ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Бүркітбаев ат. Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ОӘК Қолжазба нұсқасында

Зейнулла Индира Әділжанқызы

Магистрі академиялық дәрежесін іздену үшін

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация тақырыбы	Құйма магний қорытпаларының негізінде аэроғарыштық мақсаттағы жеңіл конструкциялық материалдарды алу және олардың қасиеттерін зерттеу
Мамандық	6М074600 – «Ғарыштық техника және технологиялар»

Ғылыми жетекші,
PhD докторы, сениор-лектор
_____ С.Төлендіұлы
«25» шілде 2020 ж.

Оппонент,
PhD докторы
_____Садыков Б.С.
«26» шілде 2020 ж.

Нормобақылаушы:

Сениор-лектор, доктор PhD

_____ А.Хабай

«14» шілде 2020 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

ЭТжҒТ каф.меңгерушісі

_____И.Сыргабаев

«____» _____2020 ж.

Алматы, 2020ж

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Бүркітбаев ат. Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы
6М074600 – «Ғарыштық техника және технологиялар»

БЕКІТЕМІН
ЭТжҒТ каф. меңгерушісі
_____И.Сыргабаев
«____» _____2020 ж.

магистерлік диссертация орындауға
ТАПСЫРМА

Магистрант *Зейнулла Индира Әділжанқызы*

Тақырыбы*: «Құйма магний қорытпаларының негізінде аэроғарыштық мақсаттағы жеңіл конструкциялық материалдарды алу және олардың қасиеттерін зерттеу»*

Университет ректорының «29» қазан 2018 ж. №*1194-м* бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі *«03» тамыз 2020 ж.*

Жұмыстың бастапқы мәліметтері: *Өткізу эксперимaтальды жұмыстары. Магний қорытпаларын балқытуды жүргізу. Магний негізінде құйылған бейнелерді алу*.

Диссертацияда өңделетін сұрақтар, диссертацияның қысқаша мазмұны:

1) Конструкциялық магний қорытпалары және оларды қолдану;

2) ҚМ5 типті қорытпаларды құюдың технологиялық операцияларын өңдеу;

3) Гомогенизациялық күйдірудің технологиялық операцияларын өңдеу;

4) ҚМ5 типті қорытпаларды шынықтыру және қартаю режимдерін өңдеу;

5) ҚМ5 магний қорытпасының механикалық қасиеттерін зерттеу.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызбалық материалдар 21 слайдпен көрсетілген

магистрлік диссертацияны дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Диссертация тақырыбы бойынша әдебиетпен танысу. Әдеби шолу жасау.	20.01.2019 - 13.05.2019	орындалды
Экспериментті ұйымдастыру. Эксперимент нәтижелерін талдау	01.09.2019 -25.12.2019	орындалды
Өткізу эксперимaтальных жұмыстар.Магний қорытпаларын балқытуды жүргізу ҚМ5. Магний негізінде құйылған бейнелерді алу	25.02.2020 – 24.04.2020	орындалды

Диссертациялық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған бөлімдерге қойған

қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диссертация жұмысының тақырыбын талдау	Төлендіұлы С., ЭТжҒТ каф. сениор-лекторы, PhD докторы	25.02.2020 ж.	
Теориялық ақпарат	Төлендіұлы С., ЭТжҒТ каф. сениор-лекторы, PhD докторы	24.04.2020 ж.	
Норма бақылау	Хабай А., ЭТжҒТ каф. сениор-лекторы, PhD докторы	14.07.2020 ж.	

Ғылыми жетекші_____ С. Төлендіұлы

Магистрант _____ И.Ә. Зейнулла

Мерзімі «14» шілде 2020 ж.

АҢДАТПА

«Құйма магний қорытпаларының негізінде аэроғарыштық мақсаттағы жеңіл конструкциялық материалдарды алу және олардың қасиеттерін зерттеу» тақырыбына жазылған магистрлік диссертациялық жұмыс үш бөлімнен тұрады.

Бірінші бөлімде, конструкциялық магний қорытпаларын қолдану, жітеу, балқыту, тазарту, құю, түрлендіру және өңдеу жұмыстанының жүргілілуі туралы жазылған. Екінші бөлімде шикіқұрамды дайындау, балқыту, термо өңдеу және ренгенофазды тазалады талдау жүргізілді. Үшінші бөлімде зерттеу нәтижелері және оларды талқылау жүзеге асылылды.

Магистрлік диссертациямның мақсаты ҚМ5 құю қорытпаларында кеуек түзуді реттеу механизмін және оларды азайту тәсілдерін зерттеу болып табылады.

ҚМ5 жоғары төзімді магний Құю қорытпаларын алу және оларда кеуек түзуді реттеу механизмін зерттеу қазіргі заманның өзекті міндеті болып табылады. Осыған байланысты диссертациялық жұмыс ғарыш техникасында қолдану үшін берілген қасиеттері бар магнийлі қорытпаларды әзірлеуге және алуға болатынын көрсетті. Осы диссертацияны орындау нәтижесінде қойылған міндеттер шешілді және негізгі мақсатқа қол жеткізілді – кеуек түзілу механизмін реттеу мүмкіндігіне ие болу, сондай-ақ алынған үлгілердің құрылымы мен фазалық құрамы зерттелді.

Зерттеу нәтижелері стратегиялық маңызы бар материалдар болып саналатын эксклюзивті (еркін сатылымда жоқ) магний қорытпаларының технологияларын әзірлеу үшін пайдаланылуы мүмкін. Зерттеу нәтижелері ғарыш саласында ғана емес, Қазақстан Республикасының авиақұрылысы, автомобиль жасау саласында да қолданылуы мүмкін.

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертационная работа на тему «Получение легкихконструкционных материаловаэрокосмического назначенияна основе литых магниевыхсплавов и исследование ихсвойств» состоит из трех разделов.

В первой части написано о ходе выполнения работ по применению конструкционных магниевых сплавов, подметанию, плавке, очистке, литье, модификации и отделке. Во второй части проведен анализ приготовления шихты, плавки, термообработки и очистки ренгенофаза. В третьей части были достигнуты результаты исследований и их обсуждение.

Целью магистерской диссертации является изучение механизма регулирования пористого образования в литейных сплавах ҚМ5 и способов их уменьшения.

Наиболее актуальной задачей современности является получение высокопрочных литейных сплавов магния ҚМ5 и изучение механизма регулирования пористого образования в них. В связи с этим диссертационная работа показала, что можно разрабатывать и получать магниевые сплавы с заданными свойствами для использования в космической технике. В результате выполнения данной диссертации решены поставленные задачи и достигнута основная цель – изучить возможность регулирования механизма пористости, а также структуру и фазовый состав полученных образцов.

Результаты исследования могут быть использованы для разработки технологий эксклюзивных сплавов магния, которые являются стратегически важными материалами. Результаты исследований могут быть использованы не только в космической сфере, но и в сфере авиастроения, автомобилестроения Республики Казахстан.

ANNOTATION

The master's thesis on the topic «Obtaining lightweight structural materials for aerospace purposes based on cast magnesium alloys and the study of their properties» consists of three sections.

The first part describes the progress in the application of structural magnesium alloys, sweeping, smelting, cleaning, casting, modification and finishing. In the second part, an analysis of the preparation of the mixture, smelting, heat treatment and purification of x-ray phase is carried out. In the third part, research results and discussion were achieved.

The aim of the master's thesis is to study the mechanism of regulation of porous formation in cast alloys ML5 and how to reduce them.

The most urgent task of our time is to obtain high-strength casting alloys of magnesium ML5 and to study the mechanism of regulation of porous formation in them. In this regard, the thesis showed that it is possible to develop and produce magnesium alloys with desired properties for use in space technology. As a result of this dissertation, the tasks were solved and the main goal was achieved - to study the possibility of regulating the porosity mechanism, as well as the structure and phase composition of the samples obtained.

The results of the study can be used to develop technologies for exclusive magnesium alloys, which are strategically important materials. The research results can be used not only in the space sector, but also in the field of aircraft construction, automotive industry of the Republic of Kazakhstan.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе		9
1	Әдеби шолу	11
1.1	Конструкциялық магний қорытпалары және оларды қолдану	11
1.2	Магний қорытпаларының жіктелуі	17
1.3	Магний қорытпаларын балқытуға арналған жабдық	25
1.4	Магний қорытпаларын балқытуға арналған флюстер	28
1.5	Қорғау ортасын қолдану	29
1.6	Магнийдің легірлеуші элементтермен өзара әрекеттесуі	30
1.7	Магний қорытпаларын балқыту технологиясы	32
1.8	Магний қорытпаларын түрлендіру	34
1.9	Магний қорытпаларын тазарту	35
1.10	Магний қорытпаларын құю	35
1.11	Магний қорытпаларын термиялық өңдеу түрлері	36
1.12	Магний мен оның қорытпаларының газдармен өзара әрекеттесу	37
1.13	Порообразования в магниевых сплавах	38
2	Тәжірибелік бөлім	42
2.1	Шикіқұрамды дайындау	42
2.2	Балқыту	44
2.3	Термоөңдеу	47
2.4	Микроқұрылымдық талдау	47
2.5	Микро қаттылық шамасын өлшеу	49
2.6	Рентгенофазды талдау	50
3	Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау	52
3.1	ҚМ5 типті қорытпаларды құюдың технологиялық операцияларын өңдеу	52
3.2	Гомогенизациялық күйдірудің технологиялық операцияларын өңдеу	53
3.3	ҚМ5 типті қорытпаларды шынықтыру және қартаю режимдерін өңдеу	65
3.4	ҚМ5 магний қорытпасының механикалық қасиеттерін зерттеу	70
Қорытынды		71
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі		72
Нормативтік сілтемелер		73
Анықтамалар		74
А қосымшасы		75

КІРІСПЕ

Ғылым мен технологияны дамыту жөніндегі мемлекеттік саясаттың негізгі мақсаты Қазақстанның жеделдетілген индустриялық даму бағдарламасын іске асыру болып табылады, ол отандық, оның ішінде магний шикізатынан жоғары қосылған құны бар түпкілікті өнім шығаруға бағдарланған өнеркәсіп кәсіпорындарын құруды көздейді. Өнеркәсіп өндірісінің барлық салаларының жедел дамуына байланысты, әсіресе, машина жасау, аспап жасау, Мұнай-газ саласы, металлургия және химия өнеркәсібі, авиациялық және ғарыш техникасы, магний қорытпаларына қажеттілік таяу болашақта күрт өсетін болады.

Магний мен оның қорытпалары, қасиеттердің бірегей үйлесімділігінің арқасында, бірінші кезекте экологиямен және энергия үнемдеумен байланысты әлемдік қауымдастықтың жаһандық мәселелерін тиімді шешуге мүмкіндік беретін қазіргі өркениеттің маңызды материалдарының бірі болып табылады. Әлемдік тәжірибе магний тұтыну ауқымын көлік, машина жасау, электорник, тамақ өнеркәсібі және т. б. сияқты жетекші салалардың ғылыми-техникалық прогресін айқындайды.

Магний қорытпалары Конструкциялық материалдардың арасында ерекше орын алады. Бұл олардың негізгі қасиеттері мен пайдалану сипаттамаларының бірегей үйлесіміне қол жеткізу мүмкіндігімен байланысты. Құйма және деформацияланатын магний қорытпалары төмен тығыздықтың, жоғары меншікті беріктіктің, икемділік пен технологиялықтың арқасында машина жасауда, авиациялық және ғарыштық техникада қолданылатын неғұрлым перспективалы Конструкциялық материалдар болып табылады.

Сонымен бірге, қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында магний қорытпалары өндірілмейді, олар шетелден сатып алынады. Әлемдік нарыққа Қазақстан магнезиттен және магний табиғи мениралдарынан басқа, Мг95 маркалы техникалық магний жеткізеді. Бұл ретте қазақстандық магний өнеркәсібінің шикізат базасының негізін салыстырмалы төмен сортты қиын қайта өңделетін магнезиттер едәуір қорлар құрайды. Дегенмен, барланған қорлардың басым бөлігі жеткілікті бәсекеге қабілетті болып табылады және 50 жыл ішінде саланың тұрақты жұмысын қамтамасыз ете алады. Пайдаланылатын кен орындарының барланған қорларымен саланың қамтамасыз етілуі 20 жылды құрайды .

Осының барлығы Қазақстан Республикасында магний өнеркәсібінің шикізат базасын одан әрі кеңейту жөніндегі объективті мүмкіндіктер бар екенін, сондай-ақ магний өндірісін ұлғайтудың және оның негізінде магний қорытпаларының жоғары сапалы, бәсекеге қабілетті маркаларын шығару жөніндегі отандық өндірісті құрудың жақсы перспективалары туралы куәландырады.

Магний қорытпалары микропристиканың пайда болуына бейім екені белгілі. Сұйық қорытпаларды кристалдау кезінде пайда болатын екі физикалық процестердің табиғи нәтижесі болып саналады: газдардың шөгуі және

сіңірілуі.Балқыманы суыту және оның кристалдануы барысында жаңадан пайда болатын қатты фазалар үлкен тығыздыққа ие, соның салдарынан материал үлгілері шөгінді кеуектілікке ие болады. Жұмыстың бағалауы бойынша шөгінді кеуектілік көлемі 1,5-3% құрайды. Жалпы кеуектіліктің екінші құрамдас бөлігі-газды кеуектілік. Жұтылған газдар сутегіден 70% тұрады . Ауа атмосферасы N_2, O_2, H_2O, CO_2 және басқа газдардан тұратыны белгілі.

Балқытылған магний осы газдарды ерітпейді, бірақ N_2, O_2, H_2O, CO_2-мен белсенді әрекет етеді:

$$2Mg + O_2 = 2MgO,$$

$$3Mg + N_2 = Mg_3N_2,$$

$$2Mg + CO_2 = 2MgO + C,$$

$$Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2 + 2H.$$

Осы реакциялар барысында түзілетін өнімдерден тек атомдық сутегі (H) магний балқымасымен белсенді сіңеді. Бұл процесс жылу жұтумен және балқыманың температурасының төмендеуімен және оның кристалдануымен жүреді. Газ көпіршіктерінің орнына кристалдау кезінде микропоралар пайда болады. Мысалы, егер алюминий қорытпаларындағы сутегі мөлшері 100 г қорытпаға 1-5 см3 болса, онда магний қорытпаларындағы-20-30 см3 100г.

Жұмыстың мақсаты. ҚМ5 құю қорытпаларында кеуек түзуді реттеу механизмін және оларды азайту тәсілдерін зерттеу

Қойылған мақсатқа жету үшін зерттеудің келесі міндеттері шешілетін болады:

1. ҚМ5 құйма магний қорытпаларын алу технологиясын әзірлеу
2. ҚМ5 қорытпасының фазалық құрамын анықтау
3. ҚМ5 қорытпасының микроқұрылымдарын анықтау
4. ҚМ5 қорытпасының механикалық қасиеттерін анықтау
5. ҚМ5 қорытпаларындағы микропоралардың пайда болу механизмін анықтау
6. ҚМ5 магний қорытпаларындағы микропоралардың пайыздық мөлшерін 3-ші тәсілмен анықтау
7. ҚМ5 қорытпаларындағы микропоралардың мөлшерін реттеу әдістері

1. ӘДЕБИ ШОЛУ

1.1 Конструкциялық магний қорытпалары және оларды қолдану

Магний өнеркәсіптік пайдалану мен өндірісі жүз жыл бұрын дами бастаған металдар қатарына жатады. Оның негізгі артықшылықтары салыстырмалы төмен тығыздық (1,74 г/см3), ауадағы және кейбір басқа орталардағы қанағаттанарлық тұрақтылық, химиялық процестердегі қалпына келтіргіш ретінде жоғары белсенділік, сондай-ақ басқа металдармен қорытудың жақсы қабілеті болып табылады.

Таза металл магний негізінен алюминий, титан және кейбір басқа металдар негізіндегі қорытпаларда қоспаларды қоспалау ретінде пайдаланылады. Қара металлургияда магний шойын мен болатты терең десульфурациялау үшін, сондай-ақ графитті сфероидизациялау жолымен шойынның қасиеттерін жақсарту үшін кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, магний бірінші кезекте титан губкасы өндірісіндегі таптырмас қалпына келтіргіш болып табылады.

Қазіргі заманғы техника, әсіресе аэроғарыштық, ұшу аппараттарының салмағын төмендету, сенімділік пен тактикалық-техникалық сипаттамаларды арттыру бойынша мәселелерді шешуге мүмкіндік беретін жеңіл, жоғары төзімді материалдар жасау бойынша міндеттерді үнемі ұсынады.Бұл ретте материалдар пайдалану қасиеттерінің қажетті кешеніне ие болуы тиіс: бұзылу тұтқырлығы, шаршау кедергісі, коррозиялық төзімділік және басқа да конструкцияның сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз ететін пайдалану қауіпсіздігі.

Қазіргі заманғы озық материалдардың бірі-магний-алюминий қорытпалары болып табылады.

Магний қорытпалары қазіргі заманғы техникада, ең алдымен, төмен тығыздықтың арқасында кеңінен қолданылады, бұл бұйымдар мен конструкциялардың салмағын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді.

Мысалы, соңғы жылдары әзірленген, құрамында литий бар өнеркәсіптік магний қорытпаларының тығыздығы 1,35-1,6 г/см куб. болады. Бұдан басқа, магний қорытпалары сілтілерге, минералды майларға, құрамында фтор бар газ орталарына химиялық төзімді. Жоғары электр әлеуетіне байланысты бұл қорытпалар болат конструкцияларды теңіз суы мен жер асты құрылыстарында коррозиядан электрохимиялық қорғау кезінде протекторлар ретінде пайдаланылады.

Магний қорытпалары техникада өте маңызды рөл атқарады. Жалпы атауы «электрон» магний қорытпалары бар тұтас отбасы бар. Олардың негізін алюминий (10%), мырыш (5% дейін), марганец (1-2%) үйлескен магний құрайды. Басқа металдардың аз қоспалары «электронға» түрлі құнды қасиеттерге ие. Бірақ «электрондардың» барлық түрлерінің басты қасиеті олардың жеңілдігі (1,8 г/см3) және керемет механикалық қасиеттері болып табылады. Олар әсіресе жеңілдігі жоғары бағаланатын техника салаларында қолданылады: ұшақ және зымыран жасауда. Соңғы жылдары ауада өте аз тығыздықтағы (1,35 г/см3)

магнийлі-литий қорытпалары жасалған. Оларды техникада пайдалану өте перспективалы. Магний қорытпалары бағасы жеңіл болғандықтан ғана емес. Олардың жылу сыйымдылығы болатқа қарағанда 2-2,5 есе жоғары. Магний қорытпаларынан жасалған Аппаратура болаттан аз қызады. Құрамында магний бар алюминий қорытпасы (5-30%) қолданылады. Бұл қорытпасы «магналит» қатты және берік алюминий, оңай өңделеді және жылтыратады.

ТМД-да, шет елдегідей, магний минералды шикізатының үлкен қоры бар, оны алуға ыңғайлы. Бұл магний, сондай-ақ тұзды көлдердің бірқатар тұздары бар қатты тұздар кен орындары. Сонымен қатар, магний теңіз суынан алынуы мүмкін. Осылайша, магний үшін көптеген басқа да өнеркәсіптік маңызды металдар үшін аса маңызды шикізат ресурстарының сарқылуы проблемасы тұр емес. Магний негізгі өнеркәсіптік металдардың бірі болса да, оның өндірісінің көлемі алюминий өндірісінің көлеміне айтарлықтай кем түсуді жалғастыруда.

Магнийдағы өнеркәсіптің қажеттіліктеріне белгілі бір бағдарлану оны дамыған капиталистік және дамушы елдерде өндіру мен тұтынуды қарастырады. Екінші дүниежүзілік соғыстан кейін және XX ғасырдың 70-ші жылдарының басына дейін оларда магний өндіру мен тұтынудың үздіксіз өсуі байқалды, содан кейін оның тұрақтануы болды. Капиталистік елдердегі ең ірі магний өндірушісі АҚШ болып табылады, олардың жалпы өндірісте үлесі 50% - дан көп. Конструкциялық магний қорытпалары – магнийді қолдану көлемі бойынша ең үлкен емес, тек бір ғана. Магний көптеген металлургиялық процестерде химиялық реагент ретінде кеңінен қолданылады. Атап айтқанда, ол десульфурациялау мақсатында шойынды өңдеу үшін қара металлургияда қолданылады. Жалпы, соңғы жылдары магнийді химиялық реагент ретінде қолдануды кеңейту үрдісі бар. Магнийдің айтарлықтай мөлшері титан алу үшін қолданылады және оны осы мақсатта қолдану тиімділігін арттыру жолдарын іздеу керек. Сондай-ақ, магний мен оның негізіндегі қорытпаларға сутегі аккумуляторы ретінде қызығушылық байқалады.

Тұтынушылар тарапынан магний қорытпаларына қарсы олардың өрт қауіптілігіне, төмен коррозиялық төзімділігіне, кернеу концентраторларына жоғары сезімталдығына қатысты белгілі бір кемшіліктер бар. Бұл түсіністікті жеңу керек. Сонымен қатар магний қорытпаларының қызметтік сипаттамаларын жақсартуға, атап айтқанда олардың коррозиялық тұрақтылығын арттыруға бағытталған жұмыстарды жалғастыру керек.

Соңғы жылдары ауқымды өнеркәсіптік металдардың бірі ретінде магний жағдайы шетелде орнығып тұрды: 1980 жылы бейбіт уақытта бірінші рет әскери 1943 жылғы магний өндірісінің ең жоғары деңгейі асып түсті.

Алғашқы магнийді шет елдерде ең ірі өндіруші және тұтынушы АҚШ болып қалады, бірақ олардың әлемдік тұтынудағы үлесі 1975-85жж.51,7% - дан 41,5% - ға дейін қысқарды. Норвегия мен АҚШ-магний ірі экспорттаушылары: жылына 36-45 мың тоннадан. Магний тұтыну көлемі бойынша екінші орынды Батыс Еуропа (30%) алады. Жапонияда магнийді тұтыну жылына 20-25 мың тонна деңгейінде бағаланады, олардың 69%–ы алюминий қорытпалары мен

беріктігі жоғары шойын өндірісінде, магний қорытпаларынан құймаларға-4,9% жұмсалады.

Шетелде магний өнеркәсіптің көптеген салаларында қолданылады. Пайдалану бағыттарының барлық түрлерін шартты түрде 3 топқа бөлуге болады:

1. 0,5% - дан 10% - ға дейін магний қосылатын алюминий қорытпалары өндірісінде магнийді қолдану. Құрамында магний бар алюминий қорытпалары жоғары меншікті беріктігімен, коррозиялық төзімділігімен ерекшеленеді.

2. Магний негізінде конструкциялық мақсаттағы қорытпаларды дайындау. Мұндай қорытпалардағы магний мөлшері 90-98%. Деформацияланатын магний қорытпалары және олардан құйылған дайындамалар өнеркәсіптің бірқатар салаларында, ең алдымен аэроғарыштық өнеркәсіпте қолданылады.

3. Магнийді Be, Ti, U, Zr, Hf және т. б. металдарды қалпына келтіру үшін қара және түсті металлургияда химиялық реагент ретінде, химияда (негізінен Гриньяр реакциясында), сондай-ақ Болат конструкциялардың, жер асты құбырлары мен резервуарлардың коррозиясынан катодты қорғау үшін жұмсалатын анодтар ретінде пайдалану.Бұл процестерде Магний толығымен жұмсалады. Сынықтар мен қалдықтар екінші қорытпалар түрінде қайта пайдаланылуы мүмкін бірінші екі топтан өзгеше түзілмейді.

Магний тапшылығы жағдайында металдың қолда бар ресурстарын неғұрлым ұтымды пайдалану, өңдеу мен пайдаланудың барлық кезеңдерінде оның шығындарын қысқарту міндеті де өзекті болып табылады. Мысалы, бастапқы металдың орнына алюминий қорытпаларын қоспалау үшін МА9С6 типті қайталама магний қорытпасы тиімді пайдаланылуы мүмкін. Мысалы, шойынды десульфурациялау немесе модификациялау, модификаторлар өндірісі үшін жоңқаның брикеттері түріндегі магний қорытпаларынан жасалған қалдықтарды тікелей пайдалану да жақсырақ көрінеді.

Магнийді ғарыштық және авиациялық техника, автомобиль жасау аппараттарында, әртүрлі агрегаттар мен жауапты аспаптарда қолдану. Халық шаруашылығының магний мен магний қорытпаларына қажеттілігі оларды өндіру мүмкіндігінен едәуір асып түседі. Бұл металлургтердің, технологтар мен әзірлеушілердің алдына құйма сапасын арттырудың, сынықтар мен жаңқаларды пайдаланудың, қалдықсыз және аз қалдықты өндіріс технологияларын жасаудың жаңа проблемаларын қояды. Экология мәселелері шиеленісуде.

Тұтқыр демпфирлеудің жоғары коэффициенті бар кейбір магний қорытпалары қажетсіз тербелістер жағдайында жұмыс істейтін машиналар мен конструкция элементтерінің қозғалмалы бөліктерін дайындауға жұмсалады.

