

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

Сейтмуханбет Перизат Аманджанқызы

«Металдар мен қорытпаларды, аддитивті технологиялармен алынған
бұйымдарды ультрадыбыстық бақылаумен зерттеу»

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B071200 – Машина жасау

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Өнеркәсіптік инженерия кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

PhD д-ф, қауым. профессор

_____ Базарбай Б.Б.

« ____ » _____ 2020 ж.

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Металдар мен қорытпаларды, аддитивті технологиялармен алынған бұйымдарды ультрадыбыстық бақылаумен зерттеу»

5B071200 – Машина жасау

Орындаған

Сейтмуханбет Перизат Аманджанқызы

Ғылыми жетекші,

_____ Базарбай Б.Б.

« ____ » _____ 2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Өнеркәсіптік инженерия кафедрасы

5B071200 – Машина жасау

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

PhD д-ф, қауым. профессор

_____ Базарбай Б.Б.

«_____» _____ 2020 ж.

**Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Сейтмуханбет Перизат Аманджанқызы

Тақырыбы «Металдар мен қорытпаларды, аддитивті технологиялармен алынған бұйымдарды ультрадыбыстық бақылаумен зерттеу»

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

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

Дипломдық жобаның бастапқы берістері аддитивті технологиялар әдістерімен алынған бұйымдарды бақылау үшін диагностиканың ультрадыбысты бұзбайтын әдістерін қолдануды қарастыру

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі

а) аддитивті технологияның ерекшеліктеріне шолу

б) рентгендік компьютерлік томография және ультрадыбыстық бақылау әдісін зерттеу

в) 3D баспа технологиялары бойынша жасалған үлгілерді тәжірибе жүзінде зерттеу

Ұсынылған негізгі әдебиет: 9 атау

Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәліметтер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе. Ультрадыбыстық бақылау әдістеріне шолу		
Бұзбай бақылау әдістерін талдау		
Тәжірибе түрінде зерттеу		
Нәтиже негізінде анализ жүргізу		

Дипломдық жоба бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жобаға қойған қолтаңбалары

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

Ғылыми жетекші _____ Базарбай Б.Б.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ Сейтмуханбет П.А.

Күні _____ «___» _____ 2020 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жобада аддитивті технологиялар әдістерімен алынған бұйымдарды бақылау үшін диагностиканың ультрадыбысты бұзбайтын әдістерін қолдануды қарастырылды. Аддитивті технологиялар әдістерімен алынған бұйымдарды диагностикалау үшін бақылаудың ультрадыбыстық әдістерін қолдану мүмкіндігі көрсетілген. Ультрадыбыстық бақылау әдістері бұйымдарды фабрикациялау сапасын аддитивті технологиялар әдістерімен бағалауға мүмкіндік береді.

1930 жылы алғаш рет бұзылмайтын ультрадыбыстық бақылау орындалды. Ультрадыбысты пайдалана отырып өндіріс процесінде қабаттарды өсіру мониторингінің мақсаты тек онлайн режимінде қол жетімді параметрлерді бақылау болып табылады. Бұл жұмыс барысында орналасуы ультрадыбыстық зонд астында платформа пайланылды.

Ультрадыбысты бақылау әдісі арқылы келесі ақауларды анықтауға болады: жарықшақтар, тесіктер, тігіс қайнатпалары, балқытылған металдың қатпарлануы, тігіс қатпарлығы және балқымауы, тоттану және т. б. зақымдалған аймақтар.

АННОТАЦИЯ

В дипломном проекте предусмотрено применение ультразвуковых неразрушающих методов диагностики для контроля изделий, полученных методами аддитивных технологий. Показана возможность применения ультразвуковых методов контроля для диагностики изделий, полученных методами аддитивных технологий. Методы ультразвукового контроля позволяют оценить качество фабрикации изделий методами аддитивных технологий.

В 1930 году был осуществлен первый неразрушающий ультразвуковой контроль. Целью мониторинга роста слоев в процессе производства с использованием ультразвука является контроль параметров, доступных только в режиме онлайн. В процессе этой работы под ультразвуковым зондом расположение платформы использовалось.

Методом ультразвукового контроля можно определить следующие дефекты: трещины, отверстия, отвалы швов, расслоение расплавленного металла, слоистость швов и расплавление, коррозия и т. д. пораженные области.

ANNOTATION

The diploma project provides for the use of ultrasonic non-destructive diagnostic methods for the control of products obtained by additive technologies. The possibility of using ultrasonic control methods for diagnostics of products obtained by additive technologies is shown. Ultrasonic testing methods allow us to evaluate the quality of manufacturing products using additive technologies.

In 1930, the first non-destructive ultrasonic testing was carried out. The purpose of monitoring the growth of layers in the production process using ultrasound is to control parameters that are only available online. In the course of this work, the location of the platform was used under the ultrasonic probe.

Ultrasonic testing can detect the following defects: cracks, holes, seam decoctions, molten metal delamination, seam layering and melting, corrosion, and so on. affected areas.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Аддитивті технологиялар-металдар мен қорытпалардан жасалған бұйымдарды дайындау үшін қолдану	11
1.1 Селективті лазерлік балқыту технологиясы	11
1.2 Электронды-сәулелі балқыту (EBM)	12
2 Аддитивті әдістермен жасалған бұйымдарды бұзбай бақылау әдістері	14
2.1 Қатты денеде толқындардың УЗ тарату параметрлерін анықтау әдістері	19
3 Тәжірибелік бөлім	24
3.1 Ультрадыбыстық зерттеу	25
Қорытынды	30
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	31

КІРІСПЕ

Аддитивті технологиялар кейбір жағдайларда дәстүрлі өндірістік технологиялармен дайындала алмайтын күрделі геометриялық формадағы бұйымдарды жасауға мүмкіндік береді. Бұйымды фабрикациялау кезінде тікелей бұзбайтын бақылау әдістерін қолдана отырып, бұйымның барлық көлемін дайындау процесінде бақылауға мүмкіндік береді. Бұл ақауларды сипаттауға және әр қабатты жасау кезінде материалдар қасиеттерінің сәйкестігін тексеруге мүмкіндік береді, бұл бақылау уақытын және қымбат тұратын бастапқы материалды үнемдеуге, сондай-ақ фабрикалау процесінде ақауларды жөндеуге мүмкіндік береді. Фабрикаланатын бұйымның толық онлайн-бақылауы АТ саласында (аддитивті технологиялар) төңкеріс жасайды және олардың барлығы берілген спецификация шегінде болуына кепілдік беру үшін дайындалған бұйымның сапасына сенімділік береді.

Ультрадыбыстық бақылау әдістері материалдарда, бұйымдарда және дәнекерленген қосылыстарда түрлі тереңдікте орналасқан ақаулар туралы ақпарат алуға мүмкіндік береді. Ультрадыбыстық бақылау жоғары өнімділікке ие және фабрикация процесінде өнім сапасының объективті көрінісін алуға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта аддитивті технологиялар әдістерімен алынған металл бұйымдарда ультрадыбыстық толқындардың таралу ерекшеліктері нашар зерттелген.

Жұмыстың мақсаты аддитивті технологиялар әдістерімен алынған бұйымдарды бақылау үшін диагностиканың ультрадыбысты бұзбайтын әдістерін қолдануды қарастырудан тұрады.

Дипломдық жоба кіріспе, үш тараудан және қорытындыдан тұрады. Дипломдық жобаның бірінші тарауында аддитивті технологиялардың ерекшеліктері баяндалған, электронды сәулелі балқыту және селективті лазерлі балқыту сияқты аддитивті өндірістің әдістері және АТ дамуындағы келесі маңызды қадам болып табылатын 3D – баспа бұйымдарының сапасын жақсарту және қамтамасыз ету міндеттері қарастырылған. Екінші тарауда рентгендік компьютерлік томография және ультрадыбыстық бақылау әдісі сияқты бұзбайтын бақылау әдістері сипатталған. Сондай-ақ қатты денеде толқындардың УЗ (ультрадыбыс) таралу параметрлерін анықтау әдістері туралы: қатты денеде толқындардың УЗ өшу жылдамдығы мен коэффициентін анықтау; кеуектіліктің ультрадыбыстық толқындардың таралу параметрлеріне әсері. Үшінші тарауда түрлі 3D баспа технологиялары бойынша жасалған үлгілерді бақылаудың тәжірибелік нәтижелері көрсетілген. Үлгілердің ақауын бақылау жүргізілді,

ультрадыбыстық сигналдың жүру уақыты (бойлық толқынның жылдамдығы) және үлгілерде бойлық толқынның өшу коэффициенті өлшенді.

