

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Өнеркәсіптік инженерия кафедрасы

Елеусін Дархан Инабатұлы

«Өнімді дайындау кезінде Plastic Jet Printing аддитивті технологиясын
қолдануды зерттеу»

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B071200 – Машина жасау

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Өнеркәсіптік инженерия кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

PhD д-ф, қауым. профессор

_____ Арымбеков Б.С.

« ____ » _____ 2020 ж.

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Өнімді дайындау кезінде Plastic Jet Printing аддитивті технологиясын қолдануды зерттеу»

5B071200 – Машина жасау

Орындаған

Елеусін Дархан Инабатұлы

Ғылыми жетекші,

PhD д-ф, қауым. профессор

_____ Арымбеков Б.С.

« ____ » _____ 2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Өнеркәсіптік инженерия кафедрасы

5B071200 – Машина жасау

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

PhD д-ф, қауым. профессор

_____ Арымбеков Б.С.

«____» _____ 2020 ж.

**Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Елеусін Дархан Инабатұлы

Тақырыбы «Өнімді дайындау кезінде Plastic Jet Printing аддитивті технологиясын қолдануды зерттеу»

Университет ректорының «__» _____ 20__ ж. №_____ бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «__» _____ 20__ ж.

Дипломдық жобаның бастапқы берістері бұйым жасау кезінде Plastic Jet Printing технологиясын қолдануды зерттеу

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі

а) 3D -принтер құрылғысы

б) Тұтастай бұйым конструкциясының технологиялығын сапалы бағалау

в) Жиналған бөлшектерді сапалы бағалау

с) 3D КОМПАС бағдарламасында жұмыс жасау

Ұсынылған негізгі әдебиет: 8 атау

Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәліметтер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе. Plastic Jet Printing зерттеу		
Бірлі-жарым өндірістің көру ағынының технологиялық құрылымын талдау		
Жиналған бөлшектерді сапалы бағалау		
3D КОМПАС бағдарламасында, эскиздеу және Plastic Jet Printing технологиясымен үлгісін жасау		

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 _____ Арымбеков Б.С.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ Елеусін Д. И.

Күні «__» _____ 2020 ж.

АҢДАТПА

Берілген дипломдық жұмыста Plastic Jet Printing (PJP) технологиясын толық зерттелді қарастырылды. 3D -принтер құрылғысын анықтадық. Тұтастай бұйым конструкциясының технологиялығын сапалы бағаладық. Бұйымды 3D баспада басып шығару үшін, ең алдымен сол бұйымның эскизін 3D КОМПАС бағдарламасында моделдейміз. Бұйым ретінде біз қойдың төменгі жағын әрқайсысы 10 мм-ден бөлікке бөлдік. Нәтижесінде біз жақтың алғашқы бөлігінің 3D үлгісін алдық. Кейінгі жақ сүйектері бірдей ретпен құрылды.

Үш өлшемді принтерлерді қолдану арқасында жобалауға уақыт азаяды, өнімді сериялы түрде шығару туралы шешім тезірек қабылданады. 3D басып шығаруды қолдану арқылы жасалған модель тіпті дизайн сатысында да кемшіліктерді анықтауға көмектеседі. Принтердің дизайнға қажетті максималды бөлшектерді немесе бөлшектерді шығаруға мүмкіндік беретіні және өндірістің кез-келген шектеулеріне байланысты мүмкін болмайтындығы маңызды [1].

ABS көптеген полимерлі формаларды қабылдай алады, оған әртүрлі қасиеттер берілуі мүмкін. Тұтастай алғанда, бұл PLA пластикіне қарағанда берік және біршама икемді. ABS икемділігі әр түрлі қосылыстар мен бекітпе элементтерін оңай жасауға мүмкіндік береді. Ол оңай тегістеледі және өңделеді.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе подробно изучена технология Plastic Jet Printing (PJP). Определены устройства 3D-принтера. В целом мы качественно оценили технологичность конструкции изделия. Для печати изделия в 3D печати мы, прежде всего, моделируем эскиз этого изделия в программе 3D КОМПАС. В качестве изделия мы разделили нижнюю часть овцы по 10 мм каждая. В результате мы получили 3D-модель первой части стороны. Последующая челюсть образована в одинаковом порядке.

При использовании трехмерных принтеров время на проектирование уменьшается, решение о серийном выпуске продукции принимается быстрее. Модель, созданная с использованием 3D печати, поможет выявить недостатки даже в стадии дизайна. Важно, что принтер позволяет производить максимальные детали или детали, необходимые для дизайна, и невозможен в связи с любыми ограничениями производства [1].

ABS может принимать множество полимерных форм, которым могут быть предоставлены различные свойства. В целом, это более прочный и более гибкий, чем пластик PLA. Гибкость ABS позволяет легко создавать различные соединения и элементы крепления. Он легко выравнивается и обрабатывается.

ANNOTATION

In this thesis, the Plastic Jet Printing (PJP) technology is studied in detail. 3D printer devices have been identified. In General, we have qualitatively evaluated the manufacturability of the product design. To print a product in 3D printing, we first model the sketch of this product in the 3D COMPASS program. As a product, we divided the lower part of the sheep by 10 mm each. As a result, we got a 3D model of the first part of the side. The subsequent jaw is formed in the same order.

When using three-dimensional printers, the design time is reduced, and the decision on mass production is made faster. A model created using 3D printing will help you identify flaws even at the design stage. It is important that the printer allows you to produce the maximum parts or parts required for the design, and is not possible due to any production restrictions [1].

