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

Сейтжаппар Нүрислам Сейталимұлы

«Өнімді өндіруде z Corp Binder jetting аддитивті технологиясын қолдануды зерттеу»

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5В071200 – 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
_____ Арымбеков Б.С.
«___»_____2021 ж.

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Өнімді өндіруде z Corp Binder jetting аддитивті технологиясын қолдануды зерттеу»

5В071200 – Машина жасау

Орындаған Сейтжаппар Нұрислам Сейталимұлы

Ғылыми жетекші,
_____ профессор
Арымбеков Б.С.
«___»_____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
_____ Арымбсков Б.С.
«___»_____2021 ж.

Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы Нұрислам
Тақырыбы *«Өнімді өндіруде z Corp Binder jetting аддитивті технологиясын қолдануды зерттеу»*

Университет ректорының «___»_____20 ж. № _____ бұйрығымен бекітілген.
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «___»_____20___ж.
Дипломдық жобаның бастапқы берістері Өнімді өндіруде z Corp Binder jetting аддитивті технологиясын қолдануды зерттеу

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі
а)) z Corp Binder jetting зерттеу
б) Аддитивті технологияның өндіріске енгізілу қарқынын зерттеу және салыстыру
в) z Corp Binder jetting

Ұсынылған негізгі әдебиет: *8 атау*

Дипломдық жобаны дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәліметтер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе. Z Corp Binder jetting аддитивті технологиясы		
Binder jetting заманауи қолдану		
Binder jet 3D басып шығару		
Binder Jetting артықшылықтары мен кемшіліктері		

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	Арымбеков Б.С.		

Ғылыми жетекші _____ Арымбеков Б.С.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ Сейтжаппар Н.С

Күні «___ »_____2021 ж.

АҢДАТПА

"Аддитивті өндіріс" (АӨ) деп те аталатын 3D басып шығару-бұл соңғы жылдары салалар мен академиялық қауымдастықтардың қызығушылығын тудыратын жаңа технология . Бұл материалдарды қабатпен байланыстыру арқылы сандық модель файлдарынан үш өлшемді бөлшектерді тікелей жасауға мүмкіндік беретін жаңа өндіріс процесі. АӨ дәстүрлі өндірісті зияткерлік өндіріске айналдырудың негізгі технологияларының бірі ретінде қарастырылады, ол өнім өндірісі үшін алдыңғы қатарлы ақпараттық және өндірістік технологиялардың артықшылықтарын пайдалануға бағытталған. Ол микро-масштабтан макро-масштабқа дейінгі бөлшектерді шығаруға қабілетті, бөлшектердің дәлдігі мен дәлдігі нақты басып шығару әдістері мен параметрлеріне байланысты .

АННОТАЦИЯ

3D-печать, также известная как “аддитивное производство”, является новой технологией, привлекающей интерес со стороны отраслей промышленности и академических сообществ в последние годы . Это новый производственный процесс, который путем соединения материалов слой за слоем позволяет непосредственно создавать трехмерные детали из файлов цифровых моделей. АП рассматривается как одна из ключевых технологий преобразования традиционного производства в интеллектуальное производство, направленное на использование преимуществ передовых информационных и производственных технологий для производства продукции. Он способен производить детали от микро-до макромасштабов, точность и точность деталей связаны с конкретными методами и параметрами печати .

ANNOTATION

3D printing, also known as “additive manufacturing” (AM), is an emerging technology attracting interests from industries and academic communities in recent years . It is a novel manufacturing process which by joining materials layer by layer to build three-dimensional parts from digital model files directly. AM is considered as one of the key technologies for transforming traditional manufacturing to intelligent manufacturing which aims to take advantage of advanced information and manufacturing technologies to produce products. It is capable of producing parts from micro to macro scale, the precision and accuracy of the parts are related to the specific techniques and printing parameters .

МАЗМҰНЫ

Кіріспе.....9
1.Z Corp Binder jetting аддитивті технологиясы.....10
1.1 Негізгі ұғымдар мен анықтамалар.....10
2. Binder jetting заманауи қолдану.....13
2.1 Binder jetting қолдану.....13
2.2 Жабдық өндірушілер.....14
3. Binder jet 3D басып шығару.....15
3.1 Процесті қарау.....15
3.2 Қатаю және ұнтақты кетіру.....16
3.3 Агломерация және инфильтрация.....17
3.4 Өңдеу.....18
3.5 Binder Jet 3D басып шығаруға факторлар әсер етуі.....19
3.6 Ұнтақ сипаттамасы.....20
4. Binder Jetting үшін материалдар.....21
5. Binder Jetting артықшылықтары мен кемшіліктері.....22
5.1 Binder jetted-тің кейбір басқа артықшылықтары.....22
5.2 Binder jetting негізгі кемшіліктері.....23
Қорытынды.....26
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі.....27

Кіріспе

Заманауи міндеттер, ғылым мен техниканың алдында туындайтын қажеттілік неғұрлым күрделі техникалық объектілерді қысқа мерзімде жобалау. Сондықтан басым міндеттердің бірі-пайдалану жаңа (аддитивті) технологиялар. CAD-қолдану саласы қарқынды дамып келеді және егер осы уақытқа дейін енгізудің негізгі салалары машина жасаудың әртүрлі салалары және өнеркәсіптік жүйелер болса, қазір олар медициналық және биологиялық мәселелерде, атап айтқанда эндопротездерді жобалау үшін қолданылады. Дәстүрлі технологиялармен салыстырғанда процесті жүзеге асыруға аз уақыт бөлінетін заманауи технологиялар өндірілетін өнімдердің сапасын жақсартуға, материалдық шығындарды азайтуға, даму уақытын қысқартуға мүмкіндік береді. Жаңа технологияларды қолдану – өнеркәсіптік өндірістің кез келген саласында соңғы жылдардың басты тренді. Қазақстандағы және әлемдегі әрбір кәсіпорын ең озық әдістер мен материалдарды пайдалана отырып, неғұрлым арзан, сенімді және сапалы өнім жасауға ұмтылады. Аддитивті технологияларды пайдалану жаңа әзірлемелер мен жабдықтардың дәстүрлі өндірісті айтарлықтай жақсарта алатындығының жарқын мысалдарының бірі болып табылады. Аддитивті технологиясы дәстүрлі өндірістік модельдердегі машиналарға, құрастыру процестеріне және жеткізу тізбектеріне әсер етуі мүмкін . Американдық тестілеу және материалдар қоғамы (ASTM) аддитивті технологиясының жеті санатын(түрін) анықтайды:фотополимеризация, материалды реактивті өңдеу, байланыстырғышты реактивті өңдеу, ұнтақ қабатын балқыту, материалдарды экструзиялау, парақтарды ламинаттау және тікелей энергетикалық қолдану. Аддитивті технологиясы металдар, керамика, полимерлер, құм және әйнек сияқты әртүрлі материалдардан бөлшектер жасауды ұсынады .

