

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ХУЗУРИДАГИ
ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
14.07.2016 FM/T.02.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ТУРАХОДЖАЕВ НОДИР ДЖАХОНГИРОВИЧ

**АЛЮМИНИЙ ҚОТИШМАЛАРИНИ СУЮҚЛАНТИРИШ ДАВРИДА
СИФАТЛИ СТРУКТУРА ШАКЛЛАНИШИНИНГ ИЛМИЙ-
ТЕХНИКАВИЙ ЕЧИМИ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металллар металлургияси.
(техника фанлари)**

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент-2016

Докторлик диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата докторской диссертации
Content of the abstract of doctoral dissertation

Тураходжаев Нодир Джахонгирович

Алюминий котишмаларини суюклантириш даврида сифатли
структура шаклланишининг илмий-техникавий ечими..... 3

Тураходжаев Нодир Джахонгирович

Научно-технические решения в формировании качественной
структуры при плавке алюминиевых сплавов 27

Turakhodjaev Nodir

Scientific and technical decisions of reception of qualitative structure at
fusion of aluminium alloys 47

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 67

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ХУЗУРИДАГИ
ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
14.07.2016 FM/T.02.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ТУРАХОДЖАЕВ НОДИР ДЖАХОНГИРОВИЧ

**АЛЮМИНИЙ ҚОТИШМАЛАРИНИ СУЮҚЛАНТИРИШ ДАВРИДА
СИФАТЛИ СТРУКТУРА ШАКЛЛАНИШИНИНГ ИЛМИЙ-
ТЕХНИКАВИЙ ЕЧИМИ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металллар металлургияси.
(техника фанлари)**

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент-2016

Докторлик диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида 30.09.2014/В2014.3-4.Т45 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Абу Райҳон Беруний номидаги Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз) Илмий кенгаш веб-саҳифада www.tadqiqotchi@tdtu.uz манзилига ҳамда «ZIYONET» таълим ахборот таълим порталида www.ziyonet.uz манзилига жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Грачёв Владимир Александрович
техника фанлари доктори, профессор
(Россия Федерацияси)

Расмий оппонентлар:

Абдуллаев Фатхулла Сагдуллаевич
техника фанлари доктори, профессор

Рискулов Алимжон Ахмаджонович
техника фанлари доктори, профессор

Михридинов Рискидин Михридинович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Навоий давлат кончилик институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ва Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги 14.07.2016 FM/Т.02.02 рақамли Илмий Кенгашнинг 2016 йил ____ соат ____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч., 2. Тел/факс (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

Докторлик диссертацияси билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (____ рақам билан рўйхатга олинган).
(Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч. 2. Тел.(99871) 246-46-00).

Диссертация автореферати 2016 йил «__» _____ куни тарқатилди.
(2016 йил «__» _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).

К.А. Каримов

Фан доктори илмий даражасини берувчи
илмий кенгаш раиси, т.ф.д, профессор

И.К.Хўжаев

Фан доктори илмий даражасини берувчи
илмий кенгаш котиби, т.ф.д, профессор

Р.М.Михридинов

Фан доктори илмий даражасини берувчи
илмий кенгаш ҳузуридаги илмий семинар
раиси, т.ф.д, профессор

КИРИШ (Докторлик диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда элликдан ортиқ мамлакатларда алюминий қотишмалари сифатини оширишга қаратилган тадқиқотлар олиб борилмоқда. Алюминий ер юзида энг кўп учрайдиган металл бўлиб, захираси бўйича у барча элементлар ичида кислород ва кремнийдан кейин учинчи ўринда туради ҳамда алюминийнинг захираси мис, рух, хром, қалай ва қўрғошинларнинг умумий захира миқдоридан 350 марта кўп. Шу билан бир қаторда ҳозирги глобаллашув жараёнининг чуқурлашуви, глобал иссиқлашув жараёнининг кескинлашуви Америка, Япония, Англия, Германия, Украина, Россия ва Ўзбекистон каби мамлакатларда самарадорлиги паст бўлган қора металллар ўрнига алюминий қотишмаларидан фойдаланиш кўламини кенгайтириш муҳим вазифалардан бири бўлиб қолмоқда.

Мустақиллик йилларида мамлакатимизда юқори сифат кўрсаткичларига эга ва жаҳон бозорида рақобатбардош бўлган алюминий қотишмаларидан маҳсулот ишлаб чиқаришга алоҳида эътибор қаратилди. Бу борада соҳанинг автомобилсозлик ва машинасозлик йўналишларида қўлланиладиган алюминий ва унинг қотишмаларининг сифатини ошириш ҳамда ундан ясалган буюм ва деталларни локаллаштириш борасида сезиларли натижаларга эришилди.

Бугунги кунда республикаимизда ишлаб чиқарилаётган алюминийдан тайёрланган деталь ва қисмларни олишда сифат кўрсаткичлари билан бир қаторда иқтисодий самарани янада ошириш муҳим аҳамият касб этмоқда. Бу борада мақсадли илмий-тадқиқотларни, жумладан, қуйидаги йўналишлардаги илмий изланишларни амалга ошириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади: алюминий қотишмасининг механик, физик ва эксплуатацион хоссаларини эътиборга олиб, саноатда қўлланилиш кўламини кенгайтириш; алюминий қотишмасини суюқлантириш даврида сифат кўрсаткичларига салбий тасир қилувчи омилларни бартараф этадиган технологияни ишлаб чиқиш; алюминий қотишмаларини суюқлантириш жараёнида энергия ва ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган технология яратиш. Юқорида келтирилган илмий-тадқиқотлар йўналишида бажарилаётган илмий изланишлар мазкур диссертация мавзусининг долзарблигини изоҳлайди.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2011 йил 29 июлдаги ПФ-1590-сон «Тайёр маҳсулотларни, ташкил қилувчи буюмларни ва материалларни ишлаб чиқаришнинг локаллаштирилишини 2011-2013 йилларда саноат кооперацияси асосида чуқурлаштириш чора-тадбирлари» Фармони асосида Вазирлар Маҳкамасининг 2012 йилнинг 31 январидagi 22-сон «Нексия автомобилларининг алюминий қотишмаларидан ясалган генератор ва мотор кронштейнларини локаллаштириш»даги Қарорида, шунингдек, Вазирлар Маҳкамасининг 2011 йил 28 апрелдаги 122-сон «Алюминий буюмлари сифатини назорат қилиш ва сертификатлаш»даги Қарорларида ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳуж-

жатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур диссертация республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишлари: II. «Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналишига мос равишда бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи¹.

Алюминий қотишмаларида сифатли структура шакллантиришга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасаларида, жумладан, Стандартлар ва технологиялар Миллий институти - NIST (АҚШ), Кобе стил LTD компанияси ва Цукуба университети (Япония), Виен техника университети (Германия), Австрия илмий-тадқиқотлар институти (Австрия), Сежедюр корпорациясининг илмий-тадқиқот лабораторияси (Франция), Лондон технологиялар университети (Англия), Қотишмаларнинг Европа ассоциацияси (Бельгия), Киев политехника университети (Украина), Пенза политехника университети ва Бутунроссия енгил қотишмалар илмий-тадқиқот институти (Россия), Тошкент давлат техника университети (Ўзбекистон Республикаси) томонидан олиб борилмоқда.

Сифатли структурага эга алюминий қотишмаларини олишга оид дунёда олиб борилган тадқиқотлар асосида қатор, жумладан, қуйидаги натижалар олинган: алюминий таркибидаги водороднинг миқдорини камайтириш учун печдан ташқари ишлов бериш технологияси ва модификаторларнинг таркиби ишлаб чиқилган (Стандартлар ва технологиялар Миллий институти – NIST, Технологиялар маркази, АҚШ); юқори ҳароратларда алюминийнинг структураси таркибидаги водород миқдорини камайтириш учун юқори ҳароратларда ишлов бериш технологияси ишлаб чиқилган (Кобе стил LTD компанияси, Цукуба университети, Япония); алюминий оксидини қайта ишлаш натижасида металлнинг 30 % миқдорини тиклаш технологияси ишлаб чиқилган (Виен техника университети, Германия, Илмий-тадқиқотлар институти, Австрия); алюминий қотишмаларини суюқлантиришда структура таркибидаги водород миқдорини камайтириш технологияси ва уни амалга оширишни таъминлайдиган шахтали газ печининг конструкцияси ишлаб чиқилган (Сежедюр корпорацияси, Франция); алюминий қотишмаларини суюқлантиришда структура таркибидаги оксид қўшимчаларининг миқдорини камайтириш ва оксидни тиклаш технологиялари ишлаб чиқилган (Лондон технологиялар университети, Англия; Қотишмаларнинг Европа ассоциацияси, Бельгия); алюминий қотишмасини суюқлантириш даврида структурага салбий таъсир қилувчи газларнинг сингишини бартараф этадиган газ печи-

¹Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи www.chem-astu.ru/chair/study/genchem/r8_3.htm (2014-2015); www.Aluminium.ru/articles/corrosion/ htm (2010-2015); www.aluminiumal.com/ru/materials/coatings/mccoatings/ 2015; International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and technology (2000 -2016); Научный журнал//Литейное производство (2000-2015); Structure and fatigue crack resistance of multilayer materials produced by explosive welding// Advanced Materials Research (2010-2015); ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

нинг конструкцияси ва технологияси ишлаб чиқилган (Пенза политехника университети, Бутунроссия енгил қотишмалар институти, Россия).

Дунёда алюминий қотишмаларида сифатли структура шакллантириш бўйича қатор, жумладан қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: алюминий қотишмаларининг механик хоссаларига салбий таъсир қилувчи газ ва оксид қўшимчаларининг миқдорини камайтириш учун печдан ташқари ишлов бериш технологияларини ишлаб чиқиш; водороднинг алюминий структурасига сингишига сабаб бўладиган шихтадаги намликни камайтириш учун газ печларининг янги конструкцияларини ишлаб чиқиш; водороднинг алюминий таркибига сингишини камайтиришга хизмат қиладиган қоплама флюсининг янги таркибларини ишлаб чиқиш; алюминий оксидини тиклаш учун юқори ҳароратларда ишлов бериш технологияларини ишлаб чиқиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунё тажрибасида алюминий қотишмаларини суяқлантириш учун турли технологиялар ишлаб чиқилган. Сифатли структурага эга алюминий қотишмасини олишда суяқлантириш печларининг бир қатор конструкциялари яратилган.

Дж.Боин, М.Бертрам, Х.Пуга, Дж.Барбоса, А.Калеманнларнинг илмий-тадқиқот ишлари алюминий қотишмаларида сифатли структура ҳосил қилиш учун алюминий оксидини тиклаш технологиясини ишлаб чиқиш ва суяқлантириш печларини такомиллаштиришга бағишланган.

МДХ олимлари томонидан алюминий қотишмаларида сифатли структура ҳосил қилиш учун муҳим илмий ишланмалар қилинган (В.Грачев, Д.Андреев, А.Данилкин, В.Гогин, А.А.Григорьева, Симонов, Л.Ф. Вьюгин, В.А.Гутов, О.С.Еремин, А.Н.Задиранов). Улар алюминий қотишмасини суяқлантиришда алюминий қотишмасининг сифатини ошириш учун қўлланадиган газ печларининг конструкциясини такомиллаштириб, шихтани қиздириш учун шахтанинг турли конструкцияларидан фойдаланишган ва печнинг фойдали иш коэффициентини 30 % дан 60 % гача оширишга муваффақ бўлишган.

Юқори ҳароратда лазер усулида алюминийга ишлов беришда қотишманинг таркибидаги водородни камайтириш технологияси ишлаб чиқилган (С.Сасаба, А.Матсунава, С.Катаяма). Қотишмаларга қайнаш ҳароратида ишлов беришда флюсларнинг таъсирини ва қотишма таркибига водороднинг сингишинининг олдини олишга хизмат қиладиган флюс таркибини ишлаб чиқишган (В.Н. Симонов, Л.Ф. Вьюгин, В.А.Гутов, О.С.Еремин, А.Н.Задиранов).

Ўзбекистон олимлари томонидан олиб борилган тадқиқотлар натижасида алюминий қотишмаларини суяқлантириш учун икки камерали газ печининг конструкцияси, ҳамда суяқлантириш даврида темир ва кўрғошиннинг алюминий таркибига сингиш механизми ишлаб чиқилган (А.О.Шазимов, Ф.С.Абдуллаев, Ю.Н.Мансуров).

Алюминий қотишмаларини суяқлантиришда кўплаб илмий натижаларга эришилишига қарамай, ҳали ечимини топмаган муаммолар кўп. Масалан, печдан ташқари ишлов бермасдан алюминий қотишмаларини суяқ-

лантиришда сифатли структура олиш технологияси ишлаб чиқилмаган. Олиб борилган тадқиқотлар асосан алюминий қотишмаларининг суёқлантирилиши ҳароратида, флюс билан ишлов бериш эса фақат металл ваннаси юзасида олиб борилган. Қатор тадқиқотлар суёқ алюминий қотишмаси устида ҳосил бўладиган оксид пардаси билан печь атмосфераси орасидаги физик-кимёвий жараёнларга тааллуқли ҳолда олиб борилган бўлиб, алюминий оксидининг қотишмага сингишида структуранинг яхлитлигини бузиши натижасида қотишманинг механик хоссаларини камайтириши ҳисобга олинган. Оксид парданинг юқори ҳароратларда углерод билан реакцияси натижасида материал хоссаларининг ўзгариши эса эътиборга олинмаган. Алюминий қотишмасининг углерод муҳити таъсирида суёқланиши водород ва алюминий оксидининг сингиш механизми ва юқори ҳароратларда углероднинг алюминийни тикловчи хоссалари устида тадқиқотлар олиб борилмаган. Суёқланиш даврида алюминийнинг табиий оксидланиши натижасида қотишманинг газ ва нометалл қўшимчаларга тўйиниши оқибатидаги структуранинг бузилишини бартараф этадиган юқори ҳароратда ишлов бериш технологиясини ишлаб чиқиш эса долзарб, илмий-амалий аҳамиятга эга ҳисобланади.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университетининг илмий-тадқиқот ишлари режаси 12-А-12-109 «Газда ишловчи алюминий эритиш печини ишлаб чиқиш» (2008-2010 йй.), ИОТ-2012-5-13 «Қишлоқ хўжалик машиналарининг ишчи органлари мустаҳкамлигини ошириш ва хизмат қилиш муддатини узайтириш мақсадида, улар ишчи юзаларида ейилишга чидамли қоплама олиш ҳамда термик ишлов бериш технологияларини ишлаб чиқаришга татбиқ этиш» (2013–2014 йй.), «Электрошлак усулида алюминий ва мис қотишмаларини суёқлантириш технологиясини ишлаб чиқиш» (2010–2012 йй.), «Алюминийни суёқлантириш учун газ печини ишлаб чиқиш» (2013–2014 йй.) ва «Шиша идиш учун формкоплект ишлаб чиқаришда юқори сифатли қуймалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш» (2014–2015 йй.) мавзуларидаги амалий, инновацион лойиҳалар ва хўжалик шартнома-лари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади алюминий қотишмаларини суёқлантириш даврида сифатли структура шаклланишини таъминлайдиган технология ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

алюминий қотишмасини суёқлантиришда сифатли структура шаклланиши учун шихтанинг юклаш режимини ишлаб чиқиш;

алюминий қотишмасини суёқлантиришда сифатли структура шаклланиши учун суёқ алюминий қотишмаси юзасидаги флюс таркибини ишлаб чиқиш;

алюминий қотишмасини суёқлантиришда сифатли структура шаклланиши учун суёқ алюминий қотишмасига юқори ҳароратларда ишлов бериш технологиясини ишлаб чиқиш;

алюминий қотишмасини суёқлантиришда сифатли структура шаклланиши учун суёқлантириш ва ишлов беришнинг оптимал технологиясини ишлаб чиқиш;

алюминий қотишмасини суёқлантиришда сифатли структура шаклланиши учун шихтани суёқлантириш печининг конструкциясини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида АК7п ва АК6 маркали алюминий қотишмалари, қотишма таркибидаги водород ва оксид қўшимчалари олинган.

Тадқиқот предмети алюминий структурасининг сифатига таъсир қилувчи газ ва оксид қўшимчаларини аниқлаш усуллари, газ ва электр-ёй печларида шихтани суёқлантиришнинг техник жиҳатлари ташкил этади.

Тадқиқот усуллари. Диссертацияда олинган қотишма структурасини ўрганиш учун электрон ва оптик микроструктурали, рентгенструктурали ва спектрал таҳлил усулларида, сифатли структура ҳосил қилиш учун ишлаб чиқилган суёқлантириш печининг геометрик ўлчамларини аниқлашда эса математик моделлаштириш усуллари қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

юкланаётган алюминий шихтасининг ҳароратини 200 °С дан 500 °С га ошириб, қотишма таркибидаги водороднинг миқдорини 8-10 % га, оксид қўшимчаларининг миқдорини эса 14 - 16 % га камайтирадиган технология ишлаб чиқилган;

алюминий қотишмасини суёқлантиришда қотишма таркибидаги водороднинг миқдорини 15-18 % га, оксид қўшимчаларининг миқдорини эса 20-22 % га камайтирадиган углеродли флюс таркиби ишлаб чиқилган;

алюминий қотишмасини суёқлантиришда қотишма таркибидаги водороднинг миқдорини 40-43 % га, оксид қўшимчаларининг миқдорини эса 55-58 % га камайтирадиган 2000-2100 °С ҳароратли углерод муҳиtida ишлов бериш технологияси ишлаб чиқилган;

алюминий қотишмасини суёқлантиришда сифатли структура ҳосил қилиш учун шихтани суёқлантириш ва юқори ҳароратли ишлов бериш печининг конструкцияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси. Алюминий қотишмасида водород ва алюминий оксиди кам бўлган сифатли структура шаклланишини таъминлаш учун углерод муҳиtida юқори ҳароратли ишлов бериш мумкинлиги асосланди ва тавсия этилди.

Алюминий қотишмасини суёқлантириш технологияси ва шу технологияни амалга ошириш имконини берадиган печь конструкцияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги ишда қўлланилган экспериментал тадқиқотларнинг натижаларини статистик қайта ишлангани, стандарт усулларнинг қўлланилгани, мавжуд натижалар ёки маълумотлар билан мос келиши билан изоҳланади. Олинган тажриба натижалари математик статистика усулларини қўллаш орқали қайта ишланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти алюминий қотишмаси таркибида водород ва оксид қўшимчалари кам бўлган сифатли структура шаклланишида углерод ёрдамида юқори ҳароратли ишлов бериш усулини қўллаш мумкинлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти алюминий қотишмаларини суюқлантиришда сифатли структура шаклланишини таъминлаш орқали олинаётган маҳсулотнинг механик хоссалари яхшиланиши ва хизмат муддатларини оширилиши ҳисобиға иқтисодий самара кўришға хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Алюминий қотишмаларини суюқлантиришда сифатли структура шакллантириш бўйича ишлаб чиқилган технология асосида:

печға юкланаётган шихтани қиздириш технологияси «Тошкент механика заводи» акциядорлик жамиятиға олинаётган қотишма структурасидаги водород ва оксид қўшимчаларининг миқдорини камайтириш учун татбиқ этилган («Тошкент механика заводи» акциядорлик жамиятининг 2014 йил 20 майдаги далолатномаси). Ишлаб чиқилган технологиянинг татбиқ этилиши қотишма структурасидаги водород миқдорини 8-10 % га, оксид қўшимчаларининг миқдорини эса 14-16 % га камайтириш имконини берган;

ишлаб чиқилган ҳимоя воситаси (флюс) «Ўзбекистон металлургия комбинати» акциядорлик жамиятиға ванна юзасидан суюқ металл таркибига нометалл қўшимчаларининг сингишини олдини олиш учун татбиқ этилган (Ўзбекистон металлургия комбинати акциядорлик жамиятининг 2015 йил 18 декабрдаги далолатномаси). Ишлаб чиқилган ҳимоя воситаси (флюс)нинг қўлланилиши натижасида қотишма структурасидаги водород миқдорини 15-18 % га, алюминий оксидининг миқдорини 20-22 % га камайтириш имконини берган;

углерод ёрдамида юқори ҳароратда ишлов бериш технологияси «Ўзбекистон қаттиқ қотишмалар ва ўтға чидамли металл комбинати» акциядорлик жамиятиға суюқ қотишма таркибидаги газ ва оксид қўшимчаларини чиқариш учун татбиқ этилган (Ўзбекистон қаттиқ қотишмалар ва ўтға чидамли металл комбинати акциядорлик жамиятининг 2016 йил 18 апрелдаги УР/893-сон маълумотномаси). Ишлаб чиқилган технологиянинг қўлланилиши алюминий қотишмасининг таркибидаги водород миқдорини 40-43 % га камайтириш, алюминий оксидининг миқдорини 55-58 % га камайтиришға имкон берган.

куймаларнинг йўналтирилган кристалланиш технологияси «Ўзбекистон металлургия комбинати» акциядорлик жамиятиға деталь юзасида ейилишға чидамли қобиқ ҳосил қилиш учун татбиқ этилган (Ўзбекистон металлургия комбинати акциядорлик жамиятининг 2015 йил 18 декабрдаги далолатномаси). Ишлаб чиқилган технологиянинг қўлланилиши

деталларнинг ейилишга чидамли қобиғини ҳосил қилиб, хизмат кўрсатиш муддатини ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 18 та илмий-амалий анжуманларда, жумладан: «Энергетика, энергия тежамкорлик, механика ва машинасозлик» (Тошкент, Ўзбекистон, 2005), «Машинасозлик тармоқларида таълим, фан ва ишлаб чиқариш интеграцияси» (Тошкент, Ўзбекистон, 2007), «Актуальные проблемы обеспечения интеграции науки, образования и производства» (Тошкент, Ўзбекистон, 2008), «Иқтидорли ёшларнинг фан ҳафталиги» (Тошкент, Ўзбекистон, 2010), «Қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш, энергия самарадорлиги ва энергия тежамкорлиги - давлат энергетик хавфсизлигининг асоси» (Тошкент, Ўзбекистон, 2013), «Ресурс ва энергиятежамкор, экологик зарарсиз композицион материаллар» (Тошкент, Ўзбекистон, 2013), «Современные наукоёмкие технологии: приоритеты развития и подготовка кадров» (Набережные Челны, Россия, 2014), «Инновация–2014» (Тошкент, Ўзбекистон, 2014), «Современные материалы, техника и технология в машиностроении» (Андижон, Ўзбекистон, 2014), «Кон-металлургия тармоғининг муаммолари ва инновацион ривожлантириш йўллари» (Тошкент, Ўзбекистон, 2014), «1 Международная заочная научно-техническая конференция» (Челябинск, Россия, 2014), «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации» (Курск, Россия, 2015), «Композицион материаллар ва улардан маҳсулотлар олишнинг прогрессив технологиялари» (Тошкент, Ўзбекистон, 2015), «Полимерные композиты и трибология (Поликомтриб 2015)» (Гомель, Белоруссия, 2015), «Solidification and Crystallization of Metals 2015» (Bisko, Poland, 2015), «International Scientific and Practical Conference «WORLD SCIENCE»» (Dubai, UAE, 2016) мавзуларидаги республика ва халқаро илмий-амалий конференцияларда маъруза кўринишида баён этилган ҳамда апробациядан ўтказилган.

