rnashib qolgan joyda bo'ladi.

Yeyilish tezligini hisoblash uchun quyidagi ifodadan foydalaniladi:

Val:

$$\gamma_1 = \frac{7210^{-7} \cdot h_1^2 \left( R - \frac{h_1}{3} \right) \cdot n_a \cdot \omega}{an_{p1}} \quad (3.23)$$

Vtulka:

$$\gamma_2 = \frac{12 \cdot 10^{-13} \cdot n_a \cdot a + r_1 (S_{\max} - d_a + h_b) K_H}{n_{p2} \cdot r_K l (S_{\max} \cdot S_{\min})} \cdot \left[ \frac{R^2 \arccos(R - h_2)}{R} - (R - h_2) \sqrt{R^2 - (R - h_2)^2} \right] \quad (3.24)$$

Ko'rsatkichlarning izohi 3.6-jadvalda berilgan.

Abraziv donachasiga tushayotgan kuch:

$$Na = \frac{N}{n_a cjs\varphi} \quad (3.25)$$

Abraziv donasiga ishqalanish yuzasiga botish chuqurligi:

$$h = \frac{Na}{\pi RHB}, \quad h_s = \frac{\sigma_M R}{2HH} \quad (3.26)$$

Sirpanib ishqalanuvchi qismlarning yeyilish tezligini hisoblash uchun beriladigan qiymatlar

3.6-jadval

Ko'rsatkichlar nomi	Ko'rsatkichlar belgisi	O'lchov birligi	Qiymati
1	2	3	4
Kvars donachalari mustahkamligi	$\sigma_M$	MP <sup>2</sup>	400
Eng kichik minimal tirqish	$S_{min}$	mm	0,002
Eng katta maksimal tirqish	$S_{max}$	mm	0,090
Valning aylanish tezligi	$\omega$	1/c	157
Podshipnikka qo'yiladigan kuch	N	KH	7
Sistemadagi moyning hajmi	Q	sm <sup>3</sup>	60
Yeyilish notekisligining koefitsiyenti	$K_H$		0,8
Tirqish bilan o'lchovdosh abraziv donachalarni hisobga oluvchi koefitsiyent	$K_1$		0,85
Moydagi yumshoq (organik) qo'shimchalarni hisobga oluvchi koefitsiyent	$K_2$		0,75
Materialni yemirilishga olib keluvchi sikllar soni			
Valniki	n		170
Vtulkaniki	P/t		25
Moydagi abraziv donachalar miqdori	E		0,02
Podshipnik uzunligi	l	mm	42
Abraziv donachalar zichligi	$\gamma_a$	G/sm <sup>3</sup>	2,65
Moyning zichligi	$\gamma_m$	G/sm <sup>3</sup>	2,84

bu yerda,  $h$  – botish chuqurligi;  $h_b$  – abraziv donasining bo'laklanib ketishiga olib keluvchi botish chuqurligi;  $b_m$  – abraziv donasining mustahkamligi;  $R$  – abraziv donasining o'rtacha radiusi;  $d_{max}$ ,  $d_{min}$  – tirqishning eng katta va eng kichik qiymatlariga to'g'ri keluvchi abraziv donalar o'lchami;  $n_a$  – ishqalanish yuzasiga kirib qolgan abraziv donachalar soni.

$$n_a = \frac{10^{11} \cdot E \cdot Q \cdot l \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \gamma_m}{24\pi \cdot R^3 \cdot \omega \cdot r_1 \cdot \gamma_a} \quad (3.27)$$

bu yerda,  $K_n$  – yeyilish notekisligini hisobga oluvchi koeffitsiyent ( $KN=0,6-1,4$ );  $\omega$  – valning aylanish tezligi;  $Z_1-Z_2$  – val va vtulka-ning raduslari;  $a$   $\gamma_1$  – tutash yuzasining radiusi:

$$n_a = \sqrt{2Rh - h^2}$$

bu yerda,  $n_a$  – materialni yemirilishiga olib keladigan sikllar soni;  $F$  – moydagi abraziv donachalar miqdori;  $Q$  – sistemadagi moyning hajmi.

**Ishni bajarish tartibi:** nazariy qism bilan tanishgandan so'ng hisoblash algoritmgiga moslab dastur tuziladi. Bunda jadvalda berilgan qiymatlardan foydalaniladi.

## 5-LABORATORIYA ISHI

### TISHLI G'ILDIRAKLARNI ROLIKLI O'XSHATMA ANALOGLAR YORDAMIDA MODELLASHTIRISH

**Ishning maqsadi:** tishli g'ildiraklarni EXMda rolikli o'xshatma-lari bilan modellashtirish [14].

**Nazariy qism:** tishli g'ildirakni sirti dumalab va sirpanib ishlaydi. Ilashish qutbida g'ildiraklarning boshlang'ich aylanalarida sirpanish bo'lmaydi. Tishlarning kallagi va oyoq qismlarining ilashish joylarida sirpanish eng katta qiymatga ega bo'ladi.

Tishli ilashmalarning materiallarini yeyilishga sinash maxsus jihozlarda o'tkazilish kerak. Bu holda sinov natijalari faqatgina na-zarda tutilgan tishli ilashmaning ilashish moduliga tishlar soniga tegishli bo'ladi. Shuning uchun tishli ishlamali mexanizmlarni rolikli o'xshatmalar yordamida o'rganish ma'qulroqdir. Buning uchun tish-lar sirtini ilashish nuqtalaridan egrilik radiuslarining har xil radiusida-gi roliklar sistemasi deb qabul qilamiz.

Sinov MI-IM markali ishqalanish mashinasida, tishli g'ildiraklar materiallaridan tayyorlangan «rolik-rolik» namunalarida olib boriladi.

Tishli ishlamalarda eng katta yeyilish yetaklovchi g'ildirak tishining kallagida, yetaklovchi g'ildirak tishining oyoq qismining ilashgan joyda kuzatiladi. Shuning uchun ham tishli uzatmalarning nazarda tutilgan qismiga mos keluvchi sharoitda yeyilishga sinash kerak. Buning uchun tishli ilashmalardagi ko'p miqdorda yeyilishga ega bo'lgan qismlarining geometrik va kinematik ko'rsatkichlarini aniqlaymiz.

**Egriliklik radiuslari quyidagi ifoda bilan hisoblanadi:**

Yetaklovchi tishli g'ildirak tishi kallagi uchun:

$$P_{M1} = \frac{m}{2} \sqrt{Z_{sh} \sin^2 \alpha + 4Z_{sh} + 4}$$

Yetaklanuvchi tishli g'ildirak tishi kallagi uchun:

$$P_{K1} = \frac{m}{2} \left[ Z_{sh}(i+1) \sin \alpha - \sqrt{Z_{sh}^2 \sin^2 \alpha + 4Z_{sh} - 4} \right]$$

Yetaklovchi tishli g'ildirak tishi oyoq qismi uchun:

$$P_{sh2} = \frac{m}{2} \sqrt{Z_{sh}^2 \sin^2 \alpha + 4Z_{sh} - 4}$$

Yetaklovchi tishli g'ildirak oyoq'i uchun:

$$P_{K2} = \frac{m}{2} \left[ Z_{sh}(i+1) \sin \alpha - \sqrt{Z_{sh}^2 \sin^2 \alpha + 4Z_{sh} + 4} \right]$$

bunda,  $m$  – ilashish moduli;  $Z_{sh}$  – yetaklovchi g'ildirak tishlarining soni;  $i$  – tishli ilashmaning uzatishlar soni;  $\alpha$  – ilashish burchagi;  $Z_k$  – yetaklanuvchi g'ildirak tishlarining soni.

**Dumalash tezligi quyidagi formula bilan hisoblanadi:**

Yetaklovchi tishli g'ildirak tishining kallagi uchun:

$$V_{1sh} = \frac{\pi n_{sh} \rho_{sh1}}{30}$$

Yetaklovchi tishli g'ildirak tishining oyoq qismi uchun:

$$V_{2sh} = \frac{\pi n_{sh} \rho_{sh2}}{30}$$

Yetaklanuvchi tishli g'ildirak tishining kallagi uchun:

$$V_{1k} = \frac{\pi n_k \rho_{k1}}{30}$$

Yetaklanuvchi tishli g'ildirak tishning oyoq qismi uchun:

$$V_{2k} = \frac{\pi n_k \rho_{k2}}{30}$$

bunda,  $n_{sh}$  – yetaklovchi tishli g'ildirak burchak tezligi;  $n_k$  – yetaklanuvchi tishli g'ildirak burchak tezligi.

**Sirpanish tezliklari quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:**

Yetaklovchi g'ildirak tishining kallagi bilan yetaklanuvchi g'ildirak tishining oyoq qismi orasidagi tezlik:

$$V_{s1} = \frac{\pi n_k (i \cdot \rho_{sh1} - \rho_{k2})}{30}$$

Yetaklanuvchi g'ildirak tishining kallagi bilan yetaklovchi g'ildirak tishining oyoq qismi orasidagi tezlik:

$$V_{s2} = \frac{\pi n_k (i \cdot \rho_{sh2} - \rho_{k1})}{30}$$

**Nisbiy sirpanish quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:**

Yetaklovchi g'ildirak tishining kallagi bilan yetaklanuvchi g'ildirak tishining oyoq qismi orasidagi nisbiy sirpanish:

$$\xi_k = \frac{V_{s1}}{V_{1sh}}$$

Yetaklanuvchi g'ildirak tishining kallagi bilan yetaklovchi g'ildirak tishining oyoq qismi orasidagi nisbiy sirpanish:

$$\xi_o = \frac{V_{s2}}{V_{2sh}}$$

Tishli g'ildiraklarni rolikli o'xshatmalar bilan modellashtirishdagi berilgan qiymatlar:



t/r	Ko'rsatkichlarning nomi	Ko'rsatkich-lar belgisi	O'lchov birligi	Qiymati
1	Ilashish moduli	m	mm	5
2	Yetaklovchi g'ildirakning tishlar soni	$Z_{sh}$		16
3	Yetaklanuvchi g'ildirakning tishlar soni	$Z_k$		32
4	Uzatishlar soni	i		2
5	Yetaklovchi g'ildirak tishi kallagining egrilik radiusi	$\rho_{sh1}$	mm	28
6	Yetaklovchi g'ildirak tishi oyoq qismining egrilik radiusi	$\rho_{k2}$	mm	13
7	Yetaklanuvchi g'ildirak tishi kallagining egrilik radiusi	$\rho_{k1}$	mm	40
8	Yetaklanuvchi g'ildirak tishi oyoq qismining egrilik radiusi	$\rho_{sh2}$	mm	1
9	Nisbiy sirpanish darajasi			
	a) Yetaklovchi g'ildirak tishi kallagi bilan yetaklanuvchi g'ildirak tishi oyoq qismi orasidagi	$\xi_k$		0,772
	b) Yetaklanuvchi g'ildirak tishi kallagi bilan yetaklovchi g'ildirak tishi oyoq qismi orasidagi	$\xi_0$		0,948

Hisoblangan egrilik radiuslari  $\rho_{sh1}$ ,  $\rho_{k2}$ ,  $\rho_{sh2}$ ,  $\rho_{k1}$ , ga mos keluvchi rolikli namunalar tanlab olinadi. Tishli g'ildiraklarning nisbiy sirpa-nish darajasi ( $\xi_k$ ,  $\xi_0$ )ga nisbatan namunalarning burchak tezliklari tanlanadi.

## 6-AMALIY ISHI

### DUMALASH PODSHIPNIKLARINING YEYILISH XARAKTERINI O'RGANISH

**Ishning maqsadi:** Dumalash podshipnigidagi radial va bo'ylama tirqishlarni aniqlash.

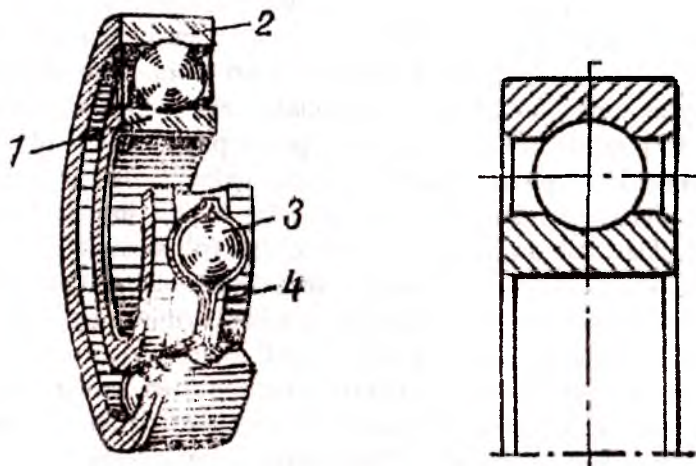
**Kerakli jihozlar:**

1. Dumalash podshipnidagi bo'ylama va radial tirqishlarni o'lchash moslamasi.
2. Podshipnik enini, halqalarining ichki va tashqi diametrlarini o'lchash uchun indikatorli nutrometr va mikrometr.
3. O'yiq va yoriqlarni ko'rish uchun lupa.
4. Yangi va ishlatilgan sharikli podshipniklar.

**Nazariy asoslar va ishni bajarilish tartibi**

Dumalash podshipniklari o'ta katta bo'lmagan yuk va tezliklarda sirpanma podshipniklarga nisbatan foydali ish koeffitsiyentining kataligi va ishlash muddatining uzoqligi, bo'ylama o'q yo'nalishida o'lchamining kichikligi, aniq ishlashi, val va korpusni kamroq shikastlanishi, markazlashgan holda yalpi ishlab chiqarishning samarali texnologiyasi mavjudligi kabi afzalliklarga ega bo'lgani uchun texnikada ko'p qo'llaniladi. Dumalanish podshipnigi valga kiydiriladigan ichki halqa 1, korpusga o'rnatiladi tashqi halqa 2, ular orasida separatorda joylashgan dumalovchi elementlar 4 dan iborat. Dumalash podshipniklari qabul qila oladigan yuklanish yo'nalishiga ko'ra radial, radial-tirakli, tirakli va tirak radial, dumalovchi elementlarning shakliga ko'ra sharikli va rolikli, gabarit o'lchamlarining nisbatiga ko'ra, o'ta yengil, alohida yengil, yengil keng, o'rta, o'rta keng va og'ir seriyali, dumalanish elementlarining qatorlari soni bo'yicha bir va ikki qatorli, val holatiga moslanuvchanligiga qarab o'zi moslanmaydigan turlarga bo'linadi. Dumalanish podshipniklarining shartli belgisida o'ngdan chap tarafga hisoblanganda dastlabki ikki raqam ichki halqaning valga o'rnatilgan diametrini ifodalaydi. Jumladan 00, 01, 02, va 03 raqamlar mos tarzda podshipnikni valga o'rnaydigan diametri 10, 12, 15 va 17 mm ekanligini bildiradi. Dastlabki ikki raqami 04 dan 99 gacha bo'lgan podshipniklarni valga o'rnaydigan diametrini aniqlash uchun bu sonlarni beshga ko'paytirish kerak. Masalan, shartli belgisidagi dastlabki ikkita 11 bo'lgan podshipnik diametri 55 mm li valga o'rnaydi ( $11 \times 5 = 55$ ) Shartli belgidagi 3-raqami podshipnik diametri bo'yicha, 7-raqam esa podshipnik eni bo'yicha qanday seriyaga oidligini ifodalaydi. Bunda o'ta yengil

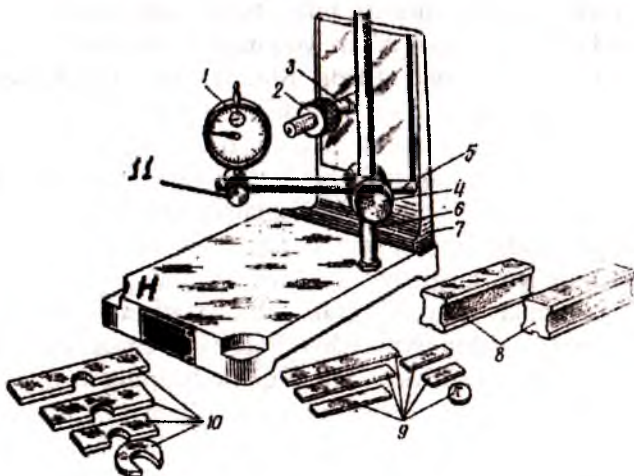
seriyadan og'ir seriyaga tomon raqam qiymati kattalashib boradi. 4-raqam podshipnik tipini ifodalaydi. Podshipniklarning radial sharikligi 0, sharikli radial seriyasi 1, kalta silindrik rolikligi 2, sferik rolikligi 3, uzun silindrik (yoki igna)ligi 4, o'rama rolikligi 5, sharikli radial tirakligi 6, konus rolikligi 7, sharikli va rolikli tirakligi mos tarzda 8 va 9 raqamlar bilan belgilanadi. Ushbu ishda dumalash podshipniklariga avtonom ishqalanish qismi sifatida qaralib uning dumalovchi elementlari, halqalaridagi yo'lakchalar va seperatorini yeyilishi natijasida hosil bo'ladigan tirqishlarni aniqlash o'rganiladi. Dumalanuvchi elementlar bilan halqalar oralig'idagi radial va o'q (bo'ylama) yo'nalishlardagi tirqishlar dumalanish podshipniklarining ishlovchanlik qobiliyatini belgilovchi muhim ko'rsatkich hisoblanadi 3.12-rasm.



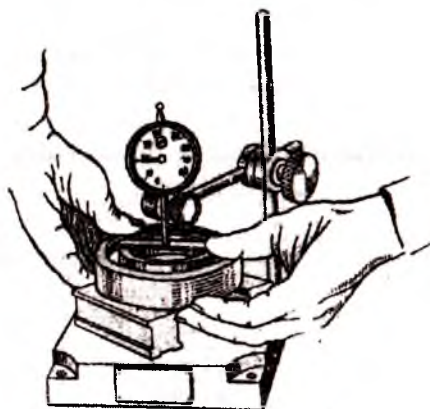
3.12-rasm. Dumalash podshipnikining tuzilishi.

Tirqishlar o'lchamini gorizontali (N) va vertikal (V) plitali korpus 7 dan iborat moslamada aniqlanadi. Gorizontali plitaga o'q 6 mahkamlangan bo'lib o'qqa indikator 1 tutgichi 5 o'rnatilgan. Tutgich 5 ni o'q 6 ga nisbatan qisqich 4 vintini, indikator 1 ni esa tutgich 5 ga nisbatan qisqich vintini bo'shatib kerakli joyga siljitib olib, so'g qoirib qo'yiladi. Vertikal plitadagi barmoq 3 ga radil tirkishi tekshiriladigan podshipnik kiydirilib to'rt dona planka 10 larni biridan foy-

dalanilgan holda gayka 2 bilan mahkamlanadi. Bo'ylama yo'nalishdagi tirqishni aniqlashda ikkita taglik 8 dan hamda oltita plastinalarning biridan foydalaniladi. Buning uchun moslamaning gorizontol plitasiga tagliklar va ularning ustiga tekshiriladigan podshipnik tashqi halqasi bilan qo'yiladi (3.13-rasm; 3.14-rasm).



3.13-rasm. Dumalash podshipniklarini nazorat qilish moslamasi.



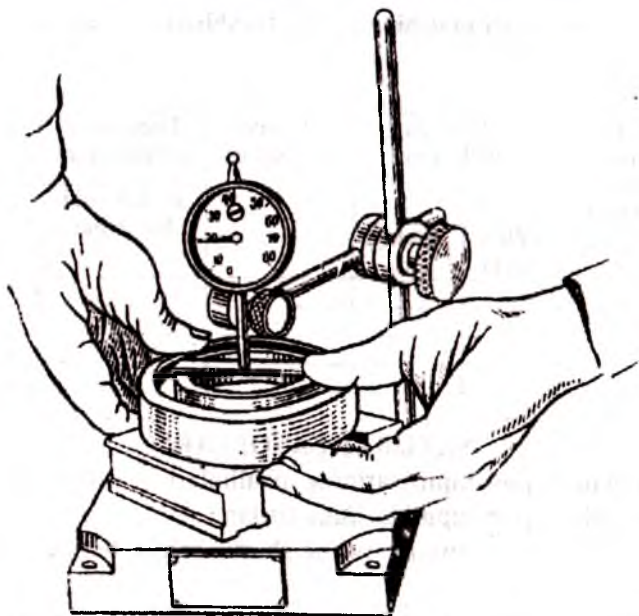
3.14-rasm. Dumalash podshipnigi bo'ylama tirqishini aniqlash.

Podshipnik ichki halqasining tepasiga plastinalardan mos uzunlikdagisi tanlab qo'yilgach, plastinaning o'rtasiga indikator o'qining uchi indikatorning katta mili taxminan bir marta aylanadigan qilib, qisqich vositasida sozlab to'g'rilanadi. So'ngra ichki halqani qo'l bilan bosib turib 1; 1,5 marta aylantiriladi va indikatorning shkalasidagi nolinch belgi milni qarshisiga keltiriladi. Podshipnikning tashqi halqasini bosh barmoqlar bilan tagliklarga bosib, ichki halqasini ko'rsatkich barmoqlar bilan yuqoriga ko'tariladi va indikator mili ko'rsatgan natija qayd etiladi. Shu tartibda tajriba yana uch marta takrorlanib natijalar qayd etiladi va podshipnikning bo'ylama yo'nalishdagi tirqishning o'rtacha qiymati o'q aniqlanadi. Podshipnik halqalarini bo'ylama yo'nalishida bir-biriga nisbatan siljishi 0,8 mm dan ortiq bo'lsa bunday podshipnik ishlatish uchun yaroqsiz hisoblanadi. Sharikli podshipnikni radial tirqishini aniqlash uchun uni moslama barmog'iga kiygizilib ma'lum holatda planka va gayka vositasida mahkamlab qo'yish kerak. Buning uchun oldin plankani uning qirg'oqlari podshipnikni ichki halqasiga tiriladigan uzunlikdagisi tanlab olinadi. Indikatorning o'qi podshipnik tashqi halqasining eng yuqori sirtiga tegadigan qilib o'rnatiladi (3.15-rasm). Podshipnikning tashqi halqasini ostidan barmoqlar bilan ko'tarilib, indikator milining burilish qiymati yozib olinadi. Podshipnik tashqi halqasini oldingi holatiga nisbatan 900, 1800 va 2700 ga burib tajriba yana uch marta takrorlanadi va natijalar yozib olinib radial tirqishning o'rtacha qiymati aniqlanadi. Podshipnik radial tirqishining o'rtacha qiymati 3.8-jadvalda keltirilgan ruxsat etilgan qiymatdan ko'p bo'lsa u foydalanishga yaroqsiz hisoblanadi.

**Sharikli podshipniklar uchun ruxsat etilgan radial tirqish qiymati**

3.8-jadval

Ichki halqaning nominal diametri, mm	Radial tirqishning qiymati, mm	
	Yangisi uchun	Eskisi uchun
15-30	0,01-0,02	0,10
35-50	0,01-0,02	0,15
55-80	0,01-0,03	0,20
85-100	0,02-0,04	0,25
105-120	0,02-0,04	0,30



3.15-rasm. Dumalash podshipnigi radial tirqishini aniqlash.

### Ishni bajarish tartibi:

1. Indikatorli nutrometr va mikrometr yordamida podshipnik teshigining eni, ichki va tashqi diametrl o'lchanadi.
2. Podshipnikning shartli belgisi bo'yicha unga ta'rif beriladi.
3. Podshipniklar ma'lumotnomasi (adabiyot)dan uning turi, seriyasi va normal o'lchamlari aniqlanib 1 va 2 banddagi natijalar bilan solishtiriladi.
4. Lupa yordamida podshipnik elementlaridagi nuqsonlar aniqlanadi.
5. Podshipnikning bo'ylama va radial tirqishlari maxsus moslamada o'lchanadi.
6. O'tkazilgan ish asosida 3.9-jadval jadval to'ldiriladi.

**Dumalash podshipnigining tekshirish natijalari**

3.9 jadval

t/r	Poship-nik shartli belgisi	O'lchamlar d D B, mm		Asosiy nuqsonlari	Tirqishning qiymati, mm		Podship-nikni yaroqli yoki yaroqsizlik sababi
		O'lch amda	Adabiy otda		Radial yoki bo'ylama		
1							
2							
3							
4							

**NAZORAT SAVOLLARI**

1. Dumalash podshipniklarining afzalliklari va ishlatilishi.
2. Dumalash podshipniklarining turlari.
3. Dumalash podshipniklarining shartli belgisi bo'yicha uning turini aniqlash.
4. Dumalash podshipnigida uchraydigan shikastlanish va yeyilishlar.
5. Radial tirqishlarni aniqlash texnikasi va texnologiyasi.
6. Bo'ylama tirqishni aniqlash texnikasi va texnologiyasi.
7. Podshipnikni foydalanishga yaroqli yoki yaroqsizga ajratish mezonlari.

**3.8. MOYLANMAYDIGAN SIRPANMA PODSHIPNIKLAR HISOBI**

**1. Tutashish ko'rsatkichlarini aniqlash**

Sirpanma podshipniklarni tutashish ko'rsatkichlariga valni vtulka bilan tutashish yoyi burchagi  $2\varphi_0$ , tutashishdagi bosimning maksimal qiymati  $r_m$  va tutashish yoyi bo'ylab bosimning o'zgarishi  $r(\varphi)$ :

$$\sin v\vartheta_0 = \sqrt{\frac{4}{\pi} \left[ (1 - \mu_1^2) + (1 - \mu_2^2) \frac{E_1}{E_2} \right] \frac{P_0}{E_1 \cdot E}} \quad (3.28)$$

$$P_m = \frac{2P_0}{\pi R_1 \cdot \sin \vartheta_0}, \quad (3.29)$$

$$P(\vartheta) = P_m \left[ 1 - \left( \frac{\vartheta}{\vartheta_0} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (3.30)$$

bu yerda,  $P_0$ —nisbiy yuklama;  $\varepsilon=R_1-R_2$  — tutashmadagi radial tirqish;  $R_1, R_2$  — vtulka va val radiuslari;  $\mu_1, \mu_2$  — vtulka va val materiallari uchun Pausson koeffitsiyentlari;  $Ye_1, Ye_2$  — vtulka va val materiallari uchun elastiklik moduli;  $\varphi_{01}, \varphi$  — tutashish yarim yoyining boshlang'ich va oniy holatlardagi burchak qiymatlari.

Vtulka va val materiallarining elastiklik modullari nisbatiga ko'ra tutashish parametrlarini hisoblash turlicha bajariladi.

A. Agarda  $\frac{E_1}{E_2} < 10^{-2}$  bo'lsa tutashish parametrlarini aniqlashda

quyidagi farazlar qabul qilinadi.

1. Vtulka elastik deformatsiyalanadi va uning materiali izotropik elastiklik xossasiga ega.
2. Val va podshipnik korpusi deformatsiyalanmaydi.
3. Tutashish joyidagi urinma kuchlanish ishqalanish koeffitsiyenti kichik ( $f < 0,3$ ) bo'lganligi sababli inobatga olinmaydi.
4. Val shipi uzunligi bo'yicha yuklama bir tekis taqsimlanadi.

B. Tutashish yoyi bo'ylab bosimni taqsimlanishiga  $\mu_1 \neq 0,5$  holat uchun

$$P(\vartheta) = \frac{2P_0}{R_1} \frac{\cos \vartheta - \cos \vartheta_0}{2\vartheta_0 - \sin \vartheta_0} \quad (3.31)$$

ya'ni tutashish yoyi markazida bosim maksimal qiymatga ega

$$P_m = \frac{2P_0}{R_1} \frac{1 - \cos \vartheta_0}{2\vartheta_0 - \sin 2\vartheta_0} \quad (3.32)$$

tutashish yoyidagi bosimning o'rtacha qiymati

$$\bar{P} = \frac{P_0}{2R_1\vartheta_0} \quad (3.33)$$



V. Pausson koeffitsiyenti  $\mu_1=0,5$  bo'lgan materialli podshipniklarda:

Yaxlit vtulkali uchun

$$P(\vartheta) = \frac{4}{3} \frac{E_1 \cdot E}{S} (R_1 + S) \left( \frac{\cos \vartheta - \cos \vartheta_0}{\cos \vartheta_0} + \frac{\operatorname{tg} \vartheta - \operatorname{tg} \vartheta_0}{\pi - \vartheta_0} \right) \quad (3.34)$$

bu yerda, S – vtulkaning qalinligi.

Ajraluvchi vtulkali uchun

$$P(\varphi) = \frac{4}{3} \frac{E_1 \cdot E}{S} R_1 + \delta \left( \frac{\cos \varphi - \cos \varphi_0}{\cos \varphi_0} \right) \quad (3.36)$$

$$P_M = \frac{4}{3} \frac{E_1 \cdot E}{S} (R_1 + \delta) \quad (3.37)$$

G. Agarda,  $\frac{E_1}{E_2} < 10^{-2}$  bo'lsa, masalan, metall vtulkali va yupqa

antifriksion qatlam qoplangan vtulkali podshipniklarda tutashish parametrlarini aniqlash integral-differensial tenglamalarni yechish bilan bog'liq. Bu tenglamalarni sonli yechish asosida approksimatsiyalash natijasida quyidagi formula olingan:

$$\varphi_0 = 0,32 \left[ \left( \frac{C_0}{0,12} + 1 \right) \frac{P_0}{P_0 + 1} \right]^n \quad (3.38)$$

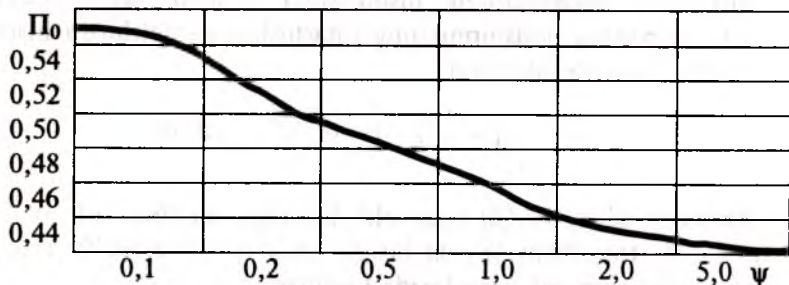
Daraja ko'rsatkichi n-ni hisoblash formulasi 3.10-jadvaldan olinadi.

*3.10-jadval*

$10 \geq \frac{E_1}{E_2} \geq 0,1$	$\frac{E_1}{E_2} > 10$	$0,01 < \frac{E_1}{E_2} < 0,1$
$n = m_1 \mu_1 + m_2 \mu_2 + n_0$	$n = 0,41 \mu_2 + 0,45$	$N = 0,16 \mu_1 + 0,55$
$m_1 = 0,07 \left( 1 - \operatorname{tg} \frac{E_1}{E_2} \right)$		
$m_2 = 0,20 \left( 1 + \operatorname{tg} \frac{E_1}{E_2} \right)$		

Daraja ko'rsatkich  $n$  ni grafik yo'l bilan ham aniqlash mumkin. Buning uchun zarur bo'lgan diagramma 3.16-rasmda keltirilgan. Bu yerda  $\varphi = E_1/E_2$ .