ABS can take many polymer forms that can be given different properties. Overall, it is more durable and more flexible than PLA plastic. the Flexibility of ABS makes it easy to create various connections and mounting elements. It is easy to align and process.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Plastic Jet Printing технологиясына жалпы шолу	11
1.1 3D принтер сипаттамаларына шолу	12
1.2 Plastic Jet Printing басып шығару процесі	13
1.3 3D -принтер құрылғысы	15
2 Бірлі-жарым өндірістің көру ағынының технологиялық құрылымын талдау	18
2.1 Тұтастай бұйым конструкциясының технологиялығын сапалы бағалау	18
2.2 Бұйым түйіндерінің технологиялығын сапалы бағалау	18
2.3 Жиналған бөлшектерді сапалы бағалау	18
3 3D КОМПАС бағдарламасында, эскиздеу және Plastic Jet Printing технологиясымен бұйымды басып шығару	20
Қорытынды	26
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	27

КІРІСПЕ

Қазіргі заманғы 3D принтерлерді пайдаланудың артықшылығы айқын, олар: өнімді дайындаудың өзіндік құнын төмендету және нарықта оның пайда болу мерзімін қысқарту, кез келген формадағы және күрделіктегі элементтерді модельдеу, жылдам және жоғары дәлдікті жасау, түрлі материалдарды пайдалану мүмкіндігі. Алдағы жылдары 3D принтерлер құнының төмендеуі үш өлшемді баспаны іске асыру үшін жаңа перспективалар ашуы тиіс.

Бұл әсіресе машина жасау және өнеркәсіптік өндірістің басқа да көптеген салалары үшін өзекті болып табылады.

Үш өлшемді принтерлерді қолдану арқасында жобалауға уақыт азаяды, өнімді сериялы түрде шығару туралы шешім тезірек қабылданады. 3D басып шығаруды қолдану арқылы жасалған модель тіпті дизайн сатысында да кемшіліктерді анықтауға көмектеседі. Принтердің дизайнға қажетті максималды бөлшектерді немесе бөлшектерді шығаруға мүмкіндік беретіні және өндірістің кез-келген шектеулеріне байланысты мүмкін болмайтындығы маңызды [1].

Қазіргі уақытта күрделі конструкцияның прототиптерін жасаудың көптеген жаңа технологиялары бар, олар: үстелде қатайту (SGC — Solid Ground curing), термопласттарды қабаттап салу (PJP - Plastic Jet Printing) және (FDM — Fused Deposition Modeling), бұрқы (BPM — Ballistic Particle Manufacturing), ұнтақтарды лазерлік жентектеу (SLS — Selective Laser Sintering), желімдеу (LOM — laminated Object Modeling), көп қабатты модельдеу (MJM multi Jet modeling).

Plastic Jet Printing (PJP) - бұл 3D материалдарды басып шығару технологиясы, ол жылуды және қысымды үздіксіз материалды шығару үшін пайдаланады. Прототиптеу пластикалық немесе термопластика филаменттен жасалған бұйымының контурына қабаттап салу PJP (Plastic Jet Printing) технологиясы бойынша орындалады. PJP ерітілген тұндыруды модельдеуге және құйылған филамент өндірісіне өте ұқсас, бірақ PJP принтерлері таза тұтыну модельдеріне арналған.

Әр түрлі формалар, өлшемдер және әртүрлі орнату жабдықтары бұл технологияны машина жасау саласында ғана емес, басқа да салаларда кеңінен қолданылады.

Бұйымды 3D баспада басып шығару үшін, ең алдымен сол бұйымның эскизін 3D КОМПАС бағдарламасында моделдейміз. Бұйым ретінде біз қойдың төменгі жағын әрқайсысы 10 мм-ден бөлікке бөлдік. Нәтижесінде біз

жақтың алғашқы бөлігінің 3D үлгісін алдық. Кейінгі жақ сүйектері бірдей ретпен құрылды.

ABS көптеген полимерлі формаларды қабылдай алады, оған әртүрлі қасиеттер берілуі мүмкін. Тұтастай алғанда, бұл PLA пластикіне қарағанда берік және біршама икемді. ABS икемділігі әр түрлі қосылыстар мен бекітпе элементтерін оңай жасауға мүмкіндік береді. Ол оңай тегістеледі және өңделеді.

1 Plastic Jet Printing технологиясына жалпы шолу

Бірте-бірте 3D басып шығару технологиясы біздің өмірімізге кіреді. 3D басып шығару компьютерде қандай да бір бұйымның үш өлшемді үлгісін жасауға және санаулы уақыт ішінде берілген параметрлерге сәйкес келетін толық физикалық нысанды алуға мүмкіндік береді.

Қазіргі заманғы 3D принтерлерді пайдаланудың артықшылығы айқын, олар: өнімді дайындаудың өзіндік құнын төмендету және нарықта оның пайда болу мерзімін қысқарту, кез келген формадағы және күрделіктегі элементтерді модельдеу, жылдам және жоғары дәлдікті жасау, түрлі материалдарды пайдалану мүмкіндігі. Алдағы жылдары 3D принтерлер құнының төмендеуі үш өлшемді баспаны іске асыру үшін жаңа перспективалар ашуы тиіс.

3D форматында басып шығару, үш өлшемді принтерлер белсенді қолданылатын түрлі салаларда кеңінен таралған. Машина жасауда прототиптеу үшін 3D принтер қолданылады. Өнеркәсіптік өндіріс саласында жаңа өнімді жобалау үшін әрқашан болашақ өнімнің үлгі - прототипін жасау қажет. Бұл мақсатта өңдеу және құю сияқты дәстүрлі әдістер қолданылады. Прототипті жасау үшін әдетте бірнеше апта немесе тіпті бірнеше ай қажет болады. Бұл өте қымбат және уақытты қажет ететін өндіріс кезеңі болып табылады.

Үш өлшемді принтерлер бүкіл процесті едәуір жылдамдатады - батырманы басу арқылы дайын прототиптерді алуға болады. Нәтижесінде, өнімнің техникалық сипаттамаларына қарамастан, оны санаулы минут немесе сағат ішінде жасауға болады. Сол арқылы ресурстар мен уақыт үнемделуде.