Реактивті авиация мен зымыран техникасының дамуы аса берік қорытпаларды, оның ішінде жоғары температура кезінде жұмысқа қабілетті құймаларды талап етті. Нәтижесінде цирконий, шіркеу, неодим, торий, иттрий, литий және күміс бар қорытпалар әзірленді.

Автомобиль сияқты жаппай бұйымның конструкцияларында қымбат легирлеуші элементтері бар қорытпаларды қолдану экономикалық тұрғыдан ақталуы мүмкін емес. Сонымен қатар, бұл қорытпалар қысыммен құю үшін өте жақсы физикалық қасиеттері жоқ. Мұнда басты талап-балқыманың жоғары

сұйықтық ағуы, сондай-ақ құю кезінде жарықтың пайда болуына тұрақтылық. Екінші маңызды сәт 130-150 °С кезінде сырғу кедергісінің жоғарылауы. Жоғары температураларда жұмыс істеу үшін ең жақсы заманауи магний қорытпалары 300 °С дейін ұзақ уақыт пайдаланыла алады.

Қысыммен құю үшін пайдаланылатын қорытпаларда қымбат және дефицитті қоспалау элементтері жоқ. Mg-Al-Mn және mg-Al-Zn-Mn (AZ91D, АҚШ-та AM60 және Ресейде ҚМ5) жүйелерінің қорытпалары-бұл жерге немесе кокильге құю үшін әзірленген,бірақ қысыммен құю үшін қолайлы. Қалғандары-мұндай құюға арналған арнайы жасалған композиция олар үшін жасалған талаптарға сәйкес кең қолдану есебімен. Олардың ішінде Mg-Al-Si-Mn - AS41A және AS21A жүйесінің жоғары ыстыққа төзімді қорытпалары. Автомобиль өнеркәсібінде магний қорытпаларын қолдану Конструкциялық материалдар ретінде оларға қойылатын жаңа талаптары бар салыстырмалы жаңа бағыт болып табылады. Болашақта бұл бағыт кеңейтіледі.

Жұмыс барысында жоғары температурада сырғуға төзімді магний қорытпасы жасалған. Магний негізіндегі сырғуға төзімді қорытпалардың құрамдары, олардан бұйымдар мен құймаларды алу тәсілдері, сондай-ақ мәлімделген қорытпалар құрамдарынан және мәлімделген тәсілмен дайындалған цилиндрлер блогы ұсынылды. Қорытпада неодим, шіркеу және/немесе лантан, мырыш, цирконий, марганец, тотығу тежегіші және магний бар. Қосымша қорытпада титан, гафний, алюминий, мыс, никель, кремний, күміс, иттрий, торий, темір және стронций болуы мүмкін.Қорытпалар мен олардан жасалған бұйымдар жоғары механикалық қасиеттерге ие және жоғары температурада сырғыма жоғары кедергіге ие.

Патентте құйма қорытпасында қорытпаның әдеттегі термиялық өңдеу барысында тұндыру есебінен қорытпаға жақсы механикалық қасиеттер беретіні анықталды. Сонымен қатар, неодим қорытпаның құю сапасын жақсартады, әсіресе оның мазмұны 2,1-ден 4 мас-ке дейінгі диапазонда болғанда.%. Осы өнертабыстың ерекше қолайлы қорытпасы 2,5-нан 3,5-ке дейін мас.% және одан да көп емес. Өндірістің технологиялылығы үшін қорытпадағы шамамен 2,8 мас болған жөн.% неодима. Осы өнертабыстың қорытпаларындағы сирек жер компоненті 62-ден 71-ге дейін қоса алғанда атомдық нөмірлері бар ауыр сирек жер элементтерінен таңдап алынады. Бұл қорытпаларда ауыр жерде сирек кездесетін элементтер (РЗЭ) қартаюдың беріктігін қамтамасыз етеді, бірақ бұл күтілгеннен әлдеқайда аз ауыр РЗЭ болғанда қол жеткізілуі мүмкін. Әсіресе ауыр РЗЭ осы өнертабыстың қорытпаларында анықталғандай, баламалы әсер үшін гадолинмен салыстырғанда диспрозияның біршама көп санын талап етілсе де, тең дәрежеде диспрозия болып табылады. Әсіресе осы өнертабыстың қалаулы қорытпасы 1,0-ден 2,7 мас-қа дейін болады.% , артық жақсырақ 1,0-ден 2,0 мас.дейін.% , әсіресе 1,5 мас.% гадолиния . Ауыр РЗЭ мен неодиманың үйлесімі магний матрицасында ауыр РЗЭ қатты күйдегі ерігіштікті төмендетеді, бұл қорытпаның қартаюында беріктендіру сипаттамасын жақсарту үшін пайдалы. Өнертабыс авторлары жүргізген (Патент РФ № 2456362 10.07.2012г.) Көп компонентті магний қорытпаларын зерттеу Үндістанның Mg-Sc-Y-RE-Zr

(магний-скандий-иттрий-сирек кездесетін металдар-цирконий) жүйесінің қорытпаларына қосылуы олардың кристалдануы кезінде дәндердің күрт ұсақталуына әкеп соқтыратынын анықтады.

Бұдан басқа, құйманың бастапқы ұсақ түйіршікті құрылымының болуы салдарынан құрамында индий бар қорытпалар дәндерді одан әрі ұсақтау мақсатында кейіннен термомеханикалық өңдеу кезінде толығымен деформацияланатыны анықталды. Бұдан басқа, алынған дайындамалар (экструзиялық престеуден, соғудан немесе теңканалды бұрыштық престеуден кейін) магний қорытпалары үшін бірегей қалыптау қасиеттеріне ие: бөлме температурасында қорытпа созу кезінде (бірнеше өтпелер үшін) 90% дейін және аралық тұтандырусыз прокаттау кезінде (бір өтпелер үшін) 30% дейін деформацияға шыдайды.Мұндай жоғары деформациялану тек Mg-Li (магний-литий) екі компонентті қорытпалардың аз мөлшері үшін ғана мүмкін.

Сонымен қатар, Mg-In-Sc-Y-RE-Zr жүйесінің қорытпалары (магний-индий-скандий-иттрий-сирек кездесетін металдар-цирконий) бірегей термотөзімділікке ие. Мұндай қорытпалар дәндерінің құрылымы 450-470°С температурада көп сағаттық ұстаудан кейін де өзгермейді. Бұл бұрын қол жеткізілген механикалық қасиеттерді жоғалтпай, мұндай қорытпалардың ыстық деформациясын орындауға мүмкіндік береді.

Мұндай қорытпаларды бөлме температурасында механикалық сынау өте жоғары нәтиже көрсетті. Емдеудің нақты құрамы мен термомеханикалық өңделуіне байланысты келесі нәтижелерге қол жеткізілді (бір сипаттама үшін): ағымдылық шегі-300 МПа дейін, созылу кезіндегі беріктілік шегі-400 МПа дейін және салыстырмалы ұзартылу - 29 дейін%.

Қазіргі уақытта ауқымды ғылыми-зерттеу жұмыстары жүргізілуде, оның нәтижесінде магний қорытпаларын қысыммен құю түрінде ғана емес, сондай - ақ деформацияланған жартылай фабрикаттар-плиталар, табақтар, ұзын өлшемді престелген бұйымдар мен соғмаларды автомобиль өнеркәсібінде де, сондай-ақ магний қорытпаларының тығыздығы экономикалық тұрғыдан ақталатын техниканың басқа да салаларында да кеңінен пайдалану үшін ғылыми негіздер жасалады. Магний қорытпалары мотоциклдерде, тракторларда, тоқыма машиналарында, спорттық мүкәммалда және басқа да бұйымдарда қолданылады деп болжауға болады. Бұл авиациялық техникада және дәстүрлі пайдаланудың басқа да салаларында магний қорытпаларын қолдануды кеңейтуге байланысты зерттеулерді жоққа шығармайды. Әр түрлі электроника, оптика, байланыс және т. б. аспаптардың формасы бойынша күрделі жұқа қабырғалы корпустардың өндірісінде қысыммен құю түрінде магний қорытпаларын қолдану перспективалы болып табылады. КСРО-да өз уақытында толық өндіріс және өңдеу циклі бар өте қуатты магний өнеркәсібі құрылды. Ресейде, Украинада және Қазақстанда бастапқы магний, магний лигатуралары мен әртүрлі мақсаттағы қорытпаларды өндіру бойынша тау-кен комбинаттары мен зауыттары салынды.Маңызды жетілдірулер елдің жетекші кәсіпорындары мен институттары - сіз, Соликам магний зауыты, ЖМПО, титанның Запорожье институты бастапқы металды алу технологиясына енгізілді. Негізгі ғылыми

бөлімшелері металлургия және металлтану институты болып табылатын магнийдің металлтану отандық мектебі қалыптасты. А. А. Байкова РАН, ВИАМ, ВИЛС. Осы ғылыми ұжымдармен тығыздылығы төмен, құрамында литий бар бірегей өнеркәсіптік қорытпалардың кең спектрін, құрамында беріктігі жоғары және ыстыққа төзімді сирек кездесетін металдар бар құйма және деформацияланатын қорытпаларды, ток көздеріне арналған арнайы қорытпаларды және т.б. әзірледі. Сондай-ақ, автомобиль өнеркәсібінде және магнийдің жоғары меншікті беріктігі жақсы технологиялық сипаттамалармен және төмен құнмен үйлесуі тиіс басқа салаларда пайдаланылуы мүмкін қысыммен құю және деформацияланған қорытпалар үшін бірнеше жаңа арзан қорытпалар ұсынылған. Кеңес өнеркәсібінің өнімдері ішкі тұтыну үшін толығымен қолданылды. Енді Ресейде алғашқы магний өндіретін екі зауыт қалды - тұздық магний зауыты және «ВСМПО-АВИСМА» ААҚ, қазіргі уақытта жылына 40 мың т.кем бастапқы магний шығаратын. Өнімнің басым бөлігі экспортталады. Ішкі сұраныстың күрт қысқаруына байланысты зауыттардың қуаты толық жүктелмеген. Ресейде магний өндірісін дамыту перспективалары экономиканы қайта құрылымдаудың жалпы қарқынымен және магний қорытпаларын пайдаланудың өсуімен, мысалы, автоөнеркәсіпте айқындалатын болады. Өкінішке орай, қазіргі уақытта осы салада магний тұтыну шетелдік деңгейден едәуір төмен. Бұдан басқа, магний өндірісі аса маңызды технологиялық буын және соңғы жылдары «ЖМПО-АВИСМА» корпорациясының арқасында әлемдік нарықта мықты позицияға ие болған титан-магний кешенінің қажетті компоненті болып табылатынын ескеру қажет. Алайда, магний бизнесі, ең алдымен, салықтық жеңілдіктер, энерготарифтерді реттеу және сыртқы нарықтарда #қорғау түрінде мемлекеттік қолдауды қажет ететіні құпия емес. Бұл өндірісті жаңғыртуға инвестицияларды айтарлықтай кеңейтуге мүмкіндік берер еді.

Магний қорытпалары жеңіл Конструкциялық материалдар ретінде авиа - және автомобиль жасауда үлкен қызығушылық тудырады, оларды қолдану конструкция салмағын төмендетуге мүмкіндік береді, бұл отын шығынын төмендетуді және олардың динамикалық сипаттамаларын жақсартуды қамтамасыз етеді . Магний қорытпаларынан дайындалған құймаларға бірқатар талаптар қойылады, олардың бірі балқымалардың төмен құны болып табылады, бұл қарапайым және жоғары температураларда магний қорытпаларын беріктендіру үшін өзін жақсы көрсеткен қымбат және тапшы сирек кездесетін металдарды (Nd, La, Y) легирлеуші қоспалар ретінде пайдалануды болдырмайды.

Магний қорытпаларының ерекше физикалық қасиеттеріне олардың серпімділік тербелісін (демпфирлеуші қабілеті) тиімді сіңіру қабілеті жатады, бұл соққы жүктемелерінде үлкен орнықтылықты қамтамасыз етеді және резонанстық құбылыстардың пайда болуына сезімталдықты төмендетеді. Магний жылу нейтрондарын сіңірудің салыстырмалы төмен коэффициенті бар, бұл жақсы жылу өткізгіштігімен және ядролық отынмен әлсіз өзара әрекеттесумен үйлескенде оны ядролық реакторлардың жылу бөлетін

элементтерінің қабығы ретінде қолдануға себепші болады. Салыстырмалы түрде аз көлемде магний қорытпалары соңғы жылдары сондай-ақ электр сигналдарын кідіртудің ультрадыбыстық желілерінің дыбыс өткізгіштерін дайындау үшін түрлі радиотехникалық жүйелерде қолданылады. Осы мақсаттарда магний қорытпаларын қолдану ақталған және олардың құрамына қымбат қоспалы элементтер енгізілген кезде, бұл қасиеттерді, әсіресе жоғары температураларда беріктікті тиімді жақсартқан кезде болды.

1.2 Магний қорытпаларының жіктелуі

Магний қорытпалары жіктеледі :

А). Дайындау технологиясы бойынша-құйма (МҚ әріптерімен таңбалайды) және деформацияланатын (МА әріптерімен таңбалайды);

Б). Механикалық қасиеттері бойынша-жоғары емес және орташа беріктіктегі қорытпаларға, беріктігі жоғары қорытпаларға және ыстыққа төзімді қорытпаларға;

1.2.1 Құйма магний қорытпалары

Құйма қорытпаларындағы негізгі легірлеуші элементтер — алюминий, мырыш, марганец, кремний, церий, цирконий. Ең көп таралған құю қорытпаларының механикалық қасиеттері 1-кестеде келтірілген.

Екі құйма магний қорытпаларының механикалық қасиеттері деформацияланғандардан төмен, бірақ магний қасиеттеріне әсер ету тиімділігі бойынша қоспалаушы элементтер шамамен бір тәртіппен орналасады. Құйма магний қорытпаларының механикалық қасиеттері Қатты дәрежеде құймалардағы дәннің көлеміне байланысты.

Дәнді ұсақтау үшін қорытпаларды құю алдында немесе балқытпаны қыздыру жолымен немесе оған әртүрлі арнайы тұнбалар (бор, магнезит, хлорлы темір) аз мөлшерде (шикіқұрам массасынан 1% - ға дейін), сондай-ақ циркониймен түрлендіреді.

Өнеркәсіптік құйма магний қорытпалары негізінен үш жүйеге тиесілі: Mg—A1—Zn, Mg—Zn—Zгжәне Mg—РЗМ—2г (1-кесте). Mg—A1—Zn жүйесіне жататын бірінші топтың құйма магнийлі қорытпалары кеңінен таралған. Бұл қорытпалардағы негізгі берік элемент — алюминий, мырыш айтарлықтай аз әсер етеді. Бұл жүйенің барлық қорытпалары да коррозияға төзімділікті арттыратын марганецпен легирленген.

Бұл жүйенің құйма магний қорытпалары кристалданудың үлкен интервалына ие (180...250 °С) алюминиймен салыстырғанда. Сондықтан магний қорытпалары алюминийден кем сұйықтықты. Сол себепті магний қорытпаларынан жасалған құймалардағы көлемді шөгу негізінен шөгінді

кеуектілік түрінде көрінеді,бұл құймалардың механикалық қасиеттерінің төмендеуіне және герметикалығының бұзылуына әкеп соғады.

1.1 Кесте - Құйма магний қорытпаларының механикалық қасиеттері және шекті жұмыс температуралары[21]

Жүйе	Маркасы	Термиялық өңдеу режимі	Механикалық қасиеттері, кемінде		Шекті жұмыс температурасы, °С
			σв, МПа	5,%	
Mg—Al—Zn	МЛ4 и МЛ4 пч	-	160	3	-
		Т4	220	5	150
	ҚМ5он	-	150	2	-
	ҚМ6	Т4	230	5	150
		-	150	1	-
Mg – Zn - Zr		Т4	220	4	150
	МЛ8	Т61	280	4	150
	МЛ12	Т1	230	5	200
	МЛ15	Т1	210	3	200
	МЛ17	Т61	300	3	150
	МЛ18	Т61	340	6	150
Mg – РЗМ - Zr	МЛ9	Т6	250	6	250
	МЛ10	Т6	250	5	250
	МЛ11	Т6	160	3	250
	МЛ19	Т6	250	3	300

Кристалданудың кең аралығы ыстық жарықтардың пайда болуына себеп болады.

ҚМ5 және ҚМ6 қорытпалары салыстырмалы түрде жақсы құю қасиеттерімен ерекшеленеді: кіші сызықтық шөгу, жақсы сұйықтық ағу, басқа магний қорытпаларына қарағанда рыхлоттың пайда болуына бейімділігі аз. ҚМ5 және ҚМ6 қорытпалары жерге және кокильге құю үшін қолданылады. Олардың ішінен күрделі жауапты құймалар жасалады.

МЛ4 қорытпасының құю қасиеттері қанағаттанарлық, бірақ ол кеуектікке және қара оксидті қоспалардың пайда болуына бейім. Көп шөгуден және аз сұйықтықтан МЛ4 қорытпасы кокильге құю үшін аз жарамды.

Деформацияланғандай, кейбір құю қорытпалары (МЛ4пч, ҚМ5пч) таза магнийде дайындалады, бұл икемділік пен коррозияға төзімділіктің артуына әкеледі. ҚМ5 қорытпасы жалпы мақсатта қолданылады, бұл жағдайда оны ҚМ5он таңбалайды. ҚМ5пч, ҚМ5, ҚМ5он маркалы қорытпалардың бір химиялық құрамы бар, бірақ тазалықта ерекшеленеді.

Қоспалардың қосындысы ҚМ5пч, ҚМ5 және ҚМ5он қорытпаларындағы тиісінше 0,14; 0,5 және 0,7% құрайды.

Құйылмалы күйіндегі ҚМ5 және ҚМ6 стропилінің құрамы қатты ерітіндінің дәндерімен және дән шекаралары бойынша γ (Mg_4Al_3) интерметаллид бөліктерімен ұсынылған. Барлық қорытпалардың құрылымында марганецтің қосындысы бар, олардың аздаған мөлшері мен өлшемдеріне байланысты табу қиын. Мырыштың көп болуына байланысты МЛ4 қорытпасының құрылымы α-қатты ерітіндінің дәндерімен және Т ($Mg_3Zn_3Al_2$) және γ ($Mg_{17}Al_{12}$) фазаларымен ұсынылған.

Біртекті емес кристалдану нәтижесінде пайда болатын γ-фазаның эвтектикалық қосындыларының едәуір мөлшеріне байланысты ҚМ5 және ҚМ6 құйылмалы жағдайдағы сынғыш қорытпалары болып табылады. Бұл қосылыстар 415 кезінде гомогенизацияның қатты ерітіндісіне ауыстырылуы мүмкін...12 ішінде 420 °С... Магнийдегі диффузиялық процестердің аз жылдамдығына байланысты гомогенизациядан кейін ауада суыту кезінде қорытпаларда ерімеген фазалардың аз мөлшері бар, атап айтқанда марганецтің қосылыстары бар біртекті қатты ерітінді тіркеледі. Гомогенизация (шыңдау) фасонды құймалардың беріктігі мен пластикалық қасиеттерінің артуына әкеледі. МЛ4, ҚМ5 және ҚМ6 қорытпаларының беріктілік қасиеттерін қосымша жасанды қартаюмен арттыруға болады.

Mg – Zn - Zr жүйесіне жататын екінші топтың қорытпалары Mg—A1—Znжүйесінің қорытпаларымен салыстырғанда мынадай артықшылықтарға ие:

1) жоғары беріктілік сипаттамаларымен; 2) құймалардың механикалық қасиеттерінің қима қалыңдығына аз сезімталдығымен; 3) ағымдылық шегінің үзілуге уақытша кедергіге неғұрлым жоғары қатынасымен; 4) микрорыхлоттың әсеріне механикалық қасиеттерінің аз сезімталдығымен.

Қорытпалар тобының өкілі - МЛ12 қорытпасы. Бұл қорытпа жоғары беріктігімен, жақсы коррозиялық төзімділігімен, жақсы құю қасиеттерімен ерекшеленеді; осы қорытпадан құймалар үлкен тығыздыққа ие. Цирконийімен легирленудің арқасында МЛ12 қорытпасы жоғарыда қарастырылған құйма қорытпаларға қарағанда ыстыққа берік. Бұл қорытпаның кемшіліктері нашар дәнекерлеушілік және ыстық жарықтардың пайда болуына бейімділік болып табылады.

МЛ 15 қорытпасы МЛ12 қорытпасынан қосымша лантанмен ерекшеленеді, ол ыстыққа төзімді қасиеттерді арттырады, дәнекерленуді жақсартады, микрорыхлоттар мен ыстық жарықтардың пайда болуына бейімділікті азайтады. Қорытпа 6 сағат бойы 300 °С кезінде қартаюмен термиялық беріктенеді. Алайда, МЛ 15 қорытпасының беріктігі мен икемділігі бойынша МЛ12 қорытпасынан кем түседі. Температураның жоғарылауымен қорытпаның беріктігі мырыш құрамының жоғары болуына байланысты қатты төмендейді.

Осы топтың қорытпалары МЛ8, МЛ 17 және МЛ 18 кадмиймен; кадмиймен және неодиммен; тиісінше кадмиймен және күміспен қоспаланған. Кадмий механикалық қасиеттерін арттырады және Mg – Zn - Zr жүйесі қорытпаларының

технологиялық икемділігін жақсартады, ал неодим және күміс беріктік сипаттамаларын арттырады.

Mg—РЗМ—Zг жүйесіне жататын үшінші топтағы МЛ9, МЛ 10, МЛ11, МЛ 19 қорытпалары жоғары ыстыққа төзімділігімен ерекшеленеді. Ұзақ пайдалану кезінде олар 250...350 °С -ге дейінгі температурада жұмыс істей алады, ал қысқа мерзімді жағдайда — 400 °С дейін .Үшінші топтың барлық қорытпалары астықты тиімді ұсақтайтын және зиянды қоспаларды бейтараптандыра отырып, тазартушы әсер ететін цирконийімен легірленген. Mg—Nd(МЛ9, МЛ 10) жүйесі негізіндегі қорытпалар бөлме температурасында жоғары механикалық қасиеттерімен, жоғары ыстыққа төзімділігімен, жақсы құю және технологиялық қасиеттерімен ерекшеленеді. Церий мишметаллмен легирленген МЛ11 қорытпасы бөлме температурасында төмен қасиеттерімен және осы топтың басқа қорытпаларымен салыстырғанда аз ыстыққа төзімділігімен сипатталады.

Mg – Nd - Үжүйесі қатты магнийдегі легірлеуші элементтердің ерігіштігі температурасының төмендеуімен және ескіру процесінде қайта қанықпаған ерітінділердің ыдырауы кезінде бөлінетін дисперсиялық бөлшектердің біркелкі таралуымен сипатталады, бұл айтарлықтай нығыздаушы әсер береді. Сонымен қатар, осы жүйенің қорытпаларындағы нығыздау фазалары баяу балқытулар және коагуляцияға бейім емес, бұл олардың жоғары ыстыққа төзімділігін қамтамасыз етеді. Бұл жүйенің МЛ 19 қорытпасы магний негізіндегі ең ыстыққа төзімді қорытпаларға жатады.

1.2.2 Деформацияланатын магний қорытпалары

Негізгі легірлеуші элементтер бойынша Деформацияланатын магний қорытпалары бірнеше топқа бөлінеді.

Бірінші топқа негізгі легірлеуші элементі марганец болып табылатын қорытпалар жатады. Марганец магниймен қосылыстар құрмайды және таза түрде бөлінеді. Температураның төмендеуімен магниадағы марганецтің ерігіштігі 3,4% - дан 652 °С кезінде 0,8% - ға дейін 500 °С кезінде азаяды; 200 °С кезінде ол нөлге тең. Дегенмен, Mg—Mn жүйесінің қорытпалары термиялық өңдеумен А1—Mn жүйесінің қорытпалары сияқты беріктенбейді.

Магний марганецпен легирлеудің негізгі мақсаты-коррозиялық төзімділікті және дәнекерленуді жақсарту. Тоттануға төзімділіктің жоғарылауы балқымда ерімейтін темірмен марганец қосындыларының пайда болуымен түсіндіріледі, олар тигельдің түбіне тығыздықтарынан тұрады.

Mg—Mn (МА1)жүйесінің Қос қорытпасы қазіргі уақытта дерлік өндірілмейді. Mg—Mn—Се жүйесіне жататын МА8 қорытпасы кеңінен таралған. Жеткілікті жоғары коррозиялық төзімділікті қамтамасыз ету үшін марганец концентрацияларда кемінде 1,3% (салмағы бойынша) енгізу қажет. МА8 қорытпасының құрылымы магнийдегі қатты марганец ерітіндісімен және таза марганецпен берілген. Церий магний Mg9Се қосылысын құрайды, ол қорытпаның құрылымында оның жоғары дисперсиялығынан байқалмайды.

МА3 қорытпасына церий енгізу үзілуге уақытша кедергінің жоғарылауына, ағымдылық шегіне, қалдық ұзаруына, суық күйдегі өңделуіне әкеледі. Церий енгізу кезінде Mg—Mnқорытпаларының қасиеттерінің жақсаруы негізінен Mg9Ce қосылыстарының дисперсиялық бөліністерінің түзілуімен және осының салдарынан ұсақтаумен байланысты.