Daraja ko'rsatkichi  $n$ -ni hisoblash formulasi 3.16-rasmdan olinadi.



3.16-rasm.  $n$  qiymatini  $\frac{E_1}{E_2}$  parametrga bog'liqlamas grafigi 3/38 formuladagi

$S_0$  koeffitsiyentining aniqlanishi.

$$C_0 = \frac{\pi}{4} \left[ (1 - \mu_1^2) + (1 - \mu_2^2) \frac{E_1}{E_2} \right] \quad (3.39)$$

Tutashish yoyining markazidagi maksimal bosim:

$$P_m = 0,55 \frac{P_0}{R_1} \left( \frac{1}{\varphi_0} + 0,33 \right) \quad (3.40)$$

Tutashish yoyida bosimning taqsimlanishi:

$$P_{(\varphi)} = P_m \left[ 1 - \left( \frac{\varphi}{\varphi_0} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.41)$$

Sirpanma podshipniklarning tutashish parametrlarini hisoblash uchun boshlang'ich ma'lumotlar:

a) podshipnik qismining konstruktiv parametrlari ( $e, R_1; R_2; R$ );

b) vtulka va val materiallarining mexanik xossalari ( $E_1$ ;  $\mu_1$  va  $E_2$ ;  $\mu_2$ );

d) ta'sir etuvchi yuklami (R). Yuqorida keltirilgan ifodalar faqat sirtlar orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti  $f < 0,3$  bo'lgan hol uchun o'rinli.

Sirpanma podshipnikni hisoblashda dastlab Gers nazariyasi bo'yicha sirpanma podshipnikning tutashish parametrlarini hisoblash mumkinlik sharti tekshiriladi:

$$\frac{P_0}{E_1 \cdot E} \left[ (1 - \mu_1^2) + (1 - \mu_2^2) \frac{E_1}{E_2} \right] \leq 0,092 \quad (3.42)$$

Shunday qilib, (3.42) tengsizlik bajarilganda tutashish yoyi burchagi (3.28) tutashishi yoyida bosim, taqsimlanishi (3.39) maksimal bosim (3.29) formulalar vositasida hisoblanadi.

Tengsizlik (3.42) bajarilganda  $\frac{E_1}{E_2} < 0,01$  hol uchun  $\mu_1 \neq 0,5$  bo'lsa

sa mos tarzda (3.28), (3.31) va (3.32) formulalar,  $\mu_1 = 0,5$  bo'lganda esa podshipnik yaxlit vtulkali tuzilishga ega bo'lganida (3.28), (3.32) va (3.33) formulalar, ajraluvchi vtulkali podshipnik hisobidan esa (3.28), (3.36) hamda (3.37) formulalardan foydalanib hisoblanadi. Va

$\frac{E_1}{E_2} < 0,01$  nihoyat agar bo'lsa (3.28), (3.38), (3.39), (3.40) va (3.41)

formulalardan foydalaniladi.

Ko'p hollarda sirpanma podshipnikning ishqalanish sirtlariga ularning friksion yeyilish xarakteristikalarini yaxshilash uchun maxsus qoplamalar beriladi. Agarda, qoplama qalinligi S tutashish yoyining

o'lchamidan o'n va undan ortiq marta kichik bo'lsa  $x = \frac{S}{R_1 \varphi_0} \leq 0,1$

yuqorida keltirilgan hisoblarda qoplamaning mexanik xossalari inobatga olinmaydi. Ya'ni barcha hisoblar val va vtulkaning o'zak materiali xossalari bo'yicha bajariladi. Agarda  $\lambda < 10$  bo'lsa, qoplama qalin qatlamli deyiladi, hisoblar aynan shu qatlamning mexanik xossalari bo'yicha bajariladi va o'zak material deformatsiyalanmaydi deb olinadi.

*Misol:* Moylanmaydigan sirpanma podshipnik valining ishqalanuvchi sirtiga  $S=0,25$  mm qalinlikda FKN-7 kompozitsion polimer materiali qoplangan. Val va vtulka po'latdan yasalgan. Tutashishning geometrik ko'rsatkichlari:  $R_1=30$  mm;  $R_2=29,95$  mm;  $\mu_1=50$  mm. Materiallarning mexanik xossalari: po'lat uchun;  $\mu_1=0,3$ ; FNK-7 uchun  $E=1,15 \cdot 10^5$  N/mm<sup>2</sup>  $\mu_1=0,4$ . Ishqalanish koeffitsiyenti  $f=0,19$ , normal yuk miqdori  $P=5000$  N. Tutashishdagi tirqish  $\epsilon=0,2$  mm ga yetgunga qadar podshipnikni ishlay olish resursi aniqlansin:

1. Berilgan shartlar bo'yicha qoplamanı yupqa deb hisoblash mumkin yoki mumkin emasligini tekshiramiz. Buning uchun dastlab tutashish po'lat materiallar orasida bo'lmoqda deb faraz qilgan holda hisobni quyidagi tartibda olib qaraymiz.

2. Yeyilishni hisoblash. Sirpanma podshipnik qismidagi yeyilishni hisoblashda quyidagi shartlarni qabul qilamiz.

2.1. Vtulka valga nisbatan yeyilishga chidamli deb olib vtulka o'lchamini o'zgarmas hisoblaymiz.

2.2. Yeyilish faqat val sirti hisobiga bo'ladi va u doimo o'zining doiraviy shaklini saqlab qoladi. Demak, val qancha aylanishidan qat'iy nazar quyidagi geometrik nisbat doimo bajariladi:

$$R_1 = R_2(n) + \epsilon(n) = const \quad (3.43)$$

bu yerda,  $R_2(n)$  – val radiusi va tutashmadagi tirqishning valning n marta aylanishidagi qiymatlari.

2.3. val-vtulka juftligining valini aylanish davrida tutashish ko'rsatkichlarini ularni o'zgarishini aniqlash uchun Gers nazariyasi o'rinli bo'lgan 4-holda (3.28), (3.29) va (3.30) formulalar quyidagi ko'rinishni oladi:

$$P_w(n) = \sqrt{\frac{\epsilon_n \cdot P_0}{\pi \cdot \theta (R_{20} + \epsilon_0)(R_{20} - \epsilon_n + \epsilon_0)}} \quad (3.44)$$

$$a(n) = 2 \sqrt{\frac{(R_{20} + \epsilon_0)(R_{20} - \epsilon_n + \epsilon_0)}{\pi \cdot \epsilon}} \quad (3.45)$$

$$P(n) = P_m(n) \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{\varepsilon_0}{R_{20} \cdot a(n)} \right)^2} \quad (3.46)$$

bu yerda,  $Ye_0=(R_1-R_{20})$  va  $Ye_1=R_1-R_{2n}$  boshlang'ich va oniy detal tirqishlar;  $R_1$  – vtulka radiusi;  $R_{20}$  va  $R_{2n}$  – valning boshlang'ich va oniy radiuslari;  $a(n)$  – oniy tutashish yuzasining yarim eni.

2.4. Valning yeyilish sur'ati tutashishdagi bosimga bog'liq

$$I = K \cdot p^m \quad (3.47)$$

bu yerda,  $K$  va  $m$  – tajribaviy aniqlanadigan ko'rsatkichlar  $K$  – koefitsiyenti asosan ishqalanish jufti materiallarining xossalari, tuta-shuvchi sirtlar geometriyasi va moylanish sifati ta'siini hisobga oladi.  $M$  – tutashuvchi sirtlarning ko'rsatkichlariga bog'liq koefitsiyent, uning qiymati umumiy holda  $m=14$ , xo'rdalanib bo'lgan ishqalanuvchi juftlik uchun  $m=1$ .

1. Valning  $n$ -chi aylanishidagi yeyilish surati

$$\bar{J}(n) = \frac{\sqrt{\pi} \cdot \Gamma\left(\frac{m}{2} + 1\right)}{2\Gamma\left(\frac{m}{2} + \frac{3}{2}\right)} KP_m^m(n) \quad (3.48)$$

bu yerda,  $G(z)$  – gamma – funksiya.

Valning  $n$ -chi aylanishigacha o'tgan vaqt ichidagi yeyilish miqdori  $h(n)$  ishqalanish juftligidagi shu vaqt so'ngidagi tirqishdan boshlang'ich tirqishning ayirmasiga teng.  $h(n) = \varepsilon_n \cdot \varepsilon_0$  bo'lganligi uchun quyidagi differensial tenglamani qanoatlantirish kerak:

$$d\varepsilon = h(n)dn \quad (3.49)$$

Berilgan tirqish hosil bo'lguncha val qancha aylanganligi

$$n \approx \int_{\varepsilon(0)}^{\varepsilon - \varepsilon_0} \frac{d\varepsilon}{2\bar{J}(n)a(n)} \quad (3.50)$$

bu yerda:

$$n = n_0 F_1 n_0 = \frac{Q^m}{K \left( 1 + \frac{E_0}{R_{20}} \right) \left( \frac{E_0}{R_{20}} \right)^{m-1} \cdot Q^{\frac{m+1}{2}}} \quad (3.51)$$

Agarda  $\epsilon$ -ni mazkur tutash juftlik uchun ruxsat etilgan tirqishning maksimal qiymati deb qabul qilsak (3.50) ifodadan ishqalanish qismini yeyilish lizoni bo'yicha ishlash muddatini aniqlash mumkin. (3.44), (3.45) va (3.48) ifodalarni inobatga olib (3.50)ni quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin:

$$n = n_0 F$$

bu yerda,

$$Q = \frac{P \cdot R_{20} \cdot \epsilon}{\pi(R_{20} + \epsilon_0)} ;$$

$$n_0 = \frac{Q^m}{K \left( 1 + \frac{\epsilon_0}{R_{20}} \right) \left( \frac{\epsilon_0}{R_{20}} \right)^{m-1} \cdot Q^{\frac{(m+1)}{2}}}$$

F – tirqish val radiusi va tutashuvchi sirtlarning ko'rsatkichlariga bog'liq funksiya bo'lib uning qiymatlari 3.11-jadvaldan olinadi.

### Funksiyaning qiymatlari

3.11-jadval

$\frac{E - E_0}{E_0}$	M						
1	2	3	4	5	6	7	8
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,5	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
1,0	0,32	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27
1,5	0,48	0,46	0,44	0,41	0,39	0,36	0,34
2,0	0,64	0,59	0,55	0,50	0,46	0,43	0,39
2,5	0,80	0,72	0,65	0,59	0,53	0,48	0,43
3,0	0,96	0,85	0,75	0,66	0,58	0,52	0,46

jadvalning davomi

1	2	3	4	5	6	7	8
3,5	1,11	0,97	0,84	0,73	0,63	0,56	0,49
4,0	1,27	1,08	0,92	0,79	0,68	0,59	0,51
4,5	1,43	1,20	1,00	0,84	0,72	0,61	0,53
5,0	1,50	1,31	1,08	0,90	0,75	0,64	0,55
5,5	1,75	1,42	1,15	0,95	0,38	0,66	0,56
6,0	1,91	1,52	1,22	0,99	0,81	0,68	0,57
6,5	2,07	1,63	1,29	1,04	0,84	0,70	0,59
7,0	2,23	1,73	1,36	1,08	0,87	0,71	0,60
7,5	2,39	1,83	1,42	1,12	0,89	0,73	0,60
8,0	2,55	1,93	1,48	1,16	0,92	0,74	0,61
8,5	2,71	2,03	1,54	1,19	0,94	0,75	0,62
9,0	2,86	2,13	1,60	1,23	0,96	0,77	0,63
9,5	3,02	2,22	1,66	1,26	0,98	0,78	0,63
10,0	3,18	2,32	1,71	1,29	1,00	0,79	0,64

*Misol:* Moylanmaydigan sirpanma podshipnik qismi valining ish-qalanuvchi sirtiga  $S=0,25$  mm qalinlikda FKN-7 kompazitsion poli-mer materiali qoplangan. Val va vtulka po'latdan yasalgan. Tutashish-ning geometrik ko'rsatkichlari:  $R_1=30$  mm;  $R_2=29,95$  mm;  $l=50$  mm. Materiallarning mexanik xossalari: po'lat uchun  $E = 2 \cdot 10^5 H / MM^2$ ;  $\mu_1=0,3$ ; FNK-7 uchun yeyilish qonuniyati ko'rsatkichlari  $K = 4 \times 8 \times 10^{-2}$ ;  $m=1,5$ ;  $E = 1,15 \cdot 10^5 H / MM^2$   $\mu=0,4$ . Ishqalanish koeffitsiyenti  $f=0,19$ , normal yuk miqdori  $P=5000$  N. Tutashmadagi tirqish  $\epsilon=0,2$  mm ga yetgunga qadar podshipnikni ishlay olish resursi aniqlansin:

1. Berilgan shartlar bo'yicha qoplamanı yupqa deb hisoblash mumkin yoki mumkin emasligini tekshiramiz. Buning uchun dastlab tutashish po'lat materiallar o'rtasida bo'ladi deb faraz qilgan holda hisobni quyidagi tartibda olib boramiz.

(3.39) formuladan  $S_0$  koeffitsiyentini aniqlaymiz:

$$C_0 = \frac{3,14}{4} \left[ (1 - 0,3^2) + (1 - 0,3^2) \frac{2 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^5} \right] = 1,43$$

2. Ko'rsatkich darajasi  $n \frac{E_1}{E_2} = 1$  ni hol uchun 3.10-jadvaldagi

formuladan aniqlaymiz:

$$n = m_1 \mu_1 + m_2 \mu_2 + n_0$$

3.16-rasmdagi grafikdan  $Ye_1/E_2=1$  da  $n_0=0,502$ , unda

$$m_1 = 0,07 \left( 1 - \operatorname{tg} \frac{E_1}{E_2} \right) = 0,07 \left( 1 - \operatorname{tg} \frac{2 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^5} \right) = 0,07$$

$$m_2 = 0,20 \left( 1 + \operatorname{tg} \frac{E_1}{E_2} \right) = 0,20 \left( 1 + \operatorname{tg} \frac{2 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^5} \right) = 0,20$$

u holda

$$n = 0,07 \cdot 0,3 + 0,20 \cdot 0,3 + 0,502 = 0,583$$

3. Tutashish yarim yoyi burchagi  $P_0 = \frac{P}{l} = \frac{5000}{50} = 100_H$  moliya-viy nazorat ekanligini inobatga olgan holda (3.38) formuladan.

$$\varphi_0 = 0,32 \left[ \left( \frac{1,43}{0,12} + 1 \right) \frac{100}{100 + 1} \right]^{0,583} = 1,2$$

4.  $\lambda_{\max}$  ko'rsatkichini hisoblaymiz:

$$\lambda_{\max} = \frac{\delta}{R_1 \varphi_0} = \frac{0,25}{30 \cdot 1,2} = 0,007 < 0,1.$$

Demak, qoplamani yupqa qatlami deb hisoblash mumkin. Gers nazariyasidan foydalanish shartini (3.42) tengsizlik bo'yicha tekshiramiz:

$$\frac{100}{2 \cdot 10^5} \left[ (1 - 0,3^2) + (1 - 0,3^2) \frac{2 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^5} \right] = 0,003364 \leq 0,092$$

shunday qilib qismning tutashish parametrlari va chidamliligini hisoblashda (3.28), (3.29) va (3.51) formulalardan foydalanamiz:

$$Q = \frac{P_0 \cdot R_{20} \cdot Q}{\pi(R_{20} + \varepsilon_0)} = \frac{500}{200} \cdot \frac{29,95 \cdot 9,1 \cdot 10^{-7}}{3,14(29,95 + 0,05)} = \frac{272}{9 \cdot 4,2 \cdot 10^5} = 2,89^{-5}$$



$$n_0 = \frac{Q^m}{K \left(1 + \frac{\varepsilon_0}{R_{20}}\right) \left(\frac{\varepsilon_0}{R_{20}}\right)^{m-1} \cdot Q^{\frac{(m+1)}{2}}} =$$

$$= \frac{(9,1 \cdot 10^{-7})^{1,5}}{4,8 \cdot 10^{-12} \left(1 + \frac{0,05}{29,95}\right) \left(\frac{0,05}{29,95}\right)^{1,5-1} \cdot 2,89^{\frac{1,5-1}{2}}} = 2,698 \cdot 10^4$$

Me'yorlangan chegaraviy ruxsat etilgan tirqish  
 $\frac{\varepsilon - \varepsilon_0}{\varepsilon} = \frac{0,20 - 0,05}{0,05} = 3$  va  $m=1,5$  bo'lgan hol uchun 3.11-jadvaldan

$F=0,85$  ekanligini aniqlaymiz.

Podshipnikning ish resursi  $n = n_0 \cdot F = 2,698 \cdot 10^4 \cdot 0,85 = 2,293 \cdot 10^4$  aylanishlar soniga teng.

### 3.9. ISHQALANISH MATERIALLARI VA MOY MUHITNING SAYLANMALI KO'CHISH REJIMIDAGI TRIBOTEXNIK TAVSIFLARINI ANIQLOVCHI YANGI USKUNA

Tajribalar ishqalanish materiallari, qoplama, moylash materiallari va ularga aralastiriladigan qo'shilmalarning tribotexnik tavsiflarini STS-2, MI-1M, DI va boshqa turdagi ko'plab ishqalanish mashinalarida aniqlanganda sinalayotgan namunalarning tutashuv sohasidagi fizik-kimyoviy jarayonlarni ifodalovchi ba'zi ko'rsatkichlarni qayd etish mumkin emasligini ko'rsatadi.

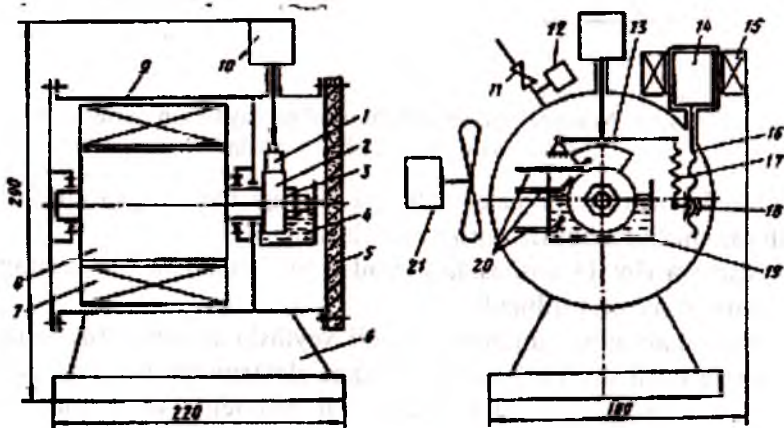
Jumladan, servovit pardalikni hosil bo'lishi va yemirilish ko'rsatkichi, juda katta nisbiy yuklanishlarning chegaraviy qiymatini mashinalarda aniqlab bo'lmaydi. Yuqoridagi turdagi mashinalarda katta ishchi yuzali (100–400 mm<sup>2</sup>) namunalardan foydalanilganligi uchun xo'rdalanish jarayoni ko'pga cho'ziladi, issiqlik ko'p ajralib yuqori yuklama va sirpanish tezligida sinovlar o'tkazishga imkon bermaydi.

Bu mashinalarning aksariyat xillarda namunaning ishqalanish yuzasi va real detallarni ishqalanish yuzasiga tenglik shartiga ro'ya qilinmaydi. Shuningdek, nuqtaviy va chiziqli tutashuvli ishqalanish

mashinalarida konstruksion va moylash materiallarini sinash mumkin emas.

Bunday qurilmalarni yuqori aniqlikdagi yeyilish va ishqalanish uzatkich (datchik)lar bilan jihozlash sinalayotgan namunalarni va ishchi kamerani issiqlikdan kengayishi kattaligi sababli yaxshi samara bermaydi. Ko'p hollarda laboratoriya sinovlarida olingan natijalar real mashinalardagi natijalarga mos kelmaydi.

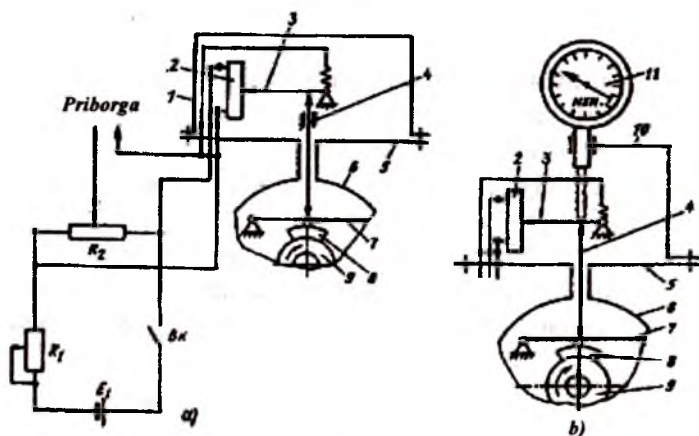
Bunday kamchiliklar amalda ko'p qo'llaniladigan PTX-3 qurilmasida ham bo'lib, unda sinaladigan namunalar kolodka 1 va rolik 2, korpus 6 ga o'rnatilgan germetik kamera 9 ga joylashtirildi (3.17-rasm).



3.17-rasm. Kolodka-rolik chizmasi bo'yicha materiallarni sinovchi ixcham qurilma.

Aylanuvchi namuna – rolik 2, rotori 8 va statori 7, kamera 9 ga joylashgan sinxron elektromotorining valigi kiygizilib gayka 3 bilan qotiriladi.

O'zi o'rnavchun namuna 1 aylanuvchi rolik 2 ga statori kameradan tashqariga chiqarilgan reversiv elektromotorning rotori yordamida aylantiriladigan vint 16 ga nisbatan gayka 15 ni siljishi natijasida prujina 17da hosil bo'ladigan kuch ta'sirida richag 13 vositasida bosiladi. Elektromotorlar chulg'ami ventilator 21 bilan sovitiladi.



3.18-rasm. Namunalarni yeyilishini uzluksiz qayd etish qurilmasini ulash (a) va darajalash (b) chizmasi.

Sinalayotgan namunalar vannaga 19 dagi moy 4 ga rolik 2ni ke-rakli chuqurlikda botirish orqali moylanadi.

Kamera vint 11 vositasida gaz bilan to'ldiriladi va bosim momen-ti 12 orqali nazorat qilinadi.

Namunalarning umumiy chiziqli yeyilishi qurilma 10 vositasida qayd etib boriladi. Yeyilishdan tashqari elektrmotor iste'mol qilayot-gan tok miqdori bo'yicha ishqalanish momenti va termopara 20 vositasida kolodka 1, rolik 2 va moy temperaturali ham qayd etila-di. Sinov vaqtida ishqalanish jarayonini ko'rib kuzatib turish uchun uskunaning yon qopqog'i 5 shishadan tayyorlangan.

Gabaritini kichikligi, konstruksiyasi oddiyliigi va ishqalanish aso-siy parametrlarini qayd etilishi ushbu uskunada sinovlarni yuqori aniqlikda o'tkazish imkonini beradi.

Shuningdek, namunalarning yeyilish uzluksiz qayd etish bosimni elektr usulda o'lchovchi DT M-15 bazasida yaratilgan qurilmadan ham foydalanish mumkin. Germetik kamera 6 bilan birlashgan kor-pusi 5 da shtift 4 vositasida siljiydigan polzun 3 va potensiometr 2 joylashtirilgan. Shtiftning pastatlashi richag 7 bilan yuklangan sina-layotgan namunalar 8 va 9 yeyilishi natijasida sodir bo'ladi. Qurilma

korpus germetik qopqoq 1 bilan berkitiladi. Potensiometr «Mars» elementidan yoki boshqa tok manbayidan qo'shimcha qarshilik  $R_1$  orqali ulagich  $V_K$  ulanganda ta'minlanadi.

O'zgaruvchan qarshilik  $R_2$  potensiometr bilan ko'prik chizmasi hosil qiladi va asbobda nolinch holatni o'rnatishga xizmat qiladi. Namunalarning umumiy chiziqli yeyilishini yuqori sezgirli katta kirish qarshiligiga ega asbob bilan qayd etish mumkin.

Qurilma quyidagicha ishlaydi. Namunalar yeyilishi natijasida shtift 4 pasayadi va potensiometr nouzini siljiydi. Oqibatda, ko'prik chizmasining muvozanati buziladi va asbobga namunalarning umumiy chiziqli yeyilishga mutanosib miqdoridagi elektr signali beriladi.

Potensiometr qarshiligi katta (400 mga yaqin) bo'lgani uchun qurilma «Mars» elementdan uzoq vaqt davomida ta'minlanib ishlaydi. Qurilmaning sezgirligi  $\pm 0,3$  mkm.

Qurilma darajalash (graduirovkalash) uskuna ishlab turganda amalga oshiriladi. Buning uchun qopqoq 1 olinib, kronshteyn 10 yordamida korpusga indikator 11 o'rnatiladi.

Polzun-shtift bilan tegishgan joyga indikator o'qining uchi to'g'ri lanadi. Natijada, shtiftning siljishi indikator vositasida o'lchanishi va elektr signali kattaligining o'zgarishi sifatida qayd etilishi mumkin. Qurilma shtiftning siljishi bo'yicha qayd etish asbobning miqyosi aniqlanadi.

## **6-LABORATORIYA ISHI**

### **DUMALASH PODSHIPNIGIDAGI ISHQALANISH MOMENTINI ANIQLASH**

**Ish maqsadi:** Dumalash podshipniklarida hosil bo'ladigan ishqalanish momentini tezlik va yuklama kattaliklariga bog'liqligini o'rganish.

**Kerakli asbob-uskunalar:**

1. Dumalash podshipniklaridagi ishqalanish momentini o'lchash uchun maxsus qurilma.
2. Tekshiriladigan podshipniklar o'rnatilgan kallak.

**Nazariy qism:**

Dumalanish podshipniklari aylanganda ma'lum kattalikdagi ishqalanish momenti hosil bo'ladi. Ishqalanish momenti hosil bo'lishi bir qator omillarga bog'liq bo'lib ularning eng muhimlari quyidagilardir.

1. Dumalanish jismlari shariklar va roliklar ichki halqalar bo'ylab harakat uzunliklari turlicha bo'lganligi sababli ularning har qaysisi biror yoki har ikki halqaga nisbatan sirpanish bilan harakat qiladilar;

2. Dumalanish jismlari va tayanch yuza materiallari orasida yetarli katta yuklamalar bo'lgan sharoitda ularning mikroskopik darajada yaqinlashuvlari natijasida yopishqoqlik kuchlari hosil bo'lishi yuz beradi.

3. Turli yuzalarning deformatsiyalanishi bilan kechadigan tutashtuvlarda ularda turli nomli elektr zaryadlar hosil bo'lishi va ular dumalanishga qo'shimcha qarshilik hosil bo'lishi va ular dumalanishga qo'shimcha qarshilik hosil qilishi.

4. Podshipniklardagi moylovchi materiallarning qovushqoqligi ham ma'lum darajada qarshilik momentini vujudga keltiradi. Bu qarshilikning kattaligi tabiiy ravishda katta tezliklar sharoitida ko'proq namoyon bo'ladi.

Dumalanish podshipniklaridagi ishqalanish momentini o'lchash maxsus qurilmasining tuzilishida qurilma korpus 1ga o'rnatilgan val 13 tekshirilayotgan ikkala podshipnik 5 va 6 ishqalanish momenti kattaligini ko'rsatadigan yukli mayatnik 4, yuklama hosil qiluvchi dastak 9, yuritma 19 dan iborat. Val 13 ikkita dumalanish tayanchlari 12 ga o'tqazilgan bo'lib elektromotordan 3 bosqichli ponasimon tasmasi yuritma bilan harakat oladi. Tekshirilayotgan dumalanish podshipniklari o'rnatilgan kallak 6 valning chiqib turgan uchiga o'rnatiladi va prujinali sharcha bilan o'q bo'ylab siljishdan saqlanadi. Tekshirilayotgan podshipniklar 5 tashqi halqalari o'rnatiladigan kallakning oboymasi 6 ga o'rnatilgan va unga dastak 9 va yuk yordamida zarur yuklama yuklama hosil qilinadi. Tekshirilayotgan podshipniklarni «Индустриальное 12» (GOST 1707-51) moy bilan moylash tavsiya qilinadi. Moy harorati termometr 8 bilan nazorat qilinadi. Elektromotor yurgizilganda kallakning aylanib ketishi oldini cheklovchi tirgaklar 17 oladi.

Kallak korpusiga mahkamlangan yukli mayatnik 4 ishqalanish momentining kattaligiga mos burchakka og'adi va shkaladan ishqalanish momenti kattaligini aniqlaymiz.

**Ishni bajarish tartibi:**

1. Tekshiriluvchi podshipniklar bo'lgan kallakni valga o'rnatib.
2. Tasmali uzatmani valning aylanishlar sonining kerakli kattaligiga mos holda keltiring.
3. Motorni yurg'uzib valni aylantiring va 5 minut ishlatib so'ngra to'xtating.
4. Yuklamani kerakli kattalikdagicha qo'ying (birinchi marta tajriba yuklamasi o'tkaziladi).
5. Motorni yurguzing va yurish vaqti 30 sekund bo'lgandan keyin shkala bo'yicha ishqalanish momenti kattaligini aniqlang va motorni to'xtating.
6. Kallakga 2,500; 5,000; 7,50; va 10,00 KN yuklama hosil qilib ishqalanish momenti kattaligini aniqlang.
7. Yuqoridagi ishlarni kallakga turli miqdorda moy quyib qaytaring:
  - a) moy sathi eng pastdagi sharcha markazi darajasida;
  - b) moy sathi ichki halqaning eng past qismini ko'madigan darajada.
8. Yuqoridagi ishlarni valning turli aylanish sonlar uchun bajarib.
9. Shartli ishqalanish koeffitsiyentini quyidagi formuladan aniqlang:

$$f = \frac{M_u}{mNd}$$

bu yerda.  $M_u$  – ishqalanish momenti NM;  $N$  – yuklama KN;  $d$  – podshipnikning o'tqazish diametri;  $M_m-2$  – kallakdagi podshipniklar soni.

10. Ishqalanish momenti va shartli ishqalanish koeffitsiyentining turli moylash sharoitida yuklamaga bog'liqligi grafiklarini ko'ring.