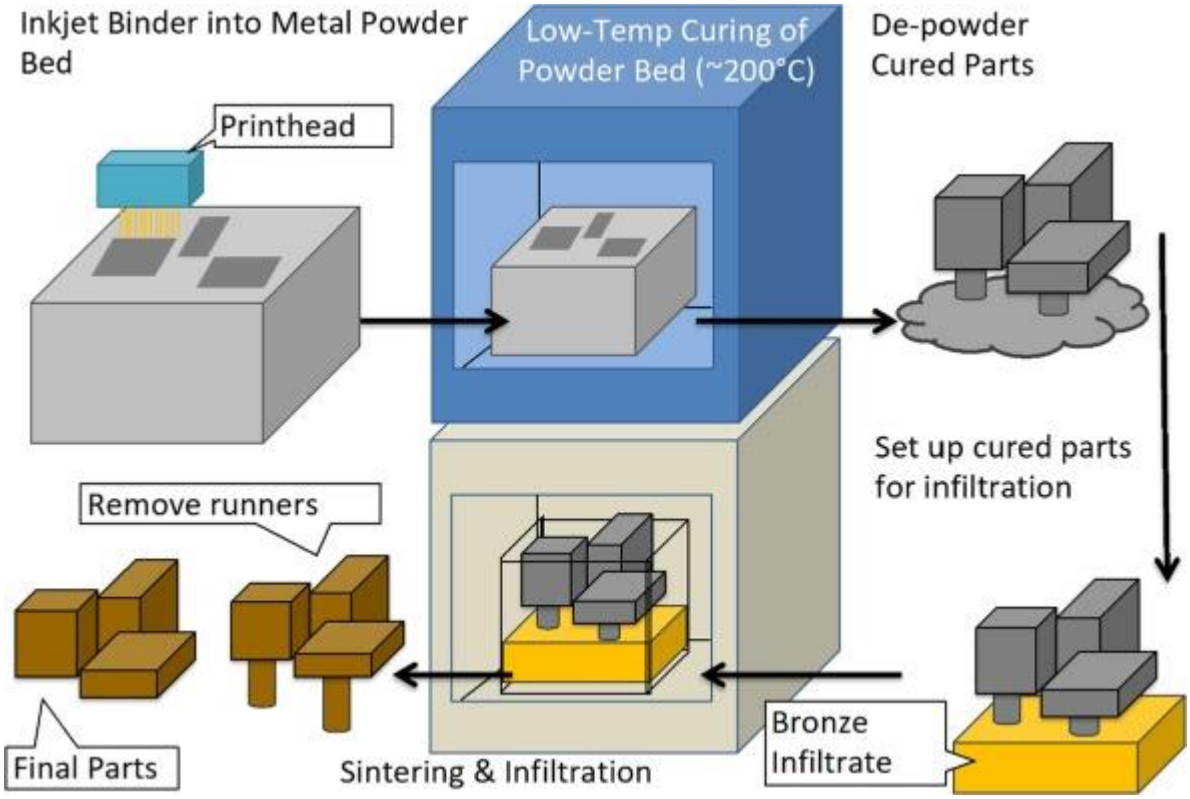
1.Z Corp Binder jetting аддитивті технологиясы

1.1 Негізгі ұғымдар мен анықтамалар

Binder jetting - бұл ұнтақ материалы қабатқа таратылатын және әдетте полимерлі сұйықтық болып табылатын байланыстырғышпен қалаған қабат пішініне таңдамалы түрде қосылатын аддитивті технология әдісі . Жиналған кезде басып шығару қабаттары бір-біріне жабыстырылады, нәтижесінде бөліктің қалаған геометриясының 3D түрінде орналасқан байланыстырғыш ұнтақ қорабы пайда болады. Қажет болса, қорапты қатайту немесе байланыстырғыштың "жиынтығы" үшін қыздыруға болады, содан кейін басып шығарылған бөлікті "деп аталатын процесте ұнтақ қабатынан алып тастауға болады."Бұл кезде басып шығарылған бөліктер " шикі " немесе басқа жолмен түпкілікті пайдалануға жарамсыз болып саналады, содан кейін қажетті механикалық қасиеттерге қол жеткізу үшін агломерация немесе инфильтрация сияқты кейінгі процестерге ұшырайды.

Binder jetting технологиясы бастапқыда Массачусетс технологиялық институтында жасалынған және 1993 жылы Эмануэль Сакс патенттеген, ол бұл процесті гипс түріндегі ұнтақ пен глицерин/суды пайдаланып, термиялық көпіршікті сиялы басып шығару бастарымен қолданған . Технологияны z Corporation (Z Corp) коммерцияландырды.), ол өз платформасына толық түсті мүмкіндік қосып, "3D басып шығару"технологиясын атады. Z Corp технологиясын қолданатын салалар, прототиптеу үшін машиналардың архитектурасы мен дизайны кірді; дегенмен, металл ұнтағымен басып шығару саласындағы зерттеулер де жүргізілді . Себебі бөлшектер Z Corp. құрылымдық тұтастығы шектеулі болды, беріктікті арттыру әдістері бөлшектерді ағаш қатайтқышқа немесе басқа да төмен тұтқыр шайырларға батыруды қамтыды, содан кейін олар бөліктерге капиллярлық күштер арқылы кірді. 1996 жылы Extrude Hone Массачусетс технологиялық институтының патенттеріне Binder jetting технологиясымен металл бөлшектерін өндіруді бастауға лицензия берді. 2005 жылы ExOne компаниясы Extrude Hone - дан бөлініп, қола сіңдірілген тот баспайтын болаттан жасалған Binder jetting-ке, сондай-ақ металл құю үшін басылған құмдарға назар аударды . Композит металл матрицасы қола-болат тот баспайтын болаттан жасалған ұнтақты торлы пішінге басып шығару арқылы жасалады, содан кейін бұл бөлікті пеште қола болған кезде шамамен 1100 °C дейін қыздырады . Қола осы температурада ериді және тот баспайтын болаттан жасалған дайындамаға капиллярлық күштердің көмегімен еніп, қола–тот баспайтын болаттан жасалған металл матрицадан толығымен тығыз композит түзеді. қола және болаттан жасалған материалдардың түпнұсқа жүйесі үшін байланыстырғышты реактивті өңдеудің бүкіл процесін қорытындылайды, ол басып шығарудан кейін емдеуді және толығымен тығыз бөлшектерді алу үшін кейінгі өңдеуді қамтиды. Қола

және болат материалдар жүйесін әлі де ExOne компаниясы ұсынады, бірақ ExOne және басқа компаниялардың соңғы әзірлемелері жеке қорытпалардың соңғы компоненттер үшін қола мен болатты тез алмастыруына әкелді .



Сурет-1. Binder Jet 3D басып шығарумен бөлшектерді иллюстрациялау, содан кейін қатайту, толтыру және тығыздау (инфильтрация).

Ондаған жылдар бойы құрылымдық материалдар , керамика, полимерлер, биоматериалдар , функционалды материалдар және микротехнологиялар бойынша термоядролық синтез негізінде көптеген зерттеулер жүргізілді; дегенмен, осыған ұқсас материалдарды қалыптастыру кезінде binder jetting қолдану туралы шектеулі зерттеулер жүргізілді. Binder jetting металл компоненттері металл ұнтақтары технологиясынан, синтездеуден және прототиптеуден басталғандықтан, жарияланған жұмыстар негізінен механикалық, жылу және магниттік мінез-құлық сияқты қасиеттердің сипаттамасынан гөрі микроқұрылым мен тығыздықты зерттеуді қамтиды. Сонымен қатар, басқа аддитивті технология әдістерімен салыстырғанда, binder jetting тез дамып келеді; осылайша, binder jetting туралы түсінігімізді мерзімді бағалау өте маңызды болып көрінеді.

