

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

Қапасов Аян Ермекұлы

«3D принтерге арналған металл ұнтақтарын шығаруға арналған атомайзердің
параметрлерін зерттеу»

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B071200 – Машинажасау

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-р, қауым. профессоры
Арымбеков Б.С.
09 2019 ж.

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «3D принтерге арналған металл ұнтақтарын шығаруға арналған
атомайзердің параметрлерін зерттеу»

5B071200 – Машинажасау

Орындаған

Пікір беруші

PhD д-р ҚазҰАУ

(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)

Удербасова А.Е.

(қолы)

«26»

09

2019ж.

Қарасов А.Е.

Ғылыми жетекші

PhD д-р, қауым. профессоры

Арымбеков Б.С.



» 09 2019 ж.

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

5B071200 – Машинажасау

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі
PhD д-р, акад. профессоры
Арымбеков Б.С.
2018 ж.



Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы Қапасов Аян Ермекұлы

Тақырыбы «3D принтерге арналған металл ұнтақтарын шығаруға арналған атомайзердің параметрлерін зерттеу»

Университет ректорының «06» қараша 2018 ж. №1252-б бұйрығымен
бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «29» сәуір 2019 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы берілістері 3D принтерге арналған металл ұнтақтарын шығаруға арналған атомайзердің параметрлерін қарастыру

Есеп-түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтардың тізімі мен қысқаша диплом жобасының мазмұны:

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі

а) атомайзер бөліктерін зерттеу;

б) ұнтақ өлшемдерін белгілеу;

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

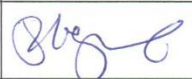
Сызбалық материалдар 1 плакаттармен көрсетілген

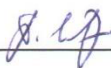
Ұсынылатын негізгі әдебиет: 12 атау

Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәліметтер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе. 3D принтерге арналған металл ұнтақтарын шығаруға арналған атомайзерлер.	08.02.19-09.03.19	
Металлдан жасалған АМ-машиналар ұнтақтары. Газды атомдаумен ұнтақ өндіру.	09.03.19-24.03.19	
Нарық сипаттамасы. Ұнтақтар. Аморфты ұнтақты газды атомизациялау.	24.03.19-02.04.19	

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	Карпеков Р.К., лектор	26.04.2019	

Ғылыми жетекші _____  Арымбеков Б.С.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____  Капасов А.Е.

Күні _____ «26» 04 2019 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жобада 3D принтерге арналған металл ұнтақтарын шығаруға арналған атомайзерлердің түрі көрсетіледі. АМ-машиналар үшін металдан жасалған ұнтақтарды газды атомдаумен өндіру технологиясы қарастырылады. Атомдау эксперименттері жасалынады. Атомайзердің жұмыс істеу принципі түсіндіріледі. Атомайзердің технологиялық процессін жобалаудың жолында технологиялық процессті нормалау орындалады, ұнтақ жасалуының еңбексыйымдылығы анықталынады.

Аддитивті технологияларға арналған металл ұнтақтарын газды атомдау процессі сипатталады. Ұнтақ өндірісіндегі әртүрлі қолдану үшін қолайлы атомдау процесінің негізгі жұмыс параметрлері мен физикалық шарттары жазылады. Ұнтақты металлургияның даму жаңа бағыттары, ұнтақты және композициялық материалдар қолдану қаралыстырылып және негізгі мәселелері бөлінген. Олардың ішінде: жоғары құны, ұнтақ материалдарды кеңінен қолдануды шектейтін мәселелер қарастылды. Жұмыста ұнтақты балқымаларды диспергирлеу арқылы алудың ең көп таралған әдістеріне талдау жүргізілді және олардың әрқайсысының қажетті өнімділікке және ең аз энергия шығынына жеткенде ұнтақ сапасына қойылатын қазіргі заманғы талаптарды қамтамасыз ету үшін мүмкіндіктері анықталды.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе указывается тип атомизаторов для производства металлических порошков для 3D принтера. Для АМ-машин предусматривается технология производства металлических порошков методом газовой атомизации. Проводятся эксперименты атомизирования. Объясняется принцип действия атомизатора. При проектировании технологического процесса атомизатора выполняется нормирование технологического процесса, определяется трудоемкость изготовления порошка.

Описывается процесс атомизирования газа металлических порошков для аддитивных технологий, описывается основные рабочие параметры и физические условия процесса атомизирования, приемлемые для различного использования в производстве порошка. Рассмотрены новые направления развития порошковой металлургии, применение порошковых и композиционных материалов и выделены основные проблемы. Среди них были рассмотрены вопросы: высокая стоимость, ограничение широкого использования порошковых материалов. В работе проведен анализ наиболее распространенных методов получения порошковых сплавов путем диспергирования и определены возможности для обеспечения современных требований к качеству порошка при достижении каждой из них необходимой производительности и наименьших потерь энергии.

ANNOTATION

The thesis indicates the type of atomizers for the production of metal powders for 3D printer. For AM machines provides technology for the production of metal powders by gas atomization. Atomization experiments are carried out. The principle of operation of the atomizer is explained. When designing the technological process of the atomizer, the normalization of the technological process is performed, the complexity of powder production is determined.

In the thesis the perspective directions of development of powder metallurgy, a scope of powder and composite materials are considered and the main problems are allocated. Among them: the high cost of powder materials limiting their broad application. The process of gas atomization of metal powders for additive technologies is described, the basic operating parameters and physical conditions of the atomization process acceptable for various applications in powder production are described. New directions of development of powder metallurgy, application of powder and composite materials are considered and the main problems are allocated. Among them were discussed: high cost, limiting the widespread use of powder materials. The paper analyzes the most common methods of obtaining powder alloys by dispersion and identifies opportunities to ensure modern requirements for the quality of the powder when each of them reaches the required performance and the lowest energy losses.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 3D принтерге арналған металл ұнтақтарын шығаруға арналған атомайзерлер.....	11
1.1 Металл ұнтақтарын өндіру технологиясы	11
1.2 Жұмыстың өзектілігі.....	12
1.3 Техникалық сипаттамалары	12
1.4 Атомайзердің жұмыс істеу принципі	13
2 Металлдан жасалған АМ-машиналар ұнтақтары	15
2.1 Жалпы ережелер.....	15
2.2 Металл ұнтақтарын алу әдістері	16
3 Газды атомдаумен ұнтақ өндіру.....	18
3.1 Атомдау эксперименттері	22
3.2 Бөлшектердің мөлшері	24
3.3 Газ құрамы және қысымы	26
4 Нарық сипаттамасы. Ұнтақтар	30
4.1 Статистикалық деректер	30
4.2 Ұнтақтың спецификалық сипаттамалары	31
5 Аморфты ұнтақты газды атомизациялау: Технологиялық бөлім	32
5.1 Сұйық балқымалардың газды атомизациясы.....	37
6 Экономикалық бөлім	43
6.1 Жобаның экономикалық тиімділігін анықтау	43
7 Қауіпсіздік және еңбекті қорғау бөлімі	44
7.1 Өндіріс орнындағы зиянды заттар	44
7.2 Ұнтақтардың өртке және жарылысқа қауіптілігі	45
7.3 Электрқауіпсіздігі	47
7.4 Кәсіпорынның микроклиматы.....	47
7.5 Желдету.....	48
7.6 Өндірістік шудан және дірілден қорғану	48
7.7 Жарықтандыру	49
Қорытынды	5
	1
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі.....	52

КІРІСПЕ

Кез келген мемлекеттің машина жасау өндірісі экономикалық тұрғыда маңызды кешен болып табылады. Қазіргі уақытта дүниежүзілік машина жасау саласында аддитивті технология қарқынды даму үстінде.

Қазақстанда бұл сала әлі дұрыс жолға қойылмаған. Соған қарамастан, аддитивті өндіріс үшін металл материалдар нарығы бүкіл аддитивті өндіріс нарығына қарағанда жылдам өсті. Себебі, оны металл материалдардың тапшы болуымен түсінуімізге болады. Материалдардың жаңа саласын дамытуды талап ететін 3D принтерлер металл ұнтағымен жұмыс істейді. Әрине, егер жоғары сапалы металл бөлшектерді жасау қажет болса, аддитивті өндіріс үшін арнайы әзірленген ұнтақты пайдалану қажет.

Ұнтақты металлургия 20 ғасырдың тоғысында пайда болған өндірістің ең қызықты және инновациялық технологияларының бірі. Қазіргі заманғы экономиканың өндірістік секторына салыстырмалы түрде жуырдағы кіруіне қарамастан, ұнтақты металлургия қандай да бір нысанда мыңжылдықтар бойы бар.

Негізінде, металл ұнтақтарының химиялық құрамы бастапқы материалға байланысты болады. Бөлшектердің өлшемдері, пішіндері, микроқаттылығы және тығыздығы, сондай-ақ бөлшектер металының кристалл торының типі металл ұнтақтарының физикалық қасиеттерін анықтайды. Ұнтақ түрінде пайдалануға болатын металдар мен қорытпалардың кең ауқымы бар. Металл ұнтақтарының химиялық, физикалық және технологиялық қасиеттері кейінгі өңдеу кезінде олардың тәртібін анықтайды.

Аддитивті технологиялар толық негізді технологияларға жатады. Олар әр түрлі өнімнің түрлерін құруға арналған энергетикалық шығындарды азайтуда үлкен потенциалға ие. Олардың өнеркәсіптік өндірісте пайдалану дәрежесі мемлекеттің индустриялық қуаты мен оның инновациялық дамуының дұрыс индикаторы болып табылады. Қазіргі уақытта ТМД-дағы кәсіпорындар импорттық металл ұнтақтарын пайдаланады. ТМД-де аддитивті технологиялар үшін ұнтақ материалдарын сериялық өндіру жоқ.

Металл ұнтақтары әр түрлі химиялық және металлургиялық қасиеттерге ие, бұл оларды түрлі салаларда пайдалануға мүмкіндік береді. Аддитивті технологиялардың пайда болуымен ұнтақ металлургиясы дамудың жаңа сатысына ие болды. Ұнтақты металлургия бұйымдарды дайындаудың ең үнемді әдісі болып табылады, ол дәстүрлі технологиялармен (күю, механикалық өңдеу, суықтай және ыстықтай қалыптау) салыстырғанда қалдықтардың төмен деңгейімен және бұйымды алу үшін ең аз операциялар санымен сипатталады.

Ұнтақты металлургияның басқа ерекшелігі-дәстүрлі металлургиялық әдістермен ала алмайтын материалдар мен бұйымдарды өндіру мүмкіндігі бар. Аддитивті технологиялардың көмегімен авиациялық өнеркәсіптегі, машинақұрылысы, аспапжасау — күрделі геометриялық бұйымдарға қажеттілік бар барлық жерде өндірістік процестер жеңілдетіледі. Қазіргі уақытта аддитивті

технологияларды енгізу тұрғысынан Қазақстан әлемнің жетекші елдерінен артта қалып отыр.

Аддитивті технологиялар үшін металл ұнтақтарын өндірудің жалпы танылған әдістері атомайзерлерде газды атомдау, центрден тепкіш атомдау және плазматрондарда плазмалық атомдау болып табылады.

Атомайзерлер ірі габаритті қондырғылар болып табылады және оларды қолдану үлкен кәсіпорындар үшін жүздеген және мыңдаған килограмм ұнтақ партиясын өндіруде ғана 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.

Соңғы жылдары авиация, қорғаныс өнеркәсібі, машина жасау, химия өндірісі және т.б. технологиялық инновациялық қызметті дамыту аддитивті технологиялардың дамуымен тығыз байланысты, оларды қолдану бөлшектерді дайындауға жұмсалатын материалдардың шығынын 10 есеге дейін азайтуға мүмкіндік береді. Алайда, бұл өндірісті бастапқы материалдармен - жоғары сапалы ұнтақтармен қамтамасыз ету қажет. Өкінішке орай, өткен ғасырдың 80-ші жылдарының ортасынан бері ТМД-де тозаңдатылған ұнтақтарды алудың технологиялары мен әдістері саласындағы белсенді зерттеулер мен әзірлемелер іс жүзінде жүргізілген жоқ, осы уақыт бойы әлемде аддитивті өндіріс саласы үздіксіз дамыды.

Газды атомдау принципі қысыммен шүмектен ағатын газды ортаның (ауа, азот, гелий немесе аргон) ағынымен балқыманың ыдырауынан тұрады. Балқымаларды газды атомдаудың негізгі артықшылығы-технологиялық қасиеттерінің қажетті деңгейі бар сфералық формадағы гомогенді ұнтақтарды алу мүмкіндігі.

Аддитивті өндірісте қажетті қасиеттерге ие ұнтақтарды дайындау үшін сұйық балқыманы газды атомдау әдісін қолданған жөн. Бұл әдіс әр түрлі материалдардың ұнтақтарын алу мүмкіндігі тұрғысынан әмбебап, жоғары өнімділікке ие, автоматтандыру мүмкіндігі бар, сондай-ақ алынатын материалдың гранулометрлік құрамын бақылауға мүмкіндік береді.

Дипломдық жобаның мақсаты – 3D принтерге арналған металл ұнтақтарын шығаруға арналған атомайзердің параметрлерін зерттеу.

1 3D принтерге арналған металл ұнтақтарын шығаруға арналған атомайзерлер

1.1 Металл ұнтақтарын өндіру технологиясы

Қазіргі уақытта АМ-технологияларда қолданылатын металл ұнтақты композицияларға қойылатын жалпы талаптар жоқ. Әр түрлі АМ-машиналарын өндіруші компаниялар әдетте осы компанияның өзі беретін материалдардың тізімімен жұмыс істеуді ұсынады. АМ машиналары үшін ұнтақтарға негізгі талап-бөлшектердің сфера пішінді болуы жеткілікті. Нарықта әртүрлі композициялардың ондаған түрлері бар: қарапайым конструкциялық болаттан ыстыққа төзімді қорытпалар мен қымбат металдарға дейін. Қазір олардың қолданылу аясы стоматологиядан бастап зергерлік өнеркәсіпке дейін өте әртүрлі. АМ-машиналарға арналған ұнтақтарды алудың негізгі технологиялары-газды атомдау, вакуумдық атомдау және ортадан тепкіш атомдау. Газды атомдау технологиясына сәйкес, металды балқыту камерасында (әдетте вакуумда немесе инертті ортада) балқытады және содан кейін арнайы құрылғы-бүріккіш арқылы басқарылатын режимде құяды, онда сұйық металл ағынын қысымда инертті газ ағысымен бұзу жүргізіледі. Еуропада үш компания — ALD (Голландия), PSI — Phoenix Scientific Industries Ltd. (Ұлыбритания) және Atomising Systems (Ұлыбритания) — атомайзерлерді тауар өнімі ретінде шығарады.

Атомайзер балқыту және бүріккіш камерада тұрады. Балқыту камерасында балқытуда еритін газдың артық қысымын (сутегі, гелий, азот) жасайды. Атомдау кезінде қысым әсерінен металл балқыту камерасында вакуум жасайтын бүріккіш камераға шығатын сопла аппаратына түседі. Аддитивті технологияларды дамытудың жалғыз тежеуші факторы шығын материалдарының (металл ұнтақтарының) жоғары құны болып табылады. Қазіргі уақытта бірқатар компаниялар ұнтақтар (оның ішінде титан) өндірісінің шығынсыз технологиясын енгізу бойынша жұмыстар жүргізілуде. Бұл бағыттағы серпіліс металл модельдерін шығаруға қабілетті 3D құрылғыларына сұраныстың айтарлықтай өсуіне әкеледі.

Газды атомдауға арналған жабдықтар өндірісіндегі әлемдік көшбасшы ALD компаниясы болып табылады (қазіргі уақытта AMG Advanced Metallurgical Group тобына кіреді). Ол өзінің өндірістік сызығында зертханалық (тигельдің көлемі 1,0–2,0 л), сонымен қатар бір балқыту үшін өнімділігі 500 кг дейін және одан да көп индустриялық мақсаттағы атомайзерлері бар. ALD компаниясы сондай — EIGA технологиясы бойынша ұнтақты композицияларды алу үшін атомайзерлерді жасаушы болып табылады. EIGA50 және EIGA100 базалық модельдері қолданылатын фидсток — сәйкесінше шыбық өлшемдері 50 және 100 мм. EIGA машиналарының (1-сурет) шашырау жылдамдығы жоғары емес — 0,5 кг/с жуық, алайда, бір балқыту кезінде материалдың үлкен көлемін бір бірліктен он килограмға дейін таратуға мүмкіндік береді.



1-сурет – Атомайзер EGO 50 ALD компаниясы

1.2 Жұмыстың өзектілігі

Атомизация – 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, тозандатуды және қатаюды қамтиды. Металдар мен қорытпаларды балқыту электр доғасының немесе плазманың әсерінен әртүрлі үлгідегі балқыту пештерінде орындалуы мүмкін, ал судың жоғары қысымды ағынымен, инертті және бейтарап газдармен жүзеге асырылады. Атомдау әдістері жоғары сапалы металл ұнтақтарын өндіруде жетекші технология болып табылады.

1.3 Техникалық сипаттамалары

Балқыту салмағы: 10-15 кг

Тұтынылатын қуат: 70-75 кВт (нақты жұмыс қуаты реттелетін болуы мүмкін).

Ұнтақтарға ыдырайтын металдар: темір, кобальт, никель қорытпасы.

Балқу температурасы: 1700 °C

Бөлшектер өлшемі: 0-120 мкм (160 мкм)

Оттегі құрамы: 0,02 %

Күніне 50 кг ұнтақ өнімділігі.

Жабдыққа кепілдік-1 жыл.

Тиглдің көлемі 245-386 см³

Ұнтақ көлемі 3.6-5.7 кг
Қуат тұтыну 400 В, 10 кВт

1-кесте – Атомайзер бөліктері

Вакуумдық индукциялық балқыту пеші	1	Бүріккіш жүйе	1
Қыздырылатын тигель	1	Бақылау жүйесі	1
Бүрку камерасы	1	Болат рама	1
Ұнтақ коллекторы	4	Температураны	
		бақылау жүйесі	1
Шаң тазартқыш	1	Су және газ құбырлары	1

Атомдау колонкасының төбесінде орнатылған вакуумдық индукциялық балқыту пешінде қажетті металдар мен олардың композицияларын балқыту жүргізіледі. Вакуумды балқыту процесінде металды газ қоспаларынан тазарту және оны тотығудан сақтау жүргізіледі. Балқытуды аяқтағаннан кейін тигель бұрылады және металл қыздыратын тигельге түседі. Содан кейін арнайы формадағы форсунка арқылы жоғары қысыммен берілетін инертті газдың көмегімен металл сфералық формаға жақын ұсақ дисперсті тамшыларға бөлінеді.

