

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

Білдекжасау, материалтану және машинажасау өндірісінің технологиясы
кафедрасы

Есенов Абылай Муратулы

«Плазмалық атомайзердің техникалық сипаттамалары мен құжаттамаларын
жасау және зерттеу»

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B073800 – Материалдарды қысыммен өңдеу технологиясы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

Білдекжасау, материалтану және машинажасау өндірісінің технологиясы
кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

PhD д-ф. ассоц. проф.

Арымбеков Б.

« 02 » 05 2019 ж.



Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Плазмалық атомайзердің техникалық сипаттамалары мен құжаттамаларын жасау және зерттеу»

5B073800 – Материалдарды қысыммен өңдеу технологиясы

Орындаған

Есенов Абылай

Пікір беруші

Ғылыми жетекші,

техн. ғыл. магистрі

PhD доктор

А.М. Куленова

Б.С. Арымбеков

« 02 » 05 2019 ж.

« 02 » 05 2019 ж.

Алматы 2019

КАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

Білдекжасау, материалтану және машинажасау өндірісінің технологиясы
кафедрасы

5B073800 – Материалдарды қысыммен өңдеу технологиясы



**Дипломдық жобаны орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Есенов А.

Тақырыбы: «Плазмалық атомайзердің техникалық сипаттамалары мен құжаттамаларын жасау және зерттеу»

Университет ректорының 2018 жылғы «06» қараша №1252-п бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі 2019 жылғы «06» мамыр.

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі: плазмалық атомайзер түрлері

а) Кіріспе

ә) Аддитивті технологиялар туралы түсінік;

б) Металдар мен қорытпаларды плазмалық тозаңдату;

в) Ермаков С.С., Ермаков Б.С.- «Порошковые материалы»

Дипломдық жобаны дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Аддитивті технологиялардың әлемдік нарығын талдау	05.03.19 ж	орындағандық
Металл ұнтақтарын атомдау технологиялары арқылы өндіруші компаниялар	27.03.19 ж	орындағандық
Плазмалық атомдау кезінде металл ұнтақтарының гранулометриялық құрамын реттеу мүмкіндігі туралы түсінік	2.04.19 ж	орындағандық

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
Технологиялық бөлімі	Б.С. Арымбеков, PhD д-ф, ассоц. проф.	8.04	Б.С.
Норма бақылау	Р.К. Карпеков, лектор	4.05.2019	Р.К.

Ғылыми жетекші

Б.С. Б.С.Арымбеков

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

А.Е. Есенов А.

Күні

«05» мамыр 2019 ж.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Аддитивті технологиялар туралы түсінік	10
1.1 Аддитивті технологиялардың әлемдік нарығын талдау	11
1.2 Аддитивті технологияларға арналған ұнтақтарға қойылатын негізгі талаптар	13
1.3 Аддитивті технологиялар үшін металл ұнтақтарын өндірудің қазіргі заманғы әдістерін талдау	14
2 Металл ұнтақтарын атомдау технологиялары арқылы өндіруші компаниялар	18
2.1 VEGA, EIGA және Hermiga 100/10 VI атомайзері қондырғыларында алынатын металл ұнтақтары	19
2.2 АТ машиналары үшін ұнтақтарды алудың негізгі технологиялары	20
3 Плазмалық атомайзер түрлері	23
3.1 Металдар мен қорытпаларды плазмалық тозаңдату	26
3.2 Плазмалық атомдау кезінде металл ұнтақтарының гранулометриялық құрамын реттеу мүмкіндігі туралы түсінік	28
Қорытынды	31
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	32

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жобада қарастырылған басты маселе плазмалық атомайзердің технологиялық сипаттамасы.

Бірінші бөлімде аддитивті технология жайында жалпы түсінік және әлемдік нарығын талдау.

Екінші бөлімде металл ұнтақтарын атомайзер көмегімен атомдайтын компаниялар. АТ машиналары үшін негізгі тезнологиялар

Үшінші бөлімде плазмалық атомайзер түрлері және плазмалық тозаңдату. Аддитивті технологияларға арналған металл ұнтақтарын өндірудің жалпы танылған әдістерімен атомайзерлерде газды тозаңдату, центрден тепкіш тозаңдату және плазматрондарда плазмалық тозаңдату болып табылады.

Энергия және ресурс үнемдеуші технологияларды дамыту, жаңа жоғары төзімді және қиын өңделетін материалдарды қолдану жаңа технологиялық процестер мен бағыттарды құруды талап етті. Өнеркәсіп дамуының неғұрлым перспективалы бағыттарының қатарына нысаны бойынша күрделі бөлшектер өндірісіне материалдық және еңбек шығындарын азайтуға мүмкіндік беретін аддитивті технологиялар жатады.

Алайда, плазмалық атомдау әдісінің өзі жаңа және плазмалық тозаңдату әдісімен ұнтақтарды алу технологиясы - елеулі технологиялық сүйемелдеуді талап етеді. Плазмалық атомайзерлерде ұнтақтарды өндіру проблемаларының бірі берілген гранулометриялық құрамның ұнтақтарын алу мәселесі болып табылады.

АННОТАЦИЯ

Основным вопросом, обсуждаемым в данной дипломном проекте, является технологическое описание плазменного атомайзера.

Первая часть включает в себя общую концепцию аддитивных технологий и анализ мирового рынка.

Вторая часть посвящена атомным частицам с металлическими порошками распылителя.

Третья часть описывает типы атома плазмы и плазменное распыление. Наиболее распространенными методами металлических порошков для смазочных технологий являются распыление газа в распылителях, центробежное распыление и плазменное распыление в плазмотроне.

Развитие энергоресурсосберегающих технологий, использование новых высокопрочных и труднодоступных материалов потребовало создания новых технологических процессов и маршрутов. Наиболее перспективными направлениями промышленного развития являются аддитивные технологии, которые позволяют снизить материальные и трудовые затраты на изготовление сложных деталей по форме.

Однако метод плазменного распыления является новой и технологией плазменного напыления, которая требует существенной технологической поддержки. Одной из проблем производства порошка в плазме атомных частиц является проблема гранулометрических порошков.

ANNOTATION

This diploma paper is devoted to the description of plasma-atomizer technology matter.

In the first chapter it is told about general additive technology description and analysis of world marketing.

In the second chapter it is discussed about atomizer parts and its divisions that make automatic machine stock.

In the third chapter it is about the types of atomizer parts and freezing plasma.

With the help of additive technology it is possible to manufacture its kinds of methods in central ruling old and plasma freezing. The development of energy-saving technologies, the use of new high-strength and hard-to-reach materials required the creation of new technological processes and routes.

The most promising areas of industrial development are additive technologies that reduce material and labor costs for the manufacture of complex parts in shape. However, the method of plasma spraying is a new and plasma spraying technology, which requires significant technological support. One of the problems of powder production in the plasma of atomic particles is the problem of granulometric powders.

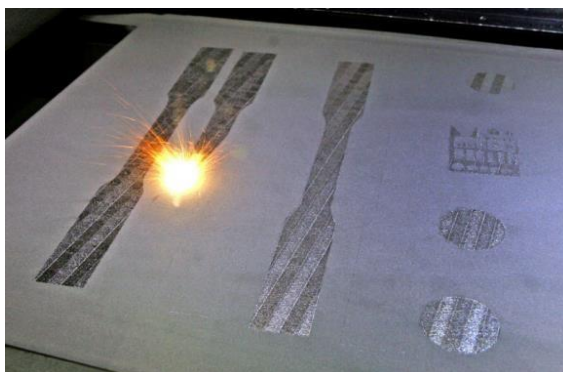
КІРІСПЕ

Плазма процесін қолдану қызметтің кең ауқымын жабатын өріс өсуде, дәнекерлеу технологиясы, жабу технологиясы, төмендеу технологиясы, металл ұнтағын дайындау технологиясы және басқа да маңызды инженерлік технология. Металл ұнтақтарды дайындауды газды тозаңдату, суды тозаңдату, плазманы тозаңдату және плазма электродтарының айналмалы тозаңдату процесінен жасауға болады. Плазманы тозаңдату процесінде дөңгелек ұнтақтың шығарылуына қосымша артықшылықтарды қамтамасыз етеді, сондай-ақ тиімді өңдеу және пайдаланылатын және қорытпа материалдарын қайта пайдалану үшін өте қолайлы, осылайша қажетті материалдарды сақтай отырып, бұл операциялар тұтастай алғанда біздің индустриялық қоғамымызға тұрақты ықпал ететін болады. Плазмалық тозаңдату технологиясын пайдаланатын металл ұнтақтарын өндірушілердің индустриясы-бұл инвестициялық стратегия, ол тез өсе алады.

Металл ұнтақтарды дайындау үшін түрлі плазмалық процестер осы мақалада қарастырылады, сонымен қатар плазмалық тозаңдату және тозаңдату процесінің түрлері. Олардың барлығы сфералық бөлшектердің металл ұнтақтарын бақылауға және өндіруге қабілетті және бұл оларды ұнтақты технологияларда қолдану үшін өте тиімді етеді. Осы шолудың мақсаты плазмалық тозаңдану процестерінде металл ұнтақтары саласындағы қызметтің болашақ зерттеулерін қорыту және қамтамасыз ету болып табылады. Плазмалық инженерия технологиясына баса назар аудару және зерттеу үшін қол жетімді ұнтақ зерттеулер іске асырылуы тиіс. Соңғы, ұнтақ дайындау, плазманы тозаңдату технологиясының пайдасынан автоматтандыру мәселелері қарастырылған.