Бұл әсіресе машина жасау және өнеркәсіптік өндірістің басқа да көптеген салалары үшін өзекті болып табылады.

Үш өлшемді принтерлерді қолдану арқасында жобалауға уақыт азаяды, өнімді сериялы түрде шығару туралы шешім тезірек қабылданады. 3D басып шығаруды қолдану арқылы жасалған модель тіпті дизайн сатысында да кемшіліктерді анықтауға көмектеседі. Принтердің дизайнға қажетті максималды бөлшектерді немесе бөлшектерді шығаруға мүмкіндік беретіні және өндірістің кез-келген шектеулеріне байланысты мүмкін болмайтындығы маңызды [1].

1.1 3D принтер сипаттамаларына шолу

Машина жасауда бұйымдардың даналық прототиптерін құру ең күрделі міндеттердің бірі болып табылады. Бұл үлкен күш пен шығынды талап етеді, тек еңбек пен уақытты ғана емес, сонымен бірге материалдық шығынды қажет етеді.

Қазіргі уақытта күрделі конструкцияның прототиптерін жасаудың көптеген жаңа технологиялары бар, олар: үстелде қатайту (SGC — Solid Ground curing), термопласттарды қабаттап салу (PJP - Plastic Jet Printing) және (FDM — Fused Deposition Modeling), бүрку (BPM — Ballistic Particle Manufacturing), ұнтақтарды лазерлік жентектеу (SLS — Selective Laser Sintering), желімдеу (LOM — laminated Object Modeling), көп қабатты модельдеу (MJM multi Jet modeling).

Бүгінгі таңда FDM технологиясының көмегімен өнім прототиптерін дайындау аса қызығушылық танытуда.

Көптеген 3D принтер өндірушілері FDM технологиясының басқа атауларын пайдаланады, олар: Thermoplastic Extrusion, Plastic Jet Printing (PJP), Fused Filament Method (FFM), Fused Filament Fabrication (FFF).

Plastic Jet Printing (PJP) - бұл 3D материалдарды басып шығару технологиясы, ол жылуды және қысымды үздіксіз материалды шығару үшін пайдаланады. Прототиптеу пластикалық немесе термопластика филаменттен жасалған бұйымының контурына қабаттап салу PJP (Plastic Jet Printing) технологиясы бойынша орындалады. PJP ерітілген тұндыруды модельдеуге және құйылған филамент өндірісіне өте ұқсас, бірақ PJP принтерлері таза тұтыну модельдеріне арналған.

Беру механизмі арқылы филамент экструдерге түседі, ол жерде жартылай балқытылған күйге дейін қызады. Осының арқасында қабаттар бір-біріне құйылып, монолитті бетті құрайды. Бұл жылдам және үнемді прототиптерді жасау әдісі 3D принтерлер конструкциясында жүзеге асырылады. 3D бөлшектерін жасау технологияны дамытуға және жетілдіруге үлкен көңіл бөледі.

Әр түрлі формалар, өлшемдер және әртүрлі орнату жабдықтары бұл технологияны машина жасау саласында ғана емес, басқа да салаларда кеңінен қолданылады.

PJP жұмыс істей алатын жалғыз материал бұл термопластик, алайда пластикалық ABS және PLA материалдарында қолданса болады. Алайда, термопластар жеткілікті функционалды, берік бөлшектерді жасауға мүмкіндік

береді. 3D принтерде термопластик материалынан басып шыққан бұйымдар пластиктен жасалған бөлшектер сияқты берік болады.

3D принтерде прототип жасау артықшылықтары:

- прототиптердің жоғары жылдамдығы;
- өсіру жылдамдығын компьютерлік реттеу мүмкіндігі;
- басып шығару үшін бірнеше материалдарды пайдалану мүмкіндігі;
- прототиптеудің жоғары дәлдігі;
- әртүрлі күрделі формадағы модельдерді жасау мүмкіндігі;
- принтердің шағын габариттері;
- пайдаланылатын материалдың қалдықсыздығы;
- қолжетімді және арзан жабдық;
- пайдалану жеңілдігі.

1.2 Plastic Jet Printing басып шығару процесі

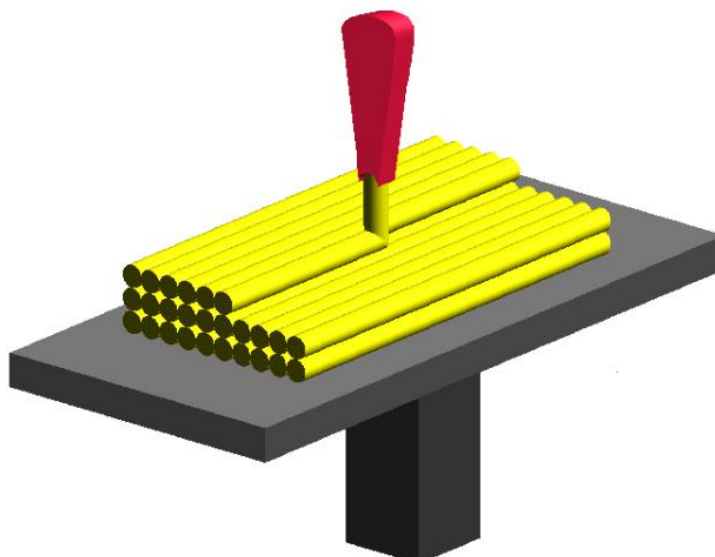
Пластикалық ағынды басып шығару немесе PJP-бұл тағы бір 3D-басып шығару технологиясы. Пластикалық термопласт-бұл PJP 3D баспасында қолданылатын жалғыз материал. PJP балқытылған тұндыру моделіне және балқытылған қыздыру жіптерін жасауға өте ұқсас, алайда pjp принтерлері таза тұтыну модельдеріне арналған.