11. Shartli ishqalanish koeffitsiyentining valning aylanishlar soniga bog'liqligi grafigini chizing.

## **IV bob. TRIBOTEXNIK MATERIALLAR VA ULARNI TANLASH**

### **4.1. TRIBOTEXNIK MATERIALLARNI VAZIFASIGA QARAB TURLASH**

Ishqalanuvchi detallar vazifasiga qarab konstruksion, friksion, yeyilishga chidamli va antifriksion materiallardan tayyorlanadi. Ko'p hollarda ishqalanuvchi materiallar detalning asosiy materiali ustiga qoplama, parda tarzida qoplanadi yoki o'rnatiladi. Ba'zan elektr o't-kazuvchanlik, kimyoviy ta'sirga chidamlilik kabi maxsus talabalar qo'yilganda ishqalanuvchi detallar po'lat va boshqa maxsus qotishmalar, metallo-keramik va nometal materiallardan tayyorlanadi. Konstruksion materiallar mustahkam va bikr yoki elastik bo'lishi lozim bo'lgan val, o'q, barmoq, tishli g'ildirak, porshen, halqalar, korpus kabi detallarni tayyorlashda ishlatiladi. Konstruksion material sifatida asosan po'lat va cho'yanlar ishlatiladi. Friksion materiallardan ishqalanish koeffitsiyenti katta bo'lishi talab etilgan: tormoz, friksion mufta va uzatma detallari tayyorlanadi. Friksion materiallar organik (yoq'och, charm, po'k, namat), metall (cho'yan, margensli po'latlar) asbestkauchukli, plastmassa (tekstolit, asbestekstolit, fibra), metallokramik (mis va temir asosida) tarkibli bo'lishi mumkin. Yoyilishga chidamli materiallar og'ir yuklangan sharoitda ham kam yeyiladi. Ekskovator va yuklagich cho'michining tishlari, kon, qurilish, yerga ishlov berish va birkator texnologik mashinalarning ishchi organlari yeyilishiga chidamli materiallardan tayyorlanadi. Toblangan konstruksion po'latlar, maxsus po'lat va cho'yanlar, porshenli materiallar, rezina va plastmassalar yeyilishga chidamli bo'ladi.

Ishqalanish qismlarida eng ko'p qo'llaniladigan materiallar metallar bo'lib, bunga ularning har xil talablarga boshqa materiallardan ko'ra to'laroq javob berishi sababdir. Chunki metallar mustahkam va egiluvchan, o'zaro va nometal materiallar bilan qattiq qotishmalar va brikmalar hosil qila oladilar.

Cho'yan va po'latlarning yeyilishga chidamliligi ularning tarkibiy tuzilishiga bog'liq. Tarkibida uglerod ko'payishi bilan ularning qattiqligi va yeyilishga chidamliligi ortadi. Kristall panjarasining buzilishi va anizotrop xossasi hamda nuqsonlarning qanday tarqalishi ham ahamiyatga ega.

Po'lat va cho'yanlarning yeyilishiga chidamliligini oshirish uchun termik va kimyoviy-termik (sementitlash azotlash, nitrotsementatsiyalash, sianlash, sulfitlash, borlash) ishlovlar qo'llaniladi, xrom, nikel, marganes, molibden, vannadiylar qo'shib legirlanadi, sirt qatlamini soqqalar bilan ezib, xo'rdalab, kalibrlab mustahkamligi oshiriladi.

Ishqalanish jarayonida materiallarning faol qatlami (sirtiga yaqin joylari)ni tuzilishi o'zgarib, qatlam xossasini va birinchi navbatda uning mikroqattiqligining o'zgarishiga sabab bo'ladi.

Masalan: Traktorlar yon to'sig'ini zichligi ishqalanishi tekshirilganda uning sirt qatlamida mikroqattqlik  $9460 \text{ n/mm}^2$ , sirt qatlamidan  $0,05 \text{ mm}$  chuqurlikda esa  $7960 \text{ n/mm}^2$  bo'lishi tekshirishlardan aniqlangan.

Metall faol qatlamining tuzilishini o'zgarishiga asosiy sabab bu qatlamning yuklanish oqibatida deformatsiyalanishi va mexanik energiyaning issiqlik energiyasiga aylanishi hisoblanadi. Mexanik ta'sir va issiqlik ta'sirida sirt qatlami mahalliy kimyoviy tarkibini o'zgarishi ikkilamchi toblanish yoki bo'shalish, rekristallanish jarayonlari ro'y berishi mumkin.

Ishqalanishda hosil bo'lgan ikkilamchi austenit va ikkilamchi martensitning mikroqattqligi va yeyilishga chidamliligi metallning boshlang'ich holatidagidan yuqori bo'ladi. Yeyilishga chidamlilikka grafit qo'shimchalar va ferritli evtektiod hal qiluvchi ta'sir etadi. Fer-



rit bir tomondan mustashkam birikma bo'lmagani uchun tez yeyiladi, lekin ikkinchi tomondan yeyilgan ferrit keyinchalik moy vazifasini o'taydi, g'ovaklarni to'ldirib yuzadagi nisbiy bosimning ozayishiga sabab bo'ladi.

## **4.2. ISHQALANISH QISMINI LOYIHALASHDA MATERIAL TANLASH**

Materialni tanlash qismning konstruksiyasi va vazifasi, qismni ishlab chiqarish texnologiyasi, mustahkamligi, ishlash muddati va puxtaligi, tannarxi kabi omillarga bog'liq murakkab masaladir. Bunga ichki yonuv motorining porshen halqalari va silindrlariga material tanlashni misol keltirish mumkin. Kema motorlarida tezlik va issiqlik past bo'lib halqalar va silindr perlitli kulrang cho'yandan tayyorlanadi. Issiqligi yuqori avtomobil motorlarida esa ular korrozion yeyilishga chidamli legirlangan cho'yanlardan tayyorlanishi kerak. Yupqa devorli aviatsion motor silindri mustahkamligi yuqori bo'lgan azotlanuvchi po'latlardan, 300–400°C haroratda elastikligi va qattiqligini saqlashi lozim bo'lgan halqalar xrom, titan va volfram bilan legirlangan issiqlikka bardoshli XTV cho'yanlaridan tayyorlanadi.

Tirsakli vallarga kelsak vallar cho'yandan quyilganda po'latdan bolg'alanganiga nisbatan mehnat, metall tejaladi, konstruksiyani takomillashtirish imkoniyatlari bo'ladi. Yuqori sifatli cho'yandan qo'yilgan vallar tannarxi bo'yicha nisbatan bolg'alanuvchan cho'yanli val 2,5–3,0 uglerodli po'lat val 2,5 legirlangan uglerodli po'lat val 2,5, grafitlantirilgan po'lat val 3,0–3,3 marta qimmat turadi.

Ba'zan detal puxtaligini uning yeyilishga chidamliligini kamayishi hisobiga oshirishga to'g'ri kelishi mumkin. Masalan, plunjerli motorlarda toblangan po'lat – toblangan po'lat juftligi qo'llaniladi. Holbuki, bunday juftlik kurakli nasos rotor kuragiga qo'llanilsa ular uyilishdan tezda ishdan chiqadi. Umuman olganda, ishqalanish materialini tanlashda, qism qanday moy bilan qanday usulda moylanishini, ish

sharoitini, ishlayotganda sirt strukturasi tashqi va ichki omillar ta'sirida bo'ladigan o'zgarishlarni ham inobatga olish kerak bo'ladi.

Tribotexnikada ishqalanish juftligi materialini tanlash usuli va tamoyillarini ishlab chiqish bo'yicha katta tajriba to'plangan.

Material tanlash tartibi quyidagicha, dastlab ishlatish sharoiti tahlil qilinadi, geometrik va konstruktiv, qismdan foydalanish, iqtisodiy va texnologik talablar o'rganiladi. So'ngra material turi xomaki tanlanadi. Bunda bir qator materiallar (qora metallar, babbitt, bronza, polimerlar va hokozo) ish sharoitiga moslik jihatdan taqqoslanadi. Xomaki tanlangan 2-3 xil material asosida ishqalanish qismining loyihalash va ishonchlilik mezonlari bo'yicha tekshirish hisoblari bajariladi. Hisoblash-loyihalash natijasida qoniqarli deb topilgan materiallar tajribada sinab ko'riladi. Dastlab laboratoriya sharoitida model va haqiqiy namunalar, so'ng ishlab chiqarish sharoitidagi sinovlar amalga oshiriladi. Material tanlashda bu borada to'plangan tajribalarni, tavsiyalarni oldin o'rganib chiqish kerak. Jumladan, quyidagi qoidalarga amal qilish lozim.

1. Qattiq materialni ish davomida ishqalanish yuzasida hosil bo'ladigan temperaturadan past temperaturada rekristallashadigan yumshoq material bilan birga qo'llash.

2. Kichik va o'rta tezliklarda detallarni yuqori aniqlikda tayyorlash va o'rnatish, sifatli moylash, iloji bo'lganda ishqalanuvchi juftlikni ikkalasini ham qattiq (toblangan, xromlangan, toblangan po'latlar) materialdan tayyorlash.

3. Juftlikning ikkalasini ham yumshoq materialdan ayniqsa, ular bir xil materialdan bo'lsa olish mumkin emas (toblanmagan po'lat, aluminli qotishma, xrom, nikel, plastmassa). Bunday juftliklar yeyilishga chidamsiz va ishda puxta emas. Yuklanish ozgina oshsa juftlikda yopishish sodir bo'lib, sirtlarda o'yiqlar hosil bo'ladi.

4. Yoq'lash qiyin konstruksiyalarda g'ovakli, kukunli materiallar va antifriksion qotishmalarni qo'llash kerak.

5. Friksion va antifriksion material sifatida plastik massalardan foydalanilsa ishqalanish qismini puxtaligi va ishlash muddati oshadi,

konstruksiya massasi va rangli metall sarfi ozayadi, mashinaning akustikasi yaxshilanadi.

6. Materialni imkoni bo'lganda «saylanma o'tish» rejimi hosil bo'ladigan qilib tanlash kerak.

7. Po'lat detallarini tayyorlash yakunida uning ishqalanuvchi yuzasiga finishli antifriksion abrazivsiz ishlov (FAASH) berish lozim.

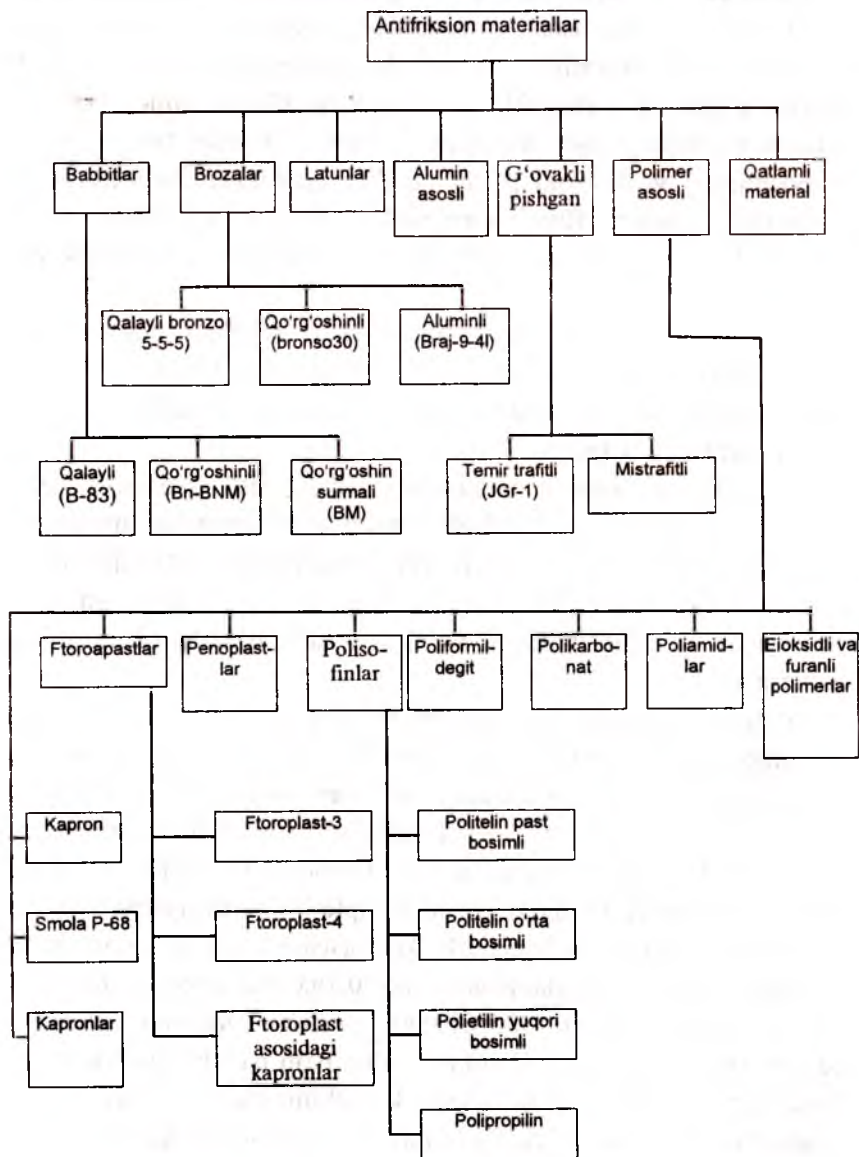
### **4.3. ANTIFRIKSION MATERIALLAR VA ULARNI TANLASH**

Texnikada ko'p qo'llaniladigan antifriksion materillarining tasnifi 4.1-rasmda berilgan. Babbitlar qattiqligi (NV-32) va erish harorati (300–400<sup>0</sup>C) past bo'lsada, yaxshi xo'rdalanadigan, po'lat bilan ishqalanish koeffitsiyenti kichik va chegaraviy moy pardasini yaxshi ushlab turuvchi materiallar bo'lgani uchun nisbiy bosim 10–15 mPa va tutash sirtidagi harorat 100–200<sup>0</sup>Cdan oshmaydigan sirpanma podshipnikdagi po'lat yoki cho'yan taglikka 1–3 mm qalinlikda qo'yib ishlatiladi.

Ishlatiladigan babbitlar strukturasi bir jinsli, xo'rdalanish yaxshi o'tishi uchun qattiqligi NV 15–30, toliqishdan shikastlanishga qarshiligi katta, po'lat tanglikka mustahkam birikishi kabi talablarni qondirishi kerak.

Sirpanma podshipnik sifatida mis asosidagi bronza va qisman latunlar ham ishlatiladi. Bronza va latunlar podshipniklarda mono-metall sifatida yoki po'lat tanglik ustiga qatlam tarzida qoplanib tayyorlanishi mumkin.

Bronzalar po'lat, ayniqsa, toblangan po'lat materiallar bilan ishqalanganda yaxshi antifriksion ko'rsatkichlarga ega. Bronzalar babbitlarga nisbatan yuqori haroratlarga chiday oladi, lekin plastikligi past va xo'rdalanishi yomonroq bo'lganligi uchun, ishqalanish qismini tayyorlash va yig'ish ishlari aniq bajarilishi, val bo'yinlari yuqori qattqlikka ega bo'lishi kerak.



4.1-rasm. Antifriksion materiallar tasnifi.

Aluminiy va rux asosli qotishmalar so'nggi paytlarda tobora keng qo'llanilmoqda. Aluminiy va qalayli qotishmalar qiyin va yomon moylanadigan og'ir sharoitli podshipnik qismlarda ham yaxshi anti-friksion xususiyatga ega. Aluminiy qotishmali detallar (vtulka, sharnir va boshqalar) yaxlit yoki po'lat taglikka qoplangan ko'rinishda tayyorlanishi mumkin. Ruxli qotishmalardan yaxlit qoplamali detallar tayyorlash oson, ular yuqori plastiklik va toliqishga chidamlilik xususiyatlariga ega.

G'ovakli antifriksion materialli detallar presslanib olingach temir va mis asosidagi kukunlarni yopib tayyorlanadi. Majburiy qo'shimchalar sifatida o'zi moylanuvchi grafit, molibden disulfidi, bor nitridi kabi kukunlar qo'llaniladi.

G'ovakli antifriksion materiallarni ishqalanish qismiga o'rnatishda oldin moyga to'ydirib olinsa yomon yoki umuman moylanmaydigan qismlarda ham yaxshi ishlaydi. Temirgrafitli metariallar (jGr-1, jGr-3) nisbiy bosim 15 mΠa va harorat 150°Cgacha, misgrafitli materiallar 8 mΠa bosimli 80°C haroratli ishqalanish qismlarida qo'llaniladi.

Polimer asosidagi materiallarni sof yoki turli to'ldiruvchilar bilan qo'shilgan holda antifriksion materiallar sifatida ishlatish mumkin. Polimerlardan tishli gildiraklar, shkivlar, sirpanma podshipniklar, kulachokli mexanizmlar, yo'naltirgichlar, moyto'sqich separatorlar, mahkamlash detallari tayyorlanadi. Termoplastik polimerli detallar oson tayyorlanadi, tannarxi arzon, dempferlash xususiyatiga ega.

Poliamidlarning ishqalanish koeffitsiyenti po'lat bilan moysiz sharoitda 0,1–0,2, moylanganda 0,05–0,1ga teng ftoroplastlar kimyoviy va issiqlik harorat (300°Cgacha) ta'siriga chidamli, ishqalanish koeffitsiyenti past, ammo mustahkamligi ham past bo'lgani uchun sof holda kam ishlatiladi. Poliolefinlar ko'pchilik kislota va ishqorlar ta'siriga chidamli, ammo azotli kislota, xlor va ftor ta'siriga chidamsiz.

Poliolefin asosli kompozitsion materiallar yeyilishiga chidamli va qoniqarli ishqalanish koeffitsiyentiga ( $f=0,1-0,15$ ) ega. Kamchiligi yuqori haroratga chidamsiz (80°C gacha).

Penotoplast namni kam yutganligi kimyoviy ustuvorligi sababli katta aniqlikdagi (shestrenya, manjet, zichlash halqalari) detallarini tayyorlash uchun qo'llaniladi. Penotoplastli detallar uzoq vaqt 120–130°C qisqa vaqt 135–150°C haroratda ishlay oladi. Po'lat bilan ishqalanish koeffitsiyenti  $f=0,12$  kattalikka ega.

Poliformaldegid va ftoroplastlar qaynoq suv, tuz eritmalar, dengiz suvi, ishqorlar ta'siriga chidamli. To'ldiruvchisiz holda po'lat bilan poliformeldegidning ishqalanish koeffitsiyenti  $f=0,30-0,35$ , ftoroplast po'lat bilan ishqalanish koeffitsiyenti esa  $f=0,15-0,2$ . Ulardan shes-ternya, vtulka, ilashish muftalari tayyorlanadi.

Polikarbonatni past va o'ta past haroratlarda, gazsimon va suyuq azotli vodorod va geliyli muhitda ( $-253^{\circ}\text{C}$ ga qadar) ishlatish samarali bo'ladi.

Poliariatli detallar 160–180°C (qisqa vaqt 230°C gacha) issiqlikda va 100°Cli sovuqqa chidamli, ionli nurlanishga qarshiligi, dielektirik xususiyati va kimyoviy bardoshligi yaxshi.

Polimidlar issiqlikka chidamli termorekativ material bo'lib asosan antifriksion kompozitsiyalar hosil qilishda bog'lovchi sifatida qo'llaniladi. Ular 220–260°Cda ishlay oladi.

Epoksid va furanli polimerlar albatta grafit va disulfid molibden qo'shimcha bilan ishlatiladi. Moysiz po'lat bilan  $f=0,015-0,25$  moylansa  $f=0,05$  gacha, vakkumda yaxshi ishlaydi.  $-100^{\circ}\text{C}$  dan  $+150^{\circ}\text{C}$  gacha chidamli.

AMAN ko'p komponentli, termo- va issiqbardoshli polimer qo'shimchali material bo'lib benzin, moy, nam, titrash va radiatsion nurlanishga chidamli, undan yuqori vakuum,  $-200^{\circ}\text{C}$  dan  $+300^{\circ}\text{C}$  gacha moylanmasdan ishlaydigan qism detallari, tezkor podshipniklarning seperatorlari, tishli g'ildiraklar tayyorlanadi.

Tasmali (qatlamli) materiallar qattiq (po'lat) asosdan va oraliq (mis) va antifriksion qatlamdan tuziladi. Antifriksion material sifatida yumaloq shakldagi (zarra diametri 0,063–0,16 mkm) bronza kukuni sepilgan po'lat asosli hamda 75 % ftoroplast-4 va 25 % disulfid molibdenli aralashma g'ovak materiallari ishlatiladi. Shu usulda olingan

metalloftoroplastli tasmadan podshipniklar, vtulkalar, tirgak halqalar, sharnir kabi detallar shtampovka usulida olinadi. Bunday material moylanmasdan  $-200^{\circ}\text{C}$  dan  $+280^{\circ}\text{C}$  gacha haroratda ishlay oladi.

Po'lat bilan ishqalanish koeffitsiyenti  $f=0,02-0,25$  mustahkamligi, issiqlik o'tkazuvchanligi va kimyoviy chidamligi yuqori.

Uglegrafit (kumirgrafit)li materiallar uglerod asosli bo'lib quyidagi turlari mavjud:

- uglerodli kuydirilgan materiallar.
- grafitlangan uglerodli (shimdirilgan) materiallar;
- grafitoplast materiallar.
- grafitoforoplastli materiallar.

Ko'mir grafitning qattiqligi va mustahkamligi yaxshi po'lat bilan ishqalanish koeffitsiyenti  $f=0,05-0,10$  ammo namlik yuqori bo'lsa yeyilish tezlashadi, f-kattalashadi. Ular yon tutqichlarda kislorodli nasos salniklarida, porshen halqalarida qo'llaniladi.

Antifriksion materiallar kam ishqalanish koeffitsiyentli bo'lishi kerak. O'zaro nisbiy harakatdagi tutash detallar: vkladish, gilza, halqa, antifriksion materiallardan tayyorlanadi.

Barcha turdagi sifatlar umumlashgan holda talab etilishi mumkin. Masalan, vkladish materiali kam ishqalanish koeffitsiyentli, ezilishga va yeyilishga chidamli bo'lishi kerak.

Ishqalanish materialining ishchanlik kriteriysining sonli ko'rsatkichlari. Ishqalanish materialini to'g'ri tanlanganligi asosan o'rta bosim  $R$ , bosim-tezlik  $R_b$ , o'rta bosim bo'yicha tekshirish tezlik va harakat past bo'lganida amalga oshiriladi. Toblangan po'lat-toblangan po'lat  $R=15$  mPa, toblanmagan po'lat babbitt bilan  $R=9$  mPa, bronza bilan  $R=8$  mPa, cho'yan bilan  $R=6$  mPa, toblanmagan po'lat babbitt bilan  $R=6$  mPa, bronza bilan  $R=5$  mPa,  $P_v$  bo'yicha tekshirish tezlik va harakat yuqori bo'lganda amalga oshiriladi.

Vtulka diametri 60,4 mm, moy qovushqoqligi 3,68VU, sarfi 5l—soat, tashqi muhit harorat  $28^{\circ}\text{C}$  bo'lgandagi tajriba natijalari ko'rsatilgan.

#### 4.4. FRIKSION MATERIALLAR VA ULARNI TANLASH

Frikzion qurilmalar harakatdagi massaning kinematik energiyasini issiqlik energiyasiga aylanishi hisobiga ishlaydi. Ya'ni qurilma (tormoz, mufta, tishsiz uzatma) ishlashi uchun uning yetaklovchi va yetaklanuvchi qismlari orasida ishqalanish kuchi hosil qilinishi kerak. Hosil qilinadigan ishqalanish kuchi tormozlarda harakatni to'xtatish, mufta va uzatmalarda esa harakat uzatmalarda esa harakatni uzatish uchun xizmat qiladi, har ikki holda ham bosim ostida o'zgaruvchan. Frikzion material bosim, ishqalanish kuchi va issiqlik ta'sirida ishlaydi. Shuning uchun friksion materiallarning ishqalanish sirti mikrorelefi, fazaviy tarkibi, ishqalanish koeffitsiyenti o'zgarib turadi. Qurilma ishonchli ishlashi uchun friksion material katta va ustuvor ishqalanish koeffitsiyentli, ezilishga, yeyilishga, issiqlik va kimyoviy ta'sirlarga chidamli hamda yopishib qolmaydigan bo'lishi kerak.

Frikzion materiallar metall va nometall turlarga bo'linadi. Metall friksion materiallarga konstruktsion (сталь 10, сталь 45), olegirlangan (30 XGSA), (65 T), zanglamaydigan (12X 18 NAT) po'latlar, kulrang cho'yanlar, bronzalar (BrAJMs 10-3-1,5), pishirilgan friksion materiallar (temir, mis va alumin asosli), xrom metall, berilliy, molibdenlar kiradi.

Nometall friksion materiallarga asosan asbofrikzion formalash materialli (kauchukli smolali, aralash bog'lovchili), asbofrikzion elastik material, karton-tekstolit material, karton-bakelitli material, to'qima bakelitli material, uglegrafit, tabiiy polimerlar (charm, yoq'och) kiradi.

Frikzion materialni tanlash asosan to'rtta bosqichdan iborat. Dastlab friksion qismni ishlash sharoitlarini va unga qo'yiladigan talablarni tahlil qilinib unda quyidagilar aniqlanadi:

- ulanadigan boshlang'ich va oxirgi tezlik:
- friksion qismga ta'sir etuvchi kuchlar:
- taxminiy nisbiy yuklama va ishqalanish koeffitsiyentining o'rtacha qiymati:



- ishqalanish koeffitsiyentining barqarorligi:
- sirpanishning davomiyligi:
- friksion juftlik elementlardagi hajmiy harorat:
- friksion juftlik elementlarning o'rtacha harorati:
- ishqalanish sirdagi o'rtacha harorat:
- bir soatdagi ulashlar soni:
- yuritmaning yetaklovchi va yetaklanuvchi qismlari maxovoy massalari inersiyasining momenti:
  - issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti:
  - ishqalanish quvvatining o'rtacha qiymati va uning o'zgarish qonuni.

Friksion qismdan foydalanish sharoitlari tahlil qilinib unga qo'yiladigan talablar o'rganilgach qismni loyihalashga kirishiladi. Qismni loyihalash friksion materialni xomaki tanlash, qismning ishchanligini hisobiy-konstruktiv baholash va materialni yakuniy tanlashdan iborat.

Birinchi bosqichda ma'lumotnomalardan ishqalanish juftligining materiallari tanlanadi. Bunda yeyilishga chidamlilik, friksion toliqish ishqalanish koeffitsiyenti va yeyilish sur'ati va ularni haroratga bog'liqligi inobatga olinadi.

Ikkinchi bosqichda friksion qurilmaning konstruksiyasi, friksion juftlikni o'zaro qoplanish koeffitsiyenti va o'lchamlari, sovitish usuli tanlanadi. Ishqalanish jarayonning issiqlik dinamik tenglamasi tuzilib yechiladi va ishqalanish kuchi tezligi va issiqligini vaqt bo'yicha o'zgarishi aniqlanadi. Hisob natijalariga ko'ra qism konstruksiyasiga tegishli o'zgarishlar kiritiladi.

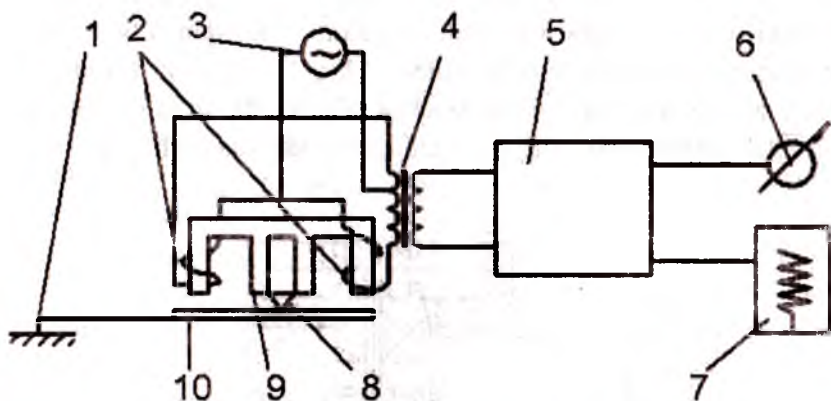
Uchinchi bosqichda hajmi tanlangan material dasulab standart sinov mashinalarida, keyin laboratoriya stendlarida so'ng loyihalangan friksion qism natijasida va nihoyat sanoat sharoitida sinalib ko'riladi va tegishli xulosalar qilinadi.

#### 4.5. TRIBOTEXNIKA MATERIALLARNING SIRT G'ADIR-BUDIRLIGI KO'RSATKICHLARINI O'LGHASH USULLARI

Sirt g'adir-budirlikining ko'rsatkichlari ignali va optik asboblardan bilan o'lchanadi.

Optik mikroskop MIS-II'da sirtidagi notekislik yoritish tubusidan burchak ostida nur yo'naltirilib yoritiladi. Nur va g'adir-budirlik kesishgan chiziq kattalashgan holda ko'rish tubusidan kuzatiladi. G'adir-budirlik  $Rz$  80 dan  $Rz$  20 gacha bo'lgan notekisliklar okular mikrometr bilan o'lchanishi yoki foto quyma vositasida rasmga olinishi mumkin. Optik usulda g'adir-budirlik 517 martagacha kattalash-tirilib o'lchanishi mumkin bo'lsada o'lchash ishlari ko'p mehnat talab etadi.

Shuning uchun amalda g'adir-budirlikni ignali profilometr va profilograf vositasida o'lchash ko'p qo'llaniladi (4.2-rasm).



4.2-rasm. Profilograf profilometrning blok chizmasi.

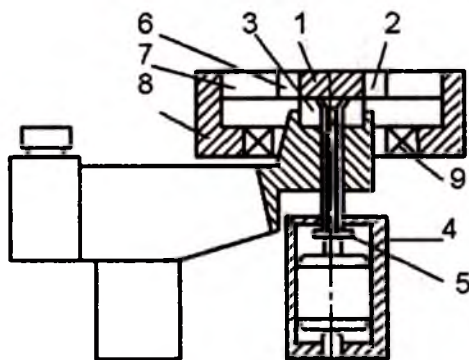
Profilometrda tekshirilayotgan sirtga olmos igna tekizilib suril-gandagi mexanik tebranish elektr kuchlanishi tebranishiga o'zgartirilib ko'riladi.

Sirt g'adir-budirligini profilogramm ko'rinishida yozib olish uchun profilograf ishlatiladi. «Kalibr» zavodining 201 modeli profilograf-profilometrining blok-chizmasi 4.2-rasmda keltirilgan.

Asbob olmos ignali 1 tekshirilayotgan sirt ustida siljirilganda o'q 8 atrofida yakor 10 yoyli tebranadi va yakor bilan induktiv-g'altak 2li o'zak 9 oralig'idagi masofa o'zgarib generator 3 ta'minidagi profilometr 4 dagi kuchlanish o'zgarishiga sabab bo'ladi. O'zgarayotgan kuchlanishni elektron blok 5 kuchaytirgich yozgich asbobi 7 va ko'rish asbobi 6 vositasida yozib olinishi yoki rasmga tushirilishi mumkin.