МА3 қорытпасы жоғары технологиялық иілгіштігімен, орташа беріктігімен (2-кесте), жоғары коррозиялық төзімділігімен, жақсы Дәнекерлеумен ерекшеленеді. Одан плиталар, табақтар, қалыптаулар, профильдер мен құбырлар алынады. Қорытпаны термиялық өңдеу арқылы бекітілмейді және оның жартылай фабрикаттарын күйдірілген күйде қолданады.

1.2 Кесте - Престелген жартылай фабрикаттардың механикалық қасиеттері[21]

Жүйе	Қорытпа	Механикалық қасиеттері			Жұмыс температурасы °С
		$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ,%	
Mg—Mn	МА1	240	130	5	150
	МА8	240	120	7	200
Mg-Al-Zn-Mn	МА2	260	160	10	150
	МА2-1	260	160	12	150
	МА3	300	240	12	150
	МА5	310	220	8	150
Mg-Zn-Zr	МА14	340	290	9	125
	МА15	300	250	6	150
	МА19	380	330	5	150
	МА20	240	140	15	150
Mg-РЗМ	МА12	270	130	6	200
Mg-Y-Ca	ВМД10	300	240	7	300
Mg-I	МА21	200	130	8	100
	МА18	150	100	15	-

Қорытпа көп жүктелген бөлшектерді дайындауға арналған, оларды өндіру процесінде жақсы икемділік пен дәнекерленуді, ал пайдалануда — жоғары коррозиялық төзімділікті талап етеді; атап айтқанда, мысалы, бензо - және май жүйелері арматурасының бөлшектері үшін.

Деформацияланатын магний қорытпаларының екінші тобы Mg-A1-Zn-Mnжүйесіне жатады. Алюминий мен мырыш магниадағы жоғары ерігіштілікке ие, ол тиісінше Mg-A1 және Mg-Zn Қос жүйелері үшін 12,7% A1 және 8,4% Zn жетеді. Магнийде алюминий мен мырыштың жоғары ерігіштігі Mg-Al-Zn үштік жүйесі үшін де сақталады. Магнийде, алюминийде және мырышта еритін

ерітіндіні беріктендірудің үлкен әсерін қамтамасыз етеді. Температураның төмендеуі кезінде алюминий мен мырыштың магнийдегі ерігіштігі азаяды, сондықтан Mg—A1—Zn жүйесінің қорытпалары алюминий 8% - дан артық болғанда шынықтыру және қартаю кезінде нығыздалады. Беріктендіру кезінде қартаю байланысты бөле упрочняющих фаза Mg 17Al 12 (γ) және Mn3ZnAl2 (T). Mg—A1—Zn—Mnжүйесінің өнеркәсіптік қорытпалары әдетте 3 болады...9% A1; 0,2...1,5% Zn; 0,15...0,7% Mn. Алюминийдің шамадан тыс үлкен мөлшері ыстық және суық күйдегі қорытпалардың төмен иілгіштігіне әкеледі. Мырыш тек беріктікті ғана емес, сонымен қатар алюминий бар магний қорытпаларының салыстырмалы ұзаруын да арттырады. Алайда, құрамында 1,5% - дан астам мырыш бар кезде Mg-A1-Zn-Mn жүйесі қорытпаларының қысымымен өңделеуін нашарлатады.

Mg-A1-Zn-Mn жүйесінің қорытпалары кернеуде коррозияға бейім. Mg—A1—Zn—Mn жүйесі қорытпаларының коррозиялық төзімділігі алюминийден көп болған сайын соғұрлым төмен. Мырыш магний қорытпаларының коррозияға төзімділігіне әсер етпейді, ал марганец оны арттырады.

Mg—A1—Zn—Mn жүйесінің ең көп таралған қорытпаларына МА2-1 және МА2-1пч (жоғары таза) жатады.

МА2-1 қорытпасы МА8 қорытпасынан үлкен беріктікке ие; сонымен қатар ол жоғары технологияға ие. Қорытпа оңай илектенеді, парақты штамптаудың барлық түрлеріне беріледі. Қарапайым пішінді бөлшектерді суық күйінде де штампдауға болады. Mg-A1-Zn-Mn жүйесінің басқа қорытпаларынан айырмашылығы, МА2-1 қорытпасы жақсы дәнекерленеді. Ол термиялық беріктенбейді және күйдірілген, жартылай карталанған немесе ыстық күйінде жеткізіледі. МА2-1пч қорытпасы МА2-1 жоғары коррозиялық төзімділігімен және жақсы дәнекерлеумен ерекшеленеді.

Деформацияланатын магний қорытпаларының үшінші тобы МА14, МА15, МА19, МА20 Mg—Zn—Zr жүйесіне жатады . Бұл топтың қорытпалары жоғары механикалық қасиеттерімен ерекшеленеді, бұл цирконийдің модификациялаушы әсерімен ұштасқан мырыштың беріктендіргіш әсерімен байланысты. Цирконий енгізу кезінде баяу балқитын, сұйық магнийде ерімейтін Zr2Fe3 және ZrFe интерметаллидтері пайда болады, қорытпаның түбіне шөгетін, нәтижесінде металл зиянды қоспадан — темірден тазартылады. Сонымен қатар, цирконий сутекті байланыстырады және кеуектіктің дамуына кедергі келтіреді. Цирконий ерітіндісінде қалған цирконий магниймен перитектикалық реакция бойынша өзара іс-қимыл жасайды, бұл кристалдау орталықтары санының ұлғаюын және Астықты ұсақтауды қамтамасыз етеді. Цирконий де рекристализация кезінде астықтың өсуіне кедергі келтіреді. Цирконий магнийдің қасиеттеріне өте қолайлы әсер етеді. Ол магнийдің беріктігі мен икемділігін арттырады, сондай-ақ коррозияға төзімділікті жақсартады.Алайда, цирконийдің магнийлі қорытпаларға енгізілуі сұйық магнийдегі цирконийдің аз ерігіштігі үлкен технологиялық қиындықтарға байланысты.

Бұл топтың қорытпалары қосымша кадмиймен және сирек жер элементтерімен қоспаланады. Магнийде шектеусіз еритін Кадмий қорытпалардың технологиялық икемділігін, олардың беріктігін және пластикалық қасиеттерін арттырады. Сирек кездесетін элементтер, интерметаллидтер түзіп, қорытпалардың механикалық қасиеттерін жақсартады, әсіресе жоғары температураларда.

Қарастырылып отырған жүйеге МА19 ең берік өнеркәсіптік қорытпасы жатады. Алайда, бұл қорытпаның технологиялылығы жоғары емес және одан престелген жартылай фабрикаттар, шыңдау және қалыптау дайындалады. Ол аргон-доғалы Дәнекерлеумен нашар дәнекерленеді және жақсы байланысады.

Магний қорытпаларының көпшілігі күйдірілген немесе ыстықтай қалыпталған күйде қолданылады. МА14 қорытпасы қысыммен ыстық өңдеуден кейін жасанды тозуға ұшырайды,бұл үзілуге уақытша қарсылықты 20-ға арттыруға мүмкіндік береді...40 МПа, ал ағымдылық шегі 40...Бұл ретте салыстырмалы ұзарту 1,5-ке түседі...2,0 есе. Mg-Zn-Zг жүйесі қорытпаларының престелген және штампталған жартылай фабрикаттарын қартаю алдында шыңдауға болмайды, өйткені жоғары температуралы қыздыру кезінде қыздыруды алып тастайтын рекристализация жүреді, ал қартаю әсері соншалықты үлкен емес, бұл осы беріктендіруді өтей алмайды.

Төртінші топ сирек кездесетін металдар болып табылатын магний қорытпалары болып табылады. Қаралатын топтың қорытпаларына МА12 жатады. Бұл қорытпадағы негізгі легірлеуші элемент-неодим (2,5...3,5%). Неодим жоғары ыстыққа төзімділікті қамтамасыз етеді, бұл қатты ерітіндінің жеткілікті тұрақтылығымен және пайдалану температурасы кезінде mg9nd күшті фазасының коагуляциясының аз жылдамдығымен байланысты. Магнидегі Mg9Nd фазасының ерігіштігі 150 интервалында...300 °С өте аз, бұл фазаның бөліну коагуляциясын Елеулі шектейді. Магний СКМ-мен қорытпаларында марганец пен никель олардың сырғу кедергісін, ұзақ беріктігін және үзілуге уақытша кедергісін едәуір арттырады. Цирконийменлегирлеудің негізгі мақсаты-иілгіштіктің жақсаруына әкелетін астықты ұсақтау.

Бөлме температурасы кезінде үзілуге уақытша кедергі бойынша МА12 қорытпасы орташа беріктіктегі қорытпаларға жатады. Температураның жоғарылауымен оның берік қасиеттері өте қарқынды төмендейді. Бұл қорытпа қысыммен жақсы өңделеді, кернеу астында коррозияға бейім емес пісіріледі. МА12 қорытпасы термиялық беріктенеді.

МА12 қорытпасының механикалық қасиеттері термомеханикалық өңдеу әдістерімен айтарлықтай кестеленуі мүмкін. Магний қорытпаларының ұзақ беріктігі ВТМО кейін стандартты беріктендіргіш өңдеуден кейін төмен, ал НТМО өңдеудің басқа түрлерімен салыстырғанда үлкен ыстыққа беріктікті қамтамасыз етеді. НТМО кейін жоғары ыстыққа беріктігі-ерекше құбылыс, себебі пластикалық деформация, әдетте, қанықпаған қатты ерітінділердің ыдырау процесін тездетеді. Магний қорытпаларының бұл ерекшелігі, магний негізінде қанықпаған ерітінділердің ыдырауы кезінде алдын ала суық деформацияланғаннан кейін берік фазалардың бөлінуін ретсіз емес, негізінен

екілік пен дәндердің шектерінің бойында орналасқандығына байланысты. Мұндай құрылым қандай да бір рекристализация белгілерінсіз жоғары күйдіру температурасына дейін сақталады.

Бесінші топқа иттриймен легирленген қорытпалар, атап айтқанда, Mg—У—Cd жүйесіне жататын ВМД10 қорытпасы жатады. Қорытпаның құрылымы күрделі қатты ерітіндімен және Vg24Y5 фазасымен ұсынылған қорытпаның жоғары технологиялығымен ерекшеленеді және одан Деформацияланатын жартылай фабрикаттардың барлық түрлерін алуға болады. ВМД10 қорытпасы жоғары күшті магний қорытпаларына жатады. Осы қорытпадан жасалған жартылай фабрикаттар механикалық қасиеттер деңгейі бойынша кең таралған магний қорытпасынан асып түседі. ВМД10 қорытпасы жарықшаққа төзімділігі бойынша жоғары талаптар қойылатын массивті бұйымдарды дайындау үшін кеңінен қолданылады.

Деформацияланатын магний қорытпаларының алтыншы тобын Мд—Li жүйесінің қорытпалары құрайды. Магнийді тығыздығы 0,53 г / см3 болатын жеңіл металмен литиймен легирлеу олардың тығыздығының айтарлықтай азаюына әкеледі. Магний -литий қорытпаларының тығыздығы 10-ға...Басқа жүйелердің магний қорытпаларының тығыздығынан 25% - ға кем...30% — Бериллий және шамамен 50% - алюминий қорытпалары. Магнийді литиймен легирлеу тығыздығы 1,3 қорытпаларды жасауға мүмкіндік береді...1,6 г / см3, бұл механикалық қасиеттердің меншікті сипаттамаларының елеулі өсуіне әкеледі. Мәселен, Mg—Li және - қорытпалардан жасалған конструкциялардың қаттылығы болат пен титанды қоса алғанда, басқа материалдардан жасалған конструкциялардың қаттылығынан жоғары. Сонымен қатар, Mg—Li жүйесінде литий құрамының ұлғаюымен фазалық құрамы α-фазадан құрылымдық ГПУ-дан β-фазаға ОСК торы бар ауысуы орын алады. Кубтық құрылымға тән сырғанау жүйелерінің көп саны қорытпалар құрылымында β - фазаның пайда болуы кезінде иілгіштіктің күрт өсуіне себепші болады.

Mg—Li жүйесінің қорытпалары фазалық құрамға байланысты үш топқа бөлінеді: α (5,7% li дейін); α + β (5,7...10,3% П) және β (Li > 10,3%). Қорытпалардың беріктік сипаттамалары литий мөлшерінің ұлғаюымен азаяды, бірақ β-қорытпалар да қанағаттанарлық беріктікті сақтайды. Сонымен қатар, Мд—Li жүйесі қорытпаларының беріктілік деңгейін алюминиймен, мырышпен, кадмиймен, СКМ қосымша қоспалаумен арттыруға болады.

Серпімділік модульдері және сығуға ағымдылық шегі (α + β)-қорытпалар құрамында литий жоқ қорытпалардың көпшілігіне қарағанда жоғары. Магниеволитий қорытпаларының коррозиялық төзімділігі қанағаттанарлық.

Осы топтың қорытпаларынан ма18 β-қорытпасы және (α + β)-МА21 қорытпасы қызығушылық танытады. Магний қорытпалары арасында МА18 қорытпасы ең аз тығыздықпен (1,5 г/см3) ерекшеленеді. Ол жоғары иілгіштікке және соққы тұтқырлығына, жоғары технологияға ие; табақты қалыптау, ию, сору суық күйде жүргізілуі мүмкін. МА21 қорытпасы МА18 қорытпасынан жоғары беріктілік сипаттамаларымен, коррозиялық төзімділігімен ерекшеленеді. Оның тығыздығы-1,6 г / см3. Механикалық қасиеттерді тұрақтандыру және тоттануға

төзімділікті арттыру үшін қорытпаның МА18, ал кейде МА21 150 температурасы кезінде күйдіріледі...6 ішінде 175 °С...16 с.

1.3 Магний қорытпаларын балқытуға арналған жабдықтар

Магний қорытпаларын балқытуды жүргізу үшін пайдаланылатын балқыту пештері:

Газда немесе мазутта жұмыс істейтін стационарлық немесе алмалы-салмалы болат тигелі бар тигельді пештер магний қорытпаларын балқыту үшін қолданылады. Тұрақты тигелі бар пештер үлкен сыйымдылыққа жетеді; олар ұсақ фасонды құймаларды жаппай өндіру құю цехтарында (металл қалыптарға құю және қысыммен құю цехтары) қолданылады. Осы типті пештерде жұмыстың негізгі ерекшелігі-дайындалған қорытпаны сыйымдылығы 2-20 кг шағын үлестіру шөміштерімен пеште тұрған стационарлық тиглден қорытпаны қазу жолымен тарату. Қорытпа сол шөміштерден қалыптарға құйылады. Тұрақты тиглдер әдетте көміртекті болаттан құйылады. Тигль түбінің қалыңдығы тиглдің жоғарғы бөлігіне қарай бірте-бірте азаяды. Сыйымдылығы 150-250 кг стационарлық тигелі бар пештердің өнімділігі 60-120 кг/сағ, ал сыйымдылығы 900 кг тиглі бар пештердің өнімділігі шамамен 250 кг/сағ құрайды.

Мазут және газды тигельді бұрылыс пештерінің өнімділігі аз; отын шығыны балқытылған металл салмағының 20-25%-ын құрайды; бұл пештерге қызмет көрсету өте қиын.

Электр пештері: электр тигельді кедергі пештері-салыстырмалы аз көлемде магний қорытпаларын балқыту үшін өте ыңғайлы агрегаттар.

Электр тигельді пештер алу тигельдерінде магний қорытпаларын балқыту кезінде қолданылады. Осындай пештердің бірінің конструкциясы. Алмалы тигелі бар пештерде жұмыс істегенде қалыптарды тікелей тигельден құяды, ол балқыманы дайындағаннан кейін пештен шығарып, құю орнына тасымалданады. Тигли табақ болаттан пісірілген.

Ең жиі сыйымдылығы 150 кг алынатын тигельдер қолданылады, ал ірі құймаларда тигельдің сыйымдылығы 250-2000 кг жетеді. Тигльдің түбі қалыпталған, жоғарғы бөлігіне тигель пешке тірелетін борт дәнекерленген. Тигель осылайша аспалы күйде.

Жұмысқа кезекті жіберер алдында тигли қабырғалар мен тигель түбінің қалыңдығын өлшеу, сондай-ақ тексеру жолымен бақыланады. Егер тиглде жаншылулар немесе қабырғалардың қалыңдығы мен түбі бастапқы құрамнан 50% кем болса, онда ол одан әрі пайдалану үшін жол берілмейді. Әрбір балқыту аяқталғаннан кейін тигель мұқият тазартылады.

Шағылыстырғыш пештер: сұйық металл ванналарын газбен жылытатын шағылдырғыш пештерді қолдану ұзақ уақыт магний қорытпаларын балқытуға қолайсыз болып саналды. Жабынды және тазартушы флюстерді қолдану қажеттілігі, тазарту процесін жүргізу ерекшелігі, сондай-ақ магнийдің

энергиялық тотығуы және оның балқыманың бетінен жабынды қабатты жою кезінде тұтануға бейімділігі шағылдырғыш пештерді пайдалану кезінде үлкен қиындықтарды тудырды. Магний қорытпаларын балқыту үшін шағылдырғыш пештерді қолдануды қамтамасыз ететін негізгі шарт балқытылған металмен немесе флюспен футеровканың химиялық өзара әрекеттесуінің болмауы болып табылады.

Қазіргі уақытта отандық зауыттарда газ немесе мазутты отынмен жұмыс істейтін сыйымдылығы 3,5 т дейінгі шағылдырғыш пештерде магний қорытпаларын дайындау бойынша тәжірибе жинақталған. Футерлеу материалы ретінде магнезит табысты қолданылады.

Шағылыстырғыш пештерде магний қорытпаларын дайындаудың толық циклін жүргізу кезінде балқытпаның темірмен қосымша қанығуы және қорытпалардың коррозиялық төзімділігінің төмендеуі мүмкін. Фасонды-құю цехтарында шағылдырғыш пештер жылу энергиясының жылдам және аз шығынымен сұйық қорытпаның үлкен мөлшерін алуға мүмкіндік береді, ол кейіннен стационарлық немесе алу тиглдеріне құйылады (сыйымдылығы 350 кг дейін), онда қорытпаны қалыптарға құйып дайындау жүргізіледі (модификациялау және тазарту).

Темір өзекшенің бе индукциялық пештері: мұндай пештер магний қорытпаларын, сондай-ақ түсті металдардың басқа да қорытпаларын дайындау үшін қолданылады. Бұл пештер ішінде тигель орналасқан индуктордан тұрады. Тигель шаблонның көмегімен орнында отқа төзімді массадан немесе графитті (шойын магний қорытпалары үшін) толтырылуы мүмкін.

Пеш индукторы айнымалы ток көзіне қосылады. Осы токтың пайда болған айнымалы магнит ағынының әсерінен тигельге салынған металда металды қыздыру және балқытуды жүргізетін құйынды токтар пайда болады. Индукторды қоректендіретін ток жиілігіне байланысты, темір өзекшесіз пештер жоғары жиілікті және төмен жиілікті болып бөлінеді. Жоғары жиілікті пештер шам генераторынан (шағын сыйымдылықтағы пештерде) немесе машинадан (үлкен сыйымдылықтағы пештерде) жұмыс істей алады.

Пештің сыйымдылығы мен өлшемінің ұлғаюымен оның қоректендіргіш тогының жиілігі өнеркәсіптік деңгейге дейін төмендеуі мүмкін. Бұл ретте пеш жұмысының экономикалық көрсеткіштері айтарлықтай жақсарады.

Темір өзекшесі жоқ индукциялық пештер темір өзекшесі бар пештермен салыстырғанда үнемді емес, бірақ оларды қыздыру жылдамдығы, кез келген жоғары температураны алу мүмкіндігі, пайдаланудың әмбебаптылығы және үзу процесін жүргізу мүмкіндігі бойынша асып түседі.

Индукциялық пештердің кемшіліктеріне – металл қабатындағы оксиалдық және радиалды күштердің пайда болуымен байланысты сұйық металды қатты араластыру жатады, онда ток тығыздығы қажетті шамаға жетеді. Осының салдарынан металлға тотықтар мен флюстер араластырылады. Өнеркәсіптік жиіліктегі жүрексіз индукциялық пештер магний қорытпаларын дайындау үшін ең прогрессивті және үнемді балқыту агрегаттары болып табылады.

Бірқатар зауыттарда сумен салқындату, ауамен салқындату индукторымен және салқындатылмайтын индуктормен сыйымдылығы 100, 300 және 600 кг стационарлық, сондай-ақ бұрылыс пештері қолданылады.

Бұл пештерде магний қорытпаларын балқыту кезінде болатты тиглидері бар 80-85 %, угар және қайтымсыз шығындар 2-3 %, Электр энергиясының шығыны 0,4-0,6 кВт•сағ/кг және флюс шығыны 2-2,5% шихтаның салмағынан.

Салқындатылмайтын индуктор және ауамен салқындату индукторы бар пештер магний мен оның қорытпаларын балқытуда қауіпсіз жұмыс жағдайын жасау үшін арнайы әзірленген. Осы пештерде магний мен оның қорытпаларын балқытуға арналған тигель дәнекерлеу жолымен дайындалады (қабырға қалыңдығы кезінде 8-25 мм)немесе құю жолымен дайындалады(қабырға қалыңдығы 50-70 мм болғанда). Тиглдер үшін материал қарапайым көміртекті және қоспаланған болат болуы мүмкін. Алайда құрамында никель немесе кобальт бар болаттарды қолдануға жол берілмейді, өйткені бұл элементтер балқытылған магнийлі қорытпалармен өзара әрекеттеседі, соның нәтижесінде қорытпаларға қоспалардың түсуіне байланысты магний қорытпаларының коррозиялық беріктігі төмендеуі мүмкін.

Егер индукциялық пештерде 1 т металды балқытудың құнын 100% - ға алсақ, онда кедергінің электр пештерінде ол шамамен 250% - ды құрайды, ал мазутты пештерде 800% - ға жетеді. Бұл к. п. д. шамасындағы айырмашылықпен түсіндіріледі: индукциялық пештерде бұл коэффициент 0,85-ке тең, кедергінің электр пештерінде 0,30 және мазутты пештерде 0,10-ке тең.

Индукциялық пештердің артықшылықтарына олардың 200-400 кг/с жететін жоғары өнімділігін (пештің сыйымдылығына байланысты), ол шағылыстырғыш пештердің өнімділігінен 2-3 есе артық, 2-3% құрайтын металдың төмендетілген көмірі, сондай - ақ индукциялық пештердегі тигельдердің сыртқы беті қыздырылған газдардың әсерінен болмауы және белсенді тотығуға ұшырамауы арқасында тигельдердің шамалы шығыны жатқызуға болады.

Вакуумдық балқытуға арналған пештер: құймалардың сапасына әсер ететін негізгі факторлардың бірі металды балқыту және құю кезінде газ атмосферасы болып табылады. Түсті металдардың, оның ішінде магний қорытпаларының көпшілігін дайындау үшін вакуумда балқытуды және құюды жүргізген жөн. Құйма өндірісінде вакуумды қолдану қажеттілігі туралы қорытындыға бұрыннан келе жатқанымен, алайда вакуумды балқыту пештері өндіріске ең соңғы жылдары ғана енгізе бастады. Мұның себебі вакуумдық балқыту пештері жабдықтарының күрделілігі мен үлкендігі болып табылады.

Қазіргі пештерде вакуумдық балқытудан ең жоғары әсерге жету үшін шикіқұрамның негізгі бөлігін пешке бірден жүктеу қажет. Пештегі Вакуум металл балқытылғанға дейін сору жүйесінің ауасын сору арқылы жасалады. Сапалы құюды алу үшін оңтайлы сиретуді тұрақты және жеткілікті ұзақ сақтау қажет; әйтпесе металдан шығуға үлгермеген газ құймаларда кеуектіктің пайда болуына себеп болады. Вакуумды балқыту кезінде металдан газдарды алып

тастау ғана емес, кейбір тотықтардан металдарды қалпына келтіру да қол жеткізіледі.

Пеш пен сауыт ауа өткізбейтін қаптамаларға салынған. Пештің жоғарғы бөлігінде 2 шихтаның негізгі бөлігін және қосымша қоспаларды енгізуге арналған науасы бар 5 дозаторын беруге арналған құрылғы бар. Балқытылған металдан кейін пештің бұрылуы және сұйық металды құймақалыптарға немесе бұрылыс үстелінде орнатылған басқа құю пішіндеріне құю жүргізіледі.

1.4 Магний қорытпаларын балқытуға арналған флюстер

Магний және оның балқытылған күйіндегі қорытпалары оттегімен белсенді әрекет етеді ,сондықтан ауада жанады . Осыған байланысты балқыту кезінде балқытылған металды оның ауамен жанасуынан қорғаудың арнайы шараларын қолдану қажет. Өнеркәсіпте флюс қабатының астында балқыту әдісін қолдану табылды. Қорытпаларды қалыптар бойынша балқыту және құю тәсілдеріндегі айырмашылық, әрине, әртүрлі құрамды флюстерді қолдануды талап етеді. Флюстердің негізгі мақсаты сұйық ваннаның бетінде балқыманы ауамен контактіден оқшаулайтын қорғаныс жабынының пайда болуы және балқыма кезінде алынған тотықтар мен нитридтерді балқымадан шығару болып табылады. Магний қорытпаларын балқыту және құю кезінде қолданылатын флюстердің жіктелуін келтіреміз.

