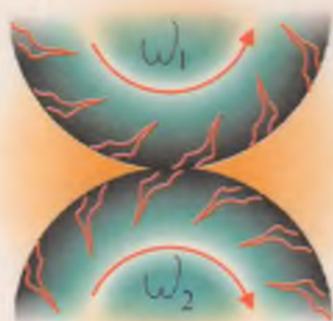
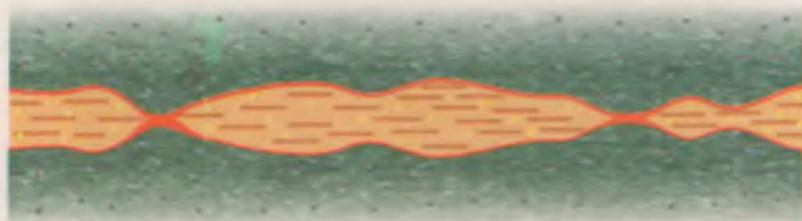


ЎТКУР ИКРОМОВ

ТРИБОНИКА

ИШҚАЛАНИШ ВА ЕЙИЛИШ



34-4-1873

11-37.

ЎТКУР ИКРОМОВ

ТРИБОНИКА

(Ишқаланиш ва ейилиш)

*Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги
олий техника ўқув юртлари талабалари учун дарслик
сифатида тавсия этган*

ТОШКЕНТ «ЎЗБЕКИСТОН» 2003 й. ИЮН. ЕНА

Т Г П М

346778

Техника фанлари номзоди,
доцент *А.Иргашевнинг* умумий таҳрири остида

Муҳаррир *Назрулла Умаров*

ISBN 5-640-01797-X

И $\frac{2001000000-91}{M351(04)2002}$ 2003

© «ЎЗБЕКИСТОН» нашриёти, 2003

МУҚАДДИМА

Одамзод жисмларни, механикавий қурилмаларни, механизмларни биринчи бор горизонтал текисликда силжитиш, турган жойидан қўзғатиш учун қандайдир ташқи қаршиликка учрашлигини аввал замонлардан билган эди. Бу қаршиликни енгиш учун, албатта, энергия керак бўлади ёки аксинча, жисм ҳар қандай ҳаракатда бўлишига қарамай, у ўз ҳаракатини қандайдир вақт ўтиши билан ташқи муҳитнинг таъсирида (энергия сарф бўлиши билан) ўз ҳаракатини аста-секин тўхтатиши мумкин. Демак, тинч турган жисмни силжитиш учун ҳам ёки ҳаракатда бўлган жисмни тўхтатиш учун ҳам энергия сарф бўлиши натижасида қаршилик кўрсатиш керак бўлади. Бундай қаршиликнинг асосий сабаби ишқаланишдир.

Шундай қилиб, ишқаланиш деб бир-бирига тегиб турган ва механик таъсир остида юз берган икки жисмнинг ўзаро ҳаракати (ёки тўхташи) вақтида энергия сарф бўлиши билан содир бўладиган қаршиликка айтилади.

Ишқаланиш икки хил — зарарли (бефойда) ва фойдали бўлиши мумкин.

Фойдали ишқаланишга мисол. Яхмалак йўл бўйлаб ҳаракат қиладиган машиналар (автомобиль, трактор ва ҳ.к.) филдираклари ишқаланиш (ҳодисаси) бўлмаганида ҳеч вақт у машиналар олға юра олмас эди; машиналарнинг тормоз системасида ишқаланиш бўлмаганда бу машиналарни юришидан тўхтатиб бўлмас эди ва ҳ. к. Бу воқеалар ишқаланишнинг фойдали томонини кўрсатади.

Зарарли (бефойда) ишқаланиш ишқаланиш юзаларининг ейилишига олиб келади. Одамзод ишқаланишни бар-

тараф қилиш учун фойдаланиладиган ҳамма энергиянинг 25—30 фоизини сарф этади. Ишқаланиш туфайли деталлар оралиғидаги тирқишлар кенгая боради. Тирқишнинг кенгайиши эса фойдали ишнинг камайишига, қувватнинг бефойда сарф бўлишига ва ҳ. к. га олиб келади.

Тадқиқотлар 75—85 фоиз машиналар тўхтовига деталлар ишқаланиш юзасининг ейилиши сабаб бўлишини кўрсатади. Бу эса миллиард-миллиард маблағ сарфига олиб келади. Чунки ейилган деталлардаги бошланғич рухсат этилган тирқишни тикламоқ (таъмир қилмоқ) учун қанча-қанча станоклар (дастгоҳлар), уларни ишлатиш учун кўп сонли ишчилар ва ҳ. к. керак бўлади. Шунинг учун ейилишига чидамлилиқнинг энг яхши, унумли усуллари яратиш ва жорий этиш ҳозирги замон фан ва техникасининг долзарб вазифаларидан бири ҳисобланади.

Юқорида қайд этилган муаммолар «Ишқаланиш ва ейилиш» — «Трибоника» фанининг негизидир ва у ишқаланиш, ейилиш ва мойлаш жараёнларини ўрганувчи фан бўлиб ҳисобланади.

Муаллиф китоб қўлёзмасини тайёрлашда ва уни дарслик сифатида шаклланишида амалий иштироклари учун техника фанлари доктори, профессор Қ. Ҳ. Маҳкамовга ва техника фанлари номзоди, доцент А. Иргашевга ўз миннатдорчилигини билдиради.

Дарслик шу соҳада ўзбек тилида ёзилган биринчи китоблардан бўлгани учун унда камчиликлар бўлиши мумкин ва уларни кўрсатиб, ўз мулоҳазаларини билдирган ўқувчиларга муаллиф олдиндан ўзининг миннатдорчилигини изҳор этади.

ТРИБОНИКА (ИШҚАЛАНИШ ВА ЕЙИЛИШ) ФАНИНИНГ РИВОЖЛАНИШ ТАРИХИ ВА АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАРИ

1.1. Трибоника фанининг ривожланиш тарихи

Ишқаланиш табиатини ўрганишни биринчи бор қадим замонларда Аристотель бошлаган эди. Унингча, ҳар бир реал жисмнинг (бир текисда) силжишида у ташқи қаршиликка дучор бўлади-ки, бу қаршиликнинг миқдори унинг вазнига (оғирлигига) боғлиқдир (Аристотель вазн билан массанинг фарқига бормаган). Лекин Аристотель инерция ҳодисасини ҳали билмас эди. Чунки у жисмнинг ўзинга (оғирлигига) боғлиқ бўлган қаршилик билан жисм ҳаракатидан ҳосил бўладиган ташқи муҳит қаршилигининг фарқига тушуниб етолмаган эди.

Кейинроқ Леонардо да Винчи ишқаланиш сабабларини чуқурроқ ўрганиб, ўзининг бу соҳадаги улкан ҳиссасини қўшди. У даврда олимлар ва ихтирочилар ўртасида бетўхтов двигатель (вечный двигатель) яшаш тўғрисидаги тортишувлар энг авжига чиққан вақт эди. Шунда Леонардо да Винчи бетўхтов двигателни яшаш мумкин эмаслигига ишқаланиш (жараёни) йўл қўймаслигини исботлаб берди ва ишқаланиш кучи қуйидаги омилларга:

- ишқаланиш юзаларининг материалига;
- ишқаланиш юзаларига ишлов беришнинг сифатига;
- ишқаланиш коэффициенти юк (нагрузка)нинг қийматига тўғри пропорционал эканлигини исботлаб берди.

Ишқаланиш кучи миқдорини камайтириш учун ишқаланиш юзалари оралиғига ролик ёки шарик қўйиш кераклигини аниқлаб берди. Шундай қилиб, Леонардо да Винчи роликли ва шарикли подшипникларни ҳам ихтиро қилди.

XVI аср охирларида Галилей инерция қонунини ва масса тушунчасини ихтиро қилди. Бу эса механика фани-

да қўйилган улкан қадамлардан бири бўлади. Галилей эркин жисм (бўшлиқда, яъни ташқи қаршиликсиз) ўзгармас куч таъсирида бир текис ҳаракат қилишини исботлади. Бу ҳолда ҳаракатлантирувчи куч массага тўғри пропорционал эканлигини кўрсатди. Галилей ҳаракатга қаршиликдан (инерция туғдирадиган ҳаракатга қаршиликдан) ташқи муҳит таъсиридан ҳосил бўладиган қаршиликнинг (ташқи ишқаланиш кучи таъсирида пайдо бўладиган қаршиликнинг) фарқини аниқлаб берди.

1699 й. француз олими Амонтон биринчи бўлиб ишқаланиш кучининг юкланишга чизиқли (линейная) боғлиқлигини, яъни ишқаланиш кучи юккамага (юкка) тўғри пропорционал эканлигини шарҳлади:

$$F = f \cdot N \quad (1.1)$$

бунда f — ишқаланиш коэффиценти,

N — юза текислигига тушадиган юклама (юк).

1750 йилда Л. Эйлер ишқаланиш жараёни ривожидан яна бир қадам қўйган эди. У ҳаракатсизликдан нисбий ҳаракатга ўтиш даврида қаршилик сирпанишдаги қаршиликдан ҳар вақт кўп бўлишини исботлаб берди.

Ишқаланиш фанига асос солган олим француз олими Шарль Кулон ҳисобланади. Кулон сирпанишга қаршилик, думаланиб ишқаланишга қаршилик, силжишга қаршилик каби ишқаланиш турларининг асосий тушунчаларига биринчилардан бўлиб таъриф берган олимдир.

Шарль Кулон ҳар хил металлларнинг, минералларнинг ва ҳар хил ёғочларнинг сирпаниб ишқаланишини ўрганиб Амонтон қонунини умумлаштирди. Бунда у ишқаланиш кучининг бир қисми юкга (нагрузкага) боғлиқ эмаслигини ёки жуда ҳам кам боғлиқлигини кўрсатиб берди, яъни:

$$F = f \cdot N + A \quad (1.2)$$

бунда A — ишқаланиш ва уриниш юзаларининг (площадь касания) ишқаланиш кучига хос бир қисми.

Шундай қилиб, Кулон 1781 й. биринчи бўлиб ишқаланишнинг кўп омиллар (юк, сирпаниш тезлиги, ишқаланаётган жисмлар материали, деталь юзаси материали ва ҳ. к.) га боғлиқ эканлигига тушуниб етди.

Кулоннинг яна бир катта хизмати шундаки, у биринчи бўлиб думалаб ишқаланиш кучини аниқлаш учун қуйидаги формулани яратди:

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

Бунда λ — узунлик ўлчамида ҳисобланадиган думалаб ишқаланиш коэффиценти;

N — r радиуслик эркин думаланувчи цилиндр оғирлиги. Бу оламшумул-классик формулани рад қилишга бир қанча уринишлар бўлган эди. Лекин бу формула ҳозир ҳам ўз кучини йўқотгани йўқ ва қўлланиб келинмоқда.

Аммо Кулоннинг ишқаланиш назариясига қўшган фундаментал хизмати хатодан холи эмас эди. У ишқаланиш назарияси механизмининг энергетик ва иссиқлик аспектиларини эътиборга олмаган эди. Бошқа сўз билан айтганда Кулон ишқаланиш содир бўлганда механик энергиянинг иссиқлик энергиясига айланишини тушунмаган эди.

Биринчи бўлиб инглиз олими Бенжамин Томпсон (1798 йил) ишқаланиш учун сарф бўлган механикавий энергия йўқолиб кетмай, у иссиқлик энергияси сифатига ўтиши тавсифини берди. Томпсон замбараклар стволини (оғиш қуролларининг трубасимон қисмини) пармалаш даврида заготовка (хомаки деталь) қизиб кетганлигини кузатди. Шу тажрибадан сўнг Томпсон пармалашга сарф бўладиган механикавий энергия пармаловчи кесгич билан ствол орасидаги ишқаланиш туфайли иссиқлик энергиясига айланади деган хулосага келди.

Ишқаланиш назариясидаги бу иссиқлик эффекти бўйича Майер (1842 й.), Жоуль (1843 й.), Гельмгольц (1847 й.) ҳам кўп тажрибалар ўтказиб ўз улушларини қўшган эдилар.

Келгусида олимлар эътиборини яна бир нарса — ишқаланишнинг адгезион табиати жалб этди (адгезия — юланиш, бир-бирига қисиб қўйилган юзаларнинг ёпишиб қолиши). Бу назария, яъни ишқаланишнинг адгезион табиати, асримизнинг 30—40 йилларида рус олимлари В. Д. Кузнецов, Б. В. Дерягин, инглиз олими Д. А. Томпсон томонларидан яратилган ишқаланишнинг физикавий назарияларида янада ривож топган эди.

Трибониканинг кейинги равнақи асримизнинг 40—60-йилларига тўғри келди. Бу даврда (1939 йилда) рус олими И.В. Крагельский томонидан ишқаланишнинг молекуляр-механикавий ҳозирги замон назарияси ишлаб чиқилди. Бу назария бўйича ишқаланиш жараёни (процесси) икки бир-бирига боғлиқ жараёнлардан иборат экан: материалларнинг ўзаро ҳаракати жараёнида материалдаги гадир-будурликларнинг деформацияси ва материалнинг молекулалараро ҳақиқий туташувнинг изи (доғи) ҳосил бўлади.

Бу назарияга оид умумий ишқаланиш коэффициентини куйидаги формула билан аниқланади:

$$f = \frac{F}{N} = \frac{F_M + F_g}{N} = f_M + f_g \quad (1.4)$$

бу ерда F — умумий ишқаланиш кучи,
 N — нормал юклама (юк),
 F_M — ишқаланиш кучининг молекуляр (адгезион) қисми,
 F_g — ишқаланиш кучининг механикавий (деформациявий) қисми,
 f_M — ишқаланиш коэффициентининг молекуляр (адгезион) қисми,
 f_g — ишқаланиш коэффициентининг механикавий (деформациявий) қисми.

1943 й. Боуден ва Тейборлар ҳам ишқаланишнинг иккиёқлама табиатини мустақил равишда айтиб ўтган эдилар. Аммо бу олимлар ишқаланиш коэффициентининг механикавий (деформациявий) қисмларини жуда ҳам кичик миқдорда бўлганлиги сабабли эътиборга олмасам ҳам бўлади, деган эдилар. Лекин ишқаланишнинг иккиёқлама табиатига улар 1957 йилда полимер материаллари тадқиқотлари бўйича яна қайтиб келишга мажбур бўлдилар.

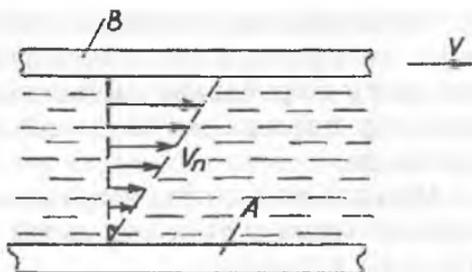
1.2. Ишқаланиш ва ейилишнинг асосий тушунчалари

Умуман ишқаланиш ички ва сиртқи (ташқи) ишқаланишлардан иборат.

Ички ишқаланиш бир жисмнинг молекулалари ва атомлари орасида содир бўлади.

Демак, ички ишқаланиш деб бир жисмнинг бўлаклари орасида содир бўладиган қаршиликка айтилади.

Бу ишқаланиш биринчи навбатда ҳаракатлари нисбатан енгил бўлган жисмларда учрайди. Бунга мисол қилиб қўзғалмас *A* пластинка



1.1-расм.

Ички ишқаланиш схемаси

ва унга нисбатан параллел бўлган δ тезлигида бир текис ҳаракат қилувчи *B* пластинкаси оралиғидаги суюқлик ёки газ оқимини келтириш мумкин (1.1-расм). Бунда ҳар бир пластинка деворига яқин суюқлик ёки газнинг тезлик миқдори шу пластинкалар тезлиги миқдорига яқин бўлади: *B* пластинкаси деворига яқин суюқлик ёки газ тезлиги *B* пластинкаси тезлиги δ га, *A* пластинка деворига яқин суюқлик ёки газ тезлиги нолга интилади. Демак, ҳаракатланувчи пластина *B* яқинида суюқлик ёки газ тезлиги максимал, *A* пластинкаси яқинида эса минимал (нолга интилувчи) бўлади.

Ички ишқаланиш фақат бир жисм молекула ва атомлари орасида содир бўлса, сиртқи (ташқи) ишқаланиш икки бир-бирига нисбатан ҳаракат қилувчи жисмлар орасидагина бўлади ва бу ишқаланиш сарф бўлган энергиянинг тарқалиб кетишига (диссипацияга) олиб келади.

Трибоника фани, умуман олганда, сиртқи (ташқи) ишқаланиш қонунларини ўрганадиган фандир. Шунинг учун қуйида келтирилган материаллар фақат сиртқи (ташқи) ишқаланишга оид бўлгани туфайли ишқаланиш деб аттилганда фақат сиртқи (ташқи) ишқаланиш назарда тутилишини эътиборга олиш зарур.

Ишқаланиш икки бир-бирига нисбатан ҳаракат қилувчи жисмлар орасида ёғловчи муҳит бор ёки йўқлигига қараб мойли, чегаравий ва қуруқ ишқаланишларга бўлинади.

Мойли ишқаланиш деб икки ишқаланувчи жисм бири-биридан батамом мой муҳити (қалинлиги 0,1 мкм дан кўп) билан ажралиб турган ҳолда содир бўладиган ишқаланишга айтилади.

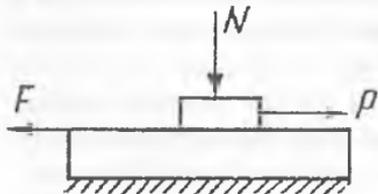
Чегаравий ишқаланишда икки жисм орасидаги мой қатлами қалинлиги $0,1 \text{ мкм}$ бўлиши керак. **Қуруқ ишқаланиш** деб икки бир-бирига нисбатан нисбий ҳаракатланувчи жисмлар орасида мутлақо мой бўлмасдан ишқаланишга айтилади.

Ишқаланиш икки жисмнинг бир-бирига нисбатан ҳаракатланиш турига ҳам қараб 1, 2-расмда кўрсатилган турларга бўлинади.



1.2-расм. Сиртқи ишқаланиш турлари схемаси.

Ишқаланиш кучи деб бир қаттиқ жисмнинг иккинчи қаттиқ жисм юзаси бўйлаб нисбий ҳаракат қилиши учун кўрсатиладиган қаршилик кучига айтилади. Бу қаршилик икки чегарадош жисмлар юзасига тангенциал йўналишда бўлади (1.3-расм: P — тортиш кучи, F — ишқаланиш кучи). Ҳаракат бўлмаганда ишқаланиш бўладими? Ҳа, бўлади. Буни қуйидаги оддий мисолда кўриш мумкин. Стол



1.3-расм.
Сирпаниб ишқаланишда
кучлар йўналиши

устидан китоб турибди. Уни ўрнидан суриш учун қандайдир куч керак. Агар бу куч китобни ўрнидан суриш учун етарли бўлмаса, китоб ўрнидан қўзғалмай стол устида ёта беради. Бунда ҳаракатсиз ишқаланиш содир бўлади ва бу даврда китобни ҳаракатга келтириш учун керак бўлган иш-

қаланиш кучи ҳаракатсиз ишқаланиш кучи деб аталади (стол устига китоб қўйиб мисол кўрсатилсин).

Демак, **ҳаракатсиз ишқаланиш кучи** деб икки ҳаракатсиз қаттиқ жисмнинг бир-бирига нисбатан нисбий ҳаракатга ўтишигача бўлган даврдаги қаршилик кучига айтилади.

Ҳаракатдаги ишқаланиш кучи деб икки қаттиқ жисмнинг ўзаро ҳаракати даврида содир бўладиган ишқаланишга айтилади.

Ҳаракатдаги ишқаланиш сирпаниб ишқаланиш, думалаб ишқаланиш, мураккаб ишқаланиш ва гир-гир айланиб ишқаланиш турларида бўлиши мумкин (1.2-расмга қаранг).

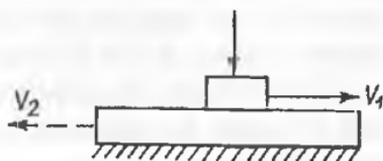
Сирпаниб ишқаланишда икки қаттиқ жисм туташув (контакт) нуқтасидаги тезлик миқдори ва (ёки) йўналиши ҳар хил бўлади. Мисол қилиб ҳаракатланувчи 1-жисмнинг қўзғалмас (ҳаракатсиз) 2 жисм сиртида сирпанишни кўрсатиш мумкин.

1.4-расмда сирпаниб ишқаланишда тезликлар йўналиши кўрсатилган. Расмдан кўринишича 1 жисм тезлиги v_1 га тенг, 2 жисм тезлиги эса бу жисм қўзғалмас бўлгани учун нолга тенг бўлади. Тезлик йўналиши эса 1 жисм учун v_1 йўналишда бўлади, агар 2 жисм ҳам ҳаракатда бўлганида эди у v_2 йўналишда бўлар эди ва v_2 қиймати v_1 дан фарқ қилиши мумкин эди.

Думалаб ишқаланишда икки қаттиқ жисм тегишув (контакт) нуқтасидаги тезлик миқдори ва йўналиши бир хил бўлади (1.5-расм).

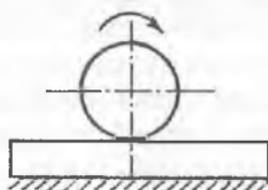
Гир-гир айланиб (буралиб) ишқаланиш деб контактда бўлган икки қаттиқ жисмнинг бири иккинчисига нисбатан гир-гир айланиб (буралиб) ишқаланишга айтилади (1.6-расм).

Юқорида ишқаланиш кучининг таърифи берилган эди.



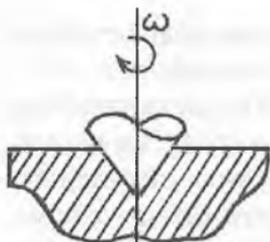
1.4-расм.

Сирпаниб ишқаланишда тезликлар йўналиши



1.5-расм.

Думалаб ишқаланиш схемаси



1.6-расм.

Буралиб (гир-гир айланиб) ишқаланиш схемаси

Ишқаланиш кучидан ташқари яна ишқаланиш коэффиценти деган тунча бор.

Ишқаланиш коэффиценти деб икки қаттиқ жисм ишқаланиши вақтида ҳосил бўлган ишқаланиш кучининг (F) уларни бир-бирига сиқиб турувчи нормаль (N) кучга нисбатига айтилади (1.3-расмга қаранг):

$$f = \frac{F}{N} \quad (1.5)$$

Ишқаланиш коэффиценти ўлчов бирлигига эга эмас.

Ҳар бир ишқаланиш натижасида ишқаланаётган қаттиқ жисмлар юзаси ейилади.

Ейилиш — бу ишқаланиш давридаги юзаларнинг емирилиш ва юза қатламларининг ажралиб чиқиш ва (ёки) ишқаланишда ҳосил бўладиган қолдиқ деформацияларнинг йиғилиб қолиш жараёни бўлиб, бунда аста-секин деталларнинг ўлчамлари ва (ёки) шакллари ўзгаради.

Ейилиш миқдори ейилиш жараёнининг натижаси бўлиб, аниқ ўлчам бирликларда (узунлик, ҳажм, масса ўлчов бирликларда) ўлчанади. Ейилишга чидамлик деб аниқ бир шароитда ейилиш жараёнига қаршилик кўрсатувчи қаттиқ жисм материалининг хоссасига айтилади.

Ейилиш ҳар хил тезликларда бўлади. **Ейилиш тезлиги** ϑ деб ейилиш миқдорининг (u) ейилиш (t) вақтига нисбати айтилади:

$$\vartheta = \frac{u}{t} \quad (1.6)$$

Ейилиш тезлиги бир онли (аниқ бир онда) ва ўртача (аниқ бир вақт ичида) бўлиши мумкин.

Иккинчи боб

СИРТҚИ ИШҚАЛАНИШ ВА ҒАДИР-БУДИР ЮЗАЛАРНИНГ ЕЙИЛИШИ

2.1. Қаттиқ жисмлар туташуви

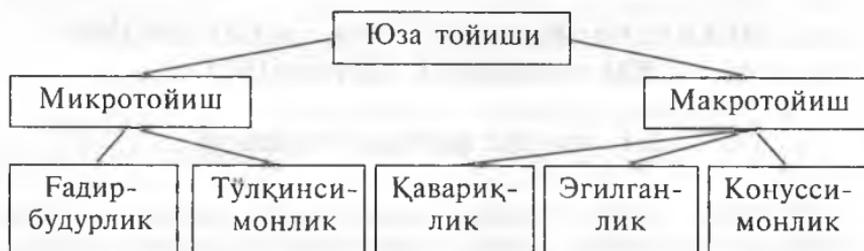
Юқорида айтилганидек ишқаланиш жараёни содир бўлиши учун икки қаттиқ жисм бир-бирига нисбатан контактда (тегишувда) бўлиши шарт. Демак, ишқаланиш жараёнига туташувдаги икки жисм юзаси қатламларининг хусусиятлари, яъни жисм юзасининг физика-механикавий хусусиятлари ва унинг микрогеометрияси муҳим таъсир кўрсатади.

Юза қатламларининг физика-механикавий хусусиятлари деталь материалининг ҳажмий хусусиятларидан катта фарқ қилади. Чунки юза қатламлари оксидланган бўлади, юза қатламлари ҳолати унга ишлов бериш характерига боғлиқ бўлади, яъни механикавий ишлов бериш даврида юза қатламлари пластик деформацияга (пухталанишга) дучор бўлади. Оксидланиш ва пластик деформация (пухталаниш) юза қаттиқлигининг деталнинг ички қатламлари қаттиқлигига нисбатан ошиб кетишига олиб келади.

Юза микрогеометриясининг таъсири юзаларнинг идеал силлиқ бўлмаслиги, яъни микро ва макро нотекисликлардан иборат эканлиги туфайли бўлади. Деталь юзасига технологик ишлов бериш жараёнида юза сиртида микро-рельеф-технологик ғадир-будирликлар (шероховатость) ҳосил бўлади. Деталнинг ишлаш жараёнида бу ғадир-будирлик ўзгариши мумкин, аммо йўқ бўлиб кетмайди. Деталь юзасининг идеал силлиқ юзадан тойиши (огиши, четга чиқиши) икки хил бўлади: ғадир-будирлик ва тўлқинсимонлик. Ундан ташқари, деталь юзасига технологик ишлов бериш жараёнида бир маротабагина (доимо қайтарилмайдиган) хатолик ҳам рўй бериши мумкин.

Бундай хатоликлар макротойиш (макрооғиш) деб аталади (2.1-расмга қаранг).

Микротойиш ғадир-будирлик ва тўлқинсимонлик турларига эга.



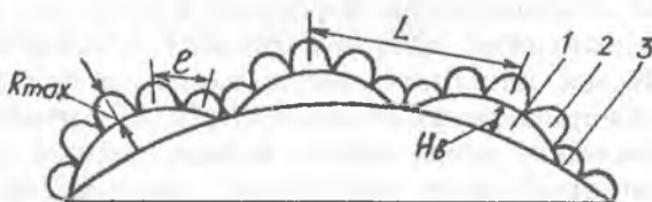
2.1-расм. Юза тойиши турлари

Макротойиш эса қавариқлик (выпуклость), эгилганлик (вогнутость) ва конуссимонлик (конусность) турларда бўлади.

Ғадир-будурлик деб базовий узунлиги 80...800 мкм дан иборат узунликдаги умумий нотекисликнинг қадами $l = 2...800$ мкм ва максимал баландлиги $R_{\max} = 0,02...400$ мкм бўлган нотекисликка айтилади (2.2-расм).

Ғадир-будирликнинг зарурий шarti: $\frac{l}{R_{\max}} < 50$ (l — ғадир-будирлик қадами; R_{\max} — ғадир-будирлик баландлиги).

Тўлқинсимонлик (волнистость) деб ғадир-будирлик ўлчанганида қабул қилинган базавий узунликдан ($l = 2...800$ мкм дан) катта бўлган узунликдаги (L да) умумий нотекисликка айтилади.

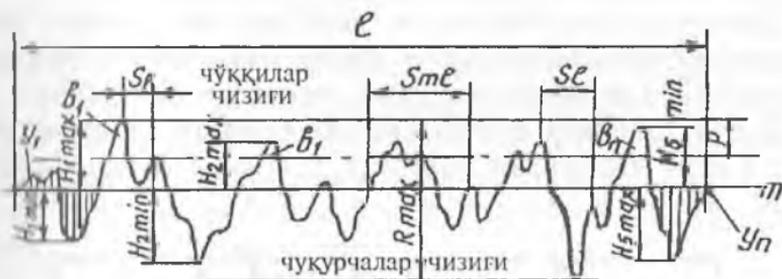


2.2-расм.

Қаттиқ жисм юзасининг микрогеометрия схемаси

Тўлқинсимонликнинг зарурий шарти $L/H_B=50...1000$ (H_B — тўлқинсимонлик баландлиги; L — тўлқинсимонлик қадами). Ёрқин мисол қилиб асфальт йўлнинг автомобиллар тўсатдан ёки интенсив тўхтайдиган жойида ҳосил бўладиган тўлқинсимон ўнқир-чўнқирликни келтириш мумкин. Бундай ўнқир-чўнқирлик автомобиллар светофор яқинида тўсатдан тўхташи ёки тик бўлган қияликдан тушиши даврида ҳосил бўлади. Бунга шина билан йўл орасидаги ишқаланиш кучининг катта бўлганлиги сабабдир.

Юза шаклининг макротойишлиги қавариқлик, эгилганлик, конуссимонлик турларига эга бўлиб бир маротаба бўладиган қайтарилмас характерга эга ва бунда нотекислик қадамининг баландлигига нисбати 1000 дан ортиқ бўлади. Юза ғадир-будирлиги унинг микрорельефини ҳосил қилади. Ғадир-будирликни ўлчаш учун энг кўп тарқалган услуб жисм юзаси нотекислигини профиллометр — профиллограф билан ўлчашдир. Бундай ўлчов асбоблари билан ўлчанганда ҳосил бўладиган юза ғадир-будирликни профиллограммалар деб аталади (2.3-расм).



2.3-расм.

Жисм юзасининг ғадир-будурлик схемаси

Қуйида энг кўп тарқалган ва ишлатиладиган ғадир-будирлик параметрларига тўхтаб ўтамиз:

1. R_{max} — нотекисликнинг энг катта баландлиги, бу базавий узунлик (l) да ўлчанган нотекисликнинг энг дўнглик (чиқиқ) жойида энг чўнқирлик жойигача бўлган масофадир.

Туташув масаларини ечиш даврида R_{max} дан ташқари R_n ва R_z деган ғадир-будирликнинг бошқа параметрлари

ҳам қўлланилади. R_a — ғадир-будирликнинг ўртача арифметик тойиши (оғиши) бўлиб, у қуйидагича аниқланади:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \text{ ёки } R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (2.1)$$

бунда y — профилнинг ҳар қандай нуқтасидан унинг ўрта чизигигача бўлган масофа (2.3-расмга қаранг)

R_z — ғадир-будирликнинг ўрта нуқта бўйича аниқланган баландлиги дейилиб, у қуйидагича аниқланади:

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_{i \max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i \min}| \right) \quad (2.2)$$

бунда l — базавий узунлик (2.3-расмга қаранг);

$H_{i \max}$ — $H_{i \min}$ — дўнглик (чиқиқ) ва чуқурлик баландликлари.

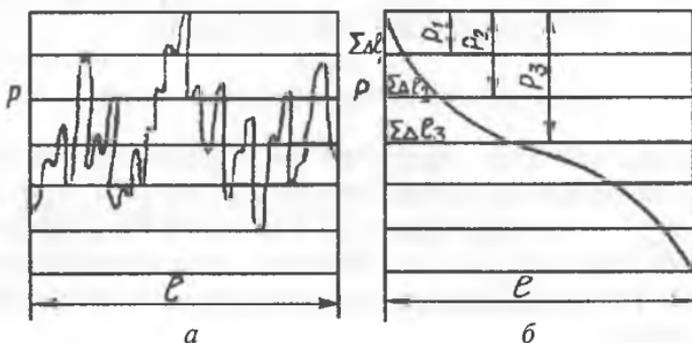
2. Ғадир-будирлик чўққисининг эгрилик радиуси (r) (2.3-расмга қаранг).

3. Ғадир-будирлик (профиль) нинг таянч эгри чизиги.

Таянчлар эгри чизиги (опорная кривая) деталь юзасидаги қатлам материалнинг ғадир-будирликнинг баландлиги бўйича тақсимланишини ифодалайди.

Таянчлар эгри чизигини аниқлаш учун деталь юзи профиллограммасини қатор горизонтал бир-бирига параллель бўлган сатҳларга бўлиб чиқилади (2.4-расм).

Кейин ҳар бир сатҳда кесилган ғадир-будирликдаги Δl_i га тенг энгликлар умумини кесмалар бўйича қўйиб



2.4-расм.

Таянч сиртлар эгри чизигини аниқлаш схемаси

чиқилади ва булар қиймати асосида эгри чизик ҳосил қилинади. Бу эгри чизик таянч эгри чизиги деб аталади.

2.4-расмнинг «а» қисмида / масофада жойлашган ғадир-будирликлар бир неча сатҳларга бўлиб чиқилгани кўрсатилган, «б» қисмида эса бу сатҳларда кесилган ғадир-будирликлар умумий қиймати ($\Sigma\Delta l_1$, $\Sigma\Delta l_2$, $\Sigma\Delta l_3$ ва ҳ.к.) қўйилиб таянч эгри чизигини ҳосил қилиниши келтирилган.

Амалиётда кўпроқ профилнинг нисбий таянчлар узунлиги (t_p) қўлланилади ва у қуйидаги ифода билан топилди:

$$t_p = b \left(\frac{a}{R_{\max}} \right)^{\nu} \quad (2.3)$$

бунда t_p — нисбий таянчлар узунлиги (ГОСТ — стандарт билан регламентланади — аниқланган бўлади); a — яқинлашиш (сближение) — 2.4-расмга қаранг; R_{\max} — ноте-кисликнинг энг катта баландлиги (ГОСТ — стандарт билан аниқланади); b, ν — таянч эгри чизиги параметрлари.

$$b = t_m \left(\frac{R_{\max}}{R_p} \right)^{\nu}, \quad \nu = 2t_m \frac{R_p}{R_a} - 1 \quad (2.4)$$

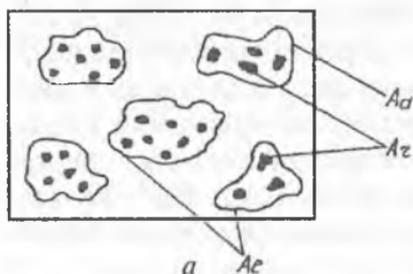
бунда t_m — ўрта чизик бўйича олинган профилнинг нисбий таянчлар узунлиги (профиллограммадан аниқланади); R_p — дўнглик (чиқиқ) нинг энг катта баландлиги (профиллограмманинг ўрта чизигидан дўнгликнинг энг юқори нуқтасигача бўлган масофа). Одатда $R_p \approx 0,5R_{\max}$ (ёки $R_p = H_{i\max}$ — 2.3-расмга қаранг).

2.2. Туташув сиртининг юзалари

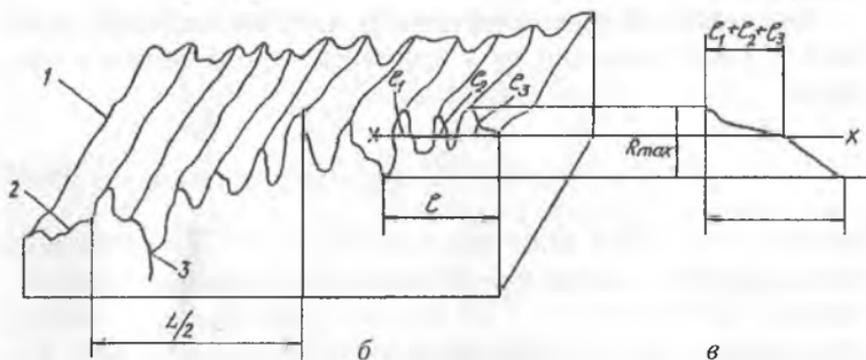
2.2.1. Юза микрорельефи

Юқорида айтиб ўтилганидек деталга ишлов бериш даврида унинг юзасида ғадир-будирлик ва тўлқинсимонлик микротойишлар содир бўлади. 2.5-расмда юзанинг микрорельефи келтирилган.

Икки жисм бирлашиб турганда уларнинг туташув юзалари бутунлай туташмайди. Бунда фақат айрим ғадир-будирликлар чўққиларигина қўйилган юкламани (юкни)



2.5a-расм.
Икки қаттиқ жисм туташувидаги
ҳақиқий (A_z), номинал (A_a) ва
контур (A_c) юзалар



2.5-расм. Юзанинг микрорельефи.

a — юза топографияси; b — юза қатлами параметрлари; c — таянч сиртининг эгри чизиғи. 1 — бўйлама ғадир-будирлик; 2 — кўндаланг ғадир-будирлик; 3 — дарзлик; $x...x$ — таянч сиртининг эгри чизигини аниқлашдаги ихтиёрий кесим

кўтариб турадилар. Шунинг учун ҳам уч хил туташув: ҳақиқий (A_z), номинал (A_a) ва контур (A_c) юзалари бўлади (2.5-расм).

Ҳақиқий туташув юза (A_z) деб микронотекисликнинг ғадир-будирликлари бўйича реал туташув юзага айтилади.

Номинал туташув юза (A_a) деб жисм идеал текис бўлган ҳолда содир бўладиган туташув юзага айтилади.

Лекин идеал текис юза амалиётда учрамайди, чунки юзага ишлов бериш даврида қандайдир нотекисликлар, тўлқинсимонликлар ҳосил бўлади. Мана шундай тўлқинсимон юзалардаги тўлқин чўққилари бўйича туташув юзалари гуруҳлашади.

Шундай қилиб, юза тўлқинсимонлигининг чўққиларида гуруҳлашган (тўпланган) туташув юзаларининг мажмуи (барчаси, жами) контур юза (A_c) деб аталади.

Кичик юзалар учун тўлқинсимонлик йўқ бўлганда, контур юза (A_c) номинал юзага тенг бўлади: $A_c = A_a$.

Контур юза (A_c) номинал юзанинг 5...15 фоизини ташкил қилади. Ҳақиқий юза эса (A_r) номинал юзадан бирмунча кичик бўлиб, номинал юзанинг 0,01...0,1 фоизига тенг бўлади, яъни

$$A_c = (5...15)\% A_a; \quad A_r = (0,01...0,1)\% A_a.$$

Ҳақиқий туташувнинг абсолют миқдори $A_{\text{т}} = 5...50$ мкм бўлади.

Юқорида келтирилган тушунчаларга биноан ҳақиқий (P_r), контур (P_c) ва номинал (P_a) босимлар ҳам мавжуд. Улар қуйидагича аниқланади:

$$P_r = \frac{N}{A_r}; \quad P_c = \frac{N}{A_c}; \quad P_a = \frac{N}{A_a} \quad (2.5)$$

бунда N — номинал юк.

Ҳақиқий туташув юза контур юза орқали аниқланади (2.5 га қаранг):

$$A_r = \frac{N}{P_r} = \frac{A_c P_c}{P_r} \quad (2.6)$$

Шуни айтиш керакки, юзанинг ишқаланиши ва ейлиши ҳақиқий туташувнинг элементар ўзаро таъсири остида рўй беради. Ҳақиқий туташув сони (n_r) эса қуйидаги формула бўйича ҳисобланиши мумкин:

$$n_r = \frac{3,1 A_c}{K_r r R_a} \left(\frac{P_c}{P_r} \right) 0,66. \quad (2.7)$$

бу ерда K_r — туташув характерини (табиатини) ҳисобга олувчи коэффициент;

r — гадир-будирлик чўққисининг ўртача радиуси.

Чўққи радиуси қуйидагича аниқланади:

$$r = \frac{r_{\text{и}} r_{\text{пр}}}{r_{\text{и}} + r_{\text{пр}}} \quad (2.8)$$

бу ерда $r_{\text{и}}$ ва $r_{\text{пр}}$ — гадир-будирлик чўққиси радиусининг кўндаланг ва бўйлама профилограммалардан олинадиган ўртача миқдори.

Шуни айтиб ўтиш керакки, туташувдаги ҳақиқий босим (P_r) киймати жуда катта бўлади ва бу чўққиларнинг

пластик деформациясига олиб келади. Бундай жараён деталь юзасида тузатиб бўлмайдиган нуқсон ҳосил қилади ва деталь юзасини тезда ишдан чиқаради.

Шундай қилиб, юза микроўзгаришлари (ғадир-будирлик, тўлқинсимонлик) қуйидаги сабаблар таъсиридан ҳосил бўлади:

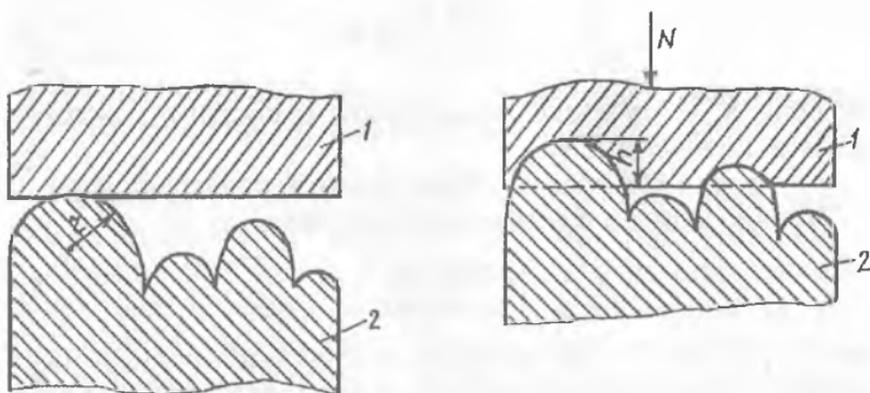
а) технологик жараённинг туридан ва ишлов бериш режимидан (кесишув режими, ёғловчи-совитувчи суюқликлар қўлланилади);

б) кесув (қирқув) асбобининг геометриясидан;

в) станок-мослама (приспособление), қирқув асбоби деталарининг бикрлиги ва тебранишга бардошлилигидан.

2.2.2. Юзалар яқинлашуви

Трибоника фанига оид яна бир тушунчани — **юзалар яқинлашуви** тушунчасини кўриб чиқамиз. Юзалар яқинлашиши юк таъсири остида ғадир-будирликларнинг эластик ва пластик деформацияларга дучор бўлиши сабабли рўй беради. Бунда бир жисмнинг ғадир-будирлик чўққилари иккинчи жисм танасига ботирилиб киради. 2.6-расмда ғадир-будир юзалик жисмнинг силлиқ юзалик жисм билан бирлашганда рўй берадиган юзалар яқинлашуви схемаси келтирилган.



2.6-расм.

Ғадир-будир юзанинг силлиқ юзага яқинлашиш схемаси

Расмдан кўринишича юк (нагрузка) бўлмаган тақдирда 1 юза 2 юзанинг энг баланд r радиусли чўққиси билан туташувда бўлади. Агар юк N берилса 1 юзага 2 юза чўққиси h миқдорда ботирилиб кетади.

Демак, юзалар яқинлашуви деб ташқаридан қўйилган юк N таъсирида бир жисм гадир-будирлиги иккинчи жисм танасига ботирилиши натижасида ҳосил бўлган бирлашмадаги жисмлар яқинлашишига айтилади ва бу яқинлашиш h ҳарфи билан белгиланади.

Реал деталлар юзасининг яқинлашиши жисм юзаларини эластик, пластик деформацияси ва тўлқинсимонлиги туфайли содир бўлади:

$$h_{\Sigma} = h + h_b \quad (2.9a)$$

Бу ерда h — микронотекисликларнинг деформацияси ва бир-бирига ботирилиб кетиши туфайли содир бўлган юзалар яқинлашуви;

h_b — юзалар тўлқинсимонлигининг деформацияси туфайли содир бўлган юзалар яқинлашуви.

Қуйида яқинлашув миқдорини ҳисоблашга тўхталиб ўтамиз.

1. Юза тўлқинсимонлигини назарга олмасдан ҳисоблашда:

$$h_{\Sigma} = h = 3,4R_a \left(\frac{P_c}{P_r} \right)^{1/3} \quad (2.9)$$

2. Юза тўлқинсимонлигини назарда тутган ҳолда ҳисоблашда:

$$h_{\Sigma} = 3,4R_a \left(\frac{P_a}{P_r} \right) + 1,8H_b^{0,85} R_b^{0,15} \theta_{\Sigma}^{0,3} P_a^{0,3} \quad (2.10)$$

(2.9) ва (2.10) формулалардаги белгилар:

R_a — гадир-будирликнинг ўртача арифметик тойиши (2.1 § га қаранг);

P_c, P_r, P_a — контур, ҳақиқий ва номинал босимлар;

H_b — тўлқин баландлиги (2.2-расмга қаранг);

R_b — тўлқин радиуси (2.2-расмга қаранг);

θ_{Σ} — икки деформацияланадиган сиртнинг эластик доимийлиги:

$$\theta_{\Sigma} = \theta_1 + \theta_2 = \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \quad (2.11)$$

бунда μ_1 ва μ_2 — деформацияланадиган сиртлар учун Пуассон коэффиценти.

Келтирилган ҳисобларни бажаришда шуни айтиб ўтиш керакки, туташув изи ўлчами миқдори ейилиш миқдори-га, биргина контакт вақтига ва ишқаланишда ҳосил бўладиган иссиқлик миқдорига катта таъсир кўрсатади. Ҳақиқий туташув излари орасидаги масофа эса ишқаланишдаги изларнинг ўзаро такрорланишига (частотасига) таъсир қилади. Шунинг учун ҳисоблаш вақтида туташувларнинг бир-биридан узоқлик масофасини аниқлаш керак.

Туташувларнинг бир-биридан узоқлик масофаси (S_r) қуйидаги формула орқали топилади:

$$S_r = 0,57(K_r r R_a)^{0,5} \left(\frac{P_r}{P_c} \right)^{0,33} \quad (2.12)$$

бунда K_r — чўққиларнинг ўзаро таъсирини ҳисобга олувчи коэффиценти (эластик туташув учун $K_r=11$, пластик туташув учун $K_r=21$);

r — чўққи радиусининг ўртача миқдори;

R_a — ғадир-будирликнинг ўртача арифметик тойиши;

P_r, P_c — ҳақиқий ва контур босимлар.

2.3. Сиртқи ишқаланиш коэффиценти

Сиртқи ишқаланиш коэффиценти деб икки бир-бирига тегиб турувчи қаттиқ жисм орасидаги ишқаланиш кучининг шу жисмларни бир-бирига босиб турган нормал кучга нисбати айтилади.

И. В. Крагельскийнинг молекуляр-механикавий назариясига биноан у қуйидаги формула билан аниқланади:

$$f = \frac{F}{N} = \frac{F_m + F_g}{N} = f_m + f_g$$

бунда F — умумий ишқаланиш кучи;

N — нормал юклама;

F_m, F_g — ишқаланиш кучининг молекуляр (адгезион) ва механикавий (деформацион) қисмлари;

f_m, f_g — ишқаланиш коэффициентининг молекуляр (адгезион) ва механикавий (деформацион) қисмлари.

Биламизки, икки жисм бир-бири билан туташувда бўлишида бу жисмлар эластик, пластик ва эласто-пластик деформацияларга дучор бўлади. Эластик деформация деб икки жисм ташқаридан қўйилган куч таъсири остида деформацияланиб, куч олинган тақдирда ўз ҳолатларига ҳеч қандай ўзгаришсиз қайтишини айтилади.

Пластик деформацияда ташқаридан қўйилган куч таъсири йўқолган ҳолда бу жисмларда қолдиқ деформация ҳосил бўлади, яъни ташқари куч таъсири йўқотилган вақтида жисмларнинг ўзгариши (деформацияси) йўқолмайди. Эластик-пластик ҳолат жисмларда ҳам эластик, ҳам пластик деформациялар содир бўлишида юз беради.

Қаттиқ жисмларнинг ишқаланишида ҳосил бўладиган кучларнинг ўзаро таъсири юқорида айтилган фактик туташувда содир бўладиган деформация турларига ва туташувнинг тўйинганлигига ёки тўйинмаганлигига боғлиқ бўлади.

Тўйинган (насыщенный) туташув деб деталь юзи нотекислигидаги ҳақиқий туташувлар сони (n_r) уларнинг контур юзадаги сони (n_c) га тенг бўлган туташувга айтилади, яъни

$$n_r = n_c = 6 \cdot 10^{-3} \left(\frac{R_{\max}}{rb^{1/\nu}} \right)^{0,5} \frac{E}{1-\mu^2} \quad (2.13)$$

бу ерда n_c ва n_r — нотекисликнинг ҳақиқий ва контур юзаларидаги туташувлар сони.

Нотўйинган туташув деб ҳақиқий туташув сони (n_r) контур юзадаги туташув сонидан кам бўлган туташувга айтилади, яъни

$$n_r < n_c = 6 \cdot 10^{-3} \left(\frac{R_{\max}}{rb^{1/\nu}} \right) \frac{E}{1-\mu^2} \quad (2.13a)$$

Қаттиқ жисмларнинг ўзаро таъсири эластик ва пластик деформацияланган ҳолатлари бўлгандагина яхши ўрганилган. Эластик ва пластик деформациялар биргаликда содир бўлганида эса кам ўрганилган ва бу энг қийин муаммолардан биридир. Шунинг учун ҳам эластик ва плас-

тик деформациялар содир бўлган жисмларнинг ишқаланиш коэффициентини ҳисоблашни кўриб чиқамиз. Бунинг учун ўзаро таъсирда бўладиган икки қаттиқ жисмларнинг бири иккинчисига нисбатан бикрлиги камроқ деб фараз қиламиз, яъни бирлашмадаги икки қаттиқ жисмнинг биридаги ғадир-будирликни иккинчисининг танасига ботирилиб кириши мумкин деб оламиз.

Бунда эластик туташув бўлиши учун зарур шарт куйидагидан иборат:

$$\frac{h}{r} \leq 2,4(1 - \mu^2)^2 \left(\frac{HB}{E} \right)^2 \quad (2.15)$$

яъни туташув яқинлашувининг (h) ғадир-будирлик чўққилари радиусига (r) нисбати (2.15) формуланинг ўнг томонида келтирилган иборадан ёки кам, ёки тенг бўлиши керак.

Бу ерда h — ишқаланиш юзаларининг яқинлашуви;
 r — бикрроқ жисмнинг ғадир-будирлик чўққисининг радиуси;
 μ — бикрроқ жисм учун Пуассон коэффициенти;
 HB — бикрроқ жисмнинг Бринель бўйича қаттиқлиги;
 E — бикрроқ жисм эластиклик модули.

Пластик туташув бўлиши учун зарур бўлган шарт

$$\frac{h}{r} \geq 5,4(1 - \mu^2)^2 \left(\frac{HB}{E} \right)^2 \quad (2.16)$$

Нотўйинган пластик туташув контур босим (P_c) нинг куйидаги формула билан топиладиган қийматида юз беради:

$$14,5 \left(\frac{rb^{1/\nu}}{R_{\max}} \right) \left[\frac{HB(1 - \mu^2)}{E} \right]^4 \leq \frac{P_c}{HB} \leq \frac{0,5}{(\nu b^{1/\nu}) \left(\frac{\nu}{\nu - 1} \right)} \quad (2.16a)$$

Энди юқорида қайд қилинган боғлиқларни ҳисобга олган ҳолда ишқаланиш коэффициентини нотўйинган ва тўйинган туташувлари учун пластик ва эластик деформациялар содирлигида аниқлаш формулаларини келтирамиз.

Эластик нотўйинган туташув учун ишқаланиш коэффициенти:

$$f = f_m + f_d = \frac{2,4\tau_0(1-\mu^2)}{\nu(\nu-1)K_1E} \left(\frac{r}{h}\right)^{0,5} + \beta + \frac{a_r}{K_1\nu(\nu^2-1)} \left(\frac{h}{r}\right)^{0,5} \quad (2.17)$$

Эластик тўйинган туташув учун ишқаланиш коэффициентини:

$$f = f_m + f_d = \frac{2,4\tau_0(1-\mu^2)\nu^{0,5}}{E[\nu E - (\nu-1)E_H]^{0,5}} \left(\frac{r}{R_{\max}}\right)^{0,5} + \beta + \frac{0,5a_r}{\nu^{0,5}} \left(\frac{R_{\max}}{r}\right)^{0,5} [\nu E - (\nu-1)E_H]^{0,5} \quad (2.18)$$

Пластик туташув ҳам (2.16 га қаранг) тўйинган ва нотўйинган бўлиши мумкин.

Пластик тўйинмаган туташув учун ишқаланиш коэффициенти

$$f = f_m + f_d = \frac{\tau_0}{HB} + \beta + 0,55\nu(\nu-1)K_1 \left(\frac{h}{r}\right)^{0,5} \quad (2.19)$$

Пластик тўйинган туташув учун

$$f = f_m + f_d = \frac{\tau_0}{HB} + \beta + \frac{0,54}{\nu^{0,5}} \left(\frac{h}{r}\right)^{0,5} \left[\nu - (\nu-1) \frac{hH}{h}\right]^{0,5} \quad (2.20)$$

Трибоника фанига доир адабиётларда эластик ва пластик деформация давридаги тўйинган ва нотўйинган туташувлар учун юқорида келтирилган формулалар билан ишқаланиш коэффициентини аниқлаш келтирилган. Шунини айтиб ўтиш керакки пластик тўйинган туташувлар оғир юкланган (бирлашмаларда) ва тортиб ўтказишларда (посадка с натягом) рўй беради.

Кўпчилик оғир юкланмаган ишқаланиш бирлашмаларда (узелларда) пластик нотўйинган туташув содир бўлса ишқаланиш коэффициенти қуйидаги соддалаштирилган формула бўйича аниқланиши мумкин. Бунда типавий шлов беришлар учун $0,55\nu(\nu-1)K_1=0,4$ деб олинади. Бу иборани (2.19) га қўйсақ:

$$f = \frac{\tau_0}{HB} + \beta + 0,4 \left(\frac{h}{r}\right)^{0,5} \quad (2.21)$$

(2.15) ... (2.21) формулаларида ишлатилган белгилар:

h — нотўйинган туташувдан тўйинган туташувга ўтиш вақтидаги ишқаланиш юзаларининг яқинлашуви;

b, γ — таянч эгрилиги параметрлари (2.4 га қаранг);

- τ_0 — силжиш қаршилиги (уринма кучланиш);
 β — молекулалараро боғланиш пухталанганлигини ошириш коэффициентини;
 τ — молекулалараро боғланишнинг тангенциал пухталиги;
 a_r — гистерезисдан йўқотиш коэффициентини (коэфф. гистерезисных потерь) — справочниклардан (маълумотномалардан) олинади;
 K_1 — интеграллаш константаси (ўзгармас сон) — справочникдан олинади;
 μ — Пуассон коэффициентини;
 E — эластиклик модули;

$$\varepsilon = \frac{h_{\max}}{R_{\max}} \quad \text{— нисбий яқинлашув;}$$

$\varepsilon_H = \frac{1}{(bv)^{1/\nu-1}}$ — ҳамма гадир-будирликларнинг туташувга кириш вақтидаги яқинлашув.

(2.21) формуласига биноан пластик деформация вақтидаги туташув зонасида ишқаланиш коэффициентининг миқдори юзаларнинг яқинлашувига боғлиқ эмас, деформацион (механикавий) қисми эса яқинлашувга тўғри пропорционал ўзгаради.

Демак, пластик деформация вақтида қанча юза яқинлашуви миқдори катта бўлса, шунча ишқаланиш коэффициент юқори бўлади.

2.4. Ишқаланиш коэффициентига таъсир этувчи омиллар

2.4.1. Нормал юкламанинг ишқаланиш коэффициентига таъсири

Нормал юкламанинг ишқаланиш коэффициентига таъсирини билиш учун ишқаланиш коэффициентининг эластик нотўйинган туташув давридаги формуласига муносабат қиламиз (2.17 га қаранг):

$$f = f_m + f_\partial = \frac{2,4\tau_0(1-\mu^2)}{\nu(\nu-1)K_1E} \left(\frac{r}{h}\right)^{0,5} + \beta + \frac{a_r}{K_1\nu(\nu^2-1)} \left(\frac{h}{r}\right)^{0,5} \quad (2.17)$$

бунда $\frac{2,4\tau_0(1-\mu^2)}{\nu(\nu-1)K_1E} = A$; $\frac{a}{K_1\nu(\nu^2-1)} = B$ деб белгилаймиз ва юза тўлқинсимонлигини назарга олмай юза яқинлашуви миқдорини

$$h = 3,4R_a \left(\frac{P_a}{P_r} \right)^{0,3}$$

қўйиб чиқамиз:

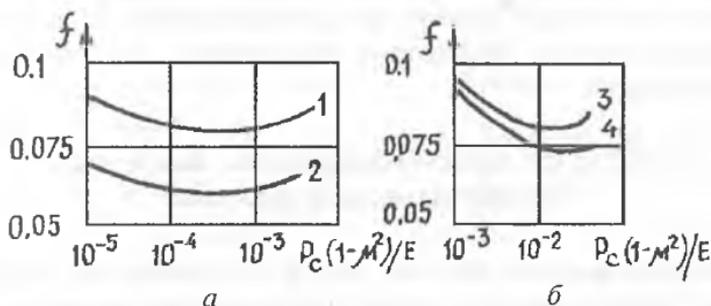
$$f = A \left(\frac{r}{3,4R_a \left(\frac{P_c}{R_r} \right)^{0,3}} \right)^{0,5} + \beta + \beta \left(\frac{3,4R_a \left(\frac{P_c}{P_r} \right)^{0,3}}{r} \right)^{0,5}$$

эки қавслар ичини ўзгартириб ёзилса:

$$f = A \left(\frac{r \cdot P_r^{0,3}}{3,4 \cdot R_a \cdot P_c^{0,3}} \right)^{0,5} + \beta + \beta \left(\frac{3,4 \cdot R_a \cdot P_r^{0,3}}{P_c^{0,3} \cdot r} \right)^{0,5}$$

Кўриниб турибдики, контур босими P_c (нормал юк) ошган сари ишқаланиш коэффициентининг молекуляр қисми камайиб боради, ишқаланиш коэффициентининг деформацион қисми ошиб боради. Эластик тўйинган туташув учун ҳам шундай ҳол сақланиб қолади. Буни (2.18) формулага (2.9) да келтирилган иборани қўйиб чиқилса яққол кўриш мумкин.

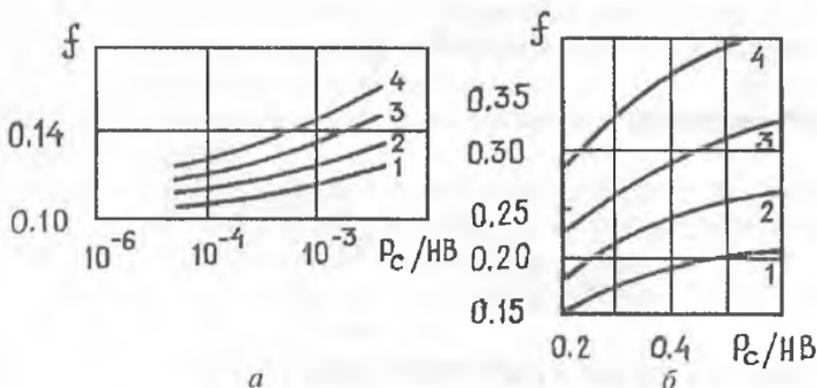
Қуйида эластик туташув бўлганда контур босим P_c (нормал юк) ошиши ва камайиши билан ишқаланиш коэффициенти ўзгаришининг эгри чизиқлари келтирилган (2.7-расм).



2.7-расм.

Ишқаланиш коэффициентининг эластик нотўйинганлик (а) ва эластик тўйинганлик (б) шароитда контур босимга (нормал юкламага) боғлиқлиги:

$$1 - a_r = 0,125; 2 - a_r = 0,1; 3 - \beta = 0,05; 4 - \beta = 0,03$$



2.8-расм.

Пластик туташув шароитида контур босим P_c (нормал юклама) ошиши ва камайишининг ишқаланиш коэффициентига таъсири.

a — нотўйинган туташувда; *б* — тўйинган туташувда.

1 — $\Delta=0,02$; 2 — $\Delta=0,05$; 3 — $\Delta=0,1$; 4 — $\Delta=0,2$

Расмдан кўринишича эластик туташувда нормал юклама (контур босим) кўпайган сари ишқаланиш коэффициенти камайиб боради ва ўзининг минимал миқдорига эга бўлади, ундан кейин ошиши мумкин. Пластик туташув шароитида контур босим P_c (нормал юклама) миқдори ошиши билан ишқаланиш коэффициенти бирмунча ошади. Буни (2.10) ва (2.10) га (2.9) ва (2.10) ларда келтирилган юзалар яқинлашуви миқдорини кўйиб қайта ишланса яққол кўриш мумкин.

2.8-расмда пластик туташув бўлганда контур босим P_c (нормал юклама) ошиши ва камайишининг ишқаланиш коэффициентига таъсирини кўрсатувчи эгри чизиқлар келтирилган.

2.4.2. Юза ғадир-будирлигининг ишқаланиш коэффициенти таъсири

Маълумки, икки қаттиқ жисм бирлашганда бикрроқ бўлган бир жисмнинг ғадир-будирликлари иккинчи нобикр жисмнинг танасига ботирилиб киради (мисол қилиб пўлат ва бронза бирлашмасини олиш мумкин). Бунда бикр бўлган жисм нобикр бўлган жисмга нисбатан камроқ деформацияланади (ёки бутунлай деформацияланмайди).

Шуни ҳисобга олиб ғадир-будирликнинг ишқаланиш коэффициентига таъсирини аниқлаш даврида бикрроқ жисмнинг деформациясини назарга олинмайди.

Ғадир-будирлик икки турда бўлади: юзага ишлов берилиб тайёрланганда ҳосил бўладиган бошланғич ва юзаларнинг ишлаб мосланганидаги (приработанная) барқарор (установившаяся) ғадир-будирликлар.

Ғадир-будирликни баҳолаш учун қуйидаги Δ комплекси ишлатилади:

$$\Delta = \frac{R_{\max}}{rb^{1/\nu}} \quad (2.22)$$

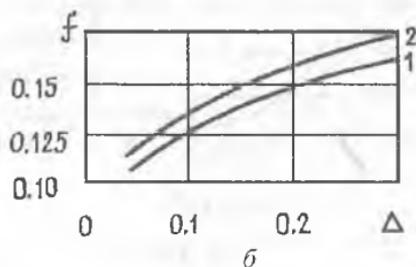
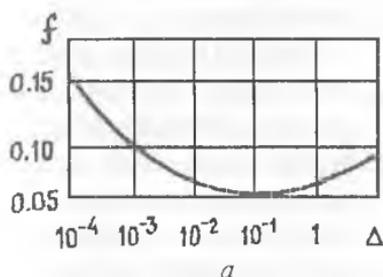
(2.17) ва (2.19) келтирилган иборалардан кўриниб турибдики, ишқаланиш коэффициенти, бошқа ҳадлар ўзгармас бўлганда, фақат чўққи радиуси (r) ва юзалар яқинлашуви (h) ларнинг ўзгаришига боғлиқ бўлади.

$$f \approx \left(\frac{r}{h}\right)^{0,5} + \left(\frac{h}{r}\right)^{0,5} \text{ — эластик туташув учун,}$$

$$f \approx \frac{h}{r} \text{ — пластик туташув учун.}$$

Буни ҳисобга олган тақдирда (2.22) формулани эътиборга олиб шундай хулосаларга келиш мумкин:

1. Эластик туташув даврида ғадир-будирлик комплекси Δ ошиши билан ишқаланиш коэффициентининг молекуляр қисми камаяди, деформацион қисми эса кўпаяди (чунки r миқдори қанча кўп бўлса шунча Δ кам бўлади (2.22) га қаранг). Ёки Δ ўзгариши r га тесқари пропорци-



2.9-расм.

Ишқаланиш коэффициентининг эластик (a) ва пластик (b) туташувларда ғадир-будирлик комплекси (D) га боғлиқлиги.

$$1 - \frac{P}{E} = 5 \cdot 10^{-3}; \quad 2 - \frac{P}{HB} = 10^{-2}$$

онал бўлгани учун ишқаланиш коэффициентининг молекуляр қисми камаяди, деформацион қисм эса кўпаяди.

Ишқаланиш коэффициенти миқдори эластик туташув даврида ўзининг минимумига эгадир (2.9 а-расм).

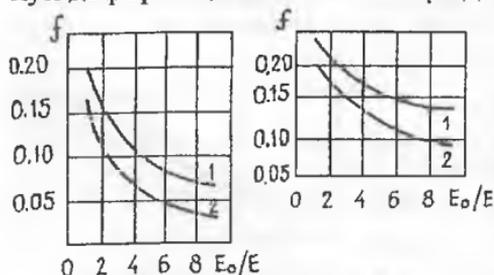
2. Пластик туташувда ғадир-будирлик қанча кўп бўлса, ишқаланиш коэффициенти шунча кўп бўлади, чунки пластик туташув учун $f \approx \frac{h}{r}$ (2.9 б-расмга қаранг).

2.4.3. Туташувдаги материаллар механикавий хусусиятларининг ишқаланиш коэффициентига таъсири

Энди туташувдаги материалларнинг эластиклик модули — E ва юзанинг Бринель қаттиқлиги — $HВ$ ларнинг ишқаланиш коэффициентига таъсирини кўриб чиқамиз. Чунки улар материаллар механикавий хусусиятларининг асосий кўрсаткичларидир.

Агар (2.17) ва (2.18) формулаларига диққат билан қаралса материалларнинг эластиклик модули миқдори кўпайган сари ишқаланиш коэффициенти камайиб боришини кўрамиз, яъни формулалардаги E дан бошқа ҳадлар ўзгармас деб олинса ишқаланиш коэффициенти тахминан E дан қуйидагича боғлиқликда бўлади: $f \approx \frac{1}{E}$

Юқорида бикрроқ жисм деформацияга кам учраши (ёки умуман деформацияланмаслиги), нобир жисм эса кўп деформацияланишини қайд қилган эдик. Демак, эластик туташув бўлганда



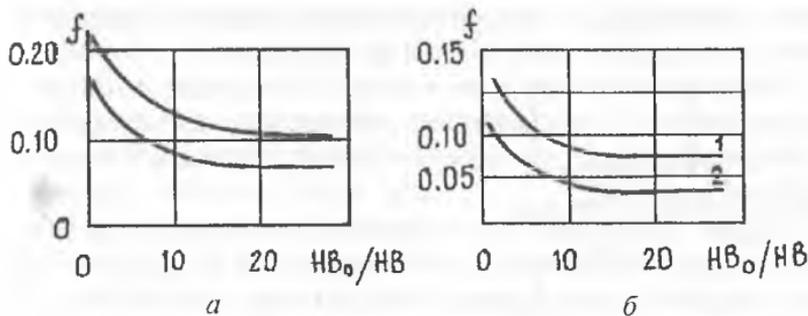
а 2.10-расм. б

Ишқаланиш коэффициентининг эластик нотўйинган (а) ва тўйинган (б) контактларда эластиклик модулига боғлиқлиги.

$$1-\beta=0,05; 2-\beta=0,01$$

ишқаланиш коэффициентига нобир материалнинг эластиклик модули таъсир этади. Бундай ҳол 2.10-расмда келтирилган тўйинганлик ва нотўйинганлик туташувлар учун эгри чизиқларда яққол кўришиб турибди.

Пластик туташув бўлганда ишқаланиш



2.11-расм.

Ишқаланиш коэффициентининг пластик нотўйинганлик (а) ва тўйинган (б) туташувдаги материал қаттиқлигига боғлиқлиги.
 $1 - \beta = 0,05$; $2 - \beta = 0,01$

коэффициентига материалларнинг қаттиқлиги ($HВ$) таъсир кўрсатади. (2.19) ва (2.20) формулалардан кўришиб турибдики пластик туташув даврида материал қаттиқлиги (қолган ҳадлар ўзгармас бўлганда) ошиши билан ишқаланиш коэффициенти камайиб боради, яъни тахминан қуйидаги боғлиқлик рўй беради:

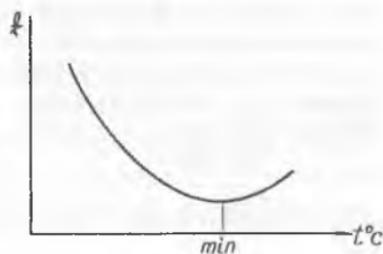
$$f \approx \frac{1}{HВ}$$

Бу боғлиқлик 2.11-расмда эгри чизик тасвирида келтирилган.

2.4.4. Туташувдаги қаттиқ жисмларда ҳосил бўладиган иссиқликнинг ишқаланиш коэффициентига таъсири

Туташувдаги қаттиқ жисмларда ҳосил бўладиган иссиқликнинг ишқаланиш коэффициентига таъсирини бир маъноли сўз билан айтилиши ҳозирча аниқланмаган.

Бу борада фақат қуйидаги фикр мавжуд: ишқаланиш коэффициенти молекуляр қисми икки қаттиқ жисм ишқаланганда ҳосил бўладиган иссиқлик ажралиб чиқиши қанча кўп бўлса шунча камаяди, деформацион қисм эса кўпайиб боради. Умуман олганда, иссиқлик ажралиши-



2.12-расм.

Ишқаланиш коэффициентининг туташувдаги жисмларда ҳосил бўладиган иссиқликка боғлиқлиги

нинг кўпайишида ишқаланиш коэффициентининг ўзининг минимал миқдорига эга бўлади (2.12-расм).

Юқорида келтирилган номинал юкламанинг, гадир-будирликнинг, материаллар хоссаларининг ишқаланиш коэффициентига, таъсири жисмлар ҳаракатсиз ишқаланишига оид эди.

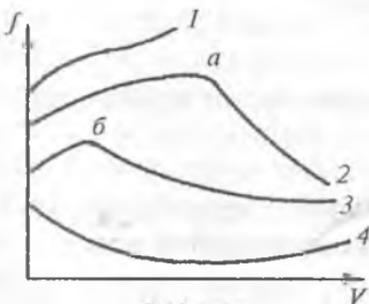
Шуни таъкидлаб ўтиш керакки, жисмлар ҳаракатидаги ишқаланиш коэффициенти сирпаниб ишқаланиш тезлиги ўзгарган сари ўзгариб бориши керак. Лекин бу масала бўйича ҳозирча бир маъноли жавоб олимларда йўқ.

И. В. Крагельский ишқаланиш кучининг сирпаниб ишқаланиш тезлигига таъсирини аниқлаш учун қуйидаги эмперик формулани таклиф этади:

$$F=(a+bv)e^{-cv} + d \quad (2.23)$$

бу ерда a, b, c, d — коэффициентлар;

v — сирпаниб ишқаланиш тезлиги.



2.13-расм.

Ишқаланиш коэффициентининг сирпаниб ишқаланиш тезлигига боғлиқлиги.

1 — кичик юкламада; 2 — ўрта юкламада; 3 — ўртача юкламада (босим кўпайганда); 4 — катта юкламада.

Бундан кўриниб турибдики, ишқаланиш кучи билан (демак ишқаланиш коэффициенти) сирпаниб ишқаланиш тезлиги орасида мураккаб боғлиқлик бор. Бу боғлиқлик график тасвирда 2.13-расмда келтирилган.

2.13-расмда кўринишича кичик юклама бўлганда (2, 3-эгри чизиклар) сирпаниб ишқаланиш тезлиги ошиши билан ишқаланиш коэффициенти ўзининг максимал нуқтасидан ўтади (а ва б нуқталар), шунинг билан бир қаторда босим ўзгарган сари (3 эгри чизик) максимал нуқта сирпаниб ишқаланиш тезлигининг бир қанча оз миқдорига тўғри келади.

2.5. Ишқаланиш коэффициентини ҳисоблаш усули

Ишқаланиш коэффициентини ҳисоблаш икки хил усул билан олиб борилади: аналитик ва экспериментал.

Аналитик метод бўйича ишқаланиш коэффициентининг деформацион қисми (f_g) бирлашувдаги нобикр жисмнинг механикавий хоссалари бўйича, шунингдек бикрроқ жисм юзасининг макрогеометрияси ва ишқаланиш жуфтлигида контур босим қийматини топиш бўйича аниқланади.

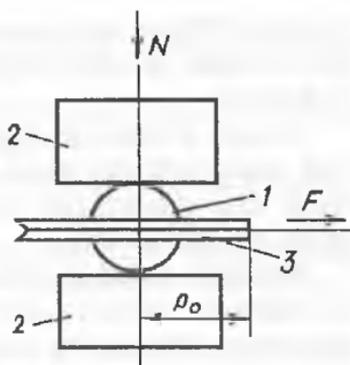
Ишқаланиш коэффициентининг молекуляр қисми (f_m) эса экспериментал йўл билан топилади. Бунинг учун ишқаланиш коэффициенти деформацион қисмининг таъсирини йўқотиш ёки назарга олинмас даражада энг кичик миқдорга келтириш керак ($f_g=0$).

Ишқаланиш коэффициентининг молекуляр қисмини экспериментал усул билан топиш учун 2.14-расмда келтирилган схемадан фойдаланилади.

Шарик (1) икки текис ва бир-бирига параллель бўлган материал намуналари орасида N кучи билан сиқилади. Бунда шарик (1) ишқаланувчи жуфтликнинг материалга қараганда қаттиқроқ материалдан тайёрланган бўлиши ва ғадир-будирлиги кичик миқдорда бўлиши ($R_a=0,02$ мкм дан ҳам тозароқ бўлиши) керак. Шарик симметрия ўқи атрофида айлана бошлайди ва шунда F ўлчанади. Шу йўсинда ўлчанган ишқаланиш кучи унинг молекуляр қисмига тенг бўлади, чунки юқорида айтилган шартга биноан тажрибада ишқаланиш кучининг деформацион қисми нолга тенг ($F_g=0$) деб олинган. Шарикнинг айлантирилиши қулай бўлиши учун у махсус дискалик ҳалқага (обоймага) (3) ўрнатилади. Аниқланган ишқаланиш кучининг молекуляр қисми (F_m) бўйича ишқаланиш коэффициенти топилади, яъни

$$f = \frac{F}{N}$$

Кўпинча амалиётда ишқаланувчи аниқ жисмлар материалларининг берилган хоссалари ва юза характери-



2.14-расм.

Ишқаланиш коэффициентининг молекуляр қисми (f_m) ни топиш схемаси ($f_g=0$ бўлганда).

1 — силлиқ жилоланган шарик; 2 — ғадир-будурлиги 10...12 класс бўйича тайёрланган сингалувчи материаллар; 3 — дискалик махсус обойма.

калари бўйича ишқаланиш коэффициентни топилиши керак бўлади. Бундай шартда қўйилган масала тўғри масала дейилади.

Демак, ишқаланиш коэффициентини олдиндан берилган ишқаланувчи икки жисмнинг материаллари ва уларнинг юза характеристикалари бўйича аниқлаш **тўғри масала** деб айтилади.

Тескари масала деб олдиндан берилган ишқаланиш коэффициентининг қиймати бўйича ишқаланувчи жуфтликнинг материали, юзаларнинг характеристика ва унинг режимини аниқлашга айтилади.

Тескари ва тўғри масалаларни ечиш қуйидаги тартибларда олиб борилади.

Тўғри масала

1. Туташув юзаларининг механикавий характеристикаларини аниқлаш (маълумотномаларга асосланиб ёки синнов йўли билан).

2. Ишқаланиш сиртларининг ғадир-будирлик характеристикаларини топиш (профилограммалар ёки маълумотномалардан).

3. F_m ни аниқлаш (юқорида келтирилган усул билан ёки маълумотномалардан).

4. Маълумотномаларга асосланиб қуйидаги формулар бўйича контур P_c ва ҳақиқий P_r босимларни аниқлаш.

Контур босим:

$$P_c = 0,45 \left(\frac{Hb}{Rb\theta_{\Sigma}^2} \right)^{0,43} P_a^{0,14} \quad (2.24)$$

Икки ғадир-будир сирт чўққиларининг эластик деформацияланишида ҳақиқий босим қуйидагича аниқланади:

$$P_r = 0,61 \left(\frac{R_a}{r\theta_{\Sigma}^2} \right)^{0,43} P_c^{0,14} \quad (2.25)$$

чўққиларнинг пластик деформациясида:

$$P_r = P_c - 0,4 \sqrt{\frac{H^3}{P_c}} \quad (2.26)$$

Деформацияланган сиртларнинг қайтадан юкланишида ҳақиқий босим қуйидагича топилади:

$$P_q = H \left(\frac{N}{N_3} \right)^{1/3} \quad (2.27)$$

5. (2.9a, 2.9, 2.10) формулалари орқали юзалар яқинлашуви (h) ни топиш.

6. (2.15, 2.16) формулалари ёрдамида туташув (эластик ёки пластик) турини аниқлаш.

7. (2.13a, 2.16a) формулалари ёрдамида туташувнинг тўйинганлигини аниқлаш.

8. (2.17, 2.18, 2.19, 2.20) формулалардан фойдаланиб шик шарт бўйича ишқаланиш коэффициентини топиш.

Тескари масала

1. Кўрсатилган шартларга биноан ишқаланиш коэффициентининг молекуляр (f_m) қисмини топиш ва ишқаланиш узелининг ишини таъминловчи материалларни аниқлаш (маълумотларга асосланиб).

2. (2.24) формуласига асосланиб контур босим P_c ни ва (2.25, 2.26, 2.27) типдаги формулалар ёрдамида ҳақиқий босим P_r ни аниқлаш.

3. (2.9a, 2.9, 2.10) формулаларидан фойдаланиб сиртлар яқинлашувини аниқлаш.

4. (2.15, 2.16) формулалари ёрдамида туташув (эластик ёки пластик) турини аниқлаш.

5. (2.13a, 2.16a) формулаларини қўллаб туташувнинг тўйинганлигини аниқлаш.

6. Берилган типдаги туташув учун контур босим ва сирт микрогеометриясининг параметрлари миқдорини олинган натижа бўйича ўзгартириш йўли билан керак бўлган ишқаланиш коэффициентини (2.17, 2.18, 2.19, 2.20) формулалари ёрдамида топишга эришиш.

7. Олинган маълумотларга асосан контур босим P_c нинг яна бир бор аниқлаштирилиши.

8. Аниқлаштирилган контур босим бўйича (2.14, 2.25, 2.26), шунингдек (2.9a, 2.9) формулаларини қўллаш билан ғадир-будирлик ва тўлқинсимонлик параметрларини (R_a , H_b , R_b) ва ишлов бериш турларини аниқлаш.

Инженерлик амалиётда тўғри ва тескари масалалар маълумотномаларда бериладиган махсус номограммалар ёрдамида ечилади.

2.6. Ғадир-будир юзалар ишқаланишидаги ейилиш

2.6.1. Ейилиш турлари таснифи

Юқорида (1.2 га қаранг) ейилиш таснифини келтирган эдик. Яна бир бор қайтариб ўтамиз.

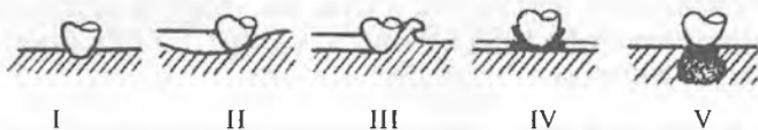
Ейилиш — бу ишқаланиш давридаги юзаларнинг емирилиш ва юза қатламларининг ажралиб чиқиш ва (ёки) ишқаланишда ҳосил бўладиган қолдиқ деформацияларнинг йиғилиб қолиш жараёни бўлиб, бунда аста-секин деталларнинг ўлчамлари ва (ёки) шакллари ўзгаради.

Ейилиш таърифидан кўринишича, ейилиш даврида деталь юзалари емирилади, юза қатламларидан материаллар заррачалари ажралиб чиқади. Ажралиб чиққан материал заррачаларининг ўлчами микрометрдан кичик ва микрометрдан бир неча марта ортиқ бўлиши мумкин. Бу ҳодисага юкломанинг қайта-қайта таъсири, туташувдаги ҳарорат импульсининг айрим юзаларида катта бўлиши ёрдамлашади ва бунда қайтариб бўлмас ўзгаришлар юз бериб кучланишлар ошиб боради. Шу сабабли деталь материали юзасида микродарзликлар пайдо бўлади ва улар юзаси материалдан майда заррачаларнинг ажралиб чиқишига ва хуллас деталь ейилишига олиб келади.

Ейилиш жараёнини бундай таърифлаш проф. И.В. Крагельский назариясига мансубдир. 2.15-расмда И.В. Крагельский таклиф қилган ейилиш турлари таснифи келтирилган. Проф. И.В. Крагельский таснифида келтирилган ишқаланишдаги (фрикцион) боғлиқларнинг асосий характеристикаларига тўхтаб ўтамиз (2.15-расм).

I. Эластик сиқиб чиқариш (оттеснение) туташув зонасида кучланиш оқувчанлик чегараси (предел текучести) миқдоридан ошиб кетмаганида содир бўлади. Бунда ейилиш деталь материалининг чарчаш (усталость) ҳодисаси рўй бериши туфайли бўлади ($n \rightarrow \infty$).

II. Пластик суриб чиқариш туташув зонасида кучланиш оқувчанлик чегарасига етганда содир бўлади, лекин



2.15-расм.

И.В. Крагельскийнинг ишқаланишдаги фрикцион боғланиш таснифи.

жисм метали контржисм дўнглиги атрофидан сурилиб (обтекает) чиқади. Бунда ейилиш кўпцикллик пластик деформация (кўпцикллик фрикцион чарчаш) натижасидир ($Kn < \infty$).

III. Микроқирқиш — туташув кучланишлари ёки туташув деформациясининг миқдори емирилишига олиб келадиган миқдорда бўлганлигида содир бўлади. Бу ҳолда ейилиш жисмларнинг ўзаро ҳаракат бир маротаба бўлганда содир бўлади ($n \rightarrow 1$).

IV. Фрикцион боғланишнинг адгезион бузилишида ёпишиб қолган юпқа металл пардалари емирилади. Бу юпқа пардалар деталь металининг бевосита емирилишига олиб келмайди, ёки металл чарчаш жараёнининг бевосита емирилишига олиб келмайди, лекин туташув кучланиши ва деформациясининг миқдорига таъсир этади ёки металнинг чарчаш жараёнининг тезланишига ёрдам беради. Адгезион бузилиш юпқа металл пардасининг пухталиги (маҳкамлиги) асосий металл пухталигидан оз бўлганда рўй беради, яъни металл хусусиятлари градиенти мусбат бўлган тақдирда:

$$d\tau|dh > 0 \quad (2.28)$$

V. Когезион ўйилиш юпқа парда пухталиги (маҳкамлиги) асосий материал пухталигидан юқори бўлганда содир бўлади, яъни металл хусусияти градиенти манфий бўлганда:

$$d\tau|dh < 0 \quad (2.29)$$

Бунда ейилиш жисмларнинг ўзаро ҳаракати бир маротаба бўлганда материалнинг металл қаъридан суғирилиб (юлиниб) чиқиши ҳисобига бўлади.

Ейилиш миқдор жиҳатдан эластикликда минимал бўлади, микроқирқув ва когезион ўйилишда максимал бўлади.

И.В. Крагельский назариясидан ташқари бошқа олимлар ҳам ўзининг ейилиш турлари классификациясини (таснифини) таклиф этганлар. Булар қаторига Бринель (1921 й), М.М. Хрушов, Б.И. Костецкий, М.М. Тененбаум, Ш.М. Биликлар таснифларини келтириш мумкин.

Ейилиш таснифини биринчи бўлиб 1921 йилда Бринель томонидан берилган. Унинг таснифи кинематик бел-

гилари ва юзалар орасида мойнинг бор-йўқлигига қараб тузилган бўлиб, қуйидагилардан иборат:

1. Мойсиз думалаб ишқаланишда;
2. Мойли думалаб ишқаланишда;
3. Мойсиз сирпаниб ишқаланишда;
4. Мойли сирпаниб ишқаланишда;
5. Икки қаттиқ жисмлар ўртасида;
6. Қаттиқ жисмлар жилвирловчи порошоклар билан ажралиб туришида.

М.М. Хрушов томонидан тузилган ейилиш таснифи асосида ейилиш эффеќтини аниқловчи хизмат белгилари ва характери ётади. Улар бўйича М.М. Хрушов ейилиш турларини қуйидаги гуруҳларга бўлади:

1. Механик ейилиш:
 - а) абразив ейилиш;
 - б) пластик ишқаланиш натижасида ейилиш;
 - в) мўртликдан емирилиш натижасида ейилиш;
 - г) чарчашдан ейилиш;
2. Молекуляр-механикавий ейилиш (ҳаво кислород таъсирида оксидланишда);
3. Коррозион-механикавий ейилиш (ҳаво кислороди таъсирида оксидланишда);
4. Кавитацион ейилиш.

Б.И. Костецкий машина деталларининг ейилиш турларини ишқаланиш жуфтлигидаги металнинг сиртларида рўй берадиган асосий жараёнларга асосланиб таснифлайди. Бундай жараёнларга қуйидагиларни киритган: пластик деформацияланиш; пухталаниш; металл боғланишларининг пайдо бўлиши ва уларнинг емирилиши; адсорбция; диффузия ва кимёвий боғланишларнинг ҳосил бўлиши; қизиш ва иссиқлик чиқиш натижасида металл хусусиятларининг ўзгариши; қирқиш ва чарчаш рўй бериши.

Б.И. Костецкий таснифи бўйича ейилиш етакловчи ва ҳамроҳ бўладиган турларга бўлинади. У машина деталларининг асосий ейилиш турларини қуйидагиларга ажратади: биринчи турдаги қаттиқ тишлашиб қолишдан, оксидланишдан, иссиқлик ажралиб чиқишдан (иккинчи турдаги қаттиқ тишлашиб қолишдан), абразивдан, чечаксимон (чарчашдан).

Б.И. Костецкий барча емирилиш жараёнларини нормал (назарий жиҳатдан муқаррар ва амалиётда йўл қўйилмайдиган) ва патологик равишда рўй берадиган шикастланиш (машина ишлаш даврида йўл қўйилмайдиган) ларга бўлиб чиқади.

1. Йўл қўйилмайдиган ейилиш турлари:

- а) оксидланиб ейилиш;
- б) нокислород пардаларнинг ейилиши;
- в) қиринди чиқармайдиган ва тирналмайдиган абразив ейилиш.

2. Шикастланишлар (йўл қўйилмайдиган ейилиш турлари):

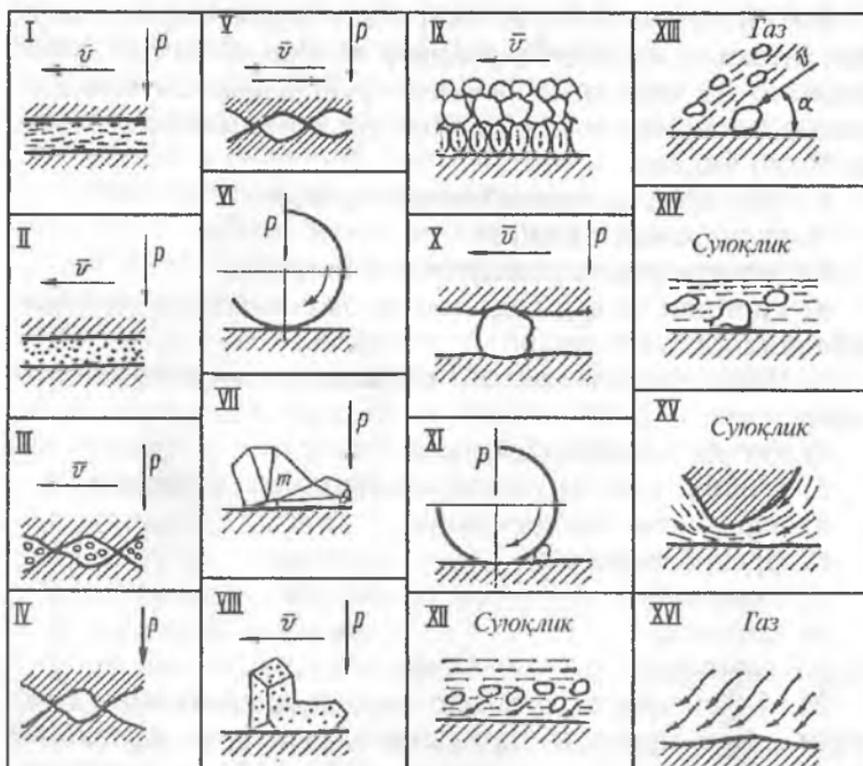
- а) қаттиқ тишлашиб қолиш;
- б) қириндилик ва тирналишлик абразив ейилиш;
- в) чарчашдан шикастланиш;
- г) фреттинг-жараён;
- д) эзилиш;
- е) занглаш;
- ж) кавитация.

М.М. Тененбаум деталлар сиртқи қатламининг емирилиш жараёнини ейилган сиртлардан ўрни қоладиган бирламчи емирилиш характери бўйича фикр юргизади. У, Б.И. Костецкийга ўхшаб, сиртларнинг ҳар хил жойларида ҳар хил ейилиш турлари содир бўлиши мумкин, лекин катта тезликда рўй берадиган биргина жараён амалий аҳамиятга эга бўлади, дейди.

М.М. Тененбаум ишқаланиш жараёнида деталь сиртида қуйидаги емирилиш турларини ажратади: материалларнинг қирқилиши, узилиши туфайли емирилиш; материал чарчашдан емирилиш; материалнинг полидеформацион жараёндан емирилиши. М.М. Тененбаум сиртқи қатламнинг емирилишидан олдин унинг бўшатилиш (разупрочнение) жараёни рўй беради ва қуйидагиларга бўлинади дейди: механикавий, иссиқлик чиқиш, кимёвий ва адсорбцион.

