

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

Білдекжасау, материалтану және машинажасау өндірісінің технологиясы
кафедрасы

Амантай Ербол

«Машина бөлшектерін шығаруға арналған 3D принтер жобалау»

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B071200 – Машинажасау

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

Білдекжасау, материалтану және машинажасау өндірісінің технологиясы
кафедрасы

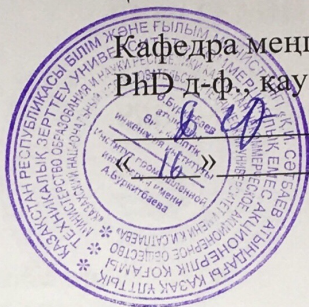
ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

РиД д-ф., қауым. профессоры

Арымбеков Б.С.

2019 ж.



Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Машина бөлшектерін шығаруға арналған 3D принтер жобалау»

5B071200 – Машинажасау

Орындаған

Амантай Е.

Пікір беруші

Техн.ғыл.кан.

Курманғалиева Л.А.

Ғылыми жетекші

Лектор

Нусіпәли Р.К.

« 10 » 04 2019 ж.



« 10 » 04 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

«Білдекжасау, материалтану және машинажасау өндірісінің технологиясы»
кафедрасы

5B071200 – Машина жасау

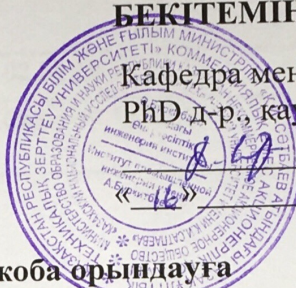
БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі,

PhD д-р., қауым. профессор

Арымбеков Б.С.

2019 ж.



Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы Амантай Е.

Тақырыбы «Машина бөлшектерін шығаруға арналған 3D принтер жобалау»
Университет ректорының «06» қараша 2018 ж. №1252-б бұйрығымен
бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «16» мамыр 2019 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы берілістері 3D принтер жобалап, қойылған
талаптарына сәйкес келтіру.

Есеп-түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтардың тізімі мен
қысқаша диплом жобасының мазмұны:

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі

а) 3D принтерді жобалауның негізгі мазмұны;

б) арнайы бөлім;

в) қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі;

г) экономикалық тиімділігін есептеу;

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

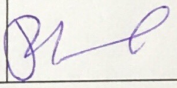
Сызбалық материалдар слайдта көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 9 атау

Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәліметтер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе. Дипломдық жобаның тақырыбын таңдауға негіз.	08.02.19-09.03.19	
Негізгі бөлім	09.03.19-24.03.19	
Арнайы бөлім. 3D принтерді жобалауның негізгі мазмұны	24.03.19-02.04.19	
Экономика бөлімі	02.04.19-08.04.19	
Еңбек қорғау бөлімі	08.04.19-15.04.19	

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
Еңбек қорғау бөлімі	Жүсіпбаев Р.А. (магистр, лектор)	8.04.19	
Экономикалық бөлім	Қушбаев Р.С. (магистр, лектор)	8.04.19	
Норма бақылау	Карнеков Р.К., лектор	12.04.19	

Ғылыми жетекші _____

Нусіпәли Р.К.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____

Амантай Е.

Күні

«__» _____ 2019 ж.

АҢДАТПА

Заманауи индустрияның үздіксіз дамуы арқасында дәстүрлі өңдеу технологиясы заманауи өндірістік бөліктердің өңдеу қажеттіліктерін қанағаттандыра алмады, көптеген деформацияланған құрылымды (оның ішінде бес осьтерді өңдеу орталығын) дәстүрлі өңдеу және пайдалану өңдеуге қиын немесе өңдеу мүмкін емес. Содан кейін уақыт 3D принтерін қажет етеді.

3D принтері күрделі болып көрінуі мүмкін, бірақ өте қарапайым, сіз оның сиқырлы қабілеттерін сілкіп тастай аласыз, мүмкін, сіз жоғары технологиялық, әсіресе, 1916 жылдан бастап лазер Эйнштейннің принципіне таң қалдырасыз, пайда болудың қатты теориялық негізін қалады 1986 жылы алғашқы 3D принтері. 3D принтерінің принципі туралы күрделі емес. Осы мақалада жабдықты 3D баспа жылдамдығы моделін жобалау, жабдықты жобалау және өндіруге практикалық өндірістік процестің үлгісіне 3D басып шығару технологиясы енгізілді.

АННОТАЦИЯ

С непрерывным развитием современной промышленности традиционная технология обработки была неспособна удовлетворить потребности в обработке современных промышленных деталей, традиционная обработка и использование многих деформированных конструкций (включая пятиосевой обрабатывающий центр) трудно обрабатывать или не могут обрабатывать. Затем появились как раз требуемые 3D-принтера.

3D-принтер может показаться сложным, но на самом деле он очень прост, вы можете потрясти его магическими способностями, возможно, вы будете ошеломлены его высокотехнологичностью. На самом деле, принцип работы лазера Эйнштейна с 1916 года заложил прочную теоретическую основу для появления 1986 года первого 3D-принтера. В этом дипломном проекте, технология 3D-печати для проектирования 3D-модели, скорости печати оборудования, проектирование и изготовление оборудования для практической модели производственного процесса для оборудования.

ANNOTATION

With the continuous development of modern industry, the traditional processing technology has been unable to meet the processing needs of modern industrial parts, the traditional processing and utilization of many deformed structure (including five axis machining center) is difficult to be machined or cannot process. Then emerge as the times require 3D printer.

3D printer may seem complicated, but is very simple, you might and shook it magical abilities, perhaps you will be stunned for its high-tech, in fact, the principle of laser Einstein from 1916, has laid a solid theoretical foundation for the emergence of 1986 the first 3D printer. About the principle of 3D printer is not complicated. In this paper, the 3D printing technology to design a 3D print speed model of equipment, design and manufacture of the equipment to the practical production process model for the equipment.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 3D принтерлердің басып шығу технологиясы және оның тарихи дамуы	10
1.1 Жылдам прототиптеу технологиясы	10
1.2 Аддитивті технология	11
2 3D принтерді жобалауның негізгі мазмұны	13
2.1 3D принтерді жобалауның жоспары	13
2.2 3D принтердің модельдік жабдығының схемасын талдау	13
2.3 Механикалық құрылымды жобалау	15
2.4 Бұрандалы гайкалар жобалауы	19
2.5 Сомынды бекіту әдісін таңдау	23
2.6 Бағыттаушы өзек және сызықты мойынтіректер жобалау	26
2.7 Муфталарды таңдау	30
2.8 Синхронды белдік дөңгелегі жобалау	30
3 Құрылымдық жобалау және 3D модельдеу	33
3.1 Құрылымдық жобалаудағы 3D модельдеу	33
4 Экономикалық бөлімі	34
5 Еңбек қорғау бөлімі	35
5.1 Техника қауіпсіздік ережелері	35
Қорытынды	36
Пайдаланған әдебиеттер тізімі	37

КІРІСПЕ

3D-баспа индустриясы қазіргі уақытта қарқынды өсу мен даму кезеңін бастан кешіруде, бұл бүгінгі күні нарықта құрал-жабдықтар үлгілерінің өте кең және өте таңбалы гаммасы бар: қосалқы бөлшектер мен элементтерден өз қолдарымен жиналған әуесқой принтерлерден бастап, өте күрделі геометриялы нысандардың жоғары дәлдікті көшірмелерін жасауға қабілетті өнеркәсіптік үлгілерге дейін.

Жалпы, 3D принтер құрылғысы шын мәнінде өте күрделі емес. Принтерлерді дайындау кезіндегі басты мәселелер – баспаның сапасын қамтамасыз ету үшін экструдер үшін барлық осьтер бойынша құрастыру дәлдігін және позициялаудың одан әрі дәлдігін қамтамасыз ету.

3D принтердің қолдану аясы:

- Құрылыс саласында инженер және дизайнерлер 3D принтермен құрылыс үлгісін басып шығаруды әдетке айландырды, бұл амал тез, шығын аз кетеді, қоршаған ортаны қорғайды және жоғары дәлдікпен жасалады. Дизайнерлердің талабына толықтай сәйкес келеді, осымен қатар материалды ұнымдейді.

- 3D принтермен бөлшектерді басып шығару дәстүрлі өндіріс саласына қарағанда шығын, жылдамдық, дәлдік жағынан жақсы жұмыс жасайды. 3D принтер технологиясы массалық өндіріске де сәйкес келеді.

- Медициналық саласында – адамның, тірі жануарларының, тірі ағзалардың бөлшектерін, мүшелерін, органдарын басып шығаруға болады.

- Космос және авиация саласында – лимиттелген бұйымдарды басып шығару. Космос кеңістігінде ақауларды жөндеу үшін лезде басып шығаруға болады.

3D принтер компьютердегі үш өлшемдік суреті бар файлдарды қабылдап, пластик, смола, керамика, металл, тағы басқа материалдардың қабаттарын бір-бірінің үстіне жинап, одан тауар жасап шығарады.

1 3D принтерлердің басып шығу технологиясы және оның тарихи дамуы

1.1 Жылдам прототиптеу технологиясы

3D принтерлер-кейде жылдам прототиптеу машинасы деп аталатын, сұйық немесе ұнтақ пластиктен Бұйымдарды жасайды, дәстүрлі принтерлердің жұмыс істеу принципімен ұқсайды. Жылдам прототиптеу технологиясы (rapid prototyping, қысқаша RP) - соңғы жылдары дамыған озық технология. Жылдам прототиптеу технологиясы АҚШ-та 1980-ші жылдары пайда болды және жақын арада Жапония мен Еуропаға айналды, бұл соңғы жылдары өндіріс технологиясы саласында маңызды серпіліс. Жылдам прототиптеу - бұл дискреттік қабаттастыру идеясына негізделген сандық қалыптастыру технологиясы, CAD, CNC технологиясы, лазерлік технология, материалтану және инжинирингтің Біріктірілгені. Ол жобалау идеяларын белгілі бір Конструкция мен функциясы бар немесе тікелей өндіріс бөліктері бар прототиптерге автоматты және тез түрде өзгерте алады, Осылайша, өнімнің конструкцияларын жылдам бағалау және өзгертіп, нарықтық сұранысқа жауап ретінде, кәсіпорындардың бәсекеге қабілеттілігін арттыру.