1 Аддитивті технологиялар туралы түсінік

Аддитивті технологиялар (ағылшын тілінен Additive Fabrication) – қабатты қосу әдісімен алынады.(add, ағылш. - материалды қосу, осыдан атау). Бұйымды алу қабат - материал қабатын қалыптастыру (сол немесе басқа тәсілмен), қатайту немесе cad-модель қимасының конфигурациясына сәйкес осы қабатты бекіту және әрбір келесі қабатты алдыңғы қабатпен қосу жолымен кадаммен жүргізіледі.



1.1-сурет-Қабатты лазерлік қорытпалау процесі

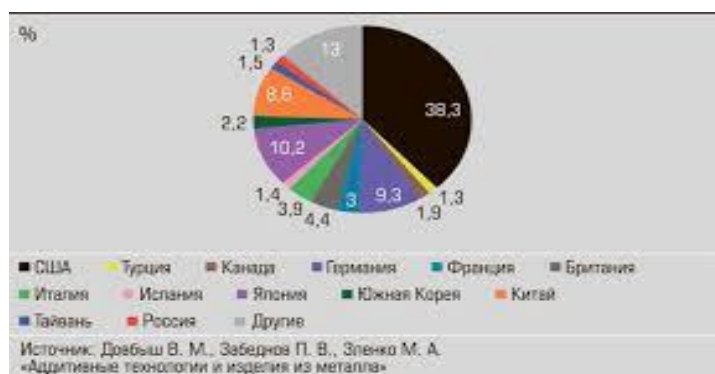
Аддитивті технологиялар адам қызметінің барлық жаңа салаларын қамтиды. Дизайнерлер, сәулетшілер, археологтар, палеонтологтар және басқа да мамандықтардың өкілдері түрлі идеялар мен жобаларды іске асыру үшін 3D-принтерлерді пайдаланады. Жылдам қататын бетон қоспаларымен "басып шығару" үшін роботталған кешендер белсенді құрылуда.

Бұл жұмыстардың барлығы түрлі көздерден мемлекет пен бизнестің белсенді қолдауымен жүргізілуде. DMF – Direct Metal Fabrication – металдан тікелей өсіру технологияларын дамытуға ерекше назар аударылады. Бұл технологияны бірінші кезекте аэроғарыштық және қорғаныс салаларында игеру үшін стратегиялық технологиялардың бірі ретінде қарастырады.

Аддитивті технологиялардың барлық алуан түрлілігі электронды CAD-жобаларды арнайы сандық фабберлер (ағылш. faber. "fabrication" деген сөздер), олардың пайда болу тарихы бірнеше жүзжылдықтардан тұрады. Үш өлшемді қатты денені автоматты түрде жасау идеясы алғаш рет XVIII ғ.іске асырылды. Жұмыстың авторы "үш-төрт он жыл өткеннен кейін адамзатқа жаһандық желіден жүктелген физикалық объектілердің үлгілері бойынша қажетті заттардың тікелей өндірісін үй жағдайында жүзеге асыра отырып, ақылсыз өмір сүре алады" деп есептейді.

1.1 Аддитивті технологиялардың әлемдік нарығын талдау

Қазіргі заманғы өндіріс жаңа материалдарды, ақпараттық технологияларды және технологиялық процестерді автоматтандыруға негізделген технологияларға кеңірек сүйенеді. Мұндай өндірістердің қатарына, бірінші кезекте әуе және кеме жасау, қозғалтқыш құрылыс және аэроғарыштық өнеркәсіп, медицина, радиоэлектрондық және әскери мақсаттағы бұйымдар өндірісі жатады. Мұндай өндірістер үшін бұйымдар мен бөлшектерді дайындау кезінде қазіргі уақытта әлемдік өнеркәсіп нарығында кең сұранысқа ие аддитивті технологияларды пайдалана бастайды, ол үш өлшемді компьютерлік модельдің көмегімен қабаттап басу арқылы күрделі бұйымдарды жасауға мүмкіндік береді, оған дайын бұйым үшін қажетті материалдың дәл мөлшерін жұмсайды. Аддитивті технологиялардың артықшылықтары бұйымдар жасау жылдамдығы, осы бұйымдардың күрделі геометриясы және еркін дизайны, сондай-ақ әлемнің кез келген нүктесіне үш өлшемді модельді жылдам беру және қажетті бөлшектерді жылдам өндіру мүмкіндігі болып табылады, мысалы, "дала" жағдайларында күрделі объектіні жөндеу кезінде. Нарықты талдау көрсеткендей, 2015 жылдың қорытындысы бойынша аддитивті технологияларды дамыту көшбасшылығы АҚШ, Жапония, Германия, Қытай болып табылады, ал РФ үлесі әрең 1%-дан асып түсті.



1.2-сурет-Аддитивті технологиялардың әлемдік нарығын талдау

Бүгінгі күні, мысалы, әскери-далалық аппарат жұмыс істейді, оның көмегімен бассүйек-ми жарақаты кезінде пластина жасап, дала жағдайында краниопластика жүргізуге болады. Ресей әзірше отандық кәсіби және өнеркәсіптік 3D-принтерлер өндірісін дамытудың бастапқы сатысында тұр. 3D-баспа әдісімен өнім өндірушілердің негізгі бөлігі негізінен АҚШ және Еуропа өндірушілерінен импорттық жабдықтар мен шығыс материалдарын пайдаланады. Бұл, атап айтқанда, 3D-баспаны табысты қолданудың шетелдік серіктестердің материалдарды жеткілікті көлемде тұрақты жеткізуіне және шетелдік валюта бағамдарының ауытқуына тікелей тәуелділігіне алып келеді. Әдетте әрбір жабдық өндіруші компания сатып алушыға 3D-машинаны басып шығару ғана емес, белгілі бір ұнтақ жиынтығын ұсынады. Қазіргі уақытта, әсіресе, санкцияларды енгізумен, аддитивті технологиялар үшін ұнтақтарды алу

проблемасы біздің елде осы технологиялық бағыттың дамуын тежейтін аса өткір проблема болды. Осыдан, РФ-да металл бұйымдарын 3D-басып шығаруды одан әрі дамыту елде аддитивті басып шығару машиналарына арналған ұнтақтар өндірісінің өздігінен жеткілікті кешендерін құру проблемасын шешуге байланысты. Ұнтақты металлургия, атап айтқанда, металл ұнтақтарын өндіру Ресей аумағында жеткілікті таралған, бірақ осы кәсіпорындарда алынған ұнтақтарды аддитивті технологиялар үшін бастапқы құрылыс материалы ретінде қолдану мүмкін емес, өйткені бұл ұнтақтар берілген қатты сипаттамаларға ие болуы тиіс: ұнтақ бөлшектерінің сфералық нысаны, бөлшектер мөлшерін бөлу (әдетте 20-40 МКМ, 40-60 мкм шегінде), шағын коммерциялық партияларды алу мүмкіндігі, ұнтақ құрамының біркелкілігі, химиялық тазартудың жоғары дәрежесі. Алайда, ұнтақты металлургияның кең дамыған ғылыми және өнеркәсіптік инфрақұрылымы, атап айтқанда, жаңа – аддитивті салаға автоматты түрде көшіру мүмкін емес металл ұнтақтарын өндіру аддитивті ұнтақты өндірісті дамыту үшін бастапқы база ретінде пайдаланылуы мүмкін. Сонымен қатар, егер өнеркәсіптік пайдаланылатын болаттардың саны әлемде 1000 маркадан асып кетсе, олардың әрқайсысы қызметтің белгілі бір жағдайларына арналған, онда болаттарды, ыстыққа төзімді және арнайы қорытпаларды, түсті металл ұнтақтарын және қорытпаларды қоса алғанда, ұнтақтардың саны әрең 50-ге жетті.

Аддитивті технологиялар үшін металл ұнтақтарын өндірудің жалпы танылған әдістері атомайзерлерде газды тозаңдату, центрден тепкіш тозаңдату және плазматрондарда плазмалық тозаңдату болып табылады. Атомайзерлер ірі габаритті қондырғылар болып табылады және оларды қолдану үлкен кәсіпорындар үшін жүздеген және мың килограмм ұнтақ партиясын өндіруде тиімді. Шағын кәсіпорындар үшін бұл жабдық құнының жоғары болуына, пайдалану күрделілігіне, материалдың бір маркасынан екіншісіне өту кезіндегі қайта баптаудағы қиындықтарға байланысты аз жарамды. Ортадан тепкіш немесе плазмалық тозаңдату қондырғылары энергия шығыны, өте қымбат және пайдалануда күрделі болып табылады-оларды қолдану күрделі, мысалы, ыстыққа төзімді ұнтақтарды дайындау кезінде тиімді болады. Сондықтан аддитивті технологиялар үшін қолданылатын металл ұнтақтарын алудың аз энергия шығыны әдісін әзірлеу мүмкіндігін бағалау міндеті қойылды. Әдеби деректерді талдау мұндай әдіспен плазмалық тозаңдануды энергия шығыны аз – индукциялық левитациялық балқытудың әдісі болуы мүмкін деп болжауға мүмкіндік берді, кейіннен балқыманы аса жоғары жиіліктегі сәулеленумен ұсақтайды.

Зерттеу міндеттері:

1. Аддитивті технологиялар үшін металл ұнтақтарын өндірудің қазіргі заманғы тәсілдерін үйрену. Бұл тәсілдердің артықшылықтары мен кемшіліктерін бағалау.

2. Аддитивті технологиялар үшін металл ұнтақтарын өндіру кезінде левитациялық балқытудың артықшылықтары мен кемшіліктерін бағалау.

3. Металл ұнтақтарын өндіруге арналған құрылғы моделін әзірлеу.

4. Модельдік құрылғыда металл ұнтақтарын алу әдісін әзірлеу.