Пластмассаның ағынды басу процесі:

Біріншіден, STL файлы 3D CAD моделінен жасалады. STL - бұл 3D үлгісін көлденең қималар түрінде « кесетін » стандартты файл кеңейтімі. Осы қималар туралы ақпарат содан кейін үлгіні басып шығару үшін қолданылады.

Содан кейін файл 3D принтердің бағдарламалық жасақтамасына жіберіледі – әдетте бұл кезеңде қолдау автоматты түрде жасалады. Кейбір жағдайларда пайдаланатын 3D принтеріне сәйкес файлды басқа пішімге түрлендіру қажет болуы мүмкін.

Принтердің экструдері, яғни басып шығару ұшы мен принтердің басып шығару панелі әдетте 10 минутқа созылатын қыздыру процесін іске қосады. Берілген температураларға қол жеткізгеннен кейін модельді басып шығару басталады.



1-сурет - Plastic Jet Printing технологиясының негізгі схемасы

Шикізат - жұқа пластиктен жасалған филамент - қыздырылған баспа ұшы арқылы беріледі. Басып шығару ұшы филаменті ерітеді және оның көмегімен басып шығару тақтасындағы үлгінің көлденең қимасын «тартады». Кейбір жағдайларда басып шығару ұшы тек бір көлденең ось бойынша жылжиды. Бұл басып шығару тақтасының басқа көлденең ось бойынша өтуі керек екенін білдіреді.

Көлденең қима басылғаннан кейін, баспа тақтасы қабаттың қалыңдығымен төмендетіледі. 4-5-қадамдар үлгінің барлық көлденең қималары бір-бірінің үстіне қабатпен орналасады. Барлық көлденең қималар басылғаннан кейін, модель аяқталады. Содан кейін баспа тақтасын принтерден шығарылады, содан кейін бұйым тақтадан ажыратылғанша жылы суға батырылады. Егер бұйымның геометриялық формасына байланысты тіректер бар болса, тіректер осы суға батырылғаннан кейін алынып тасталады.

ABS пластиктен жасалған 3D бөлшектерді басып шығару үшін бұйымның макетін жасау кезінде 3D принтерлердің түрлі конфигурациялары қарастырылды, олар кинематикасы бойынша әр түрлі қозғалыстар. Ең көп таралған жүйе 1.1 суретте ұсынылған Классикалық Prusa Mendel моделіне жатады.



1.1-сурет - Cube 2 3D баспасы PJP

Бұл қозғалыс сызбасы XZ Head Y Bed деп аталады. Онда экструдер X осі бойынша бойлық бағытта және Z осі бойынша тік бағытта қозғалады, ал үстел Y осі бойынша бойлық бағытта қозғалады. Бір қарағанда, конструкцияның қарапайымдылығын анықтауға болады, бірақ ол көптеген бекітпелерден тұрады. Олардың саны орналасудың конфигурациясы мен құрастырылуына тікелей байланысты. Мұндай схеманың негізгі кемшіліктері: машинаның геометриясындағы қателіктер және оның түйіндерінің орналасуына қойылатын талаптар. Бұл принтерді калибрлеу көп уақытты қажет ететін процесс. Бұл принтердің басып шығару сапасы жоғары емес.

1.3 3D -принтер құрылғысы

Бұл бөлімде біз 3D принтердің конструктивтік ерекшеліктерін қарастырамыз. Негізгі тораптардың жұмыс принципін және тораптың құрамдас бөліктерін толық сипаттау.

3D-принтердің негізгі түйіндері:

1. Экструдер;
2. Үстел;
3. Көлденең жылжыту жүйесі;
4. Корпус;
5. Блок тетігімен берілген жіптер;

6. Электроника;



1.2-сурет- Экструдер -тікелей басып шығаратын 3D принтердің бөлігі. Негізгі элемент - бұл «ыстық нүкте» (ыстық ұшы) деп аталатын саптама.

1. Материал экструдерден өтеді, балқып, саптамадан объектіні қабаттарға тұрғызып жұмыс платформасына шығады. Бұл 3D принтерде саптама (ыстық ұшы) мен беру механизмі (суық ұш) орналастырылған кезде иінді экструдер қолданылады: беріліс принтер корпусында орналасқан. Желдеткіш модельді салқындату үшін суық ауа ағынын қамтамасыз етеді.

2. Үстел - тұрады: алюминий үстелінен, жылыту үстелінен (ыстық төсек) және реттегіш бұрандалардан. Жылыту столы оны қыздыруды қамтамасыз етеді, оны деформациядан қорғайды - бөліктің сыртқы жағы ішке қарағанда тезірек салқындайды (және ұзақ басылған қағаздар жана басылғаннан тезірек болады), нәтижесінде модель бұрыштарда бүгіліп, үстелден қабыршақтана бастайды (бұрыштар көтеріледі) және үлкен модельдерде байлам. Кесте Z білігінің бойымен қозғалады. Қыздыру үстелінің басып шығару механизмі орналасқан жазықтыққа параллелдігін қамтамасыз ету үшін реттеу бұрандалары қолданылады.

3. Көлденең жылжу жүйесі X және Y осьтері бойынша жылжуды қамтамасыз ететін шкивтер мен белдіктердің көмегімен 2 қадамды қозғалтқыштардан тұрады. Білікте орналасқан шкивтер кареткамен қосылған белдіктерді жылжытады және ХУ жазықтығында жылжуды қамтамасыз етеді. Біліктер, сондай-ақ, кареткалар үшін бағыттаушы болып табылады.

4. Корпус-станокты қатты және жұмыс жүйесінің элементтерін бекіту үшін жасайтын 3D-принтердің бір бөлігі.