Қазіргі уақытта мүмкіндікті шектейтін Binder jetting-тің ең маңызды аспектісі-жеке қорытпаларды толық тығыздыққа дейін біріктіру кезінде пайда

болатын көптеген бұрмалануларды болжау мүмкін еместігі, бұл бір қорытпаның бөлшектерін жасау кезінде процестің жалпы дәлдігін төмендетеді. Алайда, қазіргі уақытта бұл мәселені шешу үшін есептеу құралдары әзірленуде. Осы процестің кемшіліктеріне қарамастан, Binder jetting-ті қолдануға деген құлшыныс академиялық зерттеулерде, әсіресе құрылымдық материалдар, био үйлесімді материалдар, композиттер және функционалды материалдар саласында басталды. Бұл қызығушылықтың себебі-Binder jetting 3DP көмегімен құрылған ұнтақты материалдарды шоғырландыру кезінде тікелей қолдануға болатын жоба менеджері мен агломерация процесі арқылы дәстүрлі өндірісте орындалған және дамыған зерттеулер мен технологиялық білімнің кең тарихы . Алайда әлі көп жұмыс бар. Біріншіден, ұнтақтың морфологиясы, орташа мөлшері және бөлшектердің мөлшері, ұнтақ химиясы, беткі ерекшеліктері және олардың Binder jetting процесіне әсері сияқты ұнтақ сипаттамаларын зерттеу керек. Сонымен қатар, 3D басып шығару кезінде ұнтақ пен байланыстырғыштың өзара әрекеттесуі және Binder jetting параметрлері, мысалы, қабаттың қалыңдығы, байланыстырғыштың қанықтылығы, кептіру уақыты, басып шығару бағыты және басып шығару жылдамдығы-бұл байланыстырғыштың ағының бөліктерінің тығыздығы мен беріктігіне әсер ететін басқа да әсер етуші параметрлер, нәтижесінде бөлшектердің соңғы сапасына әсер етеді. Сонымен, материалдың қажетті тығыздығына және беткі қабатқа жету үшін өңдеуден кейінгі жұмыс нәтиже беретін қасиеттерде және түпкілікті өнімдердің жалпы пайдалылығында маңызды рөл атқарады.

Сонымен, жоба менеджері, құю және басқа өңдеу әдістері туралы қолданыстағы білім базасы пайдалы; алайда binder jetting-тің маңызды ерекшеліктерін түсіну үшін қосымша зерттеулер қажет, оның ішінде (1) ұнтақ сипаттамаларын бақылау және біліктілік; (2) байланыстырғышты таңдау, оны тұндыру әдісі және басып шығару үйлесімділігі, ұнтақ пен байланыстырғыштың өзара әрекеттесуі, жану тұрақтылығы мен сипаттамалары; (3) басып шығару процесі параметрлерінің техникалық сипаттамалары (мысалы, басып шығару жылдамдығы, қабаттың қалыңдығы, кептіру уақыты, роликтің жылдамдығы).); және (4) күрделі геометриямен және қажетті өңдеуден кейінгі процедуралармен тығыздау кинетикасының сипаттамалары мен корреляциясы (мысалы, агломерация, инфильтрация, термиялық өңдеуден кейінгі өңдеу, бетті әрлеу).

Жақында binder jetting-ті қуатты өндірістік құрал ретінде тануға байланысты авторлар осы технологияны қолдана отырып жасалған ғылыми және өнеркәсіптік жұмыстарға шолу жасауға тырысады. Бұл шолу binder jet аддитивті технологиясы және оның күрделі бөлшектерді өндірудегі болашақ мүмкіндіктері туралы түсінікке, сондай-ақ осы саладағы болашақ дамудың

жол картасына баса назар аударады. Бұл жұмыс binder jetting технологиясына қатысты 1990-шы жылдардың басында басылған гипсте никель супер қорытпалары саласындағы заманауи жұмыстарға дейін бірқатар тақырыптарды қамтиды. Сонымен қатар, binder jetting әр түрлі материалдарға, атап айтқанда басып шығару процесіне, құрылымына және басып шығарудан кейінгі процестерге егжей-тегжейлі шолу жасалады. Binder jetting егжей-тегжейлі түсіндіріледі және 3D басып шығаруды жобалау психологиясы қарастырылады. Соңында, ұнтақты материалдардың Binder jetting шашырауын жақсы түсінуге көмектесу үшін басып шығару және агломерация кезінде ұнтақтың сипаттамалары, ұнтақ пен байланыстырғыштың өзара әрекеттесуі туралы жетілген білім базасы ұсынылған.

2. Binder jetting заманауи қолдану

2.1 Binder jetting қолдану

Бастапқыда binder jetting "3D басып шығару" немесе "Прометалл" технологиясы ретінде танымал болды; алайда, 2013 жылы ASTM комитеті am technologies үшін терминологияны орнатып, технологияны "binder jetting" деп өзгертті . Аддитивті технология балқыту әдістері сияқты металды тікелей өңдеумен салыстырғанда, binder jetting зерттеу қоғамдастығы мен индустриясында аз көңіл бөлді. 1990-шы жылдардан бастап ExOne компаниясы Binder jetting ғылыми-зерттеу саласындағы әртүрлі компаниялармен және институттармен қарапайым керамика мен Металдарды басып шығару және тығыздау бойынша технологиялық қондырғыларды жасау үшін жұмыс істеді. Зерттеулердің көп бөлігі материалдарға бағытталған және қазіргі уақытта керамика және Инконель, тот баспайтын болат және аспаптық болат сияқты жоғары тиімді жалғыз қорытпалар саласында жүргізілуде.

Ұсақ бөлшектерді, шығыңқы құрылымдарды, тіректерді және микроканалдарды жоғары дәлдікпен біріктіру технологиясы жақсарған сайын, әр түрлі салаларда binder jetting-ке қызығушылық артады. Жақында binder jetting электрохимиялық энергияны сақтау сияқты қосымшалар үшін қолданылады электрондық құрылғылар азық-түлік технологиясы Қатты оксидті отын элементтері құм құю формалары толқындар тізбегі мен антенналар бетон конструкциялары жаңартылатын биоматериалдар керамикалық жақтаулар биополимерлер құмтас өндірісі, сонымен қатар биомедициналық қосымшалар және күрішке дәрі-дәрмектерді жеткізу. – Сур-2. 3 (A-G) әр түрлі материалдармен байланыстырушы ағынмен өңделген, содан кейін толық тығыздыққа жету үшін біріктірілген немесе сіңдірілген бөлшектерді көрсетеді. Күрделі пішінді құрылымдарды құру үшін тамақ өнеркәсібінде байланыстырушы ағынды қолдану суретте көрсетілген. 3(e,g).

Параболалық антенна 3D баспайтын болаттан жасалған принтерге басып шығарылды, содан кейін мысқа малынған (сурет-2. 3(f)) . Сонымен қатар, қабық құрылымы binder jetting әдісімен құмнан жасалған және құю үшін қолданылған (сурет-2. 3 (н)).

Сурет-2. BJ 3D басып шығару өндірісінің бұйымдары: (а) турбиналық компонент, SS 420, қолаға малынған (дизайн: Airbus Deutschland GmbH); (б) x190crvmo20 аспаптық болаттан жасалған инъекциялық қалыптау, (сол жақта) жасыл бөлік және (оң жақта) толық тығыздыққа дейін ; (в) сырға, SS 316L; (д,г) 3D-тамақ өнеркәсібінде байланыстырғышты реактивті өңдеу мүмкіндігін көрсететін баспа бөлшектері (е) SS 316-дан жасалған байланыстырушы ағыны шағылыстырғыш антенна және мыс сіңдірілген және (з) құмды пішінді қабық құрылымы .