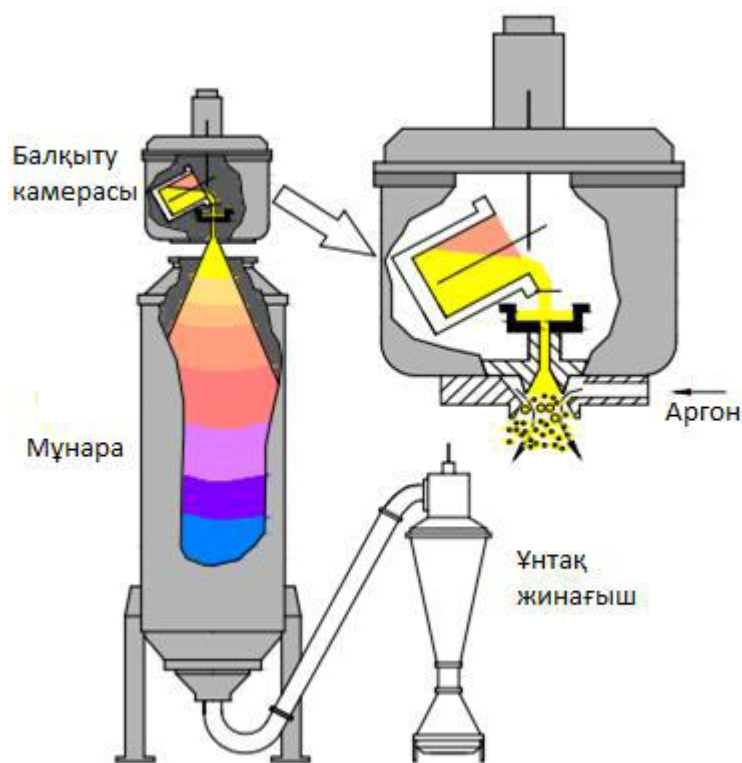
Атомдау колонкасының түбіне дейін кетіріп, сұйық металл тамшылары қажетті фракциялық құрамның металл ұнтағына айнала отырып кристалданады. Сфералық металл бөлшектердің диаметрі форсункалардың орналасуы мен инертті газдың қысымы арқылы реттеуге болады.

Ұсынылған жабдықта алынатын металл ұнтақтары 3D басып шығару үшін қажетті барлық қасиеттерге ие. Мыналар: жоғары сферикалық, бөлшектердің көлемі бойынша тар таралуы, жоғары тазалық, оттегінің төмен құрамы, жақсы ағымдылық, жоғары үйілген тығыздық.

Металды атомдау процесі үш фазаға ие – бастапқы, жұмыс және 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. 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) тиглден металдың шығу жылдамдығы төмендейді, ағын параметрлері өзгереді және металл мен газ

массасының арасындағы тепе-теңдік бұзылады. Процесс бірнеше секундка созылады. Бірінші және соңғы фазаларда ұнтақ кондициялық емес. Сондықтан жүйенің өнімділігі мен тиімділігін арттыру үшін атомдау циклі уақытының жалпы балансында жұмыс фазасының үлесін арттыру қажет.



2-сурет – VIGA атомайзерінің сұлбасы

VIGA түріндегі атомайзерлер, атап айтқанда, келесі ұнтақтарды алу үшін қолданылады:

- никельді ыстыққа төзімді қорытпалар авиациялық және стационарлық турбиналардың бөлшектері үшін;
- медицинада, стоматологияда және ионды тозандату нысаналарын өндіруде пайдалануға арналған кобальт негізіндегі қорытпалар;
- ыстыққа төзімді қорытпалардан жасалған бөлшектерге қорғаныш жабындарының плазмалық тозандандыруға арналған ұнтақтары;
- түйіршікті металлургияға арналған ұнтақтар;
- карбидтердің өте жоғары құрамы бар жоғары қоспаланған болат;
- түрлі қолдануға арналған түсті металдар.

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 тиглдерде балқыту тіпті вакуум жағдайында да қиын.

2 Металлдан жасалған АМ-машиналар ұнтақтары

2.1 Жалпы ережелер

Қазіргі уақытта ам-машиналары үшін ұнтақтарға жалпы талап-бөлшектердің сфералық нысаны. Бұл, біріншіден, мұндай бөлшектер белгілі бір көлемге жинақы жиналуымен байланысты. Екіншіден, бөлшектердің сфералық түрінде қол жеткізілетін ең аз кедергімен материалды беру ұнтақ композициясының "ағымдылығын" қамтамасыз ету үшін қажет.

Ұнтақ түрінде пайдалануға болатын металдар мен қорытпалардың кең ауқымы бар. Оларға жатады:

- Алюминий;
- Кобальт;
- Мыс;
- Никель;
- Бағалы металдар (алтын, күміс, платина);
- Тот баспайтын болаттар;
- Тантал;
- Титан;
- Аспаптық болат;
- Вольфрам.

Осы тізімнен үш металл толығырақ қарастырайық.

Титанмен аддитивті өндіріс:

Титан өндірісте, әсіресе аэроғарыштық және медициналық қосымшаларда 3D баспа үшін ең танымал материалдардың бірі болып табылады. Ол болат сияқты берікті алюминий сияқты жеңіл және ол улы емес. Алайда, бұл артықшылықтарға титанның салыстырмалы жоғары құны қарсы тұрады. Сондықтан қалдықсыз титан бөлшектерін алу аддитивті технология үшін тартымды опция етеді.

Алюминий 3D басып шығару:

Алюминий, жеңіл және әмбебап металл, аэрокосмостық компоненттерді және автокөлік бөлшектерін 3D басып шығару үшін пайдалануға болады. Болат секілді беріктігі жоқ болса да, алюминий коррозияға төзімді және әлдеқайда жеңіл. Олар сондай-ақ қымбат болады, бірақ титан сияқты емес.

Тот баспайтын болаттан жасалған аддитивті өндіріс:

Алюминиймен, титанмен және басқа да көптеген металдармен салыстырғанда, тот баспайтын болат қолжетімді нұсқа болып табылады. Ол ұшақтар мен ракеталардың реактивті қозғалтқыштары сияқты экстремалды ортада қолданылатын беріктігі мен тығыздығы жоғары суға төзімді бөлшектерді 3D басып шығару үшін пайдаланылуы мүмкін. Ұнтақты материалдарды алу мәселесі АМ-технологияларды дамыту үшін ғана емес, тұтас классикалық Ұнтақты металлургия үшін де өзекті. Металл ұнтақты композициялар әуе құрылысы, энергетика, әскери және ғарыштық техника, кеме жасау, аспап жасау сияқты жоғары технологиялық салаларда қолданылады.

2.2 Металл ұнтақтарын алу әдістері

Таза металдар мен қорытпалардың ұнтақтарын мынадай әдістердің бірі арқылы алады: химиялық, электролиттік, механикалық ұсақтау және сұйық күйдегі металдар мен қорытпаларды атомдау.

Ұнтақтарды алудың химиялық әдістеріне металл оксидтері мен тұздарын қатты немесе газ тәрізді қалпына келтіргіштермен қалпына келтіру, карбонилдер мен тұрақсыз қосылыстардың диссоциациясы, металлотермия жатады. Ұнтақтардың үлкен тобы-қалайы, күміс, мыс және темір — тұздардың су ерітінділерінен ұнтақ түрінде металдарды электролиттік тұндыру әдістерімен, сондай-ақ балқытылған ортаның электролизімен (тантал, ниобий, уран және т.б.) алынады.

Ұнтақтарды алудың механикалық әдістеріне металды кесу арқылы ұсақтау, шарлы, вибрациялық, конустық-инерциялық және басқа да диірмендерде және ұсатқыштарда ұнтақтау, сұйық металл ағысын сығылған бумен, газбен, сумен атомдау жатады.

Әдісті таңдау қажетті сападағы ұнтақты алу мүмкіндігімен және қандай да бір әдісті қолданудың экономикалық мақсаттылығымен анықталады. Ең көп таралған химиялық әдістер мен бүрку әдістері болды, олар аз шығынмен ұнтақ металдар мен кең ауқымдағы қасиеттері бар қорытпалардың тұтас гаммасын алуды қамтамасыз етеді.

Нақты бұйымдарды дайындау үшін ұнтақты қолдану мүмкіндігі оның қасиеттері анықталады, ол металл ұнтағын алу әдісі мен табиғатына байланысты. Металл ұнтақтары технологиялық, физикалық және химиялық қасиеттермен сипатталады.

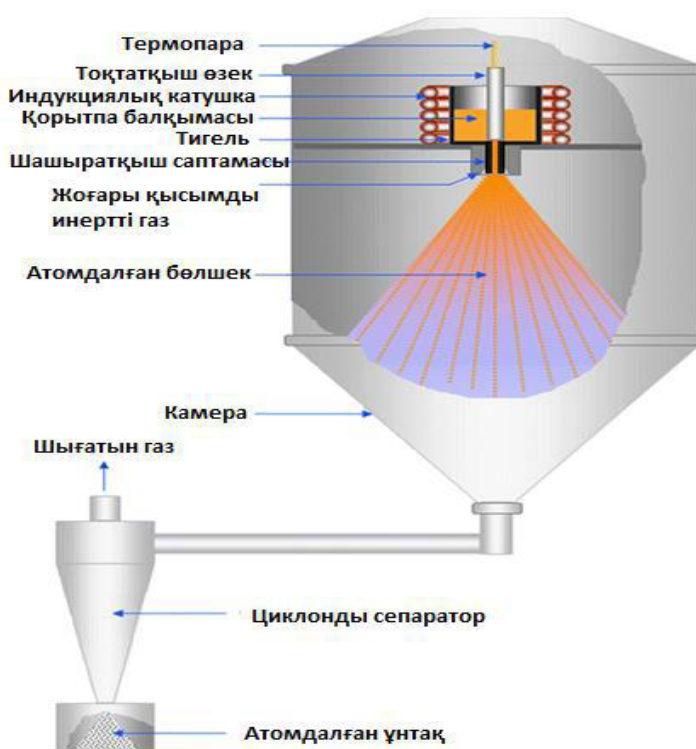
Ұнтақтардың физикалық сипаттамаларына ұнтақ бөлшектерінің пішіні мен өлшемі жатады. Олар нысаны бойынша (жіптерден сфералық) және өлшемдері бойынша (үлес жүзден жүзге дейін және тіпті мың микрометрге дейін) күрт өзгеруі мүмкін. Ұнтақтардың маңызды сипаттамасы — гранулометриялық құрам, ол арқылы әр түрлі мөлшердегі бөлшектер (фракциялар) санының пайызбен көрсетілген арақатынасы түсіндіріледі. Ұнтақ бөлшектерінің өлшемдері әдетте 0,1-100 мкм. Ұнтақтардың фракциялары 100 мкм астам түйіршіктер деп аталады, 0,1 мкм кем — ұнтақ. Гранулометриялық құрамды анықтау ұнтақты електер жиынтығы арқылы елеу арқылы жүргізілуі мүмкін (18318-94 МЕСТ). Бұл әдіс мөлшері 40 мкм астам ұнтақтарға қолданылады; дисперсиялық ұнтақтар үшін сеиметация әдісі (22662-77 МЕСТ) және оптикалық немесе электрондық микроскоптың көмегімен микроскопиялық талдау (23402-78 МЕСТ) қолданылады. Сондай-ақ, физикалық сипаттамаларға ұнтақтың меншікті беті жатады, ол зат немесе масса бірлігінде алынған ұнтақтың барлық бөлшектерінің жиынтық бетін түсінеді.

Химиялық сипаттамаларға тиісті жинақы (кеуексіз) металдар мен қорытпалардың әдістемелеріне сәйкес анықталатын ұнтақтың химиялық құрамы (таза металл ұнтағы, сондай-ақ қорытпа ұнтағы) жатады.

Химиялық сипаттамаларға сондай — ақ пирофорлығы — ұнтақтың ауамен жанасқанда өздігінен жанасу қабілеті — және уыттылығы-ұнтақтардың улы болуы жатады. Егер жинақы күйде металдардың көпшілігі зиянсыз болса, онда ұнтақты түрде, үй-жайлардың атмосферасына түсіп, ауа жұтқан кезде немесе тамақ ішкен кезде ауыр жағдай тудыруы мүмкін аэрозольдар құрайды.

Жалпы қабылданған талаптарға сәйкес, 9721-79, 9722-97, 9723-73, 9849-86 МЕСТ және т.б. бойынша шығарылатын ұнтақ материалдарының мынадай таңбасы бар: "Ұ" әрпі материалдың ұнтақ жағдайын білдіреді, екінші әрпі ұнтақтың металл негізін көрсетеді. Сонымен қатар, ұнтақ маркасына химиялық және гранулометриялық құрамды, ұнтақтардың технологиялық қасиеттерін, кейде оларды өндіру ерекшеліктерін анықтайтын әріптер мен сандар кіреді.

Өндірілетін металл ұнтақтарының алуан түрлілігі арасында әлемдік өндірістің 90% - ға жуығы темір негізінде дайындалған темір ұнтақтары мен қорытпалардың ұнтақтарына тиесілі. Мыс, никель және басқа металдар ұнтақтары кеңінен қолданылады. Мұнда маркалардың атауында екі бірінші әріп мыс ұнтағы (ҰМ), келесі: С — тұрақтандырылған, К — кора, Н — төмен дисперсті; индекстер, атап айтқанда У, Н, В және т.б. — арнайы қасиеттері бар.



3-сурет – Газды атомдауды өндеудің схема диаграммасы

3 Газды атомдаумен ұнтақ өндіру

Аддитивті технологияларға арналған металл ұнтақтарын 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 қатқан ұсақ тамшыларға балқыма ағысы ыдырайды (4-сурет).



4-сурет – Атомайзер

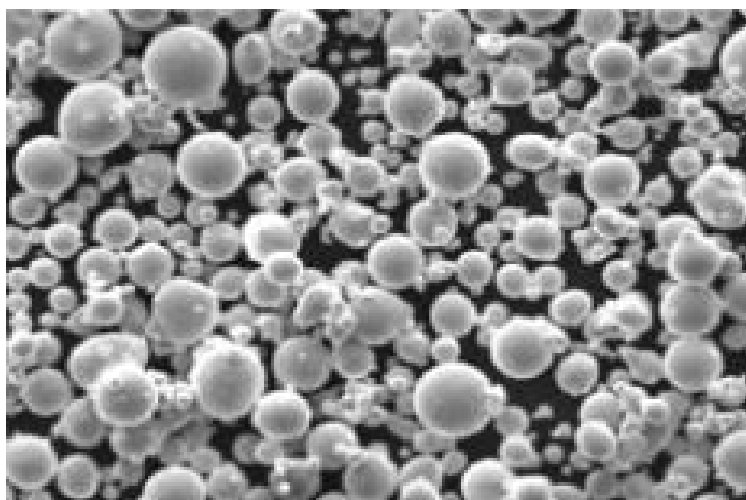
Балқымаларды тозаңдаудың бұл әдісі негізінен болаттан, алюминий қорытпаларынан, бағалы металдардан және т.б. ұнтақтарды алу үшін қолданылады.

Бұл әдіс қарапайым газ атомизациясынан ерекшеленеді, бұл индукциялық металл балқыту вакуумдық камерада жүреді. Мұндай балқытуды титан, алюминий сияқты металдармен жұмыс істеу кезінде ұнтақ бөлшектерінде оксидті пленкалардың түзілуін болдырмау үшін ыстыққа төзімді қорытпалар үшін қолданған жөн (4-сурет).



5-сурет – Вакуумдық-индукциялық балқытылған атомайзер

Газ атомизациясы-бұл аддитивті технологиялар үшін металл ұнтақтарын өндірудің ең жиі қолданылатын тәсілі, себебі бұл әдістермен алынған ұнтақтардың дұрыс сфералық пішіні және жақсы үйінді тығыздығы бар(6-сурет).



6-сурет – Газды атомдау әдістерімен алынған ұнтақ бөлшектерінің сфералық формасы

Алынатын металл бөлшектерінің мөлшері, әдетте, 10-нан 100 мкм-ге дейін өзгереді. Бірақ қажетті мөлшердегі ұнтақтың шығуы, мысалы, 20-40 мкм, қайта өңделген материалдың жалпы санының тек 30% ғана құрайды. Сонымен қатар, атомайзерлер өте ірі габаритті қондырғылар болып табылады және оларды қолдану үлкен кәсіпорындар үшін жүздеген және мың килограмм ұнтақ партияларын өндіру кезінде тиімді. Шағын кәсіпорындар үшін бұл жабдық құны

жоғары болғандықтан, пайдалану күрделілігі, материалдың бір маркасынан екіншісіне өту кезінде қиындықтары көп.

Blue Power атомайзерлері металл ұнтақтарының шағын партияларын икемді және үнемді өндіру үшін арнайы әзірленген. Мұндай жағдайларда дәстүрлі жоғары өнімді жүйелер экономикалық тиімсіз. Өндіріс процесінде материалдың жиі ауысуы қорытпалардың араласуын болдырмау үшін маңызды тазартуды талап етеді. Атап айтқанда, 3D принтерлері немесе MIM технологияларына арналған жаңа материалдарды, ұнтақтарды әзірлеу үшін дәстүрлі нарықта қол жетімді емес әртүрлі ұнтақтардың шағын көлемі жиі талап етіледі.

Blue Power AU-Series атомайзері, еркін түсуді атомдаудың модульдік технологиясының және моноблоқты шүмекті атомдаудың арқасында ерекше сипаттамалары бар ұнтақтарды алуға мүмкіндік береді. Аралас технология, сондай-ақ ұнтақтың сапасын жақсартумен сипатталады, бұл бүрку камерасында газ ағындарын оңтайландыру нәтижесі болып табылады.



7-сурет – Blue Power атомайзері

Балқытылған сұйық балқыманы атомизациялау ұнтақ өндірісінің әмбебап әдісі болып табылады. Ұнтақ өндірісіндегі әртүрлі қолдану үшін қолайлы атомдау процесінің негізгі жұмыс параметрлері мен физикалық шарттары:

- балқу түрі: бетінің кернеуі, тұтқырлығы және температура диапазоны (қатайту температурасы);
- технологиялық түрі: мақсатты өнімділік, энергия тиімділігі;
- өнімнің түрі: бөлшектердің мөлшерін бөлу (ортаңғы бөлшектердің мөлшері мен таралуының ені).

Көптеген атомдық процестер, мысалы: металл ұнтағын өндіру үшін сұйытылған ерітінділерді пайдаланатын газды атомдау процестері. Бұл

қосымшалар үшін стандартты атомер типтерін пайдаланудан басқа, жақсартылған ұнтақ өнімдері мен энергия мен ресурстарды тиімді атомдау процестеріне арналған озық паста тұжырымдамасын алу үшін тиісті әзірлемелер жүргізілуде.