Ғылыми жаңалығы:

Жұмыстың ғылыми жаңалығы мыналардан тұрады: аддитивті технологиялармен алынған бұйымдардағы ультрадыбыстық толқынның таралу параметрлерін өлшеу.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы:

Аддитивті технологиялар әдістерімен алынған бұйымдарды диагностикалау үшін бақылаудың ультрадыбыстық әдістерін қолдану мүмкіндігі көрсетілген. Ультрадыбыстық бақылау әдістері бұйымдарды фабрикациялау сапасын аддитивті технологиялар әдістерімен бағалауға мүмкіндік береді, бұл ретте мұндай бұйымдарды бақылау дәстүрлі әдістермен алынған бұйымдарды бақылаудан мүлдем өзгеше емес.

1 Аддитивті технологиялар-металдар мен қорытпалардан жасалған бұйымдарды дайындау үшін қолдану

Аддитивті өндіріс бөлшектерді кешенді дайындау үшін тез өсіп келе жатқан сала болып табылады және әр түрлі технологиялардың кең спектрін қамтиды, олардың әрқайсысы бөлшектерді қалыптастыру үшін материалды аддитивті жинақтау қасиетіне ие. Әдістердің кейбірі бар бақылау әдістерімен жинау процесін интеграциялау мүмкіндігін ұсынатын қабатты жасайды. Селективті лазерлік балқыту (СЛБ) - бұл қосымша өндіріс технологиясы (ӨТ), ол күрделі геометриялық, аэроғарыш өнеркәсібі үшін "жоғары бағалы" бөлшектер, жабдықтар дайындайды. Қабаттық процесте СЛБ балқытылған объектіге сусымалы ұнтақ қабатын ерітуге арналған лазер пайдаланылады, содан кейін қабаттардың көп мөлшерін қосып алу арқылы өседі. Бұл өндірістік тәсіл көптеген жағдайларда дәстүрлі технологиялық жолдармен орындалуы мүмкін емес күрделілігі жоғары бөлшектерді жасауға мүмкіндік береді. Бұл техника үшін шектеулер бар; дәстүрлі өндірістік процестермен салыстырғанда салыстырмалы түрде төмен жинау жылдамдығы қазіргі уақытта ол төмен көлеммен, құны жоғары және күрделілігі жоғары бөлшектер үшін ғана үнемді екенін білдіреді. Сонымен қатар, күрделі геометрия бөлшектеріндегі ақауларды анықтау құрастырғаннан кейін қиынға соғады, ал бұзбайтын бақылаудың жергілікті әдістерінің болмауы осы технологияның таралуына кедергі келтіреді.

1.1 Селективті лазерлік балқыту технологиясы (SLM/DMP)

SLM / DMP (Selective Laser Melting / Direct Metal Printing) – селективті (іріктеп) лазерлі балқыту – математикалық CAD-модельдер бойынша металл ұнтақтарынан жасалған бұйымдардың нысаны мен құрылымы бойынша күрделі бұйымдарды жасаудың жаңашыл технологиясы. Бұл процесс қуатты лазерлік сәулелену арқылы ұнтақ материалын дәйекті қабаттап балқытудан тұрады. SLM заманауи өндірістер алдында кең мүмкіндіктер ашады, өйткені жоғары дәлдікті және тығыздықты металл өнімдерін жасауға мүмкіндік береді.

Селективті лазерлік балқыту-классикалық өндірістік үдерістерді сәтті алмастыра алатын 3D-басу технологияларының бірі. Ол физика-механикалық қасиеттері басым өнімдерді стандартты технологиялар бойынша дайындауға мүмкіндік береді. Селективті лазерлі балқытудың көмегімен Үлбір өңдеу мен қымбат жарақтарды пайдаланбай, атап айтқанда, бұйымдардың физикомеханикалық қасиеттерін басқару мүмкіндігінің арқасында бірегей күрделі бейінді бұйымдарды жасауға болады.

SLM-машиналар аэроғарыштық, энергетикалық, мұнай-газ, машина жасау өндірістерінде, металл өңдеу, медицина және зергерлік істе күрделі міндеттерді шешуге арналған. Оларды ғылыми орталықтарда, конструкторлық бюроларда және оқу орындарында зерттеулер мен эксперименттік жұмыстарды жүргізу кезінде пайдаланады.

SLM сипаттау үшін жиі қолданылатын "лазерлік жентектеу" термині өте дәл емес, себебі лазер сәулесінің астындағы металдар пісірілмейді, толығымен ерітіледі және біртекті шикізатқа айналады.

Өндірісте селективті лазерлі балқыту технологиясын қолдану мысалдары Селективті лазерлік балқыту өндіру үшін өнеркәсіпте қолданылады:

1. Әр түрлі агрегаттар мен тораптардың;
2. Көп элементті және іріктелмеген түрлерін қоса алғанда, күрделі формадағы және құрылымдағы конструкциялар;
3. Штамптар;
4. Пресс-қалыптардың бөлшектері;
5. Прототиптер;
6. Зергерлік бұйымдар;
7. Стоматологиядағы имплантаттар мен протездер.

Арнайы бағдарламалық қамтамасыз ету Stl файлдағы деректерді талдайды (салалық стандарт) және оларды 3dпринтер ерекшеліктерімен салыстырады. Алынған ақпаратты өңдеуден кейінгі келесі кезең-құрылатын объектінің әрбір қабаты үшін циклдердің көп санынан тұратын құрылым. Қабатты құру келесі операцияларды қамтиды:

1. Металл ұнтақ құру платформасында бекітілген құрылыс плитасына қолданылады;
2. Лазерлік сәуле өнім қабатының қимасын сканерлеу;
3. Платформа құрылыс құдығына қабатының қалыңдығына сәйкес келетін тереңдікке түсіріледі.

Сапқа тұрғызу инертті газбен (аргон немесе азот) толтырылған SLM камерасында орындалады. Газдың негізгі көлемі бастапқы кезеңде, сапқа тұру камерасынан үрлеу арқылы барлық ауа алынып тасталады. Плиткамен бірге бөлшекті құру процесі аяқталғаннан кейін 3D-принтер камерасынан алып тастайды, содан кейін плитадан ажыратады, қолдауды алып тастайды және бұйымның соңғы өңдеуін орындайды.

1.2 электронды-сәулелі балқыту (EBM)

Электронды - сәулемен балқыту (EBM) - бұл қоспамен металл бұйымдарын өндіру әдісі. Бұл технология жиі жылдам өндіріс әдісі ретінде жіктеледі. Электрондық сәулемен балқыту (EBM) таңдаулы лазерлік балқытуға

ұқсас (SLM) - негізгі айырмашылық балқытуға арналған энергия көзі ретінде лазерлердің орнына электрондық сәулелендіргіштерді (электрондық зеңбіректер деп аталатын) пайдалану болып табылады. Технология сандық үлгінің контурын қайталайтын дәйекті қабаттарды құру арқылы вакуумдық камерада металл қорытпа ұнтағы үшін қуатты электрондық бумаларды пайдалануға негізделген. Жентектеу технологиясына қарағанда электронды-сәулелі балқыту әсіресе жоғары тығыздықпен және беріктікпен бөлшектер жасауға мүмкіндік береді.

