

**С.АМАНЖОЛОВ АТЫНДАҒЫ ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН УНИВЕРСИТЕТІ**  
**ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ**  
**С.АМАНЖОЛОВА**

БЕКІТІЛГЕН / УТВЕРЖДЕН

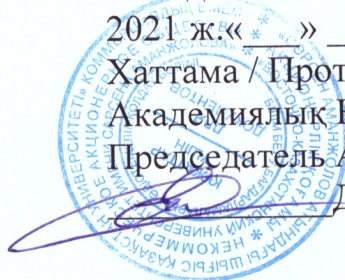
Университеттің Академиялық Кеңесімен  
/ Академическим Советом университета

2021 ж. «\_\_» \_\_\_\_\_

Хаттама / Протокол №\_\_

Академиялық Кеңестің төрағасы /  
Председатель Академического Совета

Д.Ерболатулы



ОҚУ БАҒДАРЛАМАСЫ / УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

**БЕТТІК ҚАБАТТЫҢ ТРИБОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ ТРИБОМЕТРИЯ**

*(пәннің атауы / наименование дисциплины)*

6B07101- «Материалтану және жаңа материалдар технологиясы»

*(БББ атауы және коды/код и название ОП)*

240 сағат/часов

8 кредит/кредитов

*(оқу кредиті көлемі/ объем учебного кредита)*

Өскемен, 2021 ж./г.

Оқу бағдарламасын құрастырған  
Сағдолдина Ж., инженерия және технологиялар кафедрасының  
қауымдастырылған профессоры  
(құрастырушының Т.А.Ә., қызметі, ғылыми дәрежесі және атағы)

Инженерия және технологиялар кафедра отырысында қаралған және  
талқыланған

№ \_\_ хаттама « \_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 ж.

Кафедра меңгерушісінің м.а.  М.Б. Баяндинова

Жаратылыстану ғылымдары және технологиялар факультет Кеңесімен  
мақұлданған

№ \_\_ хаттама « \_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 ж.

Факультет Кеңесінің төрағасы  М.Н.Мадияров

## Түсініктеме жазба / Пояснительная записка

Пән **6В07101** – «**Материалтану және жаңа материалдар технологиясы**» білім беру бағдарламасының білім алушыларына арналған.

**Пәнді оқыту мақсаты: / Цель преподавания дисциплины:** білім алушыларға энергияны үнемдеу мәселелерін шешуге, машиналар мен жабдықтардың үйкеліс түйіндерінің сенімділігін арттыруға, оларды техникалық пайдалану шығындарын азайтуға қажетті білім мен дағдыларын үйрету.

**Пәннің міндеттері: / Задачи дисциплины:** білім алушыларды үйкеліс, тозу және майлау теориясының негіздерімен, әдіс-тәсілдерімен таныстыру, үйкелістің негізгі түрлерін зерттеу, үйкеліс жұптарының параметрлері және олардың негізінде металл өңдеу технологияларының принципімен таныстыру.

**Пәнді оқып білудің нәтижелері:** пәнді оқып білудің нәтижесінде білім алушылар қабілетті:

- үйкеліс, тозу және майлау теориясы үшін негізгі ұғымдарын меңгеру;
- үйкеліс жұптары материалдарының түрлері, олардың түйіндесу және өзара әрекеттесу негіздерін білу;
- үйкеліс жұптары үшін оңтайлы материалдарды таңдау;
- механикалық өңдеу үшін оңтайлы майлау және майлау жүйелерін таңдау;
- құрал-жабдықтарын таңдау;
- есептеулер жүргізу, үйкеліс жұптарының параметрлерін таңдау және оларды дамыту.

### **Құзыреттілігі:**

қозғалыс тетіктерінің үйкеліс, тозудың және майлау қағидаттарын қолданып тұжырымын беруге; майлау жүйесінің тиімділік дәрежесін бағалауға; үйкелетін бөлшектерді беттік қатайту технологияларын және үйкеліс пен тозуды сынау әдістерін меңгеру қабілеті.

**Пререквезиттер:** Қолданбалы механика, Физика, Химия, Металтану

**Постреквезиттер:** Диплом алды іс-тәжірибесі

## Пән мазмұны

### **Трибологияға кіріспе. Жалпы мағлұматтар. Мәселелер**

Машина жасаудың қарқынды дамуы олардың алдына жаңа міндеттер қоя отырып, трибология саласындағы мамандардың қызметін үздіксіз ынталандырады. Ғарыштық зерттеулердің, атом энергетикасының дамуы температураның кең диапазонында (криогендіен 1500 °С-қа дейін), вакуумда, агрессивті ортада, майлау әсері жоқ сұйықтықтарда, оның ішінде сұйық металдарда, қарқынды радиация жағдайында үйкелетін денелердің жұмысқа қабілеттілігін қамтамасыз етуді талап етеді. Биологиялық белсенді ортада подшипниктердің жұмысы үшін материалдарды әзірлеу қажет.

Трибологияның дамуына үлкен үлес қосқан ғалымдар С.Б. Айнбиндер, В.А. Белый, Ф.П. Боуден, Д.Н. Браун, Д.Н. Гаркунов; Б.В. Дерягин, Ю.Н. Дроздов, Ю.А. Евдокимов, А.Ю. Ишлинский, И.В. Крагельский, Н.М. Михин, М.А. Левитин, К. Ипрамов, А.С. Проников, П.А. Ребиндер, Д. Тейбор, М.Н. Хрущов, А.В. Чичинадзе және т.б.