Сұйықтықтарды атомизациялау (мысалы, таза сұйықтықтар, ерітінділер, суспензиялар, эмульсиялар немесе балқымалар) классикалық технологиялық қондырғы операциясы болып табылады. Өнеркәсіптік салаларда, мысалы, химиялық, механикалық, аэроғарыштық және азаматтық құрылыс саласында, сондай-ақ материалтану, технология және металлургия, азық-түлік өнімдерін өңдеу, фармацевтика, ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы, қоршаған ортаны қорғау, медицина және басқалар.

Атомдау кезінде сұйықтықтың сұйықтығы (үздіксіз сұйық фаза) бүрку жүйесі (дисперсті фаза: тамшылар) болып қайта құрылады. Дисинтеграциялық процестің өзіндік өзі (мысалы, потенциал) немесе сыртқы (мысалы, кинетикалық) энергиясымен байланысты болады, онда әдетте сұйық ағын немесе парак тәрізді үрдіске жіберілетін сұйықтық, сұйық парактың немесе ағынның (жоғары жылдамдықтағы) газбен өзара әрекеттесуі арқылы немесе механикалық энергияның көмегімен, мысалы, айналмалы құрылғылар арқылы, кинетикалық энергияны қамтиды.

Технологиялық үрдістердің негізгі мақсаты - дисперсиялық мультфазалық жүйедегі газ-сұйықтық интервалының едәуір ұлғаюы. Газ-сұйықтықтың фазасындағы шекарадағы барлық тасымалдау процестері айырбастау сипатының (жылу, массасы немесе серпін) және алмасу бетінің өлшемін басқарудың әлеуеті айырмашылығына тікелей байланысты. Дисперсті бүріккіш жүйесіндегі бұл газ-сұйықтық контакт аймағы бүріккіштің ішіндегі барлық жеке тамшылардың беттерінің интегралды сомасымен корреляцияланады. Дисперсті жүйеде салыстырмалы интерфаза аймағының ұлғаюы газ мен сұйықтық арасындағы импульсті, жылуды және жаппай тасымалдау үрдісін күшейтеді. Спрециялық жүйелердегі алмасудың жалпы ағыны бірнеше тәртіппен өсті.

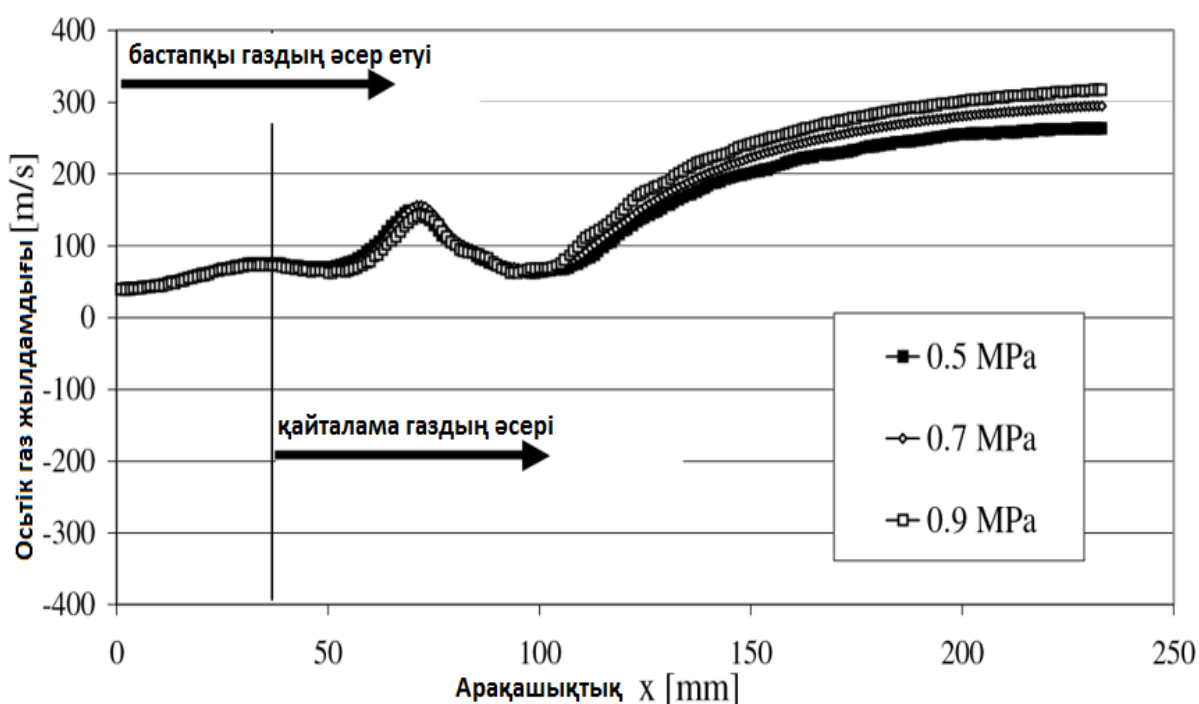
Атомдау үрдісінде әдетте сұйық ағын (ағын немесе парак) әр түрлі мөлшердегі тамшылардың үлкен санына ыдырайды. Қатты күйдегі материалдардың бәрі минералдар, керамика, шыны және металдар сияқты балқу арқылы сұйық күйге айналуы мүмкін болғандықтан, осы материалдардың барлық ұнтақтары сұйық балқыманы атомизациялау арқылы және тамшылардың шашырамай ұнтақ алу.

Балқытылған атомдау аймағы әдеттегі атомдау үрдісінен бірнеше қасиетпен және қасиеттермен ерекшеленеді (мысалы, судан немесе жанармай атомдауынан):

- Тиісті балқу нүктесінің жоғары температурасы;
- салыстырмалы жоғары беттік шиеленіс (металл балқымалары);
- жоғары тұтқырлығы (шыны немесе керамикалық балқымалар).

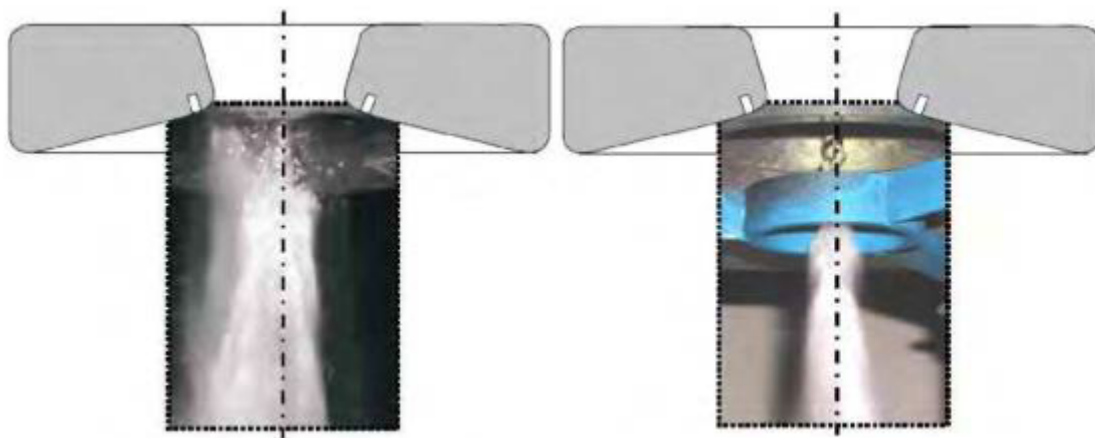
3.1 Атомдау эксперименттері

Модельдік атомдық эксперименттер белгіленген комондалған ағытқыш құрылғысымен еркін құлауды сорып алу қондырғысының жұмысын жақсартуға бағытталған. Зерттеудің бұл бөлігіндегі басты мақсат - газ ағымының жылдамдығын (немесе қысымды) тұрақты күйдіру шарттарымен қамтамасыз ету. Осы модельдік эксперименттер шегінде су ауа температурасы бөлме температурасында әртүрлі қысыммен атомизацияланған (қоршаған орта қысымынан жоғары қысым). 8-суретте (сол жақта) атом аймағының фотосуреті 0,5 МПа қайталама газ қысымында және бастапқы газды қолданбастан, Coanda-ағым құрылғысы жоқ. Әлбетте, тұрақсыз атомизация пайда болған рециркуляциялық ағынның арқасында тамшылар ағып кету аймағынан жоғары атомдар корпусына тасымалданады. Ажыраудың тұрақсыздығы үш өлшемді құрылым ретінде де көрінеді (асимметриялық). Coanda-ағымдық қондырғы орнатылған кезде (8-сурет оң жақта) 0,5 МПа қайталама газ қысымында және бастапқы газсыз атомдау тұрақты болмайды, яғни атом аймағында негізгі рециркуляция болмайды.



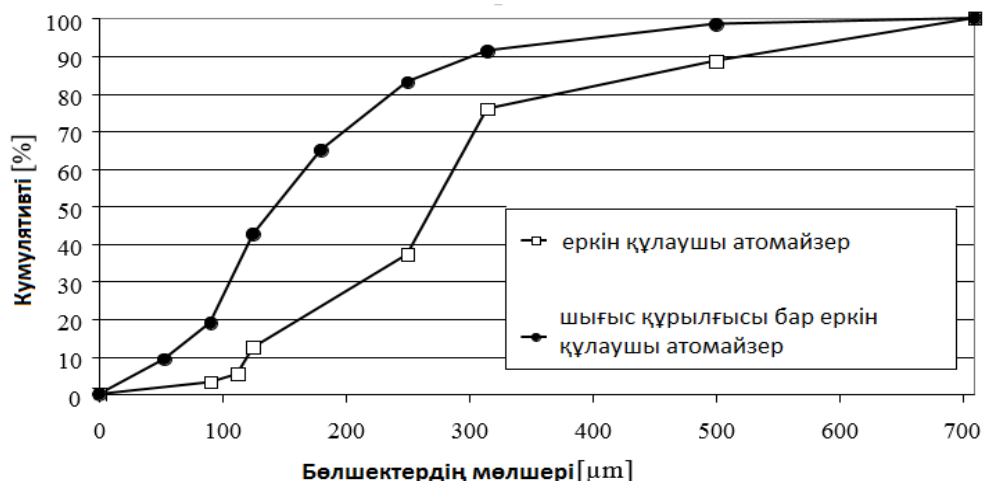
8-сурет – Бастапқы газ шүмегі жоқ ауыспалы қайталама қысым кезінде центр сызығындағы осьтік газ жылдамдығы

Шығарылған коанданың шығыс құрылғысы тұтқыр минералды балқымалардың ұнтақты генерациясы үшін еркін құлдырау саңылауына бейімделген. Бұл қосымшада тұтқыр балқымалардың атомизациясы кезінде талшықтың қалыптасуын болдырмау және сфералық бөлшектерді шығару үшін ыстық атомдық газ қолданылады.



9-сурет – Модельдік эксперименттерді (сол жақта) және Coand-flow device (Рсек = 0,5 МПа, бастапқы газ жоқ, сұйық массасы 435 кг / сағ)

Қол жеткізілген бөлшек өлшемдеріне арналған спектрлердің нәтижелері. 9-суретте екі түрлі атомдық қондырғының бөлшектердің мөлшерінің таралуы ұқсас жұмыс жағдайында, бірақ Coanda-ағыны құрылғысын орнатумен және онымен салыстырылады. Бұл жағдайларда қолданылатын қайталама газ қысымы ұқсас (0,55 МПа және 0,58 МПа). Ағындық құрылғы болмаған жағдайда бастапқы газ ағымы 0,18 МПа қысым кезінде қолданылады. Бұл салыстырмалы түрде жоғары бастапқы газ қысымы ірі газды рециркуляциялауды тоқтатуға мүмкіндік береді, бірақ бүріккіш құрылымының пайда болуы бастапқы газ ағынының кейбір тұрақсыздығына ұқсайтынын көрсетті. Бөлшектердің мөлшерінің өте кең таралуы бастапқы және қайталама газ ағындары есебінен атомдаудан туындайтын бимодальды дистрибуция формасын көрсетеді. Кәдімгі еркін құлау ысырмасына және қолдануға 280 мкм. Орнатылған ағытқыш құрылғысы бар босатылған атоматқыш үшін 140 мкм. Демек, тамшылардың диаметрі әдеттегі еркін құлауыш сорғышының нәтижелерімен салыстырғанда екі есе азайған.

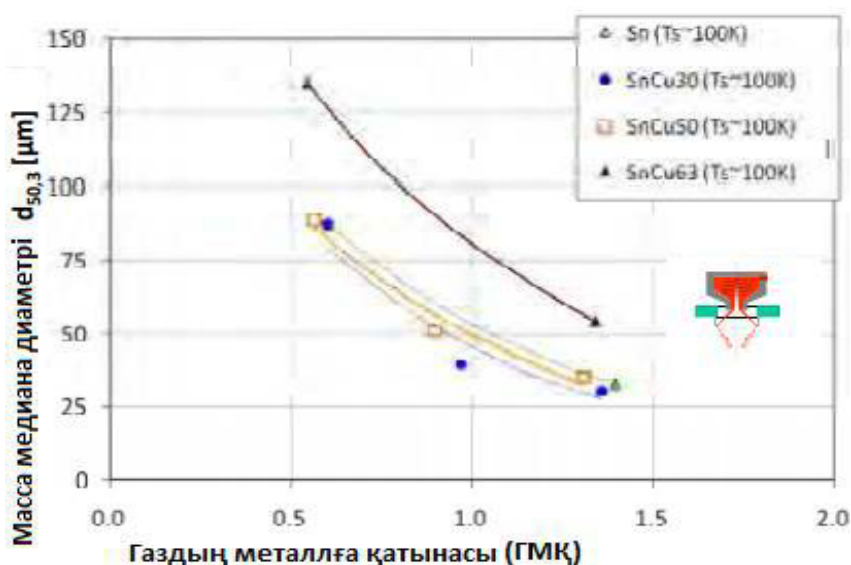


10-сурет – Минералды балқымалардың атомизациясы

Газды атомизациялау - сұйық балқыманы атомдау арқылы ұнтақтарды алудың ең жан-жақты әдісі. Осыған орай, еркін құлдыраудың атмосферасы бастапқы және қайталама газ саңылауларының комбинациясына негізделген сыртқы газ араластырғыш газ болып табылады. Бастапқы газ атомдау үрдісін тұрақтандырады және екінші газ сұйықтықты атомдау үшін қолданылады. Егер қосымша газ ғана пайдаланылса, қайталама саптаманың астында газдың рециркуляция ағыны орын алады. Бұл рециркуляция ағыны атомдалған байланыстардың немесе тамшылардың ағызылатын корпус бағытында тасымалдануына әкелуі мүмкін. Атмосферадағы денеге сұйылтылған сұйықтық газдың саңылауларын бітеп, атқыштың жұмысына нашар әсер етуі мүмкін. Осылайша, әдеттегі еркін құлаудағы сіңіргіштегі конструкцияда, бастапқы газ рециркуляция ағынының басылуына және атомдау үрдісін тұрақтандыруға арналған.

3.2 Бөлшектердің мөлшері

Әдетте, газды атомдаусыз массалық медиана диаметрі (тек қысымды сорғыш) 400-500 мкм аралығында болады. Газдан металлға қатынасы орташа бөлшектердің мөлшерін басқарудың негізгі параметрі болып табылады. 10-суретте төмен GMR (1.0-ден төмен) бар болса, бұқаралық медиана диаметрі таза қалайы үшін 40 және 100 мкм аралығында өзгеруі мүмкін екендігін көрсетеді. Тіпті орташа бөлшектердің мөлшері шамамен 20 мкм жетуі мүмкін. Мыс мазмұнын 50-ға дейін ұлғайту бұқаралық медиа диаметріне үлкен әсер етпейді. Мыс мөлшері орташа бөлшектердің мөлшерін құрайды. Бұл мінез-құлықтың негізгі себебі - беттік керілудің жоғары болуы. Барлық өлшеулер лазерлік дифракция арқылы орындалды. 100 к-нің қызып кетуі негізінен сфералық бөлшектерге жету үшін жеткілікті болды.



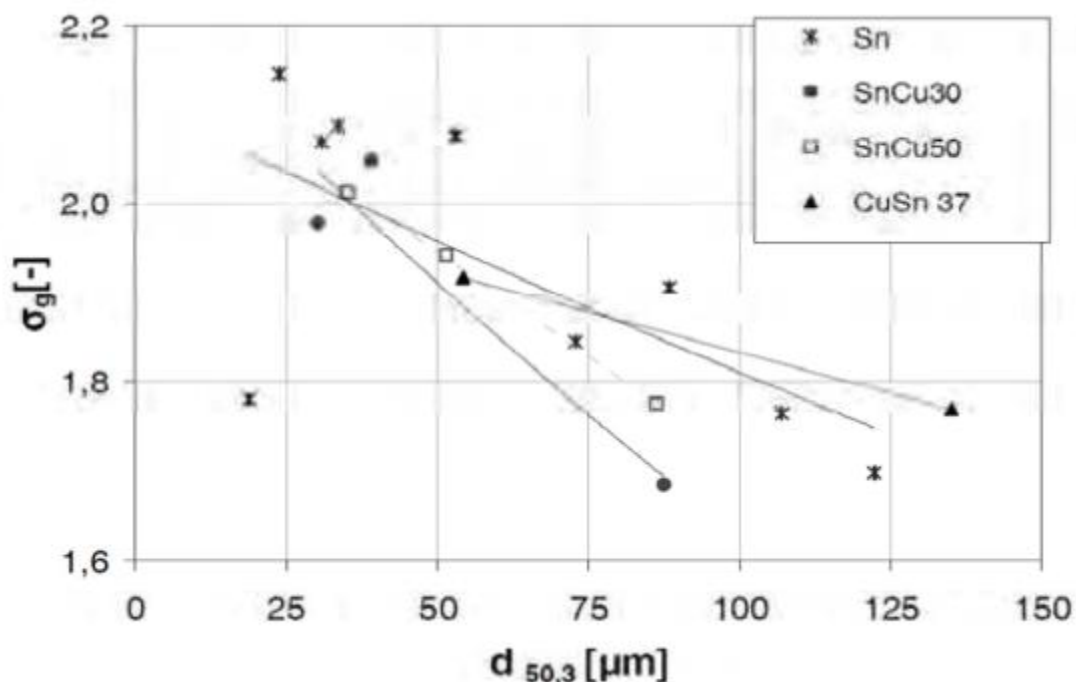
11-сурет – ГМК түрлі қорытпалардың массалық медиан диаметріне әсері

Әдетте өлшемді бөлу басқа параметрмен сипатталады, мысалы геометриялық стандартты ауытқу $\sigma_g = d_{84,3} / d_{50,3} = d_{50,3} / d_{16,3}$. Екі бөлудің маңызы бірдей болса, бөлу таратудың қалыпты мөлшерін бөлу керек. Мұнда стандартты ауытқу $\sigma_g = d_{84,3} / d_{50,3}$ деп анықталады. Массалық медиананың диаметріне қарсы жоспарланған. Әлбетте, геометриялық стандартты ауытқу орташа бөлшектердің өлшеміне және төмен орташа бөлшектердің өлшеміне байланысты, жоғары геометриялық стандартты ауытқу. Бұл таза қалайы және бұл қалайы-мыс қорытпалары үшін де қолданылады. Газды атомдау техникасымен қол жеткізілген 2.0-ден төмен стандартты ауытқу өте жақсы деп саналады.

