

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

Жүзбаев Нұрлыбек Бердібекұлы

«Бүрку арқылы металл ұнтақтарын алу үшін атомайзердің дизайнын зерттеу»

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B073800 – Материалдарды қысыммен өңдеу технологиясы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

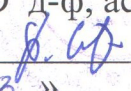
Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты

Білдекжасау, материалтану және машинажасау өндірісінің технологиясы
кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

PhD д-ф, ассоц. проф.

 Арымбеков Б.С.

«03» 05 2019 ж.

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Бұрку арқылы металл ұнтақтарын алу үшін атомайзердің
дизайнын зерттеу»

5B073800 – Материалдарды қысыммен өңдеу технологиясы

Орындаған

Пікір беруші

техн. ғыл. магистрі

 С.А. Акпарова

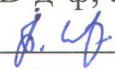
« 7 » 05 2019 ж.



Жүзбаев Н.Б.

Ғылыми жетекші

PhD д-ф, ассоц. проф.

 Б.С.Арымбеков

« 03 » 05 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

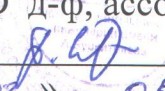
Білдекжасау, материалтану және машинажасау өндірісінің технологиясы
кафедрасы

5B073800 – Материалдарды қысыммен өңдеу технологиясы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

PhD д-ф, ассоц. проф.

 Арымбеков Б.С.

« 03 » 05 2019 ж.

**Дипломдық жобаны орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Жүзбаев Нұрлыбек Бердібекұлы

Тақырыбы: *«Бұрку арқылы металл ұнтақтарын алу үшін атомайзердің дизайнын зерттеу»*

Университет ректорының 2018 жылғы «6» қараша №1252-п бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі 2019 жылғы «6» мамыр.

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) *Kіріспе*

ә) *Бұрку атомизациясының әдістерінің жіктелуі;*

б) *Бұрку атомизациясы арқылы металл ұнтақтарын алу;*

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер 3 атау:

1 Осокин Е. Н. Процессы порошковой металлургии – Красноярск: ИПК СФУ, 2008.

2 Hohmann M., Brooks G., Spiegelhauer C. Production methods and applications for high-quality metal powders and sprayformed products.

3 Tsantrizos P. G. et. al. Method of production of metal and ceramic powders by plasma atomization. Pat. US № 5707419, дата выдачи: 13 янв. 1998.

Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Металл ұнтақтарын алу әдістерін анықтау	18.03 - 08.04	Орындалды
Бұрку атомизациясының түрлерін анықтау	11.04 - 23.04	Орындалды
Бұрку арқылы металл ұнтақтарын алу үшін атомайзердің дизайнын зерттеу	24.04 - 29.04	Орындалды

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	Р.К. Карпеков, лектор	3.05.2019	8128

Ғылыми жетекші

Б.А.А. Арымбеков Б.С.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

Ж.Б.Б.

Жүзбаев Н.Б.

Күні

«27» 04 2019 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жобаның бірінші бөлімі металл ұнтақтарын алу әдістері, атомизацияның қандай түрлерге бөлінетіндігі және олардың бірқатар артықшылығы мен кемшілігі туралы жазылған.

Екінші бөлімде бүрку атомизациясының тарихы, бастауы жайлы мәліметтер берілген. Сондай-ақ, бүрку атомайзері арқылы алынатын металл ұнтақтарының құрылымы және дизайны туралы қамтылған.

Үшінші бөлімде, металл ұнтақтарын өңдеушілер, металл ұнтағының нарықтағы бағасы және көшбасшылары жайлы жазылған.

Дипломдық жобаның мақсаты бүрку атомайзері арқылы алынатын металл ұнтақтарын зерттеу болып табылады. Металл ұнтақтарының басқа қарапайым процестерге қарағанда өңдеу процесінің, металл қалдығының аздығымен және артық өңдеуді қажет етпеуімен ерекшеленеді. Сонымен қатар, өнімді дайындау кезінде операциялар саны да айтарлықтай аз.

Бүрку атомизациясы арқылы медицинада қолдануға арналған кобальт негізіндегі қорытпаларды, авиациялық және стационарлық турбиналардың бөлшектерін алуға болады.

АННОТАЦИЯ

Первая часть дипломного проекта изложена в методах получения металлических порошков, на какие виды атомизации делятся и некоторые их преимущества и недостатки.

Во второй части представлены сведения об истории, о начале атомизации. Он также включает в себя конструкцию и дизайн металлических порошков, получаемых с помощью атомайзера.

В третьем разделе написано о том, что обработчики металлических порошков, продавцов металлических порошков, которые находятся на рынке и лидеров.

Целью дипломного проекта является исследование металлических порошков, получаемых атомайзером. Процесс обработки металлических порошков меньше, чем другие простые процессы, и остаток металла, а также не требует излишней обработки. Вместе с тем, количество операций при изготовлении продукции значительно меньше.

С помощью атомизации можно получить сплавы на основе кобальта предназначенные для медицинского применения и детали авиационных и стационарных турбин.

ANNOTATION

The first part of the thesis is described in the methods of obtaining metal powders, which types of atomizer are divided into, and some of their advantages and disadvantages.

The second part presents information about the history, the beginning of atomization. It also includes the design and design of metal powders produced using an atomizer.

The third section says that the processors of metal powders, sellers of metal powders that are on the market and leaders.

The aim of the thesis is to study the metal powders obtained by the atomizer. The processing of metal powders is less than other simple processes, and the remainder of the metal, and also does not require excessive processing. Along with that, the number of operations in the manufacture of products is much less.

Using atomization, it is possible to obtain cobalt-based alloys for medical use and parts for aircraft and stationary turbines.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Металл ұнтақтарын алу әдістері	11
1.1 Вакуумды атомизациялау	11
1.2 Газды атомизациялау	14
1.3 Плазмалық атомизация	15
2 Бұрку атомизациясының тарихы	17
2.1 Бұрку арқылы металл ұнтақтарын алу үшін атомайзердің дизайнын зерттеу	18
3 Атомайзер өндірушілер және металл ұнтағын жабдықтаушылар	27
Қорытынды	32
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	33

КІРІСПЕ

Ұнтақты металлургия өнеркәсіптің басқа да ғылымды қажетсінетін және энергия үнемдейтін салаларымен қатар, әлемдік қоғамдастықтың технологиялық дамыған елдерінің қазіргі заманғы, тиімділігі жоғары өндірісін дамытудың негізгі бағыттарының бірі болып отыр.

Қазіргі заманғы техниканы дамыту күштік және температуралық өрістердің күрделі комбинациясында, сәулеленудің, терең вакуумның және жоғары қысымның әсерінен сенімді жұмыс істейтін материалдарды жасауды талап етеді. Бұл міндетті жаңа материалдар, атап айтқанда, ұнтақты материалдар жасау арқылы жүзеге асыруға болады.

Жаңа материалдарды ұнтақты металлургия әдістерімен жасауға болады. Бұл әдістер дәстүрлі тәсілдермен алу қиын немесе тіпті мүмкін емес материалдарды алуға мүмкіндік береді. Мұндай материалдарға көп қабатты композициялар, металл және металл емес компоненттердің әртүрлі комбинациялары, кеуекті материалдар және икемділік пен қаттылықты үйлестіретін, өте баяу балқитын металдар мен тағы да басқа бұйымдар жатады. Ұнтақты металлургия металл қалдықтарын барынша азайтуға, бөлшектерді дайындау технологиясын жеңілдетуге және оларды өндірудің еңбек сыйымдылығын азайтуға мүмкіндік береді.

Ұнтақты металлургия деп металл ұнтақтары мен металл тектес қоспалардан жасалған бұйымдарды дайындаумен айналысатын техника саласы аталады. Бастапқы материал бір материалдың ұнтағы болуы мүмкін, бірақ көбінесе бұл әртүрлі металдардың қоспасы, сондай-ақ металл емес материалдардың ұнтақтары бар металл ұнтақтардың қоспасы.

Ұнтақты металлургия металл бұйымдарын өндірудің басқа әдістерімен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарға ие. Олардың негізгілері бірегей қасиеттері бар материалдарды; кеуекті құрылымы бар материалдарды (икеменділік пен қаттылықты үйлестіретін); электр эрозиясына өте жоғары қарсылығы бар қорытпаларды алу мүмкіндігі болып табылады. Сонымен қатар, мынадай артықшылықтарға ие:

- 1) Металл қалдықтары едәуір аз пайда болады (қарапайым технология кезінде 40-60% орнына 7-10%) кесу арқылы өңдеу;
- 2) Өнімді дайындау кезіндегі операциялар саны да айтарлықтай аз;
- 3) Металл жоңқасы, илемдеу және термиялық цехтар;
- 4) Өте баяу балқитын металдардан бөлшектерді жасауға болады;
- 5) Алынған бұйымдарды қосымша өңдеу қажеттілігі іс жүзінде жоқ;

Ұнтақтардың өлшемі ұнтақтардың маңызды сипаттамаларының бірі болып табылады, өйткені ол көп жағдайда ұнтақтардың престоу және жентектеу кезіндегі кеуектілігін, материалдардың қасиеттерін анықтайды.

Ұнтақты металлургия саласына сұраныстың жоғары екендігінің дәлелі 2018 жылғы сараптамалық баяндамаға сәйкес әлемдік ұнтақты металлургия кәсіпорындарының табысы 2018 жылы 5,671 миллиард АҚШ долларынан

жылына 5,48 пайызға өседі. 2023 жылға қарай ол 7,812 миллиард АҚШ долларына жетуі тиіс екен.

