

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

Өндірістік инженерия
кафедрасы

Смағұл Қасиет Қадырұлы

«Аддитивті технологиямен алынған конструкциялық материалдардың
динамикалық жүктеме жағдайындағы трибологиялық сипаттамаларын
зерттеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071200 – Машина жасау

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

Өндірістік инженерия

кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

PhD д-р, қауым. профессоры

_____Арымбеков Б.С.

«_____» _____ 2020 ж.

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Аддитивті технологиямен алынған конструкциялық материалдардың динамикалық жүктеме жағдайындағы трибологиялық сипаттамаларын зерттеу»

5B071200 – Машинажасау

Орындаған

Смағұл Қ.Қ.

Ғылыми жетекші,

_____Базарбай Б.Б.

«_____» _____ 2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

«Өндірістік инженерия»
кафедрасы

5B071200 – Машинажасау

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

PhD д-ф, қауым. профессоры

_____Арымбеков Б.С.

« ____ » _____ 2020 ж.

**Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Смағұл Қасиет Қадырұлы

Тақырыбы «Аdditивті технологиямен алынған конструкциялық материалдардың динамикалық жүктеме жағдайындағы трибологиялық сипаттамаларын зерттеу»

Университет ректорының «__» _____ 2020 ж. №__ -б бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «__» _____ 2020 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы берістері аdditивті алынған конструкциялық материалдардың үйкеліс тораптарын динамикалық режимде жүктеу кезіндегі триботехникалық сипаттамаларын зерттеу

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі

а) аdditивті технологияға шолу

б) негізгі сипаттамалар зерттеу

в) алынған конструкциялық материалдар туралы қорытынды жасау

Ұсынылған негізгі әдебиет: 9 атау

Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәліметтер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе. Аддитивті технологияға шолу		
Аддитивті технологиялардың түрлерін талдау		
Z Corp Binder Jetting технологиясын зерттеу		
Binder Jetting технологиясы бойынша бұйым жасау принципі		

Дипломдық жоба бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жобаға қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылау			

Ғылыми жетекші _____ Базарбай Б.Б.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ Смағұл Қ.Қ.

Күні «__» _____ 2020 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс барысында аддитивті алынған конструкциялық материалдардың қасиеттері қаралды және осы материалдарды әртүрлі үйкеліс тораптарда қолдану мүмкіндігі туралы қорытындылар жасалды. Дипломдық жұмыс мәтіндік Microsoft Word 2016 редакторда орындалған. Электрондық үлгілерді жасау кезінде SolidWorks 2016 бағдарламалық өнімі қолданылды, КОИ-1 пакеттері және қосымша АТК үшін TriBoss бағдарламаларының көмегімен жүргізілді.

АННОТАЦИЯ

В процессе дипломной работы были рассмотрены свойства аддитивно полученных конструкционных материалов и были сделаны выводы о возможности применения данных материалов в различных узлах трения. Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010. При создании электронных моделей использовался программный продукт SolidWorks 2016, испытания проводились при помощи программных пакетов КОИ-1 (кафедра МТМ, ИФВТ, ТПУ) и приложение TriBoss для АТК.

В результате исследования были изучены основные характеристики аддитивно полученных конструкционных материалов и были сделаны выводы о дальнейшей работе с материалами.

ANNOTATION

In the course of the thesis, the properties of additively obtained structural materials were considered and conclusions were made about the possibility of using these materials in various friction nodes. The final qualifying work was performed in the text editor Microsoft Word 2010. When creating electronic models, the software product SolidWorks 2016 was used, tests were carried out using the KOI-1 software packages (Department of MTM, IFVT, TPU) and the TriBoss application for ATC.

As a result of the study, the main characteristics of additively obtained structural materials were studied and conclusions were made about further work with the materials.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Әдебиетке шолу	8
1.1. Аддитивті технологияларға шолу	8
1.2 Аддитивті өндірісте пайдаланылатын 3d металл материалдарға шолу және олардың қолданысы	13
1.3 Үйкеліс тораптарындағы жүктеу заңдары	19
2 Зерттеу нысаны мен әдісі	23
2.1 Конструкциялық материалдарды өсіру технологиясының сипаттамасы, сыналатын үлгілерді дайындау кезінде пайдаланылуы	23
2.2 Зерттелетін материалдар	28
2.3 Аддитивті алынған материалдардың кеуектілігін зерттеу	29
2.4 Динамикалық сынақтармен жұмыс істеу әдістемесі	31
2.5 Жүктеудің динамикалық режимдерін зерттеу	35
2.6 АТК үлгілерін сынау	36
Қорытынды	38
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	39

КІРІСПЕ

Қазіргі заманғы машина жасау саласында бұйымның қызмет ету мерзімінің ұзақтығы үлкен маңызға ие. Жаңа бөлшекке ауыстыру мүмкін емес немесе қиын болған жағдайда, олардың материалдары мен қасиеттеріне жоғары талаптар қойылды. Сондықтан маңызды бөлшектің жұмыс уақытын апатты тозуға дейін ұзарту және түйін жұмысының дірілсіз және бірқалыпты болуы өзекті жұмыс.

Зерттеу нысаны аддитивті технологиялар болып табылады. Зерттеулер нысандары - аддитивті жолмен алынған конструкциялық материалдар.

Практикалық жұмыстың маңыздылығы аддитивті алынған материалдардың қолдану аясы, атап айтқанда үйкеліс торабында қолдану болып табылады.

Дипломдық жұмыстың негізгі мақсаты- аддитивті алынған конструкциялық материалдардың үйкеліс тораптарын динамикалық режимде жүктеу кезіндегі триботехникалық сипаттамаларын зерттеу.

Жұмысты орындау барысында келесі тапсырмалар орындалды:

- аддитивті алынған конструкциялық материалдар сипаттамалары және анализі;
- аддитивті алынған конструкциялық материалдардың микроқұрылымын зерттеу;
- әртүрлі конструкциялық материалдардың тозуының математикалық модельдерін талдау;
- аддитивті алынған конструкциялық материалдардың тозуының математикалық моделін әзірлеу;
- аддитивті алынған конструкциялық материалдарды АТК-те әртүрлі жүктеу режимде зерттеу;
- өндірістік және экологиялық қауіпсіздік мәселелерге шолу;
- бұйымдардың ресурс тиімділігі мен ресурс үнемдеуін есептеу.

1. Әдебиетке шолу

1.1. Аддитивті технологияларға шолу

Жаңа өнім шығару кезінде маңызды факторларға бұйымдарды әзірлеу уақыты мен құнын қысқарту және өндірісті дайындау жатады. Оған жаңа технологияларды пайдалану арқылы, дәстүрлі технологиялық циклдар арқылы материалдар және өнім шығарудың ерте сатыларындағы қателерді табу арқылы да қол жеткізуге болады.

Аддитивті технооголия технологиялық тізбектің екінші буыны болып табылады: бастапқыда объект үш өлшемді жүйелерде CAD / CAM/CAE жобаланады. Дегенмен, тек виртуалды модельдеу әдетте жеткіліксіз. Нақты үш өлшемді прототипін, оның үстіне конструкциялық қасиеттеріне жақын материалдан жасалуы тиіс.

Сонымен қатар, кейбір мәселелерді шешу кезінде, мысалы, шағын сериялы өнім шығару кезінде немесе жекелеген өнімдерді дайындау кезінде дәстүрлі әдістерді пайдалану тиімсіз. Осы себепті қазіргі заманда АТ өндірістік жүйелер қолданылады. Бұл технологиялар үш өлшемді CAD/CAM/CAE деректерін пайдалана отырып, жылдам бірнеше сағатта артық керек-жарақсыз жоғары дәлдікті және сапалы бетті нақты нысанды алуға мүмкіндік береді. Алдағы уақытта бұл бөлшекті дизайнды өңдеуге, құрастыруға тексеруге немесе түпкілікті дайын бұйым ретінде қолдануға болады. Бүгінгі таңда жоғары технологиялық өндіріс саласында аддитивті технологияны әзірлеу және еңгізу негізгі парадигм болып табылады. Аддитивті технологиялар негізінде физикалық химия, лазерлік-ақпараттық технология, компьютерлік модельдеу салаларындағы негізгі зерттеулер жатыр. АТ бұйымдарды жасаудың әртүрлі “қосу” процестеріне негізделген, ол жоғары дәлдікпен (100 нм дейінгі) өндіруге, металдардан бірегей бұйымдарды қалпына келтіруге, қорытпалар, керамика полимерлер, сондай-ақ тікелей қабатты синтез арқылы олардың композиттері, бұл ретте қымбат бағалы материалдарды айтарлықтай (90% - ға дейін) үнемдеуді қамтамасыз етеді. Өз кезегінде, спектрді кеңейту және тиімділікті арттыру жаңа материалдарды (арнайы материалдарды) әзірлеуді талап етеді. және металл емес ұнтақтарды, талшықтарды, гидрогельдерді және т. б.) және нақты АТ негізінде жатқан физика-химиялық процестер.

3d басып шығаруға арналған материалдардың түрлерін қарастырайық (кесте 1)

Техника	Материалдар	Негізгі параметрлері	Материалдарға қойылатын талаптар
Стереолитография (STL — sterolithography)	Сұйық күйдегі фотополимерлер.	Қабаттың қалыңдығы 0,1-0,2 мм; Шамамен басып шығару аймағы 500x500x600 мм;	Полимерлеу жылдамдығы фотополимердің қоюлығына байланысты. Қою болған сайын соғұрлым гидромеханикалық қасиеттері нашар болады. Қажетті уақыт шайырдағы фототалдауыш мөлшеріне тәуелді, себебі фондық жарықтандыруға байланысты неғұрлым лазер қуаттырақ, соғұрлым шайыр мерзімі аз.
Қатты негізде қатқылдану (SGC — Solid Ground Curing)	Сұйық күйдегі фотополимерлер.	Ультракүлгін шаммен экспонаттау әдісімен қатты негізде қатқылдану. Әдіс стереокартографияның бір түрі.	Полимерлеу жылдамдығы фотополимердің қоюлығына байланысты. Қою болған сайын соғұрлым гидромеханикалық қасиеттері нашар болады.

