

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/30.12.2019.T.03.04 RAQAMLI ILMIY
KENGASH**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI**

MURODQOSIMOV RAVSHANBEK XOLMAMAT O‘G‘LI

**ALYUMINIY QOTISHMALARINI GAZ PECHLARIDA
SUYUQLANTIRISHDA METALLNING OKSIDLANISHINI
KAMAYTIRISH TEXNOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH.**

05.02.01 – Mashinasozlikda materialshunoslik. Quymachilik. Metallarga termik va bosim ostida ishlov berish. Qora, rangli va noyob metallar metallurgiyasi. Kamyob, nodir varadioaktiv elementlar texnologiyasi (quymachilik va metallarga ishlov berish yo‘nalishi)

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent-2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences

Murodqosimov Ravshanbek Xolmamat o'g'li

Alyuminiy qotishmalarini gaz pechlarida suyuqlantirishda metallning oksidlanishini kamaytirish texnologiyasini takomillashtirish..... 3

Муродқосимов Равшанбек Холмамат угли

Совершенствование технологии снижения окисления металла при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах..... 23

Murodkosimov Ravshanbek Kholmamat ugli

Improving the technology for reducing metal oxidation during melting of aluminum alloys in gas furnaces 43

E'lon qilingan ishlar ro'uxati

Список опубликованных работ

List of published works 47

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/30.12.2019.T.03.04 RAQAMLI ILMIY
KENGASH**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI**

MURODQOSIMOV RAVSHANBEK XOLMAMAT O'G'LI

**ALYUMINIY QOTISHMALARINI GAZ PECHLARIDA
SUYUQLANTIRISHDA METALLNING OKSIDLANISHINI
KAMAYTIRISH TEXNOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH.**

05.02.01 – Mashinasozlikda materialshunoslik. Quymachilik. Metallarga termik va bosim ostida ishlov berish. Qora, rangli va noyob metallar metallurgiyasi. Kamyob, nodir varadioaktiv elementlar texnologiyasi (quymachilik va metallarga ishlov berish yo'nalishi)

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent-2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida 2023.3.PHD/T3906 raqami bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uchta tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)). Ilmiy kengashning veb – sahifasida (www.tdtu.uz) va «ZiyoNET» axborot ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Atajanov Gapur Latibovich
texnika fanlari nomzodi, dotsent

Rasmiy opponentlar:

Axmedov Azamat Xaitovich
texnika fanlari doktori, professor

Xasanov Jamshidbek Nasirdin o'g'li
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, (PhD)

Yetakchi tashkilot:

Milliy texnologik tadqiqotlar universiteti
"MISIS"ning Olmaliq filiali.

Dissertatsiya himoyasi Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti huzuridagi DSc.03/30.12.2019.T.03.04. raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil 24-dekabr kuni soat 16⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100095, Toshkent shahri, Universitet ko'chasi, 2-uy. Tel./faks: (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@edu.uz)

Dissertatsiya bilan Toshkent davlat texnika universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 65 raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100095, Toshkent shahri, Universitet ko'chasi, 2-uy. Tel.: (99871) 227-10-32.)

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil 11-dekabr kuni tarqatildi.
(2025 yil 11 dekabdagi 204 sonli reestr bayonnomasi).



K.A. Karimov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi,
texnika fanlari doktori, professor

Sh.B. Tashbulatov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi,
texnika fanlari doktori (DSc), dotsent

N.D. Turaxodjayev

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy
seminar raisi, texnika fanlari doktori, professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining zarurati va dolzarbligi. Jahonda alyuminiy qotishmalarini gaz pechlarida suyuqlantirishda oksid qo‘shimchalarni kamaytirishga asoslangan tejamkor texnologiya ishlab chiqishga alohida ahamiyat berilmoqda, jumladan alyuminiy qotishmalarini gaz pechlarida suyuqlantirishda ularning oksidlanishi oqibatida metall yo‘qotishlarini kamaytirish bilan bir qatorda qotishma tarkibini oksid qo‘shimchalardan holi qilish bo‘yicha qator ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Dunyoning yetakchi davlatlari, jumladan AQSH, Angliya, Germaniya, Italiya, Yaponiya, Koreya, Xitoy, Rossiya kabi davlatlarning ilmiy-tadqiqot markazlarida alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirishda keng qo‘llaniladigan gaz pechlaridan sifatli mahsulot olishga alohida e‘tibor qaratilmoqda. Ushbu yo‘nalishda pech konstruksiyalarini takomillashtirish, suyuqlantirish texnologiyasini optimallashtirish, suyuq metallga modifikatorlar bilan ishlov berish usullarini ishlab chiqishga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Jahonda gaz pechlarida suyuqlantirish jarayonini optimallashtirish, atmosferaga chiqib ketayotgan gazlar tarkibini nazorat qilish, flyuslardan foydalanish, issiqlik almashinuvini barqarorlashtirish kabi yo‘nalishlarda olib boriladigan tadqiqotlar natijasida alyuminiy qotishmalarining sifat ko‘rsatkichlarini yaxshilash bo‘yicha alohida ahamiyat qaratilmoqda. Shu bilan birga ishlab chiqarish tannaxsini kamaytirish, metall yo‘qotilishini qisqartirish va chiqindilar miqdorini kamaytirish bo‘yicha dunyoda ko‘plab mamlakatlarda alyuminiy qotishmalarini sifatini yaxshilashga hamda alyuminiy qotishmalarini gaz pechlarida suyuqlantirishda metallning oksidlanishini kamaytirishga doir muhim ishlar amalga oshirilmoqda. Bu yo‘nalishga alyuminiy qotishmalarini gaz pechlarida suyuqlantirishda metallning oksidlanishini kamaytirish texnologiyasini takomillashtirish va ularni tadbiiq etish ishlari amalga oshirilmoqda hamda mustahkam quyma olish texnologiyasi dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