5. Механикалық беру блогы - экструдердің «суық шеті». Оған электр қозғалтқышының берілісі мен жетегі, сонымен қатар қысқыш механизм кіреді. Редуктордың катушкадан айналуының әсерінен пластикалық жіп алынып, жылытқышқа жіберіледі. Мұндай шешім басып шығару механизмінің салмағы мен өлшемдерін азайтуға мүмкіндік береді, бұл принтердің жылдамдығын арттырады, бірақ пластикалық берудің сенімділігі азаяды.

6. Электроника - RAMPS 1.4 тақтасы (RepRap Arduino Mega Pololu Shield), Arduino mega 2560, СК дисплей, шекті қосқыштар, термисторлар. «Arduino» принтер мен компьютердің өзара әрекеттесуін қамтамасыз етеді. RAMPS қуат көзінен электр қозғалтқыштары мен қыздыру элементтеріне таратуды қамтамасыз етеді, термистордың оқылымын оқиды және электр қозғалтқыштарын басқарады. Дисплейде әртүрлі ақпарат пен 3D принтері көрсетіледі, сонымен қатар оны басқару жүйесі де бар. Термисторлар жылыту үстелінің және басып шығару механизмінің температурасын оқиды. Шектеу қосқыштары шекараларды анықтайды, олардың қиылысы басы қолайсыз, сонымен қатар машинаның «нөлін» анықтайды.

2 Бірлі-жарым өндірістің көру ағынының технологиялық құрылымын талдау

Бұл бөлімде бірлі-жарым өндіріс тұрғысынан конструкцияның технологиялылығы қарастырылады. Бұл талдау бар 3D-принтердің бөлшектерін қаншалықты дұрыс пайдалануды түсінуге көмектеседі. Есептеулер әдістемелік жағынан жүргізілді.

2.1 Тұтастай бұйым конструкциясының технологиялығын сапалы бағалау:

Технологиялық конструкциясы:

- 1) принтердің конструкциясы оны алдын ала жиналған тораптардан жинауға мүмкіндік береді.
- 2) тораптар қажет болған жағдайда одан әрі құрастырудың алдында бақылаудан және сынаудан өтуі мүмкін.
- 3) Конструкция бөлшектерді қосу орындарына құралдарды ыңғайлы және еркін жеткізуді қамтамасыз етеді.
- 4) құрастыру күрделі құрылғыларды қолданбай жүргізіледі.
- 5) негізгі бөлшек қатты және жақсы технологиялық базасы бар.
- 6) Конструкция аралық бөлшектеуді және қайта құрастыруды болдырмайды.
- 7) құрастыру және қосу тәсілдері құрамдас бөліктердің жеңіл көтерілуін қамтамасыз етеді.

2.2 Бұйым түйіндерінің технологиялығын сапалы бағалау

Бұйым тораптары технологиялық, өйткені:

- 1) кинематикалық тұйық құрастыру бірліктері;
- 2) базалық тораптар одан әрі құрастыру үшін негіз бола алады;
- 3) әрбір торап оны дербес бақылау мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

2.3 Жиналған бөлшектерді сапалы бағалау

Жиналған бөлшектер технологиялық болып табылады:

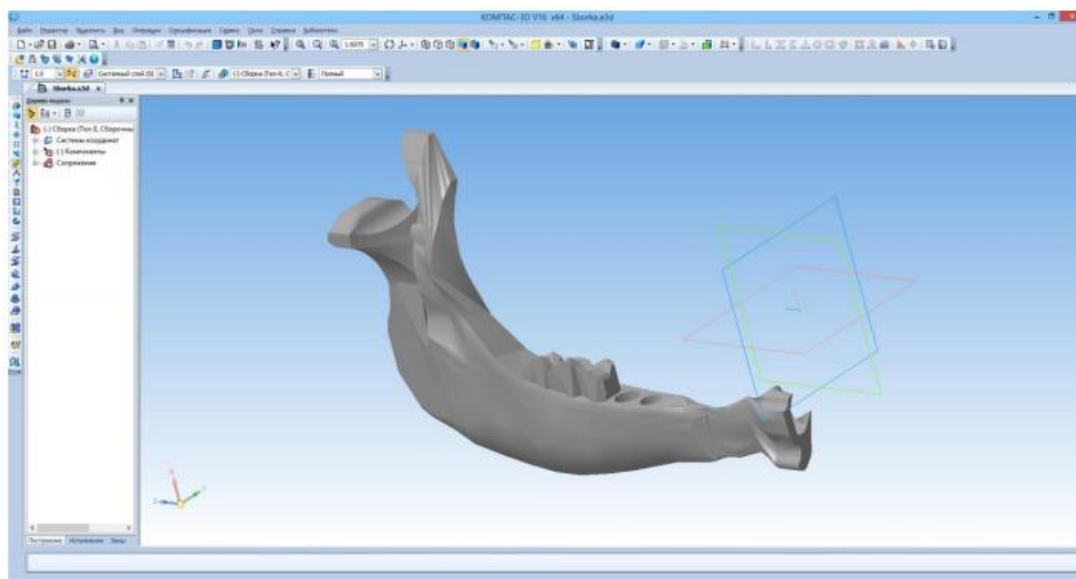
- 1) Бөлшектердің нақты негізі бар;
- 2) Бөлшектердің көпшілігі стандартты немесе біртұтас;
- 3) ұтымды түрде алынған мәліметтер;
- 4) сызбада көрсетілген өлшемдерді тікелей өлшеуге болады;
- 5) Бөлшектердің көпшілігінің дәлдігі төмен және жұмыс беті қатайған;

- 6) бөлшектерді стандартты өлшеу құралдарымен өлшеуге болады;
- 7) Бөлшектердің материалы (болат 40X, D16, BrAZH) кесу арқылы жақсы өңделеді.