Диссертация ишининг тўлиқ мазмуни қуйидаги илмий семинарларда муҳокама этилган: Тошкент давлат техника университети Механика-машинасозлик факультетининг илмий-техник кенгаши (Тошкент, 2014); Токио технологик институтининг қўшма семинари (Токио, Япония, 8 сентябрь 2015), «Ўзбекистон металлургия комбинати» акциядорлик жамияти ва «Тошкент механика заводи» акциядорлик жамияти корхоналарининг кенгайтирилган қўшма семинари (Бекобод, 25 декабрь 2015); Тошкент давлат техника университети «Машинасозлик материалларига ишлов бериш» кафедрасининг кенгайтирилган семинари (Тошкент, 29 декабрь 2015); Тошкент давлат техника университети ва Ўзбекистон Миллий Университети ҳузуридаги 14.07.2016FM/ Т 02.02 рақамли илмий кенгаш қошидаги 05.02.01-«Машинасозликда материалшунослик. Қўймачилик. Металларга термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси» ихтисосликлари бўйича илмий семинар (Тошкент, 2016).

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 52 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Респуб-

ликаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 12 та мақола, жумладан, 10 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса ва фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертациянинг ҳажми 196 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари, ҳамда объект ва предметлари шакллантирилган, республика фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқот илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини жорий қилиш рўйхати, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Сифатли структурага эга бўлган алюминий қотишмасини олишнинг ҳозирги кун ҳолатининг таҳлили»** деб номланган биринчи бобида алюминий қотишмаларининг саноатда қўлланилиши ва алюминий қотишмаларини суюқлантириш печлари конструкциялари такомиллаштирилишининг ҳозирги ҳолати таҳлил қилинган, сифатли структура шаклланишига таъриф берилган, сифатли структура олиш учун суюқ алюминийга ишлов бериш усуллари таъриф берилган, суюқ алюминий қотишмаларига печь ичида ва печдан ташқарида ишлов бериш усуллари ривожланиш тенденциялари кўриб чиқилган.

Алюминий қотишмаларини суюқлантиришда сифатли структурага эга бўлган қотишма олиш устида кўплаб муаллифлар тадқиқотлар олиб боргани айтиб ўтилган. XIX асрнинг бошларида алюминий қотишмасининг нархи олтин нархидан бирмунча кам бўлиб, кумуш нархидан қимматроқ бўлган. Бунинг асосий сабаби ушбу металл олиш технологиясининг мураккаб ва қимматбаҳо бўлиши билан бир қаторда, алюминийнинг юқори физик-кимёвий ва механик хоссаларга эга бўлганидир. Алюминийдан қимматбаҳо буюм ва тақинчоқлар ясалган, ундан пул воситаси сифатида фойдаланилган. Алюминийни олишнинг янги ва арзон усули ишлаб чиқилганидан кейин унинг нархи кескин тушиб кетиши билан бир қаторда, саноатда қўлланилиши ҳам кескин ортди. Энди алюминий ва унинг қотишмалари электротехника, автомобилсозлик, кемасозлик ва кейинчалик авиасозликда кенг қўлланила бошлади. Алюминий қотишмаларини суюқлантириш даврида сифатли структура олиш учун суюқлантириш печларини такомиллаштириш борасида А.Калеманн, В.Грачев, Д.Андреев, В.Гогин катта ютуқларга эришганлар. Улар алюминий қотишмасини суюқлантириш учун қўлланиладиган газ печларининг конструкциясини такомиллаштириб, шихтани қиздириш учун шахтанинг турли конструкцияларини яратишган. Натижада қотишма таркибига сингиб қоладиган водороднинг миқдорини камайтириш билан бир

қаторда печнинг фойдали иш коэффициентини 30 % дан 60 % гача етказишга муваффақ бўлишган. В.А.Грачёв илмий раҳбарлигида ишлаб чиқилган технология асосида алюминий қотишмасига ҳам печь ичида, ҳам печдан ташқарида металлга ишлов бериш имкони яратилган ва алюминий таркибидаги газ ва оксид қўшимчаларининг миқдорини 15-18 % га камайтиришга эришилган ва фойдали иш коэффициенти 65-70 % ни ташкил қиладиган, шахта кўндаланг кесим юзаси бўйича иссиқлик алмашинуви бир меъёрга бўлган газли шахта қайтарувчи печининг конструкцияси ишлаб чиқилган. Дж.Боин, М.Бертрам, Х.Пуга ва Дж.Барбоса алюминий қотишмаларини қайта ишлаш ва алюминий оксидини тиклаш технологиясини ишлаб чиқишган. Ишлаб чиқилган технология асосида 720-730 °C ҳароратдаги суюқ алюминий қотишмасига хлор таркибли флюс ёрдамида ишлов бериш натижасида қотишмадаги водород ва кислороднинг бир қисми сиқиб чиқарилган. Натижада алюминий оксидини 30% га тиклашга ва қотишма таркибидаги водородни 35-40 % га камайтиришга эришилган. С.Сасаба, А.Матсунава ва С.Катаяма олиб борган тадқиқотлари натижасида лазер усулида алюминийга ишлов бериш орқали қотишманинг таркибидаги водородни камайтириш технологияси ишлаб чиқилган. Олинаётган қотишманинг структура яхлитлигига мавжуд водороднинг салбий таъсирини ва водороднинг қотишма таркибига сингиш механизмининг А.Данилкин, А.А.Григорьева, В.А.Моргунов тадқиқ қилиб, суюқ металлни қолипга қуйиш даврида алюминий қотишмасини атмосферадан химоялаш технологиясини ишлаб чиқишган. Қотишмаларга қайнаш ҳароратида ишлов беришда флюсларнинг таъсирини тадқиқотчилар В.Н. Симонов, Л.Ф. Вьюгин В.А.Гутов, О.С.Еремин, А.Н.Задирановлар олиб боришган ва қотишмаларни суюқлантириш учун қотишма таркибига водород сингишининг олдини олишга хизмат қиладиган флюс таркибини ишлаб чиқишган.

Алюминий қотишмаларини суюқлантириш технологияси ва олинаётган структурада механик хоссаларга салбий таъсир кўрсатадиган қўшимчаларни камайтириш йўналишида Ўзбекистон олимлари ҳам тадқиқотлар олиб боришган. Жумладан, А.О.Шазимов томонидан ишлаб чиқилган алюминий қотишмаларини суюқлантиришда водороднинг сингишини камайтирадиган технология асосидаги икки камерали газ печи ишлаб чиқилган. Печь камералари оралиғида қўлланилган иссиқбардош тўсиқ ва унинг остида ўрнатилган ўтиш каналлари суюқ металлнинг водородга тўйинишининг олдини олиш имконини берган. Металл таркибига қиздириш камерасида водороднинг сингишига тўсиқ сифатида ванна юзасидаги оксид парданинг яхлитлигидан фойдаланилган. Алюминийни суюқлантириш даврида темир ва кўрғошиннинг алюминий таркибига сингиши профессор Ю.Н.Мансуров томонидан тадқиқ қилинган. Профессор Ю.Н.Мансуров томонидан алюминий қотишмаларининг таркибига металл қўшимчаларининг сингишини олдини олувчи технология ишлаб чиқилган. Профессор С.А.Расулов томонидан олиб борилган тадқиқотлар натижасида ёнилғи сифатида қўлланиладиган коксдаги углероднинг металлнинг структураси ва механик хоссаларига таъсири тадқиқ қилиниб, кокс ва табиий газ ёниш маҳсулотларининг металл таркибига сингиш механизми ишлаб чиқилган.

Алюминий қотишмаларининг структурасидаги оксид қўшимчаларнинг дислокацияга ва механик хоссаларга таъсирини ўрганиш бўйича тадқиқотлар профессор Ф.С.Абдуллаев томонидан олиб борилган ва юпқа деворли деталлар олишда сифатли структура ва механик хоссаларга эга бўлиш учун босим остида ишлов бериш технологияси ишлаб чиқилган. Графитли электрод ёрдамида электрошлак усулидан фойдаланиб алюминий қотишмасини суяқлантириш технологияси устида доцент Э.Х.Туляганов тадқиқотлар олиб борган. Тадқиқотлар натижасида ишлаб чиқилган янги конструкциядаги электрошлак печи қора ва рангли металлларни суяқлантиришда оксид қўшимчаларни тиклайдиган ва ресурс тежамкорлигини таъминлайдиган технология ишлаб чиқилган. Адабиётлар таҳлили шуни кўрсатдики, ҳозирги вақтда алюминий қотишмаларини суяқлантириш даврида сифатли структурани шакллантириш мумкин. Бу эса ўз навбатида алюминийни саноатда қўлланилиш қўламини кенгайтириш, қора металлларнинг ўрнига енгил ва коррозиябардош алюминий қотишмаларини қўллаш имконини беради. Натижада деталь ва қисмининг вазни 3 мартагача камаяди, уларнинг хизмат муддати ошади, дизайни ва эстетик кўриниши яхшиланади. Бундан ташқари алюминий қотишмасидан маҳсулот олишда қора металлникига қараганда қарийб 2 марта кам иссиқлик энергияси сарфланади, атроф-муҳитга чиқиб кетаётган зарарли газларнинг ҳарорати ҳам камаяди. Бунинг учун керакли структурага эга бўлган алюминий қотишмасини олиш борасида олиб борилган тадқиқотлар алюминий қотишмаларини суяқлантириш даврида сифатли структура олиш имкониятлари мавжудлигидан дарак бермоқда.

Диссертациянинг «**Тадқиқот объекти ва алюминий сифатини аниқлаш усулини ишлаб чиқиш**» деб номланган иккинчи бобида тадқиқот қилиш объектлари ва экспериментал тадқиқот ўтказиш усуллари танлаш ва асослаш келтирилган.

Тадқиқот объекти сифатида газда ишловчи алюминий суяқлантириш печи, электр ёй усулида суяқлантириш қурилмаси, машинасозликда ишлатиладиган АК7п ва АК6 маркали алюминий қотишмалари, қотишма таркибидаги водород ва алюминий оксиди олинган.

Алюминий қотишмаси таркибидаги водород миқдори вакуум экстракцияси орқали аниқланди. Бунда юқори вакуум остидаги намунадан газларнинг тўлиқ чиқишини таъминлаш учун намунани қиздириб, аввалига форвакуум насоси ёрдамида 10^{-2} мм см.уст. даражали, кейин эса диффузион насос ёрдамида 10^{-6} - 10^{-7} мм см.уст. даражали вакуум ҳосил қилинди. Тизимдаги босимнинг ўзгариши Мак-Леод манометри ёрдамида аниқланди. Газ таҳлилини ўтказиш учун намуна ҳарорати солидус чизигидан 30-40 °С пастроқда ушлаб турилди. Намунадан ажралган газлар қурилманинг аналитик қисмига диффузион насос ёрдамида ўтказилди. Вакуум назорати вакуумметр ВТ-3 ёрдамида амалга оширилди. Намунадаги водород миқдори тажриба пайтидаги босимнинг ўзгариши, қурилма аналитик қисмининг ҳажми, атмосфера босими, хона ҳарорати ва Мак-Леод манометридаги босим ўзгаришини ҳисобга оладиган формула орқали аниқланди. Қотишмадаги газ ғовақларини ғовақ шкаласи орқали аниқланган. Бунда намунанинг ҳар хил

жойларидаги учта 1 мм^2 ўлчамдаги квадратчаларнинг ғоваклар миқдорини ғовак шкаласи ва эталон жадвали билан солиштириш орқали амалга оширилди. Алюминий оксидининг миқдори фотометрик ва концентрациялар пики усулларида аниқланган. Биринчи усулда $1,0$ грамм оғирликдаги тозаланган намуна реакцияон аралашма солинган 50 см^3 ҳажмдаги колбага жойлаштирилди. Бунда реакцияон аралашма қуйидаги нисбатда тайёрланди: 65 см^3 этилацетат $2,0$ грамм бром калийси ва 7 см^3 бром. Эритма хона ҳароратида тайёрланди. Намунанинг эриши тугаганидан сўнг колбага 5 см^3 реакцияон аралашма солиниб, $10\text{--}15$ дақиқа давомида $45\text{--}50^\circ\text{C}$ эритиш давом эттирилди. Филтрлаб олинган эритманинг оптик зичлиги алангали фотометр ПФМ ёрдамида аниқланди. Алюминий оксидининг массаси унинг намунаси массасига нисбати орқали чиқарилди. Намуналар олиш учун тадқиқот икки камерали газ шахта-қайтарувчи ва графитли электр ёй печларида ўтказилди. Юкланаётган шихтанинг, ваннадаги суюқ металлнинг ва электр ёй ёрдамида ишлов беришнинг ҳароратларини назорат қилиш учун ТХА –термо-электрик пирометрлардан фойдаланилди. Алюминий шихтасининг 20°C , 100°C , 200°C , 400°C ва 500°C ларгача қиздирилишидан кейин печга юкланиши амалга оширилганидаги, суюқ металл юзасида флюс бўлган ва флюс бўлмаган ҳолатидаги, графитли электродлар ёрдамида қиздириш ва суюқлантириш камераларида ишлов беришдан кейинги ҳолатлардаги намуналар олинди. Электр ёй усулида қиздириш, суюқлантириш ва қиздириш камераларида амалга оширилди. Ҳар бир усул учун 5 тадан намуна олинди. Намуналар олишда оксидланишнинг олдини олиш имконини берувчи чойнаксимон чўмичлардан фойдаланилди.

Олинган намуналар микроструктураси МИМ–8 металлографик микроскоп ва РЭМ–200 электрон микроскопида ўрганилди. Микрошлифлар анъанавий бўлган усуллар ёрдамида тайёрланди. Алюминий қотишмаси таркибидаги қўшимчалар миқдорини аниқлашда масс-спектрометрия, спектрал таҳлил усуллари қўлланилди.

Алюминий қотишмасининг сифатини аниқлашда Харрингтоннинг истаklar функциясидан фойдаланилди. Бунда ҳар бир истаk функциясининг кўрсаткичларини хусусий истаkга келтирилиб, хусусий истаkлар мажмуидан умумий истаk ўртача геометрик кўрсаткич сифатида қабул қилинди. Хусусий истаk сифатида алюминий қотишмасидаги водороднинг миқдори, алюминий қотишмасидаги оксид миқдори, алюминий қотишмасининг чўзилишдаги мустаҳкамлик чегараси, алюминий қотишмасининг қаттиқлиги, алюминий қотишмасининг зарбий қовушқоқлиги, алюминий қотишмасининг нисбий чўзилиши қабул қилинди.

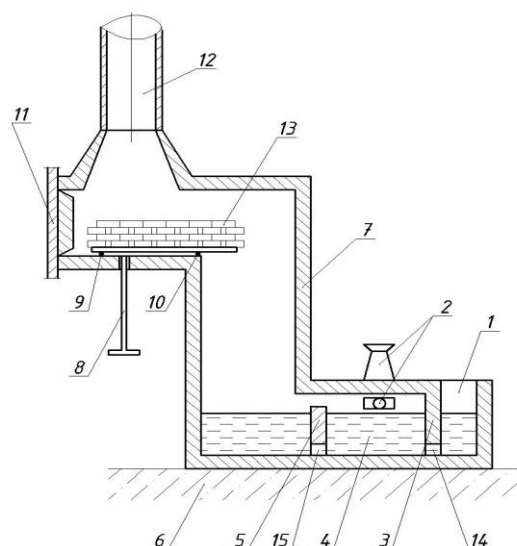
Диссертациянинг «Алюминий қотишмаларини суюқлантириш технологиясини ишлаб чиқиш ва сифатли структура олиш учун суюқлантириш агрегатининг конструкциясини такомиллаштириш» деб номланган учинчи бобида алюминий қотишмаларини суюқлантириш даврида структурага газ ва оксид қўшимчаларнинг сингишини бартараф қилувчи технологияни ишлаб чиқишга бағишланган.

Тажрибанинг биринчи босқичида алюминий қотишмаларини суюқлантиришда кенг миқёсда қўллаб келинаётган газли шахта-қайтарувчи печнинг

конструкциясидан фойдаланган ҳолда тадқиқот ишларини олиб боришда эришилган сўнгги ютуқлардан фойдаланилди. Жумладан, Андреев-Гогин, Колеманн, Грачев томонидан ишлаб чиқилган конструкцияларда шихтани қиздириш учун шахта қисмидаги газ оқимининг иссиқлигидан фойдаланилган. В.А.Грачев, В.А.Моргунов ва А.О.Шазимов томонидан ишлаб чиқилган конструкциядаги шахта ёрдамида шихтани қиздиришда фойдаланилганидан ташқари, печнинг ванна қисми иссиқбардош тўсиқ билан икки қисмга ажратилган ва суяқ металл эритиш камерасидан қиздириш камерасига тўсиқ остидаги канал орқали юборилган. Бунинг натижасида алюминий қотишмаси қиздириш камерасида газ ва оксид қўшимчалар билан қўшимча тўйинмаган. Лекин ушбу конструкциядан даврий равишда металл суяқлантирилганида шихтанинг қиздирилиш ҳароратини назорат қилиб бўлмайди. Шунинг учун ушбу диссертация ишининг экспериментал тадқиқотларини ўтказишда шихтанинг қиздириш ҳароратини назорат қилиш ва қиздириш ҳароратининг алюминий қотишмасидаги газ ва оксид қўшимчаларга боғлиқлик даражасини аниқлаш мақсадида газли шахта-қайтарувчи печининг шахта (1) қисмига шихта (13) ни қиздириш майдончаси ўрнатилди (9). Бу майдонча юклаш қурилмаси (8) ва шарнирлар (10) ёрдамида керакли ҳароратгача қизиган шихтани печь шахтаси (7) га юклатади. Қиздириш камераси (4) да металл юзасида ҳосил бўладиган оксид пардаси яхлитлигининг бузилмаслиги ва оксид қўшимчаларнинг ҳамда газ горелкалари (2) дан чиқаётган газнинг ёнишидан ҳосил бўладиган водороднинг металл таркибига сингиб кетмаслиги учун эритиш камерасидан суяқ металл иссиқбардош тўсиқ (5) остида жойлаштирилган ўтиш каналлари (15) орқали юборилди. Тайёр алюминий қотишмасидан намуналар олиш учун ишчи камера (1) яна бир иссиқбардош тусиқ (3) ва унинг остида ўтиш каналлари (14) билан таъминланди.

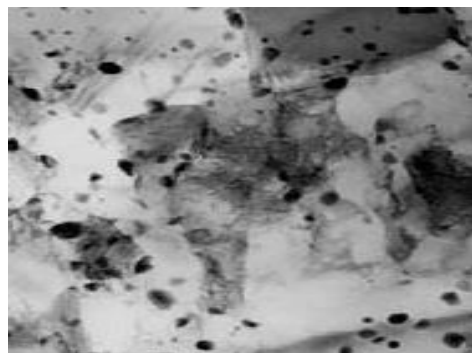
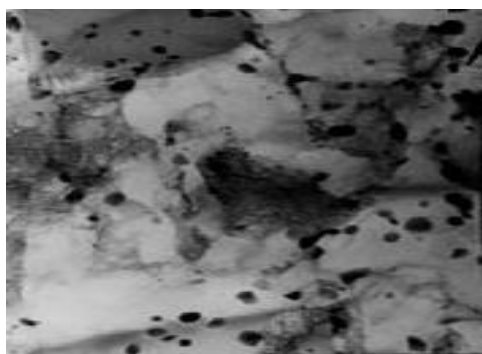
Тадқиқотнинг биринчи босқичида печга юкланаётган шихтанинг ҳарорати 20, 100, 200, 400 ва 500 °С гача қиздирилди. Тадқиқотлар натижасининг аниқлигини ошириш мақсадида ҳар бир ҳолат учун 5 тадан тажриба ўтказилди ва 5-7 тадан намуна олинди. Тадқиқотнинг биринчи босқичи ўтказилган печнинг схемаси 1-расмда келтирилган.

Печга юкланаётган шихтанинг эритиш камерасидаги оксид парданинг яхлитлигини бузиши натижасида металл таркибига нометалл қўшимчаларининг сингиш механизмини тадқиқ қилиш мақсадида, суяқ металл юзасига ҳимоя воситаси сифатида 4 та асосий таркибдаги флюслардан фойдаланилди ва уларга уч хил миқдорда улерод қўшилди. Биринчи босқичдаги тадқиқотлар натижасида шихтани суяқ металлга юклашдан олдинги қиздириш ҳарорати 400 °С гача бўлган оралиқда деярли сезилмаслиги аниқланди (2-расм).



1-расм. Газли шахта-қайтарувчи печь схемаси.

1-намуна олиш камераси, 2- газ горелкалари, 3,5-иссиқбардош тўсиқлар, 4-қиздириш камераси, 6-таглик, 7-печ шахтаси, 8-юклаш қурилмаси, 9-шихтани қиздириш майдончаси, 10-шарнир механизми, 11-шихтани юклаш эшиги, 12-атмосферага чиқарувчи қувур, 13-юкланаётган шихта, 14,15-ўтиш каналлари.

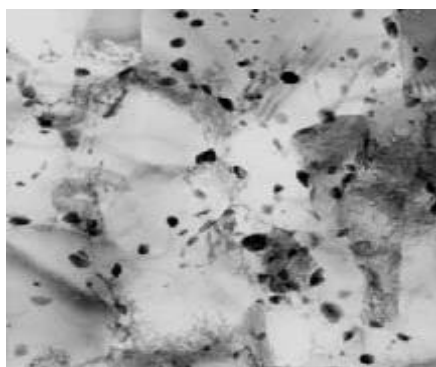


2-расм. Шихтанинг 200 °С дан 400 °С гача қиздиришдаги структура қурилиши

а – шихтанинг 200 °С гача қиздиришдаги структура қурилиши;

б- шихтанинг 400 °С гача қиздиришдаги структура қурилиши.

Лекин 400 °С дан 500 °С гача оралиқда қиздирилган шихтадан олинган қотишманинг таркибида водород ва оксид қўшимчаларнинг кескин камайиши кузатилди. Буни шихта таркибидаги намлик ва бошқа қўшимчаларнинг парчаланиши билан изоҳласа бўлади (3-расм).



3-расм. Шихтанинг 500 °С гача қиздиришдаги структура қурилиши

Юқорида келтирилган ҳароратлардаги шихтанинг суёқланишидан ҳосил бўлган қотишма таркиби-даги водород ва оксид қўшимчаларнинг миқдорининг 1- жадвалда келтирилган.

1-жадвал

т/р	Юкланаётган шихтанинг ҳарорати, °С	Қотишмадаги водороднинг миқдори, см ³ /100 гр	Қотишмадаги оксиднинг миқдори, %
1	20	0,60-0,62	10-12
2	100	0,55-0,60	8-10
3	200	0,52-0,55	7-8
4	400	0,40-0,42	5-6
5	500	0,33-0,35	4-5

Олинган натижалардан келиб чиқиб, қўлланиладиган флюсларнинг таркиби структуранинг тақибига таъсир қилиш даражасини аниқлашда шихтани юклаш қурилмасида 450-500 °С гача қиздириш асосида амалга оширилди. Бунда флюсларнинг 12 та таркибидан фойдаланилди.