Әрине, бөлшектердің мөлшерінің таралуына әсер ететін басқа да параметрлер бар, әсіресе атмосфераның дизайны. Бірақ көрсетілген мысалдар өкілетті. Массивтік диаметрі келесі жартылай эмпирикалық теңдеу арқылы есептелуі мүмкін:

$$d_{50,3} = 1.45 m \left[0.07 \left(\frac{\sigma_L}{\rho_G u_G^2} \right)^{0.6} \left(\frac{\rho_L}{\rho_G} \right)^{0.1} \delta^{0.4} \left(1 + \frac{\dot{M}_L}{\dot{M}_G} \right) + 0.01 \left(\frac{\eta_L^2 \delta}{\sigma_L \rho_L} \right)^{0.5} \left(1 + \frac{\dot{M}_L}{\dot{M}_G} \right) \right] \left(\frac{360}{\Theta} \right)^{0.37} \quad (1)$$

Мұнда массалық медиана диаметрі $d_{50,3}$ (м) бетінің кернеуі σ_L , тығыздығы L және балқыманың тұтқырлығы η_L , газ тығыздығы G , газ жылдамдығы γ 25 мм қашықтықта болады.



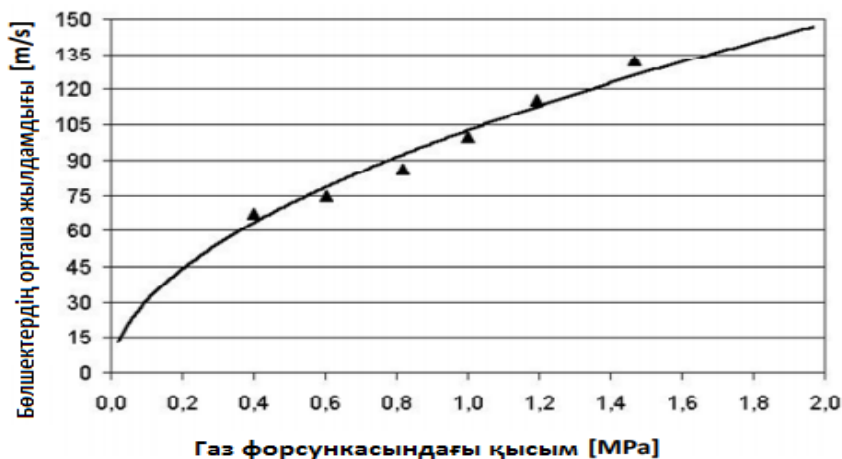
12-сурет – Газды атомизациясының бөлшектердің мөлшерінің таралуын сипаттайтын түрлі қорытпалар үшін массалық медиана диаметрі

Қабырғасының қалыңдығы δ , балқу және газ массасының ағыны $MACTG$ және $MaxL$ және спрей конустық бұрышы. Пленка қалыңдығы қысымды сорғыш үшін келтірілген теңдеуден есептеледі:

$$\delta = 3.66 \left(\frac{D_L \dot{M}_L \eta_L}{\rho_L \Delta p_L} \right) \quad (2)$$

Теңдеуде (2) D_L - саптаманың шығу диаметрі.

Әдетте, инертті газ атомдалған металл шоу сфералық пішінді. Демек, бөлшектің $C = 4\pi$ проекция аймағы / (периметрі) орташа айналымы 1.0-ге жақын. Бірақ сұйықтық немесе сұйық сұйықтық тамшыларымен және бүрку конустарындағы қатты бөлшектердің жиі соқтығысуы мүмкін.



13-сурет – Допплер-Анемометриямен өлшенген таза қалайы үшін орталық сызықта газдың шашатын және орташа бөлшектердің жылдамдығының арасындағы ара-қатынасы

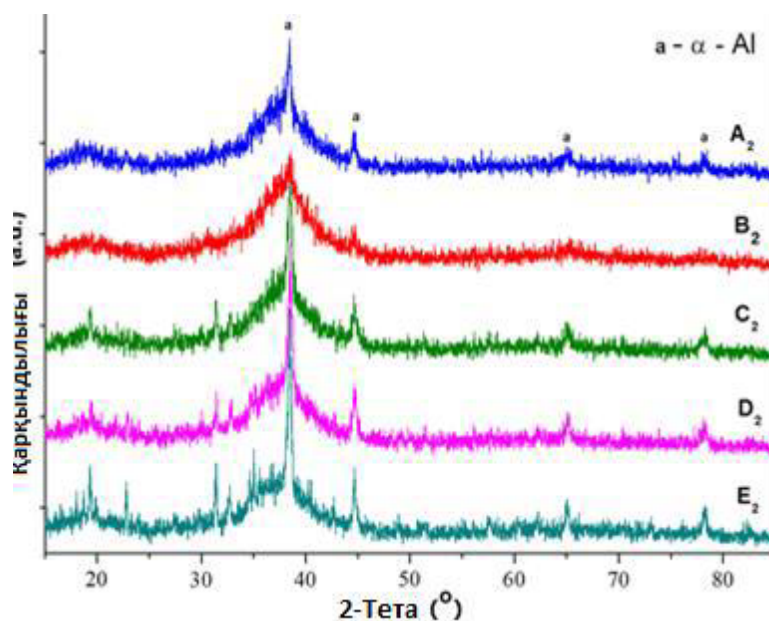
Көп мөлшерде кішігірім бөлшектер (спутниктер) қосылған. Бұл маңызды қасиет болып табылатын ұнтақтың ағынын азайтады. Көбінесе спутниктер спрей камерасындағы газ ағынынан туындайды. Бүріккіш камераның қабырғасына жақындаған кезде, газдың жылдамдық бағыты негізгі ағын бағытына қайшы келеді және кішкене бөлшектер қайтадан бүрку конустарына тасымалданады және тамшылармен соқтығысады. Бұл рециркуляция аймағы бүріккіш камераның ішінде таза газдың рециркуляциясы арқылы (бөлшектер жинағыштан (циклон және / немесе сүзгіден) және желдеткіштен) аулақ болуға болады. Таза газ бүріккіш камераның жоғарғы жағына қосылады және жанама әсер ретінде - атомдық процестің жақсы көрінуіне әкеледі.

Газдың рециркуляциясының ұнтақтың дөңгелекшесіне айтарлықтай әсері бар (13-сурет). Газды рециркуляциялау кезінде ұнтақтың орташа айналымы өте жақын.

3.3 Газ құрамы және қысымы

Ол фракциясының ұнтақ мөлшеріндегі ұнтақ газдағы фракциясына қатысты, ол көбінесе ол көбінесе оның тығыздығының төмен болуына

байланысты ұнтақ мөлшерінің азаюына әкеледі, бұл сандық модельдеуде көрсетілгендей, газ жылдамдығының артуына алып келеді. Біртұтас ұнтақ салмағы бойынша тұтынылатын газ көлемін салыстыру көрсеткендей, ол басқа газ немесе газ қоспаларының түрлерінен жоғары болуы керек. Дегенмен, ол тұтқырлықтағы балқытушы әсерлерін де ескеру керек. N_2 , Ar және басқа газ қоспаларын салыстыру кезінде He газының жоғары салқындату қабілеті балқыма тұтқырлығы тез артуына әкелуі мүмкін. Өз кезегінде, тұтқырлықтың ұлғаюы балқудың бастапқы бұзылуына, сондай-ақ қайталама бұзылу механизмдеріне теріс әсер етеді. Бұл ұнтақ мөлшерінің ұлғаюына әкелуі мүмкін. Бұл нәтиже A_2 жағдайына қарағанда неғұрлым үлкен мөлшерде бөлуді неге көрсеткенін рационализациялау үшін қолдануға болады. Алайда, бұл құбылыс әдеттегі қорытпаларды газ атомдары кезде әдетте назардан тыс қалуы мүмкін.



14-сурет – $Al_{90}Gd_7Ni_2Fe_1$ ұнтақтарының XRD үлгілері әр түрлі атомдау шарттарына арналған

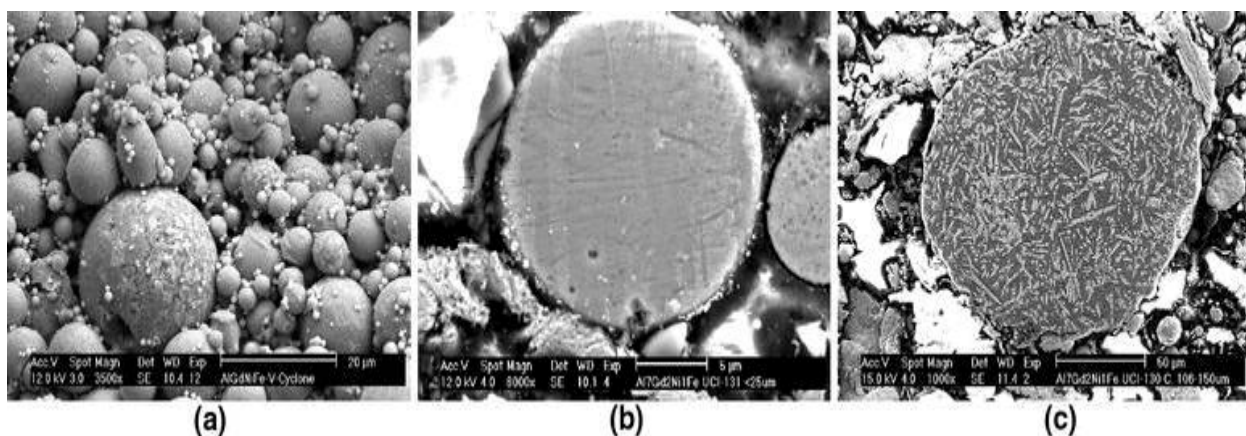
Газ қысымы АА процесіне кешенді әсер ететін маңызды айнымалы болып табылады. Жалпы алғанда, D_{50} массасының орташа өлшемі 14-суретте көрсетілген сандық нәтижелер негізінде болжанған газ қысымының артуымен азаяды. Егер газ қысымының әсері аспирация әсерінен оқшауланатын болса, газ қысымын жоғарылату әрдайым осы форсунка дизайны үшін газ жылдамдығын жоғарылату керек, ал балқымамен дұрыс байланыстырылған болса, тамшылар мен газ буы арасындағы салыстырмалы жылдамдықты арттыру арқылы. Алайда 15-суреттен жоғары газ қысымының атомдалған тамшылау мөлшерін азайтуға әсері аспирация әсерінен салдарынан басқа атомизация шарттарымен салыстырғанда (E_2 газ қысымымен 5,52 МПа нәтижесі бар) айқын емес. Томпсон газ қысымының ұлғаюымен орташа ұнтақ мөлшерінің жоғарылауы туралы хабарлады және бұл мінездің сығу осі бойымен кері бағытта төменгі бағыттың шеткі ағынының болуына байланысты болды, бұл аспирация әсеріне әкелді.

Сорғының шығысындағы (қысымның әсер етуі) төмен қысымды өрістің болуы жиі түсіндіруге қиын нәтижелерге әкеледі.

Ерекше қызып кету температурасы бірнеше жолмен рөл атқарады; мысалы, балқыманың физикалық қасиеттері температурамен өзгереді. В₂ және С₂ жағдайлары басқа бірдей өңдеу параметрлерімен балқытылған қызып кету температурасының әр түрлі дәрежесіне ие болды. 15-суретте келтірілген ұнтақ мөлшерінің үлестірілуінің эксперименталдық нәтижелері, балқымалардың қызып кету температурасының ұлғаюы ұсақ ұнтақ мөлшерінің таралуын едәуір арттыруға мүмкіндік береді. Бұл құбылыс, ең алдымен, балқымалардың тұтқырлығы температураға тәуелділіктен туындаған. Балқыманың тұтқырлығы, η, көптеген MG үшін балқымалардың қызып кету температурасы бар түбегейлі түрде төмендеуі мүмкін. Балқудың тепе-теңдік тұтқырлығы эмпирикалық Vogel-Fulcher-Tammann (VFT) тендеуімен жақсы сипатталуы мүмкін. Температураның жоғарылауымен балқыманың тұтқырлығы төмендейді, ол атомдау барысында балқымалардың ыдырауын жеңілдетеді.

Ұнтақталған ұнтақ мөлшері Al90Gd7Ni2Fe1 ұнтағының ұнтақ үлестірімі фигураның 14-суретте көрсетілгендей әртүрлі өңдеу параметрлері бар көп өзгерісті көрсетеді, бұл суретте көрсетілген 15-суретте көрсетілгендей, атомдалған Al 2024 ұнтағымен салыстырылады. Бұл байқау еритін тұтқырлықтың айтарлықтай өзгеруіне жатқызылуы мүмкін салқындату кезінде дәстүрлі қорытпалармен салыстырғанда аморфты қорытпаның жағдайы.

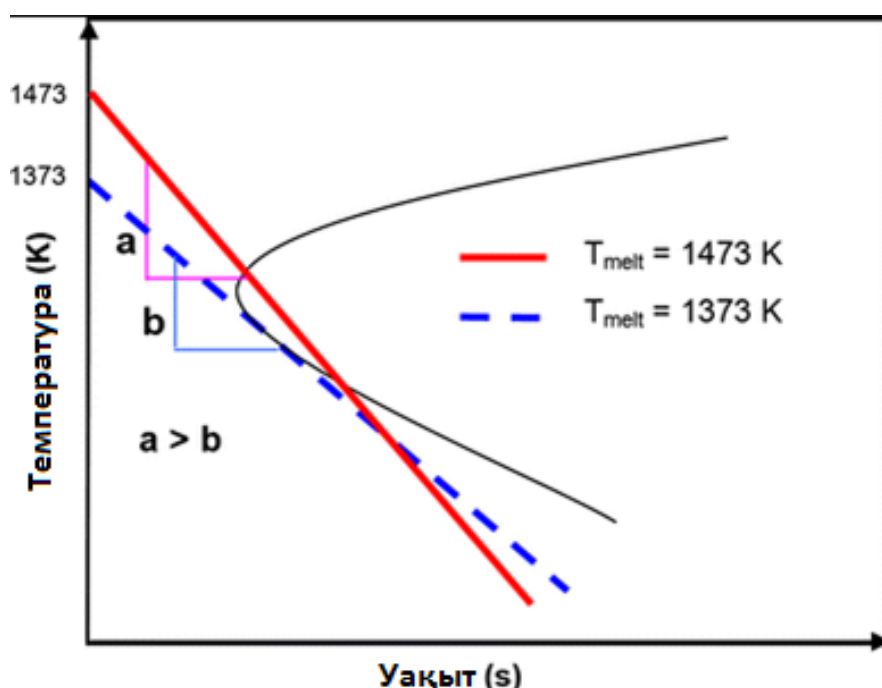
Тұтқырлығына, балқу тығыздығына және газ металл ағынының өзгеруіне қосымша, қатты қызып кету температурасы қатты күйде болғанда ядроға да әсер етеді, бірақ нәтиже жай емес. Бір жағынан, гетерогенді ядролардың қалыптасуы балқымалардың қызып кету температурасының жоғарылауымен төмендеуі мүмкін, себебі энергия кедергісі артып жатқан бөлшектердің еритіндісіне әкелуі мүмкін температураның артуымен бірге артады. Екінші жағынан, балқытылған қатты қызып кету температурасының болуы химиялық реакцияларға әкелуі мүмкін және кристалдану реакциялары балқымадағы қосымша гетерогендіктердің болуымен ынталандырылуы мүмкін.



15-сурет – Микрография ұнтақ: (a) ұнтақ морфологиясы, (b) ұнтақ кіші 25 мкм микрографы және (c) 106-150 мкм ұнтақ микрограммы

25 мкм кіші ұнтағының микроқұрылымы ТЕМ көмегімен зерттелді. SEM бақылауларында ерекше көрінбейтін кейбір ұнтақтар көрсетілгендей толық аморфты микроқұрылымын көрсетеді, бұл жарықты өріс бейнесі мен сәйкес тандалған аймақ дифракциясының үлгісіне сәйкес келеді. SEM зерттеу кезінде аморфтық болып көрінетін басқа ұнтақтар, шын мәнінде, 5-20 нм шамасындағы Fcc-Al нанокристаллдарынан тұрады, аморфты матрицамен қоршалған.

Бұл бақылаулар балқымалардың қызып кетуінің жоғары дәрежесі үшін толық аморфты құрылымды қалыптастыру үшін қажетті салқындату жылдамдығының төменгі балқытылған қызып кету жағдайына қарағанда әлдеқайда жоғары екендігі рационалды болуы мүмкін. Бұл көрсеткіш ТТТ Екі түрлі салқындату сызықтарымен қисық, балқу температурасы әртүрлі дәрежеде өзгеріп отырады және ол күтілетін жоғары салқындату жылдамдығының аморфты ұнтақ әкелмеуіне әкеліп соқтырған себептерді түсіндіру үшін пайдаланылады. Жалпы алғанда, XRD нәтижелерін A_2 , B_2 және C_2 ұнтағынан және олардың өңдеу параметрлерін салыстыру кезінде, Al-Gd-Ni-Fe аморфты ұнтағын газ атомына бөлу үшін 1373 К балқымалы қызып кету температурасы қолайлы.



16-сурет – Схемалық ТТТ қисық сызығы және әртүрлі балқытылған қызып кететін температураның мәндері үшін салқындату жылдамдығының ауытқуы

4 Нарық сипаттамасы. Ұнтақтар

4.1 Статистикалық деректер

Қазіргі заманғы өндіріс жаңа материалдарды, ақпараттық технологияларды және технологиялық процестерді автоматтандыруға негізделген перспективалы технологияларға кеңірек сүйенеді. Мұндай өндірістердің қатарына, бірінші кезекте әуе және кеме жасау, 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 жасап шығару мүмкіндігі болып табылады.

2015 жылы нарықты талдаудың қорытындысы бойынша аддитивті технологияларды дамыту жағынан АҚШ, Жапония, Германия, Қытай алдыңғы орында табылады, ал Қазақстан үлесі 1%-ға да жетпей тұр.



17-сурет – Аддитивті технологиялардың әлемдік нарығын талдау

Американың Янгстоун қаласында Аддитивті Өндірістің Ұлттық Инновациялық Институты ашылды. Бұл машиналық парк түрлі аддитивті агрегаттарды, соның ішінде металдан жасалған бөлшектерді синтездей алатын технологиялық бағыттағы институттардың бірі болып табылады. Америкалық Boeing компаниясы жыл сайын аддитивті білім негізінде он әскери және коммерциялық ұшақтар үшін 20 мыңнан астам бөлшектерін жасап шығарып жатыр. Саланың әлемдік көшбасшысы-американдық 3D Systems компаниясы

тіпті материалдармен және аддитивті технологиялармен жұмыс істеу үшін кадрларды даярлау бойынша өз университетіне ие.