2.2 Жабдық өндірушілер

BJ3DP коммерциялық машиналарын шығаратын негізгі компаниялар (1) ExOne (Ирвин, Пенсильвания) болып табылады, олар құмды құюдан бастап, никель негізіндегі қорытпалар, тот баспайтын болаттар, қола және жоғары сапалы алтын сияқты металдарға арналған MIM(Metal Injection Molding) өлшемді ұнтақтарға дейін әр түрлі принтерлерге ие; (2) Voxeljet (Аугсбург, Германия) металл құю құмына негізделген және пластикалық бөлшектерге арналған полиметилметакрилат (PMMA) негізіндегі жүйеге ие; (3) z Corp. (Берлингтон, Массачусетс штаты, 3D Systems компаниясы 2012 жылы сатып алған) сонымен қатар құм негізіндегі металл құю жүйесі, сонымен қатар

композиттік немесе эластомерлік бөлшектерге арналған жүйелер бар; және (4) сандық металл (Бруксгатан, Швеция), ол mim өлшемді ұнтақтарды басып шығару машиналарын шығарады. Қосымша жүйелерді Desktop Metal, General Electric (GE), 3deo және Hewlett-Packard (HP) компаниялары ұсынды. ExOne SS 316, 420 және 17-4PH, 625 және 718 никель негізіндегі супер қорытпалар, темір, темір хром алюминийі, хромит, кобальт хромы, циркон, байланысты вольфрам, вольфрам карбиді, керамикалық шарлар және кварц құмын қамтитын барлық жабдық өндірушілерінің кең ассортиментін ұсынады. ExOne сонымен қатар әр түрлі қосымшалар үшін binder Jet сиялы 3d принтерлерінің кең спектрін шығарады, олардың құрастыру көлемі мен құрастыру жылдамдығы 160 × 65 × 65 мм3 және 120 қабаттан (Innovent принтері) 1800 × 1000 × 700 мм3 және 60-85 қабатқа дейін (S-Max принтері), бұл байланыстырғышты сиямен қолдану масштабталатын технология екенін көрсетеді, өйткені ол жабық камераны қажет етпейді және сиялы басып шығару технологиясымен қамтамасыз етілген жоғары өткізу қабілетіне ие. Осы машиналардың кейбірінің техникалық сипаттамалары Gibson-ға берілген.

Тұтастай алғанда, binder jetting үшін материалдарды таңдау қазіргі уақытта нарықта қол жетімді нәрселермен шектелгенімен, тұтынушылық тауарлар нарығында binder jetting бөлшектерін кеңінен қолдану әлі де бар. Қол жетімді материалдық жүйелердің болмауы, сондай-ақ өнімнің мөлшері Жаңа материалдық жүйелер мен 3D баспа машиналарын құрудың екі негізгі проблемасы және қозғаушы факторы болуы мүмкін. Бұл жұмыстың қалған бөлігі байланыстырғыштың реактивті процесінің ерекшеліктері мен нюанстарына, зерттелген материалдардың түрлері мен өңдеу стратегияларына, сондай-ақ бұл бөлшектер байланыстырғыштың реактивті процесінің болашақ зерттеулері мен дамуының жол картасын жасау үшін қаншалықты маңызды екендігіне назар аударады.

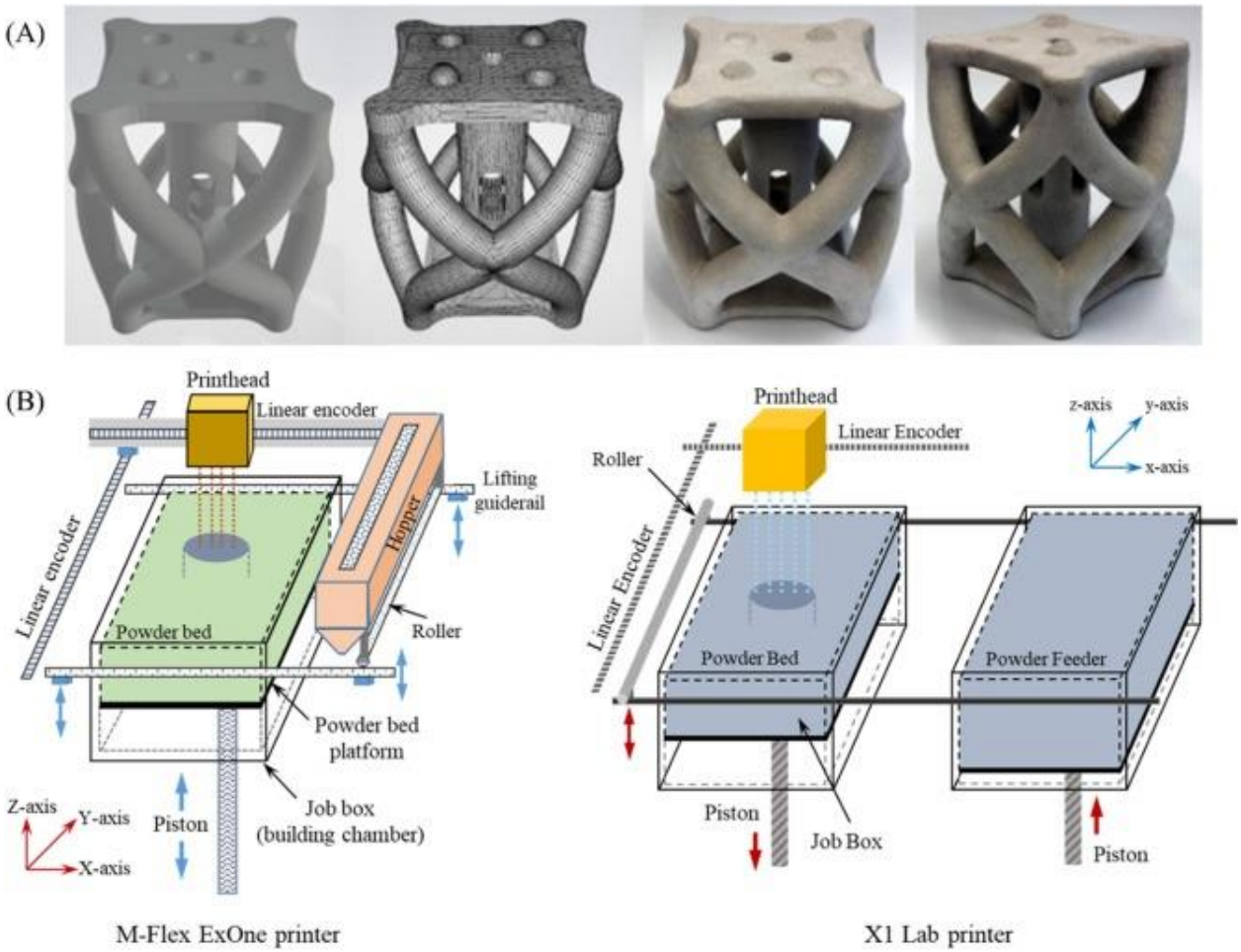
3. Binder jet 3D басып шығару

3.1 Процесті қарау

Басып шығару-binder jetting-тің қазіргі процесі жаңа формаланған материалдарға қарамастан, өзінің алғашқы өнертабысы кезіндегідей түбегейлі. ASTM F2792 байланыстырғыштың реактивті қолданылуын "сұйық байланыстырғыш ұнтақты материалдарды біріктіру үшін селективті түрде тұндырылатын қосымша өндіріс процесі" деп анықтайды."Жасыл(табиғи) бөліктің байланыстырушы ағынын жасау үшін келесі әрекеттерді орындау керек:

1. 3D моделі нақты үлгіден алынған әзірленген, модельденген немесе сканерленген 3D моделін қолдану арқылы қажет. CAD сандық моделі алынады, жұқа қабаттарға кесіліп, басып шығаруға болатын STL файлы ретінде сақталады (сурет-3 (A)).
2. Ұнтақтың жұқа қабаты алдын-ала дайындалған қорапқа таратылады, ал көлденең сағат тіліне қарсы айналмалы ролик ұнтақтың жаңа қабатын таратады және еркін тығыздайды.
3. Сұйық байланыстырғыш (мысалы, еріткіштегі немесе сулы ерітіндідегі полимер) ағынмен басып шығару басынан зат түзілуі керек ұнтақ қабатына шығарылады . Байланыстырғыштың қанықтылығы ұнтақ қабатының есептелген тығыздығы негізінде есептеледі және пайдаланушы кіріс ретінде пайдаланылады.
4. Байланыстырғышты ұнтақ қабатына қолданғаннан кейін, электр жылытқышы қабатты жартылай кептіру/емдеу және оны кейінгі қабатқа дайындау үшін өтеді, бұл температураны біркелкі ұстауға көмектеседі. Әр қабатты басып шығарғаннан кейін емдеу уақыты маңызды фактор болып табылады, ол ұнтақ қабатын немесе агломерацияны жарып жібермеу үшін және басып шығару кезінде ұнтақты роликтің бетіне жабысып қалмас үшін байланыстырғышты ұнтақпен толығымен байланыстыру үшін жеткілікті кептіру уақытын қажет етеді.
5. Байланыстырғыш қолданылып, кептірілгеннен кейін, ұнтақ қабатын қолдайтын поршень құрастыруды бір қабаттың биіктігіне дейін төмендетеді, ол әдетте 50-ден 200 мкм-ге дейін. Ролик ұнтақты ұнтақ көзінен ұнтақ қабатына таратады. Ұнтақты беру бункер түріндегі хоппердің өздігінен ағуы болуы мүмкін, ал кейбір жағдайларда ұнтақты қажетсіз ағын сипаттамалары бар ұнтақ бункері арқылы қоздырады . Ұнтақ бетіне қойылғаннан кейін, әдетте тербелмелі немесе айналмалы өзек тәрізді қайталанатын жабын ұнтақты бетіне таратады және/немесе ролик жағдайында ұнтақты тегістейді және аздап тығыздайды . 3D-принтерлердің екі типтегі тізбектері суретте көрсетілген. 4(B).

PBF сияқты, ұнтақ қабаты пышақ, тарақ немесе ролик сияқты механизмдермен бөлінеді.Алайда, binder jetting кезінде сағат тіліне қарсы айналмалы ролик тек ұнтақтың аққыштығын ынталандыру үшін қолданылады. PBF көмегімен металл ұнтақ қабатын дәнекерлеу қабатта қатты рельеф элементтерін жасай алады, олар роликпен соқтығысып, роликке немесе басып шығаруға немесе екеуіне де зақым келтіруі мүмкін. Сонымен, сағат тіліне қарсы айналмалы роликті қолдана отырып, binder jetting көптеген PBF технологияларына қарағанда ұнтақтың формалары мен өлшемдерінің кең спектрін тарата алады.



Сурет-3. (A) CAD моделі, STL файлы және binder jetted мәліметтері . (B) ұнтақты беру әдістерінің екі түрі бар байланыстырушы сиялы принтерлердегі әртүрлі бөлшектерді көрсететін Схема (сол жақта) ұнтақтар хоппермен және тербеліспен беріледі, ұнтақтар ұнтақ қабатына таратылады, ал ұнтақты тығыздауға ролик арқылы қол жеткізіледі (мысалы, Innovent немесе m-Flex ExOne принтерінде); және (оң жақта) ұнтақты қоректендіргіш ретінде беру, онда ролик салынған аймақтың жоғарғы қабатындағы ұнтақты ұнтақ қабатына айналдырады .

3.2 Қатаю және ұнтақты кетіру

Басып шығару кезеңі аяқталғаннан кейін, кейбір binder jet технологиясы байланыстырғышты кептіру және басып шығару ұнтағына оның жасыл беріктігін беру үшін емделуден кейінгі қатаюды қажет етеді. Бұл қатаюды орындау үшін қабат принтерден алынады және байланыстырғыш дұрыс кептірілгенге дейін қызады және алынған жасыл пішіндерді ұнтақ қабатынан қолмен алып тастауға болады . Әдетте, ұнтақ қабаты мен басылған бөліктері

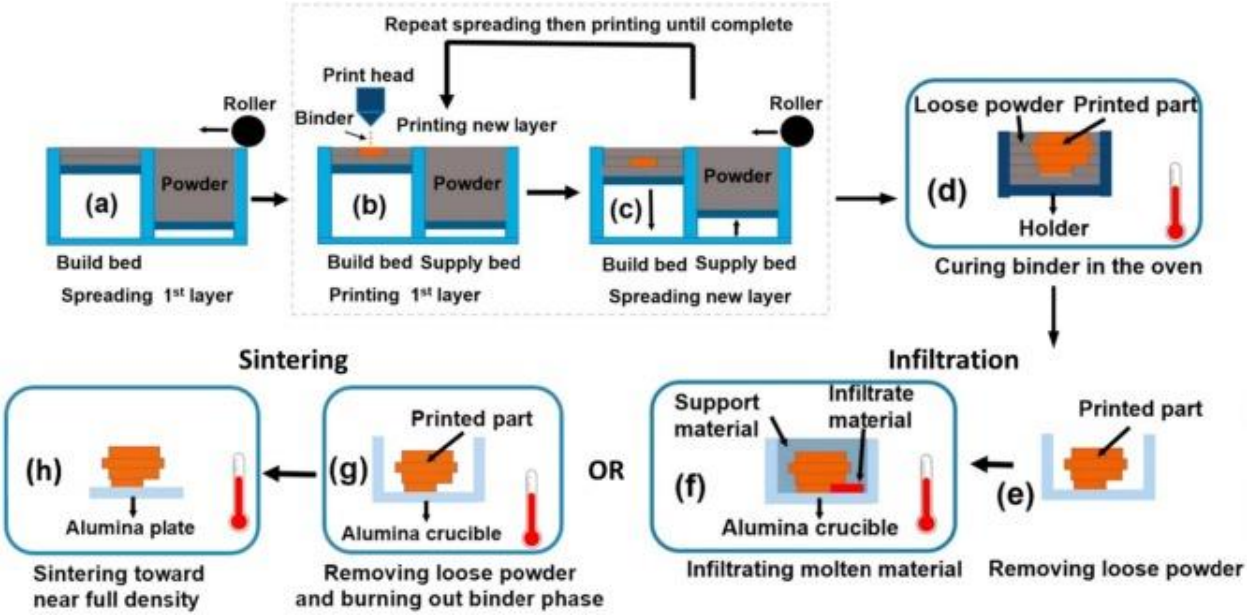
бар префабрикалық қорап алдын-ала дайындалған қораптың көлеміне және байланыстырғыштың сипаттамаларына байланысты белгіленген сағат ішінде 180-200 °C дейін қыздыру арқылы қатайтатын пешке жіберіледі . Watters 3D басып шығару бөлшектерін байланыстыратын беріктікті арттыру үшін вакуум, жылу, көрінетін жарық және қысымды қамтитын қатаю ұсынды.