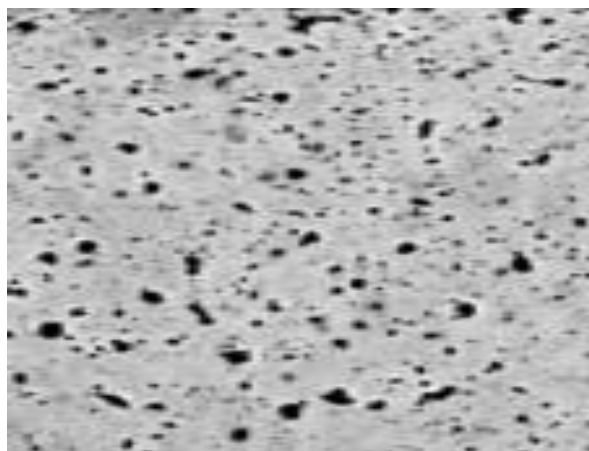
Тадқиқотларнинг иккинчи босқичида углероднинг юқори ҳароратларда (1828 °С дан юқори) активлиги кескин ортиши хоссасини эътиборга олган ҳолда графитли электрод ёрдамида электр ёй печидан фойдаланилди. Ушбу қурилмада тадқиқотлар олиб бориш учун диаметри 76 мм бўлган графит электродларидан ва ТС-500 трансформаторидан фойдаланилди. Алюминий қотишмасининг юқори қовушқоқлик хоссасини эътиборга олган ҳолда остки ва устки электродлар ён томонларга жойлаштирилди.

Қўлланилган флюснинг таркиби 2-жадвалда келтирилган. Хар бир флюс учун учтадан намуна олиниб, тақиқот натижаларининг аниқлигини таъминлаш мақсадида хар бир флюс таркиби алмаштирилганида суёқ ванна юзаси флюсдан тозаланиб борилди.

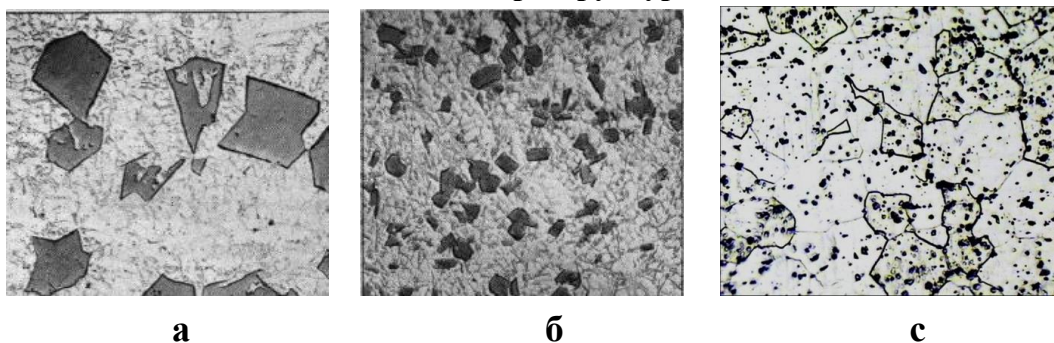
2-Жадвал

№	Флюснинг кимёвий таркиби. %						Бошқалар
	С	Сао	NaCl	CaF ₂	SiO ₂	Fe ₂ O ₃ + FeO	
1	10,0	43,0	10,0	36,0	5,0	4,0	4,0
2	15,0	40,0	10,0	20,0	5,0	7,0	3,0
3	20,0	35,0	15,0	15,0	10,0	4,0	1,0
4	30,0	30,0	10,0	20,0	4,0	5,0	1,0
5	35,0	20,0	15,0	15,0	5,0	8,0	2,0
6	35,0	40,0	5,0	5,0	5,0	6,0	4,0
7	40,0	25,0	10,0	15,0	5,0	5,0	5,0
8	40,0	20,0	10,0	20,0	5,0	6,0	4,0
9	45,0	15,0	20,0	5,0	2,0	2,0	1,0
10	45,0	45,0	4,0	3,0	1,0	1,0	1,0
11	50,0	30,0	10,0	6,0	3,0	1,0	1,0
12	50,0	10,0	10,0	15,0	15,0	7,0	3,0

Иккинчи босқичдаги тажриба электр ёй печида қизиган ишчи қисмига флюс солиниб суюқлантирилди. Флюснинг ҳарорати $800 - 850^{\circ}\text{C}$ га етганида алюминий қотишмасининг бўлаклари солинди. Олинган қотишманинг структураси 4-расмда келтирилган.



4-расм. Совуқ ҳолатда (20°C да) электр-ёй печига юкланган шихтадан олинган қотишма микроструктураси



5-расм. Алюминий қотишмасининг структура кўриниши:

а - ишлов беришдан олдинги қотишма структураси, б - 660°C да углеродли флюс ёрдамида ишлов берилган қотишма структураси, с - 2000°C да углеродли электрод ёрдамида ишлов берилганидан кейинги қотишма структураси.

Алюминий қотишмасининг тўлиқ суюқланиши 10-12 дақиқада амалга оширилди. Ишлов бериш жараёни самарали кечиши учун қўшимча 10 дақиқа давомида электр ёй ёрдамида ишлов берилди. Печнинг ишга туширилганидан то суюқ металлни олгунга қадар 40-45 дақиқа вақт сарфланди. Металл таркибининг таҳлил натижалари 3-жадвалда келтирилган.

Олинган натижаларга кўра хулоса қилиш мумкинки, юқори ҳарорат ($2000-2100^{\circ}\text{C}$) да алюминий қотишмасига углерод ёрдамида ишлов берилса, қотишма структурасидаги механик хоссаларга салбий таъсир қиладиган водороднинг 40-43 % миқдори ва алюминий оксиднинг 55-58 % миқдори қотишма таркибидан сиқиб чиқарилади. Бунда флюс таркибидаги хлор ва углероднинг мавжудлиги тикланиш реакциясининг самарасининг 35-40 % га ошишини таъминлайди. Тиклашнинг асосий 60-65 % ни электр ёй ҳосил қилган юқори ҳароратда графитли электрод таркибидаги углерод бажаради.

3-жадвал

т/р	Флюсинг т/р	Қотишмадаги водороднинг миқдори, см ³ /100 гр	Қотишмадаги оксиднинг миқдори, %
1	1	0,34-0,36	4-5
2	2	0,30-0,32	2-3
3	3	0,28-0,30	2-3
4	4	0,34-0,36	4-5
5	5	0,32-0,34	3-4
6	6	0,28-0,30	2-3
7	7	0,42-0,44	6-7
8	8	0,40-0,42	5-6
9	9	0,36-0,38	3-4
10	10	0,37-0,39	3-4
11	11	0,34-0,36	3-4
12	12	0,32-0,34	2-3

Шундай қилиб, алюминий қотишмаларини суяқлантиришда сифатли структуранинг шаклланиши учун печь атмосферасидан қотишма таркибига табиий ҳолда сингиб газ говаклари ва оксид қўшимчалар ҳосил қиладиган водород ва кислородни қотишма таркибидан чиқаришнинг илмий-техник ечими ишлаб чиқилди.

Диссертациянинг «Сифатли структура ҳосил қилиш учун ишлаб чиқилган печнинг математик моделини ишлаб чиқиш ва унинг техник-иқтисодий кўрсаткичларини аниқлаш» деб номланган тўртинчи бобида алюминий қотишмаларини суяқлантириш даврида сифатли структура шаклланишини таъминлайдиган технология ишлаб чиқилган, ишлаб чиқилган технологияни амалга ошириш учун печнинг конструкцияси такомиллаштирилган, ишлаб чиқариш қувватига мувофиқ янги печь конструкциясининг математик модели ва иқтисодий самарадорлиги келтирилган.

Олиб борилган тадқиқот натижаларига кўра сифатли структурага эга бўлган алюминий қотишмасини шакллантириш учун шахтали газ печида алюминий қотишмасини суюқлантириш билан бир қаторда суюқлантириш ваннасида электр ёй ёрдамида 1900-2100 °С ҳароратда углерод муҳитида ишлов бериш керак. Графитли электрод ёрдамида ҳосил қилинадиган электр ёйи фақат маҳаллий характерга эга, яъни электр ёйи ҳосил бўладиган электродлар орасидаги масофада самара беради. Суюқ металлнинг қолган қисми эса ишлов берилмаган ҳолда структура ҳосил қилади. Бутун ҳажмдаги металл ишлов бериш учун қотишмани суюқ ҳолатда сақлаш зарур ва бунда қўшимча иссиқлик манбаси талаб этилади. Шунинг учун мавжуд газли шахта печларининг конструкциясидан фойдаланган ҳолда электр ёй ёрдамида ишлов бериш имконини берадиган газли электр ёй печининг янги конструкцияси ишлаб чиқилди. Бунда металлни суюқлантириш ва сақлаб туриш учун табиий газдан фойдаланилса, сифатли структура шаклланишини таъминлаш учун углеродли электродлар ёрдамида электр ёйи билан ишлов бериш техноло-гиясидан фойдаланилади.

Ишлаб чиқариш шароитида печнинг турли ҳажмдаги конструкцияси талаб этилади ва турли ҳажмдаги конструкцияларнинг ишлаш самарадорлиги турлича бўлади. Чунки ишлаб чиқариш қувватига кўра печнинг фойдали иш коэффиценти, иссиқликнинг фойдали сарфи, металлнинг ишчи юзаси кўрсаткичлари ва талаб этиладиган ёнилғи сарфи турлича бўлади. Бундан ташқари суюқ металлнинг кўндаланг кесим юзаси ва ванна чуқурлиги структурага сингадиган водород ва кислороднинг миқдори таъсир қилади. Шунинг учун ишлаб чиқилган печнинг конструкцион параметрлари билан ишлаб чиқиш қуввати ҳамда олинадиган қотишманинг кўрсаткичларини аниқлашда математик модель тузилди. Бунинг учун печнинг ишлашидаги иссиқлик балансидан фойдаланилди, яъни печга кириб келган иссиқлик миқдори сарфланган иссиқлик миқдори таъсир қилган конуниятидан фойдаланилди:

$$Q_{\text{кир}} = Q_{\text{сарф}}. \quad (1)$$

Ўз навбатида, кириб келаётган иссиқлик миқдори суюқ металл ташқарисида табиий газнинг ёнишидан ҳосил бўладиган иссиқлик миқдоридан ва суюқ металл ичида электр ёйи ҳосил бўлишидан ҳосил бўлган иссиқлик миқдоридан иборат:

$$Q_{\text{кир}} = Q_{\text{газ}} + Q_{\text{ёй}}. \quad (2)$$

Газ ёнишидан ҳосил бўладиган иссиқлик миқдори ўз навбатида:

$$Q_{\text{газ}} = Q_{\text{газ исс}} + Q_{\text{хаво физ}} + Q_{\text{газ физ}} + Q_{\text{мет физ}}. \quad (3)$$

Ўз навбатида газ ёнишидан чиқадиган иссиқлик миқдори газнинг сарфи ва газнинг ёниш қувватига тўғри пропорционал [18]:

$$Q_{\text{газ исс}} = Q_{\text{газ}} \times B_0. \quad (4)$$

Ҳаво билан кирган ҳавонинг физик иссиқлиги ўз навбатида қуйидагича аниқланади:

$$Q_{\text{хаво физ}} = B_0 \times \alpha_{\text{газ}} \times I_{\text{хаво}}. \quad (5)$$

Ҳавонинг энтальпияси ҳаво ҳароратига кўра қуйидагича бўлади:

$$I_{\text{хаво}} = 1,3 \times T_{\text{хаво}}. \quad (6)$$

Юқоридагиларни ҳисобга олганда (5) қуйидаги кўринишга келади:

$$Q_{\text{хаво физ}} = B_0 \times \alpha_{\text{газ}} \times 1,3 \times T_{\text{хаво}}. \quad (7)$$

Газнинг ёнишидан келадиган иссиқликнинг физик қиймати қуйидагича аниқланади:

$$Q_{\text{газ физ}} = B_0 \times C_{\text{газ}} \times T_{\text{газ}}. \quad (8)$$

Газнинг ўртача иссиқлик сиғими қуйидагича аниқланади:

$$C_{\text{газ}} = 1,54 + 1,1 \times T_{\text{газ}}. \quad (9)$$

Металл билан печга кирган иссиқлик миқдори қуйидагича аниқланади:

$$Q_{\text{мет физ}} = G \times I_{\text{мет}}. \quad (10)$$

Энтальпия ўз навбатида қуйидагича аниқланади [19]:

$$I_{\text{мет}} = 280,7 + 1,028 \times T_{\text{мет}}. \quad (11)$$

Шундай қилиб, печга кириб келаётган иссиқлик миқдори қуйидагига тенг бўлади:

$$Q_{\text{кир}} = Q_{\text{газ}} \times B_0 + B_0 \times \alpha_{\text{газ}} \times 1,3 \times T_{\text{хаво}} + B_0 \times C_{\text{газ}} \times T_{\text{газ}} + Q_{\text{ёй}} + G \times (280,7 + 1,028 \times T_{\text{мет}}). \quad (12)$$

Печга кириб келган иссиқликнинг сарфи қуйидагича тақсимланади:

1. Чиқиб кетаётган ёниш маҳсулотларининг иссиқлиги [20]

$$Q_1 = B_0 \times V_{\text{чик газ}} \times C_{\text{чик газ}} \times T_{\text{чик газ}}, \quad (13)$$

$$V_{\text{чик газ}} = 10,5 + 0,0038 \times T_{\text{чик газ}}, \quad (14)$$

$$C_{\text{чик газ}} = 1,369 + 0,24 \times T_{\text{чик газ}}. \quad (15)$$

Печнинг узунлигини аниқлаш учун иссиқликни узунлик бўйича тенг тақсимланган деб қабул қиламиз. Шунда тажрибада олинган натижаларга

кўра олд девордаги ҳарорат 1100 °C, орқа девордаги ҳарорат эса 950 °C эканини эътиборга олсак, ёниш ҳароратига нисбатан чиқаётган ёниш маҳсулотларининг печь узунлигига боғлиқлиги қуйидаги кўринишни олади:

$$T_{\text{чик газ}} = T_{\text{газ}} - 150 \times B. \quad (16)$$

Печнинг узунлигини ишлаб чиқариш қуввати ва ванна чуқурлигига боғлиқ формуласини қуйидагича чиқарамиз:

$$B = G \times 3600 / A \times H \times \rho. \quad (17)$$

2. Печнинг суюқ металлдан ҳоли қисмидаги иссиқлик ўтказувчанлиги ҳисобига бўлган иссиқлик йўқотишлари:

$$Q_2 = (T_{\text{газ}} - T_{\text{атр мух}}) / (1/\alpha_1 \times F_1 + S_1/\lambda_1 \times F_1 + S_2/\lambda_2 \times F_2 + S_3/\lambda_3 \times F_3 + 1/\alpha_2 \times F_4) \quad (18)$$

3. Газнинг кимёвий ва механик нотўлиқ ёниши оқибатидаги йўқотишлар [20]:

$$Q_3 = B_0 \times (V_{\text{чик газ}} \times 3,45 + 0,05 \times Q_{\text{газ н}}). \quad (19)$$

4. Юклаш қурилмаси ва ишчи эшикларнинг очилиш вақтида нурланиш орқали иссиқликнинг йўқотилиши:

$$Q_4 = C_{\text{гшм}} \times (T_{\text{ур}}/100)^4 \times F_{\text{э}} \times \varphi_{\text{д}} \times (1 - \Psi). \quad (20)$$

5. Ишчи эшиклардан чиқиб кетаётган ёниш маҳсулотлари билан иссиқликнинг йўқотилиши:

$$Q_5 = V_{\text{чик эш}} \times I_{\text{ён мах}} \times (1 - \Psi). \quad (21)$$

6. Печдан чиқарилаётган металлнинг иссиқлиги билан кетаётган иссиқлик миқдори:

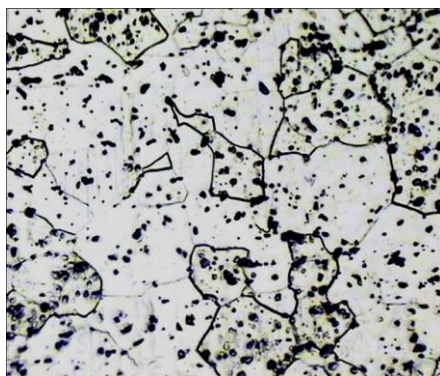
$$Q_6 = C_{\text{гшм}} \times [(T_{\text{ур}}/100)^4 - (T_{\text{м}}/100)^4] \times F_{\text{м}} + \alpha_{\text{к}} \times (T_{\text{ур}} - T_{\text{м}}) \times F_{\text{м}}. \quad (22)$$

Шунда печь ишлашининг умумий математик модели қуйидаги кўринишга келади:

$$\begin{aligned} & Q_{\text{газ}} \times B_0 + B_0 \times \alpha_{\text{газ}} \times 1,3 \times T_{\text{хаво}} + B_0 \times C_{\text{газ}} \times T_{\text{газ}} + Q_{\text{ёй}} + \\ & + G \times (280,7 + 1,028 \times T_{\text{мет}}) = B_0 \times (10,5 + 0,0038 \times T_{\text{чик газ}}) \times (1,369 + 0,24 \times \\ & T_{\text{чик газ}}) \times T_{\text{чик газ}} + (T_{\text{газ}} - T_{\text{атр мух}}) / (1/\alpha_1 \times F_1 + S_1/\lambda_1 \times F_1 + S_2/\lambda_2 \times F_2 + S_3/\lambda_3 \times \\ & F_3 + 1/\alpha_2 \times F_4) + B_0 \times (V_{\text{чик газ}} \times 3,45 + 0,05 \times Q_{\text{газ н}}) + C_{\text{гшм}} \times (T_{\text{ур}}/100)^4 \times F_{\text{э}} \times \varphi_{\text{д}} \times \\ & (1 - \Psi) + V_{\text{чик эш}} \times I_{\text{ён мах}} \times (1 - \Psi) + C_{\text{гшм}} \times [(T_{\text{ур}}/100)^4 - (T_{\text{м}}/100)^4] \times F_{\text{м}} + \alpha_{\text{к}} \times \\ & (T_{\text{ур}} - T_{\text{м}}) \times F_{\text{м}}. \end{aligned} \quad (23)$$

Бу формула ёрдамида яратилган печнинг ишлаб чиқариш қуввати 50 кг/с дан 2500 кг/с гача бўлган конструкцияларининг асосий параметрлари аниқланди. Печь конструкциясини яшашда мавжуд шахтали газ печларининг конструкцияларидан фойдаланилди. Печнинг суюқлантириш камерасида графитли электрод ёрдамида электр ёйи ҳосил қилиш учун печнинг икки ён томонининг марказларида 45° бурчак остида иккита электрод ўрнатилди.

Электродлар мис шиналари орқали пайвандлаш трансформатори ТС-500 га уланди. Қиздириш камерасида ўрнатилган газ горелкалари ёрдамида печни 30-35 дақиқа давомида қиздирилди ва юклаш қурилмасида печдан чиқиб кетаётган ёниш маҳсулотининг иссиқлиги ёрдамида шихта қиздирилди. 450-500 °С гача қизиган шихта печь ваннасига юкланди ва ўрнига қиздириш майдончасига янги шихта ашёлари ўрнатилди. Ваннада суюқ металл ҳосил бўлганидан кейин ванна юзасига таркибида 10 ва 20 % углерод бўлган флюс солинди. Флюс суюкланиб, ишчи юзадаги ҳарорат 700 °С га етганида ванна ичида жойлашган графит электродлари орасида ТС-500 трансформаторини улаш орқали электр ёй ҳосил қилинди ва қиздириш майдончасида 450-500 °С гача қизиган шихта печь ваннасига юкланди. Қиздириш майдончасига эса шихтанинг кейинги миқдори жойлаштирилди. Бу жараённинг узлуксизлигини таъминлаш асосида, яъни печь ваннасига юкланган шихтанинг ўрнига қиздириш майдончасига шихтанинг янги миқдорини жойлаштириб бориш натижасида ваннага юкланаётган шихтанинг ҳарорати 450-500 °С бўлишига эришилди. Суюқ ванна юзасида углеродли флюснинг мавжудлиги шихта юзаси флюс қобиғи билан қопланишини ва суюқ металл таркибига солиштира оғирлиги алюминийдан кам бўлган углеродли флюснинг сингишини таъминлади. Суюқ ваннанинг графитли электродлар ёрдамида 2000-2100 °С ҳароратда ишлов берилиши структура таркибига сингиб қолган водород ва оксид қўшимчаларининг ванна юзасидаги флюсга ажралиб чиқишига замин яратди. Натижада, ишлаб чиқилган технология асосида олинган алюминий қотишмаларининг таркибидаги водороднинг 40-43 % миқдори, алюминий оксидининг 55-58 % миқдори қотишма таркибидан сиқиб чиқарилишига эришилди.



6-расм. 2000 °С -2100 °С ҳароратда углерод ёрдамида ишлов берилганидан кейин олинган қотишма структураси.

Бу таркибида механик хоссаларга салбий таъсир қилувчи водород ва алюминий оксиди минимал бўлган сифатли структурага эга алюминий қотишмасини олиш имконини берди. Олинган сифатли структурали алюминий қотишмасидан ишлаб чиқилган машинасозлик деталларининг Харрингтон истаклар функцияси асосидаги мустаҳкамлигининг 1,7-1,9 марта ортишига ва деталь хизмат мудатининг 1,3-1,5 марта ортишига эришилди.

Тадқиқот натижалари «Тошкент механика заводи» акциядорлик жамияти, «Ўзбекистон қаттиқ ва ўтга чидамли металлар комбинати» акциядорлик жамияти ва «Ўзметкобинат» акциядорлик жамияти корхоналарида ишлаб чиқаришга жорий этилди. Ишлаб чиқаришга қўлланилиши натижасида йилига 180,0 млн. сўмдан зиёд иқтисодий самара кўрилди.

Диссертация хулосасида тадқиқот натижалари, асосий хулосалар шакллантирилган ва амалий таклифлар келтирилган.

ХУЛОСА

«Алюминий қотишмаларини суёқлантириш даврида сифатли структура шаклланишининг илмий-техникавий ечими» мавзусидаги докторлик диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Печга юкланаётган шихтани қиздириш учун чиқиб кетаётган газларнинг иссиқлигидан фойдаланиш усули ишлаб чиқилди. Бу соҳадаги тадқиқотлар металл суёқлантириш печларининг фойдали иш коэффициенти юқори конструкцияларини яратишда муҳим аҳамият касб этади.

2. Печга юкланаётган шихтани қиздириш технологияси ва режимлари ишлаб чиқилди. Олинган натижалар печдан олинаётган қотишма структурасидаги водород ва оксид қўшимчаларининг миқдорини 10-16 % гача камайтиришга хизмат қилади.

3. Печга юкланаётган шихтани қиздириш майдончасининг конструкцияси ишлаб чиқилди. Олинган натижа печдан атмосферага чиқиб кетаётган газларнинг ҳароратини 200-270 °C га камайтиришга хизмат қилади.

4. Қиздириш майдончасидаги шихтани печь шахтасига юклаш технологияси ишлаб чиқилди. Олинган натижа узлуксиз усулда қотишмаларини суёқлантириш печь конструкцияларини яратишда муҳим аҳамият касб этади.

5. Алюминий қотишмаларини суёқлантиришда қўлланиладиган газ печи шахтасининг конструкцияси ишлаб чиқилди. Бу соҳадаги тадқиқотлар ёниш маҳсулотларини шахтанинг кундаланг кесими бўйича тенг тақсимланишини таъминлайдиган оптимал конструкцияли шахталарни лойиҳалаштиришга хизмат қилади.