O‘zbekistonda quymakorlik usulida mashina detallarini va butlovchi qismlarni ishlab chiqarishda ishlatiladigan resurslardan unumli foydalanish va ishlab chiqarish samaradorligini hamda sifat ko‘rsatkichlarini ko‘tarishga yordam beradigan yangi texnologiyalarni yaratish bo‘yicha tadqiqotlar o‘tkazish va ularni amalda tadbiiq etish bo‘yicha keng ko‘lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida “... mashinasozlik zavodlari negizida kon-metallurgiya mashinalari, texnikalari va uskunalarni ishlab chiqarishni joriy etish va mahsulot turlarini kengaytirish, maxalliyashtirish darajasini oshirish hamda ular uchun zarur jihozlar va butlovchi qismlarni ishlab chiqarishni tashkil etish.”¹ bo‘yicha muhim vazifalar belgilangan. Ushbu vazifalarni amalga tadbiiq etishda quymakorlik usulida ishlov berish jarayonida, alyuminiy qotishmalarini gaz pechlarida suyuqlantirishda metallning oksidlanishini kamaytirish texnologiyasini takomillashtirish va mexanik hamda fizik xossalari oshirilgan yangi materiallar texnologiyasini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 6-iyuldagi “2022-2026-yillarda O‘zbekiston Respublikasining innovatsion rivojlanish strategiyasini

tasdiqlash to‘g‘risida”gi¹ PQ-307-sonli va 2022-yil 24-yanvardagi “Respublikada ishlab chiqarishni rivojlantirish va sanoat kooperatsiyasini kengaytirishning samarali tizimini yaratish chora tadbirlari to‘g‘risida”gi² PQ-99-son Qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II “Energetika, energiya va resurstejamkorlik” ustuvor yo‘nalishi talablariga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Hozirgi kunda dunyo olimlari, jumladan Brazilyaning Rio-de-Janeyrodagi Pontifikal Universiteti olimlari Angela O. Nieckele, Monica F. Naccache, Marcos Sebastião P. Gomeslar tomonidan alyuminiy suyuqlantirish pechlarining vannasidagi harorat hamda alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish uchun qo‘llanilgan yoqilg‘i suyuq yoqilg‘i yoki gaz yoqilg‘isi ustida ilmiy ishlar olib borishgan. Nigeriyaning olimlari Lawrence Opeyemi Osobaa, Oluwasegun Biodun Owolabib, Segun Isaac Talabic o‘zlarining “Alyuminiy qotishmalarini qayta suyuqlantirish jarayonida oksid paydo bo‘lishi va alyuminiy qayta olish mexanizmi” bo‘yicha, Indoneziyalik olimlar Widyantoro, Donanta Dhaneswara, Jaka Fajar Fatriansyah, Muhammad Reza Firmansyahlarining “Alyuminiy qoldiqlarini (chiqindilarini) suyuqlantirish jarayonida Oksid qatlamlarini natriy asosidagi flyuslar yordamida olib tashlash” bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borishgan. Xitoyning Shanghai Jiao Tong Universiteti olimlari Chong Chen, Jun Wang, Da Shu, Sen Zhang, Baode Sunlar tomonidan “Alyuminiydan metall bo‘lmagan qo‘shimchalarni (asosan Al_2O_3 oksidlarni) yo‘qotish” bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borishgan. Hamda Tsinghua universiteti olimlari Cong Li, Jian-guo Li, Yi-zhe Mao va Jia-cheng Ji yangi “flyus zaryadlash va kvars tigelni tez sovitish (charging and quenching)” metodini ishlab chiqishgan hamda alyuminiy suyuqlanmasidagi oksid aralashmalarni (asosan Al_2O_3) yo‘qotish mexanizmini qattiq flyuslar yordamida tozalash ustida ilim-tadqiqot ishlarini olib borishgan. Hindistonning Islom Azad Universiteti olimlari Nima Khademian, Yaser Peimeilar tomonidan “Yuqori bosim ostida ADC 12 markali alyuminiy qotishmasi-dan quyib olingan avtomobil detallarining mexanik va mikrostrukturaviy xossalari” bo‘yicha ilmiy ish olib borishgan va ADC 12 markali markali alyuminiy qotishma tarkibidagi Si, Cu va Cr larni qotishma xususiyatlariga ta‘siri hamda qotishmaning suyuqlantirish harorati bo‘yicha ilmiy ish olib borishgan va o‘zlarining ilmiy ishlanmalarida “Alyuminiy qotishmalari orasida ADC 12 markali alyuminiy o‘zining tarkibidagi kremniy (Si) va mis (Cu) nisbatan ko‘pligi bilan ajralib turadi. Kremniy quymani suyuqligini yaxshilash va erish haroratini pasaytirish uchun xizmat qiladi. Evtektik qotishma qo‘shimcha va har xil gazlardan holi hamda yuqori issiqbardoshlikka ega bo‘lib shuningdaek qattiqlashtiruvchi ta‘sirga ega va yaxshi ishlov berish