XV ғасырда Леонардо Да Винчи үйкелісті зерттеуде құнды үлес қосқан. Леонардо Да Винчидің моделін 180 жылдан кейін француз Г.Амонтон (1663-1705ж.ж.) қайта ашты. 1699 жылы Амонтон алдымен үйкелістің жүктеме мөлшеріне, қалыпты үйкеліс бетіне тәуелділік заңын тұжырымдады.

Трибологияны дамытудағы маңызды фактор микро - және нано-зерттеулерді жүргізуге арналған жаңа жабдықты, материалдардың триботехникалық қасиеттерін зерттеуге арналған сынақ машиналарын, жұқа беткі қабаттарды (және беттердің өздерін), майлау майларына жоғары тиімді қоспаларды зерттеуге арналған жабдықтар мен аспаптарды әзірлеу және пайдалану болып табылады.

### **Беткі қабат және оның қасиеттері. Кедір-бұдырлық параметрлері. Заттардың беттік жанасуы. Қалдық кенеулік**

Үйкелісті зерттеу кезіндегі алғашқы мәселелердің бірі жанасатын (контакт) беттердің өзара байланысы. «Байланысу (контакт)» ұғымын қатты дене беттерінің пішінінің ауытқуы мен байланысқан беттер арасында болатын заттардың (газдар мен майлау материалдары) әсерін ескере отырып салыстырмалы ығысу мен қысушы күштердің (сжимающих сил) әсерін болатын беттердің әрекеттесуі деп түсінуге болады.

Машина бөлшектерінің жұмысына кедір-бұдырлықтың әсері әртүрлі. Кедір-бұдырлық беткі қабаттың эксплуатациялық қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді. МС 215142-82 сәйкес, беттің кедір-бұдырлығы дегеніміз белгілі бір базалық ұзындық бойымен алынған салыстырмалы түрде кішкентай кадаммен алынған тегіссіздіктің жиынтығы.

Қатты денелердің үйкеліс процесін жүзеге асыру үшін беттердің байланысы немесе осы денелердің өзара әрекеттесуі қажет. Қатты заттардың беттерімен байланыста болатын құбылыстардың сипаты осы беттердің физика-механикалық, химиялық қасиеттерімен және микрогеометриясымен анықталады. Беттердің байланысын зерттеу кезінде И.В. Крагельский контактінің (байланыстың) номиналды, контурлы және нақты ауданын

анықтады.

Қалдық кернеулер диаграммасының сипатына беткі беріктендіру әдістері мен қорғаныш жабындары үлкен әсер етеді. Бөлшектердің беткі қабаттары жоғары жиілікті токтармен қатайғаннан кейін, беткі қабаттанудан, азоттаудан және цементтеуден кейін беткі жағында максималды қысатын кернеулер бар екендігі анықталды, ал мұндай өңдеуден кейін бөліктер тозуға төзімділігін арттырды.

### **Беткі қабаттың физика-химиялық қасиеттері. Құрылымдық және фазалық өзгерістер. Беткі қабаттың құрылымы.**

Пластикалық деформациялар микроқұрылымның өзгеруіне әкеледі. Металл құрылымында кездейсоқ орналасқан кристалды түйіршіктер пластикалық деформацияның әсерінен біркелкі бағыт алады. Металдың суық пластикалық деформациясында оның қаттылығы мен беріктігі артады. Бұл құбылыс металды қатайту және тегістеу деп аталады.

Бөлшектердің бетінің сапасы бетінің микро - және макрогеометриясымен, толқындығымен, құрылыммен, қатаюмен және қалдық кернеулермен сипатталады. Беткі қабаттың құрылымына әсер ететін маңызды фактор-бұл өңдеу процесінде пайда болған жаңа беттерде тез дамидыны тотығу процестері.

Металдың беткі қабаты жоғары белсенділікке ие, соның салдарынан әрекет етуші күштер қатты дененің (металдың) бетіне әртүрлі сипаттағы заттардың қабыршақтарын адсорбциялайды. Заттардағы (металдардағы) байланыс күштерін бес түрге бөлуге болады: иондық, ковалентті, металл, Ван-дер-Ваальстік немесе молекулалық, сутегі немесе резонанстық байланыс. Байланыстың тек бір түрі бар заттар өте сирек кездеседі. Әдетте, көп жағдайда әртүрлі байланыстардың үйлесімі байқалады, бірақ байланыстың басым түрі заттың белгілі бір физикалық, химиялық және механикалық қасиеттерін анықтайды.

### **Адгезия. Беттік энергия. Адсорбция және хемосорбция.**

Заттарда әрекет ететін байланыс күштері адгезияға әкеледі. Адгезия беткі қабаттағы молекулааралық өзара әрекеттесуден туындайды. Адгезияның ерекше жағдайы-бұл бірігу (когезия). Бұл молекулааралық өзара әрекеттесу, сутегі немесе химиялық байланыс күштері. Адгезия екі негізгі факторға байланысты. Бірінші фактор-нақты байланыс аймағының мөлшері, ол геометриялық байланыс аймағынан жүздеген, тіпті мыңдаған есе аз. Екінші себеп-үлгілердің бетінде металл оксидтері мен әртүрлі сипаттағы заттар молекулаларының адсорбцияланған қабатының болуы.