М.М. Тененбаум фрикцион туташувларнинг 16 турдан иборат ишқаланиш жараёнлари таснифини тавсия қилади (2.16-расм):

1. Гидродинамик ёки гидростатик шароитларда суяқ мойланиш эффеқтини ушлаб туришда;



2.16-расм. М. М. Тененбаумнинг ейилиш жараёнлари таснифи

- II. Газсимон мойлаш шароитида;
 III. Чегаравий мойлаш шароитида;
 IV. Қуруқ ишқаланишда (аҳён-аҳёнда бўладиган қаттиқ тишлашиб қолиш, ғажилиш, оксидланишдан ейилиш);
 V. Туташган деталлар тебранма ҳаракатланганда қуруқ ишқаланиш ёки чегаравий мойланиш;
 VI. Туташувдаги кучланиш циклик таъсир этишида думалаб ишқаланиш (питтинг, чўтирсимон ейилиш);
 VII. Жисмларнинг ўзаро урилишида (чарчашдан ёки полидеформацион жараёнлардан ейилиш, сиртқи қатламнинг яхлит емирилишидаги ейилиш);
 VIII. Монолит (мустаҳкам) абразив таъсирида ейилиш;
 IX. Деталларнинг абразив масса бўйича ҳаракатида;
 X. Туташувчи сиртлар сирпаниб ишқаланишида ва улар тирқишида абразив заррачалар бўлганида;

XI. Думалаб ишқаланишда ва абразив заррачалар борлигида;

XII. Суюқлик оқими бўйлаб ҳаракатланувчи қаттиқ заррачаларнинг механикавий таъсири натижасида (гидроабразив ейилиш, коррозион-механикавий ейилиш);

XIII. Газ оқими бўйлаб ҳаракатланувчи қаттиқ заррачаларнинг механикавий таъсири натижасида (газоабразив эрозия);

XIV. Локал гидравлик зарбанинг циклик таъсири шароитида (ейилишнинг кавитацион тури, кавитацияли эрозия);

XV. Катта тезликда бўлган суюқлик оқими таъсирида (гирқиш эрозияси);

XVI. Катта тезликда бўлган газ оқими таъсирида (газовий эрозия).

Юқорида келтирилган таснифлар қаторига Ш.М. Билик таснифини ҳам киритиш мумкин. Ш.М. Билик пластмассаларга мувофиқ қуйидаги ейилиш механизмларини келтиради: 1) сохта эластик (псевдоупругий); 2) тўлқинсимонлик; 3) пластиклик; 4) абразивлик; 5) комбинацион. Ш.М. Билик пластмассалар ишқаланиш сиртлари микрогеометриясининг шаклланиши бўйича ейилиш механизмларини ажратади. У материаллардаги катта бўлмаган урунма кучлар таъсири юза нотекистикларнинг пластик деформацияси натижасида сундирилади, яъни пўлат-пластмасса жуфтлигида ейилишнинг эластик механизми содир бўлмайди, юзаларнинг эластик туташувланиши ҳамма вақт пластмассада пластик деформация содир бўлишига олиб келади деб ҳисоблайди. Бундай ейилиш механизмини сохта эластик деб айтади. Эластик, тўлқинсимон, пластик ва абразив ейилиш механизмлари биргаликда бўлганда содир бўладиган ейилишни Ш.М. Билик комбинациялашган ейилиш механизмини ташкил қилади деб ҳисоблайди.

Шундай қилиб, кўпчилик олимлар ҳар хил белгилар ва шароитлар бўйича ейилиш таснифларини тавсия этадилар.

ГОСТ 23.002—78 да стандартлаштирилган ишқаланиш таснифи келтирилади (2.17-расмга қаранг).

Таснифдан кўринишича, ейилишнинг икки асосий тури стандартлаштирилган: механикавий ва ғажилишдан

(деталь юзалари материалнинг қаттиқ тишлашиб қолишдан).

Механикавий ейилиш деталь юзаларининг ўзаро механик таъсири остида юз беради ва у қуйидаги турларга эга.

Коррозион — механикавий ейилиш механикавий таъсир натижасида рўй бериб, у билан бир вақтда деталь материали атроф-муҳит билан ўзаро химиявий таъсирга дучор бўлади.

Оксидланиб ейилишда, асосан, материалга кислород ёки оксидловчи ташқи муҳит таъсир кўрсатади, яъни кислород ёки оксидловчи ташқи муҳит деталь материалини оксидлайди, сўнгра оксид плёнкалар ҳосил бўлиши натижасида ейилиш ҳосил бўлади.

Абразив-механикавий ейилиш, асосан, эркин ёки маҳкамланган қаттиқ абразив заррачаларнинг металл юзини қирқиши ёки тилиб кетиши натижасида юз беради. Агар суюқлик таркибида абразив заррачалари бўлса — гидроабразив ейилиш дейилади.

Чарчашдан ейилиш вақтида материалга таъсир этадиган кучларнинг бир неча бор қайтарилиши натижасида деталь юзаси чарчайди ва аста-секин ейила бошлайди.



2.17-расм.

ГОСТ 23.002—78 бўйича ишқаланиш турлари таснифи

Эррозион (чиришдан) ейилиш суюқлик оқимининг металга таъсири остида ҳосил бўлади. Гидро ва газозерозион ейилиш сув ёки газ оқимининг металга таъсири остида содир бўлади. Эрозион ейилишга электроэрозион ейилиш ҳам киради. Бунда электр туташувлари бир неча бор уланиб-ажралиш даврида туташувнинг металл заррачалари эрозияси (кураши) натижасида аста-секин юлиниб чиқади ва вақт ўтиши билан туташувнинг ейилиши содир бўлади (мисол, автомобилнинг узиб-тақсимлагич контактининг ейилиши).

Гидроэрозион ейилиш қаттиқ жисмга нисбатан суюқликнинг ҳаракати натижасида бўлади. Бунда жисм юзасида пуфакчалар ҳосил бўлиб, сўнгра улар ёрилиб кетиши натижасида жисм юзасида катта босим ёки иссиқлик ҳосил бўлади ва бу босим ёки иссиқлик юзанинг ейилишига олиб келади.

Фреттинг ейилиш жисмнинг кичик тебранишлари ва нисбий ҳаракати натижасида содир бўлади (фреттинг сўзи инглиз тилидаги *fret* сўзидан олиниб ўймоқ, емирмоқ маъносини англатади). Фреттинг-коррозион ейилиш занглаб емирилиш вақтида рўй беради.

Ғажилишдан ейилиш материалнинг металл қаъридан юлиниб чиқиши ва бир юзадан иккинчи юзага ёпишиб ўтиши орқали содир бўлади.

Яна бир бор қайтариб ўтиш керакки, ейилиш жисм юзаларининг емирилиш жараёнидир. Одатда ейилиш жараёнида ейилишнинг ҳар хил турлари бир вақтда юз бериши мумкин. Лекин улар ичида биттаси муҳим роль ўйнайди ва у ейилиш характерини ва миқдорини аниқлаб беради.

Демак, ейилиш миқдори ейилиш жараёнининг ҳосилдир.

Ейилишнинг уч тури мавжуд: ишқаланувчи жисмлар ўртасида ёғловчи модда бўлмаслигида (қуруқ ишқаланишда), ишқаланувчи жисмлар орасидаги мой қатлами (0,1 мкм гача бўлганда (чегаравий ишқаланишда) ва абразив ейилиш (ишқаланувчи жисм юзаси абразив масса ёки абразив дончалар таъсири остида бўлганда).

Юзаларнинг деформацияланиши бўйича ишқаланиш эластик, пластик туташув жараёнида ва микроқирқув даврида содир бўлади.

ГОСТ 23.002—78 ейилишнинг бир қанча таърифларига тўхталиб ўтади. Буларга қуйидагилар киради:

а) чекка (предельный) ейилиш — буюм юзасининг энг охири ишлаши мумкин бўлган ҳолатига тўғри келадиган ейилиш;

б) жоиз (допустимый) ейилиш — жисмнинг ҳали ишлай олиши мумкин бўлгандаги ейилиш;

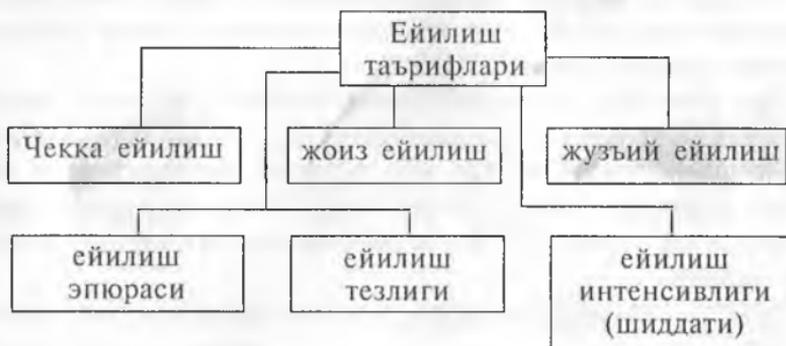
в) жузъий (местный) ейилиш — буюмнинг бир жойида бўлган ейилиш;

г) ейилиш эпюраси — ишқаланиш юзаси бўйича ёки аниқ кесимда жузъий ейилишнинг график шаклидаги тасвири;

д) ейилиш тезлиги — ейилиш миқдорининг ейилиш даврида сарф бўлган вақтга нисбати;

е) ейилиш жараёнининг интенсивлиги (шиддати) — ейилиш миқдорининг ейилиш йўлига ёки ейилишда бажарилган иш ҳажмига нисбати.

2.18-расмда ейилишнинг ГОСТ 23.002—78 да берилган таърифлари таснифи берилган.



2.18-расм.

Ейилишнинг ГОСТ 23.002—78 бўйича таърифлаш таснифи

2.6.2. Ейилиш интенсивлигини ҳисоблаш

Ейилиш миқдорининг ейилиш содир бўлган йўлга ёки бажарилган иш ҳажмига нисбати ейилиш интенсивлиги деб аталади.

Чизиқли ейилиш интенсивлиги номинал юзадан ажралиб чиққан материал ҳажмининг ишқаланиш йўлига нисбати билан аниқланади:

$$J = \frac{U_z}{A_a L} \quad (2.30)$$

бу ерда U_z — ишқаланиш йўли L да ажралиб чиқадиغان материал ҳажми (мкм³);

A_a — номинал туташув юзаси (мкм²).

Аслида материал ҳақиқий юза уриниш нуқтасидан ажралиб чиққани учун (2.30) формуласига ўхшатиб нотекисликнинг биргина ўзаро таъсир этишидаги солиштирма ейилиш интенсивлиги

$$i_h = \frac{U_d}{A_r d} \quad (2.31)$$

бу ерда U_d — d йўлидаги сурилишда A_r юзидан ажралиб чиқадиغان материал ҳажми (нотекисликларнинг бир мартагина ўзаро таъсири натижасида);

d — уриниш нуқтаси ҳосил қилган жойнинг ўртача диаметри. (2.30) ни (2.31) га бўламиз

$$\frac{J}{i_h} = \frac{U_z \cdot d A_r}{U d L A_a} \quad (2.32)$$

Агар ейилиш вақт бўйича бир текис бўлса, унда ейилган ҳажмлар ишқаланиш йўлларига пропорционал бўлиши аниқдир, яъни

$$\frac{U_z}{U d} = \frac{1}{d} \quad (2.33)$$

(2.32) га (2.33) ни қўйиб чиқсак қуйидаги ифодани оламиз.

$$J = i_h \frac{A_r}{A_a} \quad (2.34)$$

$P_a = \frac{N}{A_a}$ ва $P_r = \frac{N}{A_r}$ лигини билган ҳолда қуйидагича ёзиб чиқамиз

$$J = i_n \frac{N}{P_r} \cdot \frac{P_a}{N} = i_n \frac{P_a}{P_r} \quad (2.35)$$

Агар нотекисликларнинг биргина ўзаро таъсирида u_d ҳажмли материал ажралиб чиқса, n цикли ўзаро таъсирда қуйидаги ҳажм ажралиб чиқади

$$U_{\vartheta} = n \cdot u_d \quad (2.36)$$

Ғадир-будир юзаларни шарсимон сегментлар ёрдамида моделлаш йўли билан U_{ϑ} ни ҳисоблаш учун қуйидаги формулани олиш мумкин (исботсиз келтирамиз)

$$U_{\vartheta} = \frac{A_r h}{\nu + 1} \quad (2.37)$$

(2.31) га (2.36) ва (2.37) ларни қўйиб чиқиб қуйидаги иборани оламиз

$$i_h = \frac{h}{(\nu + 1)d_n} \quad (2.38)$$

Ғадир-будирликнинг геометрик конфигурациясини (шаклини) ва биргина чўққисининг жойлашишини ҳисобга олган ҳолда ейилиш интенсивлигини ҳисоблаш учун асосий формула қуйидаги кўринишда бўлади

$$J = K_1 \alpha \sqrt{\frac{h}{r} \frac{P_a}{P_r} \frac{1}{h}} \quad (2.39)$$

бу ерда $K_1 = 0,2$ — ғадир-будирлик баландлигининг геометрик конфигурацияси ва жойлашишини аниқлайдиган кўпайтиргич;

$\alpha = \frac{A_a}{A_r}$ — ёпилиш коэффициенти (коэффициент перекрытия);

h — ботирилиш чуқурлиги (туташувдаги яқинлашув миқдори);

n — ўзаро таъсирлар циклининг сони.

Эластик туташув бўлганда инженерлик ҳисоблашлар учун ейилиш интенсивлиги қуйидаги формулалар билан аниқланади:

а) тўлқинсимонлиги йўқ бўлган ишлатиб мосланмаган юзалар туташувда бўлганда ($P_a = P_e$);

$$J = K_2 \alpha K_{\tau} P_a^{1 + \frac{\nu}{2\nu + 1}} \cdot E^{2\nu} \cdot \Delta^{2\nu + 1} \left(\frac{Kf_M}{\sigma_0} \right)^{\nu} \quad (2.40)$$

бу ерда

$$K = 0,5 \tau \nu - 1 - \frac{1}{2\nu} \cdot 2^{2\nu} \cdot K_1 \quad (2.41)$$

б) тўлқинсимонлик ишлатиб мосланмаган ва ғадир-будир юзалар туташувда бўлганда ($P_a \neq P_0$):

$$J = K_3 \alpha K_r P_a^{1 + \frac{ty}{5(2\nu+1)}} \cdot E^{\frac{2ty(5\nu+2)}{5(2\nu+1)}} \cdot \Delta^{\frac{\nu ty}{2\nu+1}} \left(\frac{Hb}{R_b} \right)^{\frac{2ty}{5(2\nu+1)}} \cdot \left(\frac{KM}{\sigma_0} \right)^{ty} \quad (2.42)$$

бу ерда

$$K_3 = K_2 \cdot 0,2^{\frac{ty}{2\nu+1}} \quad (2.43)$$

в) ишлатиб мосланиш билан оптимал ғадир-будирликка эришилган ва ейилиш жараёни даврида ўз-ўзини етилтирадиган (самопроизводящий) юзалар туташувда бўлганда:

$$J = K_2 15 \frac{2ty}{5} \cdot \alpha K t \vartheta P_a E^{\frac{ty}{2}-1} \cdot \tau_0^2 a_r^{\frac{1}{0.5} \left(\frac{KM}{\sigma_0} \right)^{ty}} \quad (2.44)$$

Юқорида келтирилган тенгламалардаги шартли белгилар:

J — ейилиш интенсивлиги;

$\alpha = \frac{A_a}{A_r}$ — ёпилиш коэффициенти (коэффициент перекрытия);

$Kt\vartheta$ — тузатиш коэффициенти (маълумотномалардан олинади);

P_a — номинал босим;

E — эластиклик модули;

ty — фрикцион чарчаш эгри чизиғи параметри (маълумотномалардан олинади);

$\Delta = \frac{P_{\max}}{rb^{1/\nu}}$ — ғадир-будирлик комплекси;

r — ғадир-будирлик чўққисининг радиуси;

b, ν — таянч эгри чизиғи параметрлари;

H_b — тўлқин баландлиги;

f_M — ишқаланиш коэффициентининг молекуляр қисми;

K_1 — кўпайтиргич (бу ғадир-будирлик баландлигининг геометрик конфигурацияси бўйича жойлашиши орқали топилади);

σ_0 — чўзилишдаги емирувчи кучланиш;

- τ_0 — силжиш қаршилиги;
 a — гистерезис туфайли йўқотилиш коэффициенти;
 K — тузатиш коэффициенти.

Бирлашма кўп вақт ишлаши учун унда эластик туташув ҳосил қилинишини таъминлаш керак. Шунинг учун пластик контакт бўлганда ейилиш интенсивлиги аниқланмайди. Ейилиш интенсивлиги кенг чегараларда ўзгаради — 10^{-3} дан 10^{-12} гача. Шунинг учун ейилишга бардошликнинг тўққизта чегараси мавжуд:

ейилиш интенсивлиги чегараси 10^{-12} дан 10^{-7} гача бўлганда (бунда эластик туташув содир бўлади) — 0, I, II, III, IV, V синфлар;

ейилиш интенсивлиги чегараси 10^{-7} дан 10^{-5} гача бўлганда (бунда эластик-пластик туташув содир бўлади) — VI, VII синфлар;

ейилиш интенсивлиги 10^{-5} дан 10^{-3} гача бўлганда (бунда микроқирқув содир бўлади) — VIII, IX синфлар.

2.7. Ейилиш интенсивлигига таъсир этувчи омиллар

Ишқаланиш коэффициенти таъсир этувчи омилларни юқорида кўриб чиққан эдик.

Ейилиш интенсивлигига ҳам ишқаланиш коэффициенти таъсир этади: нормал юклама, туташувда бўлган материалларнинг механикавий хусусиятлари, бирлашманинг фрикциион (ишқаланиш) хусусиятлари, ҳарорат ва тезлик. Бундай омилларнинг ейилиш интенсивлигига қандай таъсир этишини кўриб чиқиш учун ейилиш интенсивлигини топиш формуласига мурожаат қиламиз (2.5.2 га қаранг). Лекин ейилиш интенсивлигига таъсир этувчи омилларни яққол кўриниши учун қуйида унинг тахминий формуласини келтирамиз (даражалар миқдори аниқланган ҳолда):

$$J = P^{a1+3} E^{0,6\dots9,6} \Delta^{0,8\dots4} \left(\frac{Hb}{R_b} \right)^{0,16\dots0,8} \left(\frac{Kf_M}{\sigma_a} \right) \quad (2.45)$$

Энди ҳар бир омиллар таъсирини алоҳида бирма-бир кўриб чиқамиз. Бунда аниқ омил таъсирини кўриб чиқиш учун формулага кирувчи бошқа ҳадлар ўзгармас деб олинади.

Нормал юклама таъсири. (2.45) иборанинг анализидан нормал юкламанинг ейилиш интенсивлигига

таъсирини (бошқа ҳадлар ўзгармас деб олинганда) тахминан қуйидагича тасвирлаш мумкин:

$$J \approx P_a^{1...3} \quad (2.46)$$

Демак, нормал юклама ошиши билан ейилиш интенсивлиги уч даражагача ошади.

Юза ғадир-будирлиги (микроргеометрияси) нинг таъсири. Юза ғадир будурлиги комплекси (Δ) ошиши билан ейилиш интенсивлиги ошиб боради, яъни:

$$J \approx \Delta^{0,8...4} \quad (2.47)$$

Юзанинг тўлқинсимонлиги таъсири. Юза тўлқинсимонлиги ейилиш интенсивлигини топиш формуласида H_b/R_b ибора орқали таъсир этади (H_b — тўлқин баландлиги, R_b — тўлқин радиуси):

$$J \approx \left(\frac{H_b}{R_b} \right)^{0,16...0,8} \quad (2.48)$$

Демак, H_b/R_b нисбати ошиши билан ейилиш интенсивлиги миқдори камайиб боради.

Туташувдаги материаллар механикавий хусусиятларининг таъсири. Материалларнинг механикавий хусусиятлари ейилиш интенсивлигини топиш формуласида эластиклик модули E ва емирувчи кучланиш σ_0 орқали таъсир этади:

$$J \approx E^{0,6...9,6} \left(\frac{Kf_M}{\sigma_0} \right)^{0,9} \quad (2.49)$$

Кўриниб турибдики, эластиклик модули E ошиши билан ейилиш интенсивлигини 0,6 дан 9,6 гача кескин ошишига олиб келади.

Емирувчи кучланишнинг (σ_0) ва фрикциион чарчашининг (f_M) ошиши билан (материал қаттиқлиги ошганда) ейилиш интенсивлиги камайиб боради (материал қаттиқлигининг таъсири абразив ейилишни кўриб чиқишда баътафсил ёритилади).

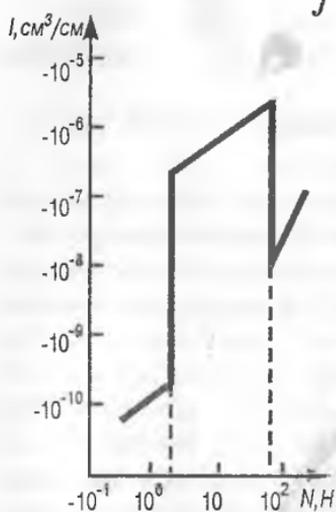
Бирлашманинг фрикциион хусусиятлари таъсири. Бу омил ишқаланиш коэффициентининг молекуляр қисми (f_M) орқали таъсир этади:

$$J \approx \left(\frac{Kf_M}{\sigma_0} \right) \quad (2.50)$$

яъни ишқаланиш коэффицентининг молекуляр қисми (f_M) камайиши билан ейилиш интенсивлиги камайиб боради. Тажрибада ишқаланиш коэффицентини камайтириш учун ишқаланувчи жисмлар сирти ёғланган бўлиши керак.

Иссиқлик ва тезлик таъсири. Ейилиш интенсивлигига ишқаланиш узелида ҳосил бўлган иссиқлик ва тезлик таъсири ҳозирги вақтгача кам ўрганилган муаммолардан ҳисобланади. Лекин иссиқлик ва тезлик омиллари E , σ_0 , A_M , t уларга таъсир этиши аниқ (2,45 га қаранг). Кўриниб турибдики, тезлик таъсирида иссиқликнинг ўзгариши механикавий ва фрикцион хусусиятларга ҳар хил таъсир этади:

$$J \approx E^{0,6...9,6} \left(\frac{Kf_M}{\sigma_0} \right)^{0,9} \quad (2.49)$$



2.19-расм.

Ейилиш жадаллигининг пўлатдан ясалган деталларда юк кўпайишидан ошиши (сирпаниш нисбий тезлиги $\vartheta = 2,6$ м/с бўлганда)

Материаллар эластиклик модули E иссиқлик кўпайиши билан бироз камаяди, емирувчи кучланиш σ_0 кўпроқ камаяди. Иссиқликнинг f_M ва t га таъсири бир озгина бўлади ва бу омиллар таъсири ҳам кўпда ўрганиб чиқилмаган. Лекин тажрибалар иссиқлик ва тезлик (аниқроғи иссиқлик-юк-тезлик) ҳосил бўлганда ишқаланиш интенсивлигининг ўзгариши ўзининг критик нуқталарига эга (2.19-расмга қаранг) эканлигини кўрсатади. Юкламанинг ошиши (иссиқлик ва тезлик юк ошиши билан кўпаяди) ейилиш интенсивлигини бирқанча поғонага ошишига олиб келади.

2.8. Ишқаланишдаги иссиқлик

Юқорида ишқаланиш жараёнида иссиқлик ҳосил бўлади ва унинг таъсирида жисмлар юмшаши ёки эриб кетиши мумкинлигини қайд қилиб ўтган эдик. Шу билан бир қаторда деталлар юзида ҳосил бўлган иссиқлик деталь

таъриhini ҳам қиздириб юбориши мумкин. Иссиқликнинг детал қаърига ўтиб кетиш тезлиги тугашувда бўлган жисмларнинг теплофизикавий хусусиятларига, уларнинг катта-кичиклигига ва иссиқликнинг атроф-муҳитга ўтказиш хусусиятларига боғлиқ бўлади.

Агар атроф-муҳитдан ишқаланувчи жисмлар муҳофаланган бўлса, ишқаланиш зонасида ҳосил бўладиган умумий иссиқлик бу икки жисмларни қизитишгагина сарф бўлади, яъни

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (2.51)$$

бу ерда Q_1 , Q_2 — биринчи ва иккинчи жисмлардаги иссиқлик миқдори. Бундай ҳолда иссиқлик оқимларининг нисбати қуйидагича тасвир этилиши мумкин:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 \sqrt{\alpha_a}} \quad \text{ёки} \quad \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\alpha_\lambda}{\sqrt{\alpha_a}} \quad (2.52a)$$

бу ерда λ_1 ва λ_2 — биринчи ва иккинчи жисм иссиқлик ўтказувчанлиги;

α — биринчи жисмга нисбатан иккинчи жисмнинг иссиқлик инерцияси хусусиятларини таърифловчи коэффициент;

$\alpha_\lambda = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ — жисмларнинг нисбий иссиқлик ўтказувчанлиги коэффициенти.

Иссиқлик ўтказувчанлик, албатта, икки ишқаланувчи жисмлар юзаси катта-кичиклигига боғлиқ. Тугашувдаги ишқаланувчи жисмлар юзаларининг бир-бирига нисбати ўзаро ёпилиш коэффициенти (коэффициент взаимного перекрытия) деб аталади (K_{b3}):

$$K_{b3} = \frac{A'_c}{A''_c}$$

бу ерда A'_c ва A''_c — биринчи ва иккинчи жисмлар контур тугашув юзалари.

K_{b3} миқдорини 2.20-расмда келтирилган мисолда тунунтириб ўтамиз. Агар икки доирасимон нусхалар бир-бирига кўндаланг кесими бўйича ишқаланаётган бўлса (2.20-расм, а) бунда ўзаро ёпилиш коэффициенти 1 га тенг бўлади, яъни

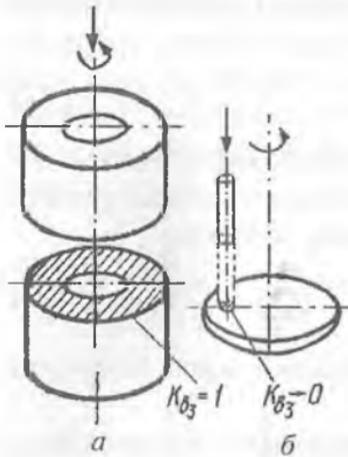
$$K_{b3} = \frac{A_c^*}{A_c} = 1 \quad (2.52)$$

чунки биринчи ва иккинчи жисмлар контур туташув юзалари бир-бирига тенгдирлар ($A_c' = A_c^*$).

Бунда ишқаланиш зонасида ҳосил бўлган иссиқлик икки жисмнинг ишқаланиб турган юзалари орқали жисмлар танасига тарқалади.

Агар бармоқсимон жисм айланасимон жисм билан ишқаланса (2.20-расм, б) ўзаро ёпилиш коэффициенти нолга интилади деб тавсифлаш мумкин:

$$K_{b3} = \frac{A_c^*}{A_c} \rightarrow 0 \quad (2.53)$$



2.20-расм.

Ўзаро ёпилиш коэффициенти тушунчасига оид мисол

Бу ҳолда ишқаланишдан ҳосил бўлган иссиқлик айланасимон жисмнинг сатҳи ишқаланиш сатҳига нисбатан жуда катта бўлганлиги учун уни исита олмайди ва атроф муҳитга тарқалиб кетади.

Теварак-атрофга иссиқлик ўтишини батафсил тушунтирмай шуни айтиш керакки, икки жисм бирламчи туташув майдонида ишқаланиш туфайли кичик вақт ичида (туташув вақти $10^{-7} \dots 10^{-8}$ дақиқагача бўлган вақтда) катта ҳарорат ҳосил бўлиши мумкин (700°C ва ундан ҳам катта). Шуни айтиб ўтиш керакки, ишқаланиш вақтида ҳосил бўладиган иссиқлик миқдори жуда катта бўлади ва бу иссиқлик жисм материални эритиб икки жисмни бир-бирига қаттиқ ёпишиб қолишига (схватывания) олиб келиши мумкин. Бундай ёпишиб қолишнинг олдини олиш учун зарурий шарт қуйидагидан иборат: $t_\Sigma < t_{кр}$ бу ерда t_Σ — ишқаланиш юзасида ҳосил бўладиган умумий ҳарорат, $t_{кр}$ — ёпишиб қолишга олиб келадиган критик ҳарорат.

Иссиқликдан ёпишиб қолишни олдини олиш учун ишқаланиш узелларини лойиҳалаш даврида узелни ишқаланишда ҳосил бўладиган иссиқликка бардош бера

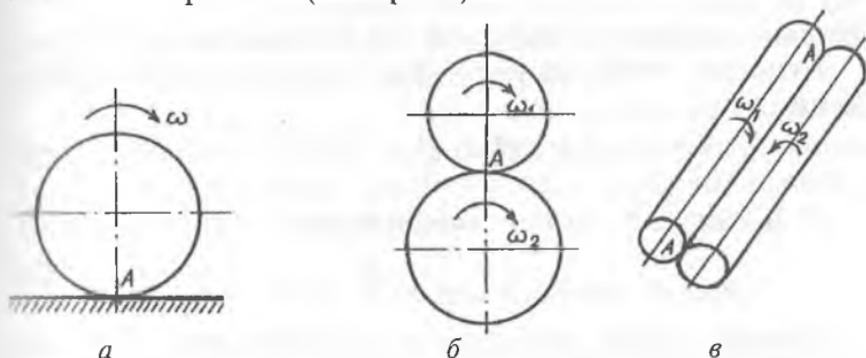
оллини ҳисоблаб чиқиш керак бўлади. Бу, айниқса, оғир юклар таъсирида ишлайдиган узеллар учун зарурдир.

2.9. Думалаб ишқаланиш

2.9.1. Думалаб ишқаланишдаги туташувда бўладиган жисмларнинг ўзаро таъсири

Думалаб ишқаланиш деб, икки қаттиқ жисм тегишув (туташув) нуқтасида тезлик миқдори ва йўналиши жиҳатидан бир хил бўлган ишқаланишга айтилади.

Қандайдир бир нуқта (А) да ёки тўғри чизиқ (А—А) бўйича туташган икки абсолют қаттиқ жисмни қўз олдимизга келтирайлик (2.21-расм).



2.21-расм. Думалаб ишқаланишни тушунтиришга оид схема

2.21-расмдан кўринишича икки жисм туташувида уларнинг ўзаро таъсири бир неча турларда бўлиши мумкин:

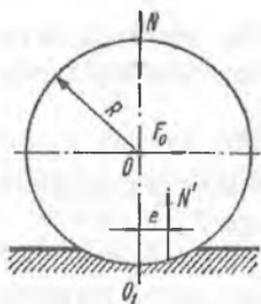
а) жисм қўзғалмас текислик бўйича думалаб ишқаланади (2.21-расм);

б) ҳар хил миқдорда бўлган бурчак тезлиги ω_1 ва ω_2 билан думалаб ишқаланади (2.20 б-расм);

в) бир хил миқдорда бўлган бурчак тезлиги (ω_1 ва ω_2) билан думалаб ишқаланади (2.20 в-расм).

Кўрсатилган турлардан бирини батафсил кўриб чиқамиз.

Агар R радиуслик ғилдиракка қўйилган юклама N ва ғилдиракни ҳаракатга келтирадиган ҳаракатлантирувчи куч F_0 (бу куч O_1 нуқтадан ўтмайди) десак ҳаракатга келтирувчи момент қуйидагича аниқланади:



2.22-расм.

Текислик бўйича думаланувчи қаттиқ жисм (ҳисоблашга оид схема)

$$M = F_0 \cdot R \quad (2.55)$$

Думалаб ишқаланиш коэффиценти деб ҳаракатга келтирувчи моментнинг нормал юклага нисбати га айтилади:

$$K = \frac{M}{N} = \frac{F_0 R}{N} \quad MM \quad (2.56)$$

Думалашга қаршилик кўрсатувчи момент (ёки реактив момент) 2.22-расмда кўрсатилиши бўйича қуйидагича аниқланиши табиий:

$$M' = Nl \quad \text{ёки} \quad l = \frac{M'}{N} \quad (2.57)$$

бунда l — узунлик бирлигига эга бўлган эксцентритет.

Думалаш $M = M'$ ва $N = N'$ бўлгандагина содир бўлади. Демак,

$$l = \frac{M'}{N'} = \frac{M}{N} = \frac{F_0 R}{N} \quad (2.58)$$

(2.56) ва (2.5) ларни солиштирсак:

$$l = \frac{F_0 R}{N} = K \quad (2.59)$$

Шундай қилиб, соф думалаш коэффиценти сон жиҳатдан эксцентритетга тенг бўлиб, узунлик ўлчам бирлигига эга экан (сирпаниб ишқаланиш коэффицентининг ўлчам бирлиги йўқ эди, чунки $f = \frac{F}{N}$).

Думалаб ишқаланиш коэффиценти (K) билан бир қаторда ўлчам бирлиги йўқ бўлган думалаб ишқаланишга қаршилик коэффиценти ҳам ишлатилади:

$$f = \frac{K}{R} \quad (2.60)$$

Думалаб ишқаланишга қаршилик коэффиценти миқдор жиҳатдан бирламчи йўлда ҳаракатлантирувчи куч F_0 бажарган иши (A_φ) нинг нормал юк (N) га нисбати билан аниқланади:

$$f = \frac{A_\varphi}{N \cdot \Delta l} = \frac{M \Delta \varphi}{N R \Delta 4} = \frac{K}{R} \quad (2.61)$$

Филдирак Δ_4 бурчакка айланганида ҳаракатлантирувчи куч билан бажарилган иш $A_\varphi = M \cdot \Delta_4$ бўлади, филдирак

босиб ўтган йўл эса $\Delta l = R\Delta\phi$ га тенгдир. Унда (2.56) ни янгиборга олиб (2.61) ни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$f = \frac{M\Delta\phi}{NR\Delta\phi} = \frac{K}{R} \quad (2.62)$$

Биз юқорида соф думалаб ишқаланишни кўриб чиқдик. Амалиётда соф ишқаланиш бўлмайди. О. Рейнольдс 1876 йилда думалаб ишқаланиш билан бирга юзаларнинг бир-бирига нисбатан сирпаниши ҳам рўй беради ва бу сирпанишда сирпаниб ишқаланиш кучи катта роль ўйнайди деган эди. У туташув зонасида учта жисм бўлишини аниқлаган эди:

Марказда — сирпаниш йўқ бўлган қисми;

Четларда — сирпаниш содир бўладиган иккита четлардаги қисм. Лекин шуни эслатиб ўтиш керакки, сирпаниш миқдори кичик қийматга эга бўлади.

Шундай қилиб, реал машина деталларида сирпаниб думаланиш юз беради, яъни бунда мураккаб ишқаланиш содир бўлади, бунга мисол қилиб тишли филдираклар бирлашмасини олиш мумкин.

2.9.2. Думалаб ишқаланишдаги ейилиш

Думалаб ишқаланишдаги ейилишни қуйидагича изоҳлаш мумкин. Думалаб ишқаланиш даврида деталь материали бир неча бор туташувдаги кучланишга дучор бўлади. Бундай кучланишлар юзаларда ёки юзалар ости металл қатламларида микроёриқлар ҳосил қилади. Микроёриқлар ишқаланиш кучига нисбатан ўз йўналишига эга бўлади

(2.23-расм) ва улар орасига мой кириб (сўрилиб) қолади. Бу ёриқлар яна қайтадан туташувда бўлганида улар жипслашиши натижасида мой ёриқларни кенгайтиради. Бундай жараён кўп марталаб қайтарилиши натижасида жисм материали чарчайди ва охири (чарчаш натижасида) матери-



2.23-расм. Сирпаниб думаланишда юзаларда ҳосил бўладиган ёриқларнинг пайдо бўлиши ва йўналиши схемаси ($\beta_1 > \beta_2$)

аллар жисм танасидан майда-майда доначалар сифатида ажралиб чиқади, яъни металл юзасида чўтирсимон емирилиш ҳосил бўлади. Шундай қилиб, юзаларнинг чарчашидан ейилиш содир бўлади.

Чарчашдан ейилиш фақат юзалар орасида мой бўлгандагина юз беради. Агар ишқаланиш юзаларида мой қатлами бўлмаса юзада ҳосил бўлган ёриқлар ўз ривожини топа олмайди, пластик деформация ва ҳосил бўладиган иссиқлик натижасида бу ёриқлар бир-бирига ёпишиб қоладилар. Бу ҳолда юза металлари ғажилади.

Агар юзалар орасида абразив доначалар бўлса, юза материали ёрилишга улгурмайди, чунки абразив доначалар юза материалнинг юлинишига олиб келади, яъни абразив ейилиш содир бўлади.

Учинчи боб

ИШҚАЛАНИШ ВА МОЙЛАШ

3.1. Мойлаш турлари

Ишқаланиш кучини камайтириш учун қадим замонлардаёқ ишқаланишга дучор бўладиган бирлашмалар юзига мой суртилиб ишлатилар эди. Масалан, аравалар гилдираклари ўқига, замбилғалтаклар гилдираклари ва ўқлари ва ҳ.к. орасига мой суртилиб ишлатилар эди. Бунда органик мойлар (ўсимлик, қорамол ва ҳ.к. ёғлари), айниқса ўсимлик мойлари ишлатилиб келинган. Минерал (нефть) мойлар XIX асрдагина ишлатила бошланди. Ундан сўнг синтетик, кейинроқ қаттиқ мойлар ва охириги вақтларда ўз-ўзидан мойланадиган подшипниклар ихтиро қилинди. 3.1-расмда мойлаш материалларининг физикавий хусусиятлари юзаларнинг ажралиб туриш типлари бўйича тасниф берилган.

3.1-расмдан кўриниб турибдики, мойлар физикавий хусусиятлари бўйича газсимон, суюқ ва қаттиқ бўлиши мумкин. Шунга ўхшаш мойлаш материаллари ҳам газсимон, суюқ, қаттиқ ва ўз-ўзидан мойлаш материалларига бўлинади.

Қаттиқ мойлаш материаллари икки ишқаланиш юзалар орасида экстремал ҳолатлар бўлганда қуруқ ва чегаравий ишқаланишни таъминлаш учун ишлатилади. Улар катта иссиқбардошлиги, ишқаланиш коэффициентининг кичиклиги билан бошқа мойлардан фарқ қилади ва вакуум, оптик, электрон системалик асбобларда, шунинг билан бир қаторда машинасозлик ва асбобсозликда ишлатилади. Қаттиқ мойлаш материалларига қуйидагилар мисол бўла олади: молибден дисульфиди (MoS_2), вольфрам дисульфиди (WS_2), графит.

Ишқаланиш юзаларининг ажратиб туриш типи бўйича мойловчи газсимон материаллар газостатик ва газодинамик, суюқ мойлаш материаллари эса гидродинамик,

гидростатик, ярим суюқ ва чегаравий бўлишлари мумкин экан.



3.1-расм. Мойлаш материаллари таснифи

Гидродинамик (ёки газодинамик) суюқ мойлашда ишқаланувчи юзалар оралиги бутунлай суюқ (ёки газсимон) мойлаш материали билан бир-биридан ажралиб туриши керак ва бундай ҳол жисмларнинг ўзаро ҳаракати туфайли суюқ (ёки газсимон) мойлаш материаллари ёрдамида ҳосил бўладиган муттасил босим остида рўй беради.

Гидростатик (ёки газостатик) суюқ мойлашда ишқаланувчи юзалар оралиғига (тирқишига) суюқ (ёки газсимон) мойлаш материаллари ташқи босим орқали киритилади ва икки ишқаланувчи юзалар бир-биридан суюқ (ёки газсимон) мойлаш материаллари билан ажратиб қўйилади.

Гидростатик (ёки газостатик) ва гидродинамик (газодинамик) мойлашда туташув юзларининг ейилиш суюқ ёки газнинг хусусиятлари билан боғлиқ бўлади, чунки юзалар бир-биридан суюқлик ёки газлар орқали ажралиб турилади.

Тажрибалар шуни кўрсатадики, газо ва гидростатик мойлашлар реал содир бўлиши мумкин, чунки бу мой-

шанда мойловчи моддалар ташқи босим орқали тирқишга юборилади.

Ярим суюқ мойлаш қисман суюқ мойлаш бўлганда содир бўлади.

Чегаравий мойлашда жисмларнинг туташган сиртлари жуда ҳам кичик ўлчамда бўлган мой қатлами (0,1 мкм гача) билан ажралиб туради. Бунда ишқаланиш ва ейилиш жисмлар сиртларининг ва мой қатламининг хусусиятларига боғлиқ бўлади.

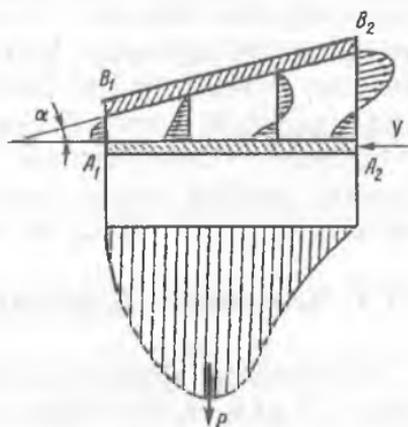
Сиртлар оралиғидаги чегаравий мой қатлами (ёки чегаравий мой пардаси) нинг бўлиши мойсиз ишқаланишга нисбатан ишқаланиш кучи миқдорини 2—10 марта ва туташув сиртларининг ейилишини 100 баробарлаб камайишини таъминлайди.

3.2. Гидродинамик мойлашдаги мойланиш механизми

3.2-расмда текислик бўйича ишқаланувчи жуфтликда ҳосил бўладиган босим схемаси келтирилган.

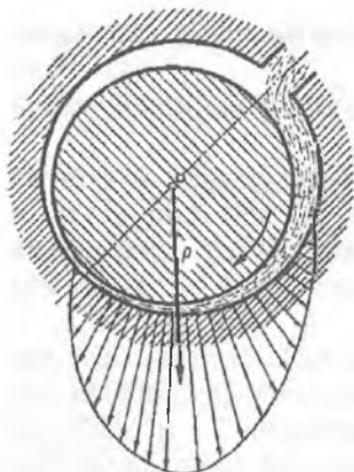
Фараз қилайлик, қўзғалмас $B_1 - B_2$ пластиналарга нисбатан $A_1 - A_2$ пластиналар ҳаракат қилади. Бу ҳолда $A_1 - A_2$ пластина икки пластиналар орасидаги мойни ўзи билан жилишига олиб келади. Пластина юзасига яқин жойлашган мой эса ўзининг қовушқоқлик кучи таъсирида мой қатламларини ҳаракатга келтиради. Аммо $B_1 - B_2$ пластина юзасидаги мой қатлами ҳеч қандай ҳаракатга келмай қўзғалмас бўлиб қолаверади.

Шундай қилиб, тирқишдаги мой $A_1 - A_2$ пластинкаси йўналиши бўйича тирқишда ҳаракат қила бошлайди ва бу ҳаракат натижасида ҳосил бўладиган босим сақланиб туради. 3.2-расмда бу босимнинг эпюраси ҳам келтирилган. Бунда кўринишича пластинкаларнинг атмосфера таъ-



3.2-расм.

Текислик бўйича ишқаланувчи жуфтликда ҳосил бўладиган босим схемаси



3.3-расм.

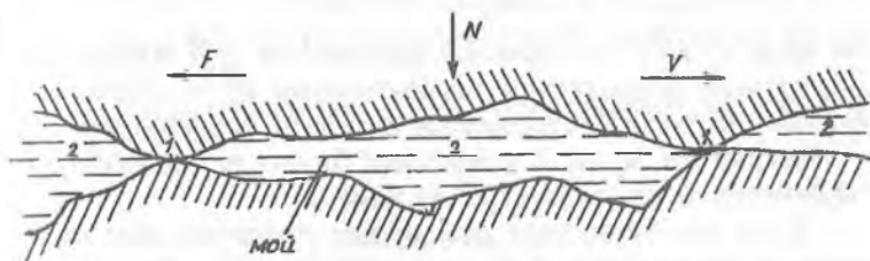
Сирпаниб ишлайдиган подшипникларда (вал-втулка жуфтлигида) босимнинг ҳосил бўлиши ва унинг тақсимланиш схемаси

унда мойнинг босими вал билан подшипникни ажратиб тураоладиган миқдорга етади, шунда вал мой қатлами устида сузиб айланади. Бундай ҳосил бўлган босим айланаётган валнинг насос билан мой сўриши туфайли бир хил миқдорда ушланиб турилади. Ҳосил бўлган бундай понасимон (клиновидный) тирқиш ишқаланиш юзаларининг нисбий тезлик миқдори ва мойнинг қовушқоқлиги қанча катта бўлса шунча катта бўлади.

3.3. Чегаравий мойлашдаги мойнинг таъсир механизми

Юқорида чегаравий мойлашда мой қатламининг қалинлиги $0,1$ мкм га тенг бўлишлигини қайд этган эдик. Бундан кўриниб турибдики, чегаравий мойлаш бўлганда ишқаланиш ва ейилиш ҳам ишқаланаётган материаллар, ҳам улар орасидаги мойнинг хусусиятларига боғлиқ бўлар экан. Шунинг учун чегаравий мойлашда мой таъсири механизми жуда ҳам мураккабдир. Чунки мой қатлами кам бўлган тақдирда мойнинг ҳажмий хусусиятлари ўзгариб кетади (масалан, ҳаракатчанлиги). Ундан ташқари, мой ишқаланувчи юзага химиявий ва физикавий таъсир этиб, юзанинг хусусиятларини ҳам кескин ўзгартириб юборади.

Реал вазиятларда соф чегаравий мойлаш режими камдан-кам учрайди. Ишқаланувчи жуфтлик ишқаланишнинг аралаш режимида ишлаганда чегаравий мойлаш фақат алоҳида юза қисмларида учрайди (3.4-расм).



3.4-расм. Аралаш ишқаланиш жой схемаси

3.4-расмдан кўринишича аралаш ишқаланиш бўлганда чегаравий ишқаланиш 1 нукталарда бўлади, қолган қисмларда мойли ишқаланиш (2) юз беради.

Аралаш ишқаланиш бўлганда Десмонд Мур ишқаланиш кучини аниқлаш учун қуйидаги формулани тавсия этган:

$$F = F_m + F_g = A_r [\alpha_N \tau_{ms} + (1 - \alpha_N) \tau_{js}] + F_g \quad (3.1)$$

бу ерда α_N — қаттиқ жисмлар туташув бўладиган қисмининг юзи;

τ_{ms} , τ_{js} — қаттиқ жисм ва суюқликнинг силжиш қаршилиги;

F_m — ишқаланиш кучининг деформацион қисми;

A_r — ҳақиқий туташув юза.

(3.1) дан кўришиб турибдики, ишқаланиш кучи қаттиқ жисмлар чўққиларидаги ишқаланиш кучи (A_r , α_N , τ_{ms}), суюқлик ишқаланиш кучи [$A_r(1 - \alpha_N)\tau_{js}$] ва ишқаланиш кучининг деформацион қисмлари йиғиндисига тенг.

Шуни қайд қилиб ўтиш керакки, қуруқ ишқаланиш кучи миқдори чегаравий мойлашдаги ва суюқ мойлашдаги ишқаланиш кучи миқдоридан анчагина катта бўлади. Ҳақиқатан, ишқаланувчи юза оралиғида мой бўлганида қаршилиқ миқдори анчагина камаяди, чунки $\tau_{js} < \tau_0$ (силжиш қаршилиги). Демак ишқаланиш кучининг молекуляр қисми $A_r [\alpha_N \tau_{ms} + (1 - \alpha_N) \tau_{js}]$ ишқаланувчи жисмлар орасида мой бўлса камаяр экан.

Бундай ҳулоса ишқаланиш коэффициентини соддалаштирилган формуласидан ҳам яққол кўринади (2.21 га қаранг):

$$f = \frac{\tau_0}{HB} + \beta + 0,4 \left(\frac{h}{r} \right)^{0,5} \quad (2.21)$$

бу ерда τ_0 ва β — силжиш қаршилиги (τ_0) миқдорини аниқловчи ишқаланиш параметрлари (β — молекуляр боғланиш пухталанганлигини ошириш коэффициенти).

Ҳақиқатан, τ_0 ва β камайиши билан ишқаланиш коэффициенти камаяди (2.21 га қаранг).

(2.21) дан туташувда мой бўлган тақдирда юза яқинлашуви кичиклашиши ҳам кўриниб турибди, яъни ишқаланиш коэффициентининг деформацион қисмининг ишқаланиш коэффициентининг миқдорини камайишига олиб келади. Шундай қилиб, ишқаланувчи жисмлар орасида мой бўлса ишқаланиш коэффициенти (ёки ишқаланиш кучи) кам бўлар экан.

Бунда мой қовушқоқлигининг ҳам катта аҳамияти бор. Мой қовушқоқлиги қанча кам бўлса (ёки мой қуруқ бўлса) юзадаги чегаравий мой юпқа пардасининг ҳосил бўлиши қийинлашади, яъни ишқаланиш қуруқ ишқаланишга ўтиб кетиши мумкин, у ҳолда ейилиш миқдори анчагина кўпаяди. Ҳаддан ташқари мой суюқ бўлса унинг юзани ёғлаш хусусияти анча пасайиб кетиши натижасида жисмларнинг силжиш қаршилиги (τ_0) кўпайиб боради. Шунинг учун ҳам мой қовушқоқлиги стандартлар билан чегараланган бўлади. Масалан, моторда ишлатиладиган мойлар ўзининг 100°C да қовушқоқлиги миқдори билан ҳар хил гуруҳларга бўлинган бўлади.

3.4. Мойлар учун присадка (кўшимча)лар

Машина-трактор паркининг ишончилиги ва чидамлилиги, бошқа бир қанча тадбирлар билан бир қаторда, мойлаш материалларининг сифатига ҳам боғлиқдир. Шунинг учун ҳам мойларнинг эксплуатацион сифатини ошириш ҳар вақт долзарб муаммолардан бири ҳисобланиб келган. Мойлар сифатини яхшилашни ҳозирги замонда ишлаб чиқарилаётган энергия билан тўйинган

(энергонасыщенный) машиналар, айниқса талаб қилади. Машина мойларининг сифатини яхшилаш услубларидан бири уларга қўшимчалар (присадкалар) қўшиб ишлатишдир.

Қўшимча (присадка) деб мойларга янги хусусият берадиган ёки мой хусусиятларини ўзгартирадиган қўшимчаларга айтилади.

3.5-расмда мойларга қўшиладиган қўшимчалар таснифи берилган.



3.5-расм. Мойловчи материаллар қўшимчалари тури

3.5-расмдан кўринишича мойлар қўшимчалари ўзининг вазифалари бўйича ҳар хил турга бўлинар экан. Вазифалари универсаллаштирилган бўлса улар кўп функциялик ёки композицион қўшимчалар дейилади. Амалиётда ишқаланиш ва ейилишни камайтириш учун уч турдаги қўшимчалар ишлатилади: ишқаланишга қарши қўшимчалар ишқаланиш коэффициенти миқдорини камайтиради; ейилишга қарши қўшимчалар ейилиш даражасини камайтиради; тирналишга қарши қўшимчалар юқори ҳароратда ва катта юкларда ишлайдиган бирлашмаларда тирналишни камайтириш, тўхтатиш ва чегаралаш учун ишлатилади.

Антифрикцион қўшимчалар сифатида қуйидагилар ишлатилади: мол ёки ўсимликлар ёғи; ёғлик кислоталар (масалан, валериан ва уксус (сирка кислоталари); олтингургурт, фосфор, азот бирлашмалари; молибден бирлашмаси. Келтирилган моддалар ва бирлашмалар сиртни активлаштирувчи моддалар (ПАВ) деб аталади ва улар қаттиқ жисмнинг сирт қатламларига сўрилиши (адсорбция) туфайли ишқаланиш коэффицентининг қийматини камайтиради.

Ёйилишга қарши ишлатиладиган қўшимчалар ҳам жисмнинг сирт қатламларига сўрилади ва юзада адсорбцион пардалар (плёнкалар) ҳосил қилади, бу пардалар эса ёйилиш миқдорини камайтиради. Бундай қўшимчалар сифатида фосфор кислотаси ҳосилалари ва барийнинг фосфорли нордон тузлари ишлатилади.

Тирналишга қарши қўшимчалар. Туташувда ҳосил бўладиган юқори ҳарорат ва юкламалар материалнинг ғажилишига олиб келиши мумкин. Ғажилиш натижасида ишқаланиш юзалари очилиб қолади ва янги ювениль (очик) юзалар пайдо бўлади. Тирналишга қарши қўшимчалар эса ювениль юзалар билан реакцияга киришиб ғажилишга қаршилиқ кўрсатадилар. Бундай қўшимчалар сифатида олтингургурт ва хлорнинг органик бирикмалари ишлатилади.

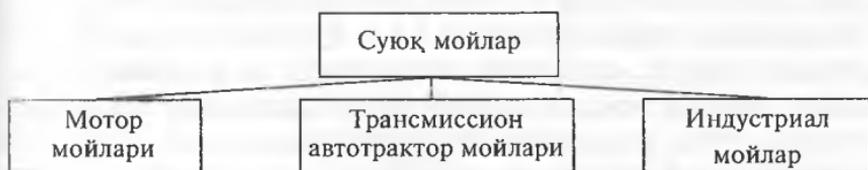
Қўшимчаларни танлашда уларнинг бир томонлама максимал эффекти бўйича эмас, балки оптимал универсал хусусиятларига аҳамият бериш керак. Бундай ҳолда қўшимчаларнинг кўп функцияли ва композицион турлари қўлланилади.

3.5. Суюқ мойлаш материаллари

3.6-расмда суюқ мойлаш материалларининг шартли гуруҳлари келтирилган. Бундай мойлар саноатда ишлатилувчи машиналарда кўпроқ қўлланилади.

Мотор мойлари, асосан, поршенли ичдан ёнар двигателларда ишлатилади. Булар асосида базавий мой бўлиб, унга базавий мойнинг табиий хусусиятларини яхшиловчи ва янги хусусиятларини ҳосил қилувчи қўшимчалар қўшилиб ишлатилади. Шунинг учун мотор мойла-

рининг эксплуатацион хусусиятларини асосан базавий мойнинг хусусиятлари ва қовушқоқлиги аниқлайди, шу билан бирга қўшимчалар типи ва концентрацияси ҳам таъсир қилади. Мотор мойлари қовушқоқлиги бўйича турли хилларга бўлинади. Амалиётда асосан 100°С ҳароратда қовушқоқлиги 3,5...22 сСт бўлган мойлар ишлатилади.



3.6-расм. Сууюқ мойлаш материалларининг шартли гуруҳлари

Мотор мойларида қўшимчалар концентрациялари ишлаш шароитларининг енгил ва оғирлигига қараб ўзгарадилар: енгил шароитларда бир неча фоиз, оғир шароитларда эса қўшимчалар 25—30% гача бўлиши мумкин.

Трансмиссион автотракторлар мойлари механик ва гидромеханик узатмалар айланма ҳаракатларини узатиб беришда туташув кучланишлар ва туташувда ҳосил бўладиган катта ҳарорат таъсирларига дучор бўладилар ва шу сабабли уларда етакчи ейилиш-чарчашдан уваланиш содир бўлади. Буларнинг олдини олиш учун трансмиссион мойларга қўшимчалар қўшиб ишлатилади.

Индустриал мойлар саноатда қўлланиладиган асбоб-ускуналарда ишқаланиш коэффицентини камайтириш учун қўлланилади (масалан, станокларда, прессларда, прокат станларда ва ҳ.к.).

Индустриал мойлар қовушқоқлиги бўйича шартли уч турга бўлинади: камқовушқоқ (енгил) — 20°С ҳароратда қовушқоқлиги 6 сСт, 50°С ҳароратда қовушқоқлиги 10 сСт бўлган мойлар; ўртақовушқоқ (ўртача) — 50°С да қовушқоқлиги 10 дан 58 сСт гача бўлган мойлар; қовушқоқ (оғир) — 50°С да қовушқоқлиги 58 сСт дан 100°С да 96 сСт гача бўлган мойлар.

Мойлар қовушқоқлигининг катта ва кичик бўлиши асбоб-ускуналар иш жараёнига катта таъсир этади. Шунинг учун бундай уч турдаги қовушқоқли мойлар саноат-

да ишлатиладиган асбоб-ускуналарнинг талабига мувофиқ қўлланилади.

3.6. Пластик (консистент) мойлар

Пластик (консистент) мойлар яримқаттиқ ёки қаттиқ мой бўлиб, унинг таркибида минерал ва синтетик мойлар, қаттиқлагичлар (қаттиқ углеводородлар, ёғли кислоталарнинг турли тузлари ва ҳ.к.), қўшимчалар ва тўлдиргичлар (графит, молибден дисульфиди ва ҳ.к.) бор бўладилар. Бундай мойлар катта бўлмаган юкламалар таъсирида ўзини қаттиқ жисмларсимон ушлаб юзалардан оқиб кетмайди (агар у юзалар вертикал ёки қия текис бўлса ҳам), агар юклама миқдори мойнинг каркас структураси мустақамлигидан ошиб кетса, улар суюқ мойларга ўхшаб оқиб кетадилар.

Шунинг учун ҳам пластик (консистент) мойлар суюқ ва қаттиқ мойлар қаторида туради (3.1-расмга қаранг).

Пластик мойлар қуйидаги афзалликларга эга: ногерметик ишқаланиш узелларида юзада яхши ушланиб туради; тезлик ва ҳароратнинг турли диапазонларида ҳам яхши ишлайди; яхши мойлаш хусусиятига эга; сарф жиҳатидан тежамкордир.

Пластик мойларнинг камчиликлари қуйидагилар; совитиш қобилияти паст; оксидланувчан; ишқаланиш юзаларига мойни киргизиш қийин.

1 - ж а д в а л

Пластик мойлар турлари

№	Мойлар тури	Мойлар номи	Қаерда ишлатилиши
1	2	3	4
1.	Гидротирланган кальцийли	ҳар хил турдаги (ёғли, синтетик ва ҳ.к.) солидоллар	индустриал, юк кўтаргич, транспорт воситалари ва ҳ.к. машиналар ишқаланиш узелларида
2.	Кальцийли комплекс	Униол-1, Униол-3, ЦИАТИМ-221 ва б.	кўп мақсадли оксидланишга қарши ва бошқа қўшим-

1	2	3	4
3.	Натрийли	Консталин ва бошқалар	чалари бор, катта юклама ва ҳароратларда ишлатиладиган машина узелларида эксплуатацион сифати юқори бўлган мой; вазифаси масъул бўлган ва юқори ҳароратда ишлайдиган ишқаланиш узелларида
4.	Литийли	ЦИАТИМ-201, ЦИАТИМ-203, литоллар, фиоллар ва бошқалар	сифати юқори, катта ресурсли ва алмаштирилмайдиган мой. Паст ҳароратда ишлайдиган асбобларда ишлатилади.
5.	Алюминийли	Ротацион, АМС-1 ва бошқалар	полиграфия машиналарида, денгизда юрувчи транспорт воситаларидаги ишқаланиш узелларида (субшўр бўлганда)
6.	Барийли	Барийли	автомобилларнинг олдинги осмаларидаги шарсимон шарнир, руль бошқарувчи механизмидаги пойнакларда ва ҳ.к.
7.	Қуюлтиргичи носовунсимон бўлган	ВНИИМП-231, графитол, аэрол, сиол, силикол ва бошқалар	иссиқ ҳаво берувчи вентиляторга ўхшаш специфик вазиятларда ишловчи ишқаланиш узелларида
8.	Углеводородли	ГОИ-54п, ЦИАТИМ-205, ПВК, Торсилл-55	масъул механизмлар консервация қилинишида, артиллерия тўпларининг механизмларини мойлашда

Пластик мойларнинг муҳим хусусиятларига қуйидагилар киради: пишиқлик чегараси, қовушқоқлик, механик барқарорлик (нагрузка таъсирига барқарорлик ва нагрузка таъсири тамом бўлгач, мойнинг дастлабки хусусиятларининг сақланиб қолиши), каллоид барқарорлик (юклама таъсиридан ўз структурасини сақлаб қолишлиги), буғга айланиб кетмаслик, сувбардошлилик, сув таъсиридан эримаслик, кислота ва ишқорларнинг мой таркибида бўлмаслиги (ёки минимал миқдорда бўлишлиги) ва ҳ.к.

Пластик мойлар 1-жадвалда келтирилган.

3.7. Қаттиқ мойловчи материаллар

Экстремал шароитларда қуруқ ёки чегаравий ишқаланиш даврида икки жисм юзаларини мойловчи материалларга қаттиқ ёғловчи материаллар дейилади. Улар қаттиқ жисм таркибида ёки қўшимча материал сифатида бўлиши ёки порошок ҳолатда икки жисм оралиғига киритилиши мумкин. Қаттиқ ёғловчи материаллар катта ҳароратларга бардош беради (400°C дан ортиқ), материалларга яхши ёпишади, ўзидан газ чиқариш тезлиги кичик ва энг кичик ишқаланиш коэффициентига эга бўладилар. Улар вакуум, электрон, оптик системаларда ва машина-созлик ва асбобсозликда ишлатиладилар.

Қаттиқ ёғловчи материаллар турига қуйидаги кўп қўлланиладиган мойлар киради: молибден дисульфиди (MoS_2), вольфрам дисульфиди (WS_2) ва ҳ.к.

Ҳаво муҳити остида ишлайдиган қаттиқ жисмлар ишқаланишда графит қўлланилади.

Молибден дисульфидининг энг яхши сифатларидан бири унинг қаттиқ жисмга ёпишқоқлиги ва сиқилишга чидамлилигидир. MoS_2 $3 \cdot 10^6$ кПа статик ва 10^6 кПа динамик босимга, яъни металлнинг оқувчанлик чегарасига тенг бўлган босимга чидай олади. У вакуумда ҳам яхши ишлайди (вакуумда $+1100^{\circ}\text{C}$, ҳавода $+450^{\circ}\text{C}$ гача бўлган ҳароратларда). Вольфрам дисульфиди молибден дисульфидига нисбатан ҳавода $+150^{\circ}\text{C}$ гача барқарор туради ва оксидланишга қаршилиги каттароқдир. У химиявий инерт, сув, ёғ, ишқор ва кислоталарда эримади, нотоксид ва металлни занглашига олиб келмайди. Вольфрам дисульфиди вакуумда $+1320^{\circ}\text{C}$ гача чидай олади. Лекин унинг таннархи юқори бўлганлиги туфайли у камдан-кам қўлланилади.

Шуни айтиш керакки, қаттиқ ёғловчи материалларнинг келажаги ҳамма мойлардан кўра перспективдир.

3.8. Ўз-ўзидан мойланиш

И.В. Крагельскийнинг молекуляр-механикавий назариясига биноан икки деталь ишқаланиши даврида улар орасидаги мой пардасининг мустақамлиги деталларнинг

асосий материали мустаҳкамлигидан паст бўлиши керак (2.6 га қаранг). Бундай ҳолатга ишқаланувчи икки деталь тирқишига суюқ консистент ёки қаттиқ ёғловчи материалларни киргизиш йўли билан эришилади, чунки ёғловчи материаллар қатламларининг силжишга мустаҳкамлиги ишқаланувчи қаттиқ жисмларникидан бирмунча камдир. Молекуляр-механикавий назарияга асосан бу йўл билан ишқаланиш коэффициентини ва ейилиш интенсивлигини миқдорларини камайтириш механикавий мустаҳкамликнинг мусбат градиентини ҳосил қилиш деб аталади. Демак, механикавий мустаҳкамликнинг мусбат градиентини икки ишқаланувчи жисм тирқишига мойловчи материаллар киритиш йўли билан эришилади. Ишқаланиш зонасида ҳароратнинг ошиши билан бундай ҳодиса ошиб боради.

Ўз-ўзидан мойланиш деб ишлаш даврида материалнинг ўзи ҳисобига ёки ишқаланиш тирқишига мойловчи материаллар киритиш билан ҳосил қиладиган мойлашга айтилади. Бунга мисол қилиб ковакчаларида мой бўладиган қиздирилиб бириктирилган материалларни кўрсатиш мумкин: минерал мойлар, қаттиқ мойлар (гексогонал бор нитриди, графит ва бошқалар), тирналишга қарши қўшимчалар (кўрғошин). Энг яхши ўз-ўзидан мойланиш хусусиятига эга бўлган материалларни олиш учун порошок металлургия (кукун ҳолидаги металл ва шундай металлдан турли маҳсулотлар ишлаб чиқариш) дан фойдаланилади. Кўпинча бундай материаллар ишқаланишга қарши ишлатилади.

Энг кўп қўлланиладиган ўз-ўзидан мойланиш материаллари сифатида қуйидагиларни кўрсатиш мумкин: АФ-Зам, АМАН-2, АМАН-4, ЭСТЕРАН-3 лар ишқаланиш жуфтлигида 0,1 мкм ишқаланиш коэффициентини ҳосил қиладилар, ейилиш интенсивлиги $2 \cdot 10^{-8}$ гача бўлади ва ишлашдаги ҳарорат 300—350°С гача бўлиши мумкин. Оптика механикавий асбоблардаги прецизион ишқаланиш узелларида, силжувчи электр контактларда, ҳарорат ва солиштирама юкларнинг ўзгариш диапозони катта бўлган ишқаланиш узелларида мойловчи материал сифатида юмшоқ металл қопламалар ишлатилади. Бундай юпқа қатламлар 1,5...100 мкм қалинликда қўлланилади. Лекин

бундай пленкалар қуйидаги камчиликларга эга: ейилиш натижасида йўқ бўлиб кетган юпқа мой пардаларини тиклаб бўлмайди; ишқаланиш коэффиценти катта; ишқаланувчи юзадан ҳароратнинг тарқалиб кетиши суюқ мойларга нисбатан кам бўлади.

Умуман олганда, ўз-ўзидан мойланиш материаллари қуйидаги афзаллик ва камчиликларга эгадирлар.

Афзалликлари: хом ашёнинг чегараси йўқ миқдорда кўплиги; металл ишлаб чиқаришга нисбатан ўз-ўзидан мойланиш материалларини ишлаб чиқаришнинг кўп маблағ талаб қилмаслиги; меҳнат сарфи камлиги; ишқаланиш узеллари конструкцияси (тузилиши)нинг осонлашиши; техник кўрикнинг осонлашиши (чунки қўшимча мойлаш, мойларни алмаштириш ёки қўшимча мой қўшиш керак бўлмайди); узелларни сақлашда, уларни қўшимча мойлаш керак бўлмаслиги; ишлашдаги ҳароратнинг суюқ мой материалларига нисбатан диапозони кўплиги.

Камчиликлари: гидродинамик мойлашга нисбатан ишқаланиш коэффиценти миқдорининг катта бўлиши (бунда ишқаланиш коэффиценти чегаравий мойлаш ишқаланиш коэффицентига тенг бўлади); ишқаланувчи юзадан ҳароратнинг тарқаб кетишининг ёмонлашиши.

3.9. Чегаравий мой қатламларининг иссиқбардошлиги

Чегаравий мой қатламлар физикавий адсорбцияланиш, хемосорбцияланиш ва кимёвий реакциялар натижасида ҳосил бўладиган қатламлар бўлиши мумкин. Масалан, занжирли структура молекулаларидан тузилган органик моддалар (бир хил ҳароратда пластик қовушқоқ ёки суюқ бўлишларидан қатъи назар) металл сиртларида чегаравий ҳолатда бўлганда шакллари эластикликка эришади ва аниқ бир қалинликда эса бошқа ҳолатга — квазиқаттиқ ҳолатга ўтади. Чегаравий қатлам қаттиқ бўлса ишқаланишда сиртларнинг ҳимояланиши энг яхши бўлади.

Ишқаланувчи сиртлар материалининг хусусиятларига таъсир этувчи ва уларнинг антифрикционлигини аниқловчи муҳим омиллардан бири ишқаланишда ҳосил бўладиган иссиқликдир. Ҳосил бўлган иссиқлик сиртларни ва уларни ажратиб турувчи мой қатламини иситади. Бир хил

ҳолларда машинанинг ишлаш даврида ишқаланиш узелларидаги туташган деталларнинг ҳажмий ҳарорати жуда ошииб кетиши ҳам мумкин. Шунинг учун чегаравий мой қатламларининг қандай ҳароратларда ишлаш қобилиятини билиш муҳим аҳамиятга эга. Буни билиш мойлаш материалларини танлаш учун ҳам, янгисини излаб топшиш учун ҳам зарурдир.

Ишқаланишдаги мойлаш материалларининг ҳароратбардошлигини уларни нуқтали туташув шароитида синаб аниқланади. Бунда туташувда бўлувчи намуна тобланган нулатдан ясалиши, туташувдаги нагрузка 2000 МПа бўлиши, сирпаниш тезлиги кичик (0,0002 м/с) ва ўзгармас бўлиши (ишқаланиш даврида иссиқ қўп ажралиб чиқмаслиги учун), шунингдек ишқаланиш узели sinalадиган мойлаш материали билан биргаликда ташқи манба орқали иситилиши керак. Бундай шароитларда намуналарнинг ҳажмий ҳарорати ишқаланиш туташувида ҳароратга амалий тенг бўлади.

Синов даврида ҳарорат босқичма-босқич 10...20°C га оширилади ва бундай синов вақти 1 дақиқа давом этади. Синов даврида ишқаланиш коэффиценти ўлчанади. Синовдан сўнг худди шу ҳароратда қўзғалмас намуналарнинг ҳарорати ўлчанади.

Мойловчи материаллар мезони (критерияси) қуйидагилардан иборат:

1. Критик ҳарорат ($t_{кр}$) — бунда ишқаланиш коэффиценти шиддатли ошади, намуналарнинг ҳаракати тўхталиб қолиши рўй беради ва ейилиш ошади, мой қатлам смирилади ва қуруқ ишқаланиш содир бўлади;

2. Ишқаланиш сиртларининг химиявий модификация ҳарорати ($t_{хм}$) — бунда химиявий актив қўшимча парчalandи ва парчаланишдан ҳосил бўлган маҳсулотларнинг сирт метали билан кимёвий реакцияси натижасида янги қатлам пайдо бўлади; бундай қатламнинг силжишга мустаҳкамлиги жуда паст бўлиб, мойловчи материаллар ишини (функциясини) бажаради ва ишқаланиш коэффиценти камаяди, унинг сакраб сакраб ўзгариши йўқолади.

Ҳарорат критик ҳароратга ($t_{кр}$) етганда чегаравий қатламда молекулалар дезориентацияси, уларнинг десорб-

цияси содир бўлади ва булар натижасида мой қатлами ўзининг ишқаланувчи сиртларни ажратиб турадиган хусусиятини йўқотади. Ҳарорат химиявий модификация ҳароратига ($t_{\text{хм}}$) етганда сиртда қаттиқ мойловчи типдаги қатлам ҳосил бўлади, бу эса ишқаланишни камайтиради ва катта ҳароратларда уни стабиллаштиради. Бундай қатламнинг пайдо бўлиши кимёвий реакцияларнинг қайтармас жараёнларига, металл хусусиятларига ва қўшимча материалларнинг актив гуруҳига боғлиқдир.

Мойловчи материалларнинг ҳароратбардошлигини синаш учун саноатда МАСТ-1 деб аталувчи синов машиналари ишлаб чиқарилади (саккизинчи бобга қаранг).

Саноатда ишлатиладиган суюқ мойловчи материалларнинг критик ҳарорати $120...210^{\circ}\text{C}$ чегарасида бўлади. Энг кўп тарқалган суюқ мойловчи материаллар (мотор, автотрактор трансмиссияси ва индустриал мойлар)нинг критик ҳарорати $140...160^{\circ}\text{C}$ бўлади.

Қўшимчалар киргизиш йўли билан мойларнинг критик ҳароратини ошириш ва кимёвий модификациясини камайтириш мумкин. Пластик мойловчи материаллар критик ҳарорати суюқ мойловчи материалларга қараганда юқорироқ (300°C гача) бўлади.

Мойларнинг ҳароратбардошлигига ишқаланувчи жуфтликларнинг материаллари таъсир этади. Углеродли пўлатларни хром ва ванадий билан легирлаш чегаравий мойловчи қатламнинг критик ҳароратини оширади. Мис қотишмалари қалай билан легирланганда уларнинг критик ҳарорати ошади, лекин рух қотишмалари билан легирлаш уни кескин камайтиради.

Табиий оксид пардаларнинг чегаравий мойловчи материаллар критик ҳароратига таъсири алюминий асосли қотишмаларда яққол кўринади. Масалан, соф алюминий учун критик ҳарорат 20°C га тенг бўлса, алюминийнинг мис, рух, кремний, қалай билан тузилган қотишмаларида критик ҳарорат $110...230^{\circ}\text{C}$ гача боради. Атрофдаги газовий муҳит ишқаланишдаги мойловчи қатламнинг шаклланишига ва унинг мустаҳкамлигига жиддий таъсир этади. Чегаравий мойловчи қатламнинг критик температураси инерт газ муҳитида (гелий муҳитида) ишқаланишда ҳаво муҳитида ишқаланишга қараганда жиддий равишда ошади.

Тўртинчи боб
АБРАЗИВ ЕЙИЛИШ

**4.1. Машиналарни турли шароитда
ишлатишнинг ўзига хос хусусиятлари**

Иқлим. Ҳар қандай машинанинг хусусиятлари уни лойиҳалаш даврида асосланади, ишлаб чиқарилиши даврида шаклланади ва эксплуатация (ишлатиш) вақтида амалга ошади. Шунинг учун ҳам эксплуатацион омилларни ва уларнинг машиналар кўпга чидашлилигига таъсирини билиш билан машиналар сифат кўрсаткичларини бошқариш мумкин.

Ҳозирги вақтда ишлаб чиқарилаётган машиналарнинг ҳаммаси мўтадил иқлим учун мўлжалланган. Аммо иссиқ иқлим шароитида ҳавонинг ҳарорати кескин ўзгариб туради, чанглик даражаси юқори, ҳатто чанг бўронлари содир бўлади ва ҳ.к.

Иссиқ иқлимга июль ойида ўртача ҳарорати $+26^{\circ}\text{C}$ гача бўлган зоналар, шу жумладан Марказий Осиё мамлакатлари киради. Бундай зоналарда йилига 250 кун мобайнида совуқ тушмаслиги ва соя жойда ҳаво ҳарорати $+50^{\circ}\text{C}$ гача бўлиши мумкин.

Атроф-муҳит ҳароратининг мой сифати-га таъсири. Машина, агрегат, узеллар ишига атроф-муҳит ҳарорати катта таъсир этади. Чунки атроф-муҳит ҳарорати машиналар ишлайдиган микромуҳитнинг ўзгаришига сабаб бўлади. Атроф-муҳит ҳарорати қанча катта бўлса, машиналар капоти остида шунча ҳарорат катта бўлади ва бу мойларнинг суюлиб кетиши натижасида мойлаш хусусиятларига, совутиш системаси ҳароратининг ўзгаришига, деталларнинг ҳароратдан кучланишига, совутгич ҳавонинг айланиб (циркуляция) туришига катта салбий таъсир этади. Масалан, атроф-муҳит ҳарорати $32...35^{\circ}\text{C}$ бўлса двигатель $100...110^{\circ}\text{C}$ гача қизиши ва шу сабабдан унинг қуввати камайиши мумкин.

Қуйида юриш тезлиги ва ҳаво ҳароратининг автомобиль мойлаш материалларига таъсири 4.1-жадвал тарзида келтирилган.

4.1 - жадвал

Юриш тезлиги ва ҳаво ҳароратининг автомобиль мойлаш материалларига таъсири

Автомобиль	Ҳаво ҳарорати, °C	Юриш тезлиги км/с	Мойнинг ўртача ҳарорати, °C	
			Узатиш қутисига	Орқа қуприкда
"Волга"	28...35	40...50	49...54	46...65
		50...60	51...65	51...91
ГАЗ-51	37	30	63	56
		50	66	64
		70	66	66

Жадвалдан ҳаво ҳароратининг мой ўрта ҳароратига катта таъсир этиши кўриниб турибди. Мой ҳароратининг ошиши мойнинг суюлишига олиб келади ва бу мойнинг сапунлар, агрегатларнинг қопқоқлари бирлашган текисликлар ва сальниклар орқали сизиб чиқишига олиб келади. Шу билан бир қаторда мойнинг қизиши унинг интенсив оксидланишига олиб келади, мойнинг оксидланиши эса унинг мойлаш хусусиятларини кескин ўзгаришига сабаб бўлади.

Шундай қилиб, атроф-муҳит ҳароратининг катта бўлиши мой хусусиятларининг сифатини ёмонлаштириб агрегат деталларининг унумли ишига салбий таъсир қилади.

Атроф-муҳит ҳароратининг ёқилғи-мойлаш материаллари ва ишчи муҳитларига таъсири. Юқори ҳарорат ва ҳавонинг қуруқлиги тупроқнинг қуриб қолишига, бу эса қуруқ тўзон кўтарилишига сабаб бўлади. Бундай ҳолатда ҳатто кичкинагина шамол ҳам кумли ва чанг тўзони ҳосил бўлишига олиб келиши мумкин. Бундай кумли ва чанг тўзони баъзи ҳудудларда 274 кунлаб давом этади.

Қуйидаги 4.2-жадвалда пахтага ишлов бериш вақтида культиватор плуг шотиси атрофидаги ҳаво чанглиги келтирилган.

Жадвалдан кўринишича культиваторлар шотиси атрофидаги чанглик ҳар хил бўлар экан. Лекин кўндаланг культивация даврида чанглик энг каттадир. Культиватор ҳаракат тезлиги қанча катта бўлса чанглик ҳам шунча кўнади.

4.2 - жадвал

РК-4 ва КРТ-4 культиваторлар шотиси атрофидаги чанглик даражаси

Ғуза (пахта)га ишлов бериш усуллари	Ҳавонинг ўртача ҳарорати °С	Ҳаракат тезлиги км/с	Куйидаги баландликлариди жойлашган узеллар атрофидаги чанглик, г/м ³		
			15 см	45 см	65 см
Буйлама	30	4,9	0,51	0,22	0,05
культивация	30	6,6	0,63	0,34	0,11
Кўндаланг	32	4,9	2,68	0,42	0,08
культивация		6,8	3,25	0,71	0,13

Ёзги мавсумда йўллардаги чанг миқдори 1,5...2,0 г/м³, пахтачилик худудларда эса — 3,5 г/м³ бўлади. Чўлларда қум бўрони бўлган вақтда ҳаво чанглиги 17 г/м³ гача етади.

Бундай чанглик агрегат ва узеллар тирқишларига кириб ейилиш миқдорини жадал оширади. Чунки чангда 82 фоиз қаттиқлиги жуда катта бўлган кварц ва корунд заррачалари мавжуд. Бу заррачаларнинг катта-кичиклиги ҳар хил бўлади. Куйидаги 4.3-жадвалда дизель ёқилғисиди механикавий аралашмаларнинг миқдорий ва бир ўлчовдалиги таҳлили келтирилган.

4.3-жадвалдан кўринишича, дизель ёқилғиларида механикавий аралашмалар кўп миқдорда бўлар экан ва улар ҳар хил ўлчамга эга. Айниқса, механикавий аралашмаларнинг таркибиди кичик ўлчамга эга заррачалар кўп бўлиб, улар ёқилғи узеллари тирқишларига филтрлар конструкциясининг такомиллашмаганлиги туфайли кириб, уларнинг абразив ейилишига сабаб бўлади.

4.2. Абразив ейилиш турлари

Абразив ейилиш деб эркин ёки маҳкамланган қаттиқ заррачаларнинг металл юзасини қирқиши ёки тирнаши натижасида содир бўладиган механик ейилишга айтилади.

Абразив ейилиш кўпинча йўл қурилиш, қурилиш, қишлоқ хўжалик, тоғ-кон ва ҳ.к. машиналар деталларида учрайди.

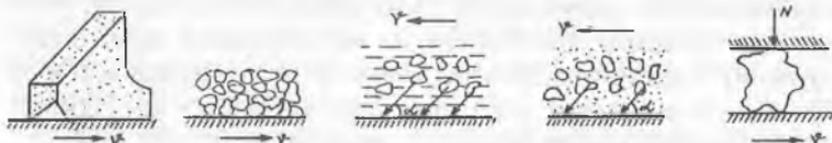
4.1-расмда абразив ейилишнинг асосий турлари ва улар учрайдиган соҳалари келтирилган.

4.3-жадвал

Дизель ёқилғисидаги механикавий аралашмаларнинг миқдорий ва бир ўлчовдалигининг анализи

1 мл ёқилғидаги мкм ўлчанадиган заррачалар сони								Заррачаларнинг умумий сони
3	5	10	15	20	30	40	50	
4700	2375	892	465	332	18	—	—	7682
4040	2560	908	520	316	40	18	8	8410
8100	4030	1050	630	360	30	10	10	14220

Маҳкамланган абразив заррачалар таъсирида ейилиш. Бундай ишқаланиш ва ейилиш билан М.М. Хрушов ва М.А. Бабичевлар шуғулланганлар. Бундай ейилиш маҳкамланган абразив заррачаларнинг деталь юзасига механик таъсири натижасида содир бўлади ва у деталь юзаси қатламларининг пухталаниши (упрочнения) га олиб келади. Агар деталь юзасини совитиш ёки ювиш учун суюқлик киргизилган бўлса, унда суюқликнинг химик ва физик таъсири остида деталь юзаси бўшаштирилиши ҳам мумкин.



4.1-расм. Абразив ейилиш турлари ва улар учрайдиган соҳалар

М.М. Хрушов ва М.А. Бабичев тажрибалари соф металллардаги ейилишнинг нисбий бардошлилиги ε (относительная износостойкость) уларнинг қаттиқлигига (НВ) ўғри пропорционал бўлишини кўрсатди:

$$\varepsilon = b \cdot \text{НВ}$$

бунда ε — нисбий ейилиш бардошлилиги;

b — пропорционаллик коэффициенти (справочниклардан олинади);

НВ — материалнинг Бренель бўйича қаттиқлиги.

Агар деталь материали термик ишлов берилган (тобланган ва бўшатишган) конструкцион, асбобсозлик ва легирланган пўлатлардан ясалган бўлса.

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + b'(\text{НВ} + \text{НВ}_0)$$

бунда ε_0 — пўлатнинг нисбий ейилиш бардошлилиги;

b' — пропорционаллик коэффициенти (пўлатнинг химиявий таркибига боғлиқ бўлади ва справочниклардан олинади);

НВ_0 — пўлатнинг юмшатишган ҳолатидаги қаттиқлиги;

НВ — соф пўлат қаттиқлиги.

Юқорида қайд қилинган олимлар ейилиш миқдорига абразив заррачаларнинг (НВ_a) ва ейилувчи материалнинг (НВ_m) қаттиқлиги таъсирини қуйидагича таърифлайдилар:

1. Агар $\text{НВ}_a/\text{НВ}_m \leq 0,7 \dots 1,1$ бўлса, абразив заррачалар иштирокида ейилиш содир бўлмайди, яъни чексиз ейилмаслик ҳолати бўлади;

2. Агар $0,7 \dots 1,1 < \text{НВ}_a < 1,3 \dots 1,7$ бўлса ейилиш содир бўлади, шуни айтиш керакки $\text{НВ}_a/\text{НВ}_m$ нинг миқдори қанча катта бўлса, шунча ейилиш миқдори ҳам катта бўлади;

3. Агар $\text{НВ}_a/\text{НВ}_m \geq 1,3 \dots 1,7$ бўлса $\text{НВ}_a/\text{НВ}_m$ нинг миқдоридан қатъи назар нисбий ейилиш ўзининг чегараси ва доимийлигига эга бўлади.

Абразив масса таъсирида ейилиш. Бундай ейилиш бир-бири билан бўш боғланган абразив заррачаларнинг машиналар ишчи органлари материалларига таъсири остида содир бўладиган механик ейилишдир. Бу ейилиш турида машина ишчи органларининг ейилиш бар-

дошлиги уларнинг қаттиқлигига тўғри пропорционал бўлади. Лекин қанча юклама миқдори катта бўлса шунча ейилиш миқдори ҳам катта бўлади.

Бу ишқаланиш тури учун М.М. Тененбаум қуйидаги аналитик ифодани тавсия этади:

$$\sigma_w = a \cdot E^n \pm l^{bE}$$

бу ерда σ_w — шартли ейилишбардошлик;

E — эластиклик модули;

n — даража кўрсаткичи;

l — логарифм асоси;

a, b — коэффициентлар.

Ифодадан кўриниб турибдики, ейилишбардошлик эластиклик модулига тўғри пропорционал экан.

Шуни қайд қилиб ўтиш керакки, ҳар хил тупроқ (грунт) деталь материали ейилишига ҳар хил таъсир этади. Қуйида келтирилган жадвал ҳар хил ерларнинг машиналар ишчи органлари ейилишига таъсири даражасини кўрсатади.

4.1 - жадвал

Тупроқнинг машиналар ишчи органлари ейилишига таъсир даражаси

Тупроқнинг (грунт) номи	Лойли-серлойти	Қумли	Қумоқ-тупроқли	Қумлоқ-тупроқ (супесчание)
Ейилиш даражаси	1	1,5	1,9	2,3

Абразив заррачаларининг суюқлик ёки газ билан аралашмаси таъсирида ейилиш. Бундай ейилиш абразив заррачалар суюқлик ёки газ таркибида бўлганда рўй беради. Бу турдаги ейилиш

$$H_{B_a} / H_{B_{BM}} > 1$$

бўлганда содир бўлади, яъни абразив заррачалар қаттиқлиги деталь материали қаттиқлигидан катта бўлади. Демак, $H_{B_a} / H_{B_{BM}}$ қанча катта бўлса (ёки деталь юзасининг қаттиқлиги абразив заррачалар қаттиқлигидан қанча ки-

чик бўлса) шунча ейилиш интенсивлиги (жадаллиги) катта бўлади.

Шуни айтиб ўтиш керакки, ейилиш интенсивлиги абразив заррачалар оқими (ϑ) нинг тезлигига тўғри пропорционалдир:

$$J = a \cdot \vartheta^m$$

бунда a — пропорционаллик коэффициенти (у деталь материали ва заррачалар атаксининг бурчагига боғлиқ);

m — даража кўрсаткичи (у деталь материалига боғлиқ; Ст 3 учун $m=2,3$; тобланган Ст 45 учун $m=2,5$; оқ чўян учун $m=2,8$; базальт учун $m=2,9$).

Юқорида айтиб ўтилган омиллар билан бир қаторда ейилиш интенсивлигига абразив заррачаларнинг шакли, динамик маҳкамлиги ва деталь материалининг физик-механикавий хусусиятлари ҳам таъсир этади.

Абразив заррачаларнинг суюқлик ва газ билан аралашмаси таъсирида ейилишда куйидаги жараёнлар рўй беради:

1. Деталь сирт қатлами пухталиги йўқолади (разупрочнение);
2. Катта туташув кучланиши ҳосил бўлиши натижа-сида юза емирилади;
3. Деталь материали абразив заррачалар таъсирида қирқилиб кетади;
4. Туташувдан чарчаш юз беради;
5. Деталь материали микроҳажми туташувда ҳосил бўладиган юқори локал (маҳаллий) ҳарорат таъсирида эриб кетади.

Эркин ҳолатда бўлган абразив заррачалар таъсирида ейилиш Марказий Осиё мамлакатларида ишлатиладиган кўпгина машина деталларида содир бўлишлари тўғрисида тасаввур ҳосил қилиш учун бу ейилиш тўғрисида мукамал тўхтаб ўтамиз.

Бешинчи боб.

АЗАЛДАН ЭРКИН ЗАРРАЧАЛАР БИЛАН ЕЙИЛИШ

5.1. Азалдан эркин абразив заррачалар билан ейилиш жараёнига таъсир этувчи омиллар

Бирлашма тирқишларида азалдан эркин абразив заррачалар бўлганда ейилиш жараёни кўпгина машина деталларига хосдир. Мисол қилиб қишлоқ хўжалик, қурилиш, йўл, тоғ-кон ва бошқа шунга ўхшаш машиналарни кўрсатиш мумкин. 5.1-расмда эркин абразив заррачаларнинг ейилиш жараёнига таъсир этувчи омил (фактор) лар келтирилган. Ҳар қайси омиллар тўғрисида батафсил тўхтаб ўтамиз.

1. Хрушов М.М. ва Бабичев М.А. деталь ва абразив заррачаларнинг механик хусусиятлари ўртасида қуйидагича боғлиқлик борлигини аниқладилар:

$\varepsilon = b \cdot НВ$ — техник тоза пўлатлар учун,

$\varepsilon_Q = \varepsilon_0 + b' (НВ - НВ_0)$ — термик ишлов берилган пўлатлар учун бу ерда ε , ε_0 — техник тоза ва термик ишлов берилган пўлатлар учун нисбий ейилиш бардошлиги;

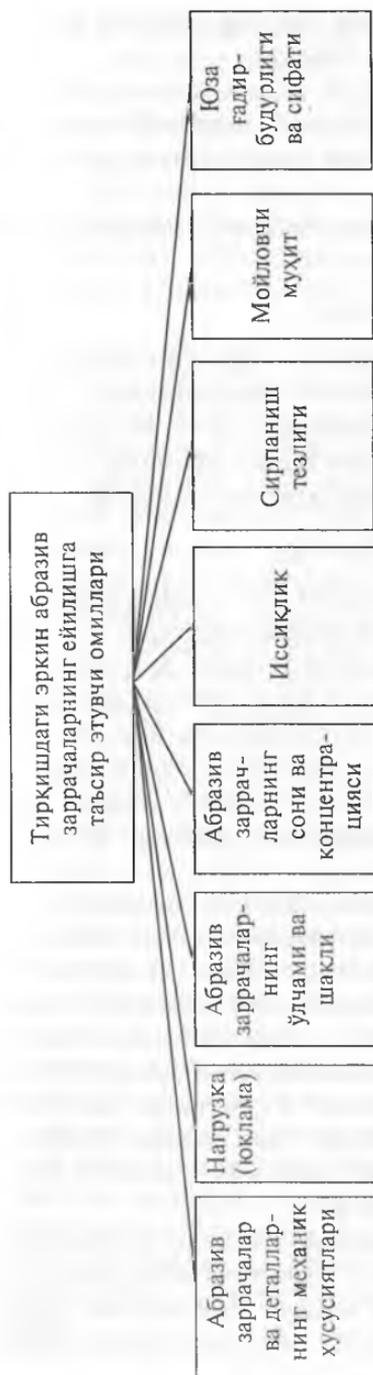
$НВ$, $НВ_0$ — тоза ва термик ишлов берилган пўлатлар юза қаттиқлиги;

b , b' — пўлатнинг кимёвий таркибига боғлиқ бўлган пропорционаллик коэффициенти (справочникдан олинди).