ТМД елдері әзірше 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 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 болады.

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 қатаң сипаттамаларға ие болуы тиіс: ұнтақ бөлшектерінің сфералық нысаны, бөлшектер мөлшерін, шағын коммерциялық партияларды алу мүмкіндігі, ұнтақ құрамының біркелкілігі, химиялық тазартудың жоғары дәрежесі. Алайда, ұнтақ металлургиясының кең дамыған ғылыми және өнеркәсіптік инфрақұрылымы, атап айтқанда, жаңа – аддитивті салаға автоматты түрде көшіру мүмкін емес, металл ұнтақтарын өндіру аддитивті ұнтақ өндірісін дамыту үшін бастапқы база ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Сонымен қатар, егер өнеркәсіптік пайдаланылатын болаттардың саны олардың әрқайсысының өз қызметінің белгілі бір жағдайларына арналған 1000 маркадан асып кететін болса, онда ұнтақтардың ыстыққа төзімді және арнайы қорытпаларды, түсті металл ұнтақтарын және қорытпаларды қоса алғанда, ұнтақтардың саны әрең 50-ге жетіп отыр.

4.2 Ұнтақтың спецификалық сипаттамалары

- Әр түрлі бүріккіш шүмек және ыстық бүріккіш газды пайдалану мүмкіндігі (опция);
- Еркін құлау және моноблоқты сопломен атомдаудың модулярлы конструкциясы;
- Қарапайым тазалау тұжырымдамасы: металл жоғалту және қорытпаларды араластыру минимумы;
- Жалтыратылған тот баспайтын болаттан жасалған беттік бүріккіш камерасында адгезияны болдырмайды, циклон және коллектор – барлық бөлшектер қалдықтарсыз тазартылады.

5 Аморфты ұнтақты газды атомизациялау: Технологиялық бөлім

Аморфты Al-ды атомизациялау үшін қажетті оңтайлы өңдеу параметрлері осы зерттеудің I бөліміндегі сандық модельдеу негізінде құрастырылған. Бұл бөлікте II, газ атомдары, аморфты ұнтақтармен тәжірибеде болатын салқындату жылдамдығын сипаттау эксперименттер арқылы зерттелді. Зерттеудің бірінші бөлімінде келтірілген сандық болжамдарды тексеру үшін эксперименталды зерттеу жүргізілді. Мысалы, ұнтақтардың әсерінен болатын салқындату жылдамдығы экспериментальды түрде дендрит қолының аралық корреляцияларының негізінде анықталды және нәтижелер сандық болжаммен салыстырылды.

Модельдеу нәтижелері Аморф ұнтағының GA-дағы процестің параметрлерін оңтайландыру үшін пайдаланылды және бұл нәтижелер тамшылардың салқындату жылдамдығының ұнтақ мөлшерінің азаюымен артып, диаметрі 20 мкм болатын ұнтақ үшін 105 К. Газ композициясы газ қысымына қарағанда салқындату жылдамдығына айтарлықтай әсер етеді.

Екінші дендрит аралық аралықты (SDAS) және салқындату жылдамдығының арасындағы байланыс микроқұрылымға термиялық жағдайдың дәл әсерін анықтау үшін пайдалы әдісті ұсынады. Тамшы өлшемі-салқындату жылдамдығының қатынасын анықтау үшін жиі пайдаланылатын жалпы тәсіл SDAS-мен салқындату жылдамдығымен және SDAS-мен тамшылардың диаметрімен байланысын тудырады. SDAS мен салқындату жылдамдығының арасындағы қатынастар көптеген қорытпа жүйелеріне эксперименталды түрде анықталған, және, тиісінше, ауқымды деректер бар. Салқындату жылдамдығы мен SDAS: $SDAS = A(T) - n$, мұндағы $T - K/s$ кезінде салқындату жылдамдығы, A және n - тұрақты, олар әртүрлі қорытпалар үшін жарияланған нәтижелер негізінде бағаланады. Әдебиет көрсеткендей, DAS салқындату жылдамдығымен азаяды. Жоғары салқындату жылдамдығы қабылданбаған ерітіндінің жанармай диффузиясы үшін уақытты азайтуға мүмкіндік береді, сондықтан конституциялық суперкүнділікті болдырмау үшін аз DAS талап етеді; Осылайша, тез каталитикалық өңдеу кезінде неравновесные микроқұрылымдар құрылуы мүмкін емес. Астықтың мөлшерін және DAS-ны тазарту қатайту кезінде суықтың жылдамдығының артуынан туындады.

Бұл экспериментте қолданылған қондырғының мүмкіндіктері 2073 К балқымалы қыздыру температурасы, 25 кВт индукция генераторы арқылы индукциялық қыздыру және 10-2 вакуум деңгейіне дейін инертті атмосфераны бақылау Pa.

2 және 3 кестелерде Al 2024 (A_1, B_{11}, C_1, D_1) және Al90Gd7Ni2Fe1 (A_2, B_2, C_2, D_2 және E_2) ұнтақтарының GA-інде қолданылатын өңдеу параметрлері көрсетілген. Балқыттың саптамасына жеткізілді және 18 концентратикалық газ ағынымен атомдалған. Атом ұнтағын атерге арналған газдың инертті атмосферасындағы бөлме температурасына дейін суытуға рұқсат етілді. Содан кейін ұнтақтар жиналып, ауаға сіңдірілген, содан кейін алты түрлі мөлшердегі диапазондарға бөлінеді: кіші 25 мкм, 25-38 мкм, 38-53 мкм, 53-75 мкм, 75-106

мкм және 106-150 мкм, диаметрлі әртүрлі кластардағы атомдалған Al90Gd7Ni2Fe1 құймаларын ұнтақталған және микроқұрылымды зерттеуге арналған DAS-ны өлшеу.

2-кесте – 2024 ұсақтағышын атомдандыратын шарттар мен нәтижелер

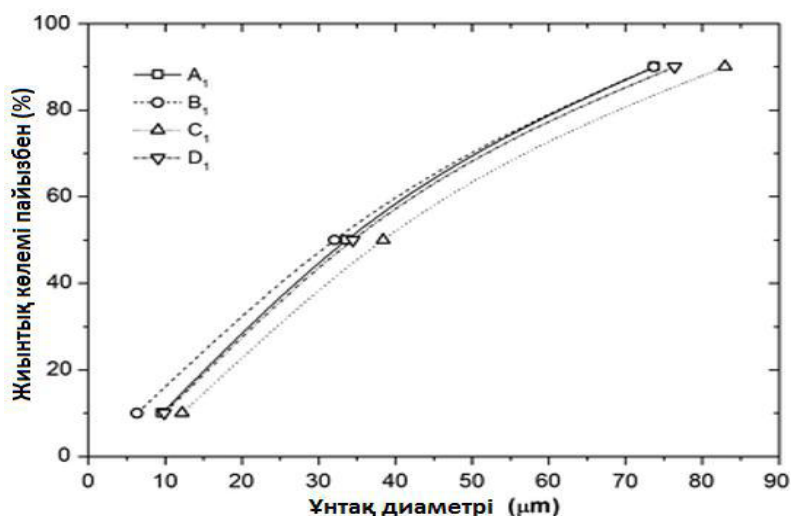
GA No.	Балқу температурасы (K)	Газ қысымы (МПа)	Саңылау диаметрі (мм)	GA газы (vol pct)	D ₅₀ (μm)
A ₁	1373	2.62	2.16	100 pct He	33.37
B ₁	1473	2.62	2.16	100 pct He	32.48
C ₁	1373	1.24	2.16	100 pct He	38.41
D ₁	1323	5.52	1.7	80 pct	

3-кесте – Al90Gd7Ni2Fe1 ұнтағын атомдандыру шарттары

G A No.	Балқу температура сы (K)	Газ қысымы (МПа)	Саңылау диаметрі (мм)	GA газы (vol pct)	Ұнтақ мөлшері (μm)		
					D ₁₀	D ₅₀	D ₉₀
A ₂	1373	2.62	2.54	80 pct He + 20 pct Ar	6.69	24.53	
B ₂	1373	2.62	2.16	100 pct He			
C ₂	1473	2.62	2.16	100 pct He			

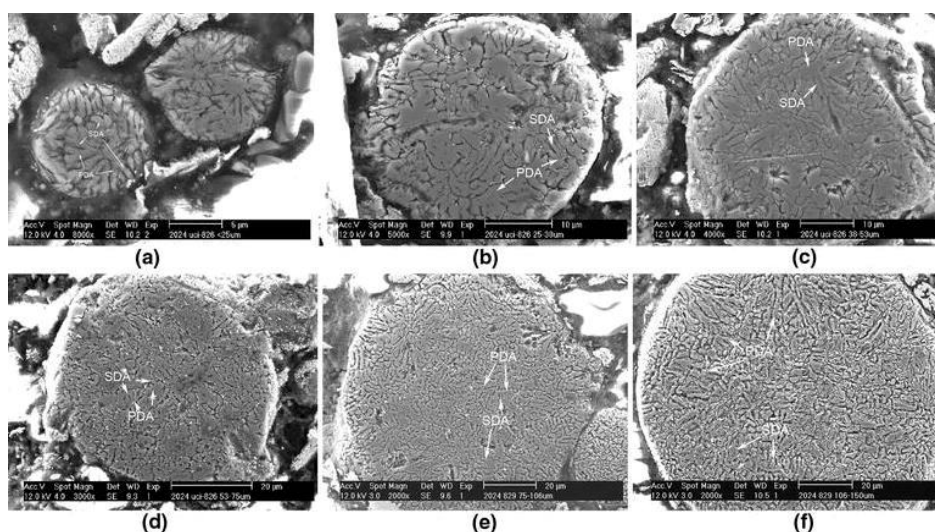
21-сурет әртүрлі ГА жағдайлары үшін бөлінген Al 2024 қорытпалық ұнтақтарының мөлшерінің өзгеруін көрсетеді. Орташа ұнтақ мөлшері B₁

нәтижелерінен көрінетін балқымалардың қызып кету температурасының көбеюімен азаяды. Газ қысымын жоғарылату ұнтақ мөлшерін азайтуға мүмкіндік береді, себебі C_1 және A_1 атомдарынан алынған нәтижелерді салыстырудан көрінеді, бұл қысымның артуы 1.24-ден 2.62 МПа-ға дейін. Дегенмен, A_1 және D_1 нәтижелерінен көрініп тұрғандай, газ қысымы 2,62-ден 5,52 МПа дейін көтерілген кезде бірдей үрдіс айқын емес. Бұл нәтиже есептеу нәтижелеріне сәйкес келеді.



18-сурет – Ұнтақталған ұсақталған Al 2024 ұнтағы мөлшерінің өзгеруі

Микросызған дендриттер жақсы анықталған бастапқы қару-жарақтар мен кейбір қосарланған қару-жарақ қойды. Осы саннан көрініп тұрған микроқұрылымның ұсақ шкаласы ГА кезінде болған жоғары тепе-теңдік шарттарынан туындайтын жылдам қатаюдың жоғары жылдамдығына жатқызылуы мүмкін.

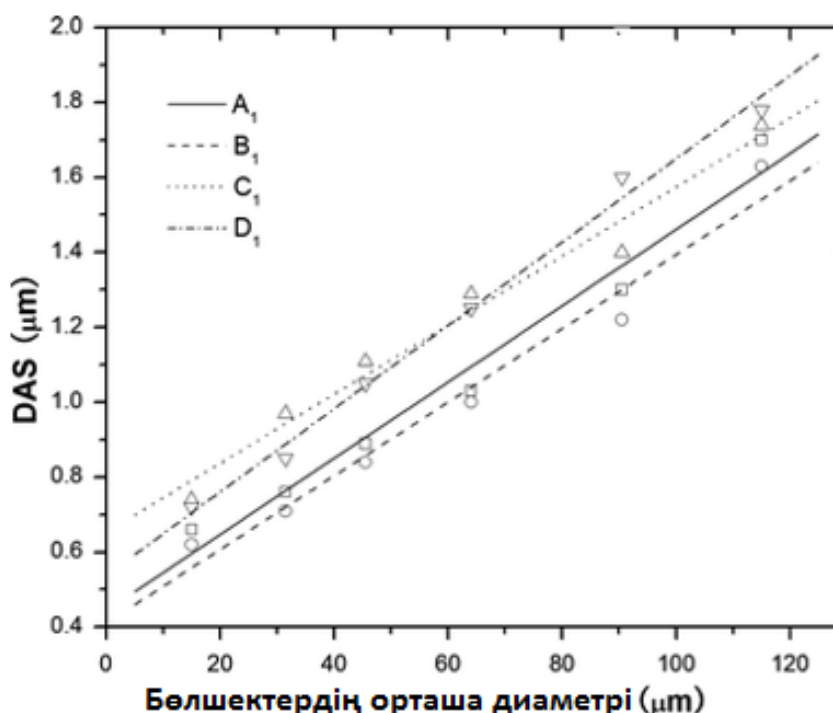


19-сурет – Микрорегиистратор: а) <25 мкм, (б) 25-38 мкм, (с) 38-53 мкм, (г) 53-75 мкм, (г) 75 -106 мкм және (ф) 106-150 мкм

Осы СЭЖ ескертулерінің негізінде әртүрлі мөлшердегі ұнтақтардың DAS шамамен 20 есе өлшенді және пайдаланылған өлшемдердің орташа деректері 19-суретте көрсетілген. DAS арқылы өлшенген микроқұрылымдық тазартудың мөлшері ұнтақпен кері байланысты болды диаметрі. Орташа ұнтақ мөлшері, d және DAS арасындағы қатынастар төмендегідей берілген қисық сызықтау әдісімен алынған:

$$DAS = ad + bDAS = ad + b(3)$$

онда 0,009-нан 0,014-ке дейін өзгереді, ал b 0,4-тен 0,9-ға дейін өзгереді.

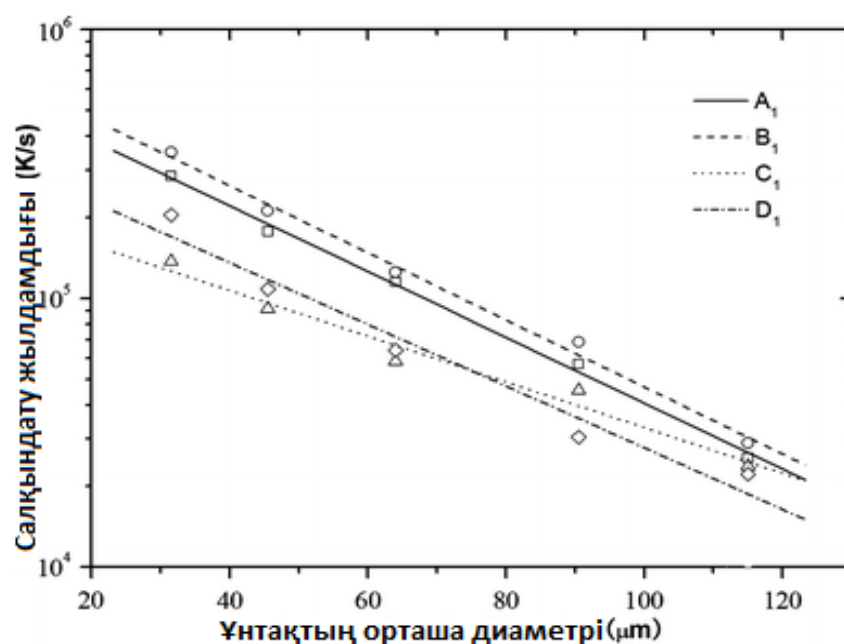


20-сурет – Әр түрлі жағдайларда Al 2024 ұнтағы мөлшері бар DAS түрлендіргіші

Жоғарыда көрсетілген ұнтақтардың DAS және салқындату жылдамдығымен байланысын бағалау үшін осы зерттеуге құрамы Al-2024-ге жабылған газ-атомы бар Al-4 wt pct қорытпа ұнтағы үшін эмпирикалық теңдеу таңдалды. Төменде берілген:

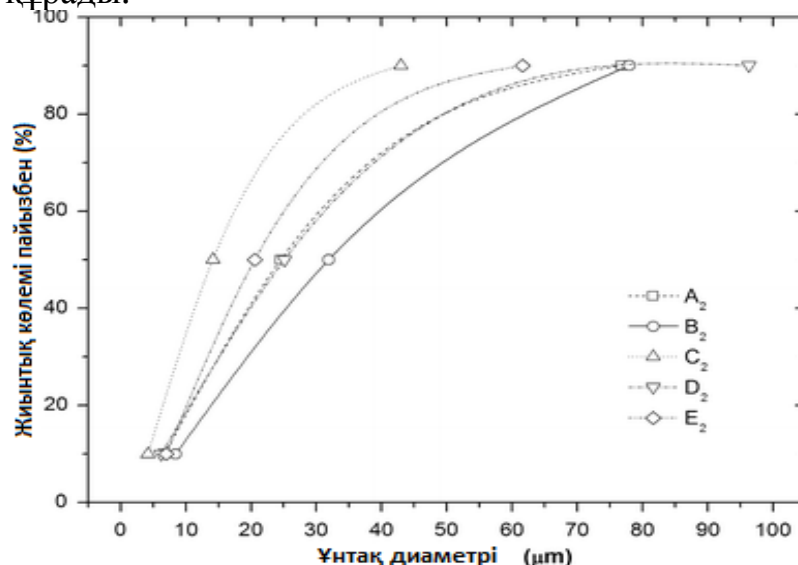
$$DAS = 50T - 0.333DAS = 50T - 0.333(4)$$

Салқындату коэффициенттері осы теңдеудің негізінде және әртүрлі мөлшердегі ұнтақтарға өлшенген DAS мәндері негізінде есептелген. Салқындату жылдамдығы мен DAS арасындағы ара-қатынасы және дән өлшемімен салқындату жылдамдығы 20-суретте бейнеленген, бұл дендрит өлшемі ұнтақтың мөлшеріне қатысты салқындатқыш жылдамдығына тәуелді болады.



21-сурет – Салқындату жылдамдығын ұнтақ мөлшерімен өзгерту

22-суретте A_2 , B_2 , C_2 , D_2 және E_2 жағдайлары бойынша сәйкес келетін ұнтақ диаметрі кеуекті көлемнің үлесі көрсетілген. Салқындату жылдамдығы немесе әйнек қалыптастыру ұнтақ мөлшерінің күшті функциясы болып табылатыны көрсетілген, сондықтан аморфты және кристалды микроқұрылымдар әртүрлі ұнтақ мөлшерінің диапазондарында бір атомдау бумасы үшін табылуы мүмкін. Көрсетілгендей, 25 мкм мөлшеріндегі ұнтақ ең жоғары аморфты фракцияны қамтыды, ал 25 мкм ұнтақ жалпы көлемнің шамамен 50% құрады.