5. Алынған ұнтақтың физикалық-механикалық қасиеттеріне талдау жасау: ұнтақтың гланулометриялық құрамы, ұнтақ бөлшектерінің пішінінің геометриялық сипаттамалары, бөлшектердің бетінің сапасы, ұнтақтың металл бөлшектерінің құрылымы.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы:

- аддитивті технологиялар әдісімен бұйымдарды өндіру үшін қолданылуы мүмкін бөлшектердің мөлшері мен қажетті гранулометриялық құрамы ұнтағын алуға мүмкіндік беретін қондырғы моделін әзірлеу.

1.2 Аддитивті технологияларға арналған ұнтақтарға қойылатын негізгі талаптар

Аддитивті технологияларға арналған ұнтақтарға қойылатын негізгі талаптар:

Қазіргі заманғы жабдықты өнеркәсіптік қолдану аддитивті технологияларға арналған осы технологияларды іске асыру үшін қатты берілген сипаттамалары бар бастапқы материалдардың (ұнтақтардың) болуы қажет:

1. Ұнтақ бөлшектерінің сфералық нысаны, себебі мұндай форма минималды кедергімен материалды беру жүйелерінде ұнтақ композициясының "ағымдылығын" қамтамасыз етеді және ұнтақ қабатының қалыңдығы мен кеуектілігі бойынша бірдей қалыптастыруға мүмкіндік береді;

2. Ұнтақ бөлшектерінің мөлшерін бөлу-бұл бөлшектердің қандай өлшемінің бар екенін және алынған ұнтақтың жалпы санына қатысты қандай пропорцияда (талап етілетін өлшем әдетте 20-40, 40-60 мкм шегінде) анықтайтын индекс. Бөліктердің мөлшерін бөлу аддитивті технологиялар үшін өте маңызды сипаттама болып табылады, өйткені ол мынадай аспектілерге әсер етеді;

- ұнтақтың ағымдылығы және біркелкі тарату қабілеті;
- ұнтақ қабатының тығыздығы;
- ұнтақ бөлшектерін балқытуға қажетті энергияның мөлшері;
- алынатын беттің кедір-бұдырлығы;

3. Ұнтақ металын қоспалар мен тотықтардан химиялық тазартудың жоғары дәрежесі ұнтақтардың химиялық қасиеттері ұнтақтың құрамына кіретін негізгі металдың немесе негізгі компоненттердің құрамына, қоспалардың, әртүрлі механикалық ластанулар мен газдардың құрамына байланысты. Ұнтақтардағы қоспалар бөлшектер металының құрылымына кіретін қатты ерітінділер немесе химиялық қосылыстар түрінде, ал механикалық ластанулар – оксидтер түрінде болуы мүмкін. Сондай-ақ, металл ұнтақтарында әртүрлі құрамдағы газдардың едәуір мөлшері бар. Олардың қатысуы ұнтақтарды престоуді қиындатады және жұмсақтығын арттырады т.б;

4. Ұнтақ құрамының жоғары біртектілігі;

Сондай-ақ, маңызды сәттерді ескеру керек:

1) ұнтақтарды сақтау және қартаю;
2) аддитивті өндіріс әдістерінен кейін ұнтақты қайта пайдалану мүмкіндігі;

3) адам денсаулығына, қоршаған ортаның қауіпсіздігі мен экологиясына әсер ету;

Осылайша, аддитивті технологияларды дамыту үшін негізгі проблема бастапқы материалдарды (базалық) жасау болып табылады. Ұнтақтың сапасына, ең алдымен, алынатын бөлшектердің сапасына байланысты. Металл ұнтағы тек аддитивті технологиялар үшін ғана емес, негізгі мәселе бастапқы материалдарды жасау болып табылады, сонымен қатар электроника, медицина, оптика сияқты өнеркәсіптің басқа салалары үшін, жабынды жағу кезінде және т.б. қолданылады. Күміс, мыс-мырыш дәнекерлерін өндіру кезінде көлемі 20-40 мкм, сфералық нысаны бар, кездейсоқ қоспалардан тазартылған ұсақ бөлшектерден тұратын ұнтақтар пайдаланылады.

1.3 Аддитивті технологиялар үшін металл ұнтақтарын өндірудің қазіргі заманғы әдістерін талдау

Аддитивті технологиялар үшін металл ұнтақтарын өндірудің қазіргі заманғы әдістерін талдау

Ұнтақты Металлургияға арналған ұнтақтарды алудың өнеркәсіптік әдістері физика-химиялық және физика-механикалық болып бөлінеді. Осы әдістермен алынған ұнтақтар бір-бірінен фазалық құраммен, беттің морфологиясымен, бөлшектердің микроқұрылымымен, физика-технологиялық қасиеттерімен және соңғы тазалығымен ерекшеленеді. Қазіргі уақытта ұнтақты материалдарды алудың келесі әдістері белгілі:

-Механикалық әдістер химиялық құрамы елеулі өзгертусіз шикізаттан ұнтақ өндіруді қамтамасыз етеді. Механикалық әдістерге, мысалы, диірмендерде ұнтақтаудың көптеген нұсқалары, сондай-ақ газ немесе сұйықтық ағысы арқылы балқымаларды диспергирлеу жатады, бұл процесс атомизация деп аталады. Балқыманы диспергирлеу-металдардың ұсақ және орташа ұнтақтарын алудың ең өнімді, үнемді және тиімді тәсілі. Барлық өнеркәсіптік ұнтақтар көлемінің 60-70 % осы әдіспен алынады.

Механикалық әдіс- материалды кесу арқылы ұсақтау, шарлы, құйынды, балға және басқа да диірмендерде ұнтақтау, инерциялық ұсақтағыштарда ұнтақтау. Бұл әдістер металды үлкен көлемде ұсақтауға мүмкіндік береді, бірақ алынған ұнтақтардың дұрыс емес, негізінен ине тәрізді, бөлшектер нысаны болады, бұл оны аддитивті технологиялар үшін қолдануға мүмкіндік бермейді. Сонымен қатар, механикалық ұсақтау процесінде ұнтақты диірмен агрегатының тозған өнімдерімен ластануы мүмкін, ал ұнтақтардың өздері қажетті технологиялық талаптарға жауап бермейді.

Физикалық-химиялық әдістерге бастапқы шикізаттың физикохимиялық айналуымен байланысты әдістер жатады, бұл ретте соңғы өнімнің химиялық құрамы мен құрылымы-ұнтақ-бастапқы материалдан айтарлықтай ерекшеленеді.

Физикалық-химиялық, оларға:

- тотықтарды қатты қалпына келтіргіштермен;
- газдармен қалпына келтіру;
- балқытылған ортаның немесе су ерітінділерінің электролизі;
- карбонилдердің диссоциациясы;
- булану және конденсация әдісі жатады;

Физика-химиялық әдістердің үлкен артықшылығы;

- жоғары таза ұнтақтарды алу мүмкіндігі;

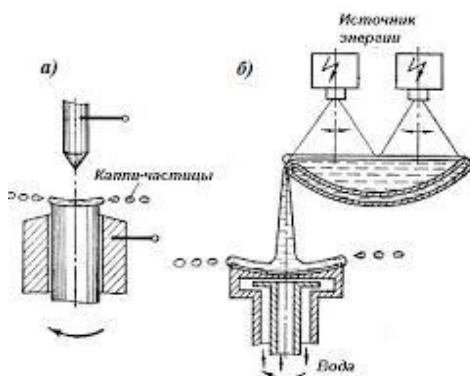
Негізгі кемшілігі;

- процестің төмен өнімділігіне және электр энергиясының үлкен шығынына байланысты ұнтақтардың жоғары құны;

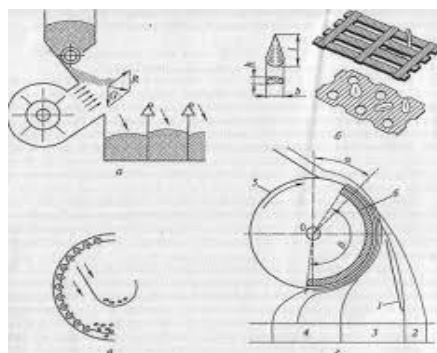
- металл балқымасының ортадан тепкіш тозандануы, аддитивті технологиялар үшін аса құнды болып табылатын реактивті және баяу балқитын металдардың ұнтақтарын алуға мүмкіндік беретін технологиялар барынша қызығушылық тудырады.

Ортадан тепкіш атомдау технологиялары өте әртүрлі. Балқыманың тез айналатын дискіге түскен кезде шашырауын немесе плазмалық ағын арқылы балқитын тез айналатын цилиндрлік дайындамадан болжайтын технологиялар бар. RIP-Rotating Electrode Process технологиясы-материал шыбық (әдетте диаметрде 15-75 мм) мен вольфрам электродының арасында электр доғалы түзілетін балқыманы егуді болжайды. Технологияның басты артықшылығы: балқыманың құю құрылғыларымен байланысын толық жою болып табылады.

Rotating Electrode Process процесінің центрден тепкіш тозаңдауда алынатын ұнтақ бөлшектерінің түрі газ ортасының құрамына және балқыманың қызуына байланысты. Оттегі бар ортада балқыманың аздаған қызуы кезінде бөлшектердің жіп тәрізді нысаны және үлкен меншікті беті бар. Егер оттегі құрамы аз болса, ал қызып кету жеткілікті жоғары (5% артық) бөлшектер нысаны сфералық болып шығады.