Бірыңғай (әмбебап) флюстер магний қорытпаларын балқытудың технологиялық процесінің барлық сатыларында қолданылады.

Тазарту флюстерін магний қорытпаларын тазарту кезінде жабынды флюстермен бірге қолданады.

Жабынды флюстер балқыманы тиглде Тұндыру және оны рафинациялайтын флюстермен біріктіріп қалыптарға құю кезінде тазартылғаннан кейін ғана қолданылады.

Құрамында әмбебап флюстермен белсенді өзара әрекеттесетін элементтер (мысалы, литийлі магний қорытпаларына арналған флюстер) кіретін магний қорытпаларын балқытуға арналған өзге де флюстер оларды жоңқаларды қайта балқытуда да пайдаланады.

Қосымша флюстер мен тұздар, мысалы, карналлит Шөміштерді және басқа да балқыту құралдарын жуу үшін қолданылады.

Флюстер келесі жалпы қасиеттерге ие болуы керек:

1) балқыманың немесе таза магнийдің балқу температурасынан төмен балқыту температурасының болуы;

2) қорытпаның бетін тұтас қабатпен жабу үшін жеткілікті жоғары сұйықтық ағуы және беттік керілуі болуы;

3) тигельдің қабырғаларын немесе пеш түбін сулау;

4) жақсы тазарту қабілеті, яғни металл емес қоспаларды балқытудан оңай жою қабілеті;

5) қорытпада өлшенген күйдегі флюс бөлшектерінің шөгуін қамтамасыз ету үшін қорытпаның тығыздығына қарағанда 700-800°С температурада балқытылған күйдегі тығыздықтың болуы;

6) магнийге және магний қорытпасының басқа да құрамдас бөліктеріне, сондай-ақ шағылыстырғыш пештерді футерлеу материалына химиялық әсер етпеуге міндетті.

Магний қорытпаларын балқыту және құюға арналған кең таралған флюстердің химиялық құрамы мен қолданылу саласы 3-кестеде келтірілген.

1.3 Кесте - Магний қорытпаларын балқыту және құю кезінде қолданылатын флюстер[18]

Маркасы	Компоненттердің салмақтық үлесі, %	Тағайындау
ВИ2	38-46 $MgCI_2$; 32-40 КС1; 5 $BaCI_2$; 3-5CaF_2; до 8 NaCl+ + $CaCI_2$; до 1,5 MgO	Стационарлық тиглдерде, сондай-ақ индукциялық пештерде ҚМ5 типті қорытпаларды дайындауға арналған әмбебап флюс
ВИЗ	34-40 $MgCl_2$; 25-36 КС1; 15-20 CaF_2; 7-10 MgO; до 8 NaCl+$CaCI_2$	Алмалы-салмалы балқыту тигельдерінде қорытпаларды дайындауға арналған әмбебап флюс
В	18-23 $MgCl_2$; 30-40 КСl; 30-35 $BaCl_2$; 3-6 CaF_2; до 1,5 MgO; до 10 NaCl+$CaCl_2$	Қорытпаларды балқытуға арналған әмбебап флюс МЛ 10
Карнал-лит	40-48 $MgCl_2$; 34-42 КС1; до 1,2 MgO; до 8 NaCl+$CaCl_2$	ВИ2, ВИЗ маркалы флюстерді дайындау үшін негіз ретінде

1.5 Қорғау ортасын қолдану

Флюстердің көмегімен магний қорытпаларын қорғау тәсілі қарапайымдылығымен және сенімділігімен ерекшеленеді, бірақ бірқатар кемшіліктері бар: флюс тотығады, бүктеледі және қатты, флюс пленкасы бұзылады және өзінің қорғаныс қасиеттерін жоғалтады. Қорытпаның сарқылуы кезінде флюс пленкасы құймаға түсуі мүмкін, бұл флюстік коррозия қаупін тудырады, соның нәтижесінде құймалардың беріктігі төмендейді. Флюстерден бөлінетін хлор, бу және шаң құю жабдықтарының тотығуына әкеледі.

Соңғы уақытта балқыманың тотығуынан және жануынан қорғау үшін газ тәріздес орталарды қолдануға, яғни магний балқымаларын флюссыз балқытуды енгізуге қызығушылық туындайды.

Қорғаныс атмосферасын құру үшін тәжірибеде қолданылады. көмірқышқыл газы, аргон, күкіртті ангидрид.

Қорғаудың ең тиімді құралы SF6 алты фторлы күкірт (элегаз) - ауыр газ, улы емес, түсі мен иісі жоқ, жанбайды және жануды қолдамайды. Элегаздың уыттылығы күкіртті ангидридпен салыстырғанда маңызды артықшылық болып табылады, элегаздың қорғаныс әсері балқымамен өзара әрекеттесуге негізделген, нәтижесінде магний фторидтерінің су өткізбейтін беттік пленкасы пайда болады, тіпті бірнеше рет алып тастағаннан кейін де дереу қалпына келтіру қабілеті бар.

1.6 Магнийдің легірлеуші элементтермен өзара әрекеттесуі

Магнийдің қасиеттері легирлеу кезінде айтарлықтай жақсарады. Магний қорытпаларының негізгі легірлеуші элементтері Al, Zn, Mn, Li болып табылады. Қосымша қоспалау үшін Zr, Cd, Ce, Nd және т. б. 20-25 °C температурада қолданылатын магний қорытпаларының механикалық қасиеттері алюминиймен, мырышпен және циркониймен қоспалау арқылы жақсарады, магний қорытпаларының механикалық қасиеттері жоғары температурада — церий қоспасымен, неодиммен және, әсіресе торий қоспасымен жақсарады.

Цирконий және шіркеу магний қорытпаларының құрылымына түрлендіреді. Цирконий өте тиімді: 0,5–0,7% Zr қосымшасы астық мөлшерін 80-100 есе азайтады. Цирконий қорытпаларды зиянды қоспалардан тазартуға ықпал етеді,сондай-ақ қатты ерітіндінің қасиеттеріне жағымды әсер етеді, рекристализация температурасын арттырады.

Менделеев алюминий, мырыш сияқты металдар. Мысалы, магнийде нонвариантты реакция температурасы кезінде (% массасы бойынша): 12,6% Al жаңа деректер бойынша, 8,4% Zn ериді.

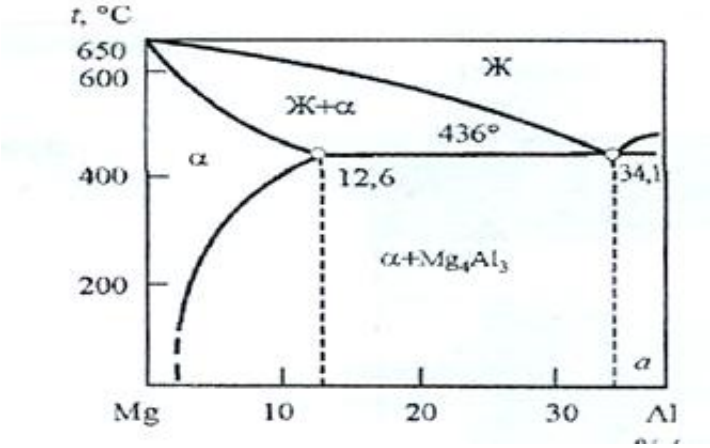
Бұл жүйенің қорытпаларында негізгі беріктендіргіш-алюминий. Мырыш технологиялық қасиеттерді жақсартады және алюминийге қарағанда аз дәрежеде механикалық қасиеттердің жоғарылауына ықпал етеді. Мырыш пен марганец қорытпалардың қасиеттеріне темір мен никель қоспаларының зиянды әсерін едәуір азайтады. Марганец магний қорытпаларының коррозияға төзімділігін және дәнекерленуін арттырады. Алюминий мен мырыш магний қорытпаларының беріктігі мен икемділігіне үлкен әсер етеді: механикалық сипаттамалардың максималды мәндері қорытпаға 6-7% алюминий немесе 4-6% мырыш енгізген кезде жетеді. Бұл элементтер (Al, Zn) магниймен күшті фазалар түзеді, ол тозған шыныгудан кейін ұсақ дисперсті түрде бөлінеді.

Титан, сілтілі жер (Ca) және жерде сирек кездесетін (La, Ce) металдар мен торий дәндерін ұсақтайды, қорытпаларды ашытады, оның ыстыққа төзімділігін арттырады.

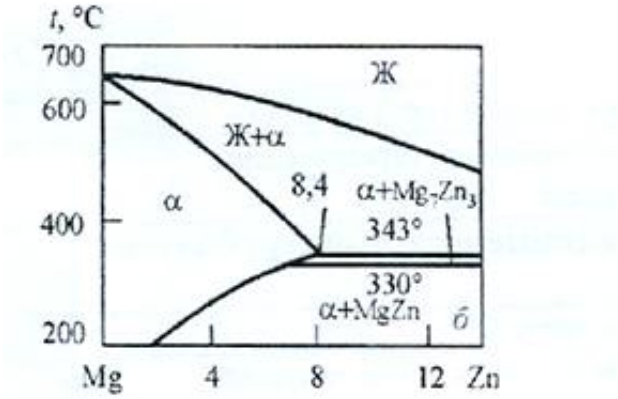
Кадмий механикалық және технологиялық қасиеттерін жақсартады.

Магнийге бай аймақта Mg4Al3 қосылысымен және магнийдегі алюминийдің қатты ерітіндісімен түзілген, құрамында 32,2% Al бар және 436° С температурада балқитын эвтектика бар.

Mg—Al—Zn жүйесі қорытпаларының фазалық құрамы. Литом күйіндегі қорытпалардың құрылымы алюминий және мырыш ерітіндісінен тұрады, олардың шегі бойынша Mg4Al3 металл қосылыстары дәндері қосылады. Бұл жүйенің қорытпаларындағы алюминий құрамының ұлғаюына қарай Mg4Al3 фазасының саны артады.



1.1 Сурет -Mg-Al жүйелерінің күй диаграммасы [14]



1.2 Сурет - Mg-Zn күй диаграммасы [14]

Магний протекторларының фазалық құрамы, негізінен, 2-суретке сәйкес 1 және Mg-Zn суретіне сәйкес Mg-Al күйінің бинарлық диаграммаларының магний жақтары арқылы анықталады. 1 және 2-суреттен A1 және Zn-ді Mg концентрацияларында енгізу, протекторлы қорытпалардың құрамына сәйкес келетін концентрацияларда түзілетін қорытпаның балқу температурасының төмендеуіне әкеледі, қорытпалардың кристалдануы кезінде α-Mg, екі жүйеде екінші қатты фазаның бөлінуі мүмкін: Mg4Al3 (γ-фаза) және MgZn [18]. Үш жүйеде Қос фазалардан басқа, үштік интерметаллдық Т (т) және φ қосылыстары

пайда болуы мүмкін. Протекторлы қорытпаларға ұқсас құрамдағы құйма магний қорытпалары әдетте матрица ретінде α-Mg қатты ерітіндісі және интерметалды қосылыстар болады.

Қорытпаның құрылымы қатты ерітіндіден және γ-фазаның (Mg4Al3) бөлінуінен тұрады. М. С. ҚМ5-жоғары механикалық және құю қасиеттері бар ең көп қолданылатын қорытпа. МСТ 2856-79 сәйкес ҚМ5 және ҚМ6 қорытпаларының химиялық құрамына (AZ81 және AZ91 аналогтары)

4-кестеде көрсетілгендей төртінші легірлеуші элемент ретінде марганец кіреді және Mg-Al-Zn-Mn жүйесі алынады.

1.4 Кесте - Құю қорытпаларының химиялық құрамы

Маркасы	Негізгі элементтер, %			
	G	Al	Mn	Zn
ҚМ5	Негізі	7,5-9,0	0,15-0,5	0,2-0,8
AZ81	Негізі	3,8-4,9	1,2-1,8	0,3-0,9
ҚМ6	Негізі	9,0-10,2	0,1- 0,5	0,6-1,2
AZ91	Негізі	8,5-9,5	0,45-0,9	0,17-0,4

Mg-Al-Zn жүйесінің құйма қорытпаларының жетіспеушілігі микрорыхлоттардың пайда болуына бейімділік болып табылады, яғни негізінен шөгіндісі бар қатты ерітіндінің дәндері мен дендритті ұяшықтарының шекаралары бойынша кеуектердің жиналуы, бұл механикалық қасиеттердің төмендеуіне және герметикалықтың бұзылуына әкеп соғады. Кристалдану кезінде сутегі бөлінгенде кендритаралық кеуектілік күшейтілуі мүмкін.

1.7 Магний қорытпаларын балқыту технологиясы

Қазіргі уақытта өнеркәсіпте магний балқытуды қолданады тотығушылығын төмендететін металдар қосылған вакуумдағы, сутегідегі және аргондағы қорытпалар.

Вакуумда балқыту-күрделі әдіс, себебі вакуумді қондырғысы бар арнайы балқыту пешін қажет етеді, сирек қолданылады.

Атмосферада сутегі мен аргонның бейтарап газдарын балқыту күрделілігіне байланысты кеңінен қолданылмады.

Тотығуды төмендететін металдар қосылған балқыту-кең таралған әдіс. Көбінесе, қосымша ретінде бериллий қолданылады. Бериллий (0,001-0,002%) енгізгеннен кейін магний қорытпасының тотығуы төмендейді. Бериллий оксидті пленканы нығыздайды, оған қорғаныс қасиеттерін береді. Алайда, бериллий құймалардың сапасын төмендетеді, өйткені ірі дәндердің пайда болуына ықпал етеді, Бұл сызаттар мен басқа да құю ақауларының пайда болуына әкелуі мүмкін.

Қорғаныс флюстерінің астында балқыту-ең көп таралған әдіс. Флюстер балқыманың бетінде қорғағыш жабынды жасайды, балқыманы ауамен контактіден оқшаулайды,сондай-ақ балқымадан тотықтарды және балқыту кезінде пайда болған басқа да зиянды қосылыстарды шығарады.

Магний қорытпаларын балқыту үшін сыйымдылығы 200-450 кг алмалы-салмалы немесе тұрақты тигелі бар тигельді пештерді немесе сыйымдылығы үлкен шағылыстырғыш пештерді қолданады. Бұл ретте барлық шихтаны балқытқаннан кейін балқытуды тазарту жүргізілетін тигельді тарату пештеріне құяды. Қыздырылған тигельге немесе пешке кішкене мөлшерде ұнтақталған флюс және беті флюспен көмілетін магнийдің барлық санының жартысына жуықтайды. Магнийдің бірінші порциясын балқытқаннан кейін, магнийдің қалған мөлшерін біртіндеп жүктейді. Содан кейін, бүкіл магний балқытылса, қорытпаға 680-700°С температурада алдын ала ұсақ ұсақталған алюминий лигатурасын-марганец енгізеді. Марганецті магний қорытпаларына 850 °С температурада металл марганец немесе хлорлы марганец қоспасы түрінде визалы флюспен енгізеді (3-кесте). Содан кейін тигельге біртіндеп қайтарылады. Балқытудың бүкіл процесі кезінде қорытпаның беті визаның флюс қабатымен жабылуы тиіс. Мырыш балқыманың соңында 700-720 °С температурада отырғызылады. Сол температурада қорытпаға магний - бериллий лигатурасы түрінде бериллий немесе марганец-алюминий-бериллий немесе натрий $NaBeF_4$ фторбериллаты түрінде бериллий салынады.

Құрамында бериллий бар лигатураларды қорытпаға тазартуға дейін, ал натрий фторбериллатын тазарту кезінде енгізеді. Церий, кейбір жаңа магний қорытпаларының құрамдас бөлігі бола отырып, келесі құрамы (%) бар миметалл құрамына кіреді: 45-55 церия, 20 лантанға дейін, 15 темір, қалғаны - бірінші топтың сирек жер элементтері. Шихтаны есептеу кезінде барлық жерде сирек кездесетін элементтердің жиынтық құрамы ескеріледі. Мишметаллды балқытпа айнасынан 70-100 мм тереңдікке батырылатын темір торлы стақанның көмегімен тазартылғаннан кейін балқытуға қосады.

Цирконий қорытпаға 850-900 °С температурада Na_2ZrFe натрий фторцирконаты түрінде енгізіледі.Егер магний қорытпасына цирконийдің едәуір мөлшерін енгізу қажет болса, мысалы, 4-5% Zn, 0,6-1,1% Zr бар жаңа жылу төзімді құю қорытпасына, қалғандары - магний, шлак-лигатураны қолдануға тура келеді, шлак-лигатураны дайындау үшін келесі құрамдағы шихтаны пайдаланады,%: 50 фторцирконаты калий; 25 карналит; 25 магний.Шлак-лигатураны бір уақытта екі тигельде дайындайды. Бір тиглде карналлит балқытады және 750-800 °С температурада бұрғылау тоқтатылғаннан кейін біртекті балқытылған массаны алғанға дейін калий фторцирконатын араластырады. Содан кейін бұл қоспаға басқа тиглде балқытылған 680-750°с дейін қыздырылған магний құйылады.Кез келген магний қорытпасын балқытудың соңғы сатысы оны тазарту, сондай-ақ құрылымды түрлендіру мақсатында сұйық күйінде өңдеу болып табылады.Магний қорытпасын тазарту барлық қоспаларды енгізгеннен кейін және балқыманың температурасын 700-720 °с дейін жеткізгеннен кейін жүргізіледі.Тек магний қорытпасын натрий

фторбериллатымен өңдеген жағдайда, тазарту алдында қорытпаның қыздыру температурасы 750-760 °с дейін көтеріледі.Әдетте тазарту балқытпаны темір қасықпен немесе шуылмен 3-6 мин бойы араластыру жолымен жүргізіледі; бұл ретте балқытпаның беті ұсақталған ВИЗ флюсмен себіледі.Араластыру қорытпаның жоғарғы қабаттарынан басталады,содан кейін қасықты біртіндеп төмен түсіреді, түбіне дейін тиглдің 1/2 биіктігіне жетпей. Тазарту қорытпаның беті жылтыр, айналы көрініс болған кезде аяқталды деп саналады. Тазарту аяқталғаннан кейін қорытпаның бетінен флюс тазаланады, ал қорытпаның айнасын қайтадан ұсақталған Флюстің жаңа порциясының тегіс қабатымен жабады. Содан кейін магний қорытпалары, МЛ4, ҚМ5 және ҚМ6 қорытпаларынан басқа, 750-780°С дейін қызады және осы температурада 10-15 мин бойы ұстайды.

МЛ4, ҚМ5 және ҚМ6 маркалы магний қорытпалары құю алдында түрлендіріледі. Қорытпаның бетінен модификациялау кезінде пайда болған ластануларды алып тастағаннан кейін және балқыманың бетін Флюстің жаңа порциясымен жабғаннан кейін бұл қорытпаларды ұстайды, бұл ретте температура 650-700°С дейін төмендейді, содан кейін қалыптарға құю жүргізеді. Балқыту барысында сұйық қорытпаның бетінің жай-күйін мұқият қадағалайды. Егер қорытпа жанатын болса, оны пневматикалық флюс таратқыштың көмегімен Ұнтақ тәрізді флюспен жабу қажет.

1.8 Магний қорытпаларын түрлендіру

Магний қорытпаларын модификациялау құймалардың құрылымын ұсақтау және механикалық қасиеттерін арттыру мақсатында қолданылады. Модификациялау механизмі алюминийдің темірмен (қызып кетумен модификациялануы) және алюминий карбидімен АЦСЗ темірімен (модификаторларды енгізу) қосылыстары негізінде көп мөлшерде кристалдау орталықтарының пайда болуынан тұрады. Алюминий жоқ қорытпалар үшін түрлендіруді цирконий немесе кальций қоспалары жүргізеді.

МЛЗ, МЛ4, ҚМ5 және ҚМ6 маркалы қорытпалар балқыманы қыздыру, хлорлы темірмен өңдеу, көміртекті материалдармен өңдеу және басқа да тәсілдермен түрлендіреді. Қызып кету жолымен модификациялау. Қорытпаны тазартқаннан кейін 850 немесе 900 °С дейін қыздырады және 15-20 немесе 10-15 мин бойы тиісінше ұстайды.

Көмірқышқыл кальциймен (бормен) түрлендіру. Шихта массасының 0,5-0,6% мөлшерінде ұсақ үгінділер түріндегі құрғақ ұнтақ түріндегі бор немесе мәрмәр жұқа қағаздан жасалған пакетке оралады, қоңырауға салады және тигельдің биіктігінің жартысына қорытпаға енгізеді.Түрлендіру процесіндегі қорытпаның температурасы-760-780 °С. Өңдеу процесі 5-8 мин созылады,қорытпаның бетінде көпіршіктердің бөлінуі тоқтағанға дейін жүргізіледі. Қорытпаны 10-40 мин түрлендіруден кейін ұстайды.

Магнезитпен түрлендіру. Ұнтаққа ұсақталған магнезитті шихта массасының 0,3-0,4% мөлшерінде қағаз пакеттерге орайды және қорытпаға қоңырауды бір немесе екі қабылдауға салады. Модификациялау қорытпаның бетінде көпіршіктердің бөлінуін тоқтатқанға дейін 8-12 мин жалғастырады. Қорытпаны 30-40 мин ұстайды. Бұл жағдайда модификатор ретінде қолданылатын магнезит Гигроскопиялық емес, бірақ магнезитте бар металл емес қоспалармен магний қорытпасының кейбір ластану мүмкіндігін жоққа шығармайды. Магнезитпен модификациялауды 720-730 °С магний қорытпасының температурасы кезінде рафинирлеуге дейін жүргізеді.

1.9 Магний қорытпаларын тазарту

Флюстермен тазарту балқыманы араластырғыштың қозғалысымен 5 бойы төмен — жоғары араластыру жолымен жүргізіледі...700 температурада 6 мин…720°С. сонымен бірге металл бетіне құрғақ ұсақталған Флюстің порциясын қосады. Балқытылған флюс металдағы жағымсыз қоспаларды орайды және кейіннен металды ұстау кезінде оларды тигль түбіне тұндырады. Металл беті жылтыр айналы көрініс болған кезде тазарту аяқталды деп саналады. Осыдан кейін жаңа флюс жағып, оның астына металл 10-ға шыдайды… 750 кезінде 15 мин…800°С. Содан кейін температураны 700 ° С дейін төмендетеді және Металлды пештен береді.

Магний қорытпаларын тазарту үшін сондай-ақ 720 кезінде аргонмен үрлеу қолданылады...740°С немесе торлы және түйіршікті сүзгіштер арқылы сүзу. Күкіртті Сүзгіш материалдар (магнезит, графит, басқа заттармен қоспадағы кокс) балқыманы толық тазартуды қамтамасыз етеді. Болат торлы сүзгілер ластануды шамамен бес есе төмендетеді. Сутегі тұрақты гидридтерге балқыту үшін құю алдында кейде 0,1% Са-ға дейін енгізеді.

1.10 Магний қорытпаларын құю

Қалыптарды магний қорытпасымен құю көп жағдайда 740-780°С температурада жүргізіледі және тек ірі жұқа қабырғалы құймаларда температураны 800 °С дейін, ал сирек жағдайларда-810 °с дейін арттырады.Қорытпаның қатты тотығуынан температураның одан әрі жоғарылауы ұсынылмайды. Пештен балқыманы тарату және қалыптарды құю келесідей жүргізіледі. Қорытпаның қажетті температурасына жеткенде құю шөмішін дайындау, оны қыздыру жолымен балқытылған ВИ2 флюсі бар тигельде жүргізіледі. Содан кейін флюсті шөміш тұмсығы арқылы құйып, шөміш қабырғасынан мұқият тазалайды. Жұмыс тиглінде балқыманың бетінен металл тазалағышпен немесе шөміштің түбінің бөлігімен флюс бұрылады және шөмішті

баяу батыру кезінде қорытпа алынады. Қорытпаның кейбір мөлшері (5% дейін) ұшындағы флюсты жою үшін шөміш ұшы арқылы пешке кері құйылады. Толтырылған шөміш сұйық қорытпаның ваннасынан алынады және оның сыртқы қабырғаларынан флюс ағады. Балқыманы шөмішпен жинау кезінде флюстың сарқылуын болдырмау үшін пештің немесе тиглдің 2/3 сыйымдылығынан артық емес сарқу керек. Шөміш тұмсығының қалыптарын құю кезінде құю тостағанына немесе құйғышқа мүмкіндігінше жақын болуы тиіс, металл ағысы біркелкі болуы тиіс, ал құюдың барлық уақыты бойы тостағанына немесе баған құйғыштың құйғышына толтырылған болуы тиіс. Магний қорытпасының ағысын құю кезінде жанудан сақтау үшін күкірт түсімен немесе күкірт және бор қышқылының қоспасымен (1:1) Арнайы бүріккішпен немесе тығыз емес матадан жасалған қаппен тозаңдалады. Құю аяқталғаннан кейін шөміште балқыманың кемінде 10-15% қалуы тиіс. Шөміштің барлық қорытпасын құю пішініне Флюстің түсуі мүмкін болғандықтан құюға болмайды. Қорытпаның қалдығы құйылады.