22-сурет – Ұнтақталған аморфты ұнтақ үшін кумулятивті көлемнің пайыздық диаметрі

ГО арқылы аморфты ұнтақты құрастыруды басқаратын айнымалылар, ең алдымен, газдың құрамын, газ қысымын және қатты қызып кету температурасын құрайды. Бұл айнымалы өлшемдер қажетті көлемді бөлу, микроқұрылымдар және қасиеттерге қол жеткізу үшін мұқият бақылануы керек. Ұнтақ мөлшерінің таралуына алғашқы өңдеу параметрлері әсерлері келесі бөлімде талқыланады.

5.1 Сұйық балқымалардың газды атомизациясы Ошибка! Закладка не определена.

Ерітілген металдардың ыдырауы үшін бірнеше принциптік атомизация механизмдері мен құрылғылары бар. Ерітілген металдан атомдау әдістеріне және құрылғыларына шолу жасалды. Металл ұнтақтарын өндіру саласында балқытылған металдардың атмосферасы арқылы инертті газдар арқылы әдетте екіқабатты сұйық атомизация қолданылады. Бұл ерекше атомизация техникасын пайдаланудың негізгі себептері:

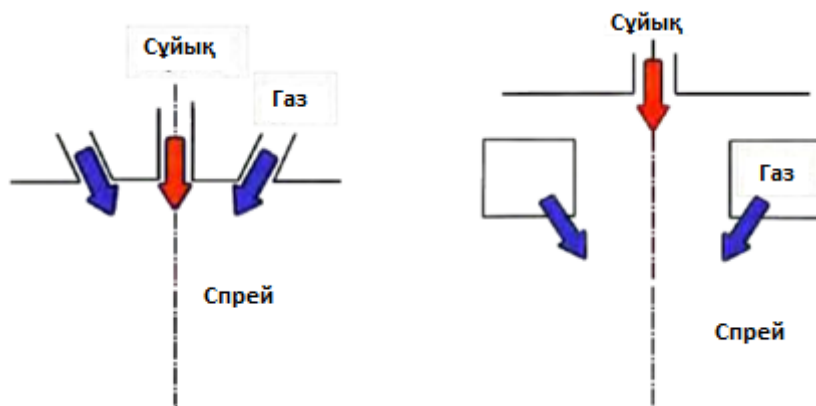
- Жоғары өткізу қабілеті мен жоғары массалық ағындардың ыдырауы мүмкіндігі;
- Бөлшектерді жылдам жартылай ішінара салқындату үшін газ мен бөлшектер арасындағы жылу тасымалының көп мөлшері;
- Тығыздау үшін субстрат кенішке бөлшектерді жеделдету үшін кинетикалық энергияны тікелей жеткізу;
- Инертті газдарды пайдалану арқылы бүрку процесінде атомдағы материалдардың тотығу тәуекелдерін азайту.

Ерітілген металл атомизациясы үшін ерітілген сұйытылған атомайзерлердің пайдаланылған вариацияларының жалпы сипаттамасы - балқыманың ағынының түтіктен (көпшілігі цилиндрлік) балку саптамасы арқылы гравитация бағыты бойынша тік шығу. Сондай-ақ, көбінесе, орталық балқитын ағынның ағымы балқыма ағынына параллель бағытта немесе шабуылға бейімділік бұрышында ағып жатқан дискреттік газ тәріздес ағындар жиынтығынан немесе бір (сызықты) балку ағыны. Коаксиалды атомдық газ әдетте жоғары кинетикалық энергиямен жоғары қысымдарда атоматқыштан шығады.

Ерітілген металдан атомизация кезінде екі негізгі сұйытқыш атомерлердің екі негізгі конфигурациясы мен түрлерін ажырату қажет. Бірінші түрді жабық немесе тығыз байланыстырушы атаушы деп атайды, ал екінші түрі еркін құлаушы атаушы деп аталады. Екі тұжырымдама 27-суретте көрсетілген.

Біріктірілген атоматқыштағы газ ағыны дереу баратын балқытушы ағынды жабады. Жабық атом ішіндегі газ шығысы мен балқымасының ағыны арасындағы ара қашықтық еркін түсетін қондырғыға қарағанда әлдеқайда аз болады, мұнда балқыту ағыны орталық балқитын ағынға түсетін газ ағынының алдында ауырлық бағыты бойынша белгілі бір қашықтықты жылжытады. Жаксартылған конфигурация, әдетте, газ және балқымалардың шығуы арасындағы төменгі қашықтыққа байланысты (бірдей энергия тұтыну кезінде

кішірек бөлшектердің тұрғысынан) жоғары атомизация тиімділігін береді. Бірақ шектелген атомайзердің түрі шашатын ұшында балқыманың қату проблемаларына сезімтал болады. Бұл әсер балқыманың балқу ағынының жанындағы тығыз байланыстағы типтен шығатын кеңейтілетін газ ағынымен кең салқындатуына байланысты. Изентропиялық газды кеңейту барысында атмосфералық газдың температурасы төмендейді (кейде 0 °C-тан төмен).



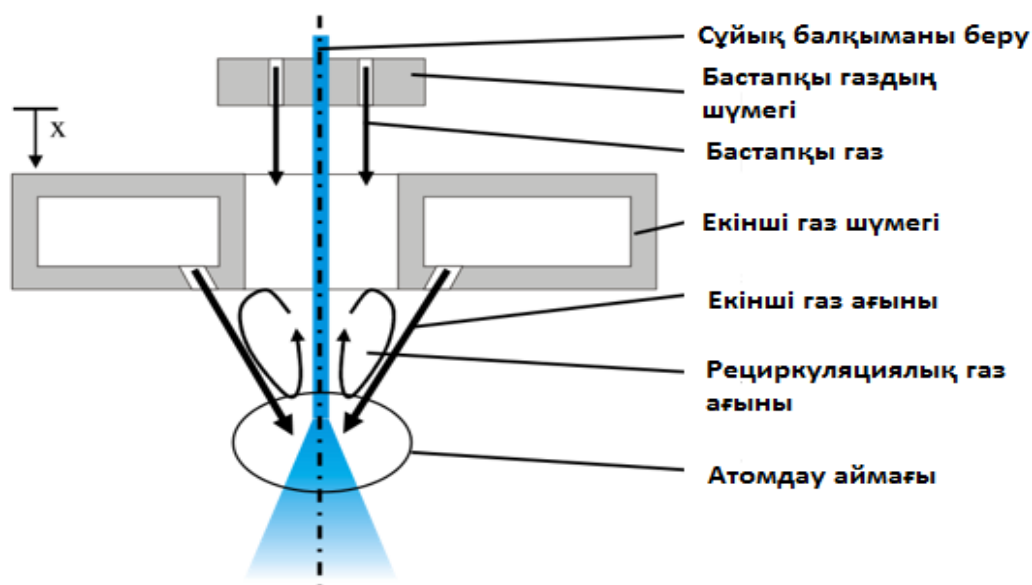
23-сурет – Балқымалардың газды атомизациялау қағидалары: Жабық біріктірілген сорғышы (сол жақта) және бос құлаушы атомы (оң жақта)

Газ және балқымалардың ағыны арасында тығыз кеңістіктік байланыстың болуына байланысты бұл балқыманың балқу саптамасының ұшында жылдам салқындауына ықпал етеді. Мұздату мәселесі, әсіресе, спрей қалыптастыратын қосымшаларға қатысты. Бұл процесте барлық техникалық қосымшаларда үзіліссіз пакеттік операциялар орындалады (мысалы, балқымалардың балқымасының дайындалуына байланысты немесе спрейдің қалыптасуы үшін шектелген дайындау формасы). Бүркүді қалыптастыру процестерінің жұмыс уақыты бірнеше минуттардан шамамен бір сағатқа дейін созылады. Термиялық байланысты мұздату мәселесі балқу ағыны саптамасынан бірінші рет шыққанда процестің бастапқы кезеңінде тікелей маңызды болып табылады. Осы сәтте шүмек ұшты әлі салқындатылып, ең алдымен қыздыру керек, мысалы: ыстық балқыма ағынымен. Бұл қыздыру процесі белгілі бір уақытқа созылады. Демек, термиялық байланысты мұздату проблемалары балқымаларды атомдау процесінің алғашқы бірнеше секундында жиі байқалады.

Балқу саптамасында термиялық байланысты қатудан басқа, жиі кездесетін балқымалардың жеткізу жүйелеріндегі химиялық немесе металлургиялық мәселелер де кездеседі. Осы проблемалардың бәрі балқытылған атомды қондырғыларда әлі шешілмеген. Балқыма материалдың ықтимал өзгеруінен немесе түгін немесе саңылау материалының ықтимал балқу тұндыру реакцияларына немесе диффузиядан балқу сегрегациялық әсеріне байланысты ықтимал өзгерістерден туындайды. Бұл реакция үрдісінің кинетикасы бұрын айтылған термиялық мұздату үрдісінің кинетикасына қарағанда біршама баяу

және операциялық мәселелерді технологиялық операцияның кейінгі уақыт жағдайында ықпал етуі мүмкін.

Қосалқы газ ағынының көлбеу болуына байланысты, қайталама газ шүмегінің астына сорғыштың конструкциясына және пайдалану шарттарына байланысты газ ағымы аймағы пайда болуы мүмкін. Егер рециркуляция ағынының қарқындылығы айтарлықтай жоғары болса, сұйық байланыстар немесе тамшылар ағызылатын денеге тасымалданады. Мұнда бұл жабысатын фрагменттер газды және / немесе сұйық тесіктерді жабыстыруы және атомдау үрдісін теріс әсер етуі немесе тіпті тоқтатуы мүмкін. Жалпы еркін құлаушы атмосферадағы конструкцияларда рециркуляциялық газ ағыны бастапқы газ шүмегін пайдалану арқылы басылады. Бастапқы газ ағыны сұйықтық ағынына өтіп, сұйықтықты рециркуляциясыз шашырау аймағына бағыттайды.



24-сурет – Кәдімгі еркін құлауыштың негізгі құрамдас бөліктері мен учаскелері

Еркін кептіргіш сорғышты пайдалану барысында, газдың шашатын жүйелерінің газ массасының ағыны тиісінше бастапқы және

қайталама газ

қысымымен реттеледі (қысым деңгейі жоғары қысыммен берілген).

Бастапқы

және қайталама саңылаулар арасындағы қысым арақатынасы

дұрыс

реттелмегенде және рециркуляция ағымының күшті ағымы пайда

болған

жағдайда, атомдар жұмысында проблемалар туындауы мүмкін.

Бастапқы газ

шүмегінің қолданылатын максималды газ қысымы атом аймағына

жетуден

бұрын сұйықтық ағынында пайда болатын бастапқы бұзылулармен

шектеледі.

Сондықтан қайталама газ қысымы шектеулі, себебі қайталама газ

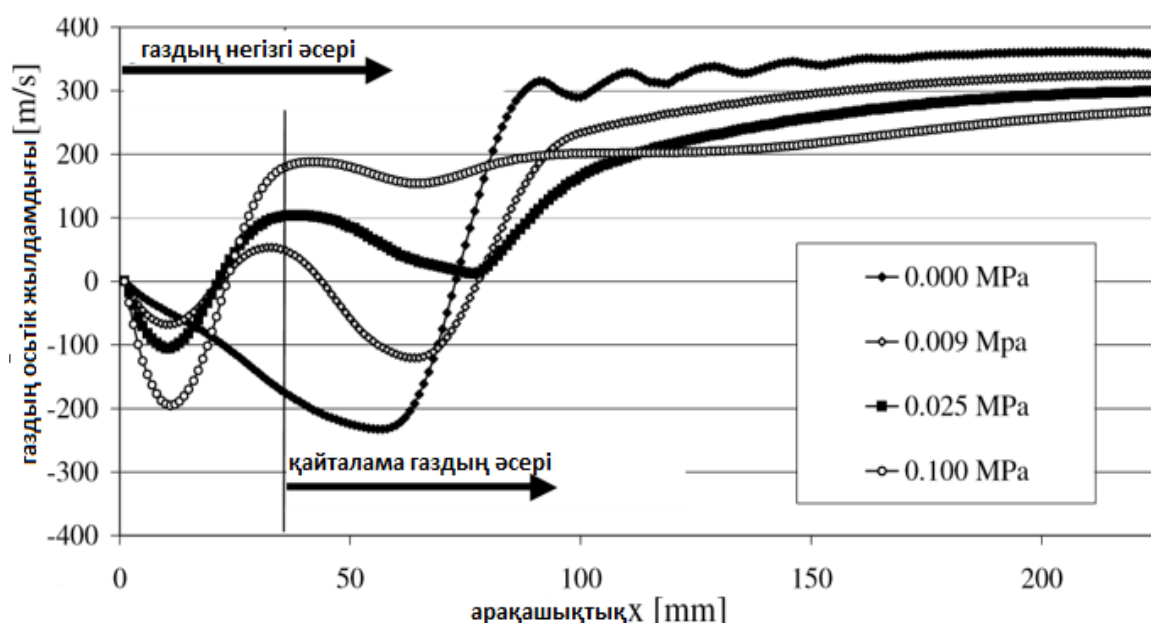
массасының

шығыны рециркуляцияның алдын алу үшін қажетті бастапқы газ
массасының
шығынын анықтайды. Екі саптаманың жүйелерінің бұл қосылымы бос
кұлауыш
сорғыштың қолданылуын шектейді.

Еркін кептіргіш қондырғының жұмыс жағдайын жақсарту үшін
рециркуляция ағыны әлі де басылған кезде газ қысымын жоғарылатуға арналған.

Бұл жағдайда қайталама газ шүмегінің астындағы рециркуляциялық газ ағыны басқаша жолмен болдырмауға тиіс. Мұнда қайталама газ шүмегінің газ ағынына орнатылған цилиндрлік сақиналық құрылғы атомдық өнімділікті жақсартып алады. Қолданылатын құрылғы Coanda әсерін пайдаланады және инжектор принципі, жергілікті атомдық газ бағыты әсер ету үшін. Жабық ағындық құрылғыда (мұнда Coanda-сақинасы деп аталады) газ ағыны төменге ауытқиды және ішкі аймақ пен қоршаған ортадағы газ қысымының арасындағы қысымның артуын арттырады. Газ ағынының бұл төменгі көрінісі газ ағымын негізгі ағыннан тыс арттырады, демек, газдың жалпы ағынының жылдамдығын арттырады. Бұл әсерді жоғарылату маңызды болып табылады, себебі сұйықтық реакциясының қайталама шашатын ішіндегі өзара әрекеттестігі артады және рециркуляция газының ағымы басылады.

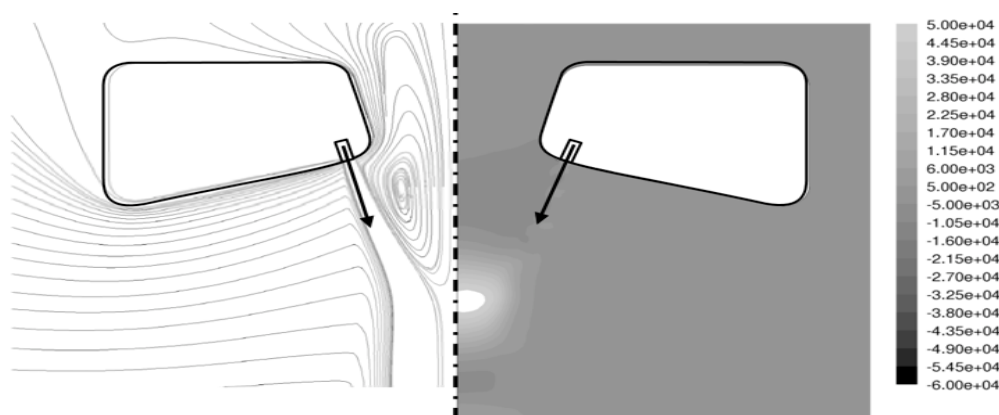
25-суретте бастапқы газ қысымының ауытқуына арналған қайталама газ қысымында (0,5 МПа) атмосфераның орталық сызығындағы осьтік газ ағынының жылдамдығы қарастырылған. Бастапқы газ қысымын 0,025 МПа-дан асатын жағдайда қайталама газ шүмегінің астындағы рециркуляциялық газ ағыны (бұл ауданда теріс жылдамдықтар болмайды) басылады. Бастапқы газ шүмегіне жақын рециркуляцияның қарқындылығы бастапқы газ қысымының жоғарылауымен бірге артады.



25-сурет – Бастапқы газ қысымының ауытқу кезіндегі орталық сызықтағы осьтік газ жылдамдығы

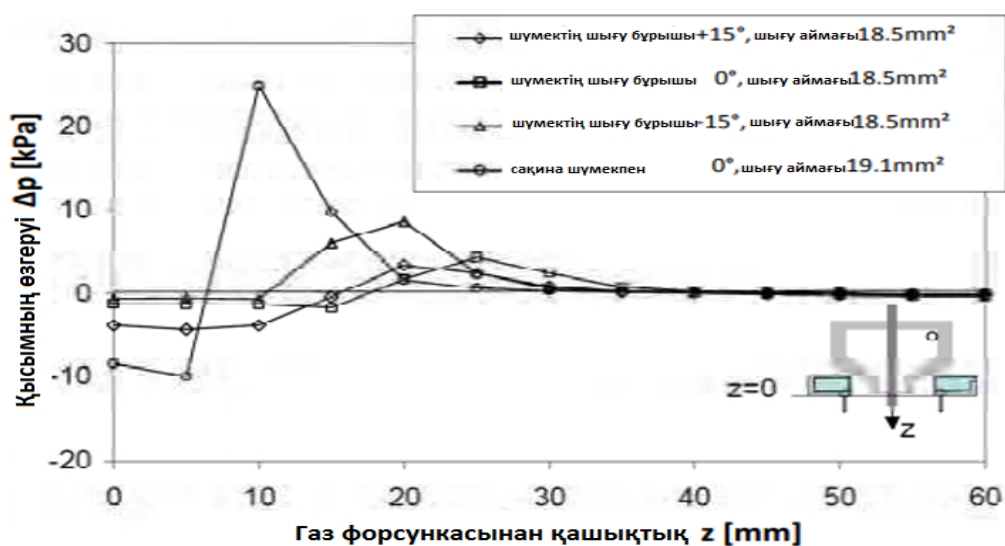
26-суретте бастапқы газды қолданбастан еркін құлаудағы ысыртқалғыштың ағыны өрісі оң жақ бөлігінде (сол жақта) және жергілікті статикалық қысымды бөлу (оң жақта) ретінде 0,5 МПа қайталама қысым кезінде бейнеленген. Екінші газ шүмегінің астында пайда болған рециркуляция ағымы өрісі көрінеді. Жоғары қысымды ауданы атомдық газ ағындары орталық сызыққа

төтеп беретін жерде орналасады. Жергілікті статикалық қысым осы аймақта 50 кПа асады.