Ammo profilogrammalardan foydalanib sirtlarni tutashish parametrlarini aniqlashda cho'qqilarning yon tomonlaridagi yuzalar inobatga olinmaganligi sababli natijalar aniq bo'lmaydi.

Aniq natija olish uchun tutash yuzalarni yaqinlashishini o'lchovchi qurilma bilan jihozlangan tribometrda foydalanilgan ma'qul (4.3-rasm). Silindr shaklidagi 1 va 2 namunalar yon sirlari bilan tutashtiriladi. Ostki silindr 2 ning tegishidan sirtlarning yaqinlashishini uzatuvchi qurilma 4 siljuvchi mufta yordamida ichidan o'tgan shtok 5 va qurilma 4 vositasida qayd etiladi. Shtok 5 tepadagi silindr namuna 1 sirti bilan birga siljib uzatkichga ta'sir etadi, bu ta'sir kuchaytirilib ossilografdan yoki o'zi yozuvchi qurilmada yozib olinadi.



4.3.-rasm. Tribometruing prinsipl chizmasi.

Tajriba o'tkazishda tepadagi namuna pastdagidan qattiqroq material bo'lishi lozim, aks holda tepadagi namuna yuzasi sayqallangan bo'lishi kerak. Tepadagi namuna tutgich 6 ga o'rnatiladi. Tutgich 6 yassi prujina 7 yordamida podshipnik 9 da aylanuvchi shesternya 8 bilan birlashtirilgan. Yassi prujina 7 ga tepadagi namunani aylantirishga sarf bo'ladigan kuchni o'lchovchi tenzodatchik yopishtiriladi. Namunalarni bir-biriga bosuvchi normal yuklama richagli, gidravlik tizimlar yoki dinomometr vositasida hosil qilinadi.

#### **4.5.1. ISHQALANISH SIRTLARINI TEKSHIRISH USULLARI**

Ishqalanish sirtining holatini va yuza qatlamlar tuzilishini tekshirish uchun turli fizik usullar qo'llaniladi.

Optik metallograflash 100–2000 karra kattalashtiruvchi optik mikroskop bilan bajariladi. Bunda sirt qatlamining fazaviy va tuzilish tarkibi hamda ularning miqdoriy ko'rsatkichlari aniqlanadi. Ushbu usulni sirdagi buzilishlar, tiralish, korroziya o'choqlari, charchashdan yeyilish yuzalarini aniqlash uchun ham qo'llash mumkin.

Mikroqattqlikni o'lchash optik metallograflashga qo'shimcha tarzda faza va alohida joylashtirishning pishiqlik darajasini aniqlash uchun o'tkaziladi.

Rentgen tuzilishli tekshirishda qotishmaning fazoviy tarkibi, metall va kristall panjaralar tuzilishi, kristallarning joylashishini sirda mexanik, termik va ishqalanish jarayonida ro'y beradigan o'zgarishlar aniqlanadi.

Elektron mikroskoplash 100000 va undan ham yuqori marta kattalashtirish imkonini bergani uchun materialni atomlarigacha bo'lgan tuzilishi aniqlanadi. Yuza qatlamining buzilish jarayoni va tabiatini o'rganish imkonini beradi.

Rentgenospektral tekshirishda materialdagi kimyoviy elementlarning taqsimlanishi o'rganiladi.

Uzluksiz rentgenograflash rentgen tuzilishli tekshirishning bir ko'rinishi bo'lib, sirlarni bevosita ishqalanish jarayonidagi holatini aniqlash uchun qo'llaniladi.

Mass-spektorometriya usulida ajralib chiqayotgan gaz tekshirilib friksion tutashmadagi jarayonlar aniqlanadi.

## **4.6. TRIBOTEXNIK MATERIALLARNI ISHQALANISH VA YEYILISHGA SINASH MASHINALARI**

### **4.6.1. SINASH MASHINALARINING TURLARI**

Materiallarni friksion xususiyatlari nafaqat uning kimyoviy tarkibiga, mexanik, termik ishlov berish turiga balki ishqalanish qismining konstruksiyasiga ham bog'liq bo'ladi. Odatda, materialni sinash to'rt bosqichda o'tkaziladi.

1. Materialni laboratoriya sharoitida fizik-mexanik xususiyatlarini aniqlash.

2. Materialni laboratoriya sharoitida ishqalanish va yeyilishga sinash.

3. Namuna detalni stendda sinash.

4. Detalni mashinaga o'rnatib amaliy sharoitda sinash.

Materiallarni ishqalanish va yeyilishga sinash natijalarini bajariladigan ish turi, namuna shakli hamda boshqa qo'shimcha funksiyalarga qarab turlicha bo'ladi.

Materiallarni ishqalanish chizmalari va yeyilishga sinash mashinalarining turlari 4.4-rasmda keltirilgan har bir model o'ziga xos sinov ishlarini bajarish uchun maxsus qurilmalar (qo'shimcha chizmalar harakatlar, zarb berish va titratish, harorat va muhitni o'zgartirish va sinash jarayonini avtomatlashtirish kabi) bilan jihozlangan bo'ladi.

MI-1M va SMS-2 mashinalarida material sof va sirpanib dumanlanish, moyli va moysiz sirpanib ishqalanishga va yeyilishga sinaladi.

T/r	Ishqalanish chizmalari	Mashina turlari
1.1		MI-1M (chizma a, b) SMS-2 (chizma a, b, v)
1.3		SKD-1
1.5		MPI-1, MPI-2
2.1		MDP-1 (chizma a) MFT-1 (chizma b) MAST-1 (chizma v) ChMSh (chizma g)
2.2		MPT-1
2.3		MZT, IMASh
2.4		SVP-1, MIG-1
2.5		XCh-B, IMASh
2.6		MIRT-1

4.4-rasm. Materiallarni ishqalanish chizmalari va yeyilishga sinash mashinalarining turlari.

SKD-1 mashinasida aylanma sirpanishdagi, MPI-1 va MPI-2 mashinalarida aylanayotgan silindr sirt bo'ylab sirpanishdagi, MDP-1 mashinasida aylanayotgan disk yon sirti, MFT-1 da simmetrik yuklangan vtulka yon sirti, MAST-1 da shar-shar, shar-tekislik juftligi sirpanishdagi, MET, IMASH mashinalarida asimmetrik yuklangan vtulka yon sirti sirpanishdagi, XCh-B, IMASH mashinalarida konus sirti aylanayotgan disk sirtida ilgarilanma harakatdagi, MIRT-1 mashinasida konus sirtli aylanayotgan disklar sirpanishidagi ishqalanish va yeyilish tekshiriladi.

1. SMS-2 mashinasi (4.5-rasm) materiallarni sirpanishli tebranish, sof tebranish, sof sirpanishdagi ishqalanish va yeyilishga sinash uchun mo'ljallangan. Sinaladigan ostki namuna 10 elektro motori 12 dan ponasimon tasmali uzatma 1 va tishli uzatma  $Z_0-Z_1$  vositasida aylan-tiriladi.  $Z_3-Z_4$  tishli uzatmalar orqali harakatlantiriladi.

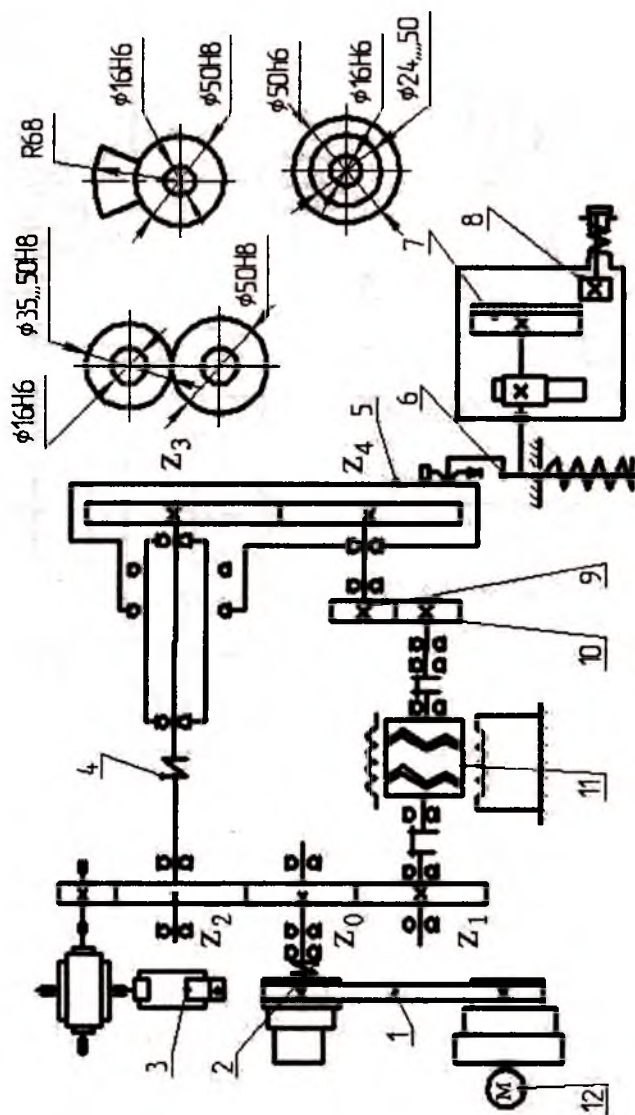
Ustki namuna 9 ostki namuna 10 ga prujinali mexanizm 6 yordamida muvozanat karetkasi 5 ni  $Z_2-Z_3$  o'qi atrofida burish natijasida siqiladi. Namunalarni yuklanishi sozlash qurilma 8 li o'lchash asbobining shkalasi 7 dan aniqlanadi. Ishqalanish momenti kontaktsiz induktiv moment o'lchagich 11, namunani burchakli tezligi elektrik hisoblagich 3 bilan o'lchanadi.

Disk-kolodka va val-vtulka shakldagi ishqalanish juftligini sinash uchun karetkasi 5 mufta 4 dan ajratiladi va mashinadan olinib uning o'rniga tegishli moslama o'rnatiladi. Moyli hamda abrazivli muhitda sinash uchun mashina olinadigan kameralar bilan jihozlangan.

Mashinani ortiqcha yuklanishdan saqlagich muftasi 2 himoya qiladi.

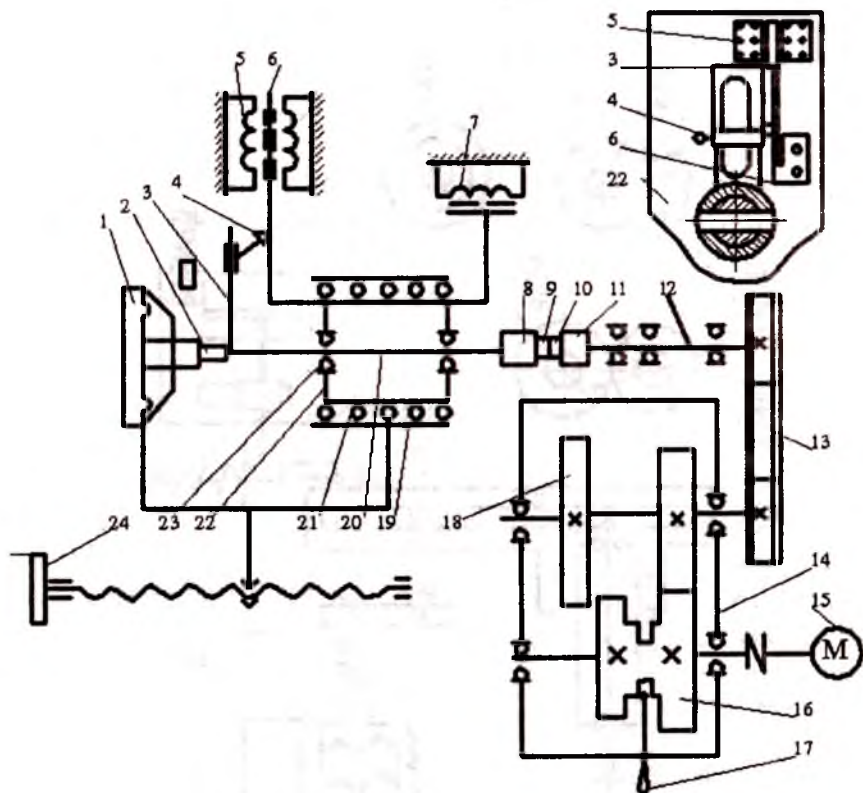
Ishqalanish momenti elektron notensiometr vositasida tasmaga yozib borilishi mumkin. Mashinada disk-disk juftligini ishqalanish va yeyilishdan tashqari tutashuv toliqishga ham sinash mumkin.

2. MFT-1 mashinasida materiallarni ishqalanishda issiqlikka bardoshligi hamda yeyilish va ishqalanish koeffitsiyenti namunalari o'zaro qoplanish koeffitsiyentini 1 ga teng bo'lgan hol uchun aniqlanadi (4.6-rasm).



4.5-rasm. SMS mashinasi: a-soddalashtirilgan chizma; b-ishqalanish juftliklari.





4.6-rasm. MFT-1 mashinasining prinsipial chizmasi.

Sinaladigan halqasimon namuna 10 o'zi o'rnavchi qisqich 11 ga o'rnatiladi.

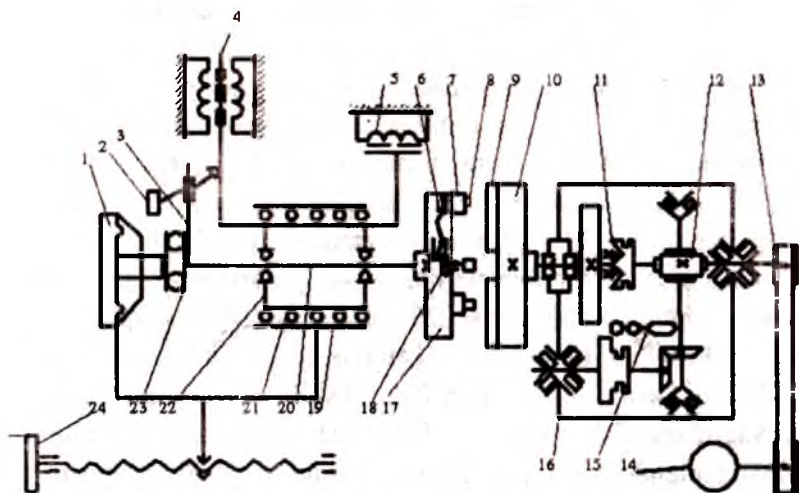
Qisqich shpindel 12 ga mahkamlashgan bo'lib, u o'zgarmas tokli, tezligi pog'onasiz sozlanadigan motor 15 dan ikki pog'onali tezlik qutisi 14 va ponasimon tasmali uzatma 13 orqali harakat oladi. Dasta 17 yordami bilan 16,18 shesternyalar siljilib kerakli ishchi tezlik diapazoni olinadi. Halqasimon kontur namuna 9 val 20 dagi qisqich 8 ga o'rnatilgan. Val qo'zg'aluvchan korpus 22 dagi podshipniklar 23 da aylanadi. Korpus 22 ni dastak 24 ni aylantirib karetk 19 ga nis-

batan sharikli yo'naltirgich 19 bo'ylab siljitish mumkin. Namunalar membranali pnevmatik yuritma 1 vositasida bir-biriga siqiladi. Bunday konstruksiya o'lchanayotgan ishqalanish momentiga bo'ylama yuk ta'sirini inobatga olmaslik imkonini beradi. Ishqalanish momentini dastak 3 va balandligi bo'yicha sozlanadigan polzun 4 orqali tarirovkalanagan elastik element 6 qabul qiladi. Umumiy chiziqli yeyilish (qisqich 8 va 11 larni yaqinlashishi) induktiv datchik 7 bilan o'lchanadi. Temperaturani o'lchash uchun termoparalar namuna 9 ga yelimlanadi.

MFT-1 mashinasi fundamentga o'rnatiladi va suyuq muhitlarda sinovni o'tkazish uchun kamera bilan jihozlanadi.

Sinov jarayonida ishqalanish momentini, haroratni, umumiy chiziqli yeyilishni, namunaning aylanish tezligini o'lcham va diagramma tarzda yozib olish mumkin.

3. MAST-1 mashinasi materiallarni antifriksion xossalarini moyli va moysiz sharoitlarda aniqlash uchun qo'llaniladi. Unda normal va yuqori haroratlarda ishqalanish koeffitsiyenti, moy pardani kichik harorati, yeyilish miqdorlari aniqlanadi (4.7-rasm).



4.7-rasm. MDP-1 mashinasi prinsipl chizmasi.

Ustki namuna 8 (diametri yoki 12 mm sharik) shpindel 9 ning olinuvchi ushlagichiga mahkamlanadi. Shpindel  $1/16 \text{ s}^{-1}$  burchakli tezlikda motor 10 dan tasmali uzatma orqali harakat oladi. Pastdagi uchta namuna (soqqa yoki shayba) metall qozoncha tubiga mahkamlanadi va moyga to'ldiriladi. Ostki namunalar yuqoridagi namunaga yukli dastak 1 orqali siqiladi. Maksimal siqish kuchi 110 N. Yuklash mexanizmining sezgirligini oshirish uchun sharikli maxsus yo'naltirgichlar 2 qo'llanilgan.

Shpindel aylanganda ustki namuna ishqalanish kuchi hisobiga qozonchani aylantirishga harakat qilganda uni ushlab turuvchi torsion 3 buriladi.

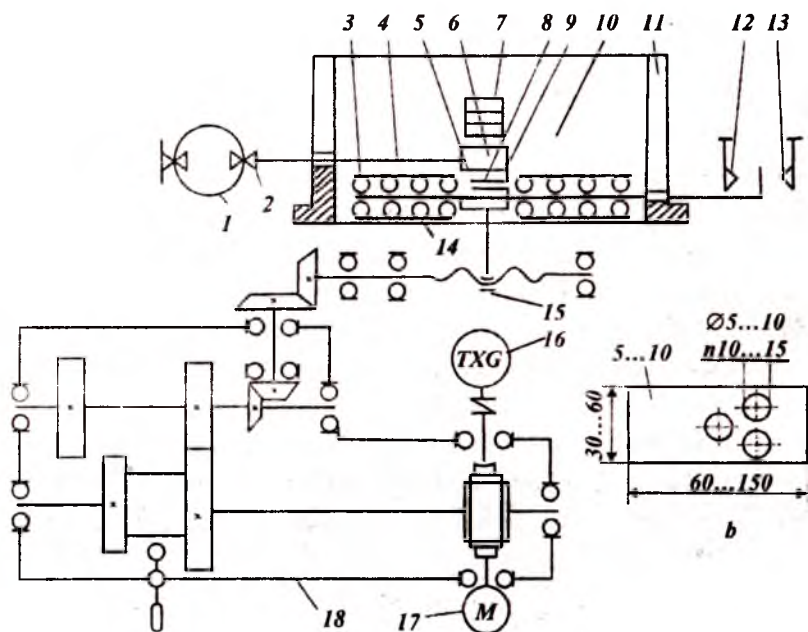
Korroziyaga mahkamlangan strelka 11 perosi 12 bilan motor 14 yordamida aylantirilganda barabandagi tasma qog'ozga natijani yozib boradi. Elektroo'choq 5 sinovni 20-400°C oraliqda o'tkazish imkonini beradi. Haroratni o'lchash va avtomatik sozlash elektron potensiometr vositasida amalga oshiriladi.

Ishqalanadigan yuza 9 (metall disk va shu kabilar) disk 10 ga mahkamlanadi. Disk 10 aylanma xarakatni, bir tekisda rostlanuvchi doimiy tokli elektrodvigatel 14 dan, ponasimon uzatma 13 va ikki ponali tezlik quttisi 16 orqali oladi. Dastak 15 yordamida mufta 11 ulanib, kerakli ishchi tezlik o'rnatiladi. Bunda chervakli ilashuv 12 ga kirishmagan to'g'ri uzatishi minimal ishqalanish momenti diapozoniga mos tushadi. Uchta barmoqsimon na'muna 8 lar, bir-biriga nisbatan 120° burchak ostida, sangali qisqich 7 ga mahkamlanadi. Namunani vintli 6 va konussimon 18 uzatmalar orqali ciljitib, ishqalanish radiusini o'zgartirish mumkin. Disk 17, korpus 21ga mahkamlangan podshibniklardan o'tgan 20-valga o'rnatilgan. korpus 21, sharikli yo'naltiruvchi 19 bo'yicha, katerka 22 ga nisbatan siljiy oladi. Dastak 24 ni aylantirilib, karetk 22 ni disk 10 dan uzoqlashtirish yoki unga yaqinlashtirish mumkin. Tekshirish jarayonida na'munalarni pnevmatik membrane 1 yuritgichi yordamida siqiladi. Paydo bo'lgan ishqalanish momentini, richag 3 va rostlovchi 2 qurilma orqali, tarirovkalanagan elastik element 4 qabul qiladi. Chiziqli yeyilishni o'l-

chash uchun induktiv datchik 5 o'rnatilgan. Ishqalanish zonasidagi temperaturani o'lchash uchun mashinaga oltita termopar o'rnatish imkoniyati bor.

4. МПТ-1 mashinasi 4.8-rasmda keltirilgan.

Mashinaning asosiy qismi polzun 10 bo'lib, unga plastinka shaklidagi pastki na'muna 9 mahkamlanadi. Polzun 10 ilgari lanma-qayta harakatni, doimiy tokli elektrodvigatel 17 dan, ikkita tezlikli reduktor 18 va 0,001–0,01 m/s tezlikda siljувchi vintli uzatma 15 orqali. Uchta yuqoriga kontur na'muna 8 ni, o'tirgich 6ga bikr qilib mahkamlangan ushlagich 5 ga mahkamlangan. O'tirgich 6 mashinaga nisbatan qo'zg'almas bo'lib, elastik element 1 li (halqasimon) prizmalar 2 yordamida, ikki tomonli tortgich 4 ga birlashtirilgan.



4.8-rasm. МПТ-1 mashinasi chizmasi.

Elastik element 1 ga tenzodatchiklar yopishtirilgan. Polzunni xarakatlanishida paydo bo'ladigan ishqalanish kuchi, elastik elementni deformatsiyalaydi. Tenzodatchiklar deformatsiyani elektrosignalga aylantirib, ko'paytirgich orqali kuzatuvchi asbobga yoki yozish uchun ossillografga uzatadi. Polzunning magnit kuchaytirgichli MPIY-1 anuvchi elektroyuritgich va tezlik qutisi yordamida 1-100 oralig'ida bir tekisda o'zgaruvchan tezligini texogenerator 16 orqali nazorat qilib turiladi. Mashina ikki xil rejimda ishlaydi: to'xtovsiz va davriy.

Polzunning ilgari lanma-qaytma kattaligini, qo'zg'aluvchan 12 va tirgaklar 13 ni 30-100 m oralig'ida sozlab boriladi. Tekshirishdan oldin elastik elementni tarirovka qilinadi. Kontur 8 namunalar, bir xil ishqalanish yuzasiga ega bo'lishligi uchun, maxsus moslama yordamida ishqalanadi. Namunalarni 200°Cgacha temperaturada tekshirish uchun, mashina termokamera 11, isitgichlar 3 va 14 bilan jihozlangan. Namunalarga 15-200 H oralig'ida bo'lgan yuklanishni, o'tirgich 6ga ornatiladigan almashinuvchi yuklar 7 orqali beriladi.

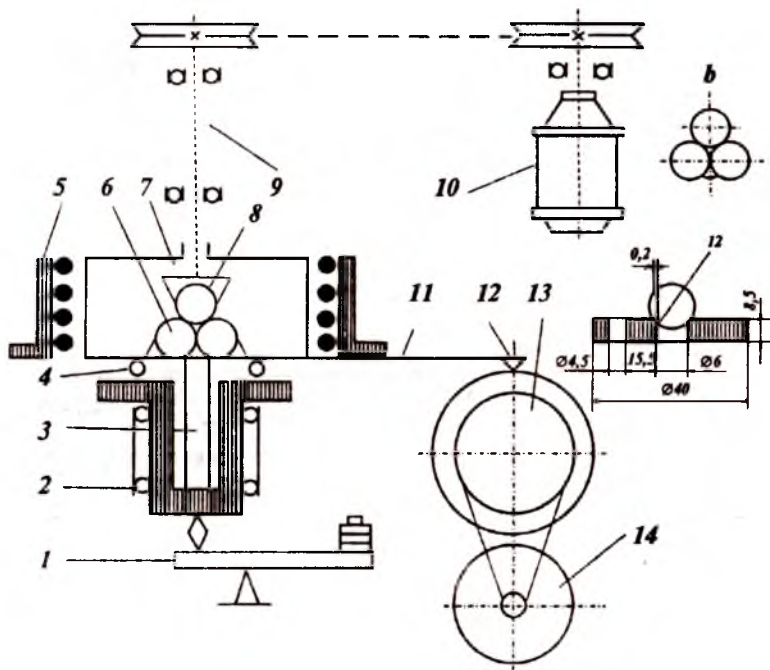
5. MACT-1 mashinasi materiallarni antifriksion xossalarini moyli va moysiz sharoitlarda aniqlash uchun qo'llaniladi. Unda normal va yuqori haroratlarda ishqalanish koeffitsiyenti, moy pardani kichik harorati, yeyilish miqdorlari aniqlanadi (4.9-rasm).

Ustki namuna 8 (diametric yoki 12 mm sharik) shpindel 9 ning olinuvchi ushlagichiga mahkamlanadi. Shpindel 1/16 c<sup>-1</sup> burchakli tezlikda motor 10 dan tasmali uzatma orqali harakat oladi. Pastdagi uchta namuna (soqqa yoki shayba) metall qozoncha tubiga mahkamlanadi va moyga to'ldiriladi. Ostki namunalar yuqoridagi namunaga yukli dastak 1 orqali siqiladi. Maksimal siqish kuchi 110 H. Yuklash mexanizmining sezgirligini oshirish uchun sharikli maxsus yo'naltirgichlar 2 qo'llanilgan.

Shpindel aylanganda ustki na'muna ishqalanish kuchi hisobiga qozonchani aylantirishga harakat qilganda uni ushlab turuvchi torsion 3 buriladi.

Korroziyaga mahkamlangan strelka 11 perosi 12 bilan motor 14 yordamida aylantirilganda barabandagi tasma qog'ozga natijani

yoziq boradi. Elektrodchoq 5 sinovni 20–400°C oraliqda o'tkazish imkonini beradi. Haroratni o'lchash va avtomatik sozlash elektron potentsiometr vositasida amalgam oshiriladi.

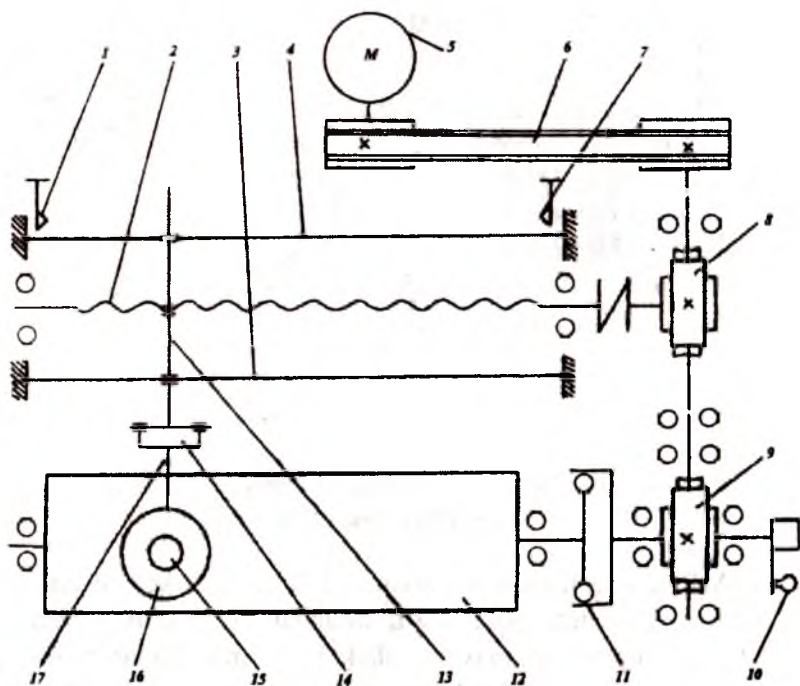


4.9-rasm. MACT-1 mashinasi: a – prinsipial chizma, b – ishqalanish juftligi.

6. MPI-2 mashinasining chizmasi 4.10-rasmda keltirilgan.

Diametri 10 mm (yoki to'g'riburchakli 10x10 mm) va balandligi 10–20 mm namuna 15 maxsus kallak 17 ga maxkamlanib, ushlagich 16 yordamida kerakli balandlikka o'rnatiladi. Namunani almashtirish uchun, sharnir 14 atrofida buralib, kallag olinadi. Yuqoridan kallakka namuna 15 ni baraban, 12 ga siqib turish uchun kallak ustiga almashinuvchi yuk o'rnatiladi. Baraban 12 yuzasiga ishqalanuvchi material (teri, mato, qog'oz va boshqalar) qoplanadi. Yuklanish oralig'i 10–50 H. Harakatni elektrodvigatel 5 dan tasmali uzatma 6,

chervakli juftlik 8 dan yuruvchi vint 2 ga beriladi, chervakli juft 9 orqali esa baraban 12 ga uzatiladi. Baraban 12 mufta 11 orqali chervakli juftlik 9 bilan biriktirilgan. Bu barabanni dastak 12 yordamida qo'lda aylantirish mumkin. Barabanning aylanishi 0,3 m/s chiziqli tezlikni ta'minlaydi. Yurituvchi vint support 13 ni va unga sharnirli bog'lagan kallak 17 ni yo'naltiruvchi 3 va 4 bo'yicha ilgarilanma siljitadi. Baraban bir marotaba aylanganda, supportga 10 mm li surish beriladi. Bunda namuna vintli chiziq bo'yicha ishqalanadi, ya'ni yangi iz bo'yicha turgaklar 1 va 7, support 13 400 mm gacha yurganda kallak 17ning chetki holatlarini chegaralab turadi.



4.10-rasm. MPI-2 mashinasining chizmasi.