Қорытпаны құю процесі қарқынды тотығу процесімен күрделенетіндіктен, құю процесінде де, оның форманың қуысында қозғалғанда да балқыманың тотығуын болдырмайтын шаралар қабылдау қажет. Осы мақсатта балқыманың ағысын күкірт ұнтағымен немесе 1:1 қатысты араластырылуы тиіс бор қышқылымен күкірт қоспасымен үрлейді. Түзілетін SO2 балқыманы атмосфералық оттегіден оқшаулайды және оның тотығуына кедергі жасайды.

Сондай-ақ, форманы толтыру жылдамдығын азайту және оған қождың түсуін болдырмау үшін магний балқымасын құю кесек сүзгілері (магнезиттен немесе титан губкасынан) және металл торлар арқылы жүргізіледі.

1.11 Магний қорытпаларын термиялық өңдеу түрлері

Магний қорытпаларын термиялық өңдеу жалпы көп, бұл осы металдардағы полиморфтық айналудың болмауымен және балқу температурасының жақындығымен түсіндіріледі.

Магний қорытпалары ұшырайды:

1. Гомогенизациялық күйдіру. Қатты магнийдегі диффузиялық процестердің төмен жылдамдығы тепе-тең емес кристалдану жағдайында дендритті ликвацияның күшті дамуына (тіпті салқындаудың аз жылдамдығы кезінде), ал дендритті ликвация механикалық қасиеттер мен технологиялық икемділіктің төмендеуіне әкеледі. Сондықтан деформация алдында қорытпалар гомогенизациялық күйдіруге ұшырайды.

2. Рекристаллизациялық күйдіру, ол беріктікті төмендетеді, ол магний қорытпаларының пластикалығын арттырады және жартылай фабрикаттардың ұзына бойлық және көлденең бағыттардағы қасиеттерінің анизотропиясын елеулі түрде жояды. Осы күйдіру режимдерін таңдау кезінде жоғары температура кезінде астықтың өсуіне бейімділікті ескеру қажет.

3. Қалдық кернеуді алу үшін күйдіру. Бұл өңдеуді рекристализация үшін пайдаланылатыннан төмен температурада қалдық кернеуді (деформация) жасайтын технологиялық өңдеуден кейін бірден жүргізеді. Термоөңдеудің бұл түрі қысыммен өңдеу үдерістерінен кейін Деформацияланатын магний қорытпалары үшін қажет.

4. Магний қорытпаларын шыңдау және қартаюға беріктікті арттыру үшін ұшырайды. Салқындаудың критикалық жылдамдығы жоғары емес және қыздыру температурасына сәйкес гомогенді жағдайды бекіту ауада салқындату кезінде жүреді. Тек кейбір қорытпалар үшін ауа ағынымен немесе 80-950С дейін қыздырылған сумен салқындату қажет.

1.12 Магний мен оның қорытпаларының газдармен өзара әрекеттесуі

Термиялық өңдеу кезінде магний қорытпалары пеш атмосферасын құрайтын газдармен өзара әрекеттеседі. Оттегімен өзара әрекеттесу нәтижесінде MgO магний тотығы пайда болады.Магний тотығының металға қарағанда айтарлықтай аз көлемі бар, сондықтан магний тез тотығуы керек. Дегенмен, 450-475 °C температураға дейін тотықты пленка қорғаныс әсерін тигізеді.Бұл, шамасы, онда пайда болатын созылатын кернеу оның тұтастығын бұзбайды,тотық пленканың аз қалыңдығына байланысты.

Магний никель мен мыс тотығуын тездетеді. Галлий, мырыш, қалайы және алюминий магнийдің тотығу жылдамдығын арттырады, бірақ алғашқы екі элементке қарағанда аз. Қазіргі уақытта магний тотығу жылдамдығын азайтатын бір ғана элемент орнатылған - бұл бериллий. Ол магнитке қатысты беттік белсенді элемент болып табылады және сондықтан оксидті пленканың беттік қабаттарында шоғырланады. Бериллий тотығы магний тотығынан айырмашылығы көлемінің ұлғаюымен түзіледі ,сондықтан пленканың қорғаныс қасиеттерінің артуына ықпал етеді.Ауа ылғалдылығы жоғарылаған кезде магний қорытпаларының оттегімен өзара әрекеттесуінің қарқындылығы айтарлықтай азаяды. Кең тематикалық интервалда ылғалды ауада магнийдің тотығу жылдамдығы құрғақ ауада шамамен екі есе аз. Бұл ылғалды ауада магний тотығының орнына көлемнің ұлғаюымен түзілетін Mg(OH) 2 гидрототығы планкасының өсуімен байланысты.

Термиялық өңдеу температурасында магний қорытпалары азотпен әлсіз әрекеттеседі. Механикалық қасиеттерінің нашарлауына әкелетін азотпен едәуір ластануы балқу температурасына жақын температураларда металдың азотпен өзара әрекеттесуі кезінде ғана мүмкін.

Құйма магний қорытпалары механикалық қасиеттерін арттыру (шыңдау және ескіру) және қалдық кернеулерді азайту (Т2 күйдіру) үшін термиялық өңдеуден өтеді. Өйткені магний қорытпалары жоғары температураларда пеш атмосферасын құрайтын реакцияға түсуі мүмкін, қыздыру кезінде тек электр пештерін ғана пайдаланады. Қыздыру элементтері Мұқият экрандалуы тиіс,

экрандар мен ішкі қаптамалар тот баспайтын болаттан жасалады. Сұйық селитрлік ванналарда магний қорытпаларынан жасалған жартылай фабрикаттарды қыздыруға жарылыс пен өрттерді болдырмау үшін тыйым салынады. Тотығуды азайту үшін қыздыруды бейтарап атмосферада көмірқышқыл газы, аргон және т.б. немесе 0,5-1% SO2 қосылған ауа атмосферасында жүргізеді.

Қыздыру температурасы кезінде қыздыру уақыты кең шектерде ауытқиды және қорытпаның құрамы мен құймалардың құрылымына байланысты болады. Құймалардағы астықтың мөлшері едәуір мөлшерде қима қабырғасының қалыңдығымен және құюдың қолданылатын тәсілімен анықталады. Массивті құю және қатаю кезінде салқындату жылдамдығы аз болса, соғұрлым қатты астық. Сондықтан қыздыру астында қыздыру кезінде ұстау уақыты осы факторларға байланысты кең көлемде өзгеруі мүмкін.

1.13 Магний қорытпаларындағы кеуек түзілімдер

Ежелгі физиканың терминологиясына сәйкес ,тесіктер, ақаулар, әдетте барлық құйма қорытпаларында бар, «зат ішіндегі саңылаулар немесе бос орындар» деп анықталған. Егер салыстырмалы түрде оңай уақыт бар екенін анықтаса, онда кеуектілікті жіктеу туралы мәселе қиын және даулы. Әдетте кеуектіктің әртүрлі түрлерін ажырататын ерекше белгі негізінен морфологияға, мөлшері мен қорытпада пайда болатын кеуектердің орнына негізделеді.

1.13.1 Кеуек түрлері

Арасында әр түрлі типтегі кеуектер, атап өтуге болады:

Макрокеуектік шөгінділер жанында пайда болады.Сондықтан тесіктер металдың шөгуі анық көрінетін аймаққа жақын орналасқан.

Микрокеуектік өте кішкентай тесік түрінде металл бойынша біркелкі бөлінген, олардың өлшемі әдетте ондықтан жүздеген микрометрлерге дейін. Егер бұл кеуектер қатаюдың ерте сатысында қалыптасса (яғни қатты фазаның төмен үлесі кезінде), онда олардың өсуі қатты дендритті осьтермен әлсіз шектелген сфералық формаға жақын болады. 3-а суретіне сәйкес, ол бірдей кристалдану жағдайында құйылған Al-ll%Si-ден жасалған құйма үшін осындай шағын кеуекті бейнелейді.Бұл балқыманың темір қорытпаларда көп қорытпаларда немесе көміртек оксиді (CO) сутегі түріндегі газдармен қанығуына байланысты және олар кішкентай көпіршіктер түрінде бөлінеді. Ақаудың бұл түрі сұйық металдың газсыздандыруымен және құрғақ формаларды пайдаланумен жойылуы мүмкін.Ылғалдылық-шын мәнінде кеуектің басты факторы, себебі бұл көз және H2 және O2, соңғы, темір қорытпаларда көміртегімен жауап береді.Кристалданудың үлкен интервалымен сипатталатын қорытпалар үшін (мысалы, мыс немесе магний аз концентрациясы бар алюминий

қорытпалары) кендритаралық эвтектиканың кристалдануы үлкен шөгумен (мысалы, θ-AI_2Cuфаза тығыздығы жоғары) жүреді.Осы салаларда, сұйықтық бұл шөгуді (нашар тамақтану) өте қиын өтейді және әдетте шөгінді кеуектілік деп аталатын кейбір микро кеуектілік пайда болады. Мұндай кеуек кристалданудың соңғы сатысында (яғни, қатты фазаның үлесі бірлікке жақын болғанда) дамиды, олардың өсуі жақсы дамыған дендритті осьтермен шектелген және олардың қорытынды түрі извилист.3Б суретіне сәйкес, ол кристалдауға бағытталған жағдайда құйылған Al-3% Si-ден құйма үшін кеуектікті көрсетеді. Дендритті қаңқаның поралардың соңғы түріне әсері анық: сіреспе дәндері аймағында, тесіктері ұзартылған және бастапқы осьтердің бағытын қайталайды, ал тең осьтік аймақта тесіктері «тең» сыртқы түріне ие.Бұрма сипатынан, шөгінді кеуектілік металлографиялық шлифте кіші сфералық кеуек колониялары түрінде табылуы мүмкін. Бұл-әлдеқайда күрделі нысаны бар жеке байланысты кеуек нәтижесі. Атауын көрсетіп отырғандай, беттік кеуектілік әдетте форманың бетінде пайда болады. Кейбір теорияларға сәйкес, бұл тесіктер газ көпіршіктерімен немесе форманың бетінде адсорбцияланатын жоғары булануы бар заттармен (мысалы, сумен) өндіріледі. Металл құйылғаннан кейін, бұл көпіршіктер бетінен бөлініп, металда кейбір қашықтықта пайда болады. Басқа теориялар бетіне перпендикуляр қатты қозғалатын сұйық металда ерітілген газдың сегрегациясына назар аударады. Кристалданудың белгілі бір жолынан кейін, қаныгу қол жеткізіледі және кеуек бос беттің жанында шағын қабат қалдыра отырып пайда болады.

а) Al-11% Si

б) Al-3% Si

1.3 Сурет-тең осьті кристалдану жағдайында қалған Al-Si қорытпасынан жасалған құймалардағы газды,(А) және шөгінді (Б) кеуектілік. [18]

Кеуектілік әртүрлі морфологиямен және әртүрлі жерлерде пайда болса да, оның пайда болу механизмдері бірдей.

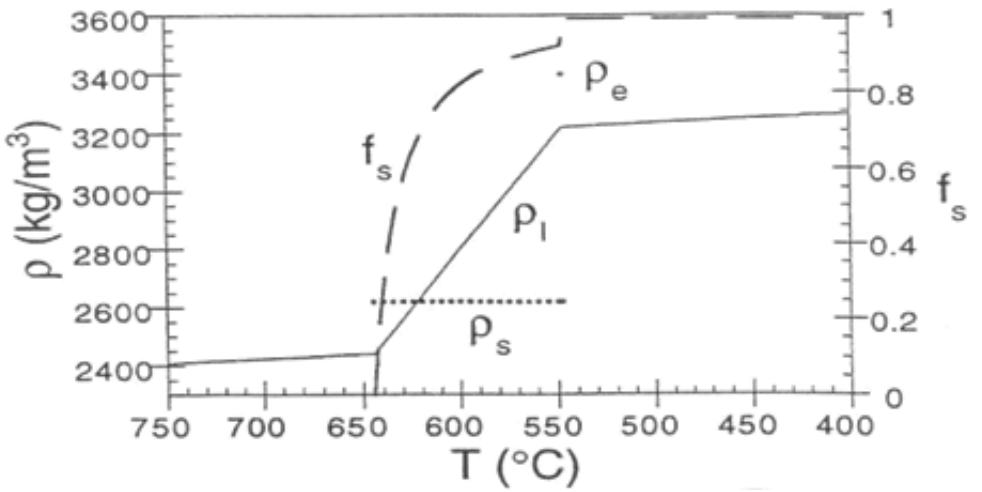
1.13.2 Кеуек пайда болу механизмдері

Кристалдану процесінде пайда болатын басқа да көптеген ақаулар сияқты микрокеуектік көз екі фазалы аймақ болып табылады. Кеуектілікті қалыптастырудың негізгі тетіктері мынадай ретінде анықталуы мүмкін:

А) Шөгу салдарынан сұйықтықтағы қысымның төмендеуі

Сұйық күйдегі металл қорытпалардың көпшілігінің тығыздығы қатты күйге қарағанда төмен. Демек, металл фазалық өту кезінде қысылады (құю шөгіндісі).Бұл сұйық металдың сіңуін және сұйықтықтың ішіндегі динамикалық қысымның азаюын тудырады. Бұл азайту әдетте сұйық металл бағанасының биіктігіне байланысты статикалық қысымның ұлғаюымен өтелмейді.Бұл тығынды ашқан кезде газдалған су шөлмектерімен жүреді, қысымның азаюы сұйықтықтағы газдардың ерігуін төмендетеді (мысалы, суда CO2) және сұйықтық қанықпаған болады: көпіршіктер бөлінеді.Дұрыс емес, дегенмен, қатты күйдегі дене тығыздығы әрқашан сұйық денеге қарағанда көп деп айтуға. Мысалы, мыс 4.5% алюминий қорытпасы үшін мұндай бекіту 4-суретке сәйкес барлық екі фазалы аймақ үшін дұрыс емес.

Шынында да, Al-Al_2Cu548 °C кезінде пайда болатын эвтектика осы температурада сұйықтыққа қарағанда тығыз (c_{Cu}= 33 %). Осылайша, номиналды концентрация сұйықтығы кристалданудың басында қалыптасқан қатты фазадан да жеңіл. Алайда, кристалдау процесінде балқым төмен таралу коэффициенті (0.173) салдарынан қатты фазаға қарағанда мыспен қарқынды байытылады және екі фазалы аймақтың өте үлкен бөлігі тепе-теңдікте қатты фазаға қарағанда нақты тығыз болып табылатын сұйықтықпен сипатталады.

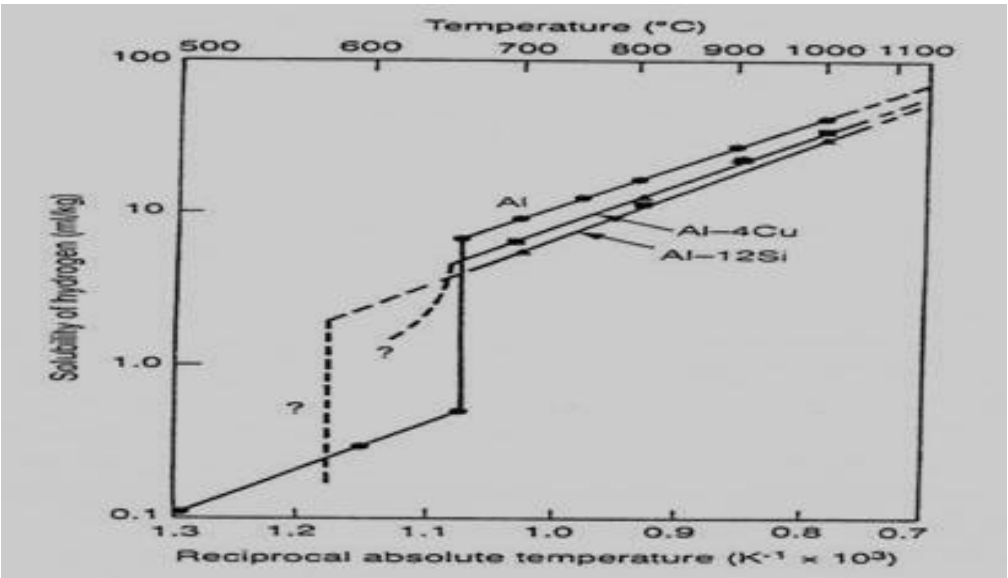


1.4 Сурет -Алюминий қорытпасы тығыздығының 4.5% мыспен температураға тәуелділігі [13]

Б) Газды балқытуда бөлу

Тепе-теңдікте бола отырып, сұйық металдардың көпшілігі шексіз мөлшердегі газ резервуарымен байланыста болса, газдардың өте көп мөлшерін еріте алады.Мысалы, алюминий бір моль 100 грамм металға 1 $см^3$ сутегі болуы мүмкін. Қысым мен температураның стандартты жағдайларында және алюминий тығыздығын назарға ала отырып, бұл газ мөлшері газ порттарының 2,5% көлемді үлесіне сәйкес келеді.Салыстырмалы ылғалдылықта 30%, ауамен тепе-теңдік кезінде сутегінің концентрациясы тек 0.1 $см^3$/100 г суда Еру температурасы кезінде. (Бұл концентрация Сулы ауадағы су буының ішінара

қысымымен түсіндіріледі).Мұндай концентрацияларда сутегі қатаю үдерістеріндегі басты мәселе емес. Алайда, егер нысаны ылғалды болса, сутегі парциалды қысымы жергілікті өте жоғары болуы мүмкін (бір атмосфераға жақын) және тиісінше балқымада газдың көп шоғырлануы болуы мүмкін.Мыс негізіндегі қорытпаларда сутегі мен оттегі сұйық фазада ерітілуі және су буы түрінде бөлінуі мүмкін. Күкірт диоксиді құрамында күкірт бар мыс қорытпалары үшін де проблема болуы мүмкін. Темір негізіндегі қорытпалар үшін де, кейбір газдар, атап айтқанда, улы газ, микропористік қалыптасуда рөл атқара алады.



1.5 Сурет - Алюминийдегі және кейбір алюминий қорытпаларындағы сутегінің ерігіштігі (Кэмпбел бойынша) [13]

Жалпы айтқанда, қатты фазадағы газдардың ерігіштік шегі әдетте 5-суретте сәйкес сұйық фазаға қарағанда аз. Алюминий қорытпалары үшін сутегі бөлу коэффициенті шамамен 0.1 тең, ал темір қорытпалары үшін бұл фактор тек 0.05 СО үшін тең. Бұл фазалық өту металды газдан тазартады.

Өкінішке орай, бұл газдар екі фазалық аймақтан қоршаған ауаға өту үшін жеткілікті уақыт жоқ.Мендритаралық кеңістікте орналасқан сұйық фазада жабыла отырып,олар сұйық фазаны қайта орай алады және, сайып келгенде, егер пайда болу шарттары орындалса, кеуек түрінде бөлінуі мүмкін.

В) Поралардың пайда болуы мен өсуі

Екі құбылыс сұйық металда кеуек қалыптастыруға әкелуі мүмкін:екі фазалы аймақтағы қысымның бір жағынан ауытқуы және екінші жағынан бөлінуіне байланысты сұйықтықты газбен байыту.Алайда, салқындату процесінде сұйықтықта қатты фазаны қалыптастыру кезінде, кеуек қалыптастыру үшін *беттік энергия* жеңу қажет.Егер мүмкін болмаса, гомогенді туу қиын. Екінші жағынан, газ бен сұйықтық арасындағы беттік керілу, әдетте, қатты және сұйық фазаға қарағанда (мысалы, алюминий үшін, σ_{g-1} = 0.9 Дж/м^2 тогда как σ_{s-1} = 0.09 Дж/м^2) артық.Демек, қатты және сұйық фаза арасындағы шекара жұынның гетерогенді пайда болуына негіз ретінде әрекет ете

алмайды.Сондықтан, кеуек қалыптасуы аз мөлшерде тотықтар немесе қосылыстар болғанда және/немесе эвтектикалық реакция кезінде интерметаллдық фазалар түзілгенде тез басталуы тиіс.

2. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

2.1 Шикіқұрамды дайындау

Шихтаны есептеу мақсаты әдетте химиялық құрамы, механикалық, технологиялық және пайдалану қасиеттерінің деңгейі бойынша барлық талаптарға сәйкес келетін қорытпаларды алу қамтамасыз етілетін бастапқы материалдардың осындай арақатынасын анықтау болып табылады.Қорытпаның бір құрамы бастапқы шихталық материалдардың әртүрлі комбинацияларымен алынуы мүмкін. Демек, шихтаны құрастыру қорытпаның мақсаты мен өндіріс ерекшеліктеріне байланысты шешімнің көп нұсқалылығын жол беретін міндет болып табылады.

Шихта материалдарын дайындау әдетте тазалау және мөлшері бойынша дайындау (ұсақтау) болып табылады. Механикалық тәсілмен магний мен мырышты әртүрлі майлардан,кірден және т. б. тазартады.Ал алюминий металды сілтіге батыру арқылы тазаланады.

ҚМ5 құйма магний қорытпаларын дайындау кезінде шихтаны есептеуді 5-кестеде келтірілген ұсынымдарды ескере отырып жүргізу керек.

2.1 Кесте - фасонды құюға арналған магний негізіндегі алдын ала және жұмыс қорытпаларына арналған шихтаның ұсынылатын есептік құрамы

Қорытпаның маркасы	Компоненттердің салмақтық үлесі, %			
ҚМ5	Al	Zn	Mn	Mg
	8,3	0,4	0,5	қалғаны

Құйма магний қорытпаларын дайындау үшін лигатуралар қолданыладымынадай құрамдағы %: Al-Mn (құрамы 8-12 марганец); Al-Mg-Mn (құрамы 20 магний, 10 марганец 8); Al-Be (құрамы 2-3 бериллий, қалғаны-алюминий); Al-Mg-Be (құрамы 35 магния, 3 бериллий, қалғаны - алюминий); Mg-Mn (құрамы 2-4 марганец, қалғаны-магний).

2.1.1 AlMn10 лигатурасын дайындау

Қазақстанда бұл лигатура жүргізілмейді. Химреактивтерді сататын дүкендерде жоқ. Осыған орай, бұл реактивті өздігінен синтездеуге тура келді. Синтездің бастапқы компоненті Алматы қаласында сатып алынған MnO_2 қосылысы болып табылады. Алматы қаласындағы Жану проблемалары институтында жұмыс істеу. Синтез операциясы 3 кезеңнен тұрады:

1) Mn_3O_4 марганец шала тотығын алу кезеңі

1000-1100° С кезінде тұрақты массаға дейін Фарфор тиглдегі MnO_2 марганец қос тотығын қыздыру арқылы алынады.

Қыздыру операциясын жүргізуге арналған пеш:

* СНОЛ маркалы пеш, қуаты 4 КВт, 2008 жылы шығарылған 6-суретте көрсетілгендей

2.1 Сурет–СНОЛ маркалы пеш

Қыздыру режимдері

* Пеш 1100°С дейін қызады (қажетті уақыт 1-1. 5 сағат)

* Осы температурада ұстау уақыты 2,5 сағат

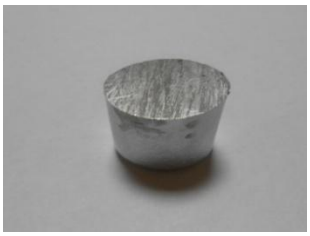
2) Марганецті алюмотермиялық қалпына келтіру

Марганец алу үшін бастапқы затпен Mn3O4 марганецінің тотығы қолданылды.Екі валентті марганец алюминаты түрінде қалатын Шлакпен марганецтің шығынын азайту үшін реакциялық қоспаға шлактың тұтқырлығын азайтатын және ерітуді жеңілдететін кальций тотығын қосу қажет.

Шихтаны 20,9Mn3O4 марганец шала тотығынан, 5,7 г алюминийден және 3,7 г. жаңа қыздырылған кальций тотығынан құрайды. Кейін араластыру қоспасы салынған тигель және поджигают. Онда өткен реакцияның нәтижесінде шлакта марганецтің 21% - ға дейін қалады.

3) Алюминий қорытпасын және AlMn10 марганец – лигатурасын дайындау.

Шихтаны балқыту СНОЛ маркалы пеште жүргізілді. Шихтаны 10 г. марганец және 90 г. алюминий құрайды. Шихтаны тигельге салып, 1100^{0}С температурада 3,5 сағат бойы балқытуды жүргізді. Барлық балқымалар графитқа құйылды.



2.2 Сурет – Алынған алюминий-марганец лигатурасының үлгісі

JEOL 300 электронды-сканерлейтін микроскоптың көмегімен элементтік талдау жүргізілді. Оның нәтижелері бойынша балқытудан кейін алынған лигатурада алюминий 94% және марганец 4-5% болды.