Өсудің негізгі қозғаушы факторы автокөлік және электрондық өнеркәсіпті дамыту болып табылады. Болжам бойынша, осы кезең ішінде осы салалардағы технологиялық прогресс металл ұнтақтарына деген сұранысты айтарлықтай арттырады.

Аддитивті технологияларда қолданылатын барлық ұнтақтардың 90% астамы балқыманы диспергирлеу әдістерімен алынады. АТ-машиналарға арналған ұнтақтарды алудың негізгі технологиялары атомизациялау болып табылады: газды атомизациялау, вакуумдық атомизациялау және ортадан тепкіш атомизациялау.

Газды атомизациялау 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 (Ұлыбритания) және Atomising Systems (Ұлыбритания) — тауар өнімі ретінде атомайзерлер шығарады. Вакуумдық атомизациялау кезінде процесс балқымда ерітілген газ есебінен жүреді. Атомайзер екі камерада тұрады — балқыту және бүріккіш. Балқыту камерасында балқытуда еритін газдың артық қысымын (сутегі, гелий, азот) жасайды. Атомизациялау кезінде балқыту камерасындағы қысым әсерінен металл вакуум жасайтын бүріккіш камераға шығатын соплов аппаратына жоғары түседі. Қысымның пайда болатын өзгеруі ерітілген газды балқыманың тамшылары бетіне шығуға итермелейді және бұл ретте ұнтақ сфералық нысаны мен ұсақ дисперсті құрылымын қамтамасыз ете отырып, тамшыларды ішінен жарады. Центрден тепкіш атомизациялау технологиялары өте әртүрлі, бірақ ең үлкен қызығушылық — реактивті және баяу балқитын металдар-аддитивті технологиялар үшін аса құнды ұнтақтарды алуға мүмкіндік береді. Аддитивті технологияларды дамытудың жалғыз тежеуші факторы шығын материалдарының (металл ұнтақтарының) жоғары құны болып табылады.

1 Металл ұнтақтарын алу әдістері

Металл ұнтақтарын алудың әртүрлі әдістері бар, оларды шартты түрде физика-химиялық және механикалық болып бөлінеді. Физикалық-химиялық әдістерге бастапқы шикізаттың физика – химиялық айналуымен байланысты әдістер жатады, бұл ретте соңғы өнімнің химиялық құрамы мен құрылымы – ұнтақ – бастапқы материалдан айтарлықтай ерекшеленеді. Механикалық әдістер химиялық құрамы елеулі өзгертусіз шикізаттан ұнтақ өндіруді қамтамасыз етеді. Механикалық әдістерге газ немесе сұйықтық ағысы арқылы балқымаларды диспергирлеу жатады, бұл процесс атомизация деп аталады.

Ұнтақтардың ұнтақтаудың механикалық әдістерімен алынатын бөлшектерінің сынық, дұрыс емес нысаны болады. Дайындалған ұнтақта көптеген қоспалар бар - ұнтақтау денелерінің тозу өнімдері және диірмен футеровкасы. Сондықтан бұл әдістер аддитивті технологияларда қолданылатын ұнтақтарды алу үшін қолданылмайды.

Қорытпаның диспергациясы - металдың ұсақ және орташа ұнтақтарын алудың ең өнімді, үнемді және тиімді тәсілі: барлық өнеркәсіптік ұнтақтар көлемінің 60-70% осы әдіспен алынады. Бүрку атомизациясы көп компонентті қорытпалардың ұнтақтарын өндіру кезінде, атап айтқанда аморфты құрылыммен кеңінен қолданылады, ол композицияның біркелкі химиялық құрамына қол жеткізуге мүмкіндік береді, тіпті қоспалаушы компоненттердің құрамында қорытпаның негізгі компоненттеріндегі ерігіштік шегінен жоғары.

Сонымен қатар, дисперганың әдістерін пайдалана отырып алынған ұнтақтар - қорытпалардың түрлері сфералық жағынан жақын бөлшектер түрінде болады.

Аддитивті технологияларда қолданылатын барлық ұнтақтардың 90% астамы балқыманы диспергирлеу әдістерімен алынады. АТ-машиналарға арналған ұнтақтарды алудың негізгі технологиялары атомизациялау болып табылады: газды атомизациялау; вакуумдық атомизациялау; ортадан тепкіш атомизациялау.

1.1 Вакуумды атомизациялау

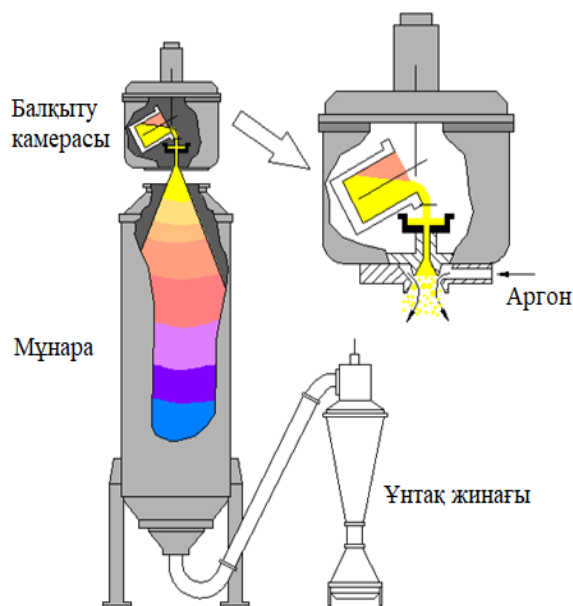
Осы технологияға сәйкес металды балқыту камерасында (әдетте вакуумда немесе инертті ортада) балқытады және содан кейін қысыммен инертті газ ағынымен сұйық металл ағынын бұзатын арнайы құрылғы – бүріккіш арқылы басқарылатын режимде құяды. Аддитивті технологияларда жиі қолданылатын ұсақ ұнтақтарды ($d = 10-40$ мкм) алу үшін VIM-атомайзерлер (Vacuum Induction Melting) деп аталатын пайдаланылады, онда балқыту камерасы оттегімен және азотпен балқыманың байланысын азайту үшін вакуумдалады.

Вакуумдық балқытуға арналған машиналарды пайдалана отырып ұнтақтарды алу технологиясын VIGA – Vacuum Induction Melt Inert Gas Atomization деп атайды, яғни Индукциялық қыздыру әдісімен вакуумдық камерада балқытылған металды газбен бүрку технологиясы (1.1-сурет).

Бұрылмалы тиглдер де, түптік төгілген тиглдер де қолданылады. Балқыту үшін керамикалық немесе графитті тиглдерді пайдалануға болады. Балқытылған металл қысыммен инертті газды (әдетте аргон, кейде азот) шығаратын арнайы қабылдағышқа құйылады.

Металды бұрку процесі үш фазаға ие – бастапқы фаза, жұмыс фазасы және қорытынды. Бастапқы фазада жүйе жұмыс режиміне шығады: металды құюға арналған клапан ашылады (ағысты тұрақтандыру үшін біраз уақыт қажет), бұрку газын беру қосылады, және де металл саны мен бұрку газының көлемі арасындағы нақты белгілі бір ара қатынаста орыналады. 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 секундқа созылады. Бірінші және соңғы фазаларда ұнтақ кондициялық емес. Сондықтан жүйенің өнімділігі мен тиімділігін арттыру үшін атомизациялау циклі уақытының жалпы балансында жұмыс фазасының үлесін арттыру қажет.

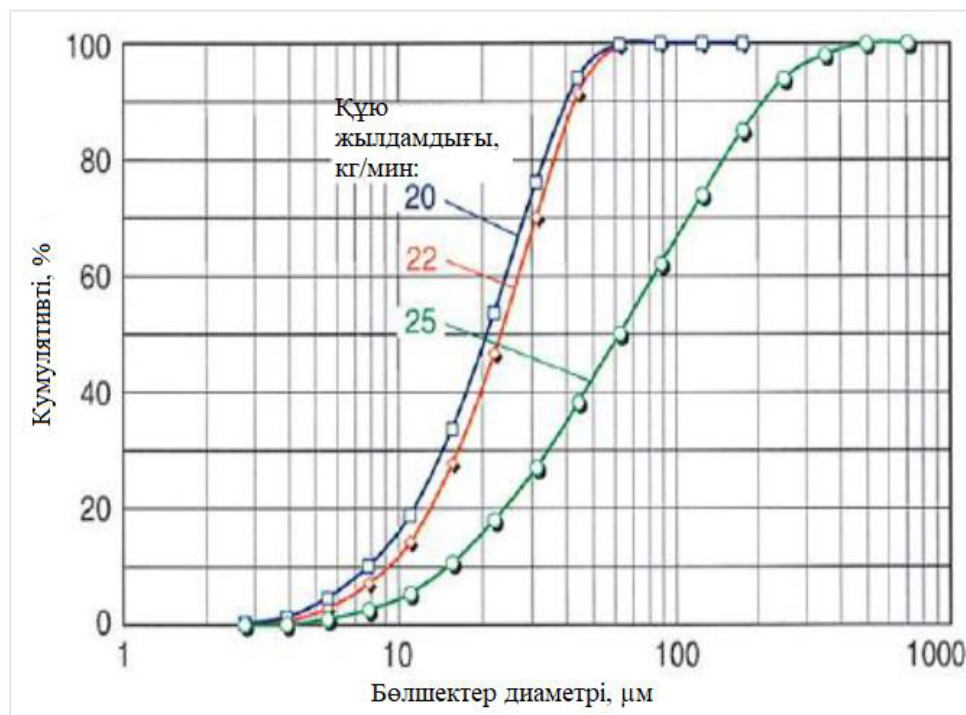


1.1-сурет - VIGA атомайзерінің сұлбасы

Атомайзер торабы - металды аралау процесі болатын жерде орналасқан, бұл өте күрделі құрылғы, ол конструктивтік және технологиялық пайымдаулар бойынша өлшеммен орындалуы мүмкін емес, белгілі бір мөлшерден аз. Сапалы бұрку үшін металл шығыны мен газ шығыны арасындағы белгілі бір арақатынас ұсталуы тиіс. Металдың минималды шығыны шамамен 8 кг/мин немесе шамамен 1,0 л/мин (болат бойынша). Сондықтан, егер атомайзердің көлемі 1,0-3,0л тигелі болса, оны ұнтақтарды коммерциялық алу үшін пайдалану орынсыз. Барлық процесс жұмыс фазасында бұркуді тұрақтандыру

үшін тым қысқа мерзімді болады және кондициялық ұнтақтың шығуы аз болады. Бұл зерттеу мақсаттары үшін қолайлы, бірақ коммерциялық пайдалану үшін тиімсіз.