¹ O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 6-iyuldagi PQ-307-sonli Qarori

² O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 24-yanvardagi PQ-99-son Qarori

qobilyatiga ega. Qotishma tarkibidagi mis qotishmaning kuchining sezilarli oshishiga ta'minlaydi va dispersiyaning qattiqlashishini ta'minlaydi. Misni Alyuminiyga qo'shish qotishmaning egiluvchanligini va karroziya chidamliligini pasyitiradi va Al-Cu qotishmalarining qattiqlashuv yorilishiga moyilligini oshirishi mumkin. Ba'zida xrom issiq ishlov berish yoki issiqlik bilan ishlov berish paytida donlarning o'sishini cheklash maqsadida ishlatiladi, bu esa egiluvchanlik va qattqlikni yaxshilaydi Cr shuningdek, qotishmaning korroziya yorilishini sezilarli darajada pasaytiradi" kabi malumotlarni bergan. Malaysiyaning Malaysiya texnika Universiteti olimlari M.R.M. Kamal, H.A.M. Tahir, M.S. Salleh, H.N.H. Bazri, M.K. Musa va N. F. Bazilahlarning "Alyuminiy qotishmasining og'irlik kuchiga ega bo'lgan qolipga quyishning loyihalash va issiqlik tahlilini simulyatsiya qilish" nomli tadqiqot ishida alyuminiy qotishmasi uchun loyihalangan qolip dizaynini ishlab chiqqan hamda ular bu tadqiqot ishlarida nuqsonsiz quyma olish uchun eng maqbul dizayn vertikal dizayndir, chunki u gorizonta dizaynga nisbatan kamroq nuqsonlarga ega degan xulosaga kelishgan.

O'zbekiston olimlari tomonidan ham ilmiy ishlar olib borilgan tadqiqotlar natijasida alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish uchun ikki kamerali gaz pechining konstruksiyasi, alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirishda resurs tejamlorligini ta'minlaydigan texnologiya va suyuqlantirish davrida temir va qo'rg'oshinning alyuminiy tarkibiga singish mexanizmi ishlab chiqilgan (A.O. Shazimov, N.D. Turaxodjeyev, Yu. N. Mansurov). Alyuminiy qotishmalarini gaz pechlarida suyuqlantirishda metallning g'ovakliklarini hamda nometall qo'shimchalarini kamaytirish hamda oksid miqdori (Al_2O_3 oksid) ni kamaytirish bo'yicha SH.N. Turaxodjeyeva, J.S. Kamalovlar tomonidan ham ilmiy-izlanishlar olib borishgan. Tadqiqotcholar tomonidan olib borilgan tadqiqot natijalariga ko'ra alyuminiy tarkibidagi vodorod miqdorini 8-9 % ga va nometall qo'shimchalar miqdorini esa 6-7 % ga kamaytirishga erishilgan.

Alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirishda yuqori ilmiy natijalarga erishilishiga qaramay, lekin hali hanuz yechimini topilmagan muammolar ko'p. Misol tariqasida, gaz pechlarida alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirishda sifati yuqori bo'lgan qotishma olish texnologiyasi ishlab chiqilmagan. Olib borilgan tadqiqotlar asosan alyuminiy qotishmalarining metallni suyuqlantirish, unga flyus bilan ishlov berish yuzasida olib borilgan. Qator tadqiqotlar suyuq alyuminiyning fizik-kimyoviy jarayonlarga taalluqli holda olib borilgan bo'lib, alyuminiy gaz pechlarida suyuqlantirishda gazlarning metallga singish jarayonida qotishmaning gazga to'yingan va to'yinmagan qotishma xossalari ustida tadqiqotlar olib borilmagan. Alyuminiy qotishmalarini gaz pechlarida suyuqlantirishda metallning oksidlanishini kamaytirish texnologiyasini takomillashtirish esa dolzarb, ilmiy-amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy – tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.