			Қажетті уақыт шайырдағы фототалдауыш мөлшеріне тәуелді, себебі фондық жарықтандыруға байланысты неғұрлым лазер қуаттырақ, соғұрлым шайыр мерзімі аз.
Термопласт жағу (FDM — Fused Deposition Modeling)	Термопласт жіптері (балауыз немесе поликарбонаттар және т.б.).	Бірлік өндіру технологиясы	
Термопласттарды тозаңдату (BPM — Ballistic Particle Manufacturing)	Термопласт жіптері (балауыз немесе поликарбонаттар және т.б.).	Модел қимасын қалыптастыру үшін арнайы платформаға полимер тамшыларын еңгізу.	Жұқа шүмек арқылы материал оңай өту үшін термопласттың жоғары аққыштығы және орташа тұтқырлығы қажет.
Ұнтақтарды лазерлік біріктіру (SLS — Selective Laser Sintering)	Полимер, керамика немесе металл ұнтағы.	Көміртегі диоксидіндегі лазер. Әрбір жаңа бет еңгізген сайын модель төмен жылжиды. Бет қалыңдығы 0,1-0,15 мм.	Әртүрлі материалдар қолданылады: құйма балауыз, термопластикалық полимерлер, шыны, керамика және металдар (түйіршік тәріздес), әрбір материалға өзіне тиісті

			талаптар қойылады.
Желім көмегімен модельдеу (LOM — Laminated Object Modeling)	Кезкелген материал (қабатты).	Лазер сәулесі арқылы материал шеттері кесіледі, келесі кезекте қыздырылатын біліктер қабаттарды бір-бірімен желімдейді.	Материалға қойылатын талаптар материалдың өзіне тәуелді.
Көп операциялық модельдеу технологиясы (MJM - Multi Jet Modeling)	Балауыз, фотополимерлік және пластикалық материалдар.	Сұйық қабатты полимерлерді арнайы платформаға жағу және лазер немесе ультракүлгін сәуле шығару арқылы модель қимасын қалыптастыру. Шүмектер саны 96-дан 448-ге дейін дана.	3D басып шығару үшін VisiJet-акрил фотополимер және балауыз структуралы материал пайдаланылады. Оның көмегімен қолдау құрылымдары қалыптасады. Қолдау құрылымының материалы оңай балқыйтын болуы керек.

1.2 Аддитивті өндірісте пайдаланылатын 3d металл материалдарға шолу және олардың қолданысы

Аддитивті технологияларда қолданылатын ұнтақтарға белгілі бір талаптар қойылады. Бірінші кезекте, бұл сфералық қамтамасыз ету, құрамында газ қоспалары-оттегі және азот төмендетілген, қатаң белгіленген гранулометриялық құрам. Қазіргі уақытта авиациялық кәсіпорындар шетелдік ұнтақ қорытпаларын сатып алып қолдануда. Біздің елде аддитивті технологияға арналған ұнтақ материалдар сериялық өндірісте жоқ, сол себепті бұл жұмыста шетелдік аналогтарды қарастырамыз.

EOS CobaltChrome MPI - өндірістік және биомедициналық мақсаттарға арналған кобальто-хромды-молибден негізіндегі ыстыққа төзімді қорытпа.

Негізгі ақпарат:

EOS CobaltChrome MPI қорытпасынан кобальто-хромды-молибден негізіндегі бұйымдар жасалады. Қорытпалардың бұл класы тамаша механикалық қасиеттермен сипатталады (беріктігі, қаттылығы және т. б.) коррозиялық төзімділігі және ыстыққа төзімділігі. Мұндай қорытпалар биомедициналық мақсаттарда кең қолданылады: стоматологиялық және медициналық сондай-ақ авиақозғалтқыштар сияқты жоғары температуралы тораптар үшін және басқалары.

Қасиеттері:

жоғары беріктік, коррозияға және жоғары температураға төзімділігі, механикалық қасиеттер температураның жоғарылауы кезінде жоғарылайды 500-600 ° C дейін

химиялық құрамы бойынша жоғары UNS R31538 сәйкес келеді, көміртегі көп Co Cr Mo қорытпасы,

никельдің аз болуы (<0.1% никель мөлшері).

ISO 5832-4 бойынша механикалық және химиялық сипаттамаларға сәйкес келеді және ASTM F75 кобальт-хромды-молибден негізінде құйылған қорытпалар (имплантаттар үшін).

Қолданысы:

функционалдық прототиптер
ұсақ сериялы бөлшектер өндірісі,
машина жасау,
медициналық өндіріс

2- кесте – Химиялық құрамы EOS CobaltChrome

Элемент	Құрамы, %
Co	60.5
Cr	28
W	9
Si	1.5
Mn, N, Nb, Fe	<1

3- кесте – Техникалық мәліметтер EOS CobaltChrome MP1

Сипаттамасы	Мәні
Аққыштық шегі, Re	935 (Н/мм ²)
Беріктік шегі, Rm	1030 (Н/мм ²)
Ұзаруы A	10 %
Юнг модулі σ	230 (кН/мм ²)
Жылуөткізгіштік λ	
Термиялық ұлғаю коэффициенті	$14.1 \times 10^{-6} (K^{-1})$
Балқу температурасы Δ	1320-14200 (C)
Тығыздығы ρ	8.6 (г/см ³)
EN ISO 9693 сәйкес металл мен керамика қосылыстарының беріктігі, 3-Pt.- иілу сынағы (EN ISO 9693 сәйкес мин. 25 МПа)	40 (Н/мм ²)
Биосәйкестілік L 929. EN ISO 10993-5, -12 сәйкес таралуы	Субстанциялардың пайда болуы байқалмаған

Осыған ұқсас материалдан түрлі протездер жасалады. Ең кеңінен таралған стоматологияда қолданылатын жалпы асыл емес қорытпа. Ол мынадай

қасиеттерге ие: жұқа модельдерді құюға мүмкіндік беретін өте оңай-аққыштық, жоғары қаттылық, жоғары икемділік, коррозия болмауы, жақсы піседі. (протездер).

EOS Aluminium AlSi10Mg (силумин) - Жеңіл металл мотоспорт үшін және аэрокосмостық ішкі қолдану.

Негізгі мәлімет:

AlSi10Mg-жұқа қабырғалы немесе күрделі геометрияны бұйымдарды құю үшін қолданылатын құю өндірісіндегі жалпы қорытпа. Ол жоғары беріктікке, қаттылыққа және жоғары динамикалық қасиеттерге ие, демек, ауыр соққыға, екпінді жүктемелерге ұшырайтын бөлшектер үшін қолданылады. EOS Aluminium AlSi10Mg қорытпасынан жақсы термиялық үйлесімділікті және аз масса қажет ететін бөлшектер жасауда қолданылады. Мұндай бөлшектер ұшқын эрозияға ұшырауы мүмкін.

Қасиеттері:

- жақсы құюылу қасиеттері,
- жоғары беріктігі мен қаттылығы,
- жоғары динамикалық қасиеттері.

Қолданысы:

- функционалдық прототиптер,
- ұсақ сериялы бөлшектер өндірісі,
- мотоспорт,
- автомобиль жасау,
- аэроғарыштық аппараттардың ішкі бөліктері

5-кесте – EOS Aluminium AlSi10Mg химиялық құрамы

Элемент	Құрамы, %
Al	негіз
Si	9,0 – 11,0
Mg	0,20 – 0,45
Fe	0 – 0,55
Mn	0 – 0,45
O	0 – 0,20

Ti	0 – 0,15
Cu	0 – 0,10
Zn	0 – 0,10
C	0 – 0,05
Ni	0 – 0,05
Pb	0 – 0,05
Sn	0 – 0,05

5-кесте - EOS Aluminium AlSi10Mg техникалық мәліметтер

Сипаттамасы	Мәні
Аққыштық шегі, Re	170 - 220 (Н/мм ²)
Беріктік шегі, Rm	310 - 325 (Н/мм ²)
Ұзаруы A	2 - 3 %
Юнг модулі σ	75x103 (кН/мм ²)
Жылуөткізгіштік λ	120 – 180 (Вт/м*К)

Осыған ұқсас материалдардан, мысалы, ұсақ дисперсті антифрикциялық силуминнен тісті доңғалақтар және басқа да үйкеліс жағдайында жұмыс істейтін детальдар жасалады. Болатпен бірге "антифрикциялық силумин" тозуға төзімді, ал үйкеліс коэффициенті және адгезиялық дәстүрлі алюминий қоламен салыстырғанда төмен.

EOS Titanium Ti6Al4V – жеңіл машина жасауға арналған металл.

Негізгі мәлімет:

EOS Titanium Ti 6Al 4V бұл қорытпа жеңіл қорытпа ретінде кеңінен танымал, жоғары механикалық қасиеттерге ие және төмен үлес салмағы болуымен сипатталады. ASTM F136-02a (ELI Grade 23) CL 41Ti ELIX пен сәйкес титан қорытпасы ұнтағы аддитивті өндіру аэроғарыштық және аэроғарыш өнеркәсібі үшін де және жеңіл бұйымдарды жасау және автомобиль өнеркәсібі үшін де, импланттар мен медицина компоненттер үшін де қолданылады.

Қасиеттері:

- жоғары меншікті беріктігі бар жеңіл салмақ,
- коррозияға төзімді,
- лазерлік жентектеу алынған бөлшектер талаптарға жауап береді
- ASTM F1472 (Ti 6Al 4V үшін) және ASTM F136 (Ti 6Al 4VELI үшін)
- қоспалардың ең жоғары концентрациясы.
- өте жоғары адгезияға ие.

Қолданылуы:

- функционалдық прототиптер,
- ұсақ сериялы бөлшектер өндірісі,
- мотоспорт,
- әуе құрылысы,
- медициналық имплантаттар.