RP-CAD, CAM, CNC, дәл сервопровод, Фотоэлектрон және жаңа материалдар сияқты алдыңғы қатарлы технологияларды біріктіреді. CAD-мен жасалған 3D-модельге сәйкес, Оларды қабаттап кесу, Әрбір қабаттың кескінін алады. Осы кескіндер бойынша, лазер сәулесін таңдаулы шығару, сұйық шайыр қабат-қабатымен қатайту (немесе қағаз қабаттап кесу, ұнтақ материалды қабаттау пісіру) арқылы әр қима құрылады, Бірте-бірте 3D өнімдері пайда болады. Бұл күрделі 3D өңдеуді 2D өңдеу жеңілдететін комбинациясы.

Жылдам прототиптеу технологиясы процесс келесідей:

1) Үш өлшемді модельдерді құру, себебі RP жүйесі тек компьютер салынған үш өлшемді өнім үлгісін қабылдайды(Графикалық модель), содан кейін оны кесуге болады, сондықтан іріншіден PC немесе жұмыс станциясында CAD бағдарламаларын қолданып(мысалы Solidworks, Pro/E, Компас-3д Және т.б.), өнімнің талаптарына сәйкес 3D модельдердің жобалау жасайды; Немесе бар өнімнің 2D көрінісін 3D моделіне айналдыру; Немесе кері инженерияда, өлшеу құралының көмегімен қолданыстағы өнім нысандарын сканерлеу, деректерін алып, 3D моделін қайта құру процесін жүргізеді.

2) 3D модельдерді шамамен өңдеу, себебі өнімде көбінесе біркелкі емес еркін нысанда беттерін бар. Өңдеу алдында оны шамамен өңдеу керек. шамамен өңдеу арқылы алынған 3D үлгі файлы STL форматындағы файл деп аталады, ол байланыстырылған кеңістік үшбұрыштарының сериясынан тұрады, типтік CAD бағдарламаларда STL форматындағы файлдарды түрлендіреді және шығару интерфейсі бар, бірақ кейде шығыс үшбұрышында аздап қателік болады, ішінара өзгерту қажет етеді.

3) 3D модельді қабаттарп кесу(Slicing) өңдеу, жылдам прототиптеу технологиясы қабат-қабатпен көлденең қиманы өңделетіндіктен, сондықтан өңделместен бұрын үш өлшемді модельді биіктік бағыты бойынша дискреттеп

екі өлшемді қабаттардың қатарына шығарып алу қажет, Яғни, белгілі бір аралығында бір қабат болып бөлінеді, осылайша қиманың пішінін алу үшін. Аралықтың өлшемі дәлдік пен өнімділіктің талаптармен анықталады. Аралық қаншалықты аз болса, соғұрлым жоғары дәлдік, бірақ қалыптасу уақыты неғұрлым ұзақ болады. Аралық диапазоны 0,05-ден 0,5 мм-ге дейін болады, Әдетте 0,1 мм қолданып жеткілікті тегіс бетті алуға болады. Аралықты таңдаудан кейін, қалыптасқан кезде әрбір қабатқа салынған материалдың қалыңдығы онымен үйлесімді болуы керек. Түрлі қалыптау жүйелерінде үлгінің қиманың пішінін автоматты түрде шығаратын кесуге арналған өңдеу бағдарламалық құралы бар.

4) Қиманы өңдеу, Қабатты өңдеудің көлденең қимасының пішіні бойынша, Компьютер басқаруында, RP жүйесінде қалыптастырушы басы (лазерлік сканерлеу басы немесе шашатын сияқты) сандық басқару жүйесі арқылы бақыланады, X-Y жазықтығында көлденең қимасының пішіні бойынша сканерлеу, сұйық шайыр қабат-қабатымен қатайту (немесе қағаз қабаттап кесу, ұнтақ материалды қабаттау пісіру) арқылы әр қима қабатын алады.

5) көлденең қимасының қабатталуы, әрбір қабат қалыптасқаннан кейін, материалдың келесі қабаты қалыптасқан деңгейге жіберіледі, Содан кейін соңғы қабатты қалыптастыру, алдыңғы қабатымен байланысады, біртіндеп қабаттар қабаттарын біріктіреді, нәтижесінде үш өлшемді өнім шығады.

6) Соңғы өңдеу, Пішіндеу машинасы аяқталғаннан кейін, дайындаманы алып, тегістеу, Бояп, немесе жоғары температура пешіне қойып, одан әрі күшейтеді(мысалы 3D-р технологиясы). SLS процесі үшін, дайындама жоғары температуралық пешке орналастырып қабыстыру арқылы, байланыстырғышты буландырып, Металлдандыру өткізу үшін жасайды.

Осы жобалаудағы 3D баспа техникасының принципі мен функциясына негізделген бұл конструкция механикалық принциптерді, механикалық жобалауды, механикалық өңдеу жабдықтарын жобалауды, механикалық өңдеу технологиясын, өзара алмасуды және техникалық өлшеуді, механикалық өңдеу технологиясының іргетасын және геометрияны қолданады. Механикалық сызбалар, механикалық бөлшектермен жүзеге асырылатын әдістерді талдау, Отандық машина жасау саласының нақты жағдайына сәйкес, талаптарға жауап беретін жабдық құрылымы әзірленді.

1.2 Аддитивті технология

Аддитивті технологиясы (Additive Manufacturing - қосындылықтан қосылатын) - 3D технологиясын қолдана отырып, объектіні қабатты-қабатты құру және синтездеу. Заманауи индустрияда бұл әртүрлі процестер, соның нәтижесінде 3D объектісі модельденеді:

- УК-сәулелену;
- экструзия;
- реактивті спрей;
- біріктіру;

-ламинаттау.

Динамикалық дамып келе жатқан аддитивті 3D басып шығару технологиясы прогрессивті өндірістерде қолданылады. Қоспа технологиясының бірнеше инновациялық түрлері бар:

- 1) FDM (Тозған шөгінді үлгілеу) - өнім еріп кеткен пластикалық жіптердің қабаттарында қалыптасады.
- 2) SLS (Selective Laser Sintering) - лазерлік пісіру технологиясы, онда кез-келген мөлшердегі өте берік объектілер пайда болады.
- 3) MJM (MultiJet Modeling) көпфункционалды фотополимерлерді және балауызды қолдану арқылы 3D моделдеу.
- 4) SLA (лазерлік стереолитография) - сұйық полимердің лазермен, қабатты қабатының қатты күйінде болуы.

Үшөлшемді баспаның ең белгілі түрі FDM, ол балқыту әдісімен модельдеуді білдіреді. Бұл технология жеткілікті қарапайым болып табылады: үшөлшемді объектілер балқытушы материал (жиі пластик) арқылы жасалынады, олар шүмек (экструдер) арқылы беріледі, материал сол арқылы өтіп, қажетті температураға дейін балқытылады және алаңға беріледі, онда болашақ объектімен алаң үстінде үш ось арқылы (X, Y, Z) шүмектің бағдарламаланған қозғалысының есебінен нақты объектіні тікелей модельдеу жүреді (сонымен қатар алаң шүмекке қатысты қозғалуы немесе екі жүйе өзара қозғалуы мүмкін), материал алаңға берілгеннен кейін қатаяды.

Принтерлердің арасындағы айырмашылық материалдың берілуінде, алаңның қыздырылуында (бар немесе жоқ), үш ось бойынша қозғалыстан, бірнеше материалдармен баспадан (мүмкін немесе жоқ) көрінеді.

2 3D принтерді жобалауның негізгі мазмұны

2.1 3D принтерді жобалауның жоспары

Бұл 3D принтердің жобалауы CAD / ProE сызбалары және техникалық стандарттардың, спецификациялардың және т.б. мәліметтер қолданып, 3D принтер жобалау бітіріп және 3D принтер бөліктерінің сызбалары, құрастыру сызбалары, бөліктердің сызбалары, құрастыру сызбасы және бөлшектер сызбасын аяқтаймыз.

Негізгі жобалауның негізгі мазмұны мынадай:

1) жобалауды дайындау: жобалау тапсырмасы кітабын оқып, 3D принтердің жобалау тапсырмасын анықтау, жобалау мәліметтерін дайындау және сызба құралын дайындау.

2) 3D принтердің жалпы құрылымының жобалауы: негізінен: ұнтақты төсеу жүйесі, қалыптау қуысы және Сақтау қуысының қозғалыстағы жүйесі және экструдер басының Қозғалыс жүйесі

3) Ассамблеяның сурет жобалауы: Бастапқы құрастыру эскизі сызу, әрбір бөліктің құрылымдық жобалауы, компоненттер арасындағы құрастыру қатынастарын үйлестіру, құрастыру жұмыстарының толық схемасын аяқтау.

4) Бөлшектердің жұмыс сызбаларын жобалау: негізінен 3D принтер бөліктері сызу(мысалы трансмиссиясы механизмі, қолдау механизмі және т.б.)

5) Жобалауды есептеу нұсқауларын жазу: негізінен 3D принтердің жобалауы спецификацияларын реттеу және жазу.

6) Жобалау қорытындысы және жұмысты қорғау: Дипломдық жобалау қорытындысын жазу және дипломдық жоба қорғауға дайындалу.

2.2 3D принтердің модельдік жабдығының схемасын талдау

Микро-қозғалтқышты бекітуге негізделген 3DP технология принципі: сызылған CAD үш өлшемді моделі технология талаптарымен дискреттік қабаттау арқылы қабаттардың сериясын алу, осы қабаттардың контурлық ақпаратына сәйкес, ұнтақ төсеніш құрылғы қабатын қабатқа төсейді, экструдер басы тамшылатып талдаулы түрде агломеранті қабат-қабат ұнтақты қатайтады, одан әр қолденен қиманың пішіні шығады және біртіндеп үш өлшемді қатты бұйым пайда болады. Осы талаптарды орындау үшін әр механикалық бөлшектердің көмегі керек.

