

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

Зиябеков Асыл Жарқынұлы

«Тетік жасау кезінде Color Jet printing аддитивті  
технологиясын қолдану»

Дипломдық жобаға

**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

5B071200 – Машина жасау

Алматы 2021

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

Б.А. Арымбеков Б.С.

« 30 » 04 2021 ж.

Дипломдық жобаға

**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

Тақырыбы: «Тетік жасау кезінде Color Jet printing  
аддитивті технологиясын қолдану»

5B071200 – Машина жасау

Орындаған

Зиябеков Асыл Жарқынұлы

Ғылыми жетекші,

PhD д-ф, қауым. профессор

Б.А. Арымбеков Б.С.

« 30 » 04 2021 ж.

Алматы 2021

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

5В071200 – Машина жасау

**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі

PhD д-ф, қауым. профессор

 Арымбеков Б.С.

« 30 » 04 2021 ж.

**Дипломдық жоба орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Асыл

Тақырыбы «Темік жасау кезінде Color Jet printing аддитивті технологиясын қолдану»

Университет ректорының «24» 11 2020 ж. № 2131 бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «27» 05 2021 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы берістері Темік жасау кезінде Color Jet printing аддитивті технологиясын қолдану

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі

а) Color Jet printing технологиясы зерттеу

б) Аддитивті технологияның өндіріске енгізілу

қарқынын зерттеу және салыстыру

в) CJP-ді басқа 3D басып шығару технологияларымен

салыстыру

Ұсынылған негізгі әдебиет: 8 атау

Дипломдық жобаны дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәліметтер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе. Color Jet printing технологиясы зерттеу	05.02.2021-15.02.21	орындалды
3D басып шығару, Параметрлік зерттеу	05.03.21-20.03.21	орындалды
Деректерді дайындау және виртуалды модельді алдын-ала өңдеу	25.03.21-04.04.21	орындалды
CJP-ді басқа 3D басып шығару технологияларымен салыстыру	5.04.21-20.04.21	орындалды

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		30.04.21	<i>Б.С.</i>

Ғылыми жетекші *Б.С.* Арымбеков Б.С.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы *А.Ж.* Зиябеков А.Ж.

Күні «30» 04 2021 ж.

## АҢДАТПА

Жаңа технологияларды енгізу кез - келген коммерциялық кәсіпорынның сәтті жұмыс істеуінің негізі болып табылады, өйткені нарықтық тұрақсыздық жағдайында өнімдер мен бизнес-процесті үнемі өзгерту қажет. Экономикалық мәні бойынша жаңа технологияларды енгізу процесі кәсіпорындағы өзгерістерді басқаруды білдіреді, яғни оның жаңа аспектілері мен құрылымдық сипаттамаларын жетілдіру және қалыптастыру процесі, олар көбінесе қатаң бәсекелестік жағдайында өмір сүрудің жалғыз тәсілі болып табылады.

Кәсіпорында АТ енгізудің негізгі міндеті-оның экономикалық тиімділік көрсеткіштерін жақсарту және артық қорлардың болуына, қарапайым жабдыққа кететін уақыт шығындарына, қосымша ұзақ өндірістік тізбектердің болуына, жоғары көлік шығындарына байланысты артық өндіріс пен шығындардан көрінетін дәстүрлі өндіріс әдістерінің кемшіліктерін жою.

Сандық модельдеудің заманауи әдістері Металды қысыммен өңдеу процестерін оңтайландырудың көптеген нұсқаларын ұсынады. Күрделі қалыптау процестерін модельдеуге болатынына қарамастан, нәтижелер әдетте экрандарда тек 2D проекция түрінде болады. Кейбір қалыптасу процестері кеңістіктік мағынадан тыс күрделілік деңгейіне жетті, бұл материалдық ағынды, микроқұрылымдық процестерді, технологиялық және құрылымдық шектеулерді тереңірек түсіну немесе қажетті жабдықты жобалау үшін физикалық үш өлшемді көріністерді қолдануды қажет етеді.

## АННОТАЦИЯ

Внедрение новых технологий является основой успешного функционирования любого коммерческого предприятия, так как в условиях рыночной нестабильности необходимо постоянно менять продукты и бизнес-процесс. По своей экономической сущности процесс внедрения новых технологий представляет собой управление изменениями на предприятии, то есть процесс совершенствования и формирования его новых аспектов и структурных характеристик, которые зачастую являются единственным способом выживания в условиях жесткой конкуренции.

Основной задачей внедрения АТ на предприятии является улучшение показателей его экономической эффективности и устранение недостатков традиционных методов производства, проявляющихся в перепроизводстве и затратах из-за наличия избыточных запасов, затрат времени на простое оборудование, наличия дополнительных длинных производственных цепочек, высоких транспортных затрат.

Современные методы численного моделирования предлагают множество вариантов оптимизации процессов обработки металла давлением. Хотя сложные процессы формования могут быть смоделированы, результаты обычно присутствуют на экранах только в форме 2D-проекции. Некоторые процессы формования достигли уровня сложности, выходящего за рамки пространственного значения, что требует более глубокого понимания материального потока, микроструктурных процессов, технологических и структурных ограничений или использования физических трехмерных представлений для проектирования необходимого оборудования.



## ANNOTATION

The introduction of new technologies is the basis for the successful functioning of any commercial enterprise, because in conditions of market instability, it is necessary to constantly change products and the business process. In its economic essence, the process of introducing new technologies means managing changes in the enterprise, that is, the process of improving and forming new aspects and structural characteristics of it, which are often the only way to survive in conditions of fierce competition.

The main task of implementing it at the enterprise is to improve its economic efficiency indicators and eliminate the shortcomings of traditional production methods, which are manifested in overproduction and losses due to the presence of excess inventory, time costs for conventional equipment, the presence of additional long production chains, high transport costs.

Modern methods of numerical modeling offer a wide range of options for optimizing the processes of metal processing under pressure. Although complex molding processes can be modeled, the results are usually only in the form of 2D projections on screens. Some formation processes have reached a level of complexity beyond spatial meaning, which requires a deeper understanding of material flow, microstructural processes, technological and structural constraints, or the use of physical three-dimensional representations to design the necessary equipment.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Физикалық 3D Түсті модельге көшу процесі	10
1.1 Деректерді дайындау және виртуалды модельді алдынала өңдеу	10
1.2 3D басып шығару және физикалық үлгіні өңдеуден кейін	11
1.3 Табақ металын қалыптастыру мысалы (екі құбырдың үштігі)	14
2 3D басып шығару арқылы - дәрілік препараттарды өндіру	17
2.1 Ұнтақ қоспасы мен баспа бояуын дайындау	20
3 Кеңістіктік құрылым моделін жобалау	25
3.1 CJP-ді басқа 3D басып шығару технологияларымен салыстыру	27
Қорытынды	29
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	30



## КІРІСПЕ

Соңғы жылдары аддитивті өндіріс технологиялары айтарлықтай алға жылжыды. Қазіргі заманғы нарық генеративті, яғни қабатты материалдарды тұндыру процестерін қолдана отырып, АЖЖ деректері негізінде бөлшектерді тікелей жасау үшін қолданылатын көптеген әдістерді ұсынады. Бір жағынан, бұл аддитивті әдістер жеке қабаттарды байланыстыру үшін қолданылатын әдіс пен әдістермен ерекшеленеді. Екінші жағынан, қатты және сұйық формадағы материалдардың кең спектрі бар, оларды осы әдістермен қолдануға болады. Бүгінгі таңда АТ-ны қолдану қарапайым прототиптерді немесе презентациялық модельдерді жасаудан бастап, авиация және автомобиль өнеркәсібі үшін күрделі компоненттерді өндіруге дейін. Соңғы жылдары аддитивті процестерде өндірілетін компоненттердің саны күрт өсті.

Қазіргі заманғы Металды қысыммен өңдеу технологиясы процестерді жобалау және жобалау үшін көптеген модельдеу құралдарын қолданады, мысалы, материал ағынын модельдеу, жабдықтағы кернеуді тарату немесе микроқұрылым эволюциясы. Физикалық модельдер, әдетте, дамудың алғашқы кезеңдерінде қол жетімді емес, өйткені құрал әлі де жасалынған немесе жасалынған. Енді АТ модельдеу нәтижелерінен тікелей физикалық 3D модельдерін құруға мүмкіндік береді. Бұл физикалық модельдер визуализация үшін қолданылады, ал тактильді қабылдау модельдеу нәтижелерін жақсы түсінуге көмектеседі. 3D басып шығару үшін қол жетімді технологиялар мен материалдардың көптігіне байланысты, сондай-ақ металл өңдеу өнеркәсібінің ерекше талаптарын ескере отырып, қазіргі уақытта 3D модельдерін енгізудің ең қолайлы әдісін табу қиын.

Физикалық 3D модельдерін қысқа уақыт ішінде 3D басып шығару арқылы жасауға болады және түстердің кең спектрімен индекстеуге болады. Бұл жұмыста модельдеу нәтижелері негізінде 3D Түсті модельдердің аддитивті өндірісі Металды қысыммен өңдеудің мысалдарымен зерттеледі. 3D басып шығарудың әртүрлі процестері сапа жағынан да, техникалық және экономикалық критерийлер бойынша да салыстырылады. Тұндыру арқылы қосылатын аудандардан басқа мысалдар талданады-құбырларды шығару және микроқұрылымды модельдеу. Бұл мақалада жылдам прогресспен және 3D принтерлердің қысыммен өңдеудің күрделі процестерін жобалау және оңтайландыру үшін кең қол жетімділігімен қамтамасыз етілген мүмкіндіктер қарастырылады.

# 1 Физикалық 3D Түсті модельге көшу процесі

## 1.1 Деректерді дайындау және виртуалды модельді алдын-ала өңдеу

Физикалық 3D модельдерін қысқа уақыт ішінде 3D басып шығару арқылы жасауға болады және түстердің кең спектрімен индекстеуге болады. Бұл жұмыста модельдеу нәтижелері негізінде 3D Түсті модельдердің аддитивті өндірісі Металды қысыммен өңдеудің мысалдарымен зерттеледі. 3D басып шығарудың әртүрлі процестері сапа жағынан да, техникалық және экономикалық критерийлер бойынша да салыстырылады. Тұндыру арқылы қосылатын аудандардан басқа мысалдар талданады-құбырларды шығару және микроқұрылымды модельдеу. Бұл мақалада жылдам прогресспен және 3D принтерлердің қысыммен өңдеудің күрделі процестерін жобалау және оңтайландыру үшін кең қол жетімділігімен қамтамасыз етілген мүмкіндіктер қарастырылады.

