ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

Өндірістік инженерия
кафедрасы

Балтурманова Айнур Тулеуишевна

«3D принтерде композиттік материалдардан көлемді бұйымдар дайындау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5В071200 – Машина жасау

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

Өндірістік инженерия
кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі
PhD д-ф, қауым. профессоры
_____ Арымбеков Б.С.
«05» 05 2021 ж.

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «3D принтерде композиттік материалдардан көлемді бұйымдар дайындау»

5В071200 – Машинажасау

Орындаған Балтурманова А. Т.

Ғылыми жетекші,
PhD д-ф, қауым. профессоры
_____ Арымбеков Б.С.
«04» 05 2021 ж.

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

«Өндірістік инженерия»
кафедрасы

5В071200 – Машинажасау

БЕКІТЕМІН
Кафедра меңгерушісі
PhD д-ф, қауым. профессоры
_____ Арымбеков Б.С.
«24» 11 2021 ж.

Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы Балтурманова Айнур Тулеуишевна
Тақырыбы *«3D принтерде композиттік материалдардан көлемді бұйымдар дайындау»*
Университет ректорының «24» қараша 2021ж. №2151-б бұйрығымен бекітілген.
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «25» мамыр 2021 ж.
Дипломдық жобаның бастапқы берістері *3D принтерде композиттік материалдардан көлемді бұйымдар дайындау әдістерін зерттеу*
Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі
а) аддитивті технологияларға шолу
б) "Луч-500" үлгілерді басып шығаруға арналған эксперименттік қондырғы
в) SLM технологиясы бойынша алынған Ti-Nb қорытпасының құрылымы мен қасиеттері

Ұсынылған негізгі әдебиет: *9 атау*

Дипломдық жобаны дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәліметтер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе. Аддитивті технологияға шолу	12.01.21ж – 27.02.21ж	
Ti-Nb қорытпасын SLM әдісімен 3D басып шығару	03.03.21ж – 30.03.21ж	
Ti және Nb ұнтақтарына дисперсиялық талдау жүргізу	03.04.21ж – 15.04.21ж	
SLM технологиясы бойынша алынған Ti-Nb қорытпасының құрылымы мен қасиеттері	19.04.21ж – 29.04.21ж	

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	Жаубаева А.Н магистр, тьютор	10.04.2021	

Ғылыми жетекші _____ Арымбеков Б.С.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ Балтурманова А.Т.

Күні «04» 05 2021 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмысты жазу барысында аддитивті технологияның жетістіктеріне шолу жасадық. Атап айтсақ, негізгі мақсат 3D принтерін қолдана отырып Ti-Nb жүйесінің ұнтақтарын ең оңтайлы жолмен лазерлік қорыту арқылы алынатын үлгінің жоғары тығыздығын алу болып табылады. Сондай- ақ, «Луч-500» 3D басып шығару принтерінің жұмыс істеу принципімен терең таныстық. Ең оңтайлы параметрлерді қолдана отырып, аз шығынмен Ti-Nb ұнтақтарының сапалы, ақаусыз және тығыздығы жоғары өнімін алу біздің жобаның негізгі мақсаты. Сондай-ақ, эксперимент жүргізу кезінде ұнтақтарды SLM әдісімен жентектеу режимі қолданылды. Жобаның өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері бар.

SLM әдісін қолдана отырып үлгілерді көпқабатты басып шығару әдісін меңгердік. Сондай-ақ, өнімнің фазалық құрамын терең зерттеп, қоршаған ортаға жобаның әсерін сараладық.

АННОТАЦИЯ

При написании дипломной работы мы провели обзор достижений аддитивной технологии. В частности, основной целью является получение высокой плотности модели, получаемой лазерным выплавлением порошков системы Ti-Nb наиболее оптимальным путем с использованием 3D принтера. Также Мы глубоко познакомились с принципом работы принтера 3D печати "Луч-500". Основной целью нашего проекта является получение качественного, исправного и высокоплотного продукта порошков Ti-Nb с наименьшими затратами, используя самые оптимальные параметры. Также при проведении эксперимента был использован режим спекания порошков методом SLM. Проект имеет свои преимущества и недостатки.

Мы освоили многослойный метод печати моделей с использованием метода SLM. Также мы изучили фазовый состав продукции, проанализировали влияние проекта на окружающую среду.

ANNOTATION

When writing the thesis, we reviewed the achievements of additive technology. In particular, the main goal is to obtain a high density model obtained by laser melting of ti-Nb powders in the most optimal way using a 3D printer. We also got to know the principle of operation of the 3D printing printer "Луч-500". The main goal of our project is to obtain a high-quality, serviceable and high-density product of Ti-Nb powders at the lowest cost, using the most optimal parameters. Also during the experiment, the powder sintering mode was used by the SLM method. The project has its advantages and disadvantages.

We have mastered the multi-layer method of printing models using the SLM method. We also studied the phase composition of products and analyzed the impact of the project on the environment.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе 9
1 Әдебиетке шолу 10
1.1 SLM әдісі бойынша 3D басып шығару режимдері 10
1.2 SLM басып шығару кезінде беттік оксидті қабатты қалыптастыру 11
1.3 Ti-Nb қорытпасын SLM әдісімен 3D басып шығару 14
1.4 Аддитивті технологиялар көмегімен алынған Ti негізіндегі қорытпалардың құрылымы мен қасиеттері 15
2 Эксперимент жүргізу әдістемесі 20
2.1 "Активатор-2S" планетарлық диірменінің көмегімен Ti-Nb жүйесінің ұнтақтарын дайындау» 20
2.2 "Луч-500" үлгілерін басып шығаруға арналған эксперименттік қондырғы 22
2.3 Растрлық электрондық микроскопияны жүргізу (РЭМ) 25
2.5 Ti-Nb жүйесі қорытпасының наноқаттылығы мен серпімділік модулін өлшеу 26
3 Эксперименттік нәтижелер 27
3.1 SLM технологиясы арқылы Ti-Nb қорытпасын алу 27
3.1.1 Ti-Nb жүйесінің бірлік ұнтақ қабатын басып шығару 27
3.2.2 Нүктелі көп қабатты басып шығару 28
3.2.3 Көп қабатты үлгіні басып шығару 28
3.3 SLM технологиясы бойынша алынған Ti-Nb қорытпасының құрылымы мен қасиеттері 29
3.3.2 Көп қабатты Ti-Nb қорытпасының қасиеттері 30
4 Әлеуметтік жауапкершілік 31
4.1 Өндірістік қауіпсіздік 31
4.1.1 Зерттеу объектісі тудыруы мүмкін зиянды және қауіпті факторларды талдау 31
4.3 Зерттеушіні қауіпті және зиянды факторлардың әсерінен қорғау жөніндегі іс-шараларды негіздеу 31
4.4 Экологиялық қауіпсіздік 33
4.4.2 Зерттеу процесінің қоршаған ортаға әсерін талдау 33
4.4.3 Қоршаған ортаны қорғау жөніндегі іс-шараларды негіздеу 33

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта шетелде титан, ниобий ұнтақтарын селективті лазерлік қорытудың әдістемесін әзірлеу және үлгілердің жоғары тығыздығын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін қорытудың оңтайлы режимдерін табу, ірі макродефекттердің болмауы және Юнгтің төмен модулі бойынша зерттеулер жүргізілуде.

Бұл ұнтақтар тіс имплантаттарын дайындау кезінде пайдаланылады, және де имплантаттардың нысаны әрбір пациент үшін жеке. Ұнтақтарды лазерлік қорытудың оңтайлы параметрлерін іздеу қиын міндет болып табылады. Бұл кең ауқымда өзгертуге болатын көптеген параметрлердің болуымен байланысты [1-10].

Аддитивті технологиялар бағыты бойынша зерттеу жұмысында эксперимент жүргізу барысында ең жақсы нәтижелерге жету үшін негізгі өзгермелі параметрлер үнемі өзгеріп отырады. Негізгі өзгертілетін параметрлер-сәуле шығару қуаты, сканерлеу жылдамдығы, шашырату және ұнтақ қабатының қалыңдығы. Осылайша, бір параметрді өзгертіп, қалған параметрлерді қалпына келтіру қажет.

Бұл жұмыстың мақсаты 3D баспа әдісіменкомпозиттік материалдан атап айтқанда Ti-Nb жүйесінің төмен модульді қорытпасын алу болып табылады. Қойылған мақсатқа сәйкес келесі міндеттерді шешу қажет:

шарлы диірменде шикізатты дайындау режимін пысықтау;

"Луч-500"лазерлік 3D принтеріндегі басып шығару технологиясын әзірлеу;

үлгілердің фазалық құрамын зерттеу;

Ti-Nb жүйесінің ұнтақтарын механикалық белсендіру арқылы қажетті гранулометриялық құрамды алу.

1 Әдебиетке шолу

1.1 SLM әдісі бойынша3D басып шығару режимдері

Беттің ең жақсы сапасына жету үшін ұнтақ қабатының қалыңдығын барынша азайту қажет. Бұдан басқа, жағылатын ұнтақ қабатының тұрақтылығын қамтамасыз ету қажет, өйткені лазермен өңделгеннен кейін қалыңдығы *x* мкм, қорытылған ұнтақбастапқы ұнтақ қабатының қалыңдығынан *a*мкм-геаз *y*қалыңдық алады. Осылайша, ерітілген *y* қабатының тұрақты қалыңдығын сақтау үшін *x* қабатының қалыңдығын сақтау қажет және қорытудың әрбір операциясынан кейін платформаны *x* биіктігіне емес, *x-a* биіктігіне түсіру қажет[5].

Қажетті параметрлерге қол жеткізу үшін авторлар бетке кедір-бұдырлықты беру мақсатында құм бүріккіш камерада өңделген титан төсенішіндегі 10 қабаттан тұратын үлгіні алды. Эксперимент жүргізу кезінде ұнтақтарды SLM әдісімен жентектеу режимі қолданылған, олар 1-кестеде көрсетілген [5-7].

1 - кесте - Эксперимент жүргізу кезіндегі SLM режимдері

Параметр	Шамасы
Лазерлік сәулелену қуаты, Вт	125
Беттегі лазерлік сәуле диаметрі, мкм	205
Сканерлеу сызықтары арасындағы қашықтық, мкм	200
Бірінші сканерлеу жылдамдығы, мм / с	160
Екінші сканерлеу жылдамдығы, мм / с	140
Инертті газ қысымы, атм.	1,6
Қабаттың қалыңдығы, мкм	100

Процесс жүргізер алдында камера ~0,9 Па қысымға дейін вакуумдалды, 1,5 Па қысымға жеткен кезде камера қабырғаларының, төсеніштің және ұнтақты бункердің жылытуы қосылды [7]. Жылытқышты қосқан сәттен бастап алғашқы 10 минут ішінде камерадағы қысым ~3 Па мәніне дейін өсті, бұл қарқынды газ бөлінгенін білдіреді. Жылытуды қосқаннан кейін қысымның құлау жылдамдығы азаяды, бұл қыздыру элементінің жұмысы кезінде үздіксіз газ бөлінетінін білдіреді. Камераның беттерін, төсеніштерді, сондай-ақ ұнтақты мұндай тазалау лазерлік балқыту процесін жүргізу кезінде міндетті болып табылады. Егер алдын ала қыздырусыз жұмыс істесе, онда газ бөлу процесі қорытылу процесінде жүреді, бұл алынатын үлгілерде ірі поралардың пайда болуына әкеледі. Бұл экспериментте қыздыру температурасы 300С дейін жүргізілді,вакуумдағы қыздыру уақыты 1 сағатқа жетті[7,8].