Өңделген бет оның қалыптасу ерекшеліктеріне байланысты химиялық белсенділігі жағынан да, физика-механикалық қасиеттері жағынан да үлкен гетерогенділікпен ерекшеленеді. Сонымен қатар, микросызаттардың дамуына негіз болатын ақаулар беткі қабатта пайда болады. Еркін байланыстарға байланысты беттік атомдар қатты дененің ішіндегі атомдарға қарағанда көп энергияға ие. Кристалдың жалпы энергиясы ішкі және беттік энергиядан тұрады.

Қатты дененің қанықпаған күш өрістерінің қатты бетке қозғалатын газ

молекулаларының күш өрістерімен әрекеттесуі немесе қатты денемен жанасатын сұйықтықтың өзара әрекеттесуі нәтижесінде оның беті қоршаған ортадағы заттардың қабығымен жабылған: газдар, әдетте ауада болатын су буы және басқа сұйықтықтардың буы, сондай-ақ сұйықтықтарда еріген және қатты дененің бетімен жанасатын заттар.

Қатты дененің бетінде газдардың, будың немесе ерітінділердің жұқа қабаттарының пайда болу құбылыстары немесе осы заттардың дененің бетіне сіңуі адсорбция деп аталады. Беттік энергия қорының азаюы нәтижесінде адсорбция жылуы шығады. Адсорбцияға қарсы процесс десорбция деп аталады.

### **Үйкеліс. Үйкеліс түрлері. Сырғанау және теңселіс үйкелісі.**

Үйкеліс дегеніміз-бір дененің екіншісіне қатысты бірінші денеге басылған кезде пайда болатын қарсылық. Бұл жағдайда тыныштық, сырғанау және жылжымалы үйкеліс бөлінеді. Механикалық компонент байланыс беттеріне қозғалу кезінде енгізілген байланыс денелерінің шығыңқы жерлерінің серпімді және пластикалық ығысуына төзімділіктен туындайды.

Көптеген зерттеулер металдар үшін үйкеліс коэффициентінің деформациялық компоненті адгезияға қарағанда шамамен 100 есе аз екенін көрсетті. Сондықтан бірінші жуықтаудағы үйкеліс коэффициенті адгезиялық компонентке тең.

Үйкеліс күшін өлшеу үшін әртүрлі трибометрлер қолданылады. Олар үйкеліс бетінің кедір-бұдырлығын, үйкеліс буы материалдарын, қалыпты жүктемені, сырғу жылдамдығын, температураны, майлауды және басқа да көптеген факторларды зерттеуге мүмкіндік береді.

Жылжымалы үйкеліс күші жылжымалы үйкеліс күшінен кемінде 10 есе аз. Жылжымалы үйкеліс күштері әртүрлі теориялармен түсіндірілді. Бұрын жылжымалы үйкеліс конъюгацияланған беттердің 56 сырғуымен бірге жүреді деп есептелген. Кейінірек сырғанау жылжымалы үйкеліс күшіне әсер ететіні анықталды. Жылжымалы денелердің беттерінде ілінісу күштері пайда болады. Адгезиялық ілінісу жылжымалы үйкеліс күштеріне аздап әсер етеді, бірақ жылжымалы денелердің тозуында үлкен рөл атқарады.

Үйкеліс күшіне мыналар әсер етеді: майлаудың тұтқырлығы, жылжымалы денелердің мөлшері, сепараторлардағы үйкеліс, беттердің кедір-бұдырлығы және т. б.

### **Құрғақ үйкеліс. Шекаралық үйкеліс. Сұйықтық үйкелісі. Аралас үйкеліс. Герси-Штрибек диаграммасы**

Екі қатты дененің арасындағы үйкеліс құбылысын зерттеу кезінде үйкелістің үш негізгі түрін ажыратуға болады: құрғақ (майлаусыз үйкеліс), шекаралық және сұйық. Майлау материалынсыз үйкеліс үйкеліс беттерінде арнайы енгізілген майлау материалдары болмаған кезде пайда болады. Үйкеліс молекулалық-механикалық сипатқа ие. Осылайша, нақты байланыс алаңдарында әрекет ететін молекулалық күштер адгезияны тудырады, беттерді орнатуға әкеледі.

Майлаусыз үйкеліс процесі беттердің секірмелі сырғуымен бірге жүреді. Шекаралық үйкеліс майлау қабатының қалыңдығы 0,1 мкм-ден аз болған

кезде конъюгацияланған денелердің бетінде пайда болады. Бұл жағдайда үйкеліс күші үйкелетін беттердің табиғаты мен күйіне байланысты болады. Шекаралық майлау кезіндегі үйкеліс механизмі келесі түрде ұсынылуы мүмкін. Жүктеме астында байланыста серпімді және пластикалық деформация жүреді. Байланыс алаңдарында шекаралық пленканы бұзбай беттерді өзара енгізу мүмкін.

Сұйық үйкеліс режимі үйкеліс беттері қысыммен сұйық майлау қабатымен бөлінген кезде және бу элементтерінің тікелей байланысы болмаған кезде пайда болады. Майлаудың тұтқырлығы мен үйкелетін беттердің қозғалыс жылдамдығының жоғарылауымен сұйық үйкеліс артады. Майлау қабатының қалыңдығының артуы үйкеліс күшін төмендетеді. Сонымен қатар, сұйық майлау кезіндегі үйкеліс күші жұптасатын беттердің табиғатына байланысты емес.

Аралас (жартылай сұйық) үйкеліс режимі байланыста сұйық және шекаралық майлау болған кезде орын алады. Мұндай үйкеліс іске қосу және тоқтату, жоғары температура мен жүктеме, майдың жеткіліксіз тұтқырлығы және оны беру кезінде, сондай-ақ абразивті механикалық қоспалар майға түскенде пайда болады.