Еркін пішінді бөлшектерді жасаудың бұл тәсілі металл ұнтақтан жоғары тығыздықты металл үлгілерін жасауға мүмкіндік береді. Дайын өнімдер құймалардан механикалық қасиеттермен ажыратылмайды. Құрылғы үш өлшемді сандық үлгіні қамтитын файлдан алынған деректерді оқиды және ұнтақ материалының дәйекті қабаттарын қолданады. Үлгі қабаттарының контурлары электрондық бума сызылады, ол ұнтақ түйіспе нүктелерінде балқытады. Балқыту вакуумдық камераларда жүреді, бұл тотығуға сезімтал материалдармен-мысалы, таза титанмен жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

Шығыс материалдары байланыстырғышсыз таза металл ұнтағынан тұрады, ал дайын модельдер кеуектігімен ерекшеленбейді. Сондықтан талап етілетін механикалық беріктікке жету үшін баспа моделін жазып алудың қажеті жоқ. Бұл аспект EBM-ді селективті лазерлік балқытумен (SLM) бір сызықта және селективті лазерлік жентектеуден (SLS) және тікелей лазерлік жентектеуден (DMLS) жеке жіктеуге мүмкіндік береді. SLS, SLM және DMLS салыстырғанда, EBM көп шоғырдың электрмеханикалық ауытқуынан емес, жоғары есептік жылдамдық.

Электрондық сәулемен балқыту 700-1000°C жуық жететін жоғары фондық температураларда орындалады, бұл салқындатылған және ыстық қабаттар арасындағы температура градиентінің әсерінен болатын қалдық механикалық кернеуден зардап шекпейтін бөлшектерді алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, шығындалатын ұнтақтың толық балқуы монолитті өнімдерді алуға мүмкіндік береді - демек, ең жоғары беріктілік пен жануға талаптың болмауы.

Технологияны Arcam AB швед компаниясы жасап, алғаш рет пайдаланды. Титан қорытпаларын шығыс материалдары ретінде пайдалану Медициналық имплантаттарды дайындау үшін EBM технологиясын пайдалануға мүмкіндік береді.

2007 жылдан бастап екі Еуропалық Adler Ortho және Lima Corporate компаниялары және Exactech американдық компаниясы EBM технологиясын тікұшақ ойпатынан имплантаттар жасау үшін пайдаланады (жамбас-сан буынының имплантаттары).

2. Аддитивті әдістермен жасалған бұйымдарды бұзбай бақылау әдістері.

Рентгендік мониторингтің ең перспективті әдістерінің бірі рентгендік компьютерлік томография (КТ) болып табылады. Жалпы радиографиямен салыстырғанда КТ артықшылықтары:

- суретте көлеңкелі бейнелер жоқ;
- геометриялық арақатынасты өлшеудің жоғары дәлдігі;
- сезімталдық әдеттегі рентгенографияға қарағанда тәртіпке жоғары.

Рентгендік деректерді өңдеу жүйелері композиттік құрылымдарды құрудың барлық кезеңдерінде пайдаланылуы мүмкін:

КТ процесті өңдейді;

- өнімді сертификаттау;
- қабылдау сынақтары және диагностикасы;
- Сынақ кезінде және жұмыс кезінде ішкі құрылымдағы өзгерістерді анықтау;
- жаңа дизайнерлік және технологиялық шешімдерді зерттеу.

Басқару сапасын бақылау объектісі (ОК) әртүрлі бағыттардағы рентгендік беру көмегімен алынған көлеңкелі проекцияларды бірлесіп өңдеу нәтижесінде қималардың ішкі құрылымын (томограммаларды) қайта құру және визуализациялау негізінде құрылған. ОК массасының құрылымын зерттеудің көп деңгейлі сипаты мен визуализация қарапайым әдісті қамтиды, ол бұзбайтын бақылаудың үш өлшемді есебін екі өлшемді томограмма сериясына (қималарына) дейін азайтады.

Рентгендік АРТ бақылау сезімталдығы тұрғысынан радиациялық бақылауды бұзбай бақылаудың әдеттегі техникалық құралдарына қарағанда екі рет жоғары.

Рентгендік компьютерлік томография - әртүрлі бағыттағы рентген сәулелерін бірнеше рет сканерлеу арқылы объектінің ішкі құрылымын зерттейтін, содан кейін математикалық әдістер мен алгоритмдер негізінде проекционды деректерді өңдеу әдісі. Материалтануда томографиялық әдісті қолдану зерттелетін объектіде құлайтын сәуленің өшуін үшөлшемді бөлуді құруға негізделген. Рентген сәулелерінің макродеңгейде әлсіреуі Ламберт-бер Заңына сәйкес модельденеді, ол рентгендік компьютерлік томографияның физикалық негізін қалыптастырады. Берілген e энергиясы мен бастапқы қарқындылығы I_0 монохроматикалық рентген сәулелері қалыңдығы l біртекті материал арқылы өтетін кезде, құлап түсетін сәуле шығару қарқындылығы I экспоненциалды түрде материал арқылы өткеннен кейін азаяды:

$$I = I_0 e^{-\mu L}$$

Мұнда, m – әлсіреудің сызықтық коэффициенті, см^{-1} . Рентген сәулелерінің материал арқылы өтуі кезінде әлсіреуінің сызықтық коэффициентінің тіркелетін мәні e сәулелену энергиясымен, материалдың қалыңдығы L , оның тығыздығы ρ және Z заттың атомдық нөмірімен анықталады, яғни:

$$m = f(E, L, \rho, Z).$$

Үлгі материалының көлемінде сызықтық рентген сәулесінің өшу коэффициентінің шамасын кеңістіктік бөлуді қайта құру ішкі құрылымды үш өлшемді сурет, конструкция түрінде визуализациялауға мүмкіндік береді, ол математикалық алгоритмдерді бағдарламалық іске асыруды және арнайы бағдарламалық қамтамасыз етумен проекциялық деректерді қайта құруды талап етеді.

Материалдарда бастапқы пайдалану томография - материалдар мен бұйымдардың ішкі құрылымының әр түрлі элементтерін, оның ішінде құрылымдық компоненттер ретінде, сондай-ақ микро және макроскопиялық ақауларды сапалық және сандық бағалау. Компьютерлік томографиямен қарастырылған параметрлер құрылымдық элементтердің бөлінуін, нысанын және өлшемдерін, олардың бағдарын, көлемді үлесін және басқаларын қамтуы мүмкін. Материалдардың әр түрлі мәселелері үшін рентгендік компьютерлік томографияның тартылуын пайдалану-тиімділікті зерттеу, үлгілерді дайындау кезінде еңбек шығынын азайту, зерттелетін объектілердің көлемдік құрылымы туралы ақпарат дайындау.

Қазіргі таңда алюминий және титан қорытпалары, магний қорытпалары, полимерлік материалдар құрылымындағы рентгендік томографияны зерттеу және алюминийдің кристалдануын зерттеу үшін тәжірибе. Сонымен қатар, рентгендік компьютерлік томографияны жаңа функционалдық және конструкциялық материалдарды зерттеу үшін пайдалану айқын, олардың көпшілігі құрылымдық гетерогенді болып табылады. Мұндай материалдардың мысалдары әртүрлі матрицалар негізіндегі композициялық материалдар (металломатрицалар, полимерлер, керамика және т. б.) болып табылады, кеуекті материалдар (металл көбік, аэрогельдер), ұнтақты материалдар, функционалдық градуирленген материалдар, құйма сыйыспайтын компоненттер, қорытпалар жүйелері және басқалар.