Улар $H_a > H_m$ бўлганда қаттиқликлар орасидаги тафовутга ейилиш боғлиқ эмаслигини ҳам аниқлаб бердилар (H_a , H_m — абразив заррачалар ва деталь материали қаттиқликлари).

Л. Э. Вальдма аниқлашича H_m/H_a бўлганда ейилиш кескинлашади, яъни материал қаршилиги қанча кам бўлса шунча ейилиш кўпаяди.

С. Л. Наумовнинг тадқиқотлари $H_a > H_m$ бўлганда микроқирқув ва металлларнинг сиқиб чиқарилиши содир бўлишини кўрсатди. Агар $H_a < H_m$ бўлса, ишқаланиш даврида



5.1-расм. Эркин абразив заррачалар билан ейилиш жараёнига таъсир этувчи омиллар

ҳосил бўладиган юпқа пленка (парда) ларнинг емирилиши ҳисобига ейилиш ҳосил бўлади.

2. Юклама (нагрузка) Л. Э. Вальдманинг айтишича, босимнинг ошиши билан ейилиш интенсивлиги ошади ёки ейилиш интенсивлиги юкламага тўғри пропорционалдир.

В. Н. Кашеев юклама билан ейилиш қуйидаги боғлиқлик мавжудлиги аниқланган:

$$u = arx$$

бу ерда u — ейилиш миқдори; a — пропорционаллик коэффициентлари; p — босим; $x \leq 1$ — ишқаланувчи жисмлар орасида мойловчи муҳит бўлганида, $X > 1$ — ишқаланувчи жисмлар орасида мойловчи муҳит бўлмаган тақдирда.

А. С. Проников бўйича ишқаланиш тезлиги

$$\dot{\vartheta}_u = Kp \cdot \dot{\vartheta}_{ск}$$

бу ерда $\dot{\vartheta}_u$ — ишқаланиш тезлиги; $\dot{\vartheta}_{ск}$ — сирпаниш тезлиги; K — пропорционаллик коэффициенти; P — босим.

Шундай қилиб, турли тадқиқотчилар аниқлашича юк ошиши билан ейилиш тезлиги ва интенсивлиги ошади.

3. Абразив заррачаларнинг ўлчами ва шакли. Кўпчилик тадқиқотчилар аниқлаши бўйича абразив заррачалар ўлчами катталашган сари ейилиш ошади. Лекин ҳар бир муайян ҳол учун абразив заррачалар критик ўлчамга эга бўлади.

Полимер материаллар учун абразив заррачалар ўлчами катта бўлиши ейилишнинг камайишига олиб келади.

4. Абразив заррачаларнинг сони ва концентрацияси. Бу тўғрисида ҳозиргача умумий боғлиқлик бўлмасада, лекин Э. Л. Мархасин абразив заррачалар сони ва миқдори ошиши билан ейилиш камайишини аниқлаган, аммо заррачалар концентрациясининг 30 фоиздан ошиши ейилиш миқдорини ўзгартирмайди. Ҳар қандай муайян ҳол учун абразив заррачаларнинг оптимал миқдори бўлиб у максимал ейилишга олиб келади.

5. Ҳарорат. Кўпчилик олимлар тадқиқоти бўйича ҳароратнинг аниқ бир миқдорга ўзгариши ишқаланиш коэффициенти ошишига олиб келади. Ҳақиқатан, ҳароратнинг 502...542°C интервалда ейилиш ортиб боради,

543...723°C интервалида ейилиш камаяди, ундан ҳам ошганда яна ейилиш ошади.

6. Сирпаниш тезлиги. Сирпаниш тезлигининг ейилишга таъсири батафсил ўрганиб чиқилмаган, лекин ҳар хил маълумотлар мавжуддир. Масалан, И. А. Крагельский тахминича сирпаниш тезлигининг ўсиши ейилиш интенсивлигининг камайишига олиб келади. Г. И. Киселев, В. И. Лейначук қайд қилишича сирпаниш тезлиги кўпайиши билан ейилиш олдинига ошиб боради, кейин эса камаяди.

7. Мойловчи муҳит. Умуман мойловчи муҳит ишқаланиувчи жуфтликнинг ейилишини кескин камайишига олиб келади. Агар ишқаланишда қуйидаги ўзаро боғланиш $\sigma = h_0 \geq d$ бажарилса абразив ейилиш бўлмайди (σ — ноте-кислик чуқурлиги, h — мой қатламининг қалинлиги, d — абразив заррачанинг диаметри), ёки агар абразив заррача диаметри мой қатламининг қалинлигидан кичик бўлса абразив ейилиш содир бўлмайди. Унда ейилиш юзанинг оксидланиши туфайли содир бўлади.

8. Юза сифати ва ғадир-будурлиги. Юза сифати ва унинг ғадир-будурлигининг абразив ейилиш жараёнига таъсири деярли ўрганиб чиқилмаган. Бу масала бўйича бизнинг университетга КХДР дан келиб проф. Ў. Икромов, доц. Қ. Ҳ. Маҳкамовлар раҳбарлиги остида аспирантурада ўқиган О. Зон Сюк шуғулланган эди. Унинг тадқиқотлари бўйича қуйидагилар аниқланган.

Юзанинг дастлабки ғадир-будурлиги юзаларнинг ишлаб мосланиши вақтига катта таъсир этади. Юзалар ишлаб мослангандан сўнг мувозанатли ғадир-будурлик ҳосил бўлади ва у дастлабки ғадир-будурликка боғлиқ бўлмайди. Мувозанатли ғадир-будурлик ишлаб-мосланиш вақтини камайтиради.

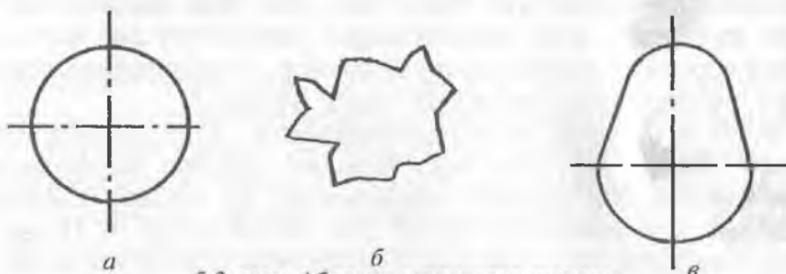
Юқорида қайд қилинганлардан кўриниб турибдики, жуфтлик тирқишида эркин заррачалар бўлганда ишқаланиш жараёни фақат бизнинг республика олимлари томонидан ўрганиб чиқилган. Чунки бу масала бўйича ҳозирги пайтгача назарий тушунчалар йўқ эди. Шунинг учун қуйида азалдан эркин бўлган абразив заррачаларнинг ишқаланиш ва ейилишга таъсир этишининг проф. Ў. Икромов томонидан яратилган назариясини батафсил кўриб чиқамиз.

5.2. Азалдан эркин абразив заррачалар таъсирида ейилиш механизми

5.2.1. Ҳисоблаш модели

Абразив ейилиш жараёнининг мураккаблиги бу жараённи кўриб чиқиш учун бошқа оддийроқ усулларни қўллашни тақозо қилади. Бундай усуллардан бири ишқаланиш жараёни моделини тузиш усулидир.

Табиатда абразив заррачалар турли шаклларда учрайди. Уларнинг қирраланиш даражаси заррача қирраларининг ва чўққиларининг текисланганлиги бўйича аниқланади. Қирраланишнинг энг юқори чегараси қирралар ва улар чўққиларнинг йўқ бўлган шарсимон шаклидир. Энг пастки чегараси эса тетраэдр ҳисобланиб, унда ўткир чўққилар ва қирралар мавжуд бўлади (5.2-расм).

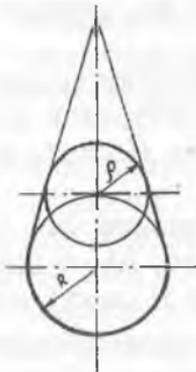


5.2-расм. Абразив заррачалар шакли:
а — шарсимон; б — кўпқиррали; в, г — тухумсимон

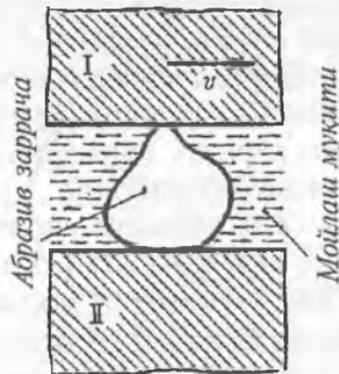
Бизнинг тадқиқотларимиз бўйича табиий чанглар таркибида куйидаги миқдорда ҳар хил қирраланган шаклдаги заррачалар учрайди. Қирралари кўп ўткир бурчаклик шаклда — 10% (5.2, б-расм), тухумсимон шаклда — 70...80% (5.2, в, г-расм), шарсимон шаклда — 10...20% (5.2, а-расм).

Биз тадқиқот учун абразив заррачаларни уч радиуслик моделини қабул қиламиз. Бунда уч радиусдан биттаси қолган икки радиусга уринма ҳолатда бўлади (5.3-расмга қаранг). Яъни туташув радиуси ρ ҳажм радиуси R билан уринма чизиқ орқали бирлашади. Бу эса абразив заррачанинг динамик пухталигини таъминлайди, яъни абразив заррачанинг механикавий пухталигини ҳосил қилади. Абразив заррачанинг бундай шакли Кассини овалойидига ўхшаб кетади. Овалойиднинг ҳажмини куйидаги ифода орқали топиш мумкин:

$$V = \frac{4\pi R^3}{3} + \frac{\pi C^2}{3P^3} (R^2 + RP + P^2)(3R^2 + 2P^2 - 4RP) \quad (5.1)$$



5.3-расм.
Кассини овалоиди



5.4-расм.
Абразив заррачанинг ишқаланиш сиртлари (I, II) билан ўзаро таъсири

Келгусида тушунтиришларнинг ўнғайлашишини назарда тутиб абразив заррачанинг ρ радиусини — чўққи радиуси, R — радиусини ҳажм радиуси деб атаймиз.

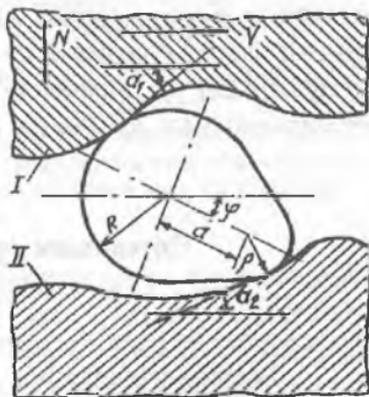
Абразив заррачалар ишқаланувчи жисмлар оралигида (тирқишда) бўлгандаги бирлашма деталь — заррача — деталь системасини ҳосил қилади (5.4-расм). Бу системани ҳаракатли I сирт, абразив заррача ва ҳаракатсиз II сирт кўринишида моделлаштирамиз.

I ва II сиртларни эса чўққилари навбатма-навбат жойлашган баландлиги R_z бўлган микротекислик ва профиль бурчагини α деб моделлаштирамиз (5.5-расм).

5.5-расмда кўрсатилган φ бурчаги сирпанишнинг нисбий тезлиги йўналиши билан абразив заррачанинг бўйлама ўқи орасидаги бурчак белгиланган.

5.2.2. Ҳисоблашнинг асосий формуллари

Асосий ҳисоблаш формулаларини аниқлаш учун қуйидаги деталь — абразив заррача — деталь моделини аба-



5.5-расм.
Учта радиус билан моделланган абразив заррачанинг сиртлараро ҳолати: ρ —чўққи радиуси (туташувда бўладиган радиус); R —ҳажм радиуси;

зив заррачага таъсир этувчи момент ва кучларни назарда тутиб кўриб чиқамиз.

Юқорида ҳисоблаш моделини келтирган эдик. Унда деталь — абразив заррача — деталь системаси ҳаракатли I сирт, абразив заррачага ва ҳаракатли II сирт кўринишида моделланган эди.

I сирт ҳаракати айланма, илгариланма ёки мураккаб, текис ёки тезлашган бўлиши мумкин. Аммо жуда кичик жойда, жуда кичик вақт даврида I ва II сиртга нисбатан ϑ миқдордаги нисбий тезликда илгариланма ҳаракат қилади.

Юқорида келтирилган шартга биноан абразив заррачани уч радиус билан (аниқроғи, чекланган, яъни уч радиусдан биттаси қолган икки радиусга уринма бўлган), I ва II юзаларни эса ғадир-будирлик чуқурлиги ва чўққилари навбатма-навбат жойлашган деб моделлаймиз. 5.6-расмдаги α_1 ва α_2 лар I ва II сиртлар нотекислик профилнинг бурчакларини кўрсатади, яъни сферик чўққилар асоси билан ён томон бўйича урунма орасидаги бурчак. Бу бурчакнинг қиймати 5.1-жадвалда келтирилган.

5.1 - жадвал

Нотекислик профилли бурчаги (α) нинг ўртача миқдорлари

Ишлов бериш турлари	Ғадир-будирлик параметри R_p , мкм	α
Текис жилвирлаш (силлиқлаш)	1,25—0,63	8° 40
	0,63—0,32	6° 40
	0,32—0,16	4° 50
Ички жилвирлаш	1,25—0,63	7° 50
	0,63—0,32	5° 25
	0,32—0,16	3° 50
Думалоқ (круглое) жилвирлаш	0,63—0,32	4° 40
	0,32—0,16	5° 20
	0,16—0,08	3° 20
Жилолаш (сайқаллаш)	0,63—0,32	2° 15
	0,32—0,16	1° 15
	0,16—0,08	0° 40
Цилиндрик сиртларни меъёрига (ўлчамига) етказиш	0,16—0,08	3° 20
	0,08—0,04	2° 00

φ билан заррачанинг буйлама ўқи ϑ тезлиги йўналиши орасидаги бурчак белгиланган.

Келтирилган модель чегра-расида ва ихтиёрий эркин ҳолда бўлганда абразив заррачанинг айланмасидан сирпанишини ёки айланиш ҳолатини кўриб чиқамиз.

Умуман абразив заррачага ϑ тезлиги йўналишига перпендикуляр бўлган нормал юклама N таъсир этади (5.6-расм). «0» нуқтасини эса абразив заррачанинг айланиш оний ўқи (мгновенная ось поворота) деб оламиз.

5.6-расмга биноан абразив заррача (а.з.) нинг «0» оний ўқи атрофида бурилишига икки момент таъсир этади: I ва II юзаларнинг а.з. билан туташув нуқтасидаги сирпаниб ишқаланиш кучлари (F_1 ва F_2) таъсирида ҳосил бўладиган а.з. нинг айланишига ёрдам берувчи момент ва тангенциал реакциялар (P_1 ва P_2) ҳосил қиладиган а.з. га қаршилиқ кўрсатувчи момент.

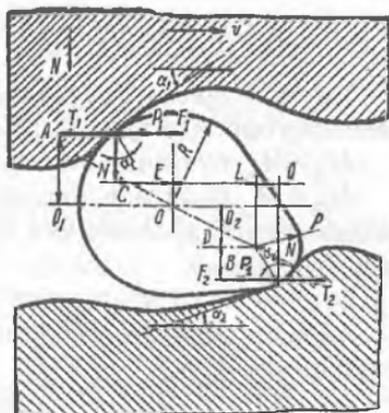
А.З. нинг айланишига ёрдам берувчи моментлар йиғиндиси қуйидагига тенг бўлади:

$$M_{\text{ёб}} = F_1 \cdot AO_1 + F_2 \cdot BO_2 + P_1 \cdot AO_1 + P_2 \cdot BO_2 \quad (5.2)$$

Абразив заррачаларнинг айланишига қаршилиқ кўрсатувчи моментлар йиғиндисини қуйидагича топиш мумкин:

$$M_{\text{қс}} = T_1 AO_1 + T_2 BO_2 + N \cdot CQ, \quad (5.3)$$

бу ерда T_1 ва T_2 — абразив заррачанинг айланишига қаршилиқ кўрсатувчи кучлар.



5.6-расм.

I ва II сиртлар оралиғида (тирқишида) бўлган абразив заррачаларга таъсир этувчи кучлар:

F_1 ва F_2 — сирпаниб ишқаланиш кучлари;

P_1 ва P_2 — заррачанинг I ва II сиртлар билан контакт нуқтасидаги тангенциал реакциялар;

N — юк

5.2.3. Абразив заррачанинг айланиш шартли

Умуман ёрдам берувчи ва қаршилик кўрсатувчи моментлар орасида қуйидаги муносабатлар бўлиши мумкин.

$M_{\text{ёб}} > M_{\text{кк}}$ бўлганда абразив заррачанинг айланиши,

$M_{\text{ёб}} \leq M_{\text{кк}}$ бўлганда абразив заррачанинг деталь юзасида маҳкамланиб қолиши ёки юзалар бўйича сирпаниши содир бўлади.

Бундай икки ҳолни алоҳида кўриб чиқамиз.

Абразив заррача айланиши учун қуйидаги нотенглик сақланиши зарур:

$$M_{\text{ёб}} > M_{\text{кк}} \quad (5.4)$$

ёки (5.2) ни назарда тутган ҳолда $(F_1 \cdot AO_1 + F_2 \cdot BO_2 + P_1 \cdot AO_1 + P_2 \cdot BO_2) > (T_1 \cdot AO_1 + T_2 \cdot BO_2 + N \cdot CQ)$ F_1, F_2, P_1, P_2 ва T_1, T_2 қийматини аниқлаймиз.

Ишқаланиш кучлари қуйидагича топилади:

$$F_1 = fN, \quad F_2 = f_2N \quad (5.5)$$

5.6-расмдан кўришиб турибдики,

$$P_1 = N \operatorname{tg} \alpha_1, \quad P_2 = N \operatorname{tg} \alpha_2$$

$$AO_1 = R \cos \alpha, \quad BO_2 = BD \quad DO_2 = \rho \cos \alpha_2 + R \sin \varphi.$$

P_1, P_2, AO_1, BO_1 лар қийматини (5.2) формулага қўйиб чиқамиз:

$$N_{\text{ёб}} = N f_1 \rho \cos \alpha_1 + N f_2 (\rho \cos \alpha_2 + R \sin \varphi) + N \operatorname{tg} \alpha \cdot R \cos \alpha_1 + N \operatorname{tg} \alpha_2 (\rho \cos \alpha_2 + R \sin \varphi) \quad (5.6)$$

Энди (5.3) ни ташкил қилган қийматларни аниқлаймиз.

Думалаб ишқаланиш коэффициенти $K = \frac{F_0 R}{N}$ тенг эканлиги юқорида келтирилган. Умуман биз кўриб чиқатган ҳол учун

$$K = \frac{TR}{N} \quad \text{ёки} \quad T = \frac{KN}{R} \quad (5.7)$$

бу ерда T — думалашга қаршилик кучи,

K — думалаш коэффициенти;

R — думалаш радиуси.

5.6-расмга биноан

$$T_1 = \frac{NK_1}{R} \quad \text{ва} \quad T_2 = \frac{NK_2}{R+\rho} \quad (5.8)$$

чунки 0 нуқтасини абразив заррачанинг айланиш оний ўқи деб қабул қилган эдик.

Энди 5.6-расмдан (5.3) формуласидаги CQ қийматини топамиз:

$$CQ = CE + EL + LQ = R \sin \alpha_1 + R \cos \varphi + \rho \sin \alpha_2 \quad (5.9)$$

$$M_{\text{кк}} = \frac{NK_1}{R} \cdot R \cos \alpha_1 + \frac{NK_2}{R+\rho} (\rho \cos \alpha_2 + R \sin \varphi) + N(R \sin \alpha_1 + R \cos \varphi + \rho \sin \alpha_2). \quad (5.10)$$

Унда (5.6) ва (5.10) лардан (5.4) га кирадиган $M_{\text{эб}}$ ва $M_{\text{кк}}$ қийматларини қўйиб абразив заррачанинг айланиш шартини аниқлаймиз:

$$Nf_1 R \cos \alpha_1 + Nf_2 (\rho \cos \alpha_2 + R \sin \varphi) + N \operatorname{tg} \alpha_1 R \cos \alpha_1 + N \operatorname{tg} \alpha_2 (\rho \cos \alpha_2 + R \sin \varphi) > \frac{NK_1}{R} R \cos \alpha_1 + \frac{NK_2}{R+\rho} (\rho \cos \alpha_2 + R \sin \varphi) + N(R \sin \alpha_1 + R \cos \varphi + \rho \sin \alpha_2)$$

Ҳадларни NR га тақсимлаб қавсларни очамиз:

$$f_1 \cos \alpha_1 + f_2 \frac{\rho}{R} \cos \alpha_2 + f_2 \sin \varphi + \operatorname{tg} \alpha_1 \cos \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2 \frac{\rho}{R} \cos \alpha_2 + \operatorname{tg} \alpha_2 \sin \varphi > \frac{K_1}{R} \cos \alpha_1 + \frac{K_2}{R+\rho} \frac{\rho}{R} \cos \alpha_2 + \frac{K_2}{R+\rho} \sin \varphi + \sin \alpha_1 + \cos \varphi + \frac{\rho}{R} \sin \alpha_2$$

Ҳамма ҳадларни чап томонга ўтказиб ёзамиз:

$$f_1 \cos \alpha_1 + f_2 \frac{\rho}{R} \cos \alpha_2 + f_2 \sin \varphi + \operatorname{tg} \alpha_1 \cos \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2 \frac{\rho}{R} \cos \alpha_2 + \operatorname{tg} \alpha_2 \sin \varphi - \frac{K_1}{R} \cos \alpha_1 - \frac{K_2}{R+\rho} \frac{\rho}{R} \cos \alpha_2 - \frac{K_2}{R+\rho} \sin \varphi - \sin \alpha_1 - \cos \varphi - \frac{\rho}{R} \sin \alpha_2 > 0$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \text{ — назарда тутсак } \operatorname{tg} \alpha_1 \cos \alpha_1 = \frac{\sin \alpha_1}{\cos \alpha_1} \cdot \cos \alpha_1 = \sin \alpha$$

$$\text{Унда: } \frac{\rho}{R} \operatorname{tg} \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2 = \frac{\rho}{R} \frac{\sin \alpha_2}{\cos \alpha_2} \cdot \cos \alpha_2 = \frac{\rho}{R} \sin \alpha_2$$

$$f_1 \cos \alpha_1 + f_2 \frac{\rho}{R} \cos \alpha_2 + f_2 \sin \varphi + \sin \alpha_1 + \frac{\rho}{R} \sin \alpha_2 + \operatorname{tg} \alpha_2 \sin \varphi - \frac{K_1}{R} \cos \alpha_1 - \frac{K_2}{R+\rho} \cdot \frac{\rho}{R} \cos \alpha_2 + \frac{K_2}{R+\rho} \sin \varphi -$$

$$\begin{aligned}
 & -\sin \alpha_1 - \cos \varphi - \frac{\rho}{R} \sin \alpha_2 > 0 \quad \text{ёки} \\
 & \left(f_1 - \frac{K_1}{R}\right) \cos \alpha_1 + \frac{\rho}{R} \cos \alpha_2 \left(f_2 - \frac{K_2}{R+\rho}\right) + \left(f_2 - \frac{K_2}{R+\rho}\right) \sin \varphi + \\
 & \quad + \operatorname{tg} \alpha_2 \sin \varphi - \cos \varphi > 0
 \end{aligned}$$

Демак, абразив заррачанинг айланиш шарти қуйидагига тенг:

$$\begin{aligned}
 & \left(f_1 - \frac{K_1}{R}\right) \cos \alpha_2 + \left(f_2 - \frac{K_2}{R+\rho}\right) \left(\frac{\rho}{R} \cos \alpha_2 + \sin \varphi\right) + \\
 & \quad + \operatorname{tg} \alpha_2 \sin \varphi - \cos \varphi > 0 \quad (5.11)
 \end{aligned}$$

5.2.4. Абразив заррачанинг деталь юзасида маҳкамланиб қолиш ва сирпаниш шарти

Юқорида кўрсатилиши бўйича абразив заррачанинг деталь юзасида маҳкамланиб қолиш ва сирпаниш шарти қуйидагича эди;

$$M_{\text{сб}} \leq M_{\text{кк}} \quad (5.12)$$

Бундай шарт учун F ва P лар қийматига қараб қуйидаги уч ҳолат рўй бериши мумкин:

$$\text{I ҳолат} \quad \begin{cases} M_{\text{сб}} \leq M_{\text{кк}} \\ F_1 + P_1 > F_2 + P_2, \end{cases} \quad (5.13)$$

яъни абразив заррача ҳаракатланувчи I юзада маҳкамланиб қолади ва қўзғалмас II юза бўйича сирпанади, чунки $(F_1 + P_1) > (F_2 + P_2)$.

$$\text{II ҳолат} \quad \begin{cases} M_{\text{сб}} \leq M_{\text{кк}} \\ F_1 + P_1 < F_2 + P_2, \end{cases} \quad (5.14)$$

яъни абразив заррача қўзғалмас II юзада маҳкамланиб қолади ва ҳаракатланувчи I юза бўйича сирпанади, чунки $F_1 + P_1 < F_2 + P_2$

$$\text{III ҳолат} \quad \begin{cases} M_{\text{сб}} \leq M_{\text{кк}} \\ F_1 + P_1 = F_2 + P_2, \end{cases} \quad (5.15)$$

яъни абразив заррача ҳеч бир юзада маҳкамланиб қолмайди ва иккала юза бўйлаб сирпанади, чунки $F_1 + P_1 = F_2 + P_2$

Кўрсатилган ҳолатларда $F_1 = Nf_1$, $F_2 = Nf_2$, $P_1 = N \operatorname{tg} \alpha_1$, $P_2 = N \operatorname{tg} \alpha_2$ лигини назарда тутиб баъзи бир ўзгаришларни киргизамиз. Масалан, $F_1 + P_2 > F_2 + P_1$ ҳолати учун F ва P ларнинг қийматини қўйиб чиқамиз, унда

$$Nf_1 + N \operatorname{tg} \alpha_1 > Nf_2 + N \operatorname{tg} \alpha_2 \text{ ёки}$$

$$f_1 + \operatorname{tg} \alpha_1 - f_2 - \operatorname{tg} \alpha_2 > 0 \text{ ёки } (f_1 - f_2) + (\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2) > 0$$

Бу ҳолда абразив заррачанинг ботирилиб маҳкамланиб қолиш шarti қуйидагича бўлади.

1. Абразив заррачанинг ҳаракатли 1 юзада ботирилиб маҳкамланиб қолиш шarti:

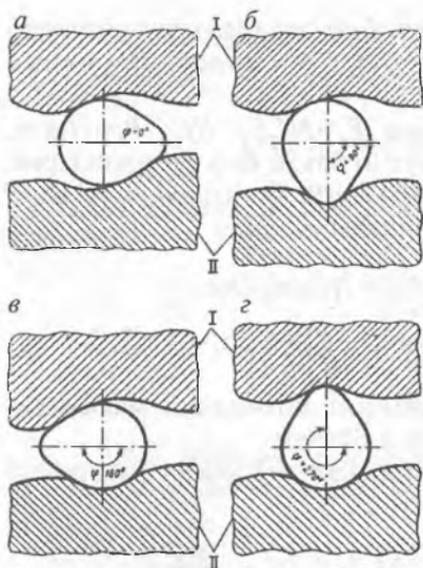
$$\begin{cases} \left(f_1 - \frac{K_1}{R} \right) \cos \alpha_1 + \left(f_2 - \frac{K_2}{R+P} \right) \left(\frac{P}{R} \cos \alpha_2 + \sin \varphi \right) + \\ + \operatorname{tg} \alpha_2 \sin \varphi - \cos \varphi \leq 0 \\ (f_1 - f_2) + (\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2) > 0 \end{cases} \quad (5.16)$$

II. Абразив заррачанинг ҳаракатсиз (қўзғалмас) II юзада ботирилиб маҳкамланиб қолиш шarti эса:

$$\begin{cases} \left(f_1 - \frac{K_1}{R} \right) \cos \alpha_1 + \left(f_2 - \frac{K_2}{R+P} \right) \\ \left(\frac{P}{R} \cos \alpha_2 + \sin \varphi \right) + \operatorname{tg} \alpha_2 \sin \varphi - \cos \varphi \leq 0 \\ (f_1 - f_2) + (\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2) > 0 \end{cases} \quad (5.17)$$

5.2.5. Абразив заррачанинг юзалар ўртасидаги турғунлик ҳолатлари

Умуман олганда абразив заррачалар юзалар ўртасида ихтиёрӣ ҳолатларда жойлашиб олиши мумкин (5.7-расм). Лекин абразив заррачанинг турғунлиги 5.7 а ва 5.7 б ҳолатлардагина бўлади. Ҳақиқатан, I юзанинг II ҳаракатсиз юзага нисбатан ҳаракати вақтида, $\varphi = 90^\circ$ ва $\varphi = 270^\circ$ бўлган-



5.7-расм.

Ишқаланиш юзалари ўртасидаги абразив заррачанинг ҳар хил ҳолатда

булиши: а — $\varphi=0$; б — $\varphi=90^\circ$;

в — $\varphi=180^\circ$; г — $\varphi=270^\circ$

да, абразив заррача албатта айланиб кетади, яъни абразив заррача юзалар ўртасида турғун бўлмайди. $\varphi=0$ ва $\varphi=180^\circ$ бўлганда абразив заррача $\varphi=90^\circ$ ва $\varphi=270^\circ$ бўлгандагисига қараганда анча турғунроқ бўлади. Лекин $\varphi=0$ ва $\varphi=180^\circ$ ларнинг қайси бирида абразив заррача турғунроқ бўлади деган савол туғилади.

Бу саволга жавоб бериш учун абразив заррачанинг қуйидаги айланиш шартини (5.11 формуласини) таҳлил қилиб чиқамиз:

$$\left\{ \left(f_1 - \frac{K_1}{R} \right) \cos \alpha_1 + \left(f_1 - \frac{K_2}{R+\rho} \right) \left(\frac{\rho}{R} \cos \alpha_2 + \sin \varphi \right) + \right. \quad (5.11)$$

$$\left. + \operatorname{tg} \alpha_2 \sin \varphi - \cos \varphi > 0 \right.$$

Формуладан кўринишича ҳамма ҳадлари, яъни f_1 , K_1 , α_1 , f_2 , K_2 , h_2 , R , $\rho = \text{const}$ бўлганда абразив заррачанинг ўз ўқи атрофида айланиши φ нинг қийматига боғлиқ экан.

Ҳақиқатан, (5.11) формуласини тахминан — $\cos \varphi > 0$ деб ёзиш мумкин. Агар $\varphi=0$ бўлса $\cos 0^\circ=1$, унда $(-1) > 0$. Агар $\varphi=180^\circ$ бўлса $=-1$, унда $-(-1) > 0$ ёки $1 > 0$.

Кўриниб турибдики, (-1) ҳеч қачон нолдан катта бўлмайди, лекин $1 > 0$ лиги ҳақиқат, яъни абразив заррачанинг айланиб кетиш шarti $\varphi=0^\circ$ бўлганда бажарилмайди, $\varphi=180^\circ$ бўлганда эса бажарилади. Демак, абразив заррачанинг турғунлик ҳолати $\varphi=0$ бўлган тақдирдагина юз беради.

5.2.6. Абразив заррачанинг ишқаланиш юзалари билан ўзаро таъсири

Машина деталларини лойиҳалаш даврида икки ҳол рўй бериши мумкин. Улардан бирида I ва II деталлар ва улар ишқаланиш юзаларининг физика-химиявий хусусиятлари ҳамда микрогеометрияси бир хил бўлади ($\alpha_1 = \alpha_2$). Кўпроқ учрайдиган иккинчи ҳолда эса ишқаланувчи деталлар материаллари ва ишқаланиш юзаларининг хусусиятлари ҳар хил бўлади. Бу ҳолларни алоҳида-алоҳида кўриб чиқамиз.

I ҳол — ишқаланиш юзалари бир хил бўлганда. Бу ҳолда абразив заррачанинг ишқаланиш юзасига ботирилиб маҳкамланиб қолиши юзаларнинг ишқаланиш коэффициентига боғлиқ бўлади, яъни абразив заррача қайси юзанинг ишқаланиш коэффициенти катта бўлса шу юзага ботирилиб маҳкамланиб қолади.

Юқорида ишқаланиш коэффициентини топиш учун соддалаштирилган формула (2.21) келтирилган эди:

$$f = \frac{\tau_0}{HB} + \beta + 0,40 \left(\frac{h}{r} \right)^{0,5} \quad (2.21)$$

Ишқаланиш юзалари орасида мой бўлган тақдирда ишқаланиш коэффициентининг адгезион (молекуляр) қисмини эътиборга олмаслик мумкин, яъни $\tau_0/HB + \beta = 0$. Буларда τ_0 — силжишга қаршилиқ;

β — молекуляр боғлиқликнинг мустаҳкамланиш коэффициенти;

HB — Бренель бўйича қаттиқлик;

h — абразив заррачанинг ботирилиш чуқурлиги;

r — микронотекислик чўққисининг радиуси.

Унда

$$f = 0,4 \left(\frac{h}{r} \right)^{0,5} \quad (5.18)$$

деб олиш мумкин.

Ботирилиш чуқурлиги (h) ни топиш учун проф. И.В. Крагельский куйидаги формулани тавсия этади:

$$h = \frac{N}{\pi r HB} \quad (5.19)$$

(5.18) га (5.19) даги (h) нинг қийматини қўямиз:

$$f = 0,4 \left(\frac{N}{\pi r^2 HB} \right)^{0,5} = \frac{0,4N^{0,5}}{\pi^{0,5} \cdot r \cdot HB^{0,5}} \quad (5.20)$$

Биз кўриб чиқаётган ҳолда I юза учун $r=R$, иккинчи юза учун эса $r=\rho$, $HB=HB_1$, унда:

$$f_1 = \frac{0,4N^{0,5}}{(3,14)^{0,5} \cdot R \cdot HB^{0,5}} = \frac{0,22N^{0,5}}{R \cdot HB^{0,5}} \quad (5.21)$$

Шунга ўхшаш II юзага нисбатан:

$$f_2 = \frac{0,22N^{0,5}}{\rho HB_2^{0,5}} \quad (5.22)$$

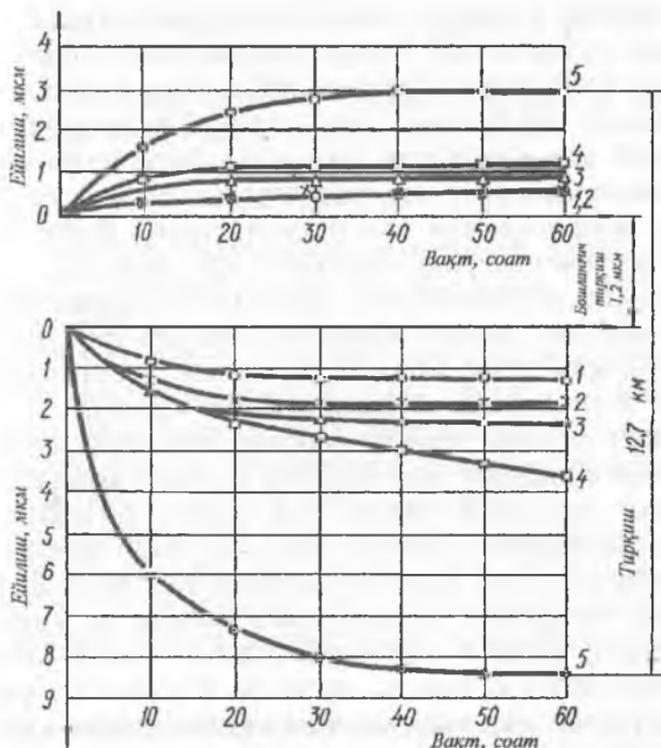
Биз кўриб чиқаётган I ҳол учун, яъни ишқаланиш юзалари бир хил бўлганда $HB_1=HB_2$. Унда $\rho < R$ данлигини назарда тутиб (5.21) ва (5.22) формулаларни солиштириш натижасида қуйидаги хулосага келиш мумкин:

$$f_1 < f_2$$

Бу эса абразив заррача ҳаракатсиз II юзага ботирилиб маҳкамланиб қолишининг ва I юза бўйлаб сирпанишининг далилидир, яъни абразив заррачанинг I юза бўйича сирпаниб ишқаланиши шу юзанинг ейилишига олиб келади. Демак, ҳаракатли юза интенсив ейилади.

Ишқаланиш юзаларининг бир хиллик бўлишига мисол қилиб дизель двигателидаги прецизион плунжер жуфтлигини олиш мумкин. Бу жуфтликда плунжер ҳам, втулка ҳам бир хил хусусиятларга эга: улар бир хил материалдан ясалган, уларнинг дастлабки микрогеометрияси ва юза сифати бир хилдир. Бундай плунжер жуфтликларини синаш даврида ҳаракатли деталь-плунжернинг ейилиши ҳаракатсиз деталь-втулка ейилишига нисбатан катта бўлишини кўрсатади (5.8-расм).

II ҳол — ишқаланиш юзалари ҳар хил бўлганда. Бундай ҳол машина деталларини лойиҳалашда кўп учрайди. Бу ҳолни тавсифлаб бериш учун юзаларда абразив заррачанинг ботирилиб (сингдирилиб) маҳкамланиб қолиш (шаржируемость) хусусияти деган атамани ишлатамиз. Ботирилиб маҳкамланиб қолиш деб ишқаланувчи туташган сиртлар орасига кириб қолган абразив заррачанинг сиртга ботирилиб маҳкамланиб қолишига айтилади.



5.8-расм. Ёқилғи таркибда абразив заррачалар бўлганда плунжер жуфтлигидаги деталларнинг ёйилиш хусусияти ва миқдори.
 1—25 г/м³; 2—50 г/м³; 3—75 г/м³; 4—100 г/м³; 5—150 г/м³

Ботирилиб маҳкамланиб қолиш деталнинг физика-механикавий хусусиятига, сиртнинг микрогеометриясига, тирқашда мойнинг борлигига, юзадаги оксид пардасига ва ҳ.к. га боғлиқ бўлади.

Одатда юмшоқроқ материалларда ботирилиб маҳкамланиб қолиш хусусияти кўпроқ бўлади. Ботирилиб маҳкамланиб қолиш хусусиятлари кул ранг (серый) ва болгаланувчан (ковкий) чўянларда, бронза, пластмассаларда кўпроқ бўлади.

Одатда машинасозлик амалиётида бирикмадаги битта деталь иккинчи деталга нисбатан юмшоқроқ материалдан ясалган бўлади. Юмшоқроқ материалдан ясалган деталларнинг ёйилишга бардошлиги камроқ бўлади. Материалларнинг бундай хусусияти бирикма орасида абразив заррача бўлмаганда содир бўлади. Лекин бундай ҳол аб-

разив заррача бирикма деталлари орасига кириб қолган тақдирда юз бермайди. Бунда материалларга абразив заррачанинг ботирилиб маҳкамланиб қолиш хусусияти катта аҳамиятга эга бўлади. Ҳақиқатан, абразив заррача бирикмадаги икки деталдан биттасига ботирилиб маҳкамланиб қолса иккинчи юзанинг абразив заррача таъсирида ейилиш интенсивлиги кўп бўлади, чунки фақат бу юза бўйича абразив заррача сирпаниб ишқаланади.

Юқорида айтилганидек бирикма тирқишига кириб қолган абразив заррача ҳаракатсиз деталь сиртига ботирилиб маҳкамланиб қолиш ҳаракатли деталнинг ҳажм радиуси R таъсирида ейилишига олиб келади.

Умуман олганда абразив заррача бирлашма деталлари қандай материалдан (юмшоқ ёки қаттиқ) ясалганлигига қараб ёки ҳаракатсиз юзага, ёки ҳаракатли юзага ботирилиб маҳкамланиб қолиши мумкин, яъни абразив заррача ҳаракатли юза юмшоқ материалдан ясалган бўлса, бу юзага ботирилиб маҳкамланиб қолади ва қаттиқроқ материалдан ясалган ҳаракатсиз деталь юзини интенсив ейилишига олиб келади ва аксинча. Ҳаракатсиз ва ҳаракатли деталлар материалларининг қайси бирини юмшоқ, қайси бирини нисбатан қаттиқроқ материалдан ясаш керак бўлади деган савол тугилади.

Бу саволга жавоб бериш учун И. В. Крагельскийнинг чарчашдан ейилиш (молекуляр — механикавий) назариясига мурожаат қиламиз. Бу назарияга биноан ейилиш интенсивлиги (J) пластик туташув бўлган ҳолда (абразив ейилишда ҳам пластик туташув бўлади) ғадир-будурлик чўққисининг бирлашган деталь юзига ботирилиш чуқурлиги миқдорига (бизнинг ҳолда абразив заррачанинг ботирилиш чуқурлигига) ва чўққи радиусига (бизнинг ҳолда абразив заррачанинг радиусига) боғлиқдир:

$$J = (h / R_b)^{\frac{1+t}{2}}$$

бунда h — ғадир-будурлик чўққисининг ботирилиш чуқурлиги;

R_b — чўққи радиуси;

t — фрикцион чарчашнинг даража кўрсаткичи.

Одатда $t=2...3$, $h=N/\pi R_b$, унда $1,5...2,0$

$$J = \left(\frac{N}{\pi R_b \cdot HB} / R_b \right)^{1,5...2} = \frac{N}{(\pi \cdot HB)^{1,5...2} R_b^{3...4}}$$

π , N , HB ларнинг қиймати ўзгармас бўлганда ейилиш интенсивлиги фақат R га боғлиқ экан, яъни:

$$J \approx \frac{1}{R_b^{3...4}} \quad (5.23)$$

Демак, ейилиш интенсивлиги ғадир-будурлик чўққи радиусига 3...4 даража тескари пропорционал экан. Бу эса катта боғлиқлик.

Юқорида биз абразив заррачанинг турғун ҳолати $\varphi=0$ да содир бўлишини аниқлаган эдик (5.5-расм). Турғунлик ҳолатда абразив заррача ҳаракатли юза билан ҳажм радиуси R , ҳаракатсиз юза билан чўққи радиуси r орқали ўзаро таъсирда бўлар экан (5.9-расмга қаранг).

(5.23) формуласидаги R_b ни абразив заррачанинг ҳажм радиуси ва чўққи радиуси r ларга тенг деб олсак, ейилиш интенсивлиги абразив ейилиш даврида R ва ρ лар билан қуйидаги боғлиқликлар бўлар эканлигини тушунамиз:

$$J \approx \frac{1}{R^{3...4}} \text{ — ҳаракатланувчи деталь учун,}$$

$$J \approx \frac{1}{\rho^{3...4}} \text{ — ҳаракатсиз деталь учун.}$$

Демак, турғунлик ҳолатида абразив заррача ҳаракатсиз детални ρ радиуси таъсирида ейилишга олиб келар экан. Лекин юқорида абразив заррача ҳаракатсиз деталга ботирилиб маҳкамланиб қолишини исбот қилган эдик. Демак, абразив заррача ҳаракатсиз деталга ботирилиб маҳкамланиб қолиб ҳаракатли юзани R радиуси орқали ейилишга олиб келади. Шунинг учун ҳаракатли юзанинг ейилишини конструкторлар машинани лойиҳалаш даврида назарда тутишлари керак, деган илмий хулосага келишимиз мумкин.

Бу илмий хулоса ҳақиқатан ҳам конструкторлар амалиётида кўп учрайди. Одатда вал-втулка туташувида вал ҳаракатда бўлади, втулка эса ҳаракатсиз деталь вазифасини бажариб, валга нисбатан юмшоқроқ материалдан ясалган бўлади. Бундай ҳолда вал пўлатдан, втулка эса чўяндан ёки бронзадан ёки пластмассадан ясалади. Ми-

сол қилиб айланувчи (ҳаракатли) тирсакли вал пўлатдан ва у билан бирлашган ҳаракатсиз втулка юмшоқ баббиди материалдан ясалишини кўрсатишимиз мумкин (бу ерда абразив заррачалар вазифасини ейилиш чиқиндилари ўтайди).

5.2.7. Юзалар орасидаги абразив заррачанинг ҳаракатига ҳар хил омилларнинг таъсири

Ҳар хил омилларнинг юзалар орасидаги абразив заррача ҳаракатига таъсирини кўриб чиқиш учун абразив заррачанинг айланиш шарти (5.11) га мувофиқ қиламиз:

$$\left(f_1 - \frac{K_1}{R}\right) \cos \alpha_1 + \left(f_2 + \frac{K_2}{R+\rho}\right) \left(\frac{\rho}{R} \cos \alpha_2 + \sin \varphi\right) + \operatorname{tg} \alpha_2 \sin \varphi - \cos \varphi > 0 \quad (5.11)$$

Фақат (5.11)даги шарт бажарилсагина абразив заррача деталлар юзалари ўртасида айланиб кетиши мумкин. (5.11) формуласидан кўриниб турибдики абразив заррачанинг айланишига f_1 , K_1 , R , α_1 , f_2 , K_2 , ρ , α_2 , φ лар таъсир этади.

Ишқаланиш коэффициентлари f ва K ларга эса ўз навбатида эластиклик модули — E , Пуассон коэффициенти — μ , Бренель бўйича қаттиқлик — HB катта таъсир кўрсатадилар.

Умуман, назарий жиҳатдан абразив заррачанинг ҳаракатига 14 параметрлар таъсир этар экан, ёки f_1 , f_2 , K_1 , K_2 лар қийматини қўйиб чиқсак (5.11) нинг чап томондаги қийматлар ўн тўртта ўзгарувчан параметрлар функциясини ташкил этади: $y = f(HB_1, E_1, \mu, \alpha_1, HB_2, E_2, \mu_2, \alpha_2, E_a, M_a, R_a, \rho, N, \vartheta)$. Лекин бу параметрлар бир хил таъсир этмайди. Масалан, микронотекислик профили бурчаклари (α_1 ва α_2) нинг таъсири 2...3 фоиздир. Сирпаниш тезлиги (ϑ) ҳам жуда кам таъсир этади ва ҳ.к.

Назарий ва экспериментал тадқиқотлар кўрсатишича абразив заррача ҳаракатига қуйидаги юза материалларининг физика-механикавий параметрлари кўпроқ таъсир этади:

E_1 , E_2 — ишқаланувчи материалларнинг эластиклик модули;

μ_1, μ_2 — ишқаланувчи жисмлар учун Пуассон коэф-
фициенти;

HB_1, HB_2 — Бренель бўйича ишқаланувчи материал-
лар қаттиқлиги. Лекин булар таъсири ҳам ҳар доим бир
хил бўлмайди. Одатда абразив заррачанинг сирпанишдан
айланма ҳаракатга ўтиш тартиби жуфтликдаги материал-
ларга нисбатан қуйидаги кетма-кетлик бўйича ошиб бо-
ради: тобланган пўлат — тобланган пўлат; тобланган пўлат
— тобланмаган пўлат; тобланган пўлат-бронза; тоблан-
ган пўлат-пластмасса. Абразив заррачанинг айланма ҳара-
катига кўпроқ мойиллик кўрсатадиган жуфтлик пласт-
масса-пластмассадан ясалган материаллар жуфтлигидир.

Юклама (N) ва абразив заррачанинг ўлчамлари ҳам
абразив заррачанинг айланишига қулайлик кўрсатадилар.
Юклама миқдори кўп бўлиши ва заррачанинг ўлчамлари
кичиклашиши абразив заррачанинг айланишга мойилли-
гини оширади (5.9-расм).

5.3. Азалдан эркин абразив заррачанинг ишқаланиш юзасига ботирилиш механизми

Азалдан эркин абразив заррачанинг ишқаланиш юза
билан ўзаро таъсири назарияси ейилиш жадаллигига аб-



5.9-расм. Юзалар орасидаги абразив заррача ҳаракатига юклама ва
заррача ўлчамларининг таъсири:

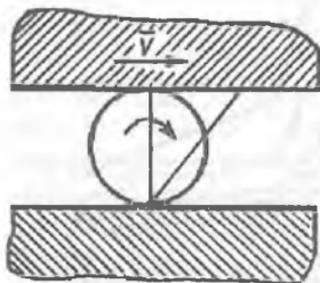
a — юк ($R=0,05$ мкм); b — заррача ўлчами ($N=8H$); \circ — тобланган
пўлат-тобланган пўлат; Δ — тобланган пўлат-тобланмаган пўлат;
 \square — тобланган пўлат-бронза; \times — тобланган пўлат-пластмасса; \bullet —
пластмасса-пластмасса

разив заррачанинг ишқаланиш юза билан ўзаро кинематик муносабати жуда катта таъсир этишини кўрсатди. Жуфтликдаги юза ғадир-будурлигига, материалнинг қаттиқлигига қараб абразив заррачалар ҳаракатсиз ёки ҳаракатдаги юзага ботирилиб маҳкамланиб қолгач, бирикмадаги иккинчи сиртни ейилишга олиб келар экан. Демак, бунда абразив заррачанинг сиртга ботирилиб ва сўнгра маҳкамланиб қолиш шартини топиш энг муҳим масала бўлиб қолади. Бундай масалани ечиш учун тирқишга абразив заррача кириб қолганда жуфтликдаги ишқаланиш юзалари деформациясини кўриб чиқамиз.

Одатда абразив заррача ишқаланувчи материалларга нисбатан жуда ҳам қаттиқ бўлганлиги учун абразив заррачани деформацияланмайди деб оламиз. Юқорида қайд қилганимиздек жуфтликдаги I жисмни иккинчи II жисмга нисбатан ϑ тезлигида илгарилама ҳаракатда бўлади деб ҳисоблаймиз.

Идеал текис сиртлар (текисликлар) орасида абразив заррачанинг энг катта ҳажм диаметри ҳаракатнинг йўналишига нисбатан перпендикуляр бўлган ҳолатда жойлашади ва думалаб юради (5.10-расм). Бундай ҳолда заррачанинг бошқа ҳар қандай ҳолати нотурғун бўлади, чунки абразив заррача ён томонда ҳосил бўлувчи кучнинг таъсири остида ҳар вақт 5.10-расмда кўрсатилган ҳолатни олади.

Аммо реал сиртлар орасида думалаб юрувчи абразив заррача шундай ҳолатга тушиб қолиши мумкинки, унда заррачанинг катта диаметри ҳаракатланувчи сирт йўналишида жойлашиб қолади. Бундай ҳолда абразив заррача юза ғадир-будурлигининг ҳаракат йўналишида бўлган чуқурлигига тушиб қолса у турғун ҳолатда бўлади (5.11-расм) ва у қайси сиртнинг ишқаланиш коэффиценти катта бўлса шу сиртга ботирилиб маҳкамланиб қолиб иккинчи сиртни ейилишга олиб келади (5.2.6 га қаранг).



5.10-расм.

Идеал текис юзалар ўртасидаги абразив заррачанинг жойлашиш ҳолати

Заррачанинг мувозанат шартига (инерция кучлари жуда кичик бўлгани учун уларни эътиборга олмай-миз) биноан

$$F_1 = F_2, N_1 = N_2, N_1 d = F_1 \Delta \quad (5.24)$$

Бундан кейин нормал босимнинг умумий миқдори N билан, ишқаланиш кучининг умумий миқдори эса F билан белгилаймиз, яъни $F_1 = F_2 = F, N_1 = N_2 = N$

Аниқлик учун абразив заррачанинг II жисм билан ишқаланиш коэффициентини f_2 I жисм билан ишқаланиш коэффициентини f_1 дан катта деб оламиз. Унда абразив заррача II юзага ботирилиб маҳкамланиб қолади. Ишқаланиш кучи ўзининг максимал $f_1 N$ ёки $f_2 N$ миқдорга етгандагина сирпаниш содир бўлади. Биз $f_1 < f_2$ деб олганимиз учун сирпаниш I сирт бўйича бўлади, демак, $F_1 = f \cdot N, F_1 = F_2$ бўлгани учун $F_1 < f_2 N_1$ яъни абразив заррача II сиртга ботирилиб маҳкамланиб қолади.

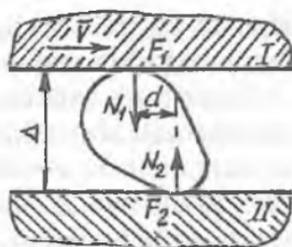
Заррача мувозанат шартининг учинчи формуласидан (5.24 га қаранг) N_1 ва N_2 кучлари таъсир этувчи нуқталари орасидаги масофани аниқлаймиз:

$$d = f_1 \Delta \quad (5.25)$$

Кейинги жараён нормаль куч N , ишқаланиш кучлари F_1 ва F_2 , тирқиш Δ , абразив заррача баландлиги h ва I, II сиртларнинг механик хусусиятларига боғлиқдир.

Агар заррачанинг баландлиги тирқиш миқдоридан озгина (сал-пал) катта бўлса, унда I юза ҳам, II юза ҳам эластик деформацияланади. Агар $h - \Delta$ етарли катта бўлса унда F ва N кучлари шундай миқдорга етадики (қўпаядики), улар таъсиридан сиртларда пластик деформацияланиш ҳосил бўлади.

Агар биринчи бўлиб I жисмнинг кўтариш (кўтариб туриш) қобилияти тугаб қолса пластик сиқиб чиқариш ёки сиртнинг ўйилиб кетиши юз беради ва бунинг нати-



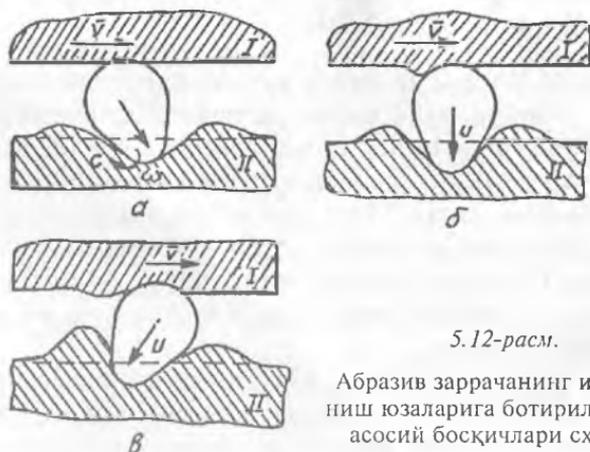
5.11-расм.

Реал ишқаланиш юзалар ўртасидаги абразив заррачанинг жойлашиш ҳолати

жасида сиртда тирналиш ҳосил бўлади. Бундай ҳолда абразив заррача индентор вазифасини бажаради.

Сиртнинг эластик сиқилишида (эластик деформацияланишида), агар абразив заррачанинг I ва II сиртлар бўйича ишқаланиш коэффиценти миқдор жиҳатдан бир-бирига яқин бўлса (масалан, I ва II жисм бир хил материалдан тайёрланган), заррачанинг сирт билан тишлашиб қолиши (заклинивание) унинг турғун бўлмаслиги сабабларидан биридир — абразив заррачанинг ишқаланиш коэффиценти сирт рельефига ва жисм сиртининг шу жойдаги хусусиятига боғлиқлигидир. Бу эластик сиқилишда абразив заррача I жисм бўйича сирпанишида ишқаланиш коэффиценти оз бўлса ҳам доимо ўзгариб туришини кўрсатади. Шунинг учун агар f_1 ва f_2 миқдор жиҳатдан бир-биридан фарқ қилса, унда f_2 дан f_1 катта бўлиш ҳодисаси рўй бериши мумкин. У ҳолда, юқорида кўрсатилганидек, абразив заррачанинг I жисмда тишлашиб қолиши рўй беради ва заррача II сирт бўйлаб сирпанади. Сўнгра бу ҳол яна ўзгариши мумкин: заррача II жисмда тишлашиб қолиб I жисм бўйлаб сирпанади.

Бундай ўзгарувчан сирпаниш эластик деформацияланишда ва иккала (I ва II) жисм ҳам бир хил материалдан ёки механик хусусиятлари бир хил бўлган материаллардан ясалган ҳолда (пластик деформация йўқлигида) содир бўлади.



5.12-расм.

Абразив заррачанинг ишқаланиш юзаларига ботирилишнинг асосий босқичлари схемаси

Агар абразив заррача тишлашиб қолган II жисмнинг кўтариш қобиляяти I жисмнинг кўтариш қобилятидан кам бўлса, унда абразив заррача II жисмга ботирилади. Бундай ботирилишнинг босқичлари 5.12-расмда келтирилган.

Ботирилишнинг биринчи босқичида (5.12a-расм) абразив заррачанинг оний ҳаракати қандайдир C марказ атрофида бўлади ва бир вақтда заррача II жисм танасига ботирилади.

Ҳақиқатан, ботирилиш жараёнида абразив заррачага таъсир этувчи кучлар (инерция кучларини эътиборга олинмаганда) N_1 , N_2 , F_1 , F_2 мувозанатда бўлиши керак. Бу ҳолда заррача икки жуфт кучлар (F_1 , F_2 ва N_1 , N_2) таъсири остида бўлади. N_1 ва N_2 кучларининг d елкаси қатъий аниқ бўлади ва абразив заррачанинг ишқаланиш коэффициентига ва унинг геометрик параметрларига боғлиқ бўлади:

$$d = f_2 \Delta \quad (5.25 \text{ га қаранг}).$$

N_2 кучи II жисм орқали бериладиган нормал босимнинг натижавий (результатирующая) кучидир, яъни абразив заррачага II жисмнинг қаршилигидир (реакциясидир). Бу куч туташувнинг кенг қисмига яқин жойлашган босим марказига қўйилган бўлади. Масалан, агар туташув юза эллипс шаклида бўлса, унда N_2 кучи эллипсининг марказига қўйилган бўлади.

Муайян жойдаги (локал) ишқаланиш коэффициенти f_2 нинг ортиб бориши билан абразив заррачанинг айланиш давом этиши ҳам мумкин. Бунда абразив заррача 5.12b-расмда кўрсатилган ҳолда ботирилиб маҳкамланиб қолиши мумкин. Бундай ҳолда абразив заррача консоль тарзда бўлиб, ўзининг ҳажм радиуси билан I жисм сиртига таъсир этади.

Абразив заррачага таъсир этувчи натижавий куч туташув юзанинг кенгроқ жойига яқин жойлашган бўлади, унда N_1 ва N_2 куч жуфтлигининг елкаси мувозанатни сақловчи елкадан кичик бўлади, яъни $d < f_2 \Delta$. Бунинг натижасида абразив заррача F_1 ва F_2 кучлар йўналиши бўйича айлана бошлайди (ағдарила бошлайди), чунки N_1 ва N_2 кучлар мувозанатни таъминлай олмайдилар. Бундай аб-

разив заррачанинг ағдарилиши F_1 ва F_2 кучлар жуфтлиги N_1 ва N_2 кучлар жуфтлиги билан мувозанатлашгунгача давом этади.

5.126-расмда кўрсатилган ҳолатда абразив заррача мувозанат ҳолатда бўлади деб айтиш мумкин, чунки бундай ҳолатда F_1 ва N_1 F_2 ва N_2 кучларнинг тенг таъсир этувчиси заррачанинг ўқи бўйлаб йўналган бўлади. Шунинг учун ағдарилиш бутунлай бўлмайди ва абразив заррачанинг ботирилиши илгарилама (поступательно) бўлади. Бундай ботирилиш F_1 ва N_1 кучлари миқдори F_2 ва N_2 кучлар миқдорига тенглашгунгача давом этади.

Бизнинг назарий тадқиқотларимиз натижасида абразив заррача таъсиридан пластик деформация бошланишининг шарти қуйидагича бўлиши аниқланган (исботсиз келтирамиз):

$$\text{I жисм учун: } 0,46N < \tau_s \pi a_1 b_1 \quad (5.26)$$

$$\text{II жисм учун: } 0,46N < \tau_s \pi a^2 \quad (5.27)$$

бу ерда N — юклама (нагрузка);

τ_s — максимал урунма кучланиш;

a_1 ва b_1 — эллипс шаклида бўладиган туташув юзасининг (майдонининг) ўлчамлари;

a — айлана шаклида бўладиган туташув юзасининг (майдонининг) радиуси.

Абразив заррачанинг ботирилишига олиб келувчи вертикал кучни қуйидаги формуладан топиш тавсия қилинади (исботсиз келтирамиз)

$$N = 5,71 \pi \rho^2 \tau_s \quad (5.28)$$

бу ерда ρ — абразив заррача чўққисининг радиуси.

Демак, (5.26) ва (5.27) формулаларда келтирилган шарт бажарилса жуфтликда абразив заррача таъсирида эластик деформация юз беради ва бунга ҳар доим интилиш керак.

5.4. Абразив ейилишга ҳисоблаш

5.4.1. Абразив заррачанинг майдаланиб кетиши

Абразив ейилишни ҳисоблаш вақтида заррачаларнинг абразив хусусиятларини ўрганиб чиқиш зарур бўлади.

Актив заррача деб ўлчами тирқиш ўлчами минимал миқдоридан кичик бўлмаган ва юзаларга фаол таъсир этувчи заррачаларга айтилади. Пассив заррача деб ўлчами тирқиш ўлчами минимал миқдоридан кичик бўлган ва тирқишда эркин сузиб юрувчи заррачаларга айтилади.

Мой таркибидаги ифлосликлар, асосан, тупроқ заррачалари ва ейилиш маҳсулотларидан ташкил топади ва улар машина агрегатлари ичига кириб, ейилиш шиддатининг ошишига олиб келади. Бундай ифлосликларнинг қарийб 80—90 фоизи 16 мкм гача бўлган кичик дисперсиялик кварц ва темир заррачаларни ташкил қилади.

Азалдан эркин ҳолатда бўлган заррачалар бирикманинг тирқиш миқдорига ўлчовдош бўлган тақдирда бу тирқишга кириб қолади ва юклама (нагрузка) бир деталдан иккинчи деталга шу заррача орқали узатилади. Заррача эса бирикма деталлари юзалари билан ўзаро таъсирда бўлиб, уларни абразив ейилишга олиб келади. Абразив заррачага таъсир этувчи юклама (кучланиш) критик миқдордан ва абразив заррачанинг мустаҳкамлик чегарасидан ошиб кетса абразив заррача майдаланиб кетади. Абразив заррачаларнинг майдаланиб кетиши улар сирпаниш подшипниклари ва эвольвент тишлик узатмаларида ҳосил бўладиган понасимон торайиб боровчи тирқишдан ўтаётган даврда, айниқса, ёрқин намоён бўлади. Бундай майдаланиш жараёнида жуда кўп майда заррачалар ҳосил бўлади ва бу жараён абразив заррачанинг ўлчами тирқишнинг энг кичик миқдоридан камайиб кетишигача давом этади. Майдаланиб кетиш жараёнида абразив заррача актив ва пассив заррачаларни ҳосил қилади.

Демак, абразив заррачанинг майдаланиб кетиш жараёнига асосан юклама (кучланиш)нинг критик миқдори таъсир этар экан.

Одатда статик эгилишда материалнинг мўртлик чегараси (кучланиш)

$$\sigma = 10^9 \frac{32M}{\pi d_y^3} \quad (5.24)$$

бунда M — эгувчи момент (Нм), d_y — абразив заррачалар ўртача диаметри (мкм)

Эгувчи M — моментни ёрдам берувчи $M_{\text{ёб}}$ момент ва қаршилиқ кўрсатувчи $M_{\text{кк}}$ моментлар айирмасидан топиш мумкин:

$$M = (M_{\text{эг}} - M_{\text{кк}}) \quad (5.24)$$

(5.6) ва (5.10) формулалари бўйича:

$$M_{\text{эг}} = Nf_1 \cos \alpha_1 + Nf_2(\rho \cos \alpha_2 + R \sin \varphi) + N \operatorname{tg} \alpha_1 R \cos \alpha_1 + N \operatorname{tg} \alpha_2(\rho \cos \alpha_2 + R \sin \varphi) \quad (5.6)$$

$$M_{\text{кк}} = \frac{NK_1}{R} R \cos \alpha_1 + \frac{NK_2}{R+\rho} (\rho \cos \alpha_2 + R \sin \varphi) + N(R \cos \varphi + R \sin \alpha_1 + \rho \sin \alpha_2) \quad (5.10)$$

$M_{\text{эг}}$ ва $M_{\text{кк}}$ лар миқдорини (5.6) ва (5.10) лардан (5.24) га қўйиб қўзғалмас юзага ботирилиб маҳкамланиб қолган абразив заррачага таъсир этувчи моментни топиш мумкин. У ҳолда абразив заррачанинг майдаланиб кетишига ёрдам берувчи кучланиш, қовусларни очиб баъзи бир ўзгартиришлардан сўнг, қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\sigma = \frac{32N}{\pi d_y^3} \left[(f_1 R - K) \cos \alpha_1 + \left(f_2 - \frac{K_2 \rho}{R+\rho} \right) \cos \alpha_2 + R \sin \varphi \left(f_2 - \operatorname{tg} \alpha_2 - \frac{K_2}{R+\rho} - \operatorname{ctg} \varphi \right) \right] \quad (5.24)$$

В. В. Кашеев ва В. Д. Жигаевлар тадиқотлари бўйича абразив материалларнинг майдаланиб кетишига сабаб бўлувчи кучланишнинг миқдори 0,02 дан 1,47 ГПа гача бўлар экан.

5.4.2. Тишли бирикмалар тирқишидаги абразив заррачаларнинг майдаланиши

Тишли бирикмалар ишлашида улар туташувида силжиш даражаси кўп бўлиб, катта юклама (нагрузка) ҳосил бўлади. Тирқишдаги абразив заррачаларнинг майдаланиши интенсивлашади, чунки илашиш зонасидаги туташув босим миқдори абразив заррачанинг мустаҳкамлигидан анчагина катта бўлади. Абразив заррачаларнинг майдаланиб кетиш муаммоси билан Г. Я. Ямпольский ва

И.В. Крагельскийлар шуғулланганлар. Уларнинг назарияси бўйича абразив заррача понасимон тирқишдан ўтиш даврида майдаланиб кетади (майдаланиш коэффициентини 7 га тенг) ва уларнинг ўлчамлари қуйидагича топилади:

$$d_a \leq R_z + \delta, \quad (5.25)$$

бунда R_z — ишқаланиш юзаси микронотекислигининг баландлиги; δ — мой пардасининг қалинлиги.

Майдаланиб кетган заррачаларнинг ўлчам миқдори тирқиш ўлчами миқдоридан камайиб кетганлиги учун уларнинг юзаларга кучли таъсир этиш хусусияти йўқолади, бошқа сўз билан айтганда заррачаларнинг активлиги йўқолади. Бундай заррачалар юзаларнинг чарчашдан емирилишига ёрдамлашади ва юзаларнинг асосий ейилиши уларнинг оксидланишидан ҳосил бўлади. Бу даврда ейилиш эластик деформация таъсирида деталь материалининг чарчашидан ҳосил бўлади.

Лекин зичлагич (уплотнительный) элементларининг конструкцияси зичланиш барқарорлигини таъминламаслиги ва унинг ейилиб кетиши агрегатларнинг «нафас олиш» хусусиятини кучайтиради, натижада улар ичига атроф-муҳитдаги турли ифлосликлар (абразив заррачалар) ўтиб кетади. Бундай абразив заррачаларнинг кириб қолиши атроф-муҳитнинг чанглик даражаси кўп бўлганда, айниқса, ошиб кетади ва машина қанча кўп вақт ишласа, шунча кўп бўлади.

А. Иргашев томонидан ўтказилган тадқиқотлар бундай ифлосликлар вақтга боғлиқ ва унга тўғри пропорционал-лигини кўрсатди. Демак, механик ифлосликлар ёки абразив заррачалар концентрациясининг агрегатлар ишлаш вақтига боғлиқлигини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_0 + at \quad \text{ёки} \quad a = \frac{\varepsilon_t + \varepsilon_0}{t} \quad (5.26)$$

бунда ε_t — вақт ўтиши билан абразив заррачалар концентрациясининг ўзгариши; ε_0 — абразив заррачаларнинг бошланғич концентрацияси; t — мой алмаштирилган вақтдан бошлаб машинанинг ишлаш муддати; a — абразив заррача концентрациясининг машинани ҳар соатда ишлашига тўғри келадиган ўзгариши.

ε , нинг маълум миқдорида а ни аниқлаш қийин эмас. Масалан, енгил автогрейдерлар трансмиссия мойининг анализи шуни кўрсатадики, мойнинг алмаштириш вақтига (ҳар бир 1200 соатда) абразив заррачаларнинг концентрацияси мой массасининг 1,3 фоизигачасини ташкил этар экан, унда

$$a = \frac{1,3 - 0,005}{1200} = 0,001\% \text{ соат}$$

Вақт ўзгариши билан $a = \text{const}$ деб олсак, бир циклда мойга тушган абразив заррачалар сонини қуйидагича топиш мумкин:

$$S_Z = \frac{a}{3600n_{\text{cp}}Z} = \frac{\varepsilon_t - \varepsilon_0}{3600n_{\text{cp}}Zt} \quad (5.27)$$

бу ерда n_{cp} — тишли ғилдиракнинг айланиш частотаси, Z — тишли ғилдираклар тишлари сони.

5.4.3. Тирқишдаги абразив заррачалар сонини аниқлаш

Бир вақт ичида деталлар тирқишдаги мой таркибида бўлган абразив заррача сонини (n) аниқлаш учун қуйидаги формуладан фойдаланишни тавсия қилинган (исботи У. А. Икромов «Расчетные методы оценки абразивного износа» китобида келтирилган):

$$n = \frac{10^{16} \varepsilon \dot{\gamma} Q \gamma_M K_1 K_2 l}{6\pi d_y^3 - \dot{\gamma}_a \gamma_a} \quad (5.28)$$

бу ерда: $\varepsilon \dot{\gamma}$ — абразив заррачалар концентрациясини ўртача миқдори; Q — мойнинг агрегатдаги ҳажми; γ_M, γ_a — мой ва абразив заррачанинг зичлиги; K_1 — тирқиш ўлчам миқдорига ўлчовдош заррачалар сонини ҳисобга олувчи коэффициент; K_2 — ишқаланиш юзаларига нисбатан қаттиқ бўлган заррачалар (кварц ва ҳ.к.) сонини ҳисобга олувчи коэффициент; l — ишқаланувчи юзалар узунлиги; d_y — абразив заррачанинг ўртача диаметри; $\dot{\gamma}_a$ — қўзғалмас юзага нисбатан мой таркибидаги абразив заррача тезлиги.

5.4.4. Сирпаниб ишқаланиш жуфтликларининг абразив ейилишини ҳисоблаш

Абразив заррача таъсиридан эластик ва пластик туташув бўлганда ейилишни ҳисоблаш. Тирқишларга кириб қолган абразив заррачалар таъсирида юзалар эластик ва пластик деформацияланади.

Биз олиб борган тадқиқотлар натижасида юзалар эластик ва пластик деформацияланганда уларнинг ейилиш интенсивлигини қуйидаги боғлиқлик билан топиш мумкинлиги аниқланди:

$$J_h = \frac{2h^2 \left(R - \frac{1}{3}h \right) n^a}{a A_a n_p} \quad (5.29)$$

бу ерда: h — заррачанинг ботирилиш чуқурлиги; R — заррачанинг ҳажм радиуси; n_a — заррачалар сони; a — контакт изи радиуси; A_a — туташувнинг номинал юзаси; n_p — деталь материалининг деформацияланган ҳажмини емирилишга олиб келадиган циклар сони:

$$n_p = \left(\frac{\sigma_b}{K\tau} \right)^t \quad (5.30)$$

бунда: σ_b — деталь материалининг чидамлик чеки; K — коэффициент ($K=1,1\dots1,3$); t — фрикцион чарчаш даражаси кўрсаткичи (пўлат, чўян учун $t=1,3$, мис, алюминий, жезлар учун $t=2$); τ солиштирма ишқаланиш кучи:

$$\tau = f \frac{4}{3\pi} \sqrt{\frac{h}{R}} \quad (5.31)$$

$\theta = \frac{1-\mu}{E}$ — материалнинг эластиклик доимийлиги (упругая постоянная материала).

Абразив заррачалар таъсирида микроқирқув бўлганда ейилишни ҳисоблаш. Микроқирқув даврида абразив ейилиш интенсивлигини металл қириндисининг геометриясидан аниқлаш мумкин:

$$J_h = \frac{hbn_a}{A_a} 10^{-6} \quad (5.32)$$

бу ерда h — заррачанинг ботиш чуқурлиги, мкм; n — абразив заррачалар сони; A_a — туташувнинг номинал юзаси, мм²; b — тирналган жой эни, мкм;

$$b = 1,4 \cdot R \quad (5.33)$$

Ейилиш миқдори

$$u = J_h L 10^3 \quad (5.34)$$

бунда L — ишқаланиш йўли, мм.

Демак, (5.32) ва (5.34) лар орқали микроқирув вақтидаги ейилиш интенсивлигини ва ейилиш миқдорини аниқлаш мумкин экан.

Абразив заррачалар таъсирида эластик, пластик ва микроқирув жараёнлари бир вақтда бўлганда ейилиш интенсивлигини ҳисоблаш.

Абразив заррачалар таъсирида кўпроқ эластик ва пластик деформацияланиш содир бўлади. Микроқирув эса кам учрайди. Шунга қарамай абразив заррачалар таъсирида бу жараёнлар биргаликда юз бериши ҳам мумкин. Бу ҳолда абразив заррачалар таъсирида ейилиш интенсивлигини ҳисоблаш формуласи (5.29) даги n_p ўрнига пластик ва эластик деформациялар бўлганда емирилишга олиб келувчи абразив заррача сони ва цикллар сонларини назарда тутиш керак:

$$J_h = \frac{2h^2 \left(R - \frac{1}{3}h \right)}{aAa} \left(\frac{n_{пл}}{n_{рпл}} + \frac{n_э}{n_{рэ}} \right) \quad (5.35)$$

бунда $n_э$ ва $n_{пл}$ — эластик ва пластик туташув вақтида емирилишга олиб келувчи заррачалар сони; $n_{рпл}$ ва $n_{рэ}$ — пластик ва эластик туташув вақтида емирилишга олиб келувчи цикллар сони.

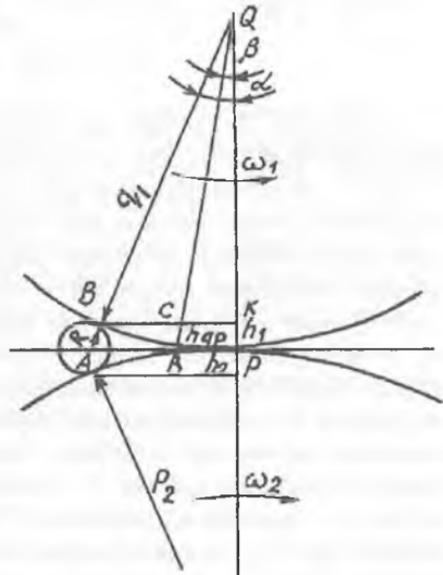
5.4.5. Думалаб сирпаниш билан ишлайдиган деталлар жуфтлигидаги абразив ейилишини ҳисоблаш

Думалаб сирпаниш билан ишлайдиган деталлар жуфтлигига мисол қилиб тишли илашмалар, думалаш подшипниклари, айрим двигателнинг кулачокли механиз-

мини ва ҳ.к. ларни олиш мумкин. Бу жуфтликда думалаб ишқаланиш билан деталлар туташув юзалари ўртасида сирпаниш ҳам содир бўлади. Қуйида тишли илашмалар мисолида ейилиш миқдорини ва ейилиш интенсивлигини ҳисоблаш келтирилади. Бунда тишларнинг соф думалаб ишқаланиши тишлашиш қутбида (полюсида), думалаб сирпаниши эса тишларнинг каллак ва оёқ қисмлари туташув жойларида содир бўлади.

5.13-расмда думалаб ишқаланишда абразив заррачанинг сиртлар билан ўзаро таъсири схемаси келтирилган. Бунда абразив заррачанинг ўртача радиус ўлчами R деб, абразив заррача билан юзаларнинг туташув нуқтасидан эвольтвентларнинг марказигача бўлган масофалар p_1 ва p_2 деб олинган. Шу кўрсаткичларга асосан абразив заррачанинг ишқаланиш юзаларига ботирилиш чуқурликларини назарда тутган ҳолда абразив ейилиш интенсивлиги J_h ва ейилиш миқдори (u) қуйидаги ифодалардан аниқланади (уларнинг исботи Ў. Икромовнинг «Расчетные методы оценки абразивного износа» китобида берилган).

Абразив ейилиш интенсивлиги:



5.13-расм.

Думалаб ишқаланишда абразив заррачаларнинг сиртлар билан ўзаро таъсири

$$J_h = \frac{h_{\text{лр}} n_a \left[\sqrt{p_1^2 + (p_1 + R)^2} - \sqrt{(p_1 + R - h_{\text{лр}})^2 - p_1^2} \right]}{6\pi^2 (p_1 + R) n_p b \arccos \frac{p_1}{c_1 + R} \varepsilon_s} \quad (5.36)$$

Т вақт ичида юзалар ейилишининг миқдори:

$$u_1 = \frac{n_{др1} n_a p_1 w_1 T \left[\sqrt{p_1^2 + (p_1 + R)^2} - \sqrt{(p_1 + R - n_{др})^2 - p_1^2} \right]}{6\pi^2 (p_1 + R) n_p b \arccos \frac{p_1}{c_1 + R} \varepsilon_s} \quad (5.37)$$

$$u_2 = \frac{h_{др2} n_a p_2 w_2 T \left[\sqrt{p_2^2 + (p_2 + R)^2} - \sqrt{(p_2 + R - n_{др})^2 - p_2^2} \right]}{3\pi b n_p (p_2 + R)} \quad (5.38)$$

(5.37) ва (5.38) формулаларидаги:

$$h_{др(2)} = \frac{\sigma_p R}{2H \cdot (2)}; \quad n_a = 0,015 \frac{p_1 b \varepsilon_s \varepsilon_{ср} \gamma M}{\pi R^2 \gamma_a} \arccos \frac{p_1}{p_1 + R}$$

$$n_p \cdot (2) = \varepsilon_{01(2)}^t \quad (5.39)$$

(5.36), (5.37), (5.38) ва (5.39) формулалардаги шартли белгилар қуйидагиларни англатади:

$h_{др}$ — абразив заррачанинг майдаланиш жараёни бошлангунча унинг ботирилиш чуқурлиги; n_a — бир вақтда туташувда бўлган абразив заррачалар сони; p_1 ва p_2 — юзалар тутashiш нуқтасидан эвольвентларнинг марказига гача бўлган масофалар; R — абразив заррачалар радиуси; n_p — материалнинг деформацияланган ҳажмини емирилишга олиб келадиган цикллар сони; ε_s — илашма тишларининг қопланиш коэффициенти (коэффициент перекрития); w_1 ва w_2 — бурчак тезликлари; T — вақт; σ_p — емирилиш кучланиши; H — материал юзасининг қаттиқлиги; b — туташув (тиш) нинг эни; $\varepsilon_{ср}$ — абразив заррачанинг ўртача концентрацияси; γ_M, γ_a — мой ва абразив заррачаларнинг зичлиги; ε_0 — материалнинг нисбий чўзилиш коэффициенти; t — материалнинг фрикцион чарчаш даражаси (пўлат учун $t=1,3$, мис, алюминий, жезлар учун $t=2$).

5.5. Абразив муҳитда ишлайдиган тишли узатмаларнинг ишлаш муддатини ҳисоблаш

Абразив муҳитда ишлайдиган тишли узатмаларнинг понасимон тирқишига кириб қолган абразив заррачалар уларнинг ишлаш муддатига катта таъсир кўрсатади. Бун-

дай муҳитда ишловчи тишли узатмаларнинг ишлаш муддатини ҳисоблаш учун қуйидаги боғлиқлик тавсия этилади (бу боғлиқлик исботи Ў. Икромов «Расчетные методы оценки абразивного износа» китобида ва А. Иргашевнинг номзодлик диссертациясида келтирилган).

Етакчи шестерня учун

$$T_{ш} = \frac{i\rho}{i\rho_1 - \rho_2} \frac{852[u]\sigma_{тш}^{0,5} HB_{ш} P_{\max} P_{ш} t_{ш} K_1^{1,5} K_2^{1,5} \gamma_a^{1,5}}{\varepsilon_K^{1,5} \sigma_a^{2,5} d_a^{1,5} \varphi_{ш} \rho_1^{0,5} D_{ш} \vartheta_g i \gamma_M^{1,5}} \quad (5.40)$$

етакланувчи шестерня учун

$$T_K = \frac{i\rho_2}{i\rho_1 - \rho_2} \frac{852[u]\sigma_{тк}^{0,5} HB_K P_{\max} P_{ш} t_K K_1^{1,5} K_2^{1,5} \gamma_a^{1,5}}{\varepsilon_K^{1,5} \sigma_a^{2,5} d_a^{1,5} \varphi_K^{0,5} \rho_2^{0,5} D_K \vartheta_g i \gamma_M^{1,5}} \quad (5.41)$$

(5.40) ва (5.41) боғлиқликлардаги шартли белгилар: i — узатмалар сони; ρ — шестернялар тиш юзаларининг тутатиш нуқтасидан эвольвентларнинг марказигача бўлган масофа; $[u]$ — тишлар қалинлигининг ейилиш чегараси; σ_t — шестерня тишлари материалининг оқувчанлик чегараси; HB — шестернялар материалининг Бренель бўйича қаттиқлиги; P — шестерняларга тушувчи максимал юклама (нагрузка); R — ғилдиракли машина шинасининг ташқи радиуси; t — шестернялар материалининг емирилишига олиб келувчи цикллар сони; $K_1 = 0,4 \dots 0,8$ — абразив заррачаларнинг бир хил бўлмаслигини назарга оладиган коэффицент; $K_2 = 0,4 \dots 0,8$ кварцга мансуб бўлган абразив заррачалар борлигини назарга оладиган коэффицент; γ_a — абразив заррачалар зичлиги; ε_K — мойдаги абразив заррачалар концентрацияси; δ_a — абразив заррачаларнинг сиқилиш мустаҳкамлиги; d_a — катта кесими бўйича абразив заррачаларнинг ўлчами; φ — шестернялар материалининг чўзилиш нисбий коэффиценти; D — абразив заррачалар таъсирида ҳосил бўладиган сегмент ўлчамини ҳисобга олувчи ўзгарувчан сон; ϑ_g — машинанинг ҳақиқий тезлиги; ϑ_M — мойнинг зичлиги.

Юқорида келтирилган формулалардан кўринишича, бошқа ҳадлари ўзгармас бўлган тақдирда абразив ейилиш миқдори заррачалар сонига боғлиқ экан.

5.6. Абразив муҳитда ишлайдиган деталлар материаллини ҳисоблаш йўли билан аниқлаш

Ишқаланувчи узеллар материаллини ҳисоблаш йўли билан аниқлаш учун абразив заррачаларнинг сиртларга ботирилиб маҳкамланиб қолиш, шунингдек сиртларнинг микроқирқиш шартлари муҳим аҳамиятга эга.

Абразив заррачалар сиртларга ботирилиши материалларнинг қаршилиги нормал юклама (нагрузка)га нисбатан кам бўлгандагина содир бўлади ($P_2 > P_H$). Шунинг учун аввало юкдан ҳосил бўлган босим ва материалнинг қаршилигини топиб, уларни солиштириш орқали узеллар материаллари аниқланади.

Абразив заррачаларнинг туташувдаги максимал юзаси

$$S_{\max} = \frac{\pi d_y^2 n_a}{4}$$

бунда n_a — юзалар билан туташувда бўлган абразив заррачалар сони;

d_y — шартли юмалоқ (шарсимон) шаклдаги абразив заррачаларнинг ўртача диаметри.

Нормал босимнинг (юкламанинг) максимал юзага нисбати ҳақиқий минимал босимни беради:

$$P_{\text{ч}} = \frac{N}{S_{\max}} = \frac{4N}{\pi d_y^2 n_a} \quad (5.42)$$

Абразив заррачаларнинг деформацияси материал деформациясидан жуда кам бўлгани учун уларнинг деформациясини ҳисобга олинмаса ҳам бўлади. У ҳолда деталь materiali пластик деформацияга дучор бўлишини ҳисобга олиб i сонли заррачанинг ботирилиш чуқурлиги

$$h = \frac{Fi}{2\pi RH}$$

бунда Fi — i сонли заррачанинг ботирилишга керак бўладиган куч:

R — шартли юмалоқ (шарсимон) абразив заррачанинг радиуси.

Қаттиқлиги (H) ҳар хил бўлган ишқаланиш юзаларига i сонли заррачанинг ботирилишига керак бўладиган куч қуйидагича топилиши мумкин:

$$F_i = \frac{2\pi RH_1 H_2 (h_1 + h_2)}{H_1 + H_2} \quad (5.43)$$

Сиртлар материалнинг барча абразив заррача ботирилишига қаршилик қилувчи куч

$$F = \frac{\pi d \bar{y} H_1 H_2 (h_1^y + h_2^y)}{H_1 + H_2} n \quad (5.44)$$

бунда h_1^y ва h_2^y — I ва II сиртларга абразив заррачанинг ботирилиш чуқурлигининг ўртача миқдори.

Барча абразив заррачаларнинг ишқаланиш юзаларига ботирилишга керак бўлган босим қуйидаги формула билан топилади:

$$P_H = \frac{F}{S_{\max}} = \frac{4H_1 H_2 (h_1^y + h_2^y)}{d \bar{y} (H_1 + H_2)}$$

Агар абразив заррача сиртларга бутунлай сингдирилиб кетган бўлса $d_y = h_1^y + h_2^y$, у ҳолда

$$P_H = \frac{4H_1 H_2}{H_1 + H_2} \quad (5.45)$$

Демак, абразив заррачанинг бутунлай ботирилиб кетиши асосан сиртлар юзасининг қаттиқлигига боғлиқ экан.

Юқорида келтирилганидек абразив заррачанинг ботирилиши

$$P_v > P_H \quad (5.46)$$

шарти бажарилгандагина содир бўлади. Агар (5.45) ларни (5.46) га қўйсақ абразив заррачанинг сиртга ботирилиб маҳкамланиб қолиш шартини аниқлаймиз:

H_1, H_2 бўлганда

$$\frac{N}{\pi d_y^2 n_a} > \frac{H_1 H_2}{H_1 + H_2} \quad (5.47)$$

$H_1 = H_2 = H$ бўлганда

$$\frac{2N}{\pi d_y^2 n_a} > H \quad (5.48)$$

Агар бу шарт бажарилмаса заррача қисман ботирилиб сиртларни эластик ёки пластик деформацияланишига олиб келади ёки улардан бирида микроқирқув ҳосил бўлади.

Агар абразив заррача бутунлай ботирилса ботирилиш чуқурлиги юзаси қаттиқ деталда камроқ (h_1), юзаси юмшоқроқ бўлган деталда эса кўпроқ бўлади (h_2) ва $h_1 + h_2 \leq d_a$. Бунда абразив заррача юзаси юмшоқ деталга ўз диаметрининг ярмидан кўпроқ қисмда ботирилиб маҳкамланиб қолади. Бу ҳол абразив заррача иккинчи қаттиқроқ материалдан ясалган деталь юзасини эластик ва пластик деформацияланишига олиб келади ва бундай деформацияланиш цикли кўп бўлиши натижасида қаттиқроқ юза ейиши интенсивлашади.

Юқорида (5.2§ га қаранг) абразив ейишиш механизмини кўриб чиқиб қўзғалмас (ҳаракатсиз) деталь юмшоқ (ботирилиб маҳкамланиб қолиш хусусияти кўпроқ) материалдан, ҳаракатдаги деталь эса қаттиқроқ (ботирилиб маҳкамланиб қолиш хусусияти камроқ) материалдан ясаши керак деган хулосага келган эдик. Бундай хулосани ҳисобга олган ҳолда (5.42) дан ишқаланувчи узеллар деталли материални танлаш шартини аниқлаш мумкин. Бунинг учун (5.42) да келтирилган боғлиқликнинг икки томонини (-1) га кўпайтирамиз:

$$\frac{\pi d^2 \ddot{y} n_a}{N} < \frac{H_1 + H_2}{H_1 H_2} \quad (5.49)$$

Бу боғлиқликнинг ўнг томонини қуйидагича ёзамиз:

$$\frac{H_1 - H_2}{H_1 H_2} = \frac{H_1}{H_1} - \frac{1}{H_2}$$

Буни назарда тутган ҳолда (5.49) дан

$$\frac{1}{H_1} - \frac{1}{H_2} > \frac{\pi d^2 \ddot{y} n_a}{N}$$

Ёки

$$\frac{1}{H_2} > \frac{\pi d^2 \ddot{y} - n_a}{N} - \frac{1}{H_1} \quad (5.50)$$

Шундай қилиб, жуфтликдаги икки деталдан бирининг юза қаттиқлиги маълум бўлса иккинчи юза қаттиқлигини ҳисоблаб чиқиб шу қаттиқликка жавоб берадиган материални танлаб олиш мумкин бўлади.