### **Үйкеліс жұптарының жұптарының тозуы. Шеттік және рұқсат етілген тозу. Тозу механизмдері**

Жанасатын беттердің салыстырмалы қозғалысы және олардың механикалық өзара әрекеттесуі тек беткі қабаттар материалдарының күйі мен қасиеттерінің өзгеруіне ғана емес, сонымен бірге олардың жойылуына әкеледі. Әдетте, бұзылу материалдың ұсақ бөлшектерін үйкеліс беттерінен бөлу түрінде болады, бұл уақыт өте келе жанасатын бөліктердің мөлшері мен пішінінің өзгеруіне әкеледі. Бұл құбылыс тозу деп аталады.

Машинаны пайдалану кезінде тозу болатындықтан, бөліктің тозу дәрежесін анықтау және оны жөндеу қажеттілігін анықтау өте маңызды. Шекті тозуларды белгілеу реттеу операцияларын орындау және пайдалануда және жөндеу кезінде бөлшектерді жарамсыз ету үшін қажет. Шекті тозуларды анықтау үшін үш критерийді басшылыққа алу керек: техникалық, функционалдық және экономикалық. Шекті тозудың техникалық белгісін түйіспелі коррозия, кернеулердің релаксациясы және бөлшектердің макропластикалық деформациясы салдарынан қозғалмайтын конъюгация сипатының өзгеруін бағалау үшін де қолдануға болады.

Тозу механизмін қарастыра отырып, үйкеліс жұбының жанасу аймағында пайда болатын үш құбылысты ажыратуға болады: үйкеліс беттерінің өзара әрекеттесуі, беткі қабаттағы өзгерістер, беткі қабаттың бұзылуы. Барлық осы құбылыстар кезең-кезеңмен жүрмейді, олар бір-біріне өзара әсер етіп, үздіксіз араласады. Беттердің өзара әрекеттесуі механикалық және молекулалық деңгейде жүреді.

Уақыт өте келе тозудың өзгеруі тозу қисығымен сипатталады. Әр түрлі факторларға байланысты (материалдардың қасиеті, үйкеліс қондырғысының жұмыс режимі мен шарттары) тозу қисықтары әртүрлі болады. Көзбен немесе микроскоппен анықталатын үйкеліс беттерінің бұзылуы жеке

элементар процестер түрінде жүреді, олардың комбинациясы материалдар мен үйкеліс жағдайларына байланысты.

### **Тозу түрлері. Абразивті тозу. Тозу механизмдері. Қажулық тозу.**

Тозу түрлерінің алғашқы жіктеулерінің бірін А. К. Зайцев ұсынды. Әр түрлі белгілермен ерекшеленетін бірқатар басқа классификациялар бар. Б. И. Костецкийге жетекші (басым) және ілеспе тозу түрлерін ажырату ұсынылды.

Машиналарды пайдалану кезінде үйкеліс бетіне әсер ету сипаты мен ондағы процестердің сипатына сәйкес тозу түрлерінің жіктелуі кең таралған. Машиналарда келесі тозу түрлері байқалады: механикалық тозу, молекулалық-механикалық тозу, коррозиялық-механикалық тозу.

Абразивті тозу-бұл бөлшектің қатты бөлшектермен (абразивпен) әрекеттесуі нәтижесінде бетінің бұзылуы. Абразивті материал-бұл табиғи немесе жасанды шыққан материал, оның дәндері жеткілікті қаттылыққа ие және кесу (тырнау) қабілетіне ие. Абразивті тозуға абразивті ортада жұмыс істейтін машина бөлшектерінің көп мөлшері әсер етеді.

Абразивті тозуға төзімділік беткі қабаттардың құрамы мен құрылымына да байланысты. Абразивті тозу кезіндегі материалдардың тұрақтылығы көбінесе жұмыс жағдайлары мен режимдеріне байланысты. Абразивтік бөлшектерді бөлшектердің майлау материалымен күштік байланыс аймағына орналастыру тозуды күрт арттырады. Абразивті тозу процесін ескере отырып, оның пайда болуының ерекше жағдайлары: соққы кезінде абразивті тозу; гидро және газ абразивті тозу; абразивті болған кезде полимерлердің тозуы.

Үйкеліс кезіндегі зақымданудың ең көп таралған түрі-бұл беттердің жылу, химиялық, адгезиялық және басқа да жанасу әсерлерінің фонында беттердің жергілікті бөлімдері қабылдайтын жоғары ауыспалы және циклдік серпімді-пластикалық жүктемелердің әсерінен болатын шаршау. Шаршау тозуының табиғаты туралы әртүрлі көзқарастар болды. 1903 жылы Бейби өз еңбектерінде алғаш рет көрсеткен.

### **Пластикалық деформация әсерінен тозу. Кавитациялық тозу. Молекулалық-механикалық тозу.**

Пластикалық деформация (ұсақтау) әсерінен тозу-бұл микроотүсірілімдердің пластикалық деформациясы нәтижесінде бөліктің мөлшерін немесе пішінін өзгерту. Пластикалық деформация әдетте металдардың тозуымен бірге жүреді және үйкеліс бетіне тікелей жақын жерде байқалады. Бұл сонымен қатар бүкіл бөлікке немесе оның едәуір көлеміне таралатын деформацияны білдіреді.