Механикалық жүйе X, Y осі (басып шығару жазықтығы) жазықтықты сканерлеу қозғалысының рамасын құрайды.

Механизмі таңдау:

X осі бағыттаушы рельс-бұрандалы штанг механизмі.

Y осі бағыттаушы рельс-бұрандалы штанг механизмі.

Z осі (қалыптау қуысы және Сақтау қуысы) штанг-штанг механизмі..

экструдер басы бағыттаушы рельс-бұрандалы штанг механизмі.

Құрылымның жалпы орналасуы

Жобалау идеясына сәйкес 3D принтердің жобалауын орнатамыз, жобалау схемасы 2.1,2.2-суретте көрсетілгендей.

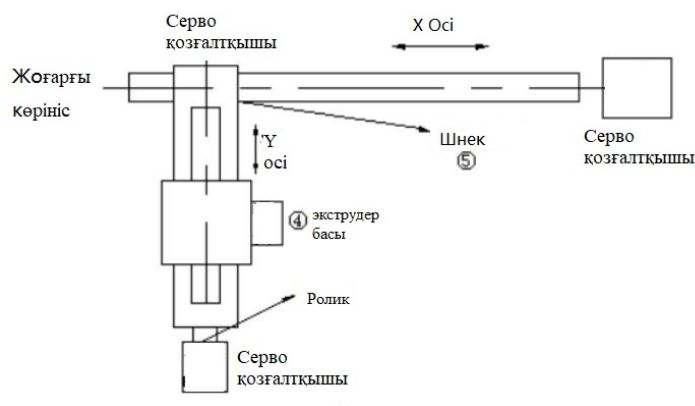
1)Сақтау қуысы: ұнтақ материалдарды қамтамасыз.

2)Қалыптау қуысы: Жұмыс цилиндрінде дайындаманы өңдейді, Жұмыс цилиндрі әр рет төмендеу қашықтығы қабат қалыңдығы болады. Дайындама өңдеп болғаннан кейін, жұмыс цилиндрі көтеріліп өнінді алыпшығады және келесі өңдеу жұмысына дайындалады. Жұмыс цилиндрін жоғары төмен жылжуы серво қозғалтқышы бұранда арқылы басқарады.

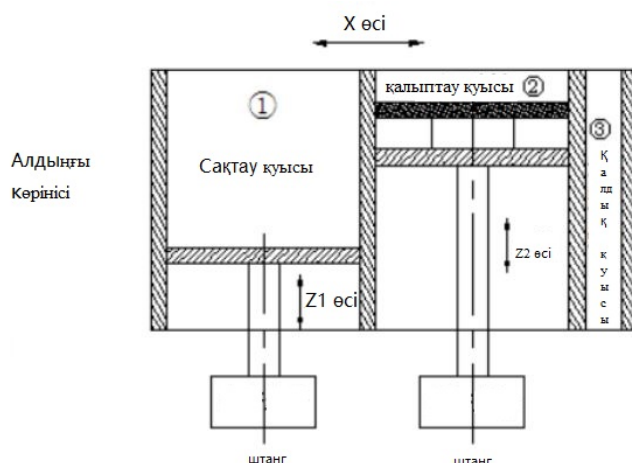
3)Қалдық қуысы: корпусқа орнатылды ұнтақтау кезінде артық ұнтақты материалды қайтарады.

4)Экструдер басы: Жұмыс цилиндрінде байланыстырушы шашады, әр қабатты байланыстырады, ол 3D принтер басып шығарудағы маңызды бөлшек.

5)Шнек механизмі: шнек және қозғалтқыш жүйесі кіреді, механизмнің функция ұнтақ материалды тегістеп жұмыс цилиндріне төсеу және материалдарды тығыздау.



2.1 сурет - Жобалау жоспары жоғарғы көрініс



2.2 сурет - Жобалау жоспары алдыңғы көрініс

2.3 Механикалық құрылымды жобалау

Z осінің қозғалтқышын таңдау

Z осі - қалыптау қуысы мен сақтау қуысының жоғары және төмен қозғалтқышы, қалыптау қуысы мен сақтау қуысының салмағы 30 кг деп есептейік, қозғалыс жылдамдығы шамамен 2 м / мин

$$G = mg = 30 \times 10 = 300 \text{ Н} \quad (1)$$

$$V = 1 - 2 \text{ м/мин} = 16.6 - 33.3 \text{ мм/с} \quad (2)$$

Осы конструкцияға сәйкес, қалыптау қуысы мен сақтау қуысының қозғалысы нақты орналасуды талап етеді, сондықтан, бұл жобалауда Серво қозғалтқышы таңдалады.

Қозғалтқыш конструкциясын есептеу

Жұмыс уақытын анықтау, бұл жобалауы жеделдету уақыты

$$I = \frac{V_1}{60}(t_0 - t_1) \quad (3)$$

мұдағы - V_1 -жүктеу жылдамдығы, мм/с

Жылдамдық секундына 50мм-ға көтерілу белгілі болса.

$$I = 1.2 - \frac{0.033}{3 \div 60} = 1.2 \text{ с} \quad (4)$$

Қозғалтқыштың айналу жиілігі анықтау

$$n_{\kappa} = \frac{V_1}{P_B} \quad (5)$$

мұдағы - P_B -бұранданың шағы, осы дизайнында 5мм деп аламыз, $P_B=5\text{мм}$.

$$n_{\kappa} = \frac{V_1}{P_B} = \frac{2}{0.005} = 400 \text{ айн/мин} \quad (6)$$

бұрау моменті анықтау

$$T_L = \frac{\mu \cdot g \cdot M \cdot P_B}{2 \cdot \pi \cdot \eta} = \frac{0.3 \cdot 10 \cdot 200 \cdot 0.005}{2 \cdot \pi \cdot 0.9} = 1.73 \text{ Н} \cdot \text{М} \quad (7)$$

мұдағы – $\mu=0.3$, Үйкелу коэффициенті;

$M=200\text{кг}$, Жүк салмағы;

$P_B = 0.005\text{м}$, бұранданың шағы;

$\eta=0,9$, тиімділігі;

Инерция анықтау

Жоғары және төмен тік қозғалысы:

$$J_{LM} = M \left(\frac{P_B^2}{2 \cdot \pi} \right) = 200 \cdot \left(\frac{0.005^2}{2 \cdot \pi} \right) = 0.000126779 (\text{кг} \cdot \text{м}^2) \quad (8)$$

Бұранданаң инерция

$$J_B = \frac{\pi}{32} \cdot \rho \cdot L_B \cdot D_B^4 = \frac{\pi}{32} \cdot 7.87 \cdot 10^3 \cdot 0.4 \cdot 0.2^4 = 3.72 \cdot 10^{-5} (\text{кг} \cdot \text{м}^2) \quad (9)$$

мұдағы – $\rho=7,87$, тығыздығы;

$L_B=0,6$ м, бұранданың ұзындығы;

$D_B=0,02$ м, бұранданың диаметрі;

Жалпы инерциясы:

$$J_L = J_{LM} + J_B = 0.00032 (\text{кг} \cdot \text{м}^2) \quad (10)$$

Қозғалтқыш моменті

Іске қосу сәті моменті

$$T_S = \frac{2 \cdot \pi \cdot N \cdot M(J_M + J_L)}{60 \cdot t_1} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 636.9 \cdot (J_M + 0.00032)}{60 \cdot 1.2} = 1.25 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (11)$$

Қажетті моменті

$$T_M = (T_L + T_S) \cdot S = 2.36 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (12)$$

мұдағы – $S=1,0$, қауіпсіздік коэффициенті;

Жоғарғы есеп бойынша мен 110А-М02030 Huada серво қозғалтқышын таңдадым.

Қозғалтқыштың номиналды қуаты: 0.6 KW;

Нөлдік жылдамдық моменті: 2.0 Н · м;

Номиналды ток: 4.0А;

Номиналды жылдамдығы: 3000 r/min;

Өлшемдері: 110x110x106, қозғалтқыш білігінің диаметрі: 12мм.

X осі мен Y осьті қозғалтқыштарды таңдау

Баспалық жазықтықтағы X-осі мен Y осі қозғалыс құрылымдары бірдей, сондықтан осы жобада бірдей қозғалтқыштар таңдаймыз.

жұмыс уақытын анықтау

Бұл жобалауы жеделдету уақыты

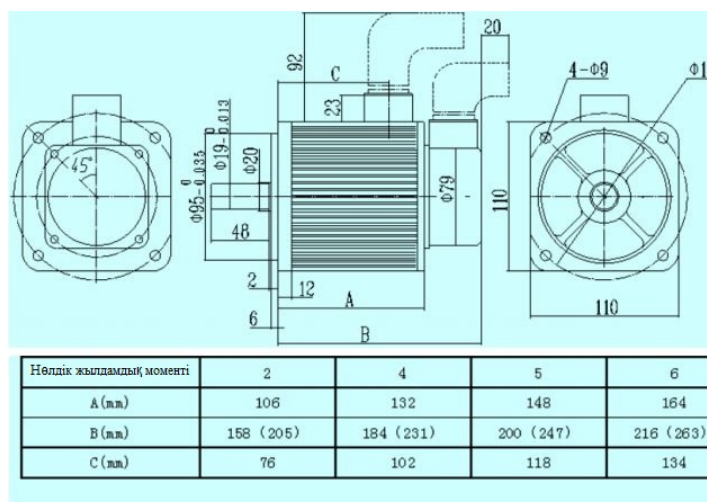
$$I = \frac{V_1}{60}(t_0 - t_1) \quad (13)$$

мұдағы - V_1 -жүктеу жылдамдығы.