Вакуумда қыздырғаннан кейін, камераны аргонмен ауа ортасын айналдырып толтырды, жылыту тоқтаған жоқ. Камерадағы қысым 1,6 атм. жеткен кезде қорытпа процесі басталды. Камерадағы жоғары қысымнан басқа, еріту процесін жүргізу кезінде газ ағынын жасау қажет, сондықтан ұнтақты қабатты еріту кезінде камерадан газды лақтыратын клапан ашылып, бір мезгілде газ жіберу іске қосылды. Бұл екі процесс шамамен бірдей қарқындылықпен өтті, бұл барлық процесс барысында камерадағы қысымды 1,6 атм. шамасында сақтауға мүмкіндік берді. [9].

Зерттелетін үлгіні алу барысында балқытылған ұнтақтың шариктерге қатты домалауы байқалды. Тек алғашқы 2 қабатты алуға жеткілікті болды, одан кейін әрбір қабат сайын шариктердің диаметрі одан да әрі ұлғая берді, және 10- қабатты жағу кезінде тегістейтін"содрал" пышағы үлгінің жартысынан артық. Шаршының өлшемі 10 х 10 мм [10].

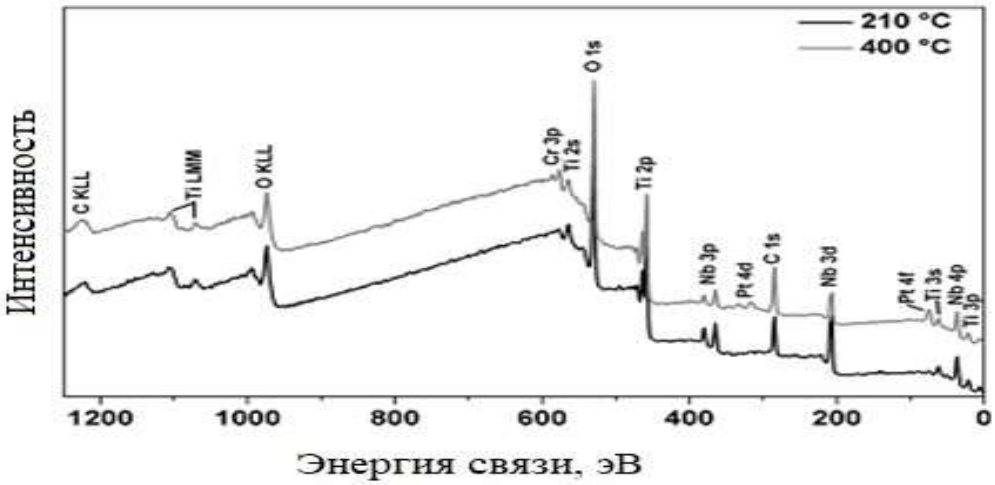
Алынған үлгінің беті өте кеуекті, биіктігі ~200 мкм, бұл шамамен екі қабаттың қалыңдығына тең. Мұндай биіктікте шағын шарлар байқалады, бұл критикалық жағдай емес, ал келесі қабаттарда үлкен тамшылардың пайда болуы төгілетін ұнтақ қабатының тым үлкен қалың екенін білдіреді [10,11].

Шетелдік мақалалардың авторлары титан ұнтағы бар фотодиодты басқарумен эксперимент жүргізді, қабылданған параметрлері P = 80 Вт, v = 80 мм/с, қабат қалыңдығы 80 мкм [8-19]. Жұмыс камерасындағы қысым вакуумға жақын болды.Тот баспайтын ұнтақты болаттан жасалған CMOS негізіндегі экспериментпроцестің келесі параметрлерін қамтиды: P=100 Вт, v=300 мм/с және қабат қалыңдығы 30 мкм [12]. Бұл жағдайда камерадағы қысым атмосфералық болды. Фотодиодты басқару контурымен жасалған экспериментте кері байланысты және байланысты бақылаусыз жасалған бөлшектерді салыстыру жүргізіледі. Бұл геометрияның беті кері байланыспен айқын жақсарғанын көрсетеді. Басқарылатын цикл CMOS экспериментінде камера негізінде, бірінші қабаттың сапасы айтарлықтай жақсы екенін көрсетеді [12]. Бірінші қабаттың тым жұқа болмайтындығына назар аудару керек. Басқа эксперименттерде өте жоғары сканерлеу жылдамдығы қолданылды, бұл толық емес бірінші қабаттың пайда болуына әкеледі [13,14]. Бұлқауіпті болуы мүмкін. Толық емес қабат келесі қабаттарды сканерлеу кезінде сынуы мүмкін және тұтас бөліктің опырылуына және жабынның зақымдануына әкелуі мүмкін. Бақылаушы пайдаланылатын лазер қуатын төмендеткендіктен, бірінші қабат геометриясы толық емес болып шықты.

1.2 SLM басып шығару кезінде беттік оксидті қабатты қалыптастыру

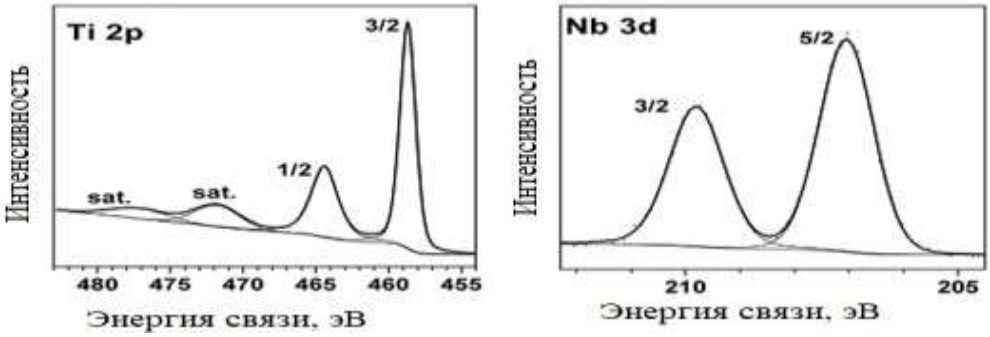
Оксидтік қабаттың құрамын зерттеу барысында Ti-40Nb-дің екі үлгісі қолданылды, олар 210, 444 және 400°C (P (O2) = 100 Па, P = 100 Вт, t = 10 сағ,

ығысу кернеуі) температурасында тотыққан және титан т мен ниобийдің беттегі тотығу жағдайын анықтау үшін XPS-талдау жүргізілді. 1 суретте екі үлгінің шолу спектрлері көрсетілген [19-21].



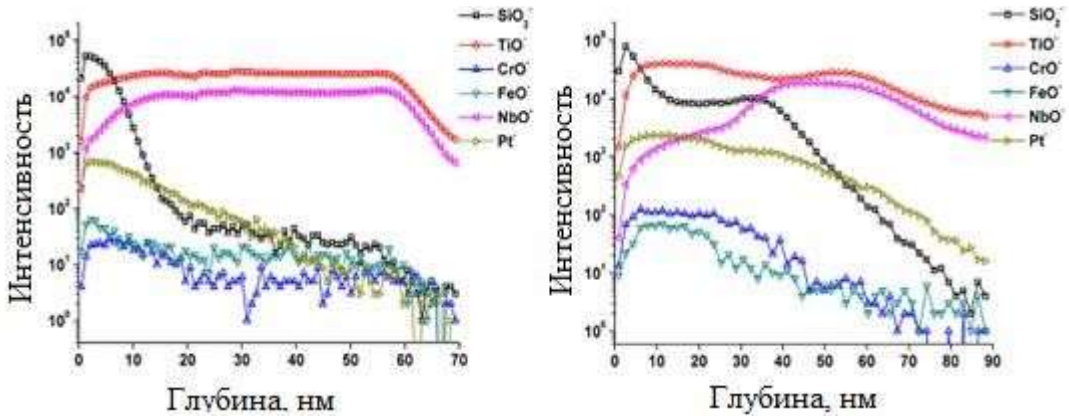
1 – сурет - Ti-40Nb үлгілерінің спектрлері

Титан, ниобий және оттегіге тән сызықтар әр үлгіде табылды. Күшті сигнал беттік ластанумен түсіндіріледі. Сондай-ақ, сигналдар қарсы-электрод пен қыздырғыштың тозаңдануынан хромның өте аз мөлшерін көрсетті. Дәлірек, Si 2p және Nb 3d сигналдары 2-сурете көрсетілген[22,23].



а) Ti 2p спектрлері; б) Nb 3d сигналдары;

2-сурет -егжей-тегжейлі спектрлері



3 – сурет - Түрлі температурада тотыққан үлгілердің тереңдік профильдері

3-суретте 150 және 450 °C тотыққан үлгілердің терең профильдері бейнеленген [23]. Негізгі қоспалар ретінде SiO2, FeO, Cao пайдаланылды және барлық қоспалы сигналдар SiO2 профилінің ұлғаюымен азайғаны анықталды. Бұл жағдайда сигнал кварцты шыныдан түтікті тозаңдату нәтижесінде үстіңгі бетінде ең жоғары болып табылады. SiO2 үшін иондау ықтималдығы салыстырмалы түрде жоғары болуы керек, өйткені кремний XPS спектрінде сирек кездеседі. Pt қоспаларының болуы XPS-талдау нәтижелеріне сәйкес келеді. Сондай-ақ, FeO және CrO сигналдары өте аз Fe және Cr атомдарының шашырауы нәтижесінде табылған. Медициналық имплантаттардың бетін практикалық өзгерту үшін бұл қоспалар қажет емес.

Әртүрлі терең профильдерді жақын қараған кезде NbO2 мен TiO2 арасындағы айқын айырмашылық байқалды. 450°C TiO2 сигнал NbO2бетінде әлдеқайда жоғары. Сигнал 40 нм тереңдікте шашыраған кезде максимумға жетеді. Сондай-ақ, TiO2 және NbO3 сияқты оксиді/металл шекарасында табылған айырмашылық бар. 450 ° C еңіс өте ұсақ, бұл фазааралық және оксидтік интерфейстің нақты анықтамасын жасайды. Бұл жағдайдың мүмкін болар себептері күшейтілген диффузия және температураның ұлғаюы кезіндегі оттегінің жоғары ерігіштігі болуы мүмкін.