Олтинчи боб.

ТРИБОНИКА МАТЕРИАЛШУНОСЛИГИ

6.1. Умумий маълумотлар

Ишқаланувчи деталлар ишлаш жойларига қараб конструкция, фриксион, ейилишга бардош берадиган ва антифриксион материаллардан ясалишлари мумкин. Кўпинча материаллар қоплама, пардасимон ёки наклад-касимон шаклларда деталнинг асосий материали устига қопланади. Ишқаланувчи деталлар баъзи бир специфик талабларга (электроўтказувчанлик: сирпанувчи контактлар, электр двигателининг коллекторлари; химик агрессив муҳитга қаршилик кўрсатувчи: иссиқгазлар, двигатель ёки ракеталарда ишлатилувчи суюқликлар, кислота ва ишқорлар) жавоб берадиган пўлат ва махсус қотишмалар, металл оксидлари, металлокерамик ва нометалл материаллардан тайёрланган бўлишлари мумкин.

Конструкция пўлатлардан юқори пишиқликка, бикриликка ёки ишлов беришга мосланувчанликка жавоб бера оладиган деталлар ясалади. Бундай деталларга валлар (ўқлар), поршень бармоқлари, шарнир болтлари, тишли филдираклар ва ҳ.к. мисол бўла олади. Пўлат, шунингдек, чўяндан цилиндрлар, поршенлар, плунжерлар ва поршень ҳалқалари ясалиши мумкин. Чўян станиналар, кареткалар (машиналарнинг силжима қисми) столи, йўналтирувчи ползунлар (механизмларнинг тўғри чизиқ бўйлаб сиргалувчи қисми) ва ҳ. к. ишлаб чиқаришда кўп қўлланади.

Фриксион материал деб металл сирти билан туташув даврида ишқаланиш коэффициенти катта бўладиган материалларга айтилади. Бундай материаллар тормоз ва валлар муфтларида ишлатилиб органик (дарахт, чарм, пробка, кигиз-наMAT), металл (чўян, У6, У7 пўлати, калий пермаганат ва ҳ.к.), пластмасса (текстолит, асботексто-

лит, фибра прессланган эластик ва жуда пишиқ қоғоз), асоси темир ва мис бўлган металлокерамик турларга бўлинади.

Ейилишга бардошли материаллар деб ҳар қандай оғир ишқаланиш шароитларида ҳам нисбатан кам ейиладиган материалларга айтилади. Материаллари юқори ейилиш бардошли бўлиши талаб қилинадиган конструкция элементларига плунжер жуфтликлари, экскаватор, юк ортгич ва кўмир комбайни ковшларининг тишлари, плуг лемеҳи ва бошқа технологик машиналар ишчи органлари кирадилар. Ейилиш бардошли материаллар сифатида конструкцион ва махсус пўлатлар, чўянлар, порошок материаллар, резина, пластмассалар ва ҳ.к. ишлатилади.

Ишқаланиш подшипниклари энг паст нисбий юклар малаар таъсирида ишлаганлари учун уларнинг материаллари сифатида ишқаланиш коэффиенти кам бўлган материаллар ишлатилиши керак бўлади. Шундай подшшипниклар материаллари **антифрикцион** ишқаланиш коэффиенти кам материаллар дейилади. «Антифрикционлик» деган тушунча ўз ичига қуйидаги комплекс хусусиятларни олади: етарли статик ва динамик мустаҳкамлик; материалда чегаравий мой қатлам ҳосил қилиш ва уларнинг ейилиб кетган жойларда тикланиши; мойлаш такомиллашмаган ҳолларда ишқаланиш коэффиентининг кам бўлишини таъминловчи; юқори иссиқ ўтказувчанликка, юқори иссиқлик сиғимга, ишлаб мосланувчанликка (прирабатываемость); ейилишга бардошликка ва ҳ.к. эга бўлган материаллардир.

6.2. Ишқаланиш металлофизикаси

Ишқаланиш юзалари контактида материалларнинг ўзаро механик, физик ва химиявий таъсирдан мураккаб триботехник жараёнлар ҳосил бўлади. Металларнинг ишқаланиш фазаларида ҳосил бўладиган бундай жараёнлар билан танишиб чиқамиз.

Қаттиқ жисмлар сиртлари ортиқча энергияга эга бўлиб улар **металл сирти энергияси** деб аталади. Металл сирти энергияси сиртдаги атомларнинг мувозанатланмаганли-

ги натижасида ҳосил бўлади ва унинг миқдори янги сирт ҳосил қилиш учун керак бўлган энергия миқдорига тенг бўлади. Мисол қилиб кўп металларда ҳар бир атом ҳажмда 20, сиртда эса 6 та қўшни атомлар билан ўраб олинганлигини кўрсатиш мумкин. Сирт энергияси сирт боғланишларини ҳосил қилиш қобилиятини аниқлаб беради. Сирт энергияси қанча кўп бўлса шунча адгезион (ёпишиб қолиш) боғланишлар мустаҳкамланади.

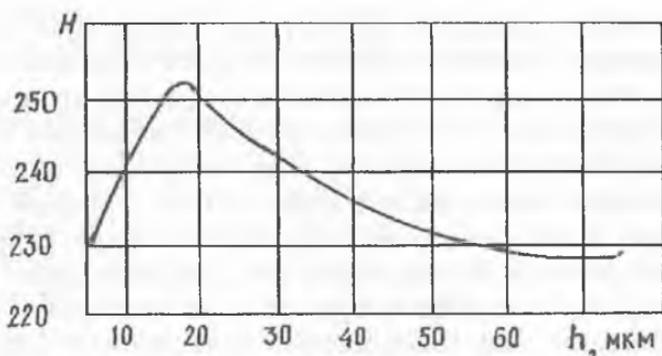
Сиртқи қатламларнинг бундай ўзига хос ҳолати уларнинг химиявий ва деформацион активлигини аниқлаб беради. Шунинг натижасида ишқаланиш юзасида нормал жараёнлар юз бериши кузатилади. Бундай нормал жараёнларни ўрганувчи йўналиш ишқаланиш металл физикаси деб аталади.

Маълумки, ишқаланиш жараёнида сиртларда пластик деформация ҳосил бўлади. Пластик деформациянинг тезлиги материалнинг силжиш зичлиги ва унинг ҳаракат тезлиги билан аниқланади. Тадқиқотлар кўрсатишича, сиртнинг ҳарорати ошиши билан сирт материалнинг силжиш тезлиги кўпроқ ошар экан. Бунда силжиш зичлиги ҳам ошади ва бошланғич даврда сирт қатламининг мустаҳкамланиши содир бўлади. Ишқаланиш режими барқарор (бир текисда) бўлган даврда эса ишқаланиш сиртларида силжиган материалнинг зичланиши ҳам, унинг маҳкаммаслиги ҳам камаяди.

Пластик деформация ҳосил бўлишининг ўзига хос хусусиятлари. Материалнинг ейилиши деформацияланишнинг характери бўйича эластик, пластик ва микроқирқув жараёнида содир бўлишини юқорида қайд қилиб ўтган эдик.

Пластик деформация ҳосил бўлишининг ўзига хос хусусиятларига энг аввало у жараённинг бир текисда ўтмаслиги ва айрим туташув жойларда материал ҳажмининг нормал ва урунма кучлар таъсирида кучланганлиги киради.

Пластик деформациянинг бир текисда бўлмаслиги қолдиқ кучланишлар ҳосил бўлишига ва микробузилишларга олиб келади. Максимал нормал қолдиқ кучланишлар бевосита сирт қатламда, максимал урунма кучланиш-



6.1-рasm. Ишқаланишдан сўнг алюминийдан ясалган деталь сирти микроқаттиқлигининг материал чуқурлигига боғлиқлиги

лар эса сиртдан чуқурроқ қатламларда ҳосил бўлади. Шунинг учун чарчашдан ейилиш жараёнида металл сиртдан чуқурроқ қисмдан ажралиб чиқади.

Ишқаланиш жараёнида энг кўп аҳамиятга эга бўлган омиллар юза микроқаттиқлиги чегидир. Юза қаттиқлиги ва эластиклик модули фактик контакт майдонини, металлнинг мустаҳкамлик чеги эса ишқаланиш кучининг нисбий миқдорини аниқлайди. Пластик деформациянинг бир текисда (6.1-рasm) бўлмаслиги юза микроқаттиқлигига кўп таъсир этади. 6.1-рasmда алюминийдан ясалган деталь сирти микроқаттиқлиги (H) нинг чуқурлик (h) ўсиши билан ўзгариши келтирилган. Материал сирт қатлами силжишдан сўнг зичлигининг ўзгариши сиртқи қатламнинг мустаҳкамланиб қолишига олиб келади. Силжиган қатлам зичлигининг ўсиши металл оқувчанлик чеги миқдорини оширади:

$$\tau_s = \alpha G b p^{0.5}$$

бу ерда G — силжиш модули; b — Бюргерс вектори; p — силжиган металл зичлиги; α — коэффициент ($\alpha=0,3\dots0,6$).

Сиртқи қатлам химик активлигининг ошиши. Ишқаланиш мойли ва мойсиз бўлганда металл сирти энергияси сиртларнинг химик активлигини оширади. Юза мустаҳкамланишининг (наклеп) ошиши ҳам юзанинг химик активлигига олиб келади. Шунинг учун, одатда, сиртлар

оксид, сув, углеводород ва ҳ.к. пардалари билан қопланиб қолади.

Атроф муҳитдаги оксидловчи моддалар (биринчи навбатда кислород ва олтингугурт) билан кўпчилик материаллар химиявий реакцияга киришадилар ва юзаларда оксид пардалар ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган оксид пардалар металл сирт қатламининг хусусиятларини ўзгартириб юборади. Оксид пардалари кўпинча етарли даражада пишиқ, зич ва металл билан бир-бирини тортиб туриши (сцепление) кучли бўлади. Бундай ҳол оксидларнинг солиштирма ҳажми уни ҳосил қилган металлдан кўп бўлганда юз беради. Бунда металлнинг ва айниқса сирт қатламининг оқувчанлик чеги ошиб боради.

6.3. Ишқаланиш узелларида пўлат ва чўянни қўллаш

Ишқаланиш узелларида асосий материаллар сифатида металллар қўлланиб келинган ва қўлланиб келинмоқда. Бунинг сабаби уларнинг ишқаланиш узелларига қўйиладиган бирмунча талабларга мувофиқ келишидадир. Металлар пишиқлик ва пластиклик хусусиятларга, бир ёки бир қанча элементлар билан ҳар хил бирлашмалар ҳосил қилиш қобилиятига эгадирлар. Элементларнинг химиявий табиатларига ва ишлаш шароитларига қараб металллар ўзаро, шунингдек нометаллар билан, қаттиқ қотишмалар, химик қўшилмалар ҳосил қилишлари мумкин.

Чўян ва пўлатларнинг ейилишига бардошлиги улар структурасига боғлиқ. Ҳар бир структура ҳосил қилувчи ҳар хил хусусиятларга эга ва бу хусусиятларни (6.1-жадвал) ишқаланиш узелларида ишлатиладиган металлларга ишлов бериш жараёнида назарда тутиш керак.

Кўпинча қотишмалар таркибида кислород миқдорининг ошиши уларнинг қаттиқлигини ва ейилишбардошлигини оширади.

Пўлат ва чўянлар ейилишбардошлигини ошириш учун уларга қиздириб ишлов берилади (цементация—сиртга углерод бериб қаттиқ қилиш, азотлаш—сирт қатламни азот билан тўйинтириш, сульфидлаш, барийлаш), хром, никель, марганец, ванадийлар билан легирланади ва де-



6.2-расм.

Гусеницали трактор гилдираги таянчининг зичламалари ишқаланиш сиртидаги ейилиш зоналари (X6):

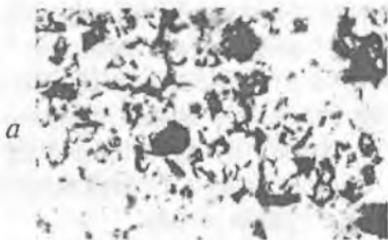
I — занглаш манбаи зонаси; II, IV — пластик деформация ва микроқиркув зонаси; III — чарчашдан ейилиш зонаси; V — халқадаги чиқиқ (бурт)

таль сирти пухталанади (пухта-лаш—наклеп, шариклар билан пишитиш, калибрлаш ва ҳ.к.).

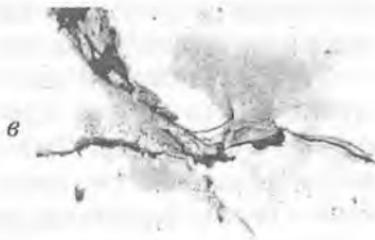
Ишқаланиш даврида металл сирти актив қатламининг структураси ўзгаради, демак бу қатламнинг хусусияти (биринчи навбатда унинг микроқаттиқлиги) ҳам ўзгаради. 6.2, 6.3-расмларда гусеницали трактор гилдираги таянчининг зичламалари ишқаланиш сиртидаги микроқаттиқликнинг ўзгариши келтирилган.

6.4-расмда НШ-32 насоси шестерняси тишларининг абразив ейилиши кўрсатилган.

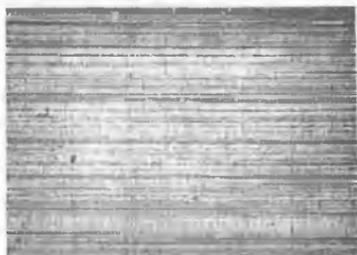
Металл актив қатлами структурасининг ўзгариши бу қатламнинг деформациясига, ишқаланиш зонасида механик энергиянинг иссиқлик энергиясига ўтишига боғлиқ. Бунинг натижасида ишқала-



а



б



б

6.3-расм.

Таянч зичламадаги зичлама халқаси ишқаланиш сиртининг микрофотографияси (X2):

а — занглаш манбаи зонаси; б — пластик деформация ва микроқиркув зонасида; в — чарчашдан ейилиш зонасида



6.4-расм. НШ-32 шестерняли насоснинг етакчи шестерня тишлари кўндаланг кесимининг абразив ейилиши: а — Х3; б — Х32

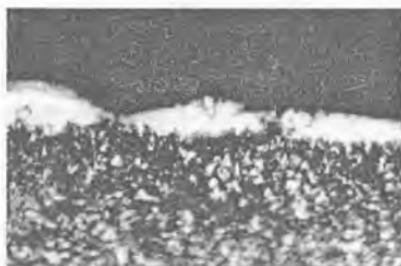
ниш сиртининг микроҳажмлари бир онда қизиб кетади ва туташув тамом бўлгандан сўнг тезда совиб қолади.

Сирт қатламлардаги механик ва иссиқликнинг ўзаро таъсири ва уларнинг интенсивлиги натижасида сирт қатламида етарли химик таркибнинг ўзгаришлари, иккиламчи тобланиш ёки бўшатиш (отпуск), рекристаллизация жараёнлари ва ҳ.к. юз беради.

«Оқ зоналар» деб аталадиган алоҳида кучланиш ҳолатларига олиб келадиган ишқаланиш сиртидаги номувозанатланган иккиламчи структуралар ҳосил бўлиши мумкин (6.5-расмга қаранг). Ишқаланишда ҳосил бўладиган асосий структуралар (иккиламчи аустенит ва иккиламчи мартенсит) микроқаттиқлиги асосий металлникдан юқори бўлади ва ейилишбардошлик ҳам ошиб кетади.

Шундай қилиб, металлнинг ейилишбардошлигини фақат асосий металлгина эмас, балки ишқаланиш вақтида ҳосил бўладиган структуралар ҳам аниқлаб беради.

Ейилишбардошликка юпқа парда кўринишида ишқаланиш юзаларида пайдо бўладиган емирилиш ва такрор пайдо бўлиш жараёнларида ҳосил бўладиган оксид пардалари анча кўп таъсир кўрсатади. Бундай жараён ягона фрикци-



6.5-расм.

Ишқаланиш сиртидаги номувозанатланган иккиламчи структуралар — «Оқ зоналар» ҳосил бўлиши (X460)

Пўлат ва чўянлар структурасини ҳосил қилувчиларнинг таърифи ва ейилишбардошликка таъсири

Структура ҳосил қилувчилар	Уларнинг таърифи	Ейилишбардошликка таъсири
Феррит	— темирдаги углероднинг қаттиқ қоришмаси	Пўлат ва чўянларнинг асоси феррит бўлганда улар кичик қаттиқликка ва паст ейилишбардошликка эга бўлади.
Аустенит	— темирдаги углероднинг қаттиқ қоришмаси	Пластик деформация даврида пишиқланиш хусусияти билан ажралиб туради, шунинг учун қаттиқлиги кам бўлишига қарамай ейилишга яхши чидамликка эга бўлади (айниқса, пластик туташув ва зарба шароитларда)
Карбидлар	Углерод билан темирнинг химиявий бирлашмалари — цементит (6.67%С), темир легирланганда — мураккаб карбидлар	Карбидлар перлит таркибига кириш билан пўлат ва чўянларнинг ейилиш бардошлигини оширади
Перлит	Феррит-цементит қоришма (перлит типлари: донадор, пластинкасимон, сорбит, тростит)	Перлитнинг миқдори 30% гача ошиши билан ейилишбардошлик ошиб боради, кейин деярли ўзгармайди. Энг юқори ейилишбардошлик структурада пластинкасимон перлит бўлганда содир бўлади
Мартенсит	— темирдаги углероднинг ўта тўйинган қаттиқ қоришмаси (тобланиш структурасига ўхшаш)	Юқори қаттиқликка ва мустаҳкамликка эга, ейилишбардошлиги юқори бўлади
Графит	Углероднинг кристаллик модификацияси (турлари: пластинкасимон, бодроқсимон, шарсимон)	Графитнинг (айниқса, шарсимонининг) қўшилиши мойга ўхшаш таъсир қиладди, ишқаланиш коэффициентини камайтиради. ейилиш бардошликни оширади)

**Ҳалқаларнинг ейилиш зоналаридаги
микроқаттиқликлари, МПа**

Микроқаттиқлик улчанган жой	Занглаш манба зонаси	Пластик деформация ва микроқирқув зоналари	Чарчашдан ейилиш зонаси
Ишқаланиш сиртида	8240	8240	9460
Ишқаланиш сирти ке- симидан узоқликда, мм:			
0,05	7640	7840	7940
0,10	7640	7940	7940
0,15	7640	7840	7840
0,20	7740	7940	7840
2,00	7840	7840	7840
6,00	7840	7840	7840

он боғланишларнинг кўпқарра юкланишлари натижасида рўй беради.

Атроф муҳит кислороди ёки мой материаллари билан металлнинг актив пластик деформацияланган қатламларининг ўзаро таъсири натижасида химиявий адсорбцияланган (юзак сингдирилган), қаттиқ қоришма ёки кислород билан металлнинг химик бирикмалари ҳосил бўладилар. Бундай бирикмалар фрикцион боғланишларнинг кўпқарра юкланишини такрорлануви натижасида ейилиши мумкин. Кўп ҳолларда бундай ейилиш натижасида ҳосил бўладиган заррачалар ишчи юзаларга ёпишиб қолади ва сиртларнинг актив ейилишига олиб келади.

Янги материалларни яратиш даврида шундай структуралар ҳосил қилиш керакки, улар нисбатан юмшоқ асосда қаттиқ заррачалар бўлишини таъминласин. Қаттиқлиги НРС 50 бўлган деталлар учун бўшатирилган мартенсит (отпушенный мартенсит) структураси оптимал

бўлади. Қаттиқлиги НРС 50 дан паст бўлган деталларда пўлатнинг тобланган игнасимон структураси энг яхши ейилишбардошликни таъминлайди. Цементацияланган ва тобланиб кам бўшатишган (закалка с низким отпуском) деталлар учун заррачалар чегарасида яхлит карбид тўғри (сеткаси) бўлишига йўл қўймаслик керак. Бундай ҳолда цементация ва тоблашдан кейин қўшимча термоишлов нормаллаштириш тавсия этилади. Термоишлов бериш жараёнини ва пўлат структурасини танлашни шундай амалга ошириш керакки, металл мустақкамлиги билан бир қаторда унинг пластиклик захираси ҳам таъминланган бўлсин; бу эса металлнинг пластик деформациясига ва етарли емирилишга қаршилигини оширади.

Машинасозликнинг энг асосий муаммоларидан бири ейилувчи машина деталларида кўп қўлланиладиган чўяннинг ейилишбардошлигини оширишдир. Чўяннинг ейилишбардошлигига ва антифрикцион хусусиятларига унинг таркибидаги графит ва фосфид эвтектики катта таъсир этади, улар эса қотишма таркибига боғлиқ бўлган структурага, металл қуйиш ҳароратига ва термик ишлов жараёнларига қараб аниқланади.

Чўяннинг ейилишбардошлиги унинг таркибида перлит бўлишига ҳам боғлиқ: перлитнинг 30 фоизгача қўпайиб бориши ейилишбардошликнинг ошишига олиб келади, аммо перлитнинг ундан кейинги ошиши чўяннинг ейилишбардошлигини ошишига деярли таъсир кўрсатмайди. Чўяннинг антифрикцион хусусиятига асосий структурадаги графит қўшимчаларининг сони, шакли ва тақсимланиши таъсир этади. Ишқаланиш жуфтликларида ишлайдиган чўянлар таркибидаги графит қўшимчалари икки хил хусусиятга эга бўлади: ишқаланиш кучига қаршиликни камайтиради, ейилишдан ҳосил бўлган графит жуфтликлар орасида мой ролини ўйнайди. Графитнинг ижобий ролларидан бири унинг ейилиш даврида деталь юзаларида ҳосил бўладиган ғовакларни тўлдириб, солиштирма босимнинг юза бўйича бир текисда тақсимлаб беришидадир.

Антифрикцион материаллар

Баббитлар	Бронзалар	Жезлар	Алюминий асосли қотишмалар	Говакли қиздириб бириктирилган материаллар	Полимер асосли материаллар	Лентасимон (жат-қатли) материаллар
Қалайли (Б-83)	Қалайли (Бр. ОЦС-5-5-5)	Қўрғошнли (БР. БС-30)	Алюминийли (Бр. АЖ 9-4Л)			
Полиамидлар	Қўрғошнли (БН-БНМ)	Қўрғошин ва маргимуш (мишьак) ли (БМ)	Темир-графитли (Ж 2р-1 ва б)	Мис-графитли	Полиимидлар	Эпоксид ва фуран полимерлари
Капрон	Фторо-пластлар	Полиолефинлар	Полиформальдегидлар	Поликарбонатлар	Полиэтилен С.Д.	Полиэтилен В.Д.
Капрон	Смола П-68	Капролон	Фторо-пласт-4	Фторо-пласт композиция	Полиэтилен Н.Д.	Полиэтилен
			Фторо-пласт-3			

б. б-расм. Антифрикцион материаллар таснифи

Чўяннинг ейилишбардошлиги фосфид эвтектикининг бирлашмадаги миқдорига ҳам боғлиқ бўлади. Фосфид эвтектикага юқори қаттиқликка эга бўлган Fe_3P бирлашмаси киради ва у чўяннинг ейилишбардошлигини оширади. Айниқса, бирлашмада фосфорнинг 0,3...1,0 фоиз бўлиши, ундан кўп бўлганда ейилишбардошликка кам таъсир этади. Аммо ишқаланиш зонасидаги ҳароратнинг ошиши эса бирлашмадаги фосфорнинг кўпайишига қарамай чўяннинг ейилишбардошлигига салбий таъсир этади.

Тадқиқотларнинг кўрсатишича графит қўшимчаларининг қаттиқлиги ошишидан қатъи назар асос металлнинг қаттиқлиги ошган тақдирдагина чўяннинг ейилишбардошликка чидамлилиги кўпаяди. Асос металл ва унинг химик таркиби ўзгармас бўлганда чўян ейилишбардошлиги фақат шарсимон графит қўшимчалар бўлгандагина ошади (пластинкасимон графит қўшимчалар чўян ейилишбардошлигига таъсир этмайди). Чўяннинг антифрикцион хусусиятларига ички кучланишлар салбий таъсир этади.

6.4. Антифрикцион материаллар

Антифрикцион материалларга баббитлар (қалай, сурма, мис қотишмаси), бронзалар, жезлар (мис ва рух қотишмаси), асоси алюминий бўлган қотишмалар, ғовакли қиздирилиб бириктирилган (пористые печенные), полимер асосли, лентасимон (қат-қатли) материаллар киради. 6.6-расмда антифрикцион материаллари ва улар асосида юзага келтирилган қотишмалар таснифи келтирилган. Куйида улар билан алоҳида-алоҳида танишиб чиқамиз.

6.4.1. Баббитлар

Баббитлар деб асоси қўрғошин, қалай бўлган (қўрғошин-мис эвтектики) ва уларда қаттиқ кристаллар (β — фаза $S_n S_b$ кристаллар ёки мис игналари ва сурма кристаллари) бир текисда жойлашган юмшоқ антифрикцион қотишмаларга айтилади. Баббитлар паст қаттиқлиги (НВ 23—32), эриш ҳарорати баланд бўлмаслиги ($300\text{—}400^\circ\text{C}$),

ишлаб мосланиши яхши бўлишлиги билан ажралиб туради ва уларда чегаравий мой пардасини сақлаш хусусияти яхши бўлиб ишқаланиш коэффициентининг миқдори кам бўлади. Подшипниклар ишқаланиши даврида таркибида қаттиқ кристаллар бўлган баббитлар юмшоқ ва пластик асосли баббитларга нисбатан кам ейилади, чунки ишлаш даврида вал бўйинлари қаттиқ кристаллар бўйича сирпанадилар. Бунда ишқаланиш сиртларининг ҳақиқий туташуви камаяди. Бунинг натижасида ишқаланиш коэффициенти миқдори кам бўлади ва ишқаланиш зонасига мойнинг кириши осонлашади. Баббитларнинг ишлаб мосланишининг яхшилиги металлларга ишлов бериш даврида ёки ейилиш жуфтликларининг йиғув жараёнида ҳосил бўладиган ҳамма ноаниқликлар тезда йўқ бўлишини таъминлайди.

Баббитларнинг антифрикцион хусусиятлари асосий металл устига қопланган баббит қалинлигига боғлиқдир (тирсакли вал вкладишларининг асос метали пўлатдан тайёрланган бўлади).

Юпқа қатламли подшипниклардаги баббитлар (баббит қатлами 1 мм дан кам бўлганда) гетероген (бир турли бўлмаган) структурага эга бўлиб циклик юклама таъсири остида ишлашдан чарчашга қаршилиги анча кам бўлади. β — фазали S_nS_b кристалларининг айрим локал ҳажмларида пластик деформация тўпланиб қолади ва баббит қатламида қолдиқ кучланишлар ҳосил бўлади. Баббит қатлами юпқа бўлганда пластик асосга юклама кўтарадиган қаттиқ кристалларнинг кириб қолиши қийинлашади. Бундай кристалларнинг ўлчамлари баббит қатлами ўлчамига кўпинча ўлчовдош бўлиб, нагруканинг вал бўйнига таъсири юмшоқ асосни четлаб, кристаллар орқали бўлишига олиб келиши мумкин. У ҳолда баббит қатламларида микродарзликлар ҳосил бўлади ва улар келгусида циклик юкламалар таъсирида чарчашдан ҳосил бўладиган дарзликлар ўчоғига айланади.

Инженерлик амалиётида баббит қатлами қўлланилиб ишончли ишқаланиш узелларини ҳосил қилиш бўйича кўпгина тажрибалар орттирилган. Масалан, вкладишларда ишлатиладиган баббит қатлами қуйидаги талабларга

жавоб бериши кераклиги маълум: қалинлиги 1—3 мм бўлишлиги; структура бир турли бўлмаслигининг қатъиймаслиги; ишлаб мосланишини яхшиланиши учун қаттиқлиги НВ 15—30 дан ошмаслиги; ишлаб чарчашдан емирилишга қаршилигининг юқорилиги; баббитнинг асос металл (пўлат) билан бирлашишининг мустаҳкамлиги.

Солиштирма босим 10—15 МПа дан ошмаган, ҳарорати 100—120°С кам бўлганда ишлайдиган сирпаниш подшипникларига баббит қуйиш қўлланилади. Қуйида сирпаниш подшипникларига қуйиладиган баббитларнинг химик таркиби ва баъзи бир асосий хусусиятлари келтирилган.

1. Б—83 (қалайли баббит: сурма — 10...12 фоиз, мис — 5—6 фоиз, қолгани қалай): қотиш ҳарорати 370°С, қуйиш ҳарорати 400...420°С, қаттиқлиги НВ 30, пўлат билан мойли ишқаланиш коэффициентини $f=0,005$, мойсиз $f_1=0,28$.

2. БН—БНМ (қўрғошинли баббит: қалай — 10 фоиз, сурма — 13—15 фоиз, мис — 1,5...2,0 фоиз, кадмий — 1,25...1,55 фоиз, никель — 0,75...1,25 фоиз: мишъяк-маргимуш — 0,5...0,9 фоиз, қолгани қўрғошин): қотиш ҳарорати 400°С, қуйиш ҳарорати 450...460°С, қаттиқлиги НВ 29, $f=0,06$, $f_1=0,27$.

3. БМ (қўрғошин-мишъякли: қалай — 11...12 фоиз, қўрғошин — 72...75 фоиз, сурма — 10...12 фоиз, мис — 1,5...2,0 фоиз, кадмий — 1,3...1,8 фоиз, мишъяк — 1,2...1,7 фоиз): қотиш ҳарорати 410°С, қуйиш ҳарорати 450...460°С, қаттиқлиги НВ 30, $f=0,005$, $f=0,25$.

6.4.2. Бронзалар

Мис асосли қотишмалар (бронзалар, камроқ жезлар) антифрикцион қотишмалар сифатида кенг қўламда қўлланилади. Сирпаниш подшипникларида қўлланиладиган бронзалар қалайли (Бр ОЦС 5—5—5 ва бошқалар) ва қалайсиз (БрСУНЦСФ 3—3—3—20—0,2 ва бошқалар) турларга бўлинади. Бронзали подшипниклар монометалл (втулкалар, вкладишлар ва ҳ.к.) ва биметалл (бронза қат-

ламли пўлат деталь) шаклларда ишлаб чиқарилади. Оғир юкланган ишқаланиш деталларида мустаҳкамлиги юқори бўлган алюминийли (БрАЖ9-4Л, БрАМц9-2Л ва бошқалар) бронзалар қўлланилади.

Бронзалар пўлатдан, айниқса тобланган пўлатдан ясалган ишқаланиш жуфтликларида юқори антифрикцион хусусиятларга эга бўлади. Ҳароратбардошлиги 1050...1100°C ва юқори мустаҳкамликка (пишиқликка) эга бўлган бронзалар (БрБС—30 ва бошқалар) кенг қўламда қўлланилиб келинади. Қўрғошинли бронзаларнинг антифрикцион хусусиятлари баббитларга нисбатан бир оз камдир, лекин уларнинг пишиқлик кўрсаткичлари юқори бўлади ва улар қийин эрийди. Бронзадан ясалган подшипникларнинг вал билан ишлаб мосланиши ва пластиклиги ёмон бўлганлиги учун улар яхшилаб мослаб туширилиши (подгонка), йиғилиши ва вал бўйинларининг қаттиқлиги юқори бўлиши керак.

Жезлар (миснинг рух ва бошқа металллар билан қотишмаси) бронзага нисбатан антифрикцион материаллар сифатида камроқ қўлланилади. Буларга кремнийли (2,5...4 фоизгача Si бўлган ЛКС80—3—3), марганецли (2,5 фоизгача Mn бўлган ЛМиС58—2—2), алюминий-темирли (1,5 фоизгача Al ва 1,5 фоизгача бўлган Fe бўлган ЛАЖ60—1—1Л) қотишмалар киради. Антифрикцион жезлардан втулка ва подшипниклар тайёрланади.

6.4.3. Алюминий ва рух асосли қотишмалар

Кейинги йилларда асоси алюминий бўлган қотишмалар кўп қўлланила бошланди. Улар структураси бўйича юмшоқ пластик металл (алюминий) асосига қаттиқ структуравий қотишмалар (Fe , Al_3 , Al_3Ni , $CuAl_2$, Mg_2Si , AlS_6 ва бошқа кристаллар) қўшилган бўлади. Баъзи бир қотишмалар сифатида қуйидагиларни кўрсатиш мумкин:

АСМ (Mg 0,1...0,7 фоизгача, Sb 3,5...6,5 фоизгача, қолгани Al); АО—9—2 (Ni 1,0 фоиз, Cu — 2,25 фоиз, Si — 0,5 фоиз, Sn —9 фоиз, қолгани Al). Алюминийли қотишмаларидан монометалл деталлар (втулка, шарнир ва ҳ.к.),

шунингдек биметалл подшипниклар (улар пўлат тилимларидан иборат биметалл тасмалардан штампаниб олинади) ясалади.

Охирги йилларда оғир юкламалар таъсирида ишлайдиган двигателлар подшипникларида мойланиши ёмон шароитларда ҳам тирналишга бардош бера оладиган (задиростойкий) алюминий-қалайли қотишмалар (30 фоизгача S_n бўлган) яратилган.

Антифрикцион хусусиятга эга бўлган рух қотишмалари етарли кенг қўлланилмаса ҳам улар кўпгина яхши хусусиятларга эга бўлиб, кўп ҳолларда бронза ва баббит ўрнида ишлатилиши мумкиндир. Рух асосли қотишмалар (ЦАМ—9—1,5, ЦАМ—10—5) эриш ҳароратининг пастлиги (тахминан 400°C), қиздирилганда бронза ва алюминийли қотишмаларга нисбатан кўп даражада юмшашлиги ва шунинг учун ишлаб мосланиши яхшилиги каби ўзига хос хусусиятларга эгадир. Тирқишда абразив заррачалар бўлган ҳолларда улар подшипникларнинг юмшоқ қатламга ботирилиб кетиши натижасида рух қотишмаларидан ясалган подшипникларнинг абразив ёйилиши камроқ бўлади. Рух қотишмаларидан ясалган ишқаланувчи деталлар монометалл, шунингдек биметалларга ўхшаш бўлса уларга ишлов бериш анча қулай бўлади. Пўлат билан рух қотишмаларининг бирлашмасини қуйиш йўли билан ҳам, чиғирлаб ёйиш (прокатка) йўли билан ҳам олиш ўнғай бўлади. Рух қотишмаларининг пластиклиги юқори ва чарчашга пухталиги яхши бўлади. Рух қотишмаларидан яхлит ва ленталардан штампаниб олинган втулкалар тайёрланади ва улар, мисол учун, темир йўл транспорти ва бошқаларда қўлланилади.

6.4.4. Ғовакли антифрикцион материаллар

Ғовакли антифрикцион деталлар темир ва мис асосли кукун (порошок)ларни пресслаб ва қиздирилиб бириктириш йўли билан тайёрланади. Уларга албатта қўшилиши керак бўлган қўшимчалар сифатида ўз-ўзидан мойланувчи графит кукунлари, дисульфид молибден, бор нитриди ва бошқа қўшимчалар ишлатилади. Одатда ғовак

антифрикцион материалларни ишқаланиш узелларига тад-биқ қилиш олдидан уларни мой билан шимдирилади ва улар мойлаш шароити етарли бўлмаган ёки мойлаш но-жоиз бўлган тақдирда ишлатилади. Ишқаланиш жуфтлик-ларининг ишлаш жараёнида ҳарорат кўтарилиши билан ғоваклардан мой автоматик чиқиб ҳақиқий туташув зо-насига киради. Бундай деталлар мойлаш мўл бўлган ша-роитларда ҳам турғун ишлайди. Куқунлардан қиздирилиб бириктирилган ғовакли антифрикцион деталлар яхши ан-тифрикцион ва пишиқлик хусусиятларга эга бўлиб, улар кенг кўламда қўлланилади.

Темир графитли қиздирилиб бириктирилган матери-аллар (ЖБр—1, ЖГр—3 ва бошқалар) солиштирма бо-сим 15 МПа гача ва ҳарорат 150°С дан ошмаганда, мис-графитли қиздирилиб бириктирилган материаллар эса солиштирма босим 6...8 МПа ва ҳарорат 80°С дан ошма-ганда қўлланилади.

6.4.5. Полимер асосли материаллар

Полимерлар (термопласт ва термоактив материаллар) антифрикцион материаллар сифатида соф (асл) кўри-нишда ҳам, ҳар хил тўлдиргичли турли металллар қотиш-маси (композиция) бўлиши билан ҳам қўлланилади. Полимерлардан тишли гилдираклар, сирпаниш подшип-никлар элементлари, йўналтирувчилар, шкивлар, шарик-подшипник сепараторлари, маҳкамловчи деталлар ва ҳ.к.лар ясалади.

Асоси **термопласт** бўлган антифрикцион материаллар юқори технологик, таннархи паст, юқори демферлик (теб-ранишни пасайтирувчи) хусусиятлар билан ажралиб ту-ради. Термопластдан ясалган ишқаланувчи деталларни унумдорлиги юқори усул — эскрузия ва босим остида қуйиш, катта габаритли деталларни эса — марказдан қочирма (центробежное) қуйиш, ротацион қолиплаш (формование) ва порошок, дисперсия, эритилган анти-фрикцион қошлаш йўллари билан ясалади.

Кўпинча компрессион ва қуйиб пресшлаш методлари билан қайта ишлаб чиқарилган термоактив материаллар пишиқ ва иссиқбардош бўладилар. Кукунсимон (порошкообразный) термоактив композициялар (турли металллар қотишмаси) юпқа қатламли қопламалар кўринишида юзага берилади.

Антифрикцион материаллар сифатида ишқаланиш коэффициенти энг кам ва ейилишбардошлиги юқори бўлган, — 40°С дан +80°С гача бўлган ҳароратда ишлайдиган подшипниклар (капрон, капролон, П—68 ва б.) кенг қўламда қўлланилади. Полиамидларнинг камчилиги уларнинг нисбатан юқори сув ва мой шимишидир. Полиамид деталлари циклик ва зарб юкламаларга яхши қаршилиқ кўрсатади, тобланган пўлат жуфтлигида мойсиз ишлаши мумкин, кам ейилади. Полиамидлар пўлат билан мойсиз ишлаганда ишқаланиш коэффициентининг миқдори 0,1...0,2 га, мойда ишлаганда эса — 0,05...0,1 га тенг бўлади.

Полиамидларнинг мустаҳкамлигини яхшилаш учун улар арматураланади, антифрикцион хусусиятларини ошириш учун уларни қаттиқ мой материаллари билан тўлдирилади. Қаттиқ мой материаллари сифатида графит, молибден дисульфиди ва тальк (оқ ёки кўкиш рангли материал), арматураловчи тўлдиргичлар сифатида эса майда кесилган шиша тола қўлланилади.

Тўлдирилган ва арматураланган полиамидларнинг иссиқ ва чизикли чўзилиш коэффициенти ва сув шимиши тўлдирилмаган полиамидларга нисбатан 1,2...2,0 марта катта, ейилиш интенсивлиги эса 2...5 марта кам бўлади.

Полиамидлар юпқа қатламли қопламалар сифатида қўлланилади. Бундай қопламаларни эритма, суспензия, пасталардан, шунингдек кукунсимон полиамидлардан (капрон ва В капролонлардан) олинади. Қопламаларнинг хусусиятлари уларнинг қалинлигига, ишқаланиш узелининг конструкциясига ва ишлатиш шароитларига боғлиқ бўлади. Қопламаларнинг қалинлиги полимернинг физико-механикавий хусусиятига ва контржисмнинг ғадир-

будурлигига қараб танланади. Масалан, капрондан ясалган қоплама қалинлиги тахминан 0,3 мм бўлиши керак. Қоплама қалинлигининг камайиши билан унинг демпферлаш хусусияти камаяди, юклама кўпаяди. Қопламанинг қалинлиги оптимал қалинликдан ошиб кетса ишқаланиш коэффиценти кўпаяди, ишқаланиш жуфтликларида иссиқлик тарқатиш ёмонлашишидан ва иссиқлик кучланиши ошишидан ейилишбардошлик камаяди.

Антифрикцион деталларни ясашда фторопласт ва улар асосида яратилган композициялар қўлланилади. Фторопластлар юқори химиявий барқарорликка ва юқори ҳароратбардошликка (+300°С гача) эгадирлар. Уларга кислоталар, оксидловчи моддалар, ишқорлар, эритгичлар деярли таъсир қилмайди, лекин эритилган ишқор металллар ва улар комплекси (мажмуи), шунингдек, иссиқлик ошиши билан уч хлорли ва элементар хлор таъсир этадилар. Фторопластлар ҳарорат +300°С дан ошганда металл ва оксидлар билан реакцияга киришадилар. Кўпчилик фторопластларнинг, айниқса фторопласт—4 нинг, металллар билан ишқаланиш коэффиценти паст бўлади ва мойланган металл ишқаланиш коэффицентидаан ортиқ бўлмайди.

Фторопластларнинг ишқаланиш коэффиценти кам бўлишига қарамай пишиқлиги ва технологик характеристикалари қониқарсиз бўлганлиги учун уларнинг соф ҳолда қўлланилиши чегаралангандир. Асосан, фторопластларнинг бошқа металллар билан ҳар хил комбинацияларидан фойдаланилади. Ҳажм бўйича 15...30 фоиз ҳар хил қоришмалар (кокс, графитланган кокс, сунъий графит, молибден дисульфиди, шишатола, металл кукунлари) киргизилса фторопласт ейилишбардошлиги анча ошади. Антифрикцион материаллардан фторопластлар лак, паста, суспензия кўринишида қўлланилса ишқаланиш коэффиценти камаяди ва кўпинча ишқаланиш узелларида ейилиш интенсивлиги камаяди.

Кейинги вақтларда антифрикцион материаллар сифатида соф кўринишда ҳам, тўлдиргичли композициялар-

да ҳам полиолефин (юқори, паст ва ўрта босимли полиэтилен, полипропилен ва бошқалар) лар қўлланилаяпти. Полиолифенлар кўпгина кислоталар ва ишқорлар таъсирига чидамли органик эритмаларда 20°C ҳароратда эримайдилар. Лекин улар кучли оксидловчи моддалар (азот кислотаси ва бошқалар), хлор, фтор таъсирида емириладилар ва юқори ҳароратда кўпгина органик эритгичлар таъсирида эриб кетадилар.

Полиолефан асосида ҳар хил қўшимчалар ва тўлдиргичлар (қорақуя, каучук, шишатола, ёғоч қипиғи ва ҳ.к.) қўшилиб кўпгина композициялар олинади, бу эса ишқаланиш коэффиценти 0,1...0,15 бўлган, ейилишбардошлиги юқори материалларни барпо этишга имкон беради.

Полиолефинларнинг камчилиги улар иссиқбардошлигининг камлигидир. Масалан, полиолефиндан ясалган ишқаланувчи деталлар 60°C дан ошмаган ҳароратдагина узоқ вақт ишлатилиши мумкин, 80°C гача ҳароратда эса қисқа вақт ишлатилиши керак. Полиолефиннинг бундай хусусияти уни машинасозликда кўп ишлатила олишини чеклашга олиб келади.

Аниқлиги юқори бўлган кўп қатор машинасозликда ишлатиладиган деталларда (шестерня, манжет, жипслагич ҳалқа ва ҳ.к. ларда) **пентапласт** қўлланилади. Пентапластдан ясалган буюмларни 120...130°C ҳароратда кўп вақт, 135...150°C ҳароратда эса кам вақт давомида ишлатиш мумкин. Пентапласт термопласт тайёрлашда ишлатиладиган асбоб-ускуналар иштирокида қўлланиладиган ҳамма методлар билан қайта ишлаши мумкин. Ишқаланиш коэффиценти миқдори жуфтлик пентопласт-пентопласт бўлганда 0,14, пентопласт-пўлат бўлганда эса 0,12 га тенг бўлади. Пентопластнинг физико-механикавий ва антифрикцион хусусиятларини ошириш учун унга минерал тўлдиргичлар (графит, слюда-шаффоф минерал, шишатола, хром оксиди ва бошқалар) қўшилади.

Қатор машинасозлик деталларини (шестерня, втулка, улаш муфтаси ва ҳ.к.) тайёрлаш учун **полиформальдегид** ҳам қўшилади. У органик эритгичлар, иссиқ сувлар, тузли эритмалар, дарё сувлари, ишқорлар, органик

кислота эритмаларига юқори чидамлидир. Полиформальдегидлардан тайёрланган буюмлар юқори бикриликка, ўлчамларининг стабиллигига, юқори ейилишбардошликка, эскиришга барқарорликка эгадирлар; уларни 120°C ҳароратгача ишлатиш мумкин. Тўлдирилмаган формальдегиднинг пўлат билан мойсиз ишқаланиш коэффициенти 0,30...0,35 га тенг. Ейилишбардошликни ошириш ва ишқаланиш коэффициентини камайтириш учун полиформальдегид шишатола, фторопласт, молибден дисульфиди, қоракуялар билан тўлдирилади. Масалан, полиформальдегидга 15...20 фоиз фторопласт қўшилса ейилиш 3...4 марта ва ишқаланиш коэффициенти 15...20 фоизга камаяди. Машинасозлик ва асбобсозликда, радио ва электротехник саноатларида аниқ станоклар, асбоблар, ҳисоблаш машиналари ва ҳ.к.ларни яратишда **поликарбонатлар** қўлланилади. Поликарбонат атмосферавий таъсирларга (тропик шароитларда ҳам қўлланилиши мумкин), сувлар, минерал кислоталарнинг сувдаги эритмалари, тузлар, оксидловчилар, мойлар таъсирига чидамлидир, шунинг билан бир вақтда эритгичлар (ацетон, толуол ва бошқалар) таъсирида эриб кетадилар ва бензинда шишадилар.

Поликарбонатларнинг кичик ва ўта кичик ҳароратларда, газсимон ва суюқ азот муҳитида, ҳарорат -253°C гача бўлганда водород ва гелий муҳитларида ишлатилиш истиқболи порлоқдир. У юқори зарб пишиқлигига, буюмлар ўлчамларининг стабиллигига ва ейилувчанликка эга. Лекин поликарбонатнинг циклик таъсирларга ва чарчашга қаршиликлари ёмондир.

Саноатда **дифлон** ва массаси бўйича 25 фоиз шишатолага тўлдирилган дифлон СТН лар чиқарилади. Тўлдиргичлар поликарбонатнинг эксплуатацион хусусиятларини оширади. Масалан, унга 15...20 фоиз фторопласт қўшилиши ишқаланиш коэффициентини 2...3 марта камайтиради ва ейилишбардошлик 10...30 марта ошади.

Антифрикцион поликарбонатлар деб аталмиш фторопласт—4 билан модифицирланган дифлоннинг ишлаб

чиқарилиши саноатда ўзлаштирилган. Бу материалда поликарбонатнинг юқори физико-химик, физико-механик ва диэлектрик хусусиятлари сақланиб қолган ва шунинг билан бир вақтда унинг антифрикцион хусусиятлари 1,5...2 марта яхшиланган. Антифрикцион поликарбонат босим остида қуйиш, экструзиялаш билан қайта ишланади ва мойсиз ишқаланиш узелларида қўлланилади.

Термопластик полимерлар — **полиарилатлардан** пресслаб қуйиш ёки босим остида қуйиш йўли билан ишқаланиш узелларида ишлайдиган деталлар тайёрланади. Полиарилатлар юқори иссиқбардошлиги (ундан ясалган деталлар 160...180°C ҳароратда узоқ вақт, 230°C ҳароратда қисқа вақт ишлаши мумкин), ионизациловчи нурга қаршилиги, диэлектрик хусусиятининг яхшилиги билан ажралиб туради ва у 255...285°C ҳароратда эрийди, совуқбардош, химик турғундир. Антифрикцион хусусиятларини ошириш учун полиарилатлар қаттиқ мойловчи материаллар билан тўлдирилади. Полиарилатлар келажаги порлоқ полимер материаллардир.

Нисбатан янги ва келажаги бор полимер материаллардан яна бири **полиимидлардир**. Булар иссиқбардош терморезистив материаллардан бўлиб, антифрикцион композицияларда боғловчи сифатида ишлатилади. Полиимидлар асосида юқори радиацион ва химик барқарор бўлган, молибден дисульфиди ва графит билан тўлдирилган композициялар ишлаб чиқарилади. Полиимид композицияларидан ясалган ишқаланувчи узел деталлари 220...260°C ҳароратда ҳам узоқ вақт давомида ишлай олади. Бундай композициялардан ясалган буюмлар асосан компрессион пресслаш билан олинади.

Ароматик полиамидлар тўлдирилмаган ва тўлдирилган (фторопласт, графит, молибден дисульфиди ва бошқа қаттиқ мойловчи материаллар билан) кўринишида ишқаланиш узелларидаги деталларнинг ясалишида қўлланилади. Ароматик полиамиддан ясалган деталлар юқори пишиқлиги ва иссиқбардошлиги билан ажралиб туради; улар компрессион ва қуйиб пресслаш усуллари билан ишлаб чиқарилади.

Фенилон деб аталиб, саноатда чиқариладиган ароматик полиамид бир қанча химик моддалар, мой, бензин таъсирига қарши тура оладиган хусусиятга эга. Фенилон ўзини полиамидга ўхшаш тутиб 10 фоизгача намликни ютади, ундан тайёрланган деталлар ўлчами 2 фоизгача ўзгаради. Фенилон деталлар ҳарорат -50 дан $+200^{\circ}\text{C}$ гача ўзгарганда ҳам ишлатила олиши мумкин. Фенилон қаттиқ мойловчи материаллар билан тўлдирилса, унинг антифрикцион хусусиятлари янада яхшиланади. Фенилон сирпаниш подшипниклари, зичлагичлар, кулачоклар, тишли гилдираклар, шарикли подшипниклар сепараторлари, клапан деталлари ва ҳ.к. ларни тайёрлаш учун қўлланилади.

Эпоксид ва фуран полимерларидан компрессион ва куйиб пресслаш усули билан антифрикцион материаллар фақат тўлдиргичлар — графит ва молибден дисульфиди қўшилиб тайёрланади. Асоси эпоксид ва фуран бўлган полимер композицияларининг ишқаланиш коэффициенти мойсиз 0,15...0,25 ва мой бўлганда эса 0,05 га тенг бўлади. Бундай материаллардан тайёрланган деталлар вакуумда яхши ишлайди; эпоксид полимерлари -100 дан $+150^{\circ}\text{C}$ гача, фуран полимерлари эса -100 дан $+200^{\circ}\text{C}$ гача бўлган ҳароратда чидамли бўлади.

АМАН деб аталадиган антифрикцион пластиклар боғловчи материаллар сифатида иссиққа ва иссиқликка чидамли махсус полимерларда ишлатилади. Бундай полимерлардан тайёрланган деталлар бензинга, мойга, намликка, вибрацияга, радиацион нурланишга чидамли бўлади. Куйиб ёки компрессион пресслаш билан тайёрланган АМАН типдаги материаллардан -200 дан $+300^{\circ}\text{C}$ гача бўлган ҳароратда ишлайдиган қуруқ ишқаланиш узелларида, шунингдек юқори тезликда ишлайдиган подшипниклар сепараторларида қўлланилади.

Ёғоч асосли материаллардан подшипниклар, сирпаниш йўналтирувчилари ва ҳ.к. ларга ўхшаш ишқаланиш узелларида ишлатиладиган деталлар тайёрланади. Ёғоч табиий полимер материали бўлиб, ўзига хос тузилишга эга: унда целлюлозанинг юқори чидамлили толаси ва лингнин билан капилляр-ғовакли структурага эга бўлган бикир ва пишиқ бирикма ташкил топган. Бу ёғоч хусуси-

ятини яхшилашга йўналтирилган тўлдиргичлар билан тўлдиришга ва бошқа материаллар билан рационал бирикмалар ҳосил қилишга имкон яратади. Бундай муаммони енгиш учун қаратилган янги йўналишларга преслаш билан ҳар хил актив тўлдиргичлар (полимерлар, металл бирикмалари ва ҳ.к.) қўшиб ҳосил қилинадиган бирикмалар мисол бўла олади. Тўлдирилган ёғоч асосли материаллардан юқори чанглик шароитларда ишлайдиган (қуйиш цехларида, қурилиш ва қишлоқ хўжаликда ишлатиладиган транспортларда) сирпаниш подшипниклари тайёрланади.

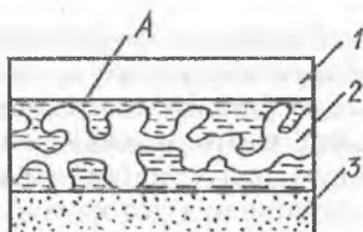
6.4.6. Лентасимон (қатламли) материаллар

Лентасимон материаллар қаттиқ (пўлат) асосдан, ўтиш (мис қатламли) ва антифрикцион қатламлардан ташкил топади. Қиздирилиб сферик бронза кукунидан (кукундаги заррачалар ўлчами 0,063...0,16 мкм) ҳосил қилинган пўлат асосли 75 фоиз фторопласт—4 ва 25 фоиз молибденсульфиди синдирилган ғовакли бронза ишлатилади. Шундай йўсинда тайёрланган металлофторпластли лентадан подшипниклар, втулкалар, тирговуч ҳалқалари, шарнирлар, вкладишлар ва бошқа деталлар штампланиб олинади. Металлофторопластлар мойсиз ва ҳарорат -200 дан $+280^{\circ}\text{C}$ гача бўлганда ҳам ишлай оладилар, пўлат билан ишқаланиш коэффиценти кам (0,02...0,025), юқори пишиқликка, иссиқлик ўтказувчанлик ва химик барқарорлик хусусиятларига эгадир. Металлофторопластли подшипниклар солиштирма нагрузка (юк) юқори ва сирпаниш тезликлари кам бўлганда (авиация, автомобил, текстиль саноатларида, асбобсозликда ва бошқалар) мойсиз қўлланилади.

Чет элда 60-йиллардан бошлаб металлофторопластли материаллар қўлланила бошлаган. «Гласье» (Буюк Британия) фирмаси ДУ ва ДХ деб номланган икки турдаги металлофторопластли материаллар тавсия этади.

ДУ материали политетрафторэтилен, қўрғошин ва қиздириб бирлаштирилган қалайли бронзадан ташкил топган композициялар ва бу композиция пўлатдан ясалган асос билан бириктирилган бўлади (6.7-расм). Ишчи

юзада кўшимча юпқа политетрафторэтилен (ПТФЭ) қатлам бор. ДУ материалдан ясалган подшипниклар ҳарорат ўзгаришининг кенг диапозонида (-200 дан $+280^{\circ}\text{C}$ гача) мойсиз ишлаши мумкин, у етарли чидамлилиқни таъминлаб беради ва унинг ишқаланиш коэффициенти кичик бўлади. Улар динамик юкламани қониқарли кўтара оладилар, бирмунча эритгичлар ва кўпгина саноат газлари ва суюқликлари таъсирига (нефть ва сувга ҳам) чидамли, чанглик муҳитда яхши ишлайди.



6.7-расм.

Металлофтороластли подшипниклар сиртининг тузилиши:

1 — политетрафторэтилен қатлами; 2 — бронзали шимдирилган каркас; 3 — пўлат асос; А — ишчи юза

6.7-расмда кўрсатилган металлофтороластли подшипникларнинг ишлаш жараёни қуйидагича бўлади. Пўлат асос (3) механик пишиқликни, бронзали шимпирилган каркас (2) эса қаттиқ мойловчи политетрафторэтилен қатламининг (1) асос билан пухта бирлашишини таъминлайди. Ҳовакли бронза (2) подшипникнинг иссиқлик ўтказувчанлигини яхшилайдди, таянч юзадаги ҳароратни пасайтириб подшипникнинг иссиқлик ўтказувчанлигини яхшилайдди. Подшипникнинг айланаси бўйича иссиқликдан кенгайиш миқдори пўлатдагидек бўлади ва шунинг учун ҳароратнинг кенг диапозонда ўзгаришида ҳам керакли тирқиш ўзгармай тура беради.

6.4.7. Углеграфитли материаллар

Углерод (карбон-химиявий элемент) асосли антифрикцион материалларни қуйидаги уч асосий турга ажратадилар:

— углеродли пиширилган (қиздириб ишлов берилган) материаллар;

— углеродли графитланган (шимдириладиган ва шимдирилмайдиган);

— графитопластли материаллар;

— графитофтороластли материаллар.

Углеродли пиширилган антифрикцион материаллар юқори қаттиқлик ва пишиқликка эга бўлиб, уларнинг металл билан ишқаланиш коэффициенти 0,05...0,10 га тенг, химик таъсирларга чидамли бўлади. Ҳарорат ошиши билан уларнинг пишиқлиги ошади, ишқаланиш коэффициенти эса камайиб боради.

Ишқаланиш узелларида кенг қўламда ишлатиладиган углеграфитли материаллар ўзининг яхши антифрикцион хусусиятлари, юқори иссиқбардошлиги, механик ишлов берилишининг енгиллиги билан ажралиб турадилар.

Углеграфитли материалларнинг ишлаш имконияти улар ишлатиладиган шароитга боғлиқ. Агар ишқаланиш сиртларида юпқа парда ёки сув томчиси бўлса углеродли антифрикцион материалларнинг ишқаланиш коэффициенти тахминан 10 мартага, металл шимдирилган бўлса 2 мартага ошиб кетади. Металл шимдирилгандан сўнг углеводородли материаллар юқори босим остида ҳам суюқлик ва газларни ўзидан ўтказмайдиган бўлиб қолади, уларнинг пишиқлиги ошади, айрим ҳолларда эса антифрикцион хусусиятлари яхшиланади.

Графитопластли материаллар углеродлиларга қараганда пишиқлиги кам, лекин эластиклиги кўнроқ, зич ва суюқлик ҳамда газларни ўзидан ўтказмайди, антифрикцион хусусиятлари юқоридир.

Мойсиз, шунингдек сувда, керосинда, кислородда ишлайдиган ишқаланиш узелларидаги деталлар ўз-ўзидан мойланувчи графитопластли антифрикцион материаллардан ясалади. Бундай материаллар эса асосида кукунсимон углеродли қаттиқ мойловчи материал ва иссиқбардошлиги юқори бўлган смолалар билан боғланган бўлади. Уларнинг иссиқбардошлиги 180...200°С гача бўлади.

Углеграфит материаллар поршень ҳалқалари, кислород насоснинг сальниклари ва бошқаларда ишлатилади.

6.5. Ишқаланиш жуфтликларидаги материалларни танлаш усуллари

Ишқаланиш жуфтлигидаги материалларни танлаш алоҳида аҳамиятга эга бўлиб, танлашнинг сифатли бўлиши

деталларнинг ишлаш жараёнига катта таъсир кўрсатади ва уларнинг ишончилигини ҳамда узоқ муддат ишлашини таъминлайди. Материалларни танлаш тажриба ва ҳисоблаш йўллари билан олиб борилиши мумкин. Қуйида бу усуллар батафсил кўриб чиқилади.

6.5.1. Тажриба йўли билан танлаш

Ҳозирги замонда триботехника соҳасида катта тажрибалар тўпланган бўлиб, бу тажрибалар натижалари бўйича материаллар танлашнинг асосий принципи ва методикасини ифодалаш мумкин.

6.8-расмда ишқаланувчи жисмлар материалларининг танлаш схемаси келтирилган. Қуйида материаллар танлашнинг ҳар бир босқичини батафсил кўриб чиқамиз.

Ишлатиш шароитининг таҳлили

А. Юкланиш шароити ва атроф муҳитнинг таъсири:

- юк ва унинг қўйилиш жойи;
- айланишнинг такрорланиши — частотаси (сирпаниш тезлиги);
- юкланиш режими (статик, динамик ва б.);
- тезланиш;
- атмосфера (муҳит) шароити;
- ҳарорат;
- ишловчи муҳитнинг тури ва унинг концентрацияси;
- электр таъсирлари;
- абразив ва шунга ўхшаш заррачаларнинг борлиги.

Б. Геометрик ва конструктив талаблар:

- узелларнинг габарит ўлчами;
- талаб қилинадиган аниқлик;
- узел тузилишига қўйилган алоҳида талаблар (бошқа узеллар билан ўзаро боғланиши ва ҳ.к.).

В. Эксплуатацион талаблар:

- ишончилик кўрсаткичлари;
- ишлаш муддати;
- узел ишининг керакли ва имконий текширилиши;
- энергоҳажмлик;

- ишқаланиш коэффициенти;
- шовқинлик;
- демпферли;
- заҳарлилик;
- ионловчи нурланиш;
- газ чиқиши;
- сақлаш шарти.

Ишлатиш шароитининг таҳлили			
Юкланиш ва атроф муҳитнинг таъсири	Геометрик ва конструктив талаблар	Эксплуатацион талаблар (ишончлилик, кўпга чидамлик, сақлаш) материалларга махсус талаблар	Иқтисодий ва технологик талаблар
	Техник топшириқни ишлаб чиқиш		
	Материални дастлабки тарзда танлаш		
Ишқаланиш узелларининг ишлаш қобилиятини конструктив ҳисоблаш йўли билан баҳолаш			
Конструкцияни танлаш, ишқаланувчи деталлар ўлчамини танлаш	Кучланиб деформациялаш ҳолатини аниқлаш. Солиштирма юкни топшиш	Фрикцион хусусиятларни ва иссиқликдан кучланишни баҳолаш	Чидамлилиқни аниқлаш (ейишига ҳисоблаш)
Материални қатъий танлаш			
Тажрибавий синов	Асл нусхани синовдан ўтказиш	Саноат тажрибасида синов	

6.8-расм. Ишқаланувчи деталлар материални танлашнинг тахминий схемаси

Г. Иқтисодий ва технологик талаблар:

- ишлаб чиқариш ҳажми;
- тайёр маҳсулот таннархи;
- ишлаб чиқаришдаги энергия сарфи;
- асбоб-ускуналарнинг унумдорлиги;
- буюмнинг массаси;
- ташқи кўриниш ва пардозлаш;
- бошқа маълумотлар.

Ишлатиш шароитларининг таҳлили натижасида техник топшириқ ишлаб чиқилади.

Материални дастлабки тарзда танлаш

Бошида ишқаланиш жуфтлиги деталини унинг яшаш шароитига мос бўлган материаллар туркуми (қора металллар, баббитлар, бронзалар, полимерлар ва ҳ.к.) аниқланади.

Сўнгра справочникларда келтирилган маълумотларни назарда тутиб, ҳар бир ишқаланиш узелларидаги деталлар учун материаллар дастлабки танловдан ўтади.

Ишқаланиш узелларининг иш қобилиятини конструктив ва ҳисоблаш йўли билан баҳолаш

Энг аввал ишқаланиш узели ва унинг конструкциясининг оптимал габаритлари аниқланади. Бирлашмалардаги тирқиш миқдорини танлаш геометрик ҳисоблашнинг энг муҳим элементларидандир. Бунда тирқиш миқдорининг жуда аниқ қилиб танланиши деталларнинг ишлаш вақтида қизиши натижасида тишлашиб қолишига олиб келиши мумкинлигини назарда тутиш керакдир. Кейин деталнинг юкланиш қобилиятини (пишиқлик ва деформацияланишга ҳисоблаш) топилади, ундан сўнг бирлашманинг фрикциион характеристикаси (ишқаланиш коэффицентини, иссиқликдан кучланишни ҳисоблаш) баҳоланади. Энг охирида ишқаланиш узелининг кўпга чидаши текширилади (ейилиш интенсивлиги ҳисобланади). Ҳисоблаш натижаларига қараб ишқаланиш узелига конструктив коррективровка (тўғрилаш) киргизилади ва узелнинг кам-кўсти тўлдирилади.

Материалларни қатъий танлаш

Ишқаланиш узелларидаги материалларни дастлабки танлаш ва ҳисоблаш натижасида танлаб олинган деталлар экспериментал текширилади. Бунинг учун материал намуналари аввалдан аниқланган методикалар бўйича лабораторияда синалади. Бундай методикалар намуналарнинг ўзаро таъсири ва ишқаланиш режими эксплуатацион режимга тўғри келишини ва моделлашни қўллаб синов ўтказишлиги мумкинлигини назарда тутган бўлиши керак.

Кейинги босқич — эксплуатацияга яқинлашган шароитда асл нусхани синовдан ўтказишдир. Лаборатория синовидан ўтказиш натижаларига қараб асл нусха саноат синовидан ўтиш масаласи ҳам қилинади.

Саноат синовидан ўтиш ишқаланиш жуфтликларидаги деталлар материални танлашни узил-кесил ҳал қилади.

6.5.2. Ҳисоблаш йўли билан танлаш

Ейилишбардошликка ҳисоблаш методларини ишлаб чиқишда ейилиш интенсивлигининг ҳар хил концепцияларини асос қилиб олинади. Абразив иштирокида асосий ейилиш микроқирқув натижасида содир бўлиб, унинг интенсивлиги юза қаттиқлигига тескари пропорционал бўлади ва шунга ўхшаш баъзи бир қонуниятларга эгадир (бешинчи бобга қаранг).

Охирги вақтларда ейилиш механизмини энергетик нуқтаи назардан кўриб чиқишга кўп эътибор берилмоқда. Бунда сиртнинг емирилиши бўйича қатор инвариантлар критерийлар тавсия этилмоқда. Булар қаторига қуйидагилар киради:

а) ишқаланиш вақтида содир бўладиган солиштирма иш; бу иш ишқаланиш қувватининг ейилиш интенсивлигига нисбати билан топилади;

б) деформация энергиясининг критик зичлиги;

в) ички энергиянинг критик зичлиги;

г) сирт энергиясини янги сирт ҳосил бўлиши учун керак бўлган энергияга талабнинг қондирилиши;

д) энтропия — энергетик критерия.

Жуфтликлардаги ейилишни олдиндан билиш учун аналитик формулалар ҳам бор. Аммо И. В. Крагельский таклиф қилган ҳисоблаш методи ҳозирги вақтда энг кўп тарқалган методдир. У ва у билан бирга ишлаганлар ишқаланишдаги сирт қатламининг емирилиш механизмлари, ейилиш туридан қатъи назар, ишлашдан чарчашга боғлиқ бўлишини исботлаб бердилар.

Юзалар туташуви ғадир-будурлик параметрлари бўйича юз беришини юқорида кўриб чиққан эдик (иккинчи бобга қаранг). И.В. Крагельский томонидан яратилган ҳисоб-

лаш формулалари юзанинг ишқаланиши ва ейилиши жисмнинг эластик деформациясидан бўлишини назарда тутати. Ғадир-будурлик ҳар хил радиуслик шарсимон сегментлар сифатида моделланган бўлиб, у радиуслар баландлиги бўйича шундай жойлашганки, уларнинг моделдаги ва реал сиртдаги таянч эгри чизиғи бир хилдир. Туташув кўп бўлганда И.В. Крагельский томонидан таклиф этилган ишқаланиш интенсивлигини топиш формуласи куйидаги кўринишга эга (2.39 формулага қаранг):

$$J = K_1 \alpha \sqrt{\frac{h}{R}} \frac{P_a}{P_r} \frac{1}{h} \quad (2.39)$$

И. В. Крагельский методи билан топилган ейилиш интенсивлиги миқдори 10^{-3} дан 10^{-12} гача бўлган чегараларда ўзгариши мумкин.

(2.39) формуласидаги ҳар бир ҳад ўзининг физик маъносига эга. Биринчи ҳад ўзининг физик маъносига эга.

Биринчи ҳад $\sqrt{\frac{h}{R}}$ сирт ғадир-будурлигининг нисбий сингдирилишини ифодалайди ва унинг қиймати туташув турини аниқлайди. Эластик туташув бўлганда унинг қиймати қора металллар учун 10^{-2} , рангли металллар учун 10^{-4} ни ташкил этади.

Иккинчи ҳад — P_a/P_2 нисбати — ҳақиқий туташув майдонининг нормал туташув майдонига нисбатини кўрсатади, $P_a A_a = P_2 A_r$ бўлгани учун P_a/P_2 нисбати ҳар доим 1 дан кичик бўлади. Бу нисбат металллар учун 10^{-4} , эластомер (полимер, резина) лар бўлгани учун $10^{-2} \dots 10^{-1}$ чегараларида бўлади.

Формуладаги учинчи ҳад $1/h$ материалларнинг ўзаро бир-бирига таъсири қайтарилганда уларнинг емирилишга қаршилиқ кўрсатувчанлигини аниқлайди, яъни материалнинг чарчашга қаршилиқ кўрсатиш қобилиятини билдиради. Бу нисбат материалнинг навига, таъсир этувчи кучланишга, мой қатламининг борлигига ва ҳ.к. боғлиқ бўлиб, унинг қиймати $10^{-2} \dots 10^{-10}$ чегараларда бўлади.

(2.39) формуладаги ўлчамсиз (безразмерная) қийматларни ҳисоблаш сиртнинг тўлқинсимонлиги бўлмаганда ва абсолют қаттиқ жисм таъсирида эластик деформацияланадиган иккинчи жисм учун бажарилади.

Биринчи ўлчам бирлигисиз нисбат:

$$\sqrt{h/R} = 2 \left(\frac{P_c}{P_r} \right)^{0,5\nu} \quad (6.1)$$

бу ерда P_c — контур майдондаги босим;

P_r — ҳақиқий майдондаги босим;

$\Delta = \frac{R_{\max}}{rb^{1/\nu}}$ — гадир-будурликнинг комплекс характеристикаси;

b, ν — таянч эгри чизиги параметрлари;

R_{\max} — нотекисликнинг энг катта баландлиги;

$r = \frac{r_n \cdot r_{\text{ип}}}{r_n + r_{\text{ип}}}$ — гадир-будур чўққисининг ўртача радиуси;

r_n — кўндаланг кесимдаги гадир-будурлик чўққисининг радиуси;

$r_{\text{ип}}$ — бўйлама кесимдаги гадир-будурлик чўққисининг радиуси.

Иккинчи ўлчам бирлигисиз нисбат P_a/P_r ҳадлари қуйидагича топилади

$$P_r = 0,5E \frac{2\nu}{2\nu+1} \Delta \frac{\nu}{2\nu+1} \cdot P_c \frac{1}{2\nu+1} \quad (6.2)$$

$$P_c = 0,2E^{0,8} \left(\frac{HB}{Rb} \right)^{0,4} P_a \quad (6.3)$$

бу ерда E — материалнинг эластиклик модули;

R_b — тўлқин радиуси;

HB — Бринель бўйича қаттиқлик.

Учинчи кўпайтирувчи ҳад $1/h$ кучланиш амплитудаси миқдорининг кўпайиши билан емирилишгача бўлган цикллар сони камайишини назарда тутган ҳолда ҳисоблаб чиқилади. Бу ҳад қуйидаги эмперик формула билан топилади:

$$n = (\sigma_b / \sigma_{\text{ип}})^{\nu} \quad (6.4)$$

бу ерда σ_b — материалнинг чўзилишга пишиқлик (мустаҳкамлик) чегараси:

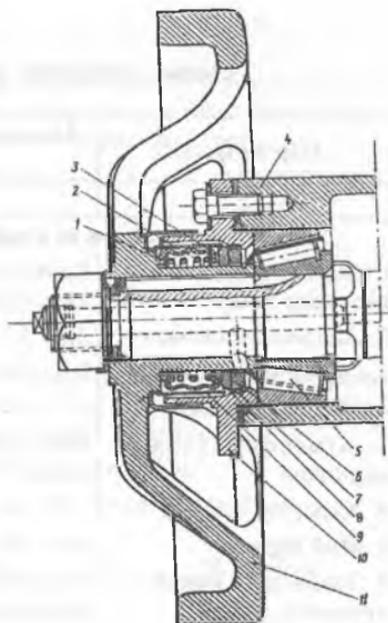
$\sigma_{\text{ип}}$ — таъсир этувчи кучланиш;

ν — фрикцион чарчаш эгри чизигининг параметри.

Абразив муҳитда ишлайдиган деталлар материални ҳисоблаш йўли билан танлаш 5.4-расмда келтирилган.

6.6. Материалларни танлаш бўйича мисол

Бу масалани гусеничали трактор таянчи гилдирагининг (опорний каток) ён томонидаги зичлагич ҳалқалари материални танлаш мисолида кўриб чиқамиз (6.9-расмга қаранг). Чунки ШХ—15 (НРС 56...60) пўлатларидан тайёрланган мавжуд зичлагич ҳалқалари (1 ва 2) эксплуатацион талабларга жавоб бермайдилар. Бундай зичлагичларнинг камчилиги абразив ейилиш жараёнида уларнинг ейилиш интенсивлигининг юқори бўлишидир. Бу эса сиқиб пружинаси (3) ёрдамида кучайтириладиган ишчи кучланишнинг пасайишига, зичланадиган узелдан мойловчи материалнинг сиқиб чиқиши кўпайишига, подшипник (5) нинг ишлаш шароити ёмонлашишига олиб келади. Мойнинг барвақт оқиб кетиши натижасида подшипник (5) тезда ишдан чиқади ва сочилиб кетади.



6.9-расм.

Гусеничали трактор таянч гилдирагининг ён томонидаги зичлагичлар

6.6.1. Ишлатиш шароитининг таҳлили

Ишлатиш шароитининг таҳлили 6.3-жадвалда мавжуд (прототип) ва лойиҳаланадиган узеллар учун келтирилган. Бу жадвалдаги параметрлар аслида техник топшириқларни ҳосил қилади, чунки узел конструкциясини ишлаб чиқиш учун керакли ҳамма асосий маълумотларни ўз ичига олган.

6.6.2. Материални дастлабки тарзда танлаш

Ён томондаги зичлагичларнинг мавжуд конструкциялари таҳлили асосида қуйидаги барча талабларга тўғри

Узелни ишлатиш жараёнининг таҳлили

Параметрлар	Мавжуд (прототив) узел	Лойиҳаланувчи узел
1	2	3
А. Юкланиш шarti ва атроф муҳитнинг характеристикаси		
1. Юклама миқдори (кПа) ва таъсир этадиган жойи	Ҳалқа номинал ўлчамга эга бўлганда 70...80; ҳалқанинг ён томонига таъсир этади	
2. Айланиш частотаси c^{-1}	2,3...3,7	
3. Сирпаниш тезлиги м/с	0,5...0,8	
4. Юкланиш режими	Динамик	
5. Атмосфера (муҳит) шартлари	Йил давомида юқори чанглик муҳитда ишлайди	
6. Ҳарорат, °С	- 20 дан + 60 гача	
7. Мой тури	АК—10	
8. Заррачалар кириб қолишлиги	Чангликдаги абразив заррачаларнинг кириб қолиши муқаррар	
Б. Геометрик ва конструктив талаблар		
9. Узел габарити	Ҳалқа диаметри 100 мм, қалинлиги 6 мм	
10. Ҳалқанинг тайёрланиш аниқлиги:		
диаметр бўйича	± 0,05	
қалинлиги бўйича	± 0,1	
11. Узел конструкциясига қўйиладиган талаблар	Зичлагич мойнинг минимал сиқиб чиқишини таъминлаши шарт; икки техник хизмат кўрсатиш оралиғида зичланувчи узелда 50 фоиздан кам бўлмаган мой қолиши шарт	
В. Эксплуатацион талаблар		
12. Ишончлилик кўрсаткичлари: тўхтамасдан ишлаш эҳтимоли:		
1000 мотосоат	0,650	0,8
1500 мотосоат	0,400	0,6
2000 мотосоат	0,150	0,3
3000 мотосоат	0,001	0,1
13. Ишлаш муддати, мотосоатларда	1800	3200

1	2	3
14. Узель ишини назорат қилишнинг кераклиги ва мумкинлиги	Ишлатиш (эксплуатацион) инструкциялари бўйича узелнинг иши техник хизмат кўрсатиш даврида назорат қилинади	
15. Ишқаланиш коэффициенти	0,15...0,2	0,1...0,15
16. Шовқинлик	—	—
17. Заҳарлилик	—	—
18. Ионизацияловчи нурланиш	—	—
19. Сақлаш шароити	Юқори намлик шароитда сақланганда занглаш юз беради	Сақлашда занглашни камайтирилиши таъминлансин
Г. Экологик ва технологик талаблар		
20. Ишлаб чиқариш ҳажми	оммавий	
21. Тайёр буюмлар нархи сўмларда	0,58	0,36...0,40
22. Ҳар бир асбоб-ускуна учун ишлаб чиқариш унумдорлиги, дона/соатда	200	300
23. Буюм массаси, кг	0,450	0,350 гача
24. Пардози ва ташқи кўринишда	Алоҳида талаблар йуқ	
25. Бошқа маълумотлар	Зичлагич ҳалқаларининг ишқаланиш сиртида ейилишнинг уч зонаси (абразив ейилиш зонаси, пластик полидеформацияланган зона, чарчашдан ейилиш зона) ва занглаш манбаи зоналари бўлади. Абразив ейилиш етакловчи ейилишдир.	

келадиган бирикмалар материални аниқлаймиз: тобланган пўлат-тобланган пўлат; углеграфитли материал-тобланган пўлат; полимерли материал-тобланган пўлат.

Прототип (мавжуд) узелда қўлланиладиган тобланган пўлат-тобланган пўлат ишқаланиш жуфтлиги ўзининг ишлаш қобилияти ёмонлигини (ишлаш муддати кам, ейилишбардошлиги паст, мой қўйиб юбориши кўп) кўрсатди. Дастлабки баҳолаш натижаси углеграфитли материал тобланган пўлат ишлатилган ишқаланиш жуфтлигига қараганда қатор камчиликларга эга эканлигини

(углеграфитли ҳалқани ишлаб чиқишда кўп меҳнат сарф бўлади ва унинг нархи нисбатан кўп) кўрсатди.

Шунинг учун ишқаланиш жуфтлигидаги материаллар сифатида дастлаб полимерли материал — тобланган пўлатни белгилаймиз. Зичлагич ҳалқаларининг бундай материаллар мажмуидан тузилиши етарли яхши антифрикцион ва антикоррозион (зангламаслик) хусусиятларини бера олиши мумкин. Ундан ташқари полимер-металл жуфтлигида бир хил бўлган юклар таъсири остида ишқаланувчи сиртлар яқинлашуви металл жуфтлигидаги яқинлашувдан катта бўлади, демак, ҳалқалар орасидаги мой сизиб (сирқиб) чиқиши мумкин бўлган тирқишнинг гермитизацияланиши полимер — металл жуфтлигида кам бўлади ва бу ён томон зичлагичлари учун энг муҳим аҳамиятга эгадир.

Дастлабки полимер-металл жуфтлиги танланганлиги иқтисодий томондан ҳам фойдали, чунки саноатда ўзлаштирилган барча полимер материаллардан ҳалқанинг ясалиши пўлат — ШХ—15 дан ясалган ҳалқаларга қараганда арзонга тушади.

6.6.3. Ишқаланиш узелларининг ишлаш қобилиятини ҳисоблаш ва конструктив йўл билан баҳолаш

Биз кўриб чиқаётган мисолда ишқаланиш узелининг габарит ўлчамлари ва унинг принципиал конструкцияси берилган эди. Шунинг учун унинг геометрик ҳисобланишига ҳожат йўқдир. Ишқаланиш жуфтлигидаги нисбий юклама кам бўлгани учун (70...80 кПа) зичловчи ҳалқаларнинг юкланиш қобилиятига ҳисобламасдан баҳо бериш мумкин. Берилган юклар таъсирида зичлагич ҳалқалар етарли пишиқликка эга эканлигига, деформация эса амалда бўлмаслигига ишонч комилдир.

Зичлагич ҳалқалар жуфтлигидаги ишқаланиш коэффицентини ҳисоблаб чиқиш учун юқорида келтирилган методика (2.5 га қаранг) дан фойдаланамиз. Ҳисоблаш натижасида полимер-металл жуфтлигидаги ишқаланиш коэффицентининг миқдори қониқарли (масалан, кап-

ролон В — пўлат ШХ—15 учун ишқаланиш коэффициенти $f=0,085... 0,09$ бўлади).

Ишқаланувчи жуфтликнинг чидамлигига баҳо бериш учун ейилиш интенсивлигини (2.39) формуласи бўйича ҳисоблаб чиқилади. Ҳисоблаш вақтида ишқаланиш жуфтликдан юклама (сиқиш пружинаси ҳосил қиладиган) ўзгарувчан миқдор бўлишини назарда тутиш керак: у ишқаланиш жуфтлигининг ейилиш миқдоридан тўғри чизикли камаяди.

Ҳисоблаш кўрсатишича, полимер-металл жуфтлигининг ейилиш интенсивлиги металл-металл жуфтлигига қараганда бир қанча кам, полимер-металл жуфтлигининг чекка ейилишигача (предельный износ) бўлган чидамлиги эса (у мойнинг чекка сизиш миқдори билан аниқланади) 3000...3200 соатни ташкил этади (металл-металл жуфтлиги учун бу миқдор 1800...2000 соатдир). Ҳисоблаш натижалари бўйича узелга конструктив коррективировка (тузатиш) киргизамиз. Айни ҳолда бир-бирига сиқиб турувчи пружина конструкциясига ўзгариш киритиш мақсадга мувофиқдир.

6.6.4. Материалларни қатъий танлаш

Дастлабки танлаш ва ҳисоблаш натижасида жипсловчи ҳалқалардан бирининг материали сифатида полимерни, иккинчисига — тобланган пўлатни қабул қиламиз. Сўнгра аксарият қўлланиладиган полимер материаллари ичидан абразив ва чарчашдан ейилишга чидамли материални танлаб оламиз. Бунинг учун аксарият кўп ишлатиладиган ва технологияси қулай бўлган ҳар хил полимер материалларнинг қиёсий ейилишбардошлигини лаборатория шароитида чарчаш ва абразив ейилишга текшириб кўрамиз, натижада икки қатор ейилишбардошлик олинади (6.4, 6.5-жадваллар).

Жадвалларда келтирилган натижалардан кўринишича чарчашга ва абразив ейилишларга чидамли полимер материаллар қуйидагилар экан: капролон +5 фоиз графит,

капролон В ва капролон +10 фоиз графит. Бу материалларни келгуси лаборатория синовлари учун танлаймиз.

6.4 - жадвал

Чарчашдан ейилишдаги (мойсиз пулат буйлаб) ниқаланиш нагрузка Руд=230 кПа, сирпаниш тезлиги $v=1$ м/с пластмас-санинг ейилишбардошлик қатори

Материал	Ейилиш тезлиги мкм/соат
Фторопласт	5,1
Капролон +5 фоиз графит	6,5
Капролон В	7,9
Поликарбонат	8,6
Капролон +10 фоиз графит	8,9
Текстолит	9,6
Полиамид П—68	9,8
Капролон +20 фоиз графит	10,3
Капрон (бирламчи)	10,5
Капролон +5 фоиз тальк	10,7
Полиэтилен (урта босимли)	10,8
Полиамид АК—80/20	12,5
Полиамид АК—7	13,1
Полиамид АК—60/40	13,6
Капролон +1 фоиз икки оксидли титан	14,1
Полиэтилен (кичик босим) +1,5 фоиз қоракуя	15,5
Полиэтилен (кичик босимли)	17,5
Стекловолокнит АГ—4В	19,2
Волокнит	22,8

**Абразив ейилишдаги (жилвир қоғоз буйлаб ишқаланиш)
пластмассасининг ейилишбардошлик қатори**

Материаллар	Абразив ейилишдаги ейилиш кўрсаткичи мм ³ /м
Капролон В	8,12
Капролон +5 фоиз графит	8,33
Капролон +5 фоиз тальк	8,37
Капролон +10 фоиз графит	8,38
Капролон +1 фоиз титан икки оксидли	8,95
Капролон +20 фоиз графит	9,58
Полиамид П—68	9,72
Полиамид АК—80/20	10,00
Полиамид АК—60/40	10,22
Полиамид АК—7	10,61
Капрон (бирламчи)	11,00
Полиэтилен (ўрта босимли)	11,08
Полиэтилен (кичик босимли)	11,62
Полиэтилен (кичик босимли) +1,5 фоиз қорақуя	11,91
Текстолит	17,87
Волокнит	25,42
Поликарбонат	25,63
Фторопласт—4	29,20
Стекловолокнит АГ—4В	37,75

Сўнгра уч хил полимер материалдан ясалган зичлагич ҳалқалари билан ШХ—15 пўлатидан тайёрланган ҳалқалар жуфтлигини стенда лаборатория синовларидан ўтқазамиз. Лаборатория синовлари даврида ишлатиш шароитларининг физик модели олинади, эксплуатацион режимларга яқинроқ зичланиш ва ишқаланиш режимларининг ейилишбардошлиги ва герметиклиги баҳоланади.

Стенда синов ўтказиш натижалари 5 фоиз графит билан тўлдирилган капролондан ясалган зичлагич ҳалқалари билан ШХ—15 пўлатидан тайёрланган ҳалқалар

жуфтлигида мойларнинг сирқиб чиқиши кам бўлишини ва энг катта ейилишбардошликка эгаллигини кўрсатди. Шунинг учун бундай материаллардан тайёрланган ишқаланиш жуфтлигининг асл нусхаси синовдан ўтказилади.

Асл нусха синовдан ўтказилгандан сўнг ишқаланиш узелининг саноат-тажрибавий (опытно-промышленный) партияси синалади ва унинг натижаларига қараб ишқаланиш жуфтлигидаги деталларнинг материали қатъий танланади.

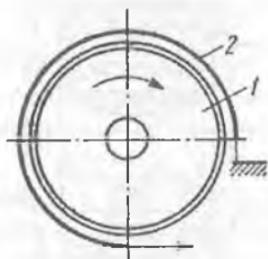
Келтирилган мисол ишқаланиш жуфтликларидаги материалларни тажриба йўли билан танлаш жуда оғир ва сермашаққат эканлигини кўрсатади.

ФРИКЦИОН МАТЕРИАЛЛАР

7.1. Фрикцион динамик қурилмалар хусусиятлари

Фрикцион материаллар фрикцион динамик қурилмаларнинг ишқаланиш жуфтликларини тайёрлаш учун қўлланилади. Фрикцион жуфтликда ишқаланиш кучи таъсирида ҳаракатланувчи массанинг кинетик энергияси иссиқлик энергиясига айланади. Ишқаланиш кучи маълум миқдорда иш бажариб, фрикцион материалга таъсир этиши натижасида шу материалларнинг ҳарорати кўтарилади ва ишчи (сирт) воситаларини шғов (разгон) пайтида ҳаракатни узатиш (тишлашиш муфтларида) ва тўхташ (тормоз қурилмаларида) учун, технологик ускуна юритмаларининг ҳаракат йўналишини (турли муфта ва фрикцион ростлагич (регуляторларда) ўзгартириш учун қўлланилади. Энг кўп тарқалган фрикцион қурилмаларга тасмали (7.1-расм), колодкали (7.2-расм), камерали (7.3-расм), бир дискали (7.4-расм) ва кўп дискали (7.5-расм) тормозлар киради. Муфтлар ҳам (бир ва кўп) дискали ва колодкали бўлади.

Ҳар бир қурилма етакловчи ва етакланувчи қисмлардан иборат. Тормозларда муфтлардан фарқли ўлароқ,

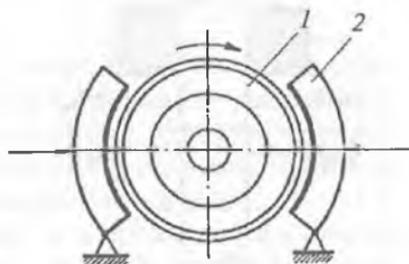


7.1-расм.

Тасмали (лентасимон) тормоз:

1 — барабан (айланади);

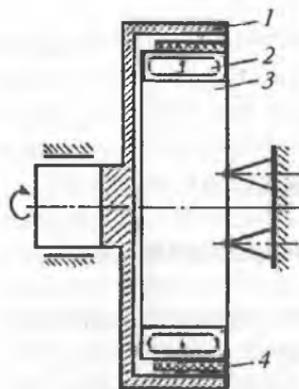
2 — колодкали тасма



7.2-расм.

Колодкали тормоз:

1 — барабан; 2 — колодкалар



7.3-рasm.

Камерали тормоз:

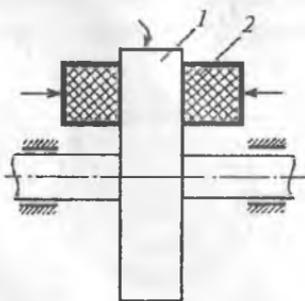
1 — барабан (айланади);

2 — камера;

3 — корпус; 4 — колодка

ва мойсиз шароитда ишлайдиган кўп дискали қурилмаларда ишқаланиш моменти ҳар бир жуфтлик (қўзғалувчан ва қўзғалмас) дискаларда ҳосил қилинадиган моментлар йигиндисидан иборат. Бундай қурилмалар энг ихчам қурилмалардан ҳисобланади.

Фрикцион жуфтлик учун асосий кўрсаткич туташув бикрлиги (жесткость) ҳисобланади, у сирт ва унинг элементлари гадир-будурлигига ва тўлқинсимонлигига, материалнинг эзилишга мойиллигига (қўйилган куч йўна-

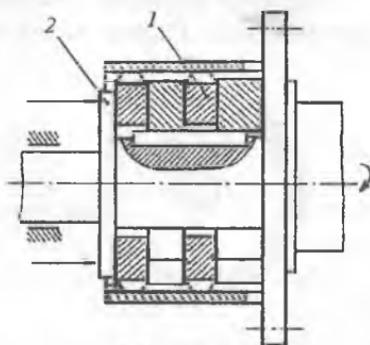


7.4-рasm.

Бир дискали тормоз:

1 — диск (айланади);

2 — колодкалар



7.5-рasm.