Құрылымның біркелкі еместігінің жоғары дәрежесі орналасу, талшықтардың зақымдануы, олардың тұрақты емес бағдарлау және көлемді үлес, өзектер, кеуектілік, құрылымдық компоненттердің біркелкі бөлінбеуі, жарылу және матрицалық материал және басқалар. Осы материалдардан жасалған ақаулықтарды анықтау өнімдері жаңа материалдарды және оларды дайындау әдістерін әзірлеумен байланысты болуы және сандық бұзбайтын бақылау

әдістерін жетілдіру қажеттілігімен тығыз байланысты болуы мүмкін. Сапалы дәстүрлі әдістерді қолдану (көзбен қарау, рентгенография, ультрадыбыс және т. б.) д) бақылау әрдайым функционалдық материалдар өнімінің ақауын толық сипаттауға мүмкіндік бермейді. Қуыстардың, бөтен текті қосындылардың, тығыздығы аз облыстардың, жарықтардың және басқа да жарықтардың дәл мөлшері мен орналасуын пайдалану кезінде осы проблемалардың компьютерлік томографиясын шешу. Бұл ақпарат материалдар мен бұйымдар технологиясын дамытудың негізгі бағыттарын жетілдіру үшін қажет.

КТ-талдаудың тиімділігі жаңа материалдарды бұзбайтын бақылауды анықтау үшін ғана емес, сонымен қатар кеңістіктік бөлу ақауларының, формаларының, өлшемдерінің және басқа да морфологиялық сипаттамалардың басқа да түрлерін және тегіс еместігін сәйкестендірумен бірге құрылымды үш өлшемді визуализациялау үшін де тиімді болды. Мысалы, осы қорытпалардың металл матрицасынан жасалған композиттердегі қасиеттердің қажетті деңгейіне жету қабілеті құрылымдық және морфологиялық факторларға байланысты, мысалы, көлемді үлес, диспергируемость, фаза, пішін және арматураның таралуы. Компьютерлік томография кеңістіктік бөлу және көлемдік үлес тұрғысынан кем дегенде кеуектілікті қамтамасыз ететін оларды өндіру параметрлерін бақылау әдісі негізінде жоспарлау негізінде металл матрицадан тиімді жүргізу үшін композициялық материалдың құрылымын оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Ультрадыбыс (УЗ) - жиілігі адам есту шегінен (15-20 кГц) асатын, сұйық, қатты және газ тәрізді заттарға әсер ететін әртүрлі орталар мен материалдарда серпімді толқындар. Естілетін дыбыстың ауқымынан бөлінетін ультрадыбыстың төменгі шекті жиілігі адам естуінің субъективті сипаттамаларын анықтайды және шартты болып табылады, сондықтан әрбір адамның тыңдауды қабылдаудың жоғарғы шекарасы өзінің жеке.

Ультрадыбыс жиілігінің жоғарғы шегі материалдық ортада ғана таралуы мүмкін физикалық серпімді толқындар табиғатына негізделген толқын ұзындығы газдағы молекулалардың бос жүріс ұзындығынан немесе Сұйықтықтар мен қатты денелердегі ұйаралық қашықтықтан әлдеқайда көп болған жағдайда. Атмосфералық қысымда Газ, ультрадыбыстық жиіліктің жоғарғы шегі сұйықтар мен 10¹²-ден 10¹³ Гц дейін қатты бөлшектерді кесу жиілігі үшін 10⁹ Гц құрайды.

Толқын ұзындығы мен ультрадыбыстық сәулеленудің жиілігіне байланысты әртүрлі спецификалық сипаттамалар тән: қабылдау, тарату және пайдалану, сондықтан ультрадыбыстық тербелістер диапазоны үш облысқа бөлінеді:

- төмен ультрадыбыстық жиіліктер ($1,5 \times 10^4$ - 10^5 Гц);
- орташа (105 - 107 Гц);
- жоғары (107 - 109 Гц).

Шексіз ортада ультрадыбыстық толқындардың таралу жылдамдығы ортаның тығыз қасиеттері мен тығыздығымен анықталады. Тұйықталған ортада таралу жылдамдығы толқынның әсер етеді қолжетімділігі мен сипатын шекараларын әкеледі жиілік тәуелділіктері (дисперсия дыбыс жылдамдығы).

Бұзбайтын бақылаудың негізгі әдістерінің бірі ультрадыбыстық тексеру әдісі (ультрадыбыстық бақылау) болып табылады. 1930 жылы алғаш рет бұзылмайтын ультрадыбыстық бақылау орындалды. Алайда 20 жылдан кейін дәнекерлеу қосылыстарын ультрадыбыстық сынаудан кейін дәнекерлеу сапасын бақылаудың басқа әдістерімен салыстырғанда анағұрлым танымал болды. Сонымен қатар, бұл кейбір өнімдер үшін міндетті болды.

Әдістің мәні өнімдегі ультрадыбыстық сәулеленуден тұрады, басқа шешім арнайы жабдықпен - ультрадыбыстық қателер детекторы мен пезоэлектрообразовательмен және деректерді одан әрі талдаумен, қателердің болуымен және олардың эквивалентті өлшемімен, формасымен (көлем / планарлы анықтау үшін), түрлері (нүкте / ұзындығы), жату тереңдігі және т. б. ультрадыбыстық тербелістерді бейнелейді.

Анықталған ақаулардың параметрлері қателіктердің ультрадыбыстық детекторларының көмегімен анықталады. Мысалы, N металлдағы ультрадыбыстың таралу уақыты (егер әртүрлі материалдардағы ультрадыбыстық толқындардың ультрадыбыстық таралу жылдамдығының жылдамдығы белгілі болса), ақау қашықтығын және салыстырмалы рұқсат етуге дейінгі шағылысқан импульстің амплитудасы анықтау үшін.

Нақты шарттарға сәйкес ультрадыбыстық сынақты жүргізу үшін (бренд материалы, оның қалыңдығы, басқару беттерінің геометриялық сипаттамалары, анықталатын қателіктердің ең аз мөлшері және т.б.) басқару элементтерінің өте үлкен таңдауы бар.

Бүгінгі күні УБ бес негізгі әдісі бар: көлеңкелі, айна, айна-көлеңкелі, дельта әдісі және эха әдісі. Өнеркәсіпте металдың ультрадыбыстық талдауы әдетте 0,5 МГц-тен 10 МГц-ке дейінгі ультрадыбыстық толқындар диапазонында жүргізіледі. Кейбір жағдайларда дәнекерленген жіктерді бұзбай бақылау 20 МГц жиілігімен ультрадыбыстық толқындар өте ұсақ ақауларды анықтауға мүмкіндік береді.

ЕНБ жүргізу арқылы келесі ақауларды анықтауға болады: жарықшақтар, тесіктер, тігіс қайнатпалары, балқытылған металдың қатпарлануы, тігіс қатпарлығы және балқымауы, тоттану және т. б. зақымдалған аймақтар.



а)



б)

2.1-сурет - а-жарықтар, б-тесіктер.



а)



б)

2.2-сурет - а-непровар жік, б-жік балқымауы



2.3-сурет - Коррозиямен зақымданған аймақтар

2.1. Қатты денеде толқындардың УЗ тарату параметрлерін анықтау әдістері

Дыбыс жылдамдығы-толқын таралатын ортаның сипаттамасы. Ол екі фактормен анықталады: материалдың икемділігі мен тығыздығы. Газдар мен сұйықтықтарда дыбыс тек бойлық толқын түрінде таралады. Қатты денелер жағдайында дыбыс қозғалу кернеуі ауытқитын көлденең толқын түрінде өтеді.

Бойлық және көлденең толқындар. Бөлшектер толқынның таралу бағытына параллель дірілдегендіктен, толқын ұзына бойы деп аталады. Егер олар таралу бағытына перпендикуляр болса, толқын трансверсалдық деп аталады. Газдардағы және сұйықтықтардағы дыбыстық толқындар-бойлық толқындар. Қатты денелерде екі түрлі толқындар бар. Қатты күйдегі көлденең толқын оның қаттылығына (пішін өзгерісіне кедергі) байланысты болуы мүмкін. Толқындардың осы екі түрі арасындағы ең маңызды айырмашылық көлденең толқынның поляризация қасиетіне ие (тербелістер белгілі бір жазықтықта болады), ал бойлық толқын - жоқ. Кристалдармен дыбысты бейнелеу және беру сияқты кейбір құбылыстарда көп нәрсе бөлшектер мен жарық толқындарының ығысу бағытына байланысты болады.