6-кесте – EOS Titanium Ti6Al4V химиялық құрамы

Элемент	Құрамы, %
Ti	қалғаны
Al	5,5 – 6,5
V	3,5 – 4,5
Fe	0 – 0,25
C	0 – 0,8
O	0 – 0,13
N	0 – 0,05
H	0 – 0,12

Бұл титан қорытпасы ұнтағы өндіріс үшін қолданылады жеңілдетілген бірлі-жарым бұйымдар немесе шағын партиялар үшін аэроғарыштық және автомобиль өнеркәсібі үшін де медицина үшін импланттар мен компоненттер. Қолдану мысалдары: ішкі салқындату жүйесі бар компоненттер, БИОС сыйысымды құрылымы бар бионикалық бұйымдар және сүйек протездері.

7-кесте - EOS Titanium Ti6Al4V техникалық мәліметтер

Сипаттамасы	Мәні
Аққыштық шегі, Re	900 - 1200 (Н/мм ²)
Беріктік шегі, Rm	1100 - 1300 (Н/мм ²)
Ұзаруы A	5 - 10 %
Юнг модулі σ	110x10 ³ (кН/мм ²)
Жылуөткізгіштік λ	7 (Вт/м*К)
Термиялық ұлғаю коэффициенті	9 x 10 ⁻⁶ (К ⁻¹)

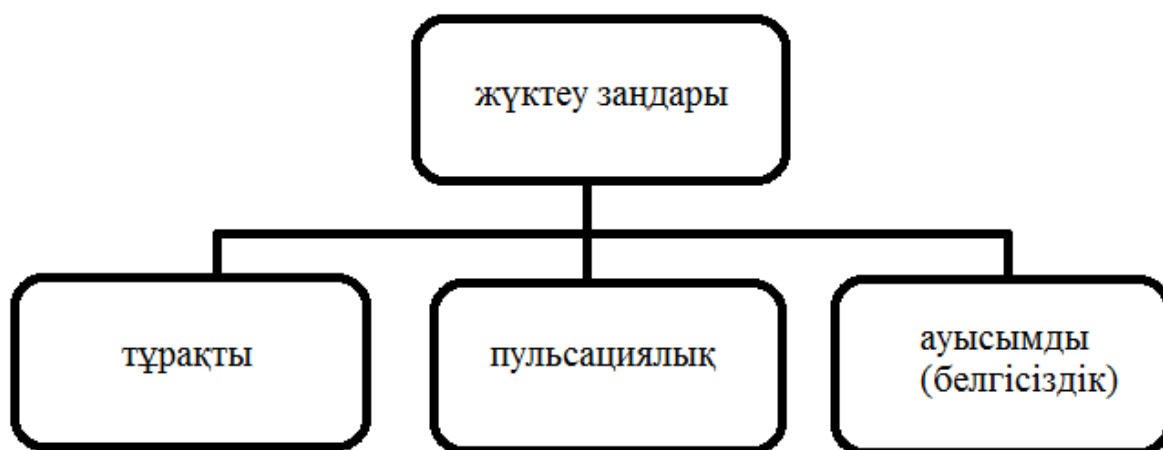
Осыған ұқсас материалдан EOS Titanium Ti 6Al 4V протездер, өйткені адам ағзасымен және сирек жағдайларда аллергиялық реакция тудырады. Жоғары биожүйе титанның бір секунд үлесінде өз үстіңгі беттер қорғаныш оксидті қабат. Оның арқасында ол коррозияға ұшырамайды және имплантант айналасында қабілетті еркін иондар емес, протез патологиялық процестерді тудыруы.

1.3 Үйкеліс тораптарындағы жүктеу заңдары

Біліктер, подшипниктер сияқты көптеген машиналар немесе механизмдер тісті доңғалақтардың тістерін тығыздау кезінде жұмыс оларда пайда болатын кернеулер белгісіздік мәнге ие.

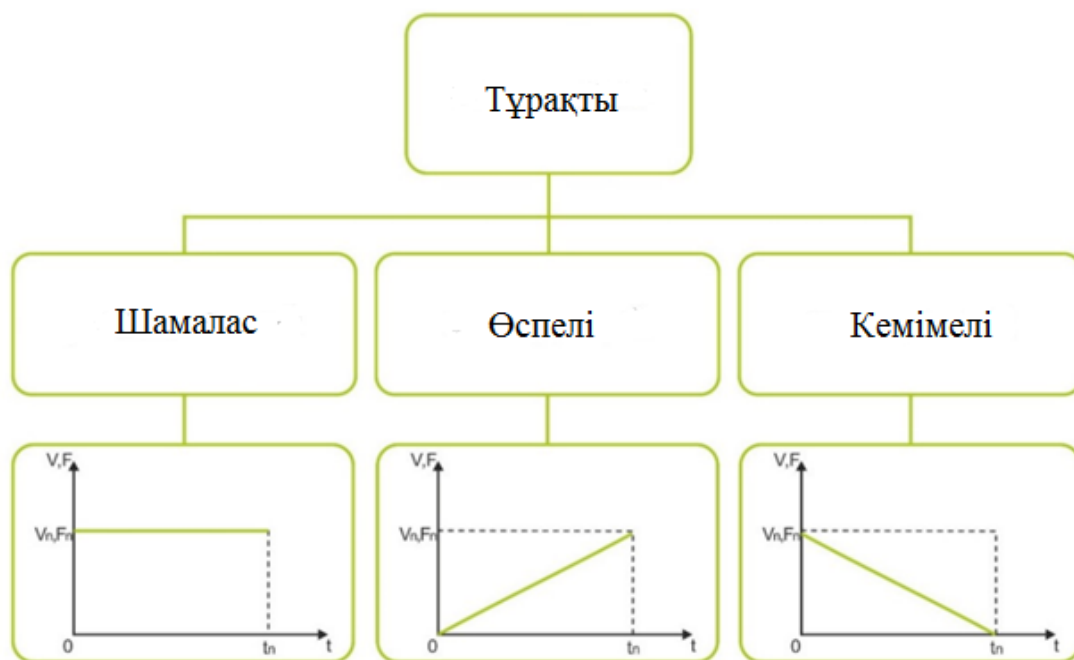
Сипаты бойынша уақыт бойынша өзгеру жүктеме машиналарда бөледі статикалық және динамикалық.

Бөлшектердің кернеулігінің сипаттамасы - жүктеу заңы (сурет)- бір кернеудің ретті мәндерінің жиынтығы тұрақты жүктеу кезеңі.



1.1-сурет. Жүктеу заңдарының жіктелуі.

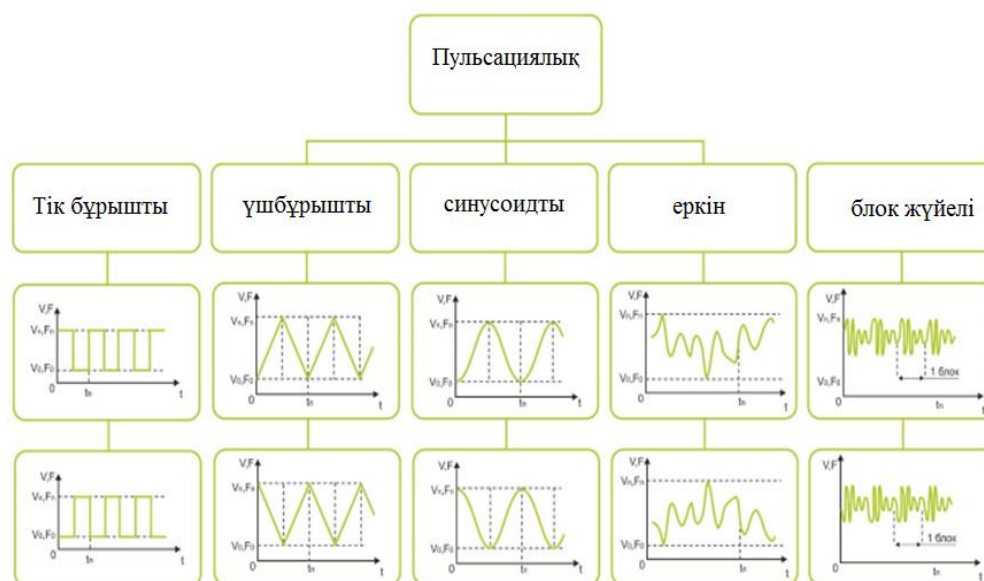
Тұрақты заңдар - жүктеме болатын статикалық заңдар жеткілікті ұзақ уақыт және өзгеру жылдамдығы (өсу немесе кему) таралу жылдамдығынан едәуір аз конструкциядағы деформациялар.



2-сурет. Жүктеудің тұрақты заңдарының құрылымдық сұлбасы.

Шамалас заңының ерекшелігі тұрақты жұмыс істейтін, шамасы бойынша өзгермейтін жүктеме. Бұл заң әдетте көрінеді гидравликалық қайшылардың үйкеліс тораптарының, басып алу механизмдерінің жұмысы әртүрлі гидравликалық, пневматикалық және механикалық көтергіш механизмдер. Жоғары заң әрекет еткен кезде жүктеме нөлге дейін артады тұрақты қарқындылығы бар максимум. Осы Заңның көрінісі, сынау жабдығының екпінді механизмдерінде байқалады жұмыс требушета. ABS тежегіш жүйесі осы принцип бойынша жұмыс істейді. В температуралық жүктеу жағдайында, мұндай заң жұмыста көрінеді тежегіш жүйелерінің, мысалы, автомобильдің дискілі тежегіштері. Төмендейтін заң-кері өсу, жүктеу ең жоғары мөлшерден басталады және тұрақты нөлге жетеді қарқындылығы.

Пульсациялық заң-динамикалық заң (сондай-ақ атауы бар бұл ретте жүктеме бастапқы кез келген оң мәнге дейін және кері.