Өнімді жобалау инженерлері әдетте дайындаманың 3D модельдерін немесе оны жасау үшін қажетті құралдарды жасау үшін CAD модельдерін пайдаланады. Қалыптау процесін модельдеу нәтижелері, керісінше, модельдеу бағдарламалық жасақтамасы арқылы жасалады, ол негізінен ақырлы элементтер әдісі (ICU) негізінде жұмыс істейді. Нәтижелерге кернеулердің, деформациялардың, температураның және т.б. таралуы кіреді, оларды түрлі-түсті кодталған аймақтар түрінде ұсынуға болады. Табақ металының өзі немесе қатты компонент, сондай-ақ қалыптау құралдары (мысалы, қалыптау кезіндегі қысым кернеулері немесе ыстық қалыптау кезінде температураның таралуы) 3D түсті басып шығару түрінде суреттелуі мүмкін. Виртуалды модель әдетте VRML форматында сақталады, өйткені бұл формат геометрияны, сонымен қатар түс құрылымы туралы ақпаратты түсіре алады.



1-сурет Виртуалды модельден физикалық 3D моделіне көшу процесі.

Алдын ала өңдеу бастапқыда модельдеу деректерін тексеруді қамтиды. Қажет болса, виртуалды жөндеу жүргізілуі мүмкін. Содан кейін қабаттарды тілімдерге кесуге болады. Бірақ 3D моделі қосымша ақпаратпен қамтамасыз етілуі мүмкін. Мысалы, түс аймақтарын түсіндіретін аңыз, әсіресе модельдеу нәтижелері үшін үлкен қызығушылық тудыруы мүмкін. Корпоративтік логотиптер мен жоба серіктестерінің логотиптері де біріктірілуі мүмкін. Процестің бұл кезеңі бастапқыда принтердің жұмыс кеңістігіндегі 3D моделінің орнын анықтауды қамтиды, осылайша басып шығару бағытын анықтайды. Жеке шкаласы қолданылуы мүмкін модельдері асып түсетін нұсқаулы кеңістік.

Алдын ала өңдеу қажетті басып шығару уақытын шамамен болжай алады. "Баспа деректері" 3D басып шығаруға қажетті барлық ақпарат қол жетімді болғаннан кейін 3D принтерге жіберіледі.

## 1.2 3D басып шығару және физикалық үлгіні өңдеуден кейін

Түс беруді қолдайтын әдістер FE металл қалыптауды модельдеу нәтижелерін 3D модельдеріне жобалау үшін өте қолайлы. Жоғарыда сипатталған әдістердің көпшілігі тек монохроматикалық визуализацияны қолдайды, сондықтан түстердің егжей-тегжейлі көрсетілуіне жарамайды. Керісінше, келесі төрт әдіс 3D модельдерін сұр немесе толық түстермен бейнелеуге мүмкіндік береді. 1-кестеде осы генеративті әдістерді салыстыру көрсетілген. Бұл 3D түсті модельдер, мысалы, сәулетшілер мен өнімді жобалау инженерлері маркетинг немесе рельефті модельдеу үшін қолданылады.

1-кесте. 3D түсті басып шығару әдістеріне шолу.

	Көп қабатты нысандарды модельдеу	Polyjet Modelling PJM	Binder Jetting BJ	Color Jet Printing CJP
Құрылыс материалдары парақтары	Қағаз	Сұйық фотополимер	Полимерлі гипс ұнтағы	Полимерлі ұнтақ
Мин қабат қалыңдығы	0.1mm	14 µm	90 µm	0.1 mm
Тірек құрылымы	No	Yes	No	No
Қосылу технологиясы	Желімді жағу	УК-сәулелену көмегімен қатаю	Сұйық сұйық байланыстырғыш	Сұйық акрилді байланыстырғыш
Постобработка	Removing paper (cut into pieces)	Removing support using water-jet or alkaline bath	Ұнтақты үрлеу	Ұнтақты үрлеу
Инфльтрация	Recommended	No	Yes (Resin)	No
Рұқсат [dpi] 508	X: 5760 ,Y:1440, Z:	X, Y: 600, Z: 1800	X: 600, Y: 600	X: 600, Y: 540

Ламинатталған заттарды модельдеу (LOM) қағаз немесе пластикалық фольгадан жеке қабаттарды кесу пышағымен кесуді және оларды бір-біріне жабыстыруды қамтиды. Пайдаланылған қағаздарды кесу алдында басып шығаруға болады, бұл 3D модельдерінің бетінде түрлі-түсті текстураны елестетуге мүмкіндік береді.

Polyjet modeling (PJM) фотополимерді құрылыс материалы ретінде бүрку арқылы 3D моделін және құрылыс платформасына қосымша тірек материалын жасауды қамтиды. Фотополимер басып шығару басына көптеген ағындар түрінде тамшылар түрінде қолданылады. Қолданғаннан кейін бірден фотополимер басып шығару механизмінің жанында орналасқан ультракүлгін сәулелермен емделеді. Бұл әдіс үшін стереолитографияға тән қосымша емдеу қажет емес. Бірнеше жылдар бойы бұл әдіс бірнеше құрылыс материалдарын араластыруды қолдады. Бұл "сандық материалдар" материалдардың әртүрлі

қасиеттерін 3D модельдерінде біріктіруге мүмкіндік береді, сонымен қатар әртүрлі материалдарды сұр реңктерін немесе түстердің кең спектрін көрсете алатындай етіп араластыруға мүмкіндік береді.

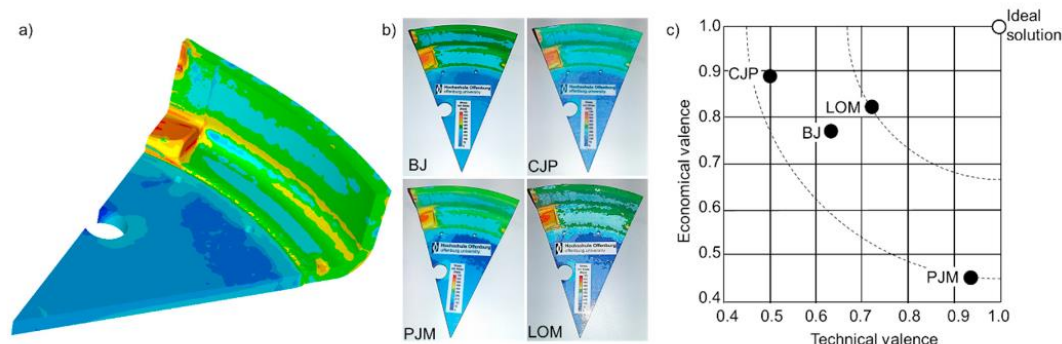
Байланыстырғышты реактивті өңдеу әдісі (VJ) құрылыс платформасына жұқа полимерлі гипс ұнтағының жұқа қабатын жағу үшін барабанды қолдануды қамтиды. Содан кейін ағындар байланыстырғыш пен бояғыштардан тұратын спреймен қолданылады. Осыдан кейін артық ұнтақ сығылған ауамен шығарылады. Содан кейін бұл прекурсорлар беткі беріктігін арттыру, сонымен қатар түс жарықтығын арттыру үшін шайырмен сіндіріледі. Осылайша жасалған модельдер, ең алдымен, қалыптастырушы модельдеудің презентациялық модельдері ретінде жарамды. Бірақ VJ әдісін тек азайтылған жүктемелерге төтеп беретін құрал жасау үшін де қолдануға болады. Мысалы, пластикалық фольганы терең соруға арналған қалыптарды тез және тиімді жасауға болады.

Сонымен қатар, жоғары беріктігі бар шайырды қолдана отырып, арнайы инфильтрацияны және термиялық өңдеудің келесі сатысында емдеуді 3D модельдерінің беріктігін күрт арттыру үшін қолдануға болады. Осылайша жасалған компоненттер, содан кейін терең сызу немесе қосымша парақты қалыптастыру (ISF) құралы ретінде пайдаланылуы мүмкін. VJ процесіне ұқсас, түрлі-түсті сиялы басып шығару (CJP) сонымен қатар қабат контурын жасау үшін байланыстырғышты ұнтақ қабатына жағуды қамтиды. Бұл әдіс полимерлі гипс ұнтағының орнына ұсақ түйіршікті пластикалық ұнтақты қолдануды қамтиды. Содан кейін бұл ұнтақ бағдарламалық жасақтамамен есептелген жерлерде акрилат байланыстырғышымен емделеді. Бұл әдістің үлкен артықшылықтарының бірі-баспа компоненті ұнтақ қабатынан шығарылғаннан кейін қолдануға дайын. Сондықтан инфильтрация процесін елемеуге болады. Бұл еңбек шығындары мен материалдардың азаюынан көрінеді.

Қажетті өңдеуден кейінгі өңдеу көбінесе қолданылатын AM әдісіне байланысты. PJM әдісі әдетте тірек құрылымын қолданады, оны Сығылған су ағынымен механикалық түрде немесе сілтілі ваннамен химиялық жолмен алып тастау керек. Басқа әдістер арнайы тірек құрылымын пайдаланбайды, өйткені мұндай жағдайларда ұнтақ қабаты және/немесе қағаз қабаттары тірек ретінде қолданылады. Кейінгі өңдеу кезінде 3D моделі Сығылған ауа тапаншасымен тазартылады, бұл модельдің күрделілігіне байланысты көп уақытты қажет ететін процесс болуы мүмкін. VJ әдісі CJP үшін төмендетілген инфильтрацияның қосымша кезеңін қажет етеді. VJ әдісі үшін модель шайырмен сіндірілген. Бұл инфильтрация беттің қатаюына әкеледі және модельдерді бірнеше рет өңдеуге жеткілікті күш береді. Фоторезистті модельдеу модельдерінде түс таралуын бөлектеу үшін қосымша спрей ретінде пайдалануға болады. LOM артық қағазды текшелерге кесуді және лақтыруды қамтиды. Модельдің беріктігін арттыру үшін қосымша инфильтрацияны қолдануға болады.