3 3D КОМПАС бағдарламасында, эскиздеу және Plastic Jet Printing технологиясымен бұйымды басып шығару

Бұйымды 3D баспада басып шығару үшін, ең алдымен сол бұйымның эскизін 3D КОМПАС бағдарламасында моделдейміз. Бұйым ретінде біз қойдың төменгі жағын әрқайсысы 10 мм-ден бөлікке бөлдік. Нәтижесінде біз жақтың алғашқы бөлігінің 3D үлгісін алдық. Кейінгі жақ сүйектері бірдей ретпен құрылды.

2-суретте КОМПАС 3D бағдарламасының көмегімен алынған қойдың төменгі жақының 3D үлгісі көрсетілген.



2-сурет- 3D КОМПАС 3D қойдың төменгі жақ моделі

Саңылауларды орналастыру және басқару әдістері бастапқы патенттердегіден айтарлықтай ерекшеленбейді. Ұқсас тағы бір мысал - патент, онда ұнтақ немесе бөлшектер түріндегі күшейтетін материал термопластикалық байланыстырғышпен араластырылған тікелей басып шығару механизміне енгізіледі. Мысалдарды 3D басып шығару термопластикалық полимерлердің көмегімен басып шығару механизміне филамент түрінде кіргізілген кезде белгілі болады. Бұл жағдайда полимерлі филамент орамдармен қолданылады және экструдерге түседі, ол жерде қысым сорғысының әсерінен сығылады (6-сурет).

3D КОМПАС бағдарламасында қойдың төменгі жақ моделін STL форматындағы сақтаймыз.

Басып шығару кезінде үлгіні екі жақты суыту және филаменттің алдын-ала жүктелуін реттеу механизмі арқасында принтер барлық негізгі пластик

түрлерімен басып шығарады, олар: ABS, PLA, Watson, HIPS және FLEX. Plastic Jet Printing пластикалық филаментпен экструзия арқылы материалды қабат қабаты басу нәтижесінде бұйымды жасайды.

3D-баспада қолдану тұрғысынан зерттелген көптеген материалдар бар және бүгінгі күні осы негізгі басты рөл – ABS және PLA болып табылады [21, 22]. Осы түрлердің 2 термопластик, яғни олар қызған кезде жұмсақ және иілгіш болады және салқындаған кезде тез қатайды. Бұл процесті бірнеше рет қайталауға болады. Нысандар дәл дайындалуы керек болғандықтан, олар қажетті функцияларды орындауы керек.

ABS көптеген полимерлі формаларды қабылдай алады, оған әртүрлі қасиеттер берілуі мүмкін. Тұтастай алғанда, бұл PLA пластикіне қарағанда берік және біршама икемді. ABS икемділігі әр түрлі қосылыстар мен бекітпе элементтерін оңай жасауға мүмкіндік береді. Ол оңай тегістеледі және өңделеді.

ABS ацетонда ерігенін атап өту маңызды, бұл бөлшектерді желімдеуге және өте тегіс бетке қол жеткізуге мүмкіндік береді. ABS пластиктің техникалық сипаттамалары 3-кестеде көрсетілген.

Кесте 3-ABS-пластиктің техникалық сипаттамалары

Қасиеті	Мәні
Шыны өту температурасы	Шамамен 105°C
Иілу беріктігі	41 МПа
Үзілуге беріктілік шегі	22 МПа
Созылу кезіндегі серпімділік модулі	1627 МПа
Салыстырмалы ұзарту	6%
Суыту кезіндегі шөгу	0,8-ге % дейін
Материалдың тығыздығы	Шамамен 1,05 г / см ³

PLA пластик ауыл шаруашылығының әртүрлі өнімдерінен жасалады – жүгері, картоп, қант қызылшасы және т.б. – және мұнай негізделген ABS қарағанда экологиялық болып саналады. PLA пластик ABS пластикке қарағанда бірдей берік, бірақ қатты, сондықтан оны әр түрлі элементтерді қосу үшін пайдалану қиын. Басып шығарылған нысандар, әдетте, тегіс және жылтыр. PLA пластикті ABS пластикпен салыстырғанда тегістеу және өңдеу сәл қиын.

Төмен балқу температурасы PLA бірқатар жағдайларға жарамсыз болып табылады – мысалы, қыздырылған автомобиль салонында бір күн ішінде оның бөлшектері деформациялануы және "ағып кетуі" мүмкін.

PLA дихлорэтанда ериді. PLA пластиктің техникалық сипаттамалары 4-кестеде көрсетілген.

4 - кесте-PLA-пластиктің техникалық сипаттамалары:

Қасиеті	Мәні
Балқу температурасы	173-178°C
Жұмсарту температурасы	50°C
Қаттылық (Роквелл бойынша)	R70-R90
Үзілу кезіндегі салыстырмалы ұзаруы	3,8%
Иілу беріктігі	55,3 МПа
Үзілу беріктігі	57,8 МПа
Созылу кезіндегі серпімділік модулі	3,3 ГПа
Иілу кезіндегі серпімділік модулі	2,3 ГПа
Шыны өту температурасы	60-65°C
Тығыздығы	1,23-1,25 г/см ³
Қабырғалардың ең аз қалыңдығы	1 мм
Басып шығару дәлдігі	± 0,1%
Ұсақ бөлшектер өлшемі	0,3 мм
Бұйымдарды дайындау кезіндегі шөгу	нет
Ылғал сіңіру	0,5-50%