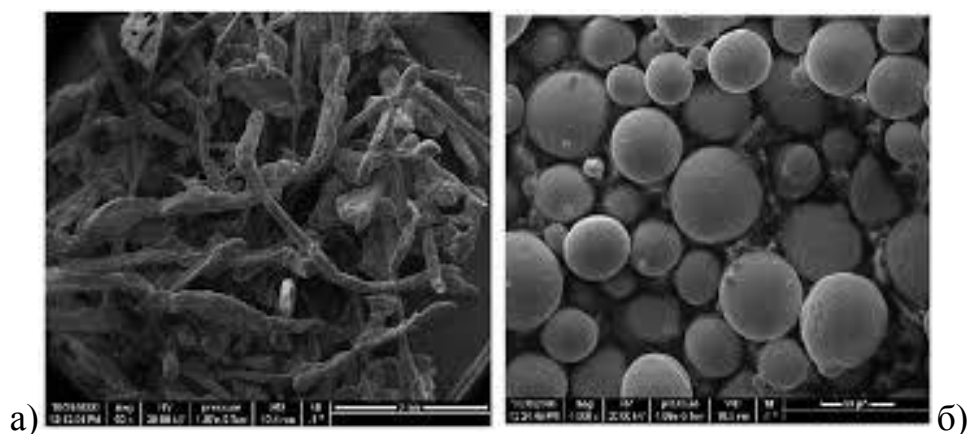


1.3-сурет-Балқыманы ортадан тепкіш бүрку



1.4-сурет-Rotating electrode process процесінің сұлбасы

– Орталық пішінді бөлшектердің түйіршік алюминий алынған түрі:



а-ауа ортасында; б-азотта

1.5-сурет-Ортадан тепкіш тозаңдаумен алынған алюминий түйіршіктері бөлшектерінің нысандары

Ортадан тепкіш тозаңдаудың белгіленген кемшіліктері;

- бұл үлкен энергия шығындары;
- жабдықтың жоғары құны;
- пайдалану күрделілігі;
- оларды қолдану күрделі, мысалы, ыстыққа төзімді ұнтақтарды дайындау кезінде тиімді болады;

Сұйық металдарды сумен немесе газдармен тозаңдату шашырату атомизациясы-газ, сұйықтық немесе плазма ағысының инерциялық күштерінің әсерінен балқыманы диспергирлеу арқылы металл ұнтақтарды алу. Ұнтақтарды алу үшін пайдаланылатын өндірістік кезеңдер тиісті металдар мен

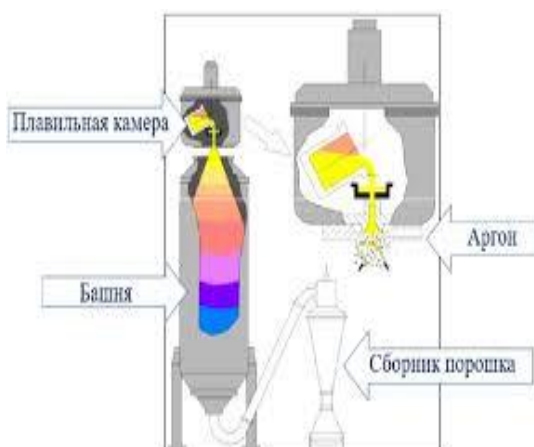
қорытпаларды балқытуды, тозаңдатуды және қатаюды қамтиды. Металдар мен қорытпаларды балқыту электр доғасының немесе плазманың әсерінен әртүрлі үлгідегі балқыту пештерінде орындалуы мүмкін, ал бұрку судың жоғары қысымды ағынымен, инертті және бейтарап газдармен жүзеге асырылады. Тозаңдату әдістері- жоғары

сапалы металл ұнтақтарын өндіруде жетекші технология болып табылады, оларға бөлшектердің сфералық формасы бойынша талаптар қойылады;

-олардың бетінің тотықтардан және металл көлемінен бөгде қоспалардан тазалығы;

-микрoқұрылымның біртектілігі;

Сұйық металдарды бұрку-ұнтақтарды алудың ең өндірістік әдістерінің бірі. Қорытпаның шашырауы балку температурасының кең интервалы бар металл ұнтақтарын өндірудің қарапайым және арзан технологиялық процесі болып табылады. Металл ағысын газ ағынымен тозаңдату процесі: индукциялық және вакуумдық-индукциялық металл балқымасымен атомайзерлерде жүзеге асырылады және бірнеше схемалар бойынша жүргізілуі мүмкін.



1.6-сурет-Атомайзер сұлбасы

- газды атомдау: аддитивті технологияларға арналған металл ұнтақтар негізінен газды атомдау әдісін пайдалана отырып өндіреді. Процесс балқытпаны балқыту пешінің ваннасынан тікелей форсунды құрылғыға (тозаңдатқышқа) жіберуден немесе аралық жылытылатын металл қабылдағыш арқылы жіберуден басталады. Одан әрі инертті газ ағындарының әсерінен (аргон, азот), салқындатылған және шашырату бағанасы бойынша түсіп қататын ұсақ тамшыларға құйма ағысы ыдырайды.

Атомайзер-балқымаларды тозаңдаудың бұл әдісі негізінен болаттан, алюминий қорытпалардан жасалады.

2 Металл ұнтақтарын атомдау технологиялары арқылы өндіруші компаниялар

Әлемде атомдау технологиялары бойынша металл ұнтақтарын өндіретін бірнеше ондаған ірі компаниялар бар (АҚШ, Франция, Германия, Швеция, Жапония, Қытай және т.б.). Компаниялар басқа компаниялардан атомайзерлерді сатып алады немесе өз құрылымдарын әзірлейді. Көптеген компаниялар өз технологияларын сатпайды, тіпті лицензия ретінде, өз бизнесін тек ұнтақтарды өндіру. XX ғасырдың 80-ші жылдарында ALD Vacuum Technologies (Германия) компаниясының атомдау технологиясына лицензия сатқан Sandvik Osprey (Швеция) швед компаниясы сирек кездесетін ерекшелік болып табылады. Sandvik Osprey өзі, өз конструкциясы мен 183 "ноу-хау" жабдықтары бар, металл ұнтақтарын өндіру бойынша әлемдік нарық көшбасшыларының біріне айналды. Еуропада тек үш компания – ALD (Германия), PSI (Phoenix Scientific Industries Ltd.) және Atomising Systems Ltd. (Ұлыбритания) - тауар өнімі ретінде атомайзерлер шығарады. ALD компаниясы – қазіргі уақытта AMG Advanced Metallurgical Group N. V тобына кіреді. Компанияның өндірістік желісінде атомайзерлер зертханалық (тигдің көлемі 1,0-2,0 л), сонымен қатар бір балқыту үшін өнімділігі 500 кг дейін және одан да көп индустриялық мақсатта өндіреді. 1-B, VIGA 2 зертханалық атомайзерлері негізінен болат ұнтақтарын және арнайы балқымаларды алуға арналған.



2.1-сурет-Viga 2 атомайзері

Viga 2 атомайзері және оның балқыту камерасы ALD viga 1-B, VIGA 2 атомайзерлері әртүрлі конструкциялық болат, никель қорытпалары, кобальт, мыс және т.б. ұнтақтарының шағын партияларын алу үшін қолданылады. Тазартылған балқытпа алдын ала қыздырылған науа бойынша газ форсункасына құйылады, онда металл жоғары қысыммен инертті газ ағысымен шашырайды. Алынған металл ұнтақ бүріккіш форсунканың астында орналасқан мұнарада еркін құлап қатады. Ұнтақ пен газдың қоспасы құбыр арқылы циклонды қондырғыға тасымалданады, онда ұнтақтың ірі және ұсақ фракциялары тозаңдататын газдан бөлінеді. Металл ұнтақ циклон қондырғысының астында орналасқан герметикалық контейнерлерге

жиналады. Машина конфигурациясы әдетте инсталляцияның нақты жағдайларын ескере отырып Тапсырыс берушімен келісіледі. Ұнтақтарды коммерциялық алу үшін viga-6 (болат бойынша 40 кг жуық) және VIGA-8 (50 кг) өнімділігі жоғары атомайзерлер ұсынылады. Бүрку дисперсиясы материалға байланысты және $D_{50} = 15-60$ мкм шегінде түрленеді. Алынатын ұнтақтың фракциялық құрамы газ бүріккішінің және құю құрылғысының параметрлерін теңшеу арқылы түзетілуі мүмкін. ALD компаниясы сондай – ақ eiga технологиясы бойынша инертті газды шашыратумен индукциялық балқыту ұнтақты композицияларды алу үшін атомайзерлерді жасаушы болып табылады. Eiga 50 және EIGA 100 базалық модельдері қолданылатын фидсток өлшемдерімен ерекшеленеді, тиісінше 50 және 100 мм. Машина диаметрі 50 мм дейін және ұзындығы 500 мм дейін болванкаларды "өсіру" үшін Spray forming функциясымен жабдықталуы мүмкін. VIGA технологиясы $D_{50} = 30$ мкм дисперсиялы металл ұнтақтарын (титан қорытпалары мен реактивті металдардан басқа) алуға мүмкіндік береді. EIGA технологиясы өте өндіргіш (екі ауысымды жұмыс кезінде - 185 те күніне 500 кг дейін ұнтақ алынуы мүмкін) және бүріккіш металдар бойынша әмбебап, бірақ ұнтақтар материалға байланысты $D_{50} = 60-80$ мкм тең бөлшектер өлшемі болады.