Dissertatsiya taqiqoti Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga binoan № IL-210321288 "Gaz pechlarida aluminiy qotishmalaridan olinayotgan quyma mahsulotlar tarkibidagi gaz va nometall qo'shimchalarning

miqdorini kamaytirish texnologiyasini yaratish” mavzusidagi Toshkent davlat texnika universiteti va Innovatsion rivojlanish agentligining o’rtasidagi tuzilgan fundamental loyiha doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi Alyuminiy qotishmalarini gaz pechlarida suyuqlantirishda metallning oksidlanishini kamaytirish texnologiyasini takomillashtirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

alyuminiy qotishmalarini olishda natriy asosidagi flyuslar bilan ishlov berish texnologiyasini takomillashtirish;

alyuminiy qotishmalarini suyuq holatda ishlov berish texnologiyasini takomillashtirish;

alyuminiy qotishmalarining tarkibidagi oksidlarni miqdorini kamaytirish texnologiyasini takomillashtirish;

alyuminiy qotishmalarini gaz pechida suyuqlantirish texnologiyasini takomillashtirish;

alyuminiy qotishmalarini pechdan tashqari ishlov berish texnologiyasini ishlab chiqish;

Tadqiqotning obyekti sifatida ADC 12 markali alyuminiy qotishmasi va alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish gaz pechi tanlangan.

Tadqiqotning predmetini ADC 12 markali alyuminiy qotishmasining tarkibidagi oksidlarning kamayishi qotishmaning mexanik-fizik xossalariga ta’siri hamda uning suyuq oquvchanligini oshirish va qotishma tarkibidagi gaz va nometall qo’shimchalarning miqdorini kamaytirish, alyuminiy qotishmasini suyuqlantirish uchun qo’llanilgan gaz pechining energiya samaradorligini oshirish, gaz pechidan chiqayotgan zararli elementlarni atrof-muhitga zararlarini ta’sir jarayoni tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida qotishmalarning kimyoviy tarkibi spektrometr usulida aniqlangan, qattiqligini aniqlashda Brinell usulidan foydalanilgan, mexanik xossalari va strukturasi o’rganishda fazalar identifikatsiyasi (SEM – Zeiss EVO MA 10 (Carl Zeiss)) usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

ADC 12 markali alyuminiy qotishmasiga natriy asosidagi flyus qo’shilish evaziga qotishma tarkibidagi g’ovaklik miqdorini kamaytirish texnologiyasi natriy elementining vodorodga nisbatan aktivligi asosida takomillashtirilgan;

ADC 12 markali alyuminiy qotishmasini suyuqlantirishda natriy fluor bilan ishlov berish texnologiyasi fluor elementining gazlarni biriktirish xossasi asosida takomillashtirilgan;

alyuminiy qotishmalarini gaz pechlari yordamida suyuqlantirishda alyuminiyning oksidlanishini kamaytiradigan texnologiyasi oksidlarning shlakga chiqarilish mexanizmi asosida ishlab chiqilgan;

suyuq alyuminiy qotishmasini pech ichida suyuqlantirishning ikki bosqichli rejimi, suyuq metal vannasining chuqurligi va yuzasi parametrlarining ishlov berish modifikatori miqdoriga nisbatan ishlab chiqilgan;

alyuminiy qotishmasini pechdan tashqari ishlov berishda azot yordamida purkash texnologiyasi azotning kimyoviy aktivligi asosida ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

gaz pechlariga alyuminiy shixtasini yuklashdan oldin uni dastlabki qizdirish rejimlari takomillashtirildi;

gaz pechlarida alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirishda suyuq qotishma bilan qattiq metall orasidagi issiqlik almashinuvini meyorlash kanali tadbiq etilgan;

alyuminiy qotishmalarini gaz pechlari yordamida suyuqlantirishda alyuminiy oksidlanishini kamaytiradigan texnologiya ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi dissertatsiya tadqiqot ishida Tosh DTU, "Uz Auto-INZI" QK, ToshDTU Olmaliq filialida o'tkazilgan ko'plab tajriba zamonaviy jihozlardan metallografiya va mikrostruktura tahlillari, suyuqlik-oquvchanlik, qattqlikni o'lchash, atrof-muhitga chiqayotgan zararli gazlarni aniqlash uchun gaz analizatorlardan olingan tajriba natijalari mavjud tajriba ma'lumotlariga solishtirishdagi va mutanosiblik saqalanganligi bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot ishi bo'yicha olingan natijalarining ilmiy ahamiyati yetakchi olimlar ilmiy izlanishlari tahlillari yordamida, alyuminiy qotishmalariga gaz pechida flyuslar bilan ishlov berilishi; kovshda rafinirlanishi va gaz pechining konstruksiyasining optimallashtirilishi asosida resurs va energiyatejamkorlik ta'minlanishi bilan tavsiflanadi.