Ұсынылған 3D басып шығару процестерін салыстыру үшін процестердің әрқайсысымен шығарылған бөлшектер бірқатар техникалық критерийлер мен

шығындар негізінде бағаланды. Бұл талдау суретте көрсетілгендей табақ металл пластинасын модельдеу нәтижелері мысалында жүргізілді. Ол айналмалы-симметриялы компонент болғандықтан, тек жартылай модель 3D-де модельденіп, басып шығарылды. Университеттің түрлі-түсті аңызы мен логотипі қойылды. Бұл көрініс компоненттердің ерекше кернеулі аймақтарын тануды жеңілдетеді. Сонымен қатар, үлкен деформациясы бар аймақтарды тактильді түрде анықтауға болады, сондықтан жоғары кернеудің себебін жақсы түсінуге болады.



2-сурет Табақты металл пластинаны (а) қалыптауды модельдеу нәтижесінде пайда болған виртуалды модель

Бұл модельдеу нәтижесі барлық төрт әдісті қолдана отырып жасалды және кейіннен зерттелді (2 б қараңыз). Техникалық өлшемдерді визуалды тексеруге және физикалық тексеруге бөлуге болады, бұл жағдайда әр критерий үшін максималды 10 баллға қол жеткізуге болады (2-кестені қараңыз). Көрнекі тексеру он бір адамнан тұратын топтың төрт моделін бетті және жылтырды сезіну, түс қарқындылығы және Текстураның ажыратымдылығы мен қолданылуы тұрғысынан бағалауды қамтыды.

2-кесте 3D түсті басып шығару әдістерін бағалау қосымша салмақ коэффициентімен.

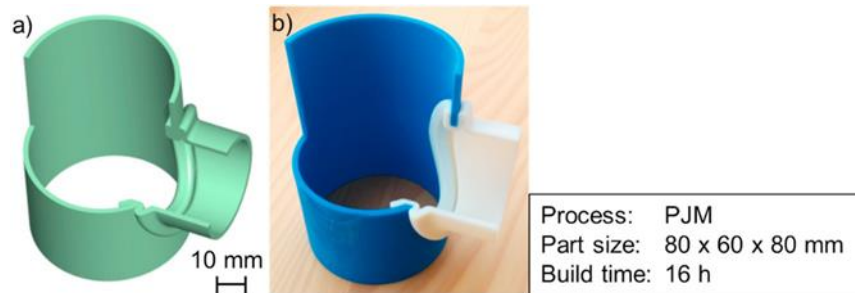
Өлшем	Салмақ коэффициенті [%]	Laminated Object Modelling	Polyjet Modelling PJM	Binder Jetting BJ	Color Jet Printing CJM
Surface feel	5	5	9	8	6
Беткі жылтырлығы	10	7	8	5	4
Түс қарқындылығы	20	8	8	7	6
Рұқсат (текстура)	10	8	7	7	5
	20	10	8	8	4
Рұқсат (қосымшалар)					
Өлшем дәлдігі	10	4	9	4	4
Бетінің кедір-бұдырлығы	10	4	9	5	2
Беттік қаттылық	10	1	10	2	1
Қарсылық (суға)	5	6	10	0	10
Орташа құны [€/cm <sup>3</sup> ]	n.a.	1.5 6	2.8 8	1.69	1.4 7

Физикалық тексеру одан әрі өлшеу және кейіннен өлшеу дәлдігін, бетінің кедір-бұдырлығын, судың қаттылығы мен төзімділігін бағалауды қамтыды. Әр түрлі критерийлердің әртүрлі басымдықтарын ескеру үшін салмақ коэффициенті қосымша қолданылды. Бұл түс қарқындылығы мен қосымшаның ажыратымдылық өлшемдеріне жоғары салмақ беруді қамтиды, өйткені олар нәтижелерді нақты көрсету және аңыздың оқылуы үшін үлкен маңызға ие. Керісінше, беткі сезім мен суға төзімділік өлшемдері көрсету үшін маңызды емес. Қалған барлық критерийлерге орташа басымдық берілді. Шығындар әртүрлі қызмет жеткізушілерінің сұраныстарын орналастыру арқылы бағаланды. Нәтижелер орташа бағаларға азайтылды және шығындардың идеалды бағасымен салыстырылды, ол әдетте мақсатты шығындардың 70% ретінде анықталады. Бұл жағдайда барлық баға белгілеулердің орташа бағасы мақсатты шығындар ретінде қабылданды. Содан кейін баға негізіндегі өлшенген техникалық өлшемдер мен мақсатты шығындар техникалық және/немесе экономикалық валенттілікті анықтау үшін пайдаланылуы мүмкін (2 в қараңыз). Содан кейін рейтинг жиынтық нәтижелер мен тамаша шешім арасындағы алшақтықпен анықталады. PJM ең жақсы техникалық нәтижелерден алыс болса да, талдау көрсеткендей, ол жоғары шығындарға байланысты жалпы нәтижелерге қол жеткізе алмайды. LOM әдісі ең жақсы жалпы нәтижелерді көрсетеді. VJ және CJR ұнтақтарының әдістері ортасында, VJ CJR-ге қарағанда әлдеқайда жақсы техникалық нәтижелерді көрсетеді.

### ***1.3 Табақ металын қалыптастыру мысалы (екі құбырдың үштігі)***

Бүктеу арқылы қосылу-бұл инновациялық жеңіл құрылымдар мен бірнеше материалдардан жасалған конструкцияларды жасау үшін қолданылатын механикалық қосылыс процесі. Бұл құбырлар мен табақты/пластина материалын қосуға, сондай-ақ құбырларды Өтпелі және үштік қосылыстарға қосуға мүмкіндік береді. Термоадролық дәнекерлеуге қарағанда негізгі артықшылықтар жылу бөлінбейді және процесс дәнекерлеуге қарағанда тезірек жүреді.

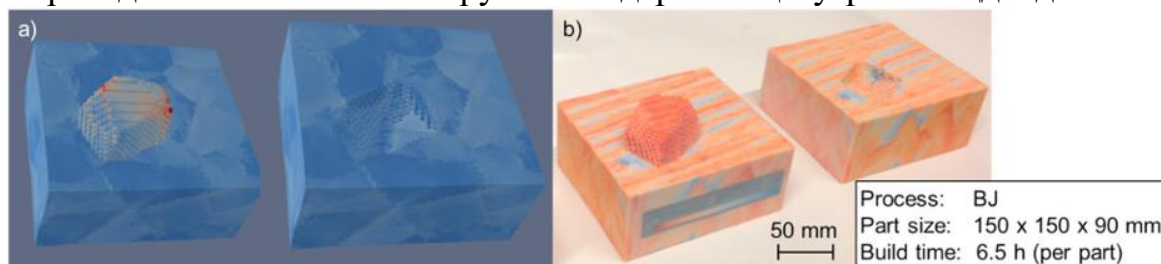
Алайда, тригеминальды қосылыстарды жасау үшін екінші түтікте пайда болған тесікке салынған құбырдың ұшын деформациялау және жергілікті түсіру арқылы айналмалы фланец қалыптастыру қажет. Технологиялық процесті жобалаудағы негізгі міндет-материалдың ағынын дәл бақылау арқылы осы процеске қажетті құралды жобалау. Сонымен қатар, егер Fe қосылу процесін модельдеу нәтижесі басып шығарылса, физикалық модель екі бөліктің тығыз байланыста екенін немесе олар тек бос байланыс құрайтындығын зерттеуге мүмкіндік береді. Осылайша, мұндай қосылыстарды 3D басып шығару процестің геометриялық шектеулерін түсіну үшін пайдалы, сонымен қатар аспаптық және қалыптау кезеңдерін жобалауға көмектеседі.



3-сурет CAD-моделі (а) және 3D түсті басып шығару (В).

Металдарды қысыммен өңдеген кезде зақымдану көбінесе жоғары жергілікті кернеулерге байланысты металл емес қосылыстар мен матрицалық материалдардың интерфейсінде пайда болады. Микро деңгейдегі кернеу күйін кристаллопластиканың соңғы элементтерінің (CP-FEM) әдістерімен модельдеуге болады. Алайда, нәтижелерді компьютер экранында қарастыру қосу және қалыптау кезінде пайда болатын кернеулер туралы материалдың пластикалық ағымы туралы жеткілікті түсінік бермейді. Бұл жағдайда нәтижелерді 3D басып шығару пайдалы.

Мұнда қарастырылған мысалда бірнеше дәндер мен металл емес қоспалардан тұратын өкілдік көлемді элемент қарастырылды. CP-FEM модельдеу RVE сығылған кезде жүргізілді. Матрицаның қоршаған материалындағы кернеулерді көрсету үшін Модель екі бөлікке бөлінді. Бұл жағдайда екі бөліктің тегіс жиналуын жеңілдету үшін кез-келген кесуден аулақ болу керек. Содан кейін компоненттердің шеттері оңтайландырылып, алдынала өңдеудің келесі кезеңінде аңыз қолданылды. 3D басып шығару кезінде 3D принтердің құрылымдық кеңістігіндегі бөліктер үшін қабаттардың бір-біріне туралануын оңтайландыру үшін бірдей басып шығару бағыты сақталды (суретті қараңыз. 4 б). Модельдің үлкен көлеміне байланысты ВJ процесі PJM-мен салыстырғанда төмен басып шығару шығындарын сақтау үшін таңдалды.



4-сурет Микроқұрылым моделі: модельдеу нәтижесі (А) және түсті 3D басып шығару (В).



## 2 3D басып шығару арқылы - дәрілік препараттарды өндіру

Біз CJ-3DP технологиясын леветирацетамның түрлі-түсті мультфильмдік препараттарын жасау үшін инновациялық түрде қолдандық, оның сыртқы түрі мен тез арада босату сипаттамалары бар. Осы мақалада дәрілік заттардың рецептураларын оңтайландыру бойынша жан-жақты зерттеулер жүргізілді және рецептураның өндірісті масштабтау үшін қолданылуы қарастырылды. Этанолмен салыстырғанда изопропанол баспа бояуларындағы маңызды еріткіш ретінде ыстық көпіршікті басып шығару кезінде рецепт бойынша төзімділікке ие.