1.3 Ti-Nb қорытпасын SLM әдісімен 3D басып шығару

Қоспаларды өндіру компоненттердің салмағын төмендету және үлгі сапасын жақсарту үшін пайдаланылуы мүмкін [25]. Титан жарыс машиналарының агрегаттарында пайдаланылатын гидравликалық компоненттерді дайындау кезінде пайдаланылады. Компоненттер қалыңдығы 0,5-тен 2 мм-ге дейінгі Ti64 гидравликалық бөлшектерін уақытында қолдануы 24 Мпа қысымға іркіліссіз төтеп бере алатындай етіп жасалуы мүмкін. Кейбір қысымның жоғалуы пайдаланудың алғашқы бірнеше минутында болуы мүмкін, бірақ Купер зерттеулеріне сәйкес, осыдан кейін қысым тұрақты болып қалады. Қысымның жоғалуы жүйеде орын алуы мүмкін, себебі ол барлық үлгілерде бар. Сондай-ақ, ағымдағы орта ағынын лазерлік жентектеу жақсаруы мүмкін.Ti-Nb біртекті қорытпасын алу үшін бастапқы ұнтақтардан мүмкіндігінше біртекті механикалық қоспаны алу қажет. Бұл міндет шар диірменінде алдын ала МА көмегімен шешілді. Іске қосу уақыты 5-тен 20 минутқа дейін өзгереді [26-28].

Ti және Nb бөлшектерінің біртекті араластыру және дисперсиялылығы тұрғысынан ең жақсы нәтижеге МА арқылы 15 минут ішінде қол жеткізілді, осыған байланысты Ti-Nb ұнтақтары қоспасының селективті лазерлік қорытылуы бойынша эксперименттер үшін 15 минут ішінде механикалық белсендіруден өткен ұнтақ таңдалды. Бұл ұнтақпен көп қабатты үлгілерді селективті лазерлік қорытпалау әдісімен алу бойынша эксперименттердің бірнеше сериялары жүргізілді [26-29].

Сканерлеу жылдамдығын таңдау екі қарсы әсермен күрделенеді: сканерлеу жылдамдығы төмен болса, аудан бірлігіне түскен энергия шығыны артады, бұл ұнтақты еріту тиімділігін арттырады. Екінші жағынан, сканерлеу жылдамдығы төмен болған кезде беттік керілу күштерінің әсерінен балқытылған ұнтақ шариктерге жиналады, олар біріншіден, алынатын үлгілердің монолиттілігін бұзады, екіншіден, қабат деңгейінен жоғары болады және одан әрі ұнтақ жағуға кедергі жасайды. Сканерлеудің үлкен жылдамдығы сканаторлық жүйемен өңдеу үшін күрделі, соның нәтижесінде лазер дұрыс емес траекториямен өтеді. Осылайша, алынатын үлгілердің сапасын жақсарту үшін жылдамдықты сканаторлық жүйе әзірлей алатын барынша үлкен мәнге дейін арттыру қажет, бұл ретте сәуле шығару қуатын арттыру қажет.

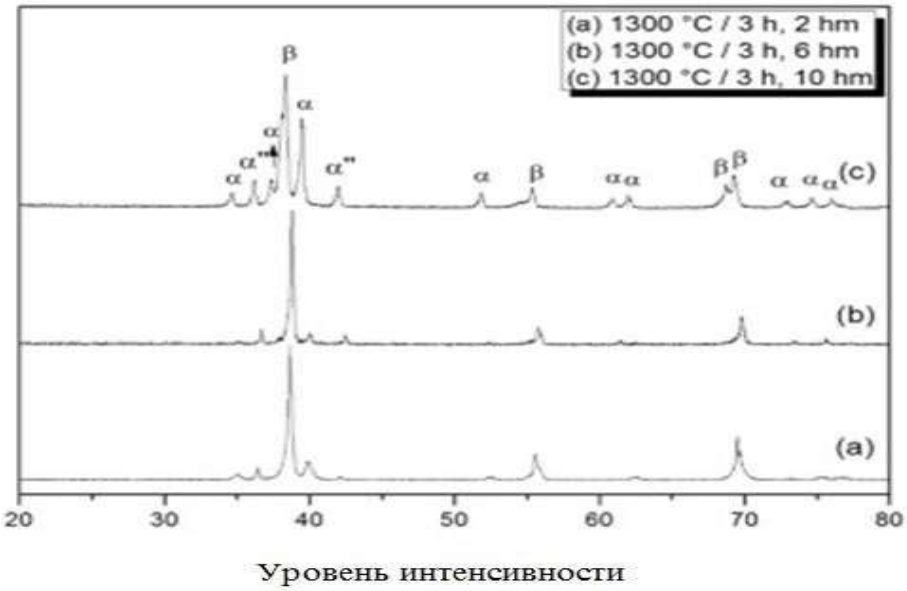
1.4 Аддитивті технологиялар көмегімен алынған Ti негізіндегі қорытпалардың құрылымы мен қасиеттері

Ниобий және цирконий сияқты улы емес легірленген элементтерді пайдалана отырып қорытпаларды әзірлеу кортикальды сүйекке жақын параметрлерге қол жеткізу және Юнг (100-120 ГПа) модулімен TI–6Al–4B қорытпасын алмастырумақсатында зерттелді.

Бұл қорытпалардың айналымдылығы қайтымды мартенситті айналудың дамуымен байланысты. Сондай-ақ, макродеңгейде (визуалды) асқын серпімділік әсері байқалатын деформация аймағы сүйек тіні тұрақты ұшырайтын деформация аймағынан тыс жатыр: бұл аймақтың жоғарғы шегі 0,2% - ға жуықты құрайды, яғни қалыпты серпімді деформацияға жақын [30].

Ниобий қосады, өйткені ол биосмасттылықты жоғарылататын β - фазалы тұрақтандырғыш болып табылады, ал Zr тұрақтандыру фазасы бойынша бейтарап элемент болып табылады, бірақ кейбір зерттеулер ti-Nb-Zr жүйесінде β-фазаны тұрақтандырады деп болжайды [20]. Сонымен қатар, адам сүйегінің серпімділік модуліне жақын қорытпаның серпімділік модулі болуы керек. Имплантаттарда Юнгтың жоғары модулі сүйектің резорбциясына (стресстен қорғау) әкеледі, ал төмен серпімділік модулі шамадан тыс жүктеуді тудырады [31].

Қорытпа негізінен β - Ti фазадан (ОЦК) тұрады,мұнда α-Ti кейбір қосындылары бар(4-сурет).



4 - сурет - РСА (XRD) Ti27 Nb13 Zr қорытпасының пісіруден кейінгі спектрлері

Бұл әдіс оларға тән кейбір артықшылықтардың болуы салдарынан хирургиялық имплантаттар өндірісінің таза нысаны үшін тамаша. Олар

химиялық құрамды дәл реттеу, шығындарды қысқарту және модульді тесікке енгізу жолымен төмендету мүмкіндігін қамтиды. Бұл процесс металды ұсақтауды іске асыру үшін металл торабының арасына атомдарды енгізеді. Алынған жаңа металды ұсақ дисперсті ұнтақты алғанға дейін механикалық ұсақтайды, ол сутегіні жою үшін вакуумда қыздырылады [34]. Ұнтақты өндіру процесінің артықшылықтары: төмен баға, жақсы тығыздық және пісіру процесінде жақсы тығыздалу.

Гидроланған ұнтақтардан бөлінетін қорытылған үлгілердегі оттегі мен сутегінің құрамын бақылау осы ұнтақтарды пісіру кезінде қорғаныс атмосферасы болуы мүмкін.

Композициялық титан қорытпасында екі теориялық дәлелденген параметрлерімен (B_0 және M_d) орбиталық молекулалық әдіс қолданылды. $Б_0$-Ti мен легірлеуші элемент арасындағы коваленттік байланыс беріктігінің көрсеткіші. M_d-металл элементінің радиусымен корреляцияланатын металлға дейінгі энергетикалық деңгей.

Титан қорытпалары ортопедиялық және тіс имплантаттары ретінде пайдаланылады, бірақ имплантат пен сүйек арасындағы адгезияға қол жеткізу үшін биоактивтілік жеткіліксіз. Сондықтан оны биобелсенді ету үшін металл бетін өзгерту қажет. Беттік түрлендірудің бірнеше әдістері бар, оның ішінде: механикалық әдістер (механикалық өңдеу, тегістеу, жылтырату, жарықты өңдеу), химиялық әдістер (қышқылдық өңдеу, сутегі тотығымен өңдеу, сілтілі қыздыру тәсілі, қышқылдық-сілтілі немесе қышқылдық-сілтілі алдын ала кальцилеу процедурасы, беттік-индукцияланған минерализация) және электрохимиялық әдістер (электрокристалдау, электрофоретикалық тұндыру және анодтық тотығу) [36-38].

Ti, Co негізіндегі қорытпалар және тот баспайтын болат биомедициналық имплантаттар ретінде кеңінен қолданылатын қорытпалар жүйесі болып табылады. Алайда, бұл қорытпалардың көпшілігі Юнг-тің (> 70 ГПа) кортикальды сүйектің (1030 ГПа) Юнг модулімен салыстырғанда жоғары модулін көрсетеді. В-титан қорытпаларына жататын Ti-45Nb-дің Юнг (~ 62 ГПа) модулі төмен болғандықтан, сондай-ақ ниобийдің жоғары болуымен тұрақталған жоғары температуралы ОЦК-фазаның болуына байланысты таңдаулардың бірі болып табылады[40, 41]. Сонымен қатар, салқындаудың жоғары жылдамдығы ОСК-фазаның қатаюына ықпал етеді. Салыстырмалы түрде төмен Юнг модулі кернеулерден экрандаудың жағымсыз әсерінен болатын қауіпті төмендетеді. Сонымен қатар, Ti-45Nb жоғары пластикалық және жақсы коррозиялық төзімділікке ие, бұл қорытпаның биомедициналық қасиеттерінің тамаша көрсеткіштері болып табылады.

Титанның оттегіге ұстастығының жоғары болуы TiO_2-ден тұратын өздігінен пассивті қабаттың пайда болуына әкеледі. Нәтижесінде өте жақсы

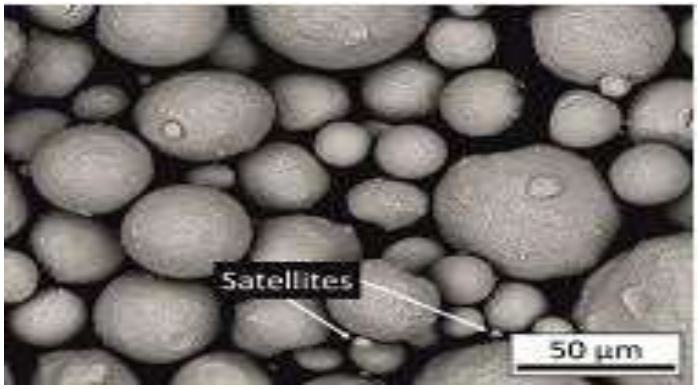
химиялық төзімділікке қол жеткізіледі ,бұл оны биомедицина саласында танымал бәсекелес етеді.