Ұнтақтарды өндіру үшін тигль көлемінің техникалық ұтымды төменгі шекарасы болып 5,0л (болат бойынша шамамен 40 кг) саналады. Бұл жағдайда тозаңдану уақыты шамамен 5 мин және жұмыс фазасының ұзақтығы – шамамен 4,5 мин құрайды (1.2-сурет).

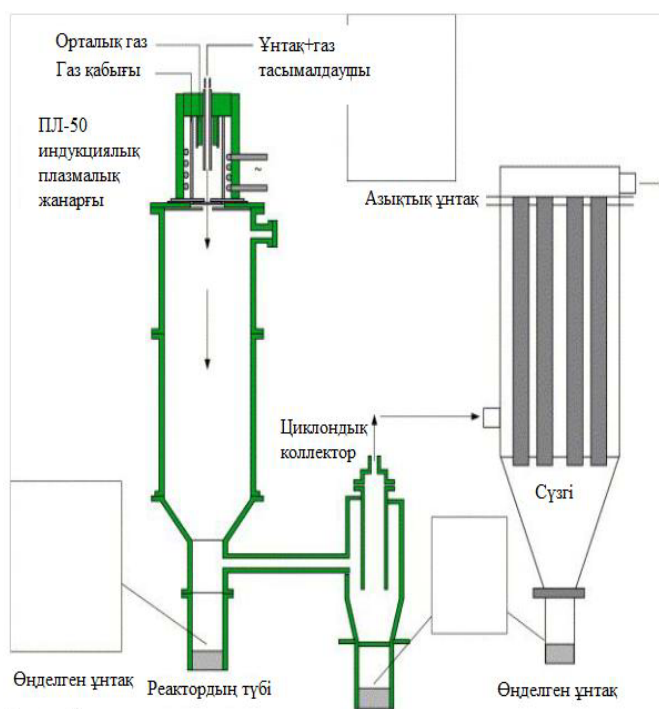


1.2-сурет - Төгу арнасы арқылы металдың шығынына байланысты ұнтақтың фракциялық құрамы (20, 22 және 25 кг/мин)

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

1. Никельді ыстыққа төзімді қорытпалар (мысалы, Inconel 718, Irene 88 және т. б.) авиациялық және стационарлық турбиналардың бөлшектері үшін;
2. Медицинада қолдануға арналған кобальт негізіндегі қорытпалар және ионды тозаңдату нысаналарын өндіру;
3. Плазмалық тозаңдатуға арналған ұнтақтар ыстыққа төзімді қорытпалардан жасалған бөлшектерге қорғаныс жабындарын;
4. Түйіршікті металлургияға арналған ұнтақтар (мысалы, 17-4 PH, 316L);
5. Ұнтақты қабатта пісіруге арналған композициялар (мысалы, кобальт қорытпалар және қымбат металдар) АТ-машиналарда қолдану үшін;
6. Карбидтердің өте жоғары құрамы бар жоғары қоспаланған болат (мысалы, аспаптық және жылдам кесетін болат);
7. Түрлі қолдануға арналған түсті металдар (мысалы, мыс немесе қалайы қорытпалары);

Шетелдік әдебиетте вакуумдық атомизация процесін Soluble gas atomization деп атайды, яғни балқытуда еріген газ есебінен атомизация. Оның мәні келесідей. Атомайзер (1.3-сурет) екі камерадан тұрады – балқыту және бүріккіш. Балқыту камерасында балқытуда еритін газдың артық қысымын (сутегі, гелий, азот) жасайды. Атомдау кезінде балқыту камерасындағы қысым әсерінен металл вакуум жасайтын бүріккіш камераға шығатын соплов аппаратына жоғары түседі. Қысымның пайда болатын өзгеруі ерітілген газды балқыманың тамшылары бетіне шығуға итермелейді және бұл ретте ұнтақ сфералық нысаны мен ұсақ дисперсті құрылымын қамтамасыз ете отырып, тамшыларды ішінен жарады.



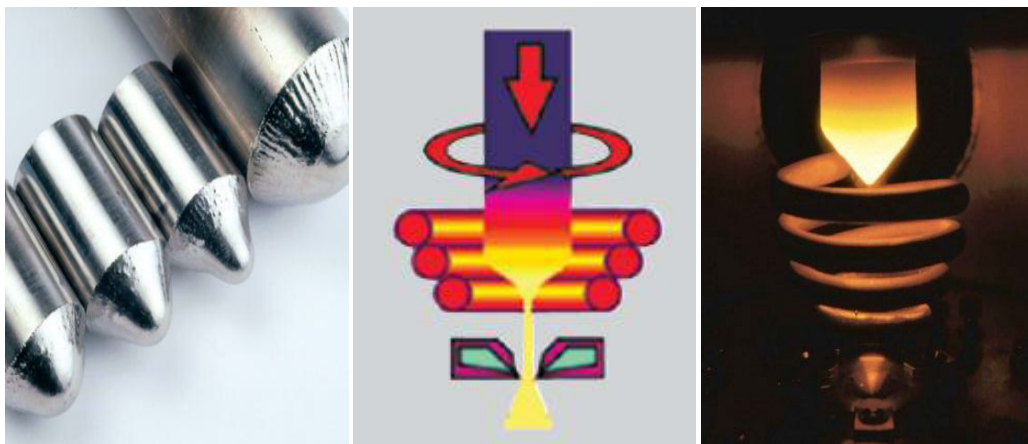
1.3-сурет - Ұнтақты плазмалық өңдеу процесінің сұлбасы: Powder және Plasma gas көрсеткілері-плазматронда иондалған бастапқы ұнтақ пен газды беру бағыты

1.2 Газды атомизациялау

EIGA технологиясы (Electrode Induction Guide Inert Gas Atomization-газды шашыратумен 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.

EIGA-атомайзерлер аргон ағысында бүрку әдісімен металл ұнтақтарды алу үшін қолданылады. Атомайзер конструкциясында металл құймаларға құю мүмкіндігі көзделуі мүмкін, яғни ол балқыту қондырғысы ретінде пайдаланылуы мүмкін.

EIGA технологиясына сәйкес (1.4-сурет) электродтар түрінде алдын ала балқытылған шыбықтар (feed stock – шикізат, бастапқы материал) индукциялық балқытуға жатады. Балқу баяу айналмалы электродты сақиналы индукторға түсірумен жүргізіледі (1.4б-сурет). Металл тамшылары форсункалар жүйесіне түседі және инертті газбен шашырайды.



а) б) а) б) б)
а-бастапқы материал ұнтақ алу үшін; ә – процесс сұлбасы; б-EIGA процесі

1.4-сурет - EIGA технологиясы

Керамиканы пайдаланбай технология бойынша алынатын типтік материалдар TiAl, FeGd, FeTb, Zr және Cr сияқты баяу балқитын және белсенді материалдар болып табылады. EIGA технологиясы Fe, Ni және Co негізіндегі басқа да көптеген конструкциялық материалдар үшін де қолданылуы мүмкін. EIGA машиналарының жоғары емес бұрку жылдамдығы бар-шамамен 0,5 кг/с, алайда бір балқыту барысында материалдың үлкен көлемін-бірліктен он килограмға дейін жіберуге мүмкіндік береді.

1.3 Плазмалық атомизация

Плазма - жалған және теріс иондарды және еркін электрондарды құрайтын бейтарап газ. Плазма жасау үшін жаңа иондардың тұрақты түзілуін қамтамасыз ететін тұрақты энергия жеткізу қажет. Бұл бейтарап атомның пайда болуына әкелетін иондардың рекомбинациясын өтеуге мүмкіндік береді. Плазма алу үшін энергетикалық деңгейлердің құрылысының арқасында химиялық инерттілікке ие аргон әсіресе қолайлы.

Плазмохимиялық әдістер реакция өнімдерін қалпына келтіру және шыңдау процестерінің жылдам өту мүмкіндігін біріктіреді. Олар металдардың жоғары дисперсті ұнтақтарын немесе олардың қосылыстарын (карбидтерді, нитридтерді және т.б.) алу үшін қолданылады.