Ультрадыбыстың таралуы-бұл дыбыс толқынында болатын кеңістіктік және уақытша қозғалыстар процесі. Дыбыс толқыны затқа газ тәрізді, сұйық немесе қатты күйдегі осы заттың бөлшектері ығысқан бағытта таралады, яғни ортаның деформациясын тудырады. Сонымен қатар, екі көршілес аймақ арасындағы қашықтық ультрадыбыстық толқын ұзындығына сәйкес келеді. Берілген амплитудалық тербеліс кезінде ортаның сығылу және сарқылу дәрежесі көп.

Нысан кіргенде ультрадыбыстық түрлендіргішпен құрылған ұйымдастырылған толқынды фронт материалдың микроқұрылымына энергияның толық тасымалданбауынан әлсірей бастайды. Ұйымдастырылған механикалық діріл (дыбыс толқындары) тербелістер шығарылғанға дейін хаотикалық механикалық тербелістерге (жылу) түрлендіріледі. Бұл процесс дыбыстың өшуі деп аталады.

Дыбыстың өшуі мен шашырауының математикалық теориясы өте күрделі. Осы жол бойынша ДБ-дан ісіну салдарынан амплитуданың жоғалуы дәндер шекараларының немесе шашыраудың басқа да элементтерінің қатынасына байланысты барлық үш аймақта өзгертін шашыраудың жиілігі мен әсерлерімен сызықтық өсетін жұтылу әсерлерінің сомасын білдіреді. Кез келген жағдайда шашыраудың әсері жиіліктің ұлғаюымен өседі.

Өшу коэффициенті-бұл сигналдың жол ұзындығының бірлігіне (дБ/см) ультрадыбыстық сигналдың өшуі. Өшу коэффициенті жиіліктің ұлғаюымен артады. Материалда ультрадыбыстың өшуі өшу коэффициенті мен ультрадыбыстық сигнал арқылы өтетін қашықтыққа байланысты. Үлгі материалына ультрадыбыстық сигнал енгізген кезде, қате детекторы экранында тұйықталған эхо сигналдарының сериясы болуы мүмкін. Бірінші эхо үлгінің төменгі бетінен көрініс тапқан кіріс импульсінің нәтижесі болып табылады және үлгінің екі еселенген қалыңдығына тең жол өтеді $2R$, мұнда r -үлгінің қалыңдығы). Екінші эхо интерфейс материалынан (қашықтық $4R$), үшінші- $6R$ -және t . D энергия импульсінің тізбектелген бөлігінің нәтижесі болып табылады. Екі көрші сигналдың амплитудасы арасындағы айырмашылық ультрадыбыстық сигналдың әлсіреу коэффициентінің қателігі болып табылады.

Дыбыстың өшуі мен шашырауының математикалық теориясы өте күрделі. Белгілі бір жолда өшу салдарынан амплитуданың жоғалуы ДБ сызықтық жиілікпен күшейетін жұтылу әсерлерінің және тесікаралық шекаралардың немесе басқа да шашыратқыш элементтердің ара қатынасына байланысты барлық үш аймақта өзгеріп отыратын шашырату әсерлерінің жиынтығы болады. Кез келген жағдайда, шашырау әсерлері жиіліктің жоғарылауымен өседі. Өшу коэффициенті материалға, бақылау температурасына, жиілікке байланысты болады; және әдетте сантиметрге (Нп/см) неперде көрсетіледі. Кезде тозу коэффициентін есептеу үшін формула 2.1 қолданамыз.

$$p = p_0 e^{-\alpha d} \quad (2.1)$$

Мұндағы, p - жол соңындағы дыбыстық қысым,

p_0 - жол басындағы дыбыстық қысым,

e – табиғи логарифм базасы, α – өшу коэффициенті,

d – дыбыс жолының ұзындығы.

Іс жүзінде СК-да өшу коэффициенттері әдетте өлшенеді, есептелмейді. Жоғары жиіліктегі сигналдар бақылау ортасына қарамастан төмен жиіліктегі сигналдарға қарағанда тез өшеді. Сондықтан жоғары өшу коэффициенті бар материалдарды бақылау кезінде (мысалы, тығыздығы төмен пластик немесе резеңке) әдетте төмен жиіліктер пайдаланылады.

Перпендикулярлы жазықтықта көрсету және беру

Егер толқын жолында материал арқылы өту кезінде толқын бағытына перпендикуляр жатқан құрамы бойынша өзге ортаның шекарасы көрсетілсе, толқын энергиясының бір бөлігі әсер етеді, ал бір бөлігі өзінің қозғалысын бұрынғы бағытта жалғастырады. Көрініс тапқан және одан әрі берілетін энергияның арақатынасы екі ортадағы акустикалық импеданстың мәндерімен байланысты. Акустикалық импеданс-дыбыс жылдамдығына өлшенген

материалдың тығыздығы. Перпендикуляр жазықтықта шағылысу коэффициенті, яғни дыбыс энергиясының саны келесідей есептеледі:

$$R = Z_2 - Z_1 / Z_2 + Z_1 \quad (2.2)$$

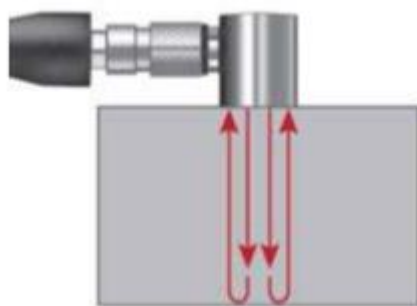
Мұнда, R - пайыздағы көрсету коэффициенті,

Z_1 - бірінші ортаның акустикалық импедансы,

Z_2 - екінші ортаның акустикалық импедансы.

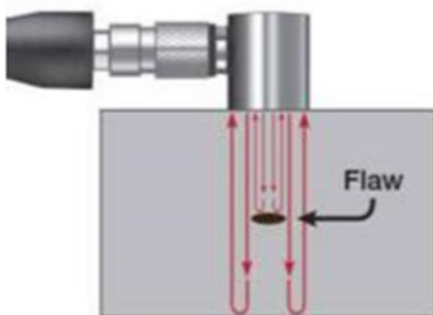
Бұл формуладан екі ортадағы акустикалық импеданстың мәні бір – біріне жақын болған сайын, шағылысу коэффициенті соғұрлым төмен, және керісінше- акустикалық импеданттардың арасындағы айырмашылық неғұрлым көп болса, шағылысу коэффициенті соғұрлым жоғары болады. Теориялық тұрғыдан, бірдей акустикалық импедансы бар екі орта арасындағы шекарадан бейнелеу коэффициенті нөлге тең. Егер екі орта арасында акустикалық импеданс тым қатты болса (мысалы, болат және ауа), онда коэффициент 100% - ға тең.

Дыбыс толқыны материалда таралады және объектінің түптік қабырғасынан бейнеленеді (сурет 2.4).



2.4-сурет - Ақаусыз ортада дыбыс толқынының таралуы және бейнеленуі

- Бір дыбыстық толқындар барлық материалды кесіп өтеді және объектінің түптік қабырғасынан көрініс табады, толқынның басқа ДБ олардың жолында кездесетін аралық ақаулардан көрініс табады
- Эхо-сигнал амплитудасы ақау мөлшеріне байланысты



2.5-сурет - Ақау бар ортада дыбыс толқынының таралуы және бейнеленуі

Жазық панельдер мен тегіс шыбықтарды бақылау жағдайында бұл рәсім өте қарапайым.

Тікелей сәулемен сканерлеу сондай-ақ дәнекерлеу тігістерін және бұйым бетіне параллель бағытталған басқа да желім қосылыстарын бақылау үшін қолданылады. Бұл жағдайда дыбыс толқыны тіпті ақаусыз қосылу аймағынан да әсер етуі мүмкін, өйткені қатты дәнекер немесе тұтқыр материал (желім) объектінің негізгі материалынан ерекшеленеді. Дегенмен, салыстырмалы бақылау тұтқыр материал жетіспеген жағдайда эхо-сигнал әдетте кеңірек екенін көрсетеді. Осылайша, тігіс бетінен эхо-сигнал амплитудасы дәнекерленген қосылыс жағдайының көрсеткіші болып табылады.