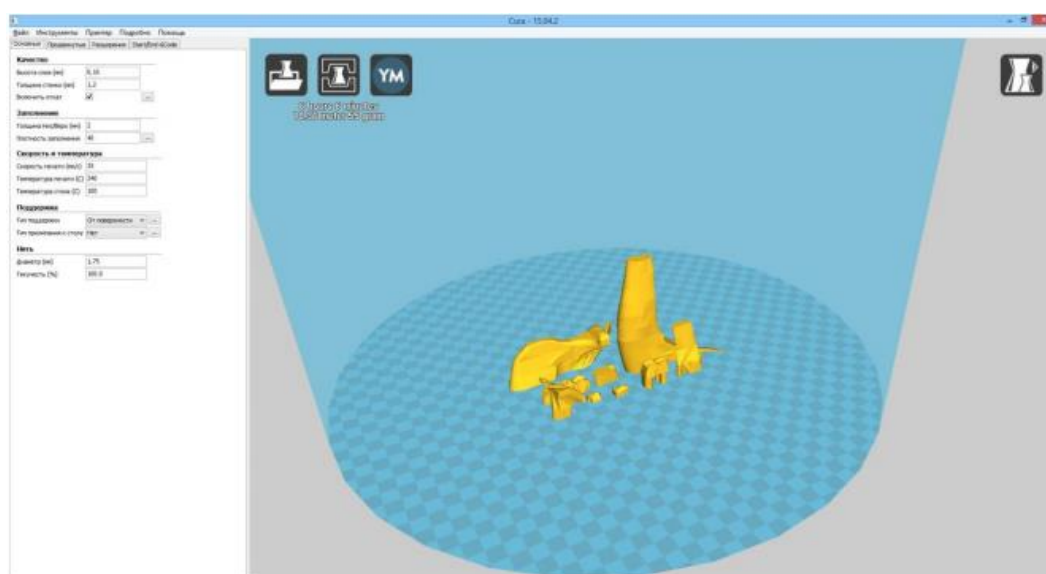
Сондықтан, жақтауды басып шығаруға арналған материал ретінде ABS пластик таңдады.

Бұйымдарды Cura 15.04.2 слайсеріне импортталды (3-сурет). Слайсер-бұл үш өлшемді модельді түсінікті принтерге айналдыру бағдарламасы, деп аталатын G-code. Сондай-ақ, слайсерда басып шығару уақытын, пластикалық филаменттің салмағы көрсетеді.

Жақ сүйегі бөліктерін басып шығару уақыты 6 сағат 6 минут, басып шығаруға жұмсалған пластикалық филаментің салмағы 55 грамм, басып шығаруға жұмсалған пластикалық филаментің жалпы көлемі 18,36 м.

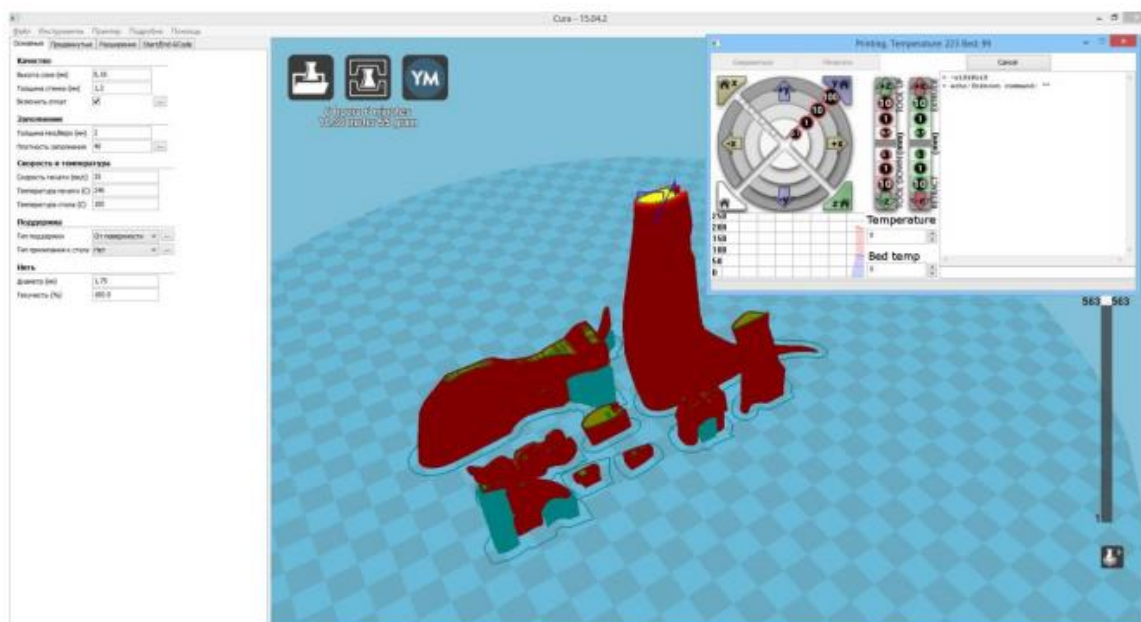
Жақ бөліктерінің геометриялық ерекшеліктерін және басып шығарудың талап етілетін сапасын ескере отырып сұра 15.04.2 слайсерінде модельдің басып шығаруының мынадай негізгі параметрлері таңдап алынды: қабат биіктігі – 0,16 м; қабырға қалыңдығы – 1,2 мм; төменгі/жоғарғы қалыңдығы – 2 мм; толтыру тығыздығы – 40 %; баспа жылдамдығы – 35 мм/с; баспа температурасы – 240 °C; үстел температурасы-100 °C.

Сондай-ақ, 46 сапалы басып шығару үшін "тірек баспасы" функциясы таңдалып, әрбір тәуелді элемент үшін Қолдау құрылғысы қажет.



3-сурет- Cura 15.04.2 слайсерінде баспаға қойдың төменгі жақ сүйегінің үлгісін дайындау

Сонымен қатар, басылатын қабаттың жалпы санын көре аламыз - 563 дана. және басып шығару қолдау орындары, G-кодтың визуализациясы (20-сурет). Мұнда сіз жетіспейтін немесе қосымша қолдауды қосып немесе алып тастай аласыз, тіреу бұрышын өзгерте аласыз, сонымен қатар басып шығарылған модельдің бетінен оңай алу үшін қолдау мен толтырудың түрін таңдауға болады.