2.2 Балқыту

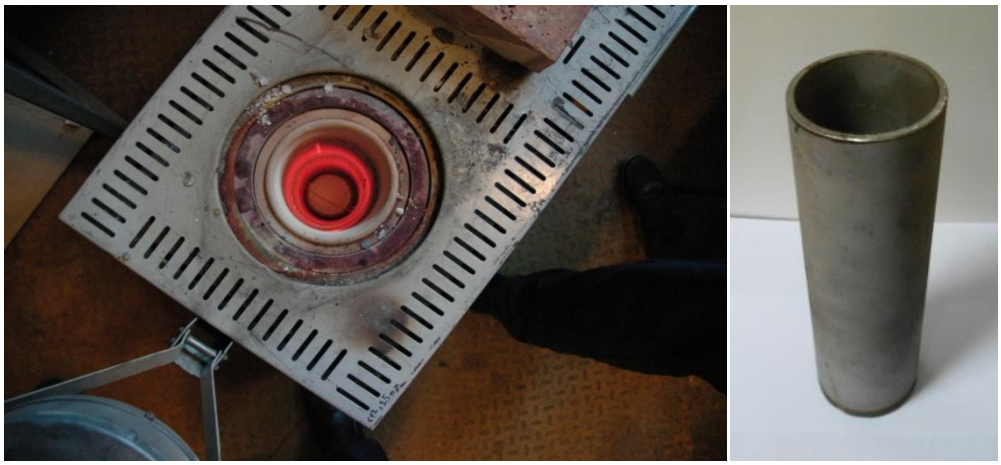
Шихтаны балқыту СШОЛ 5.6 1750 OL кедергісінің зертханалық шахталық пешінде жүргізілді. Шахталық электр пеші бағдарламаланатын микропроцессорлық термореттегіш және қатты жанаспайтын реленің негізінде Температураны автоматты реттеу жүйесімен жабдықталған.5.61750 OL сшол кедергісінің шахталық пешінің техникалық сипаттамалары 6-кестеде келтірілген. Пеш камерасы талшықты және микро кеуекті материалдардан жасалған. Жылытқыштар трубкаларда камераның бүйір қабырғаларының бойымен және под пазаларында орналастырылған. Басқару пульті пештің бүйір жағына орналастырылады. Бағанды тиеу жоғарыдан жүзеге асырылады. Тигілді орналастыру үшін көлденең керамикалық түтіктер орнатылған.

2.1 Кесте – Сшол 5.61750 OL кедергі шахталық пешінің техникалық сипаттамалары[15]

Техникалық сипаттамалары	Мәні
Номиналды қуаты, кВт	6±0,5
Қуат параметрлері	220В, 50Гц
Жұмыс кеңістігіндегі номиналды температура, °С	1750
Спиральді жылытқыштар материалы	Проволока Х23Ю5Т
Жұмыс кеңістігінің өлшемдері мм (ені×ұзындығы×тереңдігі)	500×1100×500
Жұмыс кеңістігіндегі орта	ауа
Температураны автоматты реттеу диапазоны, °С	40÷1750
Белгіленген жылу режимінде температураны реттеу тұрақтылығы, бағасыз, °С, нашар емес	± 3
Қақпақты ашу механизмі	Ручной на навесах
Есептік масса, кг	5

Зертханалық электр пештер 1750 °С-қа дейін жоғары температура қажет болатын әртүрлі процестерді жүргізуге арналған. Электр пешін футерлеу электр пешінің салмақ габаритті көрсеткіштерін айтарлықтай азайтуға және қоршаған ортаға жылудың төмен шығындарына қол жеткізуге мүмкіндік беретін қазіргі заманғы талшықты отқа төзімді материалдардан жасалады. Электр пешінің

сыртқы бетінің температурасы қазіргі заманғы нормаларға сәйкес келеді.Жылытқыштар заманауи материал-фехральдардан жасалған, спиральмен оралған және тіреуіш керамикалық түтіктерге орнатылған. Электр пешінің стандартты модификациясында жылытқыштар электр пешінің 2 бүйір қабырғаларында орналасқан, бұл көп жағдайда жеткілікті.



а) б)

а) балқыту процесінде СШОЛ 5.6 1750 OL кедергісінің шахталық пеші;
б) магний қорытпаларын балқытуға арналған тигель

2.3 Сурет – Пеш және тигель

Жоба авторлары эксперименттер мынадай тәртіппен жүзеге асырды: шахталық пеште тигельді (8Б-сурет) 5000С температураға дейін қыздырып,содан кейін 1500С температурада алдын ала кептірілген тигельге шикіқұрам салмағының 10% мөлшерінде ВИ2 флюсі тигельге тиелді.Балқытылған флюске алдын ала 150° С-қа дейін қыздырылған магний мөлшерінің жартысына (шихта бөлігі) тиеледі, жоғарыдан ВИ2 флюсымен себіңіз. Магнийдің бірінші порциясын балқытқаннан кейін, магнийдің қалған мөлшерін біртіндеп жүктейді (шихта қалдығын қосады),Содан кейін, магний салмағы балқыған кезде, 8500с температурада қорытпаға алюминий-марганец алдын ала ұсақ ұсақталған лигатураны енгізеді. Балқытудың бүкіл процесі кезінде балқытпаның беті ВИ3 флюс қабатымен жабылуы тиіс. Мырыш балқыманың соңында 7200с температурада отырғызылады.

2.2.1 Тазарту

Тазарту: қорытпа 6 минут бойы ыстыққа төзімді болаттан жасалған араластырғышпен араластыру арқылы жүргізілді. Араластыру барысында жұқа ұнтақты кептірілген сұйықтық ВИ3 қосылды.Араластыру қорытпаның жоғарғы қабатынан бастап, біртіндеп араластырғышты төменге түсіріп, тигельдің ¼ биіктігіне дейін түбіне дейін жеткізбей жүргізілді. Балқытпаның беті жылтыр, айналы көрініс алған кезде, ыстыққа төзімді болаттан жасалған ұзын қасықтың

көмегімен балқытпаның бетін бірден құйып, ВИ3 флюсінің жаңа порциясы. Осы операциядан кейін қорытпа қызып кетуді газсыздандыру мақсатында 760°С температураға дейін қыздырып, осы температурада 10 минут ұстап тұрды. Қорытпаны балқыту тәсілі.

2.2.3 Түрлендіру

Түрлендіру: қорытпа қызып кету арқылы жүргізілді.Түрлендіру процесіндегі қорытпаның температурасы 760°С.Өңдеу процесі 17 минутқа созылды және қорытпаның бетінде көмірқышқыл газының көпіршіктерін бөлу тоқтағанға дейін. Қорытпасы 12 мин түрлендіруден кейін ұсталады.

2.2.4 Құю

Қалыпқа құю: құюдың оңтайлы температурасымен 745°С температура таңдалған, балқыманы құю графитті құймаларға жүзеге асырылды (10сурет) құймалар массасының флюстермен ластануын болдырмау мақсатында құймаларға құйма толық емес, ал балқыманың жалпы санынан ¾ мөлшерде құйылады.

2.4 Сурет - Графитті изложница

Құймақалыптарды құю барысында балқыманың тұтануын болдырмау мақсатында ВИ3 жұқа ұнтақты флюс төгілді. Құймалар суыған соң құймақалыптардан алынды, құймақалыптардың беті металл қалдықтарынан тазартылды.

Магний құю қорытпаларын құюдан кейін ҚМ5 экспресс талдау жүргізілді, ол қоспалардың бар екендігін көрсетті (AL, Zn, Mn). Талдау нәтижелері негізінде қалған технологиялық операциялар жалғастырылды.

2.3 Термоөңдеу

1) Гомогенизациялық күйдіру және шыңдау: термиялық өңдеу 380-ден 420^0С дейінгі температура диапазонында жүргізілді, өңдеу температурасына байланысты 4-тен 10 сағатқа дейін ұстау уақытымен.Әр жағдайда үлгілердің микроқұрылымдары мен қаттылығы және фазалық құрамы зерттелді. Эксперименттер үлгілердің кристалдық құрылымы мен қаттылығының түзілу дәрежесі температура мен күйдіру уақытымен өсетінін көрсетті.420^0С температурада күйдіру нәтижесі және 8 және 10 сағат ұстау уақыты бірдей болды. Үлгілердің құрылымы мен қаттылығының параметрлері бойынша күйдірудің оңтайлы шарттары ретінде: 420^0С кезінде 8 сағат, содан кейін 80^0С кезінде ыстық суда шынықтыру.

2) Жасанды қартаю: қанықпаған қатты ерітіндінің ыдырауы басталатын немесе қатты ерітіндіде ыдырауға дайындық болып табылатын құрылымдық өзгерістер болатын кейбір (салыстырмалы төмен) температураларда шыныққан қорытпаның ұсталуын білдіреді.Үлгілердің ескіруі 190^0с температурада 12 сағат, СНОЛ-7,2/1100 муфельді пешінде, магний қорытпаларын балқытуға арналған ВИ3 флюс қабатының астындағы графитті тигельдерде жүргізілді. Флюсті қолдану жоғары температурада қорытпалар үлгілерінің тотығуын болдырмау үшін қажет.

Қартаю мақсаты-шыңдалған қорытпалардың беріктігін қосымша арттыру. Бұл жұмыста термиялық өңдеудің бұл түрі соңғы кезең болды. Әр өңдеу режимінен кейін үлгілер созылу кезінде механикалық беріктікке сыналады.

2.4 Микроқұрылымды талдау

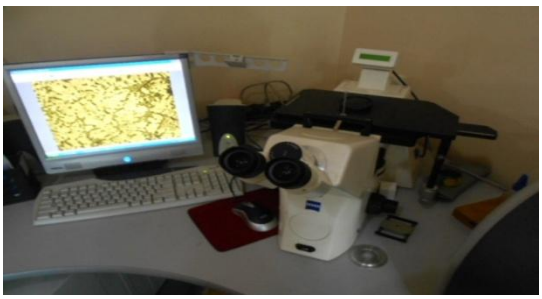
Микроқұрылымдық талдау металдар мен қорытпалардың макро және микроқұрылымдарын зерттеуге мүмкіндік береді: құрылымдық құрауыштардың өзара орналасуын, интерметаллдық фазалардың таралуын, әртүрлі ақаулар мен металл емес қосындылардың болуын анықтау.

Үлгілердің сипаттамаларын микроскоптың көмегімен микроскоптың көмегімен микроскоптау үшін үлгілер микрошлифтелуі тиіс. Қыздыру нәтижесінде құрылымның өзгеруін және деформациялануын туындатпайтын металл кесетін жабдықпен ғана дайындауға рұқсат етіледі (2.4 сурет).BRILLANT 221 сынама дайындау кешені құрылымдық құрамды зерттеу үшін металл қорытпалардан үлгілерді дайындау үшін барлық сипаттамаларды ескере отырып арнайы таңдалған.

2.4Сурет– BRILLANT 221 сынама дайындау

Оптикалық микроскопта жарық сәулелерін көрсететін тегістелген және жылтыратылған тегіс беті бар металдың немесе қорытпаның арнайы үлгілері — микрошлифтер қарастырылады.

Металдар мен қорытпаларды микроскопиялық талдау оптикалық микроскоптың көмегімен олардың құрылымын зерттеуден тұрады(кәдімгі ақ немесе ультракүлгін сәулеленуді пайдаланатын) және электрондық микроскоп (12сурет).Оптикалық микроскопты пайдалану кезінде металл құрылымын бірнеше ондықтан 2 000-3 000 есеге дейін жалпы үлкейтіп зерттеуге болады. Микроанализ егер осы фазалар бөлшектерінің көлемі 0,2 мкм кем болмаса, қорытпаларда болатын әр түрлі фазалардың өлшемдері мен орналасуын сипаттауға мүмкіндік береді. Металл қорытпалардағы көптеген фазалар көлемі 10-4-10-2 см, сондықтан микроскопта ажыратылуы мүмкін.



2.5Сурет – Axiovert 200 MAT Микроскопы

Бір фазалы қорытпалар (әдетте қатты ерітінділер) және таза металдар микроанализінде дәннің шамасын анықтауға және дендритті құрылыстың бар болуын белгілеуге болады. Дәндердің мөлшерін анықтау сандық металлография әдістерімен немесе құрылымды алдын ала жасалған шкалалармен салыстыру жолымен жүргізіледі.

Дендрит құрылымы микроанализге жататын үлгіні өңдеу кезінде анықталған белгілі бір химиялық біртектілікпен байланысты. Егер бір фазалы қорытпалар құрамы бойынша біртекті дәндерден тұратын болса, онда бұл тепе-тең жағдайға жетуді көрсетеді. Көпфазалы қорытпаларда микроанализ көмегімен тек қана жеке фазалардың қосылымдарының санын, нысанын және өлшемдерін

ғана емес, олардың өзара таралуын да анықтауға болады.Әр түрлі Фазалар бір қорытпаға тән емес, жай-күй диаграммасымен сипатталатын айналудың жалпы типтері бар қорытпалардың тұтас топтары үшін (мысалы, эвтектикалық және эвтектоидты айналулар) өзара үлестірудің тұрақты түрлерін құра алады.

Эвтектикалық немесе эвтектоидты құрылымның саны, сондай-ақ осы құрылымдардың құрылымы мен таралу сипаты қорытпалардың қасиеттеріне үлкен әсер етеді. Микроанализ көмегімен қорытпаның құрылымын тепе-тең емес күйде ғана емес, сонымен қатар біркелкі емес күйде анықтауға болады, бұл бірқатар жағдайларда қорытпаның алдыңғы өңдеуін орнатуға мүмкіндік береді. Құрылымның үстіңгі қабаттан бұйымдардың ортасына қарай өзгеруі қыздыру сипатын немесе химия-термиялық өңдеуді қолдануды көрсетеді.

Элементтік құрамға химиялық талдау Mn жоғалуын көрсетті. Бұл талдау дәл болып табылады және оны сенімді ретінде аламыз. Қорытпаның модификациясы кезінде марганецтің көп бөлігі флюспен бірге тұнбаға кетті. Бұл қорытпаның салдары барлық кейінгі операцияларда газдың тотығуы мен сіңірілуіне жоғары бейімділік. Металлографиялық зерттеулер микрорыхлоттың пайда болуын көрсетеді (қуыстар+оксидтер+хлоридтер+фторидтер).Балқыманың жоғары коррозиялығы (Mn аз құрамы), оны құю кезінде балқыманың жеткіліксіз қорғауы есебінен микроруылдақ. Құю кезінде ВИЗ флюсымен ұйықтау жеткіліксіз болды. Сондай-ақ графитті құйма әсер етті. Графит саусақ құмнан нашар, олар коррозияға қарсы қоспамен өңделген. Балқыманы газсыздандыру бойынша арнайы қосымша операциялар қажет болды.

2.5 Микро қаттылық шамасын өлшеу

Микро қаттылығы көптеген факторларға және, атап айтқанда, магний қорытпасындағы компоненттердің концентрациясына байланысты, сондықтан ол микро көлемді химиялық құрамды сандық немесе жартылай сандық бағалау шарасы болуы мүмкін.

Концентрацияның сенімді сандық анықталуы гомогенді эталондарды пайдалана отырып, қатты ерітіндідегі қоспалаушы компоненттің құрамына микро қаттылық тәуелділігінің графигін алатын екі компонентті қорытпаларда ғана мүмкін. Бұл ретте әдіс үстіңгі жапсырманы химиялық өңдеу, электролиттік жылтырату немесе вакуумда күйдірумен толық жоюға ерекше назар аудару қажет. Микро қаттылық әдісі қорытпалардың жеке фазалары мен құрылымдық құрауыштарын анықтауға мүмкіндік береді.

Микроқұрылымның ерекшеліктерін зерттеу дәнекерленген қосылыстардың қалыптасу заңдылықтарын анықтауға және олардың қасиеттерін арттыру жолдарын белгілеуге мүмкіндік береді. Жоба авторларының микро қаттылығын зерттеуде ПМТ-3 аспабы қолданылды (2.6 - сурет) ең жетілдірілген ретінде.

2.6 Сурет –ПМТ-3 құрылғысы

ПМТ - 3 материалдарды 2-ден 200 г-ға дейінгі жүктемемен инденторды қысу арқылы қаттылыққа сынау үшін пайдаланады. Индентор ретінде тік негізі бар Алмаз пирамидасы және 136°қарсы жатқан қырлар арасындағы жоғарғы жағы кезінде бұрышы қолданылады. ПМТ-3 аспабында окулярлы микрометрмен өлшеуді 0,15 мкм дейінгі дәлдікпен жүргізуге болады.

2.6 Рентгенофазды талдау

Зертханалық жағдайларда іріктелген сынамалардың жүргізілген сандық рентгендік-фазалық талдауы рентгенографиялық деректер мен химиялық талдау деректері арасындағы алшақтық шағын айырмашылықты құрайтынын көрсетті.

Көп фазалы материалдардағы жекелеген фазалардың сандық құрамын анықтау міндетіне кіретін сандық рентгендік-фазалық талдау дифракциялық максимумдардың (шағылысулардың) қарқындылығына анықталатын фазаның мазмұнына байланысты негізделген. Сол немесе басқа фазаның мазмұнының ұлғаюымен оның шағылысу қарқындылығы артады.

Рентгендік-фазалық талдаудың мақсаты заттың қорытпадағы оның қабықаралық қашықтықтарының (d) жиынтығы және рентгенограммадағы тиісті сызықтардың салыстырмалы қарқындылығы бойынша сәйкестендіру болып табылады. Ол үшін Брега-Вульф Заңына сәйкес, шағылысу бұрыштарын анықтау қажет. Бұл принцип бойынша жұмыс істейтін

Bruker D8 ADVANCE рентген дифрактометр деп аталады (14сурет). Дифрактометрде КМ5 магний қорытпаларының үлгілеріне рентгенофазды талдау жүргізілді. Дифрактометрдің негізгі техникалық сипаттамалары 7-кестеде келтірілген.

2.8 Сурет –Bruker D8 ADVANCE дифрактометрінің жалпы түрі

2.8 Кесте - Bruker D8 ADVANCE дифрактометрінің негізгі техникалық сипаттамалары

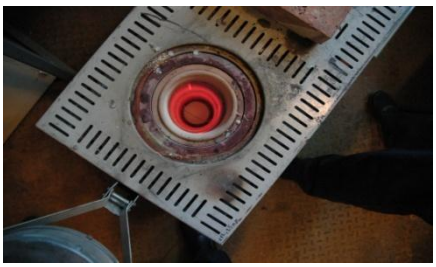
Түсіру әдісі	Брэгг-Брентано
Конфигурация	Θ–2Θ
Бұрыштарды орнату дәлдігі	0,005°
Түсіру режимі	Қадамдық немесе үздіксіз
Түтік жұмыс режимі	40 кв, 40 μа
Үлгі қозғалысы	Айналдыру (тек температуралық приставкасыз)
Үлгі ұстаушы	Монокристалды кремнийлі кювет
Аспаптың жұмыс істеуіне негізделген теориялық негіздер мен әсерлерін сипаттау	Люминесцентті детектор рентген сәулесінің кристалымен шашыраудың дифракциялық суретін тіркейді
Зерттелетін заттар	Бөлме т-рінде зерттеуге арналған көлемі 5 мм^{3}және өзге де температураларда зерттеуге арналған көлемі 0,2 см^3-ден Ұнтақ тәрізді немесе металл үлгі
Алынған деректерді айырбастау және өңдеуге арналған бағдарламалар	Эксперименталды деректерді алдын ала өңдеуге арналған арнайы бағдарламалар, сондай-ақ SHELX, SIR, FOX, DDM, Winplotr және т. б. типті кең танымал кристаллографиялық бағдарламалар кешені.

3 ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

3.1 ҚМ5 типті қорытпаларды құюдың технологиялық операцияларын өңдеу

Инертті ортада магний қорытпаларын балқытуды жүргізу мүмкіндігінің болмауына байланысты флюс қабатының астында шахталық зертханалық пеште магний қорытпаларын балқытудың әдебиетте кеңінен сипатталған зертханалық әдістемесі қолданылды.Стационарлық Болат тигельдерде балқыту кезінде оларды 400-500°С дейін қыздырады, одан кейін шихта массасынан 10% мөлшерінде ВИ2 флюсін тиейді. Балқытылған флюске 120-150°С дейін қыздырылған шихталық материалдар аз мөлшерде тиеледі.Қорытпаны 700-720°С дейін қыздырады, түрлендіруді және тазартуды жүргізеді. Қорытпа 10-15 мин жуылады,одан химиялық құрамды анықтауға сынама алады және қол шөміштермен құю жүргізеді. Флюс қабатының астында ауада балқыту кезінде магний қорытпаларын 750°С-тан жоғары қыздыру ұсынылмайды, өйткені бұл жағдайда қорытпада ерімейтін магний нитридінің (Mg3N2) қосылыстары пайда болады, ол магний қорытпаларынан жасалған құймалардың коррозиялық беріктігі мен пластикалық қасиеттерін төмендетеді.Есеп авторлары құю магний қорытпаларын балқытуға арналған шихта құрамын есептеу жүргізді ҚМ5. Қорытпадағы компоненттердің оңтайлы құрамына жету үшін авторлар қорытпадағы қоспалаушы компоненттердің ықтимал асып кету жағдайларын зерттеді.

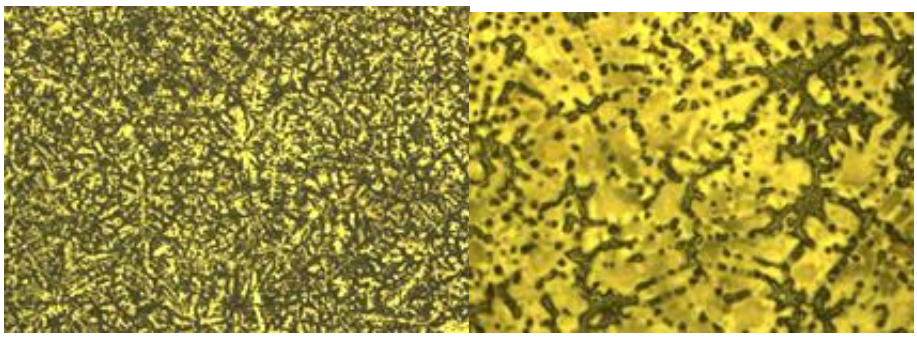
Тигель шахталық пеште 550°С температураға дейін қыздырылып, содан кейін 160° С температурада алдын ала кептірілген тигельге шикіқұрам салмағының 11% мөлшерінде ВИ2 флюсі тигельге тиелді.Балқытылған флюске шағын үлестермен алдын ала қыздырылған 160° С шихта материалдарын тиейді және оларды жоғары жағынан қыздырылған ВИ2 флюсінің 160°С температурасына дейін қабатпен көмеді. Флюсті толтырғаннан кейін тигельді шахта пешінде 730°С температураға дейін қыздырады.Қорытпа осы температурада 15 минут сақталады. Қорытпаны ұстағаннан кейін 5 минут ішінде ыстыққа төзімді болаттан жасалған араластырғышпен балқыманы араластыру жолымен балқыманы тазарту жүргізілді. Араластыру барысында жұқа ұнтақталған құрғақ сұйықтық ВИ3 қосылады. Араластыру қорытпаның жоғарғы қабатынан бастап, біртіндеп араластырғышты төмен түсіріп, тигельдің ¼ биіктігіне түбіне дейін жеткізбей жүргізіледі.Балқытпаның беті жылтыр, айналы түрді алған кезде, ыстыққа төзімді болаттан жасалған ұзын қасықтың көмегімен балқытпаның бетін бірден ВИ3 флюсінің жаңа порциясымен жабады. Осы операциядан кейін қорытпаларды қызу газсыздандыру мақсатында 760°С температураға дейін қыздырады және осы температурада 10 минут ұстайды. Қорытпаны балқыту тәсілі 3.1-суретте көрсетілген.



3.1 Сурет - Балқыту процесінде 5.6 1750 OL СШОЛ кедергісінің шахталық пеші

Алынған құймаларды құю графитті құймаларға жүзеге асырылды, сонымен қатар құймалар массасының флюстермен ластануын болдырмау мақсатында құймаларға құймалар толық емес, балқыманың жалпы санынан ¾ мөлшерінде құймалар құйылды. Құймақалыптарды құю барысында балқыманың тұтануын болдырмау мақсатында ВИЗ жұқа ұнтақты флюс төгілді. Құймалар суыған соң құймақалыптардан алынды, құймақалыптардың беті металл қалдықтарынан тазартылды. Бұдан әрі химиялық және металлографиялық талдау жүргізілді. Neophot-32 және Axiovert-200 MAT оптикалық микроскоптарда қорытпаның металлографиялық құрылымын зерттеу жүргізілді.

Металлографиялық талдау кезінде мендритаралық кеңістіктердің тар гомогенді емес қалдық аймақтары бар дендритті микроқұрылым және қорытпалардың құймаларының барлық көлемі бойынша әртүрлі нүктелі бөлінулер анықталды.