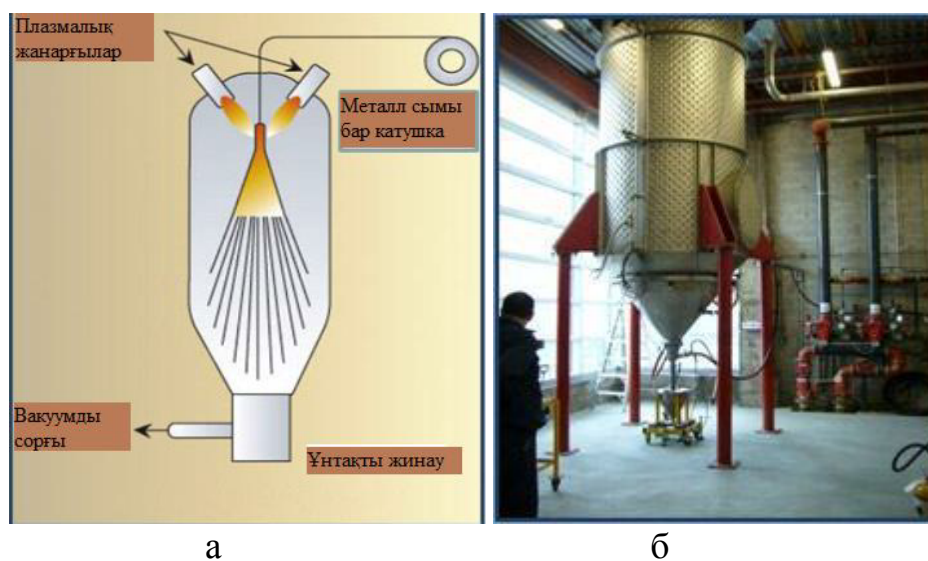
Қалпына келтіргіш ретінде сутекті, көмірсутекті немесе көмірсутек шикізатының плазмалық конверсиясымен алынатын конвертирленген табиғи газ.

Төмен температуралы (4 000-10 000 °С) плазма газ ортасында (азот, аргон) немесе газ қоспасында жоғары қарқындылық электр доғалық разряд арқылы жасайды.

Жоғары температуралы плазма (бірнеше жүз мың градусқа дейін) газға жоғары жиілікті айнымалы энергия беру арқылы жасауға болады (индуктивті байланысқан плазма).

Плазмалық атомизациясы фракциялық құрамның кең және басқарылатын диапазонында Мо, Ti, Ni, Та және Co-Cr негізіндегі жоғары сапалы, ерекше таза қорытпа ұнтағын алуға мүмкіндік беретін Plasma Atomization технологиясы. Plasma Atomization технологиясында металл балқытуды плазма көмегімен өндіреді.

Мысалы, Raymor (Канада) компаниясының атомайзері үш плазматрон – ионды газ ағынының генераторынан тұрады. Технологияның жетіспеушілігі - диаметрі 1-5 мм фидсток-шыбықтың арнайы өндірісінің болу қажеттілігі. Дегенмен, бұл технология бізге жоғары сапалы ұнтақтарды алуға мүмкіндік береді.



а-плазмалық атомдау процесінің сұлбасы; б-Raymor атомайзері
1.5-сурет - Plasma Atomization технологиясы

Плазма энергиясын пайдалана отырып жасалатын газ атомайзері белгілі деңгейде қызығушылыққа ие. Бұл технология балқыманы диспергирлеу әдістерімен емес алынған ұнтақтардың морфологиясын өзгертуге немесе кондициялық емес ұнтақтардың геометриясын түзетуге арналған. Процестің мәні бастапқы дұрыс емес ұнтақ плазма ағысында өңделеді, нәтижесінде ұнтақ бөлшектерінің дұрыс сфералық пішін алады.

2 Бүрку атомизациясының тарихы

Бүркудің қалыптасу принципін алғаш рет Сингер (1970) және оның әріптестері (Брукс 1977 жылы, Сингер және Эванс 1983) 1970-ші жылдардың басында Суонси университетінде ұсынды. Бұл зерттеушілер тікелей балқытылған металдан жолақтарды өндіру мақсаттылығын анықтады. Al-балқыманы 0,6-дан 1,0 МПа-ға дейінгі қысым диапазонында газ тәрізді азотпен тозаңдатқан. Әдетте 100-ден 150 мкм дейінгі көлемді тамшылардың тозаңдануы бүрку аймағынан 0-40 м қашықтықта орналасқан қозғалмайтын төсемге жиналды. Уильямс (1980) шөгінді жолақтардың ені бойынша едәуір кеуектілік пен қалыңдықтың өзгеруін байқады. Содан кейін жолақ қалыңдықты әрі қарай азайту және кеуектілікті азайту үшін біліктерге арналған саңылауға берілді.

Бірнеше жылдан кейін Osprey Metals Work Ұлыбританиядағы коммерциялық кәсіпорын ретінде құрылды. Зауыт соғу дайындамаларын өндіру үшін Сингердің ерте идеясын пайдаланды. Алайда, дамудың ерте сатысында бұл процесс оның ішкі құраушы тез қатаюын мойындамай, преформаларды өндіруге ғана бағытталған. Тек 1980-ші жылдары бүрку және тұндыру бүрку процесі ретінде қаралды. Конвективті суыту ең алдымен шашыраған тамшыларда салқындатудың жоғары жылдамдығының себебі болды. Бұл түсінік бүрку процесінің жылдам дамуына айтарлықтай серпін берді.

Бүркудің ерте процессіне негізделген кейінгі зерттеулер Лаверния мен грантты (1986, 1988) сұйықтықты динамикалық тығыздаудың (НРС) процесін әзірлеуге әкелді. Бұл жерде НРС, шоғырлану және тұндыру ұқсас немесе байланысты процестердің жалпы атаулары болып табылады. НРЖ-да балқытпа тозаңдатқышта аз мөлшерде тамшылардың максималды шығуын алу үшін газдың жоғары қысымы кезінде шашыраған.

Тамшылардың үлкен бөлігінің салқындату жылдамдығы RS режимінде жақсы жетті. Көп ұзамай көптеген зерттеулер әртүрлі арнайы болаттарда (Рикинсон 1981 жылы, Магусар 1984 жылы), Al-қорытпалар (Андо 1986 жылы), сондай-ақ қорытпалар тамаша микроқұрылымдарға және механикалық қасиеттерге жету үшін бүрку қалыптау процесінің әлеуетін растады (Брикнелл 1986 жылы). Бұл материалдар термоөңдеуге жақсы реакция көрсетті.

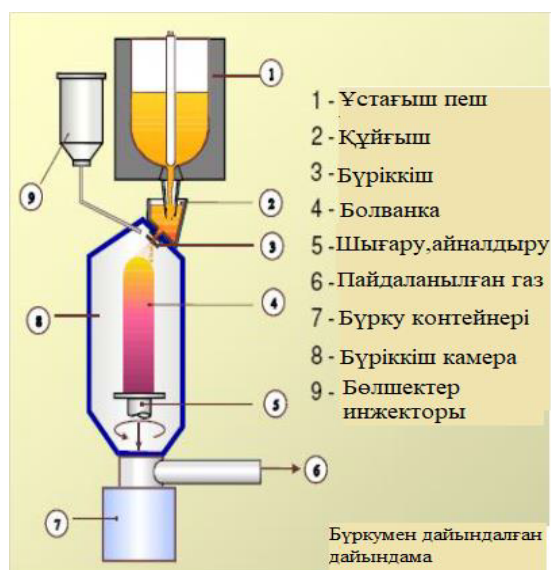
Қазіргі уақытта бүрку қалыптау процесі дискілерден, дайындамалардан, жолақтардан және әртүрлі материалдардан жасалған құбырлардан коммерциялық өндіру үшін бағаланады. Тұндыру төсемінің бақыланатын маневр жасауы және ауыспалы үдерісті оңтайландыру бұл процестің бір операция үшін форманың осындай дерлік таза компоненттерін тікелей өндіруде мүмкіндігін қамтамасыз етті. Процесті коммерцияландыру жоғары көміртекті қоспалы болат орамдары тот баспайтын болаттан және супер қорытпадан жасалған құбырлар және алюминий қорытпаларынан жасалған үлкен өлшемді экструзиялық дайындамалар үшін жүргізіледі. Процесс негізінен құйма металлургиясының көмегімен алуға қиын немесе ПМ әдісімен өндіруге қымбат болатын қорытпаларға қолданылады. Дегенмен, коммерциялық өндіріс, сондай-

ақ өнім ретінде тұрақты компонент нысанында және көлемінде қатаң рұқсатнамаларды талап етеді. Болашақ даму осы бағытта айқын көрсетеді.

2.1 Бұрку арқылы металл ұнтақтарын алу үшін атомайзердің дизайнын зерттеу

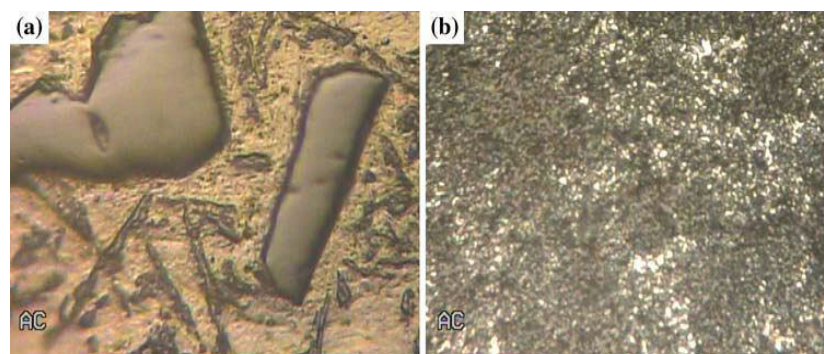
Технологияның дамыған кезеңі болғандықтан, бірқатар жаңа технологиялар шығып жатыр. Сол технологияның біреуі бұрку атомизация технологиясы, ол құю процесі мен бұрку процесінің қосындысы.