6. Алюминий қотишмаларини суёқлантиришда печь ваннаси юзасига солинадиган ҳимоя воситаси (флюс)нинг таркиби ишлаб чиқилди. Бу соҳадаги тадқиқотлар суёқ металл таркибига нометалл қўшимчаларининг сингишини 15-22 % га камайтиришга хизмат қилади.

7. Алюминий қотишмаларини суёқлантиришда газ-электр-ёй печининг оптимал конструкцияси ишлаб чиқилди. Олинган натижа алюминий қотишмаларини суёқлантириш печларини лойиҳалашда муҳим аҳамият касб этади.

8. Суёқ алюминий қотишмасига юқори ҳароратда углерод ёрдамида ишлов бериш технологияси ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган технология

алюминий қотишмаси таркибидаги водород ва оксид қўшимчалар миқдорини 40-58 % га камайтиришга хизмат қилади.

9. Алюминий қотишмаларидан қуймалар олишда қолипдаги қуйманинг йўналтирилган кристалланишни таъминлайдиган технология ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган технология ишчи юзага ейилишбардош қобиқ ҳосил қилиш орқали юза мустаҳкамлигини ошириш учун хизмат қилади.

10. Алюминий қотишмаларини суюқлантиришда эритиш ва қиздириш камералари орасидаги иссиқбардош тўсикнинг конструкцияси ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган конструкция қиздириш камерасида газларнинг металл таркибига сингишини 8-10 % га камайшига хизмат қилади.

11. Алюминий қотишмаларини юқори ҳароратда ишлов бериш учун электр ёй ҳосил қилиш технологияси ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган технология печь ваннасидаги суюқ металлнинг 90-92 % га ишлов бериш учун хизмат қилади.

12. Алюминий қотишмаларини графитли электрод ёрдамида газ-электр-ёй печида суюқлантириш технологияси ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган технология олинаётган деталларнинг барқарорлигини 1,3-1,5 мартага оширишга хизмат қилади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК 14.07.2016 FM/Т.02.02 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И
НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ТУРАХОДЖАЕВ НОДИР ДЖАХОНГИРОВИЧ

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ
КАЧЕСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПРИ ПЛАВКЕ АЛЮМИНИЕВЫХ
СПЛАВОВ**

**05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство.
Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия черных,
цветных и редких металлов.**

АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Ташкент–2016

**Тема докторской диссертации зарегистрирована за № 30.09.2014/B2014.3-4.T45 в
Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан**

Докторская диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Абу Райхана Беруни.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский) размещён на веб-странице по адресу www.tadqiqotchi@tdtu.uz и информационно-образовательном портале «ZIYONET» по адресу www.ziyonet.uz.

Научный консультант:

Грачёв Владимир Александрович
доктор технических наук, профессор
(Российская Федерация)

Официальные оппоненты:

Абдуллаев Фатхулла Сагдуллаевич
доктор технических наук, профессор

Рискулов Алимжон Ахмаджонович
доктор технических наук, профессор

Михридинов Рискидин Михридинович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Наваийский государственный горный институт

Защита диссертации состоится «__» _____ 2016 года в ____ часов на заседании Научного совета 14.07.2016 FM/T.02.02 при Ташкентском государственном техническом университете и Национальном Университете Узбекистана по адресу: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская 2. Тел/факс: (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz.

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета за № ____ . Адрес (100095, г. Ташкент, ул. Университетская 2. Тел: (99871) 227-10-32).

Автореферат диссертации разослан: «__» _____ 2016 года
(рестр протокола рассылки № ____ от ____ 2016 года).

К.А. Каримов

Председатель научного совета по
присуждению ученой степени доктора наук
д.т.н., профессор

И.К.Ходжаев

Учёный секретарь научного совета по
присуждению ученой степени доктора наук
д.т.н., профессор

Р.М.Михридинов

Председатель научного семинара при
научном совете по присуждению ученой
степени доктора наук д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (Аннотация докторской диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В более чем пятидесяти странах мира ведутся исследования по повышению качества алюминиевых сплавов. Алюминий является самым распространённым металлом в земной коре и по своим запасам стоит на третьем месте после кислорода и кремния, а также в 350 раз больше чем запасы меди, свинца, хрома, олова и цинка вместе взятых. В то же время углубление процесса глобализации, интенсификация процесса глобального потепления становится актуальной применением алюминиевых сплавов вместо малоэффективных сплавов из чёрных металлов в таких странах как Америка, Япония, Англия, Германия, Украина, Россия и Узбекистан.

В годы независимости в нашей стране уделялось большое внимание получению качественной продукции из алюминиевых сплавов, которые могут конкурировать на мировом рынке. В этом направлении были достигнуты определённые результаты по получению качественных алюминиевых сплавов, применяемых для изготовления деталей и узлов автомобилестроения и машиностроения, а также локализации этой продукции.

На сегодняшний день наряду с получением качественной продукции из алюминиевых сплавов, актуальной является повышение экономической эффективности. В этом направлении ведутся ряд научно-исследовательских работ, в частности, проведение исследований в следующих направлениях является одним из основных задач: увеличение доли алюминиевых сплавов в промышленности учитывая его механические, физические и эксплуатационные свойства; разработка технологии плавки предотвращающей вредное воздействие нежелательных факторов; разработка технологии обеспечивающей ресурсо- и энергосбережение. Поэтому, проведение научно-исследовательских работ разработке научно-технических решений в формировании качественной структуры при плавке алюминиевых сплавов имеет важное научно-практическое значение.

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан № ПФ-1590 от 29 июля 2011 года «Меры углубления локализации производства готовых изделий, состоящих из материалов в период на 2011-2013 годы на основе кооперации промышленности», в Постановлениях Кабинета Министров №22 от 31 января 2012 года «Локализация кронштейнов для генераторов и моторов из алюминиевых сплавов», а также в приложении Кабинета Министров Республики Узбекистан №1 от 28 апреля 2011 года «Локализация генераторов и кронштейнов мотора изготовленных из алюминия для автомобилей нексиа», «Контроль качества и сертификация изделий из алюминиевых сплавов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование

выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II. «Энергетика, энергия и ресурсосбережение».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации¹. Научные исследования, направленные на получение качественной структуры алюминиевых сплавов проводятся во многих ведущих научных центрах мира, в том числе в Национальном институте Стандартов и технологий - NIST (США), в компании Кобе стил LTD и в университете Цукуба (Япония), в Виенском техническом университете (Германия), в Австрийском научно-исследовательском институте (Австрия), в корпорации Сежедюр (Франция), в Лондонском университете технологий (Англия), в Европейской ассоциации сплавов (Бельгия), в Киевском политехническом университете (Украина), в Пензенском политехническом университете и в Всероссийском институте легких сплавов (Россия), в Ташкентском государственном техническом университете (Узбекистан).

В результате проведенных в мире исследований по получению качественной структуры алюминиевых сплавов, получены ряд научных результатов, в том числе: для снижения содержания водорода в алюминиевых сплавах была разработана технология внепечной обработки и состав модификаторов (Национальный институт Стандартов и технологий – NIST, Центр технологий, США); разработана технология высокотемпературной обработки для снижения содержания водорода в структуре алюминиевых сплавов (компания Кобе стил LTD и университет Цукуба, Япония); разработана технология восстановления до 30 % алюминия из его оксидов (Виенский технический университет, Германия, Австрийский научно-исследовательский институт, Австрия); разработана технология снижения водорода в алюминиевых сплавах при плавлении и конструкция газовой шахтно-отражательной печи (корпорация Сежедюр, Франция); разработана технология снижения оксидных включений в структуре алюминиевых сплавов и технология восстановления алюминия из его оксидов (Лондонский университет технологий, Англия; Европейская ассоциация сплавов, Бельгия); разработана конструкция газовой печи и технология для предотвращения внедрений вредных газовых включений в алюминиевые сплавы (Пензенский политехнический университет и Всероссийский институт легких сплавов, Россия).

В мире по получению качественной структуры алюминиевых сплавов проводятся исследования по ряду приоритетных направлений, в том числе: разработка технологий внепечной обработки расплава для снижения газовых и оксидных включений, отрицательно влияющих на механические свойства алюминиевых сплавов; разработка новых конструкций плавильных печей

¹ Обзор международных научных исследований по теме диссертации выполнен на основании www.chemastu.ru/chair/study/genchem/r8_3.htm (2014-2015); www.Aluminium.ru/articles/corrosion/ htm (2010-2015); www.aluminiumal.com/ru/materials/coatings/mccoatings/ 2015; International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and technology (2000-2016); Научный журнал//Литейное производство (2000-2015); Structure and fatigue crack resistance of multilayer materials produced by explosive welding// Advanced Materials Research (2010-2015) и других источников.

способствующих удалению влажности шихты и предотвращающих диффузию водорода в структуру алюминия; разработка составов защитного флюса предотвращающего диффузию водорода в алюминиевые сплавы при плавке; разработка технологий высокотемпературной обработки оксидов алюминия для их восстановления.

Степень изученности проблемы. Ведущие учёные мира разработали различные технологии плавки алюминиевых сплавов. Для получения качественной структуры были разработаны ряд конструкций плавильных агрегатов.

Дж.Боин, М.Бертрам, Х.Пуга, Дж.Барбоса, А.Калеманн посвятили свои исследовательские работы технологии восстановления алюминия из его оксидов для получения качественной структуры, разработали ряд конструкций печей для плавки алюминиевых сплавов.

Учёными стран СНГ проведены важные исследования по формированию структуры алюминиевых сплавов (В.А.Грачев, Д.Андреев, А.Данилкин, В.Гогин, А.А.Григорьева, Л.Ф. Вьюгин, В.А.Гутов, О.С.Еремин, А.Н.Задиранов). Они усовершенствовали конструкции газовых плавильных агрегатов для повышения качества расплава, повысили коэффициент полезного действия газовых печей с 30 % до 60 %.

Разработана технология высокотемпературной обработки алюминиевых сплавов лазером для снижения количественного содержания водорода в расплаве (С.Сасаба, А.Матсунава, С.Катаяма). Разработан состав флюса способствующего предотвращению диффузии водорода в расплав (В.Н. Симонов, Л.Ф. Вьюгин В.А.Гутов, О.С.Еремин, А.Н.Задиранов). Исследователи Узбекистана разработали двухкамерную конструкцию ванны газовой печи и механизм внедрения железа и свинца в алюминиевые сплавы при плавке (А.О.Шазимов, Ф.С.Абдуллаев, Ю.Н.Мансуров).

Несмотря на большие достижения исследований в области плавки алюминиевых сплавов, существует немало нерешенных проблем. Например, не разработана технология ведения плавки алюминиевых сплавов обеспечивающая образованию качественной структуры без дополнительной внепечной обработки. Все исследования проводились в основном при температурах плавления алюминия, обработка флюсами велась только на поверхности жидкой ванны. Основные исследовательские работы проводились над физико-химическими процессами между окисными включениями и атмосферой печи, исследовались процессы диффузии водорода и окисных включений за счёт нарушения целостности окисной плёнки над жидкой ванной. Не были учтены изменения характера воздействия углерода при различных температурах. Не проводились исследования по изучению диффузии водорода и оксида алюминия в среде углерода, а также не учитывались восстановительные свойства углерода при высоких температурах. Разработка технологии высокотемпературной обработки при плавке, предотвращающей естественное насыщение расплава газовыми и окисными включениями, для

получения качественной структуры является актуальной и научно-практической задачей.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета ДИДТ 12-А-12-109 «Разработка газовой печи для плавки алюминиевых сплавов» (2008-2010 гг.), «Внедрение в производство технологий термической обработки и получения износостойких покрытий для увеличения срока службы рабочих органов сельскохозяйственных машин» (2013–2014 гг.), «Разработка технологии плавки алюминиевых и медных сплавов в электрошлаковых печах» (2010–2012 гг.), «Разработка газовой печи для плавки алюминия» (2013–2014 гг.), а также «Разработка технологии получения высококачественных отливок для формокомплектов стеклоформирующей машины» (2014–2015 гг.).

Целью исследования является разработка технологии способствующей формированию качественной структуры при плавке алюминиевых сплавов.

Задачи исследования:

разработка режима загрузки шихты для получения качественной структуры при плавке алюминиевых сплавов;

разработка состава флюса на поверхности жидкого расплава для получения качественной структуры при плавке алюминиевых сплавов;

разработка технологии высокотемпературной обработки жидкого расплава для получения качественной структуры при плавке алюминиевых сплавов;

разработка оптимальной технологии плавки и обработки для получения качественной структуры при плавке алюминиевых сплавов;

разработка конструкции печи для плавки шихты для получения качественной структуры при плавке алюминиевых сплавов.

Объект исследования является сплавы алюминия марки АК7п и АК6, водород и оксид алюминия в расплаве.

Предмет исследования методы определения количественных показателей газовых и оксидных включений, технические аспекты плавки шихты в газовых и электро-дуговых печах.

Методы исследований. При изучении структуры сплава использовались электронный и оптический микроструктурный, рентгено-структурный и спектральный анализ, при определении геометрических параметров разработанной печи применялся метод математического моделирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана технология нагрева загружаемой шихты температуры от 200⁰С до 500⁰С, обеспечивающей снижение содержания водорода в расплаве на 8-10 %, а окисных включений на 14-16 %;

разработан состав углеродосодержащего флюса обеспечивающей снижение содержания в расплаве водорода на 15-18 %, а окисных включений на 20-22 %;

разработана технология обработки алюминиевых сплавов при температуре 2000-2100 °С в среде свободного углерода обеспечивающей снижение содержания в расплаве водорода на 40-43 %, а окисных включений на 55-58 %;

разработана технология плавки алюминиевой шихты и высокотемпературной обработки расплава, а также конструкция печи обеспечивающей получение качественную структуру сплава.

Практические результаты исследования. Обоснована и рекомендована технология, при которой возможно получение качественной структуры с минимальным содержанием водорода и оксида алюминия в результате высокотемпературной обработке в среде углерода.

Разработана технология получения качественной структуры и конструкция печи для её осуществления.

Достоверность полученных результатов основывается на данных статистической обработки результатов экспериментных исследований, в сравнении их существующими аналогами, внедрением полученных результатов в производство с реальными экономической эффектами и подтверждении результатов исследований компетентными структурными подразделениями производства.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований подтверждается тем, что для получения качественной структуры алюминиевых сплавов с минимальным содержанием водорода и оксидных включений можно применить высокотемпературную обработку расплава в среде свободного углерода.

Практическая значимость результатов исследований подтверждается тем, что обеспечение получения качественной структуры служит получению экономического эффекта за счёт повышения механических свойств и срока службы получаемой продукции.

Внедрение результатов исследования. На основе результатов исследования по разработке технологии способствующей формированию качественной структуры при плавке алюминиевых сплавов:

технология нагрева загружаемой в печь шихты внедрена на акционерном обществе «Ташкентский механический завод» для снижения содержания водорода и оксидных включений в структуре получаемого расплава (акт внедрения от 20 мая 2014 года акционерного общества «Ташкентский механический завод»). Применение разработанной технологии позволило снизить количество водорода в расплаве на 8-10 %, а содержание окисных включений снизить на 14-16 %;

состав защитного слоя (флюса) внедрен на акционерном обществе «Узбекский металлургический комбинат» для предотвращения диффундирования неметаллических включений в жидкий расплав через

поверхность ванны (акт внедрения от 18 декабря 2015 года акционерного общества «Узбекский металлургический комбинат»). Внедрение защитного слоя (флюса) с содержанием свободного углерода позволило снизить содержание водорода в структуре алюминиевого расплава на 15-18 %, а содержание оксида на 20-22 %;

технология высокотемпературной обработки жидкого расплава углеродом внедрена на акционерном обществе «Узбекский комбинат твёрдых и жаропрочных металлов» для удаления из расплава газовых и оксидных включений (справка от 18 апреля 2016 года акционерного общества «Узбекский комбинат твёрдых и жаропрочных металлов» №УР/893). Внедрение разработанной технологии позволило снизить содержание свободного водорода на 40-43 %, а оксидных включений на 55-58 %.

технология направленной кристаллизации отливок внедрена на акционерном обществе «Узбекский металлургический комбинат» для образования на износостойкой поверхности на поверхности деталей (акт внедрения от 18 декабря 2015 года акционерного общества «Узбекский металлургический комбинат»). Внедрение разработанной технологии позволило получить износостойкую поверхность и продлить срок службы деталей.

Апробация результатов исследований. Основные положения диссертации докладывались на 18 международных конференциях и симпозиумах, а также на республиканских научно-практических конференциях и научных семинарах, в том числе: «Энергетика, энергия тежамкорлик, механика ва машинасозлик» (Ташкент, Узбекистан, 2005), «Машинасозлик тармоклариди таълим, фан ва ишлаб чиқариш интеграцияси» (Ташкент, Узбекистан, 2007), «Актуальные проблемы обеспечения интеграции науки, образования и производства» (Ташкент, Узбекистан, 2008), «Иктидорли ешларнинг фан ҳафталиги» (Ташкент, Узбекистан, 2010), "Қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш, энергия самарадорлиги ва энергия тежамкорлиги-давлат энергетик хавфсизлигининг асоси" (Ташкент, Узбекистан, 2013), "Ресурс ва энергиятежамкор, экологик зарарсиз композицион материаллар" (Ташкент, Узбекистан, 2013), «Современные наукоёмкие технологии: приоритеты развития и подготовка кадров» (Набережные Челны, Россия, 2014), "Инновация–2014" (Ташкент, Узбекистан, 2014), «Современные материалы, техника и технология в машиностроении» (Андижан, Узбекистан, 2014), «Кон-металлургия тармоғининг муаммолари ва инновацион ривожлантириш йўллари» (Ташкент, Узбекистан, 2014), «1 Международная заочная научно-техническая конференция» (Челябинск, Россия, 2014), «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации» (Курск, Россия, 2015), «Композицион материаллар ва улардан махсулотлар олишнинг прогрессив технологиялари» (Ташкент, Узбекистан, 2015), «Полимерные композиты и трибология (Поликомтриб 2015)» (Гомель, Белоруссия, 2015), «Solidification

and Cristallization of Metals 2015» (Bisko, Poland, 2015), «International Scientific and Practical Conference «WORLD SCIENCE»» (Dubai, UAE, 2016).

Полный текст диссертационной работы были изложены в следующих семинарах: научно-технический совет механико-машиностроительного факультета Ташкентского государственного технического университета (Ташкент, 2014); объединённый семинар Токийского технологического института (Токио, Япония, 8 сентября 2015 г.), расширенный объединённый семинар АО «Узбекского металлургического комбината» и АО «Ташкентский механический завод» (Бекабад, 25 декабря 2015 г.); расширенный объединённый семинар кафедры «Машиностроение материалов» Ташкентского государственного технического университета (Ташкент, 29 декабря 2015 г.); научный семинар 05.02.01-«Материаловедение в машиностроении. Литейное производство. Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия чёрных, цветных и редких металлов» при научном совете 14.07.2016 FM/T02.02 при Ташкентском государственном техническом университете и Национальном университете Узбекистана (Ташкент, 2016 г.).

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликованы 52 научных трудов, из них 12 в научных журналах рекомендованных для публикаций основных результатов научных исследований докторской диссертации Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе, 10 в республиканских и 2 зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Содержание диссертации состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка использованной литературы. Объем диссертации состоит из 196 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введение диссертации приводятся актуальность и востребованность темы диссертации, цели и задачи исследований, а также сформулированы объекты и предметы исследования, показаны соответствия исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, приведена научная новизна исследований, раскрыты теоретические и практические значения полученных результатов, список внедрённых разработок, приведены сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Анализ современного состояния получения алюминиевых сплавов с качественной структурой»** приводятся применение алюминиевых сплавов в промышленности и современное состояние совершенствования конструкций печей для плавки алюминиевых сплавов, приводятся характеристики получения качественной структуры, приводятся методы обработки жидкого расплава для получения качественной структуры, тенденция развития печной и внепечной обработок алюминиевых сплавов.

Говорится, что для получения качественной структуры алюминиевых сплавов проводились множество научно-исследовательских работ. В начале XIX века цена алюминиевого сплава была чуть ниже, чем цена на золото, и была чуть дороже серебра. Основной причиной этого заключалась в сложности и дороговизны получения этого металла, а также высокие физико-химические и механические свойства алюминия. Из алюминия изготавливались драгоценные изделия и украшения, использовали как денежное средство. С разработкой новой и дешёвой технологии получения алюминия его цена резко упала, а применение в промышленности резко увеличилось. Теперь алюминий стали применять в электротехнике, автомобилестроении, судостроении, а в последствии и в авиастроении. Над усовершенствованием конструкции плавильных агрегатов для получения качественной структуры при плавке алюминиевых сплавов научные исследования вели А.Калеманн, В.А.Грачев, Д.Андреев, В.Гогин. Они усовершенствовали конструкции плавильных агрегатов разработали ряд конструкций шахты печи для нагрева загружаемой шихты. В результате наряду со снижением содержания водорода в составе сплава, разработали конструкцию алюминиевоплавильной печи с увеличением коэффициента полезного действия от 30 до 60 %. Под руководством профессора В.А.Грачёва учёные разработали технологию печной и внепечной обработки алюминиевого сплава со снижением количества газовых и оксидных включений на 15-18 %, а коэффициент полезного действия достиг 65-70 % за счёт равномерного распределения тепла отходящих газов в шахте печи. Дж.Боин, М.Бертрам, Х.Пуга и Дж.Барбоса разработали технологию восстановления алюминия из его оксида. На основе разработанной технологии обработка хлорсодержащим флюсом алюминиевого сплава при температуре 720-730 °С обеспечивает снижение содержания водорода на 35-40 %, а кислорода на 30%. С.Сасаба, А.Матсунава и С.Катаяма разработали технологию снижения содержания водорода методом лазерной обработки алюминиевых сплавов. А.Данилкин, А.А.Григорьева и В.А.Моргунов разработали технологию защиты алюминиевого расплава от диффундирования нарушающего целостность структуры водорода и влияния атмосферы при заливке в форму. Исследования по изучению влияния флюса при температуре кипения проводили ученые В.Н. Симонов, Л.Ф. Вьюгин В.А.Гутов, О.С.Еремин и А.Н.Задиранов, которые разработали состав флюса как средство защиты от атмосферы печи. Ряд исследовательских работ по определению влияния на механические свойства алюминиевых сплавов неметаллических включений проводили учёные Узбекистана. В частности, А.О.Шазимовым разработана конструкция двухкамерной печи для плавки алюминиевых сплавов, позволяющая снизить количество водорода проникающего в жидкий расплав. Переходные каналы выполненные в нижней части огнеупорной перегородки обеспечивают целостность окисной плёнки на поверхности жидкого расплава в камере перегрева. В качестве защитного слоя от диффундирования водорода используется целостность оксидной плёнки в камере перегрева. Процесс диффундирования железа и свинца в процессе плавки алюминия исследовался профессором Ю.Н.Мансуровым. Профессором Ю.Н.Мансуровым разработана

технология позволяющая предотвратить насыщение алюминиевых сплавов металлическими включениями. Профессором С.А.Расуловым исследован механизм взаимодействия углерода находящегося в продуктах сгорания кокса и природного газа на структуру и механические свойства металлов. Профессором Ф.С.Абдуллаевым исследовано влияние дислокации оксидных включений на механические свойства и разработана технология обработки давлением тонкостенных алюминиевых сплавов для получения качественной структуры. Над технологией плавки алюминиевых сплавов в электрошлаковых печах с графитовыми электродами исследовательские работы проводил Э.Х.Туляганов. В результате проведённых научно-исследовательских работ разработана конструкция электрошлаковой печи для плавки чёрных и цветных сплавов, а также технология восстановления металлов из его оксидов с целью ресурсосбережения металла.