Tadqiqot ishi natijalarining amaliy jihatdan ahamiyati shundaki, ADC 12 markali alyuminiy qotishmasini suyuqlantirish jarayonida pechda va pechdan tashqari natriy asosidagi flyuslar bilan ishlov berish asosida tarkibidagi oksidlarni miqdorini kamayishi xisobiga mexanik xossalardan qattqlik va quymakorlik xossalardan qotishmaning suyuqoquvchanlik xossasi oshdi hamda gaz pechlariga alyuminiy shixtasini yuklashdan oldin uni dastlabki qizdirish rejimlari ishlab chiqilganini hisobiga gaz pechining energiya-samaradorligi ortdi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.

Alyuminiy qotishmalarini gaz pechlarida suyuqlantirishda metallning oksidlanishini kamaytirish texnologiyasini takomillashtirish bo'yicha olingan tadqiqot natijalar asosida:

gaz pechlariga alyuminiy shixtasini yuklashdan oldin uni dastlabki qizdirish rejimlari "O'zAvtosanoat" AJ ga tegishli "Uz Auto-INZI" MCHJ QKda joriy qilingan. ("O'zAvtosanoat" AJ ning 27.02.2025 yildagi 21/06-25-0371-sonli ma'lumotnomasi) joriy qilish natijasida gaz sarfi 7-8% ga kamaygan;

gaz pechlarida alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirishda suyuq qotishma bilan qattiq metall orasidagi issiqlik almashinuvini meyorlash kanali "O'zAvtosanoat" AJ ga tegishli "Uz Auto-INZI" MCHJ QKda joriy qilingan. ("O'zAvtosanoat" AJ ning 27.02.2025 yildagi 21/06-25-0371-sonli ma'lumotnomasi) joriy qilish natijasida qizdirish kamerasidagi issiqlik yoqotish miqdori 10-11% ga kamaygan;

alyuminiy qotishmalarini gaz pechlari yordamida suyuqlantirishda alyuminiy oksidlanishini kamaytiradigan texnologiya "O'zAvtosanoat" AJ ga

tegishli “Uz Auto-INZI” MCHJ QKda joriy qilingan. (“O’zAvtosanoat” AJ ning 27.02.2025 yildagi 21/06-25-0371-sonli ma’lumotnomasi) joriy qilish natijasida alyuminiyning oksidlanishi sababli yoqotishlari 10-12% ga kamaygan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiya ishining tadqiqot natijalari jami 13 ta, 11 ta xalqaro miqyosda konferensiyalarida va scopus bazasida indeksatsiyalangan xalqaro konferensiyalarda 1 ta tezis, 2 ta Respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokamadan o’tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e’lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bilan bog’liq bo’lgan, umumiy holda 21 ta ilmiy materiallar nashr qilingan. O’zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy Attestatsiya Komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalarining asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 8 ta ilmiy maqola, jumladan 6 tasi Respublika va 2 tasi xorijiy jurnallarda va scopus bazasida indeksatsiyalangan jurnallarda 1 ta nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish qismi, to’rtta bob, xulosa qismi, foydalanilgan adabiyotlar ro’yxati, shartli belgi va atamalar ro’yxati hamda ilovalardan iborat bo’lib, hajmi 120 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurligi asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari shakllantirilgan, obykti va predmetlari tavsiflangan, respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo’nalishlariga mosligi ko’rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy, nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalari amaliyotga joriy qilingan, nashr etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi va hajmi bo’yicha ma’lumot berilgan.

Dissertatsiyaning **“Alyuminiy qotishmalarini gaz pechlarida suyuqlantirishda metallning oksidlanishini kamaytirish texnologiyasini takomillashtirish bo’yicha olib borilgan tadqiqotlar tahlili.”** deb nomlangan birinchi bobida mavzu bo’yicha adabiyotlar tahlil qilinib, alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirishda qo’llaniladigan pechlar hamda ularning turlari va ishlash prinsiplari, foydali ish koeffitsienti va kamchiliklari o’rganilgan. Alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish pechlarida qanday turdagi alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish mumkin. Alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish pechlaridan foydalangandanda alyuminiy mexanik-va fizik xossalarini oshirishga mo’ljallangan pechlar haqida yetakchi olimlarning ishlari hamda izlanishlari o’rganildi.

Alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish uchun mo’ljallangan gaz pechlarining turlari va xususiyatlari. Ularning ishlash prinsipi va qanday gaz yoqilg’ilarga ishlashi haqida o’rganildi. Hamda gaz pechlarining ichki qoplamalari va resurs tejankorlik texnologiyalari o’rganildi. Gaz pechlarining konstruksiyalari va ularda qo’llanilgan texnologiyalar haqida olimlarning qilgan qishlari va o’tkazgan tajribalari o’rganildi. O’zbekistonlik olimlarning gaz pechlari ustida olib borilgan ilmiy-amaliy tajribalari ham o’rganildi va olimlar tomonidan ishlab chiqilgan texnologiyalar muhokama qilindi, bundan kerakli xulosa chiqargan holda mavjud shart-sharoitlardan kelib chiqqan holda

texnologiya ham ishlab chiqildi.

Gaz pechlarida alyuminiy qotishmalarining suyuqlantirishda energiya sarfini kamaytirish texnologiyalari bo'yicha jaxonda olib borilayotgan tadqiqotlar ham o'rganilgan bo'lib. Olimlarning energiya sarfini kamaytirish bo'yicha olib borilgan izlanishlar hamda ularning natijalarini olgan holda O'zbekiston sharoitiga mo'ljallagan holda mavud imkoniyatlardan kelib chiqib gaz pechlarining energiya sarfini kamaytirishga erishildi va sanoatda qo'llaniladigan gaz pechiga joriy qilindi. Gaz pechlarida alyuminiy qotishmasini suyuqlantirishda pech vannasidagi issiqlikdan samarali foydalanish bo'yicha jaxonda olib borilayotgan tadqiqotlar sharxi ham o'rganildi. Yetakchi olimlar olgan natijalar asosida mavjud texnologiyalar takomillashtirildi. Pech vannasidan chiqayotgan issiqlikdan tadqiqotchi olimlar korxonalarining isitish tizmlari uchun va boshqa lar uchun ishlatilishi ma'lum bo'ldi. Gaz vannasidan chiqayotgan issiqlikdan samarali foydalanish maqsadida shixtani qizdirishga yo'naltirilgan issiqlik hamda buunday muammolar ustida olib borilgan olimlarning tadqiqotlari ham o'rganildi.

Gaz pechlarida alyuminiy qotishmasini suyuqlantirishda hosil bo'ladigan oksidlarning miqdorini kamaytirish uchun jaxonda olib borilayotgan tadqiqotlar sharxi ham o'rganildi. Dunyo olimlarining alyuminiy qotishmalarining tarkibidagi oksidlarning kamaytirish ustida olib borilgan ilmiy ishlari tahlil qilindi.

Dissertatsiyaning **“Tadqiqot ob'ektini tanlash va tadqiqot usullarini ishlab chiqish”** deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot obykti sifatida alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish uchun gaz , ADC 10 va ADC 12 markali alyuminiy qotishmalari, qotishma tarkibidagi oksid qo'shimchalari, qizdirish qurilmalarida ishlatiladigan olov-bardosh qoplamalar, adapter 12 va adapter 11 detallari, qizdirish rejimlari olindi hamda qotishmadan bosim ostida quyish yo'li orqali olinayotgan adapter 12 detalining qattiqligini oshirish borasida olib borilgan tadqiqotlar usullari va tahlillari keltirilgan.

Xususan tadqiqot namunalarning tarkibidagi metall bo'lmagan qo'shimchalar hamda gaz g'ovaklarining tahlili uchun “UZ Auto-INZI” QKning markaziy laboratoriyasi Nikon Eclipse LV150N metallografik mikroskopdan foydalanilgan. Bunda ushbu mikroskop orqali tahlil qilinayotgan namunalarni 100-2000 martagacha kattalashtirilib olingan (1-rasm). Olingan mikroskopik mikrostruktura tahlillar asosida tadqiqot namunalari suyuqlantirish davrida qo'shilishi mumkin bo'lgan tarkibidagi metal bo'lmagan qo'shimchalar hamda gaz g'ovaklarining nazorati usullari tahlil qilingan.