Кавитация дегеніміз-қатты дененің бетінде қозғалатын сұйықтық ағынында сұйықтықта ерітілген және одан шығарылған булар, ауа немесе газдармен толтырылған көпіршіктер түрінде қуыстардың пайда болу құбылысы. Кавитация-бұл қуыс. Кавитациялық тозудың қарқындылығы температураға, сұйықтықтың қасиеттеріне және бөлшектердің материалына байланысты. Дыбыстық және ультрадыбыстық тербелістер діріл кавитациясының пайда болуына ықпал етеді.

Молекулалық-механикалық тозу үйкеліс беттерінің механикалық және

молекулалық өзара әрекеттесуі нәтижесінде пайда болады. Байланыс орнында беттерді орнату нәтижесінде материалдың терең жыртылуы орын алады, сондықтан оны кептелу кезінде тозу деп атайды. Көбінесе майлаудың болмауы, ауыр жүктемелер, температура мен сырғу жылдамдығы байқалады. Тозудың бұл түрі бірінші және екінші типтегі орнату арқылы тозуға бөлінеді.

**Коррозия-механикалық тозу. Фреттинг-коррозиялық тозу. Тотығып тозу. Сутектік тозу. Эрозиялық тозу.**

Коррозиялық-механикалық тозу үйкеліс беттеріне механикалық әсер ету нәтижесінде пайда болады. Тозудың бұл түрі негізінен үйкеліс беті материалының оттегімен немесе тотықтырғыш ортамен химиялық реакциясынан туындайды.

Фреттинг-коррозия-бұл төмен амплитудасы, айналуы, тербелісі бар тербелістер кезінде бір-біріне тығыз басылған беттердің сырғу орындарындағы коррозиялық-механикалық бұзылу. Бұл жылжымалы байланыс нүктелерінде қорғаныс оксиді қабықшасының үздіксіз бұзылуына байланысты пайда болады. Фреттингкоррозияның ең қауіпті салдары-коррозиялық беріктіктің төмендеуіне байланысты бөлшектердің жарылуы.

Тотығу тозуы-коррозиялық-механикалық тозу, онда материалдың оттегімен немесе тотықтырғыш ортамен химиялық реакциясы тозуға негізгі әсер етеді. Тотығу тозуы материалдың оттегімен немесе тотықтырғыш ортамен әрекеттесуі нәтижесінде үйкеліс бетінде қорғаныс қабықшалары пайда болған кезде пайда болады, содан кейін бұл қабықшалар процестің қайталануымен механикалық әсер етеді.

Сутектің тозу әсерінің ашылуы Д. Н. Гаркунов пен А. Л. Поляковқа тиесілі. Беткі қабаттарда сутектің пайда болуы оның трибохимиялық реакциялар нәтижесінде майлау материалдарынан, отыннан, қоршаған газ ортасынан және металл емес үйкеліс жұптарынан қарқынды бөлінуіне байланысты. Беткі қабаттарда сутектің болуы металды құю және химиялық-термиялық өңдеу процестерінің нәтижесі болуы мүмкін.

Эрозия-бұл сыртқы ортаның әсерінен заттың беткі бұзылу процесі. Көбінесе эрозия коррозиямен бірге жүреді. Коррозиялық эрозиялық тозу-бұл коррозиялық-механикалық тозудың бір түрі. Коррозия мен эрозияның рөлі механикалық және химиялық әрекеттесуге байланысты.

### **Тозуды өлшеу әдістері**

Тозуды өлшеудің қолданыстағы әдістері әдеттегі құралдардың көмегімен тозатын бөлшектердің мөлшерін өлшеуден де, ядролық-физикалық процестерге негізделген әдістерді қолданудан да тұрады. Тозуды өлшеу үшін зақымдануды бағалаудың интегралды және дифференциалды әдістері қолданылады. Бөліктің салмағын немесе көлемін жоғалту арқылы тозуды өлшеу, әдетте, үлгілерді зерттеу кезінде қолданылады және көптеген машина бөлшектері үшін жарамсыз.

Бөлшектердің тозу мөлшерін анықтаудың ең көп таралған және қол жетімді әдісі-микрометриялық өлшеу әдісі. Микрометрлеу әдісімен тозуды бағалау микрометрлердің, ұзындықтың соңғы өлшемдерінің, аспаптық және әмбебап микроскоптардың, индикаторлық нутромерлердің, тұтқыш-

механикалық аспаптардың немесе дәлдігі әдетте 1-ден 10 мкм-ге дейін болатын басқа да аспаптардың көмегімен жүргізіледі.

Салмақ әдісі әдетте кішкене бөліктердің тозуын анықтау үшін қолданылады. Олар сынаққа дейін және кейін өлшенеді. Бұл әдістің дәлдігі таразының дәлдігіне байланысты және  $(0,05...5) \cdot 10^{-6}$  г. аралығында болады.

Кейбір жағдайларда аз тозу мәндерінде профиліндеу әдісі қолданылады. Бұл әдіс тозуды өлшеудің микрометриялық әдісінің бір түрі болып табылады. Профилографта "Бастапқы тозу" деп аталатын шама өлшенеді.

Жасанды негіздердің әдісі - тозған бетке қатаң түрде анықталған пішінді конус, пирамида және т.б. түрінде тереңдету қолданылады. Бұл әдіс негіздер Қолданылатын жерлерде жергілікті сызықтық беткі тозуды анықтауға мүмкіндік береді, сондықтан тозған беттің пішіндерін бағалауға болады.