Как показал литературный обзор, качественную структуру алюминиевых сплавов можно получить при плавке. Это в свою очередь позволит увеличить долю применения алюминиевых сплавов в промышленности, заменить изделия из чёрных металлов на легкий, коррозионностойкий алюминиевый сплав. В итоге этой замены вес изделий снизится в 3 раза, увеличится срок службы, улучшится дизайн и эстетический вид. Кроме того при получении изделий из алюминиевых сплавов расход энергоносителей снизится в 2 раза, температура отходящих в окружающую среду также снизится в 1,5-2 раза. Это даёт основания для проведения научно-исследовательских работ по получению качественной структуры при плавке алюминиевых сплавов.

Во второй главе диссертации **«Разработка объектов и методики исследования качества алюминиевых сплавов»** приводятся обоснование выбора объектов и методов проведения экспериментальных исследований.

В качестве объектов исследования выбраны газовые алюминиево-плавильные печи, дуговые электрические печи, содержание водорода и оксида алюминия в алюминиевых сплавах марок АК7п и АК6.

В качестве метода определения содержания водорода в алюминиевом сплаве выбран метод вакуумной экстракции. При этом откачку воздуха до создания вакуума 10^{-2} мм рт. ст. осуществляли форвакуумным насосом, а откачку до остаточного разряжения в системе 10^{-6} - 10^{-7} мм рт.ст. осуществляли диффузионным. Изменение давления в системе определяли с помощью манометра Мак-Леода. Для проведения анализа образцы нагревались до температуры на 30-40 °С ниже линии солидус. Выделявшиеся из образцов газы перекачивались в аналитическую часть установки посредством диффузионного насоса. Контроль за вакуумом осуществлялся вакуумметром ВТ-3. Содержание водорода в образце определялся по формулам, учитывающих изменение давления во время эксперимента, объём аналитической части установки, атмосферное давление, температуру окружающей среды и изменение давления манометра Мак-Леода. Газовая пористость сплава определялась по шкале пористости. При этом проводились сравнения количества пор в трёх различных квадратах размером 1 мм² со

шкалой пористости и эталонной таблицей. Содержание количества оксида алюминия определяли фотометрическим методом и методом концентрации пиков. В первом методе очищенный образец весом 1,0 грамм размещается в колбу объёмом 50 см³ с реакционным раствором. При этом реакционная порция: 65 см³ этилацетат, 2,0 грамм калий брома и 7 см³ бром. Раствор готовится при комнатной температуре. После растворения образца в колбу добавляется реакционный раствор в количестве 5 см³, и растворяется в течении 10-15 минут при температуре 45-50 °С. Оптическая плотность отфильтрованного раствора определялся пламенным фотометром ПФМ. Масса оксида алюминия выводилась из отношения к массе его образца. Для получения образцов использовали сплавы алюминия, выплавляемые в газовых шахтно-отражательных печах и графитовых электродуговых печах. Для контроля температур загружаемой шихты, жидкого расплава в ванне печи и температуры обработки дугой электродуговой печи применялись термо-электрические пирометры–ТХА. Отбирались образцы алюминиевых сплавов при температуре загружаемой шихты равной 20 °С, 100 °С, 200 °С, 400 °С и 500 °С, при обработке графитовыми электродами в камерах плавления и перегрева, с применением защитного флюса и без него. Обработка с помощью электрической дуги осуществлялась в камерах плавления и перегрева. Для каждого метода отбирались по 5 образцов. При отборе образцов для предотвращения дополнительного окисления применялись чайниковые ковши.

Микроструктура образцов изучалась металлографическим микроскопом МИМ–8 и электронным микроскопом РЭМ–200. Микрошлифы готовили традиционным методом. Для определения содержания примесей в алюминиевых сплавах применялись методы масс-спектрометрии и спектрального анализа.

Для определения качества алюминиевых котишмасинингсплавов применялась функция желательности Харрингтона. При этом показатели каждой функции приводились как функции частной желательности, а общая желательность высчитывалась как среднее геометрическое значение общих функций желательностей. В качестве желательности принимались содержание водорода и окисных включений в алюминиевом сплаве, предел прочности при растяжении, втёрдость, ударная вязкость и относительное удлинение.

В третьей главе диссертации **«Разработка технологии плавки алюминиевых сплавов и оптимизация конструкции плавильного агрегата для получения качественной структуры»** приводятся исследовательские работы по изучению механизма диффузирования газовых и оксидных включений в структуру алюминиевых сплавов.

В первом этапе экспериментов использовали достижения по оптимизации конструкции газовых шахтно-отражательных печей. В частности, в разработках А.Д.Андреева, В.Б.Гогина, Колеманн, В.А.Грачева применялась технология использования тепла отходящих газов для нагрева шихты в шахтной части печи. В печах разработанных В.А.Грачевым,

В.А.Моргуновым и А.О.Шазимовым кроме использования противотока в шахте печи для нагрева шихты, применялась двухкамерная конструкция ванны печи с огнеупорной разделяющей перегородкой. Жидкий расплав поступал в камеру перегрева через соединительные каналы выполненные в нижней части перегородки. В результате алюминиевый расплав в камере перегрева остаётся под защитным слоем окисной пленки, что предотвращает диффундирование водорода и окисных включений в жидкий расплав. Однако, при периодическом режиме плавки, температуру нагрева шихты контролировать не представляется возможным. Поэтому, для контроля температуры нагрева шихты и определения влияний температуры нагрева шихты на содержание водорода и окисных включений при проведении экспериментальных работ данной диссертации, в шахтную часть (1) газовой шахтно-отражательной печи установлена площадка (9) для нагрева шихты (13). Эта площадка загружает в печь шахту (7) нагретую до заданной температуры шихту с помощью загрузочного механизма (8) и шарниров (10). В камеру перегрева (4) жидкий металл передаётся через переходные каналы (15), выполненные в нижней части огнеупорной перегородки (5), что предотвращает разрушение целостности оксидной плёнки образовавшегося на поверхности жидкого расплава и диффундирования газовых включений образующихся в результате горения газа в горелках (2). Для отбора образцов из алюминиевого расплава рабочая камера (1) разделена ещё одной огнеупорной перегородкой (3) и переходными каналами (14). В первом этапе эксперимента, шихта загружаемая в шахту печи нагревалась до температуры 20, 100, 200, 400 и 500 °С. Для получения объективного результата эксперименты проводились по 5 раз с отбором проб для каждого раза по 5-7 тадан намуна олштук. Схема печи для проведения первого этапа эксперимента показана на 1-рисунке.

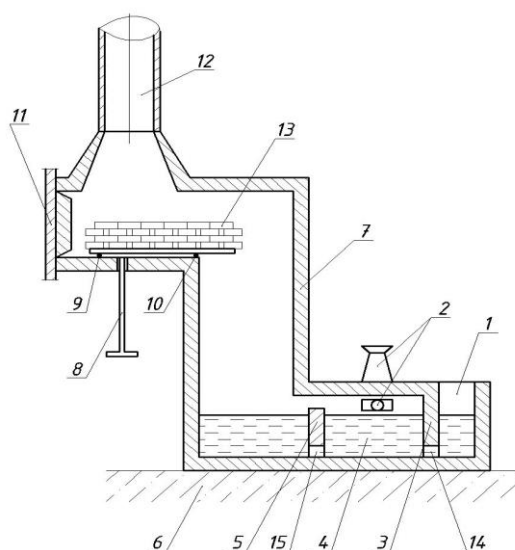


Рисунок 1. Экспериментальная газовая шахтно-отражательная печь.

1-камера для отбора образцов; 2- газовые горелки; 3,5-огнеупорные перегородки; 4- камераси перегрева; 6-подина; 7-шахта печи; 8-загрузочное устройство; 9-площадка нагрева шихты; 10-шарнирный механизм; 11-загрузочное окно шихты; 12-выхлопная труба в атмосферу; 13-загружаемая шихта; 14,15-переходные каналы.

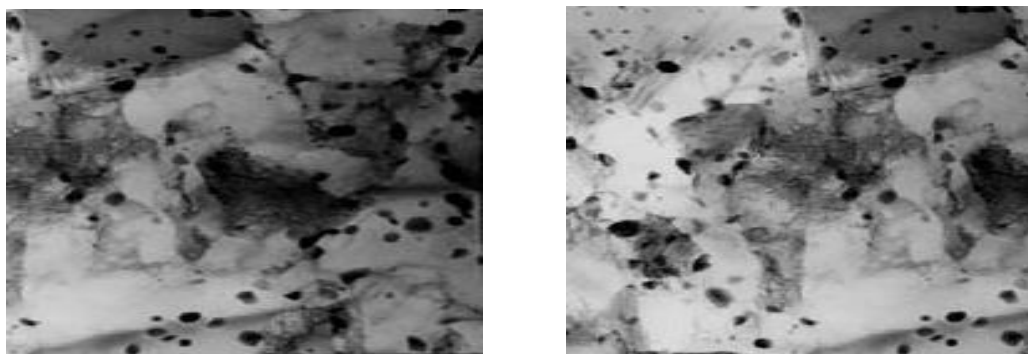


Рисунок 2. Структура сплава после нагрева шихты с 200 °С до 400 °С

а – структура сплава после нагрева шихты 200 °С;
б- структура сплава после нагрева шихты 400 °С.

Для определения влияний целостности оксидной плёнки на поверхности расплава, а также состава защитного флюса на диффундирование неметаллических включений в расплав, применяли 4 состава флюса с различным содержанием углерода.

В первом случае нагрев шихты до температуры 400 °С показал незначительные изменения структуры. Однако, при температурном интервале от 400 °С до 500 °С содержание водорода и оксида алюминия в расплаве резко снизилось. (Рисунок 3)

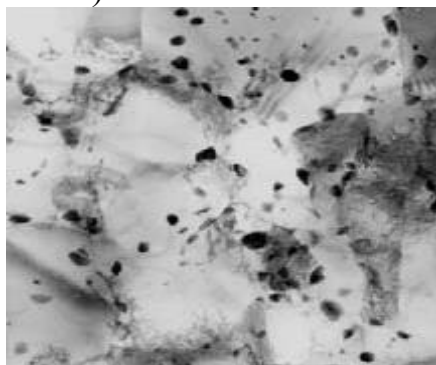


Рисунок 3. Структура сплава после нагрева шихты с 500 °С

Это можно объяснить удалением адсорбированной влаги с поверхности шихты. Содержание водорода и оксида алюминия в расплаве после нагрева шихты до вышеуказанных температурах приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Температура шихты загружаемой в ванну, °С	Содержание водорода в расплаве, см ³ /100 гр	Содержание оксида алюминия в расплаве, %
1	20	0,60-0,62	10-12
2	100	0,55-0,60	8-10
3	200	0,52-0,55	7-8
4	400	0,40-0,42	5-6
5	500	0,33-0,35	4-5

Таблица 2

№	Химический состав флюса в %						
	C	CaO	NaCl	CaF ₂	SiO ₂	Fe ₂ O ₃ + FeO	Прочие
1	10,0	43,0	10,0	36,0	5,0	4,0	4,0
2	15,0	40,0	10,0	20,0	5,0	7,0	3,0
3	20,0	35,0	15,0	15,0	10,0	4,0	1,0
4	30,0	30,0	10,0	20,0	4,0	5,0	1,0
5	35,0	20,0	15,0	15,0	5,0	8,0	2,0
6	35,0	40,0	5,0	5,0	5,0	6,0	4,0
7	40,0	25,0	10,0	15,0	5,0	5,0	5,0
8	40,0	20,0	10,0	20,0	5,0	6,0	4,0
9	45,0	15,0	20,0	5,0	2,0	2,0	1,0
10	45,0	45,0	4,0	3,0	1,0	1,0	1,0
11	50,0	30,0	10,0	6,0	3,0	1,0	1,0
12	50,0	10,0	10,0	15,0	15,0	7,0	3,0

Для каждого состава флюса отбирались по три пробы. Для получения объективного результата исследований, после каждой партии флюса проводилась чистка поверхности жидкой ванны. Второй этап экспериментальных исследований проводили с помощью графитовых электродов электродуговой печи при высоких температурах (свыше 1828 °С), при которых активность углерода резко увеличивается.

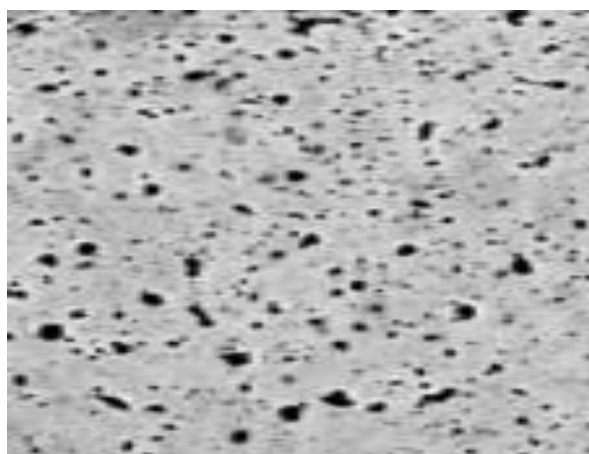


Рисунок 4. Структура алюминиевого сплава после плавки при комнатной температуре.

В данной установке использовали графитовые электроды диаметром 76 мм и сварочный трансформатор ТС-500. Учитывая вязкостные свойства алюминия верхние и нижние электроды установили по бокам установки.

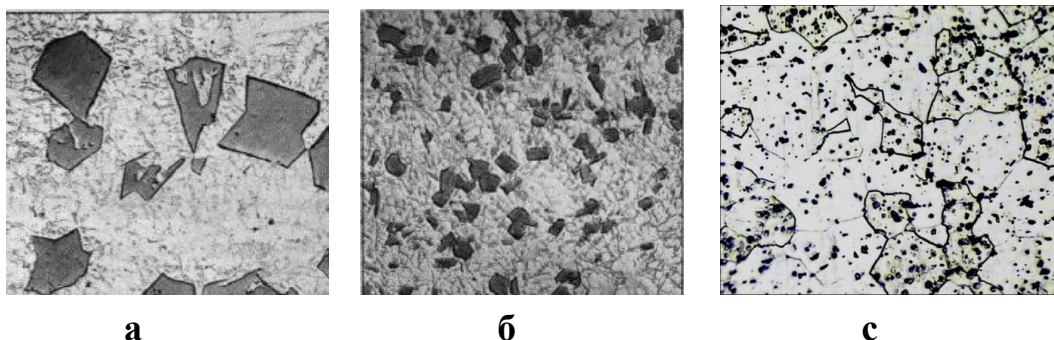


Рисунок 5. Структура алюминиевого сплава:

а – структура сплава до обработки; б – структура сплава после обработки при 660 °С углеродосодержащим флюсом; с - структура сплава после обработки при 2000 °С углеродосодержащим флюсом.

Во второй стадии исследований в разогретую рабочую камеру электродуговой печи загружали флюс и расплавляли его. После достижения температуры жидкого флюса температуры 800 – 850 °С, загружали шихту. Состав полученного сплава приведён в таблице 3.

Таблица 3

№ п/п	Порядковый № флюса	Содержание водорода в расплаве, см ³ /100 гр	Содержание оксида алюминия в расплаве, %
1	1	0,34-0,36	4-5
2	2	0,30-0,32	2-3
3	3	0,28-0,30	2-3
4	4	0,34-0,36	4-5
5	5	0,32-0,34	3-4
6	6	0,28-0,30	2-3
7	7	0,42-0,44	6-7
8	8	0,40-0,42	5-6
9	9	0,36-0,38	3-4
10	10	0,37-0,39	3-4
11	11	0,34-0,36	3-4
12	12	0,32-0,34	2-3

Процесс оплавления люминиевой шихты протекал в течение 10-12 минут. Для повышения эффективности обработки в течение 10 минут производили термическую обработку электрической дугой. С момента запуска печи до полной обработки расплава заняло 40-45 минут времени. По полученным результатам можно сделать вывод, что обработка алюминиевого расплава углеродом при высоких температурах (2000-2100 °С) способствует удалению из расплава отрицательно влияющие на структуру водорода до 40-43 %, а оксида алюминия до 55-58. При этом присутствие в составе флюса хлора и углерода повышает эффективность обработки на 35-40 %. Основную часть восстановления (60-65 %) выполняет углерод при высоких температурах в процессе электродуговой обработки графитовыми электродами.

Таким образом, разработано научно-техническое решение образования качественной структуры алюминиевых сплавов при плавлении, которое предотвращает естественное диффундирование водорода и кислорода, образующих газы поры и окисные включения в структуре расплава.

В четвёртой главе диссертации **«Разработка математической модели печи обеспечивающей получение качественную структуру и определение технико-экономических показателей»** разработана технология обеспечивающая образование качественной структуры при плавке алюминиевых сплавов, усовершенствована конструкция плавильной печи для осуществления разработанной технологии, приведена математическая модель конструкции новой печи в зависимости от производительности и заданных параметров.

По результатам исследований, для получения качественной структуры при плавке алюминиевых сплавов необходимо произвести электродуговую обработку расплава в ванне газовой печи при температуре 1900-2100 °С в среде углерода. Электрическая дуга образующаяся при помощи графитовых электродов имеет локальный характер, то есть он эффективен только в пространстве между электродами. В остальной части расплава образуется естественная структура. Для обеспечения обработки всей массы металла, необходимо поддерживать температуру расплава за счёт дополнительных расходов теплоэнергии. Поэтому эффективно использовать конструкцию газовой шахтно-отражательной печи с применением электродуговой обработки расплава с новой конструкцией плавильной ванны. При этом для расплавления шихты и поддержания расплава в заданных температурах используется тепло продуктов сгорания природного газа, а для образования качественной структуры используется технология обработки графитовыми электродами электродуговой обработки.

В производственных условиях используются печи различных производственных мощностей, и эффективность их эксплуатации также различная. Потому что коэффициент полезного действия печи, полезно используемое тепло, площадь поверхности ванны печи и расход теплоносителей зависят от производительности печи. Кроме того, площадь поперечного сечения жидкой ванны и глубина ванны влияют на количество

внедряемого в структуру водорода и кислорода. Поэтому, создана математическая модель разработанной печи для определения её конструктивных параметров во взаимосвязи с показателями качества и производительности. При этом использовали тепловой баланс работы печи, то есть закон баланса количества вносимого тепла с количеством использованного тепла.

$$Q_{\text{внос}} = Q_{\text{исп}} \quad (1)$$

В свою очередь тепло вносимое в печь состоит из тепла от горения природного газа над жидким металлом и тепла вносимого в результате образования электрической дуги в жидком расплаве.

$$Q_{\text{внос}} = Q_{\text{газ}} + Q_{\text{дуг}} \quad (2)$$

Количество тепла от сгорания природного газа равна

$$Q_{\text{газ}} = Q_{\text{газ теп}} + Q_{\text{физ возд}} + Q_{\text{газ физ}} + Q_{\text{мет физ}} \quad (3)$$

В свою очередь тепло образующееся при сгорании природного газа пропорциональна расходу газа и теплоте сгорания газа [18]

$$Q_{\text{газ теп}} = Q_{\text{газ}} \times B_0 \quad (4)$$

Физическая теплота вносимая воздухом определяется:

$$Q_{\text{физ возд}} = B_0 \times \alpha_{\text{газ}} \times I_{\text{возд}} \quad (5)$$

Энтальпия воздуха зависит от температуры воздуха и определяется:

$$I_{\text{возд}} = 1,3 \times T_{\text{возд}} \quad (6)$$

Учитывая вышеприведённые показатели формула (5) примет вид:

$$Q_{\text{физ возд}} = B_0 \times \alpha_{\text{газ}} \times 1,3 \times T_{\text{возд}} \quad (7)$$

Физическое значение при сгорании газа равняется:

$$Q_{\text{газ физ}} = B_0 \times C_{\text{газ}} \times T_{\text{газ}} \quad (8)$$

Среднее значение теплоёмкости газа равно:

$$C_{\text{газ}} = 1,54 + 1,1 \times T_{\text{газ}} \quad (9)$$

Тепло вносимое металлом в печь определяется:

$$Q_{\text{мет физ}} = G \times I_{\text{мет}} \quad (10)$$

В свою очередь энтальпия определяется по следующей формуле [19]:

$$I_{\text{мет}} = 280,7 + 1,028 \times T_{\text{мет}} \quad (11)$$

Таким образом, общее количество тепла вносимое в печь определяется по следующей формуле:

$$Q_{\text{внос}} = Q_{\text{газ}} \times B_0 + B_0 \times \alpha_{\text{газ}} \times 1,3 \times T_{\text{возд}} + B_0 \times C_{\text{газ}} \times T_{\text{газ}} + Q_{\text{дуга}} + G \times (280,7 + 1,028 \times T_{\text{мет}}) \quad (12)$$

Тепло вносимое в печь расходуется на следующие составляющие:

1. Тепло выносимое продуктами сгорания [20]

$$Q_1 = B_0 \times V_{\text{вынос газ}} \times C_{\text{вынос газ}} \times T_{\text{вынос газ}} \quad (13)$$

$$V_{\text{вынос газ}} = 10,5 + 0,0038 \times T_{\text{вынос газ}} \quad (14)$$

$$C_{\text{вынос газ}} = 1,369 + 0,24 \times T_{\text{вынос газ}} \quad (15)$$

Для определения длины печи принимаем, что тепло равномерно распределяется по всей длине. В этом случае если учесть, что температура у передней стенки равна 1100 °С, а у задней стенки равна 950 °С, то зависимость температуры отходящих газов от длины печи будет иметь следующий вид:

$$T_{\text{вынос газ}} = T_{\text{газ}} - 150 \times B \quad (16)$$

Зависимость между длиной печи, её производительности и глубины ванны будет равна:

$$B = G \times 3600 / A \times H \times \rho \quad (17)$$

2. Потери тепла вследствие теплопроводности стенок свободных от жидкого расплава определяется по формуле:

$$Q_2 = (T_{\text{газ}} - T_{\text{окруж ср}}) / (1/\alpha_1 \times F_1 + S_1/\lambda_1 \times F_1 + S_2/\lambda_2 \times F_2 + S_3/\lambda_3 \times F_3 + 1/\alpha_2 \times F_4) \quad (18)$$

3. Потери тепла вследствие химической и механической неполноты сгорания газа [20]:

$$Q_3 = B_0 \times (V_{\text{вынос газ}} \times 3,45 + 0,05 \times Q_{\text{газ н}}) \quad (19)$$

4. Потери тепла излучением из открывающиеся рабочие окна и двери:

$$Q_4 = C_{\text{гшм}} \times (T_{\text{ур}}/100)^4 \times F_{\text{э}} \times \varphi_{\text{д}} \times (1 - \Psi) \quad (20)$$

5. Потери тепла уходящими продуктами сгорания через рабочие окна

$$Q_5 = V_{\text{раб окн}} \times I_{\text{прод сгор}} \times (1 - \Psi) \quad (21)$$

6. Потери тепла выносимые выпускаемым металлом:

$$Q_6 = C_{\text{гшм}} \times [(T_{\text{ур}}/100)^4 - (T_{\text{м}}/100)^4] \times F_{\text{м}} + \alpha_{\text{к}} \times (T_{\text{ур}} - T_{\text{м}}) \times F_{\text{м}} \quad (22)$$

Таким образом, общая математическая модель работы печи будет иметь вид:

$$\begin{aligned} & Q_{\text{газ}} \times B_0 + B_0 \times \alpha_{\text{газ}} \times 1,3 \times T_{\text{возд}} + B_0 \times C_{\text{газ}} \times T_{\text{газ}} + Q_{\text{дуга}} + \\ & + G \times (280,7 + 1,028 \times T_{\text{мет}}) = B_0 \times (10,5 + 0,0038 \times T_{\text{вынос газ}}) \times (1,369 + 0,24 \\ & \times T_{\text{вынос газ}}) \times T_{\text{вынос газ}} + (T_{\text{газ}} - T_{\text{окруж ср}}) / (1/\alpha_1 \times F_1 + S_1/\lambda_1 \times F_1 + S_2/\lambda_2 \times F_2 + S_3/\lambda_3 \times \\ & F_3 + 1/\alpha_2 \times F_4) + B_0 \times (V_{\text{выноsgаз}} \times 3,45 + 0,05 \times Q_{\text{газ н}}) + C_{\text{гшм}} \times (T_{\text{ур}}/100)^4 \times F_{\text{э}} \times \varphi_{\text{д}} \\ & \times (1 - \Psi) + V_{\text{раб окно}} \times I_{\text{прод сгор}} \times (1 - \Psi) + C_{\text{гшм}} \times [(T_{\text{сп}}/100)^4 - (T_{\text{м}}/100)^4] \times F_{\text{м}} + \\ & \alpha_{\text{к}} \times (T_{\text{сп}} - T_{\text{м}}) \times F_{\text{м}} \end{aligned} \quad (23)$$

По этой математической модели определены основные конструкционные параметры печей производительности от 50 кг/с до 2500 кг/с.