2.1 VEGA, EIGA және Hermiga 100/10 VI атомайзері қондырғыларында алынатын металл ұнтақтары

VEGA және EIGA қондырғыларында алынған металл ұнтақты композициялар дәстүрлі. Ұнтақты металлургия мақсатында, атап айтқанда PIM-технологияларда пайдаланылуы мүмкін. PIM-Powder Injection Molding жалпы термині-ұнтақты материалдарды алдын ала пластификациялау (байланыстырғыш құрамның көмегімен) және арнайы термоөңдеу арқылы қалыптау технологиясын білдіреді. Hermiga 75/3 атомайзерлері және PSI компаниясының Hermiga 75/5 арнайы болаттар ұнтақтарын және титан қорытпаларын алуға арналған. Машиналар тигельдің көлемімен ерекшеленеді (тиісінше Болат бойынша 3 және 5 кг) және металды құймаларда немесе сфералық пішінді ұнтақ түрінде алуға мүмкіндік береді. Атомдау кезіндегі салқындату жылдамдығы-103-тен 106 К / с-ке дейін. Ұнтақтың дисперсиялығы 10-нан 100 мкм-ге дейін өзгереді. Балқытылатын металдардың спектрі өте кең-сирек кездесетін металдардың пирофорлық қорытпалары мен қорытпаларын қамтиды. Жарылыс қауіптілігін төмендету мақсатында алюминий ұнтақтарын алу кезінде реттелетін пассивтеу қарастырылған. Опция ретінде-металл түйіршіктерді алу үшін суда атомдау керек. Wirecasting технологиясы (айналмалы су ваннасына балқытылған металды батыру арқылы жылдам салқындату) жоғары магнитті және берік қасиеттері бар және диаметрі 0,1 мм - ден бастап диаметрі – 2100x3200x2400 мм, салмағы – 2500 кг металды алуға мүмкіндік береді. Hermiga 100/10 VI атомайзері арнайы болаттар ұнтақтарын,

титан қорытпаларын, сирек жер металдарын, пирофор қорытпаларын, сондай-ақ Spray forming әдісімен дайындамаларды алу үшін түбіне төгілген және

аргонды бүріккіші бар зертханалық зерттеу машинасы. Машина сондай-ақ аддитивті машиналарға арналған шығын (құрылыс) материалдарын, металл ұнтақтардан жасалған бұйымдарды (атап айтқанда, құю формаларын) "өсіру" үшін "жеткізуші" функциясын орындай алады. Модель болат бойынша сыйымдылығы 10 кг алмалы-салмалы тигелі бар. Ұнтақтың дисперсиялығы 10-нан 100 мкм-ге дейін өзгереді. PSI машиналарының арнайы опция ретінде титан қорытпаларын атомдау мүмкіндігі бар. Мұндай опцияны іске асыру жүйенің көлемі мен құнын айтарлықтай арттыратын қосымша жабдықты орнатуды талап етеді. Бұл машиналар, тиісінше, 25, 50, 100 және 200 кг болат бойынша сыйымдылығы бар, металл дайындамалар мен ұнтақтарды аз және орташа сериялы өндіруге арналған. Atomising Systems Ltd. компаниясы металл және металл емес материалдарды түрлі технологиялармен атомдауға арналған жабдықтарды шығаруға маманданған:

- сумен бүрку;
- инертті газбен бүрку;
- ультрадыбысты бүрку;
- ортадан тепкіш бүрку;

Атомайзер жабдықты өндіруде, атап айтқанда, электронды өнеркәсіп үшін дәнекер дайындалатын жеңіл балқитын материалдардың ұнтақтарын алу үшін тәжірибесі бар. Жабдықтың сызығында күніне 1-5 кг ұнтақ алуға мүмкіндік беретін зертханалық атомайзерлер де, өнімділігі күніне 5 т-дан асатын индустриялық қондырғылар да бар. Ресейде Atomising Systems Ltd компаниясы "Орал фирмасымен дәстүрлі емес өңдеу әдістері мен жаңа материалдарды (НЕТРАММ)"ынтымақтастықта жұмыс істейді. Бұл фирма реттелетін дисперсиялығы (10-нан 1000 мкм-ге дейін), бөлшектер нысаны (жіп тәрізді ден сферикалық) және салқындату жылдамдығы (103-тен 107 К/с-ге дейін) әртүрлі әдістермен, газды атомдауды қоса алғанда, түсті және қара металл ұнтақтарын алу үшін зертханалық қондырғыларды дайындайды және жеткізеді. Әдетте АМ-машиналарын өндіруші фирмалар шығын материалдарын жеткізуші болып табылады. Ұнтақты ұнтақ дайындаушы фирмалардан сатып алады, сатып алынған ұнтақ електен және фракцияларға бөлінеді, әрі қарай фракцияларды белгілі бір қатынаста араластыру және герметикалық ыдысқа салу жүргізіледі. Осылайша, АМ машиналарын өндірушілер тұтынушылар тарапынан ұнтақ сапасына ықтимал наразылықтардан өздерін сақтандырады.

2.2 АТ машиналары үшін ұнтақтарды алудың негізгі технологиялары.

- газ атомизациясы;
- вакуумдық атомизация;

-ортадан тепкіш атомизация;

Газ атомизациясы-осы технологияға сәйкес металды балқыту камерасында (әдетте вакуумда немесе инертті ортада) балқытады және содан кейін қысыммен

инертті газ ағынымен сұйық металл ағынын бұзу жүргізілетін арнайы құрылғы – бүріккіш арқылы басқарылатын режимде құяды.

Аддитивті технологияларда жиі қолданылатын ұсақ ұнтақтарды ($d = 10-40$ мкм) алу үшін VIM-атомайзерлер (Vacuum Induction Melting) деп аталатын пайдаланылады, онда балқыту камерасы оттегімен және азотпен балқыманың байланысын азайту үшін вакуумдалады. Вакуумдық балқытуға арналған машиналарды пайдалана отырып ұнтақтарды алу технологиясын *viga* – Vacuum Induction Melt Inert Gas Atomization деп атайды, яғни "Индукциялық қыздыру әдісімен вакуумдық камерада балқытылған металды газды тозаңдату технологиясы". Балқытылған металл қысыммен инертті газды (әдетте аргон, кейде азот) шығаратын арнайы қабылдағышқа құйылады. Металды тозаңдату процесі үш фазаға ие:

-бастапқы;

-жұмыс ;

-қорытынды;

Бастапқы фазада жүйе жұмыс режиміне шығады: металды құюға арналған клапан ашылады (ағысты тұрақтандыру үшін біраз уақыт қажет), тозаңдату газын беру қосылады, және де металл саны мен тозаңдату газының көлемі арасындағы нақты белгілі бір ара қатынаста болады. Бұл фаза бірнеше секундқа созылады. Одан әрі металды төгу процесі тұрақтандырылатын және тозаңдатқыштағы металл мен аргон шығысының талап етілетін арақатынасына қол жеткізілетін жұмыс фазасы басталады. Жұмыс процесінің соңында (қорытынды фаза) металдың шығу жылдамдығы төмендейді, ағын параметрлері өзгереді және металл мен газ массасының арасындағы тепе-теңдік бұзылады. Бірінші және соңғы фазаларда ұнтақ кондициялық емес болады. Сондықтан жүйенің өнімділігі мен тиімділігін арттыру үшін атомдау циклі уақытының жалпы балансында жұмыс фазасының үлесін арттыру қажет.

Атомизация торабы-металдың тозаңдану процесі орын алатын жерде, бұл өте күрделі құрылғы, ол конструктивтік және технологиялық пайымдаулар бойынша мөлшермен орындалуы мүмкін емес, белгілі бір мөлшерден аз. Сапалы тозаңдату үшін металл шығыны мен газ шығыны арасындағы белгілі бір ара қатынас ұсталуы тиіс. Металдың минималды шығыны шамамен 8 кг/мин немесе шамамен 1,0 л/мин (Болат бойынша). Сондықтан, егер атомайзердің көлемі 1,0-3,0 л болса, оны ұнтақтарды коммерциялық алу үшін пайдалану орынсыз. Барлық процесс жұмыс фазасында тозаңдануды тұрақтандыру үшін тым қысқа мерзімді болады және кондициялық ұнтақтың шығуы аз болады. Бұл зерттеу мақсаттары үшін қолайлы, бірақ коммерциялық

пайдалану үшін тиімсіз. Бұл жағдайда тозаңдану уақыты шамамен 5 мин және жұмыс фазасының ұзақтығы – шамамен 4,5 мин құрайды. VIGA типті атомайзерлер, атап айтқанда, мынадай ұнтақтарды алу үшін қолданылады: - авиациялық және стационарлық турбиналардың бөлшектері үшін никельді ыстыққа төзімді қорытпалар (мысалы, Inconel 718, Rene 88 және т. б.)

- медицинада, стоматологияда және ионды тозаңдату нысаналарын өндіруде пайдалану үшін кобальт негізіндегі қорытпалар;

-плазмалық тозаңдауға арналған ұнтақтар (мысалы, Nicaly, CoCrAlY және т.б.) ыстыққа төзімді қорытпалардан жасалған бөлшектерге қорғаныс жабындарын; (мысалы, 17-4 PH, 316L) жаппай өндірістің автомобиль бөлшектері үшін түйіршікті металлургия (мысалы, 17-4 PH, 316L); -ам

-машиналарда қолдану үшін ұнтақты қабатта пісіруге арналған композициялар (мысалы, кобальт қорытпалары және қымбат металдар); өте жоғары құрамы бар жоғары қоспаланған болат (мысалы, аспаптық және жылдам кесетін Болат)

-түрлі қолдануға арналған түсті металдар (мысалы, мыс немесе қалайы қорытпалар).

Вакуумдық-индукциялық металл балқытумен газды атомдау-бұл әдіс қарапайым газ атомизациясынан ерекшеленеді, бұл индукциялық металл балқыту вакуумдық камерада жүреді. Мұндай балқытуды титан, алюминий сияқты металдармен жұмыс істеу кезінде ұнтақ бөлшектерінде тотықты пленкалардың түзілуін болдырмау үшін ыстыққа төзімді қорытпалар үшін қолданған жөн.