Кўп дискали тормоз: 1 — дискалар (айланади); 2—айланмайдиган дискалар билан туташтирилган корпус

лиши бўйича) ва материал қотирилган қурилмага боғлиқ. Фрикцион элементнинг нормал ва уринма йўналишидаги эзилишга қаршилиги қанчалик катта бўлса, туташув юзасида ҳақиқий юкламанинг тақсимланиши шунчалик текис, ишқаланиш коэффициенти шунчалик юқори ва барқарор бўлиб, у деталлардаги туташуш ҳароратини ва ҳароратдан зўриқишини пасайтиради. Фрикцион туташманинг эзилишига мойиллигини оралиқ қатлам (масалан, резина) бериш, бир-бирлари билан боғланмаган ҳолда ишлайдиган фрикцион қисмларни қўллаш, фрикцион элемент қовурғасида ўйиқчалар ҳосил қилиш каби тадбирлар билан ошириш мумкин.

Фрикцион муфтларнинг асосий ишлатиш кўрсаткичлари бўлиб фрикцион туташувнинг инерцион хусусияти t_m , яъни нагрузка берилгандан сўнг ишқаланиш моменти ноль қийматигача камайиши вақти ҳисобланади. Фрикцион муфтлар мойли ванналарда ишлаш шароитида t_m ни камайишига ишқаланиш юзасида ҳосил қилинган ариқчалар (канавки) ёрдам беради, шу ариқчалар ҳисобига ишқаланиш юзаларида ҳосил бўлган иссиқлик ва ейилиш маҳсулотларини ташқи муҳитга чиқиб кетиши яхшиланади.

Фрикцион узелнинг иш режими ишқаланиш жуфтлигини танлаш учун асосий кўрсаткич бўлган сирпанишнинг давомийлиги t_r билан баҳоланади:

- қисқа муддатли сирпаниш..... $t_r < 60$ с;
- узоқ муддатли сирпаниш..... $60\text{с} < t_r < 300$ с;
- ўртача турғунликдаги режим..... $300\text{с} < t_r < 1000$ с;
- турғун режим..... $t_r < 1000$ с.

Фрикцион узелнинг нормал ишлашига ташқи энергетик таъсир сезиларли даражада бўлиб, у ишқаланиш жуфтлигида сирпанишдаги ишқаланиш коэффициенти-нинг ва ейилиш интенсивлигининг (жадаллилигининг) ўзгаришига олиб келади (7.1-жадвалга қаранг).

Фрикцион қурилмалар ҳаво, суюқлик, эмульсион ва химиявий усуллар билан совитилади. Ҳаво билан совитиш табиий конвекция усули билан ёки вентилятор, компрессор ёрдамида ҳаво оқимини пуркаш усули билан амалга оширилади. Суюқлик билан совитиш металл фрикцион элементлари шаклида ясалган, сув циркуля-

цияси бўлиб турадиган кўп сонли каналлардан иборат бўлган сувли иссиқлик алмаштиргичлар билан амалга оширилади. Эмульсион совитиш ишқаланиш юзасига конус найча (сопло) орқали ҳаво-суюқлик эмульсиясини бериш йўли билан амалга оширилади. Компонентлар аралашмасининг нисбатини тўғри танлаш ва унинг вақт бўйича таъсирини ростлаш ишқаланиш коэффициентини пасайишининг олдини олиш имконини беради.

Фрикцион жуфтлик ҳароратини пасайтириш химиявий актив реагентлар тўлдирилган фрикцион элементлар билан амалга оширилади. Химиявий актив реагент таъсирида тормозланиш энергияси бутун фрикцион элемент бўйича тарқалади ва шундан сўнг табиий совиш содир бўлади. Сунъий совитиш натижасида кўп ҳолларда ишқаланиш зонасининг ҳароратини 40—50 фоизга пасайтириш имконини беради, бу эса ўз навбатида тормоз қурилмасининг массасини камайтириш, унинг ишлаш муддатини ошириш имконини беради.

7.1 - жадвал

**Ташқи энергия турининг фрикцион жуфтлик ишқаланиш
коэффициентига ва ейилиш интенсивлигига
(жадаллигига) таъсири**

Энергия тури	Таъсир этиш усули	Сирпанишдаги ишқаланиш коэффициенти-нинг ўзгариши	Ейилиш интенсивлигининг (жадаллигининг) ўзгариши
Иссиқлик	Атроф муҳитининг исиши ёки совиши	2—3 мартабагача камаяди ва ортади	5—10 мартагача ўзгаради
Электр	Ишқаланиш жуфтлиги орқали электр токи ўтганда	2—5 марта камаяди ёки ортади	5—10 марта ортади
Электромагнит	Кучли магнит майдонидаги ишқаланиш	40—50 фоизга ортади	40—50 фоизга ортади
Ядро	Ишқаланиш сиртларини аввалдан нурлантириш	Бир неча юз марта камаяди	—

7.2. Фрикцион материалларга қўйилган талаблар

Тормозланиш жараёнида фрикцион материаллар ишчи қатламида қуйидаги ҳодисалар содир бўлади:

- ишқаланиш сирти микрорельефининг ўзгариши;
- фазовий ва структуравий ўзгаришлар;
- диффузион ва химиявий жараёнлар;
- сиқилиш ва чўзилиш кучларининг пайдо бўлиши;
- материаллар механикавий хусусиятларининг пасайиши;
- тишлашиб қолиш жараёнларининг ривожланиши;
- ишқаланиш коэффициентининг ўзгариши.

Ишқаланиш иши натижасида фрикцион материалларнинг сиртқи қатламида қолдиқ ҳодисалар ҳам содир бўлади:

- микрорельефнинг қайтарилмас даражада ўзгариши;
- аниқ фазовий ва структуравий ўзгаришлар;
- химиявий таркибнинг ўзгариши;
- сиртқи қатламда қолдиқ кучланишлар пайдо бўлиши;
- механикавий хусусиятлар ўзгаришининг барқарорлашиши (мустақкамланиш ёки бўшатилиш);
- ишқаланиш сирти бўйича нотекис ейилиш;
- қийшайиш, чўкиш, дарз кетиш.

Фрикцион материаллар ишлаш шароитини ва шу билан боғлиқ бўлган унга қўйилган талабларни кўриб чиқамиз.

Сирпанишнинг бошланиш тезлиги ҳозирги замон фрикцион қурилмаларда кенг ораликда $-2-3$ см/с дан 50 м/с гача ва ундан катта бўлган қийматда ўзгариб туради. Муфталарнинг ажралиш тезлиги сирпанишнинг бошланиш тезлигидан бир неча фоиз паст бўлиб, кўпчилик тормозларда ажралиш ноль тезликда содир бўлади. Тезлик қувватга, ишқаланиш ишига ва демак, ҳароратга сезиларли таъсир кўрсатади.

Ишқаланиш узелидаги юклама ҳам кенг ораликда бир неча ўн граммдан бир неча ўн тоннагача ўзгариб туради. Агар нагрузка катта бўлса кўп дискали қурилмалардан фойдаланилади. Турли фрикцион қурилмалар 0,8—0,7 МПа босимда ишлайди, аммо энг оғир шароитда ишлайдиган

фрикцион материалларга тушувчи босим анча катта қий-
матга (15 МПа гача) егиши мумкин.

Фрикцион жуфтликнинг ишқаланиш коэффиценти
ишчи нагрузкаларда фрикцион узел учун етарли бўлган
ишқаланиш кучини таъминлаши лозим. Одатда қўллани-
ладиган фрикцион жуфтликларда ишқаланиш коэф-
фиценти $0,2 \leq f \leq 0,5$ атрофида бўлади. Ишқаланиш
коэффиценти f нинг қиймати юкламага, ҳароратга,
конструктив мукамалликка ва ишқаланиш сиртининг
сифатига, ҳамда фрикцион жуфтликнинг материаллари-
га боғлиқ.

Фрикцион жуфтликнинг ишлаш муддатини таъмин-
лаш учун ишқаланиш сиртларининг туташуви эластик ёки
эласто-пластик бўлиши керак. Шунинг учун ҳам ишла-
тиш муддатини узайтириш (мустаҳкамликни ошириш)
учун қурилма сиртини мустаҳкамроқ ва унга таъсир этувчи
нагрузка нисбатан кичикроқ ёки юқори ейилишга чи-
дамли фрикцион материаллар қўллаш лозим.

Фрикцион материал ишлаш жараёнида барқарор иш-
қаланиш коэффицентига эга бўлиши керак. Бу жуда му-
ҳим омиллардан ҳисобланади. Агар тезликни (ҳароратни)
ортиши билан ишқаланиш коэффиценти камайса, фрик-
цион узелнинг самарали ишлаши таъминланмайди. Бун-
да айрим вақтларда юз берадиган, узоқ муддатли ва қай-
тадан тормозлашда тормозлаш самарадорлиги пасаяди-
ган, сўниш деб аталадиган жараён содир бўлади. Материал
қизигандан сўнг фрикцион ейилиш хусусияти тиклана
олмаса, уларни фрикцион қурилмаларда ишлатиб бўлмай-
ди.

Фрикцион жуфтликнинг ишлатиш шароитида асосий
характеристикаларидан сирпанишни давомийлиги t_r
ҳисобланади. Бунда ҳарорат характеристикасини ҳам
ҳисобга олиш керак.

Фрикцион материаллар кўп ҳолларда давомли муддатда
–600°С ҳажмий ҳароратгача бўлган шароитда ишлайди.
Бунда оғир юкламали фрикцион узеллар ишқаланиш
юзаларидаги ҳарорат ҳатто +1200°С гача ошади. Фрикци-
он узелнинг ҳароратини пасайтиришда фрикцион мате-
риалларнинг **иссиқлик ўтказувчанлиги** муҳим аҳамиятга
эга. Одатда фрикцион жуфтликнинг бир ёки иккала эле-

менти ҳам юқори иссиқлик ўтказувчан материаллар (металлар, қотишмалар, графитли аралашмалар (композиция) дан ясалади, улар жадал равишда ишқаланиш зонасидан иссиқликни ташқи муҳитга чиқариб юборади.

Ҳозирги замон тез-тез қизиб ва совиб турадиган шароитда ишловчи фрикцион материалларига **ейилишга чидамлилиқ** бўйича юқори талаблар қўйилади. Бунда ҳосил бўлган температуравий зўриқиш механикавий зўриқишдан анча юқори бўлади. Шунинг учун ҳам фрикцион жуфтликлар материаллари танланганда уларни иссиқликдан чарчашга қаршилигини ҳам ҳисобга олиш керак (одатда фрикцион жуфтлик элементларининг ейилиш жадаллиги 10^{-6} — 10^{-7} дан ошмаслиги керак).

Фрикцион жуфтлик материаллари тез мосланувчан (прирабатываемость) бўлишлари (биринчи тормозланишда тормозлаш моменти унинг ҳисобланиб топилган қийматидан 80 фоизгача кам бўлмаслиги) керак, совуқ ва қизиган ҳолатда ёпишиб қолишга қаршилиги юқори, нам ва мой таъсирларига нисбатан турғун бўлишлари лозим. Улар ёнғин жиҳатидан хавфсиз ва чийилламайдиган, металл судралиб чиқишига ва суртилиб қолишига мойил бўлмаслиги керак.

Барча фрикцион материаллар металл ва нометалл гуруҳларга бўлинади.

Металл фрикцион материалларга конструкцион пўлатлар (10, 45 пўлатлари), кулранг чўянлар, легиранган (ЗОХГСА, 65Г) ва зангламайдиган (12Х18Н9Т) пўлатлар, бронза (БрАЖМц 10—3—1,5), қиздирилиб бириктирилган фрикцион материаллар (темир, мис ва алюминий асосида), хром, титан, бериллий, молибдендан ясалган фрикцион элементлар киради.

Асосий нометалл фрикцион материалларга асбофрикцион қолиплаш (каучук, смола ва аралашган боғловчилар билан) материаллари, асбофрикцион эластик материаллари, картон-латекс материаллари, картон-бакелит материаллари, тўқимабакелит материаллари, кўмир-графит, табиий полимерлар (тери, ёғоч) материаллари киради.

Фрикцион жуфтликнинг ишлаши қуйидагилар билан характерланади.

енти қийматларидан ва ейилиш жадалликларидан ва унинг температурага боғлиқликларини ҳисобга олиб, фрикцион деталь билан бирикувчи материал танланади.

Фрикцион узел иш қобилиятини ҳисоблашни конструктив йўл билан баҳолаш

Дастлаб фрикцион қурилманинг конструкцияси ўзаро қопланиш (перекрытия) коэффиценти ва фрикцион жуфтликлар элементларининг ўлчамлари, совутиш усуллари белгиланади.

Ундан сўнг ишқаланишдаги иссиқлик динамикаси тенгламалари тузилади ва улар ечилади. Бу тенгламалар ечими муайян фрикцион узел учун ишқаланиш кучини, тезликни ва температурани вақт бўйича ўзгариш қонуниятларини олиш имконини беради. Агар тайёрланган фрикцион жуфтлик техник талабларга жавоб бера олмаса унинг янги конструкцияси ишлаб чиқилади ёки тажриба материалларини танлаш учун моделлаштириш усулидан фойдаланилади. Ундан сўнг фрикцион узелнинг ишлаш муддати ҳисобланади.

Дастлабки танланган фрикцион узел конструкцияси ҳисоб-китоб натижалари бўйича қайта ишланади ва мувофиқлаштирилади.

Материални қатъий танлаш

Дастлабки танлаш ва ҳисоблаш натижасида олинган фрикцион жуфтлик деталлари материаллари экспериментал синовдан ўтказилади. Олдин танланган материалларни синов машиналарида, стандартлаштирилган усул билан фрикцион характеристикалари лаборатория шароитида ўрганилади. Ундан сўнг ишқаланиш узели лаборатория шароитида синалиб фрикцион ейилиш ва температура характеристикалари олинади. Ҳақиқий фрикцион узеллар машиналарда тажрибавий ишлатишда синалиб, уларнинг иш шароити ҳақиқий ишлатиш шароитига яқинлаштирилади. Синашнинг якуний босқичи бўлиб маълум сондаги узелларни тажриба-саноат синови ҳисобланади. Бундай синов натижасидан сўнг фрикцион жуфтлик материалларининг яроқлилиги тўғрисида якуний хулоса чиқарилади.

Саккизинчи боб

СПЕЦИФИК (ЎЗИГА ХОС) ШАРОИТЛАРДА ИШҚАЛАНИШ ВА ЕЙИЛИШ

8.1. Юқори сирпаниш тезлигида ишқаланиш ва ейилиш

Сирпаниш тезлигининг юқори (50 м/с дан кўп) бўлиши авиацияда, ракетасозликда, турбинасозликда, асбобсозликда (приборсозликда), ўқ отувчи қуролларида, артиллерияда ва ҳ.к.ларда учрайди. Юқори тезликдаги ишқаланиш кўп ҳолларда ишқаланувчи жисмларнинг ўзаро таъсир муддати кичиклиги (10^{-5} дан 1 с гача, камроқ 10...20 с гача) билан характерланади. Юқори тезликдаги ишқаланиш жараёнида ишқаланиш зонасида иссиқлик интенсив чикади. Бир номинал туташув юзасидан вақт бирлигида чиқадиган иссиқлик интенсивлиги (жадаллиги) қуйидаги формула билан аниқланади:

$$q = f P a \vartheta, \quad (8.1)$$

бу ерда f — сирпаниш (ишқаланиш) коэффиценти;

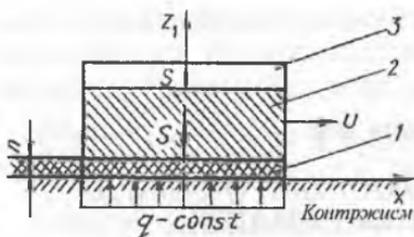
$P a$ — номинал босим; ϑ — сирпаниш тезлиги.

Сирпаниш тезлиги юқори бўлганда туташувдаги материаллар қаъригача исиб улгура олмайди ва юпқа сиртқи қатламгина иссиқлик таъсиридан қизийди. Бундай иссиқлик таъсирида бўладиган сиртқи қатлам миқдори қуйидагича топилади:

$$\delta = 1,94 \sqrt{a t}, \quad (8.2)$$

бунда a — иссиқлик ўтказувчанлик; t — туташув муддати.

Иссиқлик оқимининг интенсивлиги, иссиқлик таъсирига учрайдиган сиртқи қатламнинг кичиклиги туташув зонасида катта иссиқлик ҳосил бўлишига олиб келади ва бундай юқори ҳарорат туташувдаги жисмлардан биттасининг сиртини эриб кетишига сабаб бўлиши мумкин. 8.1-расмда сирпаниш тезлиги юқори бўлганда қаттиқ жисмининг эриб кетиш модели кўрсатилган.



8.1-расм.

Юқори сирпаниш тезлигида контакт зонасидаги қаттиқ жисмнинг эриб кетиш модели:

1 — эриб кетган қатлам;

2 — қизиш зонаси;

3 — бошланғич ҳарорат зонаси

Эриб кетган қатламнинг сирпаниш тезлиги юқори бўлганда, ишқаланиш зонасида бўлиши ишқаланиш коэффицентини анча-мунча камайишга олиб келади ва гидродинамик ишқаланиш юз беришига сабабчи бўлади.

Милтиқ стволидаги ўқнинг ва замбарак стволидаги снаряднинг ишқаланиш коэффицентлари миқдорининг сирпаниш тезлигига боғлиқлиги қуйидаги 8.1-жадвалда келтирилган.

8.1 - жадвал

Милтиқ стволидаги ўқнинг ва замбарак снаряднинг ишқаланиш коэффицентлари

Сирпаниш тезлиги, м/с да	0	85	340	720	930
Милтиқ стволидаги ишқаланиш коэффицентлари	0,30	0,070	0,054	0,051	—
Замбарак стволидаги ишқаланиш коэффицентлари	0,27	0,052	0,031	0,022	0,021

Босимнинг ўсиши билан ишқаланиш коэффицентлари камаяди (8.2-расм). Аммо босим билан сирпаниш тезлигининг кўпайиши ейилиш интенсивлигининг ошишига олиб келади (8.3-расм).

Сирпаниш тезлиги юқори бўлганда материал ейилиш-бардошлигининг камайиши бўйича материалларни қуйидаги қаторга жойлаш мумкин: вольфрам, молибден, тан-

Эриб кетишнинг бошланиш вақти қуйидаги ибора билан топилади:

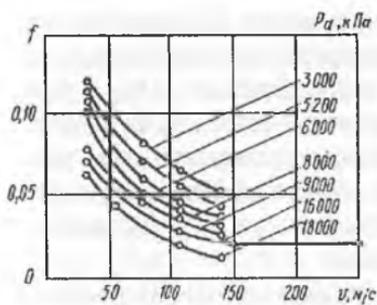
$$t_{\text{эп}} = \frac{\pi \lambda^2 (v_{\text{эп}} - v_0)}{4 a q_1} \quad (8.3)$$

бунда λ — иссиқлик ўтказувчанлик; $v_{\text{эп}}$ — эриш температураси;

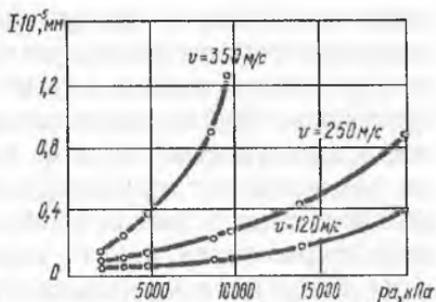
v_0 — жисмнинг бошланғич температураси;

a — коэффицент;

q_1 — иссиқлик оқими (поток).



8.2-расм. Ишқаланиш коэффициентининг босим ва тезликка боғлиқлиги (Пўлат — 10 учун)



8.3-расм. Ейилиш интенсивлигининг босим ва тезликка боғлиқлиги (Мис пўлат билан ишқаланганда)

тал, армко-темир, пўлат, чўян, мис, алюминий, рух, висмут, қалай, қўрғошин.

8.2. Агрессив муҳитда ишқаланиш ва ейилиш

Агрессив муҳитда жисм юзасининг емирилиши бир вақтда юз берадиган икки ҳолда учрайди: муҳитнинг материал билан химиявий ёки электрохимиявий ўзаро таъсири натижасида занглашда ва механикавий ейилишда. Химиявий ўзаро таъсир материал қуруқ газлар ёки электрўтказмайдиган агрессив суюқликлар билан туташувда бўлганда содир бўлади; электрохимиявий коррозия — металлнинг электролитлар (кислота, ишқор ва ҳ.к.ларнинг сувдаги эритмалари) билан туташувда бўлганда содир бўлади. Бунда икки жараён кузатилади: анодга оид (металл атомининг ион кўринишида эритмага бевосита ўтиш) ва катодга оид (ортиқча электронларнинг атомлар ёки эритма ионлари билан ўзлаштирилиши — ассимиляцияси). Ишқаланиш зонасида электр токи ҳосил бўлади. Ишқаланишдан очилиб қолган сиртларда ноагрессив муҳитда ҳосил бўладиган юпқа парда хусусиятидан фарқ қиладиган парда ҳосил бўлади. Агар ҳосил бўлган парда осон кўчадиган хусусиятга эга бўлса материалларда тишлашиб қолиш юз бериши мумкин, агар парда ҳимояловчи хусусиятга эга бўлса ейилиш интенсивлиги камаяди.

Агрессив муҳитда ишқаланиш юзаларининг ўзини тутиши электрод потенциалларининг ўзгариши билан таъ-

рифланади. Одатда ишқаланишда ҳосил бўладиган юза электрод потенциалини (φ_u) плёнкалардан тозаланган юза электрод потенциали (φ_T) билан таққосланади. Агар $\varphi_u \approx \varphi_T$ бўлса ҳосил бўлган парда ишқаланиш жараёнида йўқолганлигини кўрсатади. φ_u ва φ_T лар ҳар хиллигининг ўсиши пардаларнинг ишқаланиш жараёнида йўқолмаслигини кўрсатади, у ҳимояловчи хусусиятга эга бўлади ва ишқаланиш интенсивлиги камаяди.

Коррозион — механикавий ейилиш қуйидаги машина деталлари ва механизмларида учрайди: реакторлар ён томонини зичловчи зичлагич ҳалқалардаги, центрифугалардаги, сепараторлардаги, реакторлар сирпаниш подшипнигидаги, насослардаги, насос плунжеридagi, реактор қорғичлардаги, марказдан қочма қуритиш қурилмаларидаги, шнеклардаги ва ҳ.к. лардаги зичлагич ҳалқалари.

Агрессив муҳитда ишловчи ишқаланиш жуфтлигидаги материалларнинг ейилишбардошлик ва антифрикцион хусусиятлари билан бир қаторда занглашга турғунлиги юқори бўлиши, ишлаш вақтида ғажилиш ва тишлашиб қолишга мойиллиги йўқ бўлиши керак. Шуни ёдда тутиш керакки, лаборатория шароитларида аниқланган занглашга чидамлилиқ кўп ҳолларда саноатда ишлатиладиган ҳақиқий занглашга чидамликка қараганда катта фарқ қилади. Шунинг учун аниқ эксплуатацион шароитларда ишловчи материаллар танланишида ишқаланувчи юзаларнинг ўзаро таъсирини ва улар тезлигини аслига монанд равишда олиш керак.

Материалнинг агрессив муҳитда ейилишга барқарорлигини ошириш учун занглашга максимал қаршилиқ кўрсатувчи материалларни танлаш керак бўлади.

Агрессив муҳит ишқаланиш сиртларини юмшатиб ейилиш жараёнини оширади; температура занглаш жараёнини анчагина активлаштириб ейилишни жадаллашишига олиб келади; нисбий босимнинг ва сирпаниш тезлигининг ошиши ишқаланиш сиртининг температурасини ва ейилиш интенсивлигини оширади. Юкламанинг ошиши ҳақиқий туташув нуқтасида кучланишни кўпайтиради ва бу эса ғадир-будурлик чўққиларининг ўзаро пластик таъсирланишига, ҳатто тишлашиб қолиш ёки микроқирқув-

га олиб келиши мумкин. Бундай ҳолнинг олдини олиш ёки таъсирини камайтириш учун ишқаланиш узелларига қўйиладиган нагруканинг минимал миқдорини ва қаттиқлиги катта материалларни танлаш керакдир. Жуфтликдаги сирпаниш тезлиги ошиши билан ишқаланиш йўли кўпайиб ейилишни оширади.

Ишқаланиш юзасида ёки муҳит таркибида абразив заррачалар бўлганида ишқаланувчи деталларнинг ейилиши кескин кўпаяди. Бундай ҳолнинг олдини олиш учун абразив заррачалардан агрессив муҳитни тозалаш, ишқаланиш жуфтлигидаги юкломани пасайтириш, абразив заррачалар таъсир бурчагини ва унинг тезлигини камайтириш лозим.

Муҳитнинг занглатиш активлигини камайтириш учун муҳитга ингибитор қўшимчалар киргизилиши ва температура пасайтирилиши мумкин. Агрессив муҳитда юқори легирланган зангламас пўлат (14X17H2, 20XBH4Г9, 12X18H10, 08X17H15M3T ва ҳ.к.) билан жуфтликда, шунингдек кам легирланган чарчашга барқарор чўянлар (4НХТ ва бошқалар) ва қаттиқ қотишмалар (ВК3, ВК6 ва бошқалар) қўлланилади. Қаттиқликни ва занглашга барқарорликни ошириш мақсадида металдан ясалган ҳамма деталлар қиздириб ишланади, зангламас пўлатларнинг тишлашиб ва ғажилиб қолиш хусусиятларини камайтириш учун улар сиртларини азотлаш ва хромлаш керак бўлади.

Агрессив муҳитда кенг миқёсда юқори химик барқарор ва антифрикцион хусусиятлари яхши бўлган углеграфитнинг ҳар хил маркалари қўлланилади. Охириги йилларда юқори физик-механикавий хусусиятларини ва ейилишбардошликка эга бўлган углеграфит материаллар (масалан: смола ва металл шимдирилган) ихтиро қилингандир.

Кимё саноатида асбоб-ускуналарнинг ишқаланиш узелларида бошқа материалларга нисбатан юқори ейилишбардошликка ва занглашга қаршилик кўрсатувчи хусусиятга эга бўлган юқори қаттиқ нометалл материаллар (силицийланган ва борсилицийланган графитлар, кремний карбиди, минерал керамика) қўлланилади.

Бу материалларнинг камчилиги уларнинг нисбатан мўртлиги ва қимматбаҳолигидир.

Силицийли графит ён томон зичлагичлари ва сирпаниш подшипникларида ҳамма турдаги полимер материаллари билан углерод асосли материаллар жуфтлигида қўлланилади, шу билан бирга силицийли графитнинг бошқа материалларга нисбатан ейилиш бардошлиги 10...100 мартаба кўпдир. Силицийли графит фтор, бром, йод, концентранган ишқор эритмаси ва кучли оксидловчилардан ташқари ҳар қандай агрессив муҳитда ишловчи ишқаланувчи узелларида ишлатилади. Ундан тегишли ғовакли графитга механикавий ишлов бериш йўли билан деталлар ясалади, сўнгра суюқ кремний шимдирилади. Кремний билан углероднинг ўзаро таъсири натижасида кремний карбиди ҳосил бўлади, аммо кремний ва графитнинг бир қисми озод ҳолда қолади. Шундай қилиб, силицийли графит кремний ва графит қўшилган монолит кремний карбидини ташкил қилади. Суюқ графит шимдирилгандан сўнг деталларга олмос асбоблари ёрдамида ишлов берилади.

Агрессив муҳитда ишлатиладиган, келажаги порлоқ материаллардан бири фторпласт-4 асосли композицияли полимер материали бўлиб, у яхши антифрикцион ва занглашга бардош хусусиятга эгадир. Бундай композициялар агрессив муҳитда ишлайдиган реактор ва шунга ўхшаш асбоб-ускуналарнинг сирпаниш подшипникларида, ён томон зичлагичларида ва бошқа масъул деталларда ишлатилади. Фторпласт-4 асосли композицияларга графит, молибден дисульфиди, бор нитрити ва бошқалар қўшилиши натижасида унинг агрессив муҳитда ишлаш барқарорлигини сақлаб қолган ҳолда, мустақкамлик хусусияти оширилади.

Агрессив муҳитда юқорида келтирилган материаллардан ташқари мустақкамлиги, занглашга бардошлиги яхши юқори термик ва абразив бардошликка эга бўлган силикат қопламалар (эмаллар) ҳам қўлланиши мумкин.

8.3. Вакуумда ишқаланиш

Вакуум деб берк идишдаги ҳавонинг ёки газнинг сийраклашган ҳолатига айтилади.

Ишқаланиш узелларининг вакуумда ишлаш шароити ишқаланиш сиртларидаги адсорбцион ва оксид пардала-

ри тикланиш тезлигининг кичиклиги, материалларнинг буғланиб қолиши, фазовий ҳолатининг ва механикавий хусусиятининг ўзгариши билан ажралиб туради. Вакуум шароитида ишқаланиш узелларидан иссиқликнинг тева-рак-атрофга ўтиши ёмонлашади. Бундай жараёнлар эф-фектлиги вакуум даражасига қараб рўй беради.

Вакуум даражасининг чегараланиш критерияси бўлиб λ/d — нисбат хизмат қилади λ — газ молекуласининг бо-шқа молекулалар билан икки марта тўқнашишидаги ўтган йўлнинг ўртача масофаси; d — кўриб чиқиладиган жара-ёндаги масофага оид ўлчам. λ/d — боғлиққа қараб вакуум даражаси тўртга бўлинади ва уларга босимнинг маълум зонаси тўғри келади:

	кичик	ўрта	юқори	жуда юқори
Вакуум даражаси				
Босим зонаси, Па	100	$100 \dots 10^{-1}$	$10^{-1} \dots 10^{-5}$	10^{-5}

Қолдиқ газлар таркибида углеводород бирлашмалари-нинг борлигида вакуум «мойли» ва уларнинг йўқлигида «мойсиз» бўлади.

Вакуумни ҳосил қилиш ва уни ушлаб туриш (айниқса юқори ва жуда юқори вакуумни) жуда мураккабдир, ва-куум насослари ва аппаратлари эса жуда қиммат туради.

8.3.1. Вакуум шароитида ишловчи узелларга қўйиладиган талаблар

Вакуумда ишлайдиган ишқаланиш узелларига қўйи-даги учта талаб қўйилади: материалларга, конструкция-сига ва вакуум гигиенасига.

Материалларга талаб. Вакуум шароитида ишқаланиш узелларида ишлатиладиган материаллари ғоваклиги ва газ чиқариши минимал, буғланиш тезлиги кам, иссиқбар-дош ва занглашга чидамли бўлиш керак.

Вакуум шароитида материаллар ва буюмлар ўзининг ичидан ва сиртидан газ чиқазадилар. Сирт ёки жисм мас-саси бирлигидан вақт бирлигида чиқадаган газлар миқ-дори газ чиқариш солиштирма тезлиги деб аталади.

Ишқаланиш узели сиртидан чиқадиган умумий газ оқими $Q=qA$ га тенг (8.4.) бўлади. (q — газ чиқаришнинг солиштирма тезлиги, A — вакуумга қаратилган юза миқдори).

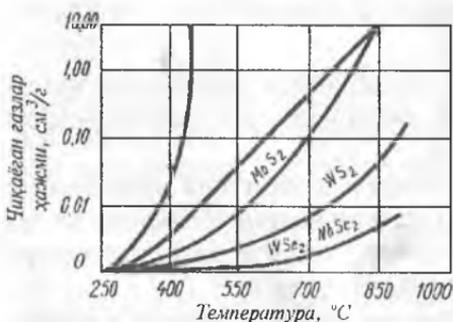
Агар ишқаланиш жуфтлиги ҳар хил материаллардан ясалган бўлса умумий газ оқими қуйидагича бўлади:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Бу ерда Q_1 ва Q_2 — ҳар бир деталь юзидан чиқадиган газ оқими.

Суюқ ва консистент мойлаш материаллари жуда юқори газ чиқариш тезлигига (буғланишига) эга бўлганлиги учун уларни вакуум шароитида ишлатиб бўлмайди. Вакуумда, одатда юқори ва жуда юқори даражали вакуум шароитида, ҳарорат катта бўлганда ҳам газ чиқариш тезлиги кам бўлган қаттиқ мойловчи материаллар ишлатилади. Бундай вакуумда қўлланиладиган қаттиқ материаллар қаторига фторпласт, графит, молибден дисульфиди (MoS_2), вольфрам дисульфиди (WS_2) ва бошқалар (WSe_2 , $NbSi_2$) кирадилар. Лекин бундай материалларнинг ҳам температура ўсиши билан вакуумда газ чиқариш тезлиги кескин ўсади. (8.4-расм).

Ишқаланиш вакуум шароитида бўлганда газ чиқишининг кўпайиши юз беради. Ишқаланишнинг бошланғич даврида ишқаланиш сиртларидаги ҳимояловчи оксид пардалар аста-секин ейила бошлайди ва газ чиқариш нисбатан кам бўлади. Бу даврда ишқаланиш коэффиценти ва ейилиш интенсивлиги ҳам катта бўлмайди. Ишқаланиш сиртларидаги ҳимояловчи пардаларнинг ейилиши ва емирилишидан сўнг газ чиқаришнинг сакраши ўсиб боради ва ишқаланиш коэффиценти



8.4-расм. Вакуум 10^{-4} Па бўлганда баъзи қаттиқ мойловчи материалларнинг газ чиқариш таснифи

ва интенсивлиги ҳам катталашади (8.1-жадвал). Ундан сўнг газ чиқариш ва ейилиш жараёнлари бир қанча камаяди ва стабиллашади.

Вакуум шароитида ишқаланишда чиқадиган ҳамма газлар берк вакуум ҳажмдаги босимни оширади ва ундаги қолдиқ газ муҳити таркибини ўзгартиради.

Материалларнинг ғовакли бўлиши уларнинг вакуум шароитида ишлашига салбий таъсир кўрсатади, чунки ғовакли материаллар ўзига ифлос суюқликларни ҳам шимади. Бундай ифлосликлар ва суюқликларнинг ўзи вакуумда газ чиқариш манбаи бўлиб қолади. Ундан ташқари ғовак материаллар атмосфера босимида газларни катта миқдорда ютади ва шунинг учун вакуумда газ чиқаришнинг солиштирма тезлиги катта бўлади. Демак, ғовакли материалларнинг вакуумда ишлатилиши тавсия қилинмаслиги керак.

8.1-жадвал

Ҳавода ва вакуумда материал жуфтлигидаги ишқаланиш коэффициентининг миқдори бўйича маълумот

Ишқаланиш жуфтлигидаги материаллар	Юклама, Н	Ишқаланиш коэффициенти					
		Ишга тушириш		10 мин дан сўнг		60 мин. сўнг	
		ҳавода	вакуум	ҳавода	вакуумда	ҳавода	вакуумда
Алюминий-алюминий	31	0,50	1,10	0,58	1,57	0,78	1,57
Бронза-бронза	33	0,46	0,71	0,57	0,87	0,58	1,10
Жез-жез	33	0,31	0,43	0,31	0,50	0,31	0,70
Зангламас-пўлат	65	0,29	0,32	0,47	0,62	0,51	0,93
Зангламас пўлат-алюминий	33	0,29	0,37	0,39	0,39	0,40	0,34
Зангламас пўлат-жез	65	0,21	0,32	0,32	0,67	0,39	0,84

Газ чиқаришдан ташқари вакуумда (айниқса, температура юқори бўлганда) кўпинча материаллар (буларга аввало кадмий, рух, магний, висмутлар кирази) катта тезликда буғланиб кетади. Шунингдек, металл ва қоришмалар ҳам буғланиб кетиши мумкин (масалан, юқори вакуумда узоқ қиздириш натижасида жездан рух буғланиб чиқиб кетади).

Вакуум ускуналари элементларининг деворларида конденсацияланган (тўпланган) металл буғлари электр изоляторларини, кузатиш ойнасини, қайтаргичларни ва бошқа деталларни ишдан чиқишига олиб келиши мумкин. Вакуумда металлларнинг буғланиш тезлиги кўпинча максимал температурада ишлатиладиган буғлар босимига боғлиқ бўлади:

$$W = 5,833 \times 10^{-2} P \sqrt{\frac{M}{t}} \quad (8.6)$$

Бу ерда P — буғ босими; M — молекуляр масса; t — температура.

Материалларни вакуумда ишлатиш учун улар буғларининг босими вакуум ускунасидаги қолдиқ босим чекининг $2/3$ дан кичик бўлиши керак.

Вакуумда ишлатилиши керак бўлган материаллар юқори иссиқбардошлик ва занглашга қарши хусусиятларга эга бўлишлари керак. Одатда бундай материалларнинг газ чиқариши ҳам кам бўлади. Агар материаллар космик вакуумда ишлайдиган бўлса, уларнинг иссиқбардошлик ва занглашга қарши хусусиятлардан ташқари, ҳар қандай радиация нурларига, метеорит заррачалар таъсирига ва ҳар хил космик омилларга чидамли бўлиши керак. Космик вакуумда ишлатиладиган ишқаланиш жуфтликларига қуйидаги конструктив талаблар қўйилади:

— узелнинг монтажи (йиғилиши) ва демонтажи (қисмларга ажратилиши) содда бўлиши, шунингдек ифосликларни йўқотиш учун узелнинг ҳар бир деталини тозалаш осон бўлиши;

— асосий вакуум ҳажм билан бирлаштирилувчи кичик каналларда тортиб чиқариб ташланишини қийинлаштирадиган халтасимон чуқурчалар (камгаklar) бўлмаслиги;

- ишлашнинг юқори ишончилиги;
- газ чиқариш оқимидаги газлар таркиби қўйиладиган талабларга жавоб бериши.

Вакуум гигиенасининг талаблари:

— ишқаланиш узеллари тайёрланадиган ва йиғиладиган хоналар ҳавосидаги чанг ва шунга ўхшаш муаллақ заррачалар, мой, кислота, ишқор ва химик моддалар бўлмаслиги керак;

— ҳамма деталларни йиғишдан олдин ҳар хил ифлосликлардан (қиринди, бўёқ, мой, оксид, пардаларидан) диққат билан тозалаш керак;

— деталларни бензинда ёғсизлантириш ва қуритиш шкафларида 80...100°C температурада қуритиш керак;

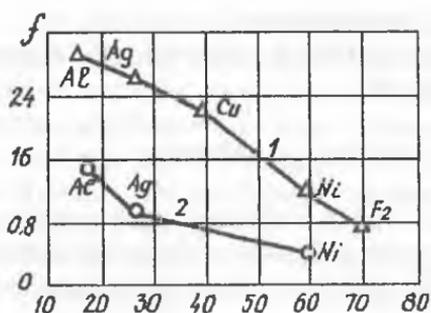
— деталларни туксиз материаллардан тикилган қўлқопларда йиғиш керак.

— йиғилгандан сўнг монтажгача бўлган вақт қисқа бўлиши керак.

8.3.2. Вакуумда ишқаланишнинг тадқиқоти

Кейинги йилларда, айниқса космик техникасининг ривожланиши муносабати билан, вакуумда ишқаланиш жараёнининг тадқиқотлари катта диққатга сазовор бўлмоқда. Вакуумда ишқаланишнинг мойсиз бўлиши ишқаланиш коэффициенти миқдорининг катта бўлишига олиб келади, материаллар қаттиқ тишлашиб қолиши, ейилиш миқдори кўп бўлиши, одатда, ишқаланиш узели ғажиб қилиши кузатилади. Мисол қилиб вакуум камерасидаги қолдиқ босимга нисбатан зангламас пўлат-зангламас пўлат жуфтлигидаги ишқаланиш коэффицентининг миқдорини кўриб чиқамиз:

Камерадаги қолдиқ босим, кПа	100 (ҳавода)	$10,5 \times 10^{-7}$	$0,18 \times 10^{-8}$	1×10^{-3}
Ишқаланиш коэффицентини	0,47	1,22	2,47	2,94

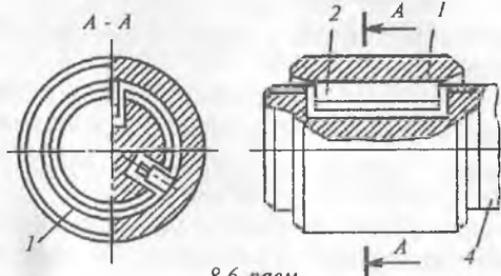


8.5-расм. Металлари бир хил бўлган жуфтликларда қаттиқлик ошишининг ишқаланиш коэффициентига таъсири:
 1 — вакуум 10^{-4} Па бўлганда;
 2 — вакуум $3 \cdot 10^{-1}$ Па бўлганда

риаллар (фторпласт, графит, M_0S_2 , WS_2 ва бошқалар) қўлланилади.

АМАН материали вакуумда етарли стабилликка эга ва пўлат билан жуфтлик ҳосил қилинганда ишқаланиш коэффициенти кам бўлади, босим 5...15 МПа ва сирпаниш тезлиги 1...4 м/с бўлганда ҳам яхши ишлайди.

Қаттиқ мойлаш материаллари ҳам вакуум шароитида ишқаланиш бўлганда яхши ишлашларини кўрсатдилар. Вакуумда қаттиқ мойловчи материаллари бўлган ишқаланиш узелларининг самарали ва чидамлилиқ ишлашни ротапринт методи қўллаш билан таъминланиши мумкин. (8.6-расм). Бунда вал (4) ва втулка (1) ларнинг ишқаланиш юзаларига суртгич (2) ёрдамида мойловчи материал суртилиб туради. Суртгичлар (2) вал (4) га қотирилган, ички втулка (3) чуқурчаларига тўғри келадиган, вал (4) нинг пазларида (тирқишларида) ҳосил бўладиган марказдан қочирма кучлар таъсиридан радиал ҳаракатланиши мумкин. Суртгичлар (2) втулка



8.6-расм.

Ротапринт усулида мойлаш схемаси

(1) нинг сиртига марказдан қочирма кучлар таъсирида сиқилиб уни мойлаб турадилар.

Кейинги йилларда вакуумда ишлайдиган узеллар учун думалаб ишлайдиган подшипникларни тайёрлашга катта аҳамият берилмоқда. Бундай подшипникларнинг мойсиз нормал ишлаши учун уларнинг сепараторлари ўз-ўзидан мойловчи материаллардан (масалан АМАН-24 дан) тайёрланадилар.

Сепараторларнинг маҳкамлигини ошириш учун улар металл билан арматураланади. Вакуумда ишловчи баъзи думалаш подшипникларида қаттиқ мойловчи материаллар (масалан: молибден дисульфиди) ёки қийин эрийдиган металллар (*Fe, Cr, Mo, Ta, W*) диселенидларининг юпқа пардалари ишқаланиш юзаларига суртилади.

8.4. Ҳарорат паст бўлган шароитларда ишқаланиш ва ейилиш

Ҳарорат паст бўлган шароитлар уч хил бўлади: паст ҳарорат (-0°C дан -150°C гача), криоген ҳарорат (-150°C дан $-272,85^{\circ}\text{C}$ гача), ўта паст ҳарорат ($-272,85^{\circ}\text{C}$ дан паст).

Криоген техникасининг ривожланиши билан паст ҳароратда ишловчи ишқаланиш жуфтликлари кўпайиб бормоқда. Буларга криоген суюқликларида ишловчи насослар валларининг ён томонидаги ва радиал зичлагичлар, ўрта ўтқазувчан роторли электр генераторларининг зичлагичлари, гелийли совутиш газ машиналари поршенларининг зичланишлари, паст ҳароратда ишловчи сирпаниш узелларининг таянчлари киради. Бундай шароитларда кўпчилик углеродли пўлатлар ва ҳажмда марказланган куб панжарали металллар (*Fe, Cr, Mo, Ta, W*) мўрт бўлганлиги учун қўллана олмайдилар. Паст ҳароратда қиррада марказланган куб панжарали металллар (*Al, Ni, Pb, Cu, Ag*) ёки гексогонал зич жойлашган панжарали металллар (*Ti, Zn, Mg, Co*) қўлланилади. Ундан ташқари ҳарорат -45°C гача бўлганда майда донали структурага эга бўлган ҳамма пўлатлар, -100°C гача бўлганда тобланган ва бўшатилган майда донали мартенсит структу-

ралари паст легирланган ферроит пўлатлари, -200°C гача бўлганда аустенит структурали зангламас пўлатлар, 240°C гача бўлганда эскирувчи мартенсити бўлган никелли пўлатлар ишлатилиши мумкин.

Паст ҳароратда ишловчи ишқаланиш узелларини тайёрлаш учун одатда зангламас пўлатлар (40X, Г13Л, 12X18Н9Т) ва углеодфитлардан фойдаланилади. Ундан ташқари, графит суюқ азот ва суюқ водород муҳитларида ишлайдиган бир қатор пластмассаларда қўшимча сифатида ишлатилади. Ундан паст ҳарорат шароитида ишлайдиган шарикли подшипникларнинг сепараторлари тайёрланади.

Паст ҳароратда ишловчи сирпаниш подшипниклари материали сифатида текстолит, П-68 ва АК-80 полиамидлари, капрон ва унинг молибден дисульфиди билан бўлган **композицияси** қўлланилади. Паст ҳароратда ишловчи ишқаланиш узелларининг мойловчи материаллари сифатида махсус суюқ мойловчи материаллар — кремний органик мой № 3 (-100°C гача), ЦИАТИМ — 205 углеводород мойи (-50°C гача) ва ЦИАТИМ 221 консистент мойи қўлланилади. Ҳарорат — 45°C дан -185°C гача бўлганда суюқ фторли полиэфир асосида тайёрланган мойловчи материаллар ўзларининг яхши ишлашини кўрсатдилар. Криоген ҳароратида (суюқ азот ва водородда) ишқаланишда ишқаланиш сиртларидаги оксид пардалар тез ейилиб кетадилар ва металл сиртларининг тишлашиб қолишига мойиллиги ошади ва ейилиш интенсивлиги кўпаяди. Бундай шароитларда ишқаланиш коэффицентининг ҳар хил жуфтликларда бўладиган миқдори 8.2-жадвалда келтирилган. Суюқ кислород муҳитида металллар ишқаланиш сиртларининг кескин занглаши билан бирга содир бўлади. Криоген муҳитда ишқаланишнинг яна бир хоссаси унинг тирналишига ва анча иссиқлик чиқаришига олиб келувчи хусусиятидир. Шунингдек, ишқаланиш сиртларининг емирилишга ва кавитацияга учрашига олиб келувчи фаза ҳосил бўлиши мумкин. Фторопласт асосли материаллар, масалан, ФН-202 (фторопласт-4—84 фоиз, никель — 10 фоиз, молибден дисульфиди — 3 фоиз), паст ҳароратли газлар (суюқ гелий) билан ишқаланиши-

**Криоген суюқлигида ишлайдиган айрим материалларнинг
ишқаланиш коэффициенти**

Ишқаланиш материаллари жуфтлиги	Ишқаланиш коэффициенти	
	суюқ азотда	суюқ водородда
1. Графит (15 фоиз) фторопласт (85 фоиз) — зангламас пўлат	0,090	0,160
2. Графит (5 фоиз) — нейлон (95 фоиз) — зангламас пўлат	0,060	0,150
3. Алюминий — ЗОХМЮА пўлат	0,853	
4. Титан — ЗОХМЮА пўлат	1,068	
5. ЗОХМЮА пўлат — ЗОХМЮА пўлат	0,897	
6. Алюминий — алюминий	0,718	
7. Текстолит — 45 пўлат	0,310...0,340	
8. Фторопласт — 4—45 пўлат	0,090...0,100	

да ишқаланиш коэффициентининг миқдори 0,1...0,3 бўлади.

Вакуум билан паст ҳароратнинг биргаликда бўлиши ишқаланиш жуфтликларида энг оғир шароитни туғдиради.

8.5. Фреттинг-коррозия (занглаш)

Фреттинг-коррозия (инглиз *fret* — кемирмоқ, ўйиб юбормоқ сўзидан) ишқаланиш сиртларининг жойини кичик тебранма нисбий ўзгартиришида ҳосил бўладиган коррозион-механикавий ейилишдир. Фреттинг-коррозия ишқаланиш сиртларининг ейилишидан қуйидаги фарқлар билан ажралиб туради:

— туташувчи сиртлар жойини ўзгартиришининг тезлиги деярли кичкина (сирпаниш амплитудаси 0,025 мм ва тебраниш частотаси 30 Гц бўлганда сирпанишнинг ўртача тезлиги 3 мм/с бўлади);

- ишқаланиш сиртларининг бузилиши (ишдан чиқиши) маълум фактик туташув юзлардагина юз беради;
- ейилиш маҳсулоти асосан металл оксидлари бўлади;
- силжишнинг кичик амплитудалари натижасида ишқаланиш зоналаридан ейилиш маҳсулотларини олиб чиқиш (йўқотиш) қийин бўлади.

Фреттинг-коррозиянинг ҳосил бўлиши учун зарур шарт туташган сиртларда силжиш бўлишидир.

Фреттинг-коррозия ҳар хил пресслаб ўтқизишларда (посадка), шлицали, шпонкали, болтли ва заклепкали бирлашмаларда, канатларда, муфтали бирлашмаларда, рессор ва пружиналарнинг контакт сиртларида, кулачокли ва шарнирли механизмларда ва ҳ.к. ларда учрайди.

Фреттинг-коррозиядан бузилиш металлларнинг суркалиши, ёпишиб қолиши, ўйилиб чиқиши натижасида кавак (бўшлиқ) ҳосил бўлиб, кукунсимон ейилиш маҳсулотлари билан уларнинг тўлиб қолиши кўринишларида бўлади. Сиртларда қаттиқ тишлашиб қолиш, микроқирқув ёки микроҳажмларнинг чарчашдан емирилиши ва улар натижасида оксидланиш ва занглаш (чарчаб-занглаш жараёнлари) содир бўлади. Одатда бундай емирилишларнинг биттаси етакчи, қолганлари эса унга ҳамроҳ бўлади.

8.7-расмда фреттинг-коррозиянинг соддалаштирилган ейилиш механизми келтирилган. Деталларнинг (1,2) бошланғич туташуви (уриниши) алоҳида нуқталарда бўлади (I). Тебраниш (вибрация) даврида ҳақиқий туташув зонасидаги оксид пардалар емирилади, оксид пардалар билан тўлдирилган (II) кичик (4) каверналар (коваклар) пайдо бўлади ва улар ўлчамлари катталашиб битта катта каверна (5) ҳосил қилади (III). Уларда металл оксид заррачаларининг босими ошиши натижасида дарзликлар (6) пайдо бўлиши кузатилади. Баъзи бир дарзликлар қўшилиб кетиши билан металлнинг айрим ҳажмлари (7) ажралиб чиқади.

Оксид заррачалар абразив сифатида сиртларга таъсир этадилар. Ошган босимнинг ва оксид заррачалар ишқаланиш кучининг таъсирида ҳарорат кўтарилади, ажра-

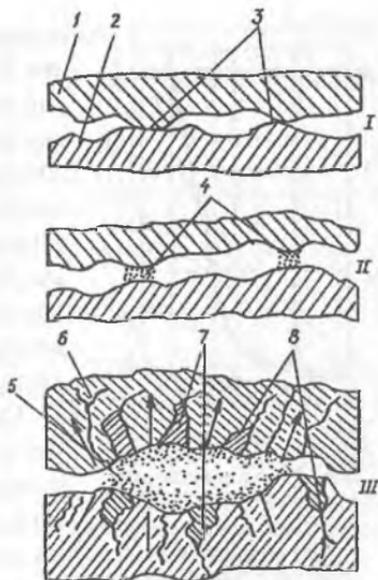
либ чиққан заррачаларда ва каверна сиртларида қаттиқ оқ структура (8) ҳосил бўлади.

Фреттинг-коррозия натижасида деталларнинг конструктив ўлчамлари ва тирқишлари ўзгаради, ғажилиш ва тишлашиб қолиш содир бўлади, сиртнинг сифати жуда ёмонлашади (ғадир-будурлик ошади), микродарзликлар пайдо бўлади, деталларнинг ишлашдан чарчашга пухталиги жуда пасаяди.

8.5.1. Фреттинг-коррозиянинг ривожланишига таъсир этувчи омиллар

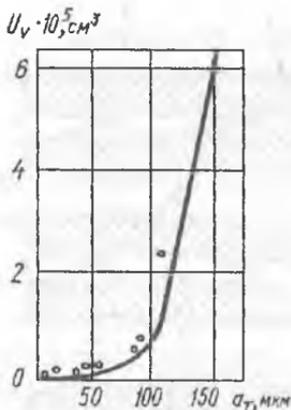
Нисбий силжиш амплитудаси. Фреттинг-коррозия жараёнининг бошланиши учун сиртлар нисбий силжишининг энг кичик амплитудаси ($8 \cdot 10^{-7}$ мм) ҳам кифоя. У ҳолда ейилишда ҳосил бўлган заррачалар ишқаланиш сиртлари оралигида думалаб ҳаракат қила бошлайдилар. Бу эса сиртларнинг тишлашиб қолишига йўл қўймайди ва шунинг натижасида ейилиш интенсивлиги камаёди. Амплитуда ошиши билан ейилиш интенсивлиги оша боради. Масалан, амплитуда 0,10...0,15 бўлганда пўлатнинг ейилиши жуда кўп ошади ва худди ўша вақтда қаттиқ тишлашиб қолиш жиддий равишда бошланади (8.8-расм).

Солиштирма юклама (нагрузка). Энг кичик босим остида ҳам фреттинг-коррозиядан сезиларли бузилишлар бўлиши мумкин. Юкламанинг фреттинг-коррозия ривож-



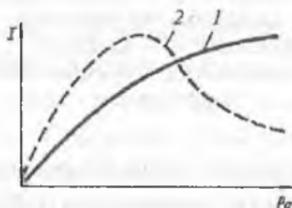
8.7-расм.

Фреттинг-коррозияда металл сиртларининг ейилиш механизми: 1, 2 — туташувдаги деталлар; 3 — сиртлар туташув нуқталари; 4 — ҳосил бўлган майда каверналар; 5 — умумий катта каверна; 6 — дарзликлар; 7 — ажралиб чиққан металл ҳажмлари; 8 — ажралиб чиққан қаттиқ структурали заррачалар



8.8-расм. Паст легирилган пулат-дюралюмин жуфтлигида юк $N = 190Н$ ва цикллар сони $h_{ц} = 106$ бўлганда ҳажмий ейилиш ($u_{\text{в}}$) нинг силжиш амплитудасига боғлиқлиги

ташқари, юкламанинг ошиши билан фреттинг-коррозияга хос асосий жараёнлар хизмати (роли) қайтадан тақсимланади. 2-эгри чизиқнинг юқорига йўналган тармоғи



8.9-расм. Фреттинг-коррозиядаги ейилиш интенсивлигининг солиштирма юкка боғлиқлиги:

- 1 — боғлиқлиқнинг энг типик варианты;
- 2 — боғлиқлиқнинг мумкин бўлган варианты (контакт бикрлиги етарли бўлмаганда ва энг кичик амплитудаларда)

ланишига (кўпайишига) таъсири ни баҳолаш анча мураккаб, чунки сиртларнинг бошланғич микрорельефи ўзгариши ва ейилиш маҳсулотининг қатлам-қатлам бўлиб қолиши натижасида фактик босим доимо бир миқдорда бўлиб қолмайди. Фреттинг-коррозиядаги ейилиш интенсивлигининг солиштирма юкка боғлиқлиги 8.9-расмда келтирилган.

Одатда солиштирма юкламанинг ошиши билан ейилиш интенсивлиги ҳам ошади (1-эгри чизиқ). Юкламанинг ошиши билан силжиш амплитудаси камайганда туташув бикрлигининг етарли бўлмаслигини бошқа типдаги боғлиқлик ифодалайди (2-эгри чизиқ). Ундан

ташқари келадиган юкламалар бўлганда туташув юзаларида фреттинг-коррозияга хос чарчашдан занглаш жараёнлари юз беради, унга ишқаланиш зонасига нисбатан осон кирадиган кислород ёрдамлашади. Критик миқдордан кўп бўлган юкламаларда ейилишнинг кам бўлиши (2-эгри чизиқнинг пасайиб борувчи қисми) чарчашдан занглаш жараёнлари интенсивлигининг пасайиши, қаттиқ тишлашиб қолиш ва металлларнинг ўзаро кўчиш жараёнлари сабаб бўлиши мумкин. Бунда умумий ейилишнинг камайишига қарамай маълум жой

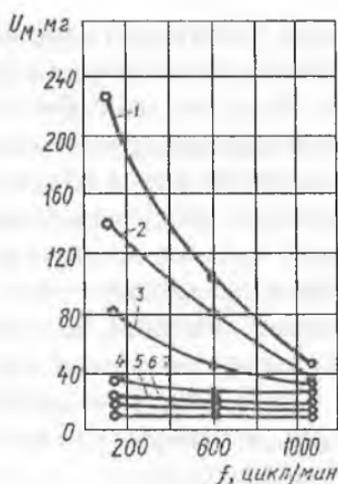
билан чегараланган (локаль) бузилишлар кўпаяди.

Тебраниш частотаси. Одатда тебраниш частотаси ошиши билан фреттинг-коррозиядаги ейилиш интенсивлиги аниқ бир миқдоргача пасаяди, сўнг унинг стабилланиши кузатилади (8.10-расм). Бу ҳол тебраниш частотасининг камайиши натижасида металлнинг чарчашга чидамлигининг пасайиши билан тушунтирилади.

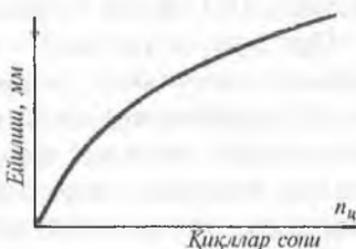
Юкланиш цикллар сони. Фреттинг-коррозияда юкланиш циклларининг (синов муддатининг) ошиши билан ейилишнинг пасайиши 8.11-расмда келтирилган қонунийлик асосида бўлади.

Даставвал (ишлаб мосланиш даврида) ейилиш тезлиги катта бўлади, кейинроқ камайиб боради (бир текисда доимий ўсиш бўлади, ейилиш чизиқли ўзгаради). Агар фреттинг-коррозия натижасида ҳосил бўлган ейилиш маҳсулотлари жуда қаттиқ бўлса, унда ейилиш бошланишидан оқ чизиқли ўсади ва бу эса соф абразив ейилиш (микроқирқув) кетаётганидан далолат беради.

Ташқи муҳит. Фреттинг-коррозиянинг интенсивлиги ташқи муҳитнинг коррозион активлигига боғлиқдир. Металлар кислород муҳитида фреттинг-коррозиядан ҳаво муҳитига нисбатан интенсив шикастланидилар. Ҳавода ейилиш эса вакуум, азот, водород муҳитида ейилишга нисбатан кўп бўлади. Суюқлик



8.10-расм. Тебраниш частотасининг 15-пўлат ейилишига таъсири ($P_a=0,524$ МПа, $a=0,524$ мм):
 1 — $n_n=103550$; 2 — $n_n=70850$;
 3 — $n_n=38150$; 4 —
 $n_n=16350$; 5 — $n_n=10900$;
 6 — $n_n=5450$; 7 — $n_n=2725$



8.11-расм. Фреттинг-коррозиядаги ейилишнинг юкланиш циклларига боғлиқлиги

(сув, NaOH эритмаси ва ҳ.к.) муҳитида ейилиш ҳаво муҳитида ейилишига нисбатан бир неча баробар кам бўлади. Бу қуйидаги сабаблар билан тушунтирилади: суюқлик муҳитида ишқаланиш сиртларида ҳимояловчи оксид пардаларнинг ҳосил бўлиш тезлиги катта бўлади, суюқликда ейилиш маҳсулотларининг қаттиқлиги пасаяди, шунингдек контакт зонасидан ювилиб кетади, бу эса абразив ейилиш интенсивлигини камайтиради. Ҳаво намлигининг ошиши юқорида келтирилган сабабларга кўра фреттинг-коррозия интенсивлигини пасайтиради.

Мойлаш. Фреттинг-коррозияни камайтириш учун суюқ, консистент ва қаттиқ мойловчи материаллар қўлланилади.

Суюқ мойловчи материалларнинг самарадорлигини ошириш учун ишқаланувчи сиртлар батамом мойга бо-тирилиб туриши керак. Бу мойнинг ишқаланиш зонасига ишончли кириб туришини таъминлайди ва уни ҳаво кислороди таъсирдан сақлайди. Фреттинг-коррозиядан ейилишни камайтириш учун кислородни ёмон эритувчи, оксидланишга қаршилиги юқори, юқори босимларга чидамли, яхши мойлаш хусусиятига эга ва шу хусусиятлари турғун бўлган мойловчи материалларни қўллаш керак.

Қовушқоқлиги кам бўлган нефтли мойларнинг фреттинг-коррозияни олдини олиш хусусияти паст бўлади ва шунинг учун улар қўлланилмайди. Асосан фосфорорганик қўшимчалар қўшилган синтетик деэфирли мойлар (масалан, ВНИИ НП—50—1—4Ф), синтетик мойлар (ВНИИ НП—6) ва бошқалар ишлатилади.

Фреттинг-коррозияда ишлатиладиган ҳамма суюқ мойларнинг камчилиги уларни ишқаланиш сиртларида ушланиб туришининг қийинлигидир. Шунинг учун баъзан ишқаланиш зонасига кириш хусусиятини ошириш мақсадида олдиндан суюлтирилган пластик (консистент) мойловчи материаллар қўлланилади.

Тирналишга қарши қўшимчалар қўшилган кальцийли совун асосли мойловчи материаллар яхши натижалар беради. Фреттинг-коррозия интенсивлигини камайтириш

учун баъзан қаттиқ металл (қўрғошин, индий) ва нometалли (графит, молибден дисульфиди) мойловчи материаллар қўлланилади.

Ишқаланиш юзаларнинг ҳарорати. Фреттинг-коррозия ҳақиқий туташув нуқталарининг ўзаро тебранма туташуви натижасида юқори оний ҳарорат ҳосил бўлади (700...800°C), шунингдек ишқаланиш юзаларида ўртача ҳарорат ҳам ошиши мумкин. Бундай иссиқлик ошиш жараёнлари сирт қатламларининг структурасини ўзгартиради ва қаттиқ тишлашиб қолиш жараёнларини активлаштиради. Аниқланишича, фреттинг-коррозияда атроф-муҳитнинг ҳарорати ўсиши (+50°C дан +150°C гача) билан пўлатнинг ейилиши амалий жиҳатдан ўзгармайди, ҳароратнинг пайсиши билан (-140°C гача) ошади. Буни паст ҳароратларда пўлатлар мўртлигининг ошиши, шунингдек химиявий реакциялар тезлигига таъсир этувчи газлар адсорбцияси (юзага ютилиши) нинг ошиши билан тушунтирилади.

Ҳар хил материалларнинг фреттингга чидамлилиги. Фреттингдан ҳамма металллар ва нometаллар, қандай ишқаланиш жуфтликларида бўлишларидан қатъи назар, кўп ва оз даражаларда шикастланидилар. Аммо фреттингдан кам шикастланидиган бирмунча ишқаланиш жуфтликлари аниқланган. Бундай фреттингга чидамли жуфтликлардан баъзилари куйида келтирилган:

— молибден дисульфиди мойи иштирокида ишқаланиш чўян-чўян жуфтлиги;

— молибден дисульфиди мойи иштирокида ишқаланиш чўян-зангламас пўлат жуфтлиги;

— тобланган асбобсозлик пўлати — асбобсозлик пўлат жуфтлиги;

— қўрғошин-пўлат жуфтлиги;

— фосфат билан қопланган пўлат-пўлат жуфтлиги;

— кумуш қоплама-пўлат жуфтлиги;

— кумуш қоплама-алюминий жуфтлиги.

Алюминий ва унинг қотишмалари амалий жиҳатдан ҳар қандай материаллар (никель, хром, магний, рух) билан ишқаланиш жуфтлигида бўлганда уларнинг фреттингбардошлиги энг паст бўлади.

Қуруқ ишқаланиш шароитида пўлат фреттинг-коррозиясининг ривожланиши уч босқичга эга бўлади. Биринчи босқичда ишқаланиш сиртлари пишиқланади ва оксид қатламлар емирилади, натижада микроқирқув юз бериб тез оксидланувчан металл микроҳажмлари ажралиб чиқади. Фреттинг-коррозиянинг иккинчи босқичида (бу инкубацион босқич деб аталади) ишқаланиш юзаларига ёндашиб турган қатламларида чарчашдан емирилишлар йиғилиб қолади. Ишқаланиш сиртларининг ўзида кислороднинг адсорбцияси (юзага сингиши) ва намлик ҳосил бўлиши натижасида емирилган оксид пардалари ўрнига янгиси ҳосил бўлади. Жараён асосан мувозанатли коррозия-механикавий типда бўлади, ейилиш кам интенсивликда юз беради, яъни емирилиш тезлиги ва оксид пардаларининг ҳосил бўлиши барабарлашади. Бу босқичда ишқаланиш юзаларига ёндашиб турган қатламларда чарчашдан емирилишлар йиғилиб қолиши билан бирга ишқаланиш сиртларида электролитик муҳит шаклланади, бунда ейилиш маҳсулотлари катализатор вазифасини бажаради.

Учинчи босқич — бузилиш зоналаридаги коррозия чарчашдан емирилишларнинг интенсивлашган босқичидир. Бундай зоналар дастлаб коррозия ва ишлашдан чарчаш процесслари остида юмшатилиб пишиқлиги йўқолган ва шикастланган металл қатламлари ажралиб чиқади, жараённинг интенсивлиги ошади ва максимал миқдорга етади.

8.5.2. Фреттинг-коррозияга қарши кураш

Фреттинг-коррозияга қарши курашнинг универсал тадбирлари йўқ. Агар материалнинг эластиклиги туфайли ўзаро микросилжишлар йўқота олмасликни назарда тутсак, унда фреттинг-коррозияга қарши курашиш учун қуйидаги тадбирларни қўллаш керак: микросилжишларни камайтириш, ишқаланиш кучини пасайтириш, силжишни оралиқ муҳитда бўлишини таъминлаш.

Қуйида фреттинг-коррозияга қарши курашнинг конструктив-технологик ва етакловчи жараёнлардан сақланиш методлари келтирилган.

Конструктив-технологик методлар:

- пресслаб ўтказишда тарангликни қўпайтириш;
- бирлашмаларда тебранишни пасайтириш учун ёрдамчи демпфирловчи (тебранишни пасайтирувчи) қурилмалардан фойдаланиш;
- мой билан таъминловчи системани яхшилаш;
- кучланиш концентрациясини (тўпланишини) пасайтириш;
- ясаш (тайёрлаш) аниқлигини ошириш, сиртлар геометрик шаклларининг бузилишини камайтириш;
- цилиндрик ўтказишлар ўрнига сферик ўтказишларни қўллаш;
- сирпаниш подшипниклари ўрнига думалаш подшипникларини қўллаш;
- шпонкаларни зичлаб мослаб ўрнатиш;
- туташув сиртларини янада пишиқлаш (химиявий ва химикотермик ишлов бериш, пластик деформациялаш).
Етакловчи жараёнлардан сақланиш:
- фреттинг-коррозияга чидамли материаллар ва уларнинг бирикмаларини қўллаш;
- суюқ, пластик ва қаттиқ мойловчи материаллардан фойдаланиш;
- сиртларни механик, термик ва химико термик йўллар билан пухталаш;
- сиртларга гальваник йўл билан қоплама бериш;
- сиртларга полимер қопламалар қўйиш.

8.6. Ишқаланиш ва ейилишга тебранишлар таъсири

Ишқаланиш ва тебранишлар ўртасида чамбарчас боғлиқлик бор: ишқаланиш тебранишни ҳосил қилади, тебраниш эса ишқаланишга таъсир этади.

Чегаравий мойлаш ва сиртларда мойсиз ишқаланиш шароитларда контактдаги тебранишларнинг пайдо бўлишини кўриб чиқамиз. Сирпаниб ишқаланиш жараёнида ҳаракатланувчи жисм (буни ползун — тўғри чизик бўйлаб сирғалувчи жисм деб атаймиз) микронотекислиги қўзғалмас ишқаланиш сиртининг нотекисликлари билан туташувда бўлади. Ҳар бир туташувнинг икки микронотекислиги микроимпульсни ифодалайди. Шундай қилиб, ишқа-

ланиш жараёнида ползуннинг микронотекислиги қўзғалмас ишқаланиш сиртининг микронотекислигидан микроимпульсларни сезади. Бирламчи яқинлашувда микронотекисликлари микропружина шаклида олинган ползунни ғоят (идеал) қаттиқ жисм деб моделлаш мумкин. Ползунга таъсир этувчи ҳар қандай нормаль импульс уни нормал йўналишда бўлган эркин тебранишга олиб келади. Ишқаланиш жараёнида ползун микронотекислиги сезаётган тартибсиз микроимпульсларга қарамай, улар (микроимпульслар)нинг жами ишқаланиш сиртига таъсир этувчи сўнмас тебранишларни узлуксиз туғдиради ва ушлаб туради. Бундай тебранишларнинг амплитудаси жуда кичик (мкм дан ҳам) бўлиб, уларнинг частотаси қуйидаги формула билан топилади:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}, \quad (8.7)$$

бунда K — туташув бикрлиги коэффиценти;
 m — ползун массаси.

Ассиметрик тебранишларнинг таъсир этишидан ползун кўтарилади, ҳақиқий туташув майдони ва ишқаланиш кучи камаяди, бунинг устига сирпаниш тезлиги қанча катта бўлса бу тебранишларнинг амплитудаси шунча кўп бўлади ва ишқаланиш кучи ҳам камаяди.

Шундай қилиб, мойсиз ёки чегаравий мойланган сиртлар ишқаланишида сирпаниб ишқаланиш кучи туташув тебранишлар таъсирида ҳамма вақт бирмунча камаяди.

Энди сирпанишдаги ишқаланиш кучига мажбуран ҳосил бўлган тебранишлар таъсирини кўриб чиқамиз. Техникада мажбуран ҳосил бўлган тебранишлар (нормал йўналишдагиси ҳам, тангенциал йўналишдагиси ҳам) ишқаланиш кучини камайтириш учун қўлланилади. Ползуннинг массасига боғлиқликда мажбуран ҳосил бўлган тебранишлар ҳар хил типдаги тебранма ҳаракатланувчи қурилмалар (электродинамик, электрик ёки пьезокерамик) билан ҳосил қилинади. Ишқаланиш кучини максимум камайтирувчи мажбуран ҳосил бўлган тебранишлар частотаси (8.8) формула билан топилган миқдорга яқин бўлиши керак, яъни резонанс частотасига яқин. Мажбуран ҳосил бўладиган тебранишларни қўйиш билан иш-

қаланиш кучларини максимал камайтириш учун бу тебранишларнинг частотаси қуйидаги формула билан топиладиган частотага яқин бўлиши керак:

$$\nu_T = \frac{1}{4\pi} \sqrt{\frac{K}{m}} \quad (8.8)$$

Мажбуран ҳосил қилинадиган тебранишлар тангенциал таъсирининг механизми жуфтликда нормал йўналган туташув тебранишлар билан боғлиқ бўлади.

Техникада ишқаланишда ҳосил бўладиган фрикцион автотебранишларга кўп аҳамият берилади. Тортиш кучи ўзгармас бўлганда қаттиқ жисмларнинг ишқаланишида норавонлик (неплавность) юз беради, бу эса механизмларни тўхташларига ҳам сабаб бўлиши мумкин. Бундай норавонлик фрикцион автотебранишлар деб аталади.

Фрикцион автотебранишлар кўпинча зарарли ҳисобланади. Масалан, станок суппортининг қирқув асбобига нисбатан норавон сирпаниши деталь сиртини ноаниқ тайёрлаш оқибати ҳисобланади. Равон сирпанишни таъминлаш учун қуйидаги тадбирлар қўлланилади: нормал йўналишда тебранишларни йўқотиш учун ползун демпферланади, узатмалар бикрлиги оширилади, ишқаланиш коэффициенти камайтирилади, ишқаланиш юзаларининг қаттиқ тишлашиб қолишининг олди олинади, сифатли мойлаш таъминланади (гидродинамик ёки гидростатик мойлаш) ва ҳ.к.

Мажбуран ҳосил қилинадиган тебранишларнинг ишқаланиш интенсивлигига таъсири шу кунгача яхши ўрганиб чиқилган эмас. Лекин частотаси 5...50 Гц бўлган тангенциал ва нормал тебранишлар уланиш механизм (сцепление) ва тормозлардаги фрикцион элементларнинг кўп ейилиб кетишига сабаб бўлиши бизга маълум.

8.7. Сайланма кўчирилиш

XX аср ўрталарида ИЛ тайёраларининг ишқаланиш узеллари тадқиқоти вақтида спиртглицерин аралашмалари билан мойланган оғир юкланган пўлат-бронза жуфтликлар деталлари сиртида юпқа пардалари ўзидан-ўзи ҳосил бўлиб қолиши аниқланган эди. Бундай ўлчамлари 1...2 мкм бўлган мис пардалар пўлатлар сиртига ҳам, брон-

за сиртига ҳам қопланиб қолар экан ва жуфтликнинг ишқаланиш интенсивлигини тахминан 10 баробар камайишига олиб келар экан. Шундай воқеа тайёраларнинг шарнир-болт бирлашмаларини ЦИАТИМ-2 мойи билан ишлатилганида ҳам, шунингдек уй-рўзғорда ишлатиладиган мойфреон қоришмаси билан мойланувчи совутгичларнинг компрессор деталларида ҳам кузатилган эди. Бундай воқеа кейинчалик **сайланма кўчирилиш** деб аталади.

Демак, сайланма кўчирилишда мис қоришмасининг қаттиқ эритмасидан пўлат сиртига (ёки аксинча) мис кўчирилиб ўтар экан ва бундай ҳол ишқаланиш коэффициентини ва ейилиш интенсивлигини қатъий камайиб кетишига (ёки ейилиш умуман бўлмаслигига) олиб келар экан.

Тадқиқотлар кўрсатишича, бронза-пўлат жуфтлигида мис пардаларининг ҳосил бўлиши бронзанинг анод бўйлаб эриши натижасида содир бўлади (легирловчи рух, кўрғошин, алюминий, темир элементлар мойга ўтиб сирт мис билан бойиб қолади). Бронза ва пўлат сиртлари мис билан қопланиб қолгандан сўнг эриш жараёни тўхтади ва сайланма кўчирилиш режими ўрнатилади. Уй-рўзғор совутгичи компрессорлари деталларидан ҳосил бўладиган мис пардалар совутгичнинг мисдан ясалган трубкалари эриши натижасида ҳосил бўлади. Совутгич компрессорлари шу туфайли ўн йиллаб таъмирланмасдан ишлай оладилар.

Кейинги сайланма кўчирилиш бўйича ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, ишқаланиш сиртларидаги муҳофазаловчи қатламларни бошқа усуллар билан ҳам ҳосил қилиш мумкин экан. Бундай усулларга махсус мойловчи материалларни қўллаш киради.

Сайланма кўчирилиш режими шароитида ишқаланиш ва ейилишни камайтирувчи ҳар хил жараёнлар беихтиёр (ўзидан-ўзи) пайдо бўлиши мумкин. Уларга қуйидагилар киради:

— юклама таъсирида ғадир-будурлик чўққиларининг сайланма эриши натижасида босимнинг камайиши (бу ишлаб мосланиш жараёнига ўхшайди);

— асосий материал деформациясини йўқотувчи сиртдаги парданинг диффузион-вакансион механизми деб

аталувчи ейилишни камайтириш ва силжишни осонлаштириш;

— тикланган мойловчи муҳит туфайли оксидланишдан ишқаланиш сиртларини сақлаш;

— ажралиб чиққан металллар заррачаларининг электр майдони таъсирида ушланиб қолиниши ва уларнинг туташув зонасида ўтириб қолиши (бу эса мойловчи материаллар иштирокида ейилиш интенсивлигини жуда ҳам камайтиради);

— мойловчи материал деструкциясидан (ажралиш) пайдо бўлган маҳсулотлардан туташув юзаларда полимер пардалар ҳосил қилиниши (бу ишқаланишни пасайтиради ва ейилишдан сақлайди).

Бронза-пўлат ишқаланиш жуфтлигида сайланма кўчирилишни олиш учун плазма ҳосил қилувчи деб аталадиган мойловчи материаллар (глицерин) қўлланилади. Булар контакт сиртларида трибодеструкцияга (трибо ажралишга) учраб, бронзанинг юпқа сиртида легирловчи элементларни сайланма эритиб, сиртни активловчи модда (САМ) ҳосил қилади ва ишқаланиш сирти мис билан бойийди. Плазма ҳосил қилувчи мойловчи материал кучсиз кислота сингари таъсир этиб, мис сиртини ўяди (едиради) ва оксидланишдан сақлайди. Едирилган мис фактик, туташувда пўлат билан ёпишиб қолади ва пўлат сиртига кўчирилади. Пўлат сирти ёппасига мис пардаси билан қоплангандан сўнг ишқаланиш мис билан мис ўртасида бўлади. Пўлат-пўлат, чўян-пўлат жуфтликларида бу мақсад учун ҳам металл қопловчи (металлоплакирующий) материаллар ишлатилади. Металл қопловчи материаллар таркибида бронза ва латунь бўлиб, улар ишқаланувчи деталлар сиртига ўтириб қолади ва сайланма кўчирилишига ёрдам беради.

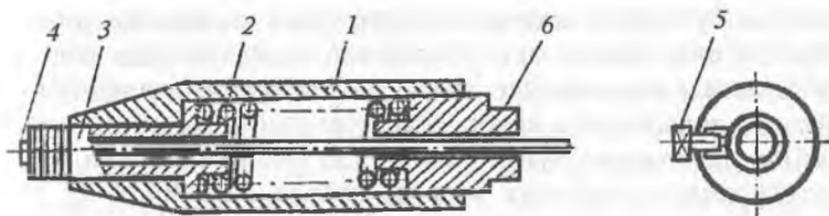
Сайланма кўчирилишини ҳосил қилиш учун ионли мойлар ҳам қўлланилади. Ионларнинг электрсизланиши натижасида ҳимояловчи металл пардалари (дивидаль парда) ҳосил бўлади. Одатда дивидаль парда бирлашма тирқишидаги мис тузлари эритмаларида ҳосил бўлади.

Қуйида ишқаланиш узелларида сайланма кўчирилишнинг қўлланиши бўйича бир нечта мисоллар келтирилади.

Мис кукуни қўшилган металл қопловчи мойлаш материаллари ЗИЛ автомобилларининг ғилдирак гупчакларида қўлланилиши гупчак ейилишининг кескин камайишини таъминлайди ва мойлаш материалларини ўзгартириш муддатини оширади. Пресслаш ва қуйиш каби машиналарда металл қопловчи мойлаш материаллари автоматик тарзда берилиб турилади, бу эса мойлаш материаллари сарфини 25...30 фоизга, электр энергиясини 10...15 фоизга қисқартиради ва машиналар ишлаш муддатини 1,5...2 барабар оширади.

Электробур (электр бурғи) нинг ён томонидаги зичлагичлар вольфрам ва мис дончаларидан иборат аралашмалар билан қопланади ва электробур сув муҳиtida ишлаганда сайланма кўчирилиш содир бўлади. Сайланма кўчирилиш пўлат заготовкаларни қирқиш жараёнида қирқиш асбобларининг ейилишини камайтириш учун қўлланилади. Заготовка билан қирқиш асбобларининг туташув зонасида сайланма кўчирилиш эффекти асбоб сиртида юпқа мис қатлами ҳосил қилиниши туфайли юз беради, бу юпқа мис қатлам эса сиқилишга ва тангенциал силжишга қаршилик кўрсатишини оширади. Бундай ўз-ўзидан мойланувчи қатлам (парда) ишқаланиш зонасига киритилган баъзи миси бор (мислик) моддалар (масалан, CuSO_4) нинг сиртни активловчи моддалар (глицерин, спиртглицеринли аралашма, олеин кислотаси) ва ишқаланувчи сиртлар билан ўзаро таъсири натижасида олиниши мумкин. Агар заготовка билан қирқиш асбоблари ишлаш вақтида уларнинг контакт зонасига юқорида келтирилган компонентлар киргизилса, қирқиш жараёни давомида қирқув асбоби сиртида юпқа мис пардаси ҳосил бўлиш жараёни сақланиб қолади. Бундай парданинг сақланиб туриши қирқиш зонасида ҳосил бўладиган температурани пасайтиради, ишқаланиш коэффициенти ва қирқув ейилишини камайтиради.

Сайланма кўчирилишга яна бир мисол қилиб пўлат сиртларни фрикцион латунлашни, бронзалашни ва мислашни кўрсатиш мумкин. Пўлат деталларнинг ишлаб мосланиш жараёнида қаттиқ тишлашиб қолишини баргараф қилиш ва келгуси ишлаш даврида ейилишни камайтириш учун улар йиғилишидан аввал фрикцион усул би-



8.12-расм. Фрикцион латунлашда қўлланиладиган мослама

лан латунь, мис ёки бронзаларнинг юпқа қатламлари билан қопланиши керак ва бундай ишлов бериш айланма кўчирилма ҳосил қилинишини таъминлайди. Фрикцион қопламалар махсус мосламалар (8.12-расм) ёрдамида олиб борилади. Бундай мосламалар корпуси (1) токарли станокдаги кескични (резецни) ушлаб турувчи мосламага ўрнатилади. Латунь, бронза ёки мис симчалари (4) плунжер (3) ва тиқин (6) тешигидан ўтказилиб винт (5) билан маҳкамланади. Қопланиши керак бўлган симчани марказларга ўрнатилган, сирти қопланадиган деталь юзасига сиқиб турувчи куч пружина (2) орқали берилади, пружина эса тиқин (6) билан сиқиб турилади. Симчанинг деталь томон қўндаланг сурилиши (поперечная подача) каретканинг қўндаланг ҳаракати орқали амалга оширилади.

Фрикцион қопламалар оксид пардаларни йўқотиш учун олдиндан мойсизлантирилган ва жилвир билан тозаланган пўлат деталь сиртига чўтка орқали глицерин муҳитида қопланади.

Фрикцион қопламалар тайёралар шассисидаги шарнир-болтли бирикмаларда, ёнилғи аппаратураларининг деталларида ва ҳ.к. қўлланилади.

8.8. Водородли ейилиш

Водородли ейилиш бундан ўттиз йилларча олдин А. А. Поляков ва Д. Н. Гаркунов томонидан аниқланган. Бундай ейилиш ишқаланиш узелларида керосин муҳитида ишловчи тобланган пўлат-бронза жуфтлигида (авиация техникасида учрайдиган) қаттиқ пўлатнинг заррачалари бронзага ўтириб қолиниши билан содир бўлаётган-

лиги ва бу жараён водородланган пўлат юзаларида ҳосил бўлиши аниқланган эди. Сирпаниб ишқаланишда содир бўладиган емирилишлар ичида ҳамма машиналарда кенг кўламда учрайдиган водородли ейилишни ўрганиш жуда қийин масаладир. Чунки водородли ейилиш жараёнлари электрохимия, органик химия, катализ, полимерлар ва мойловчи материаллар химияси, механика ва химия фанлари чегарасида рўй беради.

Водородли ейилиш ишқаланувчи деталлар юзасидаги водород концентрациясига боғлиқ бўлади. У ишқаланиш жуфтликлари материалларидан ёки жуфтликлардаги муҳитдан (мойловчи материаллардан, ёқилгидан, сувдан ва ҳ.к.) ажралиб чиқади ва ейилишни тезлаштиради. Водородли ейилиш қуйидаги жараёнларга боғлиқ бўлади:

— ишқаланиш вақтида таркибида сув бўлган материалларнинг трибодеструкцияси натижасида водороднинг интенсив чиқиши;

— ишқаланиш сиртларида водород адсорбцияси (ютилиши);

— деформацияланган пўлат қатламида водород диффузияси (шимилиши).

Водородли ейилиш тормоз қурилмаларининг ишончли ишлашига салбий таъсир этади. Чунки бунда чўян ёки пўлат заррачалари тормоз барабанларидан (барабанлар шу материаллардан ясалгандир) тормоз колодкаларининг фрикцион полимер материаллари сиртига ёпишиб қолиб ишқаланиш кучининг камайишига олиб келади. Бу ерда ҳам қаттиқ материал юмшоқ материал юзига ёпишиб қолади. Бундай ёпишиб қолишга пўлат ёки чўян юзаларининг водородлашуви ва уларнинг кескин емирилиши (фрикцион пластмассага ейилиш заррачаларининг ёпишиб қолиш) сабаб бўлади.

Водородли ейилишнинг механизмини кўриб чиқамиз. Ейилиш жараёнида водород мойлаш материалларидан, сувдан ёки пластмассадан ажралиб чиқиши мумкин. Бу каталитик, деструктив ва электрохимиявий жараёнлар билан боғлиқ бўлади. Ажралиб чиққан водород металл юзаларида адсорбцияланади. Адсорбциянинг миқдори металл сиртининг бошқа моддалар, шунингдек сирт қатламининг ҳарорати ва диффузиясига боғлиқ бўлган де-

формацияланиш миқдорига боғлиқдир. Водород металлнинг сиртқи қатламига ютилади ва металл ичига ўтади.

Водородли ейилиш икки хил бўлади: аста-секин ейилиш ва оний емирилиш. Аста-секин водородли ейилиш водородланган металлнинг нисбатан интенсив ейилишида намоён бўлади, оний водородли емирилиш эса чуқурлиги 1...2 мм бўлган водородланган қатламнинг оний емирилишида юз беради. Водородли ейилишнинг аста-секин ёки оний бўлиши кўпгина омилларга, биринчи навбатда металл қатлами юзининг водород билан тўйинганлик даражасига боғлиқ бўлади.

Водородли ейилишга мойилликни эришдан сўнг ёки гальваник қопланишдан сўнг металлда қолган водород (биографик водород деб аталадиган) аниқлаб беради. Ишқаланиш жараёнида, айниқса вакуумда ишқаланиш, биографик водород металл қаъридаги (ичкарасидаги) қатламлардан юза қатламига шимилади (диффузияланади), кейин эса ишқаланиш зонасига қисман ажралиб чиқади.

Ишқаланиш узелларида ишлайдиган материалларни танлашда уларнинг водородланиш даражасини, албатта назарда тутиш зарур. Пўлатга хром, титан, ванадийларнинг қўшилиши водород ютилишини пасайтиради, пўлатнинг пухталаниши (наклеп) водород ютилишини кўпайтиради. Ферритли пўлатлар аустенитли пўлатларга нисбатан водородни яхши ютади. Водородни тез чиқарадиган ва парчаланишга тез дучор бўладиган пластмассаларни ишқаланиш узелларида қўлланишини иложи борича чеклаш керак. Водородли ейилиш эҳтимоли бўлган ишқаланиш узелларида дегидрогенизация (химик бирлашмалардан водородни ажралиб чиқиши)га мойиллик даражаси кам бўлган мойловчи материалларни қўллаш керак. Мойловчи материалларга қўшимча сифатида водород билан энгилгина бирикма ҳосил қиладиган кремний органик бирикмалар (силанлар) ишлатилиши тавсия этилади. Айрим ҳолларда мойловчи материалларга водородни металлларга киришига қаршилик кўрсатувчи ингибиторлар

(мусбат ва манфий зарядлари бўлган органик бирикмалар) қўшадилар.

Водородли ейилишни ҳарорат, сирпаниш тезлиги ва солиштирма босимларни пасайтириш йўли билан ҳам камайтириш мумкин.

Ишқаланиш жараёнида пўлат юзаларининг водородланишини пасайтирадиган йўллардан яна бири ишқаланиш зонасига CaF_2 порошогини киргизиш ҳисобланади. Ишқаланиш зонасида ажралиб чиққан водород фтор билан реакцияга кириб HF бирикма ҳосил қилади, бу бирикма эса 4000°K гача бўлган температурага чидамли бўлади ва пўлатга ёки чўянга водороднинг термодиффузияси (иссиқликдан шимилиши)ни йўқ қилади. Контржисм юзасига суртилиб қолишга қаршилиқ кўрсатиши катта бўлган фрикцион пластмассалар ҳам ишлаб чиқилган. Водородли ейилишни бартараф қилишда энг самарадор усуллардан бири водород чиқишига сабаб бўлувчи макромолекуляр диструкцияни йўқота оладиган бирлашмаларни фрикцион пластмассаларга киргизишдир.

Тўққизинчи боб

ИШҚАЛАНИШ ВА ЕЙИЛИШ ЖАРАЁНЛАРИНИНГ ТАДҚИҚОТ УСУБЛАРИ ВА ЖИҲОЗЛАРИ

9.1. Ейилишни ўлчаш усуллари

Ейилиш миқдори турли усуллар билан ўлчанади. Бу усуллар асосида вақтни энг кам сарфлаш, қисқа вақт ичида ейилишни сезиб олиш имконияти, бирикмани бўлакларга ажратиш ва йиғишлар сонини энг кам бўлиши талаблари ётади.

Булардан баъзиларини кўриб чиқамиз.

Микрометраж усули. Чизиқли ейилишни микрометрлар, индикаторлар ва бошқа ўлчов асбоблари билан ўлчашга асосланган. Бу усулнинг афзалликлари: оддийлик, қулайлик, юзанинг турли нуқталаридаги ейилишни алоҳида кўриш имконияти. Усулнинг камчиликлари: агар ейилиш миқдори кичик бўлса ейилиш миқдори билан таққосланиш даражасидаги ўлчов асбобларининг нисбий катта хатолиги; ҳар бир ўлчаш учун бирикмани бўлакларга ажратиш зарурлиги (бу ейилиш жараёнининг бузилишига олиб келади).

Тортиш усули билан ишқаланиш юзасининг умумий ейилишини (масса йўқотишини) ўлчанади. Бу усулнинг афзалликлари: оддийлик, қулайлик, нисбий юқори аниқлик.