Жылдамдық секундына 50мм-ға көтерілу белгілі болса.

$$I = 1.2 - \frac{0.033}{3 \div 60} = 1.2c \quad (14)$$

Қозғалтқыштың жалпы схемасы келесідей:



2.3 - сурет - Қозғалтқыштың жалпы схемасы

Қозғалтқыштың айналу жиілігі анықтау

$$n_k = \frac{V_1}{P_B} \quad (15)$$

мұдағы - $P_B=4$ мм, бұранданың шағы, осы дизайында 5мм деп аламыз.

$$n_k = \frac{V_1}{P_B} = \frac{2}{0.004} = 500 \text{ айн/мин} \quad (16)$$

бұрау моменті анықтау

$$T_L = \frac{\mu \cdot g \cdot M \cdot P_B}{2 \cdot \pi \cdot \eta} = \frac{0.3 \cdot 10 \cdot 200 \cdot 0.004}{2 \cdot \pi \cdot 0.9} = 1,59 \text{ Н} \cdot \text{М} \quad (17)$$

мұдағы - $\mu=0.3$, үйкелу коэффициенті;
 $M= 20\text{кг}$, Жүк салмағы;
 $P_B=0,004\text{м}$, бұранданың шағы;
 $\eta = 0,9$ тиімділігі;

Инерция анықтау

Жоғары және төмен тік қозғалысы:

$$J_{LM} = M \left(\frac{P_B^2}{2 \cdot \pi} \right) = 200 \cdot \left(\frac{0.004^2}{2 \cdot \pi} \right) = 0.00011245 (\text{кг} \cdot \text{м}^2) \quad (18)$$

Бұранданаң инерция

$$J_B = \frac{\pi}{32} \cdot \rho \cdot L_B \cdot D_B^4 = \frac{\pi}{32} \cdot 7.87 \cdot 10^3 \cdot 0.5 \cdot 0.016^4 = 2.56 \cdot 10^{-5} (\text{кг} \cdot \text{м}^2) \quad (19)$$

мұдағы – $\rho=7,87$, тығыздығы;
 $L_B= 0,5\text{м}$, бұранданың ұзындығы;
 $D_B=0,016\text{м}$, бұранданың диаметрі;
 Жалпы инерциясы:

$$J_L = J_{LM} + J_B = 0.0002 (\text{кг} \cdot \text{м}^2) \quad (20)$$

Қозғалтқыш моменті:

Іске қосу сәті моменті:

$$T_S = \frac{2 \cdot \pi \cdot N \cdot M (J_M + J_L)}{60 \cdot t_1} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 636.9 \cdot (J_M + 0.0002)}{60 \cdot 1.2} = 0.65 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (21)$$

Қажетті моменті:

$$T_M = (T_L + T_S) \cdot S = 1.3 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (22)$$

мұдағы – $S= 1,0$, қауіпсіздік коэффициенті;

Жоғарғы есеп бойынша мен 110А-М02030 Huada серво қозғалтқышын таңдадым.

2.4 Бұрандалы гайкалар жобалауы

Материалдар таңдау негізгі қағидасы-материалдар бөліктердің қойылымын толықтай қамтамасыз ету негізінде жақсы технологиялылық және экономикалық қасиетіне ие болу қажет.

Материалдың өнімділік деп механикалық бөлшектердің қалыпты жұмыс жағдайында механика, физика, химия қойылымдарына ие болу, бұл бөлімнің сенімділігін қамтамасыз ету үшін негіз болып табылады. Жалпы механикалық бөлшектер үшін материалдарды таңдауда олардың негізгі қасиеттері олардың механикалық қасиеттері болып табылады; Металл емес материалдардан жасалған бөлшектер үшін жұмыс ортасының бөлікті қойылымна әсерін қарастырылуы керек.

Бөлшектер механикалық қасиеттерге сәйкес таңдалған кезде, ең алдымен, жұмыс жағдайлары, пішін өлшемі және кернеу күйі, бөліктердің негізгі сәтсіздік режимдерімен байланыстырып, нақты пайдаланған кезде бастапқы және қайталама ақауларға төзімділік көрсеткіштері табуды материалдар таңдаудың негізі қабылдайды.

Бұрандалы гайкалардың жұмыс жағдайлары, сәтсіздік режимдері және техникалық талаптар

Жұмыс жағдайлары, трансмиссиясы механизмі шарикті бұранда гайка болғандықтан, яғни бұранда жетегі, бірақ жұмыс кезде қуаты немесе момент емес, тасымалдау сенсоры өлшейді, сондықтан негізінде иілу, бұрылыс сияқты күштерді шыдайды.

Сәтсіздік режимдері, иілу күші үлкен болған жағдайда, шарикті бұранда ауыстырмалы кернеуге шыдайды; Беткі қаттылық төмен және бетінің сапасы нашар болғанда, тозу пайда болады, тіпті шаршау сынуы орын алады.

Ал бұл жобадағы бұрандаға тасымалдайтын күш және момент өте аз болғандықтан, негізінде сәтсіздік жағдайы тозу болады, тозуды бұранда бетінің сапасын және бекіту дәлдігін арттыру арқылы тиімді түрде азайтуға болады.

3, Материалдық өнімділік талаптары

Бұрандалы жұмыс жағдайлары, сәтсіздік режимдеріне байланысты материалдық өнімділік талаптары: 1) Электромагниттік параметрді өлшеу құрылғысы - электромагнитті тартылысты, магнит өрісінің беріктігін және электромагнит температурасын өлшеуге арналған құрылғы. Электр магнитті магниттің ағып кетуін болдырмау үшін магниттелмейтін материал қолданылады, мысалы, тот баспайтын болат, алюминий қорытпасы, мыс қорытпасы, керамикалық материал немесе полимер материалы. 2) Жоғары механикалық қасиеттері .Бұранда қалыпты жұмыс істегенде, белгілі бір ауыстырылатын жүктеме импульстік жүктемеге шыдау керек. 3) Бұранда мойыны жоғары қаттылық пен тозуға шыдамды қабілеті болу қажет, осы арқылы бұранданың айналу дәлдігі мен жұмыс мерзімін артырамыз.

Бұранданың жұмыс жағдайлары, сәтсіздік режимдері және өнімділік талаптарына негізделіп, материалдың жалпы өнімділік, бұрандаға шыңдалған болат, ал гайкаға құйылған қалайы қоланы қолданамыз, себебі, мыс қорытпасынан жасалған материал жоғары механикалық қасиеттерге ие, сонымен бірге жоғары қаттылық пен тозуға төзімділікке ие. Бұранданың бағаны тот баспайтын болат, бағыттаушысы алюминий қорытпасын, қосылым бөлігі полимерлі пластик қолданамыз.

Шнек бұрандасының берілісі шнек және сомын қосылған айналу жұбы арқылы пайда болады, ол негізінде айналмалы қозғалысты түзу сызықтық қозғалысқа айналдырады және керісінше, солайда қозғалыс пен қуатты тасымалдайды. Шарикті шнек бұрандасы шарды домалытушы ретінде айналу бұранда жетек жүйесі. Жетектеу түріне байлынысты екі түрге бөлігеді: біріншісі айналмалы қозғалысты түзу сызықты қозғалысқа айналдыру, екінші түрі түзу сызықты қозғалысты айналмалы қозғалысқа айналдыру. Трапециялы шнектің ерекшелігі:

1)Трансмиссиялау тиімділігі жоғары, шарикті шнек бұрандасының трансмиссиялау тиімділігі 90-98%-ға жетеді, дәстүрлі жылжымалы шнек бұрандасына қарағанда 2-4 есеі, сондықтан аз моментен үлкен итеру күші пайда болады, сондай-ақ, түзу сызықты қозғалысқа айналдырады.

2)Тегіс қозғалысы, трапецияды бұрандалы жетек жүйесі нүктелі айналу қозғалысы, жұмыс кезде үйкеліс кедергісі аз, жоғары сезімталдық, старт кезінде діріл болмайды.

3)Жоғары дәлдік, шарикті шнек бұрандасы қозғалыс кезде температураның көтерілуі аз, сондықтан жоғары орналасу дәлдігі және қайталануды анықтау дәлдігін алуға болады.

4)Жоғары беріктігі, болат шариктер қатты өңдеуден өткен (HRC58 ~ 63), сонымен қатар жоғарғы дәлдікте тегістелген, салыстырмалы аз тозады, сондықтан оның жоғары қызмет мерзімі және дәлдігін сақтау қабілеті бар.

5)Жоғары сенімділік, басқа беріліс механизмі, гидравликалық берілісіне қарағанда шнек бұрандасының берілісі істен шығу ықтималдығы өте төмен, жөндеу және техникалық қызмет көрсетуі қарапайым, тек жалпы майлау және шаңнан қорғау қызмет көрсетіледі.

6)Саңылау және алдын-ала жүктеме жоқ, готикалық(Gothic arch) ойық пішін қолданылған, осьтік арақашықтығы өте кішкентай және оны оңай басқаруға болады.

Бұранданы есептеу

Айналдыру бұрандасы негізінен осьтік күшке ие болады, Шнек пен сомын арасында Үлкен жылжымалы үйкеліс болғандықтан тозу негізгі сәтсіздік жағдай болып табылады. Айналдыру бұранданың өлшемі(шнектің диаметрі және сомынның биіктігі) тозуға төзімділік қасиетіне байлынысты. үлкенірек күш қабылдайтын айналдыру бұрандасы пластикалық деформация немесе сынудан алдын алу үшін сомын тісінің беріктік шегі ескеру қажет; Дәлдігі жоғары шнекті талап ету үшін, оның қаттылығын тексеру қажыт және күш түсіп қадамы өзгенің әсерінен дәлдігі төмендеудін алдын алады; Осьтік жүктемеден кейін тұрақсыздықтың алдын алу үшін үлкен ұзын шнек үшін тұрақтылық тексеру қажыт. Нақты жобалау кезде трансмиссия түрі, жұмыс жағдайлары және сәтсіздік режимдеріне байланысты, әр түрлі жобалаудың принциптері талдау керек.