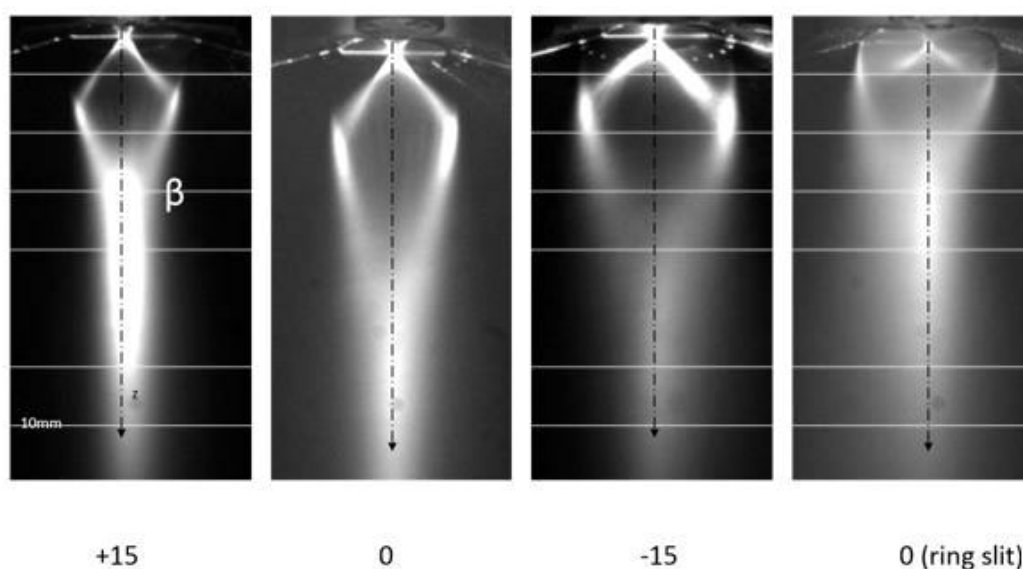
26-сурет – Резервуардағы қосымша газ ағыны (шкаласы P_a деңгейіндегі қысым деңгейін көрсетеді)

26-суретте бастапқы газды қолданбастан, бірақ 0,5 МПа қайталама газ қысымында белгіленген Coanda-ағындық сақиналық құрылғы бар бос құлауыш сорғыштың ағымдық жағдайы көрсетілген. Сол жақта ағын сызығы оңтайлы бөлу арқылы суреттеледі және оң жақта статикалық қысымды бөлу көрсетіледі. Бұл жағдайда регенерация ағыны өрісі жасалмайды. Оң жақта орнатылған Coanda-ағым құрылғысының кіреберісінде қысымның төмен ауданы пайда болғанын көруге болады.



27-сурет – Газбен сақиналы-сорғыштың ортаңғы сызығына орналастырылған түтіктің беткі қабатындағы қысым қысымның ағызу аймағындағы газ ағынының өрісін көрсетеді. Түрлі атомдық конструкциялардың әсері көрсетілген

Еркін құлдырауыш аэрозондар термиялық мұздату үрдісі тұрғысынан тығыз байланыстырушы атомдарға қарағанда әлдеқайда аз проблемалар болып табылады, себебі балку ағыны және газ ағыны балқыманың жеткізілім жүйесінің шығуынан (тунды шығу) жақсы бөлінеді. Демек, суық газға байланысты балқыманың салқындатуы жақынырақ байланыстырылған атомдардан гөрі, кейінірек орын алады. Бүріккіш атомы басқарылатын механикалық немесе пневматикалық сканерлеу мүмкіндігін қалыптастыратын спрейдің қосымша артықшылығы болып табылады және осылайша бір осіне қатысты газды сорғышты осцилляциялайды. Сондай-ақ, атмосфераға шашатын ішіндегі газ реакторының сегменттерінің кеңістіктік уақытша бөлінуі туралы ұғымдар пайдаланылуы мүмкін. Осылайша, еркін құлаушы сорғыш операторға бүріккіштегі тамшылардың массалық ағынының таратылуын реттеу және реттеу туралы қосымша еркіндік береді. Басқа атмосфералық шашатын жүйелері ішіндегі шашыратқыштың маңызды физикалық қасиеті (жұмыс істеп тұрған процесс ішінде) газ қысымының өзгеруіне ғана әсер етуі мүмкін. Саңылаудың бақыланатын сканерлеуі арқылы массалық ағын белгілі бір аймақта да таратылуы мүмкін (мысалы, жалпақ өнім бүркуді қалыптастыру үшін қажет).



28-сурет – Газдың саптамасының шығу бұрышы β°

Лазерлі жарық парағымен жарықтандырылған спрей конусының орталық жазықтығы. Қысымды газды атомдау, сұйықтық: су. Жарық ауданы бөлшектердің үлкен саны. Әр түрлі атмосфералық конструкциялардың қысымды газды сорғыштың бүрку конустарына әсері. Спрей конусының орталық жазықтығы лазерлі жарық парағы арқылы жарықтандырылады және су сұйықтық ретінде пайдаланылады.

6 Экономикалық бөлім

6.1 Жобаның экономикалық тиімділігін анықтау

Мақсаты – жобаланатын техниканың техникалық-экономикалық көрсеткіштерін есептеу және оларды базалық нұсқаның көрсеткіштерімен салыстырмалы талдау жасау, жобада ұсынылған техникалық шешімдердің экономикалық тиімділігін анықтау.

4-кесте – Салыстырмалы нұсқалардың қысқаша сипаттамасы

Негізгі нұсқа	Жобаланатын нұсқа
Өндіріс түрі-сериялық. Еңбек шарты-калыпты. Еңбекақы төлеу нысаны-уақыт бойынша-сыйақы.	Операцияларды біріктіру есебінен операция босатылады. Өндіріс түрі-сериялық. Еңбек шарты-калыпты. Еңбекақы төлеу нысаны-уақыт бойынша-сыйақы.

5-кесте – Келтірілген шығындарды есептеу және таңдау

Көрсеткіштер атауы	Есептеу формулалары және есептеу	Көрсеткіштердің мәні	
		Базалық	Жобалау
1 Бөлшектің бірлігіне келтірілген шығындар, тг.	$З_{пр.д} = \text{Столдық} + E_n \cdot \text{Куд}$ Мұнда $E_n = 0,33$ Базалық нұсқа $З_{пр.д} = 272,182 + 0,33 \cdot 0,476 = 272,339$	272339	184608
2 Жылдық келтірілген шығындар, мың тг.	Жобаланатын нұсқа $З_{пр.д} = 184,4619 + 0,33 \cdot 0,444 = 184,608$ $З_{пр.д} = З_{пр.д} \cdot Пг$ Базалық нұсқа $З_{пр.д} = 272,339 \cdot 15000 = 4085085$ Жобаланатын нұсқа $З_{пр.д} = 184,608 \cdot 15000 = 2769120$	37900000	29000000

7 Қауіпсіздік және еңбек қорғау

7.1 Өндіріс орнындағы зиянды заттар

Ұнтақты металлургия өндірістерінде қауіпсіз жұмысты қамтамасыз ету үшін металлургия және химия өндірісінде, гальваникалық және механикалық цехтарда бар еңбекті қорғау және қауіпсіздік техникасы бойынша шаралар, сондай-ақ осы мақсатта арнайы әзірленген ережелер қолданылады.

Оларды орындау кезінде шаң және газ тәрізді жағдайларда ауаның әртүрлі заттармен ластануы мүмкін, олардың бір бөлігі адам үшін зиянды немесе өрт және жарылыс қауіпті болып табылады.

Ұнтақ металлургия әдістерімен бұйымдар өндіру зияндылық пен қауіпсіздікті "В" санатына жатқызуға болады.

6-кесте – Бұйымдарды дайындау кезінде жұмыс орындарында шаң ұстау ұнтақ металлургия әдістерімен, мг / м³

Операциялар	Негізіндегі бұйымдар	
	Темір	Мыс
Темір ұнтағын елеу	—	141,3
Графит ұнтағын елеу	—	12,7
	166,6	—
Виброситті қолмен және материалды елеу	11,3	—
	—	14,5
Панадағы қола графит қоспасын себу	—	37,9
Железографит бұйымдарын престеу:	—	43,4
жартылай автоматты престерде	58,9	—
Гидравликалық престерде	69,5	—
Железографит қоспасын қолмен дозалау	86,3	—
Жартылай автоматты престің бункерін жүктеу	16,6	—
Бұйымдарды престеу:	584,6	—
Жартылай автоматта		
Қолмен		

Ұнтақты металлургия технологиясына жұмыс орындарында атмосфераның шаң тәріздес металдармен немесе түрлі қосылыстармен ластануы

тән. Ластанулар тарту, елеу және араластыру шихтаны мөлшерлеу, ұнтақ материалдарын тасымалдау кезінде белгіленеді.

Атмосфераны ластайтын бөлшектер мөлшері 4 мкм-ден кем болады. Жұмыс орындарындағы шаңның құрамы – ұнтақтар немесе бұйымдар өндірісінің тиісті операцияларымен анықталады (6-кесте).

Мыс ұнтағының шаңы тыныс алу мүшелерінің ауруына ықпал етеді, жүрек-қантамыр жүйесі, асқазан-ішек жолдары, тыныс алу, бауыр және т. б. уланулар тудыруы мүмкін. Адам ағзасына зиянды әсер етуден басқа мыс оксиді улы фиброгенді әсер етеді.

Мыс ұнтағын өңдеудің барлық операциялары айтарлықтай шаңмен сүйемелденеді. Адам ағзасына мыс ұнтағының шаңы зиянды әсері етеді. Ол жұмысшылардың тұмауы, жіті гастритпен ауыруына себеп болады.

Таза темір материалының ұнтақтары мен шаңы азырақ улы. Алайда, оларды жүйелі түрде дем алдыру кезінде олар пневмокониотикалық өзгерістердің болуы және созылмалы бронхиттердің дамуына ықпал етуі мүмкін. Темір қосылыстарының айтарлықтай уыттылығы бар.

Қорғасын ұнтақтары улы. Тұрақтандырылған қорғасын жұқа дисперсті ұнтақ түрінде және шайқау кезінде шаңға оңай өтеді. Біздің елде бекітілген қорғасын концентрациясы 10 мг/м^3 ауа құрайды, бұл қабылданған кейбір шет елдердегі нормалардан бес есе төмен. Қорғасын адамның көптеген жүйелері мен органдарының зақымдануымен бірге болатын жіті және созылмалы уланудың да себебі болуы мүмкін.

Никель мен оксидтің шаңы айқын улы әсерге ие. Жедел және созылмалы улануды тудыруы мүмкін, соның негізінде өткір тамырлы бұзылулар жатады. Аллергиялық бөртпенің пайда болуы да мүмкін. Ауада осы заттардың шаңының рұқсат етілген мөлшері $0,5 \text{ мг / м}^3$ құрайды.

Қатты қорытпалар өндірісінде пайдаланылатын барлық ұнтақтардан ең уыттылығы кобальт бар. Шаң тәріздес бөлшектердің қоспалары вольфрам, титан және кобальтқа ұқсас әрекет етеді, бірақ вольфрамның қатысуымен кобальт белсенділігі артады. Цинк жамылғысы бар бұйымдарды тозаңдату әдісімен және термоөңдеу кезінде адам ағзасында қызба жағдайын тудырады. Хромның ұнтақтары аллергиялық бөртпеге және теріге және мұрын қуысына жараның пайда болуына себеп болуы мүмкін. Өкпе фиброзы салдары болуы мүмкін. Ұсынылатын хром гидридіннің шекті рұқсат етілген концентрациясы (ШРК) 6 құрайды.

Ұнтақтар мен өнеркәсіптік шаңдардың денсаулыққа қауіптілік дәрежесі көптеген факторлармен анықталады: химиялық құрамы, бөлшектердің мөлшері, концентрация, әсер ету ұзақтығы, адам ағзасына ену жолдары.

7.2 Ұнтақтардың өртке және жарылысқа қауіптілігі

Өрт деп материалдық құндылықтарды жоюмен және адамдардың өміріне қауіп төндіретін бақылаусыз жану процесін айтамыз. 12.1.004-91 МЕСТ сәйкес "Өрт қауіпсіздігі" жалпы талаптары-бұл өрт мүмкіндігін болдырмайтын, ал ол

туындаған жағдайда адамдарға қауіпті факторлардың әсерін болдырмайтын және материалдық құндылықтарды қорғау қамтамасыз етілетін объектінің жағдайы.

Жобаланатын атомайзер учаскесі жарылыс-өрт және өрт қауіптілігі бойынша үй-жайлар мен ғимараттардың "Б" санатына жатады. Үй-жайдағы заттар мен материалдардың сипаттамасы: өңдеу процесі сәулелі жылу, ұшқын және жалынның бөлінуімен қоса жүретін ыстық, қыздырылған немесе балқытылған күйдегі жанбайтын сұйықтықтар, заттар мен материалдар.

Өртті сөндіру: ыстық материалдарды үлкен жылу сыйымдылығына ие заттардың көмегімен қатты салқындатумен; ыстық материалдарды атмосфералық ауадан оқшаулаумен; жану ошағына келіп түсетін ауада оттегінің құрамының төмендеуімен; арнайы химиялық құралдармен жүзеге асырылуы мүмкін. Өрт сөндіру үшін су, су буы, химиялық және механикалық көбік, жанбайтын газдар, қатты өрт сөндіру ұнтақтары қолданылуы мүмкін.

Ұнтақты металлургия процестерінің өрт және жарылыс қауіптілігі жұқа дисперсті ұнтақтарды, сондай - ақ тез тұтанатын және жақсы жанып жатқан негізгі және қосалқы материалдарды қолдануға негізделген.

Ұнтақтардың пирофорлығы (белгілі бір жағдайларда ішкі экзотермиялық процестердің әсерінен тұтану қабілеті) және олардың жарылуы ұнтақтың табиғатына, оның дисперсиялығына, бөлшектердің түріне және т. б. байланысты.

Ұнтақтар қоспасының жарылыс белсенділігі ұлғайған кезде артады. Бөлшектердің мөлшерін азайту, олардың меншікті бетінің артуы. Ұнтақтардың басым бөлігі 200 мкм-ден аз мөлшерде жарылыс қауіпті және бір текше метрге оннан он мың грамға дейінгі концентрациялар. Жарылыстың ең көп қысымы шоғырлануы 500-2000 г/м³ және бөлшектер мөлшері 50 мкм-ден кем кезінде байқалады.

Тұнған ұнтақты белсенді металдар қабатының үстінде дыбыстан жоғары жылдамдықпен жарылыс толқыны таралуы мүмкін. Шаңның тұтануы, түрлі жарылыс қауіпі бар материалдардан, соның ішінде металдардан тұратын заттар жарылысқа әкелуі мүмкін. Жарылыс өрт қауіпті заттардың қатаң белгіленген шоғырлануы кезінде орын алады.

Санитариялық-техникалық және технологиялық тәртіп іс-шараларын жүргізуді талап етеді. Бұл іс-шараларға мыналар жатады: аз уытты материалдарды, герметикалық аппаратураны, тиімді шаң ұстағыштарды пайдалану, құрғақ әдістерін қолдану, жеке қорғану құралдарын қолдану (маскалар, респираторлар, қолғаптар, киім).

Еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету проблемасын неғұрлым түбегейлі шешу үшін қауіп төндіретін операцияларды автоматтандыру болып табылады.

Жобаланатын участок өрт сөндіру құралдарының дәрежесі бойынша Б санатына жатады.

Учаскеде келесі өрт сөндіретін құрал-жабдықтар табылу керек:

- Көмір қышқылды өрт сөндіргіш ОУ-5 (1 дана);
- Ауа-химиялық өрт сөндіргіш (2 дана);
- Сыйымдылығы 0.5÷3.0 м³ болатын құм жәшік және күрек;

- Киіз немесе асбест ($1 \times 1 \div 2 \times 2 \text{ м}^3$).

7.3 Электрқауіпсіздігі

Жабдықтың, электр сымдарының жарамдылығын тексеру және көз жеткізу. Ақаулықтар анықталған жағдайда жұмысқа кірісуге болмайды. Бұл туралы ақаулар жойылғаннан кейін және оның жұмысқа кірісуіне рұқсат бергеннен кейін ғана болады. Жабдықтың қорғаныш жерге тұйықталуының болуын және сенімділігін тексеру керек. Электр сымының жай-күйін тексеру.

Ажыратқыштардың және 3D-принтердің басқа басқару органдарының жарамдылығын тексеру. Кез келген ақаулар анықталған жағдайда принтерді қоспауға және бұл туралы басшыға дереу хабарлауға міндетті. 3D принтерді тек ажыратқыштармен қосып-өшіріңіз, розеткадан айыра салуға болмайды. Қорғаныс құрылғыларын құрал-жабдықтан алуға және онсыз жұмыс істеуге, сондай-ақ қыздырылған экструдер мен үстелдерге тиюге тыйым салынады.

7.4 Кәсіпорынның микроклиматы

Метеорологиялық жағдайлар-белгілі бір сәттегі немесе уақыт аралығындағы атмосфераның онда болып жатқан процестерге байланысты жай-күйі. Өндірістік үй-жайлардың метеорологиялық жағдайлары (микроклимат) адам ағзасына әсер ететін температураның, ылғалдылықтың және ауа қозғалысының жылдамдығының, сондай-ақ қоршаған беттердің температурасының олардың жылу сәулесімен үйлесімділігімен анықталады. Микроклимат параметрлері адам ағзасының жылу алмасуын анықтайды және ағзаның әртүрлі жүйелерінің функционалдық жағдайына, көңіл-күйіне, жұмысқа қабілеттілігіне және денсаулығына елеулі әсер етеді.

Өндірістік үй-жайлардағы температура өндірістік ортаның метеорологиялық жағдайларын анықтайтын жетекші факторлардың бірі болып табылады.

Өндірістік жағдайдағы микроклимат келесі параметрлермен анықталады:

а) ауа температурасы, $t \text{ } ^\circ\text{C}$;

б) салыстырмалы ылғалдылық, %;

в) жұмыс орнындағы ауа қозғалысының жылдамдығы, м/с;

г) жылу сәулесінің қарқындылығы.

3D-принтер бөлмені мұқият желдетіп, бөлмедегі микроклимат рұқсат етілген шектерде тұрғанына көз жеткізу керек. Жылдың суық мезгілінде ауа температурасы – $22\text{-}24 \text{ } ^\circ\text{C}$, жылдың жылы мезгілінде – $23\text{-}25 \text{ } ^\circ\text{C}$, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 40-60 % керек.