Усулнинг камчиликлари: юзанинг турли нуқталаридаги ейилишни ажратиб кўриш мумкин эмаслиги: бирикманинг ҳар бирини тарозда тортиш учун бўлакларга ажратиш зарурлиги (бу усулни ейилиш маҳсулотлар ёки бегона заррачалар ботирилиб қолувчи материаллар, шунингдек намлик ва мойни ютувчи материаллар учун ишлатиб бўлмайди).

Мойдаги ейилиш маҳсулотларини аниқлаш усули. Усулнинг мазмуни шундаки, вақти-вақти билан мойдан намуна олинади ва унда бўлган ейилиш маҳсулотлари миқдо-

рига кўра ейилиш даражаси ҳақида фикр юритилади. Мойдаги ейилиш маҳсулотлари миқдорини кимёвий ёки спектр анализи ёрдамида аниқланади.

Бу усулнинг афзалликлари: бирикмани бўлақларга ажратмай ейилишни ўлчаш имконияти; юқори сезгирлиги.

Усулнинг камчиликлари: ҳар бир деталнинг ейилишини алоҳида аниқлаш мумкин эмаслиги (усул бирикмани умумий ейилишини ўлчашга имкон беради); мураккаблиги.

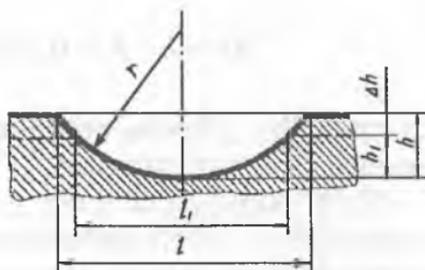
Радиоактив индикаторлар усули билан деталнинг ейилишини ейилиш маҳсулотлари билан бирга ишқаланиш юзасидан чиқаётган изотопларнинг радиоактив нурланиш жадаллигига кўра аниқланади. Ейилувчи деталь материали даставвал фаоллаштирилади (активлаштирилади), яъни қуйидаги усуллардан бири билан унга аниқ радиоактив изотоп киритилади:

- а) металлни эритиш;
- б) радиоактив электролитик қоплама қоплаш;
- в) диффузия усули билан радиоактив изотоп киритиш;
- г) радиоактив киритма (вставка) ўрнатиш;
- д) детални нейтронлар билан нурлантириш.

Деталь ейила борган сари ейилиш маҳсулотлари билан биргаликда мойга (унинг миқдорига пропорционал бўлган) радиоактив изотоп атомлари тушади. Мой намунасидаги бу изотопнинг нурланиш жадаллиги бўйича ейилиш миқдори ҳақида фикр юритилади. Бу усулнинг афзалликлари: бирикмани бўлақларга ажратмай туриб ейилишни ўлчаш мумкинлиги, ейилишни узлуксиз ва даврий (вақти-вақти билан) ўлчаш ва алоҳида (ажратиб) бирикма деталі ейилишини ўлчаш мумкинлиги. Усулнинг камчиликлари: мураккаблиги, махсус жиҳоз, бино, ҳимоя ва тозалаш қурилмалари ва ҳ.к.

Ўрнатилган узатувчилар (датчиклар) усули деталнинг ейилишини бирикмага ўрнатилган узатувчи қайд қилинган деталнинг чизиқли ўлчами (ёки ҳолати) ўзгариши билан аниқланади. Узатувчилар сифатида турли сурилувчи узатувчилар (индукцион, пневматик, тензометрик ва бошқалар) қўлланилади. Улардан келган сигнал (дарак) ўзиёзар асбоблар, асциллограф ва ҳ.к. лар ёрдамида ёзилади.

Усулнинг афзалликлари: нисбатан юқори аниқлик, бирикмани бўлақларга ажратмасдан, шунингдек узлуксиз ёки даврий ейилишини ўлчаш мумкинлиги. Камчиликлари: усулнинг мураккаблиги, махсус жиҳозлар зарурлиги, баъзи ҳолларда эса бирикма деталлари ейилишини алоҳида ўлчаш мумкин эмаслиги.



9.1-расм.
Сунъий асослар (базалар) методи билан ейилишни ўлчаш схемаси

Сунъий асослар (базалар) усули. Бу усул билан ейиш миқдорини ейилувчи юзада ўйилган, шакли аниқ торайиб борувчи чуқурчанинг ўлчамлари ўзгаришига қараб аниқланади. Пармаланган конуссимон тешик, конус ёки пирамида шаклидаги из (отпечаток), кесилган ўйиқча шундай чуқурча вазифасини бажариши мумкин.

Текис юзадаги квадрат пирамида изидан фойдаланиб чизиқли ейилиш миқдорини ушбу формула билан ҳисобланади:

$$\Delta h = h - h_1 = \frac{1}{m} (d_1 - d_2) \quad (9.1)$$

бу ерда Δh — из тушган жойдаги чизиқли ейилиш;

h, h_1 — ейилишдан олдин ва кейинги из чуқурлиги;

d_1, d_2 — ейилишдан олдин ва кейинги из диагоналининг узунлиги;

m — пропорционаллик коэффиценти (пирамида бурчаги $\alpha = 136^\circ$ бўлганда $m=7$).

Текис юзанинг ейилиш миқдорини кесилган ўйиқча усулида (9.1-расм) ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta h = h - h_1 = \frac{l^2 - l_1^2}{8r} \quad (9.2)$$

бу ерда l ва l_1 — ейилишдан олдин ва кейинги узунликлар;

r — кескичнинг учини ифодаловчи радиус.

Цилиндрсимон юзалар ейилиши ўйиқча цилиндрни ташкил этувчисига перпендикуляр (кўндаланг) жойлашган бўлса қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$\Delta h = h - h_1 = 0,125(l^2 - l_1^2) \left(\frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{R} \right) \quad (9.3)$$

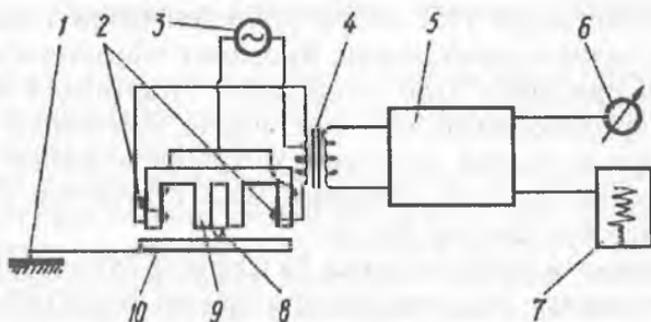
бу ерда R — ўйиқча кесилган жойдаги ишқаланиш юзасининг эгрилик радиуси.

(9.3) формулада плюс — қавариқ, минус — ботиқ юзалар учун қабул қилинади. Сунъий асослар усулининг афзалликлари: юқори аниқлик; турли нуқталардаги ейи-лишни аниқлаш мумкинлиги. Усулнинг камчиликлари: жойнинг шишиб чиқиши ва ўйиқча шаклининг бузулиши (қийшайиши); катта меҳнат сарфи; қисмни бўлақларга ажратиш зарурлиги, из ва ўйиқча қилиш учун ва уларнинг катталигини ўлчаш учун махсус асбоблар бўлиши зарурлиги.

9.2. Ғадир-будурлик кўрсаткичларини ўлчаш усуллари

Юза ғадир-будурлиги кўрсаткичларини пайпасловчи (шуповой) ва оптик асбоблар билан аниқланади. Юза ғадир-будурлигини R_z (ғадир-будурликнинг ўнта нуқтаси бўйича аниқланадиган баландлик) параметр бўйича баҳолаш учун қўшалоқ оптик микроскоп МИС—II қўлланади. Бунда микронотеkisликлар юзага ёритувчи тубусдан (оптик асбоблардаги труба) қандайдир бурчак остида йўналтирилаётган ёруғлик полосаси (нур йўли) билан ёритилади. Ёруғлик полосаси ва микронотеkisлик кесишган чизиғи (линия пересечения) катталаштирилган кўринишда визуал тубус (визуальный тубус) орқали кузатилади. Микронотеkisлик (R_z нинг 80 дан 8 мкм гача қийматлари учун) окуляр микромер билан ўлчанади ёки фотонасадка ёрдамида суратга олинади. Алмаштирилувчи объективлар билан 517 маротаба катталаштиришга эришилади. Бу усулнинг камчилиги кўп меҳнат сарфидир.

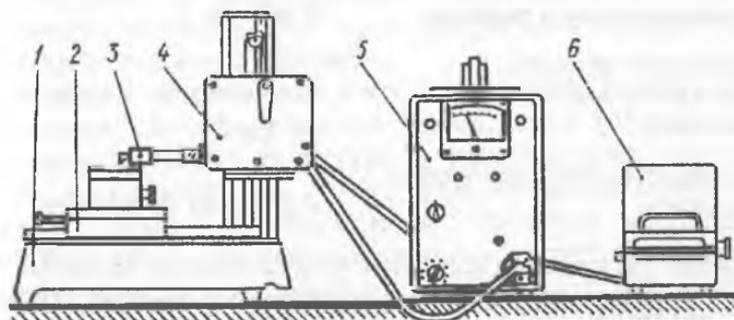
Ғадир-будурлик параметрларини пайпасловчи профилометр ва профилограф ёрдамида аниқлаш усуллари энг кўп тарқалган. Профилометр ишлаши текширилаётган юзани тўмтоқлик радиуси кичик бўлган олмос игна билан пайпаслаш ва индуктив усулда унинг тебранишини кучланиш тебранишига алмаштириш негизига асосланган.



9.2-расм. Пайпасловчи профилограф-профилометрнинг блок схемаси

Профилометрнинг кўрсатувчи асбоби шкаласида ғадир-будурлик Ra (ғадир-будурликнинг ўртача арифметик тойиши) бўйича берилади. Юза микропрофилини профилограмма кўринишида ёзиш учун профилографлар ишлатилади. 9.2-расмда «КАЛИБР» заводининг 201-моделдаги профилограф-профилометрнинг блок схемаси келтирилган.

Асбобнинг электр қисми узатувчи (датчик), электрон блок 5 (кўрсатувчи асбоб 6 билан) ва ёзувчи асбоб 7 ларни ўз ичига олади. Узатувчининг магнит тизими иккита ғалтак 2 билан ўзак 9 дан иборат. Узатувчининг ғалтаги ва трансформатор (5) нинг бирламчи чулғамининг икки бўлаги генератор (3) дан озиқланувчи баланс кўпригини ташкил қилади. Узатувчи текшириляётган юзада ҳаракатланганда олмос игна (1) юза нотекислигини (сийпалаб)



9.3-расм. Профилограф-профилометрнинг умумий кўриниши:

- 1 — кареткали столча; 2 — универсал столча; 3 — патчик;
4 — мотоюрғизгич; 5 — кўрсатувчи асбоблар ўрнатилган электрон блок; 6 — ёзувчи асбоб

пайпаслаб, якорь (10) ни ўқ (8) га нисбатан тебранма ҳаракатланишга олиб келади. Якорнинг тебраниши якорь ва ўзак орасидаги ҳаво тирқишини ўзгартиради ва шу билан трансформатор (4) нинг чиқиш кучланиши ўзгаради. Ҳосил бўлган кучланиш ўзгариши электрон блок билан кучайтирилади. Электрон блок ёзувчи ёки кўрсатувчи асбобга уланган бўлади.

Кўрсатувчи асбоб сифатида Ra параметр бўйича даражаланган ўзгармас ток микроамперметрідан фойдаланилади.

Магнито-электрик ўзгармас ток миллиамперметрідан иборат ёзувчи асбобда ёзув электрометрик диаграмма қоғозига электротермик усулида ёзилади.

Профилограф — профилометрни умумий кўриниши 9.3-расмда кўрсатилган.

Профилограф — профилометрни техник тавсифи (характеристикаси)

Ra ни ўлчаш чегаралари	2,5 дан 0,020 гача
Вертикал (тиккасига) катталаштириш	1000, 2000, 4000, 10000, 20000, 40000, 100000 ва 200000
Горизонтал (ётиғига) катталаштириш	2 дан 4000 гача (18 босқич)
Сийпаловчи игнанинг ўлчашдаги кучи	0,001 Н дан ортиқ эмас
Сийпаловчи игна радиуси	0,002 мм
Сийпалаш трассаси (йўли)нинг энг катта ишчи узунлиги	40 мм
Профилографни трассировка тезлиги	0,2; 1,0 ва 10 мм/мин

Юза тўлқинсимонлигини ўлчаш махсус мослама билан таъминланган профилографда, шунингдек тўлқинсимонликни ўлчаш учун махсус асбобларда бажарилади.

9.3. Ишқаланиш юзаларининг тадқиқот усуллари

Ишқаланиш юзаларининг ҳолати ва юза қатламининг тузилишини ўрганиш учун ҳозирги вақтда турли физикавий усуллар қўлланилади.

Оптик металлография ёрдамида оптик микроскопларда (катталаштириш 100—2000 марта) ёруғ ва қоронги майдонда қотишмаларнинг фазавий ва структура тартибини сифат жиҳатидан аниқлаш мақсадида, шунингдек структура ташкил этувчиларининг фазаси, ўлчами, шакли ва тақсимотини сон жиҳатидан аниқлаш мақсадида тадқиқотлар ўтказилади. Бу усулни, шунингдек ишқаланиш юзаларининг ҳолатини (жароҳатланиш бўлишлиги, тирналиш, коррозия ўчоғи, толиқиб ейилиш излари ва ҳ.к.) баҳолаш учун ҳам ишлатилади.

Микроқаттиқликни ўлчаш. Бу усул оптик металлографияга қўшимча бўлиб, қотишмадаги турли фаза ва структура ҳосил бўлишини идентификация (айнан ўхшатиш), тадқиқот қилинаётган тизимдаги ҳар бир фазани мустаҳкамланиш даражасини аниқлаш, ишқаланиш юзани ва материалнинг сирт қатламига ёндош айрим участкалари (майдончалари)даги мустаҳкамланиш (ёки бўшашиш) даражасини аниқлаш учун хизмат қилади.

Рентгеноструктура анализи қотишмаларнинг фазавий таркибини аниқлаш, металлни нозик (тонкий) структураси, кристалл панжарани такомиллашиш даражаси, кристалларнинг йўналиши, термик ва механикавий ишлов беришда ва ишқаланишда қотишмаларнинг сиртқи қатламида юз берадиган структура ўзгаришларини тадқиқот қилишга имкон беради.

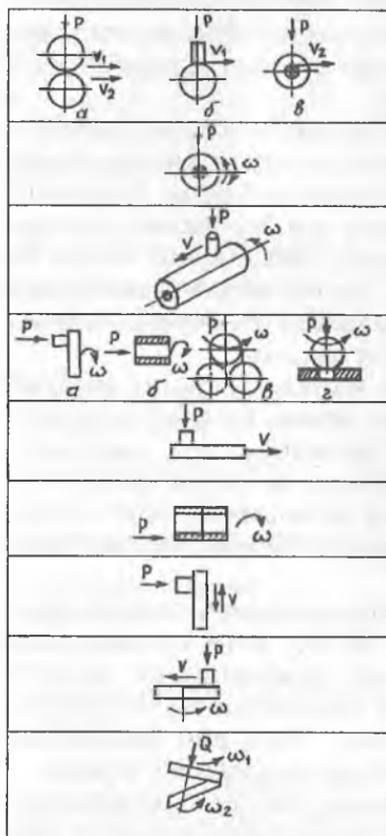
Электрон микроскопия юқори ечим қобилиятига (разрешающая способность) эга бўлиб, атом сатҳига яқин даражада материал структураси ўзгаришининг характерини, ҳаттоки сиртқи қатлам жароҳатланиш структурасини кузатишга имкон беради. Электрон микроскоп 100000 ва ундан кўпроқ марта катталаштириб беради.

Рентгеноспектрал микроанализ бир неча микрометр-гача етувчи ечим қобилияти билан турли кимёвий элементларнинг материалда тақсимланишини ўрганишга имкон беради. Бу кўпгина металлшунослик масалаларини ечиш, шунингдек ишқаланиш юзаларидаги турли

қўшилмалар ва ажралмаларни ўрганиш ва идентификация қилиш учун жуда муҳим.

Узлуксиз рентгенография усули рентгеноструктура анализи усулининг бир қўриниши бўлиб, ишқаланиш юзларини тадқиқотида фойдаланилади. Бу усул ёрдамида материалнинг структураси бевосита ишқаланиш жараёнида бўладиган ҳолатига яқин ҳолатда ва туташувдан чиқишдаги жадал совуш бошланиши олдидан фотоусул ёки ионлаштириш ҳисобдони (ионизационний счетчик) билан қайд қилинади.

Масса-спектрометр усули фрикцион туташувда кечаётган жараёнларнинг индикатори сифатида газ ажралиб чиқишини қўллашга имкон беради.



9.4-расм. Материалларнинг ишқаланиш ва ейилишга синаш машиналарининг турлари

9.4. Материалларни ишқаланиш ва ейилишга синаш машиналари

Ишқаланиш ва ейилишга синаш машиналари тузилиши ва ишлаш асосига кўра жуда хилма-хилдир. Одатда улар иш режимларини етарли катта диапазонда ўзгаришини таъминлаб беради, чунки ишқаланиш ва ейилишга синовлар охириги натижага таъсир кўрсатувчи жуда кўп омилларни ҳисобга олишни талаб қилади.

Фрикцион хоссалар синалаётган жуфтликни фақат материалгагина боғлиқ бўлмай, балки ишқаланиш узелининг тузилишига ҳам боғлиқ. Одатда тажрибада тўрт босқичли ўз ичига олган кўп босқичли синов схемаси ишлатилади (9.1-жадвал).

Ечилаётган масалага боғлиқ ҳолда алоҳида босқичлар тушуриб қолдирилиши мумкин.

Ишқаланиш ва ейилишга синов машиналарининг таснифи 9.4-расмда келтирилган. Машиналарнинг аниқ моделлари керакли синов турларини таъминлаш имкониятига эга бўлган қурилмалар (қўшимча ишқаланиш схемалари олиш қурилмалари, намуна ёки контр жисм (контртела) га қўшимча ҳаракат яратиш, титраш (вибрация) ва зарбалар ҳосил қилиш, температура, ейилишни ўлчаш ва қайд қилиш, синов жараёнини автоматлаштириш ва ҳ.к. лар) билан таъминланган.

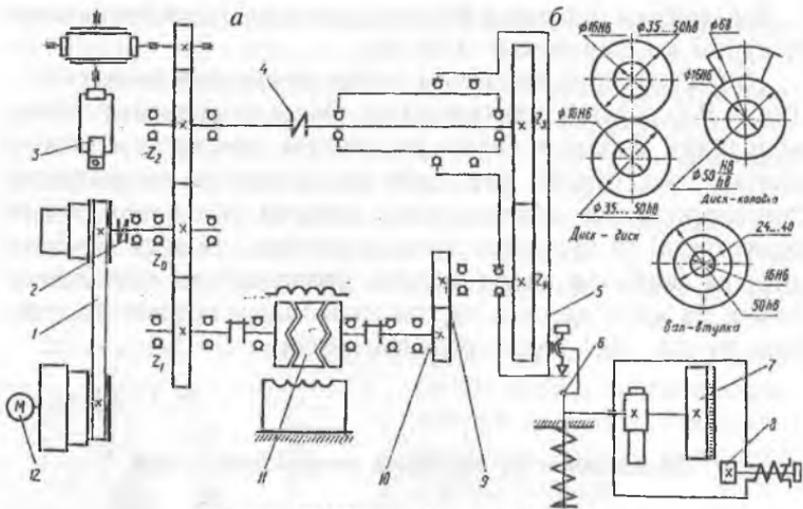
9.1 - жадвал

Ишқаланиш ва ейилишга синаш босқичлари

Босқич	Синов тури	Синов мақсади
I	Материалларни лабораторияда физика-механикавий синаш	Материалларни физика-механикавий характеристикасини олиш ва уларга асослаиб фрикцион хоссаларни олдиндан аниқлаш
II	Материалларни лаборатория қурилмаларида ишқаланиш ва ейилишга синаш	Физика-механикавий хоссалар ва ишқаланиш режимларини материалларнинг фрикцион хоссаларига таъсирини баҳолаш
III	Ишқаланиш қисмларини стендларда синаш	Ишқаланиш қисмларининг конструктив хусусиятларининг таъсирини баҳолаш
IV	Аслидан олиб синаш (натур синовлар)	Механизмни буткул ишлаш ишончлилиги ва чидамлилигини, механизм турли қисмларининг ўзаро таъсирини баҳолаш

Материалларни ишқаланиш ва ейилишга синаш учун қандай машиналар ишлатилишини кўриб чиқамиз.

СМЦ-2 ишқаланиш машинаси сирпаниб думалаш сирпанишсиз думалаш ва сирпаниб ишқаланиш вақтида мой шароитида ва усиз ишқаланиш ва ейилиш жараёнларини ўрганиш учун мўлжалланган. 9.5-расмда СМЦ-2 ишқаланиш машинасининг принципиал схемаси диск-диск жуфтини синаш вақтида берилган.



9.5-расм. СМЦ ишқаланиш машинаси:

а — принципал схема; б — ишқаланиш жуфтликлари

Пастки синалаётган намуна 10 понатасмали (клиноременная) узатма 1 орқали электродвигатель 12 ёрдамида айлантирилади. Понатасмали узатма 1 ўзгартирилувчи шкивлар ва z_0, z_1 шестернялар билан таъминланган. Юқоридаги намуна $9z_0, z_2$ шестернялар ва алмаштирилувчи жуфт z_3, z_4 билан айлантирилади. Берилган сирпаниш коэффициенти z_3, z_4 жуфти ёрдамида белгиланади.

$$t_{2-1} = \frac{\vartheta_1 - \vartheta_2}{\vartheta_1} \quad (9.4)$$

бу ерда ϑ_1, ϑ_2 — мос равишда пастки ва юқоридаги намуналарнинг чизиқли тезлиги.

Юқори намуна пасткига мувозанатловчи каретка 5 ни z_1, z_3 ўқ атрофида пружинали механизм 6 билан бураш орқали сиқилади. Юклама 8 созловчи қурилма билан таъминланган 7 шкаладан ҳисобланади.

Ишқаланиш моменти туташувсиз (бесконтактний) индуктив момент ўлчагич II билан, намунани айланиш частотаси эса — электр ҳисоблагич 3 билан ўлчанади. Диск-колодка ва вал-штулка ишқаланиш жуфтларини синаш вақтида 5 каретка 4 муфта билан ажратилади ва машинадан олиб қўйилади, унинг ўрнига эса мос келувчи ал-

маштириладиган мослама ўрнатилади. Мойда ва абразив синов ўтказиш учун машина алмаштирилувчи камералар билан таъминланган. Машинани зўриқишлардан ҳимоя қилиш сақловчи муфта 2 билан амалга оширилади.

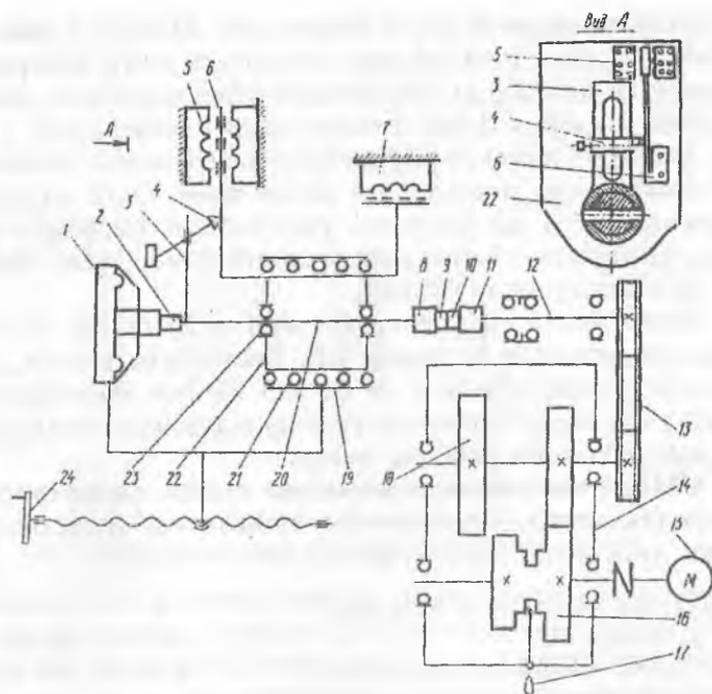
Электрон потенциометрининг диаграммали лентасига (тасмасига) ишқаланиш моментини ёзиш мумкин, потенциометр эса айланиш участкасини ўлчовчи счетчик (ҳисоблагич) билан махсус столга қўйиладиган пултга жойлаштирилган бўлади.

Диск бўйлаб диск ишлашда машинада тишли узатмалар, филдираклар ва темир йўл транспорти рельси, думалаш подшипниклари ва ҳ.к.лар ишини моделлаштириш учун зарур бўлган намуналарни туташув толиқишига ҳам синовини ўтказиш мумкин.

СМЦ-2 ишқаланиш машинасини техник характеристикаси (тавсифи). Синаладиган ишқаланиш жуфтликлар тури диск-диск, диск-колодка, вал-втулка.

Етакловчи намунанинг айланиш частотаси, C^{-1}	5; 8, 33; 16, 66
Сирпаниш коэффициенти, фоиз	0; 10; 15; 20; 100
Намуналарга қўйиладиган энг катта юклама, Н:	
берк схемада (думалаб ишқаланиш)	100—2000
очиқ схемада (сирпаниб ишқаланиш)	200—5000
Юкламани ўлчашдаги хатолик, фоиз	±5
Энг катта ишқаланиш моменти, $H \cdot m$	15
Ишқаланиш моментини ўлчашдаги хатолик,	±5
Момент ўлчагич тури	электр Л4
Синов муҳитлари	мой, абразив

МФТ-1 машинаси ўзаро қопланиш коэффициенти 1 га тенг бўлганда, материалларни фрикцион иссиқбардошлигини (теплостойкость), шунингдек турли материалларни ейилиши ва ишқаланиш коэффициентини аниқлаш учун мўлжалланган. Ҳалқасимон синов намунаси 10 (9.6-расм) 12 шпинделга маҳкамланган ўзи ўрнатилувчи қисқич 11 га ўтказилган. Шпинделни икки босқичли узатмалар қутиси 14 ва понатасмали узатма 13 орқали тезлигини аста-секин созловчи доимий ток двигатели 15 айланма



9.6-расм. МФТ-1 машинасининг принципаал схемаси

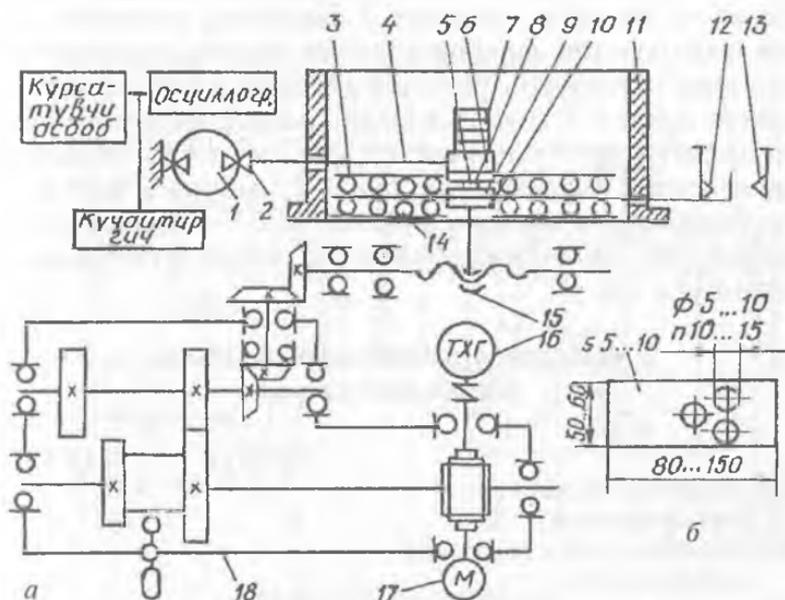
ҳаракатга келтиради. Керакли ишчи тезликлар диапазони 16,18 шестернялар блокини 17 рукоятка (тутқич) ёрдамида қайта қўшиб ўзгартирилади. Ҳалқасимон контрнамунга 9 қисқич 8 га ўрнатилган ва 20 вал билан бириктирилган. Вал қўзғалувчан корпус 22 нинг подшипникларида буралиши мумкин, у эса ўз навбатида 24 тутқични бураб 19 қареткага нисбатан шарикли йўналтирувчи 21 бўйлаб айланмасдан сурилиши мумкин. Намуналар сиқилган ҳаво тармоғи ёки баллондан 2-шарик орқали озиқланувчи пневматик мембранали узатма 1 билан сиқилади. Бундай конструкция ўқ бўйлаб йўналган юкламанинг ўлчанаётган ишқаланиш моментига таъсирини максимал йўқотишга имкон беради. Ишқаланиш моментини 3 — ричаг ва баландлиги бўйича созланувчи ползун 4 орқали корпусга маҳкам ўрнатилган индуктив ўзгартирувчи 5 билан тарировкаланган эластик элемент 6 қабул қилади.

Намуналарнинг йиғилган чизиқли ейилиши (8 ва 11 қисқичларни яқинлашуви) индуктив датчик 7 билан ўлчанади. Температурани ўлчаш учун термопара кўзда тутилган бўлиб, у намуна 9 га пайвандланади. Шпинделни корпуси ва вал оқар сув билан совутилади.

МФТ-1 машинаси фундаментга ўрнатилади ва суяқ муҳитларда синов ўтказишга имкон берувчи камера билан таъминланган.

Синов жараёнида ишқаланиш моментини, температура ва намуналарнинг йиғилган чизиқли ейилишини, шунингдек намунанинг айланиш тезлиги ва умумий ишни ўлчаш ва диаграммага ёзиш мумкин. Машинада шунингдек намуналарни ишлаб мослаш (притирка) режими ҳам кўзда тутилган. Машинанинг техник характеристикаси пастда келтирилган.

МДП-1 диски машина турли материалларнинг ўзаро қопланиш коэффициенти нолга яқин бўлганда ишқаланиш коэффициенти ва ейилиш жадаллигини аниқлаш учун мўлжалланган.



9.7-расм. МФТ-1 машинаси:
а — принципиал схема; б — намуналарни ўрнатиш

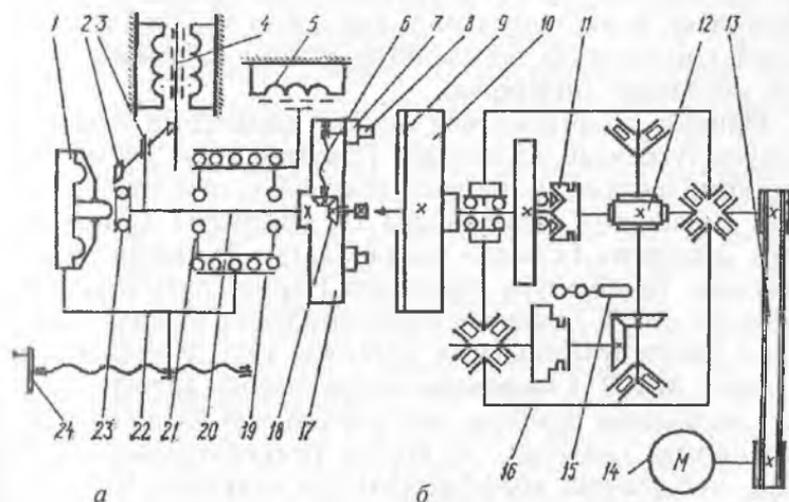
Ейилувчи юза 9 (металл диск, сетка ва ҳ.к.) 10 — дискга маҳкамланади (9.7-расм). Диск айланма ҳаракатга понатасмали узатма 13 ва икки босқичли тезликлар қути-си 16 орқали тезликни оҳиста ўзгартирувчи ўзгармас ток электродвигатели 14 дан келтирилади. 11 — муфтани 15 — тутқич билан қўшиб керакли ишчи тезликлар диапазо-зони ўрнатилади. Бунда червякли илашма 12 ни ташлаб (четлаб) ўтувчи тўғри узатмага энг кичик ишқаланиш моменти диапазони тўғри келади. Учта бармоқсимон на-муна 8 бир-бирига 120° бурчак остида цангали тутқич 7 га маҳкамланади. Тутқич эса 6 винт ва конуссимон 18 узатма ёрдамида турли ишқаланиш радиусларига сури-лиши мумкин. Диск 17 тутқич 7 билан шарикли йўналти-рувчи 19 бўйлаб 22 — кареткага нисбатан илгарилама ҳара-катланувчи қўзғалувчан корпус 21 даги вал 20 ни ша-рикли подшипникларига ўрнатилган. 24 тутқични бураш орқали каретка диск 10 га яқинлашади ёки ундан узоқ-лашади. Синов жараёнида намуналар 23 таянч шарикли подшипниги орқали мембранали пневматик узатма 1 би-лан сиқилади. Ҳосил бўлган ишқаланиш моменти, 3 — ричаг ва созловчи қурилма 2 ёрдамида, корпусга бикр мустаҳкамланган тарировкаланган эластик элемент 4 би-лан қабул қилинади. Чизикли ейилишни ўлчаш учун ин-дуктив датчик 5 хизмат қилади, ишқаланиш зонасидаги температуранинг ўлчаш учун эса машина олтита термопара ўрнатилиши имконига эга. МДП-1 машинасининг пуль-ти унификация қилинган бўлиб, МФТ-1 машинасидаги аппаратура билан жиҳозланган ва худди шундай имко-ниятларга эга.

Ишқаланиш машиналарининг техник характеристикалари

	МФТ-1	МДП-1
Бир вақтда синалувчи намуналар сони	1	3
Намуналарни ўзаро қопланиш коэффициенти	1	0
Қўзғалувчи контр-намунанинг айланиш частотаси, С-1	0,17...100	0,15...50

Айланиш частотасини созлаш диапазони	1...600	1...333
Намуналарни босиб турилиш кучи, Н	75...3000	100...4500
Кучни ўлчашдаги хатолик, фоиз	$\pm 2,5$	$\pm 2,5$
Ишқаланиш моментининг рухсат этилган чегараси, Н·м	2	330
Ишқаланиш моментини ўлчаш- даги хатолик, фоиз	-5	-5
Юритма (привод)нинг қуввати, кВт	14	11,8
Ишқаланиш радиуси, мм	24	60...150

МПТ-1 машинаси материалларнинг ишқаланиш жа-
раёнларини меъёрда ва юқори температураларда ўрганиш-
га мўлжалланган. Машинанинг асосий қисми бўлиб 10-
ползун (9.8-расм) ҳисобланади. Унга пластик шаклига эга
пастки (қуйи) намуна 9 маҳкамланади. Ползун 0,0001—
0,01 м/с тезликдаги илгарилама-қайтма ҳаракатни икки
тезликли редуктор 18 ва винтли узатма 15 орқали ўзгар-
мас ток электродвигателидан олади. Учта юқориги контр-

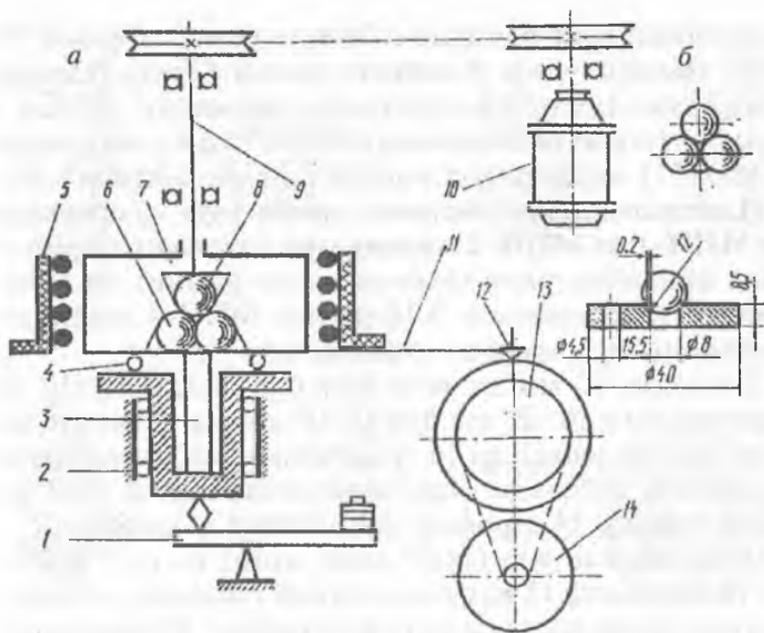


9.8-расм. МПТ-1 машинаси:
а — принципал схема; б — намуналарни ўрнатиш

намуна 8, ўриндиқ (эгар) 6 га бикр мустаҳкамланган 5 — тутқичга қотирилади. Намуналарга тушадиган 15—200 Н атрофидаги юклама 6 — ўриндиққа ўрнатиладиган 7 — ўзгартирилувчи (алмаштирилувчи) юклар билан ҳосил қилинади. 6 — ўриндиқ юқориги намуналар билан бирга машинага нисбатан кўзғалмас ва тензодатчик ёпиштирилган ҳалқа кўринишидаги алмаштирилувчи эластик элемент 1 билан таъминланган 2 призма ёрдамида иккита 4 тортқичларга (тягага) уланган. Ползун ҳаракатланганда ҳосил бўладиган ишқаланиш кучи эластик элементни деформациялайди. Бу деформация кучайтиргич орқали кўрсатувчи асбоб (миллиамперметр)га узатилади ёки осциллограф билан ёзилади. Ползунни 1...100 атрофида оҳиста ўзгарувчи илгарилама тезлиги ПМУ-1 магнит кучайтиргичли ва тезликлар қутиси бўлган соزلанувчи электр узатма ёрдамида тахогенератор 16 билан назорат қилинади.

Машинанинг икки иш режими кўзда тутилган: узлуксиз ва даврий. Ползуннинг илгарилама-қайталама ҳаракати 30...100 мм чегарасида сурилувчи таянчлар 12 ва 13 ни созлаш билан берилади. Синов бошлашдан олдин эластик элементлар тарировка қилинади. Тутқичдаги 8 контр намуналар ягона ишқаланиш юза ҳосил қилиш учун машина комплектида бериладиган махсус мосламада ишлаб мосланади (притирка).

Машина ўзгартирилувчи эластик элементлар тўплами, намуна тутқичлар, шунингдек ўзгартирилувчи юклар билан комплектланган, намуналарни 200°С гача температурада синаш учун термокамера 11, қиздиргич 3, ползундаги қиздиргич 14 билан таъминланган. Ишқаланиш зонасидаги температура термopара (термомуфт) ёрдамида ўлчанади. МПТ-1 машинасида ишқаланиш вақтида фрикцион автотебранишларни ўрганиш учун фойдаланиш мумкин. **МАСТ-1 машинаси** материалларни антифрикцион хоссаларини баҳолаш, материални мой билан ва мойсиз нормал (меъёрда) ва юқори температураларда синаш, ишқаланиш коэффициентини аниқлаш учун, металлдаги мой пардасининг критик температурасини, шунингдек ишқаланувчи материалларнинг ейилишини баҳолаш учун мўлжалланган.



9.9-расм. МАСТ-1 машинаси:
 а — принципиал схема; б — ишқаланиш жўфти7

Юқоридаги намуна (9.9-расм) 8 ёки 12 мм диаметрли шарикдан иборат бўлиб, шпindelъ 9 нинг олиб қўйиладиган тутқичига маҳкамланади. Шпindelъ $1/16 \text{ с}^{-1}$ частота билан айланма ҳаракати 10 электродвигателдан тасмали узатма орқали келтирилади. Махсус обоймага қистирилган учта пастки намуна 6 (шариклар) ёки текис намуна (шайба) мойловчи материал билан тўлдирилган металл ванна 7 тагига маҳкамланади. Пастки намуналарни юқорисига сиқиш юклар ёрдамида 1 ричаг орқали амалга оширилади. Максимал юклама — 110 Н. Сезгирликни ошириш учун юклама механизмида махсус шарикли йўналтирувчи (2)лар қўлланган. Шпindelъ айланганда юқоридаги намуна ишқаланиш кучи ҳисобига ванначаларни эргаштириб кетишга интилади, лекин унинг буралишига буралиш бурчаги ишқаланиш моментига пропорционал бўлган, тарировка қилинган алмаштирилувчи торсион 3 қаршилиқ қилади. 14 электродвигателдан $1/120 \text{ с}^{-1}$ частота билан ҳаракатга келтирувчи, ўзиёзар 13 барабанига маҳкамланган қоғоз тасмасига ишқаланиш моменти ёзувчи 12 пероли тез олинувчи 11 стрелка (мил)

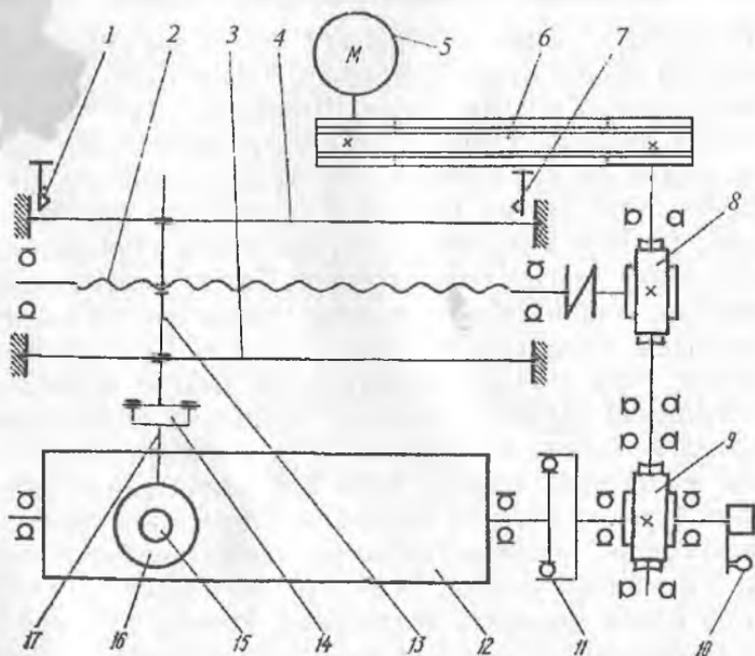
ванна билан бикр боғланган. Электр печь 5 синовни 20—400°С температурада ўтказишга имкон беради. Печнинг ишчи фазасидаги температурани автоматик созлаш ва ўлчаш электрон потенциометр билан амалга оширилади.

МАСТ-1 машинасида ишлаш автоматлаштирилган.

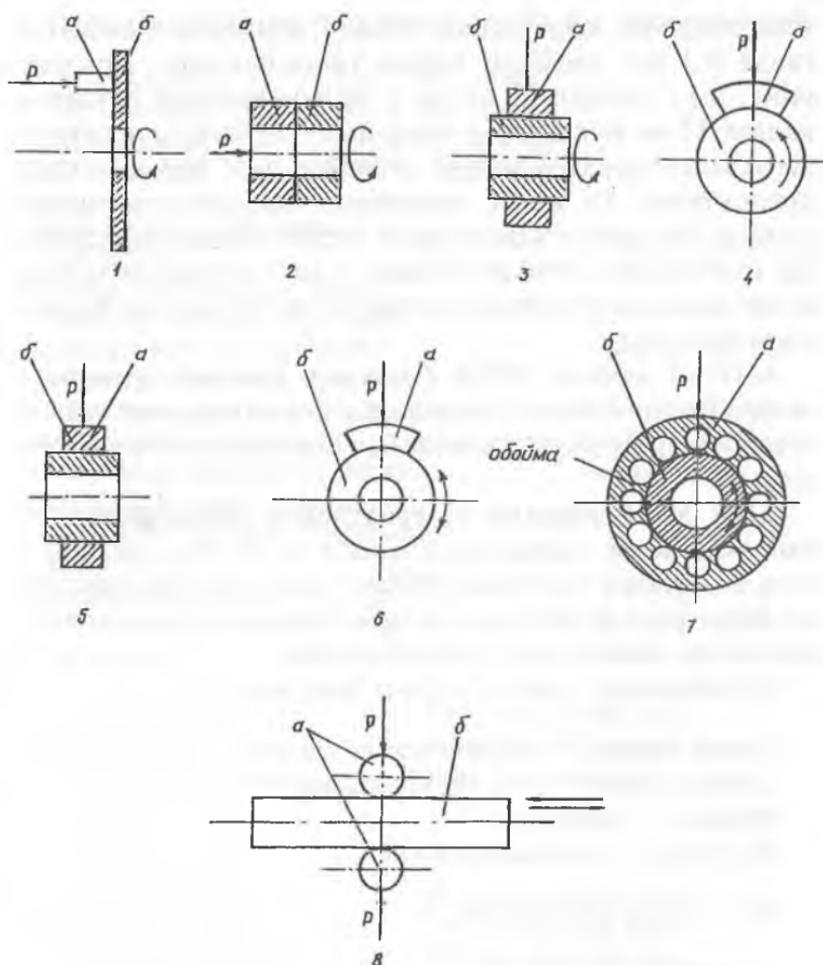
Пластмассаларни ейилишга синаш учун қўлланиладиган МПИ-1 ва МПИ-2 машиналари пластмассаларни абразив ейилишга янги (яқинда ҳосил бўлган) из буйича синашга мўлжалланган. 9.10-расмда МПИ-2 машинасини принципиал схемаси кўрсатилган.

Диаметри 10 мм ли (ёки тўғри бурчакли 10×10 мм) ва баландлиги 10—20 мм бўлган 15 намуна 17 махсус каллакка маҳкамланади ва 16 тутқичдан керакли баландликка чиқариб қўйилади. Намунани алмаштириш учун каллакни шарнир 14 атрофида айлантириб туширилади.

Ишқаланувчи юза (тери, мато, қоғоз ва ҳ.к.) қопланган 12 барабанга 15 намунани сиқиб турадиган алмаштирилувчи юклар каллак устига ўрнатилади. Юклама диапазони 10—50 Н. Ҳаракат электродвигатель 5 дан тасмали



9.10-расм. МПИ-2 машинасининг принципиал схемаси



9.11-расм. 2168 УМТ машинасининг синов схемаси:

- a* — қўзғалмас намуна; *б* — ҳаракатланадиган намуна; 1 — бармоқ;
 2 — ҳалқа-ҳалқа; 3 — вал-втулка; 4 — диск-колодка; 5 — вал-втулка;
 6 — диск-колодка; 7 — вал-трубкалар (вибро ейилиш); 8 — стержень-бармоқ

узатма 6 билан червяк жуфти 8 орқали юритувчи винт 2 га, червякли жуфт 9 орқали эса — барабан 12 га узатилади. Барабан 12 обгон (қувиб ўтувчи) муфтаси 11 ёрдамида червяк жуфти 9 билан уланган, бу уни дастак 10 билан қўлда айлантиришга имкон беради (бу барабанга

ишқаланувчи тери ўрашда керак). Барабанни айлантирганда 0,3 м/с чизиқли тезлик таъминланади, юритувчи винт эса суппорт 13 ни ва у билан шарнир боғланган каллак 17 ни йўналтирувчилар 3 ва 4 бўйлаб илгариланма ҳаракатлантиради (суради). Барабаннинг бир айланиши суппортнинг 10 мм га сурилиши (проддача)ни ташкил қилади, бу вақтда намуна винт чизиғи бўйлаб ишқаланади, яъни янги из бўйлаб бўлади. 1 ва 7 тиргаклар каллакнинг чекка ҳолатларини суппорт йўли 400 мм гача бўлганда чегаралайди.

МПИ-1 модели МПИ-2 дан куч ўлчагич қурилмаси, мойни бериш (узатиш) қурилмаси ва намуналарни А 200°С гача қиздириш учун термокамералар борлиги билан фарқ қилади.

2168 УМТ маркали материалларни ишқаланишга синаш машинаси ишқаланиш momenti 40 Н·м ва шпиндель айланиши частотаси 3000 м⁻¹ дан кўп бўлмаган турли фрикцион ва мойлаш материалларини ишқаланиш ва ейилишга синаш учун мўлжалланган.

Машинанинг техник характеристикаси:

Синов турлари — ишқаланиш ва ейилиш

Синов схемаси — 9.11-расмга қаранг

Юклама — пневматик

Куч ўлчаш — монометр билан

Куч ўлчаш диапазони:

I диапазон 200 дан 1000 Н гача

II диапазон 1000 дан 5000 Н гача

Куч ўлчашдаги хатолик, фоиз 2

Ишқаланиш моментини ўлчаш тури — электромеханикавий

Ишқаланиш моментини ўлчаш диапазони:

I ва III айланиш частотаси диапазонида 4 дан 40 Н·м гача

II ва IV айланиш частотаси диапазонида 2 дан 20 Н·м гача

Ишқаланиш моментини ўлчашдаги хатолик, фоиз 3

Ишқаланиш моментини ўлчашдаги кўрсатув ўзгариши, фоиз 6 гача

Шпиндель айланиш частотасини ўлчаш диапазонлари:

I диапазон	15 — 150 1/мин
II диапазон	60 — 300 1/мин
III диапазон	150 — 1500 1/мин
IV диапазон	300 — 3000 1/мин

Кривошипнинг айланиш частотаси	6 дан 60 мин ⁻¹ гача
Айланиш частотасини ўлчаш-даги нисбий хатолик, фоиз	±5
Намунани тебраниш бурчаги	-3 дан -30° гача
Илгарилама сурилиш йўлини катталигининг ўзгариш частотаси	0 дан 14 мм гача
«Бармоқ-диск» схемасида намунани ўрнатилиш радиуси	60, 90, 120, 150 дан ортиқ эмас
Шпиндель валининг айланиш частотаси ўзгариш босқичлари сони 10 та	
Сарфладиган қувват 16 кВт гача	

Ўлчамлари:

Синов қурилмаси	760×1750×1900 мм
Бошқариш пулти	600×850×1700 мм
Куч жиҳозлари пулти	600×750×900 мм

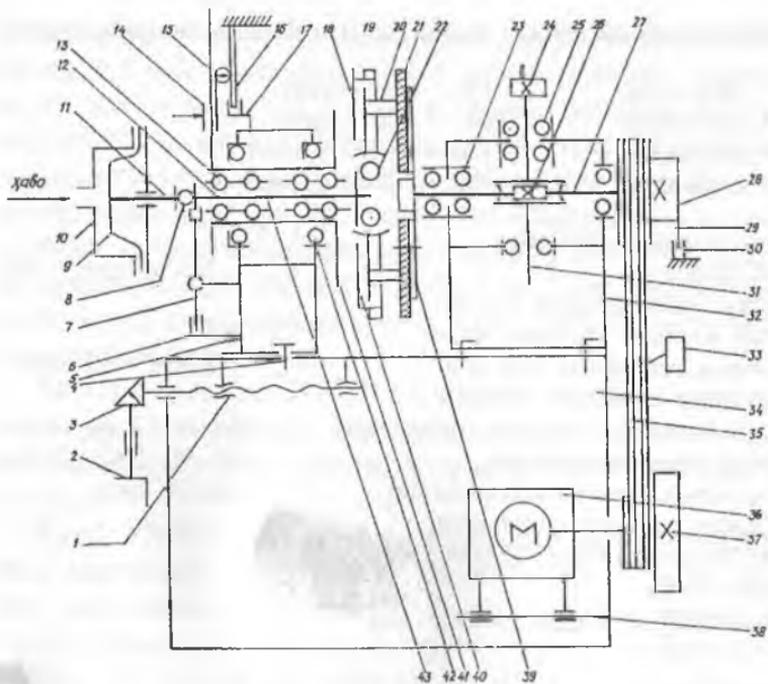
Массаси:

Синов қурилмаси	1200 кг дан кўп эмас
Бошқариш пулти	230 кг дан кўп эмас
Куч жиҳозлари пулти	300 кг дан кўп эмас

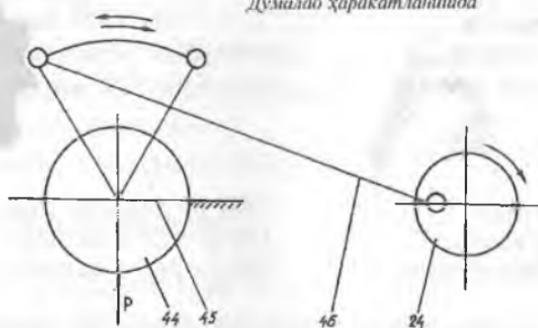
Машина қуйидаги асосий қисмларга эга: синов қурилмаси, бошқариш пулти, куч жиҳозлари пулти ва бирикш (ўлчовчи) қурилмалари.

Синов қурилмасига куч ўлчагич, юритма, электродвигатель қурилмаси, оператив пулт ва мойлаш тизими кирди.

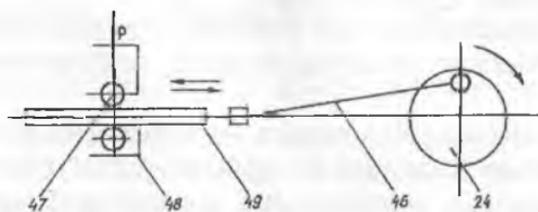
Турли намуналарни синаш учун машина алмаштирилувчи қисмлар: айланиш ва думалаш ҳаракатидаги ишқаланиш камераси, илгариланма ҳаракатдаги ишқаланиш камераси ва «ҳалқа-ҳалқа» намуналарни синаш учун мослама билан тўлдирилган.



Думлаб ҳаракатлигида



Илгарилма - қайтма ҳаракатда



9.12-расм. 2168 УМТ машинасининг кинематик схемаси

Ишқаланиш машинаси қуйидагича ишлайди (9.12-расм). 36 электродвигатель 35 понатасмали узатма орқали 27 шпинделни унга ўрнатилган 21 диск билан бирга айлантиради. 20 намуна куч ўлчагичнинг диски 19 тешигига қўйилади.

20, 44 ва 47 намуналардаги юклама сиқилган газ билан ҳосил қилинади. Газ 10 — камерага кириб, 9 — мембрана, 8 — тиргак (таянч), 12 — шток, сферасимон подшипник 22 ва 19 — диск орқали юклама ҳосил қилади. Юкламани намунавий монометрлар ёрдамида ўлчанади. 22-сферасимон подшипник ва 18 — тасма 19 — дискка ўзи ўрнашиб, 20 — «бармоқ» намунани 21 — «диск» намунага сиқишни таъминлайди. Синов жараёнида 12 — шток ичи бўш вал 43 ни ичида сурилиб, намуналар ейлишини таъминлаб туради.

Намуналар ишқаланишдан ҳосил бўлган момент 19 — диск билан эластик втулка, диск 40, эгувчи лента 18, фланец 41, ичи бўш вал 43, ричаг (дастак) 15 ва ҳаракатланувчан (движка) подшипниги 14 орқали 16 — эластик элементга узатилади. Эластик элемент эгилиши дифференциал датчик билан потенциометр ўлчайдиган электр сигналига айлантиради. Намуналар ва мосламаларни алмаштириш учун куч ўлчагични станинанинг йўналтирувчиси бўйлаб сурилади. Бунинг учун «винт-гайка» (1) узатмасининг маховиги (2) айлантиради.

Валнинг айланишлар сонини ҳисоблаш учун шкив 28 га датчик 30 билан ўзаро таъсиридаги бармоқча 29 маҳкамланган. Кривошипни вал 24 думалаш ва илгариланма-қайтма ҳаракатда шатун 46 ни ўрнатиш учун хизмат қилади.

2168 УМТ машинаси электрон блок билан жиҳозланган бўлиб, қўлда, автоматик ва яримавтоматик режимларида ишлай олади. Машинага ўрнатилган «таймер» тизими синов жараёнида вақт ўтишини ҳисоблаб боради ва керакли вақтда берилган дастурга биноан синов шароитларини ўзгартира олади.

Машина ЭҲМ билан боғланиши мумкин бўлиб, бошқарувни электрон блок орқали ЭҲМ бажариши мумкин.

АЕ-5 ишқаланиш машинаси мойлаш ва сунъий тартибга солинган (регулировка қилиш) шароитида материалларнинг ишқаланишини, ейлишини ва ғажилиб тишлашиб келишини тадқиқот қилиш учун қўлланила-

диган синов қурилмасидир. Машинанинг туташув схемаси: бармоқсимон намуна-текислик. Бунда ҳалқа ичига олинган учта бармоқсимон намуна тадқиқот қилинади. Уларнинг эталон дискка сиқилиб туриши шайба орқали ричаг (пишанг) системаси билан амалга оширилади. Диск вал билан бирлаштирилган ва жомсимон идиш ичида жойлашган бўлади. Жомсимон идиш диск марказига томчилаб бериладиган мойни йиғиб олиш учун мўлжалланган. Дискни совутиш ёки 473 К гача иситиш учун терморегулятор қўйилиши мумкин.

Машинанинг техник характеристикаси:

Намуна диаметри, мм	10
Диск диаметри, мм	200—300
Сирпаниш тезлиги, м/с	20

АРЧАРД ишқаланиш машинаси ишқаланиш материаллари намуналарининг ейилишбардошлигини синашда қўлланиладиган лабораториявий синов қурилмасидир. Бу машинада контактнинг икки схемаси қўлланилиши мумкин: диаметри 6 мм бўлган намунанинг кўндаланг кесилган жойи диаметри 25—30 бўлган цилиндрнинг ясовчиси ва намунанинг ясовчиси — цилиндрнинг ясовчиси. Бўйлама юклама (Р) ни ва мойлаш шароитини кенг кўламда ўзгартириш билан ейилишнинг ҳар хил турларини худди ўзидай қайтариш мумкин. Намунанинг чиқиқли ейилишини микрометр ёки профилограф билан топилади. Машинанинг техник характеристикаси унинг аниқ амалга оширилиши вариантыга боғлиқ бўлади.

БЭТТЭЛЕР мемориал институти ишқаланиш машинаси юқори ҳарорат шароитида детал кўндаланг кесими материалнинг иш тавсифини тадқиқот қилиш учун қўлланиладиган лабораториявий синов қурилмасидир. Туташув схемаси: бармоқсимон намуна — дискнинг кўндаланг кесилган жойи. Берилган куч (Р) билан айланувчи дискка ушлаб тургичга жойлаштирилган учта бармоқсимон намуна сиқиб турилади. Ишқаланиш моменти пружинали система орқали ёзиб борилади. Синов узелининг ҳаммаси терморегуляция қилинади ва у тадқиқотланувчи газ (масалан, азот) билан тўлдирилган камерага жойлашган бўлади.

Машинанинг техник характеристикаси:

Бармоқсимон намуна диаметри, мм	12,7
Бармоқсимон намуна баландлиги, мм	6,35
Сирпаниш тезлиги, м/с	0,5—1,0
Солиштирма юклама, кПа	1,40
Иш ҳарорати, К	773—1273

И-47-В-2 ишқаланиш машинаси ишқаланиш материалларининг вакуумда фрикцион иссиқбардошлигини синаш учун мўлжалланган лабораториявий қурилмадир. Туташув схемаси: ҳалқаларнинг кўндаланг кесилган жойи. Вакуум камерасининг қопқоғида электродвигател, кўпайтирувчи понатасмали узатма ва магнит муфтлар жойлаштирилган. Муфтага вакуум камераси ичида айланувчи намуна бириктирилади. Иккинчи намуна тензобалка билан қўшилган оправкага қотирилади. Тензобалка ишқаланиш моментини регистрация қилади. Намуналарга қўйиладиган юк тошлари бор ричагли қурилма орқали берилади. Камерани вакуумлаш форвакуум насоси, буғ-ёғли (паро-маслянный) агрегат, азот қопқони ва геттер-ион насоси орқали қилинади.

Машинанинг техник характеристикаси:

Ҳалқасимон намуна диаметри, мм.....	28
Валнинг айланиш тезлиги, с ⁻¹	3,4—170
Солиштирма юклама, кПа	100—500
Сийраклашув, Па.....	1333—1200

ИМ-58 ишқаланиш машинаси — динамик синов ша-роитида фрикцион материалларнинг иш тавсифини синаш учун мўлжалланган лабораториявий синов қурилмаси. Туташув схемаси: ҳалқаларнинг кўндаланг кесилган жойи. Бошқа инерцион ишқаланиш машиналарига ўхшаб (МИФИ машинасига ўхшаш) ИМ-58 машинаси ҳам қуйидаги бўлимлардан ташкил топган бўлади: гидравлик узатма ўрнатилган станина, шпиндель билан боғланган инерцион массалар тўплами (комплекти), қўзғалувчан бабқада жойлашган юклаш ва ўлчаш узеллари. Ҳалқасимон намуналар ўзи ўрнашадиган каллақларга қотирилади ва улар

пневмокамера орқали юкланадилар. Ишқаланиш моменти индуктив датчик билан, ҳарорат термапара билан, цикл вақти секундомер билан ўлчанади.

Машинанинг техник характеристикаси:

Тадқиқот қилинувчи намуналар	
ўлчами, мм	75×53×8
Шпинделга келтириладиган инерция	
моменти, Дж·с ⁻²	0,015—1,47
Шпинделнинг айланиш тезлиги, с ⁻¹	1 0 0
Бўйлама юклама, Н	2000
Ишқаланиш максимал моменти, Н см	2000

ЛТС ишқаланиш машинаси — антифрикцион материални тадқиқот қилувчи лабораториявий синов қурилмаси. Туташув схемаси: вал-вкладиш. Ўзгармас токда ишловчи мотор - тарози орқали эталон ҳалқага айланма ҳаракат берилади. Эталон ҳалқа вали подшипникдан ўтувчи кареткага таянган бўлади. Тадқиқот қилинувчи намуна куч билан ҳалқага сиқиб турилади. Куч эса ричагли қурилма, тарировка қилинган пружина ва программали система орқали ҳосил қилинади. Мойловчи материал ишқаланиш зонасига патрубок орқали берилади. Ишқаланиш моменти мотор-торозининг реакцияси билан ўлчанади.

Машинанинг техник характеристикаси:

Вал диаметри, мм	67—78
Вкладиш узунлиги, мм	40
Бўйлама юк, кН	100
Вал айланиш тезлиги, с ⁻¹	4,25— 20,4
Юклаш тезлиги, Н/(см ² ·с)	20; 150

М22-М ишқаланиш машинаси — қуруқ ишқаланиш ва мойлаш шароитида антифрикцион материалларнинг иш тавсифини тадқиқот қилиш лабораториявий синов қурилмаси. Туташув схемаси: вал-вкладиш. Шарикли йўналтирувчиларда ҳаракатланадиган кареткага ўрнаштирилган тадқиқот қилинувчи намуна берилган *P* кучи би-

лан контр жисмга сиқиб турилади. Контр жисм валга ўрнатилган ва у билан бирга берилган тезликда айланувчи олинадиган (съемный) ҳалқа шаклида бўлади. Аниқ ва айланиш тезлигига боғлиқ бўлмайдиган ишқаланиш моментини ўлчаш учун станина, вал ва корпуслар думалаш подшипниклари ёрдамида ажратилган бўлади. Юк ричагли қурилма ва тарировка қилинган пружина билан (расмда кўрсатилмаган) берилади. Ишқаланиш momenti ясси пружина ва индуктив датчик ёрдамида, чизиқли ейилиш эса датчик ёрдамида ўлчанади.

Машинанинг техник характеристикаси:

Контр жисм диаметри, мм	35—50
Колодка эни, мм	10
Вал айланиш тезлиги, c^{-1}	3,9, 5,1; 8,0; 12,7; 15,9; 24,6; 48,4
Бўйлама юк, Н	200

М-22ПВ ишқаланиш машинаси — антифрикцион материаллар ва қопламаларнинг иш тавсифини лабораторик-экспериментал баҳоловчи ва сифатини назорат қилувчи универсал лабораториявий синов қурилмаси. Машина модуль принципи бўйича ишлашга мўлжалланган. Унинг асосини радиал схема бўйича (вал-вкладиш, вал-текислик) ҳам, кўндаланг кесим бўйича (ҳалқа-ҳалқа, ҳалқа бармоқсимон намуна, тишли бирлашма имитацияси, тўртшарикли схема) ҳам юкланишни таъминловчи универсал ишқаланиш узели ташкил қилади. Бу эса синов вақтида намуналардаги ишқаланиш моментини ва умумий чизиқли ейилишни бевосита ўлчашга имкон беради. Юритма айланма ҳаракатда ҳам, созланган тезлик ёки амплитудада бўлган қайталама-айланма ҳаракатда ҳам синашни таъминлай олади. Машинада юкланишни программалаштириш ҳам кўзда тутилган. Синов вақтида вал айланиш тезлиги, ишқаланиш йўли, юк, температура, жуфтликнинг умумий чизиқли ейилиши, ишқаланиш momenti ва ишқаланиш коэффициенти ёзиб борилади. Машинанинг юқори аниқлик билан ишлаши материалларнинг тезлатилган синовини ҳам ўтқозишга йўл беради.

Машинанинг техник характеристикаси:

Вал айланиш тезлиги, c^{-1}	0,25—102
Бўйлама юк, Н.....	10—5000
Ўлчанадиган ишқаланиш моменти, Н·м.....	0,025—40
Ўлчанадиган ейилиш, мкм	
микроейилиш.....	2—50
макроейилиш.....	50—3000
Намунанинг қўшимча исиши, К.....	873
Намунанинг қўшимча совиши, К.....	223
Сийракланиш, Па.....	10^{-2}

МИ-1М (АМСЛЕР) ишқаланиш машинаси — думалаб ёки сирпаниб ишқаланиш шароитида антифрикцион материалларнинг ишқаланишини ва ейилишини тадқиқот қилиш учун мўлжалланган лабораториявий синов қурилмаси. Думалаб ишқаланиш шароитида синов ўтказилганида ўзгармас тезликда айланувчи ва роликлар туташувда бўладилар. Сирпаниш шароитида синов ўтказилса юқоридаги ролик вкладишга ўзгартирилади. Роликлар электродвигател билан айланма ҳаракатга келтирилади, юк эса пружина орқали берилади. Ишқаланиш моменти маятникли қурилма билан қайд қилинади ва барабанга ёзиб борилади. Ҳарорат термopара, намуналарнинг ейилиши микрометр ёрдамида ўлчанади. Юқоридаги каретка 8 мм амплитуда билан тебранма ҳаракат қилиши мумкин. Намуналарга қўйиладиган юк эксцентрик ёрдамида даврий ўзгартирилиб туриши мумкин.

Машинанинг техник характеристикаси:

Ролик диаметри, мм.....	40
Вкладиш эни, мм.....	10
Хорда бўйича вкладиш узунлиги, мм.....	20
Айланиш тезлиги, c^{-1}	3,4
Бўйлама юклама, Н.....	260—2000
Двигатель қуввати, кВт.....	0,8

МИФИ-1 ишқаланиш машинаси — фрикцион дискларни тадқиқот қилишга мўлжалланган инерцион типидagi универсал лабораториявий қурилма. Туташув схемаси: дискларнинг кўндаланг кесими. Айланиш сони со-

зланувчи электродвигател контр узатманинг тезюрар вали билан уланган. Контрузатманинг айланиш тезлиги понатасмали узатма ёрдамида оширилиши мумкин. Инерцион қурилманинг шпиндели билан тезюрар вал бошқариладиган фрикцион муфтага бириктирилади. Инерцион қурилма кичик ва катта маховикларга эга. Синов камерасида синаладиган дисклар жойлашган синаш головкалари мавжуд: айланувчи бикр ва сферик таянчга бириктирилган қўзғалмас ўз-ўзида ўрналувчи головкалар. Камера тортувчи қурилма, совитиш учун ҳаво бериб турувчи патрубк ва мой тўкиладиган жойлар билан таъминланган. Мойловчи материал ишлаш зонасига юклаш ва ўлчаш узелининг ковак валики орқали насос ёрдамида берилади. Дискларга юк пневмокамера орқали берилади. Шпиндельнинг айланиш сони тахогенератор, ишқаланиш ҳарорати термопара, ишқаланиш моменти тензодатчик билан ўлчанади. Иш цикли: инерцион қурилманинг тезлигини мўлжалланган тезликкача ошириш ва сўнгра тадқиқот қилинувчи ишқаланиш жуфтлиги билан тормозлаш. Бошқариш программаланиб автоматлаштирилган.

Машинанинг техник характеристикаси:

Дискнинг ташқи диаметри, мм.....	75—250
Дискнинг ички диаметри, мм.....	53—120
Диск қалинлиги, мм.....	2—10
Инерция моменти, Дж·с ²	0,19—1,96
Шпинделнинг айланма тезлиги, с ⁻¹	10,2—102
Бўйлама юклама, Н.....	3000—30000

МИФИ-2 ишқаланиш машинаси — фрикцион дискларни тадқиқот қилиш учун мўлжалланган икки масса типигади универсал лабораториявий қурилма. Туташув схемаси: дискларнинг қўндаланг кесими. Машина станина ва маховиклар ўрнатилган етакчи ва етакланувчи шпинделлар оралиғида синаладиган узеллардан иборат. Синаладиган узел етакловчи шпиндель билан боғланган, етакланувчи шпинделда эса иккита контржисм ўрнаштирилган. Етакловчи шпиндель понатасмали узатма, контр

узатма ва бошқариладиган муфтлар ёрдамида мосланувчи узатма орқали айланма ҳаракат олади. Дискларга юк пневмокамера ёрдамида берилади. Синалувчи узел ва подшипниклар таянчи насос станцияси ёрдамида мой билан таъминланади. Дискларни ўрнатишни енгиллаштириш учун шпинделларни ажратиш механизми кўзда тутилган. Ишқаланиш моменти тензодатчикли айланувчан динамометр орқали ўлчанади, сигналлар эса токосъемниклар ёрдамида қайд қилувчи аппаратга узатиб турилади. Бир цикл етакловчи маховикларнинг ҳаракатини берилган тезликкача тезлатишдан, сўнг синов қилинадиган ишқаланиш жуфтлиги ҳисобига етакловчи ва етакланувчи маховикларни синхронизациялаштиришдан иборатдир. Машинани бошқариш автоматик программа-лаштирилган.

Машинанинг техник характеристикаси:

Дискнинг ташқи диаметри, мм.....	210
Дискнинг ички диаметри, мм.....	120
Дискнинг қалинлиги, мм.....	1,5—2,0
Етакловчи маховикнинг инерция моменти, Дж·с ²	1
Шпинделнинг айланиш тезлиги, с ⁻¹	10,2—102
Бўйлама юклама, Н.....	40000

МТ-66 ишқаланиш машинаси — антифрикцион материалларни ишқаланиш ва ейилишга тадқиқот қилиш учун мўлжалланган лабораториявий синов қурилмаси. Туташув схемаси: дискнинг ташқи қисми — цилиндр кўндаланг кесими. Пневматик юклаш қурилмаси поршенининг тепа қисмида маҳкамланган намуна алмаштириладиган контр жисмга сиқилади. Контр жисмнинг айланиши мосланувчи юритма орқали таъминланади. Синалувчи узел кареткага жойлаштирилади. Каретка эса подшипник атрофида корпуснинг ёй йўналишида айланиш қобилиятига эгадир. Ишқаланиш моменти эластик элементда қабул қилинади ва индуктив датчик билан қайд қилинади. Намуна ва контр жисмнинг умумий чизиқли ейили-

ши индуктив датчик орқали регистрация қилинади. Ҳарорат термопара ёрдамида ўлчанади.

Машинанинг техник характеристикаси:

Контр жисм диаметри, мм	96
Намуна диаметри, мм	10
Намуна баландлиги, мм	16
Сирпаниш тезлиги, м/с	0,5—13,5
Бўйлама юклама, Н	1800

МТВ ишқаланиш машинаси — вакуумда антифрикцион материалларни тадқиқот қилиш лабораториявий синов қурилмаси. Юритма элементлари (шків, вал ва Вильсон зичлиги) вакуум камерасининг қопқоғига жойлаштирилади, синалувчи узел эса камерага жойлаштирилган бўлади. Подшипникка ўрнатилган валнинг айланиши эластик муфта орқали таъминланади. Валнинг охириги қисмига алмаштириладиган контржисм ўрнатилади. Корпусдаги вал билан ўқдош подшипникли таянчларида намуна ушлаб тургичга эга бўлган қўзғалувчан каретка маҳкамланган бўлади. Синалувчи намуна контржисмга юклаш қурилмаси (диафрагма, шток, ричаг) ёрдамида сиқилади. Ишқаланиш моментини ва умумий чизиқли ейилишни индуктив датчиклар билан ўлчанади.

Машинанинг техник характеристикаси:

Вал диаметри, мм	40
Сийракланиш, Па	$133,3 \cdot 10^{-1} - 667,5 \cdot 10^{-6}$
Айланиш тезлиги, s^{-1}	11,9—17,0°
Бўйлама юклама, Н	20—300

МТВВ ишқаланиш машинаси — вакуум ва газли муҳитда айланма ва қайтарилма — айланма ҳаракат қилувчи антифрикцион материалларни тадқиқот қилиш лабораториявий синов қурилмаси. Туташув схемаси: вал-бармоқсимон намуналар. Юритма элементлари юклаш ва ўлчаш тизимлари вакуум камерасидан ташқарида бўлиб, унда синалувчи узел жойлашган бўлади. Юритмадан ай-

ланма ёки қайтарилма-айланма ҳаракат алмашинувчи контржисм валига узатилади. Бармоқсимон намуна контржисмга нагрузка берадиган қурилма ёрдамида сиқиб турилади. Бу қурилма тарировка қилинган пружина ва юклама берувчи шпоннинг зичлигидан иборат бўлади. Ишқаланиш моменти тензобалкачаларга ёпиштирилган тензодатчиклар билан ўлчанади.

Машинанинг техник характеристикаси:

Контржисм диаметри, мм	100
Айланишдаги сирпаниш	
тезлик, м/с	8,5;4;3;2;1;0,5.
Қайтарилма-айланма ҳаракатдаги	
сирпаниш тезлик 6 м/с	3,90—0,26
Бўйлама юклама, Н	0—500

МТГ ишқаланиш машинаси — вакуум ва газли муҳитда ҳаракатнинг кенг диапазонда ўзгариши шароитида материалнинг ишқаланиши ва ейилишини тадқиқот қилишга мўлжалланган лабораториявий синов қурилмаси. Туташув схемаси: вал-вкладиш. М22-М ишқаланиш машинасининг синов узели герметик корпусга жойлаштирилади. Алмашинувчи контржисм ўрнатилган ғовак вал зичлагичлардан ўтказилиб корпусга киргизилади ва унда иккита тешик бўлади: юритма томонидаги тешик (подшипникни совитувчи суюқлигини бериш учун), контржисм томонидаги тешик (инфрақизил чироқни киритиш учун).

Машинанинг техник характеристикаси:

Синов ҳарорати, К	623
Сирпаниш тезлиги, м/с	0,8; 2,1; 5; 7
Солиштирма юклама, кПа	10000

НИДИ ишқаланиш машинаси — антифрикцион материалларни тадқиқот қилиш учун мўлжалланган лабораториявий синов қурилмаси. Туташув схемаси: вал-вкла-

диш. Тадқиқот қилинувчи намуна (вкладыш) айланувчан алмаштириладиган контржисмга юк, ричаг ва илгак билан ҳосил қилинадиган куч орқали сиқиб турилади. Ишқаланиш моменти икки елкали ричаг ёрдамида ўлчанади.

Машинанинг техник характеристикаси:

Вал диаметри, см.....	50—60
Вал айланиш тезлиги, с ⁻¹	8,5
Намуна ишқаланиш майдони, см ²	5
Бўйлама юклама, Н.....	25000

«ОЛМЕН» ишқаланиш машинаси — чегаравий ишқаланиш шароитида мойловчи материалларни тадқиқот қилиш учун мўлжалланган лабораториявий синов қурилмаси. Туташув схемаси: вал-вкладыш. Тобланмаган пўлатдан ясалган айланувчи намуна-валга вкладыш берилган куч билан сиқилади. Ҳамма система тадқиқот қилинувчи мойга қисман ботирилган бўлади. Синов жараёнида ишқаланиш моменти ўлчанади ва унинг ўзгариши бўйича мойнинг ишлаш қобилиятини йўқотганлиги тўғрисида фикр юргизилади. Юк босқичма-босқич кўпайтириб (ҳар бир 10 с дан 9 Н га) борилади. Ишқаланиш жуфтлигининг ейилиш вазни ҳам топилади.

Машинанинг техник характеристикаси:

Вкладыш вали диаметри, мм.....	6,35
Вкладыш узунлиги, мм.....	38
Шпинделнинг айланиш тезлиги, с ⁻¹	10,2
Бўйлама юклама, Н.....	10000

«ТИМКЕН-АЙШИНГЕР» ишқаланиш машинаси — мойнинг юқори ҳароратида ишловчи ишқаланиш материалларининг иш тавсифини тадқиқот қилиш учун мўлжалланган лабораториявий синов қурилмаси. Туташув схемаси: призма-цилиндр ясовчиси. Подшипник пўлати-

дан ясалган айланувчи ҳалқага гидравлик система ёрдамида тадқиқот қилинувчи материалдан ясалган призма сиқилади. Синов жараёнида ишқаланиш моменти гидродатчик билан, бўйлама юк монометр билан, сирпаниш тезлиги тахогенератор билан ва ҳарорат термопара билан ўлчанади.

Машинанинг техник характеристикаси:

Ҳалқа диаметри, мм	49
Призма ўлчамлари, мм	12,7×12,7×19,0
Шпинделнинг айланиш тезлиги, с ⁻¹	18,7
Бўйлама юклама, Н	760
Битта синовга керак бўладиган мойнинг ҳажми, см ³	2000
Ишчи ҳарорати, К	403

УМТ-1 ишқаланиш машинаси — кенг диапазонли юк ва сирпаниш тезлигида материалларнинг ишқаланиши-ни тадқиқот қилиш учун мўлжалланган лабораториявий синов қурилма. Бу машина бошқа машиналарга нисбатан ҳар хил кўп тарқалган туташув схемаларида ишлаш мумкинлиги билан ажралиб туради: бармоқсимон намуна — диск, ҳалқанинг кўндаланг кесими; вал-вкладиш. Машина шпиндели айланиш тезлиги поғонасиз соزلанувчи электромеханикавий юритмадан ташкил топган бўлиб, у синхрон электромотор ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Машина электромеханик юритмадан (электромеханик юритма шпинделининг айланиш тезлиги поғонасиз соزلанувчи бўлади), юритмани ҳаракатга туширувчи асинхрон электродвигателдан ташкил топган. Шпинделда намуна-контржисм (масалан, диск) жойлашган бўлади. Унга берилган куч билан намуна тутгичга жойлаштирилган тадқиқот қилинувчи намуна (масалан, учта бармоқча) сиқиб турилади. Намуна тутгич ўлчаш ва юк қўйиш узелида бўлади. Ўлчаш ва юк қўйиш узели қурилма ёрдамида бўйлама ҳаракат қилиш имконига эга. Синов жараёнида қуйидагилар ўлчанади: намунага қўйилган юклама, шпиндел-

нинг айланиш тезлиги (датчик ёрдамида) ва ишқаланиш momenti. Ўзиюрар асбоб лентасида ишқаланиш momenti ва қўзғалмас намуна ҳаракати қайд қилинади.

Машинанинг техник характеристикаси:

Юритма қуввати, кВт	25
Ишчи юклама, Н	200—4000
Юкламани ўлчашидаги хато, %	2,5
Шпиндел айланиш тезлиги, с ⁻¹	0,34—51
Тезликни ўлчашидаги хато, %	5
Ишқаланиш momenti, Н·см	200—4000
Momentни ўлчашидаги хато, %	4
Бармоқсимон намуналарни	
ўрнатиш радиуси, мм	60; 90; 120; 150
Диск диаметри, мм	350
Бармоқсимон намуна диаметри, мм	5 ва 10
Ҳалқанинг ташқи диаметри, мм	28
Ҳалқанинг ички диаметри, мм	16
Қалинлиги, мм	15
Втулканинг ички диаметри, мм	35—40
Втулканинг ташқи диаметри, мм	50
Узунлиги, мм	10; 15; 20.

Х4-Б ишқаланиш машинаси — маҳкамланган абразив таъсирида материаллар ишқаланишини тадқиқ қилиш учун қўлланиладиган лабораториявий синов қурилмаси. Туташув схемаси: бармоқсимон намуна диск кўндаланг кесими. Ўқда айланувчи дискка жилвир маҳкамланади. Бармоқсимон намуна ва юк ёрдамида диск сатҳига босиб турилади. Намунанинг радиал ҳаракатида механизм синов ўтказишни таъминлайди. Механизм битта из бўйича ёки намунанинг радиал ҳаракати даврида ҳосил бўладиган янги сирт бўйича синов ўтказишга имкон беради. Синов натижаси эталон билан солиштириш орқали аниқланади.

Машинанинг техник характеристикаси:

Диск диаметри, мм	250
Намуна диаметри, мм	2
Намуна узунлиги, мм	15—20
Дискнинг айланиш тезлиги, c^{-1}	1
Бўйлама юклама, Н	3

77MT-1 ишқаланиш машинаси — қайтарилама-илгарилама ҳаракат қилувчи материалларни тадқиқот қилишда қўлланиладиган лабораториявий синов қурилмаси. Туташув схемаси: текислик-бармоқсимон индентор. Кривошип-шатун механизми тадқиқот қилинувчи намуна ўрнатилган ползунни ҳаракатга келтиради. Юқоридаги намуна настдаги намунага юкли ричагли қурилма ёрдамида сиқилади. Синов мойсиз ҳам, ҳар хил суюқ муҳитда ҳам ўтказилиши мумкин.

Машинанинг техник характеристикаси:

Намунанинг силжиш узунлиги, мм	30—70
Икки юриш сони,	100; 200; 300; 400
Бўйлама юклама, Н	100—600

FACT ишқаланиш машинаси — стационар мойсиз ишқаланиш шароитида ва ишқаланиш ишини (ишқаланиш моментини) ўзгармас бўлишини бир маромда ушлаб туриш шароитида фриксион материалларни танлаш синовига мўлжалланган лабораториявий қурилма. Туташув схемаси: призматикнинг қўндаланг кесими. Тўғри бурчакли намуна дискнинг қўндаланг кесимига сиқиб турилади. Сиқиб турувчи куч программали кузатувчи гидравлик қурилмали ижро этувчи орган ёрдамида ҳосил қилинади. Бу қурилма ишқаланиш momenti бўйича тескари боғланишни таъминлайди ва уни берилган чегарада ушлаб туради. Балкада жойлаштирилган намунага қўйиладиган куч юкловчи шток ёрдамида, ишқаланиш momenti эса шток ёрдамида программали кузатувчи қурилмага узатиб турилади. Қурилмани созлаш юклаш ва ишқала-

ниш моменти клапанлари ёрдамида бажарилади. Блокда эса бериладиган ишқаланиш кучи созланади. Бўйлама кучнинг температурага боғлиқлигини икки координатали электрик ўзиюрар асбоб қайд қилади. Ишқаланиш коэффиценти ҳисоблаш йўли билан топилади.

Машинанинг техник характеристикаси:

Дискнинг диаметри, мм.....	178
Дискнинг қалинлиги, мм	38
Намуна юзи, см ²	3,2
Бўйлама юклама,	ўзгарувчан
Дискнинг айланиш тезлиги, с ⁻¹	15,3
Максимал ишқаланиш кучи, Н.....	110
Ишқаланишдаги максимал температура, К.....	777
Двигател қуввати, кВт	1

GMR ишқаланиш машинаси — автомобиллар уловчи механизми муфтасининг фрикцион дискларини триботехник модел синовиға мўлжалланган лабораториявий қурилма. Инерцион массалар тезлиги берилган тезликкача созланувчи юритма орқали оширилади ва тадқиқот қилинувчи муфта билан секинлаштирилади. Муфта массалар ва қўзғалмас таянч диск ўртасида жойлашган бўлади. Фрикцион дисклар инерцион массалар билан боғланган бўлади, пўлат дисклар — контржисмлар эса қўзғалмас бўлади. Дискларга қўйиладиган юк пневмоцилиндр ёрдамида олинади.

Машинанинг техник характеристикаси:

Фрикцион дисклар сони.....	1—3
Валнинг айланиш тезлиги, с ⁻¹	0—60
Солиштирма юклама, кПа	0—1200
Инерцион массалар кинетик энергияси, Дж.....	13000

SAE-1 ишқаланиш машинаси — гидротрансмиссия фрикцион дискларини динамик синаш қурилмаси. Синов жараёнида динамометрик машина 1 доимо ишлаб

туради. Муфта уланиши билан инерцион масса 3 ларнинг тезлиги ошади ва шундан сўнг муфталар айланиши тўхта-тилади. Тезлик ошишидан ҳосил бўлган кинетик энергия синаладиган узеллар бўйича тарқалади. Синов 3 цикл/мин частотали циклларда мойлаш материаллари муҳитида ўтказилади.

SAE-2 ишқаланиш машинаси — фрикцион дискларни ва фрикцион мойларни динамик синовдан ўтказишга мўлжалланган комплект қурилма. СМР ишқаланиш машинаси SAE-2 нинг прототипи ҳисобланади. Бу машинада циркуляция қилинмайдиган мойга тўла ботирилиб турилган дисклар синовдан ўтказилади, шу билан бирга фрикцион дисклар айланиб туради, пўлат дисклар эса қўзғалмас бўлади. Айланишини тартибга солиш мумкин бўлган (регулируемый) электродвигатель унинг вали билан уланган инерцион массаларнинг тезлигини берилган тезликкача ошириб беради. Электродвигател валининг иккинчи томонида синов узелига (бу узел тўпланган кинетик энергияни тақсимлайди) жойлаштирилган фрикцион дисклар ўрнатилган бўлади. Синовлар цикллар бўйича ўтказилади. Синов жараёнида юклар, тезликлар ва ишқаланиш моменти осциллограф ёрдамида ёзиб борилади.

Машинанинг техник характеристикаси:

Вал айланиш тезлиги, s^{-1}	60
Солиштирама юклама, кПа	1050
Инерцион массаларнинг кинетик энергияси, Дж	14000
Мой ҳажми, л	1
Улаш частотаси, цикл/мин	1,5

Учинчи боб

МАШИНА ДЕТАЛЛАРИ ЕЙИЛИШ БАРДОШЛИГИНИ КОНСТРУКТИВ УСУЛЛАР БИЛАН ОШИРИШ

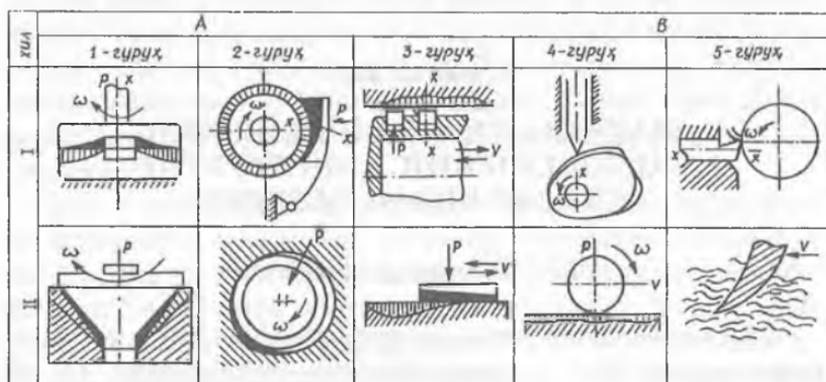
10.1. Ейилишни ҳисоблаш

Статистик маълумотларга қараганда машина деталларини қарийб 80...85 фоиз ейилиши натижасида, 15...20 фоизи эса ҳажмий пухталиқ етарли бўлмаслиги ва деформациялар натижасида ишдан чиқади. Ҳажмий пухталиқни материаллар қаршилиги, эластиклик назарияси, машина деталлари ва шу каби фанлар ўрганадилар. Машина деталларининг ҳажмий пухталиги ва деформациясини ҳисоблаш Гук қонуни асосида олиб борилади.

Ейилишни ҳисоблашда оддий Гук қонуни ўрнига ишқаланиш назариясини қўллаб, деталлар ейилишини машиналарни лойиҳалашдаёқ ҳисоблаб чиқиш керакдир ва шундагина машина деталларини кўпга чидаши таъминланади.

Демак, машина деталларининг кўпга чидаш ва уларнинг юқори ейилиш бардошлигини машиналарни лойиҳалаш давридаёқ ҳисоблаб чиқмоқ керак. Ейилишни машиналарни лойиҳалаш даврида ҳисоблаш деталларнинг оптимал конструкциясини топиш, деталлар ейилишини чеклаш, берилган машина конструкцияси учун унификациялаштирилган элементларни қўллаш, бир нечта ишқаланиш юзалари бўлган деталлар ва узелларни ейилишга тенг барқарорлигини таъминлаш, ейилишбардош материалларини ва уларни мустаҳкамлаш методларини аниқлаш, материалларнинг физик-механик хоссаларига қўйиладиган талабларни асослаб бериш, ишқаланиш узеллари ва деталларининг бир нечта вариантларини ейилишга чидамлилигини таққослаб баҳолаш, деталларнинг ишлаш муддатини олдиндан айтиб бериш имконларини беради.

Дарсликнинг 2, 4, 5, 6-бобларида келтирилган ейилиш интенсивлигини ҳисоблаш методларидан ташқари бошқа методлар ҳам қўлланилади.



10.1-расм.

Ейилиш шартлари бўйича туташилар таснифи

Лойиҳалаш давридаёқ ейилишни ҳисоблаб чиқилса деталларнинг ейилишбардошлигини анча кўтариш мумкин. Бундай ҳисоблаш учун триботехник ҳисоблаш методларидан фойдаланиш ва уларни ривожлантириш керакдир. Чунки машиналарни лойиҳалаш даврида конструктор деталлар ейилишини ҳисоблаш қўлланмалари (методикалари)га эга бўлиши мақсадга мувофиқ бўлади.

Кўпинча ейилган юзаларнинг шаклига материалларни ишқаланиш қонуниятларига қараганда бирлашмаларнинг конструктив омиллари юқори даражада таъсир этади.