Қатаюдан кейін жасыл бөліктер тығыздау пешіне өңдеуге және жылжытуға жеткілікті беріктікке ие. Бұл кезде жиналмалы қораптағы борпылдақ ұнтақ вакууммен және оператормен мұқият қолмен тазаланады. Жеке бөлшектер, әдетте, қолмен, бөлшектердің бетінен щеткамен тазаланады немесе ішкі бөліктері бар бөліктер үшін мұқият вакуумдалады/ауамен үрленеді. Кішігірім сипаттамалары мен ілулі конструкциялары бар баспа бөлшектері бөлшектердің бұзылуын болдырмау үшін көп көңіл бөлуді қажет етеді. Binder Jet басып шығару процесінде алынған Жасыл металл ұнтағының әлсіз байланысқан бөліктері содан кейін толық тығыздыққа дейін агломерация арқылы немесе толық тығыздыққа және қажетті механикалық қасиеттерге қол жеткізу үшін басқа материалмен инфильтрация арқылы тығыздалады.

Binder jetting процесінің бір нұсқасында бұл кезең өтіп кетеді, өйткені бүкіл қабат қатаюды және жасыл бөлікті оңай өңдеу бастапқы кептіру/қатаюмен бірге жүзеге асырылады. Бұл жағдайда жасыл бөліктер тікелей тығыздау сатысына өтеді.

3.3 Агломерация және инфильтрация

Қатаюдан және қопсытудан кейін жасыл бөліктің салыстырмалы тығыздығы әдетте 50-ден 60% - ға дейін болады. Микроскоппен қарасақ, ұнтақтың жеке бөлшектерін байқауға болады және жай бөлшектердің байланыс нүктелерінде полимермен байланыстыруға болады. Қажетті тығыздыққа және мүмкін мақсатты механикалық қасиеттерге қол жеткізу үшін одан әрі тығыздауға әртүрлі әдістермен қол жеткізуге болады, мысалы инфильтрация немесе агломерация. Таңдалған тығыздау әдісіне қарамастан, байланыстырғыштың толық пиролизі үшін, біріктіру немесе инфильтрация алдында ~600-700 °C температурада жану кезеңі қажет.



Сурет-4. Кейінгі өңдеумен BJ 3Д басып шығару процесс схемасы . (а) байланыстырғышты ағынмен жағу үшін негіз мен бірінші қабатты дайындау; (б,в) байланыстырғышты ұнтақ қабатына ағынмен жағу және ұнтақтың жаңа қабатын кейіннен жағу (бүкіл процесс аяқталғанға дейін қайта жағу және кейіннен басып шығару); (г) байланыстырғышты пеште қатаю; (д) сусымалы ұнтақты құмсыздандыру және алып тастау және (е) инфильтрация; және (г) кейіннен бақыланатын атмосферада күйдіру арқылы құмдау.

Өңдеуден кейінгі дұрыс циклды анықтау кезінде материалдың құрамы, ұнтақтың мөлшері, күйдіру атмосферасы, температура және қартаю уақыты сияқты факторларды ескеру қажет . Әр материал белгілі бір агломерация сипаттамаларына ие болғандықтан, кейде әр түрлі мөлшердегі ұнтақ пен қапталған бөлшектердің аралас ұнтағы бар спекуляция құралдарын қолдана отырып, спекуляцияны бақылау практикалық болып табылады. Тығыздау стратегиялары керамика, металдар және полимерлер үшін әртүрлі. Керамика металл ұнтақтарына қарағанда едәуір жоғары балқу температурасына және тығыздау әлеуетіне ие болғандықтан, керамикалық металды инфильтрация-бұл байланыстырушы ағынмен керамиканы тығыздаудың жалпы стратегиясы. Керісінше, полимерлер төмен балқу нүктелеріне ие және тығыздау әр қабатты басып шығарғаннан кейін полимерлеу арқылы жүреді.

Баспа бөлігін шоғырландырудың осы кезеңінде белгілі бір құрылымдық факторларды ескеру қажет. Тығыздаудан кейін бөліктің белгілі бір төзімділік пен өлшемдерге сәйкес келу қабілеті кейбір материалдар мен процестер үшін маңызды емес. Инфильтрация, мысалы, өте дәл сипаттамаларды береді, ал жеке қорытпалардың толық тығыздыққа енуі қатты деформацияланған

геометрияға әкеледі. Қиманың өлшемі сияқты конструктивті ойлар ескеру үшін маңызды және байланыстыруды тиімді алып тастауға болатындығын және оны егжей-тегжейлі қалдырмайтындығын анықтайды. Сол сияқты, ауырлық күші агломерация кезеңіндегі құлдырауға әсер етеді, сондықтан бөліктің бағыты қарауды қажет етеді.

3.4 Өңдеу

Бөлшектердің орташа кедір-бұдырлығы, binder jet, әдетте, біріктірілгеннен кейін шамамен 6 мкм (Ra) құрайды, ал беткі қабатты жақсарту үшін өңдеуден кейінгі жұмыс жиі кездеседі . Бетті әрлеуді жақсартудың ең көп таралған әдістері-бұл жарылыс және барабанды Жылтырату; сонымен қатар, қаптау , өңдеу , экструдтау-тегістеу, беткі инфильтрация және қолмен жылтырату қолданылады. Үрлеу арқылы өңдеу бетінің кедір-бұдырлығын максималды 7,4 мкм дейін төмендетуі мүмкін, ал барабанды жылтырату орташа 1,25 мкм кедір-бұдырға әкелуі мүмкін.

Ұнтақ қабаты бар барлық процестер үшін басып шығаруда қолданылатын бөлшектердің мөлшері мен қабатының қалыңдығы соңғы бөліктің бетінің тазалығына тікелей әсер етеді . Алайда, жұқа ұнтақтардың кемшілігі-олар қабатты құру кезінде оны тарату қиынға соғуы мүмкін. Қалың қабаттар басып шығаруға аз уақыт алады, бұл процестің экономикасына тікелей әсер етеді. Таралу проблемалары ұнтақ қабатында бүкіл қабатта біркелкі емес тығыздыққа әкелуі мүмкін. Mim(Metal Injection Molding) -мен таныс салалар ұсақ дисперсті ұнтақтармен таныс, бірақ көбінесе басқа салалар бизнес мақсаттарына жету үшін үлкен ұнтақтар мен қалың қабаттарды зерттейді.

3.5 Binder Jet 3D басып шығаруға факторлар әсер етуі

Бөлшектерді өндірудің кез-келген аддитивті технологиясында - техникасындағыдай, бірнеше параметрлер мен айнымалылар басып шығару процесіне, беріктікке, соңғы микроқұрылымға және реактивті бөліктерге арналған байланыстырғыштың қасиеттеріне әсер етеді. Бұл факторларды төрт топқа бөлуге болады: (1) ұнтақтың сипаттамалары (мысалы, пішіні мен морфологиясы; орташа мөлшері мен таралуы; аққыштық; орау; сулану), (2) байланыстырғыш (мысалы, сулану және сулану; тұтқырлығы мен өзгергіштігі), (3) басып шығаруды өңдеу параметрлері (мысалы, қабаттың қалыңдығы, байланыстырғыштың қанықтылығы, тазарту жиілігі, емдеу уақыты мен температурасы) және (4) сипаттамаларды жобалау (мысалы, кішкене тесіктер, субстраттың қалыңдығы, басып шығару ажыратымдылығы).

3.6 Ұнтақ сипаттамасы

Ұнтақтың сипаттамалары binder jetting процесінің көптеген аспектілеріне , бөлшектер мен экономикаға қойылатын талаптарға қатты әсер етеді. Binder jetting жүйесіне және ұнтақ механикасына қойылатын талаптарды жеткіліксіз түсіну бөлшектердің қажетсіз сипаттамаларына және олардың құнына әкелуі мүмкін. Әдетте аддитивті технологиясында зерттелген ұнтақтың негізгі сипаттамаларына мыналар жатады:

- дөңгелек немесе сферамен өлшенетін форма / морфология,
- орташа мөлшері (d50) және PSD,
- ағын және таралуы,
- қаптаманың тығыздығы,
- көлемді және беттік химиялық құрамы.