Бұл бірінші рет изопропанол CJ-3DP үшін негізгі еріткіш ретінде зерттеліп, керемет басып шығару әсеріне жетеді. Және таблеткалардың құрамы мен құрылымын оңтайландыру арқылы 3D баспа таблеткалары керемет көрініске ие болды және бетінің кедір-бұдырлығы аз болды, бұл алғашқы 3D баспа препаратының (Spritam®) қасиеттерімен салыстырғанда айтарлықтай жақсарды. Бұл зерттеу планшеттердің дисперсиясын модельдің ішкі кеңістіктік құрылымын түзету арқылы одан әрі жеделдетуге болатындығын дәлелдейді, ал препараттың күшті жақтарын икемді реттеуге жеке енгізуді жүзеге асыру үшін мөлшерлеу моделін құру арқылы қол жеткізуге болады.

3D басып шығару-күрделі ауызша дозаланған дәрілік препараттарды өндіруде қолданылатын перспективті технология. Бұл зерттеу алғаш рет леветирацетамның түрлі-түсті мультфильмдік балалар препараттарын жоғары дәлдікпен және репродуктивтілікпен өндіруге арналған 3D түсті сиялы (CJ-3DP) инновациялық технологиясы туралы хабарлады. Бұл зерттеу үшін идеалды баспа бояуы 40% (в/в) изопропанолдың Сулы ерітіндісінен тұрды, оның құрамында 0,05% (в/в) поливинилпирролидон және 4% (в/в) глицерин бар, бұл өндірісті масштабтауды қанағаттандырды. Планшеттердің сыртқы және ішкі кеңістіктік құрылымдары сыртқы келбеті мен шығарылуын басқару үшін жасалынған және тез арада босату сипаттамалары бар мультфильм таблеткалары басып шығарылған. Дозалау моделі модель көлемі мен таблетка күші ( $r > 0.999$ ) арасындағы жақсы сызықтық байланысты көрсетті, бұл жеке енгізудің әлеуетін дәлелдеді.

Бетінің кедір-бұдырлығы CJ-3DP таблеткаларының пайда болуы аталған 3D баспа препараттарының біріншісіне қарағанда едәуір жақсы екенін көрсетті. Сонымен қатар, сканерлейтін электронды микроскопия мен кеуектіліктің нәтижелері таблеткалардың ішкі және тығыз сыртқы бетінің құрылымы бар екенін көрсетті, бұл бір уақытта жақсы механикалық қасиеттер мен жылдам дисперсиялық сипаттамаларды қамтамасыз етеді. Қорытындылай келе, CJ-3DP инновациялық технологиясын сәйкестікті арттыру үшін жеке педиатриялық препараттарды жасау үшін қолдануға болатындығын атап өткен жөн. Тұрақты рецепт пен өндіріс процесінің арқасында бұл технология өндірісті кеңейтуге мүмкіндік береді.

Дәл медицинаның пайда болуымен жеке медицинаға деген сұраныс күрт өсті, ал емдеудің дәстүрлі "әмбебап" тәсілдері клиникалық тәжірибеде әлі де

басым. Әсіресе балаларға арналған дәрі-дәрмектер үшін тиісті дәрілік формалардың болмауы, нәресте дозаларының жетіспеушілігі, нәресте дәрілік формаларының дәмі және жұтылу қиындықтары сияқты бірқатар проблемалар бар. Балаларды көбінесе "кішкентай ересектер" деп атайды, бірақ іс жүзінде олар ересектерден физикалық және ақыл-ой жағынан айтарлықтай ерекшеленеді. Педиатрлар клиникалық тәжірибеге сүйене отырып, ересектерге арналған дозаны түзетеді, бұл рецепттерде "жарты таблеткалардың" дозасын сипаттау жиі пайда болады. Препарат құрылымының бұзылуы *in vivo* фармакокинетикалық өзгерістеріне әкелуі және әлеуетті уыттылыққа және тиімділігінің жоғалуына әкелуі мүмкін. Дәрі-дәрмек терапиясының жанама әсерлерінің 75-85% - ы дұрыс емес дозадан немесе дозалардың комбинациясынан туындағаны туралы хабарланды.

Еуропалық балалардағы есірткіні зерттеу желісінің (ENDIC) сауалнамасы ЕО-да ауруханаға жатқызылған балаларға арналған барлық рецепттердің ~50%- ы жапсырмадан тыс немесе лицензияланбаған түрде тағайындалғанын көрсетті. Сонымен қатар, балалар әдеттегі дәрілік формалардың орнына сүйкімді формасы, ашық түсі және тәтті дәмі бар дәрі-дәрмектерді таңдайды. Соңғы жылдары балалар препараттары саласындағы айтарлықтай жетістіктерге қарамастан, жоғарыда аталған проблемалар қазіргі уақытта фармацевтикалық технологияның негізгі проблемалары болып қала береді. Осы міндетпен қатар балаларға арналған "жеке" препараттарды алу үшін фармацевтикалық өндірістің инновациялық технологиясын әзірлеу мүмкіндігі пайда болады. 3D-басып шығару технологиясы (үш өлшемді басып шығару) өзін дербестендірілген препаратты дайындауға перспективалық тәсіл ретінде көрсетті. 3D басып шығару, сондай-ақ "жылдам прототипі", "қатты еркін нысандарын өндіру" және "аддитивті өндіру" деп аталады. Бұл сандық модельдерге негізделген технология, қабатты басып шығару арқылы нысандарды құруға және компьютердегі сызбаларды физикалық нысандарға айналдыруға мүмкіндік береді. 3D басып шығару технологиясы әртүрлі геометриялық пішіндер мен функциялары бар өнімдерді шығару үшін басқарылатын басып шығару процесінің арқасында жоғары икемділікті қамтамасыз етеді. Қазіргі уақытта 3D басып шығару құрылыс индустриясында, машина жасауда, аэроғарышта, медициналық салада және үлкен жетістіктерге қол жеткізген басқа салаларда кеңінен қолданылады.

Алғашқы және жалғыз 3D-баспалық препарат-спритам, фармацевтикалық зерттеулердің 3D-баспалық технологиясындағы маңызды кезең, FDA 2015 жылы мақұлданған. Бұл тұжырымды жасау үшін *drop-on-powder* (DoP) деп аталатын *Binder Jet 3D printing* (BJ-3DP) технологиясы қолданылды. Сұйық байланыстырғыш және/немесе белсенді фармацевтикалық ингредиенті бар баспа бояуы басып шығару механизміне жүктеледі және ұнтақ қабатына дәл бағытта және дозада шашырайды, ал басып шығару процестері қажетті 3D өнімін алу үшін үнемі қайталанатын. Дәстүрлі таблеткалармен салыстырғанда Спритам® препараттың үлкен жүктеме қабілетіне (~65%) және жоғары кеуекті құрылымға ие, бұл таблетканың суда тез еруіне мүмкіндік бере отырып, бетінің

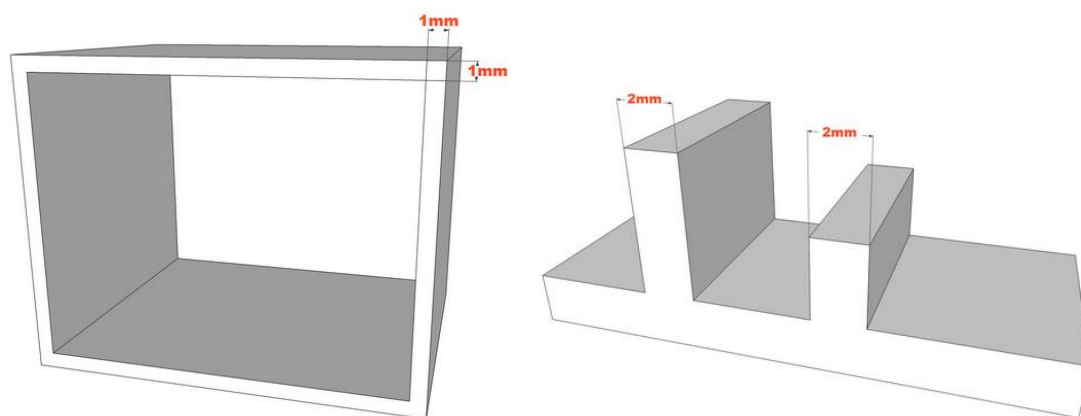
ауданын күрт арттырады. Фармацевтика саласында қолданылатын 3D басып шығару әдістері-BJ-3DP, стереолитография (SLA) және балқытылған тұндыруды модельдеу (FDM). SLA процесінде 3D қабатты құрылымдар сұйық шайырдың жұқа қабатын жылжымалы платформада қатайту және полимерді ультракүлгін (ультракүлгін) лазер сәулесімен белгілі бір тереңдікте сұйықтық беті арқылы емдеу арқылы жасалады. SLA-ның жоғары дәлдігі мен рұқсат ету қасиеттері оны күрделі үш өлшемді ішкі құрылымдары бар препараттарды өндірудің тартымды әдісіне айналдырады. Алайда, фармацевтикалық өнеркәсіпте SLA қолдану биосәйкес фотополимеризацияланатын олигомерлердің болуымен шектеледі. Тағы бір кемшілігі-SLA негізінен жалғыз материалдарды пайдаланады, ал полимерлі қоспалар мен есірткі жүктемесі бар құрылымдар сияқты күрделі препараттардың дамуы шектеулі. FDM-бұл фармацевтика саласындағы ең көп зерттелген 3D басып шығару технологиясы. FDM икемділігі оған әртүрлі геометриялары бар дәрі-дәрмектер шығаруға немесе терапияны жекелендіру үшін қолдануға болатын дәрі-дәрмектердің шығарылу әрекетін өзгертуге мүмкіндік береді.