10.1-расмда ейилиш шартлари бўйича туташилар А. С. Проников таснифи келтирилган. Деталлар юзасининг ейилишдан мумкин бўлган яқинлашувининг характери бўйича ҳамма туташилар икки хил бўлади.

I хил туташиларда қўшимча ейилмайдиган ёки кам ейиладиган йўналтирувчилар бўлади. Улар ейилиш даврида деталларнинг яқинлашувини фақат берилган $X-X$ йўналишида таъминлайди.

II хил туташиларда ейилган деталларнинг ўз-ўзидан ўрнашиши содир бўлади, уларнинг ўзаро вазияти эса ейилган юзаларнинг шаклига боғлиқ бўлади. Бундай туташилардаги ейилиш, одатда, жуфтликнинг функционал хусусиятларига кўпроқ таъсир этади.

Ундан ташқари, таснифда нуқталари бир хил траекторияда жойлашган ҳамма туташилар ишқаланиш ва

ейилиш шартларининг ўзгармаслигига қараб 5 гуруҳга бўлинган.

1-гуруҳ туташиларида бир траекториядаги нуқталарда ҳар бир жисм учун ишқаланиш шarti бир хил бўлади. Масалан, айланадиган сиртларнинг (дисклардаги, конусдаги) ейилишида берилган радиусли айлананинг ҳамма нуқталари бир хил сирпаниш тезлигига, солиштирма босимига ва ейилиш муддатига эга. Шунинг учун уларнинг ейилиши бир хил бўлади ва ейилган сиртнинг шаклини аниқлаш учун бўйлама кесимни кўриб чиқиш кифоя қилади.

Агар битта траекторияда ётувчи нуқталарнинг ейилиш шартини ўзгартирувчи ташқи факторлар бўлса, унда бундай туташилар 1-гуруҳга кирмайдилар.

2-гуруҳга битта траекторияда ётувчи нуқталарнинг ҳаммаси учун ейилиш шarti ўзгармас бўлиб қолувчи туташилар киради. Шунинг учун берилган кесимда фақат битта сиртгина бир текисда ейилиш шароитига эга бўлади.

3 ва 4-гуруҳларда икки жисмнинг ҳамма нуқталари учун ишқаланиш шarti ўзгармас бўлиб қолмайди. Демак, бунда сиртларнинг нотекис ейилишига кўп имкониятлар бўлади.

5-гуруҳга деталь сирти қаттиқ муҳит (ер, жинс, ишлов бериладиган деталь) билан туташувда бўладиган ҳоллар киради. Бу ҳолда фақат атрофида абразив ёки бошқа муҳит бўладиган битта сиртнинг ейилиши ўрганилади. Ейилган сиртнинг шакли муҳитнинг ўзаро таъсир характерига (нагрузкаи ва тезлик эпюраларига) боғлиқ бўлади.

Шундай қилиб, ҳамма туташган сиртларни икки категорияга бўлиш мумкин: А — ейилишга юзанинг контакт шarti қўйилади (1,2 ва бир талай ҳолларда 3-гуруҳлар), В — ейилишда туташув шартлари (шароитлари) ўзгарувчан бўлади.

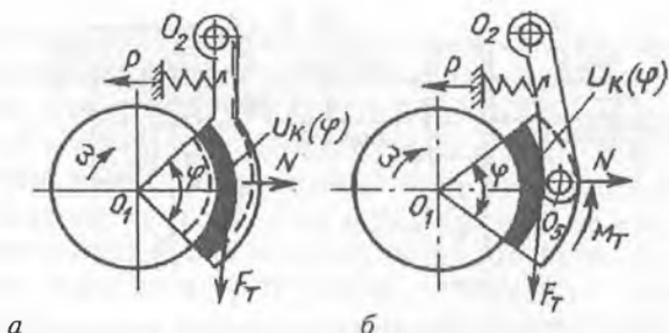
Деталлар туташувининг тасниф бўйича қандай хил ва гуруҳларга киришини билиш ейилишга ҳисоблаш методикасини аниқлаб беради.

10.1-жадвалда кўриб чиқилган таснифга биноан баъзи бир типовой ишқаланиш жуфтликлари келтирилган.

Ҳар хил типдаги туташишларга мисоллар

Гуруҳ (10.1- расмга қаранг)	Туташишлар тип (сиртлар ейилишида ўзаро яқинлашувнинг мумкинлиги бўйича)	
	I (X—X йўналиши берилган)	II (ўз-ўзидан ўрнашиш)
1.	Конуссимон тормоз ва фрикцион муфта	Фрикцион муфта дисклари
2.	Юргизувчи винт-гайка, колодкали тормозлар (колодкаси қаттиқ маҳкамланган)	Вал-сирпаниш подшипник ва колодкали тормозлар (ўз-ўзидан ўрнашадиган колодкалар); сирпанишнинг айланма йўналтирувчилари (эксцентрик-ли юклама)
3.	Поршень халқалари-цилиндр гильзалари	Сирпанишнинг олға бориш йўналтирувчилари, кулиса-тош
4.	Тишли илашма, кулиса-туртгич (толкатель)	Филдирак-рельс, подшипниклар ва думалаш йўналтирувчилари
5.	Қаттиқ қотирилган кесувчи асбоб. Экскаватор ковшининг тиши.	Плуг лемехлари, ўз-ўзидан ўрнашувчи кесувчи асбоблар тиши.

Шуни эсда тутиш керакки, берилган классификация (жадвал) графасига мансублик конструкция билан ҳам, таъсир этувчи кучларнинг характери билан ҳам аниқланади. Туташишларнинг конструктив шаклланишига яқин бўлиши ҳар хил категорияларга мансуб бўлиши мумкин. Масалан, колодкали тормозлар ричагда қаттиқ қотирилган бўлса, туташув I типга мансуб бўлади, чунки ейилиш содир бўлганда сиртлар яқинлашувининг мумкин бўлган йўналишини ричагнинг O_2 ўққа нисбатан бурилиши аниқлайди (10.2-расм). Колодканинг ўз-ўзидан ўрнашиб қолишида бу туташув II тип туташувларига мансуб бўлади (10.2, б-расм). Биринчи ҳолда колодка сиртининг ейилган шакли унинг олдиндан аниқ траекториядаги харакати O_2 ўқига нисбатан айланиши аниқлаб беради, иккинчи ҳолда эса — ишқаланиш моменти (M_T) ни ҳосил қилувчи куч (F_T) таъсирида ўз-ўзидан ўрнашиши аниқ-



10.2-расм. Тормоз колодкасининг ейилиш схемаси:
 а — бўлиши мумкин бўлган ейилиш йўналиши берилганлигида;
 б — колодканинг ўз-ўзидан ўрнашиб қолишида

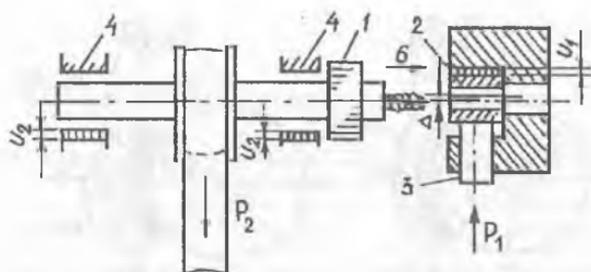
лаб беради. Колодка ейилишининг марказий бурчак (φ) чегарасидаги нотекислиги бу ҳолда ҳар хил йўналишда бўлиши мумкин.

Ишқаланиш юзалари ейилишининг ҳар хил йўналишда бўлиши мумкинлигининг анализи ва уларни аниқловчи факторларини (омилларини) топиш туташув ейилишини ҳисоблаш ва олдиндан айтиб беришга асос бўлади.

10.2. Механизмлар рационал конструкциясини танлаш

Механизмнинг рационал конструктив схемасини танлаш машиналар чидамлилигини лойиҳалаш даврида таъминлайдиган умумий шарт бўлиб хизмат қилади.

Туташган сиртларнинг ейилиш миқдори механизмнинг нормал ишига унчалик (ҳали) таъсир этмаслиги мумкин. Ейилиш миқдори бир хил бўлган ўхшаш механизмлар баъзи ҳолда ишламай қолиши, баъзида эса унинг ишлаши узоқ вақт давом этиши мумкин. Мисол сифатида (10.3-расм) пармалаш шпиндели (1) ишлаш жараёнида втулка (2) ни ушлаб турадиган подшипниклар (4) ва сиқиб турувчи губка (3) нинг ейилишини кўриб чиқамиз. Кўрсатилган туташувларнинг ейилиш натижасида ишлов бериладиган втулка тешигининг ўқи Δ миқдорга силжийди ва бу силжишнинг чекланган миқдори ишлов беришнинг талаб қилинган аниқлигига боғлиқ бўлади.

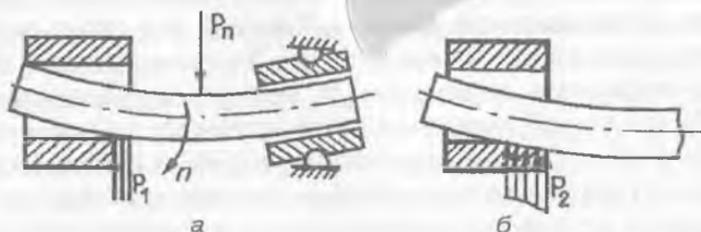


10.3-расм. Пармалаш автоматидagi шпindelъ таянчининг ва сиқиб турувчи патрон (детални тутиб турувчи қисқич) нинг ейилиш схемаси

Агар подшипникларнинг ейилиши u_2 (бу ейилишнинг йўналиши узатма шкивдаги куч P_2 нинг йўналишига боғлиқ бўлади) сиқиб турувчи губка 3 нинг ейилишига қарама-қарши йўналишда бўлса $\Delta = u_1 + u_2$ бўлади. Агар уларнинг ейилиши бир томонга йўналган бўлса $\Delta = u_1 - u_2$ бўлади. Шунинг учун кўриб чиқиладиган конструкциядаги губкани қарама-қарши томонга ўрнатиш керак бўлади ва шундагина механизмнинг кўпга чидашлиги таъминланади.

Ишқаланиш жуфтлигини танлашда туташган сиртларнинг ўз-ўзидан ўрнашиб қолиш принципи қўлланилади.

Ўз-ўзидан ўрнашиб қолишни қўллаш жуда ёпишиб туриши талаб қилинадиган сиртларнинг юқори ишончлилиги билан кўпга чидашини таъминлайди ва шунингдек макромослашиш вақтини камайтиради. 10.4-расмда сирпаниш подшипник вали макромослашувининг схемаси келтирилган. Валнинг деформацияси (катталаштириб



10.4-расм. Вал-подшипник жуфтлигининг микромослашуви ва ўз-ўзидан ўрнашиш схемаси

қўрсатилган), шунингдек подшипникнинг бирламчи ўрна-
тилишининг ноаниқлиги (10.4a-расм) валнинг туташиб
туриш зонасини жуда камайтиради ва бу қиррадаги бо-
сим (P_1) нинг ошиб кетишига олиб келади. Агар бу босим
валнинг тишлашиб қолишига олиб келмаса, ишқаланиш
натижасида туташув юзи ошиб боради ва солиштирма
босим камаяди. Вал подшипникка нисбатан мослашади,
бу эса сиртларнинг тўғрироқ туташувини таъминлаши
мумкин.

Макромослашув вақтини қисқартиришни нафақат
монтажнинг, вал бикрлигининг ва туташувчи сиртларга
ишлов беришнинг аниқлигини ошириш билан, шунинг-
дек туташган сиртларнинг ўз-ўзидан ўрнашишини таъ-
минлайдиган конструкцияни яратиш билан ҳам амалга
ошириш мумкин. Ҳақиқатан ҳам, подшипник валнинг
ҳолатига қараб бурилиб туриши ва ўз-ўзидан ўрнашиши
мумкин бўлган алоҳида-алоҳида вкладишлардан тузилса
(10.4a-расмнинг ўнг томонига қаранг), унда қиррага ту-
шувчи босим пайдо бўлмайди ва макромослашув вақти
камаяди.

Ўз-ўзидан ўрнашув принципини сирпаниш подшип-
ниги ва машиналар бошқа туташувларининг махсус кон-
струкцияларида кенг миқёсда қўлланилади. Масалан, ички
ёнув двигателларидаги поршень билан шатун бирлашма-
си одатда сузиб юрувчи (эркин ҳолатга эга) бармоқлар
(плавающий палец) воситасида бирлаштирилган бўлиб,
поршеннинг шатунга нисбатан эркин бурилишини таъ-
минлайди. Ҳаво ёрдамида совутиладиган двигателларда
ўз-ўзидан ўрнашадиган (сузиб юрувчи) клапан эгари (сед-
ло клапана) нинг қўлланиши иссиқлик таъсиридан кон-
струкциянинг деформацияга дучор бўлишига қарамай
эгар-клапан жуфтлигидаги жипсликни таъминлайди.

Узеллар конструкциясида сузиб юрувчи деталлар ҳам
қўлланилади. Ишқаланиш узелларида бундай деталлар
сузиб юрувчи бармоқлар, втулкалар ва шайбалар сифа-
тида учрайдилар.

Шатуннинг поршень бармоғи билан бирикмаси қуйи-
даги усуллар билан ҳосил қилиниши мумкин: бармоқни
поршень бобишқасига ёки шатун каллагига маҳкамлаб
қўйилиши; бармоқни поршень бобишқасида ҳам, шатун
каллагига ҳам айланиши мумкин бўлиши.

Иккинчи усулда ўрнатилган бармоқ *сузиб юрувчи* бармоқ деб аталади. Механизм ишлашида шатун орқали ҳосил бўладиган ишқаланиш кучининг таъсиридан сузувчи бармоқ айланиши мумкин. Сузувчи бармоқнинг энг яхши хусусиятларидан бири унинг ишончилигининг юқорилигидир: шатун билан қаттиқ тишлашиб қолган бармоқ поршень бобишкасида шатун билан биргаликда тебраниб юриши (ҳаракат қилиши) мумкин, бобишкада қаттиқ тишлашиб қолган бармоқ эса шатуннинг тебранишига халақит бермайди. Сузувчи бармоқ цилиндр юзини тирнаб ёки ейиб юбормаслиги учун унинг ўқ бўйича ҳаракати зағлушкалар (тиқин) билан чекланади. Агар поршень чўяндан ясалган бўлса, унда поршеннинг бармоқ ўрнатиладиган бобишкалар тешигига бронзадан ясалган втулкалар пресслаб қўйилади.

Сузиб юрувчи деталлар принципида ишлайдиган узелларга тиргович шайбалари сузиб юрадиган тиргович (опорные) подшипникларни ҳам кўрсатиш мумкин.

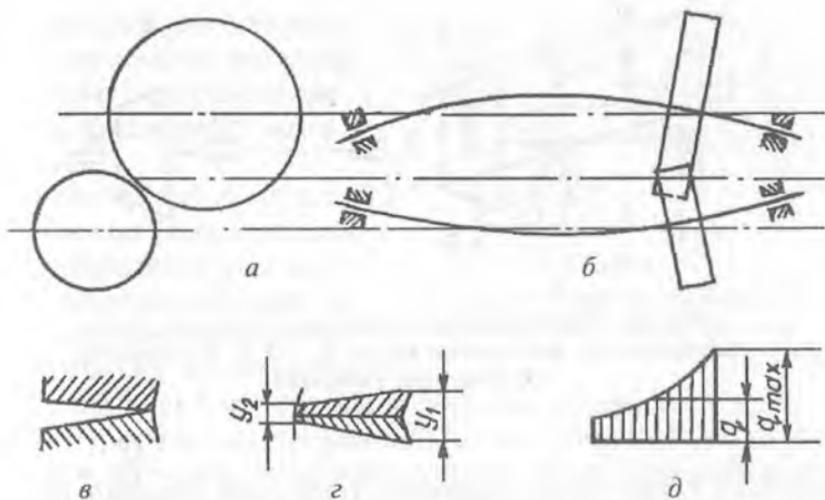
10.3. Деталларнинг бикрлиги, мулойимлиги ва махсус конфигурацияси (шакли)

Машина деталлари ва технологик узелларнинг бикрлиги кучлар таъсир этганда уларнинг шакли ва ўлчамлари ўзгармаслигини таъмин этувчи омилларидан биридир. Деталлар ейилиш бардошлигини ошириш нафақат умумий бикрликни оширишни, шунингдек ҳар бир деталнинг ҳам бикрлигини оширишни талаб этади.

Цилиндрик ва конус тишли узатмаларнинг юклама бериш хусусияти (нагрузочная способность), тишга тушадиган юкламанинг бир текисда тақсимланиши қанча раван бўлса, шунча ошади. Юкламанинг бир текисда тақсимланмаганлиги, узатма деталларини тайёрлашда ва уларнинг йиғилишда ноаниқликларга йўл қўйилишидан ташқари, валларнинг буралишига (кручение), тишли филдиракларни эгилишига (буралиб қолишига), таянч ва корпусларни деформацияланишига олиб келиши мумкин.

10.5 *a* ва *b*-расмда филдирак ва шестерняларнинг қийшайиш схемаси келтирилган.

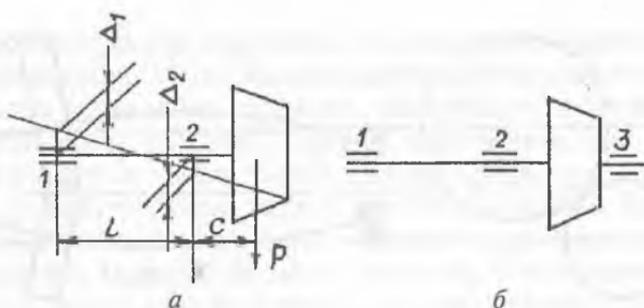
Агарда тишлар абсолют бикр бўлса эди, унда қийшайиш тишларнинг кўндаланг кесимида (торец) нуқта бўйи-



10.5-расм. Филдирак ва шестерня тишларининг қинғайиш ва тиш узунлиги бўйича нагруканинг концентрацияланиш (q) схемаси

ча туташувда бўлишига (10.5, в-расм) олиб келар эди. Лекин тишлар деформацияланишга мойил бўлгани учун, қийшайиш катта миқдорда бўлмаса, қийшайишни тишлар деформацияси бутунлай компенсациялайди. Тишларнинг умумий деформацияси (10.5, г-расм) уларнинг бўйи бўйича бир хил бўлмайди ва нагрукка филдирак тишларининг эни бўйича концентрацияланади. (10.5, д-расм). Демак, вал, таянч ва корпусларнинг бикрлигини ошириш ейилиш камайишига ижобий таъсир этар экан. Гипоид ва конусли узатмаларда кўпроқ учрайдиган консоль турида жойлашган шестернялар катта қийшайишларга олиб келади. Унда, валнинг эгилишидан ташқари, механизмнинг ишлаш қобилиятига подшипникларнинг тирқишлари ва таянчларининг деформацияси ҳам таъсир этадилар (10.6, а-расм). Вал ўқининг қийшайишига таъсир этувчи тирқишларнинг ва подшипник деформациясининг миқдори камайтириш учун L/C нисбатан 2,5 дан кам бўлмаслиги керак. Бикрликни ошириш учун подшипникларда дастлабки таранглик (предварительный натяг) ҳосил қилинади.

Автомобилларда қўлланиладиган гипоид узатмаларда қилинган тажрибалар консоль схемасидан ноконсоль



10.6-расм. Конуссимон гилдиракнинг консолли (а) ва ноконсоль (б) жойланиши (Δ_1 ва Δ_2 — 1 ва 2 таянчларда ўқ жойининг ўзгариши)

схемага ўтиш билан узатманинг юклама кўтариш қобилияти ўртача 30 фоиз ошишини кўрсатади (10.6, б-расм). Шестернянинг икки томонидаги таянчларда (2 ва 3) цилиндрлик роликли подшипниклар қўйилиши мақсадга мувофиқдир, чунки уларнинг (шарикли подшипникларга нисбатан) мулойимлиги кам (менее податливы) бўлиши тирқиш камайишига имкон беради.

Резина металл ва пластмассадан ясалган вкладишларда мулойимлик хусусияти кўпроқ бўлади. Қуруқ резинанинг ишқаланиш коэффиценти, бошқа материалларга қараганда, кўп бўлади, аммо улар билан пўлатдан, бронзадан ва латундан ясалган жуфтликлар сув муҳитида ишлаганда уларнинг антифрикцион хусусиятлари яхши бўлади. Чунки эгилувчан ва енгил деформацияланадиган резинанинг вал нотекистикларига мослашиши яхшидир. Резинанинг деформацияланишига юқори бўлган хусусияти вкладиш узунлиги бўйича нагруканинг бир текис тақсимланишини таъминлайди. Сувдаги абразив заррачалар резинанинг юмшоқ сиртига ботирилиб думаланиб юради, бу эса материалнинг заррача билан тилиниб қолишини йўқотади ва заррача сув билан чиқиб кетишини таъминлайди. Резинаметалли вкладишлар дарё ва денгизларда сузадиган кемаларда, гидравлик турбиналарда, турбобурларда ва ҳ.к. ларда қўлланилади.

Юмшоқ қоламали вкладишлар ҳам резинага ўхшаш хусусиятларга эгадир. Пластмассалар, резинага ўхшаш,

вкладишлар узунлиги бўйича юкломани металлга нисбатан бир текисда тақсимланишини таъминлайди.

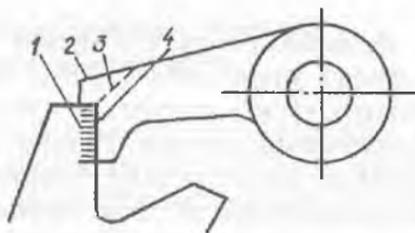
Конструктив методлардан яна бири деталлар конструкциясини уларнинг ишлаш шароитида ейилишга чидамлилигини бир хил бўлишини, яъни ейилиш бир текисда бўлишини таъминлашдир.

10.7-расмда кўмир комбайнининг узатувчи механизмидаги храповик тишининг тиргак тиши (зуб собачки) билан ўзаро таъсири схемаси келтирилган. Тиргак тишининг нотекис ейилиши натижасида (ейилиш эпюраси 1) тишининг (2) ишламайдиган жойида унинг синиб кетишига олиб келувчи кучланиш концентратори (4) ҳосил бўлади. Тиргак тишининг синиб кетмаслиги учун конструктив ечим қабул қилиниши мумкин: тиш чизиқ 3 бўйича қирқиб ташланади. Бу ейилишнинг нотекис бўлишини таъминлайди ва кучланиш концентраторини йўқотишга ёрдам беради.

Демак, лойиҳалаш даврида деталнинг оптимал конструкциясини излаб топиш катта аҳамиятга эга бўлиб, деталларнинг максимал муддатда ишлатилишини таъминлайди.

10.4. Сиртқи ишқаланишни эластик элементнинг ички ишқаланишига алмаштириш

Нисбатан кичик чизиқли, бурчакли ёки улар биргаликда бўлган ҳаракатларда қўлланиладиган бикр звенолик кинематик жуфтликлар ўрнига эластиклиги юқори бўлган оралиқ элемент қўлланилиши мумкин. Уларнинг иш жараёнидаги ўзаро силжиши (ҳаракати) махсус эластик деталь деформацияси ҳисобига эришилади, бунда сиртқи сирпаниб ишқаланиш ёки думалаб ишқаланиш резинадан ясалган эластик элементнинг ички ишқаланиши билан алмаштирилган бўлади. Бундай бирлашма резинометалли шарнир кўринишида яратилади.



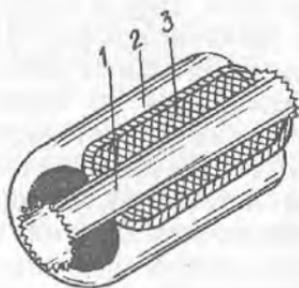
10.7-расм.

Храповик тиши билан тиргак тишининг ўзаро таъсир схемаси

Резинанинг металл билан бирикмаси вулканизация, елимлаб улаш каби усуллар ёрдамида олинади. Резина пўлатга, чўянга, латунга ва алюминий қотишмаларига осон вулканизацияланади. Резина латунлар билан мустақкам бирикма ҳосил қилади. Резина ёки елимнинг баъзи бир ингредиентлари пўлат ва чўяннинг занглашига сабаб бўлиши мумкин, шунинг учун резинани бирлаштиришда энг тарқалган усуллардан юзи латунланган металл арматура аралашмасини вулканизация қилиниши ҳисобланади.

Шарнирлар ясалиши бўйича вулканизацияланган, ўралган ва йиғма бўладилар. Ўралган шарнирлар фақат резинометалли кўринишда учрайдилар.

10.8-расмда автомобиль осма (остгич)ларида ишлатиладиган резина металл шарнир кўрсатилган.



10.8-расм.
Резинометалли шарнир

Ички втулка 1 га кийгизилган резинадан ясалган ҳалқа 3 юпқа қатламли трубага 2 киргизилади. Кейин труба у ёқ-бу ёққа думалатилиб (раскатывать) диаметрини кичиклаштирилиши натижасида унинг бўйи чўзилади ва бу эса резина билан металл арматуранинг маҳкамланиши таъминланади. Ундан сўнг трубанинг қирралари эгилади (завальцовывать). Ташқи втулка 2 ни қатламли рессоранинг кулоқчасига пресслаб ўрнатилади;

йиғиш даврида ички втулкани қимирламайдиган қилиб раманинг кронштейн деворлари орасига маҳкамлаб ўрнатилади.

Резинометалли шарнирлар автомобиль ва трактор остгичларида, юмшоқ карданларда, гусеницали тягачларда, вагон ва локомотив рамаларининг айланувчи тележка билан бирикмаларида ва ҳ.к. ларда қўлланиладилар ва уларнинг афзалликлари қуйидагилардан иборат: мойлаб турилиши керак эмас; абразив заррачаларнинг жуфтликка кириб қолишидан сақлайди; техник қаров соддалашади; жуфтликнинг массаси камаяди; шовқин босилади; тебранишлар сўнади ва ҳ.к.

10.5. Сирпаниб ишқаланишни думалаб ишқаланишга алмаштириш

Сирпаниб ишқаланишни думалаб ишқаланишга алмаштириш деталларнинг ишлаш муддатларини, уларнинг ишончилигини ва машинанинг тежамлилигини ошириш имконини беради.

Подшипник узеллари. Узелларда қўлланиладиган думалаб ишқаланувчи подшипниклар қуйидаги афзалликларни туғдирадilar:

1. Чегаравий ва ҳаттоки суюқ мойлаш шароитида ишлайдиган жуфтликларга нисбатан ишқаланишдан зарар кўришнинг камлиги. Думалаб ишқаланадиган подшипниклар қўлланилиши натижасида машиналарнинг фойдали иш коэффиценти (ФИК) ошади. Юклама ва айланма тезлик катта диапозонда бўлганда думалаш подшипникларида ишқаланиш коэффиценти нисбатан кам бўлади. Шуни ҳисобга олиб тез ишга тушириладиган ва тез тўхтатиладиган машиналар ишқаланиш жуфтлигида думалаб ишлайдиган подшипникларни ўрнатиш зарур деб ҳисобланади.

2. Сирпаниш подшипниклари вкладишларида ишлатиладиган рангли металллар — мис, қалай, қўрғошинларнинг сарфи камаяди.

3. Мойлочи материалларнинг сарфи камаяди.

4. Мажбуран совутишни қўлланмаслиги.

5. Техника кўригининг ўнғайлашиши.

6. Вал бўйинларининг ейилиши йўқлиги (агар ўтказишлар — посадкалар тўғри танланган бўлса).

7. Подшипник узелларининг ва машина йиғилиш жараёнининг стандартланган шарикли ва роликли подшипникларни қўлланиши натижасида осонлаштирилиши.

8. Машина таннархининг камайиши.

Думалаб ишқаланувчи подшипникларнинг камчилиги:

1. Айланма тезлик ва динамик юкламалар кўплигида уларнинг кўпга чидамаслиги. Асосан думалаб ишловчи подшипниклар юзалари уваланиш натижасида ишдан чиқадилар. Ваҳоланки, сирпаниш подшипниклари суюқ мой-

ланиш шароитида узоқ вақт давомида ишлай олиши мумкин. Шунинг учун узоқ вақт давомида ва юқори тезликларда ишлайдиган машиналарда гидродинамик сирпаниш подшипниклари қўлланилади.

2. Сирпаниш подшипникларига нисбатан кичик бўлган узунликда диаметрал ўлчамларнинг катталиги. Айрим ҳолларда бу камчилик жуда муҳим бўлади. Масалан, прокат станларнинг валкалари ўртасидаги масофа (расстояние между валками прокатных станков) берилган бўлганда шарикли подшипникларнинг қўлланилиши валкалар бўйин диаметрини камайтиришни талаб қилади, бу эса прокаткада рухсат этиладиган кучни чегаралайди. Ичдан ёнар двигателлари шатунининг пастки каллагига шарикли ёки роликли подшипниклар ўрнатилиши шатуннинг габаритларини ва массасини бир неча бор кўпайтиришга сабаб бўлади, бу эса нафақат инерцион нагрузкаларни, шунингдек картер габаритларини ҳам ошириб юборишига олиб келар эди.

Бу ерда кўриб чиқилган сабабларга биноан игнали подшипникларга алоҳида тўхталиб ўтамиз. Уларнинг ташқи диаметри ҳар қандай думалаш подшипникларидан ҳам кичик бўлади. Игнали подшипниклар ўқ бўйича қўйиладиган кучларни қабул қила олмайди, улар кичик айланма тезликда радиал юкларни кўтара оладилар, туртишлар йўқлигида ва нагрузка кичик бўлганда улар айланиш частотаси 60000 айл/мин гача қониқарли ишлаши мумкин. Лекин шуни эсда тутиш керакки, ишлаш даврида игналар нафақат думалайди, шунинг билан бирга сирпанадилар ҳам. Шунинг учун игнали подшипниклар шарикли подшипникларга қараганда тез қизиб кетадилар. Демак, уларни секин айланувчи ва оғир юкланган ўқларда ишлатилиши мақсадга мувофиқ бўлади. Улар қуйидаги жуфтликларда қўлланилади: ички ёнув двигатели (ИЁД)нинг поршень бармоқларида ва тақсимловчи валнинг таянчларида, коромислолар ўқларида, автомобиль филдирагининг бурилувчи цапфаларида, шкивларнинг салт филдираги ўқларида, оралиқ тишли филдиракларда, сателлитларда, кардан крестовиналарида, рессора втулкаларида ва ҳ.к.

3. Ишлаш вақтида қаттиқ шовқин чиқиши.

4. Сирпаниш подшипникларига нисбатан мойловчи муҳитдаги ифлосликларга (абразив заррачаларга) сезгирлиги ва тез ишдан чиқиши. Масалан, абразив заррачалар ўлчами 3 мкм дан 40 мкм гача ўзгарганда думалаб ишловчи подшипникларнинг ишлаш муддати 7 мартагача камайиб кетади.

5. Иссиқбардошлиги ва занглашга барқарорлигининг камлиги.

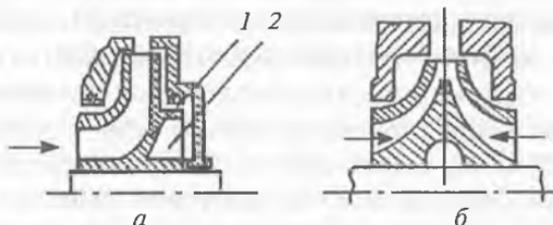
6. Сирпаниш подшипникларига нисбатан юк кўтариш қобилияти ва чидамлилигининг озлиги.

Кўриб чиқилган камчиликларга қарамай думалаб ишлайдиган подшипникларнинг афзалликлари катта бўлгани учун амалиётда улар кўп ишлатиладилар.

10.6. Ишқаланиш юзига тушадиган юкламани камайтириш

Ишқаланиш юзига тушадиган юкламани (босимни) камайтиришнинг энг осон усули унинг ўлчамларини кўпайтиришдир. Аммо бу усул буюм ўлчамларини катталаштиришга олиб келади. Шунинг учун ҳар хил махсус методлар қўлланилиши мақсадга мувофиқ бўлади.

Ишчи гилдиракларга суюқлик бир томондан бериладиган марказдан қочма насосларда ўқ бўйлаб йўналган (бўйлама) куч ҳосил бўлади. Бундай бўйлама кучлар таъсирини йўқотишда (разгрузка) қўлланиладиган махсус конструктив ечимларни кўриб чиқамиз. 10.9-расмда марказдан қочма насослардаги бўйлама кучларнинг таъси-



10.9-расм. Марказдан қочма насослардаги бўйлама кучнинг тенглаштириш усуллари:

a — дискда тешиқ қолдириш (1-махсус тешиқ; 2-бушлиқ); *б* — икки томондан суюқлик бериш

рини камайтириш усуллари кўрсатилган. Бўйлама кучлар таъсирини камайтириш усулларида бири махсус тешик 1 қолдиришдир (10.9 а-расм). Катта босим остида ишлайдиган насосларда суюқлик тешик 1 дан бўшлиқ 2 га ўтиши муносабати билан бўйлама кучлар таъсири камаяди. 10.9 б-расмда бўйлама куч таъсирини суюқликни икки томонлама бериш йўли билан йўқотиш усули келтирилган.

Шестерняли насосларнинг ишлаши қуйидаги хусусиятларга эга. Уларда шестерняларнинг қопланиш даражаси (степень перекрытия) бирдан ортиқ (больше еденицы) бўлади, яъни тишлар жуфтлигининг илашишга ки-

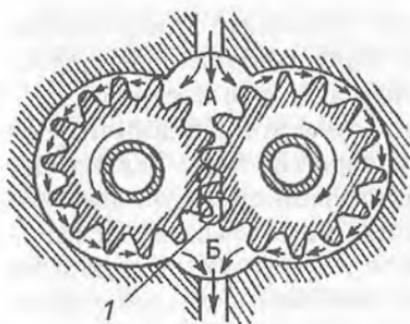


10.10-расм.

Насос шестерняларининг тишлари орасида суюқлик ёпиқ ҳажмининг ҳосил бўлиш схемаси

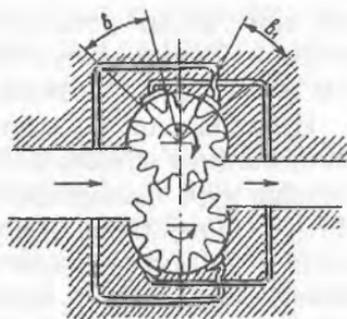
риши олдинги жуфтлик илашишдан чиқмасданоқ содир бўлади. А ва В (10.10-расм) нуқталарида бўладиган илашиш бошида суюқлик тўлган бўшлиқ ҳосил қилади. Шестернянинг кейинги айланиши бўшлиқ ҳажмини кичиклашишига олиб келади. Бундай кичиклашиш янги тишлар жуфтлигининг олдинги тишлар билан улашиш нуқталари илашиш полюси Р га нисбатан сим-

метрик жойлашганда содир бўлади. Кўрсатилган бўшлиқ ўз ҳажмини илашиш чизигидаги С нуқтада олдинги тишлар жуфтлигининг илашишдан чиқмаганигача сақлаб қолади. Суюқликнинг сиқилмаслиги ва шестерня билан корпус орасидаги тирқишдан чиқиб кета олмаслиги натижасида бўшлиқ ҳажмининг камайиши босимнинг катталлашишига олиб келади. Бу шестерня тишлари, валиклар ва подшипникларга катта пульсациялик (тепиб турадиган) юклама берилишига сабаб бўлади. Бундай сабаб билан насослар 8...10 соат ишлагандан сўнг, подшипник втулкалари жуда кўп ейилиб кетиши натижасида, насос



10.11-расм.

Шестерняли насосдаги подпятникнинг кўндаланг кесимидаги бўйлама кучлар таъсирини йўқотадиган чуқурча



10.12-расм.

Насос таянчларини бўйлама кучлар таъсиридан сақлаш схемаси

бутунлай ишдан чиқиши амалиётда кўп учрайдиган ҳодисалардир.

Суюқликнинг бундай салбий таъсир этишини бўйлама кучлар таъсирини йўқотувчи чуқурчалар ҳосил қилиш йўли билан бартараф қилиш мумкин (10.11-расм). Бўйлама кучлар таъсирини йўқотувчи чуқурчаларнинг асосий вазифаси — берк бўшлиқни сиқиб бериш камераси (камера нагнетания) билан бирлаштиришдир.

Яна бир усул — сиқиб бериш камераси билан сўриш (всасывание) камерасини бевосита бирлаштиришдир. Бундай усулнинг схемаси 10.12-расмда келтирилган.

10.7. Ишқаланиш жуфтлигидаги сиртларни ифлосликлардан муҳофаза қилиш

Машина ва механизмларнинг кўпчилиги чанглик ёки ифлосликлар муҳитида ишлайдилар. Технологик машиналар деталларининг ишқаланиш сиртларига эса чанг заррачалари, металл заки (окалина), металл қириндилари, шунингдек абразив заррачалар, ейилишда ҳосил бўлган металл заррачалари ўрнашиб қолиши мумкин. Бундай заррачалар ёки ифлосликлар таъсиридан ишлаш вақтида деталь юзалари шикастланиб, ейилиш жараёнини тезлати-

ши ёки умуман детални ишдан чиқишига олиб келиши мумкин. Шунинг учун бундай заррачалардан ёки ифлосликлардан деталь юзини муҳофаза қилиш зарурдир.

Ишқаланиш узелларининг ейилиш бардошлигини оширишнинг конструктив йўлларида бири герметизациялаш қурилмаларидир. Герметизациялаш қурилмалари (ГҚ) — ишқаланиш узелларини герметизациялаш (зичлаш) учун ишлатиладиган деталь мажмуидан тузилган конструкциядир. ГҚ мойнинг оқиб кетмаслигини, абразив заррачаларни ёки бошқа ифлосликларни узеллар ичига кириб қолмаслигини конструктив йўллар билан таъминлашда ишлатилади.

ГҚ ҳаракатланувчи, ҳаракатсиз, контактли ва контактсиз турларга бўлиниб, улар манжетлар, кўндаланг юза зичлагичлари, поршень ҳалқалари, тиқиладиган ёки сальникли (тирқишларни беркитиб турувчи деталь) *зичлагичлар*, *лабиринтли* зичлагичлар, прокладкали (оралиққа қистириб қўйиладиган нарсали) зичлагичлар ва ҳ.к. деб аталадилар.

ГҚ нинг ишлаш қобилиятига бир қанча ва хилма-хил табиатга эга бўлган, лекин бир-бирлари билан ўзаро боғланган омиллар таъсир этадилар. ГҚ нинг ишлаш қобилиятига таъсир этадиган омиллар қуйидагилардир:

— иш режими (ресурс, температура, нагрузка, сирпаниш тезлиги, сақлаш ва транспортда ташиш шароити, конструкциянинг вибрацияси ва бошқалар);

— герметизацияланадиган муҳитнинг хусусиятлари (қайнаш ва музлаш ҳарорати, теплофизик хусусияти, кимёвий активлик, қовушқоқлик ва унинг босим, ҳароратга боғлиқлиги, кичик миқдорга эга тирқишларда ўзини тутиши ва б);

— бирлашувчи деталлар материални ва улар қопламаларининг хусусиятлари (пишиқлилик, ишлаб чарчамаслик, теплофизикавий ва ҳ.к.);

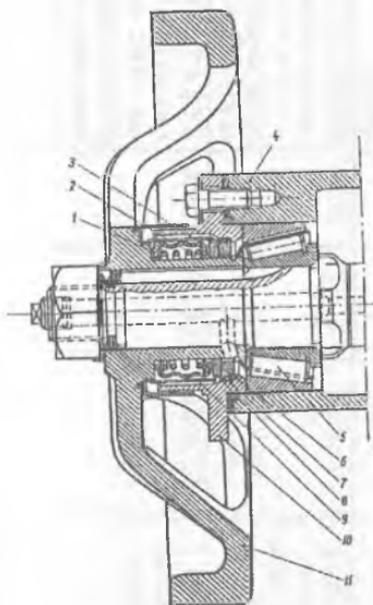
— зичлагичларни ишлаб чиқариш ва йиғиш технологиялари (юзаларга ишлов бериш тури ва характери, ишлаб чиқарилишининг аниқлиги ва ҳ.к.).

10.2-жадвалда ГҚнинг ишлаш шароитлари ва уларга таъсир этувчи омиллар умумлаштирилган ҳолда келтирилган.

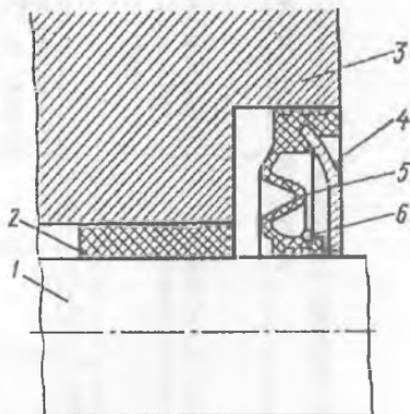
Жадвалдан кўринишича, герметизацияланадиган муҳитнинг босими $P_{ж}$ сирпаниш тезлиги ϑ ва улар кўпайтмасининг $P_{ж} \vartheta$ ошиши талаб қилинадиган ресурснинг камайишига олиб келади.

10.13-расмда гусеницали трактор таянч гилдираги 11 нинг ён томон зичланиши кўрсатилган. У ўз ичига резинадан ясалган ҳалқа 7 ва зичланиш корпуси 10 орқали қаретка корпуси 4 билан бирлаштириладиган катта зичлагич ҳалқа 6 ни ва айланувчи каток 11 ступицаси билан боғланган кичик зичлагич ҳалқа 8 ни олади. 8 ҳалқа пружина 2 билан 6 ҳалқага узлуксиз босилиб туради ва у билан ишқаланиш жуфтлигини ташкил қилади. Резинадан ясалган сиффон 3 шайба 1 билан биргаликда зичланишнинг қўшимча герметизацияланиши учун хизмат қилади. Умуман қалпоқ 9 билан бирга ҳамма зичланишлар корпус 7 дан мойнинг оқиб чиқмаслигини ва подшипник 5 ни абразив чангдан сақланишини таъминлаш учун хизмат қиладилар.

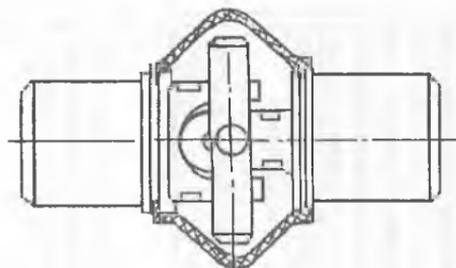
6 ва 8 зичлагич ҳалқалар жуфтлигида ишқаланиш чегаравий мойлаш шароитида юз беради.



10.13-расм. Гусеницали трактор таянч гилдирагининг ён томон зичланиши



10.14-расм. Шарнирли бирикманинг зичланиши



10.15-расм. Кардан шарнирининг резинали кожух билан муҳофаза қилиш

Кинематик функцияларини ҳаракатланувчи элементларининг ташқи ишқаланишисиз бажарувчи механизмларда деталларнинг ёйилиши бўлмайди ва бундай механизмларнинг кўпга чидаши эгилувчан боғланишларнинг (гибкий связларнинг) чидамлилигига боғлиқ бўлади.

10.14-расмда шундай шарнирнинг зичланишлари келтирилган. Бундай бирикма юпқа резинали мембрана 5 деформациясида ўқ 1 нинг подшипник 2 га нисбатан қайтарма-айланма ҳаракатига йўл қўяди.

Шарнирли бирикмаларни муҳофаза қилиш учун ҳар хил шаклдаги резинали кожухлар ишлатилади. 10.15-расмда кардан шарнирининг резинали кожух билан муҳофаза қилиниши кўрсатилган. Кожух ичидаги бўшлиқ кожух йигилишидан олдин пластик мой билан тўлдирилади.

Атроф-муҳит таъсиридан узеллар сув ўтказмайдиган ёки мойга турғун бўлган эластик филофлар билан ҳам муҳофаза қилиниши мумкин. Подшипниклар атроф-муҳит таъсирида ифлосланишидан ва занглашдан манжет типдаги зичлагичлар билан муҳофаза қилинади.

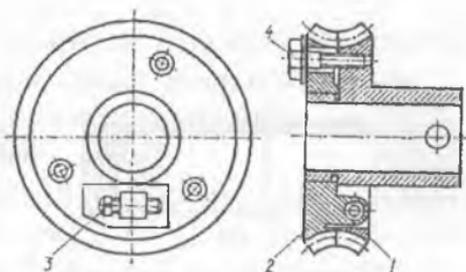
10.8. Ёйилишни компенсациялаш

Ҳозирги замон машиналарида ёйилган жойни компенсациялаш (ўрнини тўлдириш) кўп қўлланилади, чунки бундай усул деталларнинг ишлаш қобилиятини сақлаб қолади. Буларга мисол тариқасида ички ёнув двигателларида ва компрессорларда қўлланиладиган поршеннинг пружинасимон ҳалқаларини, электродвигателларнинг контакт чўткаларини, ўз-ўзидан зичланувчи подшипникларни ва ҳ.к.ларни кўрсатиш мумкин.

Ейилишни компенсациялаш машиналарда уч турда бўлади: қўл билан, ўз-ўзидан компенсацияланиш усул билан, автоматик компенсацияланиш.

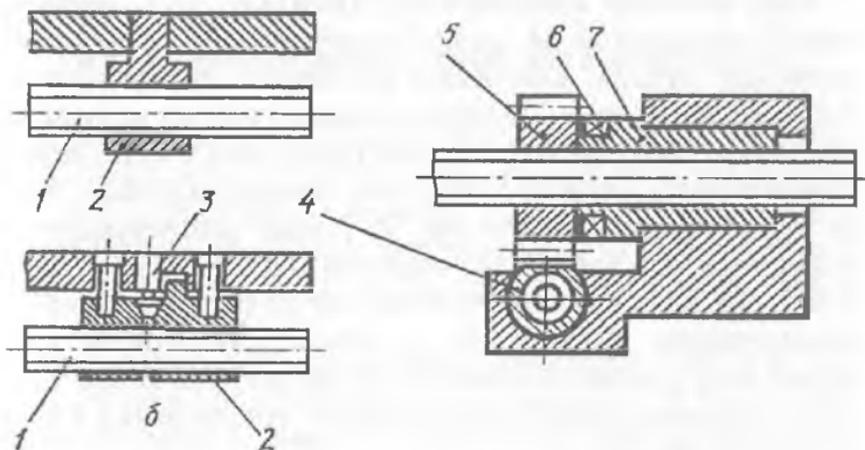
Қўл билан компенсацияланиш усулида деталнинг ейилиш миқдори қўл билан қуйдаги турларда соланади: поналарни силжитиш,

прокладкаларни алмаштириш, детални айлантириб ўрнатиш, махсус ўйилган жой бўйлаб деталнинг жойини ўзгартириш ва ҳ.к. 10.16-расмда тишлар ейилишини қўл билан компенсациялаш қурилмаси бўлган червякли филдирак конструкцияси келтирилган. Филдирак икки ўқдош қисмлардан (1 ва 2) тузилган. Бу қисмлар (1 ва 2) соловчи



10.16-расм.

Тишлар ейилишини қўл билан компенсациялаш учун қурилмаси бўлган червякли филдирак конструкцияси

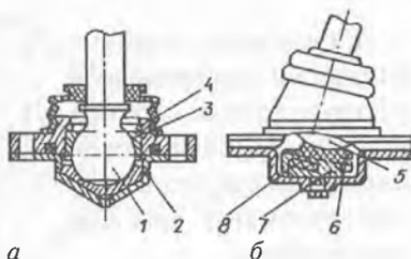


10.17-расм. Металл кесувчи станокнинг юргизувчи винт-гайка узели: а — ейилиш компенсация қилинмайди; б — ейилишни қўл билан компенсациялаш; в — ейилишнинг ўз-ўзидан компенсацияланиши



10.18-расм.

Ўз-ўзидан компенсациялана-
диган шарикли подшипник



10.19-расм.

Шарикли шарнирларнинг деталлари
ейилиши натижасида ҳосил бўладиган
тирқишнинг ўз-ўзидан компенсация-
ланиши

винт 3 таъсирида бирлашма тирқиши миқдорини камай-
тиради ва болт 4 билан қотирилади.

Ўз-ўзидан компенсацияланиш ейилиш содир бўлиши
билан деталь эластик элемент, гидравлик босим ва ҳ.к.
таъсирида сурилиши орқали рўй беради. 10.17-расмда ме-
талл кесувчи станогининг юргизувчи винт ва гайка бир-
лашмасининг схемалари келтирилган.

Агар ейилиш компенсация қилинса (10.17 а-расм)
ишлаб чиқарилган деталлар ўлчамларининг аниқлигига
талаб кам бўлади. Ейилишни қўл билан копенсациялаш
(10.17 б-расм) пона 3 ёрдамида икки томонга керилади-
ган гайка 2 ни суриш билан юритувчи винт 1 нинг резьба
ўрамларидаги тирқишни йўқотиш орқали қилинади. Худ-
ди шу узель учун ейилишни ўз-ўзидан компенсацияла-
ниш системаси ҳам ишлаб чиқилган (10.17 в-расм). Унда
5 ва 7 гайкалар қиялама кулачоклар (6) билан бирлашти-
рилгандирлар. Кулачоклар эса гайкаларни тирқиш миқ-
дорига тенг нисбий силжишига йўл қўяди. Гайканинг сил-
жиши пружина билан тираб қўйилган тишли рейка 4 нинг
таъсирида юз беради.

Шарикли подшипниклардаги радиал ва ўқ бўйлаб тир-
қишларни йўқотиш учун резинали шайба 2 таъсирида
қўзғалувчан ҳалқа 1 ни силжиш натижасида бажарилади
(10.18-расм).

10.19-расмда шарикли шарнир конструкциясидаги деталлар ейилиш натижасида ҳосил бўладиган тирқишнинг ўз-ўзидан компенсацияланишининг икки тури келтирилган.

Биринчи конструкцияда (10.19 а-расм) шарнир сфераси (1) ни икки томондан вкладиш (2 ва 3) лар ушлаб турадилар. Вкладишларнинг ажралиб кетмаслигини резинасимон ҳалқа 4 таъминлайди.

Иккинчи конструкцияда (10.19 б-расм) сфера 5 асос (ёстик) 6 га таяниб туради, асос эса пружина 8 таъсирида пона 7 орқали сиқилиб туради.

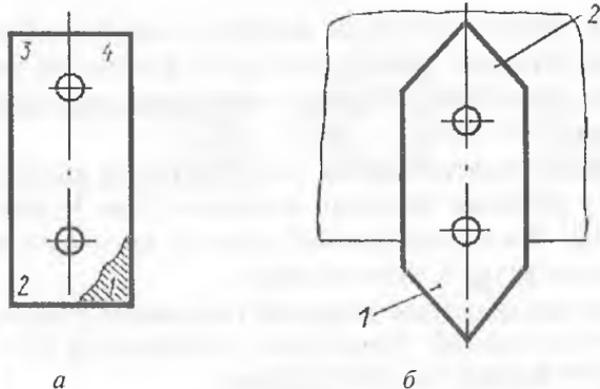
Ейилишни автоматик компенсациялаш ўзининг узатмаси бўлган махсус механизмлар орқали уюштирилади. Бундай махсус механизмларга ейилиш содир бўлган вақтда ейилиш миқдори датчиклар орқали хабар қилинади. Масалан, станоксозликда аниқ тиш кесиш станоклари бўлувчи жуфтликлари (делительные пары) ейилишининг автоматик равишда компенсацияланиши дифракцион дисклар ва фотоэлектрик датчиклар ёрдамида қилинади.

Автоматик компенсациялаш ейилишни энг самарадор компенсациялаш йўлларида биридир.

10.9. Қўшимча (резерв) ишчи сиртларни яратиш

Қўшимча (резерв) ишчи сиртларни яратиш машинанинг самарадорлигини оширади. Резерв ишчи сиртларни яратишга деталларда қўшимча (резерв) ишчи юзаларни қўйиб кетиш, ейилишга ортиқча запас қўйиш ва ейиладиган жойларда енгил алмаштириладиган элементларни қўллашлар кирадилар.

Машинасозликда таъмирлаш ўлчамлари (ТЎ) деб аталадиган усул кўп қўлланилади. Деталларни ТЎ билан тиклашнинг асосий маъноси бирикувчи деталларнинг бирортасига аввалдан аниқланган таъмирлаш ўлчами бўйича механикавий ишлов беришдан, бирикувчи иккинчи деталь эса янгисига ёки маълум таъмирлаш ўлчами бўйича тиклангани билан алмаштиришдан иборат. Таъмирлаш ўлчамлари сони ва қиймати аввалдан белгиланиши ҳисоб-



10.20-расм. Ейилишбардошликни ошириш учун резерв сиртлар яратишга мисоллар

га олинса, биринчи деталь билан бирикувчи иккинчи детални биринчиси тайёрланмасдан илгари ҳам яшаш мумкин.

Тў двигателнинг цилиндрлари ва тирсакли валларида, металл қирқув станоклари йўналтирувчилари ва ҳ.к.ларда кўп қўлланилади.

Резерв ишчи сиртларни яратишга деталларнинг галмагал ишлатилишини таъминловчи конструктив элементларни қўллаш мисол бўла олади. Масалан, ем-хашак майдаловчи машинанинг майдалагич — болғачаси (10.20 а-расм) тўртта ишчи юза 1...4 ларга эга бўлиб, улардан бирининг ейилиш миқдори чегарадан чиқиши билан қолганлари майдалагични буриб ўрнатиш ёрдамида навбатма-набат ишга туширилади.

10.20 б-расмда 1 сиртнинг ейилишидан сўнг пластинани 180° ўгириб 2 сиртни ишга туширилишига мисол келтирилган. Ҳамма ейиладиган деталларда конструктор ейилиш бўйича запас қолдиради, яъни пухталанган ейилувчи қатламнинг чуқурлиги ҳар доим чегаравий ейилиш миқдоридан катта бўлиши керак. Алмашинадиган элементларни киргизишнинг мақсадга мувофиқлиги нафақат деталнинг ҳар хил қисмлари учун мувофиқ материаллар

танлаш мумкинлигини аниқлайди, шунингдек асос деталнинг ейилиб кетмаслигини ҳам бутунлай таъминлайди. Бу эса деталнинг кўп муддат ичида ишлатилишига сабаб бўлади.

Алмашиладиган элементлар асосан ерли ейилишга эга бўлган қимматли ва ҳажми катта металлни (металлоемкий) деталларда қўлланилади. Масалан, ағдаргич плуглар ва лемехларда уларнинг кўп ейиладиган жойларида энгил алмаштириладиган қисмлар ишлатилади, шунингдек экскаваторларнинг тишларида, шестерняларнинг тишли венецлари, клапанларнинг ўтириш жойлари ва ҳ.к.ларда ҳам алмаштириладиган элементлар ишлатилади.

Ўн биринчи боб

ДЕТАЛЛАРНИ ЕЙИЛИШГА ЧИДАМЛИЛИГИНИ ОШИРИШНИНГ ТЕХНОЛОГИК УСУЛЛАРИ

Деталлар сиртига ишлов бериш усулини технолог кўп ҳолларда; айниқса ялпи ишлаб чиқариладиган буюмлар учун, техник-иқтисодий асослангандан сўнг ҳал қилинади. Масалан, деталнинг сиртқи қатлами тез ейиладиган бўлиб, унинг бошқа кўрсаткичлари таъмирлашга лаёқатли бўлса, сиртқи тоблаш ёки азотлаш мақсадга мувофиқ бўлмайди. Агар трактор тезкор режимда ишласа юқори частотали ток билан тобланган цилиндрнинг юпқа ишчи қатлами ейилиб, унинг юмшоқроқ, ейилишга чидамлиги паст бўлган қатлами ишга тушади. Бундай ҳолларда керакли қаттиқликни ва сиртқи структурани, механикавий ишлов бериш қийинлашсада, цилиндр қуймасини ишлаб чиқишдаёқ ҳисобга олиш керак.

Металл қирқкиш станокларининг йўналтирувчиларини хромлаш унинг иш муддатини оширади. Хром қатламини ҳосил қилиш учун катта қувватли гальваник ванналар ва генераторлар талаб қилинади, бу эса маълум ишлаб чиқариш масштабида самарасиз бўлиб қолиши мумкин.

Сиртқи тоблашдан сўнг механикавий ишлов бериш қийинлашсада, уни амалга ошириш соддароқ ва унумдорлиги юқорироқдир.

Деталларни ейилишига чидамлилиги ишқаланиш сиртларининг ғадир-будурлигига ва физик-механикавий хусусиятларига, ўз навбатида сиртнинг ғадир-будурлиги ва физик-механикавий хусусияти детални яшаш технологиясига боғлиқ. Демак технология детални яшаш босқичида унинг ейилишига чидамлилигини белгиловчи асосий омиллардан ҳисобланади.

Деталларни ейилишига чидамлилигини оширишнинг энг кўп тарқалган технологик усуллари кўриб чиқамиз. (11.1-расм).

11.1. Деталларга кесиш усули билан ишлов бериш

Бирлашма деталлари ғадир-будурликларининг ейилишга таъсири уларнинг ишлаб мослашиш жараёнидаёқ сезиларли бўла бошлайди, бу даврда нотекисликларнинг ўлчамларида ва шаклларида ҳамда уларнинг йўналишларида ўзгаришлар содир бўлади. Ишлаб мослашиш муддатини, демак ишлаб мослашиш жараёнида деталларнинг ейилиш миқдорини камайтириш учун деталларни дастлаб ясаш жараёнида унга шундай усул билан ишлов бериш керакки, бунда олинган ғадир-будурлик оптимал ғадир-будурликка максимал яқин бўлсин (оптимал ғадир-будурлик деталнинг ишқаланиш жуфтлигида нормал ишлаш жараёнида шаклланади). Шу билан бир қаторда ишлов беришда ҳосил бўлган нотекисликларнинг йўналиши маълум йўналишда бўлишини таъминлаш лозим, чунки бунга детални ейилишга қаршилиги сезиларли даражада боғлиқ бўлади. Агар сиртда микронотекисликлар нисбатан катта бўлса, нотекисликларни ҳаракат йўналишига параллель жойлаштириш қулайроқ ҳисобланади. Кичик нотекисликларда ишқаланиш сиртларининг ёпишиб қолишини олдини олиш мақсадида нотекисликлар йўналишини ҳаракат йўналишига перпендикуляр қилиб олиш тавсия этилади.

Деталга кесиш усули билан ишлов берилганда қалинлиги 0,05...0,5 мм бўлган мустаҳкамланган қатлам ҳосил бўлиши натижасида ишлов берилган сиртнинг қаттиқлиги 20—30 фоизга ортади. Бундан ташқари, деталларнинг сиртқи қатламида ейилишга ижобий таъсир этувчи, қиймати 3000—7000 кПа бўлган сиқишдан қолдиқ кучланишлар ҳосил бўлади.

Деталларга кесиш усули билан ишлов берилгандаги технологик омилларнинг сирт сифатига ва машина деталларини ейилишига чидамлилигига таъсирини кўриб чиқамиз.

Кесиш тезлиги. Кесиш тезлигини 25 м/мин гача оширилганда (бундай тезлик кесгичнинг кесувчи қиррасида ғурра ҳосил бўлишига олиб келади) сиртнинг ғадир-будурлиги ортади, кесиш тезлигини янада ортиши ғадир-будурликни камайишига олиб келади, бу эса ўз навбати-

да ишлов берилган юзани ейилишига ва коррозияга тур-
фунлигини оширади. Шу билан бир қаторда кесиш тезли-
гини маълум чегарагача ошириш наклепланган (пухта-
ланган) қатламнинг ортишига олиб келади. Юқори ке-
сиш тезликларида (200—600 м/мин) юмшаш содир бўлиб,
наклеп чуқурлигини ва бардош чегарасини камайтиради.

Узатиш. Узатиш ортиши билан сиртнинг ғадир-будур-
лиги ортади, бу эса деталнинг ейилишга қаршилигига
салбий таъсир кўрсатади. Бунинг иккинчи томони, уза-
тишни ортиши билан наклеп чуқурлиги ва қолдиқ си-
қиш кучланиши ортади, бу эса детални чарчашга мус-
таҳкамлигини оширади.

Кесиш чуқурлиги. Кесиш чуқурлиги камайиши билан
сиртнинг ғадир-будурлиги бирмунча камаяди, аммо бу
деталнинг ейилишига қаршилигига сезиларли таъсир эт-
майди.

Мойловчи-совутувчи суюқлик кесиш зонасидаги ис-
сиқликни ташқи муҳитга чиқаришни яхшилаб, ишқала-
нишни ва ёпишқоқликни камайтиради, бу эса юзанинг
ғадир-будурлигини камайтиришни ва ейилишга қарши-
лигини оширишга ёрдам беради.

Кескичнинг олдинги бурчаги. Олдинги бурчаги манфий
бўлиб 15° дан 45° гача бўлган кескичлардан механикавий
ишлов беришда фойдаланиш сиртги қатламда қолдиқ
сиқилиш кучланишларини ҳосил бўлишига сабаб бўла-
ди, бу эса бардош чегарасини оширади.

Кесувчи асбобнинг тепиши ишлов бериладиган юзада
тўлқинсимонлик ҳосил бўлишига ва ишлов берилган де-
талларнинг ишлатиш хусусиятларини пасайишига олиб
келади.

Станок, мослама, асбоб, деталь тизимининг тебрани-
ши тўлқинсимонли содир бўлишига ва ғадир-будурлик-
ни ортиб кетишига олиб келади, бу эса деталларнинг
ишлатиш (эксплуатацион) хусусиятларини сезиларли
даражада пасайиб кетишига сабаб бўлиши мумкин.

Туташувчи деталларининг тўлқинсимонлиги ҳақиқий
туташув юзасини камайишига ва ундаги босимнинг оши-
шига олиб келади. Тўлқинсимонлик думалаш ёки сирға-
ниб думалаш шароитида ишловчи деталларнинг иш ша-
роитига салбий таъсир кўрсатади. Масалан, кулачок сирт-

ларидаги тўлқинсимонлик маълум ҳаракат тезлигида механизм титрашини кучайтиради. Ишчи профилида тўлқинсимонлик бўлган тишли филдираклар илашмага кирганда, филдирак тишларининг туташуви тўлқинсимонликнинг учларида ёки энг пастки қисмларида содир бўлишлари мумкин. Айрим ҳолларда туташув узилиш даражасигача юксизлантириш содир бўлиб, сўнг буровчи момент таъсирида филдирак тишларида туташув содир бўлади. Бундай ҳолларда туташувда бўлган филдирак тишларида кескин ортувчи динамик юклама ҳосил бўлади. Натижада валларда ва у билан боғланган деталларда айланма ва кўндаланг тебранишлар ҳосил бўлади.

Ишқаланиш узеллари деталларнинг ясаш аниқлиги уларнинг иш муддатига таъсир этади. Сирпаниш подшипникларининг иш муддати, берилган тирқиш таъминланган ҳолда, унинг диаметрига қуйилган қуйма ортиши билан камайиб боради. Думалаш подшипникларида думалаш сиртлари диаметрларининг бир-бирларидан фарқланиши натижасида, улардаги юклама ҳам бир-бирларидан анча фарқ қилади.

11.2. Деталлар сиртига пластик деформация билан ишлов бериш

Сиртги пластик деформациялаш одатда юзани аввалдан ташқари қатлам металини мустаҳкамланиши (наклеп)га, унинг қаттиқлигини ва ейилишга чидамлилигининг ошишига олиб келади. Наклепни ейилишга чидамлилиги, айниқса пластикроқ ва нисбатан юмшоқ пўлатларда кузатилади. Уларда микроқаттиқликни қисман ошиши ҳам ейилишга чидамликни ошишга сезиларли таъсир кўрсатади. Бундан ташқари, босим билан ишлов берилганда юзада хусусий шаклдаги микронотекисликлар ҳосил бўлади.

Сиртга пластик деформация билан мустаҳкамлашнинг асосий усуллари 11.1-жадвалда келтирилган.

Олмос билан силлиқлаш пўлатларга, рангли металларга ва қотишмаларга ишлов бериш учун қўлланилади. Олмоснинг жуда катта мўртликка эга бўлганлигини ҳисобга

олиб, узук-узук (ёки юлук) сиртларга силлиқлаш усули билан ишлов бериш тавсия этилмайди.

Сиртни айлантириб ва думалатиб текислаш усули цилиндрик сиртларга, бўйинчаларга (галтел), текис ва мураккаб шаклли сиртларга ишлов бериш учун қўлланилади. Айлантириб ва думалатиб текисланганда сирт ғадир-будурлиги ўлчамларининг ўзгариши, ишлов бериш режимларига боғлиқ.

Тебранма думалатиш (виброобкатывание) билан ишлов берилганда сиртда турли шаклда каналчалар олиш имкони бўлиб, улар ёрдамида мойли муҳитда ишланганда туташуш жойларида мой миқдорини кўпайтириш, мойсиз шароитда ишлаганда туташуш сиртини камайтириш имкони мавжуд. Тебранма думалатиш билан ишлов берилган деталлар нотекисликлари учларининг эгрилик радиуслари катта бўлиб, кўндаланг ва бўйлама ғадир-будурликларнинг баландликлари деярли бир хил бўлади. Ғадир-будурлик бир хил бўлганда тебранма думалатиш билан ишлов берилган юзаларнинг таянч сиртлари қирқиш ёки одатдаги думалатиш билан ишлов берилган юзаларга қараганда каттароқ бўлади. Бу эса тебранма думалатиш билан ишлов берилган сиртларни мослашиш давридаги ейилишининг камайишига олиб келади.

11.3. Ейилишга қаршиликни сиртга термик ва химиявий термик ишлов бериш йўли билан ошириш

Ўртача, юқори углеродли пўлатлардан, болғаланадиган, кулранг ва юқори мустаҳкамликка эга бўлган чўялардан ясалган деталларнинг маълум қисмларининг ташқи сиртларида ейилишга чидамли қаттиқ қатлам ҳосил қилиш учун, ташқи сиртни тоблаш усулидан фойдаланилади. Бунда тоблаш қалинлиги 1,5—2 ммни ташкил этади. Ташқи сиртларни тоблаш газ алангаси ва юқори частотали ток ила қизитиш билан олиб борилади. Газ алангасида қизитиб тоблаш қуйма тишли филдиракларни, редуктор червякларини, прокат валикларини ва бошқа йирик пўлат буюмларнинг ташқи қисмларини мустаҳкамлаш учун

қўлланилади. Юқори частотали ток (ЮЧТ) билан тоблаш жуда кенг тарқалган. Уни бир вақтнинг ўзида (тобланадиган юза бир вақтнинг ўзида қизитилади (тўхтовсиз, кетма-кет) тобланадиган детал қисми бирин-кетин кетма-кет қизитилади ва совитилади) амалга ошириш мумкин. Юқори частотали ток билан сиртги тоблашнинг афзалликларига юқори иш унумдорлиги ва юқори сифати, тоблаш жараёнини автоматлаштириш имконияти борлиги кирадилар.

Химиявий-термик ишлов бериш металлларнинг антифрикцион хусусиятларини ва ейилишга қаршилигини диффузион тўйинтириш ёки уларни химиявий актив элементлар бирикмалари билан бойитиш учун қўлланилади.

Қаттиқ, суюқ ва газ муҳитларида химиявий-термик ишлов бериш икки асосий гуруҳга бўлинади:

1. Деталлар сиртининг қаттиқлигини ошириш орқали ейилишга чидамликни химиявий термик ишлов бериш йўли билан ошириш турлари (цементация, азотлаш, цианлаш, борлаш).

2. Ишқаланиш жараёнида тишлашиб ва ёпишиб қолишнинг олдини олувчи актив элементлар бирикмалари билан бойитилган, асосан, металлларнинг тишлашиб қолишга қаршилик хусусиятларини яхшилаш учун юпқа ташқи металл қатламларини ҳосил қилувчи химиявий-термик ишлов бериш турлари (сульфидлаш, сульфоцианлаш, селенлаш, темирлаш, йод-кадмий тузи ваннасида ишлов бериш ва бошқалар). Бундай ишлов бериш турларининг таъсири ишқаланиш коэффициентини камайтириш, бошланаётган тишлашиб қолишни бартараф этишдан иборат (бунда сиртқи қатлам деярли ўзгармайди).

Цементация таркибида 0,08—0,30 фоиз углерод бўлган кам углеродли легирланган ва легирланмаган пўлатлар учун қўлланилади. Углерод миқдори қалинлиги 0,15—2,0 мм бўлган ташқи қатламда цементация қилингандан сўнг 0,8—1,0 фоизни ташкил этади. Ташқи қатлам қалинлиги цементация ва паст ҳароратли бўшатишдан (отпуск) сўнг HRC 58—64 ни ташкил этади.

лов берилганда сиртқи қатлам газ билан цементация қилинганга қараганда, азотнинг борлиги ва майда доначали структурага эга бўлганлиги учун, ейилишга чидам-лироқ бўлади. Нитроцементация газ муҳитида олиб бори-либ, тобланган қатламнинг қалинлиги 0,15...1,0 мм, қат-тиқлиги эса HRC 52—60 ни ташкил этади.

Цианлаш пўлатдан ясалган деталларнинг ташқи сирт-ларини бир вақтнинг ўзида азот ва углерод билан тўйин-тиришдан иборат. Бу жараён суюқ ёки газ муҳитида олиб борилиши мумкин. Цианлаш температурасига қараб паст температурали (530—650°C) ва юқори температурали (800—930°C) турларга бўлинади.

Паст ҳароратли цианлаш азотлаш жараёнига ўхшаб кетади. Паст ҳароратли суюқликда цианлаш тез кесувчи пўлатдан ясалган кесувчи асбобнинг турғунлигини оши-ришда кенг қўлланилади. Углеродли ва хромли пўлатлар қисқа муддатли паст температурада цианлангандан сўнг ҳавода ёки сувда совитилса унинг чидамлилиқ чегараси сезиларли даражада ошади.

Юқори температурали суюқликда цианлаш кам ва ўрта-ча углеродли пўлатлардан, ҳамма углерод миқдори 0,4 фоизгача бўлган легирланган пўлатлардан ясалган турли деталлар (болтлар, гайкалар, тишли филдираклар, узат-малар қутиси узатмасини ўзгарувчи вилкалар, роликлар ва шунга ўхшаш деталлар)да қўлланилади. Деталнинг ишлаш шароитига боғлиқ ҳолда цианлаш қалинлиги 0,05 дан 0,25 мм гача бўлиши мумкин. Масалан, катта нисбий юкламада ишловчи шестернялар тишларининг ишчи юза-лариди қисқа муддатда чўтирсимон ейилиш содир бўли-шининг олдини олиш мақсадида уларни каттароқ чуқур-ликда цианлаш талаб қилинади. Деталларга цианланган-дан сўнг термик ишлов берилади, қатлам қаттиқлиги тоблангандан сўнг HRC 55 ва ундан юқорироқ бўлиши мумкин.

Цианлаш жараёни тезлиги цементация ва азотлаш жараёнлари тезликларига қараганда юқорилиги билан характерланади ва мустаҳкамланиш самарадорлиги баланд бўлади.

Термодиффузион хромлаш пўлатдан ясалган деталлар ташқи қатламини юқори температурада (950—1300°С) хромни темирга диффузиялаш йўли билан хромга тўйинтириш жараёни ҳисобланади. Қаттиқ муҳитда хромлаш цементацияга ўхшаш бўлади, суюқлик муҳитида хромлаш эса электролитик ванналарда олиб борилади. Хромлашни газли муҳитда ҳам олиб бориш мумкин.

Илмий тадқиқотлар шуни кўрсатадики, хромланган қатламнинг сиртқи қисми хром карбидидан иборат. Карбид қатламининг тагидаги қисмда катта миқдорда хром ва углерод мавжуд. Карбидлар ҳосил қилиш учун зарур бўлган углерод хромга диффузияланган углерод ҳисобидан таъминланади. Шу сабабдан углерод ва хром билан тўйинган қисм тагида ўзак қисмига қараган камроқ углеродли бўлган қатлам ҳосил бўлади.

Хромланган қатлам қаттиқлиги углерод миқдорининг ошиши билан ошиб боради. Қаттиқлиги паст углеродли пўлатлар учун НВ-150—180, ўртача углеродли пўлатлар учун НВ-300 ва юқори углеродли пўлатлар учун эса НВ 1300—1350 ни ташкил этади. Қаттиқ эритма хилидаги ёки карбид структурали хромланган қатлам ҳавода ва денгиз сувида занглашга қаршилиги юқори ҳисобланади.

Термодиффузион хромлашни ёнилғи насоси плунжерига ёки втулкасининг ейилишга чидамлилигини ошириш учун қўллаш мумкин.

Бор билан тўйинтириш, асосан ўртача углеродли легирланмаган пўлатларда қаттиқ, суюқ ёки газли муҳитда олиб борилади. Бор билан тўйинтирилган ташқи қатламларнинг қаттиқлиги НВ 1400—1500 гача этади, бу ишқаланиш юзасининг ейилишга чидамлилигини таъминлайди. Бор билан тўйинтирилган қатлам қалинлиги 0,12—0,85 мм ни ташкил этади.

Сульфидлаш ва сульфидли цианлаш. Тузли ванналарда олиб бориладиган сульфидлаш, сезиларли даражада ўйилишга қаршилик самарадорлигини таъминлайди ва ишқаланиш коэффицентини пасайтиради. Ейилишга чидамлик 2—3 бараварга ортади.

Сульфидли цианлаш натижасида ишқаланиш юзаларини ўйилишга қаршилигини ҳамда ейилишга чидамлик хусусиятларини ошириш таъминланади.

Титанли қотишмаларга химиявий-термик ишлов бериш усуллари. Паст даражадаги антифрикцион хусусиятларга эга бўлган ва ўйилишга мойиллиги юқори бўлган титанли қотишмаларнинг ўйилишга қаршилигини ва ейилишга чидамлигини ошириш учун сульфидлаш, азотлаш, термик оксидлаш ва йод-кадмийли туз ванналарида ишлов бериш қўлланилади.

11.4. Ейилишга чидамликни оширишнинг гальваник усуллари

Деталларнинг ейилишга чидамлигини ошириш учун гальваник усулларнинг хромлаш, темирлаш, никеллаш турлари қўлланилади.

Хромлаш. Гальваник усулда деталларнинг ташқи сиртга қопланадиган хром қатлами 0,1—0,2 мм бўлиб, юқори қаттиқликка (НВ 1000—1100), паст ишқаланиш коэффициентига эга бўлади ва ишқаланиш жараёнида иссиқлик ажралиб чиқишини камайтиради. Қаттиқ силлиқ хром қопламасининг ейилишга чидамлиги пўлат деталларга нисбатан 5—15 марта юқоридир.

Хромлаш икки хил бўлиб, улар силлиқ ғовакли хром қатламларига бўлинади. Силлиқ хром қопламаси муҳим бир камчиликка эга, у ҳам бўлса мойларни ўз сиртида ушлаб қола олмаслигидир (мой билан ҳўлланмаслиги). Қопламани мой билан ҳўлланувчанлигини ошириш учун қаттиқ силлиқ хром қатламини анодли ўйиш (анодное травление) ёрдамида унда ғовакликлар, чуқурчалар ва каналчалар ҳосил қилиш керак бўлади. Қопламадаги ғовакликлар каналчасимон (каналчалар кесими ўлчамлари 0,05×0,05 мм) ёки нуқтасимон бўлишлари мумкин.

Нуқтасимон ғовакли хром қатлами ўзида кўпроқ мой ушлаб тура олиш хусусиятига эга бўлади ва шунинг учун жуда оғир шароитда ишловчи (двигателларнинг сиқувчи халқалари) деталларда қўлланилади. Бундай қоплама тез

мослашувчанлик хусусиятига эга бўлсада, аммо унинг ейилишга чидамлилиги каналчасимон хромли қопламага нисбатан бир оз пастроқдир. Каналчасимон хром билан кўпроқ цилиндр гильзалари қопланади. Говакли хромланган гильза ва поршень ҳалқаларининг ейилиши худди шундай хромланмаган деталлар ейилишидан 4—7 марта кам бўлиб, бундай деталлар билан бирикма ҳосил қилган деталларнинг ейилиши ҳам 5—7 марта камаяди.

Деталларни хромлаш кейинги механикавий ишлов беришга қуйма (жилвирлашга ва жилолашга) қолдириш билан ёки аниқ ўлчам бўйича хромлаб қўшимча механикавий ишловсиз ясалиши мумкин.

Хромланган деталлар баббитлар, майда доначали чўян ёки ўртача катталиқда тобланган пўлатлар билан мойли муҳитда ва унча катта бўлмаган босимда яхши ишлайди. Титанли қотишмалар билан жуфтликда ишлайдиган деталларни хромлаш тавсия этилмайди.

Хромлашни тоблаш ва цементация қилиш билан алмаштириб бўлмайди. Шунини айтиб ўтиш керакки, тобланган ва цементация қилинган деталлар ҳам ейилишга чидамлиликини ошириш учун хромланиши мумкин.

Хромлаш ейилган деталларни тиклаш учун ҳам қўлланилади.

Темирлаш пўлат ва чўяндан ясалган деталларнинг ейилган юзаларини тиклашда кенг қўлланилади. Бу жараён хромлашга қараганда тахминан 10—15 марта унумдорлироқ бўлиб, қиймати паст, қоплама қалинлиги 3 мм гача, қаттиқлиги эса HV 600—650 гача етади. Темирлаш хромлашдан аввалги пастги қатлам сифатида ҳам қўлланиши мумкин. Электролитик йўл билан қопланган темир химиявий тозалиги билан ажралиб туради, шунинг учун унинг коррозияга чидамлилиги кам углеродли пўлатлардан юқори, мустаҳкамлик чегараси 350—400 МПа, нисбий узайиши 5—10 фоиз, электролитнинг таркибига ва электролиз шароитига боғлиқ ҳолда HB 100—240 қаттиқликка эга бўлади.

Чўян ва пўлатдан ясалган деталларнинг ейилган юзаларини металл билан катталаштириш воситаси сифатида

темирлаш кўпроқ қўлланилади. Бунда ҳосил қилинган қатламнинг қалинлиги 8 мм гача етади. Агар ишқаланиш юзасидан каттароқ қаттиқлик талаб этилса, темирланган юза хромланади ёки цементация қилинади. Юқори механикавий хусусиятли, ейилишга чидамли ва яхшиланган структура олиш учун темирлаш таркибида марганец ёки никель бўлган электролитларда олиб борилади. Айрим ҳолларда катодни темир ва углерод билан қоплаш усули қўлланилади. Бунда қопламадаги углерод миқдорини 0,6 фоизгача етказиш мумкин. Бундай қопламалар яхши тобланиш ва жилвирланиш хусусиятига эга.

Никеллаш. Бундай қатлам хром қопламасига нисбатан камроқ қаттиқликка эга бўлсада, аммо у механикавий ишлов беришга яхши мойиллик кўрсатади. Қатламнинг қалинлиги 2 мм гача бўлса катта қовушқоқликка эга бўлади. Бундан ташқари, никеллаш арзонроқ ва хромлашга қараганда унумлироқ жараён ҳисобланади.

Фосфор-никель қаттиқ қотишмали электролитик қоплама яхши антифрикцион хусусиятларга эга. Бундай қопламали деталь чўян билан ишқаланганда, унинг ишқаланиш коэффициентини пўлат ва хром билан ишқаланишга қараганда 30 фоизга камроқ бўлади. Қуруқ ишқаланишда қопламанинг бундай ейилишга чидамлилиги тобланган пўлатга қараганда 2,5—3 баравар юқори бўлади. Бирикма деталлари фосфор-никелли қоплама билан ишлаганда, пўлат билан ишлашга қараганда 4—5 марта ва хром бўйлаб ишлашга қараганда эса 20—40% кам ейилади.

Қаттиқ никеллаш билан металл кесувчи станокларнинг шпиделлари, поршень бармоқлари, тирсакли валлар, цилиндр гильзалари ва бошқа деталлар мустаҳкамланади ва тикланади.

Қалинлиги 60 мкм дан каттароқ, катта микроқаттиқликка (4000—4500 МПа) ва ейилишга чидамли оксид пардасини олиш технологик жараёни **оксидлаш** дейилади. Оксидлаш алюминий ва унинг қотишмаларидан ясалган тишли ғилдиракларни, двигатель деталларини, текстиль машиналари ва бошқа деталларнинг ейилишга чидамлилигини ошириш учун қўлланилади. Айрим деталларнинг

оксидлангандан сўнг мойли шароитда ишлаганда ейи-лишга чидамлилиги 5 марта ва ундан ортиқроқ кўпаяди.

11.5. Деталь сиртларига металлни суюқлантириб (эритиб) қоплаш

Металлни суюқлантириб (эритиб) қоплаш деталларнинг ташқи қатламини мустақкамлаш, ейилган машина деталларининг иш қобилиятини тиклаш ва иш муддатини ошириш учун қўлланилади. Суюқлантириб қоплашда қопланадиган қатлам билан деталнинг асосий металл бирга эритилганлиги сабабли уларда яхши боғланиш ҳосил бўлиши таъминланади. Суюқлантириб қоплашни исталган қалинликда олиш мумкин, қоплаш жараёнининг унумдорлиги юқори. Суюқлантириб қоплашнинг бир неча турлари мавжуд.

Газ билан суюқлантириб қоплаш 35, 40 ва 45 пўлатлардан ясалган деталларни ҳамда паст ва ўртача легирланган пўлатларни мустақкамлаш учун қўлланилади. Сор-майт хилидаги қаттиқ қотишмалар билан асбобларни ва деталларни газ билан суюқлантириб қоплаш кўпроқ қўлланилади. Бундай деталларнинг ишчи сиртлари катта қаттиқликка ва ейилишга юқори чидамликка (йўл қурилиш, қурилиш, қишлоқ хўжалик машиналари деталлари ва бошқалар) эга бўлиши керак. Иш шароитига боғлиқ суюқлантириб қопланган қатлам қалинлиги 0,25—5,0 мм ни ташкил этади.

Электр ёйи таъсирида металлни суюқлантириб қоплаш ейилган деталларнинг иш қобилиятини тиклаш учун фойдаланилади. У турли хилдаги электродлар билан, ҳимоя газлари муҳитида, флюс қатлами остида ва бошқа суюқлантириб қўйилган қатлам юқори сифатлилигини таъминловчи усуллар билан амалга оширилади. Электр ёйи таъсирида суюқлантириб қоплаш дастаги, ярим автоматик ва автоматик бўлишлари мумкин.

Газ билан электр ёйи таъсирида суюқлантириб қоплашдан ташқари, шлак ёрдамида электрик ва тебранма ёйли ва бошқа суюқлантириб қоплаш усуллари ҳам

қўлланилади. Ейилишга чидамли қатламни газли, электрик ва плазмали металлалаш билан ҳам қоплаш мумкин. Бундай металлалаш усулларидадан кейинги йилларда плазмали металлалаш истиқболи эканлигини кўрсатди.

11.6. Деталларнинг ишчи сиртларига термик ишлов бериш

Деталлар ишчи сиртларига термик ишлов бериш, асосан ўрта ва юқори углеродли пўлатлар, шунингдек углероди 0,6% дан кам бўлмаган юқори пишиқликка эга, кулранг, болғаланувчан чўянларнинг аниқ бир юзаларида ейилишбардош қатлам ҳосил қилиш учун қўлланилади.

Сиртқи тоблаш икки операциядан иборат: қатламни тоблаш ҳароратигача қиздириш ва уни уй ҳароратигача тезда совитиш. Қиздириш қуйидаги усуллар билан олиб борилиши мумкин: алангали, контактли, юқори частотали ва электролитда қиздириш усули. Тоблаш чуқурлиги ейилишга учрайдиган юзалар учун 1,5—2,0 мм, агар тоблашдан сўнг юзага жилвирлаш билан ишлов бериладиган бўлса тоблаш қалинлиги оширилади. Катта туташув босимлар шароитида ишлайдиган юзаларда тоблаш қалинлиги 4—5 мм ва ундан ҳам кўпроқ бўлиши мумкин.

Аланга билан сиртни тоблаш. Бундай тоблаш усулида деталлар ёнувчи газ ва кислород аралашмаси алангаси ҳамда керосин — кислород алангаси билан қизитилади. Тоблашдаги аланганинг шакли тобланадиган детал сиртининг шаклига тўғри келиши керак, акс ҳолда тобланган юзанинг қаттиқлиги бир меъёрда бўлмай қолади. Тобланадиган детални совитиш усули пўлатдаги углерод миқдорига қараб уй ҳароратидан ёки илитилган сувдан, эмульсиядан ва сиқилган ҳаводан фойдаланилади. Тобланадиган юзанинг ўлчамларига ва шаклига ҳамда ишлаб чиқиладиган буюмнинг режасига боғлиқ бўлган ҳолда тоблаш цикли ва бетўхтов усулларга бўлинади.

Цикли усул қўзғалмас ва тез айланувчи усулларга бўлинади. Қўзғалмас усул кулачокларни, токарлик станоги марказларини, зубилаларни, метчикларни, пар-

маларни, сиқиб турувчи ускуналарни, тишли филдирак тишларини, туртгич учларини тоблаш учун қўлланилади. Тез айланувчи усул диаметри 150 мм дан ва узанлиги икки метрдан катта бўлган цилиндрик деталларни тоблашда ҳамда диаметри 450 мм гача, узунлиги 100 мм гача бўлган таянч ғалтакларини, роликларни тоблашда қўлланилади. Тез айланувчи усул тоблаш қаттиқлиги ва чуқурлиги бўйича бир текисда бўлишини таъминлайди. Тоблашнинг бетўхтов усуллариға тўхтовсиз кетма-кет, ҳалқали аралаш ва спираль аралаш усуллари киради.

Тўхтовсиз кетма-кет усули билан катта ўлчамдаги призматик ва цилиндрик шаклдаги деталлар тобланади. Ҳалқали аралаш усулда валлар, ўқлар, шпинделлар, совуқ прокатлаш станининг валиклари, ички цилиндрик сиртлар ва бошқалар тобланади. Спираль аралаш усулда валлар, ўқлар, шпинделлар, арқон барабанлари тобланади. Тез айланишли аралаш ва цилиндрли усуллари деталларни бир хил чуқурликда ва қаттиқликда тоблашни таъминлайди.

Электр токи ёрдамида туташувни қизитиш билан сиртни тоблаш. Бу усулда тоблаш учун қизитишда саноат частотасига эга бўлган ўзгарувчан ток фойдаланилади. Пўлат деталь устида думалай оладиган, ролик кўринишида ясалган электродға бир фазали пасайтирувчи трансформатордан ток уланади. Яхши туташув (контакт) ҳосил қилиш учун ролик ишлов бериладиган юзага сиқилади; системадан ток ўтганда туташув жойларидан иссиқлик ажралиб чиқади. Тоблаш температурасигача қизитилган металл тезда 25—60°C даражагача илитилган эмульсия ёки сув билан совитилади; йирик, оғир деталлар сунъий совитишни талаб қилмайди, чунки деталнинг қизитилмаган қисмининг ўзи совитувчи муҳит ҳисобланади. Бундай қизитиш усулида 0,05—0,2 мм қалинликдаги металл қатлами тобланмасдан қолади, чунки ролик билан (роликининг қизиш ҳарорати 400—450°C гача бўлади) жадал равишда совитилиб боради ва шунинг учун юзидаги бу қатламнинг ҳарорати тоблаш учун зарур бўлган ҳароратгача

етмайди. Тобланмай қолган қатлам жилвирлаш жараёнида олиб ташланади.

Электр токи ёрдамида туташувни қизитиш билан сиртги тоблаш ишлов бериладиган юзанинг бутун кенглиги бўйича тоблаш ва тасмали тоблаш турларига бўлинади. Бутун кенглиги бўйича тоблаш усули билан рельслар, филдирак бандажлари, вал бўйинлари, станина йўналтирувчилари ва ҳ.к. лар тобланади. Тасмали тоблаш усули узун цилиндрик сиртларни тоблаш учун қўлланилади.

Юқори частотали тоблаш деталь сиртини тоблаш усули бўлиб, юқори частотали токнинг индуктивлигига асосланган. Деталь сиртини қизитиш чуқурлиги ток частотаси ортиши билан камайиб боради. Юқори частотали тоблаш бир вақтнинг ўзида, кетма-кет ва тўхтовсиз кетма-кет тоблаш усулларида қўлланилади. Бир вақтнинг ўзида тоблаш тикув игналарини, винтларни, пармаларни, ички резьба очгичларни, тўғри ва тирсакли валларни, кулачокли ва шлицали валларни, тишли филдиракларни ва ҳ.к.ларни тоблаш учун қўлланилади.

Кетма-кет тоблаш усулида деталнинг алоҳида қисмлари навбатма-навбат қизитилади ва тобланади. Масалан, катта модулли тишли филдиракнинг тишлари алоҳида-алоҳида тобланади.

Тўхтовсиз кетма-кет тоблаш усули билан совуқ прокатлаш станининг валиклари, йирик вал бўйинлари, ўқлар, двигателларнинг гильзалари, катта ўлчамли поршень ҳалқалари, станок станиналари, гусеница трактлари ва ҳ.к.лар тобланади.

Электролитда электрик қизитиш усули билан сиртни тоблаш. Бундай тоблаш усулининг маъноси қуйидагилардан иборат. Агар металл ваннаси кальцийли сода ёки поташ эритмасидан иборат электролит билан тўлғизиблиб, уни ток манбаининг мусбат қутбига, электролитга ботирилган пўлат стерженни манфий қутбга уланиб, катта ток кучига эга бўлган ток берилса, стержень юқори ҳароратгача тезда қизийди. Бу жараёни қуйидагича тушунтириш мумкин: катодда ажралиб чиқаётган водород, стерженнинг электролитда ботиб турган сиртида катта электр

қаршилигига эга бўлган қобиқ ҳосил қилади; бир вақтнинг ўзида бу қобиқ стерженни электролит билан совитилиб қолишини олдини оловчи иссиқлик экрани вазифасини ҳам бажаради. Бундай тоблаш усули билан тургич штангаларини, клапан стерженларини, штифтларни, винт учларини ва ҳоказоларни тоблаш мумкин.