Ғылыми-зерттеу жұмысының осы бөлімінде рентгендік компьютерлік томография және ультрадыбыстық бақылау әдісі сияқты бұзбайтын бақылау әдістері туралы айтылады. Сондай-ақ ультрадыбысты пайдалана отырып, аддитивті өндіріс үдерістерінің онлайн-мониторингі және ультрадыбыстық әдіспен бақылауға болатын ақаулар туралы ақпарат. Рентгендік компьютерлік томография және ультрадыбыстық бақылау әдісінің артықшылықтары мен шектеулері жазылған.

Сондай-ақ, қатты денедегі толқындардың УЗ таралу параметрлерін анықтау әдістері туралы айтылады: қатты денедегі толқындардың УЗ өшу коэффициенті мен жылдамдығын анықтау; кеуектіліктің ультрадыбыстық толқындардың таралу параметрлеріне әсері. Ультрадыбыстың таралуы-бұл дыбыс толқынында болатын кеңістіктік және уақытша қозғалыстар процесі. Дыбыс толқыны затқа газ тәрізді, сұйық немесе қатты күйдегі осы заттың бөлшектері ығысқан бағытта таралады, яғни ортаның деформациясын тудырады. Нысан кіргенде ультрадыбыстық түрлендіргішпен құрылған ұйымдастырылған толқынды фронт материалдың микроқұрылымына энергияның толық тасымалданбауынан әлсірей бастайды.

3. Тәжірибелік бөлім

3.1 суретте ұсынылған қатты денені ультрадыбыстық талдау жүйесі металдар мен көміртекті қорытпалардан жасалған үлгілердің иммерсиондық тәсілмен автоматтандырылған ультрадыбыстық бақылауға арналған.



3.1-сурет - Ультрадыбыстық бақылау үшін IDEalSystem3D стационарлық жүйесі

Қондырғы иммерсионды ваннасы бар станинадан, екіординатты сканерден, ультрадыбыстық датчиктерді жоғары дәлдіктегі ауыстыру жүйесінен, сондай-ақ жүйенің жұмысын тестілеу, нақты уақыт режимінде сканерлеу нәтижелерін визуализациялау және өңдеу үшін бағдарламалық қамтамасыз етуі бар дербес компьютерден тұрады.

Сканердің көлденең жазықтықта қозғалысын басқару қолмен (Emulator сканерінің режимі) және берілген бағдарлама бойынша компьютердің көмегімен жүзеге асырылуы мүмкін. Сканер тұтас толщинометрия жүргізу үшін бір ультрадыбыстық датчиктермен немесе дәнекерленген жіктерді бақылау үшін екі датчиктермен жабдықталуы мүмкін. Ультрадыбыстық датчиктерді полярлық координаттарда айналдыру және оларды сканерлеу жазықтығына перпендикуляр бағытта жылжыту датчиктер ұстағышында орналасқан арнайы басқару тұтқаларын бұрған кезде жүргізіледі.

Сканер ультрадыбыстық сигналдарды беретін және сканердің қадамдық электр моторлары үшін қорек беретін кабельді басқару жүйесімен байланысты. Кабельмен бірге сканердің басына су беру шлангі өтеді.

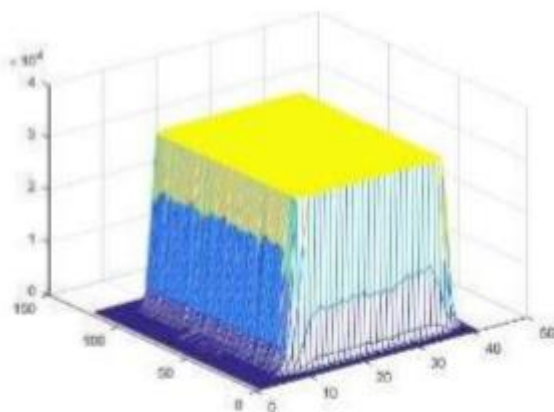
I-Deal Studio компьютерлік бағдарламасы үлгілердің автоматтандырылған бақылауын орындауға мүмкіндік береді. Бұл бағдарламалық жасақтаманың 3 режимі бар:

1. Сканерлеу үшін баптауларды орнатуға мүмкіндік беретін қол режимі;
2. Қолмен берілген параметрлермен сканерлеу тікелей орындалатын автоматты режим;

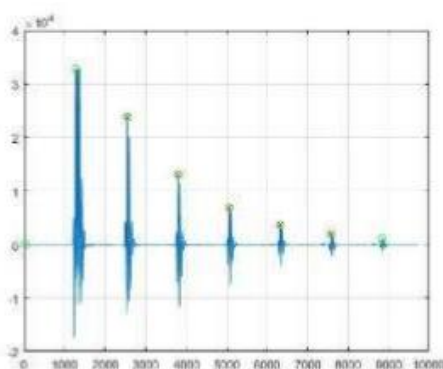
3. Сканерлеу нәтижелерін көруге және өңдеуге болатын талдау режимі.

3.1 Ультрадыбыстық зерттеу

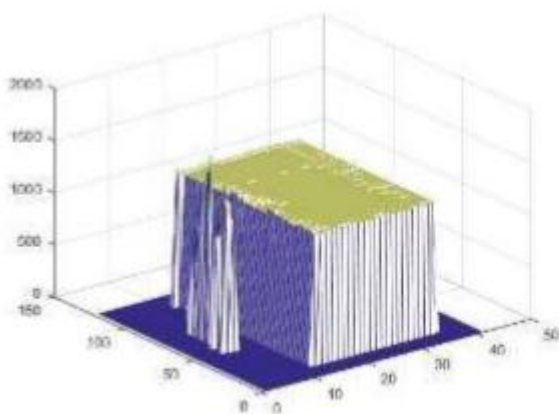
BT6 титан қорытпасынан жасалған 3D баспа технологиясы бойынша жасалған үлгілерге ультрадыбыстық зерттеу жүргізілді. Зерттеу 2,5, 5, 10, 20, 50 МГц ультрадыбыс жиіліктерінде жүргізілді. TOF (Time Of Flight – уақыт-Бақылау әдісі) әдісімен бойлық толқынның жылдамдығы және үлгілерде бойлық толқынның өшу коэффициенті өлшенді. Нәтижелерді өңдеу төменде көрсетілгендей MATLAB бағдарламалау тілінде жүргізілді.



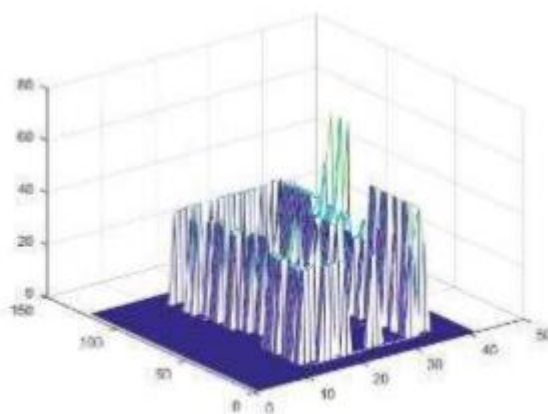
3.2-сурет- MAX өңдеу алгоритмі. Ол әрбір сканерлеу нүктесінде сигналдың ең жоғарғы мәнін анықтайды