Бұрку атомизация технологиясы (2.1-сурет) бірінші кезекте жоғары талаптар бар арнайы қорытпалардан аэроғарыштық мақсаттағы жауапты бөлшектерді дайындау үшін әзірленген. Ол сондай-ақ сериялық өндірісте коммерциялық қолдану тапты, атап айтқанда Mercedes автокөліктерінің қозғалтқыштары үшін Al-Si қорытпаларынан цилиндрлердің гильзаларын жасау үшін. Бұл технология кристалдау кезінде ликвацияға бейім қорытпалардан, атап айтқанда құрамында мыс бар және супер өткізгіштерді (CuSn) өндіру үшін пайдаланылатын қорытпалардан, мұнай өндіру және тау-кен өнеркәсібі үшін беріктігі жоғары құрал-саймандарды (CuAlFe) алу үшін табысты қолданылады.



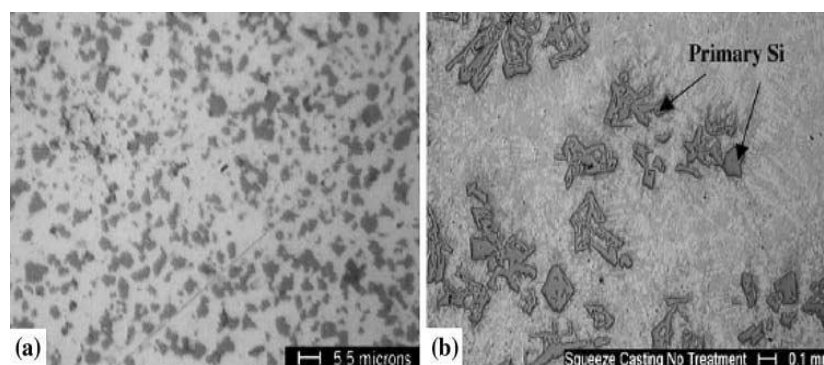
2.1-сурет - Бұрку атомизация технологиясының сұлбасы

Бұрку атомайзері – конструкциялық және арнайы қорытпалардан металл тозаңдаумен (атомизациямен) дайындамаларды алу технологиясы-1970 жылы Singer профессоры (Swansea University, Ұлыбритания) ұсынды. Технологияның мәні металды төсемге қабаттап тозаңдату және кейіннен механикалық өңдеу үшін дайындамаларды өсіру болып табылады. Металл балқыту камерасында балқытылады, содан кейін құйылады және арнайы тозаңдатқышта металл ағынын инертті газ ағынымен ұсақтайды, көлемі 10-100 мкм металл бөлшектері кесіндінің денесін қалыптастыра отырып, төсемге отырғызылады (2.2-сурет).



2.2-сурет - Al-15% Si қорытпасының микроқұрылымы: а-қю;
b-Spray forming (x400)

Металл құймаларға құйылып алынған құймаларға қарағанда, бүрку атомизация әдісімен жасалған дайындама материалдың микро және макроқұрылымдарының жоғары біртектілігі бар (2.3-сурет).



2.3-сурет - Қорытпа үлгісінде Si таралуы Al-25%; Si 0,89%; Cu-1%; Ni-0,84%; а-бүрку атомизациясы; б-қю + соғу

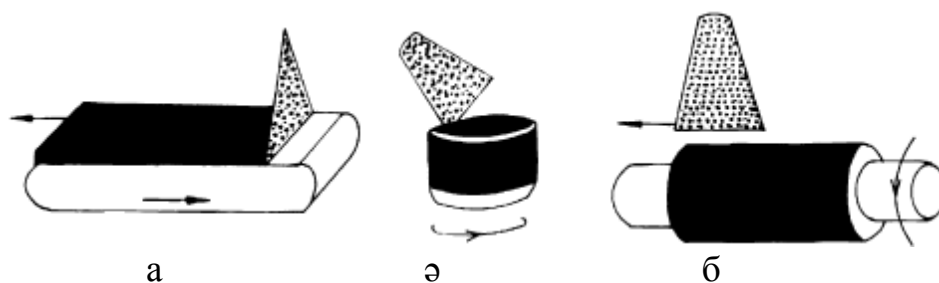
Қоспаларды дайындау массиві бойынша бөлудің біркелкілігі және микроқұрылымның біркелкілігі – көрсетілген технологияның басты артықшылығы. Кемшіліктерге атомдау және металды төсемге тұндыру кезінде материалдың (20%-ға дейін) салыстырмалы жоғары ысыраптарын және персоналдың жоғары кәсіби дағдыларын талап ететін процесті басқарудың салыстырмалы күрделілігін жатқызуға болады.

Бүрку атомайзерінің ерекшелігі материал құрылымында микропоралардың болуы болып табылады, олардың пайда болуы атомизациялау және металл бөлшектерінің тұнбалары кезінде газ молекулаларының басып алу және кристалдау кезінде бөлшектердің тығыз емес дәнекерімен байланыстырады. Металдың кеуектілігін ыстық изостатикалық престеумен (HIP)(2.4-сурет) және кейіннен қысыммен өңдеу – илектеу немесе соғу арқылы жояды.



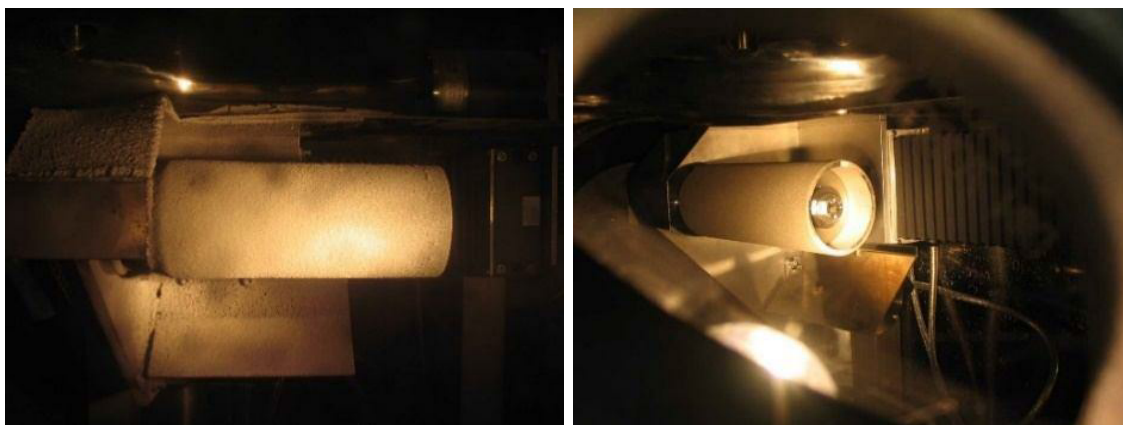
2.4-сурет - AVURE ыстық изостатикалық престі орнату

Бұл жағдайда таспа түріндегі дайындама (2.5а-сурет) немесе тозаңдатылатын металл ағынының осіне қатысты айналмалы қозғалыс түріндегі цилиндрлік дайындаманы алу үшін алынады (2.5ә-сурет). Айналмалы ағынның осіне перпендикуляр оське қатысты қозғалыс сақина немесе құбыр түріндегі дайындамаларды алу (2.5б-сурет).



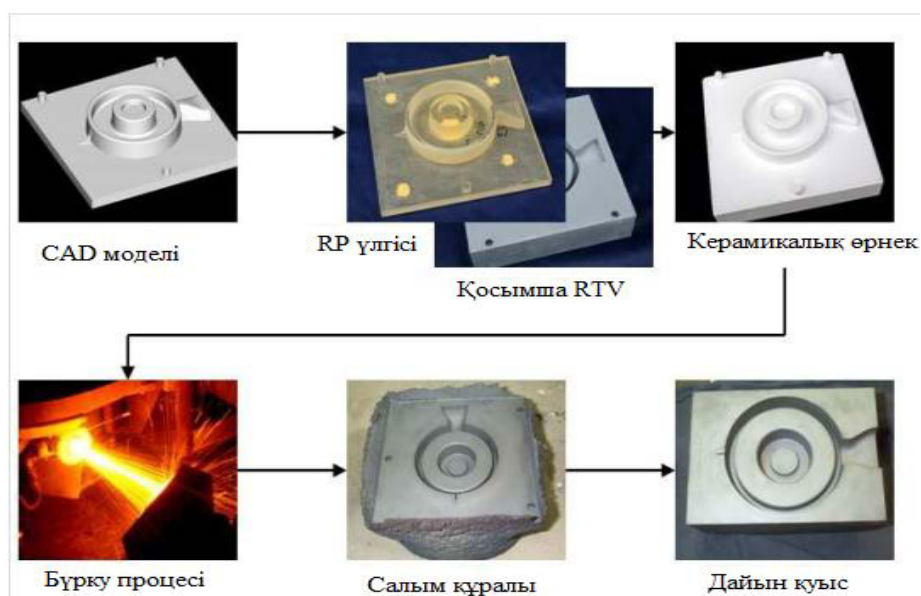
2.5-сурет - Бұрку атомизация технологиясы бойынша әртүрлі үлгідегі дайындамаларды алу

Бұрку атомизация технологиясы екі (немесе одан да көп) бүріккіш шүмектер арқылы әртүрлі материалдарды қабаттап жағу әдісімен алынуы мүмкін градиентті материалдарды жасау үшін кең мүмкіндіктерді ашады.



2.6-сурет - Бұрку атомизация технологиясы бойынша алынған цилиндрлік дайындау әдісі

Прототиплеуші машиналардың техникалық деңгейінің дамуы мен жоғарылауына байланысты керамикалық модельге металды құю әдісімен бұйымдарды алу үшін бұрку атомизация технологиясын практикалық қолдануда қызығушылық тудыруы мүмкін (2.7-сурет).