3-сурет. Жүктеудің пульсациялық заңдарының құрылымдық сұлбасы.

Жүктемені реттеудің тікбұрышты заңының ерекшелігі жүктемені сатылы өзгерту және оны белгіленген уақытқа дейін бекіту өзгерістер енгізілсін. Бұл заңның әрекеті циклді. Қолдану осы заң электромеханикалық релелік ұстағыштарда, қысқыштарда табады.

Үшбұрышты (ара тәрізді) заңның әрекет етуі кезінде жүктеме белгілі бір қарқындылықпен берілген мәнге дейін өседі содан кейін бастапқы қарқындылықпен өлтіреді (өседі) циклдің мәні және циклы. Түрлі жұдырықшаларда қолдану табады механизмдері.

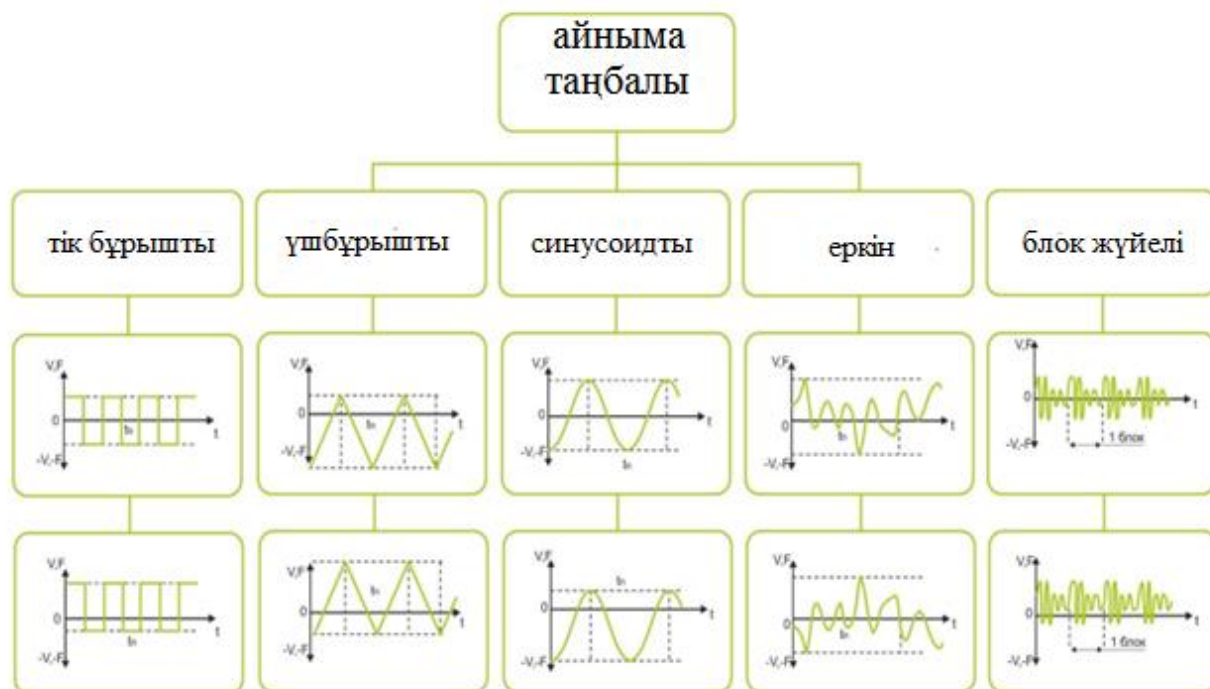
Синусоидалы заң - ең жарқын мысал пульсациялық заңдар мен оның әрекетін келесідей сипаттауға болады: жүктеме артады және синусоид (косинусоид) бойынша жойылады. Мұндай заң бір жаққа жұмыс істейтін тісті доңғалақтар тістерінің жұмысында көрінеді, штоктарды, итергіштер мен шатундарды кері барысы.

Еркін заң сыртынан геометриялық фигуралардың ешқайсысын еске түсірмейді, оның әрекеті кезінде жүктеу мүлдем еркін. Бұл заң барлық дерлік күрделі машиналар, мысалы, ішкі гидравликалық және пневматикалық механизмдерде қолданылады.

Блок Заңы-жүктеу блоктарының дәйектілігі, олар бір заңнан және бірнеше заңнан тұруы мүмкін әртүрлі, мұндай заң нақты машиналар мен механизмдердің жұмысында сирек көрінеді және негізінен сынау машиналары мен стендтерде қолданылады.

Таңба айнымалы заңы

Динамикалық заң, онда жүктеме өз мәнін өзгертеді, сондай-ақ, әрекет бағыты, яғни графикаларда болуы мүмкін оң жазықтықта да, теріс да, мысалы, иілу мәні айналмалы біліктерде.



4-сурет. Жүктеменің белгісіздік заңдарының құрылымдық сұлбасы.

2. Зерттеу нысаны мен әдісі

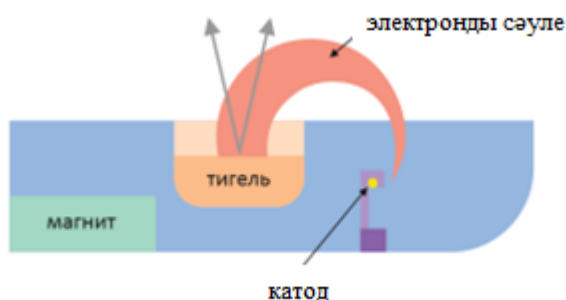
Объект: Конструкциялық материалдар, машиналар мен механизмдердің үйкеліс тораптары, аддитивті технологиялар арқылы алынған.

Зерттеу әдістері: микроқұрылымды және кеуектілікті зерттеу алынған материалдарды (алдын ала тегістелген және микроқұрылымды зерттеу жағдайында қосымша және Axio Vert A1 инвертирленген микроскопында қышқыл ерітіндісінде өңдеу), және КОИ-1 бағдарламасында, My weigh 0.01 г таразыда өлшеу тозуды өлшеуге арналған сынаққа дейінгі және одан кейінгі қалыптардың массасы үйкеліс коэффициентін анықтау және автоматтандырылған триботехникалық кешенде.

2.1 Конструкциялық материалдарды өсіру технологиясының сипаттамасы, сыналатын үлгілерді дайындау кезінде пайдаланылуы.

Қазіргі уақытта ең көп пайдаланылатын металл бөлшектерді келесі аддитивті әдістерді есептеуге болады: лазерлік жентектеу және вакуумды-доғалық тозаңдату.

Электронды-сәулелі тозаңдату. Электрондық сәулелі буландырғыштың жұмыс істеу принципі: электрондар ағынын қалыптастыру үшін арналған электрондық пушка (8-сурет), вольфрамды термокатодтан және фокусирующей жүйесі. Электронды-сәулелік қондырғының сыртқы түрі бүрку 8-суретте көрсетілген.



8-сурет. Электронды сәулелі буландырғыштың схемасы.



9-сурет. Arcam Q10 электронды сәулелі тозаңдату қондырғысы

Электрондар бұл жүйеден өтеді, айырмашылық есебінен жылдамдайды катод пен анод арасындағы 10 кВ дейінгі әлеуеттер луч. Ауытқу жүйесін перпендикуляр магнит өрісін жасайды зеңбіректің фокустаушы жүйесінен шығатын қозғалыс бағыты электрондар. Бұл өріс Электрондық сәуледі орталық бөлімге жібереді су салқындатқыш тигля пайда болады, ал Сәуле құлайтын жерде жергілікті сұйық фазадағы заттың қыздыру және булану аймағы. Буланған ағын материал әдетте жұқа пленка түрінде шөгіледі буландырғыш үстінде белгілі бір қашықтықта орналасады. Ток өзгергенде электр магниттің бас тарту жүйесін басқарушы катушкаға "кратердің" пайда болуын болдырмайды тигль бойымен сәулемен сканерлеу буланатын материал.

Электрондық-сәулелік буланудың кемшіліктеріне жатқызу керек:

- жоғары үдеткіш кернеу (шамамен 10 кВ);
- қайталама электрондардың пайда болуына энергия шығындары салдарынан қондырғылардың төмен пәк (бастапқы будың 25% энергиясына дейін), тигельді қыздыру, рентген және УК-сәуле шығару;
- жағылатын пленкаларды екінші электрондармен бомбалағанда радиациялық ақауларды генерациялау;
- төмен стехиометрияны магнетронды тозаңдаумен салыстырғанда үлдір;
- шөгілетін бөлшектердің төмен энергиясы салдарынан нашар адгезия жұқа қабық негізді;
- тозаңдатылған бетті статикалық зарядпен зарядтау, ол пленкада сыну және оның адгезиясын бұзуы мүмкін;
- жоғары өнімділік емес.

Әдістің артықшылықтарына жатады:

- металл пленкаларын (оның ішінде баяу балқитын), жартылай өткізгіш қосылыстар мен диэлектриктер балқу 3500°C дейін;

- заттардың булануының жоғары жылдамдығы (1-ден 10 нм/м дейін) және өзгерту есебінен оны кең шектерде реттеу мүмкіндігі буландырғышқа келтірілетін қуат;
- жоғары вакууммен жабу алу мүмкіндігі, іс жүзінде ластанудан бос; олардың тазалығы тазалықпен анықталады материалдарды тозаңдату үшін пайдаланылатын;
- алынатын жабындардың біркелкілігі;
- жұмыс камерасында буландырғыш зат атомдар еркін диффузиясы, қалдық молекулалармен соқтығыспай олардың тура сызықты қозғалысы және камера көлемінде материалды пайдасыз шашырату, тозаңданатын заттың қалдықтармен химиялық өзара әрекеттесуін болдырмау ауа.