2.2-сурет-Вакуумдық-индукциялық балқытылған атомайзер сұлбасы

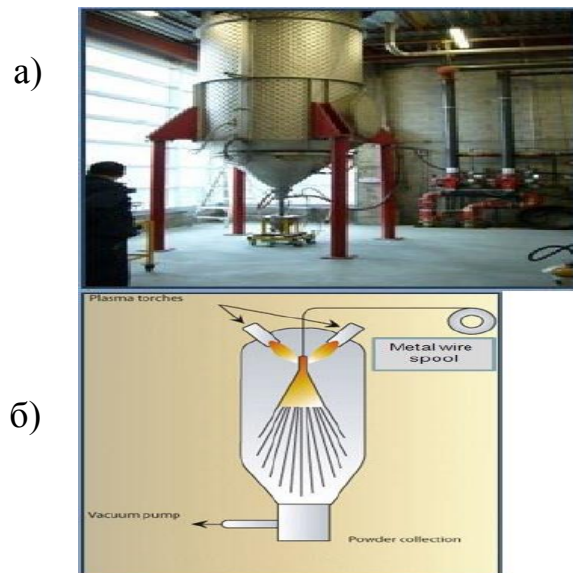
3 Плазмалық атомайзер түрлері

Вакуумдық атомизация-шетел әдебиетіндегі вакуумдық атомизация процесі *solublegas atomization* деп аталады, яғни балқымда еріген газ есебінен атомизация. Оның мәні мыналардан тұрады: атомайзер екі камерадан тұрады: балқыту және бүрку. Балқыту камерасында балқытуда еритін газдың артық қысымы (сутегі, азот, гелий) жасалады. Атомдау кезінде балқыту камерасындағы қысым әсерінен металл вакуум жасайтын бүріккіш камераға шығатын соплов аппаратына жоғары түседі. Қысымның пайда болатын өзгеруі ерітілген газды балқыманың тамшылары бетіне шығуға итермелейді және бұл ретте ұнтақтың сфералық нысаны мен ұсақ дисперсті құрылымын қамтамасыз ете отырып, тамшыларды ішінен "жарады".

Керамиканы пайдаланбай технология бойынша алынатын типтік материалдар *tial*, *FeGd*, *FeTb*, *Zr* және *Cr* сияқты баяу балқытын және белсенді материалдар болып табылады. EIGA технологиясы *Fe*, *Ni* және *Co* негізіндегі басқа да көптеген Конструкциялық материалдар үшін де қолданылуы мүмкін. EIGA машиналарының жоғары емес бүрку жылдамдығы бар-шамамен 0,5 кг, алайда бір балқыту барысында материалдың үлкен көлемін-бірліктен он килограмға дейін жіберуге мүмкіндік береді. Газ атомизациясының тағы бір түрі – бұл фракциялық құрамның кең және басқарылатын диапазонында *Mo*, *Ti*, *Ni*, *Ta* және *Co-Cr* негізіндегі жоғары сапалы, ерекше таза қорытпа ұнтағын алуға мүмкіндік беретін *Plasma Atomization* технологиясы.

Плазмалық атомизация технологиясында металл балқытуды плазма көмегімен өндіреді. Мысалы, *Raymor* (Канада) компаниясының атомайзері үш плазматрон – ионды газ ағынының генераторынан тұрады. Алайда бұл технология жоғары сапалы ұнтақтарды алуға мүмкіндік береді. Белгілі бір қызығушылық плазма энергиясын пайдалана отырып, газ атомизациясының бір түрі болып табылады. Бұл технология балқыманы диспергирлеу әдістерімен емес алынған ұнтақтардың морфологиясын өзгертуге немесе кондициялық емес ұнтақтардың геометриясын "түзетуге" арналған. Процестің мәні бастапқы "дұрыс емес" ұнтақ плазма ағымында өңделеді, нәтижесінде ұнтақ бөлшектерінің дұрыс сфералық пішін алады.

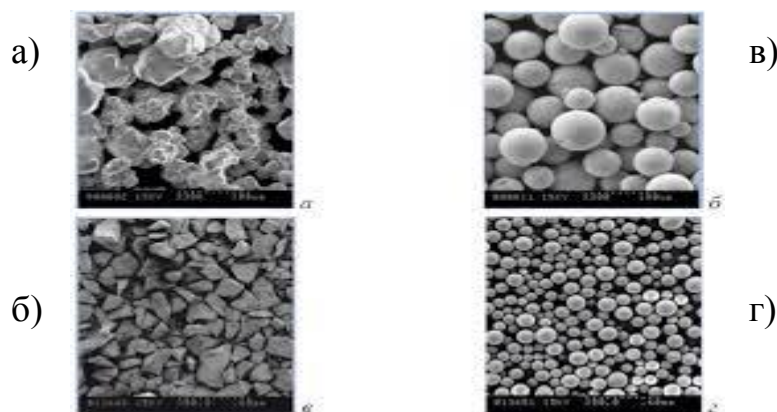
Аддитивті технологияларға арналған металл ұнтағын алу әдісін таңдау алынатын ұнтақ бөлшектерінің түрі газ ортасының құрамына және балқыманың қызуына байланысты. Қорытпаның температурасына сәйкес келетін немесе асатын газ ағынының температурасы кезінде неғұрлым тиімді тозаңдану, өйткені тозаңданатын материалдың тұтқырлығы және беттік керілуі бұл ретте балқыманың салқындауына байланысты ағысты ұсақтау процесінде өзгерістерге ұшырамайды.



а– плазмалық атомдау процесінің сұлбасы; б-атомайзер Raynor

3.1-сурет-Плазмалық атомизация технологиясы

Алайда балқу температурасы жоғары (1500 °С-тан жоғары) балқымалардың газды тозаңдану кезінде мұндай жағдайларды жасау газ үрлеуін қыздыру және тозаңдату қондырғыларының едәуір күрделенуі мен қымбаттауы қиындықтарынан өте қиын. Бұл жағдайда аса жоғары температураға дейін плазмамен қыздырылған газ ағынының тозаңдану жолы неғұрлым перспективалы болып табылады. Плазмалық өңдеуден өткен ұнтақ бөлшектерінің пішіні дұрыс сфералық нысаны және ұнтақ бөлшектерінің қажетті бөлінуі болады.



а – вольфрам өңдеуге дейін; б– вольфрам өңдеуден кейін $d=50=50$ мкм; в–SiO₂ өңдеуге дейін; г – SiO₂ өңдеуден кейін

3.2-сурет-Плазмалық өңдеуден өткен бастапқы ұнтақ пен ұнтақ морфологиясын салыстыру сұлбасы

Мұндай шашырату кезінде плазма ағынының энергетикалық параметрлерін реттеудің кең спектрі мүмкін. Сонымен, үрлеу температурасының және кинетикалық газ ағынының жоғарылауы балқыманың ағынын ұсақ бөлшектерге ұсақтауға әкеледі. Сондықтан, балқыманың параметрлерін кең реттеу үшін температураны, магнит өрістерін және плазма түзуші газды беру жылдамдығын реттеудің кең диапазоны бар ұнтақ өндіру үшін қондырғы құру ұсынылады – бұл материал балқымасының ұсақ бөлшектеріне шашыратумен біріктірілген металды левитациялық балқыту жүйесі. Левитациялық балқыту кезінде Фарадей Заңын және Ленц ережесін ескере отырып, жақсы өткізгіш үлгі өзін сыртқы магнит өрісінің қажетті градиентін қамтамасыз ететін индуктордың арнайы таңдалған геометриясымен жасалатын біртекті емес магниттік өріске салынған аса өткізгіш ретінде жүргізеді.



3.3-сурет-Металды левитациялық балқыту

Балқытудың бұл әдісі - зертханалық жағдайларда эксперимент жүргізу кезінде ыңғайлы, бұл металдың агрегаттық жай-күйін көзбен бақылауға және оның жылытқышпен механикалық байланысын болдырмауға, жылу жоғалуын және балқыманың нормадан жоғары қызуын болдырмауға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, металл қорытпасына әсер етудің түрлі әдістерін зерттеуге болады. Осылайша, әр түрлі дисперсиялық дәрежесі бар металды бүрку үшін қорытпаның капласына әсер ету режимдерінің қажетті сипаттамасын алуға болады.

EIGA технологиясы (Electrode Induction Guide Inert Gas Atomization – газ шашырауы бар электродты индукциялық балқыту) газ атомизациясының бір түрі болып табылады. Бұл технология реактивті металдар ұнтақтарын алу үшін әзірленген – Ti, Zr, Hf, V, Pt, Ir, Nb, Mo және т. б., өйткені бұл металдарды керамикалық балқыту тіпті вакуум жағдайында да қиын. EIGA-атомайзерлер аргон ағысында бүрку әдісімен металл ұнтақтарды алу үшін қолданылады. Атомайзер конструкциясында металл құймаққа құю мүмкіндігі көзделуі мүмкін, яғни ол балқыту қондырғысы ретінде пайдаланылуы мүмкін. EIGA технологиясына сәйкес электродтар түрінде алдын ала балқытылған шыбықтар

(feed stock – шикізат, бастапқы материал) индукциялық балқытуға жатады. Балку

баяу айналмалы электродты сақиналы индукторға түсірумен жүргізіледі. Металл тамшылары форсункалар жүйесіне түседі және инертті газбен шашырайды.