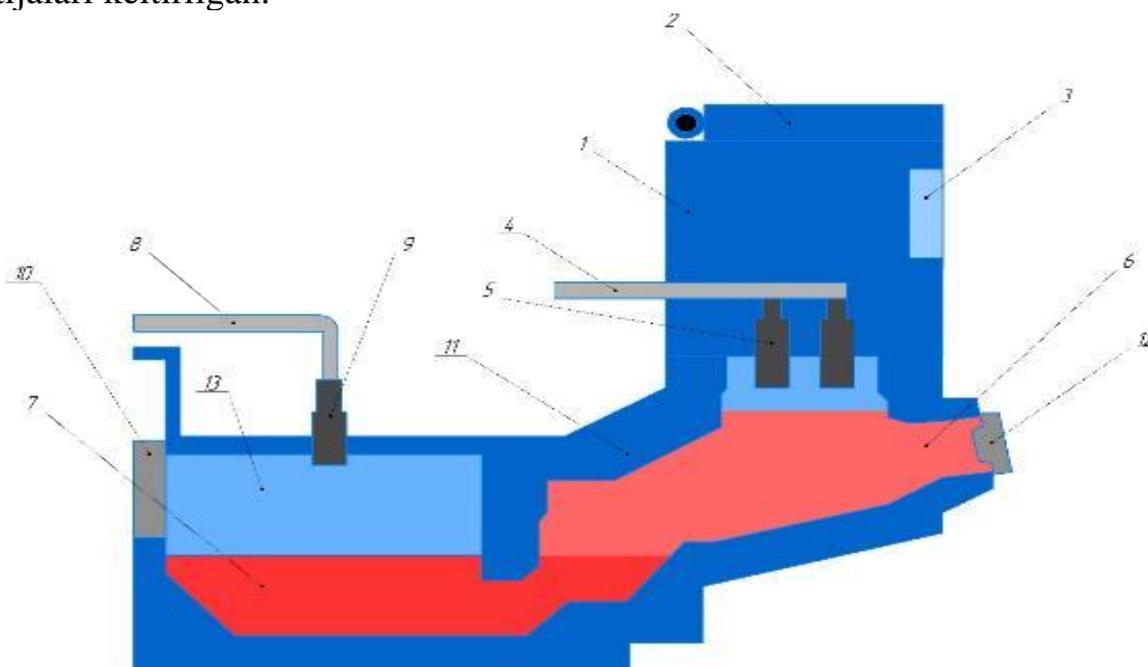


1 – rasm. ADC 12 markali alyuminiy qotishmaning Nikon Eclipse LV150N metallografik mikroskopida olingan mikrostruktura tasvirlari.

Tadqiqot ishlari mobaynida olingan tajriba namunalarning mikrotahlilini o'tkazish uchun mikrotahlil tizimli spektrometrdan foydalanildi. UZ Auto-INZI”

QKning markaziy laboratoriyasida “SPEKTROMETR-M5000” uskunasi bilan foydalangan holda qotishma ning kimyoviy tarkibi aniqlandi. Gaz pechlaridan chiqayotgan dudboʻron tarkibidagi zararli gazlarning miqdorini hamda uning tarkibidagi turli xil gazlarni aniqlash maqsadida “Testo 350” markali gaz analizatoridan foydalanildi.

Dissertatsiyaning **“Gaz pechlarida alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish davrida alyuminiy oksidlanish darajasini kamaytirish uchun shixtani qizdirish rejimlarini ishlab chiqish”** deb nomlangan uchinchi bobida gaz pechidan chiqayotgan chiqindi issiqlikdan foydalangan holda shixtani qizdirish boʻyicha olib borilgan tadqiqot natijalari keltirilgan. Qotishma tarkibidagi oksidlarning miqdorini kamaytirish boʻyicha olib borilgan tadqiqot va natijalari keltirilgan.



2- rasm. “Uz Auto-INZI” korxonasidagi alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish uchun moʻljallangan pechning sxematik koʻrinishi. 1-pechning tashqi qoplamasi, 2-yuklash eshigi, 3-chiqindi gazlarni tashqariga chiqaruvchi quvur (demoxot), 4,8-gaz trubasi, 5,9-alanga uchun gaz garelkasi, 6-suyuqlantirish uchun yuklangan shixta, 7-Erigan alyuminiy qotishmasi, 10-Suyuq alyuminiy kovshga yuklash eshigi, 11-olov-bardosh material (gʻisht) dan qurilgan devor, 12-qoʻshimcha eshik, 13-suyuqlangna alyuminiy saqlash kanali.

Pechga yuklanayotgan shixtani qizdirgan holda yuklaganda suyuqlanish vaqti qizqarganini hisobiga hamda alyuminiy qotishmasining gaz bilan toʻyinib kamayadi. Pechda shixtani suyuqlantirish uchun sarflanadigan vaqtni hisoblash hamda kamaytirish uchun Toshkent davlat texnika Universitetining “Metallar texnologiyalari” kafedrasida tadqiqotlarni oʻtkazdik hamda sarflanayotgan gaz sarfini 2.5 barobarga kamaytirdik. Buning asosiy sabablaridan pechga qizigan shixtani yuklash hisobiga sodir boʻldi. Shixtani qizdirish uchun qechdan chiqayotgan chiqindi issiqlikdan samarali foydalanish uchun, chiqindi issiqlikni shixta qizdirishga sarfladik bu boʻyicha tajriba-sinovlari oʻtkazildi va natijalar olindi.