Лазерлік жентектеу. Таңдау лазерлік жентектеу (SLS) – әдісі үшін пайдаланылатын аддитивті өндірісті дайын бұйымдардың прототиптері мен ұсақ партияларын. Технология (10-сурет) ұнтақ материалының қабаттарын тізбектей жентектеу жоғары қуатты лазерлердің көмегімен. SLS жиі қате қабылдайды таңдау лазерлік балқыту (SLM) деп аталатын ұқсас процесс. Айырмашылық SLS тек ішінара балқытуды қамтамасыз етеді, іріктеп лазерлік ал, ал материалды жентектеу үшін қажетті балқыту құру үшін қажетті толық балқытуды білдіреді монолитті модельдер.

Процесс STL форматында үш өлшемді модельдерді пайдалануды қамтиды физикалық модельдерді құру үшін сызбалар ретінде. Үш өлшемді модель бар жұқа қабаттарға виртуалды бөлу үшін сандық өңдеуге жатады қалыңдығына сәйкес келетін қалыңдықта құрылғымен. Пісіру үшін қыздыру элементі ретінде металл ұнтағын оптикалық талшықты лазерлер пайдаланады жоғары қуатты-шамамен 200Вт. Кейбір құрылғылар көбірек пайдаланады сканерлеу жылдамдығы жоғары қуатты лазерлер (яғни қозғалыс лазерлік сәуле) өнімділігі жоғары. Жоғарылауы мүмкін бірнеше лазерлерді пайдалану арқылы өнімділік.

Ұнтақты материал жұмыс камерасына беріледі, бір қабатты жағу үшін қажет. Арнайы Білікше тегістейді тегіс қабатқа берілген материал және камерада артық материалды жояды, содан кейін лазер басы бір-бірімен және сандық үлгімен анықталған контурларға сәйкес алдыңғы қабат. Қабаттың жентектенуі аяқталғаннан кейін, процесс қайталанады: валик балғын береді материал, лазер келесі қабатты пісіре бастайды. Тартымды бұл технологияның ерекшелігі-баспаның өте жоғары рұқсаты орташа шамамен 20 микрон.

Процестің қызықты ерекшелігі-қажеттілік болмауы конструкцияның күрделі элементтері үшін тіректерді құру. Пісірілмеген ұнтақ басып шығару кезінде жойылмайды, жұмыс камерасында қалады. Осылайша, әрбір келесі қабаттың тірек беті бар. Сонымен қатар, жұмсалмаған материал жұмыс

камерасынан жиналуы мүмкін басып шығару аяқталған және қайта пайдаланылған: өндірісті санауға болады іс жүзінде қалдықсыз.

Технология іс жүзінде геометриялық шектеулер жоқ құрастыру күрделілігі, ал орындаудың жоғары дәлдігі азайтады басылған бұйымдарды механикалық өңдеу қажеттілігі.

Технология дәстүрлі өндірістік әдістермен салыстырғанда бірнеше артықшылықтарға ие:

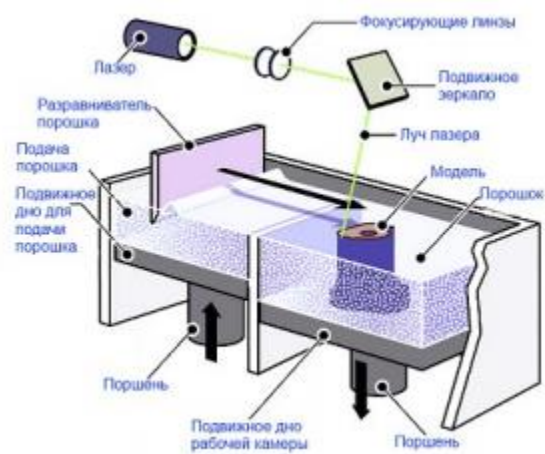
- геометриялық күрделі бөлшектерді механикалық өңдеу қажетсіз және жылдам өндіру мүмкіндігі;
- өндіріс іс жүзінде қалдықсыз, бұл тиімді ерекшеленеді субтрактивті технологиялардан;
- бір уақытта бірнеше модельдерді жасау мүмкіндігі жұмыс камерасының өлшемі бойынша шектеу;
- модельдерді құру бірнеше сағат алады, бұл мүмкін құю процесіне қарағанда өте тиімді толық өндірістік циклді ескере отырып, бірнеше айға дейін.

Екінші жағынан, технологияның өз кемшіліктері бар:

- лазерлік жентектелген бөлшектер жоқ жеткілікті монолитпен, сондықтан сол көрсеткіштерге қол жеткізбейді немесе субтрактивті өндірілген бөлшектер әдістермен жүргізіледі.

Қабат лазерлік жентектеу технологиясы ішкі құрылымдарды құру мүмкіндігіне байланысты өнеркәсіп күрделілігі бойынша дәстүрлі әдістерге қол жетпейтін тұтас бөлшектер өндіріс. Кешенді геометриясы бар бөлшектер орындалуы мүмкін тұтас, құрамдас бөліктерден емес, бұл сапаға және бұйымдардың құнына әсер етеді.

Arcam Q20 (11-сурет) – аддитивті өндіріс Additive Manufacturing фирманың Arcam AB. Ол жобаланған үлкен, күрделі металл бөлшектерді жылдам өндіру үшін.



Сурет. 10. Жұмыс істеу принципі лазерлік негізде негізделген принтер жентектеу.



11-сурет. Лазерлік қондырғы Arcam Q20 жентектеу.

Arcam Q20 орнату түрлі қорытпалармен жұмыс істейді: алюминий, сондай-ақ болаттар және басқалардың негізінде. Аддитивті триботехникалық сипаттамалар үшін ең көрнекті алынған Конструкциялық материалдардың құрылымы, беттің кеуектілігі мен қаттылығы.

2.2 Зерттелетін материалдар

Дипломдық жұмыс барысында мынадай материалдар қаралды:

- EOS Titanium Ti6Al4V,
- EOS Aluminium AlSi10Mg,
- EOS CobaltChrome MP1,

EOS Titanium Ti6Al4V ұқсас материалдан шығарады протездер, өйткені адам ағзасымен және сирек жағдайларда аллергиялық реакция тудырады. Жоғары биожүйе титанның бір секунд үлесінде өз үстіңгі беттер қорғаныш оксидті қабат. Оның арқасында ол коррозияға ұшырамайды және имплантант айналасында қабілетті еркін иондар немесе протез патологиялық процестерді тудыруы. (протездер).

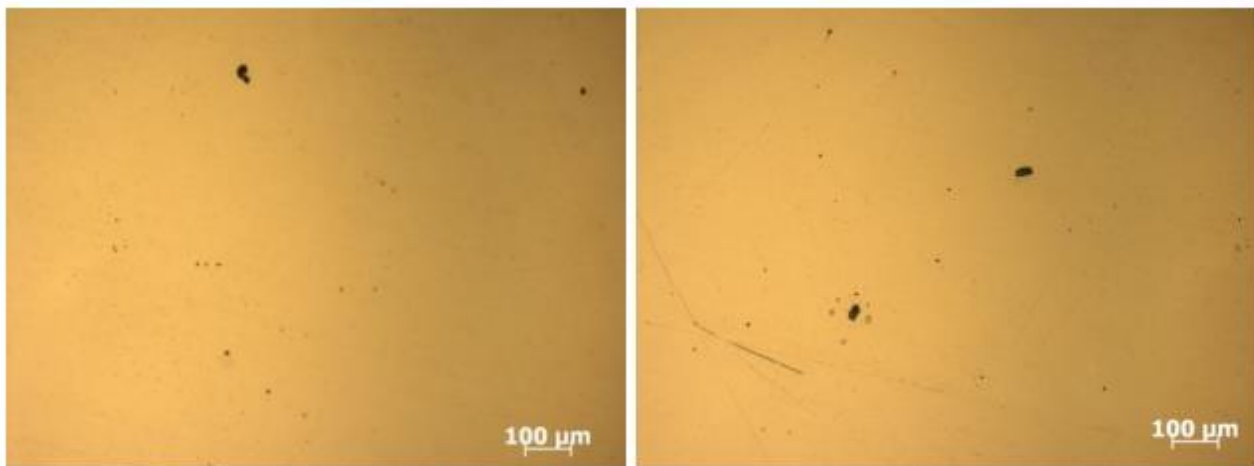
EOS Aluminium AlSi10Mg осыған ұқсас материалдан, мысалы ұсақ дисперсті антифрикциялық силумин, құрт, тісті үйкеліс жағдайында жұмыс істейтін дөңгелектердің және басқа да бөлшектердің Болатпен жұпта "антифрикциялық силуминнің" тозуға төзімділігі көп, ал үйкеліс коэффициенті ал адгезионды ұстап алу дәстүрлі алюминий салыстырғанда аз қола. (тісті және құрт дөңгелектері)

EOS CobaltChrome MP1 ұқсас материалдан түрлі протездер. Ең көп таралған асыл емес қорытпа, ол стоматологияда қолданылады. Оң қасиеттері бар: өте жұқа модельдерді, жоғары қаттылықты құюға мүмкіндік береді, жоғары икемділік, коррозияның болмауы жақсы. (протездер).