2.1- кесте - Жиі пайдаланылатын материалдар

Бұранда	Материал маркасы	Қолдану ауқымы
Шнек	Q235, Q275, 45, 50	Материал термоөңдеуден өңделмеген және үнемі қозғалыста, күш аз, айналу жиілігі төмен жағдайда қолданады.
	40Cr, 65Mn, T12, 40WMn, 18CrMnTi	Материалдың тозуға төзімділігін жақсарту үшін термоөңдеуді қажет етеді және ауыр жүктеме және жоғары айналу жиілігі үшін жарамды.
	9Mn2V, CrWMn, 38CrMoAl	Материалдың тұрақтылығын жақсарту үшін термоөңдеуді қажет етеді және дәлдігі жоғары тасымалдау үшін жарамды.
Бұранда	Материал маркасы	Қолдану ауқымы
Сомын	ZCu10P1, ZCu5Pb5Zn5	Материалдың тозуға төзімділігі жақсы, әдетегі қозғалысқа қолданады.
	ZCuAl9FeNi4Mn2, ZCuZn25Al6Fe3Mn3	Материалдың тозуға төзімділігі, беріктігі жоғары және ауыр жүктеме, төмен айналу жиілікті қозғалысқа арналған.

Z осі тік шнекті жобалау

Шарикті шнекті сомын, көлденең шнек максималды осьтік жүктемесі 2000Н, қолдаулар арасындағы ең үлкен қашықтық 400мм, орналасу дәлдігін талап етеді 0.001мм, Шарикті шнек жүктемесі қозғалатын бөліктердің салмағына байланысты кедергі күші болып табылады, статикалық жүк көтергіштігін аламыз.

$$C_0 \geq f_d f_h p_{max}$$

мұндағы – $f_d = 1$, Жүктеме коэффициенті;

$f_h = 1$, Динамикалық жүктеме каттылығының әсер коэффициенті.

p_{max} - Максималды осьтік жүктеме.

Статикалық жүктеме $C_0 \geq 2000\text{Н}$, қызмет мерзімі $T=15000$ Сағ., бұранданың шағын $t=5\text{мм}$ деп алсақ, шнектің айналу жиілігі,

$$n = \frac{1000 \cdot V_{max}}{t} = \frac{1000 \cdot 1}{2} = 200 \text{ айн/мин} \quad (23)$$

2.2 - кесте - Геометриялық параметрді есептеу

	Атауы	Белгіленуі	Есептік формулалар және нәтижелер (мм)
Бұранда	Номиналды диаметрі	d_0	20
	Бұранда шағы	t	5
	Байланыс бұрышы	β	45°
	Болаттың шарының диаметрі	d_q	3,175
	Бұранда радиусы	R	$R = 0.52 \cdot d_q = 1.651$
	Эксцентрисичность Қашықтық	e	$e = (R - d_q/2) \cdot \sin \beta$
	жетек бұрышы	γ	$\gamma = \tan^{-1} \frac{t}{P \cdot d_0} = 4.37$
Шнек	Сыртқы диаметрі	d	$d = d_0 - (0.2 \sim 0.25) \cdot d_q = 19.$
	Ішкі диаметрі	d_f	$d_f = d_0 + 2e - 2R = 16.788$
	Байланыс диаметрі	d_z	$d_z = d_0 - d_q \cos \beta = 22.59$
Сомын	Сыртқы диаметрі	D	$D = d_0 - 2e + 2R = 23.312$
	Ішкі диаметрі	D_1	$D_1 = d_0 + (0.2 \sim 0.25) \cdot d_q = 25.5$
	Ұзындығы	L_n	33

Трансмиссияның тиімділігін есептеу

$$h = \frac{tg\varphi}{tg(\varphi + \gamma)} \quad (24)$$

мұдағы – φ -үйкеліс бұрышы
 γ -жетек бұрышы

$$h = \frac{tg\varphi}{tg(\varphi + \gamma)} = 0.96 \quad (25)$$

Қаттылықты тексеру, шнектің жұмыс жүктеу P жетектеу жолы L_p өзгертеді.

$$\Delta L_p = \pm \frac{PL_p}{EF} \quad (26)$$

$$P = 470\text{Н} \quad L_p = 0.5\text{см}$$

$$E = 20.6 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} \quad F = \pi \cdot R^2 = 3.14 \cdot \left(\frac{1.651}{2}\right)^2 = 2.213 \text{ см}^2$$

$$\text{солай, } \Delta L_1 = \pm \frac{470 \cdot 0.5}{20.6 \cdot 10^6 \cdot 2.213} = \pm 2.194 \cdot 10^{-6} \text{ см} \quad (27)$$

Жетектеу жолы L2 өзгерісі аз болғандықтан ескермеуге болады, сондықтан жетектеу жолы қателігі:

$$\Delta = \Delta L_1 \cdot \frac{100}{L_0} = 2.194 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{100}{0.5} = 4.97 \text{ мкм/м} \quad (28)$$

Кестеден қарағанда шнек 6 мкм/м қателігі Рұқсат етеді, сондықтан қаттылығы жетеді.

Мойынтіректерді таңдау, Негізгі таңдау 6002, Жұмыс кезінде жеңіл соққы, Қалыпты жұмыс температурасы, жұмыс істеу мерзімі 5000 сағат, шнек жұмыс істеу кезінде ось бағытта жүктеме алғандықтан және максималды осьтік жүктеме $F_a=570\text{Н}$. Нұсқаулыққа қарағанда 6002 Негізгі жүктемесі $C_r=4.32$ Кн.

Мойынтіректің жұмыс істеу мерзімі:

$$L_h = \frac{16667}{n} \cdot \left(\frac{f_t C}{f_p P} \right)^e \quad (29)$$

мұдағы $-f_t=1$, температура коэффициенті;

$f_p=1$, жүктеме коэффициенті;

$e=3$

$$L_h = \frac{16667}{n} \cdot \left(\frac{f_t C}{f_p P} \right)^e = \frac{16667}{200} \cdot \left(\frac{2500}{570} \right)^3 = 7044 \text{ сағат} \gg 5000 \text{ сағат} \quad (30)$$

Сондықтан осы мойынтірек қолданамыз.

2.5 Сомынды бекіту әдісін таңдау

Әртүрлі бекіту әдісі болғандықтан, осьтік жүктеме және айналу жиілігіде әртүрлі болады. Шарикті бұранда бекіту мына төрт түр бар:

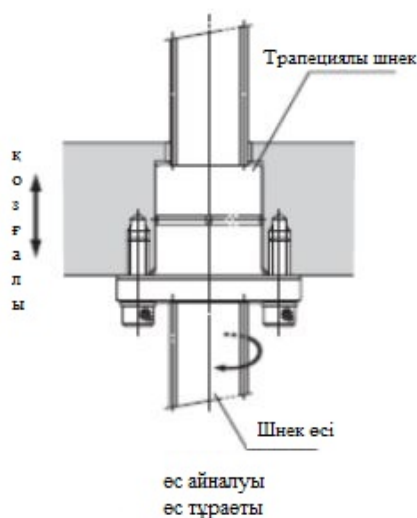
1)Бекітілген-Бекітілген, жоғары айналу жиілігі және жоғарғы дәлдікке арналған.

2)Бекітілген-тіреу, орташа айналу жиілігі және жоғарғы дәлдікке арналған.

3)Тіреу-тіреу, орташа айналу жиілігі және орташа дәлдікке арналған.

4)Бекітілген-еркін, төмен айналу жиілігі және орташа дәлдікке арналған.

Бұл жобада бұрандалы сомынды бекіту тәсілі келесідей(2.5-сурет):



2.4 - Сурет - Сомынды бекіту тәсілі

Шнек сомынын майлау және шаңнан қорғау

Сұйық маймен майлау, қалыпты жағдайда, айналмалы мойынтіректер үшін минералды майлар жарамды. Әсіресе жоғары жылдамдықта, сұйық маймен майлау жақсырақ, себебі бұл кезде шнектің температурасының өсуі кішкентай.

Маймен майлау, маймен майлаудың артықшылығы, ол өте ұзақ уақыттан кейін ғана майлау қажет етеді. Яғни көп жағдайда майлау құрылғыларын азайтуға болады. Майлау майды толтыру шегі сомынның ішіндегі кеңістіктің көлемінің жартысына жуығын құрайды. Майлануды толықтыру әдетте жарты жылда немесе бір жылда ауыстырылады, алмастырмас бұрын, жаңа майдың ауыстырылуына дейін ескі майды алып тастау керек.

шаң және оқшаулау, шарикті шнек жылжымалы мойынтіректі сияқты, егер кір және бөгде заттар (жоңқа) кірсе, ол тез тозады және зақымдалу себебі болады.

Бұл жағдайда шнекті толықтай қорғаныс құрылғысы (шаңның қақпағы) қолдану керек.

Шарды бұрандалы жұпты жобалау кезінде назар аудару керек мәселелер:

1)Шарикті бұранда жұбының қызмет ету мерзімін және дәлдігін жақсарту үшін, сомынға әсерететін күш шнектің өснен өткізіп, шариктерге бірдей күш түсіріп күшті аударудан аулақ болу керек.

2)Шарикті бұрамалы жұп жолының екі жақ басында қорғау құрылғылары болуы керек, себебі шарик соқтығыстан кейін дәлдікке, қызмет ету мерзіміне және тіпті зақымдалуына әсер етуін алдына алу керек.

3)Жылу деформациясы болдырмау, Жылулық деформациясы бұранданың орналасу дәлдігіне маңызды әсер етеді. Жылу көзі - тек айналу жұптың үйкеліс

жылуы ғана емес, сонымен қатар басқа механикалық бөліктерде жұмыс істейтін жылу, бұл бұранда термалды түрде кеңейтіліп, ұзарады. Осы мақсатта жылу көзінің әртүрлі факторларын талдау, жылу көзін басқару жөніндегі шараларды қолдану, сондай-ақ бұрандасының ұзартылуына жылу деформациясының әсерін азайту үшін алдын ала созылу, мәжбүрлі салқындату және т.б. шараларды пайдалану керек.

4)Жұқа және көлденең орналасқан бұранда өз салмағының арқасында ось иілу деформациясын тудыраду қателіке әсер ететін факторлардың бірі.