### **Үйкеліс жұптарының материалдарын таңдау. Қойылатын талаптар.**

Үйкеліс қондырғыларының бөліктері олардың мақсатына байланысты кең ассортименттегі құрылымдық, үйкеліс, тозуға төзімді және үйкеліске қарсы материалдардан жасалған. Көптеген жағдайларда материалдар негізгі құрылымдық материалдың қаңқасына пленкаларды немесе төсемдерді жабу түрінде қолданылады. Кейде электр өткізгіштікке қойылатын нақты талаптарға сәйкес, ысқылайтын бөлшектер болаттан және арнайы мақсаттағы басқа қорытпалардан, металл оксидтерінен, керамикалық және металл емес материалдардан жасалады.

Материалдарды таңдау қиын міндет болып табылады, өйткені ол түйіндердің дизайны мен мақсатына, өндіріс технологиясына, пайдалану жағдайларына, бөлшектердің жалпы беріктігіне, олардың қызмет ету мерзіміне және материалдың құнын және пайдалану шығындарын ескере отырып жасалынады.

Қазіргі уақытта триботехника үйкеліс жұптары үшін материалдарды таңдаудың жалпы принциптері мен әдістерін қалыптастыруға мүмкіндік беретін үлкен тәжірибе жинады. Бұл техниканың жеке кезеңдері: пайдалану жағдайларын талдау, материалдарды алдын-ала таңдау, үйкеліс түйінінің жұмыс қабілеттілігін есептік-конструктивті бағалау, материалды түпкілікті таңдау.

### **Конструкциялық бөлшектердің тозуға төзімділігін арттыру**

Үйкелетін бөлшектердің беріктігі мен сенімділігін арттырудың конструкторлық әдістері әртүрлі және үйкеліс түйіндерін жобалау сатысында шешіледі. Үйкеліс түйінін құрудағы негізгі міндеттер: машинаның үйкеліс түйінінің схемаларын оның тозуға төзімділігі мен құрылымның сенімділігіне әсер ету тұрғысынан бағалау және таңдау, үйкеліс жұбының материалдарын таңдау, тағайындау мөлшерін және нысаны бөлшектер, берілген режимде үйкеліс түйінінің қалыпты жұмысын қамтамасыз ету және артық жүктемелерден қорғау, ең аз шығындармен пайдалануды қамтамасыз ету, үйкеліс түйінін ластанудан қорғау.

Салыстырмалы түрде кішігірім сызықтық, бұрыштық немесе бірлескен қозғалыстар үшін қатаң байланысы бар кинематикалық жұптарды бірқатар артықшылықтарға ие жоғары серпімді аралық элементі бар бекітілген

қосылыстармен алмастыруға болады. Олардың жұмыс процесінде байланыстардың өзара ығысуына арнайы серпімді бөліктің деформациясы арқылы қол жеткізіледі; бұл жағдайда сырғу немесе илемдеудің сыртқы үйкелісі резеңке серпімді элементтің ішкі үйкелісімен ауыстырылады. Бұл қосылыс резеңке металл топса түрінде жасалады.

Жылжымалы үйкелісті жылжымалы үйкеліспен ауыстыру бөлшектердің беріктігін, олардың жұмысының сенімділігі мен машиналардың тиімділігін арттыруға көмектеседі. Жылжымалы үйкеліс жағдайында жұмыс істейтін түйіндер үшін келесі артықшылықтар тән. Үйкеліс тораптарының бөлшектерін жобалау және машинаның орналасуы кезіндегі температуралық деформацияларды есепке алу жұмыс жағдайында үйкеліс беттерінің конфигурациясын мүмкіндігінше аз бұрмалау үшін жұптастыру және шараларды әзірлеу кезінде саңылаулардың дұрыс тағайындалуына дейін азаяды.

**Үйкеліс түйіндерінің тозуға төзімділігін қамтамасыз етудің технологиялық әдістері.**

Үйкеліс бөлшектері беттерінің тозуға төзімділігін қамтамасыз етудің қолданыстағы технологиялық әдістері бірнеше топқа бөлінеді: механикалық, химиялық және термиялық, тозуға төзімді жабындарды қолдану, төсеу және т.б. бұл әдістерді қолдану машина бөлшектерінің өнімділігін арттыруға деген ұмтылыстан туындайды.

Кесу процесі-бұл үлкен жылу шығарумен, металдың деформациясымен, кесу құралының тозуымен және кескіште өсумен бірге жүретін күрделі физикалық процесс. Өңдеу әдісіне байланысты бұзылулардың орналасуы мен формасы өзгереді. Кедір-бұдырлардың бағыты бетінің тозуға төзімділігіне, кону сенімділігіне, пресс қосылыстарының беріктігіне әсер етеді.

Әр түрлі мақсаттағы үйкеліс түйіндерінің беріктігі мен тозуға төзімділігін арттыру үшін беттік пластикалық деформацияны қатайту әдістері кеңінен қолданылады. Беріктендіру металдың беткі қабатының шаршау қарсылығын және қаттылығын арттыру және беткі қабатта қысу кернеулерін, сондай-ақ реттелетін микрорельефті қалыптастыру үшін жүзеге асырылады.

Термиялық өңдеу дегеніміз-химиялық құрамын өзгертпестен құрылымы мен қасиеттерін өзгерту үшін қатты күйдегі металды жылытуға және салқындатуға байланысты процестер. Термиялық өңдеу негізгі параметрлермен сипатталады: белгілі бір температураға дейін қыздыру.