20-сурет-Cura 15.04.2 слайсерінде G-кодты визуализациялау

3D принтер үстелінен жақ бөліктерін басып шығару және алып тастағаннан кейін басылған кесектерді қайта өңдеу жасалды. Кедір-бұдырлықты және аздаған баспа ақауларын тегістеу үшін кесектер зімпара қағазымен тегістелген. Осы бөліктен кейін "Cosmo CA – 500.200"желімімен желімделген. Соңғы өңдеу электр гравері "STAYER SMG-135"көмегімен жасалды. Аддитивті технологиялардың көмегімен дайындалған қойдың төменгі жақының прототипі 22-суретте көрсетілген.



22-сурет-аддитивті технологиялардың көмегімен дайындалған қойдың төменгі жақтың прототипі

Аддитивті технологияларды пайдалану объектілерді өзінің геометриялық параметрлері бойынша түпнұсқаларымен ұқсас жасауға мүмкіндік береді. Объектілердің дайындалған модельдерін оқу процесінде қолдануға болады. Салыстырмалы морфологиялық талдау аддитивті технологиялардың көмегімен дайындалған қойдың төменгі жақ прототипінің геометриялық параметрлерін түпнұсқамен салыстырудан тұрады.

Прототип пен түпнұсқадан алынған жақ өлшемдерінің геометриялық қателігі шамамен 5% құрады, яғни жақ прототипі түпнұсқадан сәл аз болды. Бұл салқындату кезінде ABS пластик қысуға байланысты. Сондай-ақ, өңдеуден кейін материалдың аз бөлігі алынады. Жалпы бұл түпнұсқаның геометриялық параметрлерінің прототиппен жинақталуының өте жоғары көрсеткіші.

Осыдан түпнұсқаның және прототиптің геометриялық параметрлерінің барынша ұқсастығы үшін ABS пластиктен жасалған биологиялық объектілер түпнұсқадан сәл артық басып шығару қажет деген қорытынды жасауға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Диплом жазу барысында барлық қойылған мақсаттарға толық қол жеткізілді.

Plastic Jet Printing басып шығару процесін зерттедік. 3D -принтер құрылғысын анықтадық. Тұтастай бұйым конструкциясының технологиялығын сапалы бағаладық. Бұйымды 3D баспада басып шығару үшін, ең алдымен сол бұйымның эскизін 3D КОМПАС бағдарламасында моделдейміз. Бұйым ретінде біз қойдың төменгі жағын әрқайсысы 10 мм-ден бөлікке бөлдік. Нәтижесінде біз жақтың алғашқы бөлігінің 3D үлгісін алдық. Кейінгі жақ сүйектері бірдей ретпен құрылды.

ABS көптеген полимерлі формаларды қабылдай алады, оған әртүрлі қасиеттер берілуі мүмкін. Тұтастай алғанда, бұл PLA пластикіне қарағанда берік және біршама икемді. ABS икемділігі әр түрлі қосылыстар мен бекітпе элементтерін оңай жасауға мүмкіндік береді. Ол оңай тегістеледі және өңделеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.
- 2 Prototyping at a rapid pace [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.stratasys.com/solutions/rapid-prototyping> (Дата обращения 13.02.2016)
- 3 Adding functionality with additive manufacturing: Fabrication of titanium-based antibiotic eluting implants. Cox, S.C.a, Jamshidi, P.b, Eisenstein, N.M.af, Webber, M.A.c, Hassanin, H.bg, Attallah, M.M.b, Shepherd, D.E.T.d, Addison, O.e, Grover, L.M.a. Materials Science and Engineering C ,Volume 64, 1 July 2016, Pages 407-415, DOI: 10.1016/j.msec.2016.04.006
- 4 Шишковский И. В. Основы аддитивных технологий высокого разрешения. – СПб. Изд-во Питер, 2015. 348 с.:
- 5 Keith Nelson Jr., Nike was just granted a key patent for 3D printed shoe technology [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.digitaltrends.com/cool-tech/nike-patents-3d-printed-shoe-technology/>
- 6 Технологии 3D-печати. Принципы, возможности, расходные материалы, цены // URL: http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml.
- 7 3D printing technologies applied for food design: Status and prospects Godoi, F.C., Prakash, S., Bhandari, B.R., Volume 179, 1 June 2016, Pages 44-54, DOI:10.1016/j.jfoodeng.2016.01.025
- 8 Wohlers Report 2013 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https:// Wohlersassociates.com/2013report.htm> (Дата обращения 04.03.2016)
- 9 Токарев, Борис Евгеньевич (кандидат технических наук; доцент кафедры маркетинга) . Анализ рынка 3D-печати: технологии и игроки / Б. Е. Токарев, Р. Б. Токарев // Практический маркетинг. — 2014 .— № 2 .— С. 10-16 .— : 6 рис., 2 табл. — ISSN 2071-3762.
- 10 Волхонский, Александр Евгеньевич (кандидат технических наук; профессор кафедры "Технологии проектирования и эксплуатации летательных аппаратов"). Методы изготовления прототипов и деталей агрегатов различных изделий промышленности с помощью аддитивных технологий / А. Е. Волхонский, К. В. Дудков // Образовательные технологии. — 2014 .— № 1 .— С. 127-143 .— : 15 рис., 2 табл. — (Технопарк высшей школы) .— Библиогр.: с. 143 (10 назв.).
- 11 Freedom of Creation Shop-Front, FOC (Freedom of Creation), <http://www.freedomofcreation.com/shop/order.php?cat%31>, 2010.
- 12 Joshua Demonte Website, <http://joshuademonte.com/home.html>.
- 13 Continuum Design 3D Printed Bikini, <http://www.continuuminum.com/>.

14 MGX Design, <http://www.mgxbymaterialise.com>.

15 Akiko Diegel Artist Website, <http://www.akikodiegel.com/art3.html>.

16 Economist Article on 3D Printed Violin,
<http://www.economist.com/node/18114327>.