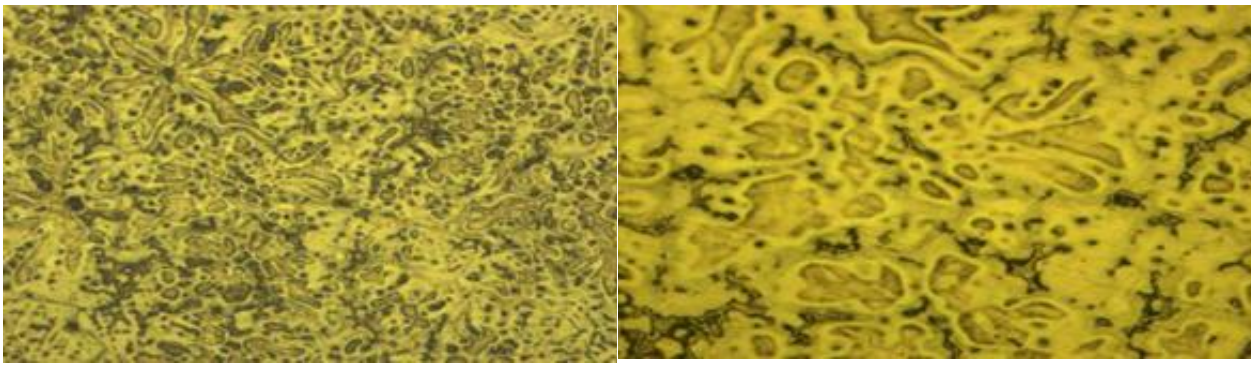
а) х50 б) х100

3.2 Сурет–ҚМ5 құйылған қорытпаның микроқұрылымы

Осылайша, зерттеу нәтижесінде ҚМ5 типті құйма магний қорытпаларын балқыту және құю технологиясы пысықталды. Құюдың оңтайлы температурасы 750°С.Қорытпалардың микроқұрылымдары мен механикалық қасиеттері зерттелді. Үлгілердің құрылымы тар геогенді емес қалдықты зоналармен дендритті қосылыстар болып табылады. Қорытпаның құйма жай-күйінің Микроқаттылығы ҚМ5 ≈ 670,75 МПа құрайды.

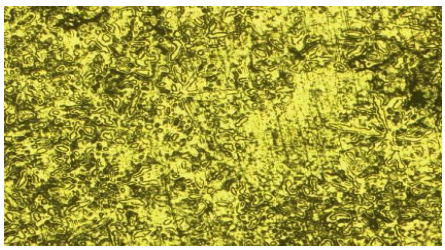
3.2 Гомогенизациялық күйдірудің технологиялық операцияларын өңдеу

Құйғаннан кейін алынған үлгілер гомогенизациялық күйдірілген. Біртекті емес, термодинамикалық тұрақсыз құрылымы бар құйма күйдіруге ұшырайды, оның нәтижесінде оның құрылымы гомогенді болады, икемділік жоғарылайды, бұл келесі қысыммен өңдеуді (престеу) айтарлықтай қарқындатуға және технологиялық қалдықтарды азайтуға мүмкіндік береді.Гомогендеу температурасы алюминийдегі қоспалаушы компоненттердің толық еру температурасынан жоғары, бірақ тепе-тең солидус температурасынан төмен болуы тиіс. Өнеркәсіптік магний қорытпалары үшін гомогенизация температурасы ауытқиды 350 — ден 450°С-қа дейін, ал ұстау-6-дан 36 сағатқа дейін. Бірақ Mg-Al-Mn-Zn жүйесінде фазалардың қатты күйдегі таралуы, сондай-ақ кристалданудың нонварианттық реакциялары айтарлықтай шамада болжамды сипатқа ие.Сондықтан өңдеу температурасы және ұстау уақыты эксперименталды таңдалады, басты термиялық өңдеу 320-ден 450°С дейінгі температура диапазонында жүргізілді, өңдеу температурасына байланысты 4-тен 24 сағатқа дейін ұстау уақытымен. Гомогенизациялық күйдірудің оңтайлы режимін анықтау үшін, дендритті ликвацияны алып тастау үшін, сондай-ақ үлгінің барлық көлемі бойынша химиялық құрамды теңестіру үшін авторлар өңдеу температурасына байланысты 4-тен 10 сағатқа дейін ұстау уақытымен 380-ден 420°С дейінгі температура диапазонында термиялық өңдеу жүргізді. ҚМ5 қорытпаларына арналған зерттеу нәтижелері 3.2-3.3 суретте көрсетілген.

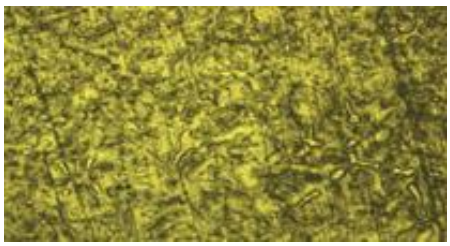


а) х100 б) х200

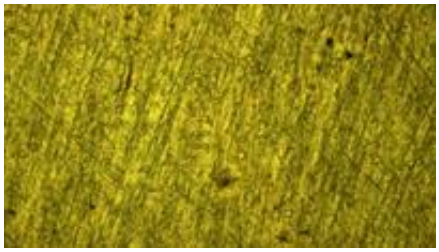
3.3 Сурет – 390°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіру мен шыңдаудан кейінгі микроқұрылым - ұсталу уақыты 4 сағат және 90^0С суда шыңдау



а



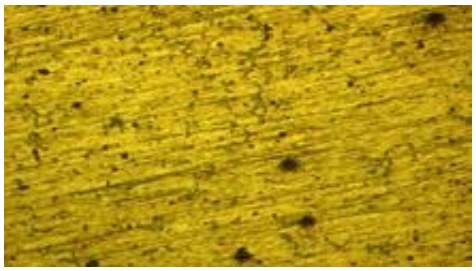
б



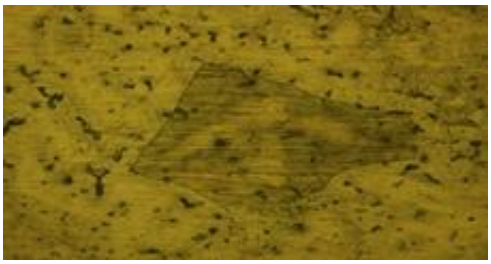
в

а – х50; б –х100; в-х200 күйдірілмеген

3.4 Сурет -390°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіру мен шыңдаудан кейінгі микроқұрылым 6 сағат ұстау уақыты және 90^{0}С суда шыңдау



а

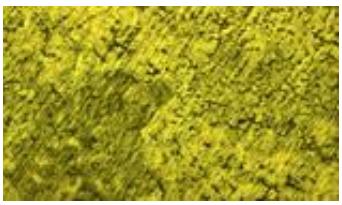


б

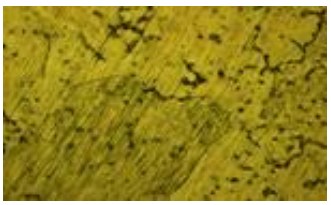
в

а – х100, күйдірілмеген; б –х200; в-х200 күйдірілмеген;

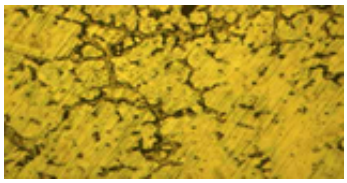
3.5Сурет -390°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіру мен шыңдаудан кейінгі микроқұрылым, 8 сағат ұстау уақыты және 90°С суда шынықтыру



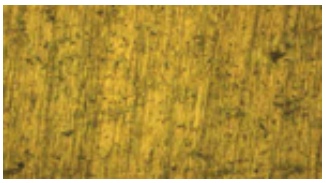
а



б



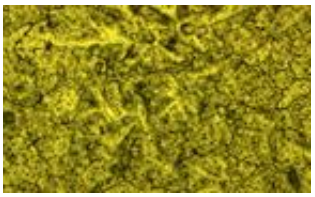
в



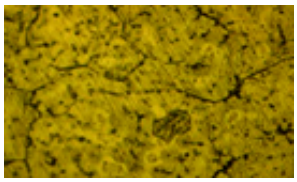
г

а – х100; б, в –х200; г-х200 күйдірілмеген

3.6Сурет -390°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіру мен шыңдаудан кейінгі микроқұрылым, 10, сағат ұстау уақыты және 90°С суда шынықтыру



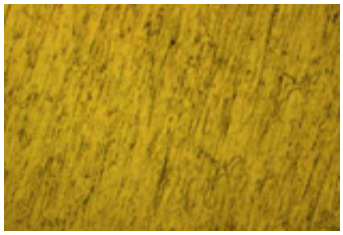
а



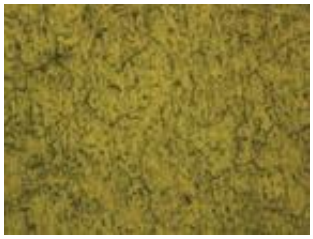
б

а – х100; б – х200

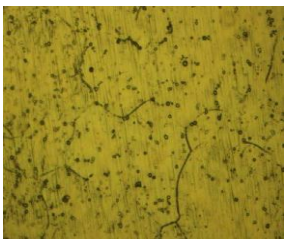
3.7 Сурет -410°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіруден кейінгі микроқұрылым, 4 сағат ұстау және 90°С суда шынықтыру



а



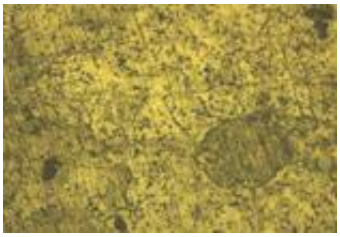
б



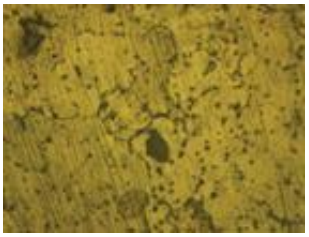
В

а – х200 күйдірілмеген; б – х100; в-х200;

3.8Сурет -410°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіруден кейінгі микроқұрылым, 4 сағат ұстау және 90°С суда шынықтыру (қайталау)



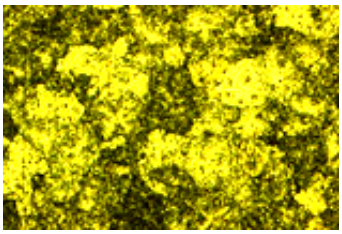
а



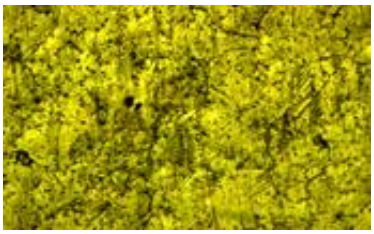
б

а – х100; б –х200

3.9 Сурет – 410°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіруден кейінгі микроқұрылым, 6 сағат ұстау және 90°С суда шынықтыру



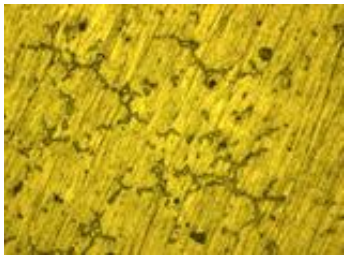
а



б

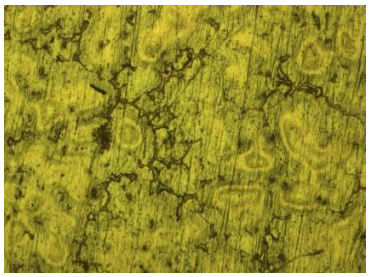
а – х50; б –х100

3.10 Сурет– 410°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіруден кейінгі микроқұрылым, 8 сағат ұстау және 90°С суда шынықтыру

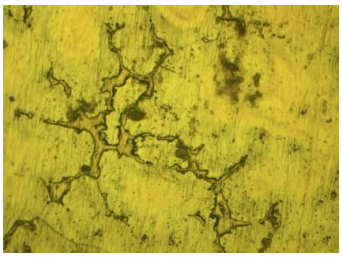


а

б



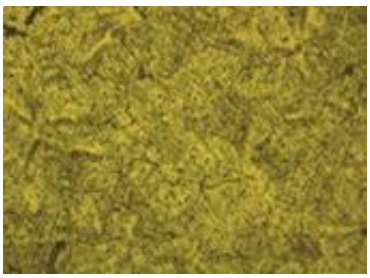
в

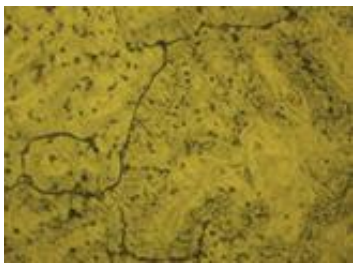


г

а – х100, күйдірілмеген; б –х200, күйдірілмеген; в-х100, г- х200

3.11 Сурет – 410°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіруден кейінгі микроқұрылым, 10 сағат ұстау және 90°С суда шынықтыру

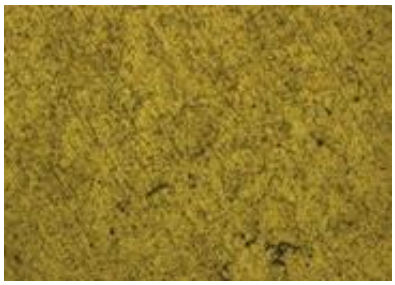




а б

а – х100; б – х200

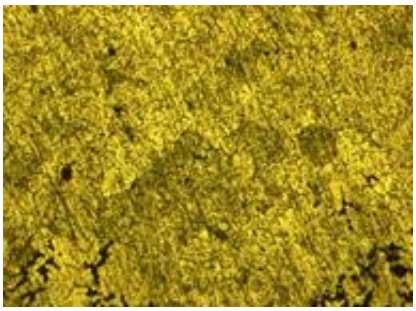
3.12 Сурет- 430°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіруден кейінгі микроқұрылым, 4 сағат ұстау және 90°С суда шынықтыру

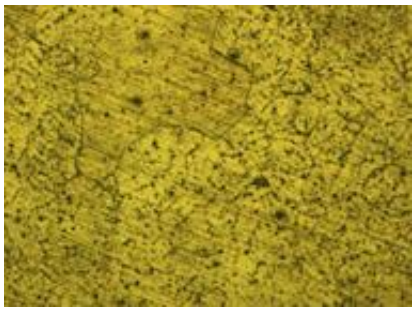


а б

а –х50; б –х100

3.13 Сурет–430°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіруден кейінгі микроқұрылым, 6 сағат ұстау және 90°С суда шынықтыру



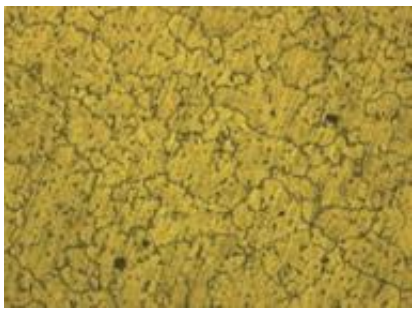


а б

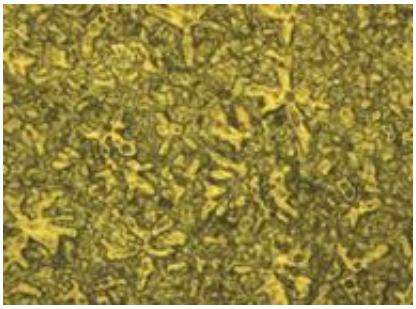
а – х50; б –х100

3.14 Сурет- 430°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіруден кейінгі микроқұрылым, 8 сағат ұстау және 90°С суда шынықтыру

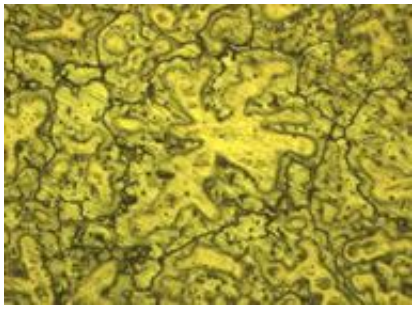
а



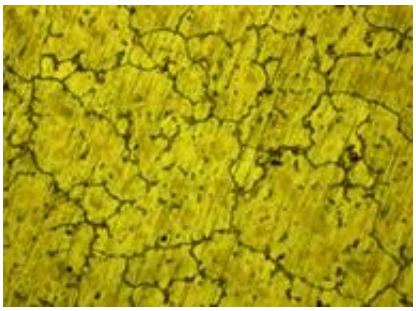
б



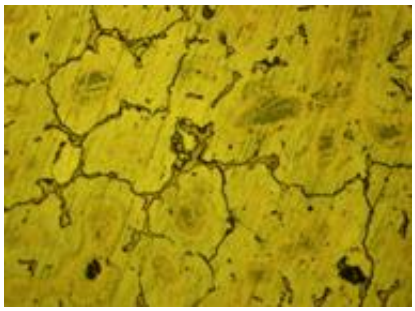
в



г



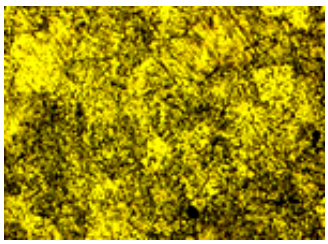
д



е

а – х200 күйдірілмеген; б –х50; в-х50, г-х100; д-х100; е-х200;

3.15 Сурет- 430°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіруден кейінгі микроқұрылым, 8 сағат ұстау және ауада шыңдау

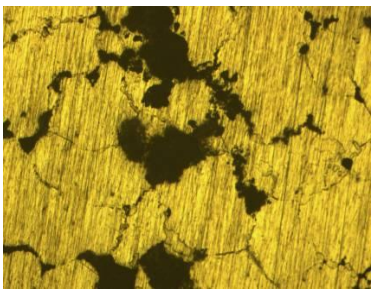


а

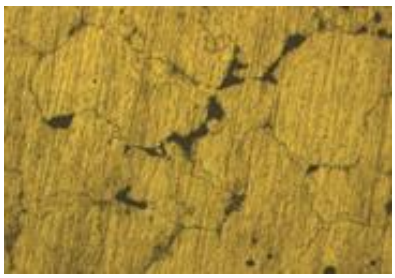
б

а – х50; б –х100

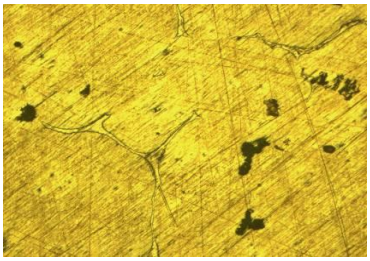
3.16Сурет- 430°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіруден кейінгі микроқұрылым, 10 сағат ұстау және 90°С суда шынықтыру



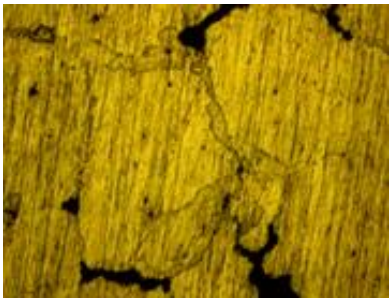
а



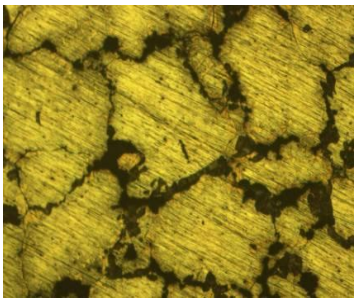
б



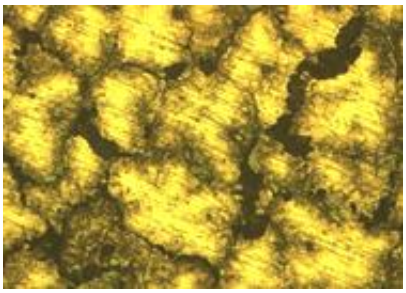
в



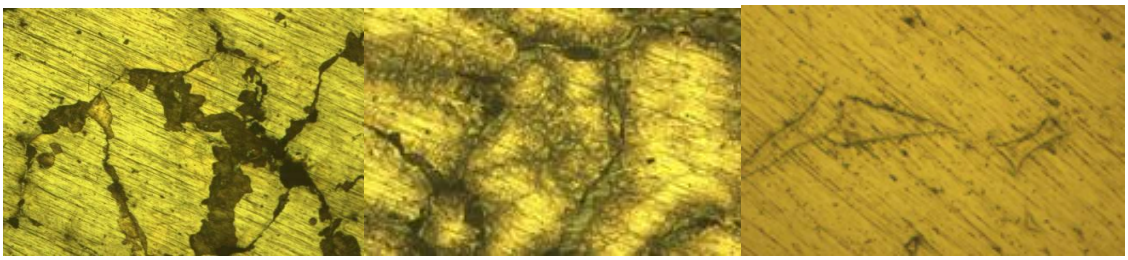
г



д



е

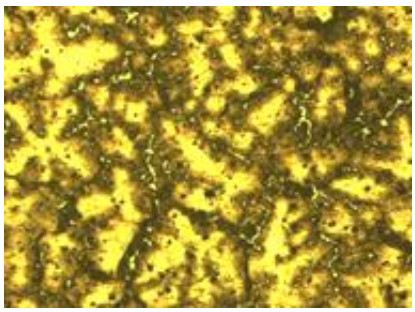


и жз

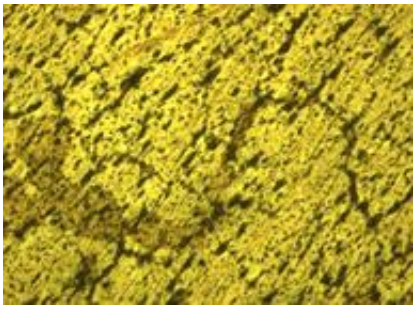
а, б – х50 күйдірілмеген; в – х100 күйдірілмеген; г-х100 күйдірілген ; д, е-х50; ж, з-х100; и-х200 күйдірілмеген;

3.17 Сурет - ҚМ5 қорытпасының 430°С кезіндегі гомогенизациялық күйдіруден кейінгі микроқұрылым 8 сағат ұстау және ауада шыңдау, қартаю 190°С 10 сағат ауада салқындату

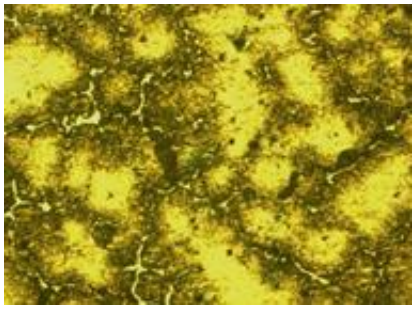
а



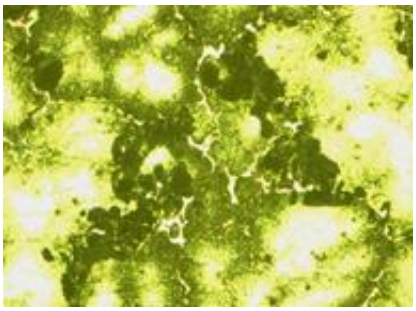
б



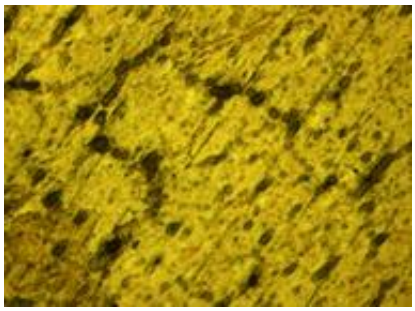
в



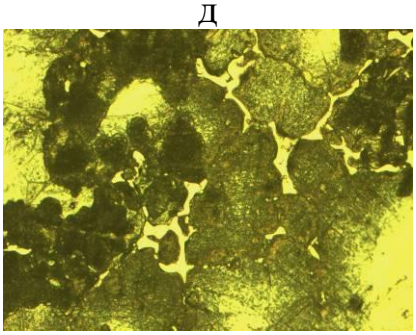
г



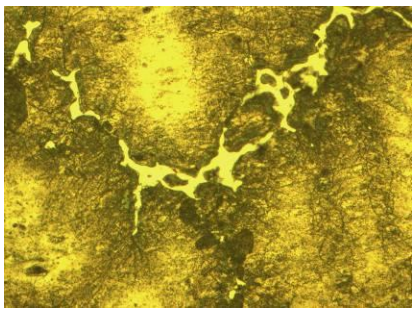
д



е



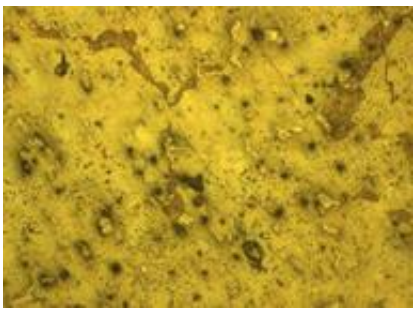
к



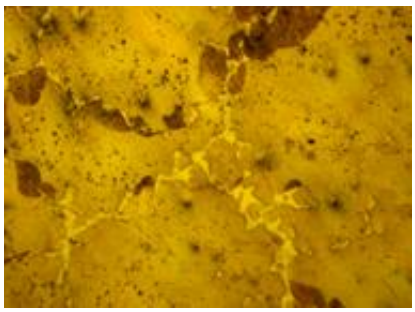
л

а – х50 күйдірілмеген; б –х50; в-х100 күйдірілмеген; г, д-х100; е-х200 күйдірілмеген; к, л-х200