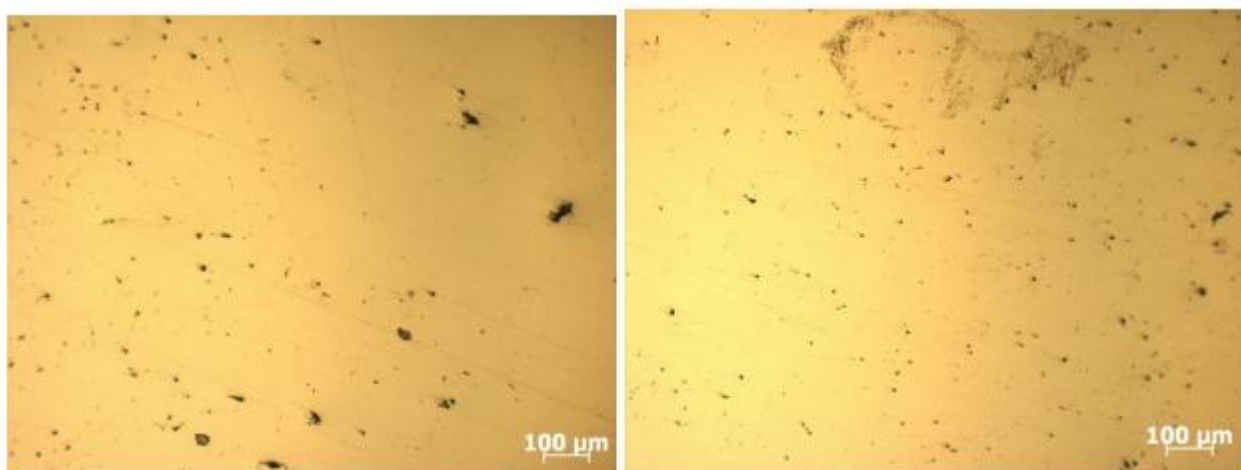
Бұл материалдарды түрлі үйкеліс тораптарында қолдануға болады. теориялар, бірақ толық суретті беретін зерттеулерді келтіру керек.

2.3 Аддитивті алынған материалдардың кеуектілігін зерттеу

Трибологиялық сипаттамалар тұрғысынан ерекше қызығушылық ол тегістелген және тегістелген қарастырылады кеуектікті білдіреді техникалық спиртпен майсыздандыруға ұшыраған жалтыратылған үлгілер.



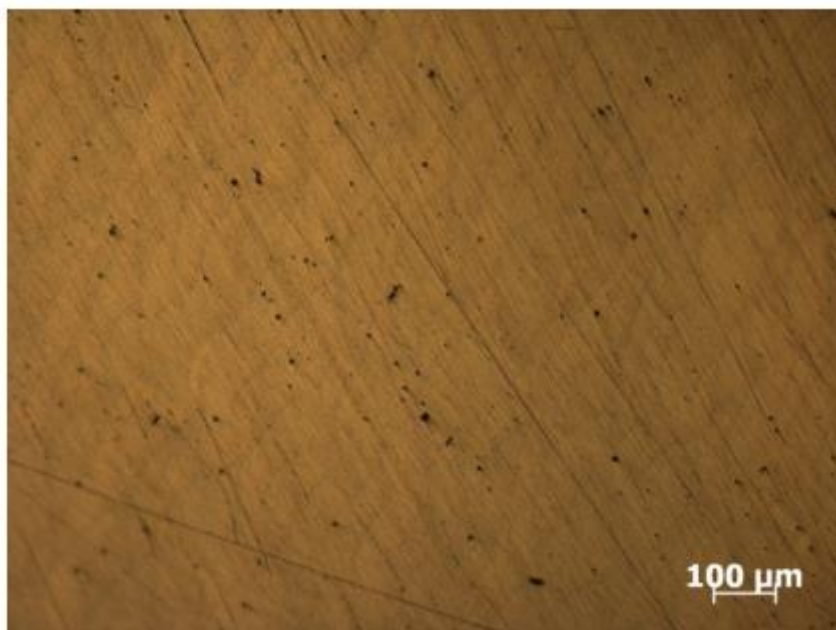
12-сурет. EOS Cobalt Chrome MP1 материалының кеуектілігі. Бойлық кесу



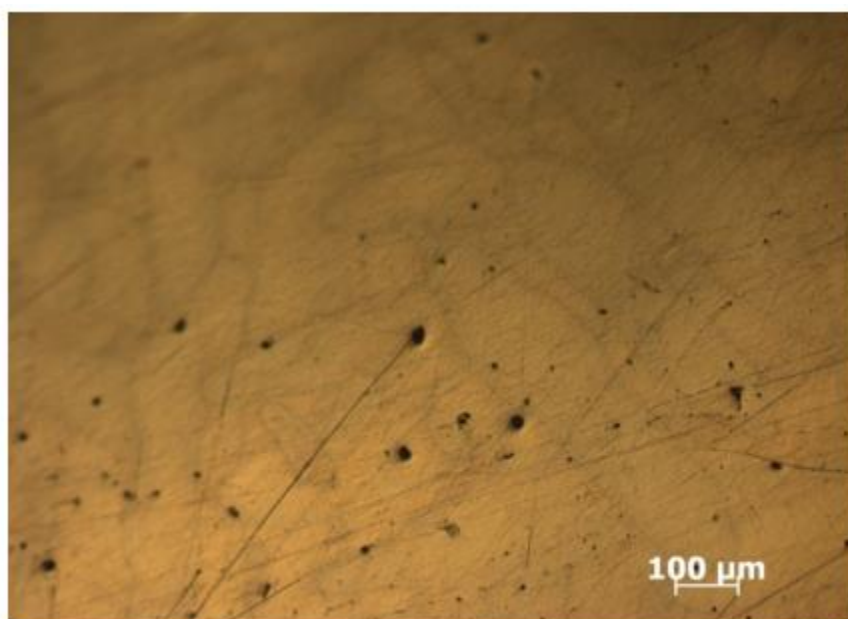
13-сурет. EOS Cobalt Chrome MP1 материалының кеуектілігі. Көлденең кесік.

EOS Cobalt Chrome MP1 материалының кеуектілігін зерттей отырып, бірнеше ерекшеліктер: ұзына бойы, мөрге қатысты, Саны жұр аз, жүйелі бөлінген учаскелер жоқ, бұл дегеніміз материалды бір қабатта жақсы жентектеу.

Көлденең кесіндіде көптеген поралар мен олардың өлшемдері бар ұзына бойы кесіндіден бірнеше көп, бірақ ірі жинақтар жоқ. Бұл материалдың температуралық режимі оңтайлы емес: болдырмау үшін температураны арттыру керек жоғары кеуектілік.



14-сурет. Материалдың кеуектілігі EOS Aluminum AlSi10Mg. Бойлық кесу.



15-сурет. Материалдың кеуектілігі EOS Aluminum AlSi10Mg. Көлденең

23-сурет. Алюминий құрылымы ti44al5n2cr1, 5Zr1B

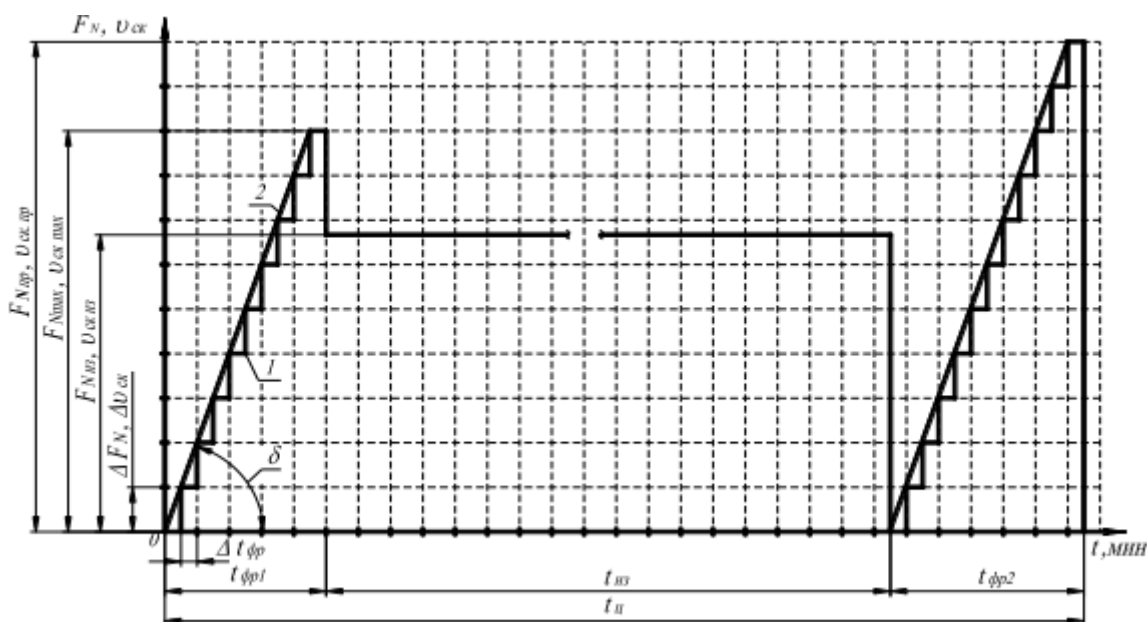
Барлық жүргізілген зерттеулер бойынша үлгілер, лазерлік жентектеу әдісімен алынған бөлшектерді дайындау, өйткені салыстырмалы ұқсас механикалық қасиеттері және визуалды бағалау кеуектілік және микроқұрылымдар растайды.

2.4 Динамикалық сынақтармен жұмыс істеу әдістемесі

Статикалық сынақтар әдістемесінің мәні конструкциялық материалдар мен майлау материалдарының негізгі триботехникалық қасиеттері орта сынақтың бір циклі үшін анықталады. Яғни, толық цикл құрамында сынаудың үш сатысы (антифрикциялық, тозуға қарсы және бір кезеңнен екінші сатыға үздіксіз ауысумен. Сынауудың бір сатысынан басқасына үздіксіз ауысуды жүзеге асыру заманауи зерттеу мүмкіндіктерінің арқасында мүмкін болды басқару толығымен ЭЕМ-ден жүзеге асырылатын жабдықтар, мысалы, автоматтандырылған триботехникалық кешен Және екі патентпен қорғалған Ресей Федерациясының. Бұл бірінші негізгі айырмашылық дәстүрлі әдістемелерден қарастырылатын әдістеме.

24-суретте конструкциялық сынаудың екі циклі ұсынылған материалдар мен майлау ортасының статистикалық режимінде.

Бірінші режим сатылы өзгеріспен немесе үйкеліс жұбына F_N қалыпты жүктеме, немесе СК-ның сырғу жылдамдығы, немесе бір уақытта екі параметр антифрикциялық және антидирге қарсы сынау кезеңдері. Демек, бұл екінші негізгі ерекшелігі бар әдістемелер бір деңгейден үздіксіз ауысу болып табылады басқа жүктемелер. Тозуға қарсы сынау сатысында басқарылатын параметрлер уақыт бойынша тұрақты болып қалады.