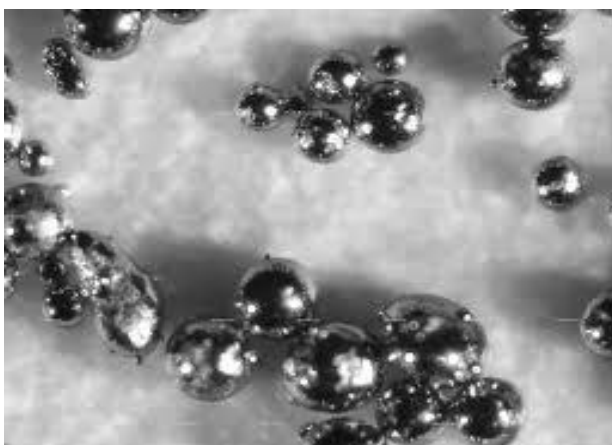
3.1 Металдар мен қорытпаларды плазмалық тозаңдату

Ғылыми-зерттеу жұмысы барысында модельді, қуаттылығы аз қондырғыда-индукциялы электродсыз плазматронда металл ұнтақтарын бүрку және сфероидизациялау бойынша тәжірибе жүргізілді, онда ғылыми зерттеулер үшін қажетті ұнтақтардың ең аз көлемін бір рет өндіруге болады. Бұл жұмыста тозаңданатын материалдың балку температурасының алынатын ұнтақтың сапасы мен формасына әсері тексерілді. Осы мақсатта Ұлы Петрдің Санкт-Петербург политехникалық университетінде әзірленген және дайындалған плазмалық тозаңдату қондырғысында келесі қорытпалардан диаметрі 3 мм сымдарды тозаңдату жүргізілді; техникалық темір – балку температурасы ~1536 °С, М1 ~1083°С, ПМФ7 ~ 850 °С қорытпасы, ПСр62 ~ 715 °С қорытпасы, А7~ 658 °С алюминий, ~ 230 °С қалайы. Металдар мен қорытпалардың балку температурасы таза металдардың балку температурасы бойынша деректерге сәйкес шамамен берілген. Ұнтақтарды бүрку режимі барлық бүріккіш материалдар үшін өзгермеген және келесі шарттарға сәйкес келді - бүрку жанама әсер ететін доғада жүзеге асырылды: U – 60 В, I – 115 А, аргонмен үрлеу – 260 л/сағ, газ – плазмалық ағынның бағытына сымды беру бұрышы-900, сымды беру жылдамдығы – 8 см/мин.

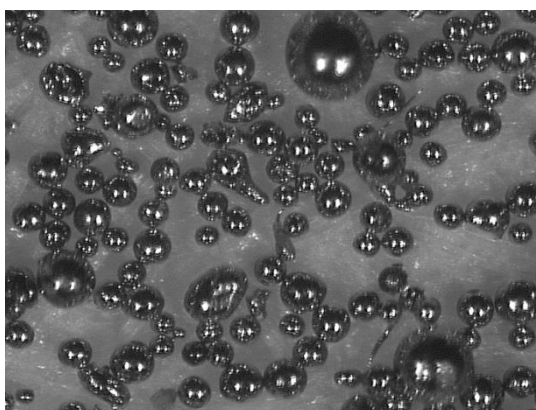
Зерттеулер- тозаңданатын материалдың балку температурасы,тозаңданудың тұрақты режимінде, алынатын бөлшектердің пішіні мен мөлшеріне шешуші әсер етеді. Мысалы, темір тозаңдағанда алынған сфералық бөлшектер үлесі 92-94% құрады, ал қалған бөлігі "сателиттер" деп аталатындар, яғни бір-бірімен соққы кезінде дәнекерленген бастапқы сфералық формадағы бөлшектер. Балку температурасының төмендеуі кезінде сфералық бөлшектердің үлесі мыс ұнтақтарында 72-76% - ға дейін және ПМФ7 ~ 850°С қорытпаларында 45-50 және 35-40% - ға дейін төмендейді және Пср62 жауапты. Бір уақытта дұрыс емес пішінді бөлшектер саны өседі, күріш жақсы көрінеді. Сондай-ақ ұнтақтағы бөлшектер мөлшері аддитивті машиналарда қолданылатын ұнтақтарға қойылатын талаптарға сәйкес келеді. Егер темір ұнтағында – негізгі фракцияда - сфералық бөлшектердің жалпы массасынан 50% - ға дейін – бөлшектер, көлемі 20-60 мкм болса, онда мыста - 30% - ға жуық, ал ПСр62 қорытпасында - сфералық бөлшектердің жалпы массасынан 10% - дан аз.Жеңіл балқитын металдар - алюминий және қалайы ұнтақтары дұрыс емес бөлшектер болып табылады, негізінен сырғымалы пішінді, егер алюминийде негізгі фракциямен (ұнтақ салмағының 45% дейін) 60-80 мкм

өлшемді бөлшектер болса, онда қалайы бөлшектерінің әртүрлілігі ұнтақтың ең салмақты фракциясын бөліп көрсетуге мүмкіндік бермеді, және ауа ортасында жеңіл балқитын металдардың тозаңдануы

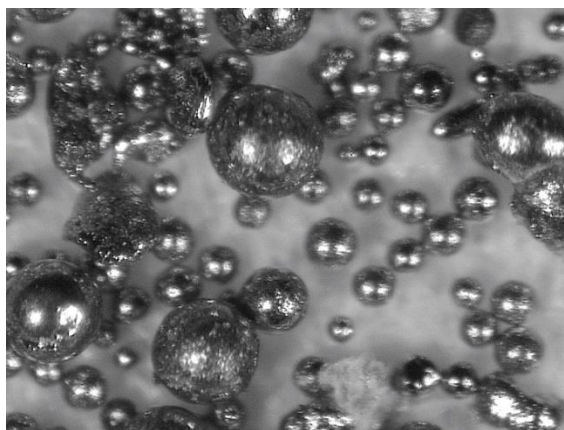
бөлшектердің қажетті формасымен ұнтақ алуға мүмкіндік бермейтінін көрсетеді. Осылайша, шашыратылатын металдың балқу температурасы әртүрлі металл ұнтақтарын тозаңдаудың технологиялық режимін әзірлеу кезінде негіз қалаушы фактор болып табылатыны анықталды-металдың балқу температурасы төмендегенде ток күшін азайту және тозаңдататын газдың жылдамдығы мен көлемін ұлғайту қажет.



3.4-сурет-Темір ұнтақтың сфералық және сфералық бөлшектеріне жақындайтын құрамы



3.5-сурет-Мыс бөлшектердің әртүрлілігі артады, сфералық бөлшектердің үлесі



3.6-сурет-ПСr62 Қорытпасы

RSP Tooling компаниясы (RSP-Rapid Solidification Process, АҚШ) Spray forming технологиясын қолдана отырып, құрал-саймандық жабдықты жасаудың жаңа тәсілін ойлап шығарды. RSP машинасы - балқыту машинасы мен атомайзердің (металды тозаңдату құрылғылары) тіркесімі. Металл (бұл әртүрлі қорытпалар болуы мүмкін) инертті атмосферада балқиды және қысым арқылы тозаңдату шүмегіне жіберіледі, онда азот ағыны арқылы сұйық металды ұсақ дисперсті ұсақтау және бөлшектердің тез қатаюы болады. Бөлшектердің 70% – ға жуығы керамикалық модельге дейін қатты күйде, қалған 30% - ы жартылай сұйық фазада жүреді. Қалған жылу барлық бөлшектерді өзара байланыстыру (пісіру) үшін жеткілікті. Зерттеулер металдың құюға қарағанда, сегрегациясы төмен біркелкі және ұсақ түйіршікті құрылымы бар екенін көрсетті. Металл бөлшектері "соқыр" денесін қалыптастыра отырып, керамикалық үлгіге жабысады. Керамикалық модель бекітілген платформа машинаның жұмыс камерасының кеңістігінде орын ауыстыру мүмкіндігіне ие және платформаға бұрылған оператор металдың біркелкі жағылуын қамтамасыз етеді. Процесс аяқталғаннан кейін және 1,5-2 сағат бойы салқындағаннан кейін керамикалық модель металл "соқыр" металдан шығарылады және жеңіл балқитын алюминий ұнтақтарын бүріккенде стандартты технологиялық операциялар: механикалық және термоөңдегіш инертті ортамен жүргізіледі.

3.2 Плазмалық атомдау кезінде металл ұнтақтарының гранулометриялық құрамын реттеу мүмкіндігі туралы

Энергия және ресурс үнемдеуші технологияларды дамыту, жаңа жоғары төзімді және қиын өңделетін материалдарды қолдану жаңа технологиялық процестер мен бағыттарды құруды талап етті. Өнеркәсіп дамуының неғұрлым перспективалы бағыттарының қатарына нысаны бойынша күрделі бөлшектер өндірісіне материалдық және еңбек шығындарын азайтуға мүмкіндік беретін аддитивті технологиялар жатады. Аддитивті технологиялар авиа және кеме жасауда, қозғалтқыш құрылыста және ғарышта, радиоэлектрондық және әскери мақсаттағы бұйымдарды өндіру кезінде барынша дамыды. "Аддитивті

технологиялар" деген термин - лазер, электрондық сәуле, жылу ағыны, жарық полимеризациясы және т.б. түрлі бастапқы, мысалы, металл және полимерлі ұнтақтар, фидстоктар, түрлі диаметрлі сымдар сияқты материалдарды қыздыру және балқытудың түрлі көздерін пайдаланатын технологиялардың кең ауқымын түсіну керек. Алайда, бастапқы материал ретінде диаметрі аддитивті машиналардың түріне байланысты, 20-дан 200 мкм-ге дейінгі шектерде болатын сферикалық пішінді бөлшектер бар ұнтақтарды пайдаланатын прототиптеудің технологиялық процестері кеңінен таралған. Бұл ұнтақтар, сфералық формадан басқа, қоспалар мен тотықтардан химиялық тазартудың жоғары дәрежесі, химиялық құрамының жоғары біртектілігі болуы тиіс. Қазіргі уақытта аддитивті