Пресс және агломерат сияқты ұнтақтарды өндірудің дәстүрлі процестерімен салыстырғанда, аддитивті технология-бұл аддитивті технологияның әр технологиялық процесі үшін бастапқы шикізатқа қойылатын талаптар туралы көп білуге болатын жаңа сала. Сонымен қатар, ұнтақтарды өндіру үшін қолданылатын процесс mim, press және агломерация сияқты кейінгі процестермен келісілді; дегенмен, аддитивті технология әр түрлі, ал кейбір аддитивті технологиялары ұнтақты ерітеді, ал басқалары binder jetting престеуі сияқты емес. Процестің талаптарын түсіну және материалтану сәйкестігі өнімділікті арттыруға жол ашады. Атап айтқанда, қатты күйдегі процесс болып табылатын binder jetting фазаларды бөлшектерде ұстап тұруға мүмкіндік береді, әйтпесе олар кейінгі балқу кезінде жойылады. Сондықтан ұнтақ сипаттамаларының 3D баспа үлгілерінің қайталануына, сенімділігіне және консистенциясына әсерін зерттеу қажет. Сонымен қатар, am және binder jetting үшін арнайы жасалған жаңа ұнтақ қорытпалары өте пайдалы болар еді . 1-кестеде аддитивті технология машиналарына арналған алдын ала қоспаланған ұнтақтар туралы жиынтық ақпарат берілген.

Кесте 1. Аддитивті технология машиналарында қолданылатын қол жетімді ұнтақ материалдарының қысқаша сипаттамасы жұмыста келтірілген.

негізі	Қорытпаның жалпы атауы	Қорытпаны белгілеу (ASME)
темір	Тегістейтін болат(Maraging steel)	18 MAR 300
	Тот баспайтын болат	316, 316L, 304, 410, 420
	Болаттан жасалған құрал	155
	Қатты тот баспайтын болат	17-4PH, 13-8

	Болат құралы	H13, S7
Никель	Қорытпа	IN-718, IN-625, Waspalloy, Rene 41
Кобальт	Қорытпа	Co-Cr-Mo, Стельлит 6 и 21
Титан	Титан	Ti-6Al-4V, Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo, Ti-6Al-7Nb
	Коммерциялық тазалық	CP
Алюминий	Құйма қорытпалар	Al4047, Al-Si-10 Mg, Al-12Si, Al-Si-7 Mg-Cu
Мыс	Қола	Cu-Sn

Ұнтақ химиясы солидус пен ликвид қисықтарының термодинамикасының қалай өзгеретінін көрсетеді және ұнтақ шикізатының химиясын, әсіресе тұз бен никель қорытпаларындағы күкірт, бор және көміртек сияқты микроэлементтерді білу, солидустың температурасын төмендететіні белгілі, тиісті синтездеу процесін таңдауда өте маңызды . Жақында ASTM F3049-14 "аддитивті өндіріс үшін қолданылатын металл ұнтақтарының қасиеттерін сипаттауға арналған стандартты Нұсқаулық" деп аталды. Алайда, әр түрлі морфологиясы, мөлшері мен таралуы бар ұнтақтар, сондай-ақ қайта қолданылатын ұнтақтар үшін қосымша ұсыныстар қажет.

4. Binder Jetting үшін материалдар

Binder jetting ұнтақтар түрлі материалдардан жасалған. Бөлшектің соңғы қолданылуы ең қолайлы ұнтақты анықтайды. Керамикалық ұнтақтардың құны әдетте аз. Металл ұнтақтары dmsl/SLM материалдарына қарағанда қымбат, бірақ үнемді. SLS процесінен айырмашылығы, 100% байланыссыз ұнтақты қайта өңдеуге болады, бұл материалды үнемдеуге әкеледі.

Материал	Сипаттамалары
Толық түсті құмтас	+ Толық түсті функционалды емес модельдер - Өте нәзік
Кварц құмы	+ Өте жоғары жылу кедергісі + Құмды құю үшін керемет
Тот баспайтын болат (қола сіңдіру)	+ Жақсы механикалық қасиеттері + Өңделуі мүмкін - ~ 10% ішкі кеуектілігі
Тот баспайтын болат (агломерация)	+ Өте жақсы механикалық қасиеттері + Жоғары коррозияға төзімділік - ~ 3% ішкі кеуектілігі

Инконель қорытпасы (агломерация)	+ Өте жақсы механикалық қасиеттері + Жақсы жылу кедергісі + Жоғары химиялық төзімділік
Вольфрам карбиді (агломерация)	+ Өте жоғары қаттылық + Кесу құралын жасау үшін қолданылады.

5. Binder Jetting артықшылықтары мен кемшіліктері

Binder jet бөлшектерінің қасиеттері бойынша зерттеулердің болмауына қарамастан, бұл технологияның пайдалылығы айқын болады. Зерттеу binder jetted-тің PBF-тегі әріптестеріне қарағанда оператордың өткізу қабілеті мен жүктемесі жағынан артықшылығын көрсетті . Жалпы алғанда, зерттеу пакеттік өңдеу стратегиясы binder jet-ті бір уақытта бірнеше бөлшектердің партиялары басып шығарылатын сценарийде лазерлік немесе EBM технологияларынан жоғары деңгейге жеткізді.

5.1 Binder jetted-тің кейбір басқа артықшылықтары:

1. PBF технологиясынан айырмашылығы, binder jetting кез-келген ұнтақ материалымен үйлесімді және көптеген заманауи салаларда көптеген ұнтақты металдар мен керамика толық тығыздыққа ие болғандықтан, binder jetting PBF-тен асып кетудің нақты әлеуетіне ие және барлық AM процестері үшін материалдардың кең таңдауына ие .
2. Binder jetting-ті басқа аддитивті технологиялардан әдістерімен салыстырғанда қалыптаудың тағы бір артықшылығы-қалыптау процесі бөлме температурасы мен атмосферада жүреді, бұл тотығу, қалдық кернеу, элементтердің бөлінуі және фазалық өзгерістерге байланысты проблемаларды болдырмайды, бұл алдын-ала дайындалған қораптағы бөлшектердің айналасындағы ұнтақты (ұнтақ қабаты басып шығаруға дайын аймақ) қайта өңдеуге өте қолайлы етеді. Сонымен қатар, қымбат ауа өткізбейтін вакуумды немесе инерция камераларын пайдаланудан бас тарту арқылы байланыстырғышқа арналған сиялы машиналардың құрастыру көлемі барлық am технологияларымен салыстырғанда ең үлкен болып табылады (2200 × 1200 × 600 мм дейін), сиялы басып шығарумен қамтамасыз етілген жоғары ажыратымдылықты сақтайды. Аддитивті технология процестерінің маңызды ерекшеліктері өндірілетін бөлшектердің максималды мөлшері мен күрделілігі, өндіріс уақыты, сондай-ақ бөлшектердің өлшемдері мен соңғы өнімнің ақаулары сияқты қасиеттері болып табылады.