24-сурет. Статикалық сынау режимдерінің циклдері: 1-сатылы заң 2-жүктеудің сызықтық Заңы.

Статикалық сынақтың екінші режимі үздіксіз жоғарыда көрсетілген басқарылатын параметрлердің сызықтық Заңы бойынша өзгерістер сынаудың антифрикциялық және антидирге қарсы сатыларында.

Сатылы Өзгерістер кезіндегі бірінші (антифрикциялық) кезең басқару параметрлерінің өсу шамасымен сипатталады. TFR уақыт бойы әрекет ететін параметрлердің (FN, SF). Zc үйкеліс торабын жүктеу қарқындылығын зерттеуші және басқарылатын параметрлердің (FNmax, $\mu_{sk\ max}$) мынадай формула бойынша:

$$z_c = \frac{F_{N_{max}}}{t_{\phi p1}} = \frac{v_{sk_{max}}}{t_{\phi p1}}, \quad (25)$$

Сызықтық заң бойынша үздіксіз өзгеретін басқарулар кезінде өлшемдердің анықтаушы-бұл өсу бұрышы, сипаттайтын олардың шамасының өсу қарқындылығы:

$$\delta = \arctg\left(\frac{F_{N_{max}}}{t_{\phi p1}}\right), \quad (26)$$

Екінші (тозуға қарсы) кезең тұрақты көлеммен сипатталады тіз уақыт бойы әрекет ететін басқарылатын параметрлер (Fniz, sk).

Үшінші (антидирге қарсы) кезең ұлғайтылған шекті шамамен сипатталатын антифрикциялық сатысы басқару параметрлері (FNпр, СК пр) үйкеліс жұбының элементтері.

Басқарылатын параметрлердің сатылы өзгеруі бақылауға мүмкіндік береді тіркелетін параметрлерді өзгерту және үйкеліс жұбының мүмкіндігі әрбір сатыда өзгермелі жұмыс жағдайларына бейімделуге тиіс. TFR уақыты. Өз кезегінде, басқарылатын параметрлердің үздіксіз өзгеруі тіркелетін параметрлердің өзгеруін байқауға мүмкіндік береді үйкеліс жұбын өзгермелі жұмыс жағдайларына бейімдеу мүмкіндігі. Сынақтың адидаға қарсы сатысы тек шектерін анықтауға ғана емес, басқарылатын параметрлердің мәндері (FNпр, СК пр), бірақ салыстырмалы тозуға қарсы сатыға дейін және одан кейін антифрикциялық қасиеттерді бағалау.

Үшін статикалық сынақтар жүргізу әдістемесі дәлдік пен сенімділік мынадай бірізділікті көздейді екі бірдей үйкеліс жұбын сынау. Сынақ басталар алдында үйкеліс буы элементтерінің пайда болуын болдырмайтын режимдерде іске қосылуы сыртқы қабаттарындағы елеулі құрылымдық өзгерістер материалдарды. Содан кейін майлау ортасының температурасы барлық сынақ циклі ішінде тұрақты қолдау болады. Кейін бұл, сынақ циклін қалыптастырады сынақтың әрбір сатысы, бұл ретте мыналарды ескеру қажет:

антифрикциялық кезеңдегі басқарылатын параметрлердің шамасы (F_{Nmax} , $MБ Max$) белгіленген шекті мәндердің шамамен 85% - ынан аспауы тиіс. басқару параметрлерінің мәндері ($F_{Nпр}$, $СК пр$), ол үшін бір дайындалған үйкеліс жұбы алдын ала тестілеу сынаудың адирге қарсы сатысы;

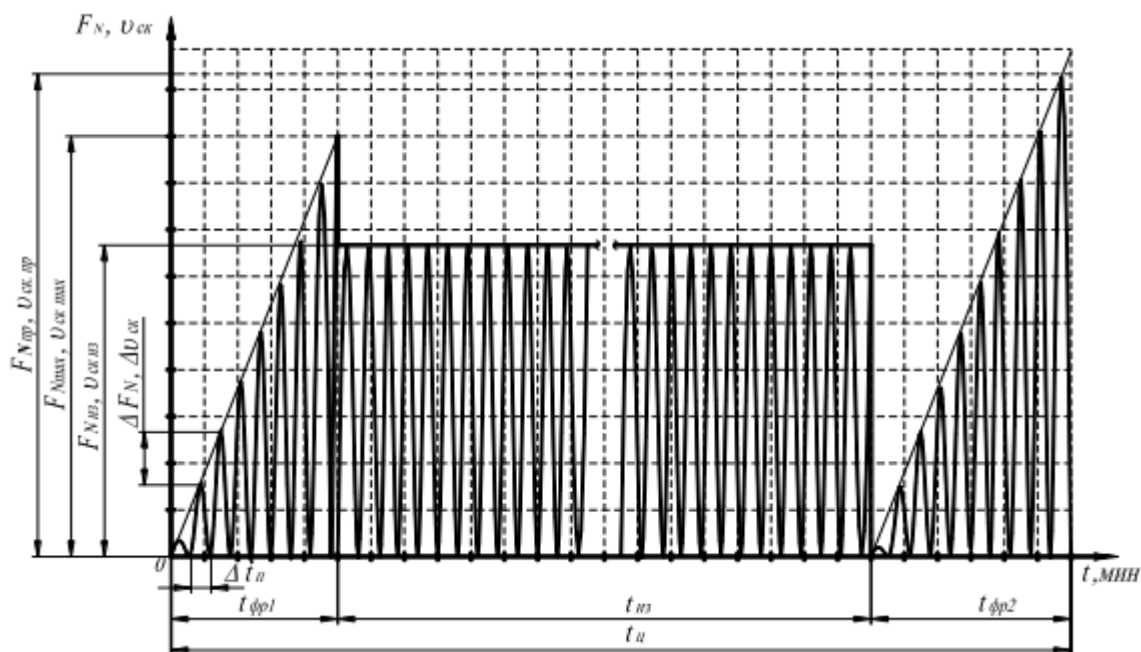
- басқарылатын параметрлердің шамасы (F_{niz} , $СК-дан$) сынақтар осы ең жоғары шаманың 85% - ынан аспауы тиіс. (f_{nmax} , $СК max$) антифрикциялық сатыда;

- $t_{фр1}$ антифрикциялық сатының ұзақтығы 5 - тен аспауы тиіс% ұзақтығына противоизносной сатысында тиз;

- $t_{фр2}$ антирабияға қарсы сатысының ұзақтығы алдын ала белгісіз және тағайындалады жұптың элементтерін ұстап тұру үшін жеткілікті үйкеліс.

Динамикалық режимдердегі үйкеліс буындарын сынау әдістемесінің мәні жоғарыда сипатталған статикалық сынақтар әдістемесіне ұқсас. Айырмашылық тұрады тек заңда басқарылатын параметрлердің өзгеруі.

Бұл үшінші түсіндіреді қарастырылып отырған сынау әдістемесінің негізгі айырмашылығы. Динамикалық сынақтардың осы әдістемесі екі түрді қарастырады жоғарыда көрсетілгендей бір-бірінен ерекшеленетін Сынау режимдерін, басқару параметрлерін өзгерту заңмен. Сынақтың бірінші түрінде кеңінен пайдалану көзделеді. жүктеу заңдарының теориясында белгілі (синус, косинус, үшбұрыш және т.б.). 25-суретте сынаудың динамикалық режимінің бірінші түрі көрсетілген. Синусоидалы функцияны қолдану.



25-сурет. Динамикалық сынақ режимінің циклі синусоидалы функция.

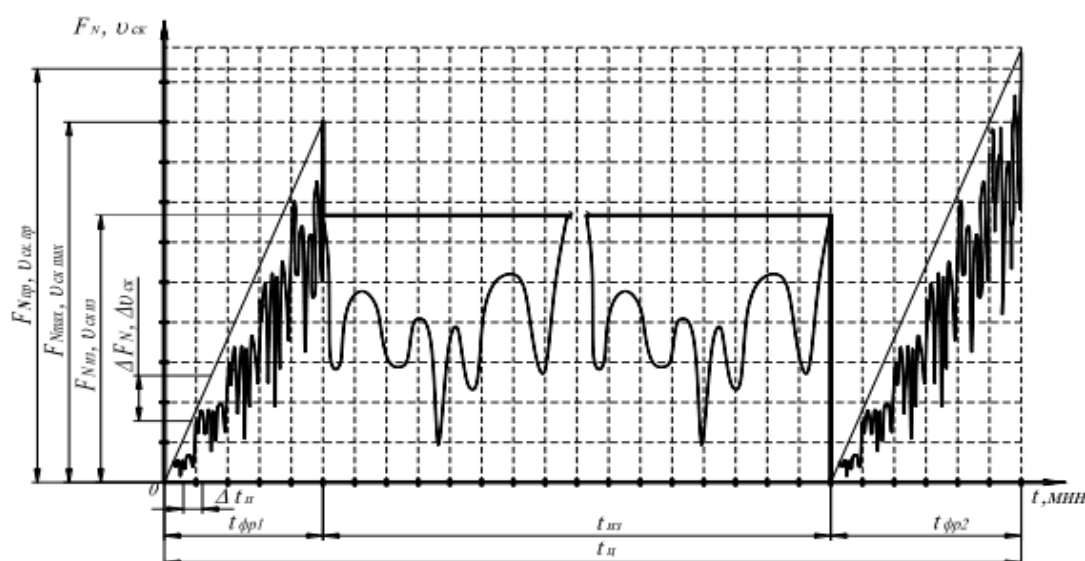
Динамикалық сынақтардың екінші түрінде іске асыру көзделеді. Жұмыс істеудің нақты жағдайларына барынша жақын машиналар мен механизмдердің үйкеліс тораптары. 26-суретте екінші көрініс бар үйкеліс жұбының жұмыс жағдайын имитациялайтын динамикалық сынақ режимі ішкі жану қозғалтқышының "иінді білік-түбірлі жапсырма".