PL лазерлік ұнтағының таңдалған комбинациялары, V лазер жылдамдығы, қолданылатын енгізу штрихтары мен EV энергиясы және алынған үлгілердің салыстырмалы тығыздығы 2-кестеде көрсетілген. Ақаусыз үлгілерді алу үшін74° бұрышы бар стиль қабаттар арасында орнатылған. Мұндай штрихты немесе көлденең ұнтақ жағу әдісі өзара байланысты кеуектіктің пайда болуына жол бермейді.

2– кесте-Архимед әдісімен өлшенген көлемді үлгілерді және олардың тығыздығын құру үшін пайдаланылатын селективті лазерлік балқу (SLM) параметрлері.

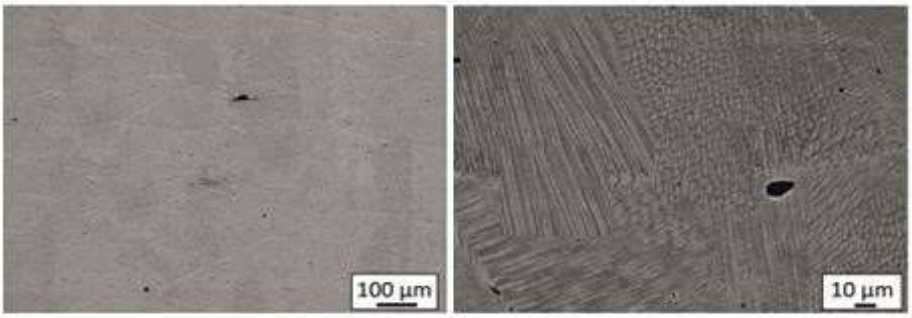
V (мм/с)	P_L (В)	Рас. Штрихов (%)	E_v (Дж/мм^3)	Плотность (%)
35	150	25	137	97.7±1.3
35	250	25	172	99.4±0.5
35	250	50	257	99.5±0.2

Зерттеу үшін пайдаланылатын Ti-45Nb бастапқы материалы 20<d <100 мкм диапазонындағы сфералық бөлшектерден тұрады (5-сурет). Ұнтақ ағымдылыққа әсер етуі мүмкін жерсеріктердің болуын көрсетеді.



5-сурет-Сфералық пішін көрсететін өзіндік режиміндегі сурет (қайталама электрондар режимі, 15 кВ), Ti-45Nb газы шашыратылған бөлшектерспутниктердің қатысуымен

Микроқұрылымдық зерттеулер (6-сурет) үлгінің толық тығыз болып табылмайтынын болжай отырып, материалда кеуек (диаметрі бес мкм-ден кем) болуын көрсетеді.

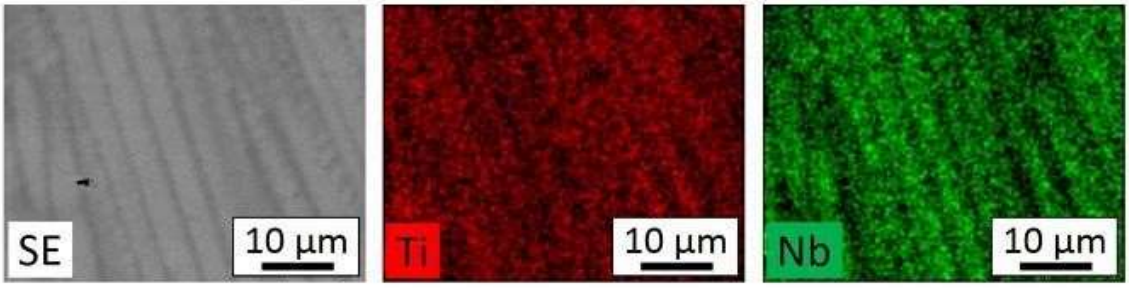


6 – сурет-Микроқұрылымдық зерттеулер

Балқыту және қайта балқыту процесі кезінде үлгілерде сфералық кеуектілік пайда болуы мүмкін. Үлгінің бойлық тілігінен бұл кеуектер барлық үлгілерге бөлінген және олардың қолайлы орналасуы жоқ. [47].

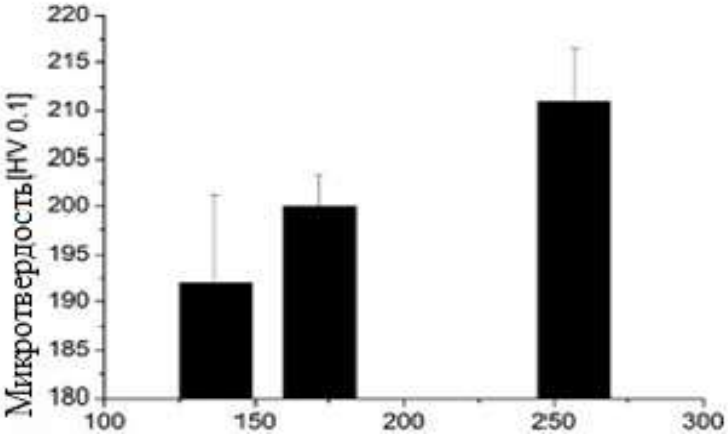
Қатаю процесінде эпитаксиалды өсу механизмі басым. Қатайған қабат қатты балқымаға төсеніш ретінде қызмет атқарады, ол өз кезегінде кристалданудың алдыңғы бетіне перпендикуляр бағдарланған эллиптикалықпішінді көпіршіктердің пайда болуына әкеледі. Эллиптикалық пішінді көпіршіктер олардың көршілері сияқты бағдар бойымен өседі және жұқа шекараларымен бөлінген. Бірдей бағдарлы эллиптикалық пішіндегі осы дәндердің бірнешеуі дәндердің бастапқы шекараларымен бөлінген бір торды қалыптастырады.

Дәннің өсуі толқын тәрізді, ал эллиптикалық дәндердің шекарасы титанға бай (7-сурет), бұл ұяшықтардың шекаралары Si-ға бай Al-12Si қорытпаларында байқалатын микроқұрылымның жасушалық түріне ұқсас. Эллиптикалық дәндердің ені ~ 5 мкм және ұзындығы 100 мкм дейін созылады [48-50].



7 – сурет-SLM параметрлерімен алынған үлгілер үшін эллипс дәнінің және олардың сегрегация шектерінің нысанындағы дисперсиялық рентгеноспектралдық бейнеленуі: лазер жылдамдығы, 35 мм / с және лазер қуаты 250 Вт

Әр түрлі параметрлерде SLM технологиясы көмегімен алынған үлгілердің микроқаттылығы 8-суретте бейнеленеді. Микроқаттылық ~ 211 HV0.1 257 Дж/мм^3 энергияны енгізгенде байқалады және HV0. 1 энергия тұтыну 137 Дж/м^3 дейін төмендеген кезде мән ~ 192HV0.1 дейін төмендейді [51]. Нәтижелер көрсеткендей, микроқаттылық материалға берілетін кіріс энергиясымен тікелей түзетіледі. Энергияның артуымен температуралық градиенттің өзгеруі орын алады, сол арқылы жергілікті жылу ағынын және өз кезегінде салқындату жылдамдығын өзгертеді. Бұл микроқұрылымның қалыптасуына, дәндердің өлшеміне және қаттылығына әсер етеді деп күтілуде [52].



Энергияның көлемді кірісі, (J/mm^3)

8 - сурет - Түрлі энергия параметрлері арқылы SLM көмегімен алынған үлгілердің Виккерс бойынша микроқаттылық деректері.

2 Эксперимент жүргізу әдістемесі

2.1 "Активатор-2S" планетарлық диірменінің көмегімен Ti-Nb жүйесінің ұнтақтарын дайындау»

Ti-Nb ұнтақтарын ұсақтау және араластыру үшін "Активатор-2S" планетарлық қозғалатын барабандары бар ортадан тепкіш машина қолданылды (11 – сурет, А). Талдау таразысында 50: 50 қатынасында Ti-Nb ұнтағының аз мөлшері өлшенген. Эксперимент жүргізудің басында ұсақ денелер жүктеледі,бұл экспериментте диаметрі 8 мм болат шарлар қолданылды, бұл шарлардың мөлшері жақсы ұсақтау және соңында біз үшін қажетті сфералық формадағы ұнтақтарды алу үшін ең қолайлы. Осыдан кейін ұнтақтар себіледі, олардың қақпақтары екі бұрандалы қосылыстармен бекітіледі (11, б-сурет).

Инертті ортаны алу үшін тегістейтін барабандар аргонмен толтырылады және бекіту құрылғысына орнатылады.

11 – сурет-А) зертханалық планетарлық қозғалатын орталықтан тепкіш машина; Б) барабандағы тегістеуіш денелер (болат шарлар);

Содан кейін Ti-Nb жүйесінің ұнтақтарын 10 минут ішінде ұнтақтау жүргізіледі, айналу жиілігі 600 айн/мин, барлық ұнтақтау процесі диірменнің су салқындатқыш камерасында болды. Аралас ұнтақтарды түсіру қолмен жүргізіледі(12-сурет).

12 – сурет - Планетарлық диірмендегі МА-дан кейін Ti-Nb жүйесіндегі ұнтақ

Жоғары жылдамдықты ұнтақтау нанобөлшектерді алудың оңтайлы жолы болып табылады. "Активатор-2S" планетарлық шар диірменінің техникалық сипаттамалары 11-кестеде берілген [66].

11 – кесте-"Активатор-2S" планетарлық шар диірменінің техникалық сипаттамалары"

Барабандар	2 дана 250 мл-ден
Шарлардың жүктемесі	200...400 г
Ұнтақ жүктемесі	20...100 г
Планетарлы дисктің айналу жылдамдығы	100...900 айн./мин
Барабандардың айналу жылдамдықтары	0...2800 айн./мин
Пайдаланылатын қуат мөлшері	2,2 кВт-тан 2
Габариттік өлшемдері (ширина × длина × высота)	700×700×560
Масса	200 кг

Планетарлық диірменнің жұмыс істеу принципі ротордың айналуынан қарама-қарсы бағытта бірнеше барабандардың өз осінің айналасында айналудан тұрады. Мұны арнайы планетарлық редуктор қамтамасыз етеді. Оның жылдамдығының ұлғаюына байланысты, ортадан тепкіш күш те өседі. Жабдықтың негізгі жұмыс элементі ұнтақтау барабандары болып табылады.