## 7-LABORATORIYA ISHI

### SIRPANIB ISHLOVCHI DETALLAR MATERIALLARINI ABRAZIV YEYILISHGA SINASH

**Ishning maqsadi:** Sirpanib ishlovchi qismlar materiallarini yeyilishga bardoshligini baholash.

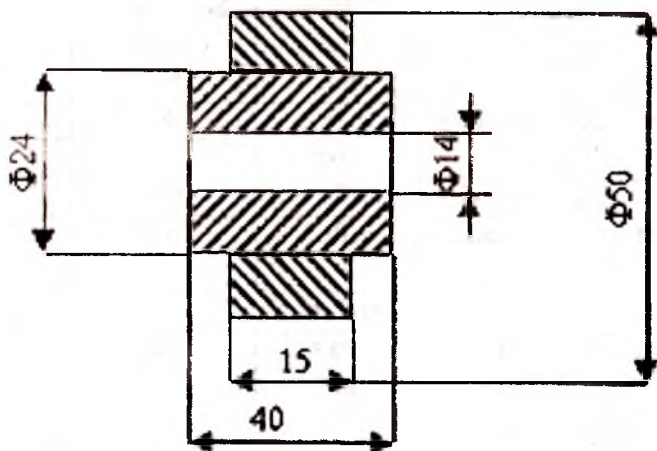
**Nazariy ma'lumotlar:** Detallarni yeyilishi ular orasidagi tirqishlarni kengayishiga olib keladi. Birikmalardagi yeyilish

$$U = Sx - Sg$$

bu yerda,  $Sx$  – sinovdan keyin hosil bo'ladigan haqiqiy tirqish;  $Sg$  – podshipnikdagi dastlabki tirqish.

$Sx$  va  $Sg$  qiymatlari sinovdan avval va keyin mikrometr bilan o'lchab topiladi. Materiallarning yeyilishiga bardoshlilikini aniqlash uchun detal materiallarini yeyilishi tezligini aniqlash lozim.

**Kerakli asbob uskunalar:** Ishqalanish mashinasi SMS-2, indikatorli nutrometr, mikrometr. Sinov «Val-vtulka» chizmalı namunalarda o'tkaziladi.



4.11-rasm. «Val-vtulka» namunalari.



**Ish bajarish tartibi:**

1. Ishqalanish mashinasining kinematik chizmasi va sinov namunalarini o'rnatish chizmasi bilan tanishing.
2. Namunalarni o'lchang, natijani 4.2-jadvalga yozing.
3. SMS-2 ishqalanish mashinasini ishga tayyorlang. Bu borada quyidagi tartibga rioya qiling:
  - a) suv kelish va qaytish shlanglarini o'rnatish;
  - b) namunalarni o'rnatilish chizmasini tekshiring;
  - d) ishqalanish mashinasi va o'lchov shkafini ishga tushirish (kalit yordami bilan);
  - e) ish vaqtida sovituvchi suv kelishi va moy ta'minotini nazorat qilish.
5. Qizil tugmani bosish orqali ishqalanish mashinasini to'xtating, mashinani kuch yelkasidan ozod qilib, namunani chiqarib oling.
6. Namuna o'lchamini o'lchang. Natijalarni 4.2-jadvalga yozing.

**Namunalarni SMS-2 ishqalanish mashinasida sinash ko'rsatkichlari**

Ko'rsatkichlar nomi	O'lchov birligi	Belgilanishi (belgisi)	Qiymati
Sirpanish tezligi	m/s	Uc	
Namunalarga qo'yilgan kuch	N	N	
Sinov muddati	Soat	t	
Val materialining qattiqligi	Pa	HB 1	
Vtulka materialining qattiqligi	Pa	HB 2	
Moyning turi	Dizel moyi		
Moyning qovushqoqligi	Pa.s	M	
Moydagi abraziv donachalarining miqdori	m/s	E	

Sinov parametrlari	O'lchov birligi	Sinov natijalari	
		Val	Val
Namuna o'lchami			
Sinovdan avval	mm		
Sinovdan keyin	mm		
Yeyilish miqdori	mm		
Yeyilish tezligi	mm/ soat		

Yeyilish miqdori (U) sinovdan avvalga va sinovdan keyingi o'lchov natijalarining ayirmasi teng bo'ladi. Namuna materiallarining yeyilish tezligi (Y) quyidagi formula orqali topiladi:

$$Y = U / tKT$$

bu yerda, U – yeyilish miqdori; t – sinov muddati; Kt – sinovni tezlashtirish koeffitsiyenti (Kt-10).

## 6-AMALIY ISHI

### DUMALAB SIRPANIB ISHQALANUVCHI JUFTLIK DETALLARI ABRAZIV YEYILISHIGA SINASH

**Ishning maqsadi:** Dumalab sirpanib ishqalanuvchi detallarni yeyilishga qarshiligini baholash.

**Nazariy qism:** Dumalab sirpanib ishqalanuvchi juftlik detallarida eng kam yeyilish asosan sof dumalab ishqalanish sodir bo'ladigan qismlardagini kuzatiladi. Sirpanish darajasi oshib borishi bilan yeyilish miqdori ham ortib boradi. Yeyilish miqdori abraziv donachalarning o'lchami, uning moydagi miqdoriga uzviy bog'liq. Materiallarning yeyilishga chidamliligi uning yeyilish tezligi bilan baholanadi.

**Kerakli asbob va uskunalar:** MI-IM markali ishqalanish mashinasi, analitik tarozi VLA-200, sinov uchun «roluk-roluk» xildagi namunalari.

**Ishni bajarish tartibi:**

1. Ishqalanish mashinasining kinematik chizmasi va namunalari-ning chizmalari bilan tanishing (4.12, 4.13-rasmlar).

2. Namunalar massasini o'lchang va o'lchov natijalarini 4.6-jadvalga yozing.

3. MI-1M ishqalanish mashinasini ishga tayyorlang. Bu borada quyidagi tartibga rioya qiling.

a) namunalarni sinash paytida moylash uchun maxsus idishga (tog'orachada) moy quyish;

b) namunalarning egrilik radiusi 3-laboratoriya ishidagi 1, 2, 3, 4-tenglamalarga tanlab olinadi;

d) tarkibida 1,3 % miqdorida abraziv donachalari bo'lgan moy tayyorlash;

e) sinash uchun mashinaning pastki va yuqorigi shpindellariga namunalarni joylashtirish va qotirish, bunda pastki shpindeldagi namuna maxsus idishda qisman botib turishi kerak;

f) yuqoridagi shpindelni aylantiruvchi uzatmadagi tishli ilashmani namunadagi sirpanish darajasini tishli g'ildiraklarni rolikli o'xshatma analoglar yordamida modellashtirish laboratoriya ishidagi 11, 12-tenglamalar bo'yicha tanlash;

g) ishqalanish mashinasining yuklovchi mexanizmini tishli uzatmalar uzatadigan kuchga (150–200 n/mm) moslash.

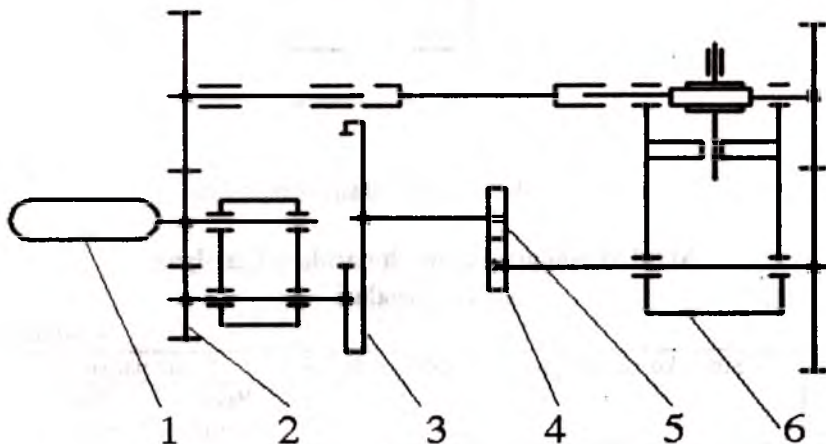
h) sinovdan oldin pastki shpindelni bir necha marta aylantirish, namunalarni moylanishini tekshirish.

MI-1M ishqalanish mashinasida sinov o'tkazish uchun kerakli ko'rsatkichlar qiymati.

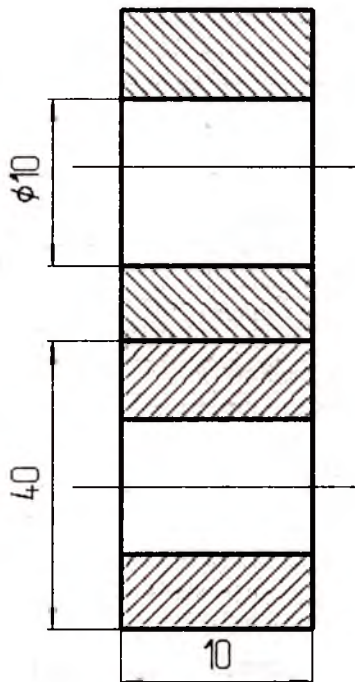
t/r	Ko'rsatkichlar nomlari	Ko'rsatkich-lar belgisi	O'lchov birligi	Qiymati
1	Pastki namuna diametri	$d_1$	mm	56
2	Yuqoridagi namuna diametri	$d_2$	mm	26
3	Pastki namunaning burchak tezligi	$\omega_1$	c-1	7,33–6,28
4	Yuqoridagi namunaning burchak tezligi	$\omega_2$	c-1	3,6–6,28

*jadvalning davomi*

1	2	3	4	5
5	Birlanish tezligi	V	m/s	0,996
6	Namunalarning nisbiy sirpanish darajasi	$\xi$		0,772
7	Namunalarga qo'yilgan kuch	P	H/mm	100
8	Sinov muddati	T	Soat	0,75
9	Pastki namunaning materiali		Po'lat	45
10	Namuna materialining qattiqligi	HB <sub>1</sub>	MPa	2500
11	Yuqori namunaning materiali		Po'lat	45X
12	Namuna materialining qattiqligi	HB <sub>2</sub>	MPa	3900
13	Moyning turi	Avtotraktor transmissiya moyi		
14	Abraziv donachalari miqdori	$\epsilon$	%	1,3
15	Abraziv donachalarning o'rtacha diametri	d <sub>o'r</sub>	m	0,0113
16	Sinov tezlashtirilganini hisobga oluvchi koeffitsiyenti	K		14,5



4.12-rasm. Ishqalanish mashinasining kinematik chizmasi.



4.13-rasm. «Rolik-rolik» xildagi namunalar.

**MI-1M ishqalanish mashinasida o'tkazilgan sinov natijalari**

4.6-jadval

t/r	Sinov ko'rsatkichlari	O'lchov birligi	Sinov natijalari	
			Pastki namuna	Yuqori namuna
1	Numananing massasi:			
	Sinovdan oldin	r		
	Sinovdan keyin	r		
2	Massa bo'yicha yeyilish	r		
3	Chiziqli yeyilish	mm		
4	Yeyilish tezligi	mm/soat		

4. Ishqalanish mashinasi ishga tushiriladi va 30 minut davomida sinov o'tkaziladi (sinov vaqtidagi kerakli qiymatlar 4.5-jadvalda berilgan).

5. Ishqalanish mashinasi to'xtatiladi. So'ng yuk yelkasi, namunalar bo'shatilib chiqarib olinadi.

6. Sinalgan namunalar dizel yoqilg'isida yuvilib aseton bilan artiladi va quritiladi. Sinovdan oldingi va keyingi massalar ayirmasi massa bo'yicha yeyilish miqdorini aniqlanadi. Olingan natijalarni 4.6-jadvalga yozing.

Namunalarning chiziqli yeyilish miqdori quyidagi fomula bilan hisoblanadi:

$$U = Qj2\pi_{1,2}\rho\vartheta$$

bunda,  $Q$  – namunalarning massa bo'yicha yeyilishi, g;  $\rho_{1,2}$  – pastki yoki yuqorigi namunalarning egrilik radiusi, mm;  $V$  – namunaning o'zaro tutashish kengligi, mm;  $m$  – namuna materialining zichligi, g/mm<sup>3</sup>.

Namunalar materialning yeyilish tezligi (hisob natijasi 4.6-jadvalga yoziladi).

$$\vartheta = U / tK_t$$

bunda,  $t$  – namunalarni sinash vaqti;  $KT$  – sinovni tezlashtirilganini hisobga oluvchi koeffitsiyent:

$$KT = W_H / W$$

bu yerda,  $W_H$  – namunaning burchak tezligi, s<sup>-1</sup>;  $W$  – tishli g'il-dirakning burchak tezligi, s<sup>-1</sup>.

## **7-AMALIY ISHI**

### **FRIKSION MATERIALLARNI YEYILISHIGA SINASH**

**Ishning maqsadi:** Tormoz qurilmalarida ishlatiladigan friksion materiallarni yeyilishga sinash.

**Kerakli sabob uskunalar:**

1. Diskli tormoz o'rnatiladigan tajriba qurilmasi.
2. Mikrometr.

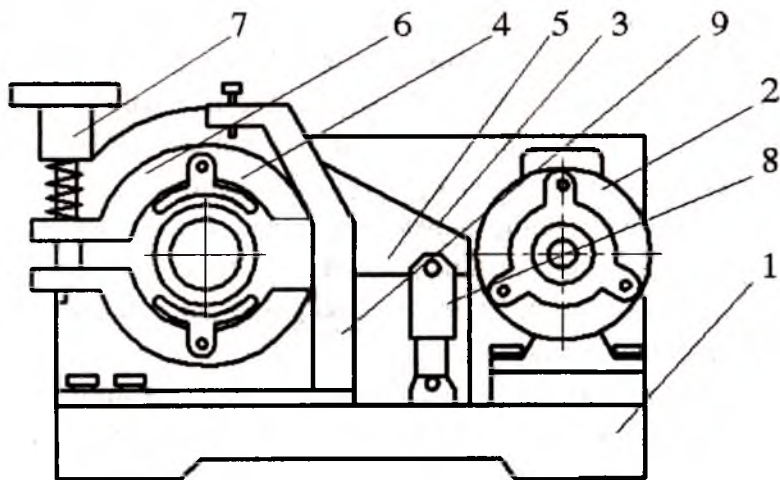
**Nazariy qism:** Turli texnologik mashina va jihozlarda ishlatiladigan ko'pgina tormoz qurilmalarida friksion material sifatida GOST 1198-80 bo'yicha tayyorlangan asbestli tormoz tasmasi ishlatiladi. Bu tormoz tasmasi asbest ip va latun simlaridan to'qilgan tasmaga maxsus namga va moyga chidamli A yoki B tarkibi shimdirilib, quritilib termik ishlov berish yo'li bilan olinadi. Bunday tasmaning po'lat gardishi (diskasi) bilan ishqalanish koeffitsiyenti shimdirilgan A va B tarkiblar uchun mos ravishda 0,35 va 0,45 dan kam bo'lmaydi. Tormoz tasmasining ishlash muddati bevosita uning yeyilish bardoshligi bilan aniqlanadi. Yuqorida keltirilgan standart talablarga ko'ra A va B tormoz tasmalari 2 soat sirpanish rejimida to'xtovsiz ishlagandan keyin qalinligi bo'yicha yeyilishi mos ravishda 0,20 va 0,15 mm dan oshmasligi kerak.

4.14-rasmda tajriba bajariladigan maxsus qurilmaning chizma tasviri keltirilgan. Umumiy stanina 1 ga elektromotor 2 va silindrik reduktor 2 o'rnatilgan bo'lib, reduktorning yetaklanuvchi o'qida qo'zg'almas qilib tormoz gardishini va dastak 5 o'tkazilgan. Tormoz kolodkalari 6 va gardish orasidagi tirqishning kattaligi rostlovchi bolt 7 yordamida sozlanadi. Dastak 5 ning o'simtasi tormoz ishlagan paytda cheklovchi 8 ning cheklagichlari orasida joylashgan dastakning o'simtasi tormoz ishlagan paytda gardishni bo'sh aylanib ketishidan saqlaydi va bunda moy to'ldirilgan silindr 9 ichidagi porshen dempfer bo'lib, dastakning burchak siljishlarining zarbasiz, yumshoq bo'lishini ta'minlaydi.

**Ishning bajarilishi:**

1. Ish bajariladigan tajriba qurilmasining tuzilishi bilan tanishning (4.14-rasm).
2. Tormoz kolodkasini ajratib oling va undagi tormoz tasmasining qalinligini o'lchang.

3. Tormozni yig'ing va tajriba qurilmasini ishga tayyorlang.
4. O'qituvchi ruxsati bilan qurilmani ishga soling va uni tormozlang.
5. Qurilmani 10 minut davomida tormozlangan holda yurgizing. Bunda elektromotor va tormoz kolodkalarining qattiq qizib ketmasligini nazorat qiling.
6. Qurilmani to'xtatib tormoz kolodkasini ajratib oling.
7. Tormoz tasmasining sinovdan keyingi qalinligini o'lchang va yeyilishini aniqlang.
8. Tormoz tasmasining yeyilish miqdorini 2 soat uchun hisoblang va standart talabi bilan solishtiring hamda ishlatilgan tormoz tasmasining A yoki B tipiga mansubligini aniqlang.



4.14-rasm. Friksion materialni yeyilishga sinash maxsus qurilmasi.

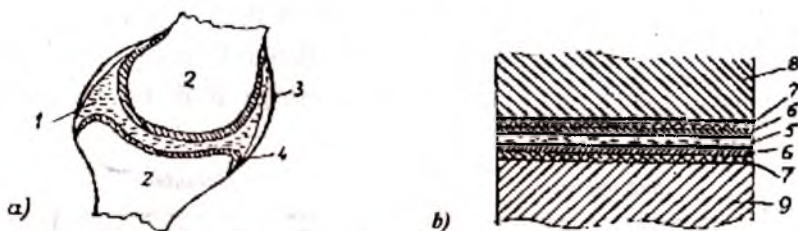


## **V bob. ISHQALANUVCHI QISMLARNING TRIBOTEXNIK XUSUSIYATLARINI YAXSHILASH**

### **5.1. ISHQALANUVCHI SIRTLARDA SAYLANMALI KO'CHISH**

O'tgan asrimizning 50-yillarida IL samolyotlarining ishqalanish qismlarini nazorat qilinganda og'ir yuklangan po'lat-bronza qismi spirt glitserin aralashmasi bilan moylanganda bronza detalining ham, po'lat detalining ham ishqalanish sirtlari 1–2 mm qalinligidagi mis parda bilan qoplanganligi aniqlangan. Bu hol SIATIM-201 moyi bilan moylangan po'lat-bronza materiali ishqalanish qismi samolyotning sharnirli-boltli juftligida ham ro'y bergan. Shuningdek, ro'zg'or sovitgichlarining kompressorlaridagi moyli freon aralashma bilan moylanadigan po'lat-po'lat juftlikda ishqalanuvchi sirtlar mis parda bilan qoplanganligi aniqlandi.

Shunisi e'tiborli ediki, uchala holda ham ishqalanish sirtlarini yeyilishi keskin kamaygan, ishqalanish koeffitsiyenti ham taxminan 10 marta ozaygan edi. Tadqiqotlar natijasida po'lat-bronza juftligida, bronzaning anodli erishi natijasida undagi rux, qalay, aluminiy, temir moyga o'tib, po'lat va bronza ustida misli parda hosil bo'lishini ko'rsatdi. Kompressorlarda ham misli naychalardan freonga mis ionlari o'tib ishqalanuvchi yuzalarni qoplanganligi aniqlandi. Bu hodisani chuqurroq o'rganish natijasida uni tirik organizmlarda jumladan inson tizzasidagi ishqalanish qismiga (5.1.a rasm) o'xshash ekanligi (5.1.b-rasm) ko'rsatdi.



5.1-rasm. Odam tizzasini tribotexnik (a) va saylanmali ko'chish rejimida ishlovchi bronza-po'lat ishqalanish juftligining (b) chizmasi:

1—sinovial suyuqlik; 2—suyak; 3—sinovial qobiq; 4—kemik; 5—saylanmali ko'chish rejimini ta'minlovchi suyuqlik; 6—polimer parda; 7—servovitli parda (mis); 8—po'lat; 9—bronza.

Tizza oshig'ida ikkita bir xil yumshoq materiallar tutashganligi sababli garchi ularning sirti g'adir-budirli bo'lsada, bu g'adir-budirliklarini yuk ostida ezilishi hisobiga haqiqiy tutash yuza nominal yuzaga deyarli tenglashadi. Bu hodisani kompressorli muzlatkich misolida batafsilroq o'rganaylik (5.2-rasm). Sirtlarda mis pardasini hosil bo'lish jarayonini boshlang'ich davr va barqaror rejimli davrga bo'lish mumkin.

Boshlang'ich davrda dastlab po'lat-po'lat ishqalanish juftligida moylovchi material oksidlanadi, hosil bo'lgan kislotalar mis naychalar yuzasini eritadi va mis ionlarini moylovchi materialga aralashtiradi. Moylovchi material ishqalanish zonasiga kelganda mis ionlari faqat ishqalanayotgan sirtlarga o'tiradi va mis parda hosil qiladi.

Barqaror rejimli davri, po'lat-po'lat juftligi, mis-mis ishqalanish juftligi bilan almashgan vaqtdan boshlanadi.

Po'lat bilan po'lat ishqalanmaganligi uchun moylovchi materialni oksidlanishi qisman susayib mis naychalar yuzasi erishdan to'xtaydi.



Saylanma ko'chirilishli ishqalanish sharoitida o'z-o'zidan quyidagi holatlar ro'y berishi mumkin:

g'adir-budirlik cho'qqi mis ionlari bilan to'lib ishqalanish yuzasida plastik parda (xo'rdalashdagi kabi)ni hosil bo'lishi natijasida nisbiy bosimning kamayishi;

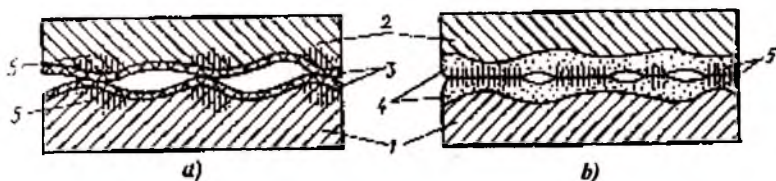
parda sirtini diffuziya vikansli mexanizmlari deformatsiyalanishi natijasida yuzalarni siljishini va kam yeyilishi hisobiga asosiy material deformatsiyalanmasligi;

tiklanuvchi moylovchi muhit tufayli ishqalanish yuzasining yuksidlanishdan saqlanishi;

dispersirlangan metall zarralarini ikki qatlamli elektr maydonida tutib, ularni tutash zonada cho'kish natijasida moyli ishqalanish yeyilish sur'atining pasayishi;

moylash materialining ajralgan (destrukturlashgan) mahsulotlaridan tutash yuzalarda polimerli pardalarni hosil;

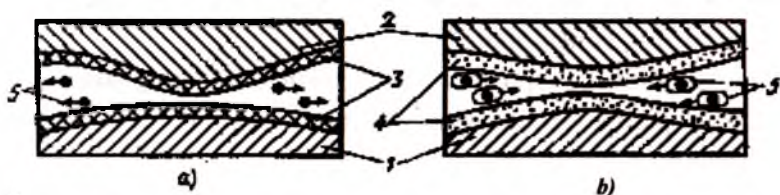
bo'lishi oqibatida ishqalanishni kamayishi va yuzani yeyilishdan himoya qilishning kuchayishi.



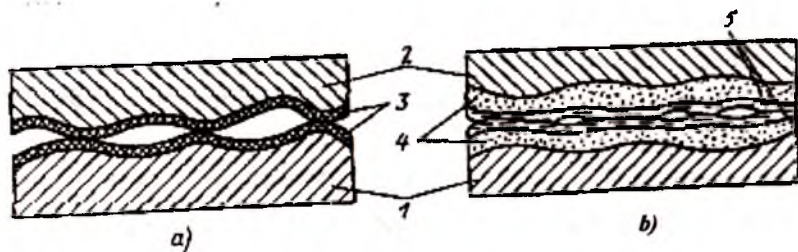
5.3-rasm. Chegaraviy moylash (a) va saylanmali ko'chish (b) tutash joylardagi deformatsiyani tarqalish chizmasi: 1 – po'lat; 2 – bronza; 3 – oksidli parda; 4 – servovitli parda; 5 – diformatsiyalanish joylari.

Saylanmali ko'chish bo'lishi uchun bronza-po'lat juftligida plazma hosil qiluvchi va ionli moylash materiallari qo'llaniladi.

Saylanma ko'chirish po'lat yuzalarni glitserinli muhitda maxsus moslama yordamida friksion latunlash, bronzalash va mislash tarzida ham amalga oshirilishi mumkin.



5.4-rasm. Chegaraviy moylanish (a) va saylanmali ko'chish (b)da tutashish zonasida yeyilish mahsulotini harakatlanish chizmasi: 1 - po'lat; 2 - bronza; 3 - oksidli parda; 4 - servovitli parda; 5 - yeyilish mahsuloti.



5.5-rasm. Maxsus qo'shimchali moylash materiali bo'lgandagi chegaraviy moylanish (a) va saylanmali ko'chish (b) detallarning tutashish chizmalari.

### Ishqalanishdagi tebranish hodisasi haqida

Ko'p hollarda ishqalanish va tebranish o'zaro uzviy bog'langan holda namoyon bo'ladi.

Harakatlanuvchi jismlarning notekisligi qo'zg'almas jism notekisliklari bilan har safar tutashganda mikroimpuls sodir bo'ladi. Ya'ni harakatdagi jismning absolut biki, qo'zg'almas jism mikronotekisliklarini esa mikro prujinalar deb qarasaq qo'zg'aluvchan jism uzluksiz tarzda sirtga tik (normal) yo'nalishda mikroamplitudali tebranishga uchraydi.

Bu tebranishning amplitudasi o'ta kichik (mkm ulushlarida) bo'lib, chastotasi:

$$\nu = 1/2\pi\sqrt{k/m} \quad (5.1)$$

bu yerda,  $k$  – tutashish bikrligi ko'effitsiyenti;  $m$  – harakatdagi jism massasi.

Tebranish natijasida harakatdagi va qo'zg'almas jismlar bir-biridan uzoqlashadi, amaliy tutash yuza ozayadi va ishqalanish kuchi kamayadi. Sirpanish tezligi qancha katta bo'lsa, shunchalik tebranish amplitudasi va jismlarning uzoqlashuvi ham kattalashadi va ishqalanish kuchi kamayadi.

Shunday qilib moylanmagan va chegaraviy moylangan qismlarda sirpanma ishqalanish kuchi ishqalanishni o'zi tug'dirgan tutashish tebranishi tufayli doimo ozroq bo'ladi. Texnikada majburiy tebranish berib ishqalanish kuchi kamaytiriladi (elektrodinamik, elektrik yoki pezokeramik qurilmalar). Ishqalanish kuchining kattaligi qurilmaning xususiy va majburiy tebranishlar chastotasi yaqinlashganda eng kam bo'ladi.

Konstruksiya normal yo'nalishda majburiy tebranma tebranishlar chastotasi (5.1) formuladagi qiymatga, urinma (hox bo'ylamasiga hox ko'ndalangiga) yo'nalishda tebransa normalli majburiy tebranishlar chastotasi:

$$\nu = 1/4\pi\sqrt{k/m} \quad (5.2)$$

Majburiy tebranishlarning tutash sirtlarini yeyilishiga ta'siri to'liq o'rganilgani yo'q. Chastotasi 5–50 P li urinma va normal tebranishlarda tormoz va muftalarning friksion elementlarini tez yeyilishi kuzatilgan.

## **5.2. ISH SHAROITINI YAXSHILASHGA DOIR KONSTRUKTIV USULLAR**

Mashina detallarini ko'p ishlay olishligi, yiliga chidamliligi mashinani loyihalashning dastlabki bosqichlaridan boshlab uning detallarini tayyorlash va yig'ish hamda qismni ishlatish mobaynida ham ta'minlanishi lozim.

Hisoblash usuli yordamida qism va detallarni optimal konstruktiv parametrlarini aniqlash natijasida yeyilish tezligini minimallashtirish, chegaraviy yeyilish miqdorini belgilash, detal o'lchami va materiallarini unifikatsiyalash, ishqalanish juftlarining bir xil ishlashiga erishish, yeyilishga chidamli materiallarni tanlash va ularning zarur xossalarini yaxshilash, fizik-mexanik xususiyatlariga qo'yiladigan talablarni asoslash, qism va detallarning bir necha xil variantlarini yeyilishga chidamlilik bo'yicha taqqoslab baholash, detal va qismning ishlash muddatini oldindan belgilash imkoniyatini beradi.

Biz yeyilish jadalligini hisoblash, abraziv yeyilishi jadalligini hisoblash, ishqalanish juftligi uchun material tanlash kabi mavzularda olgan bilimimiz mashinani konstruksiyalash jarayonida uni ishqalanuvchi qism va detallarini ishchanligini ta'minlash uchun asos bo'ladi.

Qismni ishqalanish sharoitini yaxshilashni konstruktiv imkoniyatlari xilma-xil bo'lib, ulardan eng samaralilari quyidagilardir:

tutashishdagi yuklanishni kamaytirish;

yuzalarning yopishib qolishi oldini olish;

quruq ishqalanishni chegaraviy, chegaraviy ishqalanishni moyli (gidravlik yoki gidrostatik) ishqalanishga almashtirish;

ishqalanish ishini kamaytirish;

ishqalanishdagi issiqlik rejimini yaxshilash;

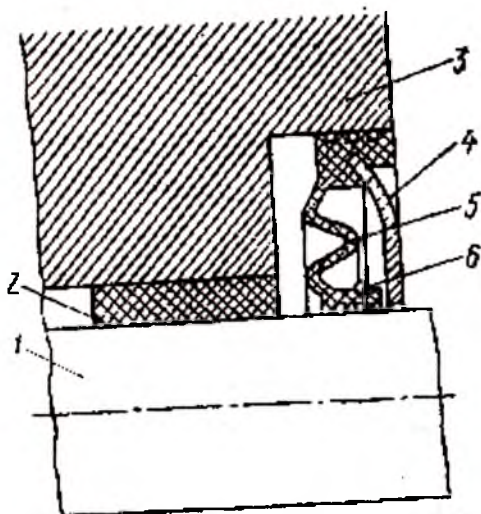
ishqalanish qismini abraziv zarralardan saqlash;

ishqalanish qismini tashqi muhitning kimyoviy ta'siridan himoya qilish.

Dastlabki 5 ta omilga asosan ishqalanuvchi detallarni tayyorlash va yig'ishda tozalik va aniqlik darajalarini to'g'ri belgilash, qismning belgilangan moy rejimi ta'minlanadigan qilib loyihalash natijasida erishildi.

Ishqalanish qismini abraziv zarralardan saqlash turli moy va havo filtrlarini hamda germetik qurilmalarni qo'llash orqali amalga oshiriladi. Jumladan, manjet, yonbosh to'sqichi, porshen halqasi, tikiladigan moy-to'sqich, labirintli to'skich, turli qistirmali to'sqichlar. Bularning turini, o'lchamini to'g'ri tanlash va ularni qismga to'g'ri o'rnatish masalalari mashina loyihalayotganda hal etilishi kerak.

Masalan, podshipnik 2 ga nisbatan aylanma va ilgarilanma harakatlanadigan o'q 1 ga yupqa rezinali membrana 5, halqali prujina 6, korpus 3 ga keriluvchi metall qopqoq 4 vositasida qo'zg'almas qilib o'rnatiladi (5.6-rasm).