5)Қорғаныс және тығыздау, шаң мен кірлеген жолдар, жылжымалы элементтердің тегіс қозғалысына кедергі келтіреді, жылжымалы элементтер мен жүгіру жолдарының тозуын жеделдетеді және айналдыру спираль жұпының дәлдігін жоғалтады. Осы мақсатта шаңға қарсы шаралар қажет. Дөңгелек бұрандалы жұбын гайканы екі шетіне орнатқан шаң сақинасы бар, бұрандалы бұранданы болдырмау үшін бұрандаға арналған күзетшені таңдау қажет.

6)Максималды майлау - қозғалтқыш моментін азайту, трансмиссияның тиімділігін арттыру және бұрандалы жұптың қызмет ету мерзімін ұзарту маңызды беткі бөлігі.Бұл бетіндегі мұнай пленкасы да вибрацияны сіңіру, бұрандадағы беріліс шу мен шаңды азайтады. Сондықтан майды жағу керек. Сондай-ақ, саңылаудағы мұнай тесіктері бар, пайдаланушысы саптамаға бұрылып, басқа да жағармай материалдарын қолдануы мүмкін.

7)Алдын ала тартатын күш дұрыс таңдалған кезде, шардың бұрандалы жұбы талап етілгендей алдын-ала тартылатын күшке реттеледі, дәлдікке әсерін тигізбеу үшін шардың бұрандалы жұбының әр түрлі компоненттерін бөлшектеуге қатаң тыйым салынады. Допты бөгеп тастау үшін борттың түтігін қағып, бөлшектеуге қатаң тыйым салынады және операция тегіс емес.

8)Берілістің қатаңдығын жақсарту үшін үлкен механикалы тетіктерге бейімделуі ұсынылады.

9)Ішкі ілмектер бар шарикті бұранданың көмегімен сіз d_2 диаметрі бұрандалы бұранданың екі шетінде шарикті бұранданың бір ұшын жасау керек, әйтпесе гайканы жинай алмайсыз.

10)Бұрандалы өңдеуді жеңілдету үшін ең жақсы жағдайда бұранданың ең үлкен диаметрі d_1 бұрандасының сыртқы диаметрінен артық болмауы тиіс.

2.6 Бағыттаушы өзек және сызықты мойынтіректер жобалау

Шнек сомын арқылы жалғанған фланец, қалыптау қуысы мен сақтау қуысын жоғары және төмен жүгізеді, тұрақтылықты қамтамасыз ету үшін

жетекші құрылғы қажет, мұнда бағыттаушы өзек жәен сызықты мойынтірегін жобалап бүкіл шнек сомын құрастыруна үйлестіру қажет.

РОМ пластик ұстағышы $-20^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ температу аралығында жұмыс істейді; Болат ұстаушы $-40^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ жұмыс температурасы аралығында; Тоттанбайтын болаты Су, бу, азот қышқылы және т.б. коррозиялық және вакуумдық ортада, осыған байланысты, мойынтіректердің үлгісі келесі формула бойынша анықталады.

Қаттылық коэффициенті F_H , HRC58 немесе одан да көп қаттылық, $F_H=1,0$; Қаттылық HRC52-58, $F_H = 0,6-1,0$.

Температура коэффициенті F_T , жұмыс температурасы 100°C -ден кем, $F_T = 1,0$, жұмыс температурасы $100^{\circ}\text{C}-125^{\circ}\text{C}$, $F_T = 1,0-0,95$.

Байланыс коэффициенті F_C , әр құрастыруда бір мойынтірек, $F_C=1,0$; әр құрастыруда екі мойынтірек, $F_C=0,81$; әр құрастыруда үш мойынтірек, $F_C=0,72$; әр құрастыруда төрт мойынтірек, $F_C=0,66$.

Жүктеме коэффициенті F_W : жұмыс жылдамдығы 15 м/мин-ден кем, соққы және діріл болмайды, $F_W = 1,0-1,5$; Жұмыс жылдамдығы 60 м/мин-ден төмен, аздап соққы немесе діріл, $F_W = 1,5-2,0$; Жұмыс жылдамдығы 60 м/мин-нан асады немесе үлкен әсер, діріл, $F_W = 2,0-5,0$.

Жұмыс істеу уақыты:

$$L_h = \frac{(10000 \cdot L)}{2} \cdot (L_s \cdot n_1 \cdot 60) \quad (31)$$

мұндағы - L - жұмыс істеу уақыты (метр)

L_s - жұмыс сапары (метр)

n_1 - әр минут барып қайту саны

Құрылғының жұмыс сапары белгілі $L_s=0,5\text{м}$, жұмыс температурасы 60°C , әр минут барып қайту саны $n_1 = 20$, аздап соққы бар, мойынтіректің жұмыс жүктемесі $P=200\text{кг}$, қаттылығы HRC60-дан үлкен, үмітті жұмыс істеу уақыты $L_h = 5000$ сағ..

Жоғарыдағы шарттар бойынша:

$$F_H=1,0, F_T=1,0, F_C=0,81 \quad (32)$$

Операциялық жылдамдығы:

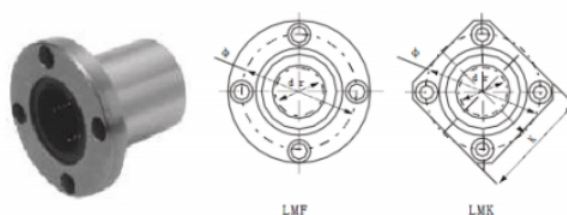
$$V = 1 \cdot 0.2 \cdot 10 = 2\text{м/мин} \quad (33)$$

Бұл әдеттегі соққы, $F_W=2,0$ аламыз.

Осы жобада жүктеме 200н негізінде, төрт бағыттаушы өзек және сомын талдаймыз, осылай жылжымалы мойынтіректің жүтемесі ортақ болады, жоғарғы және төменгі төрт жылжымалы мойынтіректері төменгі плитаға жалғанып, жоғарғы тіркелген дискке қосылған, екі жағы дағы мойынтіректер бекітілген, ортадағы төрт мойынтіректер сомынмен қозғалады. Төрт бағыттаушы өзек және сомын, осылай әр шнектін жылжымалы мойынтірек орташа 126н көтереді. Осы жобада талданған жылжымалы мойынтірек фланец түрінде болады.

әр шнектін жылжымалы мойынтірек орташа 126н жүктеме көтеру негізінде, осы жобада LMF20 мойынтіректі талдаймыз, мойынтіректі ортадағы тесігінің диаметрі 20мм, сондақтан бағыттаушы өзектің диаметріде 20мм.

Сызықты мойынтіректерді орнатуы, майлау, шаңнан қорғау, жүктеме және жұмыс істеу уақыты.



2.6 сурет – Фланец түрдегі мойынтірек

2.3 - кесте – Мойынтірек типтері

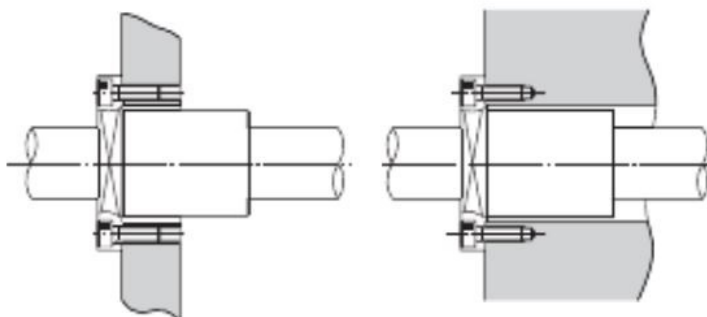
Модель нөмірі	Ішкі диаметрі	Ішкі диаметрі Шақтамасы	Сыртқы диаметрі	Сыртқы диаметрі шақтамасы	Ұзындығы	Фланец мөлшері			Орнату тесіктері	Статикалық жүктеме	Динамикалық жүктеме
Стандартты түрі	d		D		L	D1	H	PC D	d1xd2x h	C(н)	C ₀ (н)
LMF6	6	0-0,009 0-0.010	12	0- 0,01 1	19	28	5	20	3,4x6,5 x3,1	206	265
LMF8S	8		15		17	32	5	24	3,4x6,5 x3,1	176	225
LMF8	8		15		24	32	5	24	3,4x6,5 x3,1	265	402
LMF10	10		19	0- 0,01 3	29	40	6	29	4,5x8x 3,1	373	549
LMF12	12		21		30	42	6	32	4,5x8x 3,1	412	549

Мойынтіректің корпус тесігінің шақтамасы H7, J7 класс, сызықтық біліктің шақтамасы g6, h6 болғаны дұрыс, сызықты білікті орнату кезде

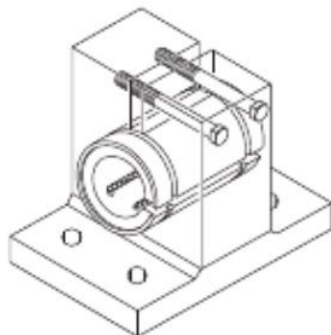
мойынтіректердің тесіктеріне дәлдеп кіргізу керек. Әрекет нәзік болу керек, білікті Көлбеу бойымен кіргізу керек, себебі мойынтіректің ұстаушысы майысуы және болат шарлары түсіп кетуі мүмкін, осылай орнатудың жақсылығы мойынтіректердің жүтеме қабілетін және жұмыс істеу уақытын ұзартады.

Мойынтірек корпусының тесікшесі мойынтіректі қысып арақашықтығын азайтуы мүмкін, осы кезде қолмен білікті айландыру қажет болады, егерде білік болат шарларға тиіп және оңай айналса, онда орнату арақашықтығы $0 \sim +0,01$ мм болады; ал күшеу арқылы айналса, орнату арақашықтығы $-0,01 \sim 0$ мм болады (керумен отырғызу); егерде күшеседе айнлмаса, орнату арақашықтығы $0,01$ мм-ден үлкен болады, бұл жағдайда болат шарлар сырғанауы мүмкін, білік және мойынтіректің жұмыс істеу уақытын азайтады, аз жүктеме және төмен айналу жиілігінде қолдануға болады.