Алайда, FDM өнімділігі төмен және FDM препараттарын термиялық талдау жоғары температура термиялық тұрақсыз белсенді фармацевтикалық ингредиенттердің (API) айтарлықтай тозуына әкелетінін көрсетеді. BJ-3DP-бұл қарапайым, жан-жақты, арзан, жоғары жылдамдықты процесс, ол жеке және жеке дәрі-дәрмектерді жасауға көптеген мүмкіндіктер береді. Ол бастапқы материалдардың кең спектрін ұсынады (ұнтақ және байланыстырғыш ерітінді сияқты) және басқа 3D басып шығару технологияларымен (SLA және FDM сияқты) салыстырғанда фармацевтика саласында кеңінен қолданылады. Бұл фармацевтикалық препараттарды коммерциялық өндіру үшін 3D басып шығарудың ең перспективті әдістерінің бірі. Гул мен Амиги қосымша баспада байланыстырғыштар мен еріткіштерді қолдану туралы әдебиеттерге толық шолу жасады гидроксипропилцеллюлоза (ГПК) этанол мен судан тұратын сиямен БЖ-3дп үшін қатты байланыстырғыш ретінде пайдаланылды және ГПК сенімді дәрілік формаларды басып шығару үшін БЖ-3дп үшін жарамды қатты байланыстырғыш екенін көрсететін жоғары дәрілік жүктемесі бар қолайлы таблеткалар алынды. Викстрем және т.б. суда аз еритін индометацин дәрілік препаратының баспа сияларын дайындады және пьезоэлектрлік реактивті технологияны қолдана отырып, еріту қасиеттері жақсартылған икемді және дербестендірілген тәсілмен дәрілік заттарды жеткізудің баспа жүйелерін дайындады. Құрамында дәрілік препараттар бар сия, сондай-ақ BJ-3DP функционалдық заттаңбалар мен сапаны бақылау шараларын жасау қабілетін суреттейтін жедел ден қою кодтары түрінде гипромеллозды материалдарға басылады.

Соңғы зерттеулер, сондай-ақ нашар еритін дәрі-дәрмек босату жақсарту үшін липидтер (атап айтқанда, қатты өзін-өзі microemulгирующие дәрі-дәрмек жеткізу жүйелері (S-SMEDDS)) негізінде есірткі жасау үшін 3D басып шығару қабілетін атап өтті. Алайда, BJ-3DP әлі де ұнтақтың дұрыс берілмеуі және куретаж, сияның болмауы, саптамалардың бітелуі, байланыстырғыштың көші-

қоны және қан кету сияқты кейбір мәселелерге тап болады. Соңғы бояудың физика-химиялық қасиеттері, оның ішінде беттік керілу және тұтқырлық, ұнтақтың қасиеттерін басып шығару механизмімен біріктіру арқылы кішкене аймақта бақылануы керек және басып шығару қабілетінің үлкен өзгеруіне әкелуі мүмкін. Басып шығарылған заттың сыртқы түрін дәл бақылау VJ-3DP үшін де қиын, бұл үлкен ұнтақты бір-бірінің үстіне қоюға байланысты өрескел бетке әкелуі мүмкін. VJ-3DP-ге көбірек зерттеу жүргізілсе де, масштабтау мүмкіндігіне аз көңіл бөлінеді, ал кішкентай өнімдер балалардың көптеген қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін жасалынған, мысалы, керемет келбеті, икемді дозасы, тез арада босатылу сипаттамасы және т. б. Бұл зерттеу балаларға арналған түрлі-түсті мультфильм планшеттерін шығару үшін 3D түрлі-түсті сиялы басып шығарудың (CJ-3DP) инновациялық технологиясын жасады, сонымен қатар масштабтау мүмкіндігі бағаланды. VJ-3DP-мен салыстырғанда, CJ-3DP әртүрлі баспа бояуларымен толтырылған бірнеше басып шығару бастарын біріктіру арқылы препараттың неғұрлым тазартылған көрінісіне қол жеткізе алады.

Бұл мақалада 3D басып шығарудың орындылығы мен сенімділігінде шешуші рөл атқаратын дәрілік формаларды, әсіресе сия формулаларын жан-жақты зерттеу жүргізіледі. Этанолмен салыстырғанда изопропанол басылған бояудағы негізгі еріткіш ретінде рецепт бойынша төзімділікке ие. Өнімнің сапасы Спритамның® сапасынан кем түспеуін қамтамасыз ету үшін осы зерттеудің маңызды бөлігі бетінің кедір-бұдырлығын, механикалық қасиеттерін, микроқұрылымын және таблеткалардың босап шығу сипаттамаларын анықтау болды. Леветирацетамды модельдік препарат ретінде қабылдай отырып, балаларға ыңғайлы CJ-3DP мультфильм таблеткалары жасалды және сипатталды, олар керемет сыртқы келбеті мен жедел босату сипаттамалары бар, олар жеке дәрі ретінде қолдануға үлкен әлеуетке ие.



5-сурет Детальды модельдеу кезіндегі профильды көрінісі

## 2.1 Ұнтақ қоспасы мен баспа бояуын дайындау

Леветирацетам ұсатқышпен. МСС PH101, маннит, сукралоза және жалбыз хош иісі 120 торлы електен өтті. Ұнтақтың аққыштығын жақсарту үшін 200 торлы електен өткізілген 40 Аэросил қосылды. Жоғарыда аталған компоненттерді араластыру соңғы ұнтақ қоспасын ала отырып, 20 айн / мин ішінде 20 айн / мин бункерлік араластырғышпен (HSD15, Қанахан, Қытай) жүзеге асырылды. Леветирацетамның ұнтақ қоспасындағы үлесі ~65% құрады, сондықтан оның бөлшектердің мөлшерінің әсерін зерттеу қажет. Бұл зерттеуде этанолдың 50% (v/v) сулы ерітіндісі баспа бояуының негізгі еріткіші ретінде қолданылды. Тұрақты тамшылатып бүрку және ұнтақпен жақсы жабысқақ әсер алу үшін базалық еріткішке байланыстырғыш (PVP K30), Пластификатор (глицерин) және ылғалдандырғыш (полисорбат 20) тиісті пропорцияларды қосып, соңында қолайлы сия алды. Түрлі-түсті баспа бояулары суда ерітін пигменттерді қосу арқылы алынды.

Қоспалардың тыныштық бұрышын ( $n = 3$ ) және хауснер қатынасын ( $n = 3$ ) анықтау үшін ұнтақты кешенді сипаттама тестері қолданылды. Хауснер коэффициентін көлемдік тығыздықтың және бөлу тығыздығының өлшенген мәндерін қолдана отырып есептеуге болады.

$$\text{HausnerRatio} = \rho_{\text{tapped}} / \rho_{\text{bulk}}$$

### *Беттік керілу және сия байланыс бұрышы*

Беткі кернеу мен байланыс бұрышы 25 °С-та тамшы пішінді анализатормен (DSA25, Kruss GmbH, Германия) ілулі тамшы әдісі мен отырықшы тамшы әдісін ( $n = 3$ ) қолдана отырып өлшенді. Джунг-Лаплас теңдеуі және шеңберлерді бекіту әдісі беттік керілу мен байланыс бұрышын есептеу үшін қолданылды. Байланыс бұрышын өлшеу кезінде ұнтақ бетінің кедір-бұдырлығына әсер етпеу үшін 20 МПа қысым таблеткаларын басу арқылы қалыңдығы 25 мм параққа басылады.

### *Тұтқырлық және сия тығыздығы*

Баспа бояуының тұтқырлығы үш данада вискозиметрмен (DV-III ULTRA, Брукфилд, АҚШ) 25 °температурада өлшенді. 25 мл баспа бояуы үш данада массасы бойынша 25 °с болатын көлемді колбаға қосылды, ал баспа бояуының тығыздығы массаның көлеміне қатысты есептелді.

### *Басып шығару мүмкіндігі*

Сияның басып шығарылуын беттік керілу ( $\gamma$ ), тұтқырлық ( $\eta$ ), тығыздық ( $\rho$ ) және тамшы диаметрі ( $a$ ) баспа бояуымен ( $E_q$ ) байланысты кері ( $Z$ ) санмен бағалауға болады. 2). Теңдеу басып шығарылған бояудың сипаттамаларын ескереді және  $Z$  мәні 1-10[26.35-37] аралығында болған кезде басып шығарылған бояудың сәтті шашырауына қол жеткізуге болады. Зерттеулер көрсеткендей, төмен тұтқыр сұйықтықтарда спутниктік тамшылар  $Z > 10$  кезінде жиі пайда болады, бұл басып шығару ажыратымдылығы мен дәлдігінің төмендеуіне әкеледі[38,39]. Алайда,  $z < 14$  кезінде спутниктік тамшы басып шығару жұмысына әсер етпестен тұндыру алдында бастапқы тамшымен

біріктірілуі мүмкін

$$Z = 1/Oh = \sqrt{(\gamma\alpha)} / \eta$$

### *Дәрілік түрдің құрылымы*

3D Sprint автоматтандырылған дизайн бағдарламалық жасақтамасы (3D systems, АҚШ) жүрек, кәмпиттер, мультфильмдер және т.б. сияқты балаларға арналған түрлі-түсті мультфильм модельдерін жасау үшін қолданылды (сурет. 1) балаларға қабылдау ыңғайлы болар еді. 3D басып шығару технологиясының икемділігі мен дәлдігіне сүйене отырып, таблеткалардың беріктігі (таблетка мөлшерімен реттеледі) және ішкі кеңістіктік құрылымдар (мысалы, қатты құрылым, қуыс құрылым, ішкі тірек қуыс құрылым, торлы құрылым және т.б.) белгілі бір мөлшерге және босату әрекетіне қол жеткізу үшін реттелуі мүмкін. Сонымен қатар, таблеткалардың пішіні мен түсі балалардың қалауына сәйкес өзгертілуі мүмкін.

### *Баспа процесі*

Басып шығару байланыстырушы сиялы 3D принтердің көмегімен жүзеге асырылды (project CJP 660 Pro, 3D systems, АҚШ). Суретте көрсетілгендей. 2, әзірленген модель файлы 3D принтер бағдарламалық жасақтамасына жүктелді, ол модельді кесіп, кесектерді 3D принтерге жіберді. Платформада ұнтақ қоспасының жұқа қабаттары қолданылды (қабатқа 100 мкм). Басып шығару машинасы 10 мкм сүзгі арқылы картриджге жүктелген белгілі бір құрамдағы мөлдір немесе түрлі-түсті баспа бояуларын іріктеп қолдану үшін 5 ыстық көпіршікті баспа бастарын (Hp11, Жапония) қолдана отырып, әр қабат бойынша жылжыды. Әр басып шығару механизмінде 304 саптама бар, ал саптамадан Бір тамшы 18 пл.сия тек әзірленген модельдің көлденең қимасында қатайған, ал қалған ұнтақ қолдау үшін қолданылған. Басып шығару ажыратымдылығы 600×540 нүкте / дюйм (DPI), ал тік құрастырудың максималды жылдамдығы сағатына 28 мм болды. Басып шығарғаннан кейін, таблеткалар органикалық еріткіш пен артық ылғалды кетіру үшін кем дегенде 1,5 сағат бойы 40 °С температурада кептірілді, ал көмекші ұнтақ интеграцияланған вакуумдық жүйе арқылы қайта пайдалану үшін өңделді. Содан кейін таблеткалар артық ұнтақты кетіру үшін ауа щеткасымен тазартылды.