2.7-сурет - Керамикалық модельге металды бұрку арқылы бұйымдарды алу процесі

Технологияның мәні мынада. CAD-модель бойынша АМ-машинада, мысалы, SLA-қондырғыда, өсірілген стереолитографиялық мастер-модель, ол бойынша силикон немесе RIM-форма жасалады. Формаға сұйық керамика құйылып, керамикалық үлгі - репликалар алынады (суретте – керамикалық өрнек). Керамикалық модель бұрку атомизация-машинасына орнатылады және оның бетіне балқытылған металды қабаттайды. Осылайша керамикалық репликадан көшірме алады. Механикалық өңдеуден (қабықты алып тастағаннан және отырғызу беті бойынша өлшемге өңдегеннен) кейін түпкілікті бұйым –

металл пішін алады. Бұл технология технологиялық жабдықтарды, соның ішінде пресс-формаларды алу үшін аса қызығушылық тудырады.

RSP Tooling компаниясы (RSP – Rapid Solidification Process, АҚШ бұрқу атомизация технологиясын қолдану арқылы құрал-саймандық жабдықты жасаудың жаңа тәсілін жасаушы болды. RSP машинасы (2.8-сурет) - балқыту машинасы мен атомайзердің (металды тозаңдату құрылғылары) тіркесімі. Металл (бұл әртүрлі қорытпалар болуы мүмкін) тиглде инертті атмосферада балқиды және қысым арқылы тозаңдату шүмегіне жіберіледі, онда азот ағыны арқылы сұйық металды ұсақ дисперсті ұсақтау және бөлшектердің тез қатаюы болады (2.8-сурет). Бөлшектердің 70% – ға жуығы керамикалық модельге дейін қатты күйде, қалған 30%-ы жартылай сұйық фазада. Қалған жылу барлық бөлшектерді өзара байланыстыру (пісіру) үшін жеткілікті. Зерттеулер металдың құюға қарағанда, сегрегациясы төмен біркелкі және ұсақ түйіршікті құрылымы бар екенін көрсетті. Металл бөлшектері көшірме денесін қалыптастыра отырып, керамикалық үлгіге жабысады. Керамикалық модель бекітілген платформа машинаның жұмыс камерасының кеңістігінде орын ауыстыру мүмкіндігіне ие және платформаға бұрылған оператор металдың біркелкі жағылуын қамтамасыз етеді. Процесс аяқталғаннан кейін және 1,5-2 сағат бойы салқындағаннан кейін керамикалық модель металл көшірме металдан шығарылады және стандартты технологиялық операциялар: механикалық және термоөңдеу жүргізіледі.



2.8-сурет - RSP Tooling компаниясының машинасы

RSP машинасы ең үлкен өлшемдері – 180x180x100 мм бөлшектерді жасай алады. Жұмыс циклының ұзақтығы 3-4 сағатты құрайды, бір жұмыс күні ішінде 2-4 бұйым жасалуы мүмкін.

RSP-технологиясының артықшылығы-бейметалл композицияларын алу мүмкіндігі. Мысалы, кокильдің жұмыс бөлігі арнайы болаттан, ал денесі –

қарапайым қымбат емес болаттан немесе жылу беру қарқындылығы жоғары түсті металдан қалыптасады (2.9-сурет).

Бұл технология әзірге коммерциялық қолдануды таба алмайды, бірақ, әрине, қызығушылық танытады.

Al-Zn-Cu-Mg жүйесінің қорытпалары беріктігі жоғары материалдарға жатады. Олардың беріктік сипаттамаларын одан әрі жақсарту құйма дайындамада пайда болатын макросегрегациямен тежеледі. Бүрку атомизация технологиясы осы мәселені жоюға көмектеседі. Жаңа тәсілмен алынған 7xxx қорытпасы соғылған алюминийге қарағанда жоғары соққы тұтқырлығы мен шаршау беріктігін көрсетті.



2.9-сурет - Бейметалды композициялар

Al-Li қорытпаларын қолданудағы шектеулердің бірі құйма дайындамалардан жасалған бөлшектердегі анизотропия болып табылады. Бүрку атомизация технологиясы бойынша алынған қорытпа литий мөлшері ұлғайтылған, аз анизотропияға ие: тәжірибелік түрде құйма дайындау кезінде орын алатын құйма мен макросегрегация жару мәселелерінің болмауы көрсетілген. Құрамында салмағы бойынша 4% литий бар, тығыздығы 2,4 г/см³ және қалыпты алюминий қорытпаларына қарағанда 30% жоғары меншікті қаттылығы бар қорытпа алынды. Сондай-ақ, жоғары температура кезінде беріктік қасиеттері мен тозу сипаттамаларымен салыстырғанда жақсартылған Al-Cu-Mg-X қорытпалары алынды.

Бүрку атомизация технологиясының артықшылығы бірегей қасиеттері бар жаңа материалдарды, сондай-ақ әртүрлі жабындарды жасау мүмкіндігі болып табылады. Композициялық материалдар алынды (ММС, Metal Matrix Composite), онда матрицалық негізі көлемі бойынша 15% дейін керамикамен күшейтілген және жоғары қаттылықты көрсететін және тозуға жоғары қарсылық көрсететін. Бұл материалдар бүрку атомизациясы технологиясы бойынша металл тұндыру процесінде шашыраңқы металл ағынына керамика бөлшектерін үрлеу арқылы жасалған.

Салмағы бойынша 70% кремнийі бар Al-Si бірегей материалы алынды – мұндай қорытпаны кристалдау және оксидтермен ластану кезінде кремнийдің ірі дәндерінің түсуі салдарынан апатты топтастырылудан құю әдісімен алу

мүмкін емес. Кремний мен алюминийдің арақатынасын өзгерте отырып, берілген термиялық кеңею коэффициенті бар қорытпаларды алуға болады (температураның кең ауқымында тұрақты). Бұл қорытпалар телекоммуникациялық жүйелерде, аэроғарыштық және қорғаныс өнеркәсібінде қолданылатын микротолқынды құрылғылар мен пленкалы радиаторларда қолдану перспективасына ие. Бұрку атомизация технологиясын пайдалана отырып алынған авиақозғалтқыштың бөлшектерінің үлгілері 2.10-суретте көрсетілген.



2.10-сурет - Бұрку атомизация технологиясы бойынша алынған авиақозғалтқыштың бөлшектері

Бұрку атомизация технологиясын игерудегі еуропалық көшбасшылар Sandvik Osprey компаниясы (Ұлыбритания) болып табылады, ол сондай-ақ ұнтақты металдар мен оларды өндіруге арналған жабдықтарды шығару бойынша алдыңғы қатарлы позицияларды алады (2.11-сурет) және құю жабдықтарын, вакуумды пештерді және термоөңдеу мен ұнтақты металлургияға арналған технологиялық жабдықтарды шығаруға маманданған неміс ALD фирмасы.



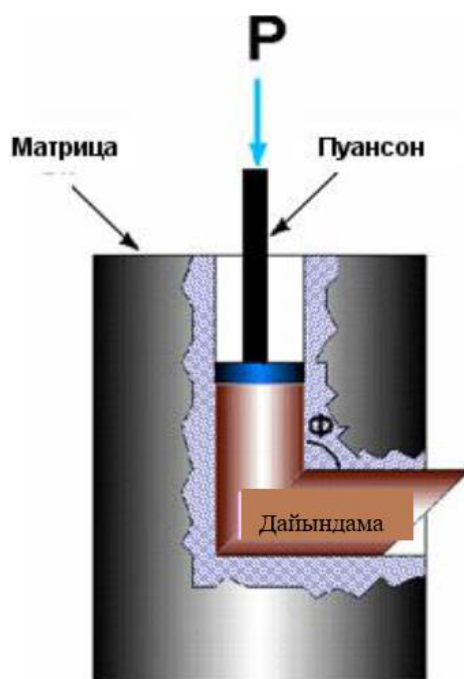
2.11-сурет - "Бұрку атомизация" қондырғысы: сыйымдылығы 80 кг дейін. Оксфорд университеті

АҚШ-та бұл саладағы жетекші орында General Electric, Teledyne Allvac және Sprayform Technologies International компаниясы Pratt & Whitney және Howmet бірлескен кәсіпорны, диаметрі 1400 мм дейін турбиналық дискілердің дайындамаларын алу технологиясын әзірлеген.

Бұрку атомизация технологиясының мүмкіндіктерін практикалық қолдану бойынша іргелі зерттеулер мен әзірлемелер белсенді түрде U. S. Navy Labs, Pennsylvania State University, University of California at Irvine(АҚШ), Applied Research Labs, Advanced Institute of Science and Technology (Ю. Корея), National Cheng Kung University (Тайвань), IPEN (Бразилия), Oxford University Centre for Advanced Materials and Composites (Ұлыбритания), Inner Mongolia Metals Institute(Қытай), Bremen University(Германия), Katholieke Universiteit Leuven (Бельгия). Spray Steel компаниясы жылына 4000 т дейін әртүрлі болаттан жасалған дайындамаларды шығарады, атап айтқанда, Böhler-UDDEHOLM AG фирмасы (Австрия), металл кесетін құралды дайындайды.

Бұрку атомизация технологиясы жаңа конструкциялық, нанокұрылымдық материалдарды жасау үшін, атап айтқанда, қарқынды пластикалық деформацияның (ҚПД) отандық технологиясын одан әрі дамыту үшін үлкен перспективаға ие.