3.3-сурет- TOF өңдеу алгоритмі. Ол бір сканерлеу нүктесінде үлгіні анықтайды

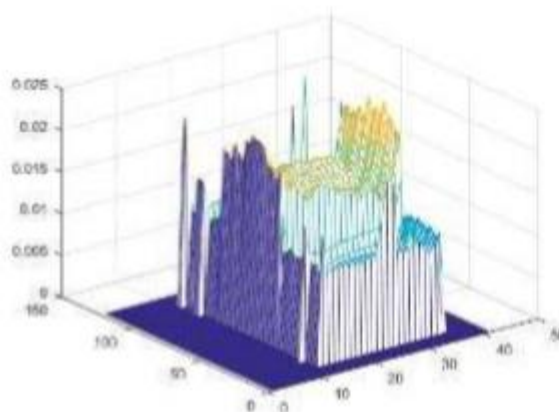


а)

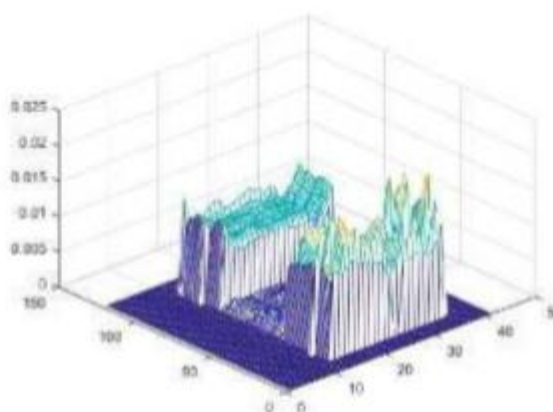


б)

3.4-сурет- TOF өңдеу алгоритмдері. а – жүру уақытын анықтайды, б-барлық сканерлеу нүктелерінде үлгідегі ультрадыбыстық сигналдың қателігін анықтайды



а)



б)

3.5-сурет- DECAУ өңдеу алгоритмдері. а-өшу коэффициентін анықтайды, б-барлық сканерлеу нүктелерінде сигналдың өшу коэффициентінің қателігін анықтайды.

Үлгі №1.

Электронды-сәулелік балқыту әдісімен алынған Ti-6Al-4V титанының бөліктері. Ti-6Al-4V титан қорытпасы ұнтағын (Ti6Al4V ELI) пайдалана отырып, үлгілер ARCAM A2 EBM (Arcam AB, Mölndal, Sweden) арқылы жасалған [30]. Ұнтақ ARCAM AB-дан сатып алынған және 50-ден 150 мм-ге дейінгі астық мөлшері орташа бөлінген. Барлық пайдаланылған үлгілер дөңгелек бетіне параллель құрастыру бағытында сол партияда жасалды. Ұнтақ қабатының қалыңдығы 70 м құрады және қатты Ti64 үшін ARCAM параметрлерінің стандартты параметрлері қолданылды. Барлық үлгілер ARCAM ұнтағын қалпына келтіру жүйесінде сол ізашары ұнтағын пайдалана отырып мұқият

жарылған. Содан кейін барлық үлгілер біртекті бетті алу үшін механикалық тегістейді.

Үлгілер TI-6Al-4V титан қорытпасы ұнтағын пайдалану арқылы ARCAM A2 EBM қондырғысында жасалған. Үлгілер диаметрі 8 мм және қалыңдығы 2 мм диск түрінде жасалған. Дайындағаннан кейін үлгілер күйдіріліп, тегіс бетті алу үшін механикалық өңделеді.

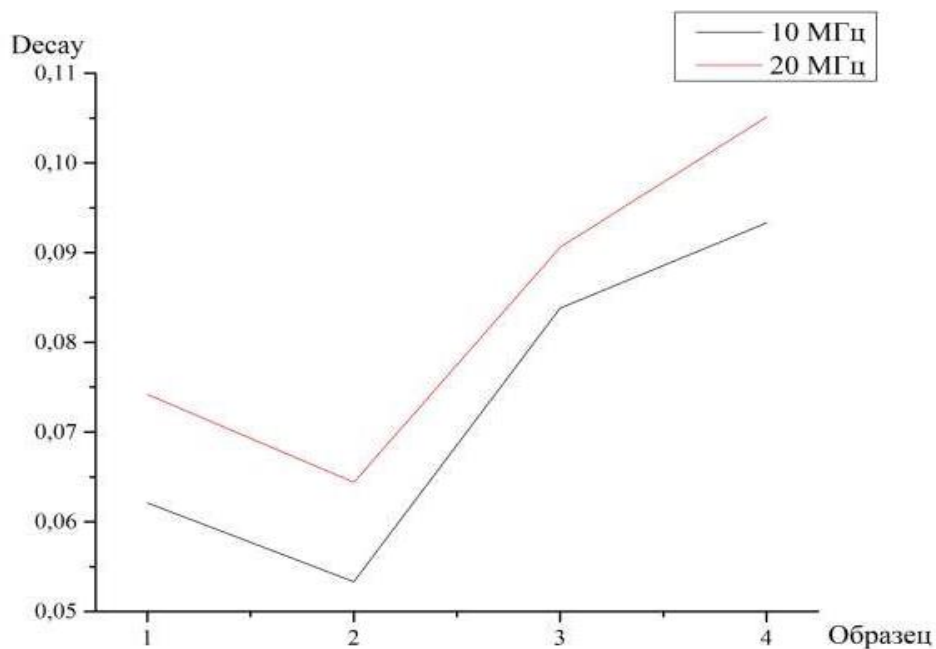
Үлгілер жабық ақпарат болып табылатын фабрикация режимдерімен ерекшеленді және ARCAM компаниясының пайдаланушыларына берілмейді.

Үлгілер 10 және 20 МГц жиіліктерінде зерттелді. 10 және 20 МГц жиіліктері кезіндегі сигналдардың өшу коэффициенттері және олардың қателіктері 3.1-кестеде көрсетілген.

Үлгісі	Жиілігі МГц	Координаттары	Өшу коэффициенті	Қателігі
AND 0	10	40-35	0,0764	0,0047
		40-75	0	
		80-35	0,0457	0,0274
		80-75	0	
	20	45-40	0,0489	0,0109
		45-80	0,0628	0,0177
		85-40	0	
		85-80	0	
AND 1	10	40-35	0,0443	0,0045
		40-75	0,0228	0,0061
		80-35	0,0251	0,0101
		80-75	0,0779	0,0013
	20	45-35	0,0642	0,0126
		45-75	0,0749	0,0163
		85-35	0,0790	0,0712
		85-75	0	
AND 2	10	40-35	0,0458	0,0057
		40-75	0,0581	0,0037
		80-35	0,0427	0,0050
		80-75	0,0423	0,0067
	20	40-40	0,0795	0,0128
		40-75	0,0717	0,0103
		80-40	0,0572	0,0085

AND 3	10	80-75	0,0565	0,0101
		35-45	0	
		35-85	0	
		75-45	0	
		75-85	0,0669	0,0103
	20	45-35	0,0803	0,0125
		45-75	0	
		85-35	0,0851	0,0037
		85-75	0	
AND 4	10	40-40	0	
		40-80	0	
		80-40	0	
		80-80	0	
	20	45-40	0	
		45-80	0,0851	0,0077
		85-40	0	
		85-80	0	

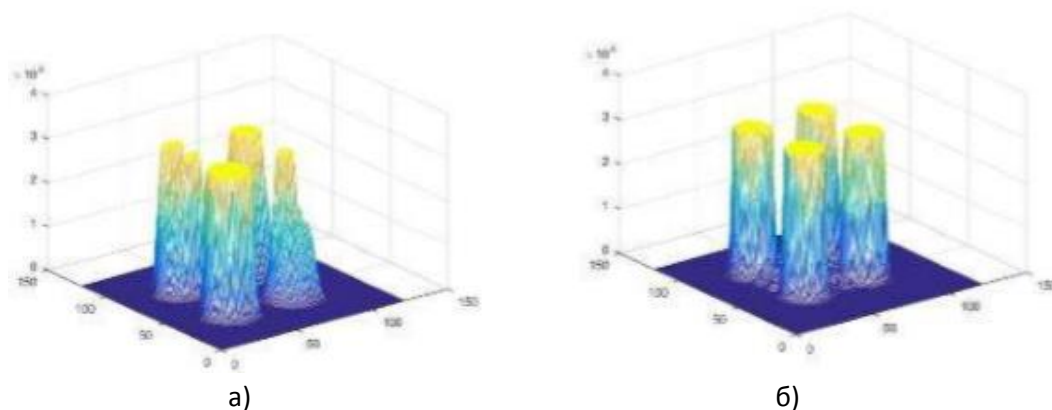
№3.1-кесте- Сигналдардың өшу коэффициенттері және олардың қателіктері.