Олар қосарланған мойынтіректері бар тіректерде орнатылады және олардың жұмысын қамтамасыз ететін планетарлық редуктормен қосылады. Шарлы диірмендегі жетекті бөлу: соққы, жылжу, соққы-жылжу және құйынды сияқты ұсақтау режимдерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Айналу жиілігі TOSHIBA TOSVERT VF-S11 әмбебап жиілік түрлендіргішінің көмегімен беріледі, қоректенуі 320-ден 550В дейін және қуаты 0,4-тен 15 кВт дейін үшфазалы асинхронды қозғалтқыштарға арналған.

2.2 "Луч-500" үлгілерін басып шығаруға арналған эксперименттік қондырғы

SLM-де маңызды операцияларына бұрын төсенішке немесе алдыңғы ерітілген қабатқа салынған ұнтақтың жұқа қабатының бетіне лазерлік сәулені сканерлеу жатады, ол келесі қабат үшін негіз болып табылады. Бөлшектің әрбір көлденең қимасы (қабаты) ұнтақ балқыта отырып және сол арқылы бұйымның ішкі құрылымын қалыптастыра отырып, лазерлік сәулемен дәйекті түрде сканерленеді. Селективті лазерлік қорытпа мынадай физикалық құбылыстарға ие: лазерлік сәулеленудің жұтылуы мен шашырауы, жылудың берілуі, фазалық түрлену, беттік керілу градиенті туғызған балқытылған ваннаның ішіндегі сұйықтықты араластыру, материалдың булануы мен шығарындысы, сондай-ақ химиялық реакциялар. Процесс сондай-ақ лазердің қуаты, сканерлеу жылдамдығы, сканерлеу сызықтары арасындағы интервал (штрихование), қабат қалыңдығы, сканерлеу стратегиясы, жұмыс атмосферасы, ұнтақ қабатының және материалдың температурасы сияқты өңдеу параметрлерін қоса алғанда, көптеген параметрлермен анықталады. Олардың барлығы үлгіні қалыптастыру процесіне әсер етеді. Үлгілердің тұрақсыздығының ерекшеліктері лазердің қуаттылығына, сканерлеу жылдамдығына, ұнтақ қабатының қалыңдығына, төсеніш материалына және физикалық қасиеттеріне байланысты.

SLM әдісімен қажетті үлгілерді алу үшін бөлшектері сфералық пішінді және көлемі 15-тен 40 мкм-ге дейінгі ұнтақтар қолданылады. Сфералық пішін ұнтақ бөлшектерін тығызорналастыру үшін қажет, бұл жентектеу процесін жеңілдетеді және поралар мен басқа да ақаулардың санын азайтады, ұнтақ материалының қабатын төсенішке біркелкі жағуға мүмкіндік береді. Мөлшері 15 мкм-ден кем ұнтақ бөлшектері, әсіресе тез тотығуға және ұшқын саны көп, жануға бейім ұсақ дисперсті титан пайдалану қауіпті болып табылады. Бөлшектерінің мөлшері 40 мкм-ден асатын ұнтақтар пісірілгенде өте көп ақаулар болады. Ti-Nb жүйесінің ұнтағының іздері қуаты 50 Вт және 25 Вт сканерлеудің сәйкесінше әртүрлі жылдамдығымен 0,06-дан 0,24 м / с дейін және 0,03-тен 0,12 м/с дейін лазерлік сәулемен дайындалған. Шөгінді ұнтақ қабатының қалыңдығы 50 мкм болды. Сканерлеу сызығының ұзындығы

барлық эксперименттер үшін 20 мм болды. SLM қадамдық әдіс болғандықтан, қабат қалыңдығы осы процестің анықтаушы факторларының бірі болып табылады. Қабаттың қалыңдығын дұрыс таңдау бөлшектер мөлшерін және синтез кезінде шөгу дәрежесін мұқият қарауға негізделуі тиіс.

Ti-Nb ұнтақтарынан үлгілерді құру процесі "Луч-500"қондырғысында орындалады. "Луч-500" эксперименттік қондырғысының негізгі мақсаты әртүрлі газ қысымдарында инертті ортада (аргон, неон) металл ұнтақтарды жентектеу/балқыту болып табылады. Қондырғы жеке тораптарын ауыстыру мүмкіндігі бар модульдік жүйе болып табылады. 12-кестеде "Луч-500" қондырғысының негізгі сипаттамалары берілген.

12 – кесте-"Луч-500" қондырғысының негізгі сипаттамалары"

Басып шығару технологиясы	SLM
Басып шығару параметрлері	
Құрастыру жылдамдығы, см^3/сағ	2-7
Қабаттың минималды қалыңдығы, мкм	30
Биіктік бойынша минималды қадам, мкм	1
Камера-реактор	
Габариттік өлшемдері, мм (x/y/z)	1000x1000x2000
Жұмыс көлемі, мм (x/y/z)	100x100x80
Қорғаныс газын айдау, л/сағ	30
Вакуумдау кезіндегі ең аз қысым, Па	0,6
Камераны жылыту	
Сәулелену көзінің қуаты, Вт	250
Сәулелену көзінің кернеуі, В	230
Жылыту кезіндегі температура, ℃	300
Сәулелену көзі	
Талшықты үздіксіз лазер	ЛК-500ОМ
Толқын ұзындығы, нм	1060-1070
Лазер қуаты, Вт	500
Сканаторлық жүйе	
Сканатор басы	LscanH-14-1064

Бағдарламалық қамтамасыз ету	LDesigner
Кіру қарашығының диаметрі, мм	14
Лазерлік сәулелену фокусындағы дақ мөлшері, мкм	205
Фокустық арақашықтық, мм	330

Орнату мынадай бірнеше техникалық сипаттамаларды қамтиды: сәуле шығару көзі, камера-реактор, лазерлік сәулеленудің ауытқу жүйесі, бағдарламалық қамтамасыз ету, басқару блогы, газ беру жүйесі, баспа процесін көзбен бақылау жүйесі.

Қорғаныш инертті газдары бар арнайы камерада тот баспайтын болаттан жасалған төсеніштерде қабаттық басып шығару орындалады. Өндіріс процесі аддитивті машина әрекетінің бағдарламаланған циклі болып табылады. Ракель қоректендіргіштен ұнтақ қабатын алып, оны төсеніш бетіне біркелкі таратады және кері қайтады. Содан кейін лазер сәулесі ұнтақ қабатының бетіне өтеді және қажетті контурды қалыптастырады. Ұнтақ қабатын сканерлеу аяқталғаннан кейін дайындалатын бұйымы бар платформа түсіріледі және процесс қайталанады (13-сурет).

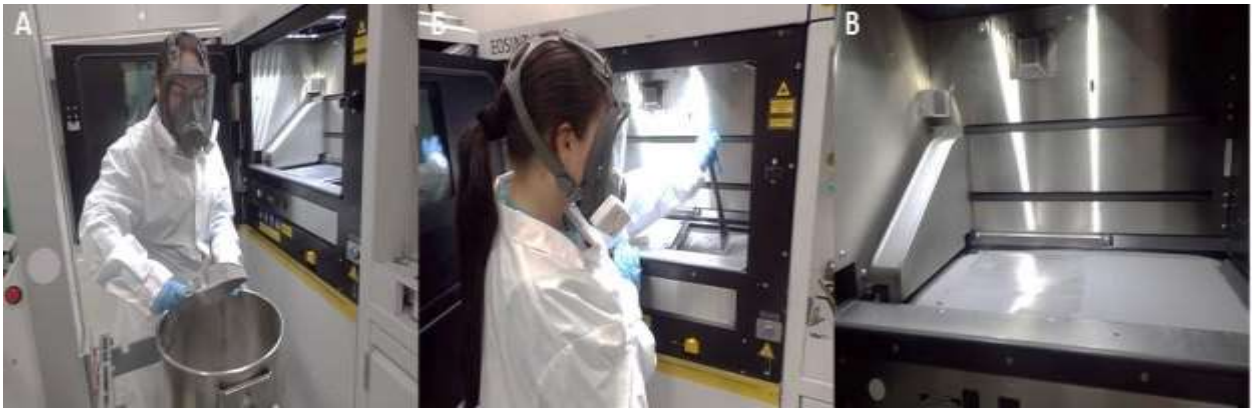
13 – сурет-Ұнтақ қабатын сканерлеу процесі

Сәуле шығару көзі ретінде әдетте 250-1000 Вт қуаты бар талшықты лазерлер қолданылады. Арнайы оптикалық жүйе Yb-лазердің қима формасының тұрақтылығын қамтамасыз етеді: тіпті егер сәулелену ағыны бұрышқа бағытталса да, онда оның проекциясы жентектеу бетіне әлі де шеңбер болып қалады. Құрастырар алдында камераны вакуумдық шаңсорғыштың көмегімен мұқият тазалайды. Содан кейін сапалы басып шығаруды қамтамасыз ету үшін жұмыс алаңын деңгейдің(уровень) көмегімен реттейді, бұл плитаға ілінбестен ракельдің бірқалыпты қозғалысын қамтамасыз етеді.

Келесі кезең тікелей жүктеу (14, а-сурет) және шығын материалын – металл ұнтақты қайта өңдеу(тег3стеу) (14, б-сурет) жүргізіледі. Жүктеу

жүктеу қалақшасын пайдаланып қолмен жүргізілуі мүмкін. Қауіпсіз жүктеу үшін ұнтақ бөлшектерінің ағзаға түсуін болдырмайтын арнайы киімді пайдалану қажет. Қорғаныш жиынтығына арнайы респиратор, зертханалық халат және резеңке қолғаптар кіреді. Жасалған әрекеттерден кейін процесті бастауға болады.

а) б) в)



14 – сурет-а) металл ұнтағын бункерге салу; б) ұнтақтытегістеу; в) төсенішке салынған бірінші қабат;

Процесс аяқталғаннан кейін өнім бар платформа көтеріліп, пайдаланылмаған ұнтақтан тазартылады.
Соңғы үлгілер қабатты тікбұрышты пішінді бос бет болып табылады және төсенішпен байланысыбар шағын аймағы болады (14, в сурет). SLM технологиясы арқылы өндіріліп алынған үлгінің қасиеттері әрбір жеке жолдың және әрбір жеке қабаттың қасиеттеріне қатты байланысты.