3D-принтерде жұмыс істеген кезде табиғи немесе жасанды желдеткішсіз үй-жайларда жұмыс орнын орналастыруға жол берілмейді. Катушкадағы пластикті тікелей күн сәулесінен қорғау үшін күннен қорғайтын құрылғылар (перделер, металдандырылған жабыны бар пленка, тік панельдері бар реттелетін жалюзи және т.б.) қарастырылуы тиіс. Кабинет үй-жайында және жұмыс орнында тазалық пен тәртіпті сақтау, жүйелі желдету жүргізу қажет.

Метеорологиялық жағдайлармен туындайтын қарқынды жылу немесе суық әсер ағзаның тіршілік әрекетінің айтарлықтай өзгеруіне және осының салдарынан еңбек өнімділігінің төмендеуіне, жұмысшылардың жалпы аурушандығының артуына әкелуі мүмкін. Сондықтан өндірісте қолайлы метеорологиялық жағдай жасау мәселесіне еңбек гигиенасына көп көңіл бөлінеді.

7.5 Желдету

Желдету-бұл әр түрлі мақсаттағы үй-жайларда, соның ішінде құрылыс нормалары мен ережелеріне сәйкес жұмыс орындарында ауа ортасының берілген параметрлерін ұстап тұру үшін ауа алмасуды ұйымдастыру үшін қолданылатын шаралар мен агрегаттар кешені.

Біз жобалаған цехта келесі желдету түрлерін пайдалану болжанады:

- табиғи;
- жалпы алмасу;
- жергілікті.

Жергілікті сору желдеткіші-зиянды бөліктердің пайда болу немесе шығу орындарынан тікелей ауаны шығаруға арналған желдеткіш.

Жергілікті желдету зиянды заттарды бөлу көзі немесе технологиялық жабдыққа жапсарлас жергілікті сору үшін әр түрлі жабындарды құруға әкеледі.

7.6 Өндірістік шудан және дірілден қорғану

Шу — бұл әртүрлі қарқындылық пен жиіліктің апериодикалық дыбыстарының жиынтығы. Физиологиялық тұрғыдан шу - бұл жағымсыз дыбыс.

Жұмыс орындарындағы шудың нормаланған параметрлері 12.1.003-83 МЕСТ "Еңбек қауіпсіздігі стандарттарының жүйесі. Шу. Жалпы қауіпсіздік талаптары". Олар барлық министрліктер, ведомстволар үшін октавалық жиілік жолақтарындағы дыбыс қысымының рұқсат етілген деңгейі міндетті болып табылады. Дыбыс деңгейі және дыбыстың эквивалентті деңгейі дБА-да өлшенеді. Адам үшін аса зиянды және жағымсыз жоғары жиіліктерде төмен жиіліктермен салыстырғанда дыбыстық қысымның аз деңгейі рұқсат етіледі.

ЗД–принтерде жұмыс істеу кезінде адамға келесі қауіпті және зиянды факторлар әсер етеді:

- пластиктің булануы;
- температура;
- шу.

Өндірістік жағдайларда жұмыс істейтін станоктар мен механизмдер, механикаландырылған қол құралдары, электр машиналары, компрессорлар, көтергіш-көлік, қосалқы жабдықтар (желдеткіш қондырғылары, кондиционерлер) және т. б. шу көздері болып табылады.

Адам ағзасына қарқынды шудың әсері жүйке процестерінің жүруіне қолайсыз әсер етеді, шаршаудың дамуына, жүрек-қантамыр жүйесіндегі

өзгерістерге және шудың патологиясының пайда болуына ықпал етеді,оның көптеген көріністерінің арасында жетекші клиникалық белгі естудің баяу үдемелі төмендеуі болып табылады.

Діріл көздері - механизмдер, машиналар, механикаландырылған құралдар. Дірілдің $f = 250-350$ Гц жиілігімен ұзақ әсер еткенде ағзадағы тұрақты патологиялық бұзылулармен (бұлшықеттердің зақымдануы, сүйектердегі, буындардағы өзгерістер) ілесе жүретін "діріл ауруы" атты кәсіби ауру пайда болады.

Дірілден қорғаудың тиімді тәсілі-дірілді оқшаулағыштарды қолдану. Дірілді оқшаулағыштар машина мен оның негізі арасында орналасқан серпімді элементтер болып табылады. Олар металл, резеңке, серіппелі және аралас болуы мүмкін.

7.7 Жарықтандыру

Жарықтандыру-қоршаған ортаны көзбен қабылдауды қамтамасыз ету үшін күннің жарық энергиясын және жасанды жарық көздерін пайдалану. Сонымен қатар, еңбек қауіпсіздігі мен еңбек өнімділігінің жоғарылауын қамтамасыз етеді.

Жобаланатын учаскеде табиғи және жасанды жарықтандыруды пайдалану көзделеді.

Табиғи жарықтандыру-бұл үй-жайдың жарық ойықтары арқылы өтетін, бағытталған немесе шашыраңқы күн сәулесімен немесе аспан жарығымен жасалатын жарық. Табиғи жарықтандырудың жалғыз көзі-күн.

Табиғи жарықтандыру көру үшін қолайлы және үнемді. Табиғи жарықтың қарқындылығы бөлмедегі жарықтың сыртқы жарықтан қанша есе аз екендігін көрсететін табиғи жарықтың ТЖК коэффициентімен бағаланады; бұл көрсеткіш пайызбен көрсетіледі.

Жасанды жарықтандыру-күн сәулесі жоқ немесе табиғи жарық жеткіліксіз болған кезде адам жасайтын жарық.

$$KEOIV = eN \cdot m \cdot c \quad (5)$$

m-ғимараттың ТМД аумағында орналасқан ауданына байланысты анықталатын жарық климатының коэффициенті. Жобаланатын учаске үшін $m=0,9$;

c-ғимараттың ТМД аумағында орналасқан ауданына байланысты күн климатының коэффициенті. Жобаланатын учаске үшін $c = 0,95$

$$KEOIV = 3,5 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 3\%$$

$$KEOIV = 2 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 1,71\%$$

$$KEOIV = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 1,28\%$$

Жалпы жасанды жарықтандыру есебі:

$$\Phi_o = \frac{E_n \cdot S \cdot z \cdot k_z}{\eta} \quad (6)$$

мұндағы Φ_o -учаскені жарықтандыруға қажетті жалпы жарық ағыны, лм;

E_n -жұмыс бетінің нормаланатын жарығы, лк;

S -жарықтандырылатын учаскенің ауданы, м²;

z -жарықтандырудың біркелкілік коэффициенті, $z = 1,2$;

k_z -үй-жайлардың тозаңдануын және пайдалану процесінде жарық ағынының азаюын ескеретін қор коэффициенті; ҚТ учаске үшін 1,8 тең деп қабылдаймыз; бөлмедегі жарық ағынын пайдалану коэффициенті 0,69 тең;

$$\Phi_{л} = \frac{500 \cdot 1728 \cdot 1,2 \cdot 1,8}{0,69} = 2704695_{лм}$$

$$n = \frac{\frac{\Phi_o}{\Phi_{л}}}{\Phi_{л}} \quad (7)$$

N -шамдардың саны, дана;

$\Phi_{л}$ -шамның жарық ағыны, лм;

$$n = \frac{2704695}{11000} = 246$$

дана

Жобаланатын учаскеде нормаланатын жарықтандыру үшін ДРЛ 250 маркалы 246 шам орнатамыз.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жобада базалық технологиялық процесс негізін қолдана отырып, машина жасау технологиясы, стандарттау, автоматтандыру, экономика, тіршілік қауіпсіздігі және жобалау құрылғылар бойынша алынған білімдер негізінде, икемді автоматтандыру өндіріс талаптарына және экономикалық тиімділігіне сай келетін талаптарын ескере отырып, газды атомайзер параметрлерін қарастырдым.

Механикалық өңдеу үшін операциялық технологиялық процестер әзірленген, ол жұмыс үдерісінде технологиялық базасының таңдауы, технологиялық өту тізбек, кесу режимдері жүзеге асырылды.

Елдің технологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету және әлемдік нарықтарға шығу үшін отандық өнім шығарушыларды шешуі қажет маңызды міндеттер шығарылатын өнімнің сапасын түбегейлі арттыруды қамтамасыз етуге қабілетті ғылымды қажетсінетін және энергия үнемдейтін технологияларды (бірінші кезекте - ұнтақ өндіру технологияларын) енгізу болып табылады. Бұл саланың бейінді кәсіпорындары санының ұлғаюына, сондай-ақ олардың негізінде ұнтақтар мен бұйымдар алу жөніндегі өңірлік өндірістерді дамыту мен жетілдіруге байланысты.

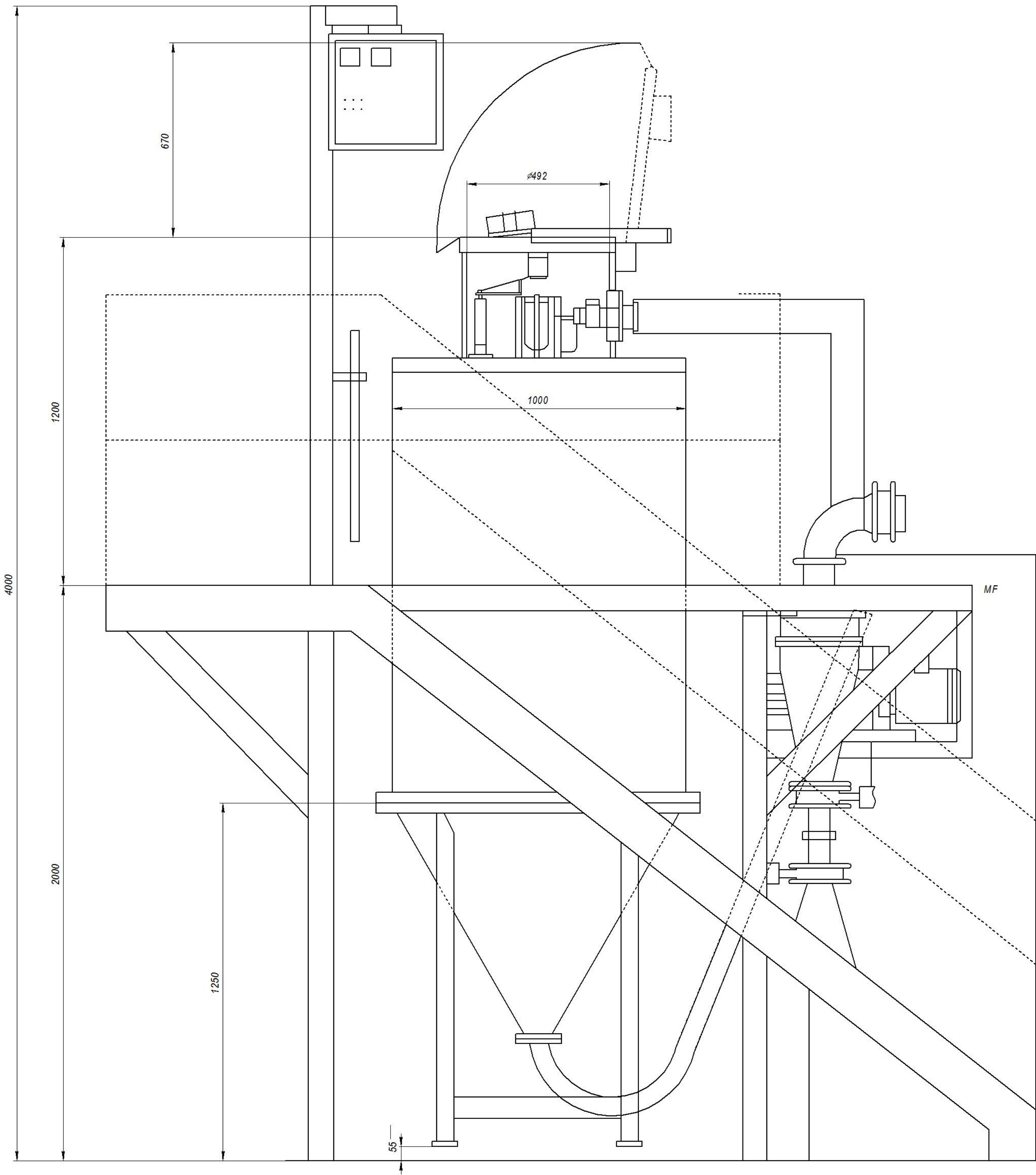
Бұйымдарды дайындау кезінде ұнтақты металлургия принциптерін қолдану энергетикалық шығындар мен материалдардың шығынын айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді. Әлеуметтік аспектіде ұнтақ металлургия қоршаған ортаның газдармен, зиянды шығарындылармен және қождармен ластануын төмендетуге ықпал етеді, яғни өндірістің экологиялық тазалығын қамтамасыз етеді. Ұнтақты металлургия технологияларын пайдалана отырып, бұйымдардың беріктігінің, тозуға төзімділігінің шектерін көп есе арттыруға, жоғары температураларда тұрақты қызмет жағдайын қамтамасыз етуге қабілетті жаңа материалдарды жасау бойынша кең ауқымды міндеттер шеңбері шешіледі.

Ұнтақты технологиялар қолдану аймағын кеңейтуге әсер ететін шектеулер металл ұнтақтардың жекелеген түрлерінің салыстырмалы жоғары құнына байланысты. Бұл жағдай ұнтақты технологияларды немесе олардың негізінде ірі көлемді ұнтақтар мен бұйымдарды өндіру кезінде, немесе ерекше қасиеттері бар материалдарды алу кезінде – дамыған құрылым, жоғары меншікті бет, жоғары беріктігі байланыс типтері және т.б. экономикалық тиімді етеді. Мұндай материалдар, өз кезегінде, жаңа конструктивтік шешімдер мен технологиялық процестерді іске асыруға мүмкіндік береді.

Ұнтақты металлургияның технологиясын дамыту мен кеңінен енгізудің маңызды мәселелерінің бірі бейінді кәсіпорындар үшін кадрлар даярлау болып табылады. Ұнтақты металлургияның үлкен әлеуетті мүмкіндіктерін табысты іске асыру едәуір дәрежеде кәсіпорындардың техникалық персоналының дайындық деңгейіне, оның материалдарды қалыптау және жентектеу мәселелерінде хабардар болуына, осы процестердің шешімдері мен факторларының алынатын бұйымдардың қасиеттеріне әсер етуіне байланысты болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении. Пособие для инженеров / Центр. науч.-исслед. автомоб. и автомо-торн. ин-т «НАМИ». - М., 2015. - 220 с.
- 2 Лыков П.А. Разработка гидропневмоагрегатов машин по производству микропорошков из жидких металлов: дис. ... канд. техн. наук. - Челябинск, 2013. -147 с
- 3 Шишковский И. В. Перспективы быстрого прототипирования для изготовления моделей и литейных форм - 2010. – 23-29 с.
- 4 Ермаков С.С., Сулейменов Э.А., Протопопов А.В., Абдалиев М.А. Порошковые материалы - Алма-Ата: Изд-во Гылым, 1991. - 344 с.
- 5 Прототипирование и технология послойного синтеза в современном компьютеризированном производстве / О.С. Сироткин, Ю.М. Тарасов, С.Б. Рыцев, Р.И. Гирш // Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / ОАО «НИЦ АСК». - М., 2008. - 608 с.
- 6 Шатульский А.А., Шаповалова М.А. Применение методов прототипирования для изготовления изделий машиностроения // Научные технологии в машиностроении. - 2011. - № 1. - 24-29 с.
- 7 Дорофеев Ю.Г., Мариненко Л.Г., Устименко В.И. Конструкционные порошковые материалы и изделия.-М.: Металлургия, 1986.-144с.
- 8 Либенсон Г.А., Лопатин В.Ю., Комарницкий Г.В. Процессы порошковой металлургии: в 2 т. Т. 1. Производство металлических порошков: учебник для вузов. -М.: Изд-во МИСиС, 2001. - 368 с.
- 9 Справочная книга по охране труда в машиностроении./ Под общей ред. О.Н. Русака. – Л: Машиностроение, 1989. – 540 с.
- 10 Методические указания по оформлению технологической документации при выполнении курсовых и дипломных проектов для студентов специальностей 12.01,07.01,21.03,12.02,15.02,15.06.–Курган: КМИ,1992–36 с.
- 11 Дудихин Д. В. Металлические порошки в аддитивных технологиях //Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции для студентов и учащейся молодежи, Юрга, 9-11 Апреля 2015. - Томск: Изд-во ТПУ, 2015 - С. 41-43
- 12 Безопасность и экологичность проекта: методические указания к выполнению раздела «Безопасность и экологичность проекта» в дипломных проектах для специальностей 12.01, 12.02. – Курган: КМИ, 1993. – 33 с.



Лист № 1	Лист № 2	Лист № 3	Лист № 4	Лист № 5	Лист № 6	Лист № 7	Лист № 8	Лист № 9	Лист № 10	Лист № 11	Лист № 12	Лист № 13	Лист № 14	Лист № 15	Лист № 16	Лист № 17	Лист № 18	Лист № 19	Лист № 20	Лист № 21	Лист № 22	Лист № 23	Лист № 24	Лист № 25	Лист № 26	Лист № 27	Лист № 28	Лист № 29	Лист № 30	Лист № 31	Лист № 32	Лист № 33	Лист № 34	Лист № 35	Лист № 36	Лист № 37	Лист № 38	Лист № 39	Лист № 40	Лист № 41	Лист № 42	Лист № 43	Лист № 44	Лист № 45	Лист № 46	Лист № 47	Лист № 48	Лист № 49	Лист № 50	Лист № 51	Лист № 52	Лист № 53	Лист № 54	Лист № 55	Лист № 56	Лист № 57	Лист № 58	Лист № 59	Лист № 60	Лист № 61	Лист № 62	Лист № 63	Лист № 64	Лист № 65	Лист № 66	Лист № 67	Лист № 68	Лист № 69	Лист № 70	Лист № 71	Лист № 72	Лист № 73	Лист № 74	Лист № 75	Лист № 76	Лист № 77	Лист № 78	Лист № 79	Лист № 80	Лист № 81	Лист № 82	Лист № 83	Лист № 84	Лист № 85	Лист № 86	Лист № 87	Лист № 88	Лист № 89	Лист № 90	Лист № 91	Лист № 92	Лист № 93	Лист № 94	Лист № 95	Лист № 96	Лист № 97	Лист № 98	Лист № 99	Лист № 100
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------

ДЖ.5В071200										Лист			Масса			Масштаб		
Атомайзер										11			1			1		
Изм. / Лист										Лист			Масса			Масштаб		
Разраб. Канисов А.										Лист			Масса			Масштаб		
Проб.										Лист			Масса			Масштаб		
Т.контр.										Лист			Масса			Масштаб		
И.контр.										Лист			Масса			Масштаб		
Утв.										Лист			Масса			Масштаб		