Мойынтіректер зауыттан шыққан кезде тотыққа қарсы майланып шығады, бірақ қолданған кезде майлау керек болады. Маймен майлауда шу дәрежесі төмен болады, маймен ұстағышты толтырған үштен бірін толтырады. Сұйық маймен майлаған кезде егер жұмыс температурасы төмен болса, тұтқырлығы төмен май пайдаланылады, жұмыс температурасы жоғары болса, тұтқырлығы жоғары мұнай пайдаланылады, әтетте турбина майы, машина майлар қолданылады. Жабық емес мойынтіректер, білікке май тамшылары болуы мүмкін, герметизацияланған мойынтіректермен майды мойынтірекке қою керек. Үтік мойынтіректің өмірін едәуір азайтады, шаң мен кір жасушаның фарватерін бөгейді, сондықтан шар ұстаушыға зақым келтіруге болмайды, шардың желімі. Герметизацияланған мойынтіректермен Ағаш өңдеу машиналары машина жабдығы сияқты шаң жұмыс орны бар жалпы пайдалануға болады, машиналық жабдықты лақтыру және басқа да шаң жағдайлары, мойынтіректің екі ұшында да герметизацияланған, кіруден шаңды болдырмау және тавоттың жоғалуын азайту өтінеміз.



2.7-сурет – Мойынтіректі орнату түрлері



2.8 сурет – Мойынтіректі бекіту түрлері

Мойынтіректер зауыттан шыққан кезде тотыққа қарсы майланып шығады, бірақ қолданған кезде майлау керек болады. Маймен майлауда шу дәрежесі төмен болады, маймен ұстағышты толтырған үштен бірін толтырады. Сұйық маймен майлаған кезде егер жұмыс температурасы төмен болса, тұтқырлығы төмен май пайдаланылады, жұмыс температурасы жоғары болса, тұтқырлығы жоғары мұнай пайдаланылады, әдетте турбина майы, машина майлар қолданылады. Жабық емес мойынтіректер, білікке май тамшылары болуы мүмкін, герметизацияланған мойынтіректермен майды мойынтірекке қою керек. Үтік мойынтіректің өмірін едәуір азайтады, шаң мен кір жасушаның фарватерін бөгейді, сондықтан шар ұстаушыға зақым келтіруге болмайды, шардың желімі. Герметизацияланған мойынтіректермен Ағаш өңдеу машиналары машина жабдығы сияқты шаң жұмыс орны бар жалпы пайдалануға болады, машиналық жабдықты лақтыру және басқа да шаң жағдайлары, мойынтіректің екі ұшында да герметизацияланған, кіруден шаңды болдырмау және тавоттың жоғалуын азайту өтініміз.

Мойынтіректің қозғалысы мен коммутациясы шамадан тыс соққы жүктемесіне шыдайды немесе машинаның діріліне және басқа да факторларға тиісті мойынтірек қозғалмаған кезде шұңқырлардың пайда болуына байланыс жасайды. Сыртқы қатты бөлшектер мойынтіректің ішіне кіреді, сондай-ақ контактінің бетінде шегініс қалыптасуы мүмкін, бұл қалдық деформация белгілі бір шектен асып түседі, ол діріл мен Шу тудыратын бірқалыпты сызықтық қозғалысқа кедергі болады, діріл одан әрі шұңқыр айналасында материал әсер етеді, нәтижесінде тесік шеңберде, сондықтан Пит-аймақта кеңейген, номиналды статикалық жүктемесімен қалдық деформацияның осындай саны және байланыс пунктінң шары ұштары мен қалдық деформация саны статикалық жүктемеге тең, диаметрі он мың доп ескерту. Мойынтірек қолданылған кезде, соққы күші өлшеуге қиын, әдетте статикалық жүктемені қамтамасыз ету үшін статикалық жүктеменің тиісті қауіпсіздік жүйесін таңдау үшін пайдаланылатын, мойынтіректің статикалық жүктемесі статикалық жүктеменің негізгі номиналынан аспайды. P0c0/FS статикалық жүктемені ұстап тұру үшін

мойынтіректі таңдау кезінде, FS діріл және соққы жағдайларынан 1 қабылдайды. Жұмыс орнының дірілдеуі және соққысы кезінде ФС 2 қабылдайды. 0~7.0 .Кері жұмыс жүктемесінің салдарынан Мойынтірек, алдымен белгілі бір тереңдікте, жарықтардың түзілу әлсіз бөлігінің беріктігі, содан кейін байланыс бетіне айналды, металл қабыршақтанады, бұл қабыршақтану шаршау жару деп аталады. Орнату кезінде, майлау, қалыпты жағдайда герметизируиет, басым көпшілігі шаршау мойынтіректің зақымдануы, генерал мойынтірек өмірі шаршау қызмет ету мерзіміне сілтеме деді. Сызықтық мойынтірек номиналды қызмет ету мерзімі 50 000 метр, кепілдік беру үшін С рейтингінің базалық динамикалық жүктемені анықтау арқылы.Мойынтіректің өмірі дисперген, яғни материалдардың бір партиясы, сол өндіріс процесі, бірдей жағдайларда мойынтіректердің қызмет ету мерзімі сәйкес келмейді, сондықтан негізгі динамикалық жүктеме с подшипнигі сол жағдайларда 50 000 метр басқарудағы бір мойынтіректің тобы ретінде анықталады, мойынтірек сынудың қандай да бір шаршауын шығармайды құбылыс динамикалық жүктемелерге төтеп бере алады.

2.7 Муфталарды таңдау

Барлық қалыптау қуысының және сақтау камерасының тұрақты жүктемесінің арқасында жылдамдық жоғары емес, арнайы қажеттілік жоқ, монтаждау және бөлшектеу және экономикалық қиындықтарды ескере отырып, жұмыс жағдайының коэффициентін алуға мүмкіндік беретін икемді бекітуге арналған қосқышты таңдаймыз. Қозғалтқыш білігінің диаметрі 12 мм болғандықтан, қосылым түрі HLA12-14 болып табылады.

Муфта шыдайтын моменті:

$$T_c = 9550 \cdot \frac{K \cdot P_0}{n_0} = 9550 \cdot \frac{1,3 \cdot 0,3}{3000} = 82,2 \text{ Н} \cdot \text{м} < T = 125 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (34)$$

HL типті серпімді муфтасының негізгі параметрлері және негізгі өлшемдері:

2.4 кесте - HL типті серпімді муфтасының негізгі параметрлері

типті номиналды бұрау моменті Н·м		Рұқсат етілген жылдамдық rpm		Білігінің диаметрі d ₁ ,d ₂ ,d _z		Білігінің ұзындығы			D	S	инерция моменті кг· м ²	Салмақ кг
						Y	J,J ₁ ,Z					
		Болат	Темі р	Бола т	Темі р	L	L ₁	L				
HL1	160	7100		12,14	12,14	32	27	32	90	2.5	0.0064	2

2.8 Синхронды белдік дөңгелегі жобалау

Қуатты талдау

$P_{\kappa} = 0.6$ кВт, Мысалы, қозғалтқыш күніне тәулік бойы қолданылады, кесте бойынша жұмыс коэффициенті $K_a=1,0$, қуаты есептесек $P=K_a \cdot P_{\kappa}=1,2$ кВт
Шағын синхронды белдік дөңгелегі жиілігі

$$n = \frac{v}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{3}{2 \cdot \pi \cdot 60} = 75 \text{ айн/мин} \quad (35)$$

Синхронды белдік дөңгелегінің түрі мен қадамы талдау

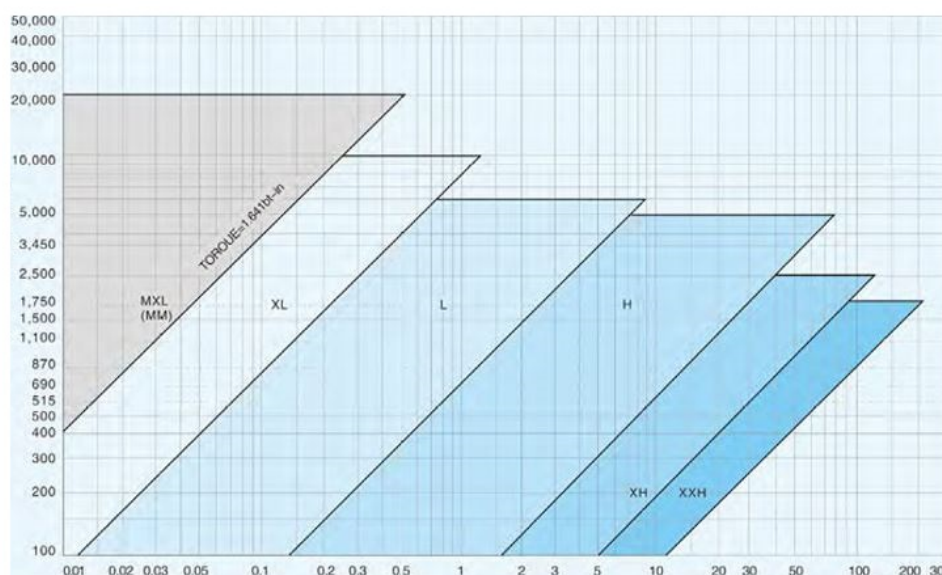
Синхронды белдік таңдау кестесінен көрініп тұрғандай, бұл конструкцияда қуаттың жылдамдығы үлкен болмаған кезде, руль тартқыштың моделі ерікті түрде таңдалуы мүмкін, біз жарық диапазонын таңдап аламыз, ал $P_b = 12,7$ мм.

Қозғалтқыштың тістерінің санын, яғни Z_1 кішкентай тістің тістерін таңдаңыз

Шағын Синхронды белдіктің тістерінің минималды саны 14 екенін білу үшін кестені қараңыз, бұл кезде біз аз уақытша белдік тістерінің санын 15 таңдаймыз.