2.3 Растрлық электрондық микроскопияны жүргізу (РЭМ)

Растрлық электрондық микроскопия металл материалдардың беттеріне топографиялық және сапалы фазалық талдауды жүргізуге мүмкіндік береді. Ti-Nb жүйесінің ұнтақтарын зерттеу, сондай-ақ ұнтақтардың әрқайсысына жеке-жеке талдау жүргізу кезінде қолданылған Philips SEM 515 растрлық электрондық микроскоп көмегімен 50-600 крат үлкейтуді пайдалана отырып, микроқұрылымның қажетті суреттері алынды. РЭМ процесі негізінен микроскоп жұмысының негізгі режимінде өтті, бұл ретте жылдамдататын кернеу 30 кВ құрады. Philips SEM 515 аспабы мынадай элементтермен жабдықталған: EDAX ECON IV микроанализаторы; Genesis XM 260 SEM (10л) с SUTW 10mm; Kit-XM2 басып алудың электрондық жүйесі; SG II сәулесін басқарудың электрондық жүйесі; Medium End компьютері бар жұмыс станциясы; спектрге арналған утилита және спектрлік бейнені тікелей құру

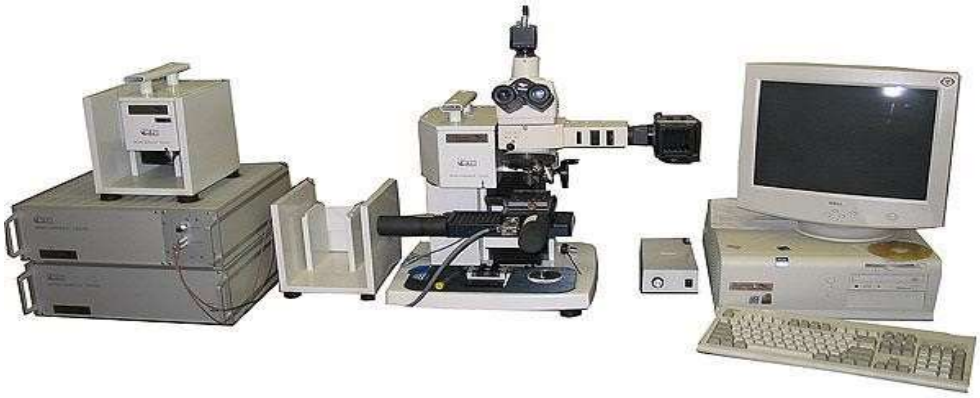
жүйесі. Philips SEM 515 растрлық электрондық микроскоптың техникалық сипаттамалары 13-кестеде берілген[68].

13 – кесте -Philips SEM растрлық электрондық микроскоптың техникалық сипаттамалары

Үдеткіш кернеу мен тоқ диапазоны	3—30 кВ
Рұқсатнама	10 нм-ге дейін (үдемелі 30 кВ кезінде)
Минималды үлкейтілуі	~ 20 крат
Кесу тереңдігі	оның сызықтық өлшемдерінен шамамен 0,5-ке дейін
Микроанализдің кеңістіктік рұқсаты	1,0×1,0×5,0 мкм
Үлгінің ең үлкен еңкіштігі	60°
Табу шегі	0,2%

2.5 Ti-Nb жүйесі қорытпасының наноқаттылығы мен серпімділік модулін өлшеу

Ti-Nb жүйесіндегі көпқабатты үлгінің наноқаттылығы мен серпімділік модулі NANO Hardness Tester NHT-S-AX-000X нанотвердометр көмегімен алмас инденторды итеру жолымен анықталды[70].



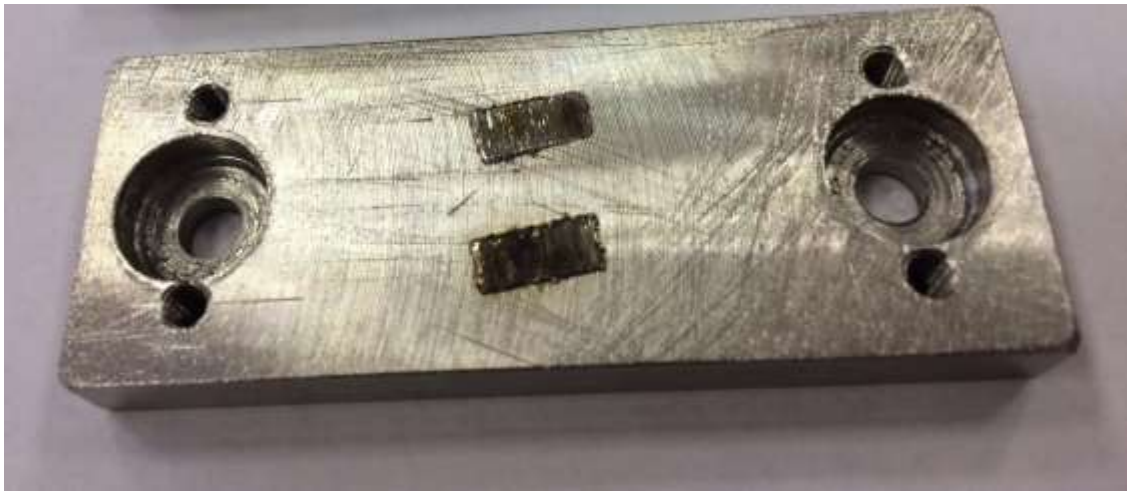
Өлшеу алдында бетті ластанудан және жылтырату шеңберінің көмегімен тотықты пленкадан тазарту жүргізілді. Наноқаттылықтың мәні автоматты түрде деректерді басқару және өңдеу үшін қажетті опцияларды қамтитын бағдарламалық қамтамасыз ету арқылы анықталған.

3 Эксперименттік нәтижелер

3.1 SLM технологиясы арқылы Ti-Nb қорытпасын алу

3.1.1 Ti-Nb жүйесінің бірлік ұнтақ қабатын басып шығару

Әдеби деректерге сүйене отырып[21], қуаттар мен жылдамдықтар диапазоны таңдап алынды, сол арқылы ұнтақтың бірлік қабатына тікбұрышты формадағы эксперименталды үлгі салынды. Эксперимент үшін қолданылатын төсеніш тот баспайтын болаттан жасалған. Жеке қабатты жағу процесі аргон ортасында жүргізілді. Бұл эксперименттің нәтижесі 24-суретте келтірілген.



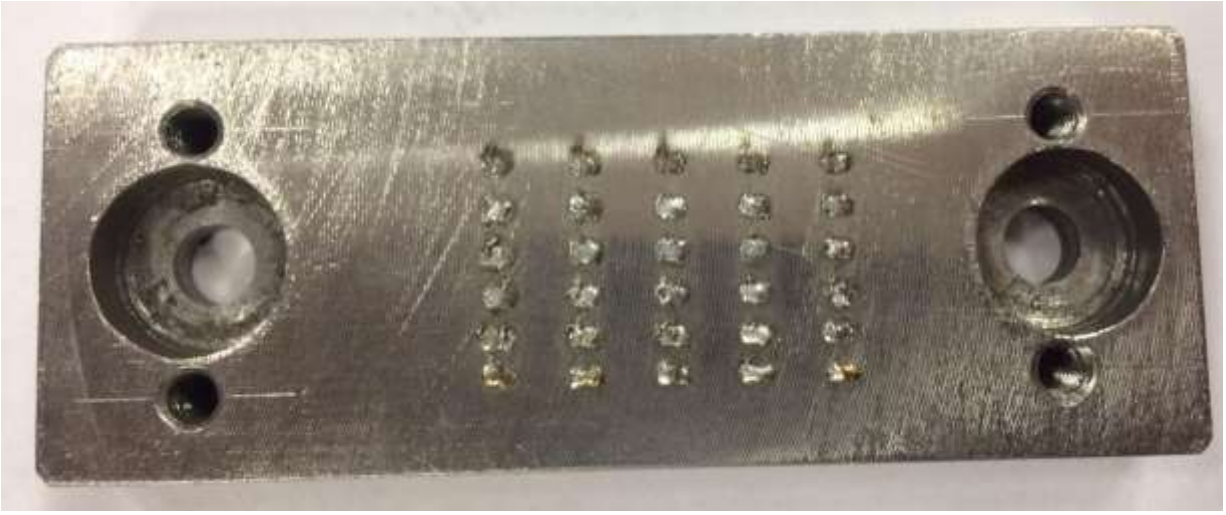
24-сурет -Ұнтақтың бірлік қабатындағы эксперименттік үлгі

Суретте көрсетілгендей, лазердің қуаты 100 Вт жәнесканерлеу жылдамдығы10 мм/с кезінде ұнтақ толық балқытылады. Бірінші қабаттарды жағу кезінде ұнтақтың бөлшектері таратын ракельге "жабысты", осыған байланысты жентектеу режимдерін өңдеу талап етілді, басып шығару процесінде қондырғы камерасы бірнеше рет ашылды.

Аз қуаттылықта (50 Вт) балқу жеткіліксіз және ұнтақтың жергілікті бөліктерін ғана қамтиды. Диаметрі 0,5 мм тамшылар қалыптасады, хаотикалық құрылымы бар олардың арасындағы қашықтық 0,2 мм. Үлкен қуаттылықта (150 Вт) және кіші жылдамдықтарда (10 мм/с) ұнтақтың толық балқуы байқалады, алайда үлгінің геометриялық өлшемдері дұрыс емес сақталады. Төсеніш жазықтығындағы өлшемдердің ұлғаюы ұнтақтың лазермен қатты күюінің нәтижесі, осылайша осы контурдан тыс жатқан контурдың шектері бойынша ұнтақтың қатты қызуы және ішінара балқуы болады. Нәтижесінде үлгі 150 Вт, 40 мм/с режимдерінде алынды, ұнтақ толығымен дерлік балқытылған. Осылайша, бұл режимдетамшы түзілусіз беттің жеткілікті біркелкі құрылымы қалыптасады.

3.2.2 Нүктелі көп қабатты басып шығару

Сол режимдерді пайдалана отырып, келесі үлгілерді алу үшін ti-Nb ұнтағының бірнеше қабатынан тор алынды. Жентектеу режимдерін өңдеу баспа процесін үзбей эксперимент жүргізуге мүмкіндік берді. Бұл эксперименттің нәтижелері 25-суретте келтірілген.



25 – сурет- Бірнеше қабатты үлгінің торы түрінде балқыту

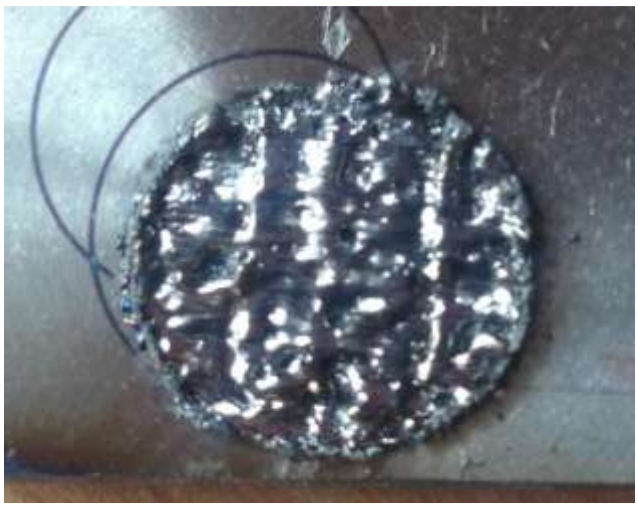
Бұл жағдайда балқыту біркелкі емес болып шығады және үлгі көп мөлшерде"шашыраған" тамшылардан қалыптасады, осыған байланысты беттің геометриясы күрделі болады.