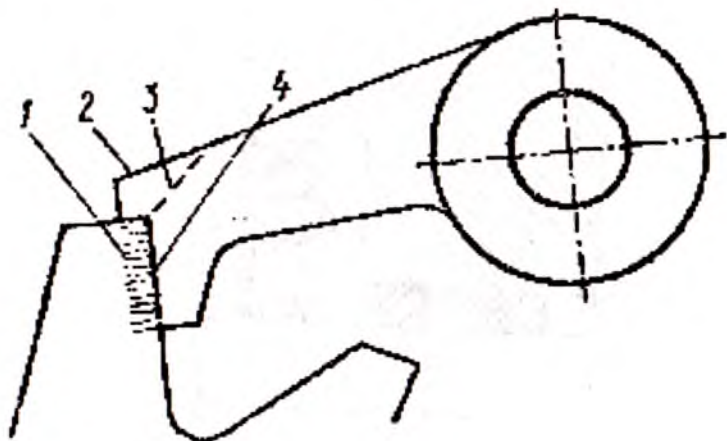
5.6-rasm. Sharnirli birikma to'sqichi.



To'sqich qismning ichki qismini yaxshi himoya qiladi. O'qning podshipnikka nisbatan harakatiga membrana 5 deformatsiyasi tufayli imkoniyat yaratiladi.

### Yoyilish elementlari teng chidamli qismni loyihalash usuli

Mashinaning ishqalanuvchi elementlari yoyilishga bir xil chidamli bo'lishi maqsadga muvofiqdir. Chunki detal sirti notekis yeyilsa yoki bir detal ikkinchisidan oldin ishdan chiqsa kifoya, mashinani ta'mirlashga yoki to'xtatishga to'g'ri keladi. Yeyilishga teng chidamlilikni ta'minlash uchun detallarni yeyilish epuralarini o'rganish va yeyilishni oldindan hisoblash ishlarini amalga oshirish kerak. Masalan, xrapovikli mexanizmدا tutgich 2 tishining oldi qismi rasmda yo'g'on chiziqda ko'rsatilganidek tayyorlansa, uning ishchi qismi yeyilib yupqalashadi (5.7- rasm).



5.7-rasm. Surgich va xrapovik tishlarining ilashishida  
zaxira yuza qoldirish.

Natijada, yeyilgan va yeyilmagan joyda ishqalanish konsentratori paydo bo'lib, u tishni muddatidan oldin sinishiga sabab bo'lishi mumkin. Agarda tish oldi qismi rasmda punktir chiziqda ko'rsatilganidek tayyorlansa tish yeyilgani bilan kuchlanish konsentratori hosil bo'lmaydi (5.7-rasm).

Ishqalanish juftliklari materiallarini qattiqligi bo'yicha joylashtirish haqida.

Har xil qattqlik va o'lchamli tutash sirtlarning elementlari asosan quyidagi ikki shart asosida tanlanadi.

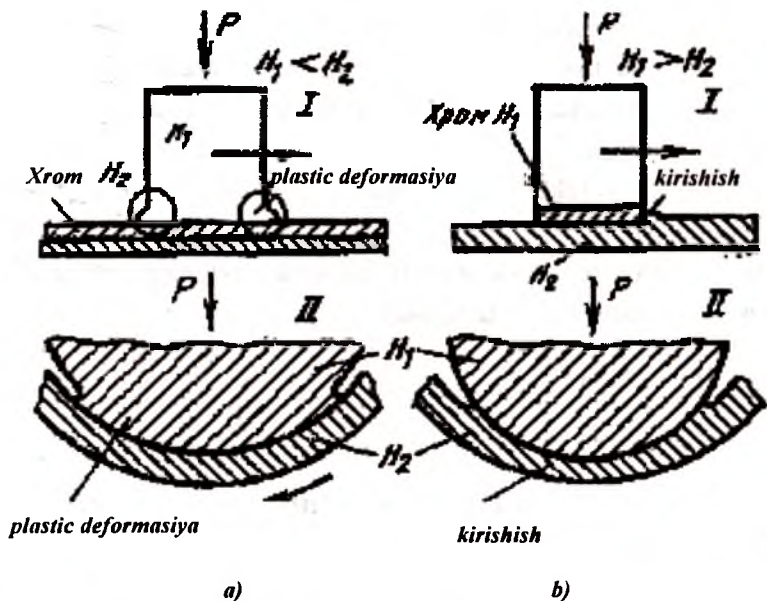
1)  $H_1 > H_2$  da

2)  $H_1 < H_2$  da

bu yerda,  $N_1$ ,  $N_2$  – ishqalanuvchi sirtlar qattiqligi;  $S_1$ ,  $S_2$  – tutashuvchi sirtlar yuzasi.

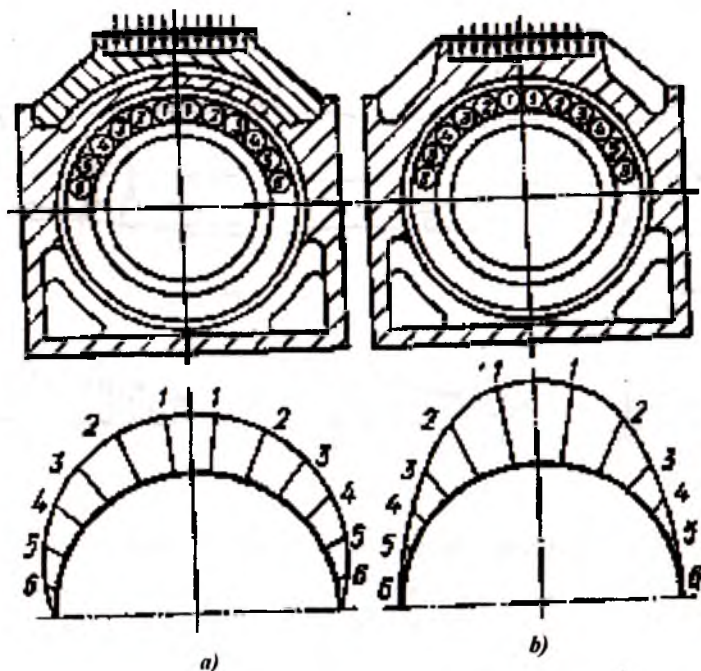
Materiallari birinchi shart bo'yicha joylashgan qism to'g'ri ishqalanish juftligi, ikkinchi shart bo'yicha joylashgan bo'lsa, teskari ishqalanish juftligi deyiladi. To'g'ri ishqalanish juftligida yumshoq jism bo'ylab qattiq jism teskari juftligida esa yumshoq jism qattiq sirt bo'yilib sirpanadi. To'g'ri juftlikka po'lat materialli valni polimer materialli vtulkada, teskari juftga esa ishqalanish sirtiga yumshoq material qoplangan valni metall vtulkada sirpanishi misol bo'ladi. 5.8-rasmda ilgarilanma va aylanma harakatda to'g'ri va teskari ishqalanish juftliklarining chizmalari keltirilgan. To'g'ri yoki teskari ishqalanish juftligining qaysinisini qo'llash yaxshiroqligini aniqlash uchun qismni ishonchlilik yeyilishga chidamlilik, samaralilik va ishlatish sharoiti talabalari bo'yicha tahlil qilish kerak. Jumladan, tajribalar teskari ishqalanish juftligida yopishish kamroq bo'lishligini ko'rsatdi.

To'g'ri va teskari ishqalanish juftliklarining ilashishida farq quyidagicha.



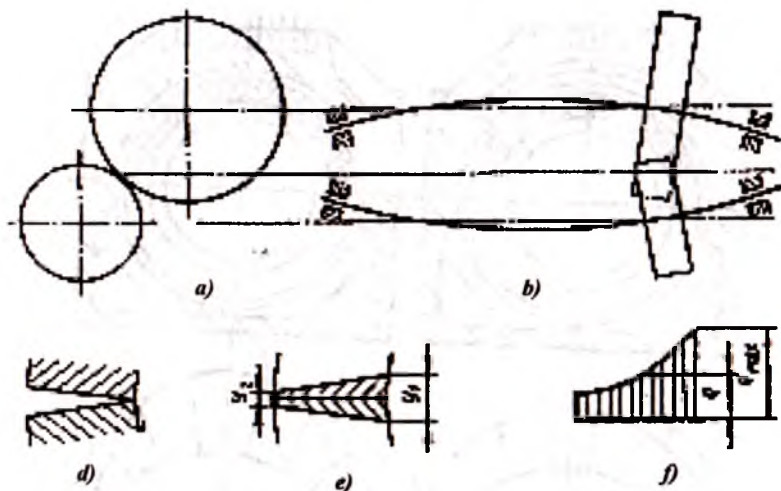
5.8-rasm. Teskari (a) va to'g'ri (b) chizmali ishqalanish juftligi:  
I – ilgarilanma harakatda; II – aylanma harakatda.

Tutash detallardan biri yoki ikkilasining bikrligini oshirish yoki kamaytirish ham har xil sharoitda turlicha natija berishi mumkin. Bikrligi kam bo'lgan detal tutash detalning deformatsiyalanishiga va geometrik noaniqligiga moslana oladi. Bunga misoli qilib o'zi moslanadigan podshipniklar rezinometalli, plastmassali va yumshoq qoplamali vkladishlarni ko'rsatish mumkin. Shuningdek, vagon buksasi korpusi bikrligi buksalarni gummirlash (rezina qoplash) yo'li bilan kamaytirilsa roliklardagi bosim kuchi kamayadi (5.9-rasm).

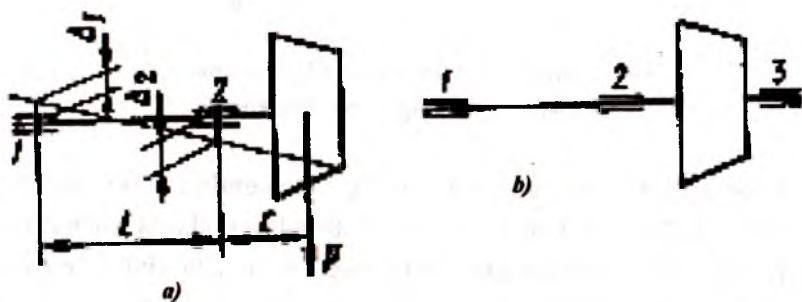


5.9-rasm. Buksalar va rolikning yuklanish epuralari:  
a – bikrligi kam korpus; b – bokr korpus.

Uzatmalarda esa aksincha uning elementlari bokr bo'lmasa yuklanish notekis bo'ladi (5.10-rasm). Bunday hollarda xil bikrligini oshirish uchun podshipniklari boshlang'ich tig'izlik bilan yig'iladi, ko'pincha tayanchlar qo'yiladi  $e > 2,5$  olinadi (5.11-rasm). Qo'shimcha qisilish kuchlari hosil bo'lmasligi uchun baland haroratli qismlar tayanchining biridagi podshipnik erkin siljuvchan qilib o'rnatiladi (5.12-rasm). Burchakli, chiziqli yoki umumlashgan siljishlar oraliq elastik elementli qo'zg'almas birikmalar bilan admashtirilishi mumkin. Bunda tashqi ishqalanish kuchi elastik elementdagi ichki ishqalanish bilan almashadi (5.13-rasm).



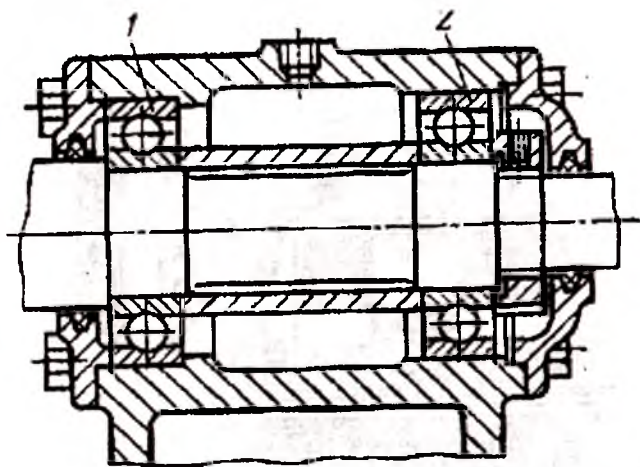
5.10-rasm. Val deformatsiyasi natijasida yuklarni tishga notekis taqsimlanishi.



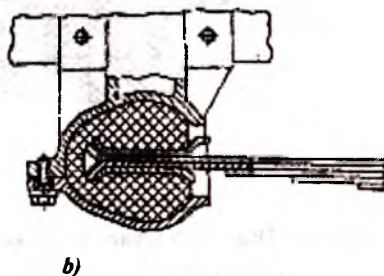
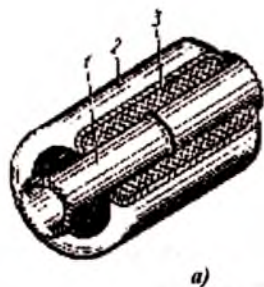
5.11-rasm. Konsolli (a) va konsolsiz (b) chizmalar.

Shunday sharnirli qism avtomobil osmasida (5.13a-rasm) qo'llanilgan. Ichki vtulka 1 ga kiygizilgan rezina halqa 3 yupqa devorli 2 quvurga tiqilgach quvur jo'valanadi, natijada, quvur diametri kichrayib rezina va metall armatura o'rtasida kerakli ilashish hosil bo'ladi. Avtomobil ressorining uzayishini kompensatsiya qilish uchun

ressor rezina bashmakli sharnirga qisib qo'yiladi (5.13b-rasm). Podshipnik halqalari qalinligidagi notekisliklarning salbiy ta'siridan qutilish va radial o'lcham kichrayishi hisobiga qismni gabarit va dinamik kuchlanishini kamaytirish va tezlikni oshirish uchun ichki (5.14-rasm) va ichki hamda tashqi (5.15-rasm) halqasi tebranma podshipnikli qismlar qo'llaniladi.



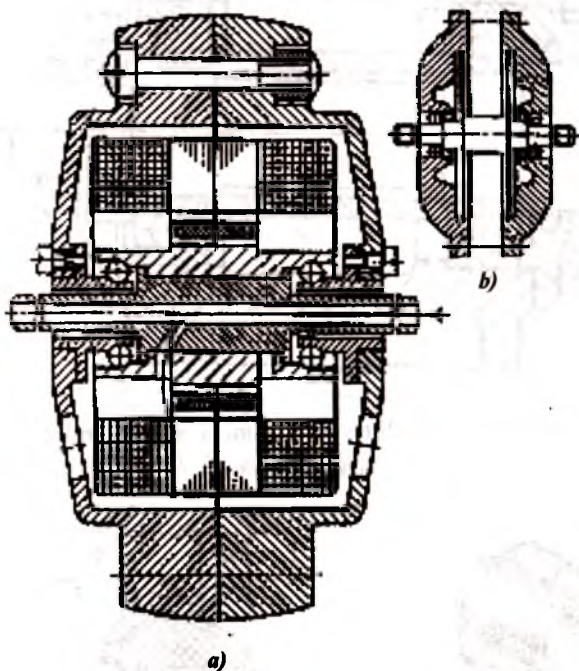
5.12-rasm. Sharikopodshipnikli tayanch qismi: 1 – mahkamlangan tayanch; 2 – siljувchi tayanch.



5.13-rasm. Rezinometalli sharnir (a), rezinali bashmakda mahkamlangan ressor (b).



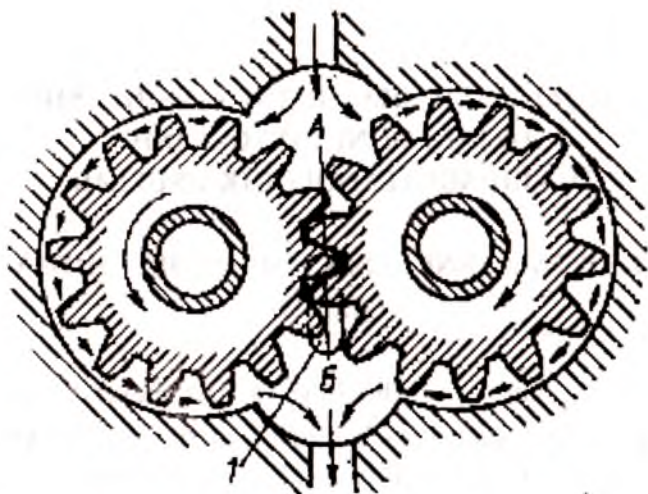
5.14-rasm. Tezkor tayanchlarda ichki halqani val sirti bilan almashtirish.



5.15-rasm. Dumalash tayanchi ichki va tashqi halqalarni va val korpus yuzalari bilan almashtirish: a – gidromotor tayanchi; b – giroskop tayanchi («Nryu Dipache», AQSH firmasi).

Shesterniyali nasoslar ishlayotganda tishli uzatmaning qoplanish koeffitsiyenti bilan katta bo'lgani uchun ilashish boshlanishda A va V nuqtalar orasida suyuqlik to'lgan yopiq ham hosil bo'ladi, shesterniyalar aylana boshlagach bu hajmi miqdori kamayib va yangi hamda eski ilashgan tishlar qutb Rga nisbatan simmetrik joylashganda minimal qiymatga ega bo'ladi.

Natijada, qo'yiqlik kam siqiluvchan va yon tirqishlardan chiqib ketishga qarshilik kattaligi sababli bosim keskin ko'payib tishlar, valiklar va podshipniklarga pulslanuvchi kuchlar ta'sir etadi va ularning tez shikastlanishiga olib keladi. Agarda tish yonlarida o'yiqlar ochilsa bunday salbiy ta'sir yo'qoladi (5.16-rasm).



5.16-rasm. Shesternyaning nasos tovonining yon sirtidagi yuksizlantirish o'yig'i (1) (A – so'rish bo'shlig'i; B – haydash bo'shlig'i).

Yeyilishga chidamlilikni oshirishning boshqa turdagi konstruktiv usullari. Qismni konstruksiyalash davrida uni yeyilishga chidamliligini detal shaklini maqbullashtirish, yeyilishini kompensatsiyalash



va yeyilishga zaxira hosil qilish yo'li bilan oshirilishi mumkin. Detal shaklini optimal konstruksiyalashda sirtning turli joylarda tutash bosim har xilligi inobatga olinadi. Shuningdek, detal shaklini ish boshida ba'zi joylarining jadalroq yeyilishi hisobiga keyinchalik barcha joylari bir xil tezlikda yeyiladigan qilib loyihalash mumkin. Yeyilishni kompensatsiyalash usulida detal yeyilish miqdoriga mos tarzda siljutilib boriladi. Natijada, yeyilish oqibatida ishqalanish juftligida ortiqcha luft (tirqish-bo'shlik) hosil bo'lishining oldi olinadi.

Yeyilishga zaxira yuza qilish ham samarali konstruktiv yechim hisoblanadi. Bunda qism yangi ta'mirlash o'lchamiga moslanishi yoki yeyilib ishdan chiqqan sirt o'rniga detalni 180 ga bo'rib yangi sirt 2 ni ishlatish mumkin.

### **5.3. ISHQALANISH SHAROITINI YAXSHILASHNING DETALLARINI TAYYORLASH DAVRIDAGI TEXNOLOGIK USULLAR**

#### **5.3.1. DETALLARNI KESIB ISHLASHDA CHIDAMLI QILISH**

Detallar sirtining g'adir-budirliigi va fizik mexanik xususiyatlari uni tayyorlash texnologiyasiga bog'liqligi mashinasolik texnologiyasi kursidan ma'lum. O'z navbatida detal sirtini ishqalanishga chidamliligi uning yuzasini g'adir-budirliigini va yuza qatlamining fizik mexanik xususiyatlariga bog'liqligini tribotexnika kursining dastlabki mavzularida ko'rib chiqdik. Ushbu mavzuda detallarning yeyilishiga chidamliligini oshirishning eng ko'p tarqalgan texnologik usullari bilan tanishamiz. Detallarni tayyorlash jarayonida sirtida harakat yo'nalishiga nisbatan optimal yo'nalishdagi g'adir-budirlikni hamda

sirtida qisilgan qoldiq kuchlanishli mustahkam (pishiqtirilgan) qatlamni hosil qilishga intilish kerak.

Bu maqsadga detallarni tayyorlash texnologiyasi: kesish, plastik deformatsiyalash, kimyoviy va termik ishlov berish yeyilishga chidamli qatlam qoplash kabi jarayonlarda ma'lum rejimlarni ta'minlash yo'li bilan erishiladi.

Aksariyat detallar kesish yo'li bilan tayyorlanadi va keyin qo'shimcha ishlov berilmaydi. Detal kesilganda uning 0,05–0,5 mm qalinlikdagi sirt qatlamini qattiqligi 20–30 %ga ortadi, 3000–7000 kPa siqilish kuchlanishi hosil bo'lib u detal yeyilishga chidamli bo'lishida ijobiy rol o'ynaydi.

Ammo yuqori kesish tezliklarida (200–600 m/min) aksinchi sirt bo'shashadi pishiqtirilgan qatlam yupqalashadi va toliqish tezlashadi.

Tadqiqotlar kesish tezligi 25 m/min ga yetguncha sirt g'adir-budirligi ortishini, keyin esa kamayishini ko'rsatdi.

Umuman kesish tezligi 30 m/min dan 200 m/min ga qadar oraliqda bo'lsa, sirt qatlami yeyilishga va korroziyaga chidamli bo'lishi aniqlangan. Tezlikni oshirish pishiqtirilgan qatlam qalinligi ortiradi.

Kesish qadami oshgan sirt g'adir-budirligi kattalashib yeyilishga chidamlilikka salbiy ta'sir etadi, lekin puxtalashish chuqurligi va qoldiq siquvchi kuchlanish ortib toliqishga chidamlilikni oshiradi. Demak, detal uchun qaysi ishchanlik mezoni muhimligini nazarda tutib, kesish qadamini belgilash lozim. Kesish chuqurligi kamaysa g'adir-budirlik sezilarsiz kamayadi va bu yeyilishga chidamlilikka unchalik ta'sir etmaydi.

Moylash sovutish suyuqligi kesish zonasidan issiqlikni chiqarilishni yaxshilaydi va kesuvchi asbobning ishqalanishdan yeyilishni kamaytiradi. Natijada, sirt g'adir-budirligi ozayadi yeyilishga chidamlilik ortadi.

Kesish asbobining urishi sirt to'liqligi kuchaytiradi va detal ish qobiliyatini susaytiradi.

Dastgoh-moslama-asbob-detal tizimining titrashi ham sirtida g'adir-budirlik va to'liqin hosil qilib detalning ish qobiliyatini kamayishga sabab bo'ladi.

### **5.3.2. DETALL SIRTINI PLASTIK DEFORMATSIYALASH**

Detal ishchi yuzalari plastik deformatsiyalanganda sirt qatlam qattiqligi va mustahkamligi hamda yeyilishga chidamliligi ortadi. Bu usul ayniqsa, plastik va nisbatan yumshoq po'latlarda yaxshi natija beradi.

Olmosli ishlovda po'lat, rangli metall va qotishmalarni sirt g'adir-budirligi Raq 0,63–0,04 pishiqtirilgan qatlam qalinligi 0,01–0,2 mm qoldiq kuchlanish 3–7 MPa, bo'lib, qattiqligi esa 1,3–1,6 marta ortadi. Olmos mo'rt bo'lganligi uchun uzlukli sirtlarga qo'llash tavsiya etilmaydi. Silindrik sirtlar, galtellar, tekis va shakldor sirtlarni jilvirlash va rolikda ezish yo'li bilan yeyilishga chidamliligi oshiriladi. Titratib ezish yo'li bilan tutash yuzada moy miqdorini oshirishga (moylanadigan qismlarda) yoki aksincha, tutash sirt yuzasini kamaytirish (moylanmaydigan qismlarda)ga erishish mumkin.

Bu usulda sirt g'adir-budirligi Ra 1,25–0,04 oraliqda, qattiq qatlam 1,0–20 mm qalinlikda, qoldiq kuchlanish 6–8 MPa bo'lib, qattiqlik 1,2–1.5 marta ortadi.

Sharchalar bilan urib ezish natijasida ham sirtida g'adir-budirlik 1–2 sinf yuqorilashadi. qattiqlik 15–60 %ga ortadi. 4–8 mPa kuchlanish hosil bo'ladi va pishiqtirilgan qatlam qalinligi 0,3–1 mm bo'ladi. Detal sirtiga elektrodni eritib qoplash yo'li bilan ham yuzining yeyilishga chidamliligini oshirish hamda yeyilgan detallarni tiklab ishlash muddatini uzaytirish mumkin.

Gazda eritib qoplash 35, 40 va 45 markali hamda kam va o'rta uglerodli po'lat detallar uchun qo'llaniladi. Qoplangan eritma qalinligi detalning ish sharoitiga qarab 0,25–5 mm gacha bo'ladi. Elektrodni eritib qoplash asosan yeyilgan detallarni tiklash uchun qo'llaniladi.

Gazli va elektron yoyli qoplash usullaridan tashqari elektr shlakli, tebranma yoyli usullardan foydalaniladi.

Bulardan tashqari yeyilishga chidamli qatlam sirtiga gazli, elektr va so'nggi davrda istiqbolli hisoblanayotgan plazmali metallash yo'li bilan ham qoplanadi. Bu hamda sirtni xromlash, ta'mirlash, nikellash va oksidlash to'g'risidagi batafsil ma'lumotlar mashinalarni ta'mirlash asoslari fanidan yozilgan ma'ruza matnlarida keltirilgan.

### **5.3.3. YEYILISHGA CHIDAMLILIKNI TERMIK VA KIMYOVIY-TERMIK ISHLOV YO'LI BILAN OSHIRISH**

O'rta va yuqori uglerodli po'latlar, bolg'anuvchi kulrang va yuqori mustahkam cho'yan detallarning ishchi sirtlarida yeyilishga chidamli qattiq qatlam hosil qilish uchun bu joylar 1,5–2,0 mm chuqurlikda toblanadi.

Detal sirti qatlamini toblash gaz alangasi (yirik detallar) yoki yuqori chastotalik tok (YuCHT) vositasida amalga oshirilishi mumkin.

Detallarga kimyoviy-termik ishlov berish vazifalariga ko'ra 2 ta asosiy guruhga bo'linadi.

1) yeyilishga chidamlilikni oshirish maqsadida sirt qatlam qattiq-ligini sementatsiyalab, azotlab, ionlash, borlab oshirish.

2) metallni tiralishiga qarshilik xususiyatini sirt qatlamni kimyoviy birikmalar (sulfidlash, sulfatsianlash, selenlash, tellurlash, yod-kadmiyli suvda ishlov berish) bilan to'yintirish hisobiga oshirish.

Detallarga kimyoviy va termik ishlov berish usullari texnologiyasi to'g'risidagi ma'lumotlar konstruksion materiallar texnologiyasi va materialshunoslik fanlarida batafsil o'rganilgan. Qisqacha qilib aytilganda sementitlash kam uglerodli (0,08–0,30 %) po'latlarni, yeyilishga chidamliligini, azotlash yeyilishga, eroziya va kavitatsiyaga chidamlilikni, nitrotsementitlash va ionlash asosan yeyilishga chidamlilikni oshirish uchun qo'llaniladi. Sementitlashda 0,15–2 mm li qatlam qattiqligi NRS–58–64, azotlashda 0,25–0,7 mm li qatlam va nitrotsementitlashda 0,15–1 mm li qatlam qattiqligi NRS 52–60, borlashda 0,12–0,85 mm li qatlam qattiqligi NV 1400–1500 ga yetadi. Sulfidlash va sulfatsinirlash tuzli vannalarda bajariladi va ishqalanish koeffitsiyentini 2–5 marta kamaytiradi.

Antifriksion xossalari yomon va ilashishga moyil titan qotishmalarini sulfidlash, azotlash, termik oksidlash va yodkadmiyli ishqorda ishlov berish bilan ularning ishqalanish va yeyilishga chidamliligi ortadi.

Yeyilishga chidamli qilish uchun detal sirlari galvanik usulda xromlanadi, po'latlanadi va nikellanadi.

Xromli qatlam 0,1–0,2 mm qalinlikda, 1000–1100 NV qattiklikda va kichik ishqalanish koeffitsiyentiga ega bo'lib ishqalanganda issiqlik kam ajraladi. Silliq xromli qatlamning ishqalanishdagi kamchiligi uning yaxshi moylanmasligidir. G'ovak (o'yiqlik yoki nuqta)li qatlam yaxshi moylanadi.

Nuqta g'ovakli sirt moyini yaxshi ilashtirganligi uchun o'ta og'ir sharoitlarda ishlovchi (masalan, motorlarning yuqori kompression halqalari) detallarda qo'llaniladi. Ular tez xo'rdalanadi, lekin ariqcha g'ovak qatlamiga nisbatan ishqalanishga chidamliligi kamroq. Ariqcha g'ovakli qatlam bilan silindr gilzalari qoplanadi. Natijada, gilza va halqalarning yeyilishi xromlanishga qaraganda 4–7 marta kam, xromlangan yuzalar bilan ishqalanayotgan detalning yeyilishi ham 3–5 marta kamayadi.

Xromli qatlam detalni mexanik ishlov (jilvirlash, artish)ga qo'yimli qilib ham qoplanishi mumkin. Xromli yuzalar babit, maydaydonali cho'yan, yumshoq va o'rtacha toblangan, po'lat juftlikda moyli hamda o'rtacha bosimli sharoitda yaxshi ishlaydi, ularni titanli qotishmalar bilan bir juftlikda ishlatish tavsiya qilinmaydi. Xromlash po'latni toblash va sementitlashning o'rnini bosmaydi, shuningdek, toblangan va sementitlangan yuzalar yeyilishga yanada chidamli bo'lishi uchun xromlanadi. Xromlash yeyilgan detallarni tiklash maqsadida ham qo'llaniladi.

Po'latlash jarayoni xromlashga nisbatan 10–15 marta unumli, arzon, qatlam qalinligi 3 mm ga yetadi, qattiqligi 600–650 Nva bo'lib asosan ishqalanuvchan detallarni tiklash, shuningdek, xromlashdan oldin ost qatlamni tyorlash uchun qo'llaniladi.

Nikellash qalinligi 2 mm gacha bo'lib, xromlashdan ko'ra unumli, arzon, yaxshi ishlanadi, qovushqoqligi yuqori, ammo qattiqligi kamroq.

Qattiq fosfor–nikel qotishmali elektrolitik qoplama yaxshi anti-friksion xususiyatlarga ega. Bunday qoplamali yuzalarning cho'yan bilan ishqalanish koeffitsiyenti po'latli va xromli yuzaga nisbatan 30 % kam, yeyilishga chidamliligi 2,5–3 marta ko'p. Fosfor–nikel qotishmali yuzalar bilan tutash detallarning ishqalanib yeyilishi po'lat bilan ishlanganga nisbatan 4–5 marta, xrom bilan qoplanganga nisbatan 20–40 % kam bo'ladi.