Негізгі шама динамикалық ағуды сипаттайтын басқару параметрлерінің өзгеру жиілігі болып табылады. Ол мынадай формула бойынша анықталады

$$\chi_{F_N, v_{\alpha}} = \frac{1}{t_n}, \quad (27)$$

Динамикалық өзгерістер кезіндегі бірінші (антифрикциялық) кезең басқарылатын параметрлердің өсу шамасымен сипатталады. Бір кезеңде, t_n ұзақтығы. Өзгеру қарқындылығы ең жоғары шамасымен анықталады. ($f_{n\max}$, $SM_{\max}$) келесі формула бойынша:

$$z_o = \frac{F_{N\max}}{t_n} = \frac{v_{\alpha\max}}{t_n}, \quad (28)$$



26-сурет. Жағдайларды имитациялайтын динамикалық сынақ режимінің циклі қозғалтқыштың "иінді білік – түпкілікті жапсырма" үйкеліс жұбы жұмыстары ішкі жану.

2.5 Жүктеудің динамикалық режимдерін зерттеу

Атап өту маңызды, бұл нақты жағдайларда жұмыс істеу тетігі статикалық режимде сирек жұмыс істейді. Сонымен қатар, елемеуге болмайды түрлі биттер мен дірілдер, олар да өз өзінің жұмысын тетігін келтіріп, к неравномерному тозуға бөлшектер (28, 29-сурет) және үйкеліс тораптары.



28-сурет. Иінді білікшенің бірқалыпты тозуы.

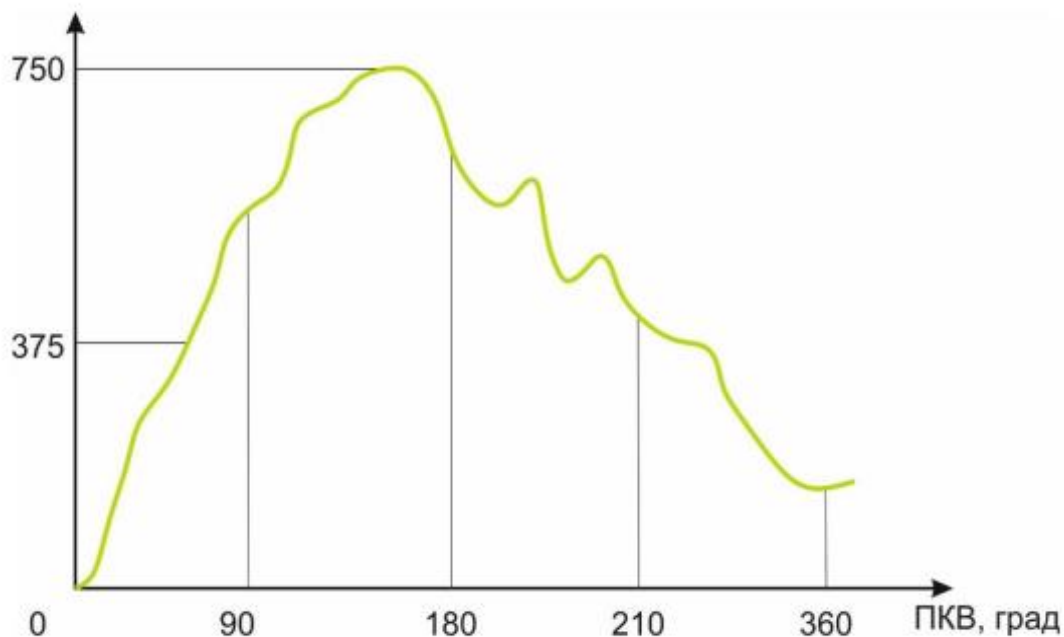


29-сурет. Иінді біліктің итергіштері тозуының біркелкі болмауы.

2.6 АТК үлгілерін сынау

Автоматтандырылған триботехникалық кешенде сынау үшін нүктеден EOS Aluminum AlSi10Mg силуминінен қалыптар алынды технологиялық процестің икемділігі бұл материал болып табылады ең жарамды, өйткені онымен жұмыс істеу жеткілікті және мәні шөгінділер тұрақты болып табылады. Қалыптар екі бағыт басып шығару бойынша өсірілген нормали: 90° және 45°, қабаттылығы реттелмеген, себебі бұл жұмыстың келесі кезеңі. АТК-да иінді жүктеу заңы іске асырылды ДВС газ тарату механизмінің білігі (33-сурет). Әрбір жағдайда зерттеу алдымен конформацияны қамтамасыз ету үшін сұрту жүргізілді үйкеліс беттері.

Үйкеліс режимінің параметрлері кестеде келтірілген, ауданы қалыптардың үйкеліс беті 1 см², камераға құйылған Shell жұмыс температурасының кеңейтілген диапазоны бар гидравликалық сұйықтық Tellus S2V. үйкеліс жұптарын жүктеуге қатысты, иінді білік жағдайынд ГРМ қалыпты жүктеме 150 Н, ал ең жоғарғы 500 Н болып табылады.



33-сурет. Иінді біліктің күштік жүктеу Заңы
ДВС газ тарату механизмінің.

45 ° бұрышымен басылған қалыптар бойынша деректерді қарастырайы нормаға қатысты (19-кесте).

Кесте 19-EOS Aluminum қалыптарын жүктеу режимінің параметрлері

Параметрлер		Мәні
Притирка	Уақыт	2 сағат
	Жүктеме	150 Н
	Айналу жылдамдығы	500 айн/мин
Жұмыс режимі	Уақыт	3 сағат
	Жүктеме	3-750 Н
	Қалыптың бастапқы салмағы I	1,34 г
	Қалыптың бастапқы салмағы I I	1,29 г
	Эксперименттен кейінгі I қалыптың салмағы	1,32 г
	Эксперименттен кейінгі I I қалыптың салмағы	1,27 г
	Қалыптың тозу салмағы I	0,02 г
	Қалыптың тозу салмағы I I	0,02 г

Сонымен қатар, материалдың қаншалықты тозғанын ғана емес, сонымен қатар уақыт бойынша үйкеліс коэффициенті өзгерді (34-сурет). Кестеде болады эксперимент жүргізу барысында орын алатынын қадағалау үйкеліс жұбының қоршаған жағдайларға және сыртқы әсерлерге.

4 Жүргізілген зерттеу нәтижелері

Кеуектілікті зерттеу барысында келесі нәтижелер алынды. Аддитивті технологиялар мен сипаттамаларға аналитикалық шолу жүргізілді алынған Конструкциялық материалдар; микроқұрылымдар зерттелді алынған Конструкциялық материалдар; талданды әртүрлі Конструкциялық материалдарды тозудың математикалық модельдері; аддитивті алынған тозудың математикалық моделі құрылған материалдар; аддитивті алынған АТК-ға жүктеудің әр түрлі режимдеріндегі Конструкциялық материалдар; қоршаған ортаға әсер ететін негізгі факторлар зерттелді. Талдау және есептеу жүргізілді ресурс тиімділігі және ресурс үнемдеу параметрлері.

Осы жұмыс барысында әртүрлі жалпы қорытындылар жасалды:

- баспа қабаттарының арасындағы кеуектілік бір қабаттан жоғары, бұл бөлшектің баспа камерасында орналасуын таңдаған кезде ескеру қажет. Пайызы ЖҰЖ көлденең және бойлық бағытта 1% - дан аспайды және тесіктері бар шамамен бірдей өлшем және геометрия, бұл сапалы жапсарлау,
- маңызды кезең-бұл динамикалық режимдерде жұмыс жүктеу және бөлшектің көлемі бойынша біркелкі емес қасиеттерін зерттеу, көлемі бойынша біркелкі қасиеттер кезінде тозу біркелкі емес,
- тозу өсу және төмендеу әкелуі мүмкін кедір-бұдырлық (кедір-бұдырлық өлшемі үшін орташа квадраттық ауытқуды аламыз профиль),
- үйкеліс коэффициентінің артуы өнімнің артуына әкеледі тозу қарқындылығы және жекелеген бөліктердің өсуінің азаюы,
- жүктемені арттыру тозу қарқындылығын арттырады бұл бөлшектер мөлшері, егер тек жылу бөлу болмаса немесе оның әсері елеусіз, кері жағдайда бөлшектер мөлшері азаяды қабаттардың қызуының салдары.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломлық жұмыс барысында триботехникада аддитивті алынған материалдарды қолдану аспектілері қарастырылды: үйкеліс тораптарына кіретін бөлшектер. Сонымен қатар, материалдар жүктеудің динамикалық режимдерінде жұмыс істеу үшін жарамдылыққа зерттелді, бұл тағы да материалдарды жүктеудің динамикалық режимдерінде зерттеудің және материалдар құрылымының дизайнымен жұмыс істеу маңыздылығын атап өтті, бұл бөлшектердің тозуын азайтуға алып келеді, бұл экономикалық және экологиялық тиімді. Осы жұмыстың одан әрі даму векторы аспирантурада оқу шеңберінде материалдар спектрін және жүктеудің әртүрлі режимдерін кеңейтуге бағытталған зерттеулер болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 <http://www.3dpr.ru/metallicheskij-poroshok>
- 2 http://3d.globatek.ru/3d_printing_technologies/sls-tech/
- 3 <https://cybercad.ru/info/articles/tekhnologiya-3d-pechat-sla-lazernayastereolitografiya/>
- 4 Технология машиностроения. Учебное пособие под редакцией д. т. н., проф. Мурашкина С. Л. 1, 2, 3 тома. - Санкт-Петербург, 2000
- 5 Справочник нормировщика машиностроителя под редакцией Е.И. Стружестраха. – М.: Машиностроение, 1961