3.2.3 Көп қабатты үлгіні басып шығару

Жұмыстың келесі кезеңі алдыңғы эксперимент сияқты МА-дан алдын ала өткен Ti-Nb ұнтақтарынан көп қабатты үлгіні алу болып табылады. Бірінші тәжірибе кезінде өткізілген МА 5 минутқа созылды,бұл қажетті көрсеткіштерге әкелмеді, сондықтан МА уақыты 10 минутқа дейін артты.

Келесі үлгілерді алу үшін жентектеу жұмысының режимі өзгертілді, өйткені алғашқы эксперименттік үлгілерді алу кезіндегі режимдер қажетті құрамның толыққанды үлгілерін алуға мүмкіндік бермеді, осыған байланысты "ЛУЧ-500"қондырғысының басып шығару параметрлері өзгертілді. Бұл эксперимент үшін титан төсеніші таңдалды, ол көп қабатты үлгі алуға мүмкіндік берді. Тот баспайтын болаттан жасалған төсеніштерді пайдаланған кезде, баспа процесінде беті балқытылады және ti-Nb жүйесінің төсеніштері мен ұнтағының өзара әрекеттесуінің жаңа қосымша фазалары пайда болады.

26-суретте 250 Вт қуат бойынша және бірінші өту кезіндегі сканерлеу жылдамдығы 200 мм/с, контур бойынша 200 мм/с жылдамдықта алынған үлгі көрсетілген.



26 – сурет-SLM әдісімен алынған Ti-Nb қорытпасының көп қабатты үлгісі

3.3 SLM технологиясы бойынша алынған Ti-Nb қорытпасының құрылымы мен қасиеттері

СЭМ жүргізу алдында үлгілер мұқият майсыздандырылды,содан кейін микроскоп камерасына орнатылады. Микроскоптың электронды-оптикалық жүйесінің басқарушы бағдарламасының көмегімен X және Y осьтері үшін "астигматизм" параметрлерінің нөлдік мәндері енгізілді. Үлгілер рет-ретімен микроскоп үстелшесіне өткізуші бекіткіштің көмегімен қатырылады. Ең үлкен шамаға үлкейген кезде сканерлеудің неғұрлым дәл нәтижелерін алу үшін беттің ең өткір және фокусталған бейнесіне қол жеткізу қажет. Бейнені сақтай отырып, әрбір алынған сурет үшін үлгі беті элементтерінің шеттерінің өткірлігі бойынша кеңістіктік рұқсат шамасы анықталады.

"Crystallographica Search-Match"бағдарламалық кешенінің көмегімен әртүрлі элементтік құрамы бар тот баспайтын болаттың екі тәжірибелік үлгісінің үш дифрактограммасы зерттелді. Бірінші дифрактограмма бірінші үлгідегі төсеніштен алынды. Осы дифрактограмманың талдауы: : 33-397 Хром Темір Никель фазаның болуын анықтады. Екінші дифрактограмма бірінші үлгінің бет жағынан алынған, онда қосымша элементтердің көптеген қосылыстары бар. Талдау барысында соңғысының келесі фазаларға сәйкестігі анықталды:

35-1359 Германий Никель (Ni_3-Ge);

29-521 Кобальт Ванадий Кремний (Co2-VSi);

44-1267 Алюминий Никель (Al0-42Ni0-58);

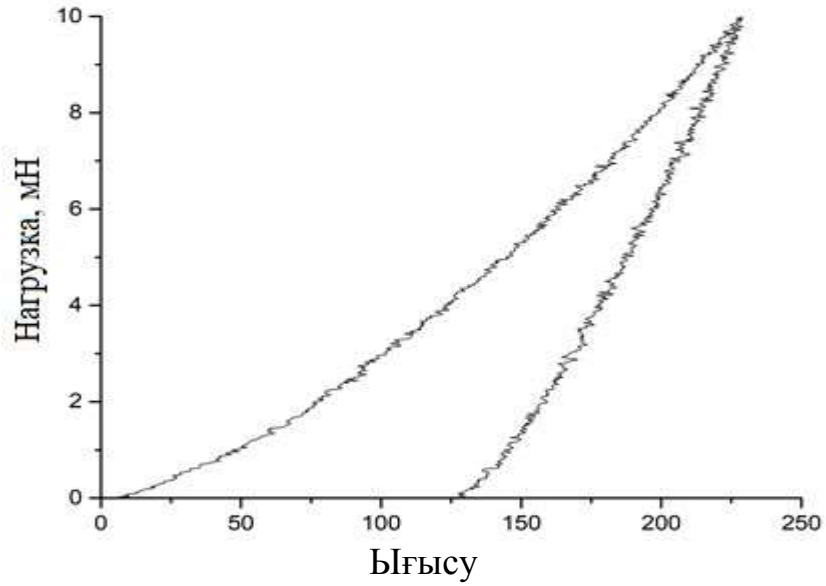
41-1302 Хром Цирконийгидриді (Cr-4H7-Zr2).

Үшінші дифрактограмма екінші үлгінің бет жағынан алынған, онда қосымша элементтердің екі қосылуы бар. Бұл дифрактограмманы талдау кезінде келесі фазалардың болуы анықталды:

17-245 Германий Темір (Fe0-84Ge0-16);
86-794 Темір Кремний (Fe-Si);
72-2169 Магний Никель Кремний (Mn3Ni2Si);
7-145 Хром Темір Молибден Титан Кремний (Ti20-4Mo89Fe50Cr5Si5-7).

3.3.2 Көп қабатты Ti-Nb қорытпасының қасиеттері

Нанотқаттылық және серпімділік модулінің мәнін алу барысында 10 өлшеу жүргізілді. Наноқаттылықтың орташа мәні 844,6 HV, Ti-Nb жүйесінің көп қабатты үлгісінің серпімділік модулі 103,46 ГПа болды. Әдеби деректерге сәйкес биомедициналық материал ретінде пайдаланылатын қорытпаларға арналған серпімділік модулі алу шарттарына байланысты 60-120 ГПа шегінде ауытқиды. 28-суретте қорытпаның жылтыратылған учаскелерінде өлшенген Ti-Nb жүйесінің қорытпасы үшін наноинденттеудің жүктеу қисығы бейнеленген. Жүктеме туралы деректер бүкіл процесс ішінде үздіксіз тіркеліп отырды.



28 – сурет-Ti-Nb жүйесі қорытпасын жүктеу қисығы

Қисық өте тегіс формаға ие және жүктеуді, максималды жүктеме кезінде ұстап тұруды және түсіруді қамтиды. 5 секунд уақыт ұстағанда максималды жүктеме 10мН. SLM технологиясы әдісімен лазерлік 3D принтердің көмегімен алынған Ti-Nb жүйесінің материалы серпімділік модулінің орташа мәні менжоғары қаттылыққа ие.

4Әлеуметтік жауапкершілік

4.1 Өндірістік қауіпсіздік

4.1.1 Зерттеу объектісі тудыруы мүмкін зиянды және қауіпті факторларды талдау

Зертханалық жағдайда ғылыми-зерттеу қызметі теориялық білімді және практикалық дағдыларды талап етеді, сондықтан жұмысқа техника қауіпсіздігі бойынша нұсқамадан өткен адамдар жіберіледі. Металл ұнтақтар, жұмысты орындау кезінде тыныс алу жолдарына түсуі мүмкін, көз бен терінің тітіркенуін тудыруы мүмкін. Титан адам ағзасына мүлдем қауіпсіз болғанымен, титанның жоғары концентрациясын (жұмыс аймағының ауасындағы ШРК — 10 мг/м3) жұту өкпенің тітіркенуін тудыруы мүмкін. Бұл процестің белгілері жөтел, жиі қақырық пен ентігу.

Жұмыс орнының дұрыс жарықтандырылуы, зерттеуді орындау кезінде еңбек қызметінің тиімділігіне айтарлықтай әсер етеді және жарақат алу мен кәсіби аурулардың пайда болуын болдырмайды. Дұрыс ұйымдастырылған жарықтандыру қолайлы еңбек жағдайларына қол жеткізуге, еңбек қабілетін және еңбек өнімділігін ынталандыруға мүмкіндік береді. Жұмыс орнының жарықтандырылуы көру кернеуін туғызбауы және қызметкерге өз жұмысын орындауға кедергі келтірмеуі тиіс. Бұл жағдайда жасанды жарықтандыру электр жарық көздері, атап айтқанда люминесцентті шамдар арқылы орындалады. Үй-жайларда люминесцентті шамдар орнатылған, олардың қыздыру шамдарымен салыстырғанда айтарлықтай артықшылығы бар: жарықтың спектрлік құрамы бойынша олар күндізгі, табиғи жарыққа жақын; жоғары ПӘК (қыздыру шамдарының ПӘК-нен 1.5-2 есе жоғары); жоғары жарық бергіштік қабілетімен ерекшеленеді(қыздыру шамдарына қарағанда 3-4 есе жоғары); қызмет ету мерзімі анағұрлым ұзақ.

4.3 Зерттеушіні қауіпті және зиянды факторлардың әсерінен қорғау жөніндегі іс-шараларды негіздеу

Планетарлық диірменмен жұмыс істегенде шудан қорғану қауіпсіз техникалар, ұжымдық қорғану әдістері, сондай-ақ жеке қорғану тәсілдерімен жүзеге асады. Шуға қауіпсіз техниканы жасау машина конструкциясының жақсаруымен, осы конструкцияларда аз шулы детальдарды қолдану арқылы қол жеткізіледі.

Егер шуды рұқсат етілген деңгейге дейін азайту мүмкін болмаса, онда жеке қорғаныс құралдарын (ЖҚҚ) пайдалану қажет — бір рет пайдаланылатын ультражіңішке талшықтан жасалған шуға қарсы жапсырмалар, сондай-ақ конус түріндегі бірнеше рет пайдаланылатын шуға қарсы жапсырмалар (эбонит, резеңке, пенопласт). Олар орта және жоғары

жиіліктерде 10-15 дБА шуды төмендету үшін тиімді. Құлаққаптар 125-8 000 Гц жиілік диапазонында 7-38 дБ дыбыс қысымының деңгейін төмендетеді. Қорғаныс қолғаптарын кию керек, өйткені ұнтақтау барабандары ұнтақтау процесінде қатты қызуы мүмкін.