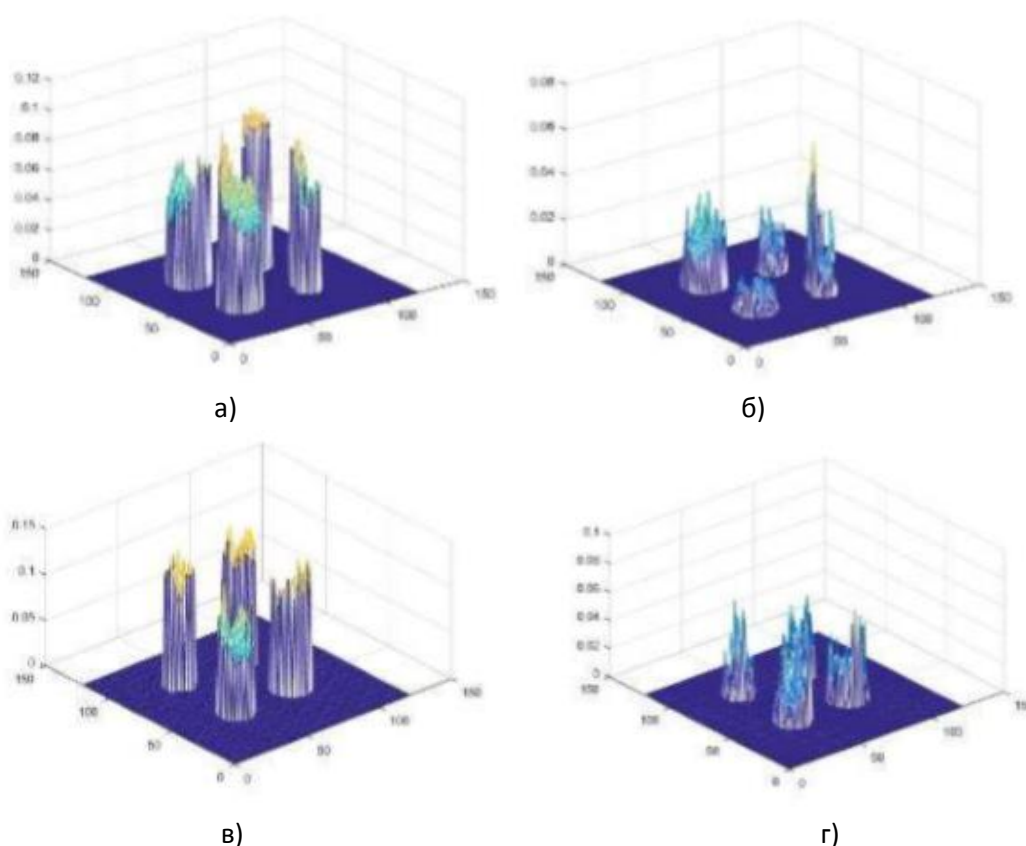
3.6-сурет- 10 және 20 МГц жиіліктеріндегі үлгілердегі сигналдардың өшу коэффициенттерін көрсететін графиктер.

Бақылау нәтижелері бойынша үлгілердің қалыпты ультрадыбыстық бақылаумен анықталатын ақаулары жоқ екендігі анықталды, бұл ретте

фабрикалаудың түрлі режимдері бар үлгілер ультрадыбыстық сигналдың өшу коэффициентімен ерекшеленеді. Айта кету керек, осы үлгілер үшін олардың қалыңдығына байланысты, өшу коэффициентін анықтау үшін ультрадыбыстық бақылау деректерін өңдеу кезінде қиындықтар анықталды.



3.7-сурет- Әрбір сканерлеу нүктесінде сигналдың максималды мәні.
а– жиілігі 10 МГц, б-20 МГц.



3.8-сурет- TOF өңдеу алгоритмдері. а, б – жиілігі 10 МГц, в,г-20 МГц, а және в суреттері-ультрадыбыстық сигналдың жүру уақыты, ал б және г суреттері олардың қателіктері.

ҚОРЫТЫНДЫ

Ұнтақтан және сымнан қабаттап электронды-сәулелі баспа әдісімен дайындалған ВТ6 титан қорытпасынан жасалған үлгілерде бойлық толқындардың таралу параметрлерін зерттеу бойынша Қатты денені ультрадыбыстық талдау жүйесінде тәжірибелік жұмыстар жүргізілді.

Ультрадыбыстық бақылау әдістері бұйымдарды фабрикациялау сапасын аддитивті технологиялар әдістерімен бағалауға мүмкіндік береді, бұл ретте мұндай бұйымдарды бақылау дәстүрлі әдістермен алынған бұйымдарды бақылаудан мүлдем өзгеше емес.

Ультрадыбыстық бақылау сигналдарын өңдеудің қолданыстағы алгоритмдері үлгідегі сигналдың жүру уақытын анықтаумен жақсы орындалады (материалдағы ультрадыбыстың жылдамдығын анықтау), бірақ өшу коэффициентін сандық анықтау үшін баптауды талап етеді. Сондай-ақ бұйымдарды бақылауға жеке көзқарас ультрадыбыстық бақылаудың оңтайлы жиілігін таңдауды талап етеді.

Сондай-ақ қосымша зерттеу бұйымның кеуектілігінің өшу коэффициентінің мәніне әсерін сандық бағалауды талап етеді, бұл берілген кеуектілік шамасымен үлгілерді фабрикациялаумен байланысты.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Лазерлік балқытуға арналған кеңістіктік рұқсат етілген акустикалық спектроскопия. Richard J. Smitha, Matthias Hirschb, Rikesh Patela, Wenqi Lia, Adam T. Steve D. Sharples. May 2016.
2. Tapia, G., Elwany, A., 2014. Металдар негізінде қоспалар өндірісін бақылау және басқару процесіне шолу. J. Manuf. Sci. Eng. 136, 060801.
3. Бойцов Б. В., Васильев С. Л., Громашев А. Г., Юргенсон С. А. ПКМ конструкциялары үшін қолданылатын бұзбайтын бақылау әдістері
4. Өнеркәсіптік компьютерлік томография бойынша Конференция: материалдар. 2012 жылғы 19-21 қыркүйек. Жоғары Австрияның қолданбалы ғылымдар университеті. Басылым Дж. Кастнер. Shaker Verlag GmbH. 428 б.
5. Прусов Е. С. металл матрицалық композиттік қорытпаларды алудың заманауи әдістері және арматуралау сұлбасын іске асырудың жаңа тәсілдері / Машиналар, технологиялар, материалдар. - 2014. - Изд. - С. 11-13.
6. Инфракызыл термографияны пайдалана отырып металдарды лазерлік тұндыру үшін онлайн мониторинг және ақауларды анықтау. Ульф Хасслер, Даниэль Грубер, Оливер Хеншельф, Фрэнк Суковски, Тобиас Грулич, Ларс Зейферт. August 2016.
7. Х. Краусс Мониторингі; термографических процестер өндірісінде ұнтақты қоспалар; в: Материалдар 41-ші жыл сайынғы шолу прогресс QNDE, Бойсе, IA, АҚШ, 20-25 шілде 2014 жыл; жарияланатын болады
8. S.Moylan, E. Whitenton, B. Lane, J. Slotwinski; лазер негізіндегі ұнтақ қабаты бар аддитивті қоспаларды өндіру процестеріне арналған инфракызыл термография; AIP Conf. Proc. 1581, 1191 (2014).
9. Ультрадыбыс. Шағын энциклопедия / Под ред. қара Голяминой И. П., – М.