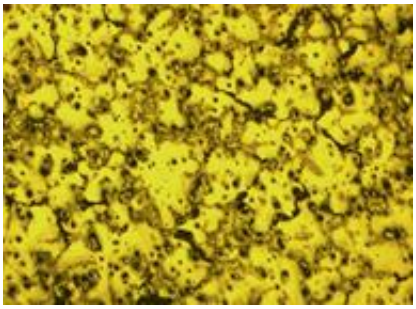
3.18 Сурет- ҚМ5 қорытпасының 430°С кезіндегі гомогенизациялық күйдіруден кейінгі микроқұрылым 8 сағат ұстау және ауада шыңдау, қартаю 190°С 12 сағат ауада салқындату



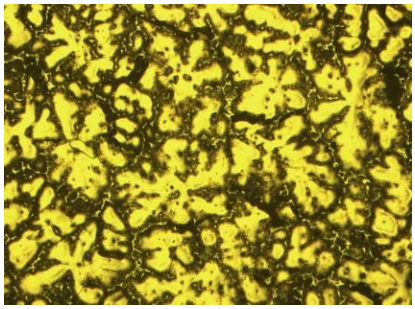
а



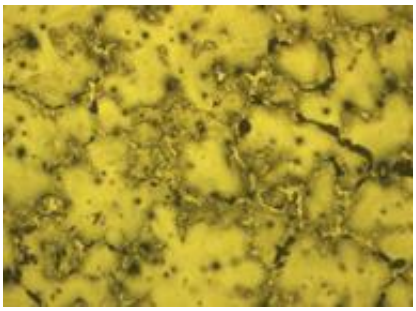
б



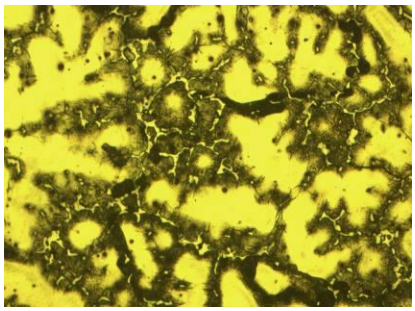
в



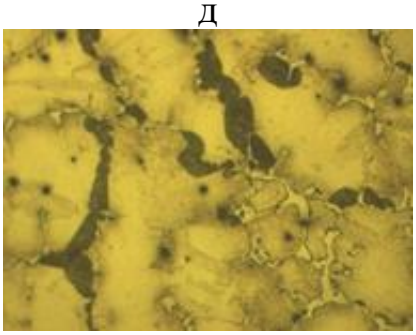
г



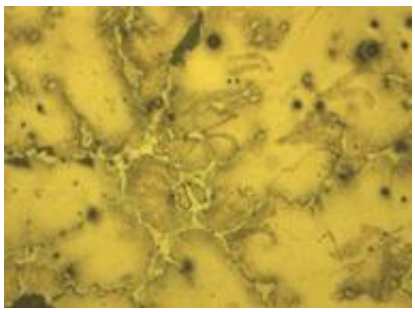
д



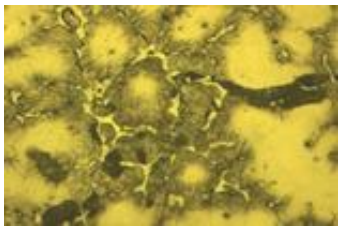
е



к



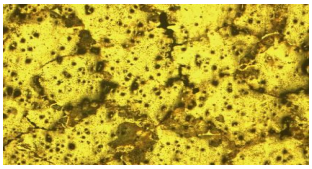
л



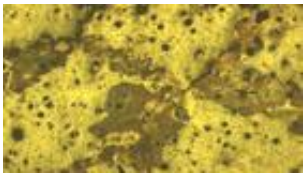
м

а – х100 күйдірілмеген; б –х200 күйдірілмеген; в, г-х50; д, е-х100; к, л, м-х200

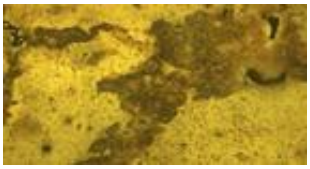
3.19 Сурет - ҚМ5 қорытпасының 430°С кезіндегі гомогенизациялық күйдіруден кейінгі микроқұрылым 8 сағат ұстау және ауада шыңдау, қартаю 200°С 10 сағат ауада салқындату



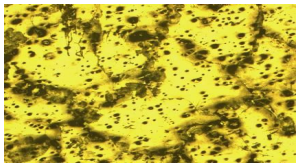
а



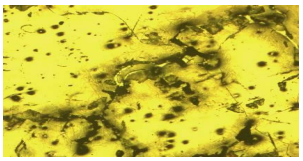
б



в



г

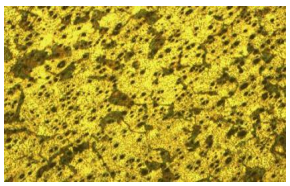


д

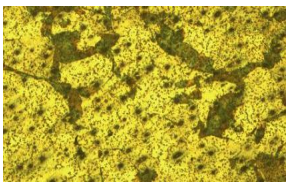
е

а – х50 күйдірілмеген; б – х100 күйдірілмеген; в-х200 күйдірілмеген; г-х50; д-х100; е-х200

3.20Сурет - ҚМ5 қорытпасының 430°С кезіндегі гомогенизациялық күйдіруден кейінгі микроқұрылым 8 сағат ұстау және ауада шыңдау, қартаю 200°С 12 сағат ауада салқындату

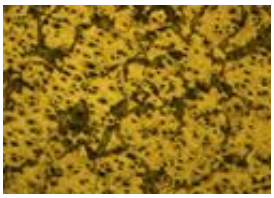


а

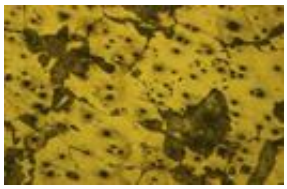


б

в



г



д

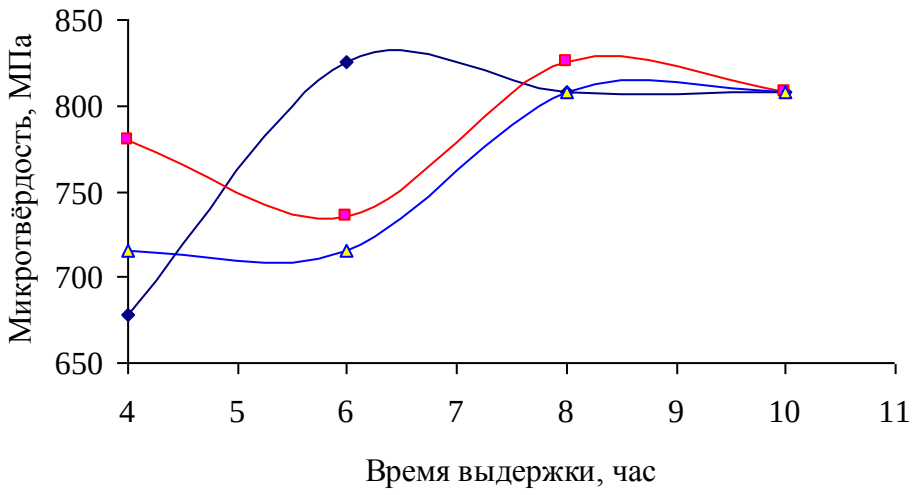
е

а – х50 күйдірілмеген; б – х100 күйдірілмеген; в-х200 күйдірілмеген; г-х50; д-х100; е-х200

3.21 Сурет -430°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіруден кейінгі Микроструктура, 8 сағат ұстау және 90°С суда шынықтыру, қартаю 200°С 12 сағат ауада салқындату

3.1Кесте – ҚМ5, МПа қорытпасының микро қаттылығы, 90°С суда салқындату

Термоуақытты режим	Құйма	390^0С	410^0С	430^0
	670,75			
4 сағат		678	779	716
6 сағат		825	735	716
8 сағат Ауадағы салқындатылған Рентген		808	825	808 876 808 697
10 сағат		808	808	808
Қартаю 190^0С 10 сағат, ауада салқ.	902 825 735			
Қартаю 190^0С 12 сағат, ауада салқ.	1217			
Қартаю 200^0С 10 сағат, ауада салқ.	1025 876 697			
Старение 200^0С 12 сағат, ауада салқ.	1025 876 697			
430^0 С 8 сағат 90^0С суда салқ. қартаю 200^0С 12 час, ауада салқ.	1025 931 735			



3.22 Сурет –Әртүрлі температура мен күйдіру кезіндегі ҚМ5 қорытпасының микроқаттылығы

Эксперименттер нәтижесінен көрініп тұрғандай, металлографиялық талдау кезінде кендритаралық кеңістіктердің тар гомогенді емес қалдық аймақтары бар жуылған дендритті микроқұрылым анықталды және құйма жай-күйіне тән қорытпалардың барлық көлемі бойынша әртүрлі нүктелік бөлінулер жақсарады, ұсақ кристаллды болып келеді.

Күйдірудің ұсынылған нәтижелері негізінде 8 сағат ұстаумен 430^{0}С температураға тең гомогенизациялық күйдірудің оңтайлы режимі таңдалған. Гомогенизациялық күйдіруден кейін үлгілер температурасы 90^0 С ыстық суда шыңдалды.Гомогенизациялық күйдіруден кейін дендритті ликвация жойылды. Қорытпалар үлгілерінің құрылымы түйіршіктері аз поликристалды болып келеді. Қорытпалардың микроқаттылығы өлшенген.ҚМ5 қорытпасының үлгілері үшін күйдіргеннен кейін 8 сағат ішінде микро қаттылығы 808,08 МПа тең, 10 сағат ішінде күйдіргеннен кейін ҚМ5 қорытпасының үлгілері үшін микро қаттылығы 808,08 МПа тең, яғни күйдірудің оңтайлы уақыты 430^{0}С температурада 8 сағат болып табылады.

Қыздыру кезінде ерітілген қоспалағыш компоненттер қатты ерітіндіде біркелкі бөлінеді. Қорытпа дәндері біркелкі бөлінген, әр түрлі нүктелі жапсырмалар мөлшері аз. Қорытпаның дәнін шыңдағаннан кейін одан да ұсақталады. Құйма жай-күйімен салыстырғанда ұлғайған микротқақтығы (құйма үшін 670,75 МПа, қорытпаның күйдірілген және шыңдалған жай-күйі үшін 808 МПа) болғанына қарамастан, қорытпалардың иілімділігі өте жоғары болып қалады.Сонымен қатар гомогенизация артық ұзақ болмауы керек. Ұзақ гомогенизация теріс әсерлерге, мысалы, құймадағы екінші сутекті кеуектіктің пайда болуына әкелуі мүмкін.

Микроқұрылымдарды талдау нәтижесінде одан әрі өңдеуге ең қолайлы үлгілер, яғни ұсақ түйіршікті құрылымы бар үлгілер іріктелді. Бұл 430^{0}С – 4 сағат, 430^{0}С – 6 сағат, 430^{0}С – 8 сағат және 430^{0}С – 10 сағат өңдеу режимдері бар үлгілер.

Осылайша, ұстау уақытына және температураға байланысты ҚМ5 типті деформацияланған қорытпаның үлгілерін құю және гомогенизациялық күйдіру режимдері пысықталды. Гомогенизациялық күйдіруден кейінгі қорытпалар үлгілерінің құрылымы мен механикалық қасиеттері зерттелген.

3.3 ҚМ5 типті қорытпаларды шынықтыру және қартаю режимдерін өңдеу

Магний қорытпалары да шыңдалуға және қартаюға ұшырайды. Олар әдетте ауада және кейде қайнаған суда шынықтырады. Магний қорытпаларында табиғи қартаю болмайды.

Шыңдалғаннан кейін қорытпалар жасанды қартаюға ұшырайды. Mg–Al және Mg–Al–Zn жүйелерінің магний қорытпаларының қартаю әсері салыстырмалы түрде Үлкен емес (25...35%). Mg–Nd және Mg–Nd–Mn–Ni жүйелерінің қорытпаларының ескіруі, керісінше, айтарлықтай.

Магнийдегі мырыштың қайта қанықпаған қатты ерітіндісінің ыдырауы тұрақты β-фазаның бөлінуінің бірқатар алдын ала сатыларынан өтеді. (MgZn):αпер → ЗГП → алдын-ала бөлу β′→β″→β.

Магниидегі қайталанған ерітіндінің ыдырауы Al-Cu жүйесінің қорытпаларындағы классикалық ыдырауға ұқсас схема бойынша жүреді: αпер →ЗГП → ЗГП β″→β′→β ($Mg_{12}Nd$).

Алюминиймен немесе мырышпен толықтырылған Mg–Li жүйесінің полисімен жеткілікті байытылған қорытпаларында, ОСК торы бар литий негізіндегі β-қатты сүзбелер схема бойынша ыдырайды:

β →$MgLi_2Al$ → AlLi;

β → $MgLi_2Zn$ → ZnLi (или MgLiZn)

Беріктендіру үшін магний қорытпаларына енгізілетін негізгі элементтер алюминий және мырыш болып табылады. Бұл элементтер магнийде шектеулі ериді, сондықтан белгілі бір химиялық құрамында магний қорытпаларын термиялық өңдеуге болады.Алюминий Mg4Al3 қосылысы түрінде , ал мырыш – MgZn2 қосылысы түрінде болады, олар Mg3Zn3Al қатты ерітіндісіндегі берік фазалар болып табылады.

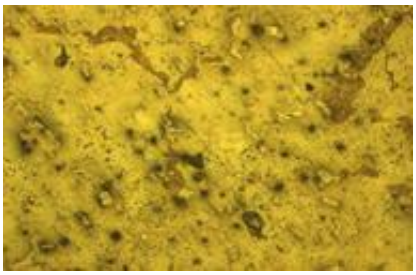
Магний қорытпаларының шыңдалуы мен қартаюының тән ерекшеліктері мыналар болып табылады: 1) шыңдау температурасы кезінде ұзақ ұстау (әсіресе құймалар үшін — 30 сағатқа дейін), бұл диффузиялық процестердің аз жылдамдығымен түсіндіріледі;2) қанықпаған қатты ерітіндінің баяу ыдырауына байланысты ауадағы салқындатумен шыңдау мүмкіндігі; 3) қанықпаған қатты ерітіндінің үлкен тұрақтылығына байланысты жасанды қартаю кезінде ұзақ уақыт ұстау;4) жоғары температура кезінде магний қорытпаларының қарқынды тотығуына байланысты қыздыру кезінде арнайы қорғау ортасын қолдану қажеттілігі (әдетте құрғақ ауа циркуляциясы бар пештерді ауыстырғанда).Көптеген магний қорытпалары үшін шыңдау температурасы 360-415°С;қартаю температурасы 170-200° С.

а – х50 күйдірілмеген; б –х50; в-х100 күйдірілмеген; г-х100;

3.23Сурет-430°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіруден кейінгі Микроқұрылым, 8 сағат ұстау және ауада шыңдау, қартаю 190°С 12 сағат ауада салқындату

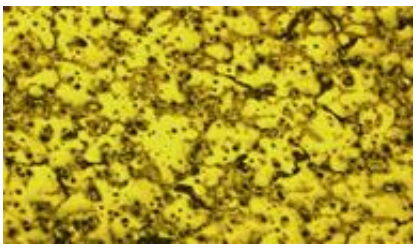
Келтірілген әдеби деректер негізінде ҚМ5, ҚМ6 құйма магний қорытпаларының шыңдау және жасанды қартаю режимдері алынды.

ҚМ5: 200° С температурада 12 сағат бойы қартаю, ауада салқындату; ҚМ5 үлгілерін зерттеу нәтижелері 3.24-3.26-суретте көрсетілген.

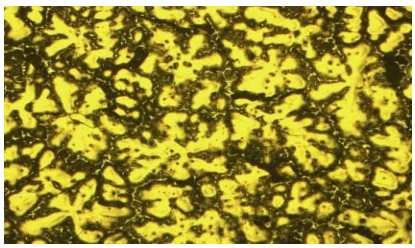


а

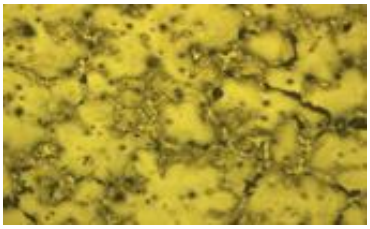
б



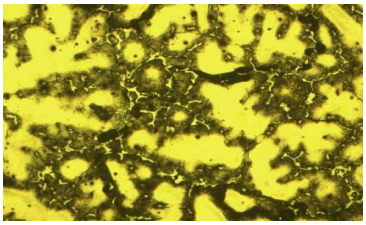
в



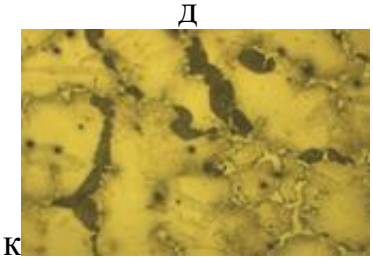
г



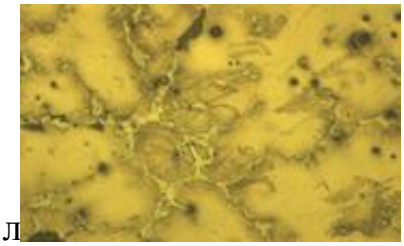
д



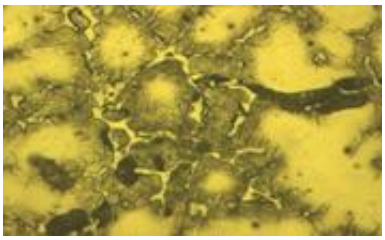
е



к



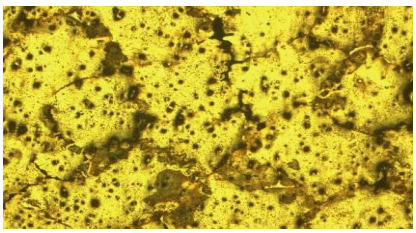
л



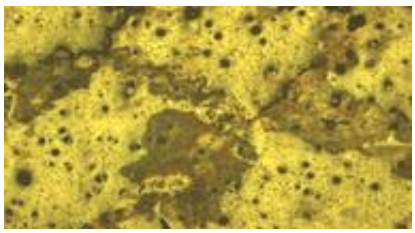
м

а – х100 күйдірілмеген; б –х200 күйдірілмеген; в, г-х50; д, е-х100; к, л, м-х200

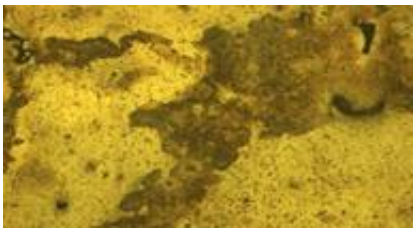
3.24 Сурет-430°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіруден кейінгі Микроструктура, 8 сағат ұстау және ауада шынықтыру, қартаю 200°С 10 сағат ауада салқындату



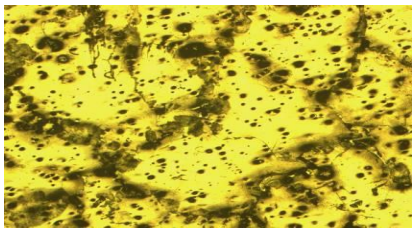
а



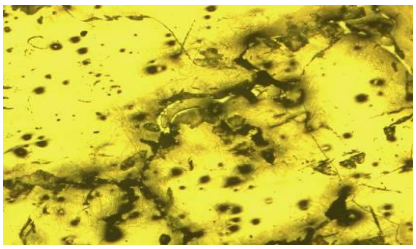
б



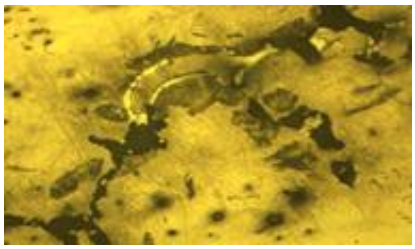
в



г



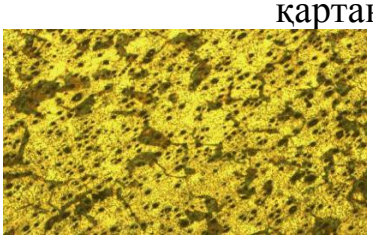
д



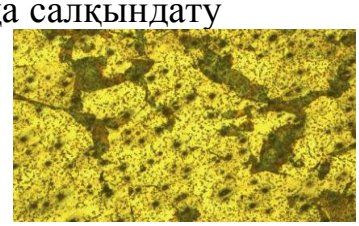
е

а – х50 күйдірілмеген; б – х100 күйдірілмеген; в-х200 күйдірілмеген; г-х50; д-х100; е-х200

3.25Сурет-430°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіруден кейінгі микроқұрылым, 8 сағат ұстау және ауада шыңдау, 200°С 12 сағат қартаюы ауада салқындату

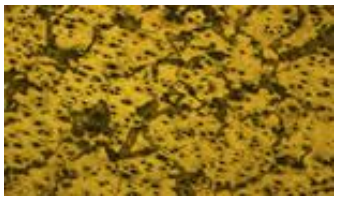


а



б

в



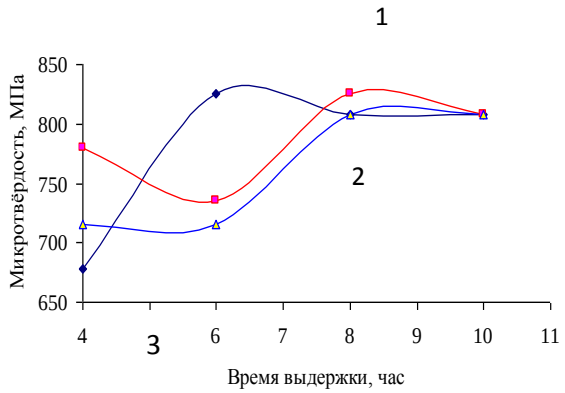
г

а – х50 күйдірілмеген; б – х100 күйдірілмеген; в-х200 күйдірілмеген; г-х50;

3.26 Сурет-430°С кезінде ҚМ5 қорытпасын гомогенизациялық күйдіруден кейінгі микроқұрылым, 8 сағат ұстау және 90°С суда шынықтыру, қартаю 200°С 12 сағат ауада салқындату

3.2 Кесте–ҚМ5 құймасының микроқаттылығы, МПа, 80^0С суда шыңдау

Уақыт	Құйма	390^0С	410^0С	430^0
4 сағат	670	678	779	716
6 сағат		825	735	716
8 сағат Ауада салқ. Рентген		808	825	808 876 808 697
10 сағат		808	808	808
Қартаю 180^0С 10 сағ. Ауада салқ.	902 825 735			
Қартаю 180^0С 12сағ. Ауада салқ.	1217			
Қартаю 190^0С 10 сағ. Ауада салқ.	1025 876 697			
Қартаю 190^0С 12сағ. Ауада салқ.	1025 876 697			
420^0 8 сағат 80^0С ауада салқ. Қартаю 190^0С 12сағ. Ауада салқ.	1025 931 735			



1-390^0С; 2- 410^0С; 3-430^0С

3.27 Сурет- ҚМ5 құймасының микроқаттылығы

Металлографиялық талдау нәтижесінен көрініп тұрғандай, ҚМ5 құю қорытпаларында қартаю процедурасынан кейін құрылымы ретке келтіріледі, қатты қанықпаған ерітіндінің ыдырауы микроқаттылығы артады.

3.4 Магний қорытпасының механикалық қасиеттерін зерттеу ҚМ5

ҚМ5 қорытпаларынан жасалған үлгілер созылу сынағын жүргізер алдында МЕМСТ 1497-84 сәйкес созылды.Бөлме температурасында, 0,5 мм/мин сынау жылдамдығымен созылуға механикалық сынақтар жүргізу үшін магнийлі-алюминий-мырыш қорытпаларынан 3 тәжірибелік үлгі дайындалды. Белгіленген сынақ параметрлеріне сәйкес 3 тәжірибелік үлгіні созу жүргізілді.

3.3 Кесте - Алынған ҚМ5 магний қорытпаларының беріктігі

№ үлгі	құйма маркасы	ТӨ режимі	$\sigma_в$, МПа	σ_{02},МПа	δ,%
1	ҚМ5	Т6	237	125	2,79
2		Т6	235	110	3,5
3		Т6	218	90	2,0
			Ср. 235	Ср. 108	Ср. 2,76

АНЫҚТАМАЛАР

Магистрлік диссертацияда тиісті анықтамалармен келесі терминдер қолданылады:

Қорытпа - металл компоненттері басым екі немесе одан да көп химиялық элементтердің қоспасынан тұратын макроскопиялық біртекті металл материал.

Фаза - массаға байланысты емес, барлық қасиеттері бойынша бірдей гетерогенді жүйенің гомогенді бөлігі.

Қоспалау - қасиеттерді мақсатты түрде өзгерту үшін қорытпалардың құрамына басқа элементтерді қосу.

Микрокеуек - құйма ақауы, микроскопиялық байқалмайтын, жераралық кеуектерден тұрады.

Беріктік - материалдың сыртқы күштердің әсерінен пайда болатын ішкі кернеулердің әсерінен бұзылуына қарсы тұру қасиеті.