Микроскопиялық дозада адам ағзасына түсетін металдар пайдалы. Макродозаларда олар денсаулыққа қауіп төндіреді, металдармен улану өте оңай, сонымен қатар ұнтақтардың жарылу қаупі бар. 4 микрон ұнтақтың дисперсиялығы кезінде ол тері тесігі, тыныс алу, көру және т.б. арқылы өтеді. Ол үшін арнайы қорғанышкиімдері – костюм, арнайы респиратор, қолғап және аяқ киім қарастырылған. Аддитивті машиналар, әдетте, негізгі ұнтақты жою үшін шаңсорғышпен жабдықталады, алайда оны пайдаланғаннан кейін де металдардың кейбір жүзіндісі қалады.

Аддитивті қондырғыда жұмыс басталар алдында жабдықтың, электр сымдарының жарамдылығын тексеру және көз жеткізу қажет. Ақаулықтар анықталған жағдайда жұмысқа кірісуге болмайды. Міндетті түрде жабдықтың қорғану мақсатында жерге тұйықталғанына көз жеткізіледі, электр сымының және ашаның жай–күйі, сондай-ақ ажыратқыштардың және басқа да 3D-принтерді басқару органдарының жарамдылығы тексеріледі. Маңызды жағдай, 3D принтер орналасқан бөлмені мұқият желдетіп тұру қажет, бөлмедегі микроклимат рұқсат етілген шекте: ауаның температурасы жылдың салқын мезгілінде – 22-24°С, жылдың жылы мезгілінде – 23-25°С, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 40-60% болуы тиіс. Басып шығаруды шұғыл тоқтатуды немесе апатты сөндіруді қоспағанда, 3D принтер жұмыс істеп тұрған кезде кез келген физикалық араласуға тыйым салынады. Электр қауіпсіздігі және өрт қауіпсіздігі бойынша жалпы талаптарды, 3D–принтерде жұмыс істеу кезінде еңбекті қорғау жөніндегі осы нұсқаулықтың талаптарын қатаң орындау қажет. Жұмыс күні 3D–принтермен тікелей жұмыс істеу уақыты 6 сағаттан аспауы тиіс.

Құрылғы жұмыс істеп тұрған кезде бөлмеден шығу жақсы. Егер бұл қандай да бір себеппен мүмкін болмаса, көмір сүзгісі бар респираторды пайдаланған жөн. Сүзу жүйесі бар жабық принтерлер қауіпсіз, бірақ пайдаланылатын материалдардың қасиеттері толық зерттелмеген, сондықтан қосымша қауіпсіздік шараларын елемеуге және олармен жұмыс істеуге болмайды.

Принтержұмыс істеп тұрған бөлмеден шығар алдында бірінші қабат тегіс жатқанына және ешқандай жерде үстіңгі қабаттан қалып қоймағанына көз жеткізу керек, өйткені оның дайындалуынан өнім сапасының 50% байланысты. 3D принтерді бақылау үшін камера орнату қажет, бұл басып шығару күй-жағдайынан хабардар болуға және штаттан тыс жағдайға жедел әрекет етуге мүмкіндік береді.

Жұмыс орны ИФВТ НИ ТПУ зертханасының екінші қабатында орналасады. Қабырғалары ашық-сарғыш, күңгірт бояумен боялған, төбелері ашық түспен. Бөлмеде үш терезе ойығы болады. Зерттеушіні қауіпті факторлардың әсерінен қорғауды қамтамасыз ету үшін зертхана қызметкерлерінің зертханадағы қауіпсіздік техникасы мен тәртіп ережелерін сақтауын бақылау қажет.

Зертханада жұмыс басталар алдында әрбір қызметкер нұсқаулықтан өтуі тиіс, ал қауіпсіздік техникасы жөніндегі зертханалық журналда тиісті жазба жасалуы тиіс. Алдағы уақытта процедураны жарты жылда бір рет қайталау қажет. Зертханада қажетті дәрі-дәрмектер мен таңу құралдары бар медициналық дәрі қобдишасы бар.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл жұмысты орындау 3D баспа әдісімен Ti-Nb жүйесінің төмен модульді қорытпасын алу технологиясын әзірлеуде ілгерілеуге мүмкіндік берді. Ғылыми-зерттеу жобасы барысында шар планетарлық диірменде шикізатты дайындау тәртібі пысықталды. Нәтижелер 10 минут ішінде ұнтақтарды ұнтақтау тотықтар мен нитридтердің санының көбеюіне әкеп соқтырмайтынын көрсетті,сонымен қатар, 3D басып шығару үшін неғұрлым оңтайлы полиэдрикалық формаға дұрыс кемейтінбөлшектер пішіні өзгереді. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университетінде "Луч-500" лазерлік 3D принтерде басып шығару технологиясы әзірленді. Жұмыс сканерлеу жылдамдығыбойынша бірінші өту100 мм/с кезінде, контуры бойынша 200 мм/с басып шығару тамшылы құрылымның пайда болуына және бөлшектердің бірігуіне әкелмейді, көп қабатты монолитті үлгіні қалыптастырады, онда ЖҰЖ саны аз. Фазалық құрамның құрылымын зерттеу алынған үлгілердің ниобий мен β-титанның эвтектикалық қоспасы екенін көрсетті, мұндай құрылым имплантат ретінде қолдану тұрғысынан оңтайлы болып табылады және Юнг-тың 103,46 ГПа-ға тең төмен модулі бар.

"Қаржы менеджменті, ресурс тиімділігі және ресурс үнемдеу" бөлімі бойынша қорытындылар: ғылыми-зерттеу жұмысының күшті және әлсіз жақтарын SWOT талдау жүргізілді, жобаны іске асыру үшін мүмкіндіктер мен қауіптер анықталды. Ғылыми зерттеу жүргізу кестесі әзірленді және жобаның эксперименталды бөлігін орындау кезінде туындауы мүмкін мәселелердің себеп-салдарын анықтау диаграммасы ұсынылған.

"Әлеуметтік жауапкершілік" бөлімінде аддитивті өндіріс әдісімен Ti-Nb ұнтақтары жүйесінен үлгілерді алуға байланысты зертханалық жағдайларда ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындау кезінде туындауы мүмкін зиянды және қауіпті факторларға талдау жүргізілді. ТЖ туындаған кезде іс-шаралар және олардың салдарын жою бойынша шаралар әзірленді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Микроанализ и растровая электронная микроскопия / Под ред. Морис Ф., Мени Л., Тиксье Р. М.: Металлургия, 1985. 392 с.
2. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
3. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
4. Сущность методики FAST в области ФСА [Электронный ресурс] http://humeur.ru/page/sushhnost-metodiki-fast-v-oblasti-fsa
5. Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство PMBOK), 4-е издание, 2008 г.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция), утверждено Министерство экономики РФ, Министерство финансов РФ № ВК 477 от 21.06.1999 г. [Электронный ресурс]. -
Режим доступа. - http://www.cfin.ru/
7. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
8. СНиП-23-05-95 Естественное и искусственное освещение.
9. ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
10. СанПиН 2.2.4-548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
11. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
12. ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы.
13. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
14. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
15. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
16. ГОСТ 12.2.143-2002 Системы фотолюминесцентные эвакуационные. Элементы систем.
17. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.

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: Балтурманова Айнур Тулеуишевна ,

Название: 3 д принтерде композиттік материалдардан көлемді бұйымдар дайындау

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

Коэффициент подобия 1:1.5

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:

.....

06.05.2024 г.

Дата

.....

Подпись Научного руководителя

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: Балтурманова Айнур Тулеуишевна ,

Название: 3 д принтерде композиттік материалдардан көлемді бұйымдар дайындау

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

Коэффициент подобия 1:1.5

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:

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

.....
.....

Дата 06.05.2021 г. Подпись заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

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

.....
.....

Дата 06.05.2021 г. Подпись заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

StrikePlagiarism.com SATBAYEV UNIVERSITY

Дата отчета 4/19/2021
Дата редактирования ---

Метаданные

Название
3 д принтерде композиттік материалдардан көлемді бұйымдар дайындау

Автор
Балтурманова Айнур Тулеуишевна ,

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	ß	0
Интервалы	A→	0
Микропробелы		0
Белые знаки	ß	0
Парафразы (SmartMarks)	a	10

Объем найденных подобий

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

1.47% (1.47%) КП1	0.00% (0.00%) КП2	3.46% (3.46%) КЦ
25	**6754**	**40100**
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)	
1	http://www.sbu.edu.tr/FileFolder/Dosyalar/e0ab33e5/2020_9/icsm2014-poster-5cb2676d.pdf	16	0.24 %
2	http://www.sbu.edu.tr/FileFolder/Dosyalar/e0ab33e5/2020_9/icsm2014-poster-5cb2676d.pdf	15	0.22 %
3	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875389210005092	15	0.22 %
4	http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/54756/1/TPU729330.pdf	14	0.21 %
5	**Parametric optimization of laser deposited high entropy alloys using response surface methodology (RSM)** Ntombizodwa Mathe, Sisa Pityana, Patricia Popoola, Samson Adeosun,Modupeola Dada;	14	0.21 %
6	http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/55258/1/TPU745490.pdf	11	0.16 %

7	**Antibacterial properties of a modified magnesium alloy in vitro with clinical strains of non-fermentative gram-negative microorganisms** V.N. Chornyi, N.M. Polishchuk **5/22/2019** Zaporozhye State Medical University (ZSMU) (Редакційно-видавничий відділ)	8	0.12 %
8	**Antibacterial properties of a modified magnesium alloy in vitro with clinical strains of non-fermentative gram-negative microorganisms** V.N. Chornyi, N.M. Polishchuk **5/22/2019** Zaporozhye State Medical University (ZSMU) (Редакційно-видавничий відділ)	6	0.09 %

из базы данных RefBooks (0.21 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
Источник: Paperity - abstrakty			
1	**Parametric optimization of laser deposited high entropy alloys using response surface methodology (RSM)** Ntombizodwa Mathe, Sisa Pityana, Patricia Popoola, Samson Adeosun,Modupeola Dada;	14 (1)	0.21 %

из домашней базы данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)

из программы обмена базами данных (0.21 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	**Antibacterial properties of a modified magnesium alloy in vitro with clinical strains of non-fermentative gram-negative microorganisms** V.N. Chornyi, N.M. Polishchuk **5/22/2019** Zaporozhye State Medical University (ZSMU) (Редакційно-видавничий відділ)	14 (2)	0.21 %

из интернета (1.05 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	http://www.sbu.edu.tr/FileFolder/Dosyalar/e0ab33e5/2020_9/icsm2014-poster-5cb2676d.pdf	31 (2)	0.46 %
2	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875389210005092	15 (1)	0.22 %
3	http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/54756/1/TPU729330.pdf	14 (1)	0.21 %
4	http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/55258/1/TPU745490.pdf	11 (1)	0.16 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)