технологиялардың дамуы аддитивті машиналарға арналған ұнтақтар өндірісі баспа құрылғыларының өндірісінен едәуір артта қалуда, бұл аддитивті технологиялардың одан әрі дамуын тежейтін негізгі проблема болып табылады. Мұндай ауытқуларды жоюдың ең перспективалы жолдарының бірі 3d - принтерлер үшін ұнтақ шикізатын өндіретін мамандандырылған шағын кәсіпорындарды құру болып табылады. Осыған ұқсас кәсіпорындардың шектеулі қаржылық және адами мүмкіндіктерін ескере отырып, ұнтақтарды өндіруге арналған жабдықтар қаржылық қолжетімді, оңай монтаждалып, қызмет көрсетілуі, химиялық құрамдардың кең спектрлі ұнтақтарын алу мүмкіндігін қамтамасыз етуі тиіс. Бұл талаптар ұнтақтарды өндіру кезінде плазмалық атомдау технологиясын пайдаланатын жабдықты барынша толық қанағаттандырады. Плазмалық тозаңдату әдісінің артықшылықтарына жабдықтың жинақылығын, жабдықтарды сатып алуға, іске қосу-баптау мен техникалық қызмет көрсетуге кететін бастапқы шығындардың салыстырмалы төмендігін, оның жинақы болуын және процесті толық автоматтандыру мүмкіндігін жатқызуға болады; қондырғыда бақыланатын атмосфераны тозаңдату және ұнтақтарды тозаңдату процесінде термохимиялық өңдеу жүргізу. Алайда, плазмалық атомдау әдісінің өзі жаңа және плазмалық тозаңдату әдісімен ұнтақтарды алу технологиясы - елеулі технологиялық сүйемелдеуді талап етеді. Плазмалық атомайзерлерде ұнтақтарды өндіру проблемаларының бірі берілген гранулометриялық құрамның ұнтақтарын алу мәселесі болып табылады. Осы жұмыста плазмалық атомайзердің жұмыс камерасындағы қорғау газ қысымының вольфрам негізіндегі күрделі баяу балқытын қорытпаның гранулометриялық құрамына әсері зерттелді. Режим оңтайландыру параметрі ретінде 40-140 мкм гранулометриялық құрамы бар ұнтақтың максималды үлесін алу шарты таңдалған. Диаметрі 2 мм қорытпа сымның шашырауы плазмотронның келесі жұмыс параметрлерінде жүзеге асырылды-240 А ток күші, 130 В кернеу, плазма түзуші газдың шығыны минутына 40 литр, сымдың берілу жылдамдығы минутына 1000 мм. Камерадағы қысым нормасынан – бүрку камерасындағы қысымды түсіру клапаны ашық кезде атмосфералық қысымға тең. Әрбір тәжірибедегі бүріккіш сымның салмағы 1000 г құрады. Зерттеу нәтижелері бойынша бүрку

камерасындағы артық қысымның қалыпты қысымнан 1,25 атаға дейін артуы вольфрам қорытпасы ұнтағының берілген фракциясы үлесінің 61,4% - дан 69,1% - ға дейін артуына алып келеді.

Артық қысымның одан әрі жоғарылауы кезінде талап етілетін фракциялар үлесінің өсуі баяулайды және 1,35 ата кезінде 69,5% құрайды. Сондай-ақ, бүрку камерасындағы артық қысымның өсуі ұнтақ бөлшектерінің геометриялық өлшемдерінің бөлінуін ұсақ фракцияларға қарай жылжытады. Сонымен, қалыпты қысым кезінде ұнтақтың ең көп мөлшері 100-140 мкм – 34,3% фракцияларға сәйкес келеді, 100-80 мкм – 40,4% қысым кезінде, 1,35 ата – 80 - 60 мкм – 38,2% қысым кезінде. Жүргізілген зерттеулер негізінде бүрку камерасындағы артық қысым көлемін және ұнтақ фракцияларының гранулометриялық құрамы бойынша таралуын байланыстыратын заңдылық анықталды, бұл вольфрам негізінде баяу балқитын қорытпа ұнтағын өндіру бойынша Технологиялық нұсқаулықты әзірлеу кезінде қолданылады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жобаны қорытындылай келе негізгі мәселелер зерттеу бойынша ғана емес, сондай-ақ арнайы мемлекеттік бағдарламаны әзірлеу аддитивтік машиналар, құрылыс материалдары өндірісінде отандық индустрия құру, (модельдік) материалдарды дайындау, білікті кадрларды даярлау мерзімі баяғыдан өтті.

АТ-технологиялар саласында жұмыс істейтін мамандар проблемамен бетпе-бет келеді, олардың жұмыс істеу әдістерінің жасау, бақылау және сынау сандық әдістері туралы айтылмаған. ҒЗТКЖ кезеңінде бұл мәселе шешілуде. Бірақ мұнда дайындық кезеңіндесериялық өндіріске ол өткір тұрады: "тиісті емес, ГОСТ қарастырылмаған. Біз бұл әдістерді қолдануға құқымыз жоқ, олар регламенттелмеген".

Қазірдің өзінде бірқатар беделді шетелдік ұйымдар алаңдаушылық танытып отыр. Қарақшылық және өнімнің белгілі бір түрлерін заңсыз өндіру проблемасы туралы, және мемлекеттің құқықтық жаңа жағдайларда өнеркәсіп нарығындағы қызметті қамтамасыз ету.

АМ-технологиялар. ХХІ ғасырдың технологияларына толық негіз болып табылады. Сонымен жылдамдықта және, көбінесе, бұйымдарды дайындау құнында айқын артықшылықтар, бұл технологиялар қоршаған ортаны қорғау тұрғысынан маңызды қасиетке ие, атап айтқанда, парниктік газдардың эмиссиясы және "жылу" ластануы. Аддитивті технологиялар - энергетикалық шығындарды азайту ісінде үлкен әлеуетке ие. Ақырында, АМ-технологиясын пайдалану дәрежесі нақты индустриялық өндірістің дұрыс индикаторы болып табылады.

АТ – технологиялар- мемлекеттің қуаты, оның инновациялық дамуының индикаторы.

Жұмыстағы тәжірибелік қорытынды:

1. Металдың шектеулі көлемі үшін левитациялық балқытуды пайдалану мүмкіндігі белгіленген.

2. Индукциялық левитациялық балқыту және индукциялық плазмалық тозаңдану әдістерін, баяу балқитын металдар үшін плазмотрон алауының газ ауа ортасында қолдану мүмкіндігі көрсетілген.

3. 20-60 мкм өлшемімен дұрыс сфералық формадағы темір негізіндегі материал ұнтағы бөлшектерінің жылдық фракциясының шығуы 50% - ға жуықты құрағаны анықталды, бұл ретте бұл шама тозаңданатын материалдың балқу температурасына тікелей байланысты және оның балқу температурасының төмендеуі кезінде төмендейді.

4. Жеңіл балқитын алюминий ұнтақтарын шашырату кезінде қорғаныш орталарын (мысалы, аргонды немесе басқа инертті ортасы бар камерада бүрку) пайдалану қажеттілігі расталды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Аддитивные технологии и изделия из металла[Электронный ресурс].– Режимдоступа:http://nami.ru/uploads/docs/centr_technology_docs/55a62fc89524bATmetall.pdf –Аддитивные технологии и изделия из металла.
- 2 Ермаков С.С., Ермаков Б.С., Сулейменов Э.А., Протопопов А.В., Абдалиев М.А. Порошковые материалы - Алма-Ата: Изд-во Гылым, 1991. - 344 с.
- 3 Ермаков, Б.С. Metallurgy and metal science of technological processes in machine building / Б.С. Ермаков – СПб.: Университет ИТМО, 2013. – 312 с.
- 4 Зленко М. А., Попович А. А., Мутылина И. Н. Аддитивные технологии в машиностроении. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2013. – 222 с
- 5 Компания Raymor. Интернет-сайт компании Raymor. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://www.raymor.com>. – (Дата обращения 20.04.2016)
- 6 Компания НЕТРАММ. Интернет-сайт компании НЕТРАММ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.netramm.com>. – (Дата обращения 20.04.2016).
- 7 Ячиков, И.М Экспериментальное исследование положения тела во взвешенном состоянии в цилиндрическом высокочастотном индукторе с обратным витком / И.М. Ячиков, Т.П. Ларина // Электротехнологии в промышленности. – 2015.–№2(27). – С.39– 43
- 8 Ячиков, И.М. Положение равновесия тела во взвешенном состоянии в высокочастотном индукторе с обратным витком / И.М. Ячиков // Электротехнологии в промышленности. – 2014.–№3(24).–С. 66–72.
- 9 Boulos M. Plasma power can make better powders / M.Boulos // Metall powder report.–2004. – Vol.59 – Issue 5.– P. 16–21.
- 10 Donachie, M.J. Superalloys: A Technical Guide, 2nd Ed. / M.J. Donachie, S.Donachie. – ASM International, 2002. – 438 p.
- 11 Erasteel. Metal powders for additive manufacturing [Электронныйресурс].–Режимдоступа: <http://www.erasteel.com> – Introduction to additive manufacturing technology.– (Датаобращения 10.02.2016)
- 12 Fngelo H.C. Powder Metalurge: Science, technology and application / H.C. Fngelo, R. Subramanian. – New Dehli, 2009.
- 13 Liu Lujia Atomization mechanism of a charged viscoelastic liquid sheet / Liu Lujia , Liu Yingjie, Lu Lipeng // Chinese Journal of Aeronautics. – 2015.–№28(2).–P.403–409.
- 14 Murr, L.E. Metallurgy of additive manufacturing: Examples from electron beam melting / L.E. Murr // Additive manufacturing.–2015.–№5.–P.40–53.