При изготовлении конструкции печи использовали конструкцию газовой шахтно-отражательной печи. Для обработки металла в камере плавления электрической дугой посредством графитовых электродов, по бокам печи расположили графитовые электроды под углом наклона равным 45°. Электроды соединяли посредством медных шин к трансформатору ТС-500. С помощью газовых горелок печь нагревали в течении 30-35 минут, а шихта нагревалась за счёт тепла отходящих газов в площадке предварительного нагрева. После нагрева шихты до температуры 450-500 °С она загружалась в ванну печи, а на площадку размещали следующую партию шихты. После расплавления металла на поверхность расплава вносили флюс с содержанием углерода от 10 до 20 %. После расплавления флюса и достижения температуры 700 °С га посредством трансформатора ТС-500 между графитовыми электродами создавалась электрическая дуга и загружалась шихта, нагретая до температуры 450-500 °С. В площадку нагрева шихты располагали следующую партию шихты. Это обеспечило непрерывность процесса, то есть обеспечение температуры шихты равной 450-500 °С перед загрузкой в ванну печи. Нанесение на поверхность ванны углеродосодержащего флюса обеспечило диффундирование углерода с меньшим удельным весом по сравнению с алюминиевым расплавом в жадкий расплав. Обработка жидкого расплава графитовыми электродами при температуре 2000-2100 °С обеспечило вытеснению диффундированных в структуру водорода и оксида алюминия. В результате применения разработанной технологии обеспечилось вытеснение из структуры расплава до 40-43 % водорода и 55-58 % оксида алюминия. Это позволило получить качественную структуру алюминиевых сплавов с минимальным содержанием отрицательно влияющих водорода и алюминия.

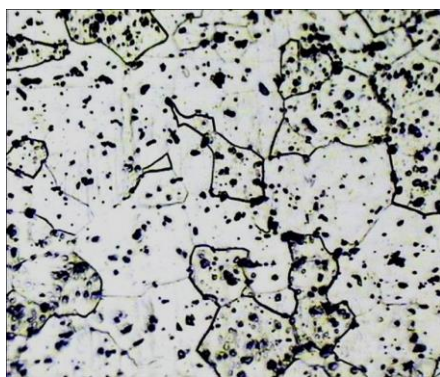


Рисунок 6. Структура алюминиевого сплава после высокотемпературной обработки при температуре 2000 °C -2100 °C.

На основе функции желательности Харрингтона прочность расплава прочность повысилась в 1,7-1,9 раза, а срок службы повысилась в 1,3-1,5 раза.

Полученные результаты в диссертации позволили создать высокоэффективную технологию плавки алюминиевых сплавов и конструкцию газовой электро-дуговой печи. Вновь созданная конструкция и технология не только не уступают зарубежным аналогам, но и превосходят их по многим параметрам. Внедренные в различных объектах республики технологии плавки алюминиевых сплавов успешно применяются в производственных условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по докторской диссертации на тему «Научно-технические решения в формировании качественной структуры при плавке алюминиевых сплавов» представлены следующие выводы:

1. Разработан метод использования тепла отходящих газов для нагрева загружаемой в печь шихты. Этот метод необходим при проектировании конструкций металлургических печей с высоким коэффициентом полезного действия.

2. Разработаны технология и режимы разогрева шихты загружаемой в печь. Проведенные исследования в этой области позволили снизить содержание водорода и оксидных включений в структуре на 10-16 %.

3. Разработана конструкция нагревательной площадки для загружаемой шихты. Проведенные исследования в этой области позволили снизить тепло газов уходящих в атмосферу до 200-270 °C .

4. Разработана технология загрузки шихты, находящейся на площадке , в шахту печи. Эти исследования будут полезны при проектировании конструкций печей для непрерывного режима плавки.

5. Разработана конструкция шахты печи газовых печей для плавки алюминиевых сплавов. Эти исследования будут полезны при проектировании

оптимальных конструкций шахты печей, в которых тепло отходящих газов распределяется по поперечному сечению шахты равномерно.

6. Разработан новый состав защитного слоя (флюса) на поверхность жидкой ванны при плавке алюминиевых сплавов, который позволил снизить диффундирования неметаллических включений в расплав на 15-22 %.

7. Разработана оптимальная конструкция газо-электро-дуговой печи для плавки алюминиевых сплавов. Эти исследования будут полезны при проектировании конструкций печей для плавки алюминиевых сплавов.

8. Разработана технология высокотемпературной обработки алюминиевого расплава, которая позволила снизить содержание в получаемом расплаве водорода и оксидных включений на 40-58 %.

9. Разработана технология, обеспечивающая направленную кристаллизацию алюминиевых сплавов в форме. Эти исследования будут полезны при получении отливок с упрочнённой поверхностью за счёт образования износостойкого слоя.

10. Разработана конструкция огнеупорной перегородки между камерами плавления и перегрева, которая позволила снизить диффундирование газов в расплав в камере перегрева на 8-10 %.

11. Разработана технология создания электрической дуги для высокотемпературной обработки алюминиевых сплавов, которая позволила обеспечить обработку 90-92 % массы расплава.

12. Разработана технология плавки алюминиевых сплавов в газовой электро-дуговой печи с помощью графитовых электродов. Эти исследования будут полезны в повышении износостойкости получаемых деталей в 1,3-1,5 раза.

**RESEARCH COUNCIL TO AWARD THE DEGREE OF DOCTOR OF
SCIENCES 14.07.2016 FM/T.02.02 UNDER TASHKENT STATE
TECHNICAL UNIVERSITY AND THE NATIONAL UNIVERSITY OF
UZBEKISTAN**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

TURAKHUJAEV NODIR JAKHONGIROVICH

**SCIENTIFIC AND TECHNICAL SOLUTIONS FOR GETTING HIGH
QUALITATIVE STRUCTURE DURING MELTING OPERATION OF
ALUMINIUM ALLOY MATERIALS**

**05.02.01. – Material Science in mechanical engineering. Foundry. Metal forming and heat
treatment. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare earth metals
(Technical science).**

ABSTRACT OF DOCTORAL DISSERTATION

Tashkent–2016

The subject of the doctoral dissertation is registered at Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number 30.09.2014/B2014.5.T313

The doctoral thesis has been carried out at the Tashkent State Technical University named after Abu Rayhan Beruni.

The Abstract of the thesis in three languages (Uzbek, Russian, English) is placed on the web page at the following e-mail address: tadqiqotchi@tdtu.uz) and information-educational portal «ZIYONET» www.ziyonet.uz

Scientific consultant: **Grachev Vladimir Aleksandrovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

Official opponents: **Abdullaev Fatkhulla Sagdullaevich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Risqulov Alimjon Axmadjonovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Mixridinov Risqidin Mixridinovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading Organization: **Navoi Stat Mining Institute**

Dissertation defense will be held on «_____» _____ 2016 year _____ hours at a meeting of the Scientific Council of 14.07.2016 FM/T.02.02 at the Tashkent State Technical University and the National University of Uzbekistan to the address: 100095, Tashkent, st. 2. University Tel / Fax: (99871) 227-10-32, e-mail: www.tdtu.uz/tadqiqotchi/dis_matn.htm..

Doctoral thesis registered at the Information Resource Center of the Tashkent State Technical University named after Abu Rayhan Beruni for the number 02, which can be found in the IRC (100095, Tashkent, st University 2. Tel. / Fax: (99871) 227-10- 32).

Abstract of disertation sent out on «_____» _____ 2016 y.
(Mailing report № _____ on _____ 2016 y.).

K.A.Karimov
Chairman of the Scientific Council for the
award of the degree of Doctor of Science,
Professor

I.K. Xudjaev
Scientific Secretary of the Scientific Council
for the award of the degree of Doctor of
Science, Professor

R.M. Mihridinov
Chairman of the scientific seminar at the
scientific council for awarding the degree of
Doctor of Science, Professor

GENERAL DESCRIPTION OF DISSERTATION

Actuality and relevance of the theme topic. More than fifty countries in the world conducted research by raising the qualitative of aluminum alloys. Aluminum is world spread in the Earth and the stock it borrows third place after oxygen and silicon, and 350 times more than stocks of copper, lead, chrome, tin and zinc of together taken. At the time deepening of the process of globalization, intensification of the process of global warming has become an urgent application of aluminum alloys instead of ineffective alloys of ferrous metals in the country as America, Japan, England, Germany, Ukraine, Russian and in Uzbekistan.

In the years of independence in our country has received considerable attention for getting qualitative production of aluminum alloys, which can complete on the world market. In this direction was reached the results by the getting qualitative of aluminum alloys, used for the manufacture of details and chain the auto buildings and machine buildings and localization this productions.

Nowadays with the getting qualitative production of aluminum alloys and increase the economical efficient is more actuality. In this directions underway research and spending research in follows direction is the main task: increase using of aluminum alloys in the industry considering its mechanical, physical and operating properties; workout the technology melting prevents the harmful effects of adverse factors; workout the technology which provides resource-energy saving. Above follows was shown the actuality of research. Workout scientific and technical solutions for getting qualitative structure during melting of aluminum alloys is to a certain extent of research this dissertations.

According Presidential decree of Republic Uzbekistan № ПФ-1590 from 29 of July 2011 year «measures to deepen lionization of production of finished products, components and materials in the period 2011-2013, on the basis of industrial cooperation» issued a decree of the Cabinet of Ministers № 22 from 31 January 2012 year «Localization brackets for generators and motors from aluminum alloys», as well as decree Cabinet of Ministers of Republic Uzbekistan №1 from 28 of April 2011 year «Additional measures to improve the implementation and certification of the quality management process» provided «control product quality and certification of aluminum alloys» solutions which to some extent is this thesis work.

Relevant research priority areas develop of science and technology of Republic Uzbekistan. Dissertation is done relativity with priority areas develop of science and technology of Republic Uzbekistan 2. «energetic, power and resource» and 7. «Nanotechnology and chemical technology»

A review of international research on the subject of the dissertation.¹ Received over quality structure of aluminum alloys done research working as

¹ Review of foreign scientific research on the topic of the thesis is based on: www.chem-astu.ru/chair/study/genchem/r8_3.htm (2014-2015); www.Aluminium.ru/articles/corrosion/ htm (2010-2015); www.aluminiumal.com/ru/materials/coatings/mccoatings/ 2015; International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and technology (2000-2016); Научный журнал//Литейное производство (2000-2015); Structure and fatigue crack resistance of multilayer materials produced by explosive welding// Advanced Materials Research (2010-2015)

science centre and higher education institutions as national institute of standards and technology-NIST (USA), LTD and university Succubae (Japan), Visby technical university (Germany), Austrian research institute(Australia), assasination Europe alloys (Begley), Kiev polytechnic university (Ukraine), Penza polytechnic university and All-Russian institute of light alloys (Russian), Tashkent State Technical university (Uzbekistan) and others.

As a result done research working to obtain quality structure aluminum alloys were reach following results: for decrease content hydrogen in the aluminum alloys were workout technology outside the furnace processing and composition of the modifier (National institute of standards and technology, centre of technology USA); were workout technology high temperatures processing for decrease content hydrogen in the structure aluminum alloys (LTD and university of Succubae (Japan)); were workout technology restoration till 30% aluminum from its oxides(Visby technical university, Germany, Austrian research institute, Australia); were workout lower content hydrogen in the aluminum alloys in melting and construction gas-reflection silo furnace (France); were workout technology decrease content oxide inclusions in the structure aluminum alloys and technology restoration aluminum from its oxides (London technical university, England; association of Europe alloys, Belaya); were workout construction gas furnaces and technology for preventing the introduction of harmful gaseous inclusions ii aluminum alloys(Penza polytechnic university and All-Russian institute of light alloys, Russian).

To obtain high-quality structure aluminum alloys in leading scientific areas world conducted a series of research works, in particular: workout technology outside the furnace melt processing for decrease gas and oxide inclusions, adversely acting for mechanical properties aluminum alloys; workout new construction smelters facilitate the removal of moisture charge preventing diffusion hydrogen in the structure of aluminum; workout composition of protective flux preventing diffusion hydrogen in the aluminum alloys the smelting; workout technology high-temperature processing oxide of aluminum for its reestablish.

The degree of knowledge of the problem. Outstanding scientists workout different technology melting of aluminum alloys. For getting qualitative structure was developed construction melting units.

As a result own researches Dj.Boin, M.Bertam, X.Puga and Dj.Barbosa were developed the technology restoration aluminum from its oxide for getting qualitative structure.

Scientists of the CIS country were developed technologies for getting qualitative structure of aluminum alloys (V.A.Grachev, D.Andreev, A.Danilkin, V.Gogin, A.A.Grigoreva, L.F.Vyutgin, V.A.Gutov, O.S.Yeremin, A.N.Zadiranov). They have perfected the construction of gas melting units and were increased efficiency gas furnace 30-70%.

Was developed the technology high temperature processing of aluminum alloys with laser and decreasing quantity content of hydrogen into the melt (S.Sasaba, A.Matsunava, S.Katayama). Was developed content of flux preventing diffusion of hydrogen in the melt (V.N.Simonov, L.F.Vyutkin, V.A.Gutov, O.S.Yeremin, A.N.Zadiranov) Researches of Uzbekistan developed two part

construction gas-furnace and mechanism introduction gland and lead in the aluminum alloys the smelting (A.O.Shazimov, F.S.Abdullayev, Y.N.Mansurov).

Ever, nowadays did not developed technology of melting provides high-quality. Research conducted in basically with temperature in the solidus line. Series researches conducted with physic-chemical process between oxide inclusions and atmosphere furnace, was research process diffusion of hydrogen and oxide inclusion at the expense of compromising the integrity of oxide film liquid bath. Did not consider change characteristic exposure carbon with different temperature. Did not spend research to learn diffusion of hydrogen and oxide of aluminum in the environment of carbon, and did not consider restoration properties of carbon with high temperature. Workout of technology in the high-temperature working melt, preventing natural saturated of melt with gas and oxide inclusions for obtain high-quality structure is actually and scientific and practical task.

Connect research with researching program. Research was done with accordance plan researching work Tashkent State Technical university DIDT 12-A-12-109 «Developing gas furnace for aluminum alloys» (2008-2010 y.), «Introduction to the industry technology heat processing and obtaining durable coating to extend the life of the working agricultural machines» (2013-2014y.), «Workout technology of melting aluminum and copper alloys in the electro slag furnace» (2010-2012y.), «Workout gas-furnace for smelting aluminum» (2013-2014y.), and «Workout technology obtaining high-quality shaped castings for glassware forming machine» (2014-2015y.).

The purpose of research is develop scientific-technical solution to obtain high-quality structure in smelting aluminum alloys.

Tasks of the research:

Define the mode of melting for getting the qualitative structure of melt;
Developing composition of flux for getting the qualitative structure of melt;
Developing the smelting technology for getting the qualitative structure of melt;

Developing construction of furnace for melting of stock with purpose for getting the qualitative structure of melt.

Object of research is gas and electro slag furnaces for melting aluminum alloys, aluminum alloys with stamps AK7p and AK6, hydrogen and oxide of aluminum in the melting.

Subject of research construction of gas and electroslag furnace for melting aluminum.

Method of research. During learning structure of alloys used electronic and optical microstructure, X-ray structure and spectral analysis during define geometric parameters of the developed furnaces used method mathematic modeling.

Scientific novelty of research is as follows:

Developed the technology heating the loaded stock at temperature 200-500°C, which provides to decrease the content of hydrogen into the melt to 8-10%, and oxide inclusions to 14-16%;

Developed the content of carbon flux which provides to decrease the content of hydrogen into the melt to 15-18%, and oxide inclusions to 20-22%;

Developed the technology processing of aluminum alloys at temperature 2000-2100 °C where free carbon provides to decrease content of hydrogen into the melt to 40-43%, and oxide inclusions to 55-58%;

Developed the technology smelting of aluminum stocks and the processing with high temperature of the melt and construction of furnace which provides getting qualitative structure of melt.

Practical results of the research is as follows; developed technology and construction furnaces for smelting aluminum alloys providing to apply quality structure of alloys with minimum quantity of hydrogen and oxide of aluminum; Developed the technology obtain wear resistance surface at the expanse of forming quality structure.

Obtaining reliable of the results is based to static data processing of experimental research, compared to their existing analogues, introduction applied results in the industry with real economical effect and acknowledgment results of research competent structural units of production.

Theoretical and practical significance of the results of research.

Theoretically justified use in improving results of research by developed technology and construction of furnace for obtain quality structure of aluminum alloys with minimum content of hydrogen and oxide inclusions.

Practical significance of results of research for obtain economical efficiency from introduction developed technology for apply quality structure with high mechanical properties and the service life of the resulting product.

Implementation of the research results. On the basis of results of research by developing the technology to apply quality structure in smelting of aluminum alloys:

developed new Technology for melting alloys and introduction to the company AO «TMZ» (the certificate on 20 May 2014 y. of company AO «TMZ»). As a result of using research in the industry content of hydrogen in the melt in structure of alloys fell by 8-10%, content oxide inclusion in the structure of melt fell by 14-16%;

developing new composite of flux to the company AO «Uzbek Metall company» (the certificate on 18 December 2015 y. of company AO «Uzbek Metall company»). As a result using content of hydrogen in the structure of aluminum alloys fell by 15-18%, and content of oxide of aluminum fell by 20-22%;

developing new technology of melting to the company AO «Uzbek combine solid and heat-resistance materials» (the certificate on 18 April 2016 y. of company AO «Uzbek combine solid and heat-resistance materials» № YP/893). As a result using content during processing with carbon at temperature 2000-2100 °C 40-43 % hydrogen and 55-58% aluminum oxide output from structure of melt.

developing new technology to the company AO «Uzbek Metall company» (the certificate on 18 December 2015 y. of company AO «Uzbek Metall company»). As a result using of the new technology economical effect from using results of research directed to apply quality structure was 30,0 mln. Sum per year.

Approbation of research. The main provisions of the thesis were reported at 18 international conference and symposium, and on Republican scientific-practical conference and in scientific seminars:

«energetika, energiya tejamkorlik, mehanika va mashinasozlik» (Tashkent, Uzbekistan, 2005), «Mashinasozlik tarmoqlarida ta'lim, fan va ishlab chiqarish integratsiyasi» (Tashkent, Uzbekistan, 2007), «Актуальные проблемы обеспечения интеграции науки, образования и производства» (Tashkent, Uzbekistan, 2008), «Iqtidorli talabalarning fan haftaligi» (Tashkent, Uzbekistan, 2010), "Qayta tiklanuvchi energiya manbaalaridan foydalanish, energiya samaradorligi va energiya tejamkorligi-davlat energetik havfsizligining asosi" (Tashkent, Uzbekistan, 2013), "Resurs va energotejamkor, ekologik zararsiz kompozitsion materiallar" (Tashkent, Uzbekistan, 2013), «Современные наукоёмкие технологии: приоритеты развития и подготовка кадров» (Naberejni Chelny, Russian, 2014), "Innovatsiya–2014" (Tashkent, Uzbekistan, 2014), «Современные материалы, техника и технология в машиностроении» (Andijan, Uzbekistan, 2014), «Kon-metallurgiya tarmog'ining muammolari va innovatsion rivojlantirish yo'llari» (Tashkent, Uzbekistan, 2014), «1 Международная заочная научно-техническая конференция» (Chelyabinsk, Russia, 2014), «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации» (Kursk, Russia, 2015), «Kompozitsion materiallar va ulardan mahsulotlar olishning progressiv texnologiyalari» (Tashkent, Uzbekistan, 2015), «Полимерные композиты и трибология (Polykomtrib 2015)» (Gomel, Belorussia, 2015), «Solidification and Cristallization of Metals 2015» (Visko, Poland, 2015), «International Scientific and Practical Conference «WORLD SCIENCE»» (Dubai, UAE, 2016).

The full text of the doctoral thesis presented in the following seminars: scientific- technical council of mechanical engineering faculty of Tashkent State Technical University (Tashkent, 2014); Joint seminar Tokyo Technical institute (Tokyo, Japan, 8 of September 2015y.); Advanced joint seminar AO «Uzbek metallurgical Plant» and AO «Tashkent Mechanical Plant» (Bekobod, 25 of December 2015y.); Advanced joint seminar of the department «mashinasozlik materiallariga ishlov berish» of Tashkent State Technical University (Tashkent, 29 of December 2015y.); scientific seminar at scientific council 16.07.2013 T/FM 02.02 at Tashkent State Technical University and National University of Uzbekistan 05.02.01-«Materials science and foundry. Heat treatment and metal forming . Metallurgical of black , color and rare metals» (Tashkent, 2016y.).

Publication of the results. According to the thesis topic published a total of 52 scientific papers. Of these, 12 in the journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for the publication of basic scientific results of doctoral theses, including 10 in the Republican and 2 in the international journals.

Structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusions and references. The total volume of the dissertation is 196 pages.

MAIN CONTENT OF DISSERTATION

In the introduction it is proved the urgency and demand of the dissertation theme, there are formed the purpose and tasks, and also object and subject of the research, it is held conformity of the research to priority directions of development of science and technology of the Republic of Uzbekistan, it is stated scientific novelty and practical results of the research, it is revealed the theoretical and practical importance of the received results, it is given the list of inculcation in practice of research's results, it is shown data on the published works and the structure of dissertation.