3. Балқыту негізіндегі аддитивті технологиясында тірек материалы бөліктің жанында жасалуы керек және басып шығару кезінде тұрақтылық үшін монтаждық табаққа бекітілуі керек, сондықтан binder jetting-ке қарағанда көп уақыт пен материалды қажет етеді, егер бөлік жұмыс қорабындағы борпылдақ ұнтақпен қамтамасыз етілсе. Сонымен қатар, басып шығару кезінде BJ 3д басып шығару жасаған бөліктің кез-келген геометриясы үшін ешқандай тірек құрылымы қажет емес, ал басқа аддитивті технология әдістері ақыр соңында ілулі элементтер үшін тірек құрылымдарын қажет етеді.
4. Балқу негізіндегі аддитивті технология процестері ұнтақ қабаттарын балқыту үшін жылу көзін пайдаланады, нәтижесінде соңғы өнімдегі қалдық кернеулер пайда болады. Binder jetting құрастыру процесінде байланыстырғышты оңай емдеу үшін белгілі бір жылу қолданылады, бірақ бұл жылу минималды. Осылайша, BJ 3д басып шығару кезінде айтарлықтай қыздыру немесе балқу болмағандықтан, байланыстырушы ағындық бөліктер термиялық индукцияланған кернеулер мен бұрмалануларды сезбейді, сондықтан BJ3DP көмегімен ілулі элементтерді жасау PBF әдістеріне қарағанда практикалық болуы мүмкін .
5. Сканерлеу жылдамдығының шектеулеріне байланысты бөлшектерді шығару жылдамдығы төмен PBF аддитивті технология процестерімен салыстырғанда, binder jetting жоғары өндірістік көрсеткіштерге ие және басқа аддитивті технология әдістеріне қарағанда көп мөлшерде бөлшектерді үнемді шығара алады. Сонымен қатар, кейбір геометриялық пішіндер мен нәзік сипаттамалар PBF немесе басқа аддитивті технологияларына қарағанда binder jetting қолдану үшін жақсы.
6. Балқу негізіндегі аддитивті технологиясымен салыстырғанда, пішіні мен өлшемі бойынша бақыланатын кеуектілігі бар әртүрлі тығыздықтар температура мен агломерация уақытына байланысты binder jetting көмегімен қол жеткізіледі.

5.2 Binder jetting негізгі кемшіліктері

- Binder jetting-бұл өңдеуден кейінгі кезеңдерді қажет ететін көп сатылы процесс.
- Басып шығарылған бөліктердің PBF аддитивті технология процестерімен салыстырғанда салыстырмалы тығыздығы төмен (~50%), және бұл күйден тығыздау әдетте геометрияның айтарлықтай бұрмалануына әкеледі.

- Кейбір PBF аддитивті технология процестерімен салыстырғанда байланыстырғышты (0,5-тен 50 мкм-ге дейін) сиямен өңдеу кезінде беттің жоғары кедір-бұдырлығы мен төменгі ажыратымдылыққа қол жеткізіледі.
- Көптеген материалдар үшін өңдеуден кейінгі стратегияларды әзірлеу қажет.

Қорытынды

Бұл жұмыста біз Binder Jetting(байланыстырғыш)- аддитивті өндіріс процестерінің тобы, Binder Jetting кезінде байланыстырғыш ұнтақ қабатына іріктеліп, осы аймақтарды бір-бірімен байланыстырып, бір уақытта бір қабатта қатты бөлік қалыптастырады. Binder Jetting - де жиі қолданылатын материалдар-бұл түйіршіктелген түрінде келетін металдар, құм және керамика екенін анықтадық. Өнімнің сапасы технологиялық параметрлерге байланысты болады. Binder Jetting артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырдық. Binder Jetting басқа 3D басып шығару процестеріне (DMSL/SLM) қарағанда 10 есе үнемді. Сонымен қатар, Binder Jetting құрастыру мөлшері өте үлкен. Ал өндірілген бөлшектер басып шығару кезінде тірек конструкцияларын қажет етпейді. Бұл күрделі(қиын) геометриялық детальдарды жасауға мүмкіндік береді. Нәтижесінде, BJ төмен және орташа металл өндірісі үшін өте сұранысқа ие технологияболып табылады. Бөлшектің соңғы қолданылуы ең қолайлы ұнтақты анықтайды. Керамикалық ұнтақтардың құны төмен болып сналады. Металл ұнтақтары қымбатырақ. Бірақ dmsl/SLM материалдарына қарағанда үнемді. SLS процесінен айырмашылығы, 100% байланыссыз ұнтақты қайта өңдеуге болады. Бұл материалды үнемдеуге әкеледі. Binder Jetting басқа 3Д басып шығару аддитивті технологиялардан басты айырмашылығы өте төмен бағадан өнім шығарады, қымбат материалдарды қажет етпейді, және уақыт үнемдеуі.

Қорытындылай келе Binder Jetting-ті әліде көптеген компаниялар зерттеулер жүгізіліп келеді. Әртүрлі 3д басып шығаруда өзінің артықшылықтары мен кемшіліктері бар, соның артықшылықтарын арттыру үшінкөптеген жұмыстар жүргізулуде.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1 Herzog, D.; Seyda, V.; Wycisk, E.; Emmelmann, C. Additive manufacturing of metals. Acta Mater. 2016, 117, 371–392. [CrossRef]

2 Kruth, J.-P.; Leu, M.; Nakagawa, T. Progress in Additive Manufacturing and Rapid Prototyping. CIRP Ann. 1998, 47, 525–540.

3 Lipson H, Kurman M. Fabricated: the new world of 3D printing. Indianapolis, Indiana: John Wiley and Sons, Inc.; 2013.

4 J. Giannatsis, V. Dedoussis Additive fabrication technologies applied to medicine and health care: A review Int J Adv Manuf Technol, 40 (2009), pp. 116-127

5 A. Dawood, B.M. Marti, V. Sauret-Jackson, A. Darwood 3D printing in dentistry

6 N. Guo, M.C. Leu
Additive manufacturing: Technology, applications and research needs

7 M. Javaid, A. Haleem
Current status and challenges of Additive manufacturing in orthopaedics.

8 T.D. Ngo, A. Kashani, G. Imbalzano, K.T.Q. Nguyen, D. Hui

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: Сейтжаппар Нұрислам Сейталимұлы ,

Название: Өнімді өндіруде Z Corp Binder jetting аддитивті технологиясын қолдануды зерттеу

Координатор: PhD д-ф, Арымбеков Б.С. ,

Коэффициент подобия 1:0

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:0

Интервалы:0

Микропробелы:0

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:

Допущен к защите

.....

Дата *Подпись заведующего кафедрой /*

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

Допущен к защите

Дата *Подпись заведующего кафедрой /*

начальника структурного подразделения

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: Сейтжаппар Нұрислам Сейталимұлы ,

Название: Өнімді өндіруде Z Corp Binder jetting аддитивті технологиясын қолдануды зерттеу

Координатор: PhD д-ф, Арымбеков Б.С. ,

Коэффициент подобия 1:0

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:0

Интервалы:0

Микропробелы:0

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:

Допущен к защите

....

Дата *Подпись Научного руководителя*

StrikePlagiarism.com SATBAYEV UNIVERSITY

Дата отчета 4/19/2021

Дата редактирования ---

Метаданные

Название

Өнімді өндіруде Z Corp Binder jetting аддитивті технологиясын қолдануды зерттеу

Автор

Сейтжаппар Нұрислам Сейталимұлы ,

Научный руководитель

PhD д-ф. Арымбеков Б.С. ,

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	в	0
Интервалы	A→	0
Микропробелы		0
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)	a	0

Объем найденных подобий

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

КП1	КП2	КЦ
0.00% / 0.00%	0.00% / 0.00%	1.05% / 1.05%
25	**4183**	**33667**
Длина фразы для коэффициента подобия 2	Количество слов	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)