ҚПД түрі - теңканалды бұрыштық нығыздау (ТБН) – машина жасауда қолдануға жарамды диаметрі 85-ке дейінгі және ұзындығы 300 мм дейінгі көлемді нанокұрылымды дайындамаларды алуға мүмкіндік береді. ТБН процесінде (2.12-сурет) дайындама бірнеше рет арнайы жабдықта бірдей көлденең қималы каналдың бұрышымен қиылысқан екі қабаты арқылы бірнеше рет сатылады (бөлме немесе жоғары температура кезінде деформацияланатын материалға байланысты). Материалдың "нанокұрылымдылығы" деформация есебінен жылжумен алынады.



2.12-сурет - ТБН процесінің сызбасы

Наноқұрылымды материалдар, дәндердің өте аз мөлшеріне байланысты, құрылымда дәндердің көптеген шектері бар, олардың ерекше физикалық және механикалық қасиеттерінің қалыптасуында айқындаушы маңызы бар. Беріктіктің "дәстүрлі" әдістері – илемдеу, созу және соғу кезінде – материалдың беріктігінің жоғарылауы, әдетте, оның икемділігінің азаюымен қатар жүреді.

Наноқұрылымды материалдар ҚПД есебінен жоғары беріктікке және бірегей икемділікке ие.

Наноқұрылымдарды ҚПД әдісімен қалыптастыру үшін өту саны ғана емес, бастапқы массивтің біртектілігі, қорытпаларды құрайтын заттардың бастапқы материалдың көлемі бойынша біркелкі таралуы өте маңызды болып табылады. Бүрку атомизация технологиясы ҚПД үшін жақсы дайындалған материал алуға мүмкіндік береді.

Наноматериалдарды пайдалану бағыттарының бірі негізгі матрицалық металдың тозаңданатын балқымасына ультрадисперсті ұнтақтарды шифрлеу болып табылады. Мұндай әдіс сирек кездесетін металдарды, оксидтерді және тағы да басқа қоса алғанда, түрлі материалдардың нанобөлшектерінің көлемдік құрылымына біркелкі қосылған бірегей қорытпаларды жасауға мүмкіндік береді.

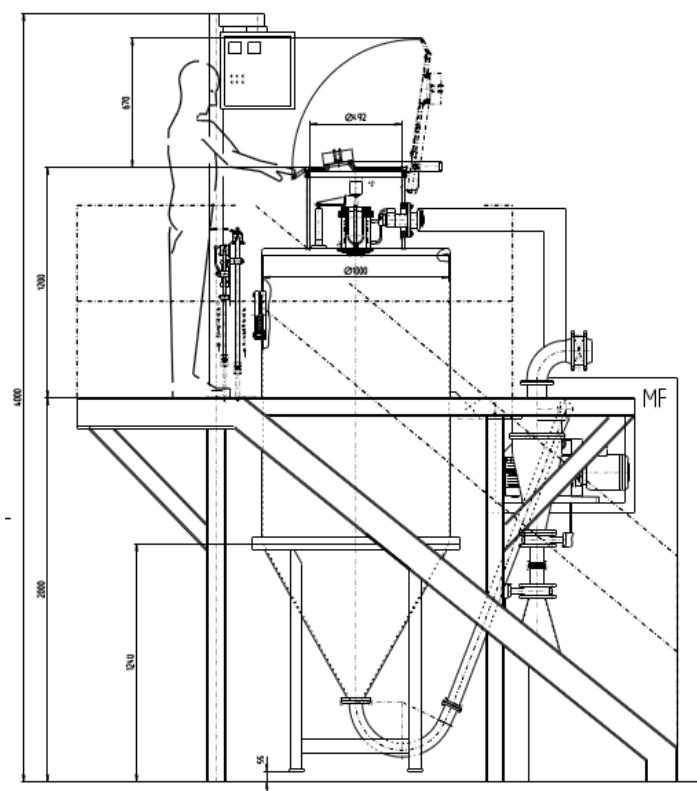
3 Атомайзер өндірушілер және металл ұнтағын жабдықтаушылар

Әлемде атомизация технологиялары бойынша металл ұнтақтарын өндіретін бірнеше ондаған ірі компаниялар бар (АҚШ, Франция, Германия, Швеция, Жапония, Қытай және т.б.). Компаниялар басқа компаниялардан атомайзерлерді сатып алады немесе өз құрылымдарын әзірлейді. Көптеген компаниялар өз технологияларын сатпайды, тіпті лицензия ретінде, өз бизнесін тек ұнтақтарды өндіру. XX ғасырдың 80-ші жылдарында ALD Vacuum Technologies (Германия) компаниясының атомдау технологиясына лицензия сатқан sandwik Osprey (Швеция) швед компаниясы сирек кездесетін ерекшелік болып табылады.

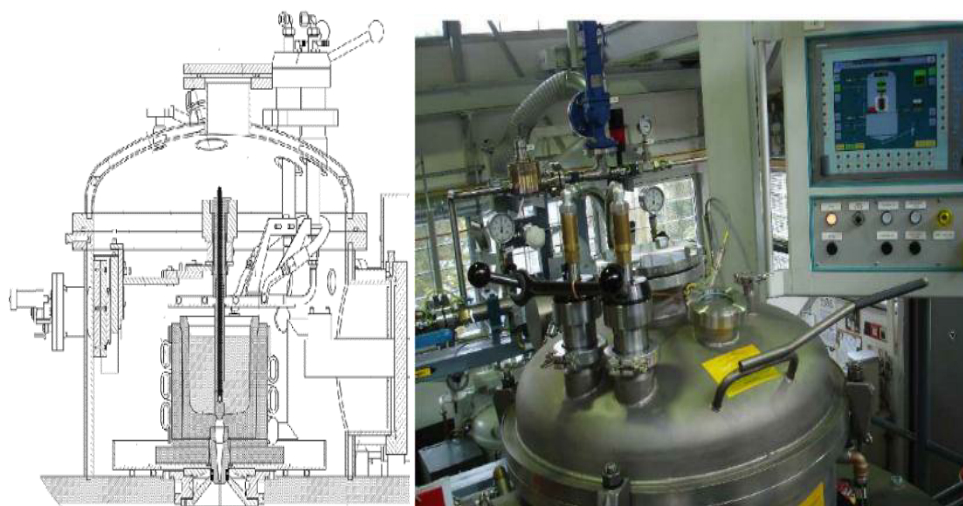
Sandwik Osprey өзі, өз құрылымы мен жабдықтары бар, металл ұнтақтарын өндіру бойынша әлемдік нарық көшбасшыларының біріне айналды.

Еуропада тек үш компания – ALD (Германия), PSI (Phoenix Scientific Industries Ltd.) және Atomising Systems Ltd. (Ұлыбритания) - тауар өнімі ретінде атомайзерлер шығарады.

Газ атомизациясына арналған жабдықтар өндірісіндегі әлемдік көшбасшы-ALD компаниясы-қазіргі уақытта AMG Advanced Metallurgical Group N. V. тобына кіреді. 1-B, VIGA 2 зертханалық атомайзерлері негізінен зерттеу мақсатында болат ұнтақтарын және арнайы балқымаларды алуға арналған.



3.1-сурет-VIGA 2 атомайзері



3.2-сурет -VIGA 2 атомайзерінің балқыту камерасы

ALD VIGA 1-B, VIGA 2 атомайзерлері әртүрлі конструкциялық болат, никель қорытпалары, кобальт, мыс және т.б. ұнтақтарының шағын партияларын алу үшін қолданылады. Тазартылған балқытпа алдын ала қыздырылған шағым бойынша газ форсункасына құйылады, онда металл жоғары қысыммен инертті газ ағысымен шашырайды. Алынған металл ұнтақ бүріккіш форсунканың астында орналасқан мұнарада еркін құлап қатады. Ұнтақ пен газдың қоспасы құбыр арқылы циклонды қондырғыға тасымалданады, онда ұнтақтың ірі және ұсақ фракциялары тозаңдататын газдан бөлінеді. Металл ұнтақ циклон қондырғысының астында орналасқан герметикалық контейнерлерге жиналады. Әдетте машина конфигурациясы инсталляцияның нақты жағдайларын ескере отырып, тапсырыс берушімен келісіледі.

Ұнтақтарды коммерциялық алу үшін VIGA-6 (болат бойынша 40кг жуық) және VIGA-8 (50кг) өнімділігі жоғары атомайзерлер ұсынылады. Бүрку дисперсиясы материалға байланысты және $d_{50} = 15-60$ мкм шегінде түрленеді. Алынатын ұнтақтың фракциялық құрамы газ бүріккішінің және құю құрылғысының параметрлерін теңшеу арқылы түзетілуі мүмкін.

ALD компаниясы сондай-ақ EIGA технологиясы бойынша ұнтақты композицияларды алу үшін атомайзерлерді жасаушы болып табылады-инертті газды шашыратумен индукциялық балқыту. EIGA 50 және EIGA 100 базалық модельдері қолданылатын фидсток өлшемдерімен ерекшеленеді, тиісінше 50 және 100 мм.

Бүрку атомизациясы – тозаңданатын металды төсекке тұндыру арқылы болванка алуға мүмкіндік беретін металлургиядағы салыстырмалы жаңа прогрессивті технология. VIGA технологиясы $d_{50} = 30$ мкм дисперсиялы металл ұнтақтарын (титан қорытпалары мен реактивті металдардан басқа) алуға мүмкіндік береді. EIGA технологиясы өте өндіргіш (екі ауысымды жұмыс кезінде күніне 500 кг дейін ұнтақ алынуы мүмкін) және бүріккіш металдар бойынша әмбебап, бірақ ұнтақтардың материалға байланысты $d_{50} = 60-80$ мкм тең бөлшектер өлшемі бар.