In the first chapter of the dissertation which named **«analyze of the modern status getting aluminum alloys with quality structure»** are applying of aluminum alloys in the industry and modern status improvements of construction furnace for smelting aluminum alloys, it is characteristics to obtain the quality structure, method of processing of liquid melt for obtaining quality structure, the development trend of the furnace and out furnace processing aluminum alloys.

Written , for obtaining the quality structure of aluminum alloys conducted lot of research. At the beginning of the 21st century the cost of aluminum alloys was slightly lower than costs of gold and expensive than silver. The main cause this is in the difficulty and dearness to obtain this metal , and also high physical and chemical and mechanical properties of aluminum. Aluminum are manufactured jewels and ornaments, used as cash. With working new and easy technology obtaining of aluminum its cost has fallen, and apply in the industry has increased. Now aluminum are obtain I the industry of electro technical, auto industry, shipbuilding and aircraft industry. Improvement construction of melting units for obtain the quality structure at of smelting aluminum alloys conducted of research A.Kalemann, V.A.Grachev, D.Andreyev, V.Gogin. When they improvement construction of melting units developed several constructions for heating the furnace shaft loaded charge. As a result with decrease content hydrogen in the composition of the alloys, developed construction of aluminum smelting furnace with increase efficiency from 30 to 60%. Led by Professor V.A.Grachev scientists developed of technology furnace and out furnace processing of aluminum alloys with decrease of quality gas and oxide inclusions to 15-18%, and efficiency reached 65-70% through to the evenly distribution of heat in the furnace off-gas mine. Dj.Boin, M.Bertram, X.Puga and Dj.Barbosa developed the technology of restoration aluminum from its oxide. According on developed technology processing with chlorinated flux aluminum alloys at temperature 720-730⁰C provides to decrease content of hydrogen to 35-40% and oxygen to 30%. S.Sasaba, A.Matsunava and S.Katayama developed technology content of hydrogen with method working with laser of aluminum alloys. A.A.Grigoreva and V.A.Morgunov developed technology protection of aluminum melt from diffusion violates the integrity of the structure of hydrogen and influence of the atmosphere during pouring into the mold. Learned influence of flux at the temperature of boiling researched by scientists V.N.Simonov, L.F.Vyugin, V.A.Gutov, O.S.Eremin and A.N.Zadiranov which

developed the content of flux as means of influence from atmosphere of furnace.

Few researches by define influence to mechanical properties of aluminum alloys nonmetals inclusion conducted by scientists of Uzbekistan. In particular, by A.O.Shazimov developed construction of two-part of furnace for melting aluminum alloys, which allows decrease of quality of hydrogen in the liquid smelting. Transient channels formed in the bottom of the refractory walls ensure the integrity of the oxide film in the camera overheating. Process of the diffusion of the glad and lead in the processing melting of aluminum developed by Y.N.Mansurov. By Professor Y.N.Mansurov was developed technology gives what saturation of aluminum alloys with mechanical inclusions. By Professor S.A.Rasulov was developed mechanism of reacts carbon are in the combustion product of coke and natural gas in the structure and mechanical properties of metal. By Professor F.S.Abdullaev was developed influence of dislocation oxide inclusions to mechanical properties and was developed technology the processing with pressure thin-walled aluminum alloys for getting qualitative structure. By technology of melting aluminum alloy in the electro slag furnace with graphite electrodes researches by E.X.Tulaganov. As a result gave researches was developed construction electro slag furnace for smelting back and color alloys, and technology restoration of metals from its oxide with purpose resource saving of metal. As gives in the literature, qualitative structure of aluminum alloys can to getting with melting. This in turn will increase the long time use of aluminum alloys in industry, replace the products from black of metal to light metal, corrosion resistance of aluminum alloys. Eventually this replace can gives the weight to 3 times, increase service life, the temperature effluent on the environment is decrease to 1,5-2 times. It gives grounds for spend research for getting qualitative structure during melting of aluminum alloys.

In the second chapter of the dissertation «**Developing object and the method research qualitative of aluminum alloys**» gives the rationale with choose the object and method of getting experimental of researches.

As a object of research chose the gas of aluminum smelter, arc electro furnace, content of hydrogen and aluminum oxide in the aluminum alloys with grade AK7p and AK6.

As a method the define the content of hydrogen in the aluminum alloys chose the method of extraction vacuum. In that air evacuation to create of vacuum 10^{-2} mm Hg.st. performed backing pump, and extraction to a residual vacuum in the system 10^{-6} - 10^{-7} mm.Hg.st. is carried out diffusion. The change of pressure in the system was defined through manometer Mack-Leod. For analyses the samples were heated to a temperature below the line solidus to 30-40°C . Gases are emitted from the sample is pumped into the analytical part of the installation by means of the diffusion pump. Control of the vacuum carried out vacuum WT-3. Content of hydrogen in the sample is determined by the formula, considering their pressure during the experiment, the volume of the analytical part of the setting, the atmosphere pressure, the temperature of the

environment and the change of the pressure of manometer Mack-Leod. The gas porosity of the alloy was determined on a scale porosity. This was done by comparing of quantity pore in the three different squares measuring 1 mm^2 with scale of porosity and with table. Content of aluminum oxide quantity was determined by the photometric method and the concentration peaks. In the first method the purified sample with weight 1,0 grams placed in the flaks of 50 cm^3 with reacts solution. In that reacts operations: 65 cm^3 acetate, 2,0 grams of potassium bromide and 7 cm^3 of bromine. The solutions are prepared at the room temperature. After dissolution of the sample in the flaks to adds the reacts solutions with quantity 5 cm^3 , and dissolved in 10-15 minutes at the temperature of $45\text{--}50\text{ }^\circ\text{C}$. The optical density of the filtered solution was determined by flame photometer PFM. Weight of aluminum concluded from attitude to the weight its sample. For getting the sample was used the aluminum alloys, smelting in the furnace of gas mine and graphite electro arc furnace. For control of the temperature the mine, liquid melt in the furnace and the temperature of working with arc of electric arc furnace was used thermoelectric pyrometer – TXA. Chose the sample of aluminum oxide at temperature the mine of $20\text{ }^\circ\text{C}$, $100\text{ }^\circ\text{C}$, $200\text{ }^\circ\text{C}$, $400\text{ }^\circ\text{C}$ и $500\text{ }^\circ\text{C}$, the processing with graphite electrode in the camera melting and heating, using the defend flux and without its. For every method was chose by 5 sample. During the choose a sample for additional oxidation was used ladles.

The microstructure of the sample was learnt by metal graphite microscope MIM-8 and by electro microscope REM-200. The micro section was prepared by a conventional method. For determination the content the impurities in the aluminum alloys was used the method of mass spectrometer and analyze of spectrometry.

For determination the qualitative of the aluminum alloys was used the function Xarington. In that the index of every function was spent as function part of the desirability, and overall desirability was calculated as a medium geometric the value of common functions of desirability. As a desirability was used content of hydrogen and oxide inclusions in the aluminum alloy, tensile strength, hardness, toughness and elongation.

In the third chapter of the dissertation «**Developing the technology smelting of aluminum alloys and optimization construction of smelting unit for getting qualitative structure**» is using research by learn of mechanism of diffusion of gas and oxide inclusions in the structure of aluminum alloys.

In the first stage the experiments were used reaching by optimal construction of gas silo-reflective furnace. In particular, in research A.D.Andreeva, V.B.Gogina, Kolemenn, V.A.Grachev was used the technology using the heat outside the gas for heating charge in the shaft of the furnace. In the furnace of developed V.A.Grachev, V.A. Morgunov and AO.Shazimov with using a counter in the shaft furnace for heating charge used two-part construction of the furnace with refractory divider. Liquid melt entered to camera smelting through connected canal formed in the bottom of the baffle. As a result aluminum melt in the camera of overheat remains under the

protective layer of oxide film which prevents diffusion of hydrogen and oxide inclusion in the liquid melt. For periodic melting mode the temperature of heating the charge the control can not be. So, for control the temperature of heating the charge and determination the influence the temperature of heating the charge to the content of hydrogen and oxide inclusions in the during the experiments this research, in the part of charge (1) gas silo-reflective furnace installed the area (9) for heating the shaft (13). The area download into the furnace shaft (7) was heated to a predetermined temperature with loading mechanism (8) and joints (10). Into the camera overheating (4) the liquid metal is passed through a transition channel (15), formed in the lower part of the refractory walls (5), which prevent the destruction of the integrity of the oxide film formed on the surface of the liquid of melt and diffusion gas inclusions which created as a result of gas heating in the burner (2). For the choose the sample from aluminum melt the working camera (1) was divided also one fireproof partition (3) and transition channel (14). In a first stage of experiment the stock loaded to the shaft the furnace heated to a temperature 20, 100, 200, 400 и 500 °C. For getting the objective result the experiment spent 5 fold with try he chose for every experiment by 5-7 samples was used. The schema of furnace for the first stage is shown in Figure 1.

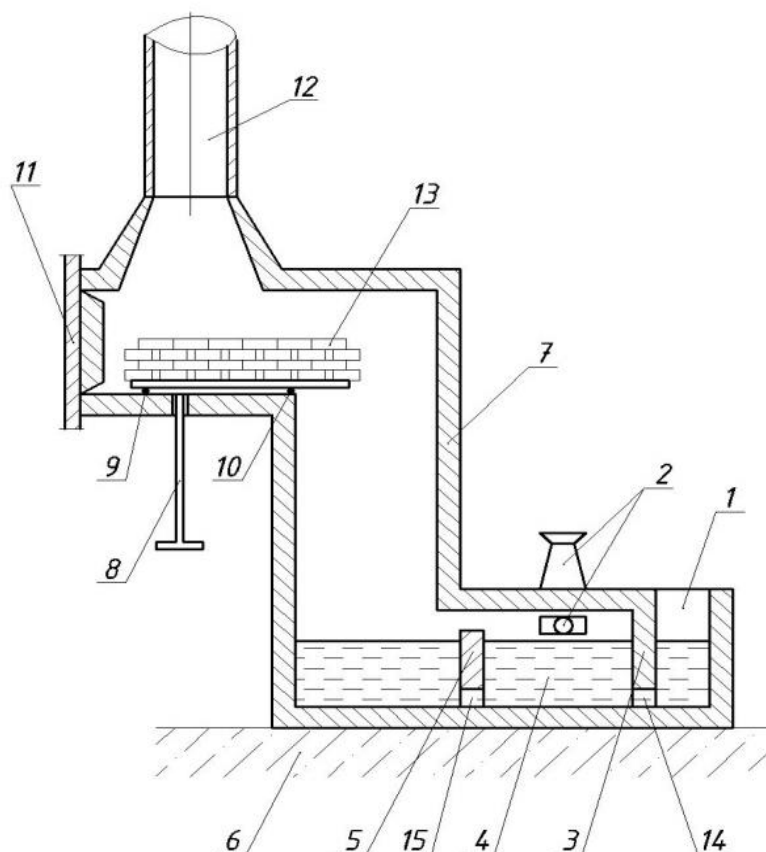


Figure 1. Experimental gas-reflection silo furnace.

1-The camera for choosing the samples; 2-The gas burners; 3,5-The fireproof partitions; 4-The overheating camera; 6-The hearth; 7-The shaft of the furnace; 8- The charger; 9- The area heating of furnace; 10-The hinge mechanism; 11-The loading gate of stock; 12-The exhaust pipe into the atmosphere; 13-The stock of loading; 14-15-The transition channels.

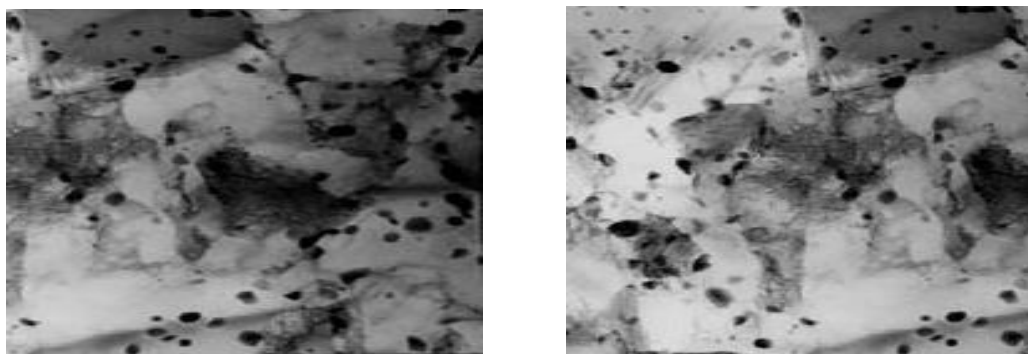


Figure 2. Alloy structure after heat of mix material with 200 °C to 400 °C:

- an alloy structure after heat of mix material 200 °C;
- an alloy structure after heat of mix material 400 °C.

For determination the influence destruction of the integrity of the oxide film formed on the surface of the smelting, and content the protective flux to diffusion nonmetal inclusions in the melt, were used 4 composition of flux with different content of carbon. In the first case the heating of stock to a temperature 400 °C was shown not much changes of structure. And in the temperature 400 °C- 500 °C content of hydrogen and oxide of aluminum into the melt decreased. It can be explained with remove adsorbed moisture in surface of stock.

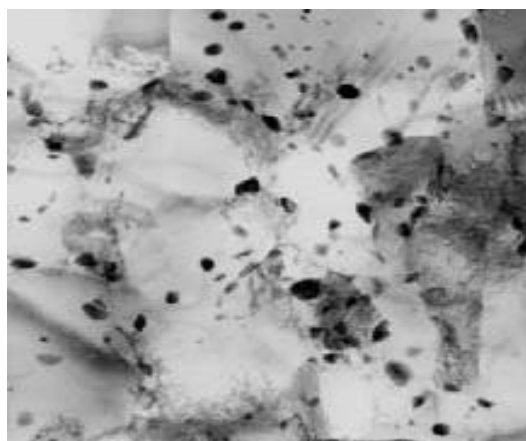


Figure 3. Alloy structure after heat of mix material with 500 °C

Content of hydrogen and oxide of aluminum into the melt after the heating to above temperatures are shown in Table 1.

Table 1.

№	The temperature of the stock loading in the bath, °C	Content of hydrogen in the melt, $\text{cm}^3/100 \text{ gr.}$	Content of aluminum oxide in the melt, %
1	20	0,60-0,62	10-12
2	100	0,55-0,60	8-10
3	200	0,52-0,55	7-8
4	400	0,40-0,42	5-6
5	500	0,33-0,35	4-5

Table 2

№	flux on %						
	C	Cao	NaCl	CaF ₂	SiO ₂	Fe ₂ O ₃ + FeO	And
1	10,0	43,0	10,0	36,0	5,0	4,0	4,0
2	15,0	40,0	10,0	20,0	5,0	7,0	3,0
3	20,0	35,0	15,0	15,0	10,0	4,0	1,0
4	30,0	30,0	10,0	20,0	4,0	5,0	1,0
5	35,0	20,0	15,0	15,0	5,0	8,0	2,0
6	35,0	40,0	5,0	5,0	5,0	6,0	4,0
7	40,0	25,0	10,0	15,0	5,0	5,0	5,0
8	40,0	20,0	10,0	20,0	5,0	6,0	4,0
9	45,0	15,0	20,0	5,0	2,0	2,0	1,0
10	45,0	45,0	4,0	3,0	1,0	1,0	1,0
11	50,0	30,0	10,0	6,0	3,0	1,0	1,0
12	50,0	10,0	10,0	15,0	15,0	7,0	3,0

The first stage the experiment was spent with graphite electrodes electro arc furnace at high temperature (above 1828 °C), which the activity of carbon increase. In that was used graphite electrode with diameter 76 mm and welding transformer TS-500. Considering viscosity properties of aluminum upper and lower electrode installed on the sides of the installation.

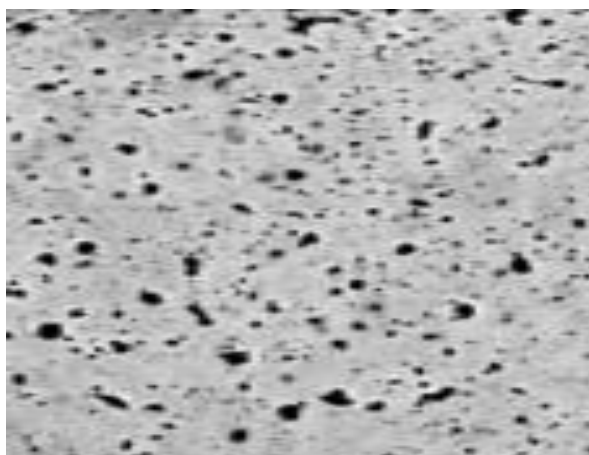


Figure 4 Structure of an aluminium alloy after fusion at room temperature

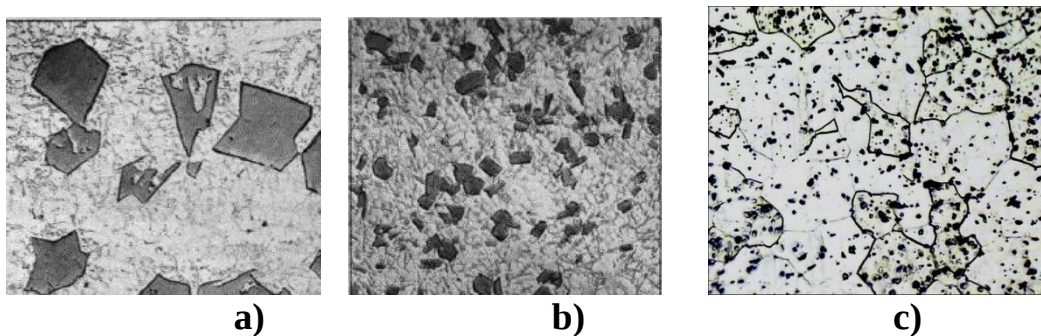


Figure 5. The structure of aluminum alloys:

a-The structure of alloy before processing; b-The structure of alloy after processing at 660 °C with carbon flux; c-The structure of alloy after processing at 2000°C with carbon flux.

In the second stage of research the heated by the working chamber electrode furnace loaded the flux and melted. After the reaching of temperature the liquid flux temperature 800 – 850 °C loaded the stock. The resulting alloy composition is shown in Table 3.

Table 3

№	The number of the flux	Content of hydrogen in the melt,, $\text{cm}^3/100 \text{ rp}$	Content of aluminum oxide in the melt, %
1	1	0,34-0,36	4-5
2	2	0,30-0,32	2-3
3	3	0,28-0,30	2-3
4	4	0,34-0,36	4-5
5	5	0,32-0,34	3-4
6	6	0,28-0,30	2-3
7	7	0,42-0,44	6-7
8	8	0,40-0,42	5-6
9	9	0,36-0,38	3-4
10	10	0,37-0,39	3-4
11	11	0,34-0,36	3-4
12	12	0,32-0,34	2-3

According to the result, we can conclude that the processing of aluminum melt with carbon at high temperature (2000-2100 °C) helps to deliverance from the melt negativity influence to the structure of hydrogen till 40-43 %, and oxide of aluminum till 55-58%. In that present in the content of flux the chlorine and the carbon are increase the efficient of processing to the 35-40 %. The main part of

restoration (60-65%) is carbon at high temperature during electro arc processing with graphite electrode.

According this workout scientific and technical solutions for getting high qualitative structure during melting, which prevents the natural diffusion of hydrogen and oxygen forming the gas pore and oxide inclusions in the structure of melt.

In the fourth chapter of the dissertation «**Workout the mathematic model of furnace which provides the getting high qualitative structure and determination technical and economical index**» workout the technology which provides the high structure during melting of aluminum alloys, improved construction of melting furnace for implementation worked technology, shown the mathematic model of constructions the new furnace depending on the performance parameters and target.

According to the result of research for getting high qualitative structure during melting of aluminum alloys must to make the electro arc processing alloys melt in the bath of gas furnace at temperature 1900-2100 °C in the carbon environment. The electric arc produced using the graphite electrode has a local character, it efficient only in the area between the electrode. In the other area of melt formed natural of structure. For provide the processing all weight of metal must save the temperature of melt due to additional expenses of heat energy. So the most efficient to use the construction gas-reflective silo furnace using electro arc processing melt with new construction smelter. For smelting of stock and save the melt in set temperature using heat combustion products of natural gas, and for getting high structure to using the technology of processing with graphite electrode the electro arc processing.