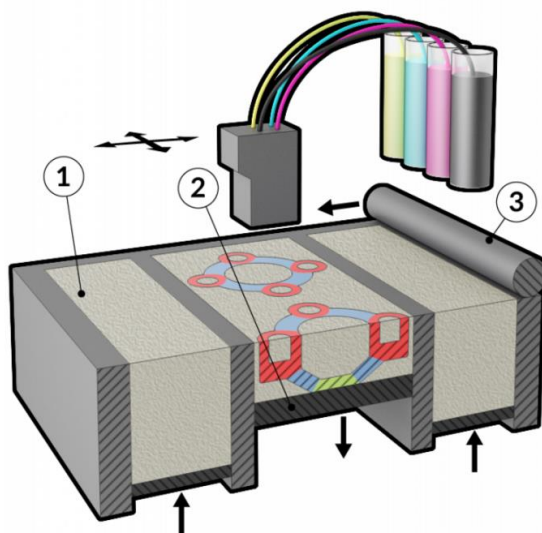
### *Таблетканың физикалық қасиеттері*

Планшеттің беті көзбен тегіс және тегіс болуы керек. Таблеткалар бетінің кедір-бұдырлығын өлшеу үшін үш өлшемді ақ жарық интерференциялық профилометр қолданылды (Nexview, ZYGO, АҚШ). Планшеттер орташа квадраттық биіктік (Sq), арифметикалық орташа биіктік (Sa) және максималды биіктік (Sz) сияқты беттің кедір-бұдырлығының тән параметрлерін бағалау үшін 2,75× объективпен және 1× окулярмен жоғарылаған кезде байқалды. Sz-шыңның максималды биіктігі (Sp) мен алқаптың максималды тереңдігінің (Sv) қосындысы.

### *Қаттылық және икемділік*

Таблеткалардың қаттылығы мен жұмсақтығы сынғыш және қаттылықты тексерушімен талданды (CJY-2C, Шанхай Huanghai Instruments Co., Ltd.,

Қытай). 6 таблетканың қаттылығы (сыну күші) сыну сынағымен өлшенді, ал сыну жүктемесі Ньютондарда (N) өлшенді. Таблеткалардың жұмсақтығы олардың бұзылуға төзімділігі тұрғысынан талданды. Кем дегенде 10 таблетка (кем дегенде 6,5 г) шаңмен себіліп, өлшеніп, 4 минут ішінде 25 айн / мин жылдамдықпен айналатын тестерге орналастырылды. барлық ұнтақ таблеткалардан алынып тасталды және салыстырмалы салмақ жоғалтуды есептеу үшін олар қайтадан өлшенді.



6-сурет Color Jet Printing Жұмыс істеу принципі

Баспа таблеткаларының морфологиясы электронды-оптикалық құрылғымен жабдықталған SEM көмегімен зерттелді. Өткізгіш қабатты үлгінің бетіне шашырату үшін вакуумдық буландырғыш қолданылды. Содан кейін үдеу кернеуі 3,0 кВ-қа дейін реттелді, ал үлгілер  $50\times$  және  $300\times$  жоғарылаған кезде байқалды.

Ұнтақтың сулануы мен аққыштығы CJ-3DP-де, әсіресе басып шығарудың дәлдігі мен біркелкілігін басқаруда маңызды рөл атқарады, олар негізінен ерігіштікке, беткі морфологияға және ұнтақ бөлшектерінің мөлшеріне байланысты. Бұл зерттеуде леветирацетам  $\sim 65\%$  жүктемесі бар модельдік препарат ретінде пайдаланылды, ол суда өте жақсы ериді (1,04 г/мл) және этанолда еркін ериді (0,165 г/мл). Суретте көрсетілгендей. 3 және 4, беткі морфология, бөлшектердің мөлшері ( $D_{90} \approx 120$  мкм,  $D_{50} \approx 25$  мкм) және сулану (0,5 С арқылы барлық байланыс бұрыштары  $15^\circ$  - тан төмен) API әр түрлі торларда айтарлықтай өзгеріс болмайды, бұл API-нің сынғыштығы, бірақ тордың өлшемі емес, ұсақтау процесінде маңызды рөл атқарғанын көрсетеді. Бірге алынған API 120 тор арқылы жер ретінде анықталды.

Сонымен қатар, бұл зерттеу көрсеткендей, бөлшектердің аз мөлшері ұнтақ қабатының қалыңдығынан сәл үлкен болса да (кейбір АПИ бөлшектердің мөлшері қабаттың қалыңдығынан 20 мкм үлкен), теріс әсерлер байқалмады. Бұл алдыңғы қабаттардағы қалдық сия жаңа қабат пайда болған кезде пластикалық түрде деформациялануы мүмкін, ал ролик қозғалған кезде үлкен бөлшектер ұнтақ қабатына енеді.



Ұнтақ қоспасының аққыштығын одан әрі жақсарту үшін ұнтаққа 200 Аэросил Қосылды (1-кестеде көрсетілгендей). Алайда, қосымша 200 Аэросил ( $\approx 0,3\%$ , вт/вт) шамадан тыс аққыштыққа әкелетіні анықталды (демалу бұрышы  $\approx 40,80 \pm 1,35$  және Хауснер коэффициенті  $\approx 1,41 \pm 0,02$ ), бұл басып шығару кезінде бункерден ұнтақтың айтарлықтай ағып кетуіне және бөлшектер арасында үйкелістің болмауынан туындаған қабаттың ықтимал ығысуына әкеледі. Шын мәнінде,  $42,03^\circ$  аралас ұнтақтың демалу бұрышы және 1,48 Хауснер коэффициенті дәстүрлі қатты дайындық талаптарынан өзгеше болатын ұнтақтың аққыштығы тұрғысынан 3D басып шығару талаптарына сәйкес келуі мүмкін (Хауснер коэффициенті 1,34-тен төмен) қолайлы). Сондықтан, 1-кестеде көрсетілгендей, 200 Аэросилінің ұнтақтағы үлесі 0,2% - ға тең деп анықталды.

Жалпы, көптеген сия процестеріндегі ең үлкен проблема сияны дамыту болып табылады. Басып шығарылған бояу басып шығару талаптарына сәйкес болу үшін тиісті тұтқырлықты, беттік керілуді және сулануды қажет етеді. Бұл зерттеуде леветирацетам суда еритін препарат болғандықтан және үлкен үлесті құрайтындықтан, суды негізгі еріткіш ретінде пайдалануға болады. Алайда, үлкен беттік керілуді ( $72 \text{ мН/М}$ ,  $25^\circ \text{C}$ ) және судың баяу булану жылдамдығын ескере отырып, ол әдетте негізгі еріткіш ретінде этанолмен бірге қолданылады. Алдыңғы зерттеуде этанол концентрациясы 70% - дан төмен болған кезде басып шығару мүмкін емес екендігі айтылды.

Алайда, біздің зерттеуіміз сияның басып шығарылуы баспа басының сиямен басып шығару механизмімен және ұнтақтың қасиеттерімен байланысты екенін көрсетті. Бұл зерттеуде негізгі еріткіш ретінде бастапқыда су-этанол ерітіндісі қолданылды, ал масштабтау процесінде ағынның біркелкілігі және интерстициальды бұзылу байқалды. Бұл сияның басып шығару механизміне сәйкес келмеуіне байланысты болуы мүмкін. Органикалық еріткіш ден төмен болған кезде, басып шығару кезінде бөртпелер пайда болып, таблеткалардың өрескел бетіне әкелді ал 40% (v/v) этанол интерстициальды бұзылуға әкелді. Органикалық еріткішті этанолдан 40% - ға изопропанолға.

Мұның себебі сәйкесінше  $82^\circ \text{C}$  және  $78^\circ \text{C}$  изопропанол мен этанолдың қайнау температурасына байланысты болуы мүмкін. Изопропанол жақсы жылу тұрақтылығына ие және ыстық көпіршікті басып шығару механизмінен еркін ағып кете алады. Сонымен қатар, изопропанолдың тұтқырлығы ( $2,430 \text{ МПа}\cdot\text{с}$ ,  $20^\circ \text{C}$ ) этанолға қарағанда жоғары ( $1,074 \text{ МПа}\cdot\text{с}$ ,  $20^\circ \text{C}$ ), сондықтан ол басып шығарудың бастапқы кезеңінде шамадан тыс енуді тудырмайды, бірақ жақсы сиялы сұйықтықты және басып шығару тұрақтылығын сақтайды. Әрі қарай, изопропанол 35% - дан төмен болған кезде, өріктер қайтадан пайда болатындығы анықталды (күріш сияқты. 5В) және изопропанолдың үлесі 50% - дан жоғары болған кезде аздап интерстициальды бұзылу пайда болды. Сондықтан басып шығарылған бояудағы негізгі еріткіш ретінде изопропанолдың 40% сулы ерітіндісі таңдалды. Бұл Изопропанолды CJ-3DP үшін негізгі еріткіш ретінде қолданатын және керемет басып шығару нәтижелеріне қол жеткізетін алғашқы зерттеу.