Qattiq nikelli qoplama bilan metall qirqish datsgohlarining shpindeli, porshen barmoqlari, gilzalar, tirsakli vallar kabi detallar tiklanadi va mustahkamlanadi.

Alumin va uning qotishmalarini qalinligi 60 mkm dan katta, qattiqligi 4000–4500 MPa oksidli parda bilan qoplansa yeyilishga chidamlilik moyli sharoitlarda 5–6 marta ortishi mumkin. Detailarni tayyorlash va tiklash jarayonlarida ularni sirtiga gaz yoki elektr yoyida

elektrodni eritib 0,25–5,0 mm va undan katta qalinlikda qatlam qoplash keng qo'llaniladi. Bu usulda qoplangan qatlam asosiy tana metali bilan yaxshi qo'shiladi, unumdorlik yuqori bo'ladi. Elektrodni eritib qoplash usullari va texnologiyasiga oid batafsil ma'lumotlar «Mashinalarni ta'mirlash asoslari» fanida to'liq o'rganiladi.

## **5.4. ISHLATISH SHAROITIDA MASHINA DETALLARINING YEYILISHI VA UNI OLDINI OLISH**

### **5.4.1. ISSIQ IQLIM SHAROITIDA VA YUQORI CHINGLIKDA ISHQALANISH QISMLARINI ISHLATISH XUSUSIYATLARI**

Xalq xo'jaligining turli sohalarida ishlatilayotgan texnologik mashina va jihozlarning ishlash sharoitlarining umumiylik tomonlaridan tashqari o'ziga xos xususiyatlari ham bor. Jumladan, sovuq va issiq, nam va quruq, changli va toza, agressiv va passiv muhitli bir-biridan tubdan farq qiluvchi sharoitlarni shu sharoitda foydalanishga mo'ljallanayotgan mashinani nafaqat loyihalashda va tayyorlashda, balki ishlatish mobaynida ham inobatga olish kerak. Masalan, aniq rezbalarni ochishga mo'ljallangan dastgohdan jilvirlash ishlarida foydalanilsa, uning ishqalanish qismlari abraziv yeyilishga dastgoh tezda aniqligini yo'qotadi. Hattoki, bunday dastgoh yonida jilvirlash ishlarini bajarish maqsadga muvofiq emas. Shuningdek, dastgoh bir xil turdagi ishni bajarish uchun, lekin farqli yuklanish bilan ishlatilsa ham uning aniqligi pasayishi mumkin. Masalan, uzun vintlarga ishlov beradigan dastgohda kalta vintga ishlov berilsa bu dastgohning yurish vintini bir qismi ko'proq yeyilib keyinchalik uzun vintlarga yuqori aniqlikda ishlov berishga yaroqsiz holga keladi.

O'zbekiston sharoitida yuqoridagi ekstremal sharoitlardan issiq va changli muhit eng xarakterli hisoblanadi. Ochiq sharoitda ishlovchi mashinalar ko'p kuchli quyosh nuri ostida, issiq va quruq havoda, changli muhitda ishlaydi.

Issiqda havo zichligining kamayishi tufayli ichki yonar motorlarning ishlashi yomonlashadi, ya'ni quvvati va yoqilg'i tejamkorligi pasayadi, moydonlardagi moylar qizib sifati buziladi va ishqalanish zonasidan oqib ketadi, natijada, ishqalanish juftligining yeyilishi tezlashadi.

Quyosh harorati ostida qurigan tuproq transport vositalari yurganda va shamol (hattoki shabada) bo'lganda yerdan to'zib ko'tarilib havoni changlaydi. Changda 82 %ga qadar o'ta qattiq kvars va korund moddalari bo'lib ular ishqalanuvchi sirtlarni abrazivli yeyilishiga sabab bo'ladi. Yoz kunlari yo'llarda havodagi chang miqdori 1500–2000 mg /m<sup>3</sup> zarralarining o'lchami 0,006–0,6 mm va undan yuqori bo'lishi mumkin.

Havodagi chang miqdori 2,0 g/m<sup>3</sup> gacha bo'lsa, 10 soat ishlagan avtomobil filtrida 5–6 kg miqdorida chang to'planadi.

Tadqiqotlar silindr o'tgan changning 5/6 qismi motordan tashqariga chiqib ketmasligini ko'rsatadi. Qattiq zarralar ta'sirida ishqalanish qismlari toza havoda ishlashiga qaraganda 8–10 marta tez yeyilib ishdan chiqadi. Changdan o'tgan abraziv tufayli shesternyali gidronasoslarning 84 % detallari yeyiladi, uzatish qutilari va orqa ko'prik detallarining yeyilishi 1, 5–5,5 marta ortadi.

#### **5.4.2. DETALLARNING ISHLATISH SHAROITIDA YEYILISH XUSUSIYATLARI**

Mashinalardagi detal va qismlar yuklanganlik va moylanganlik darajasi, materialning xususiyatlari va boshqa ishlash sharoitlari bilan bir biridan farq qiladi. Shuning uchun bu qism va detallardan foy-



dalanayotganda ularning yeyilishidagi o'ziga xos xususiyatlarni inobatga olish kerak.

Silindr-porshen guruhi (SPG) dagi detallar motor, kompressor va nasoslarda qo'llaniladi.

Qo'zg'aluvchi mashinadagi SPG detallari asosan abraziv va mexanik – korroziyali yeyilishga uchraydi. Moy qatlamining uzluksizligi buzilgan hollarda (silindrning yuqori qismida) yopishish va shilinish bo'lishi mumkin.

SPG detallarining mexanik-korroziyali yeyilishiga ishqalanish zonasida yoqilg'i yonganidan hosil bo'lgan agressiv gazsimon va suyuq moddalar hamda moyning oksidlanishi sabab bo'ladi. Korroziyaga elektro-kimyoviy jarayonlar ham yordam beradi.

SPG detallarining abraziv yeyilishi havo, yoqilg'i va moylash materiali bilan silindrga kirgan mineral abraziv zarralar ta'sirida ro'y beradi. Silindrlar bo'ylamasiga ham, ko'ndalangiga ham halqalar radial yo'nalishda notekis yeyiladi.

### **5.4.3. ISHLATISH SHAROITIDA YEYILISHGA QARSHILIKNI TA'MINLASH USULLARI**

Mashina detallarini loyihalash va tayyorlash bosqichlarida yeyilishga chidamlilikni oshirish bo'yicha amalga oshirilgan tadbirlar uni ishlatish sharoitlarida ham davom ettirilishi kerak. Detalni xo'rdalash va barqaror ishlatish davriga qarab quyidagi tadbirlar o'tkaziladi.

1. Detalni xo'rdalash davrida:

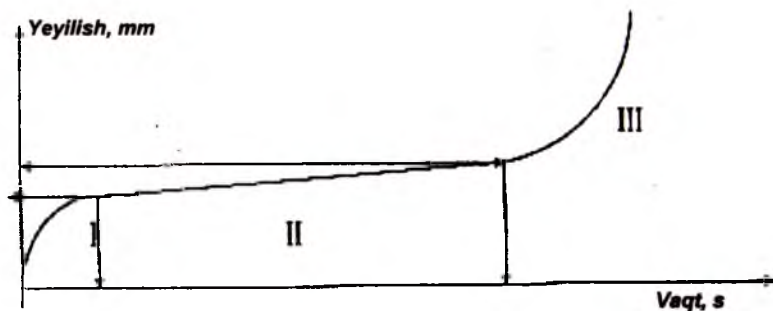
- xo'rdalash rejimiga amal qilish;
- mikrogeometrik xo'rdalash bilan yuzalar g'adir-budirligini optimallashtirish va mustahkamligini oshirish;
- mikrogeometrik xo'rdalash bilan yuzalar to'liqsimonligi va shakliy xatoligini tuzatish;

- xoʻrdalashda moyni toʻgʻri tanlash;
- kamqovushqoqlik moyni ishlatish;
- moy tarkibiga xoʻrdalash davrini qisqartiruvchi qoʻshimchalar qoʻshish.

**2. Detalni barqaror ishlash davrida:**

- rejali ogohlantirish oldini oluvchi taʼmirlash rejimiga amal qilish;
- har oyda texnik xizmatdan oʻtkazish;
- davrli texnik xizmatdan oʻtkazish;
- mavsumiy texnik xizmatdan oʻtkazish;
- moyning sifatli boʻlishini taʼminlash;
- moy turini toʻgʻri tanlash;
- moyni qoʻshimchalar bilan legirlash;
- kerakli moylash rejimini taʼminlash;
- moyni ifloslanishdan saqlash;
- moyni sifatli tozalab turish.

Mashinalardan foydalanish davrida aksariyat qoʻzgʻaluvchan detallarning yeyilishi davri 3 sohaga boʻlinadi (5.17-rasm).



5.17-rasm. Detalni ishlash vaqti davrida yeyilish chizmasi.

Birinchi sohada yeyilish yotuvchi chiziqli bo'lib yangi o'rnatilgan detalni xo'rdalanish, ikkinchi soha yotiq to'g'ri chiziqli bo'lib detalning normal ishlash va 3 sohada tiklanuvchi egri chiziqli bo'lib, detalni ish resursi tugab jadal yeyilishga uchragan davrni ifodalaydi. Xo'rdalanish davrida detal eng ko'p yeyiladi, chunki yangi detal sirtidagi g'adir-budirlik optimal emas, tayyorlash va yig'ishdagi noaniqliklar mavjud, amaliy tutash yuza oz bo'lib, ishqalanish zonasida harorat tezda ko'tarilib ketadi.

Shuning uchun mashinalardan foydalanishda birinchi navbatda xo'rdalash rejimlariga amal qilish kerak.

Xo'rdalash ikki bosqichdan iborat:

- 1) mikrogeometrik xo'rdalanish. Bu davrda g'adir-budirlik optimallasadi va sirt qatlam pishitiladi;
- 2) makrogeometrik xo'rdalanish, bunda to'lqinli va geometrik shakliy xatoliklar to'g'rilanadi.

Bu davrda kam qovushqoqlik va maxsus qo'shimchali moydan foydalanish kerak.

Normal ishlash davrida ishqalanish juftligida tirqish kattalashganligi sababli dinamik kuchlar hosil bo'lishi va qismni moylash sharoiti yomonlashishi mumkin. Yeyilish ma'lum chegaraga yetganda tirqish tez kattalashib konstruksiyani ish qobiliyatini tugashiga olib keladi.

Yeyilish tezligini oshirmaslik va muddatdan oldin yaroqsizlanishining oldini olish uchun kompleks profilaktik tadbirlar o'tkazish kerak. Bu tadbirlar asosan mashinani har almashmada, davriy va mavsumiy texnik xizmatdan o'tkazishdan iborat bo'ladi.

Mashinani texnik ko'rikdan o'tkazib turish uni o'rta va kapital ta'mirlash bilan qo'shib buzilishdan saqlashning rejali ta'mirlash (BSRT) tizimini tashkil etadi. Mashinalarni BSRT tizimi mashinalarni texnik diagnostika qilish va ishlatish kursida batafsil o'rganiladi.

#### **5.4.4. TRIBOTEXNIKANI RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI**

Tribotexnika ishqalanish, moylash va yeyilish to'g'risidagi fan bo'lib hozirgi kunda rivojlanishning yangi bosqichiga ko'tarilmoqda. Eski tasavvurlar unitilganicha yo'q, yangi qarashlar va tushunchalar esa endigina tan olinmoqda. Shuning uchun yaqin 10–15 yilda tribotexnika fanining rivojlanishi nima belgilanishi, zaxiralari o'rganilmagan sohalari, qaerdaligini nimaga asosiy e'tiborni qaratmoq kerakligini aniqlab olish kerak.

Yaqin kelajakda mashinasozlikning taraqqiyoti avtomatlashtirilgan komplekslar sex va zavodlar, moslashuvchi avtomatlashgan korxonalar yaratish bilan belgilanadi. Shuningdek, yangi va og'ir sharoit (o'ta issiq, sovuq, vakuumli, abraziqli, agressiv muhitli)larda ishlaydigan texnikalar yaratiladi. Bunday ko'p turli va ko'p sonli mashina va jihozlarning samarali ishlashi ularni uzoq ishlash muddatli va ishlatish hamda ta'mirlashda kam xarajatli bo'lishini taqozo etadi. So'nggi 20 yil davomida fizik, ximik va biologik tizimlarni o'rganishda sinergetika asosida ishqalanish jarayoniga yangicha yondoshish bunga imkon berishi mumkin.

Sinergetika zamonaviy tabiatshunoslik yo'nalishidagi fan bo'lib, uning asosida ba'zi elementlari umumlashishi natijasida o'zi tashkil-lashadigan jarayonli tizimlar hamda ochiq tizimlar termodinamikasini rivojlanishi yotadi.

Mutaxassislar tribotexnikaning ba'zi bo'limlariga sinergetika usullarini qo'llash mumkinligiga e'tibor berishmoqda.

Ishqalanishdagi juftliklar orasidagi saylanmali ko'chish va vodorodli yeyilish shular jumlasidandir. Ikkala hodisa ham jarayonlarining ketma-ketligi va alohida elementlarining umumlashuvchi harakatlari bilan ifodalanadi.

Saylanmali ko'chish va vodorodli yeyilishni o'rganishga sinergetika fani nuqtayi nazaridan yondoshish bu jarayonlarni amalga oshish mexanizmini chuqurroq o'rganish oqibatida yeyilishga qarshi yangi samarali usullar ishlab chiqish imkonini beradi. Jumladan, vodorodli yeyilishni o'rganishdagi quyidagi yo'nalishlarni misol keltirishimiz mumkin:

– mashina detallarining vodorodli yeyilishini tadqiqot qilish asboblari va usullarini yaratish;

– metallarni friksion plasmassalar bilan ishqalanganda vodorodlanish jarayonini, vodorodlashgan metalni ishqalanishdagi xossalarini, ishqalanish rejimini vodorodlanishga ta'sirini yangi usullarini qo'llab o'rganish;

– vodorodlanishda ro'y beradigan fizik-kimyoviy jarayonlarni o'rganish va yuzani reaksiyalash qobiliyatini turli ish rejimlari uchun aniqlash;

– suv bilan moylanadigan, katta bosim va sirpanish tezligi yuqori ishqalanish qismlarida vodorodli yeyilishni so'ndirishning ilmiy asoslari va usullarini ishlab chiqish.

Umuman bo'lg'usi oliy ma'lumotli mutaxassis tribotexnikaning eng so'nggi yutuqlaridan xabardor bo'lishi va egallagan bilimini ishlab chiqarishda tadbiiq eta bilishi kerak.

## **8-LABORATORIYA ISHI**

### **ISHQALANISH QISMLARINING PO'LAT VA CHO'YAN DETALLARIGA ABRAZIVSIZ YAKUNIY ANTIFRIKSION ISHLOV BERISH AYAAl**

**Ishning maqsadi:** Po'lat va cho'yan detallarning ishqalanish sirtlariga AYAAl berish texnologiyasi va qurilmasi bilan tanishish hamda AYAAl ni ishqalanish parametrlariga ta'sirini o'rganish.

**Kerakli jihozlar:**

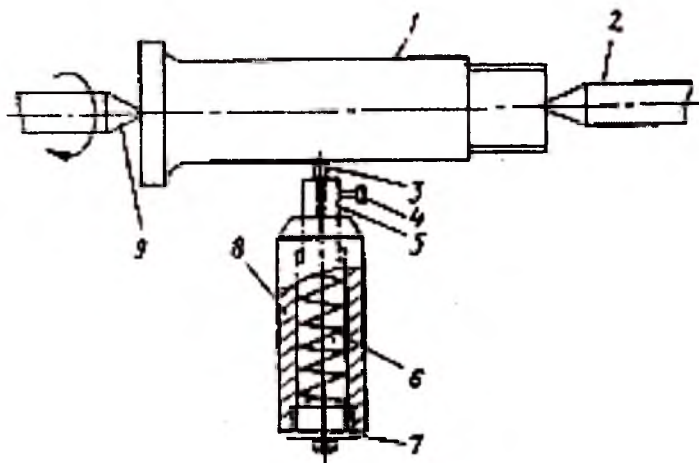
1. Val va vtulka turidagi mexanik ishlov berish po'lat yoki cho'yardan tayyorlangan detallar.
2. Ishqalanish sirtiga AYaAI berish qurilmasi.
3. Ishqalanish sirtiga qoplanadigan latun, mis yoki bronzadan tayyorlangan tayoqchalar 3 dona.
4. Qoplangan qatlam sifatini tekshirish uchun 5–6 marta kattalashtiruvchi lupa.

Nazariy asoslar AYaAI texnologik jarayonining mohiyati po'lat va cho'yan detallarga an'anaviy usullarda (kesish, jilvirlash, sayqalash, xoninglash va boshqalar) ishlov berib bo'lingandan so'ng ularning ishqalanish yuzalarini yupqa latun, mis yoki bronza qatlami bilan qoplashdan iborat. Qoplash latun, mis yoki bronza tayoqcha (asbob)ni detal sirtiga ishqalanish yo'li bilan amalga oshiriladi. Ishqalanish natijasida tayoqcha materiali po'lat yoki cho'yan sirtga o'tadi.

Qoplanuvchan qatlam yaxlit va tekis bo'lishi uchun detal sirtida oksidli va moyli pardalar bo'lmasligi, asbob materiali esa sirt – faol modda bilan muhofazalanishi, tayoqcha va detal sirlari o'zaro to'liq bosilishi kerak. Shunday sharoitdagina asbob materiali (po'lat yoki cho'yan) sirtga hamda o'zaro yaxshi ilashgan juda mayda zarralardan iborat yaxlit qatlam tarzida o'tadi. Shuning uchun AYaAI qilinadigan detallar yoq'sizlantiriladi, jilvir qog'oz bilan tozalanadi va texnologik suyuqlik, masalan, glitserin bilan uzluksiz moylab turib AYaAI jarayoni bajariladi. Glitserinni adsorbiyalash xususiyati oz bo'lgani uchun tayoqcha va detal sirtlarini bevosita tutashishiga to'sqinlik qilmaydi. Shuningdek, tayoqcha va detal sirlari orasidagi ishqalanish natijasida hosil bo'ladigan yuqori temperaturada glitserin po'lat va asbobda oksidli pardani tiklaganligi tufayli asbob materialining detal sirtiga o'tish sharoiti yaxshilanadi. Detal sirtining AYaAIdan keyingi

g'adir-budirligi uning boshlang'ich g'adir-budirligidan deyarli farq qilmaydi.

Yuqori ko'ndalang kesimli detal (o'q, val bol va b) larning tashqi sirtiga AYaAI oddiy tokarlik-vint qirqish dastgohlarida oddiy moslama vositasida amalga oshirilishi mumkin (5.18-rasm).



5.18-rasm. Silindrik tashqi sirlarga AYaAI ishlov berish chizmasi.

1. AYaAI berilayotgan detal. 2. Or-a babka markazi. 3. Asbob.

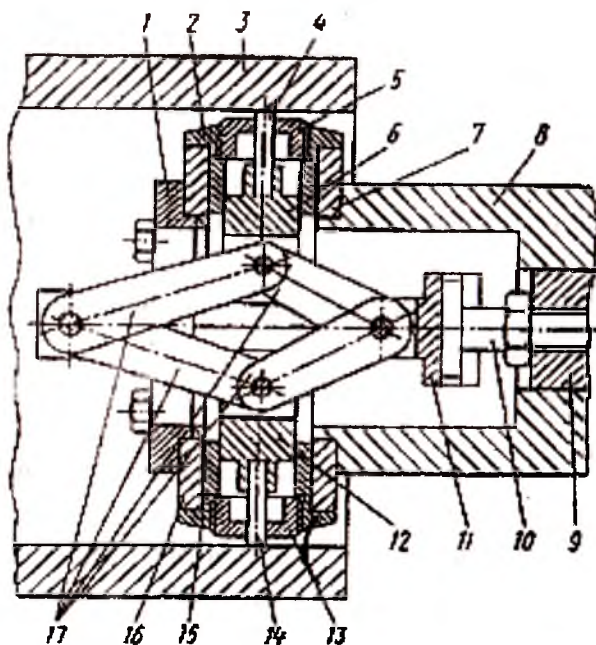
4. Mahkamlash vinti. 5. Plunjer. 6. Prujina. 7. Isitgich.

8. Moslama korpusi. 9. Etaklovchi markaz.

Asbobni detal sirtiga bosilish kuchi qisgich 7 ni korpus 8 ga buraluvchi prujina 6 ning qanchalik siqilganligiga bog'liq bo'ladi. Asbob korpusi datsgoh supportiga mahkamlanadi. Yumaloq ko'ndalang kesimli detallarning ichki sirtiga AYaAI berish ham tokarlik datsgohiga moslama vositasida bajarilishi mumkin (5.19-rasm).

Moslama klapan 8, stakanlar 7 va 16, kesik vtulkali yo'naltirgichlar 2 va 13 da harakatlanadigan shtoklar 6 va 12 dan iborat. Prujinaga tortkich 9, bolt 10, vilka 11 va dastaklar tizimi 17 orqali shtok 6 ni kerganda tayoqchalar 4 va 14 ishlov beriladigan sirt 3 ga 80–120

MPa bosim bilan tiraladi. Dastaklar 17 kallak qopqog'i 1 va vilka 11 bilan sharnirli bog'langan ish jarayonida latun tayoqchalarning yeyilishi vilka 11 ni gayka 10 ga nisbatan siljishi hisobiga kompensatsiyalanadi. Diametri 4 mm uzunligi 15 mm bo'lgan ikkita tayoqcha bilan diametri 150 mm va uzunligi 264 mm bo'lgan gilzalardan 4-5 roliga AYaAI berish mumkin. So'ngi yillarda Rossiyada G.I.Ejyev, Germaniyada Polser tomonidan silindrlarga AYaAI berish yarim avtomatlari yaratildi hamda ular avtotraktorlarni ta'mirlash korxonalarida qo'llanilmoqda. Rossiyada yaratilgan yarim avtomatlar kichik seriyada ishlab chiqarilmoqda. Uning bittasining narxi taxminan 1400 AQSH dollarga teng.



5.19-rasm. Silindrik ichki sirtlarga AYaAI ishlov berish chizmasi.



Ular TU rusumli samolyotlarning sharnir boltli birikmalarida hamda to'qimachilik mashinalarning ishqalanish qismlarida yopishiq ko'chki (zadir)ni oldini olish va yeyilishga chidamlilikni oshirishda foydalanilmoqda. AYaAI avtotraktor sanoatida motor silindri va porshen halqalarini, tirsakli val bo'yinlari va ular bilan tutashadigan vkladishlarni xo'rdalanish davrini qisqartirish, turboreaktiv motorlarning dumalash podshipniklarini va yonilg'i apparatlari detallarini ishlash muddatini uzaytirish maqsadida qullanilmoqda. Germaniyada AYaAI motor silindrlari, shatunlarining yon sirti, ilashish muftasi polzuni, dumalash podshipniklari halqalari yo'lakchalari, vagon g'ildiraklari sirti kabi ko'plab ishqalanish yuzalarini yeyilishga chidamliligini oshirishda yaxshi samara bermoqda.

Material va energiya sarfining kamligi, tashqi muhitga zararsizligi, jarayonning tez bajarilishi, qimmat qoplamalarining o'rnini bosa olishligi, ishlov beriladigan buyumlar sonidan qat'iy nazar yaxshi iqtisodiy samara berishligi kabi afzalliklari tufayli AYaAI ishqalanish qismlarini ishlab chiqarishda tobora keng qo'llanilmoqda.

1. AYaAI beriladigan detalning uzunligi bo'yicha uchta sohaga ajratib belgi qo'yish.
2. Detalni tokarlik datsgohiga o'rnatib datsgoh va moslamani AYAAI rejimiga sozlash.
3. Detalning birinchi va ikkinchi sohalarini yoq'sizlantirish va tozalash.
4. Detalning birinchi sohasini texnologik suyuqlik, masalan: glitserin bilan moylab AYaAI berish.
5. Detalning ikkinchi va uchinchi sohalarini texnologik suyuqlik bilan moylamasdan sirtlariga AYaAI berish.
6. Detalning turli uchastkalariga AYaAI berish natijalarini lupa yordamida tekshirib ko'rish.

## 9-LABORATORIYA ISHI

### TINCH HOLATDAGI ISHQALANISHDAN NISBIY HARAKATGA O'TISHNI DAVRIDAGI ISHQALANISHNI O'RGANISH\*

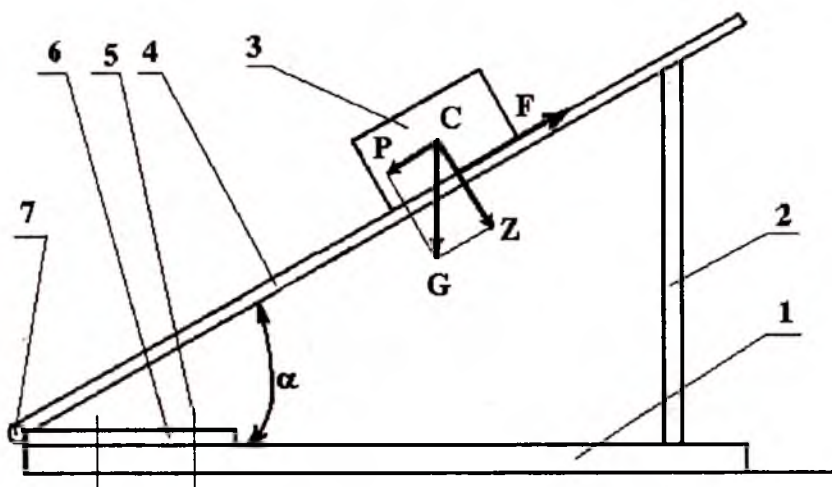
**Ishning maqsadi.** Turli materiallardan yasalgan jismlarning tinch holatdagi ishqalanishdan nisbiy harakatga o'tishni davridagi ishqalanishni o'rganish.

**Nazariy ma'lumotlar.** Tinch holatdagi ishqalanish deb ikki harakatsiz qattiq jismning bir-biriga nisbatan nisbiy harakatga o'tish davrigacha bo'lgan ishqalanishiga aytiladi.

Tekis ishqalanish sirtiga tinch holatdagi ishqalanishdan nisbiy harakatga o'tishni davridagi ishqalanishni o'rganishga mo'ljallangan ma'lum og'irlikka ega bo'lgan namuna qo'yilgan bo'lsin, agar namuna ishqalanadigan sirt ortib boruvchi burchak bilan ohista ko'tarilsa, bunda namunaning og'irlik kuchi ikki tashkil etuvchi kuchlarga ajraladi, ulardan birinchisi namunani ishqalanish sirtiga normal yo'nalishda bosib turadi, uning qiymati  $Z=G \cdot \cos\alpha$  ga teng. Ikkinchi tashkil etuvchisi esa namunani qiya tekislik bo'yicha harakatlantirishga intiladi, bu kuchning qiymati  $P=G \cdot \sin\alpha$  formula bilan hisoblanadi. Ishqalanish sirtining qiyalik burchagi ortib borishi bilan og'irlik kuchining birinchi tashkil etuvchisining qiymati kamayib, ikkinchisidiki esa ortib boradi. Ishqalanish sirtining nishablik burchagi shunday qiymatga yetishi mumkinki, unda namuna tinch holatdan nisbiy harakatga o'tadi. Bunda og'irlik kuchining  $P=G \cdot \sin\alpha$  tashkil etuvchisi son jihatdan ishqalanish kuchi  $F$  ga teng bo'ladi va bu shart amalga oshirilganda namuna tinch holatdan nisbiy harakatga o'tadi. Ushbu holat uchun ishqalanish koeffitsiyenti  $f = \operatorname{tg}\alpha$  ga teng bo'ladi, uning bunday holatga to'g'ri keluvchi qiymatini harakatsiz holatdan nisbiy harakatga o'tishdagi ishqalanish koeffitsiyenti deb qabul qilish mumkin.

**Kerakli asbob va uskunalar.** Harakatsiz ishqalanishdan nisbiy harakatga o'tishni davridagi ishqalanishga o'tish o'rganish qurilmasi, ishqalanish jarayonini o'rganish uchun turli xildagi materiallar, transportir.

**Ishni bajarish tartibi.** Laboratoriya mashg'uloti (1-rasmdagi chizmada keltirilgan) harakatsiz ishqalanishdan nisbiy harakatga o'tishni davridagi ishqalanishga o'tishini o'rganish qurilmasida olib boriladi. Buning uchun qurilmaning ishqalanish sirti (4) ga namuna (3) qo'yilib, ishqalanish sirti uni ushlab turuvchi asosga nisbatan asta-sekin birlashtiruvchi o'q (7) atrofida tayanch (2) yordamida buriladi, burilish burchagi  $\alpha$  ga teng bo'lgan qiymatga ega bo'lganda namuna (3) ishqalanish sirti (4) ga nisbatan siljiy boshlaydi. Ushbu holatga to'g'ri keluvchi  $\alpha$  burchagining qiymatini tinch holatdagi ishqalanishdan sirpanib ishqalanishga o'tish burchagi deb qabul qilish mumkin. Bu burchakning qiymati transportir yordamida o'lchanadi. Tinch holatdagi ishqalanishdan sirpanib ishqalanishga o'tish burchagi ishqalanish jarayonida ishtirok etuvchi jismlarning materiallariga bog'liq. Laboratoriya ishi mashinosozlikda ko'proq qo'llaniladigan materiallarda o'tkaziladi. Sinov natijalari 1-jadvalga kiritiladi.



*1-rasm.* Harakatsiz ishqalanishdan nisbiy harakatga o'tish davridagi ishqalanishga o'tishini o'rganish qurilmasining chizmasi: 1 – qurilma asosi; 2 – tayanch; 3 – namuna; 4 – ishqalanish sirti; 5 – qotirish vinti; 6 – ishqalanish sirtini ushlab turuvchi asos; 7 – ishqalanish sirti va ushlab turuvchi asosni birlashtiruvchi o'q.

## Harakatsiz ishqalanishdan nisbiy harakatga o'tish davridagi ishqalanishga o'tish burchagini aniqlashdagi tajriba natijalari

*1-jadval*

Ishqalanish juftligi	Namunani ng og'irligi - G, N	Ishqalanish kuchi - F, N	Tinch holatdan sirpanib ishqalanish-ga o'tish burchagi	Harakatsiz ishqalanishdan nisbiy harakatga o'tishdagi ishqalanish koeffitsiyenti - f

Izoh \* Ushbu laboratoriya ishi d.f.d., prof. A. Ergashev ishtirokida tuzilgan.

### 10-LABORATORIYA ISHI

#### SIRPANIB ISHQALANIUVCHI JUFTLIKLARNING ISHQALANISH KOEFFITSIYENTINI ANIQLASH\*

**Ishning maqsadi.** Turli materiallardan yasalgan sirpanib ishqalanuvchi juftliklarning ishqalanish koeffitsiyentini aniqlashdan iborat.