In a production conditions used the furnace with different production capacity, and the efficient its exploitation is different. Because the efficient of furnace, the area of surface furnace and the expenses heat transfer depends to performance of furnace. And cross-sectional area and depth of the liquid bath affects bath to the quality introduction to the structure of hydrogen and oxygen. So created the mathematic model processed of furnace for determination its constructively parametric in conjunction with indicators of quality and the performance. In that used the heat balance of furnace, the act of balance quality heat insertion with quality the using heat.

$$Q_{in} = Q_{us} \quad (1)$$

In turn, the heat introduced into the furnace consists of a combustion the natural gas above liquid metal and the heat introducing as a result forming the electric arc in liquid melt.

$$Q_{in} = Q_{gas} + Q_{arc} \quad (2)$$

The quality heat of combustion the natural gas:

$$Q_{gas} = Q_{gas\ heat} + Q_{phys\ air} + Q_{gas\ phys} + Q_{met\ phys} \quad (3)$$

In turn, the heat of combustion the natural gas is proportionally to expenses the gas and the heat of combustion of gas [18]

$$Q_{gas\ heat} = Q_{gas} \times B_0 \quad (4)$$

The physical heating introducing with air:

$$Q_{\text{phys air}} = B_0 \times \alpha_{\text{gas}} \times I_{\text{air}} \quad (5)$$

The enthalpy of air depends to a temperature the air:

$$I_{\text{air}} = 1,3 \times T_{\text{air}} \quad (6)$$

Considering the above figures the formula (5) is:

$$Q_{\text{phys air}} = B_0 \times \alpha_{\text{gas}} \times 1,3 \times T_{\text{air}} \quad (7)$$

The physically values at combustion of gas:

$$Q_{\text{gas phys}} = B_0 \times C_{\text{gas}} \times T_{\text{gas}} \quad (8)$$

The medium values heat capacity of gas:

$$C_{\text{gas}} = 1,54 + 1,1 \times T_{\text{gas}} \quad (9)$$

The heat introducing with metal in the furnace:

$$Q_{\text{met phys}} = G \times I_{\text{met}} \quad (10)$$

In turn, enthalpy determined by the formula [19]:

$$I_{\text{met}} = 280,7 + 1,028 \times T_{\text{met}} \quad (11)$$

The total quality of heat introducing in furnace determined by the formula:

$$Q_{\text{int}} = Q_{\text{gas}} \times B_0 + B_0 \times \alpha_{\text{gas}} \times 1,3 \times T_{\text{air}} + B_0 \times C_{\text{gas}} \times T_{\text{gas}} + Q_{\text{arc}} + G \times (280,7 + 1,028 \times T_{\text{met}}) \quad (12)$$

The heat introducing in furnace spent on the following components:

13. The heat introducing the product combustion [20]

$$Q_1 = B_0 \times V_{\text{int gas}} \times C_{\text{int gas}} \times T_{\text{int gas}} \quad (13)$$

$$V_{\text{int gas}} = 10,5 + 0,0038 \times T_{\text{int gas}} \quad (14)$$

$$C_{\text{int gas}} = 1,369 + 0,24 \times T_{\text{int gas}} \quad (15)$$

For determination the length of furnace accepted what the heat uniformly distributed over the entire length. If take account what the temperature front wall 1100 °C, and back wall 950 °C, the dependence from temperature exhaust gases from length of furnace:

$$T_{\text{int gas}} = T_{\text{gas}} - 150 \times B \quad (16)$$

Dependence between length of furnace its performed and depths bath:

$$B = G \times 3600 / A \times H \times \rho \quad (17)$$

14. Heat loss due to heat conduction walls free from liquid melt is determined by the formula:

$$Q_2 = (T_{\text{gas}} - T_{\text{envir}}) / (1/\alpha_1 \times F_1 + S_1/\lambda_1 \times F_1 + S_2/\lambda_2 \times F_2 + S_3/\lambda_3 \times F_3 + 1/\alpha_2 \times F_4) \quad (18)$$

15. Heat loss due to chemical and mechanical incomplete combustion of gas [20]:

$$Q_3 = B_0 \times (V_{\text{int gas}} \times 3,45 + 0,05 \times Q_{\text{gas n}}) \quad (19)$$

16. Heat loss by radiation from the open working windows and doors:

$$Q_4 = C_{\text{gsh m}} \times (T_{\text{ur}}/100)^4 \times F_{\text{g}} \times \varphi_{\text{d}} \times (1 - \Psi) \quad (20)$$

17. Heat loss leaving the combustion products through the working window:

$$Q_5 = V_{\text{work wind}} \times I_{\text{com prod}} \times (1 - \Psi) \quad (21)$$

18. Heat loss due to issuer metal:

$$Q_6 = C_{\text{gsh m}} \times [(T_{\text{ur}}/100)^4 - (T_{\text{m}}/100)^4] \times F_{\text{m}} + \alpha_{\text{k}} \times (T_{\text{ur}} - T_{\text{m}}) \times F_{\text{m}} \quad (22)$$

In this the total mathematic model of working the furnace:

$$Q_{\text{gas}} \times B_0 + B_0 \times \alpha_{\text{gas}} \times 1,3 \times T_{\text{air}} + B_0 \times C_{\text{gas}} \times T_{\text{gas}} + Q_{\text{arc}} + G \times (280,7 + 1,028 \times T_{\text{m}}) = B_0 \times (10,5 + 0,0038 \times T_{\text{int gas}}) \times (1,369 + 0,24 \times T_{\text{int gas}}) \times T_{\text{int gas}} + (T_{\text{gas}} - T_{\text{envir}}) / (1/\alpha_1 \times F_1 + S_1/\lambda_1 \times F_1 + S_2/\lambda_2 \times F_2 + S_3/\lambda_3 \times F_3 + 1/\alpha_2 \times F_4)$$

$$F_3 + 1/\alpha_2 \times F_4) + B_0 \times (V_{\text{int gas}} \times 3,45 + 0,05 \times Q_{\text{gas n}}) + C_{\text{gsh}} \times (T_{\text{ur}}/100)^4 \times F_3 \times \varphi_d \times (1 - \Psi) + V_{\text{work wind}} \times I_{\text{com prod}} \times (1 - \Psi) + C_{\text{gsh}} \times [(T_{\text{med}}/100)^4 - (T_{\text{m}}/100)^4] \times F_m + \alpha_k \times (T_{\text{med}} - T_{\text{m}}) \times F_m \quad (23)$$

According with this mathematic model determined the basic of construction parameters of furnace performance is 50 kg/sec-2500kg/sec. During the manufacture construction of furnace was used the construction of gas silo-reflective furnace. For processing the metal into the chamber smelting electric arc with graphite electrode, on the sides of the furnace positioned graphite electrode an angle 45° . The electrode connected through copper bar to the transformer TS-500. Using gas burners furnace heated during 30-35 minute, and the stock heated due to heat of leaving gas in the area preliminary heat. After the heat the stock at temperature $450-500^\circ\text{C}$ it was loaded to the bath of furnace, and to the area was loaded next of the stock. After melting of metal to the surface of melt was putted the flux with content of carbon 10-20%. After smelting of flux and reaching the temperature 700°C with transformer TS-500 between the graphite electrodes created electric arc and loaded the stock heating till the temperature $450-500^\circ\text{C}$. In the area heating of stock site is located follow batch stocks.

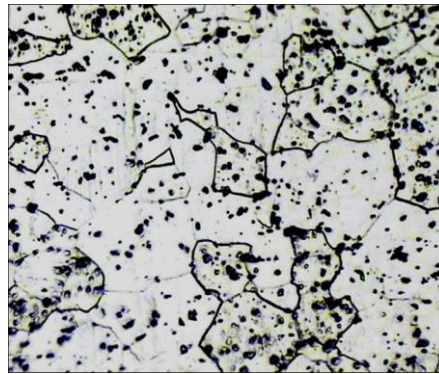


Figure 6. Structure of an aluminium alloy after высокотемпераной handlings et temperature 2000°C - 2100°C .

This is providing continuity the process, providing the temperature of stocks $450-500^\circ\text{C}$ before loading to the bath of furnace. Application to the surface of the bath the carbon flux provided diffusion the carbon with loss weight compared with aluminum alloys in the liquid melt. Processing the liquid melt with graphite electrode at temperature $2000-2100^\circ\text{C}$ provided diffusion in the structure of hydrogen and oxide aluminum. In a result using workout the technology provided from structure of melt 40-43% hydrogen and 55-58% oxide aluminum. It is possible to getting qualitative structure of aluminum alloys with minimum content impurities of hydrogen and aluminum. Based desirability function Xarrington the strength of melt increased the strength to 1,7-1,9 time, and service life increased to 1,3-1,5 time.

Results of research help to create high-performance technology melting of aluminum alloys and construction of gas-electro-arc furnace. Again creating construction and technology not inferior to foreign analogues, it superior their to many parameters. Implementation to different objects in Republic the technology smelting of aluminum alloys successfully using in the industry.

CONCLUSION

As a result of research the dissertation to the theme «Scientific and technical solutions for getting high qualitative structure during melting operation of aluminium alloy materials» did the following results:

1. Developed the method using the heat of exhaust gas for heating downloadable in the furnace of stock. This method is required when designing construction smelting furnaces with high efficiency.

2. Developed the technology and heating mode of stock which loaded into the furnace. Researches in this help to decrease content of hydrogen and oxide inclusions in the structure to 10-16%.

3. Developed the construction of heating pad for the loading stock. Researches in this help to decrease the exhaust gas heating to the atmosphere till 200-270 °C.

4. Developed the technology loading of the stock to the slag furnace which located in a pad. This researches usefull at design construction of furnace for continuous smelting mode.

5. Developed the construction stock furnace of gas furnace for the melting aluminum alloys. This researches usefull at design optimal construction of slag furnace, which heat of exhaust gas formly distributed over the cross-section.

6. Developed the new composition of flux on the surface of liquid bath at smelting of aluminum alloys, which helps to decrease diffusion nonmetal inclusions into the melt to 15-22%.

7. Developed the optimal construction gas-electro-arc furnace for smelting of aluminum alloys. This researches usefull at design construction of furnace for melting of aluminum alloys.

8. Developed the technology processing with high-tepmerature of aluminum melt, which helps to decrease content of hydrogen and oxide inclusions to 40-58% in the melt.

9. Developed the technology which provides direction of crystallization aluminum alloys in the form. This researches usefull for getting casting a hardened surface through the formation of a wear-resistant layer.

10. Developed construction of fireproof partition between the chamber smelting and overheating, which helps to decrease diffusion of gas into the melt in the chamber overheating to 8-10%.

11. Developed the technology forming the electro arc for processing of aluminum alloys with high-temperature which helps to providing the processing on 90-92% from total mass of the melt.

12. Developed the technology melting of aluminum alloys into the gas-electro-arc furnace with graphite electrode. This researches usefull at increase wear-resistant the detail 1,3-1,5 times.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Тураходжаев Н.Д., Шазимов А.О., Камолов Ж.С. Повышение качества алюминиевых сплавов, получаемых из газовых печей. //ТошДТУ хабарлари. – Ташкент, 2008. - № 2-3. - С. 193–195. (05.00.00. №16)
2. Якубов Л.Э., Тураходжаев Н.Д. Диффузия водорода в алюминиевых расплавах. //ТошДТУ хабарлари. – Ташкент, 2008. - № 2-3. - С. 250–253. (05.00.00. №16)
3. Тураходжаев Н.Д., Гиясов Ш.С., Рахмонов Ж.У. Мис қотишмаларидан куймалар олишда эритиш технологиясининг таъсири. //ТошДТУ хабарлари. – Ташкент, 2009. - № 1-2. - С. 79–82. (05.00.00. №16).
4. Тураходжаев Н.Д., Строкин П.Г. Прогрессивный метод рафинирования алюминиевых сплавов. //ТошДТУ хабарлари. – Ташкент, 2010. - № 3. - С. 112–114. (05.00.00. №16).
5. Тураходжаев Н.Д., Чоршанбиев Ш.М., Турсунов Т.Х., Мардонакулов Ш.У., Усмонова Н.К. Повышение качества алюминиевых сплавов предварительным нагревом шихты. //ТошДТУ хабарлари. – Ташкент, 2013. - № 2. - С. 108–112. (05.00.00. №16).
6. Тураходжаев Н.Д. Способ упрочнения рабочих поверхностей деталей при заливке в кокиль с использованием технологии получения расплава под флюсом. //ТошДТУ хабарлари. – Ташкент, 2013. - № 4. - С. 90–95. (05.00.00. №16).
7. Тураходжаев Н.Д., Туляганов Э.Х., Турсунов Т.Х., Якубов Л.Э., Рафиев А.А. Новый метод повышения прочности поверхности отливок при заливке в кокиль. //ТошДТУ хабарлари. – Ташкент, 2014. - № 1. - С. 89–92. (05.00.00. №16).
8. Тураходжаев Н.Д., Тураходжаева Ш.Н. Применение алюминиевых сплавов в биметаллических композиционных материалах. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2015. - № 1. - С. 65–67. (05.00.00. №13).
9. Тураходжаев Н.Д., Тураходжаева Ш.Н. Способ переплава композиционных материалов с содержанием алюминия для получения качественной структуры. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2015. - № 3. - С. 30–31. (05.00.00. №13).
10. Н.Д.Тураходжаев, Т.Х.Турсунов, Л.Э.Якубов, Х.З.Абдурахманов Ш.Н.Тураходжаева, Ш.А.Ташбулатов, А.Мукимов Определение режимов плавки алюминиевых сплавов с применением защитного флюса. // ТошДТУ хабарлари. – Ташкент, 2015. - № 3. - С. 174–179. (05.00.00. №16).
11. Karimov K.A., Akhmedov A.H., Umurzakov A.K., Abduvaliev U.A., Turakhodjaev N.D. Development and analytical realization of the mathematical model of controlled motion of a positioning mechanism // European Applied

Sciences. Europäische Fachhochschule info@ortpublishing.de. Germany, #4, 2015. - 63-66 s. (05.00.00. №5).

12. Salokhiddin Nurmurodov, Alisher Rasulov, Nodir Turakhodjaev, Kudratkhon Bakhadirov, Lazizkhan Yakubov, Khusniddin Abdurakhmanov, Tokhir Tursunov. Development of New Structural Materials with Improved Mechanical Properties and High Quality of Structures through New Methods. Journal of Materials Science Research, Cfnfdian Center of Science and Education. Vol.5, 2016. № 3. – S. 52-58. (05.00.00. №22).

II бўлим (II часть; II part)

13. Salokhiddin D. Nurmurodov, Alisher K. Rasulov, Nodir D. Turahadjaev, Kudratkhon G. Bakhadirov. Procedure-Technique for New Type Plasma Chemical Reactor Thermo-physical Calculations. American Journal of Materials Engineering and Technology Vol. 3, No. 3, 2015, pp. 58-62.

14. А.С.№ 1719838 Тураходжаев Н.Д., Грачёв В.А., Шазимов А.О. «Шахтно-отражательная печь для плавки алюминия и его сплавов» опубл. в БИ № 10, 1992 г.

15. А.С.№ 1735686 Тураходжаев Н.Д., Грачёв В.А., Шазимов А.О., Горелов Н.А., Чёрный А.А. «Газовая шахтно-отражательная печь» опубл. в БИ № 15, 1992 г.

16. А.С.№ 1775485 Тураходжаев Н.Д., Грачёв В.А., Шазимов А.О. «Способ рафинирования алюминиевых сплавов и устройство для его осуществления» опубл. в БИ № 42, 1992 г.

17. Тураходжаев Н.Д., Туляганов Э.Х., Брагина В.П., Туляганов Б.Ш. Исследование влияния процесса плавки чугуна в жидкотопливной печи на его качество. //Сборник научных статей. Республиканская научно–практическая конференция "Инновация науки, образования и производства". – Ташкент, 2005. - С. 92-94.

18. Тураходжаев Н.Д., Базарбаев А.И. Утилизация тепла в шахтной части плавильных агрегатов. //Сборник научных статей 5-ой Республиканской научно–практической конференции «Молодёжь в развитии науки и образования». – Ташкент, 2005. - С. 72-75.

19. Тураходжаев Н.Д., Гиясов Ш.С., Камолов Ж.С. Модифицирование алюминиевых сплавов. //Сборник научных статей Республиканской научно–практической конференции «Машинасозлик тармокларида таълим, фан ва ишлаб чиқариш интеграцияси». – Ташкент, 2005. - С. 62-65.

20. Тураходжаев Н.Д., Ярочкин Р.Ф. Процесс плавки алюминиевых сплавов в газовых печах. //Сборник научных статей 5-ой Республиканской научно–практической конференции «Молодёжь в развитии науки и образования». – Ташкент, 2005. - С. 96-99.

21. Тураходжаев Н.Д., Алиханов Б. Фонарларнинг қисмларидаги қуймалар сифатини таҳлил қилиш. //Сборник научных статей 5-ой Республиканской научно–практической конференции «Молодёжь в развитии науки и образования». – Ташкент, 2005. - С. 146-148.

22. Тураходжаев Н.Д., Базарбаев А.И. Газда ишловчи эритиш агрегатларининг иссиқлик алмашинув жараёнини урганиш. //Сборник научных статей 5-ой Республиканской научно–практической конференции «Молодёжь в развитии науки и образования». – Ташкент, 2005. - С. 155-157.

23. Тураходжаев Н.Д., Холмухамедов Т.Р. Применение алюминиевых сплавов в автомобилестроении. //Ёшларнинг Беруний Академияси маърузалар туплами «Техника юлдузлари»– Ташкент, №2. 2006. - С. 44-48.

24. Тураходжаев Н.Д., Расулов С.А., Агзамова З.А. Методы повышения качества алюминиевых сплавов. //Сборник научных статей Республиканской научно–практической конференции «Машинасозлик тармоқларида таълим, фан ва ишлаб чиқариш интеграцияси». – Ташкент, 2006. - С. 46-48.

25. Аъзамова Н.Б., Тураходжаев Н.Д. Изучение процесса теплообмена в камере плавления газовой плавильной печи. //Ёшларнинг Беруний Академияси маърузалар туплами «Техника юлдузлари». – Тошкент, 2006. № 4. - С. 85-88.

26. Якубов Л.Э., Тураходжаев Н.Д. Диффузия водорода в алюминиевых расплавах. // Ёшларнинг Беруний Академияси маърузалар туплами «Техника юлдузлари»– Тошкент, 2008. № 1. - С. 92-94.

27. Мардонакулов Ш.У., Тураходжаев Н.Д. Шарсимон шаклдаги қўйманинг қокил ичида шаклланиши. // Ёшларнинг Беруний Академияси маърузалар туплами «Техника юлдузлари»– Тошкент, 2010. № 3-4. - С. 94-96.

28. Мардонакулов Ш.Ў., Тураходжаев Н.Д. Қўймақорлик металлургиясининг умумий характеристикаси. // Ёшларнинг Беруний Академияси маърузалар туплами «Техника юлдузлари»– Тошкент, 2011. № 3-4. - С. 73-76.

29. Мардонакулов Ш.У., Тураходжаев Н.Д. Комплексная установка для плавки, перегрева и раздачи алюминиевых сплавов. // Ёшларнинг Беруний Академияси маърузалар туплами «Техника юлдузлари»– Тошкент, 2013. № 3. - С. 85-88.

30. Тураходжаев Н.Д. Использование тепла отходящих газов из шахты плавильных агрегатов. //Сборник научных статей Республиканской научно–практической конференции «Фан ва техника тараккиётида ёшлар». – Ташкент, 2007. - С. 43-45.

31. Тураходжаев Н.Д., Расулов С.А., Брагина В.П. Совук холатда қотадиган П-23 қаторни қўшилган қолип аралашмасининг хусусиятлари. //Сборник научных статей Республиканской научно–практической конференции «Машинасозлик тармоқларида таълим, фан ва ишлаб чиқариш интеграцияси». – Ташкент, 2007. - С. 96-98.

32. Якубов Л.Э., Тураходжаев Н.Д. Диффузия водорода в алюминиевых расплавах. //Сборник научных статей «Машинасозлик ва агросаноат комплекси долзарб муаммолари». – Ташкент, 2008. - С. 250-253.

33. Эшмухамедов М.А., Тураходжаев Н.Д., Сафаев М.М., Турсункулов Ф.Э. Получение соединения марганца газохимическим методом. //Материалы Республиканской научно-практической конференции «Ишлаб чиқариш ва

олий таълимда инновациялар ва инновацион технологиялар». – Андижон, 2013. - С. 80-82.

34. Тураходжаев Н.Д., Ахроров Б., Сафаев М., Тошпулатов М. Химическое связывание диоксида серы соединениями марганца. //Материалы Международной научно технической конференции «Ресурсо-и энергосберегающие, экологически безвредные композиционные материалы». – Ташкент, 2013. - С. 242-244.

35. Тураходжаев Н.Д., Турсунов Т.Х., Якубов Л.Э., Эшмухамедов М., Сафаев М.М. Новый способ получения оксида марганца и ферромарганца методом термического воздействия в печной среде.// Сборник научных статей Международной научно–практической конференции «Проблемы, развитие и инновационные направления геологических наук в Узбекистане». – Ташкент, 2013. - С. 344-346.

36. Тураходжаев Н.Д. “Энергосберегающая технология плавки шихты чёрных и цветных сплавов”. // Сборник научных статей Международной научно–практической конференции «Возобновляемые источники энергии, энергоэффективность и энергосбережение-основа энергетической безопасности государства». – Ташкент, 2013. - С. 98-99.

37. Тураходжаев Н.Д., Турсунов Т.Х., Якубов Л.Э., Эшмухамедов М., Сафаев М.М. Алюминий и его сплавы в машиностроении // Материалы международной научно-технической конференции “Ресурсо-и энергосберегающие, экологически безвредные композиционные материалы”. - Ташкент, 2013. С. 37-40.

38. Брагина В.П., Расулов С.А., Тураходжаев Н.Д., Нормуродов У., Мукимов А. Математическое моделирование процесса нагрева шихты. //Сборник научных статей Международной научно–практической конференции «Современные наукоёмкие технологии: приоритеты развития и подготовка кадров». – Набережные Челны, 2014. - С. 26-30.

39. Тураходжаев Н.Д., Абдурахманов Х.З., Турсунов Т.Х., Якубов Л.Э. Математическая модель теплообменного процесса в газовой печи. //Сборник научных статей Международной научно–практической конференции «Современные наукоёмкие технологии: приоритеты развития и подготовка кадров». – Набережные Челны, 2014. - С. 84-89.

40. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Турсунов Т.Х., Абдурахманов Х.З. Математическое моделирование процесса оплавления алюминиевой шихты. //Сборник научных статей Международной научно–практической конференции «Современные наукоёмкие технологии: приоритеты развития и подготовка кадров». – Набережные Челны, 2014. - С. 89-92.

41. Тураходжаев Н.Д., Турсунов Т.Х., Якубов Л.Э. Абдурахманов Х.З. Повышение качества алюминиевых сплавов за счёт улучшения структуры // Современные материалы, техника и технология в машиностроении. - Андижан, 2014. – С. 33-36.

42. Тураходжаев Н.Д., Турсунов Т.Х. Разработка состав флюса для переработки отходов производства алюминиевых отливок // Проблемы и

пути инновационного развития горно-металлургической отрасли. Сборник научных статей. -Ташкент, 2014. – С. 211-214.

43. Тураходжаев Н.Д., Турсунов Т.Х. Ресурсосберегающая технология переработки и пере-плава алюминиевой шихты для получения качественной структуры сплава // Проблемы и пути инновационного развития горно-металлургической отрасли. Сборник научных статей. -Ташкент, 2014. – С. 234-237.

44. Тураходжаев Н.Д., Брагина В.П. Применение алюминия для получения чугуна из оксида железа // 1 Международная заочная научно-техническая конференция». -Челябинск, Россия. 2014. – С. 177-180.

45. Тураходжаев Н.Д., Болиев К. Технологические процессы получения качественной структуры сплава для изготовления деталей формовых комплектов стекло-формующей машины на токарных станках //Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. - Курск, Россия, 2015. – С. 84-88.

46. Тураходжаев Н.Д., Тилабов Б. О методах решения задачи автоколебания // Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук. Республиканский межвузовский сборник. - Ташкент, 2015. – С. 187-189.

47. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Турсунов Т.Х., Абдурахманов Х.З., Тураходжаева Ш.Н. Технология плавки алюминиевых композиционных сплавов // Композицион материаллар ва улардан махсулотлар олишнинг прогрессив технологиялари. - Тошкент, 2015. – С. 155-157.

48. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Турсунов Т.Х., Абдурахманов Х.З. Влияние процесса плавки алюминиевых композиционных материалов на окружающую среду // Композицион материаллар ва улардан махсулотлар олишнинг прогрессив технологиялари. -Тошкент, 2015. – С. 54-59.

49. Тураходжаев Н.Д., Якубов Л.Э., Турсунов Т.Х., Абдурахманов Х.З., Тураходжаева Ш.Н. Изменение свойств композиционных алюминиевых сплавов в зависимости от режима плавки. // Полимерные композиты и трибология (Поликомтриб 2015). - Гомель, Белоруссия, 2015. – С. 88-92.

50. N.Dj.Turakhodjaev, T.Kh.Tursunov, L.E.Yakubov, Kh.Z.Abdurakhmanov, Sh.N.Turakhodjaeva. Mode of fusion of aluminium alloys // Solidification and Cristallization of Metals 2015, Bisko, Poland, 2015. S. 124-128.

51. N.D.Turakhodjaev, Sh.N.Turakhujaeva. Mode of Fusion of Aluminium Alloys//International Scientific and Practical Conference World Science. V0l.1. Oktober 2016, Dubai, UAE, 2016. S. 25-28.

52. Sh.N.Turakhujaeva, N.D.Turakhodjaev, D.O.Nizamova, N.A.Kaarimova. Ekological Pure and Safe Transport//International Scientific and Practical Conference World Science. V0l.1. Oktober 2016, Dubai, UAE, 2016. S. 52-55.

Автореферат «ТошДТУ хабарлари» журнали таҳририятида таҳрирдан
ўтказилди.

Босишга рухсат этилди: 16.11.2016 йил
Бичими 60x45 $\frac{1}{16}$, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 5. Адади: 100. Буюртма: № 360.

Ўзбекистон Республикаси ИИВ Академияси,
100197, Тошкент, Интизор кўчаси, 68

«АКАДЕМИЯ НОШИРЛИК МАРКАЗИ» ДУК