Шағын Синхронды белдіктің диаметрін анықтау

$$d_1 = \frac{z_1 \cdot P_b}{\pi} = \frac{15 \cdot 12,7}{3,14} = 60.6 \text{ мм} \quad (36)$$



2.9 сурет - Синхронды белдікті талдау

Үлкен Синхронды белдіктің деректерді анықтау

Бұл жоба үшін таңдаған Синхронды белдіктіңБеріліс қатынасы 2:1 құрайды, өйткені шағын синхронды белдіктің тістері 15, онда,

$$z_2 = i \cdot z_1 = \frac{n_1}{n_2} \cdot z_1 \quad (37)$$

$$z_2 = (2 - 2,5) \cdot 15 = 32 \quad (38)$$

$$i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{32}{15} = 2,13333 \quad (39)$$

Үлкен Синхронды белдіктің диаметрі

$$d_2 = \frac{z_2 \cdot P_b}{2 \cdot \pi} = \frac{32 \cdot 12.7}{2 \cdot 3.14} = 129,36\text{мм} \quad (40)$$

Синхронды белдіктің жылдамдығы

$$v = \frac{\pi \cdot d_1}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 60,6 \cdot 75}{60 \cdot 1000} = 0,5\text{м/с} \leq v_{\max} \quad (41)$$

Осіаралық қашықтықты анықтау

$$0,7 \cdot (d_1 + d_2) \leq a_0 \leq 2 \cdot (d_1 + d_2) \quad (42)$$

$$133\text{мм} \leq a_0 \leq 380\text{мм}$$

Бұл таңдау 195мм

Синхронды белдіктің белдеуінің ұзындығы және оның тістері

$$L_0 = 2 \cdot a_0 + \frac{\pi}{2} \cdot (d_1 + d_2) \quad (43)$$

$$L_0 = 2 \cdot 195 + \frac{\pi}{2} \cdot (60,64 + 129,36) = 688,3\text{мм} \quad (44)$$

Білекке әрекет ететін күшті есептеңіз

$$F_r = \frac{1000 \cdot P_b}{v} = 200H \quad (45)$$

Біз мұнда пайдаланылған трапециялы Синхронды белдікке сәйкес, Н моделі - 12,7 мм, тістің бұрышы 40 градус, тіс түбірінің қалыңдығы 6,12 мм, тістің биіктігі 4,3 мм, тамыр радиусы 1.02мм және тістің жоғарғы қабаты Радиусы - 1.02 мм.

3 Құрылымдық жобалау және 3D модельдеу

3.1 Құрылымдық жобалаудағы 3D модельдеу

Принтердің жұмыс істеу өлшемі: $260 \times 260 \times 100$ мм

Басып шығарудың ең үлкен диапазоны: $260 \times 260 \times 100$ мм

Стандартты профиль мөлшері: 25 x 25 мм

2D құрастыру сызбалары мен сызбалар арқылы сызу, біз CAD бағдарламалар арқылы, бүкіл құрылғының беріліс бөлігін үш өлшемде модельдеу, негізгі құрылымдық беріліс бөлігінің үшөлшемді модельдеу қосымшада.

4 Экономикалық бөлім

Дипломдық жобаның бұл бөлімінде 3D принтердің өзіндік құны, есебі келтірілген.

4.1 - кесте - 3D принтердің өзіндік құны

Атауы	Саны	Бағасы (теңге)	Жалпы құны (теңге)
Бұранда бағыттаушы	2	6000	12000
Бұранда шнек	2	3000	6000
Сомын	12	2500	2500
Бұранда	12	2500	2500
Prusa Mendel I2 пластикалық бөлшектер	1	5000	5000
Қозғалтқыш	2	20000	40000
Синхронды белдік дөңгелек	4	4000	4000
Басқару тақтасы	1	1000	1000
Экструдер	1	2500	2500
Жылыту төсек	1	2000	2000
қорап	1	10000	10000

Атап айтатын болсақ, 3D принтердің қорап дюралюминий металлынан жасалған. Осы жобаға қолданған бөлшектер бәрі қол жетімді, базардан табылады және бағасы қол жетімді. Жобалағы 3D принтер машина бөлшектерін басып шығаруға арналған, сол себептен, бөлшектерді сапасы жағынан, шыдамды, ұзақ уақыт жұмыс істеуге шыдау керек. Мысалы, экструдер, бұранда шнек, синхронды белдік дөңгелек және бұранда бағыттаушылар ұзақ уақыт жұмыс істейді және үйкеліске ұшырайды. Сондықтан, жобаның мақсаты тиімді және қолайлы 3D принтерге ылайықты.

4 Экономикалық бөлім

Дипломдық жобаның бұл бөлімінде 3D принтердің өзіндік құны, есебі келтірілген.

4.1 - кесте - 3D принтердің өзіндік құны

Атауы	Саны	Бағасы (теңге)	Жалпы құны (теңге)
Бұранда бағыттаушы	2	6000	12000
Бұранда шнек	2	3000	6000
Сомын	12	2500	2500
Бұранда	12	2500	2500
Prusa Mendel I2 пластикалық бөлшектер	1	5000	5000
Қозғалтқыш	2	20000	40000
Синхронды белдік дөңгелек	4	4000	4000
Басқару тақтасы	1	1000	1000
Экструдер	1	2500	2500
Жылыту төсек	1	2000	2000
қорап	1	10000	10000

Атап айтатын болсақ, 3D принтердің қорап дюралюминий металлынан жасалған. Осы жобаға қолданған бөлшектер бәрі қол жетімді, базардан табылады және бағасы қол жетімді. Жобалағы 3D принтер машина бөлшектерін басып шығаруға арналған, сол себептен, бөлшектерді сапасы жағынан, шыдамды, ұзақ уақыт жұмыс істеуге шыдау керек. Мысалы, экструдер, бұранда шнек, синхронды белдік дөңгелек және бұранда бағыттаушылар ұзақ уақыт жұмыс істейді және үйкеліске ұшырайды. Сондықтан, жобаның мақсаты тиімді және қолайлы 3D принтерге ылайықты.

5 Еңбек қорғау бөлімі

5.1 Техника қауіпсіздік ережелері

1) Қолданушы операциядан бұрын оқытылуға тиіс, жабдықтың негізгі жұмысымен және жабдықтың негізгі конфигурациясымен танысу, құрылыстың құрылымын, жұмысы, жұмыс принципімен танысу керек.

2) Қолданушы жұмыс істеместен бұрын қорғаныш құралдарын киюі керек.

3) 3D принтерлерді іске қоспас бұрын, принтердің дұрыс салынғанына және қуат сенімді жұмыс істеп тұрғанына көз жеткізіңіз. Принтерге зақым келтірмеу үшін принтерге ешқандай басқа заттарды қоюға болмайды.

4) 3D принтер, бұл қызатын құрылғы, басып шығару процесінде бақылаусыз қалып 3D принтер зақым келіп, өрттен сатану үшін арнайы адам бақылауы қажет.

5) Өңдеу кезінде немесе өңдеуден кейін қалыптау қуысы жоғары температура күйінде болады, дененің кез-келген бөлігіне тигізуге тыйым салынады.

6) Қалыптастыру қуысы кез-келген жағдайда, кем дегенде температурасы кем дегенде 50 ° C-тан төмен болғанда, бөлшектер тазалауға болады.

7) Басудың соңы құрал-саймандармен тазартып, негізгі күш табыттарымен жабық болуы тиіс, кейін салқындата отырып, қалыпты жұмыс бетіне жақын болуы тиіс, сонда принтерді жұмыс үшін орынды тазартып, тазартады.

3D принтерлермен жұмыс істеген кезде жоғарыдағы ережелерге көңіл бөліп, оқып, ережелермен жұмыс жасау қажет. Егерде өрт және тағы басқалай жағдайлар болса дер кезінде шара қолданып, зияны азайту керек.

ҚОРЫТЫНДЫ

«Машина бөлшектерін шығаруға арналған 3D принтер жобалау» дипломдық жобасын орындау барысында 3D принтерлар туралы көптеген мәліметтер қарастырылды. 3D принтердың конструкциясы, жұмыс істеу принциптері, жетектері және де түрлері талқыланды. Олардың негізгі бөлшектері, көмекші құрылғылары, шығын материалдары, орын ауыстыру механизмі мен көтеру механизмдерін, бұрылыс және қозғалыс тетіктерін қарастырылды.

Жұмыстың мақсаты 3D принтердың бөлшектерінің есептеу болып табылады. Осы мақсатты орындау үшін көптеген мемлекеттік стандарттар іздестірілді, осы тақырып бойынша көптеген теориялық мәліметтер жиналды. Материалдар кедергісі, машиналар бөлшегі, теориялық механика, конструкторлау негіздері, шнекті жобалау негіздері, осы мәліметтерді жинап жобалау параметрлерін анықтап, жобалық есептер жүргізілді, соңында CAD жүйелі бағдарлама арқылы 3d сызбасын сыздым.

Қазіргі заманда 3D принтер технологиясы жоғарғы қарқында дамып келе жатыр, 3D принтерлерге деген талаптары өзгеріп жатыр, осы жобадағы 3D принтер конструкциясы оңай, бағасы арзан және қолдануы оңай мақсатында жобаланды. Жалпы 3D принтер жобалау есебі сәтті аяқталғанын оқу курстары барысында алынған білімдермен растаймын.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Ченг Да Шан, Механикалық жобалау бойынша нұсқаулық, Пекин, Химия өнеркәсібі баспасөзі, 2008.
- 2 Ченг Да Шан, Механикалық жобалау анықтамалы кітапшасы, Пекин, Химия өнеркәсібі баспасөзі, 2007.
- 3 Чэн Гуанен, Бұрандалы жетекті жобалау негізі, Пекин, Механикалық өнеркәсіп баспасөзі, 2007.
- 4 Джи Мингганг, Механикалық жобалау, Пекин, Жоғары білім баспасөзі, 2010.
- 5 Тиан ЮнВэй, Бұрандалы жетек, Пекин, Ұлттық қорғаныс өнеркәсібі баспасөзі, 1990.
- 6 Тянь Юн, Шарикті бұраманы тандау туралы, Электрондық технологиялық технология журналы, 1997
- 7 Лю Синлинг, 3D принтер және оның жұмыс істеу принципі, Желі және ақпарат журналы, 2012.
- 8<http://baijiahao.baidu.com/s?id=1597177768683484215&wfr=spider&for=pc>
- 9<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1619424576382514093&wfr=spider&for=p>

с