а
э-балқыту камерасы
а-жалпы көрініс; э-балқыту камерасы
3.3-сурет - Атомайзер EIGA 50

VIGA және EIGA қондырғыларында алынған металл ұнтақты композициялар дәстүрлі Ұнтақты металлургия мақсатында, атап айтқанда PIM-технологияларда пайдаланылуы мүмкін.

PIM жалпы термині Powder Injection Molding-алдын ала пластификациялау (байланыстырушы құрамның көмегімен) және арнайы термоөңдеу арқылы ұнтақ материалдарды қалыптау технологиясын білдіреді түпкілікті бұйымды алу.

Hermiga 75/3 атомайзерлері және PSI компаниясының Hermiga 75/5 арнайы болаттар ұнтақтарын және титан қорытпаларын алуға арналған. Машиналар тигельдің көлемімен ерекшеленеді (тиісінше болат бойынша 3 және 5 кг) және металды құймаларда немесе сфералық пішінді ұнтақ түрінде алуға мүмкіндік береді. Атомизациялау кезіндегі салқындату жылдамдығы- 10^3 -тен 10^6 К/с-ке дейін. Ұнтақтың дисперсиялығы 10-нан 100 мкм-ге дейін өзгереді. Балқытылатын металдардың спектрі өте кең-сирек кездесетін металдардың пирофорлық қорытпалары мен қорытпаларын қамтиды.



а



ә

а – Hermiga 75/3; ә – Hermiga 100/10 VI

3.4-сурет - PSI атомайзерлері

Жарылыс қауіптілігін төмендету мақсатында алюминий ұнтақтарын алу кезінде реттелетін пассивтеу қарастырылған. Металл түйіршіктерді алу үшін суда атомизация опциясы ретінде. Whitecasino технологиясы (айналмалы су ваннасына балқытылған металды батыру арқылы жылдам салқындату) жоғары магнитті және берік қасиеттері бар және диаметрі 0,1 мм – ден бастап металл жіптерін алуға мүмкіндік береді, габариттері-2100x3200x2400 мм, салмағы–2500кг. Hermiga 100/10 VI атомайзері-арнайы болаттар ұнтақтарын, титан қорытпаларын, сирек жер металдарын, пирофор қорытпаларын, сондай-ақ бүрку атомизация әдісімен дайындамаларды алу үшін түбіне құйылатын және аргонды бүріккіші бар зертханалық-зерттеу машинасы. Машина сондай-ақ аддитивті машиналарға арналған шығын (құрылыс) материалдарын, металл ұнтақтардан жасалған бұйымдарды (атап айтқанда, құю формаларын) өсіру үшін жеткізуші функциясын орындай алады. Модель болат бойынша сыйымдылығы 10 кг алмалы-салмалы тигелі бар. Ұнтақтың дисперсиялығы 10-нан 100 мкм-ге дейін өзгереді. Атомайзердің габариттік өлшемдері – 5050x5950x5070 мм.

PSI машиналары арнайы опция ретінде титан қорытпаларын атомдау мүмкіндігіне ие. Мұндай опцияны іске асыру жүйенің көлемі мен құнын айтарлықтай арттыратын қосымша жабдықты орнатуды талап етеді. PSI фирмасының жабдығы сызығында түптік төгілген модельдер бар (Hermiga 100/25 VI) және модель айналмалы тигльмен (Hermiga 100/50V21, Hermiga 120/100 V21, Hermiga 100/200 V21). Бұл машиналар, тиісінше, 25, 50, 100 және 200кг болат бойынша тигль сыйымдылығы бар, металл дайындамалар мен ұнтақтарды аз және орташа сериялы өндіруге арналған.

Atomising Systems Ltd. Компаниясы металл және металл емес материалдарды түрлі технологиялармен атомдауға арналған жабдықтарды шығаруға маманданған:

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

Atomising Systems жабдықты өндіруде, атап айтқанда, электронды өнеркәсіп үшін дәнекер дайындалатын жеңіл балқитын материалдардың ұнтақтарын алу үшін тәжірибесі бар. Жабдықтың сызығында күніне 1-5 кг ұнтақ алуға мүмкіндік беретін зертханалық атомайзерлер де, сондай-ақ өнімділігі күніне 5 т астам индустриялық қондырғылар да бар.



3.5-сурет - Atomising Systems фирмасының атомайзері

Raymor Industries Inc (Канада) компаниясы – Ti, Co,Cr, сондай-ақ MO және Nb қорытпаларын плазмалық атомдау технологиясына пайдаланатын компаниялардың бірегейі. Ұнтақтардың фракциялары бойынша келесі градациясы бар: 0-25, 0-45, 45-106, 45-150, 0-250мм. Металл ұнтақты композицияларды, атап айтқанда АТ машиналарға қатысты ірі еуропалық өндірушілердің ішінен келесі компанияларды атауға болады: TLS Technik GmbH & Co. Spezialpulver KG (Германия): титан және титан қорытпалары (Titanium Grade 1 ASTM, Titanium Grade 2 ASTM, Titanium Grade 5 ASTM (Ti 6Al 4V), цирконий, алюминий және алюминий қорытпалары, магний, никель және никель қорытпалары, болат, ванадий, сирек кездесетін металдар, мыс, алтын және платина.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қазіргі уақытта технологияның дамуы өте тез жүріп жатыр. Әр күнде жаңа әдіс-тәсілдер, жаңа технологиялар шығарылып, әлемге тарап жатыр.

Қазіргі таңда еуропаның түкпір-түкпіріне кең таралған атомайзер арқылы металл ұнтақтарын алу технологиясының болашағы зор. Бұл технологияның дәлдігі артық жұмысты та қажет етпейді және өңдеу процесінің аздығымен ерекшеленеді. Бүрку арқылы металл ұнтақтарын алу аддитивті технологияның ажырамас бөлігі ретінде қарастырылады. Өз кезегінде аддитивті технологияны әлемнің дамыған мемлекеттерінің қолданысында екені белгілі.

Қазақстанда бұл технология енді қарқын алып келе жатыр. Осы технологияны меңгеру арқылы Қазақстан өндірісін дамытуға біршама үлес қосуға болады.

Вакуумды атомизацияда атомайзер торабы - металды аралау процесі болатын жерде орналасқан, бұл өте күрделі құрылғы, ол конструктивтік және технологиялық пайымдаулар бойынша өлшеммен орындалуы мүмкін емес, белгілі бір мөлшерден аз. Сапалы бүрку үшін металл шығыны мен газ шығыны арасындағы белгілі бір арақатынас ұсталуы тиіс. Металдың минималды шығыны шамамен 8 кг/мин немесе шамамен 1,0 л/мин. Сондықтан, егер атомайзердің көлемі 1,0-3,0л тигелі болса, оны ұнтақтарды коммерциялық алу үшін пайдалану орынсыз. Барлық процесс жұмыс фазасында бүркуді тұрақтандыру үшін тым қысқа мерзімді болады және кондициялық ұнтақтың шығуы аз болады. Бұл зерттеу мақсаттары үшін қолайлы, бірақ коммерциялық пайдалану үшін тиімсіз.

Газды атомизациялау технологиясының ішіндегі EIGA - газды шашыратумен электродты индукциялық балқыту технологиясы бізге реактивті металдар ұнтақтарын алу үшін әзірленген. Мысалы Ti, Zr, Hf, V, Pt, Ir, Nb, Mo. Өйткені бұл металдарды керамикалық тиглдерде балқыту тіпті вакуум жағдайында да қиын.

Плазма энергиясын пайдалана отырып жасалатын газ атомайзері белгілі деңгейде қызығушылыққа ие. Бұл технология балқыманы диспергирлеу әдістерімен емес алынған ұнтақтардың морфологиясын өзгертуге немесе кондициялық емес ұнтақтардың геометриясын түзетуге арналған. Процестің мәні бастапқы дұрыс емес ұнтақ плазма ағысында өңделеді, нәтижесінде ұнтақ бөлшектерінің дұрыс сфералық пішін алады.

Бүрку арқылы металл ұнтақтарын алудың әр түрлі әдісі бар. Олар вакуумды атомизация, плазмалық атомизация, газды атомизация деп бөліп қарастыруға болады. Олардың әрқайсысының өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктерін жоғарыда атап өттім және де әр процесті әр түрлі жағдайларға сәйкес қолданған жөн деген қорытындыға келдім.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Осокин Е. Н. Процессы порошковой металлургии. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: курс лекций / Е. Н. Осокин, О. А. Артемьева. – Электрон. дан. (5 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2008.
- 2 Hohmann M., Brooks G., Spiegelhauer C. Production methods and applications for high-quality metal powders and sprayformed products. Produktionsmethoden und Anwendungen für qualitativ hochwertige Metallpulver und spruhkompaktierte Halbzeuge. Stahl und Eisen. – 2005.
- 3 Tsantrizos P. G. et. al. Method of production of metal and ceramic powders by plasma atomization. Pat. US № 5707419, дата выдачи: 13 янв. 1998.
- 4 Компания Raymor. Интернет-сайт компании Raymor. URL: www.raymor.com.
- 5 Boulos M. Plasma power can make better powders. Metal Powder Report. 2004. – Vol. 59. – Issue 5. – P. 16-21.
- 6 М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Добвыч Аддитивные технологии в машиностроении, Москва 2015.
- 7 Процессы порошковой металлургии : УМКД № 63-2007 Е.Н. Осокин