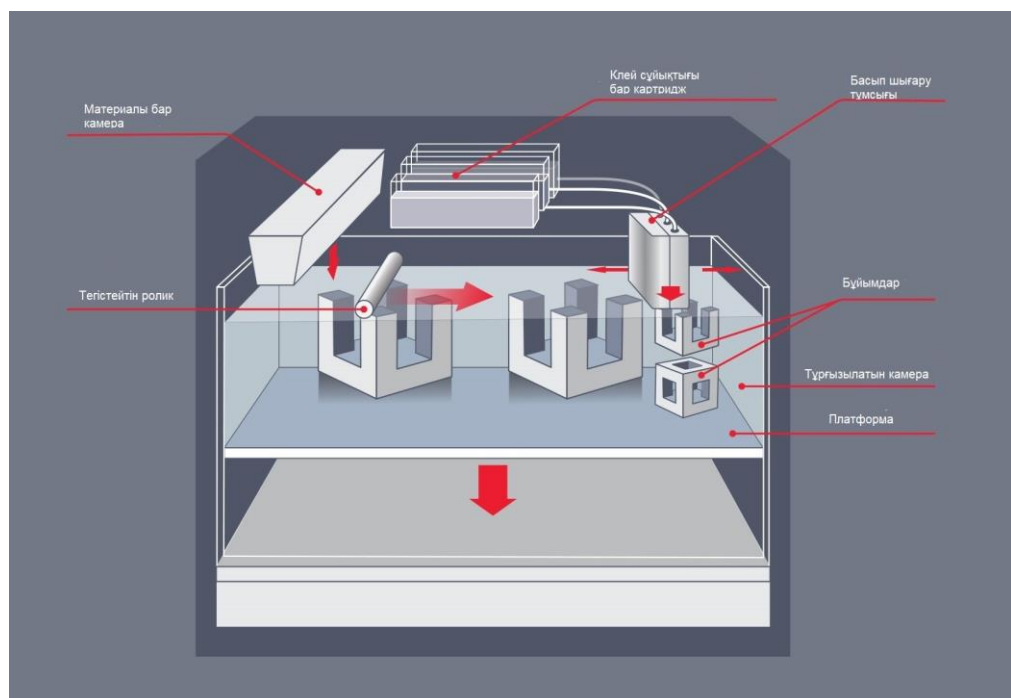
Баспа бояуларына ПВП қосу әдетте таблеткалардың механикалық қасиеттерін жақсартып алады. Нәтижелер PVP-ді баспа бояуларына қосу таблетканың қаттылығын арттырмайтынын, бірақ оның икемділігін едәуір төмендететінін көрсетті. PVP әртүрлі пропорцияларының баспа бояуларының физика-химиялық қасиеттеріне әсері және таблеткалардың сапасының критикалық сипаттамалары (CQAs) суретте көрсетілген. 6А және 6Б. баспа бояуының тығыздығы мен тұтқырлығы PVP жоғарылауымен жоғарылаған, бірақ беттік керілу тұрақты болып қала берді.

Оңтайландырылған жұмсақтық дәстүрлі түрде дайындалған таблеткаларға қарағанда жоғары болса да, ол Спритамға ұқсас болды®. Бұл нәтижелер сонымен қатар CJ-3DP дайындаған жедел босату рецептерін орауға ерекше назар аудару керек екенін көрсетті.

Соңғы зерттеулер 3D басып шығару композицияларында глицеринді қолданудың артықшылықтарын көрсетті. 6А және 6Б 4% (wt/wt) пропорцияда баспа бояуларына глицерин қосу таблеткалардың қалыптылығын едәуір жақсартып, диспергирлеуді тездететінін көрсетті. Алайда, глицериннің жоғары мөлшері механикалық қасиеттерді төмендетеді және таблеткалардың бетінің кедір-бұдырлығын арттырады, бұл шамадан тыс тұтқырлыққа және ағынның нашар біркелкілігіне байланысты болуы мүмкін. Теориялық тұрғыдан, беттік белсенді зат ретінде полисорбат баспа бояуының сулануын едәуір жақсартып алады, бірақ бұл зерттеуде баспа бояуының жақсы сулануымен байланысты нақты жақсарту байқалмады.

### 3 Кеңістіктік құрылым моделін жобалау

Препараттың шығарылуын одан әрі жеделдету үшін ішкі кеңістіктік құрылым модельдерінің үш түрі жасалды: суретте көрсетілгендей торлы құрылым, қуыс құрылым және ішкі тірегі бар қуыс құрылым. 7А-7с.торлы құрылымның қабығының қалыңдығы және қуыс құрылымның моделі таблетка мөлшерінің 1/4 бөлігін құрады. Қуыс құрылымның моделіне сүйене отырып, қабықтың және қуыс бөліктің 9 бағанасы тез ыдырауға қол жеткізу және таблеткалардың механикалық қасиеттерін сақтау үшін бүкіл құрылымға біркелкі бөлінеді. Алынған нәтижелерге сәйкес, орташа қаттылық тек 13 Н құрады, бұл планшеттің ішкі тірегі бар қуыс құрылымның механикалық қасиеттері нашар болғанын және планшет икемділік сынақтарына төтеп бере алмайтындығын көрсетеді. Планшеттің қуыс құрылымы мен торлы құрылымының орташа қаттылығы сәйкесінше 61 және 59 Н құрады, ал планшет икемділік сынағынан кейін өзгеріссіз қалды. Суретте келтірілген тұрақты қысым кезінде текстуралық анализатормен анықталған ыдырау қисығы тұрғысынан. 7D, қуыс құрылымы бар таблетка тезірек ыдырау уақытын көрсетті және оның механикалық қасиеттері торлы құрылымға ұқсас болды, сондықтан қуыс құрылым таблетка моделі ретінде таңдалды.



7-сурет CJP 660PRO принтерінің жұмыс процесі схемасы

3D - басып шығару технологиясы препаратты дербестендірілген енгізу үшін үлгі мөлшерін жобалау есебінен препарат дозасын икемді түрде реттеуге мүмкіндік береді. Дегенмен, әртүрлі модельдік өлшемдері бар таблеткаларды сәтті дайындау үшін басып шығару бояуы, ұнтақ және басып шығару параметрлері дәл басып шығару талаптарына қол жеткізу үшін бір-бірімен өзара әрекеттесуі керек. Бұл зерттеуде 3D Sprint бағдарламалық жасақтамасы

эртүрлі мөлшердегі таблетка модельдерін жобалау үшін қолданылды, ал теориялық артықшылықтары 160 мг, 250 мг, 500 мг, 750 мг және 1000 мг болды.

Таблеткалардың диаметрі мен биіктігі пропорционалды. Әр түрлі мөлшердегі қуыс модельдік таблеткалар белгілі бір типографиялық бояумен және ұнтақпен басып шығарылды, сонымен қатар әр таблетканың салмағы мен мазмұнын (беріктігін есептеу үшін қолданылады) анықтады. X осі ретінде планшет моделінің көлемін және Y осі ретінде планшеттің сипаттамасын ескере отырып, Модель өлшемі мен доза арасындағы корреляция орнатылды. Модельдің көлемі ( $v$ ) Мен таблетканың салмағы ( $m_1$ ) мен беріктігі ( $m_2$ ) арасында жақсы сызықтық байланыс байқалды. Препараттың дозасы қосымша қалыптарсыз модель құрылымының мөлшерімен икемді түрде реттелуі мүмкін екендігі дәлелденді.

Бұл зерттеу леветирацетамның түрлі-түсті мультфильм таблеткаларын дайындауды CJ-3DP көмегімен жүзеге асыруға болатындығын дәлелдейді. Таблеткалардың құрамы мен құрылымын оңтайландыру арқылы 3D басылған таблеткалар керемет көрініске ие болды және бетінің кедір-бұдырлығы аз болды, бұл Spritam® қасиеттерімен салыстырғанда едәуір жақсарды. Сонымен қатар, 3D баспа таблеткалары күшті механикалық қасиеттерге және тез арада босату сипаттамаларына ие болды. Спритам® - мен салыстырғанда, осы зерттеуде басылған таблеткалардың жалпы саны мен тері тесігінің ауданы ұқсас кеуектілікте едәуір жоғары болды. Көптеген ұсақ тесіктер таблетка сумен байланыста болған кезде оңай суланған капиллярлық арналарды құрады, олар таблеткаға капиллярлық арналар арқылы еніп, бүкіл таблетканы тез ылғалдандырып, оның ыдырауына әкеледі. Сонымен қатар, бұл зерттеу планшеттердің дисперсиясын модельдің ішкі кеңістіктік құрылымын түзету арқылы одан әрі жеделдетуге болатындығын дәлелдейді, ал препараттың күшті жақтарын икемді реттеуге жеке енгізуді жүзеге асыру үшін мөлшерлеу моделін құру арқылы қол жеткізуге болады.

CJ-3DP және көптеген реактивті процестер үшін ең үлкен проблема-сияны дамыту. Бұл зерттеу сәйкес сияны анықтау үшін жан-жақты эксперименттер жүргізді және өндірісті масштабтауға арналған рецепттің қолданылуын қарастырды. Дегенмен, эртүрлі ұнтақтар мен басып шығару бастары әдетте эртүрлі оңтайлы сия қосылыстарына әкеледі. Өндірісті масштабтау тұрғысынан, ыстық көпіршікті баспа бастарын қолданған кезде, бояулардағы органикалық еріткіштің үлесі реактивтің нашар біркелкілігінен туындаған таблеткалардың интерстициальды бұзылуын болдырмау үшін тым үлкен болмауы керек. Дәстүрлі пісіру процесімен салыстырғанда, CJ-3DP осы зерттеуде 120 таблетканы басып шығару үшін 60 минутты алады. Өңдеу сатыларының едәуір қысқарған жеке дозаларын өндірудің тікелей әлеуеті бар болғанымен, өндіріс тиімділігі әлі де төмен. Болашақта өндірістік баспа жабдықтарын пайдалану өндіріс тиімділігін арттырады деп күтілуде, бірақ 3D басып шығару жабдықтары жоғары дәлдік пен басып шығару тиімділігінің талаптарын қанағаттандыру үшін үнемі жетілдіруді қажет етеді.

### 3.1 CJP-ді басқа 3D басып шығару технологияларымен салыстыру

ColorJet Printing (CJP) - бұл екі негізгі компонентті – ядро мен байланыстырғышты қамтитын қосымша өндіріс технологиясы. Core™ материалы Білікше арқылы құрылыс платформасына жұқа қабаттармен жағылады. Әр қабатты қолданғаннан кейін, түрлі-түсті байланыстырғыш өзек қабатының үстіндегі сиялы басып шығару бастарынан таңдалады, бұл өзектің қатаюына әкеледі. Құрастыру платформасы әрбір келесі қабатпен түсіріледі, ол қолданылады және басып шығарылады, нәтижесінде толық түсті үш өлшемді модель пайда болады.

3D Systems түсті сиялы принтерлер-бұл толық, фотореалистік түсті 3D принтерін жасайтын саладағы жалғыз 3D принтерлер. Принтерлердің бұл ассортименти кез-келген адамға түстерді қажет ететін кез-келген нәрсені прототиптеуге икемділік береді, олар сіз көрсеткен түстерге сәйкес келеді және олар қауіпсіз, кеңсе үшін ыңғайлы және қолдануға оңай.