Термомеханикалық өңдеу-бұл қыздыру, пластикалық деформация және салқындатуды қамтитын бір Технологиялық процесте біріктірілген пластикалық деформация және термиялық өңдеу операцияларының жиынтығы. Термомеханикалық әсер механикалық қасиеттердің жоғарылауын қамтамасыз ететін құрылымдық күйге әкеледі.

**Майлау. Майлау материалдарының түрлері және физика-механикалық қасиеттері**

Үйкеліс күшін азайту үшін майлау материалдарын қолдану ежелден бері белгілі. Ғасырлар бойы қолданылған органикалық май, негізінен өсімдік

майы XIX ғасырдың соңында ауыстырылды. минералды (мұнай) майлар келді. Ғылым мен техниканың дамуымен мұнай майлары жақсарды; содан кейін синтетикалық майлау материалдары, қатты және ақырында өздігінен жағылатын материалдар пайда болды.

Негізгі мақсаты-жағармай материалдар кедергісінің азаюы трению және жыл сайынғы ақылы атындағы энергиясын жоғалту, тозуын төмендету бетінің үйкеліс.

Майлау материалдары сұйық болуы мүмкін (майлар, су, кейбір химиялық машиналарда жоғары концентрациядағы күкірт қышқылы, эмульсиялар және басқа сұйықтықтар), газ тәрізді (ауа және газ майлары), пластикалық және қатты (талық, графит, Молибден дисульфиді және т.б.).

Өнеркәсіпте минералды майлар ең кең таралған (95% дейін). Алу тәсілі бойынша олар: мазутты вакуумдік айдау арқылы алынған дистилляттық; мазут – гудронды вакуумдік айдау қалдығынан алынған қалдық; дистилляттық және қалдық майларды араластыру арқылы алынған компаундирленген болуы мүмкін.

Майлау материалдарының физика-химиялық сипаттамалары-бұл сапаны бағалау үшін стандарттармен реттелетін көрсеткіштер жүйесі. Негізгі сипаттамаларды қарастырыңыз.

### **Практикалық сабақ тақырыптарының үлгі тізімі/ Примерный перечень тем практический занятий**

**Тақырып 1.** Үйкеліс, тозу және майлау. Терминдер мен анықтамалар  
Тапсырма 1 ГОСТ 27674-88 стандартын меңгеру.

**Тақырып 2.** Қатты бекітілмеген абразивті бөлшектерге үйкеліс кезінде материалдардың тозуға төзімділігін сынау әдісі

Тапсырма 1 ГОСТ 23.208-79 стандартын меңгеру.

**Тақырып 3.** Беттің кедір-бұдырлығы терминдер мен анықтамалар  
Тапсырма 1 ГОСТ 25142-82 стандартын меңгеру.

**Тақырып 4.** Материалдардың қажалуға төзімділігін шар-диск әдісімен анықтау

Тапсырма 1 ASTM G99-17 стандартын меңгеру.

**Тақырып 5.** Металл бетінің тозу механизмі. Үйкеліс және тозу кезіндегі құбылыстар мен процестер

Тапсырма 1 Жұптасқан жұптардың жұмысындағы процестерді және тозу себептерін зерттеу.

**Тақырып 6.** Үйкеліс жұптарының тозу кезеңдері.

Тапсырма 1 Тозу мөлшерінің уақытқа тәуелділігін анықтау.

**Тақырып 7.** Тозудың түрлері мен сипаттамалары.

Тапсырма 1 Тозудың қандай түрлері бар екенін, сондай-ақ оның сипаттамаларын анықтау.

**Тақырып 8.** Үйкеліс жұптарының және үйкеліс түйіндерінің түрлері

Тапсырма 1 Үйкеліс жұбы мен үйкеліс түйіні ұғымының арасындағы айырмашылықты анықтау, олардың түрлерін зерттеу.

**Тақырып 9.** Материалдың тозуға төзімділік класын анықтау.

Тапырма 1 Үйкеліс жұбы мен үйкеліс түйіні ұғымының арасындағы айырмашылықты анықтау, олардың түрлерін зерттеу.

**Тақырып 10.** Үйкеліс жұптары үшін материалдар комбинациясын таңдау.

Тапырма 1 Үйкеліс жұбы мен үйкеліс түйіні ұғымының арасындағы айырмашылықты анықтау, олардың түрлерін зерттеу.

**Тақырып 11.** Триботехникалық мақсаттағы материалдар.

Тапырма 1 Үйкеліс жұптары үшін материалдар комбинациясын таңдау.

**Тақырып 12.** Триботехникада қолданылатын қара қорытпалар.

Тапырма 1 Үйкеліс тораптарында қолданылатын болаттар мен шойындардың негізгі топтарын зерттеу.

**Тақырып 13.** Триботехникалық мақсаттағы түсті металдар негізіндегі қорытпалар.

Тапырма 1 Үйкеліс түйіндерінде қолданылатын түсті металдар негізіндегі қорытпалардың әртүрлі топтарын зерттеу.

**Тақырып 14.** Триботехникалық мақсаттағы металл емес материалдар.

Тапырма 1 Үйкеліс түйіндерінде қолданылатын металл емес материалдардың әртүрлі топтарын зерттеу.

**Тақырып 15.** Бөлшектердің тозуға төзімділігін арттырудың құрылымдық әдістері.

Тапырма 1 Үйкеліс түйіндерін ұтымды жобалау арқылы тозуға төзімділікті арттыру мүмкіндігін зерттеу.