**Nazariy ma'lumotlar.** Sirpanib ishqalanishda ikki qattiq jism tutashuv nuqtasidagi tezlik miqdori va yo'nalishi har xil bo'ladi. Ishqalanish jarayoni ishqalanishda ishtirok etuvchi juftlikka ta'sir etuvchi normal va ishqalanish kuchlari, sirpanish tezligi va ishqalanish koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi. Ishqalanish koeffitsiyenti deb ikki bir-biri bilan tutashuvda bo'lgan qattiq jism orasidagi ishqalanish kuchini shu jismlarni bir-biriga bosib turgan normal kuchga nisbati aytiladi. Ishqalanish va yeyilishning molekular-mexanik nazariyasiga muvofiq ishqalanish koeffitsiyenti molekulyar va mexanik qismlardan iborat. Ishqalanish koeffitsiyentining molekular qismi ishqalanish sirtlarining o'zaro adgeziyasi sifatida namoyon bo'ladi, mexanik qismi

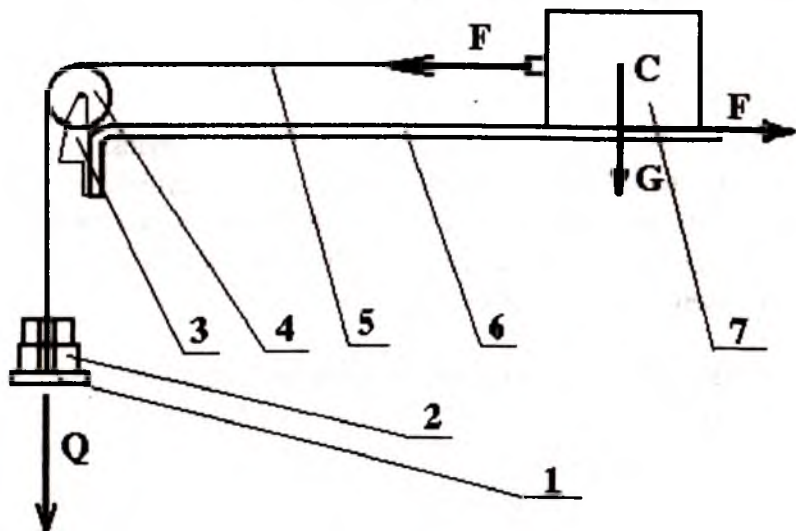
esa ishqalanish sirtladagi g'adir-budirliklarni o'zaro mexanik ta'siridan hosil bo'ladi. Ikki jism orasidagi ishqalanish koeffitsiyentiga quyidagi omillar ta'sir qiladi: ishqalanish juftligiga ta'sir etuvchi normal yuklama; yuzaning g'adir-budirlik darajasi; ishqalanish juftliklari materiallarining mexanik xususiyatlari; ishqalanishda ajralib chiqayotgan issiqlik va hokazolar.

**Kerakli asbob va uskunalar.** Sirpanib ishqalanuvchi juftliklarning ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash qurilmasi, sirpanib ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash uchun turli xildagi materiallar, tarozi toshlari.

**Ishni bajarish tartibi.** Laboratoriya ishi kafedrada yasalgan sirpanib ishqalanuvchi juftliklarning ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash (chizmasi 2-rasmda keltirilgan) qurilmasida bajariladi. Sirpanib ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash quyidagi tartibda olib boriladi. Namuna (7) ishqalanish sirti (6)ga qo'yilib, shunur (5)ning bir uchi namunaga bog'lanadi va shunur g'altak (4) orqali o'tkazilib, uning ikkinchi uchiga tarozi toshini osish moslamasi (1) ga bog'lanadi. Laboratoriya ishini o'tkazishda tarozi toshini osish moslamasidagi yuklama (Q) sekin asta-oshirilib boriladi, yuklama ma'lum miqdorga yetganda namuna sirpana boshlaydi. Bu paytga to'g'ri keluvchi shurning taranglik kuchi toshini osish moslamasidagi yuklama g'altak va uning o'qi o'rtasidagi ishqalanish kuchi hisobga olinmaganda son jihatdan ishqalanish sirti va namuna o'rtasidagi ishqalanish kuchi (F)ga teng bo'ladi. Laboratoriya ishi mashinasozlikda ko'proq qo'llaniladigan materiallardan yasalgan ishqalanish juftliklarida o'tkaziladi. Namuna va ishqalanish sirti o'rtasidagi sirpanib ishqalanish koeffitsiyenti quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$f = \frac{F}{G},$$

bunda, F – ishqalanish sirti va namuna o'rtasidagi ishqalanish kuchi;  
G – namunaning og'irligi.



2-rasm. Sirpanib ishqalanuvchi jismlarning ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash qurilmasining chizmasi: 1 – tarozi toshini osish moslamasi; 2 – torozi toshi; 3 – g‘altak tutqichi; 4 – g‘altak; 5 – shnur; 6 – ishqalanish sirti; 7 – namuna.

Tajriba natijalari 2-jadvalda keltiriladi.

**Ishqalanuvchi juftliklarning sirpanib ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash bo‘yicha sinov natijalari**

2-jadval

Ishqalanish juftligi	Namunaning og‘irligi – $G$ , N	Ishqalanish kuchi – $F$ , N	Sirpanib ishqalanish koeffitsiyenti – $f$

Izoh \* Ushbu laboratoriya ishi d.f.d., prof Ergashev ishtirokida tuzilgan.

TRIBOTEXNIKA FANIDAN TEST SAVOLLARI

1. Qaysi yeyilish turlari avtomobil va traktorlarda ko'proq uch-raydi:

- a) korroziya, abraziv yeyilish, toliqish, vodorod yeyilishi;
- b) oksidlanib yeyilish, toliqib yeyilish, abraziv yeyilish;
- d) elektromagnit yeyilish, issiqlik ta'sirida yeyilish, eroziya;
- e) adgeziya yeyilishi, kogeziya yeyilishi, kavitatsiya;
- f) yuqoridagilarning barchasi.

2. Dumalab ishqalanish koeffitsiyenti formulasini ko'rsating.

- a)  $f = P / R$ ;
- b)  $f = k / S$ ;
- d)  $f = k / R$ ;
- e)  $f = A / R$ ;
- f)  $f = F / R$ .

3. Tutashuv yuzalari qaysi holda to'liq ko'rsatilgan:

- a) hisoblangan, o'lchangan va haqiqiy;
- b) haqiqiy, normal, to'la;
- d) kontur, chala, elastik;
- e) to'yingan, to'yinmagan, elastik, plastik;
- f) nominal, kontur, haqiqiy.

4. Yuza g'adir-budirligi qaysi ko'rsatkichlar bilan ifodalanadi:

- a)  $HB, HRC, \sigma$ ;
- b)  $\alpha, \sigma, \beta$ ;
- d)  $a, \sigma_0, \sigma_T$ ;
- e)  $R_a, R_z, l, \Delta$ ;
- f)  $R_a, S_z, e, \Delta$ .

5. Yeyilish jadalligini hisoblash formulasi qaysi:

a)  $I = U / L$  ;

b)  $I = \gamma / L$  ;

d)  $I = U / V$  ;

e)  $I = U / T$  ;

f)  $I = U / A$  .

6. Abraziv zarralarning bir xil va turli xossaligi yuzalar bilan ta'sirlashuvida yeyilish qanday bo'ladi:

a) yuzalar barobar eyiladi;

b) qo'zg'aluvchan yuza qo'zg'almas yuzadan qattiqroq bo'lsa, qo'zg'aluvchan yuza ko'proq, qo'zg'almas yuza kamroq yeyiladi;

d) qo'zg'aluvchan yuza doimo kamroq, qo'zg'almas yuza ko'proq yeyiladi;

e) yuzalar qattiqligi bir xil bo'lsa, umumiy yeyilish kamroq bo'ladi;

f) qo'zg'aluvchan yuza yumshoqroq, qo'zg'almas yuza qattiqroq bo'lsa, umumiy yeyilish kamroq bo'ladi.

7. Yeyilish jadalligiga ta'sir ko'rsatuvchi asosiy omillarni ko'rsating:

a) yuklama, materialning qattiqligi va elastiklik moduli, sirpanish tezligi;

b) yuza g'adir-budirligi, temperatura, sirpanish tezligi;

d) yuza g'adir-budirligi, materialning zichligi, Puasson koeffitsiyenti;

e) yuklama, materialning qattiqligi va elastiklik moduli, temperatura;

f) yuqoridagilarning barchasi.

8. Dumalashda qaysi turdagi yeyilish jarayoni sodir bo'ladi:

a) toliqib yeyilish, abraziv yeyilish;

b) issiq ta'sirida yeyilish, oksidlanib yeyilish;



- d) korroziya, tishlashib qolish;
- e) kavitatsiya yeyilishi, tiralish, ezilish.
- f) yuqoridagilarning barchasi.

9. Ishqalanish ko'effitsiyentiga ta'sir ko'rsatuvchi asosiy omillar qaysilar:

- a) moyni qovushqoqligi, temperatura, yuklama, sirpanish tezligi;
- b) yuza g'adir-budirligi, materialni qattiqligi va elastiklik moduli, temperatura, yuklama va sirpanish tezligi;
- d) temperatura, yuklama, materialning zichligi va kimyoviy tarkibi;
- e) materialni mexanikaviy xossalari, temperatura, yuklama;
- f) yuqoridagilarning barchasi.

10. Mashina detallarining yeyilishga chidamliligini oshirish usullari qaysilar:

- a) tutashuvdagi bosimni kamaytirish, yuza sirtini toblash, geometrik o'lchamlarini kichraytirish, yuklamani kamaytirish;
- b) yuzani toblash, g'adir-budirligini kamaytirish, aniqlikni oshirish, yuzaga qoplamalar qoplash;
- d) moslashuvni tezlashtirish, yuzani termik ishlash, nuqsonli detallarni ajratib tashlash;
- e) moyni tez-tez almashtirish, tezlikni va yuklamani kamaytirish, moyga qo'shimcha (prisadka)lar qo'shish, ortiqcha yuklanishlarga yo'l qo'ymaslik;
- f) yuqoridagilarning barchasi.

11. SMIQ-2 ishqalanish mashinasida sinaladigan juftliklar qaysi:

- a) zoldirlar, disk- barmoq, disk- kolodka;
- b) tsilindr-barmoq, val-vtulka, disk-disk;
- d) tsilindr-parshen', val-vtulka, tarelka-barmoq;
- e) disk-disk, disk-kolodka, val-vtulka;

f) yuqoridagilarning barchasi.

12. Yeyilishni o'lchash usullari qaysilar:

- a) mikrometraj, tarozida og'irlikni o'zgarishini o'lchash;
- b) radioaktiv indikatorlar, moydagi yeyilish mahsulotlari, o'rnatilgan o'zgartirib uzatkichlar;
- d) sun'iy asoslar, kesilgan o'yiqchalar;
- e) o'yiqchalar o'lchamini o'zgarishi, profilogrammani o'rganish;
- f) yuqorilardagining barchasi.

13. Ishqalanish jufti uchun material tanlash qaysi tartibda bajariladi:

- A) ishlash sharoitini tahlili, materiallar guruhi, ishqalanish qismining ishchanligini hisoblash, tajriba tadqiqoti;
- b) materialga qo'yiladigan talablarni aniqlash, laboratoriya tadqiqoti, mustahkamlikni hisoblash, yeyilishni hisoblash;
- d) yeyilish jadalligini hisoblash, iqtisodiy hisoblar, foydalanish talablari, uzil-kesil tanlash;
- e) dastlabki tanlov, mustahkamlik va yeyilishga hisoblash, uzil-kesil tanlov;
- f) yuqoridagilarning barchasi to'g'ri.

14. Vakuum sharoitida ishqalanish juftlari materialiga qanday talablar qo'yilishi mumkin:

- a) ishqalanish koeffitsiyenti past bo'lishi, yeyilishga chidamlilik yuqori bo'lishi;
- b) radiatsiyaga chidamlilik, metall strukturasi o'zgarmasligi, yig'ish va bo'laklarga ajratish osonligi;
- d) gaz ajralishning va serg'ovaklikni kam bo'lishi, issiqlik va korroziyaga chidamlilik, metall parlanish tezligini kam bo'lishi;
- e) temperaturaga chidamlilik, oksid pardalar hosil bo'lishini osonligi, ortiqcha gazlarni yutilishi;
- f) yuqoridagilarning barchasi.

15. Yuzalarning yeyilish bardoshini oshirish uchun nimalar qilish kerak:

- a) moylash tartibini va ishqalanish sharoitini yaxshilash;
- b) sirtni mustahkamlovchi usullar va materialni to'g'ri tanlash;
- d) yeyilishni o'rnini to'ldirib borish;
- e) yuza materiallari qattiqligini oshirish;
- f) yuqoridagilarning barchasi.

16. Yuza g'adir-budiriligini aniqlash usuli:

- a) etalonga solishtirish, profilogramma olish, profilografda ko'rish;
- b) kalibr asbobi bilan o'lchash, ko'z bilan ko'rish, yuzaga bo'yoq surtib toza qog'ozga tegizish;
- d) elektr toki o'tkazishi bo'yicha, mikroskop yordamida, mikrometr bilan;
- e) optikator asbobida, milliampermetr bilan, qo'l bilan silab ko'rish;
- f) yuqoridagilarning hammasi.

17. Ishqalanishdagi issiqlik kuchlanganligi qaysi temperaturaga bog'liq:

- a) atrof-muhit temperaturasi;
- b) yuzaning o'rtacha temperaturasi;
- d) tutashuv dog'idagi temperatura;
- e) jismning xajmiy temperaturasi;
- f) yuqoridagilarning barchasi.

18. Tribotexnika fani nimalarni o'rganadi:

- a) ishqalanish hodisasini;
- b) ishqalanish va yeyilish qonunlarini;
- d) mashinalar detallarini uzoq vaqt ishlaydigan qilish usullarini;
- e) mashina detallarining sirtqi qatlamining xossalarini;
- f) yuqorida ko'rsatilganlarning hammasini.

19. Ichki ishqalanish:

- a) detal ichki tarafining ishqalanishi;
- b) suyuq holatidagi material molekullarning o'zaro ishqalanishi;
- d) qattiq material kristallarining o'zaro ishqalanishi;
- e) vtulka ichida valning ishqalanishi;
- f) yuqoridagilarning barchasi to'g'ri.

20. Tashqi ishqalanish nima:

- a) sirpanish, dumalash va pildirash harakati;
- b) ikki jismning moysiz quruq ishqalanishi;
- d) jismga tashqarisidan ta'sir etuvchi kuchlarga qarshilik ko'rsatishi;
- e) ikki qattiq jismning o'zaro tutashuv sohasidagi hosil bo'ladigan nisbiy harakatga qarshiligi;
- f) jism molekullarining bir-biriga nisbatan harakatga qarshiligi.

21. Tashqi ishqalanish ko'rsatgichlari qaysila:

- a) ishqalanish koeffitsiyenti;
- b) qovushqoqlik;
- d) harakatlanishga qarshilik kuchi;
- e) ishqalanish kuchi va ishqalanish koeffitsiyenti;
- f) yuqoridagilarning hammasi.

22. Tayanch egri chizig'i qanday ma'lumotlar asosida quriladi:

- a) tsiklogramma;
- b) profilogramma;
- d) diagramma;
- e) etalonga solishtirib;
- f) yuqoridagilar asosida.

23. Sirtlarning haqiqiy tutashuv yuzalari nominal tutashuv maydonining qanday qismini tashkil etadi:

- a) 30 %;
- b) choragini;
- d) yarmini;
- e) 0,001%;
- f) hammasini.

24. Ishqalanish koeffitsiyenti va uning tashkil etuvchilar:

- a) molekular (adgeziya) va mexanik (deformatsiya);
- b) elastik va plastik deformatsiyalar;
- d) kogeziya, adgeziya, mexanik ilashish;
- e) kimyoviy, issiqlik, mexanikaviy;
- f) elektr, vibratsiya, moyning ta'siri.

25. Ishqalanish koeffitsiyentiga normal yuklamani ta'siri:

- a) ishqalanish koeffitsiyenti ma'lum yuklamagacha oshadi, so'ngra kamayadi;
- b) elastik deformatsiya bo'lganda ishqalanish koeffitsiyenti ma'lum yuklamagacha kamayadi, so'ngra oshadi, plastik deformatsiyalarda doimo ortib boradi;
- d) ishqalanish koeffitsiyenti yuklamaga bog'liq emas;
- e) yuklama oshganda ishqalanish koeffitsiyenti doimo kamayadi;
- f) yuklama oshganda ishqalanish koeffitsiyenti doimo ortib boradi.

26. Ishqalanish koeffitsiyentiga yuza g'adir-budirlikini ta'siri:

- a) ishqalanish koeffitsiyenti ma'lum g'adir-budirlikkacha oshadi, so'ngra kamayadi;
- b) elastik deformatsiya bo'lganda ishqalanish koeffitsiyenti ma'lum g'adir-budirlikkacha kamayadi, so'ngra oshadi, plastik deformatsiyalarda doimo ortib boradi;
- d) ishqalanish koeffitsiyenti g'adir-budirlikka bog'liq emas;
- e) yuza g'adir-budirliki oshganda ishqalanish koeffitsiyenti doimo kamayadi;

f) yuza g'adir-budirligi oshganda ishqalanish koeffitsiyenti doimo ortib boradi.

27. Ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash usuli:

- a) tajriba orqali aniqlanadi;
- b) hisoblash yo'li bilan aniqlanadi;
- d) tajriba va hisoblash yo'li bilan aniqlanadi;
- e) hisoblash uchulida aniqlash mumkin emas;
- f) tajriba usulida aniqlash mumkin emas.

28. Ishqalanish sirtlarining deformatsiyalanish xarakteriga qarab eyilishning qanday turlari mavjud:

- a) elastik tutashuvda;
- b) plastik tutashuvda;
- d) elastik va plastik tutashuvda, mikroqirqish sharoitida;
- e) yeyilish sodir bo'lmaydi;
- f) mikroqirqish sharoitida.

29. I.V. Kragelskiy bo'yicha friksion bog'lanishlarning buzilishini qanday turlari mavjud:

- a) elastik va plastik siqib chiqarish;
- b) elastik va plastik siqib chiqarish, mikroqirqish, adgezion buzilish, chuqur o'yilish;
- d) elastik va plastik siqib chiqarish va mikroqirqish;
- e) mikroqirqish, adgezion buzilish va chuqur o'yilish;
- f) plastik siqib chiqarish, mikroqirqish, adgezion buzilish va chuqur o'yilish.

30. B.I.Kosteskiy tasnifiga muvofiq yeyilish turlari qanday guruhlariga bo'linadi:

- a) normal mexnokimyoviy va toliqishdan yeyilish;
- b) normal mexnokimyoviy yeyilish va shikastlanish;
- d) shikastlanish va abraziv yeyilish;

- e) erozion yeyilish va shikastlanish;
- f) korrozion yeyilish va normal mexaniokimyoviy yeyilish.

31. O'zaro qamrov koefitaiyentining qiymatlari qaysi oraliqda o'zgaradi:

- a) cheksiz katta oraliqda;
- b) cheksiz kichik oraliqda;
- d) 0 dan 1 gacha bo'lgan oradiqda;
- e) 1 dan 10 gacha bo'lgan oraliqda;
- f) 100 dan 1000 gacha bo'lgan oraliqda.

32. Dumalab ishqalanish koefitsiyenti qanday o'lchov birlikda o'lchanadi:

- a) uzunlik birligida;
- b) kuchlanish birligida;
- d) o'lchov birligi yo'q;
- e) massa birligida;
- f) kuch birligida.

33. Dumalashga qarshilik koefitsiyenti qaysi formulada to'g'ri belgilangan:

a)  $F_{\kappa} = \frac{\lambda P}{r}$ ;

b)  $F_{\kappa} = \frac{\lambda P}{\kappa}$ ;

d)  $F_{\kappa} = \frac{r\lambda N}{F}$ ;

e)  $F_{\kappa} = \frac{\lambda N}{r}$ ;

f)  $F_{\kappa} = \lambda N r$ .

34. Moylik muhitdagi dumalab ishqalanishda qanday yeyilish turi sodir bo'ladi:

- a) abraziv yeyilish;
- b) koroziyon yeyilish;
- d) toliqishdan uvalanib yeyilish;
- e) kavitatsion yeyilish;
- f) eroziya natijasida yeyilish.

35. Hidrodinamik moylashda ishqalanish sirtlari bir-birlaridan nima bilan ajralib turadi:

- a) bir-birlaridan ajralmadi;
- b) ishqalanish sirtlarining g'adir-budirligi bilan;
- d) moy qatlami bilan.
- e) ikkilamchi qatlam bilan.
- f) abraziv zarrachalar bilan.

36. Chegaraviy moylashda ishqalanish sirtlari orasidagi moy pardasining qalinligi qancha:

- a) 1 mm dan ortiq;
- b) 1 mm dan kam;
- d) 4–6 mkm;
- e) 0,1 mkm atrofida;
- f) moy pardasi bo'lmaydi.



To'g'ri javoblar:

1. b.
2. d.
3. f.
4. e.
5. a.
6. b.
7. f.
8. a.
9. b.
10. f.
11. e.
12. f.
13. e.
14. d.
15. f.
16. a.
17. d.
18. b.
19. b.
20. e.
21. e.
22. b.
23. e.
24. a.
25. b.
26. b.
27. d.
28. d.
29. b.

30. b.

31. d.

32. a.

33. e.

34. d.

35. d.

36. e.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. *Yo'ldoshev Sh.U.* Mashinalar ishonchliligi va ta'mirlash asoslari. T.: O'qituvchi. 1994-y.
2. *Икромов У., Левитин М.А.* Основы трибоники. Т.: Уқитувчи. 1984 й.
3. *Гаркунов Д.Н.* Триботехника. М.: Машиностроение. 1989 г.
4. *Гаркунов Д.Н.* Триботехника. М.: Машиностроение. 2001 г.
5. *Крагельский И.В., Михин Н.М.* Узлы трения машин. М.: Машиностроение. 1984 г.
6. *Shukurov M.M.* Mashina detallari. T.: O'qituvchi. 1999-y.
7. Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин. Киев: «Наукава думка», 1979 г.
8. *Воскресенский В.А., Дияков В.И.* Расчет и проектирование опор скольжения. М.: Машиностроение. 1980 г.
9. Справочник по применению и нормам расхода смазочных материалов. 4-е издание. М.: Машиностроение, 1977 г.
10. *Синицын В.В.* Пластичные смазки. Ассортимент. М.: Машиностроение. 1979 г.
11. *Орлов П.О.* Основы конструирования. М.: Машиностроение. 1988 г. 544 с.
12. *Дерягин Б.В.* Что такое трение. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 244 с.
13. *Икромов У.А., Махкамов Қ.Н., Иргасhev А.* Tribonika fani bo'yicha laboratoriya mashg'ulotlarini bajarish uchun metodik ko'rsatmalar. T.: TMI, 1990-y. 28-b.

14. Ikromov U. Tribonika (ishqalanish va yeyilish). Oliy o'quv yurtlari talabalari uchun darslik. T.: O'zbekiston, 2002-y. 336-b.

15. Qodirov S.M., Lebedev O.V., Sidiqnazarov K.M. Tribologiya asoslari. T.: TAYI, 2000-y. 176-b.

## **MUNDARIJA**

So'z boshi .....	3
Kirish .....	5

### ***I bob. UMUMIY MA'LUMOTLAR***

1.1. Tribotexnika fanining qisqacha rivojlanish tarixi.....	8
1.2. Tribotexnikaning asosiy tushunchalari.....	9
1.3. Qattiq jismlarning tutash yuzalari geometriyasi.....	12
1-LABORATORIYA ISHI.....	23
1.4. Qattiq tutashish parametrlari.....	28
1.5. Tashqi ishqalanish koefitsiyenti va unga ta'sir etuvchi omillar..	36
1.6. Ishqalanish koefitsiyentiga ta'sir etuvchi omillar.....	38

### ***II bob. ISHQALANISH UZELLARINI MOYLASH***

2.1. Umumiy ma'lumotlar.....	45
2.2. Chegaraviy moylanish.....	47
2.3. Kafolatlangan moy qatlamli moylanish.....	49
1-Amaliy mashg'ulot. NAMUNAVIY ISHQALANISH JUFTLIK- LARI UCHUN MOYLOVCHI MATERIALLARNI TANLASH...53	
2-Amaliy mashg'ulot. MOYLASH MATERIALLARINING O'RINDOSHLARINI ANIQLASH.....	69
2-LABORATORIYA ISHI. MOYLAR QOVUSHQOQLIGINING HARORATGA BOG'LIQLIGINI TEKSHIRISH.....	90

**3-LABORATORIYA ISHI SIRPANISH PODSHIPNIGINI  
ISH REJIMI XARAKTERISTIKASINI ANIQLASH.....94**

**III bob. TUTASH SIRTLARNING ISHQALANISHI  
VA YEYILISHI**

3.1. Mashina detallarining ishqalanish va yeyilish turlari.....102

3.2. Ishqalanish sirtlarining abraziv muhitda yeyilishi.....105

3.2.1. Hisoblash modeli.....109

3.2.2. Hisoblashning asosiy formulalari.....110

3.3. Yuqori sirpanish tezligidagi ishqalanish va yeyilish.....112

3.4. Vakuumdagi ishqalanish va yeyilish.....115

3.4.1. Vakuumdagi sharoit belgilari.....115

3.4.2. Vakuum sharoitida ishlovchi uzellarga qo'yiladigan talablar.....115

3.4.3. Vakuum sharoitida ishqalanishni o'rganish .....117

3.5. Past temperatura sharoitida ishqalanish va yeyilish.....120

3.6. Fretting-korroziya va unga qarshi kurash.....121

3.6.1. Fretting-korroziya hosil bo'lishi.....121

3.6.2. Fretting-korroziyaning rivojlanishiga ta'sir etuvchi omillar...122

3.6.3. Fretting-korroziyaga qarshi kurash.....125

3.7. Vodorodli yeyilish.....126

**4-LABORATORIYA ISHI.....127**

**3-AMALIY ISH. TISHLI ILASHMALAR EYILISH TEZLIGINI  
HISOBLASH.....135**

**4-AMALIY ISH. SIRPANIB ISHQALANUVCHI DETALLARNI  
YEYILISH TEZLIGINI HISOBLASH.....139**

**5-LABORATORIYA ISHI. TISHLI QILDIRAKLARNI  
ROLIKLI O'XSHATMA ANALOGLAR YORDAMIDA  
MODELLASHTIRISH.....141**

5-AMALIY ISHI. DUMALASH PODSHIPNIKLARINING YEYILISH XARAKTERINI O'RGANISH.....	144
3.8. Moylanmaydigan sirpanma podshipniklar hisobi.....	150
3.9. Ishqalanish materiallari va moy muhitning saylanmali ko'chish rejimidagi tribotexnik tavsiflarini aniqlovchi yangi uskuna.....	160
6-LABORATORIYA ISHI. DUMALASH PODSHIPNIGIDAGI ISHQALANISH MOMENTINI ANIQLASH.....	163

**IV bob. TRIBOTEXNIK MATERIALLAR VA ULARNI TANLASH**

4.1. Tribotexnik materiallarni vazifasiga qarab turlash.....	166
4.2. Ishqalanish uzelini loyihalashda material tanlash.....	168
4.3. Antifriktsion materiallar va ularni tanlash.....	170
4.4. Friktsion materiallar va ularni tanlash.....	175
4.5. Tribotexnika materiallarning sirt g'adir-budirligi ko'rsatkichlarini o'lchash usullari.....	177
4.5.1. Ishqalanish sirtlarini tekshirish usullari.....	179
4.6. Tribotexnik materiallarni ishqalanish va yeyilishga sinash mashinalari .....	180
4.6.1. Sinash mashinalarining turlari.....	180
7-LABORATORIYA ISHI SIRPANIB ISHLOVCHI DETALLAR MATERIALLARINI ABRAZIV YEYILISHGA SINASH....	191
6-AMALIY ISHI. DUMALAB SIRPANIB ISHQALANUVCHI JUFTLIK DETALLARI ABRAZIV YEYILISHIGA SINASH.....	193
7-AMALIY ISHI. FRIKLIION MATERIALLARNI YEYILISHIGA SINASH.....	197

**V bob. ISHQALANUVCHI UZELLARNING TRIBOTEXNIK  
XUSUSIYATLARINI YAXSHILASH**

5.1. Ishqalanuvchi sirtlarda saylanmali ko'chish.....	200
5.2. Ish sharoitini yaxshilashga doir konstruktiv usullar.....	206
5.3. Ishqalanish sharoitini yaxshilashning detallarini tayyorlash davridagi texnologik usullar.....	216
5.3.1. Detallarni kesib ishlashda chidamli qilish.....	216
5.3.2. Detall sirtini plastik deformatsiyalash.....	218
5.3.3. Yeyilishga chidamlilikni termik va kimyoviy-termik ishlov yo'li bilan oshirish.....	219
5.4. Ishlatish sharoitida mashina detallarining yeyilishi va uni oldini olish.....	222
5.4.1. Issiq iqlim sharoitida va yuqori chinglikda ishqalanish qismlarini ishlatish xususiyatlari.....	222
5.4.2. Detallarning ishlatish sharoitida yeyilish xususiyatlari.....	223
5.4.3. Ishlatish sharoitida yeyilishga qarshilikni ta'minlash usullari.....	224
5.4.4 Tribotexnikani rivojlanish istiqbollari.....	227
8-LABORATORIYA ISHI.....	228
9-LABORATORIYA ISHI .....	233
10-LABORATORIYA ISHI.....	235
<b>FOYDALANGAY ADABIYOTLAR.....</b>	<b>250</b>



**X. AHMEDXO‘JAYEV, X.M. AHMADJONOV,  
Q.H. MAHKAMOV, M. ABDUVOHIDOV**

**TRIBOTEXNIKADAN AMALIY  
MASHG‘ULOTLAR**

Toshkent – «Fan va texnologiya» – 2006

Muharrir: S. Badalboyeva  
Texnik muharrir: A. Shoxamedov  
Musahhah: M. Hayitova

Bosishga ruxsat etildi 30.11.2006. Bichimi 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
«Times Uz» garniturası. Ofset usulida bosildi.  
Shartli bosma tabog‘i 16,25. Nashriyot bosma  
tabog‘i 16,0. Adadi 500. Buyurtma №116.

«Fan va texnologiyalar Markazining bosmaxonasi»da chop etildi.  
7000003, Toshkent sh., Olmazor, 171.

ISBN 978-9943-10-008-4

X. AHMEDXO'JAEV, X. AHMADJANOV,  
Q. MAHKAMOV, M. ABDUVOHIDOV

TRIBOTEXNIKADAN AMALIY  
MASHG'ULOTIAR