Ун иккинчи боб

ИШЛАТИШ ШАРОИТИДА МАШИНА ДЕТАЛЛАРИНИНГ ЕЙИЛИШИ ВА УНИНГ ОЛДИНИ ОЛИШ

Машина характеристикасига лойиҳалашда асос солинади, ясаш жараёнида шаклланади ва ишлатиш жараёнида эса амалга оширилади. Шунинг учун ҳам деталларни ишлатиш шароити ва унинг деталь ишлаш муддатига таъсирини билиш муҳим аҳамиятга эга.

Умуман, ҳар хил машиналарнинг ишлатиш шароитлари турли-туманлиги билан ажралиб туради. Шундай тупроқ иқлим шароитлари мавжудки, уларда машиналарнинг ишлатиш шароити бошқалардан кўра жуда оғирроқ бўлади. Бизнинг мамлакатимиз шулардан бири — иссиқ ва қуруқ регионлар қаторига киради.

12.1. Иссиқ иқлим шароитида ва юқори чангликда ишқаланиш узелларини ишлатиш хусусиятлари

Иссиқ иқлим зонаси ёруғлиги ва иссиқлиги, юқори ҳарорат ва паст намлиги, қурғоқчилиги, кучли шамоллари, қум бўронлари ва атроф-муҳитнинг юқори чанглиги билан характерланади. Ёзда соядаги ҳарорат $+50^{\circ}\text{C}$ гача етади, 8 соат давомида ҳароратнинг ўртача ўзгариши 25°C ни ташкил этади. Ёзда қуёшда металл буюмлар $+85^{\circ}\text{C}$ гача қизийди. Йил давомида иссиқ кунлар 110—160 кунни ташкил қилади.

Юқори ҳарорат ва ҳавонинг қуруқлиги тупроқни қуриб кетишига олиб келади. Бундай шароитда ҳатто бир оз шамол ҳам қум ва чанг бўронларини содир бўлишига олиб келади, бунда 1 м^3 ҳаводаги чанг миқдори 6 г дан ҳам ошиб кетади.

Иссиқ иқлим шароитида, айниқса, транспорт, қишлоқ хўжалик, йўл қурилиш, қурилиш ва бошқа очик ҳаво-

да ишловчи машиналарни ишлатиш жуда қийинлашади. Юқори ҳароратда ҳавонинг зичлигини пасайиши натижасида ички ёнув двигателларининг ишлаши ёмонлашади, уларнинг қуввати ва ёнилғи тежамкорлиги пасаяди; двигатель, трансмиссия картерларидаги ва бошқа агрегат билан узеллардаги мойнинг ҳарорати кўтарилади, бу эса мойнинг мойлаш хусусиятига салбий таъсир кўрсатади. Қизиб-суюлган мой узель ва агрегатлардан сапун орқали, ажралиш текислиги, сальникли зичловчилардан ва подшипник қопқоқлари тагидан оқиб чиқади. Мойнинг оксидланиш тезлиги ортади.

Мой сифатининг ёмонлашуви, унинг оқиб кетиши ишқаланувчи бирикмалар ейилишини кескин оширади. Ҳавонинг юқори чанглилик даражаси барча узель ва агрегатларнинг ейилиши жадаллигига кучли таъсир кўрсатади. Чанг таркибида 82 фоизгача кварц ва корунд мавжуд бўлиб, улар юқори қаттиқликка эга бўлганлиги учун ишқаланувчи деталларни абразив ейилишига олиб келади. Ёз пайтларида йўлларда ҳавонинг чанглилик даражаси 1500—2000 мг/м³ гача ва ундан ҳам ортиқ бўлади. Чанг заррачасининг ўлчамлари 0,006 мм дан 0,6 мм гача ва ундан ортиқроқ бўлишлари ҳам мумкин.

Абразив заррачалар ҳаводан ва тупроқдан ёнилғи, мойлаш материаллари ва ишчи муҳит ҳамда деталлар бирикмасининг нозичлиги орқали, шунингдек ёнилғи ва мойлаш материалларини сақлаш ва ташиш жараёнида ёнилғи бакларига, катерларга, цилиндрларга ва бошқа узелларга тушиб қолади.

Агар ҳаводаги чангнинг миқдори 2,0 г/м³ гача бўлса, автомобилнинг ҳаво фильтрида 10 соат ишлаш давомида 5—6 кг чанг ушлаб қолинади, яъни филтёр чангдан двигатель 3—4 соат ишлагандан сўнг тозаланиши керак. Двигатель чангли шароитда ишлаганда подшипниклардаги тирқиш тоза ҳаводагига қараганда 9—10 марта тезроқ ортади. Шу нарса аниқланганки, цилиндрга кирган чангнинг 1/6 қисми ишлатилган газлар билан ташқарига чиқариб юборилади, қолган қисми эса двигателда ушланиб қолади. Қаттиқ заррачалар, айниқса, двигатель тирсакли

вали бош ва шатун бўйинларининг ейилишига салбий таъсир кўрсатиб, уни 8—10 марта ошишига олиб келади.

Трактор ва йўл қурилиш машиналар трансмиссиясига анча миқдорда чанг кириб, узатмалар қутиси ва орқа кўприк деталларининг ейилиши натижасида уларнинг муддатдан олдин ишдан чиқишига олиб келади. Чанг билан ифлосланган (0,8—2,4 фоиз) мойда ишловчи узатмалар қутиси деталларининг ейилиши, тоза мойдагига қараганда, 1,5—5,5 марта юқори бўлади.

Абразив ейилиш натижасида шестерняли гидронасосларнинг 84 фоиз деталлари ишдан чиқади. Айниқса, оғир шароитда ишлайдиган юрувчи қисм деталларининг ейилиши жуда сезиларлидир. Атроф ҳавонинг чанглилиги юқори бўлган шароитда ва ифлосланган ёнилғи, мой, ишчи суюқликларда ишлайдиган кўпчилик ишқаланиш юзларининг асосий ейилиши абразив ейилиш ҳисобланади. Бунга мисол сифатида 12.1-расмда ейилган дизель цилиндр-гильзаси ишқаланиш юзасининг макроструктураси ва электрон расми келтирилган. Унча катта бўлмаган катталаштиришдан кўриниб турибдики (12.1 *а*-расм) абразив ейилишга хос бўлган ҳаракат йўналишидаги



12.1-расм.

Дизель цилиндр-гильзаси ишқаланиш сиртининг макроструктураси (*а*, $\times 100$), микроструктура (*б*, $\times 400$) лари ва электрон расми (*в*, $\times 5000$)

кўпчилик юликликлар (микрокесиш излари) кўзга ташланади. Ишқаланиш юзаси янада катталаштирилганда микрокесиш изларидан ташқари чарчаш ва ҳарорат таъсирида содир бўлган микродарзларни ҳам кўриш мумкин, булар абразив ейилишга ҳамроҳ бўлади (12.1 б-расм). Гильза сиртидаги абразив заррачаларнинг излари айниқса электрон расмда яққол кўзга ташланади (12.1 в-расм). Иссиқ иқлим шароитида машиналарни ишлатиш шуни кўрсатадики, бу зонада ишлайдиган машиналар деталларининг ейилиш жадаллиги мўътадил иқлим шароитидагига қараганда 2—10 марта ортиқ.

12.2. Айрим деталларнинг ишлатиш шароитидаги ейилиш хусусиятлари

12.2.1. Двигатель цилиндр-поршень гуруҳи (ЦПГ) деталларининг ейилиши

Одатда цилиндр-поршень гуруҳи деталларининг ҳолати двигатель ишини ифодалаб беради, чунки уларнинг ейилиши двигательни тубдан таъмирлашгача бўлган иш муддати белгилайди.

Турли двигателларда цилиндр-поршень гуруҳи бир хил деталларининг ейилиш миқдорлари катта оралиқда ўзгариб туради, бу улар ясаш сифатининг (технологик омиллари) турлича бўлиши билан боғлиқ.

Цилиндр-поршень гуруҳи деталлари абразив ва коррозион-механикавий ейилишга учрайди. Кейинги тадқиқотларга мувофиқ, бу деталларнинг асосий ейилиши абразив ейилиш ҳисобланади. Абразив ва коррозион-механикавий ейилиш билан бир қаторда узлуксиз мой пардаси таъминланмайдиган жойларда (цилиндрнинг юқориги қисмида) тишлашиб қолиш, айрим ҳолларда ўйилиб қолиш ҳоллари учрайди.

ЦПГ деталларининг коррозион-механикавий ейилишлари ишқаланиш зонасида агрессив моддалар (мойнинг оксидланиш, ёнилғи ёнишидан ҳосил бўладиган газсимон ва суюқ маҳсулотлар) бўлиши билан содир бўлади. Бундай моддалар юқори ҳарорат билан биргаликда мустақамланиб қола олмайдиган оксид пардаларни ҳосил

қилади ва улар ишқаланиш даврида деталь юзасидан тезда сидирилиб ташланади. Бундай ейилиш турига электрохимиявий жараёнлар ҳамроҳ бўлади.

ЦПГ деталларининг абразив ейилиши, асосан, минерал абразив заррачалар билан содир бўлади. Улар цилиндрларга ҳаво, ёнилғи, мойловчи материаллар билан биргаликда киради. Цилиндрлар ясовчиси ва кўндаланг кесими бўйича нотекис ейилади.

Цилиндрларнинг кўндаланг кесими бўйича бир текис ейилмаслиги ёнилғи аралашмаси оқимининг йўналишига, уни ифлосланганлик даражасига, ҳароратнинг цилиндр айланаси бўйича нотекислигига, поршень ҳалқаларининг босимига, цилиндрнинг деформациясига ва бошқаларга боғлиқ. Энг катта ейилиш, одатда, киритиш клапани қаршисида содир бўлади. Тирсакли вал ўқиға перпендикуляр бўлган текисликда цилиндрнинг ейилиш миқдори одатда тирсакли вал ўқиға параллель бўлган текисликдагиға қараганда 1,05—1,5 марта катта бўлади.

Цилиндрнинг ясовчиси бўйича энг катта ейилиш миқдори биринчи сиқиш ҳалқасининг тўхтаган жойида бўлади (поршеннинг ҳолати энг юқори нуқтада бўлганда). Айрим ҳолларда, цилиндрнинг ейилишга чидамлигини ошириш учун унга легирланган (нерезистовый) чўян пресслаб қўйилади. Бундай ҳолда цилиндрнинг ейилиш профили икки чўққили бўлиб, улардан бири сиқувчи ҳалқанинг юқори четги нуқтада тўхтаган жойида, иккинчиси эса цилиндрнинг асосий материалига ўтиш жойида содир бўлади.

Поршень ҳалқалари радиал йўналишда ва баландлиги бўйича ейилади. Радиал йўналишдаги энг катта ейилиш миқдори ҳалқаларнинг охирида — туташиш жойида содир бўлади. Ҳалқаларнинг баландликлари бўйича ейилиши бутун периметри бўйича деярли бир хил бўлади. Энг катта ейилиш оғир шароитда (юқори босим ва ҳарорат, ёмон мойланиш) ишловчи биринчи компрессион ҳалқасида содир бўлади. Иккинчи ва учинчи компрессион ҳалқалар ҳамда мой сидирувчи ҳалқалар камроқ ейилади.

Поршенларда энг кўп ейиладиган элемент бўлиб юқори компрессион ҳалқанинг ўриндиғи ҳисобланади, поршен-

нинг бошқа элементлари, улар жумласидан юбкаси жуда кам ейилади. Поршендаги ҳалқа ўриндиқларини ейилиши, асосан, абразив ейилиш бўлиб, ишлатилган газларнинг ва юқори ҳароратнинг оксидловчи таъсири ейилиш жадаллигининг ошишига сезиларли таъсир кўрсатади. Айниқса, атроф-муҳит ҳавосининг чанглилик даражаси юқори бўлса ва уларни цилиндрга киритишдан олдин қониқарсиз тозаланса поршендаги ҳалқа ўриндиғининг абразив ейилиш жадаллиги юқори бўлади. Компрессион ҳалқаларнинг ва уларнинг поршендаги ўриндиқларининг ейилиши натижасида ҳавонинг сиқилиш даражаси пасайиб, цилиндрдан қартерга ёриб кираётган газ миқдори ошади, бу эса двигатель ишининг кескин ёмонлашувига олиб келади.

Поршень бармоғининг, шатун юқори қаллаги тешигининг ва поршень бобишқасининг ейилиши ҳозирги замон двигателларида унча катта эмас, бу бирикмаларнинг ишлаш муддати ЦПГнинг ишлаш муддатига сезиларли даражада таъсир кўрсатмайди.

12.2.2. Двигатель кривошип-шатун механизми деталларининг ейилиши

Тирсақли вал подшипниклари гидродинамик мойлаш шароитида ишлайди, лекин двигателни совуқ ҳолда юргизишда мой етарли даражада бўлмаганда чегаравий мойлаш режими, ҳатто қуруқ ишқаланиш режими содир бўлади ва бу эса деталларнинг жадал ейилишига олиб келади. Бундан ташқари, тирсақли вал подшипникларида, мойда абразив заррачалар бўлганлиги учун, абразив ейилиш содир бўлади.

Цилиндрлари қатор жойлашган двигателларнинг асосий бўйинлари шатун бўйинларига қараганда 25—50 фоизгача кам ейилади, цилиндрлари V шаклида жойлашган двигателларда эса асосий бўйинлар шатун бўйинларига қараганда 1,5—2,0 марта кўпроқ ейилади.

Барча двигателларда шатун подшипникларининг юқориги вкладишлари пастгисига қараганда кўпроқ ейи-

лади, асосий бўйин подшипникларида эса бунинг теска-
риси бўлади.

Айланаси бўйича тирсақли вал бўйинлари ва вкладиш-
лари нотекис ейилади, одатда шатун бўйинларида ва
вкладишларда энг катта ейилиш тирсақли вал ўқига қара-
ган томонда, асосий бўйин ва унинг вкладишларида эса
мувозанатловчи қўшимча оғирлик томонда бўлади.

Кривошип-шатун механизми сирпаниш подшипник-
ларининг нотекис ейилиши, уларнинг иш муддатини
камайтиради ва бутун двигателнинг иш муддатини бел-
гилловчи омил ҳисобланади.

12.2.3. Двигатель газ тақсимлаш механизми деталларининг ейилиши

Газ тақсимлаш механизмида қуйидаги жуфтликлар
деталлари кўпроқ ейилишга учрайди: кулачок-туртгич,
клапан-ўриндиқ, клапан стержени-йўналтирувчи втулка,
тақсимлаш вали бўйни-подшипник. Улардан биринчи
икки жуфтлик кўпроқ ейилади.

Кулачок-туртгич жуфтлиги юқори нисбий босим ва
нисбатан юқори сирпаниш тезлиги билан ҳаракатланади.
Бу бирикманинг ейилиши, асосан, чарчашдан ейилиш
характерига эга бўлиб, юзага ўйилиш ҳамда мойдаги зар-
рачалар билан абразив ейилиш содир бўлиши мумкин.
Кулачок-туртгич жуфтлигининг ейилишига мойнинг нави
ва сифати, мойлаш тизимининг пухталиги катта таъсир
кўрсатади.

Клапан-ўриндиқ жуфтлигининг ейилиши юқори ҳаро-
рат, юқори босим ва қўйилган юкломани зарбали харак-
тери билан белгиланади. Одатда бу бирикманинг ейилган
сиртларида чарчашдан ейилиш ва клапанларнинг куйи-
ши кузатилади.

12.2.4. Дизель ёнилғи аппарати прецизион деталларининг ейилиши

Автотрактор деталларининг ёнилғи аппарати преци-
зион деталлари (плунжер ва втулка, игна ва пуркагич
корпуси, сўрувчи клапан ва ўриндиқ) энг кўп ейилади-

ган ва ишлаш муддати паст бўлган деталлардан ҳисобланади.

Плунжер жуфтлигининг асосий ейилиш тури бўлиб абразив ейилиш ҳисобланади. Бу ейилиш турига ишқаланиш юзаларининг тишлашиб қолиш ва ўйилиш, гидроабразив ва кавитацион ейилишлар ҳамроҳлик қилади. Плунжер жуфтлиги деталларининг абразив ейилиши ёнилғидаги бегона қаттиқ заррачалар таъсирида содир бўлади. Бунда плунжернинг ейилиши (бирикманинг ҳаракатланувчи детали) втулканинг (кўзғолмас детал) ейилишидан сезиларли даражада катта бўлади. Буни эса юқорида ифодаланган абразив ейилиш механизми тўғрисидаги назарий фикр билан тушунтириш мумкин (Бешинчи бобга қаранг).

Сўрувчи клапан бекитувчи конус, юксизлантирувчи белбоғ ва йўналтирувчи уч, клапан ўтиргичи эса ўзининг тешиги бўйича ейилади. Бу жуфтлик учун асосий ейилиш тури бўлиб абразив ейилиш ҳисобланади. Бундай ейилиш характери игна пуркагич корпусида ҳам мавжуд, бу жуфтликда абразив ейилиш, айрим ҳолларда эса сиртларни тишлашиб қолиши ҳам учрайди.

Ёнилғи аппарати прецизион деталларининг ейилиши натижасида тирқишлар катгалашиб, ёнилғи таъминлаш кўрсаткичларини ўзгартиради, улар ўз навбатида дизель двигателининг иш характеристикаларининг пасайишига таъсир кўрсатади.

12.2.5. Трансмиссия деталларининг ейилиши

Трансмиссиянинг хизмат муддати узатмалар, орқа кўприк, борт узатмасининг тез ейилувчи деталларининг хизмат муддати билан чекланади. Бундай деталлар қаторига шестернялар, валлар, муфтлар, подшипниклар киради. Кўрсатиб ўтилган деталлардан энг катта ейилишга учрайдиганлари тишли ғилдираклардир.

Тишли ғилдирак тишларининг сиртлари сирпаниб думалаш шароитида ишлайди, бунда тишларнинг ейилиш жараёнида минерал абразив заррачалар муҳим роль ўйнайди. Бундай заррачалар трансмиссиянинг барча узеллари-

га бемалол кириб боради. Тишларнинг ишқаланиш сиртига тушувчи абразив заррачалар уларнинг ейилиш характерини белгиловчи асосий омил ҳисобланади. А. Иргашевнинг тадқиқотлари бўйича кўпчилик ҳолларда трансмиссиядаги шестерня тишларининг ейилиши абразив ейилиш бўлиб, унга чарчашдан ейилиш ва айрим ҳолларда ёпишиб қолиш ҳамроҳлик қилади.

Трансмиссиянинг валлари, муфталари ва бошқа деталлари, асосан, бирикмада эркин абразив заррачалар бўлган муҳитда ишлайди. Бу деталларнинг етакчи ейилиши абразив ейилишдир. Кўп ҳолларда трансмиссия деталларининг ейилишига машинанинг бутун ишлаш даври боғлиқ бўлади.

12.2.6. Машиналар юриш қисми деталларининг ейилиши

Машиналарнинг юриш қисми жуда оғир шароитда ишлайди. Унга катта миқдордаги юкланиш, ҳавонинг чанглилик даражаси юқори бўлиши, мойни юқори даражада ифлосланиши, кўп ҳолларда ёмон сифатли мойда ишлаши киради. Шунинг учун машиналар юриш қисми деталларининг етакчи ейилиш тури абразив ейилишдир.

Юриш қисмининг кўпроқ ейиладиган деталлари билан танишамиз. Гусеницали тракторларда бундай деталлар қаторига таянч ғалтаклари, ушлаб турувчи роликлар, етакловчи ва етакланувчи занжирли узатма филдираклари, гусеница звенolari, зичлагич ҳалқалари, думалаш ва сирпаниш подшипниклари, ўқ ва вал бўйинлари киради. Филдиракли тракторларда эса ўқларнинг ишқаланувчи бирикмалари, думалаш подшипниклари, пневматик шина протекторлари кўпроқ ейилади.

12.2.7. Гидравлик тузум деталларининг ва машина ишчи органларининг ейилиши

Гидравлик тузумнинг ишончилигини ва ишлаш даврини кўп жиҳатдан гидрофицирланган машинанинг ишончилиги ва иш унумдорлиги аниқлайди. Гидравлик тузум деталлари юқори босим (10—11 мПа гача ва ундан

ҳам юқори) ва ҳароратда (ишчи суюқлик ҳарорати 80—100°С гача етиш мумкин) ишлайди. Гидравлик тузумнинг ишчи суюқлик оксидланиши натижасида ифлосланади.

Гидравлик тузумнинг кўпчилик деталларининг етакчи ейилиш тури бўлиб абразив ейилиш ҳисобланади, унга гидроабразив ва кавитацион ейилишлар ҳамроҳлик қилади.

Гидравлик насосларда етакловчи ва етакланувчи шестернялар (тишлари ва цапфалари), втулкалар (ички диаметри ва четги сиртлари), насос корпуслари (сўриш камераси сиртлари) кўпроқ ейилади.

Суюқлик тақсимлагичда золотниклар ва золотник тешиклари ҳамда дамба-дам ўтказувчи клапан деталлари (клапан, ўриндиқ, йўналтиргич) ейилади. Гидравлик цилиндрларда эса цилиндрнинг ички сиртлари кўпроқ ейилади.

Ер қазувчи ва йўл қуриш машиналарининг ишчи органлари жадал равишда ейилишга учрайдилар. Ишчи органларнинг ейилиш механизми маҳкамланган абразивда (экскаватор ковшининг ейилиши) ёки абразив массасида (экскаватор, ариқ қазгич ковшлари, бульдозер отваллари, автогрейдер ва скреперларнинг ишчи органлари ва ҳоказолар) ейилиш механизмига тўғри келади.

12.3. Ишлатиш шароитида ейилишга қаршиликни таъминлаш усуллари

Машинанинг узель ва деталларини лойиҳалаш ва ясаш босқичида асос солинган ейилишга чидамлилиқ ишлатиш даврида таъминланиши лозим (12.2-расм).

Бирикма ҳосил қилган кўпчилик қўзғолувчи деталларнинг ишлатиш давридаги ейилиш графиги уч қисмдан иборат (12.3-расм) бўлиб, улар деталнинг маълум иш даврига тўғри келади. Бошланғич эгри чизиқли қисм I янги бирикманинг мослашиш жараёнини характерлайди; тўғри чизиққа яқин II қисм давомийлиги бўйича энг катта бўлиб, у бирикманинг нормал ишлаш даврига тўғри келади; эгри чизиқли III қисм, бирикманинг руҳсат этилган чегарадан кўпроқ ейилиши натижасида бузилишга олиб келувчи даврга тўғри келади.

Бирикма деталларининг энг жадал ейилиши ишлаб мосланиш даврида содир бўлади. Бу механикавий ишлов бериш жараёнида (деталларни ясашда) ишлатиш юкларини тўла қабул қила оладиган ишқаланиш сиртларини ҳосил қилиш мумкин эмаслигига боғлиқдир. Ишқаланиш сиртларига ишлов берилгандан сўнг сезиларли даражада тўлқинсимонли ҳосил бўлади ва бу сиртларнинг ғадир-будурликлари одатда энг мақбул ғадир-будурликлардан фарқ қилади. Бундан ташқари, ишқаланиш сиртлари шаклида хатоликлар ва бирикмаларда эса йиғиш жараёнида содир бўладиган хатоликлар бўлиши мумкин. Янги деталларнинг ҳақиқий туташув юзаси унча катта бўлма-



12.2-расм. Ишлатиш шароитида ейилишни камайитириш схемаси

ганлиги учун ишқаланиш зонасида анча миқдорда иссиқлик ажралиб чиқади, бу эса ўз навбатида бирикмани жуда қизиб ва тишлашиб қолишига олиб келиши мумкин.

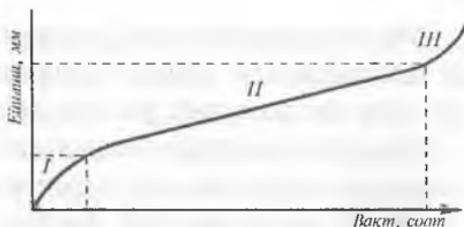
Шунинг учун ҳам ишлатишнинг биринчи даврида машиналар мослашишини тўғри ўтказиш ва мослашиш режимига риоя қилиш муҳим аҳамиятга эга, бу эса бирикманинг мослашиш даврида энг кичик ейилишни таъминлайди.

Мослашиш даври икки босқичдан иборат:

а) микрогеометрик мослашиш, бу босқичда ғадир-будурликларни текисланиш жараёни ва ишқаланиш сиртларининг мустақамланиши содир бўлади;

б) макрогеометрик мослашиш, бунда тўлқинсимонлик ва сиртлар геометрик шаклларининг бузилишлари тўғриланади.

Микрогеометрик мослашишда механикавий ишлов берилгандан сўнг ҳосил бўлган ғадир-будурликлар ўзгаради ва емирилади, сиртнинг микрогеометрияси яхшиланиб, мақбул ҳолатга ўтади ва кейинги барқарор ишқаланиш режимларида ўзгармайди. Микрогеометрик мослашувни яхшилаш учун, сиртга механикавий ишлов берилгандан сўнг деталнинг ғадир-будурлиги энг мақбул ғадир-будурликка яқин бўлиши керак. Бундай ҳолларда мослашиш даври қисқаради, мослашиш давридаги ейилиш энг кам қийматга эга бўлади. Агар мослашишдан аввалги сиртнинг ғадир-будурлиги жуда катта бўлса, мослашиш жараёнида ҳақиқий туташув нуқталарида катта нисбий босим ҳосил бўлади ва бирикма ўйилиш (тирналиш) билан муддатдан олдин ейилиш натижасида ишдан чиқиши мумкин. Иккинчидан ишқаланиш сиртларида жуда кичик ғадир-будурлик ҳосил қилиш механикавий ишлов бериш жараёнида кўп меҳнат сарфи билан боғлиқ.



12.3-расм.

Деталларнинг типавий ейилиш графиги

Микрогеометрик мослашиш даврида металлнинг сирт-ги қатламидаги майда доначали микроструктура ҳосил бўлиши натижасида мустақамланиши ҳам содир бўлади.

Макрогеометрик мослашиш жараёнида тўлқинсимонликни ва бирикма сиртларини тўғриланиши содир бўлади ҳамда механикавий ишлов бериш жараёнида деталларда ҳосил бўладиган қолдиқ ички кучланишларни мувозанатланиши ва қайта тақсимланиши содир бўлади. Макрогеометрик мослашиш, одатда, микрогеометрик мослашишдан кўпроқ вақт талаб қилади.

Деталларнинг мослашиш тезлигига ва сифатига мойни тўғри танлаш муҳим аҳамиятга эга. Обкатка даврида одатда камроқ қовушқоқликка эга бўлган мой қўлланилади, у ишқаланиш сиртларидан ейилиш маҳсулотларини ва абразив заррачаларни тезлик билан чиқариб ташлашга ёрдам беради. Мойга мослашиш даврини тезлаштирувчи махсус қўшимчалар қўшилади, бу қўшимчалар мой пардасининг мустақамлигини оширади, мойнинг қовушқоқлигини, музлаш температурасини пасайтиради, паст ҳароратда ҳаракатланувчанлигини яхшилади, мойни оксидлашишига қаршилиқ кўрсатади.

Ишлатиш давомидаги бирикманинг нормал ишлаш даврида, ҳаракатланувчи бирикма деталлари орасидаги тирқишнинг ортиб бориши билан, ишқаланувчи сиртларда қўшимча динамик юкланиш ҳосил бўлиб, мойлаш шароитини ёмонлаштиради. Ейилиш маълум миқдорга етганда динамик юкланишлар кескин ортади, ейилиш миқдорининг ортиб кетиш даври бошланади, бу даврда бирикманинг тирқишлари рухсат этиб бўлмайдиган даражада ортади, мойлаш шароити кескин ёмонлашади, иссиқлик ажралиб чиқиши ортади, ўйилишлар пайдо бўлади, натижада бирикма ишлатишга яроқсиз бўлиб қолади.

Ишлатиш жараёнида ейилишнинг ортиб кетмаслигини ва тўхтовлар содир бўлмаслигининг олдини олиш учун, деталь ва бирикмаларни меъёридан кўпроқ ейилишини олдини олишга қаратилган комплекс профилактик тадбирлар бажарилади. Бу тадбирлар ростлашиш ишларини ўз вақтида бажаришни, бирикмаларни мойлашни, содир

бўладиган нуқсонларни аниқлаш ва бартараф қилишни ўз ичига олади. Улар кундалик, даврий ва мавсумий техник хизмат кўрсатишда амалга оширилади. Техник хизмат кўрсатишни жорий ва асосий таъмирлаш билан бирга олиб бориш, машиналарга ишлатиш жараёнида режали, бузилишни олдини олувчи техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлашни ўз вақтида ўтказиш машиналарни ейишига чидамлилигини ва хизмат даврини оширишнинг муҳим омили ҳисобланади.

Машина деталларининг ейишига чидамлилигига ва ишлатиш муддатига (айниқса иссиқ иқлим ва юқори чанглилик шароитида) мойлаш материали навини тўғри танлаш ва керакли мойлаш режимини таъминлаш, мой ва ёнилғини абразив заррачалардан сифатли тозалаш муҳим аҳамиятга эга. Энг аввало ёнилғи мойлаш материалларига уларни сақлаш, ташиш ва бакларга қуйиш пайтида абразив заррачаларни кириб қолишини бартараф этувчи тадбирларни назарда тутиш лозим. Бунинг учун ҳар бир машинани ва ёнилғиларни самарали тозаловчи қурилмалар билан таъминлаш лозим. Масалан, дизель двигателида мойни тозалаш филтридан фойдаланилганда цилиндрпоршень гуруҳи деталларининг ейиши 40 фоизга камаяди. Гидравлик экскаваторга гидроюритма ишчи суюқлигини марказдан қочма тозолагич ўрнатилса, гидротизим деталларининг хизмат даври 2 мартага яқин ортади.

Машиналарни ишлатиш жараёнида, айнақса иссиқ иқлим шароитида, мойни алмаштириш муддатига қатъий риоя қилиш лозим, агрегат қартерлари ва идишларини тўлғизишдан олдин, мой ва ёнилғини тозалаш тузумини тўғри ишлашини назорат қилиш, уларга доимий хизмат кўрсатишни таъминлаш лозим. Юқори чанглилик шароитида ишлаш пайтларда машинанинг навбатдаги техник хизмат кўрсатиш муддатини қисқартириш, айрим ҳолларда эса бу муддатни кўпроқ қисқартириш лозим. Масалан, ҳавонинг чанглилиги 1 г/м^3 гача бўлса техник хизмат кўрсатиш 1 ойда 1 мартадан кам бўлмаслиги, агар ҳавонинг чанглилиги 3 г/м^3 гача бўлса иш системаси давомида бу тадбир бир мартадан кам (айрим пайтларда 2

марта) бўлмаслиги керак. Иссиқ иқлим ва юқори чанглик шароитида Т-4А тракторини ишлатишда 60—80 мотосоат ишлагандан сўнг ёнилғи филътрининг тозалаш самарадорлиги ёмонлашади, абразив заррача ўтказувчанлиги 5 мкм гача пасаяди, филътрловчи элементлар, уларга қўйилган талабларга жавоб бермай қолади. Шунинг учун ҳам ёнилғини дағал ва майин тозалаш филътрларининг ишлатиш қўлланмасида кўрсатилган 240 мотосоат (бу даврийлик ўрта полосага мўлжалланган) ўрнига 60—70 мотосоатдан сўнг ювиш лозим. Иссиқ иқлим ва юқори чанглик шароитида филътрловчи элементларнинг хизмат даври қўлланмада назарда тутилган 1400 мотосоат ўрнига 350—400 мотосоатни ташкил қилади.

Абразив заррачалари мавжуд бўлган ҳолларда, ишқаланиш узелларининг ейилишга чидамлилигини оширишда мойга қўшимчалар қўшиш муҳим аҳамиятга эга. Масалан, А. Иргашевнинг тадқиқотларига мувофиқ трансмиссия мойига 3,5% бензой альдегиди қўшилганда абразив ейилиш жадаллиги 15—18% га, 5% ортооксихинолин қўшилганда — 33—35% га, 2% мис роданида қўшилганда ейилиш жадаллиги 40—45% га (қўшимчасиз мойга қараганда) камаяди.

Шундай қилиб, келтирилган мисоллар шуни кўрсатадики, ишлатиш жараёнида нафақат нормадан катта ейилишлари олдини олиш мумкин, ҳатто, алоҳида деталларни, ҳамда бутун машинанинг хизмат муддатини сезиларли даражада ошириш ҳам мумкин.

ИШҚАЛАНИШ ВА ЕЙИЛИШГА ОИД АТАМАЛАР

А

Абразив закрепленный	— бириктирилган абразив
Абразив незакрепленный	— бириктирилмаган абразив
Абразивная частица	— абразив заррача
Абсорбировать	— шиммоқ, сингдирмоқ, ют-моқ
Абсорбция	— шимилиш, ютилиш, абсорбция
Аварийность	— бузилиш, ишдан чиқиш, шикастланиш, авариялар
Авария	— бузилиш, ишдан чиқиш, авария
Агрессивная среда	— агрессив муҳит
Адаптация	— мосланиш
Адгезия	— ёпишиб қолиш; юзаларнинг молекулалараро боғланиши(ёпишиш); адгезия
Адекватность	— айнан бир хиллик, тенглик, мослик
Адсорбировать	— юзаки шиммоқ, сингдирмоқ, ютмоқ
Адсорбция	— юзаки сингиш, шимилиш, ютилиш; ютиш, сингдир-иш
Азотирование	— азотлаш
Актуал	— долзарб
Активация поверхности трения	— ишқаланиш сирти (юзаси) ни активлаштириш, активлигини ошириш
Амортизационное отчисление	— амортизацион чегирма
Антифрикционность	— ишқаланишга қаршилиқ кўрсатиш

Б

Баббит	— баббит (қалай, сурма ва мис қотишмаси)
Бабка	— бабка (станокларда шпинделни ва ишлов бериләтган деталларни тутиб турувчи қисм)
База	— асос, база
Базисные параметры	— асос параметрлари
Базовая длина	— базавий узунлик
Базовая линия	— базавий чизиқ
Барабан	— барабан
Бариевая смазка	— барийли мой
Безотказно	— тўхтовсиз, тўхтамасдан
Безразмерность	— ўлчамсизлик
Безшумность	— шовқинсизлик
Безизносность	— ейилмаслик
Биение	— тепкили тебраниш, урилиш, ўзгариш
Блокировка	— муҳосара, кўшоқлаш, блок-лаш
Блокировка аварийная	— ҳалокат муҳосараси
Бобышка	— бўртма
Бобышка поршня	— поршень бўртмаси
Боёк	— тепгич
Буртик	— бўртиқ, машина деталлари (валлар, подшипник корпуслари, қопқоқлари, стаканлари)нинг цилиндрик қисмидаги айлана чизиқ
Быстродействующий	— тез ишга тушувчи, тез таъсир этувчи

В

Вакуум	— вакуум (берк идиш ичидаги ҳавонинг ёки газнинг сийраклашган ҳолати)
Вал ведущий	— стакчи вал
Вал гибкий	— эгилувчан вал
Вал полый	— ковакли, ичи бўш, ҳаволи вал
Верчение	— айланиш, бурилиш
Вершина	— чўққи
Вершина шероховатости	— гадир-будурлик чўққиси

Вес	— оғирлик, вазн
Ветвь	— тармоқ
Вещество	— модда
Вибрация	— тебраниш, вибрация
Вид	— тур, кўриниш
Визг	— чийиллаш
Вияние	— лапанглаш
Вкладыш	— вкладыш (подшипник ва бошқа машина деталларининг алмашинувчи қисми), ичқўйма
Вклинить	— пона қилиб қоқмоқ
Вмятина	— эзилган, пачоқ жой
Внедрение	— ботирилиб кириш, сингдириш
Внешний	— сиртқи, ташқи, устки
Внутренний	— ички
Воздухообмен	— ҳаво алмашиш
Воздухоохладитель	— ҳавосовутгич
Воздухоочиститель	— ҳавотозалагич
Воздухосборник	— ҳавосўргич
Восстановление	— тиклаш
Влагозащита	— намликдан сақлаш
Влажность	— намлик
Вналадку	— устқўймали
Внахлестку	— устма-уст қўйиб
Внедрение	— ботирилиш, сингдирилиш
Внезапность	— тасодифийлик
Внезапный отказ	— тасодифан тўхтаб қолиш
Внешнее трение	— сиртқи ишқаланиш
Внутреннее трение	— ички ишқаланиш
Вогнутость	— эгилганлик
Волнистость	— тўлқинсимонлик
Восстановительная среда	— тикловчи муҳит
Впадина	— чуқурча
Вразвал (вспышка)	— жўякли ҳайдаш
Вразвал (движения)	— чапга қайрилиб ҳайдаш
Всасывание	— сўриш, шиманиш
Всвал (вспашка)	— марзали ҳайдаш
Всвал (движение)	— ўннга қайрилиб ҳаракатланиш (ер ҳайдашда)
Вспениваемость масла	— мойнинг кўпириб кетиши
Вставка	— киргизма
Встряхивание	— силкитиш

Вторичная структура

Выемка

Выглаживание

Выгорание

Выкрашивание

Выносливость

Выплавить

Выпуск

Выпуклость

Вырез

Вырывание

Высадка

Выступ

Вяжущий

Вязкость

— иккиламчи тузилиш, структура

— чуқурча

— текисламоқ, силлиқламоқ

— қуйиш

— уваланиб ейилиш

— бардошлилик, чидамлилик

— эритиш, эритиб олиш

— чиқариш

— қавариклик

— кесик

— суғурилиб чиқиш

— чуқтириш

— чиқиқ

— бириктирадиган, боғловчи

— қовушқоқлик

Г

Газовая смазка

Газодинамическая смазка

Газоплотность

Газопроницаемость

Гашение

Гермитизация

Глубина внедрения

Головка

Гомоген

Гоновые

Гоновые безпетлевые

Граничное трение

График

Графитная смазка

Грузоподъемность

— газли мой (мойлаш)

— газодинамик мойлаш

— газ зичлиги (муайян ҳажм бирлигидаги газнинг мас-саси)

— газ ўтказувчанлик

— сундириш

— герметиклаш, жипслаш

— ботирилиш чуқурлиги

— каллак

— гомоген; таркиби келиб чиқиш жиҳатидан бир хил, бир жинсли

— тўғри чизиқли

— тўғри чизиқли сиртмоқсиз

— чегаравий ишқаланиш

— чизиқли тасвир, график

— графитли мой (мойлаш)

— юк кўтариш қобилияти

Д

Давление

Давление номинальное, фактическое, контурное

Датчик (преобразователь)

Движение

— босим

— номинал, ҳақиқий, контур босим

— датчик (ўзгартиргич)

— ҳаракат

Движение поступательное, ус- коренное	— илгарилама, тезлаштирил- ган ҳаракат
Двойственная природа трения	— ишқаланишининг икки хил табиатлилиги
Действие	— таъсир, ҳаракат, ишлаш
Действие коррозионное, мою- щее, ударное	— занглатувчи (коррозион), ювиш хусусиятли, зарб таъсир
Декопировка металла	— металлни дорилаб тозалаш, декопирлаш
Декомпрессия цилиндра	— цилиндрдаги босимни ка- майтириш
Декомпрессор	— босим туширгич, деком- прессор
Дёрн	— чимзор, чим
Демонтаж	— ечиб олиш
Демпфер	— сундиргич, юмшатгич, тинч- лантиргич
Деталь базовая	— замин, асос деталь
Деталь ремонтная (ремонтно- го размера)	— таъмир ўлчамли деталь
Дефект	— нуқсон, камчилик, бузуқ жой, дефект
Дефект конструктивный, скры- той обработки, поверхност- ный	— тузилишдаги (чизмадаги), яширин ишлов бериш- даги, сиртқи нуқсон
Дефектация, дефектовка	— яроқли-яроқсизларга ажра- тиш (саралаш)
Дефектоскопия	— нуқсон қидириш, дефек- тоскопия
Деформация	— шакл бузилиш, қийшайиш, эгилиш, деформация
Деформация временная, плас- тическая, растяжения, сжа- тия, тела упругая	— муваққат, пластик, чўзи- лишдаги сиқилишдаги, жисм, эластик деформа- ция (си)
Десорбция	— юзага сингмаслик, ютил- маслик; десорбция
Деструкция	— ажралиш, парчаланиш
Динамограф	— куч ёзгич, динамограф
Динамометр	— куч (ёки қувват) ўлчагич, динамометр
Дисперсия	— ёйилиш, ажралиш, диспер- сия

Диспергирование	— майдаланиш
Дисперсность	— майдаланганлик
Диссоциация	— (таркибий қисмларга) аж- ралиш, диссоциация
Дифракция	— тўлқинларнинг тўсиқдан айланиб ўтиши, дифрак- ция
Добавка	— қўшимча
Доводить	— етилтириш; меъёрга етка- зиш
Доводка	— узил-кесил ишлов бериб етилтириш; меъёрига (ўлчамига) етказиш
Долговечность	— кўпга чидамлилиқ, мустақ- камлик
Допуск (на размер)	— белгиланган ўлчамдан жоиз чекланиш
Допустимый	— жоиз, рухсат этилган, йўл қўйилган, ижозат этилган
Достоверность	— ишончлилиқ, аниқлик
Достоверный	— ишончли
Доступность	— қулайлик
Дублирование	— такрорлаш
Дымление	— тутаб ёниш
Дымный	— тутаётган; тутаб (буруқсаб) турган

Е

Единица	— бир, бир рақами, бир со- нини кўрсатувчи рақам
Единичный	— ёлғиз, айрим, ягона, бир- гина
Единоновременно	— бир йўла, бир карра, бир вақтда
Единственный	— ёлғиз, якка-ягона
Единство	— бир хиллик, ўхшашлик
Емкий	— сиғими катта, сиғимли

Ж

Жаропрочный	— иссиқбардош, оташбардош
Жаростойкий	— оташбардош
Железный	— темирдан ясалган, темирли
Железо	— темир
Жест	— тунука, оқ тунука

Жесткость	— бирлик
Жидкость	— суюқлик, суюқ модда
Жидкостная смазка	— суюқ мой; суюқликни мой- лаш
Жидкостное трение	— суюқликли ишқаланиш

3

Заборник	— сўрғич
Забраковывать	— яроқсизга чиқариш
Заброс	— пасайтириш, ташлаш
Завальцовка	— юмалоқлаш, тешик оғзини юмалоқлаш
Заварка	— пайвандлаб ямаш
Зависимость	— боғлиқлик
Завихрение	— уюлмаланиш
Заводка двигателя	— двигателни ишга тушириш
Заготовка	— хомаки деталь, заготовка
Загиб	— эгилган (букилган) жой
Загибание	— эгиш
Загубление	— чуқурланиш, ботиш
Заглушение	— шовқинни сўндириш
Заглушка	— тиқин, беркитгич
Загон	— пайқал
Загрузка	— юклаш
Загуститель	— қуйилтиргич
Задача	— вазифа, иш мақсад, масала
Задвижка	— сурилма қопқоқ
Заделка	— ямлаш
Зажигание	— ўт олдириш
Зажим	— қисқич
Зазор	— тирқиш
Заземление	— заминлаш, ерга улаш
Закалка	— тоблаш
Закернить	— керна уриш
Заклепка	— парчин мих
Закосовывание	— қурумланиш, қурум босиш
Закраина	— чет, ҳошия, қирра
Заклинивание	— тишлашиб қолиш
Закусывание	— қадалиш, ғажилиш, тиш- ланиб қолиш
Замедление	— секинлашиш, секинланти- риш, сусайтириш, па- сайтириш
Замкнутый полость	— берк бўшлиқ (ковак)

Замыкание	— қисқа туташув
Занос	— сирпаниб сурилиш, сирпаниб сурилиб кетиш
Запаздывание	— кечикиш
Запас	— захира, запас, эҳтиёт
Заплата	— ямоқ
Заподлицо	— бир текисда
Запор	— қулф, зулфин, тамға
Заправка	— қуйиш, тұлдириш
Запрессовывать	— босиб ўрнатиш
Запуск	— ишга тушириш
Запчасть	— эҳтиёт қисм
Заряд	— зарядлаш
Засовывание	— сүриш
Заслонка	— тўсма қопқоқ
Засорение	— кирланиш, ифлосланиш
Застопоривание	— белгиланган вақтда тўхта-тиш, жилмайдиган қилиш
Застывание	— совиб қотиш, совиб қуюқлашиш
Затвердывание	— қотиш, қотиб қолиш
Затвор	— тўсиқ, тўсқич
Затор	— йўлнинг тўсилиб қолиши
Затормаживание	— тормозланиш
Зацепление	— илашма, тишлашма
Знак	— белги, нишон, тамға
Зона	— доира, минтақа, зона
Зубчатый	— тишли

И

Игла	— нина, игна
Изгиб	— эгилиш
Изгибающий	— эгувчи
Изготовление	— тайёрлаш
Игольчатый	— нинасимон, нинали
Изделие	— буюм
Издержки	— харажатлар
Излишек	— ортиқча (си)
Излом	— синиш
Измеритель	— ўлчагич
Изнашивание	— ейилиш, ейилиб кетиш
Изнашиваемость	— ейилиш даражаси
Изнашивание коррозионное механическое	— занглаб, механик ейилиш

Износ	— ейилиш (миқдори)
Износ ведущий	— етакчи ейилиш
Износ допустимый	— жоиз (йўл қўйилган) ейилиш
Износ значительный	— бисёр (катта) ейилиш
Износ интенсивный	— шиддатли ейилиш
Износ коррозионный	— занглашдан ейилиш
Износ местный	— жузый, бир жойда бўлган ейилиш
Износ нормальный	— нормал ейилиш
Износ осповидный	— чўтирсимон ейилиш
Износ повышенный	— ортиқча ейилиш
Износ предельный	— чекка ейилиш
Износ преждевременный	— барвақт ейилиш
Износ неравномерный	— нотекис ейилиш
Износ ступенчатый	— поғонали ейилиш
Износ радиальный	— радиал ейилиш
Износ усталостный	— толиқиб (чарчашдан) ейилиш
Износ ускоренный	— тезлашган ейилиш
Износостойкость	— ейилишга бардошлик
Изношенность	— ейилганлик даражаси
Изоляция	— айириш, изоляция
Имитатор	— тақлидлагич
Имитация	— тақлид қилиш
Инденитор	— инденитор (материални тадқиқ қилиш учун унинг юзасига ботириладиган, аниқ геометрик шаклга эга бўлган қаттиқ жисм)
Инструктаж	— кўрсатма бериш
Инструкция	— кўрсатма
Инструмент	— асбоб
Интенсивность	— шиддатлик, жадаллик, интенсивлик
Искра	— учкун
Искрение	— учкунланиш
Искрогаситель	— учкун ўчиргич
Искрообразование	— учкун ҳосил бўлиши
Исполнение	— бажариш
Использование	— фойдаланиш
Исправность	— ишга яроқлилик, тузуклик
Исправный	— ишга яроқли, тузук, дуруст
Испытание	— синов
Исследование	— тадқиқ этиш, тадқиқот

Исследование экспериментальное	— амалий тадқиқот, тажриба ўтказиш
Истечение	— оқиш, оқиб чиқиш
Истираемость	— ишқаланиб ейилувчанлик
Истирание	— ишқаланиб ейилиш
Источник	— манба
Исходный	— бошланғич, дастлабки

К

Каверна	— кавак, бўшлиқ, каверна
Кавитация	— кавитация (қаттиқ жисмининг суюқликка нисбатан ҳаракатида жисм юзасида пуффакчалар ҳосил бўлиб, улар ёрилиб кетиши даврида катта босим ёки иссиқлик ҳосил бўлади ва бу ҳол юза ейилишига олиб келади)
Канав	— чуқур, ариқсимон чуқур
Касание	— туташув, уриниш
Канавка	— ариқча, чуқурча
Карбид	— карбид (углероднинг металл билан бирикмаси, кристалланган қаттиқ модда)
Касательное напряжение	— урунма кучланиш, зўриқиш
Катастрофический износ детали	— деталнинг ҳалокатли ишдан чиқишга олиб келадиган ейилиш миқдори
Категория	— тоифа, туркум, тур
Качение	— думалаш, юмалаш
Качество	— сифат
Класс износостойкости	— ейилишбарқарорлиги классификацияси (синфи)
Классификация	— таснифлаш, тасниф
Когезия	— когезия (қаттиқ жисм заррачаларининг молекуляр ўзаро таъсири натижасида маҳкам бирикма ҳосил бўлиши; бунга ишқалаб пайвандлаш мисол бўла олади)
Колебание	— тебраниш

Колена	— тирсак
Коленчатый	— тирсакли
Колеса гусеничный	— ўрмаловчи занжир-ғилди- рак
Кольцо	— ҳалқа
Компонент	— таркибий қисм, компонент
Консервация	— занглашга қарши мой сур- каб сақлашга тайёрлаш; консервация
Консистенция	— консистенция (эритма ва қуюқ жисмларнинг қуюқ- суюқлик, зичлик даража- си)
Конструирование	— лойиҳалаш
Контакт	— уриниш, контакт
Контакт фактический, нор- мальный, контурный	— ҳақиқий, контур, нормаль уриниш (контакт)
Концентрация напряжения	— кучланиш (зўриқиш)нинг бир жойда бўлиши; зўри- қиш концентрацияси
Концы	— қийқиндилар, латта-путта- лар; учлар
Компенсация износа	— ейилган ўринни тўлдириш
Коробление	— тоб ташлаш, қийшайиш
Корректировка	— қисман тузатиш, тўғрилаш
Коррозионно-механический износ	— механик занглаб ейилиш, коррозион-механик ейи- лиш
Корректор	— тузатиш киритгич, коррек- тор
Корродируемость	— зангланувчанлик, коррози- яланувчанлик
Коррозия	— занглаш, коррозия
Коэффициент взаимного пере- мещения	— ўзаро жой ўзгаришидаги коэффициент
Коэффициент трения	— ишқаланиш коэффициенти
Кривая	— эгри, эгри чизиқ
Кромка	— чет, ён, қирра
Круг	— чарх тош, доира
Круг абразивный	— жилвир доира тош
Кручение	— буралиш, эшилиш
Крыльчатка	— паррак
Крышка	— қопқоқ
Крюк	— илмоқ

Крючок

— илгак, кичик илмоқ

Л

Лебёдка

— чиғир

Лезвие

— тиф

Ломкий

— синувчан

Лента

— тасма, лента

Лента гусеничная

— ўрмаловчи занжир тасма

Линейный износ

— чизиқли ейилиш

Лопатка

— куракча

Лопасть

— паррак

Литой

— қуйма

Литраж

— литраж

Лушение стерни

— анғизни юза юмшатиш

Люк

— туйнук, дарча, оралиқ

Люфт

— люфт, лиқиллаш

М

Маслёнка

— мойдон, масленка

Масло

— мой

Маслонистость

— ёғлилик даражаси, сарёғ-лик

Масломер

— мой ўлчагич

Маслонасос

— мой насос

Маслоотделитель

— мой ажратгич

Маслоотстойник

— мойтиндиргич

Маслонагреватель

— мой иситгич

Маслоприёмный

— мой қабул қилгич, мойсур-гич

Маслопровод

— мой ўтказгич, мой йўли

Маслосборник

— мой тўплагич

Маслянистый

— мойли

Мастика

— мум, мастика

Мат

— тушак

Маховик

— вазмин гилдирак, маховик

Маховичок

— чамбаракча

Мгновенный

— бир онли, оний

Мелкозернистая

— майда доналик

Метод

— усул, услуб

Мера

— ўлчов

Меры

— тадбирлар

Металлолакирующий

— металл қопловчи

Металлизация

— металллаш, металл қоплаш

Мигание

— липиллаш, пирпираш

Микронеровность	— микронотекислик
Микрорезание	— микроқирқув
Микротрактор	— митти трактор
Микротрещина	— майда дарз, микродарзлик
Многоступенчатый	— қўпоғонали
Мобильный	— ҳаракатчан
Модель	— андаза, модель
Моделирование	— андаза ясаш, моделлаш
Моделирование трения	— ишқаланишни моделлаш
Модернизация	— такомиллаштириш
Модификация	— хил, тур
Модуль упругости	— эластиклик модули
Мойка	— ювиш
Молекулярно-механическая теория трения	— молекуляр-механик ишқаланиш назарияси
Молекулярно-механическое изнашивание	— молекуляр-механик ейишиш
Молекулярно-кинетическая теория трения	— молекуляр-кинетик ишқаланиш назарияси
Момент	— пайт, момент
Моноблок	— яхлитблок, яхлитбирикма
Монтаж	— ўрнатиш, кийгишиш, жойлаш
Мостовая	— йўл, куча
Мощность	— қувват
Муфта	— туташтиргич, бирлаштиргич, муфта
Муфта сцепления	— илашиш муфгаси
Мыльная смазка	— совунли мой

Н

Набегание	— устига чиқиб кетиш, югуриб урилиш
Набивка	— тиқин, зичлама
Набор	— тўплам
Навешивание	— осиш, ўрнатиш
Навивка	— ўрам
Навык	— маҳорат, малака
Нагар	— қурум, сўхта, қасмоқ
Нагнетание	— сиқиб бериш, ҳайдаш
Нагнетатель	— ҳайдагич
Нагрев	— қиздириш, иситиш
Нагрев местный	— айрим жойларни қиздириш, иситиш

Нагрузка	— юклама, юк
Наддув	— қўшимча ҳаво киритиш; ташқаридан ҳаво ҳайдаб киритиш
Надежность	— ишончилилик, пухталиқ
Надир	— тирналган жой
Надлом	— синган жой
Надрез	— кесик
Надставка	— устқўйма
Надфиль	— майин эгов, майда тишли эгов
Наждак	— жилвир
Накат	— ўзини филдиратиш
Накернение (кернение)	— керна уриш
Накипеочиститель	— қуйқа тозалагич
Накипь	— қасмоқ, накипь
Наклёп	— пухталаш
Наконечник	— учлик, пойнак
Налет пыли	— чанг қошлам
Налипать	— ёпишиб қолиш, ёпишиш
Намазывание	— суртиш, суртилиш
Наплавка	— суюлтириб қошлаш
Наполнитель	— тўлдиргич
Напор	— босим
Напрессовать	— босиб ўрнатиш, босим би- лан кийгизиш
Напряжение	— кучланиш, зўриқиш
Напыление	— пуркаш
Наработка	— ишлаш давомийлиги ёки ҳажми; наработка
Наработка на отказ	— тўхтаб қолгунча ишлан да- вомийлиги ёки иш ҳажми
Нарост	— ўсимта, гудда, ғурра
Наростообразование	— жисм юзасида ўсимта ҳосил булиш
Наческа	— кертма, майда тиш, кертик
Насыщенный контакт	— тўйинган туташув
Натир	— суркалиш, суртиб ишқалаш
Натирание	— суртиб ишқалаш
Натирание маслом	— мой суртиб ишқалаш
Натурный	— аслидан (аслига қараб) олин- ган
Натурные испытания	— аслидан олиб синаш
Натяг	— таранглик

Негорючесть	— ёнмаслик
Неисправный	— носоз, бузуқ, нуқсонли
Некруглый	— нодумалоқ, ноюмалоқ
Ненасыщенный контакт	— нотўйинган туташув
Необратимый	— қайтарилмас, қайтмас
Необратимый процесс	— қайтарилмас жараён
Неплоскостность	— нотекислик
Неподвижный	— ҳаракатсиз
Непрямолинейность	— нотўғри чизиқли
Неравномерность	— нотекислик
Неразборность	— қисмларга ажралмайдиган
Неразъёмный	— ажралмас
Неровность	— нотекислик
Несосность	— ноўқдошлик
Несущая способность	— кўтариб туриш қобилияти
Неточность	— ноаниқлик, нотўғрилиқ
Неустойчивость	— нобарқарорлик, ўзгарув- чанлик
Нечувствительность	— носезгирлик
Номиналь	— номинал
Номинальная поверхность	— номинал юза
Норма	— меъёр
Нормальный износ	— нормал ейилиш
Нутромер	— деталлар ички ўлчамини ўл- човчи асбоб, ичўлчагич, нутромер

О

Обварка	— атрофини пайвандлаб чи- қиш
Обгон	— ўзиб ўтиш, қувиб ўтиш
Обгорание	— куйиш
Обдув	— пуфлаш
Обжатие	— сиқиш
Обезжирование	— ёғсизлантириш, ёғдан тоза- лаш
Обжигание	— куйдириш
Обжиг	— пишириш
Обкатка	— чиниқтириш, хўрдалаш, обкатка
Обмотка	— чулғам
Обогатитель	— бойитгич
Обогащение	— бойитиш
Обогреватель	— иситгич

Ободок	— ҳалқача
Обозначение	— белгилаш
Обойма	— ҳалқа, обойма
Оборудование	— жиҳоз, ускуна
Обочина	— йўл ёқаси, йўл чети
Обработка	— ишлов бериш
Обрабатываемость	— ишлов беришга мосланганлик
Обратимость	— қайтарувчанлик, қайтувчанлик
Обслуживание	— хизмат кўрсатиш
Обслуживание периодическое	— даврий (вақти-вақти билан) хизмат кўрсатиш
Обслуживание профилактическое	— олдини олиш мақсадида хизмат кўрсатиш
Обслуживание регламентированное	— аввалдан белгиланган хизмат кўрсатиш
Обслуживание сезонное	— мавсумий хизмат кўрсатиш
Обслуживание текущее	— жорий хизмат кўрсатиш
Обслуживание эксплуатационное	— иш вақтида хизмат кўрсатиш
Обтекаемость	— суйрилиқ
Обтекаемый	— суйрисимон, суйри шакли
Обтекание	— атрофидан оқиб ўтиш
Обтекатель	— суйри, суйрисимон мослама
Обшивка	— қоплама
Объемное деформирование	— ҳажмий деформацияланиш (шакл бузилиши)
Овальность	— овал шаклидаги
Огнестойкость	— оловбардош
Ограничение	— чеклаш, чегаралаш
Ограничитель	— чекланган
Огранка	— қирралаш
Однозначный	— бир хил маъноли (биргина маънога эга), маъноси бир (бир маъноли), маънодош
Окалина	— қуйинди
Окисление	— оксидланиш
Окислитель	— оксидловчи модда
Окислительное изнашивание	— оксидланиб ейилиш
Оксидная пленка	— оксид парда
Окраска	— бўёқ, бўяш
Относительная площадь контакта	— нисбий тугашув юзаси

Относительное внедрение	— нисбий ботирилиш
Относительное проскальзывание	— нисбий сирпаниш
Относительность	— нисбийлик
Отпуск	— бушатиш, отпуск
Оперения	— қанотлар
Оплавление	— эриб кетиш
Опора	— таянч
Опорная кривая	— таянч эгри чизиғи
Оправка	— қисқич, оправка
Опрокидыватель	— тўнтаргич
Опрыскиватель	— пуркагич
Осадок	— чукинди, куйқа, лойқа
Осевая линия	— ўқ чизиғи
Осевая нагрузка	— буйлама юкланиш (юк)
Осейой	— ўқ буйлаб
Оседание	— ўтириш, чўкиш
Оснастка	— мослама, жиҳоз, ускуна
Основа	— асос, таянчиқ
Основа детали трения	— ишқаланиш деталлари таянчиғи
Основные параметры трибосистемы	— трибосистеманинг асосий параметрлари
Остаточное напряжение	— қолдиқ кучланиш
Остов	— асос
Осушка	— қуриштиш
Отжиг	— юмшатиш
Отказ	— тўхтаб қолиш, ишламай қолиш, тўхтов
Откос	— нишаб
Отклонение	— тойиш, оғиш, четга чиқиш
Отложение	— чукинди
Отпечаток	— из, доғ
Отпуск	— бушатиш
Отсасывание (отсос)	— сўриб чиқариш (сўриш)
Отслоение	— қатламланиб кўчиб кетиш
Отстаивание	— тиндириш
Отстойник	— тиндиргич
Оттеснение	— сўриб чиқариш
Оттяжка	— чўзиш, орқага тортиш, тараглаш
Очиститель	— тозалагич
П	
Паз	— ўйиқ, ариқча, тирқиш
Пара трения	— ишқаланиш жуфтлиги

Параметр	— параметр
Пайка	— кавшарлаш
Пақля	— каноф тола, зигиртола, пақля
Передеформирование	— ўгадеформацияланиш
Перекоc	— қинғайиш, қийшайиш
Перекрытие	— қопланиш
Перекрытия зубчатого зацепления	— илашма тишларининг қопланиши
Перемещение тела	— жисмнинг жойини ўзгартириш
Перенос металла	— металл кўчиб ўтиши
Переносный	— кўчма
Петлевой	— сиртмоқсимон
Питтинг	— питтинг (металл заррачарининг юзада чуқурчалар ёки ўйилишлар ҳосил қилиб ҳар қандай чиқиб кетиши ёки жойини ўзгартириш)
Плавность	— майинлик
Пласт	— қатлам, қават
Пластическое оттеснение	— пластик сиқиб чиқариш
Пластическое уплотнение	— пластик зичланиш
Пленка	— юпқа парда
Плоскорез	— ясси (ётиқ) кесгич
Плотность	— зичлик
Площадь контакта	— туташув юзаси
Поверхностно-активные вещества (ПАВ)	— сиртқи актив модда (САМ)
Поверхностный	— сиртқи, устки, юзаки
Поверхность	— сирт, юза
Поверхность трения	— ишқаланиш сирти, юзаси
Повреждение	— шикасланиш, бузилган жой, шикаст
Погнутость	— эгилганлик
Погрешность	— нуқсон, камчилик, хато
Податливость материала при обработке	— материалнинг ишлов беришга мослиги
Подвеска	— осма, осгич
Подвижный	— ҳаракатли
Подгонка	— мослаш, мослаб тушириш, тўғри келтириш
Подобие	— ўхшашлик

Подслой	— қатлам ости
Подставка	— таглик
Подшипник	— подшипник
Подпятник	— подпятник (ўқ йўналишида таъсир этувчи юкламларни ўзига олувчи таянчиқ)
Позиция	— ўрин, позиция
Покрытие	— қоплама
Ползучесть	— ёйилувчанлик
Полировка	— сайқаллаш, жилолаш
Полужидкостная смазка	— ярим суюқ мойлаш
Пористость	— говаклилик
Пористый материал	— говакли материал
Порошковая металлургия	— порошок металлургияси
Порошок	— кукун, порошок
Посадка	— ўтқазиш, посадка
Поступательное движение	— илгарилама (нукталари бирбирига параллел равишда кўзгаладиган) ҳаракат
Поточный метод	— узлуксиз метод
Предел прочности	— пишиқлик, мустаҳкамлик чегараси
Предельное состояние	— чегаравий ҳолат
Предел текучести	— оқувчанлик чегараси
Предел скорости	— тезлик чегараси
Предел упругости	— эластиклик чегараси
Предохранительный	— сақловчи
Прерыватель	— узгич
Прерыватель распределитель	— узиб тақсимлагич
Прерывистая поверхность	— узуқ-узуқ (юлуқ) сирт
Прессование	— пресшлаш, тахтакачлаш
Привод	— юритма
Пригонка	— мослаб ўрнатиш
Прилегаемость	— жипсланишлик
Припой	— кавшар
Припуск	— кўйма
Приработка	— ишлаб мосланиш
Приработочный износ	— ишлаб мосланишдаги ейлиш
Присадка	— кўшимча, кўшилма
Притирка	— ишқалаб мослаш
Прогнозирование	— чамалаш, олдиндан аниқлаш

Продольная	— буйлама
Продольная шероховатость	— буйлама ғадир-будурлик
Поперечная	— кундаланг
Поперечная шероховатость	— кундаланг ғадир-будурлик
Пятно контакта	— туташув изи
Пятно касания	— уриниш нуқтаси ҳосил қилган жой

Р

Работоспособность	— ишлаш қобилияти
Рабочая поверхность	— ишлайдиган юза (сирт)
Равномерное движение	— текис (бир маромда) ҳаракат
Равностойкость	— тенг барқарорлик; чидам-лилиги бир хил
Радиальное биение	— радиаль тепиш, радиус буйлаб тепиш
Радиус вершины выступа	— дўнглик чўққисининг радиуси
Радиус закругление	— радиуснинг юмалоқланганлиги
Разгрузочная канавка	— буйлама кучлар таъсирини йўқотувчи чуқурча
Разрушить	— емирмоқ
Разупрочнение	— бушатилиш
Разъезд	— ўймоқ, шилмоқ
Раковина	— кавакчалар
Расслой	— қатламларга ажратиш
Распределитель	— тақсимлагич
Регулировать	— созламоқ
Режим	— тартиб, режим
Режим трения	— ишқаланиш режими
Режущий инструмент	— қирқув (кесув) асбоби
Режущая способность	— қирқиш қобилияти
Резание	— қирқиш (кесиш)
Резервирование	— захиралаш, резервлаш
Резец	— қирқув асбоби, кескич, резец
Ресурс	— ресурс
Ремонт	— таъмир
Ремонтопригодность	— таъмирга яроқлилиқ
Рыхлитель	— юмшатгич

С

Собачка	— тиргак
Самосмазывание	— ўз-ўзини мойлаш

Самопроизводящая шероховатость поверхности	— ўз-ўзини етилтирадиган юза гафир-будурлиги
Сближение	— яқинлашиш, яқинлашув
Сварка трением	— ииқалаб пайвандлаш
Связующее	— боғловчи, боғлайдиган
Сдвиг	— силжиш
Сдвиговое сопротивление (касательное напряжение)	— силжиш қаршилиги (уринма кучланиш)
Сжимаемость	— сиқилувчанлик
Сжатие	— сиқилиш
Сила трения	— ишқаланиш кучи
Сила трения покоя	— ҳаракатсиз ишқаланиш кучи (нисбий ҳаракат бошлангунча бўладиган ишқаланиш кучи)
Сила трения движения	— ҳаракатдаги ишқаланиш кучи
Скальвание	— ёриш, ёрилиш
Скольжение	— сирпаниш
Слойность	— қат-қатлик
Смазка	— мой, мойлаш
Смазочная способность	— мойлаш хусусияти
Смазочный	— мойлайдиган
Смазывание	— мойлаш
Смачиваемость	— ҳўлланиш; суюқликни эмдириш
Смещанная смазка	— аралаш мойлаш
Смываемость	— ювилиб кетиш
Смываемость масла	— мойнинг ювилиб кетиши
Совместимость	— бир-бирига тўғри (мос) келиш; мослик
Соединение	— бирикма
Соприкосновение	— туташиш, туташиб гуриш
Соприкосновение двух тел	— икки жисмнинг туташиб туриши
Сопровождаться	— бирга (бир вақтда, биргаликда) содир (воқе) бўлмоқ, баравар юз бермоқ
Сопутствующий износ	— йўлакай ейилиш
Сопряженные поверхности	— бир-бирига тегиб турадиган сиртлар; туташган сиртлар
Сортировка	— саралаш
Сохранность	— бутлик
Сохраняемость	— сақланувчанлик

Сочленение	— бирикма, улама
Спекание	— қиздириб бириктириш
Спеченный материал	— қиздириб бириктирилган материал
Справочник	— маълумотнома, справочник
Среднее арифметический	— ўрта арифметик
Старение	— эскириш
Стойкость	— барқарорлик, ўзгармаслик
Стружка	— қиринди
Струйный	— пурковчи, тизиллатиб отадиган
Ступица	— гупчак
Схватывание	— қаттиқ тишлашиб қолиш
Съёмный	— олиб қўйиладиган

Т

Тахометр	— тахометр (айланиб ишлайдиган машина қисмларининг бурчак тезлигини ўлчайдиган асбоб)
Твердомер	— қаттиқлик ўлчагич, твердомер (материал қаттиқлигини ўлчайдиган асбоб)
Текучесть	— оқувчанлик
Текущий ремонт	— жорий таъмир
Температурапроводность	— иссиқлик ўтказувчанлик
Тепловой износ	— иссиқликдан ейилиш
Теплостойкость	— иссиқбардошлик, иссиққа чидамлилик
Термическая обработка металла	— металлни қиздириб ишлаш
Технический осмотр	— техник кўрик
Техническое обслуживание	— техник хизмат кўрсатиш
Технологичный	— ишлов беришга қулай
Торец	— нарсанинг (буюминг) кўндаланг кесилган жойи,
Травление	— кимёвий кислота билан ўйиб ишлов бериш
Трение	— ишқаланиш
Трение движения	— ҳаракатдаги ишқаланиш
Трение верчения	— буралиб (айланиб) ишқаланиш
Трение внешнее	— сиртки ишқаланиш
Трение внутреннее	— ички ишқаланиш
Трение граничное	— чегаравий ишқаланиш

Трение качения	— думалаб (юмалаб) ишқаланиш
Трение покоя	— ҳаракатсиз ишқаланиш
Трение скольжение	— сирпаниб ишқаланиш
Трение сложное	— мураккаб ишқаланиш
Трение сухое	— қуруқ (мойсиз) ишқаланиш
Трибоанализ	— триботаҳдил, трибоанализ
Трибограф	— трибограф (материалнинг ишқаланишини таърифловчи миқдорларни ўзиёзар ленталарга ёзиб берувчи ва тадқиқотларда ишлатиладиган лабораториявий асбоб)
Трибология (трибоника)	— трибология (ишқаланиш, ейилиш, мойлашни ва икки металл контактида бўлган сиртларнинг бир-бирига таъсирини ўрганувчи фан)
Трибомер	— трибомер (материаллар ишқаланишида содир бўладиган ишқаланиш миқдорларини ўлчаш учун керак бўладиган ва лаборатория тадқиқотларида ишлатиладиган асбоб)
Тугоплавкий	— қийин эрийдиган

У

Угол трения	— ишқаланиш бурчаги
Ударно-абразивное изнашивание	— зарб-абразивли ейилиш
Удельное скольжение	— солиштирма сирпаниш
Удельный	— солиштирма
Уплотнитель	— зичлагич
Уплотнитель торцевой	— ён томон зичлагичи
Упрочнение	— пухталаш, пишиқлаш, мустаҳкамлаш
Упругое оттеснение	— эластик суриб (сиқиб) чиқариш
Усталость металла	— металлнинг чарчаши
Усталостная прочность	— толиқишга (чарчасига) пишиқлик (чидамлилик)

Усталостная теория изнашивания	— чарчашдан ейилиш назарияси
Усталостная трещина	— чарчашдан ёрилиш

Ф

Фактическая площадь контакта	— ҳақиқий (фактик) туташув юза
Фланец	— гардиш
Фреттинг	— йўймоқ, ўйиб юбормоқ, емирмоқ (инглиз тилидаги <i>fret</i> сўзидан)
Фреттинг-коррозия	— занглашдан емирилиш
Фосфатирование	— фосфатлаш
Фрикцион	— чиғирик, фрикцион (бир валдан иккинчисига айланма ҳаракатни узатиб берувчи механизм)
Фрикционная муфта	— фрикцион, бирлаштиргич, фрикцион муфта

Х

Характеристика	— тавсиф, тафсилот
Характеристика износа	— ейилиш тавсифи
Ходовой винт	— юргизиш винти, суриш винти
Хранение машины	— машинани сақлаш (асраш)

Ц

Царапанье	— тирналиш
Царапина	— тирналган жой

Ш

Шаржируемость	— сингдирилиб маҳкамланиб қолиш
Шероховатость	— ғадир-будурлик
Шероховатость равновесная	— мувозанатли ғадир-будурлик
Шероховатость оптимальное	— энг мақбул ғадир-будурлик
Шлифование	— жилвирлаш, силлиқлаш
Шлифование внутреннее	— ички жилвирлаш
Шлифование круглое	— думалоқ жилвирлаш

Э

Эластичность	— эластиклик
Электромеханический износ	— электромеханикавий ейи- лиш
Эрозия	— нураш, чириш, эрозия
Эрозионное изнашивание	— нурашдан ейилиш

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. *Айнбиндер С. Б.* О площади контактов между трущимися телами. Изв. АН СССР. ОТН, Механика и машиностроение, 1962, № 6, с. 172—174.
2. *Аксенов А. Ф., Лозовский В. Н.* Износостойкость авиационных топливно-гидравлических агрегатов. М.: Транспорт, 1986, 240 с.
3. *Ахматов А. С.* Молекулярная физика граничного трения. М.: Физматгиз, 1963, 472 с.
4. *Бартнев Г. М., Лаврентьев В. В.* Трение и износ полимеров. М., Химия, 1972, 240 с.
5. *Белый В. А., Вреблевский В. И., Купчинов Б. И.* Древесно-полимерные конструкционные материалы и изделия. Минск: Наука и техника, 1980, 278 с.
6. *Белый В. А., Свириденко А. И., Петроковец М. И., Савкин В. Г.* Трение полимеров. М.: Наука. 1972, 204 с.
7. *Билик Ш. М.* Пары трения металл-пластмасса в машинах и механизмах. М., Машиностроение, 1965.
8. Боуден В. А., Тейбор Д. Трение и смазка. Пер. с англ. М.: Машгиз, 1960. 542 с.
9. *Буше Н. А.* Трение, износ и усталость в машинах (Транспортная техника): Учебник для вузов. М.: Транспорт, 1987. 223 с.
10. *Виноградов В. Н., Сорокин Г. М., Шрейбер Г. К.* Ударно-абразивный износ буровых долот. М.: Недра, 1975. 167 с.
11. *Гаркунов Д. Н.* Трибоника. Учебник для студентов вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1989. 328 с.: ИЛ

12. *Голего Н. Л., Алябьев А. Я., Шевеля В. В.* Фреттинг-коррозия металлов. Киев: Техника, 1974. 268 с.
13. *Григорьев М. А., Пономарев Н. Н.* Износ и долговечность автомобильных двигателей. М., Машиностроение, 1976. 248 с.
14. *Гришко В. А.* Повышение износостойкости зубчатых передач. М.: Машиностроение, 1985. 576 с.
15. *Демкин Н. Б.* Контактное шероховатых поверхностей. М.: Наука, 1970. 228 с.
16. *Дерягин Б. В.* Что такое трение. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 232 с.
17. *Дроздов Ю. Н.* К расчету зубчатых передач на износ. Машиностроение, 1969, № 2. с 84—88.
18. Избирательный перенос в тяжело нагруженных узлах трения / Под ред. Д. Н. Гаркунова. М.: Машиностроение, 1982. 207 с.
19. *Икрамов У.* Механизм и природа абразивного изнашивания. Ташкент, «Фан», 1979. 136 с.
20. *Икрамов У. А.* Расчетные методы оценки абразивного износа. М.: Машиностроение, 1987. 288 с.: ИЛ
21. *Икрамов У., Левитин М. А.* Основы трибоники. Учеб. пособие для студентов высш. техн. учеб. заведений. Т.: Ўқитувчи, 1984. 184 с.
22. *Икрамов У., Иргашев А.* Расчет срока службы закрытых зубчатых передач, работающих в абразивной среде. Докл. АН УзССР, № 8, «Фан», Ташкент, 1987 с. 66—69.
23. *Икрамов У., Маҳкамов К. Х.* Расчет и прогнозирование абразивного износа. Ташкент, Фан, 1982. 147 с.
24. *Икрамов У., Сабликов М. Н.* Основы эксплуатации и ремонта тракторов: Учеб. пособие для студентов вузов, изучающих дисциплину «Эксплуатация и ремонт машин». Т.: Ўқитувчи, 1992. 240 с.
25. *Кашеев В. Н.* Процессы в зоне фрикционного контакта металлов. М.: Машиностроение, 1978. 21 с.
26. *Костецкий В. И.* Трение, смазка и износ в машинах. Киев: Техника, 1970. 396 с.

27. Крагельский И. В. Трение и износ. М.: Машиностроение, 1968. 480 с.
28. Крагельский И. В., Добычин М. Н., Камбалов В. С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 1977, 526, с. силл.
29. Лозовский В. Н. Надежность гидравлических агрегатов. М.: Машиностроение, 1974. 320 с.
30. Михин Н. М. Внешнее трение твердых тел. М., Наука, 1977. 221 с.
31. Мошков А. Д. Пористые антифрикционные материалы. М., Машиностроение, 1968, 208 с.
32. Машины для испытания материалов на трение и износ. Обзор. ЦНИИТЭИ Приборостроения, М., 1974, 56 с.
33. Пинегин С. В. Трение качения в машинах и приборах. М., Машиностроение, 1976, 264 с.
34. Проников А. С. Надежность машин. М., Машиностроение, 1978, 592 с.
35. Ребиндер П. А., Шукин Е. Д. Поверхностные явления в твердых телах в процессах их деформации и разрушения (Успехи физических наук, 1972. Т. 108. вып. 1. С. 3—42.
36. Рыжков Э. В. Технологические методы повышения износостойкости деталей машин. Киев: Наук. думка, 1984. 272 с.
37. Силин А. А. Трение и его роль в развитии техники. М.: Наука, 1976. 174 с.
38. Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин/Е. Л. Шведков, Д. Я. Ровинский, В. Д. Зозуля, Э. Д. Браун. Киев: Наук. думка. 1979. 185 с.
39. Тененбаум М. М. Соппротивление абразивному изнашиванию. М.: Машиностроение, 1976. 270 с.
40. Трение, изнашивание и смазка. справочник. В 2т / Под ред. И. В. Крагельского и В. В. Алисина. М.: Машиностроение, 1978. Т. 1. 399 с. Т. 2. 357 с.
41. Трение и износ материала на основе полимеров / В. А. Белый, А. И. Свириденко, М. И. Петраковец и др. Минск: Наука и техника, 1976. 430 с.

42. *Хрущов М. М., Бабичев М. А.* Абразивное изнашивание. М.: Наука, 1970. 252 с.

43. *Чичинадзе А. В.* Расчет и исследование внешнего трения при торможении. М., Наука, 1967, 232 с.

44. *Ямпольский Г. Я., Крагельский И. В.* Исследование абразивного износа элементов при трения качения. М., Наука, 1973, 64 с.

МУНДАРИЖА

Муқаддима	3
-----------------	---

Биринчи боб

ТРИБОНИКА ФАНИНИНГ РИВОЖЛАНИШ ТАРИХИ ВА АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАРИ

1.1. Трибоника фанининг ривожланиш тарихи	5
1.2. Ишқаланиш ва ейилишнинг асосий тушунчалари	8

Иккинчи боб

СИРТҚИ ИШҚАЛАНИШ ВА ҒАДИР-БУДУР ЮЗАЛАРНИНГ ЕЙИЛИШИ

2.1. Қаттиқ жисмлар туташуви	13
2.2. Туташув сиртининг юзлари	17
2.2.1. Юза микрорельефи	17
2.2.2. Юзалар яқинлашуви	20
2.3. Сиртқи ишқаланиш коэффиценти	22
2.4. Ишқаланиш коэффицентиға таъсир этувчи омиллар	26
2.4.1. Нормал юкнинг ишқаланиш коэффицентиға таъсири	26
2.4.2. Юза ғадир-будурлигининг ишқаланиш коэффицентиға таъсири	28
2.4.3. Туташувдаги материаллар механикавий хусусиятларининг ишқаланиш коэффицентиға таъсири	30
2.4.4. Туташувдаги қаттиқ жисмларда ҳосил бўладиган иссиқликнинг ишқаланиш коэффицентиға таъсири	31
2.5. Ишқаланиш коэффицентини ҳисоблаш усули	32

2.6. Гадир-будур юзалар ишқаланганидаги ейилиш	35
2.6.1. Ейилиш турлари таснифи	35
2.6.2. Ейилиш интенсивлигини ҳисоблаш	44
2.7. Ейилиш интенсивлигига таъсир этувчи омиллар	48
2.8. Ишқаланишдаги иссиқлик	50
2.9. Думалаб ишқаланиш	53
2.9.1. Думалаб ишқаланишдаги туташувда буладиган жисмларнинг ўзаро таъсири	53
2.9.2. Думалаб ишқаланишдаги ейилиш	55

Учинчи боб

ИШҚАЛАНИШ ВА МОЙЛАШ

3.1. Мойлаш турлари	57
3.2. Гидродинамик мойлашдаги мойланиш механизми	59
3.3. Чегаравий мойлашда мой таъсирининг механизми	60
3.4. Мойлаш таркибига присадка (қўшимча)лар қўшиш	62
3.5. Суюқ мойлаш материаллари	64
3.6. Пластик (консистент) мойлар	66
3.7. Қаттиқ мойловчи материаллар	68
3.8. Ўз-ўзидан мойланиш	68
3.9. Чегаравий мой қатламларининг иссиқбардошлиги	70

Туртинчи боб

АБРАЗИВ ЕЙИЛИШ

4.1. Машиналарни ҳар хил шароитда ишлатишнинг ўзига хос хусусиятлари	73
4.2. Абразив ейилиш турлари	76

Бешинчи боб

АЗАЛДАН ЭРКИН ЗАРРАЧАЛАР БИЛАН ЕЙИЛИШ

5.1. Азалдан эркин абразив заррачалар билан ейилиш жараёнига таъсир этувчи омиллар	80
5.2. Азалдан эркин абразив заррачалар таъсирида ейилиш механизми	84
5.2.1. Ҳисоблаш модели	84
5.2.2. Ҳисоблашнинг асосий формулалари	85

5.2.3.	Абразив заррачанинг айланиш шарти	88
5.2.4.	Абразив заррачанинг деталь юзасида маҳкамланиб қолиш ва сирпаниш шарти	90
5.2.5.	Абразив заррачанинг юзалар ўртасидаги турғунлик ҳолатлари	91
5.2.6.	Абразив заррачаларнинг ишқаланиш юзалари билан ўзаро таъсири	93
5.2.7.	Юзалар орасидаги абразив заррачаларнинг ҳаракатига ҳар хил омилларнинг таъсири	98
5.3.	Азалдан эркин абразив заррачаларнинг ишқаланиш юзасига ботирилиш механизми	99
5.4.	Абразив ейилишни ҳисоблаш	104
5.4.1.	Абразив заррачанинг майдаланиб кетиши	104
5.4.2.	Тишли бирикмалар тирқишидаги абразив заррачаларнинг майдаланиши	106
5.4.3.	Тирқишдаги абразив заррачалар сонини аниқлаш	108
5.4.4.	Сирпаниб ишқаланиш жуфтликларининг абразив ейилишини ҳисоблаш	109
5.4.5.	Думалаб сирпаниш билан ишлайдиган деталлар жуфтлигидаги абразив ейилишни ҳисоблаш	110
5.5.	Абразив муҳитда ишлайдиган тишли узатмаларнинг ишлаш муддатини ҳисоблаш	112
5.6.	Абразив муҳитда ишлайдиган деталлар материални ҳисоблаш йўли билан аниқлаш	114

Олтинчи боб

ТРИБОНИКА МАТЕРИАЛШУНОСЛИГИ

6.1.	Умумий маълумотлар	117
6.2.	Ишқаланиш металлофизикаси	118
6.3.	Ишқаланиш узелларида чўян ва пўлатни қўллаш	121
6.4.	Антифрикцион материаллар	128
6.4.1.	Баббитлар	128
6.4.2.	Бронзалар	130
6.4.3.	Алюминий ва рух асосли қотишмалар	131
6.4.4.	Говакли антифрикцион материаллар	132
6.4.5.	Полимер асосли материаллар	133
6.4.6.	Лентасимон (қатламли) материаллар	140
6.4.7.	Углеграфитли материаллар	141
6.5.	Ишқаланиш жуфтликларидаги материалларни танлаш усуллари	142

6.5.1. Тажриба йўли билан танлаш	143
6.5.2. Ҳисоблаш йўли билан танлаш	146
6.6. Материалларни танлаш бўйича мисол	149
6.6.1. Ишлатилиш шароитининг таҳлили	149
6.6.2. Материални дастлабки танлаш	149
6.6.3. Ишқаланиш узелларининг ишлаш қобилиятини ҳисоблаш ва конструктив йўл билан баҳолаш	152
6.6.4. Материалларни қатъий танлаш	153

Еттинчи боб

ФРИКЦИОН МАТЕРИАЛЛАР

7.1. Фрикцион динамик қурилмалар хусусиятлари	157
7.2. Фрикцион материалларга қўйилган талаблар	161
7.3. Фрикцион материалларни танлаш	165

Саккизинчи боб

**СПЕЦИФИК ЎЗИГА ХОС ШАРОИТЛАРДА
ИШҚАЛАНИШ ВА ЕЙИЛИШ**

8.1. Юқори сирпаниш тезлигида ишқаланиш ва ейилиш ..	167
8.2. Агрессив муҳитда ишқаланиш ва ейилиш	169
8.3. Вакуумда ишқаланиш	172
8.3.1. Вакуум шароитида ишловчи узелларга қўйиладиган талаблар	171
8.3.2. Вакуумда ишқаланишнинг тадқиқоти	177
8.4. Ҳарорат паст бўлганда шароитларда ишқаланиш ва ейилиш	179
8.5. Фреттинг-коррозия (занглаш)	181
8.5.1. Фреттинг-коррозиянинг ривожланишига таъсир этувчи омиллар	183
8.5.2. Фреттинг-коррозияга қарши кураш	188
8.6. Ишқаланиш ва ейилишга тебранишлар таъсири	189
8.7. Сайланма кўчирилиш	191
8.8. Водородли ейилиш	195

Тўққизинчи боб

**ИШҚАЛАНИШ ВА ЕЙИЛИШ ЖАРАЁНИНИНГ
ТАДҚИҚОТ УСУЛЛАРИ ВА ЖИҲОЗЛАРИ**

9.1. Ейилишни ўлчаш усуллари	199
------------------------------------	-----

9.2. Ғадир-будурлик кўрсаткичларини ўлчаш усуллари	202
9.3. Ишқаланиш юзаларининг тадқиқот усуллари	205
9.4. Материалларни ишқаланишга ва ейилишга синаш машиналари	206

Ўнинчи боб

МАШИНА ДЕТАЛЛАРИНИНГ ЕЙИЛИШ БАРДОШЛИГИНИ КОНСТРУКТИВ УСУЛЛАР БИЛАН ОШИРИШ

10.1. Ейилишни ҳисоблаш	237
10.2. Механизмлар рационал конструкциясини танлаш ..	241
10.3. Деталларнинг бикрлиги, мулойимлиги ва махсус конфигурацияси (шакли)	244
10.4. Сиртқи ишқаланишни эластик элементнинг ички ишқаланишига алмаштириш	247
10.5. Сирпаниб ишқаланишни думалаб ишқаланишга алмаштириш	249
10.6. Ишқаланиш юзига тушадиган юклamani камайтириш	251
10.7. Ишқаланиш жуфтлигидаги сиртларни ифлосликлардан муҳофаза қилиш	253
10.8. Ейилишни компенсациялаш	258
10.9. Қўшимча (резерв) ишчи сиртларни яратиш	261

Ўн биринчи боб

ДЕТАЛЛАРНИ ЕЙИЛИШГА ЧИДАМЛИЛИГИНИ ОШИРИШНИНГ ТЕХНОЛОГИК УСУЛЛАРИ

11.1. Деталларга кесиш усули билан ишлов бериш	265
11.2. Деталлар сиртига пластик деформация билан ишлов бериш	269
11.3. Ейилишга қаршиликни сиртга термик ва химиявий- термик ишлов бериш йўли билан ошириш	270
11.4. Ейилишга чидамлилиқни оширишнинг гальваник усуллари	276
11.5. Деталь сиртларига металлни суюқлантириб (эритиб) қошлаш	279
11.6. Деталларнинг ишчи сиртларига термик ишлов бериш	280

Ўн иккинчи боб

**ИШЛАТИШ ШАРОИТИДА МАШИНА ДЕТАЛЛАРИНИНГ
ЕЙИЛИШИ ВА УНИНГ ОЛДИНИ ОЛИШ**

12.1. Иссиқ иқлим шароитида ва юқори чангликда ишқаланиш узелларини ишлатиш хусусиятлари	284
12.2. Айрим деталларнинг ишлатиш шароитидаги ейилиш хусусиятлари	287
12.2.1. Двигатель цилиндр поршень гуруҳи (ЦПГ) деталларининг ейилиши	287
12.2.2. Двигатель кривошип-шатунъ механизми деталларининг ейилиши	289
12.2.3. Двигатель газ тақсимлаш механизми деталларининг ейилиши	290
12.2.4. Дизель ёнилғи аппарати прецизион деталларининг ейилиши	290
12.2.5. Трансмиссия деталларининг ейилиши	291
12.2.6. Машиналар юриш қисми деталларининг ейилиши	291
12.2.7. Гидравлик тузум деталларининг ва машиналар ишчи органларининг ейилиши	292
12.3. Ишлатиш шароитида ейилишга қаршилиқни таъминлаш усуллари	293
Ишқаланиш ва ейилишга оид атамалар	299
Адабиётлар	324

Ўткир Икромов

ТРИБОНИКА

(Ишқаланиш ва ейилиш)

Бадий муҳаррир *Ж.Гурова*

Техник муҳаррир *У.Ким*

Мусаҳҳиҳа *М.Йўлдошева*

Компьютерда тайёрловчи *Ш. Соҳибов*

Теришга берилди 5.03.02. Босишга рухсат этилди 10.12.02.
Бичими $84 \times 108 \frac{1}{32}$. Шартли босма табағи 17,64. Нашр. т. 15,99.
Нусхаси 2000. Буюртма № К-106
Баҳоси шартнома асосида.

“Ўзбекистон” нашриёти, 700129, Тошкент, Навоий кўчаси, 30.
Нашр. № 210-1997.

Ўзбекистон Матбуот ва ахборот агентлиги Тошкент матбаа
комбинатида босилди. 700129. Тошкент, Навоий кўчаси, 30.

—Y35F PICTURE—