### **Зертханалық сабақ тақырыптарының үлгі тізімі / Примерный перечень тем лабораторных занятий**

**Тақырып 1.** Материалдың тозуға төзімділігін сынау

Тапсырма 1. Материалдың абразивті тозуға төзімділігін сынау

**Тақырып 2.** Профиль параметрлері мен бетінің кедір-бұдырлығын өлшеу

Тапсырма 1. Профилометр 130 кондырғысында зерттеулер жүргізу.

**Тақырып 3.** Материалдардың микроқаттылығын өлшеу

Тапсырма 1. Микротвердомер МЕТОЛАБ 502 кондырғысында зерттеулер жүргізу.

**Тақырып 4.** Материалдың қаттылығы мен серпімділік модулін өлшеу

Тапсырма 1. НаноСкан 4D Компакт және FISCHERSCOPE HM2000 кондырғыларында зерттеулер жүргізу.

### **Білім алушының оқытушымен өзіндік жұмысының үлгі тізімі / Примерный перечень тем самостоятельной работы обучающихся с преподавателем**

1. Үйкеліс жұптары материалдарының құрылымы, құрылымы және ақаулары

2. Жанасатын беттердің жанасуы мен үйкелуі туралы негізгі ұғымдар.

3. Өңдеудің беткі қабаттың қызметтік қасиеттеріне әсері. Беттердің кедір-бұдырлығының сипаттамасы.
4. Тозу түрлері және негізгі сипаттамалары.
5. Ішкі үйкеліс және сыртқы үйкеліс
6. Үйкеліс түйіндерінің конструкциялық материалдары.
7. Үйкеліс түйіндерінің жоғары пайдалану қасиеттерін қамтамасыз ету әдістері
8. Үйкеліс түйіндерінің жоғары тозуға төзімділігін қамтамасыз етудің технологиялық әдістері.

**Білім алушының өзіндік жұмысының үлгі тізімі / Примерный перечень тем самостоятельной работы обучающихся**

1. Трибологияда рентгендік зерттеу әдістерін қолдану.
2. Беткі қабаттардың күйін зерттеудің физикалық әдістері.
3. Материалдардың бұзылуының активтендіру параметрлерін бағалаудың белгілі әдістеріне шолу.
4. Үйкеліс түйіні машиналар динамикасындағы модельдеу объектісі ретінде.
5. Жұмыс сұйықтықтарын механикалық ластанудан тазарту негіздері.
6. Беттік қабаттар материалының құрылымы, қасиеттері мен күйі теориясының кейбір мәселелерінің қысқаша сипаттамасы
7. Деформацияланатын наноматериалдарды алу мен қолданудың технологиялық аспектілері.

**Әдебиеттер тізімі**

**Негізгі әдебиеттер:**

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безысность) : учебник. -4-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МСХА, 2001. - 616с.
2. Ю.Крагельский И.В. Узлы трения машин. Справочник / И.В.Крагельский. Н.М.Михин. - М.: Машиностроение. 1984. - 280с.
3. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) /В.Чичинадзе, С.М.Берлинер, Э.Д.Браун, Н.А.Буше ; под ред. А.Чичинадзе. - М : Машиностроение, 2003. - 576 с.
4. Пенкин Н.С., Пенкин А.Н., Сербин В.М. Основы трибологии и триботехники: – М. Машиностроение, 2008. – 206 с.
5. Кирпиченко Ю.Е., Трофименко А.Ф. Основы трибологии: Теория. Лабораторный практикум. Упражнения. – Гомель: Инфотрибо, 1995. – 224 с.
6. Основы трибологии (Трение,износ, смазка).Учебник длятехнических вузов. 2-е изд. переработ, и доп. / А. В. Чичинадзе, Э. Д. Браун, Н. А. Буше и др.; Под общ. ред. А. В. Чичинадзе. - М.: Машиностроение, 2001. – 664

**Қосымша әдебиеттер:**

1. Современная трибология: Итоги и перспективы. / Отв. Ред. ФроловК. В.М. –СПб.: ЛКИ, 2008. – 480 с.
2. Комбалов, В.С. Методы и средства испытаний на трение и износ

конструкционных и смазочных материалов [Электронный ресурс]: справочник / В.С. Комбалов; под ред. К.В. Фролова, Е.А. Марченко. – М.: Машиностроение, 2008. – 384 с.

3. Матвеевский Р.М. Смазочные материалы. Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний справочник / Р.М.Матвеевский, В.Л.Лашхи, ИА.Буяновский. - М. : Машиностроение, 1989.-217С.

4. Износостойкость сплавов, восстановление и упрочнение деталей машин : учебное пособие / С.П.Бережной, Н.Н.Бриков, М.Н.Бриков. О.Г.Биковский ; под ред. В. С. Попова. - Запорожье : Мотор Сич, 2006. - 420с.

#### **Интернет-көздері:**

1. [www.cnt-moscow.ru/ru/bible/tribo/](http://www.cnt-moscow.ru/ru/bible/tribo/)
2. [www.luol.ru/tribology.shtml](http://www.luol.ru/tribology.shtml)
3. [www.infobook.ru/book\\_](http://www.infobook.ru/book_)
4. [www.edu.ru/window/library](http://www.edu.ru/window/library)
5. [www.mir-studenta.ucoz.ru/load](http://www.mir-studenta.ucoz.ru/load)
6. [www.weldingsite.com.ua](http://www.weldingsite.com.ua);
7. [www.intertehno.ru](http://www.intertehno.ru).