Толық түсті LEADERSHIP CJP технологиясы-жартылай реңкті және өзгермелі drop-per-voxel технологиясын қолдана отырып, фотореалистік 3D модельдерін жасауға мүмкіндік беретін жалғыз 3D басып шығару технологиясы. Бұл көк, күлгін, сары және кейбір принтерлерде ақ ұнтаққа басып шығару үшін қара байланыстырғышты қолданған кезде мүмкін. Үш - төрт түсті арнаны қолдана отырып, CJP кемпірқосақтың бір бөлігімен шектелмейді. Түстерді модельдің кез-келген жеріне орналастыруға болады және толық текстуралық карталар мен УК карталарын қолдана отырып басып шығаруға болады.

Байланысты жақсартыңыз бір қадамда басылған ашық түсті жоғары ажыратымдылықтағы прототиптермен өнімнің сыртқы түрін, сезімін және дизайн стилін өткізіңіз. Сіз әлеуетті клиенттерге, демеушілерге және фокус-топтарға нақты түпкі өнім модельдерін жеткізу арқылы бизнесті жеңесіз.

Әзірлеу шығындарын азайтыңыз дизайн өзгерістерін ертерек анықтау үшін өнімді әзірлеудің ерте сатысында қол жетімді прототиптерді жасаңыз. Соңғы бөліктің тұжырымдамасын дәл жеткізе отырып, барлық мүдделі тараптар дұрыс дизайнды таңдап, әрі қарайғы даму процесінде қымбат өзгерістерді қысқартады.

Толық түсті прототиптерді бірнеше сағат ішінде Оңай және қол жетімді басып шығару мүмкіндігінің арқасында CJP пайдаланушылары дизайнның көптеген нұсқаларын тез зерттеп, кері байланыс ала алады, дизайнды жетілдіреді және дизайн аяқталғанша циклды қайталай алады.

Нарыққа шығу уақытын тездетіңіз бүкіл әлемдегі CJP пайдаланушылары нақты өнімге ұқсайтын жылдам және қарапайым 3D прототиптерін басып шығару арқылы дизайн циклдарын қысу арқылы өнімдерді нарыққа тезірек шығарады. Мүдделі тараптар жобаның жоспарын жақсырақ елестете алады және тезірек және тиімді шешімдер қабылдай алады.

Бірнеше сағат бойы таңқаларлық толық түсті нәтижелермен пайдаланудың шынайы қарапайымдылығынан ләззат алыңыз Жоғары дәлдік пен жоғары ажыратымдылықпен projet CJP 660PRO жоғары жылдамдықта басып шығарады, нәтижелерді күнмен емес, сағатпен алады.

Толық түсті СМҮК басып шығару бір жинақта палитраларды ауыстырудың қажеті жоқ.Сәулет, тұтынушылық тауарлар дизайны, Денсаулық сақтау, білім беру модельдері, Кристаллография, медициналық оқу модельдері және басқалары үшін өте қолайлы. CJP-ді басқа 3D басып шығару технологияларымен салыстыру

ColorJet Printing әдісі ең алдымен оның қол жетімділігімен тартымды, бұл оны үш өлшемді басып шығарудың нақты технологияларынан – мысалы, селективті лазерлік синтездеу немесе лазерлік стереолитографиядан ерекшелендіреді. Cjp – де түстерді көрсету жағынан аналогтар жоқ-бұл СМҮК палитрасының түстерін беруге мүмкіндік беретін жалғыз 3D басып шығару технологиясы. Мысалы, ұнтақтарды қолданатын селективті лазерлік агломерация материалдардың жоғары беріктігін қамтамасыз етеді, бірақ модельдерді тек бір түспен бояуға мүмкіндік береді. Cjp 3D-принтеріндегі биіктігі бойынша Объектіні өсіру жылдамдығы сағатына 5 мм-ден басталады, ал бұл басқа технологиялармен салыстырғанда 5-10 есе жылдам. Жоғарыда айтылғандай, CJP төмен шығындармен, қолдаудың жоқтығымен және материалды қалдықсыз пайдаланумен жақсы сипатталады.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл жұмыста қалыптау инженерлері алған модельдеу нәтижелері негізінде 3D Түсті модельдерді жасау үшін қолдануға болатын әртүрлі генеративті өндіріс әдістері ұсынылған. Жабдықты жобалау мен модельдеуден бастап физикалық модельге дейінгі процестер тізбегі ұсынылған. Деректерді қалыптастыру процестерінен дайындау ерекшеліктеріне ерекше назар аударылады. Қол жетімді 3D түсті басып шығару әдістерінің әртүрлі технологиялары талқыланады. Сонымен қатар, сапа мен шығындарды талдау PJM әдісі салыстырмалы түрде жоғары шығындармен техникалық жағынан жақсы модельдер құратынын көрсетеді. Керісінше, қарастырылған тағы үш әдіс төмен бағамен орташа сапаны қамтамасыз етеді. Табақ металын қалыптастыру және микроқұрылымды модельдеу мысалдарына сүйене отырып, мақалада жоспарлау және модельдеу процесінің CAD деректері 3D Түсті модель ретінде қалай өңделіп, жүзеге асырылатындығы көрсетілген.

Бұл тағы бір жас технологияның артықшылықтарының бірі-жасалған басып шығарулар бір модельде геометрияны да, модельдеу нәтижелерін де көрсетеді. Көрнекі және "түсінікті" модельдерді оқытуда, сонымен қатар Даму тобының кездесулерінде және клиенттермен қарым-қатынастың соңғы кезеңінде де қолдануға болады. Бұл әдістерді қалыптау құралдары мен металл прототиптері әлі қол жетімді болмаған кезде дамудың алғашқы кезеңдерінде модельдер мен прототиптерді жасау үшін де қолдануға болады. Бұл технология негізінен қатты және Парақ металын қалыптастыру процесінде қолданылатын модельдеу нәтижелерінің кең спектріне қолданылады. PJM процесі үшін "сандық материалдарды" әзірлеу арқылы икемді және мөлдір материалдар қол жетімді болды, оларды болашақ жұмысында да зерттеу керек.



## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 T. Wohlers, Wohlers Report 2014 - AM and 3D Printing State of the Industry, Wohlers Associates Inc., Fort Collins, USA, 2014.
- 2 N. de Beer, Additive Manufacturing - Turning Mind into Mater, Sierra College for Applied Competitive Technologies, 2012.
- 3 A. Gebhardt, J.-S. Hötter, Additive Manufacturing - 3D Printing for Prototyping and Manufacturing, Hanser, Munich, 2016
- 4 I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker, Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing, 5 Springer, New York, 2016
- 6 S. Junk, Implementation of virtual models from sheet metal forming simulation into physical 3D colour models using 3D printing, 7 Numisheet 2016, IOP Publishing, Journal of Physics: Conference Series 734 (2016) 032062, pp. 1-4
- 8 S. Junk, J. Sämann-Sun, M. Niederhöfer, Application of 3D Printing for the Rapid Tooling of Thermoforming Moulds, MATADOR 2010, 36th International MATADOR Conference, Manchester (UK), Springer, 2010, pp. 369-372
- 9 S. Junk, B. Taleb-Araghi, New Developments in Rapid Tooling Using 3D-Printing with Plaster Powders, in: Proceedings of Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference, DDMC, Berlin, 2012, pp.1-6
- 10 S. Scheer, Untersuchung von 3D-Farbtechnologien zum Einsatz in der Simulationstechnik, Thesis, Offenburg University, 2016

### Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Асыл Зиябеков

**Название:** Тетік жасау кезінде Color Jet printing аддитивті технологиясын қолдану

**Координатор:** PhD д-ф, қауым. профессор Бекен Арымбеков

**Коэффициент подобия 1:0**

**Коэффициент подобия 2:0**

**Замена букв:2**

**Интервалы:0**

**Микропробелы:3**

**Белые знаки: 0**

**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....*допускается к защите*.....

.....*30.04.21*.....  
Дата

.....*Р.И.А.*.....  
Подпись Научного руководителя

Дата

Подпись заведующего кафедрой /  
начальника структурного подразделения

**Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

*допускается к защите*

.....  
.....

*В.И.Р.*

Дата

Подпись заведующего кафедрой /  
начальника структурного подразделения

**Протокол анализа Отчета подобия**

**заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Асыл Зиябеков

**Название:** Тетік жасау кезінде Color Jet printing аддитивті технологиясын қолдану

**Координатор:** PhD д-ф, қауым. профессор Бекен Арымбеков

**Коэффициент подобия 1:0**

**Коэффициент подобия 2:0**

**Замена букв:2**

**Интервалы:0**

**Микропробелы:3**

**Белые знаки:0**

**После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

*допускается к защите*

## Метаданные

Название  
**Тетік жасау кезінде Color Jet printing аддитивті технологиясын қолдану**

Автор Научный руководитель  
**Асыл Зиябеков PhD д-ф, қауым. профессор Бекен Арымбеков**

Подразделение  
**ИПАиЦ**

## Список возможных попыток манипуляций с текстом

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся манипуляций в тексте, с целью изменить результаты проверки. Для того, кто оценивает работу на бумажном носителе или в электронном формате, манипуляции могут быть невидимы (может быть также целенаправленное вписывание ошибок). Следует оценить, являются ли изменения преднамеренными или нет.

Замена букв		2
Интервалы		0
Микропробелы		3
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		0

## Объем найденных подобиий

Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



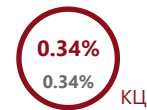
**25**

Длина фразы для коэффициента подобия 2



**6221**

Количество слов



**49209**

Количество символов

## Подобия по списку источников

Просмотрите список и проанализируйте, в особенности, те фрагменты, которые превышают КП №2 (выделенные жирным шрифтом). Используйте ссылку «Обозначить фрагмент» и обратите внимание на то, являются ли выделенные фрагменты повторяющимися короткими фразами, разбросанными в документе (совпадающие сходства), многочисленными короткими фразами расположенные рядом друг с другом (парафразирование) или обширными фрагментами без указания источника ("криптоцитаты").

### 10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	--	---

#### из базы данных RefBooks (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

#### из домашней базы данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

#### из программы обмена базами данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из интернета (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	--------------	---

### Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	---