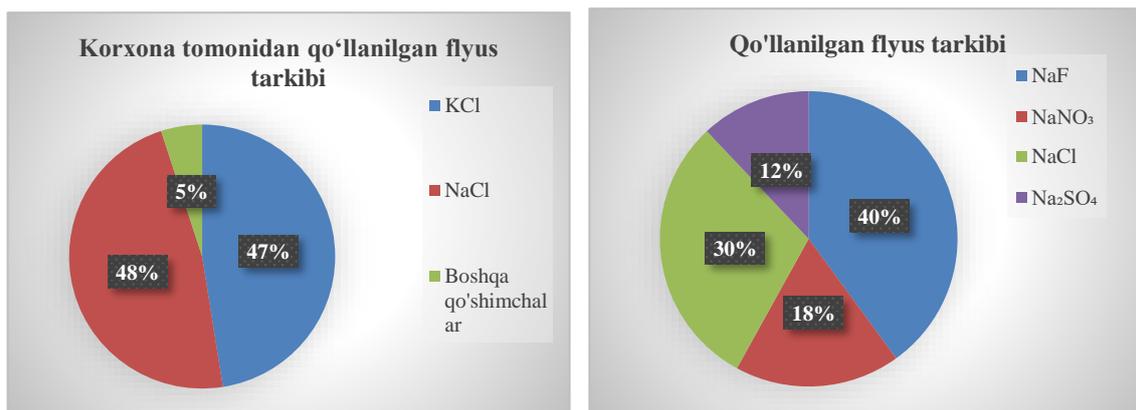


3-rasm. Turbulentlikni oshirish maqsadida jihozga moslama o'rnatilgandan so'ng jihoz ichidagi harorat: a-274 °C, b-287 °C, c-326-°C.

Qizigan metallaning harorat ko'rsatgichlari jihozning turli joylarida hajmi bo'ylab turlicha ko'rsatgich ko'rsatganini inobatga olgan holda o'rtacha 300 °C olingan. Olingan natijalardan ko'rinib turibdiki shixtani suyuqlantirish davomida yuklanadigan shixtani qizdirish samarali usul bo'lib. O'tkazilgan tadqiqotlardan ko'rinib turibdiki pechga yuklangan shixta 25-30 daqiqa davomida suyuqlanganda keyingi yuklanadigan metallomni 250-300 °C haroratgacha qizdirish mumkin hamda gaz sarfini esa 2.5 barobargacha kamaytirish mumkin. Ishlab chiqarish korxonalarida pech o'chmasdan ishlaganligi sababli qizdirishga yuklangan shixta haroratini nafaqat 300 °C balkim undan ham yuqori haroratgacha olib kelsa bo'ladi. Biz o'tkazgan pechda alyuminiy suyuqlantirish uchun gaz pechning harorat ko'rsatgichi 660 °C haroratni tashkil qildi. Uz Auto-INZI korxonasi pech ichidagi harorati esa 718 °C ni tashkil qilmoqda. Bunday holatda shixtani 350 °C haroratgacha ko'tarish mumkin. Korxonaning ishlab chiqarish pechiga shixta yuqoridan yuklanganligi pechning chiqindi gaz chiqadigan quvur qismiga qo'shimcha yuqori haroratga chidaydigan moslama (setka) qo'yish kerakligi haqida takliflar berildi va buni ishlab chiqarish korxonasida qo'llashdi.

Alyuminiy qotishmasini quyib olish jarayonida natriy asosidagi flyuslar bilan oksidli qo'shimchalardan tozalash asosida qotishmaning oquvchanlik xossasini oshirish bo'yicha ham laboratoriya va korxonada sinov-tadqiqot ishlari. Alyuminiy qotishmalarini suyuqlanirish davomida oksidlanish xossasi yuqori bo'lib bu esa metallning yo'qolishiga sabab bo'ladi. Metallarning suyuq oquvchanlik xossasi metall qotishmalarining asosiy xossasi xisoblanib. Suyuq oquvchanlik xossasi suyuq metallning tarkibiga hamda qolipning konstruksiyasiga bog'liq. O'tkazilgan tajriba suyuq metallning oquvchanlik xossasiga o'zining ta'sirini o'tkazdi hamda uning tarkibidagi oksidlarning kamayishiga sabab bo'ldi. Alyuminiy qotishmasining tarkibida oksidlarni kamaytirish va suyuq oquvchanligin yaxshilash maqsadida flyus sifatida NaF (Natriy ftorid), NaNO₃ (Natriy Nitrat), NaCl (Natriy Xlorid) va Na₂SO₄ (Natriy Sulfat) dan ishlatdik (1-diagramma)da ulushning qismi ko'rsatilgan va ADC 12 markali alyuminiy qotishmasidan foydalandik shixta sifatida. ADC 12 markali alyuminiy

qotishmasining kimyoviy tarkibi 1-jadvalda ko'rsatilgan.



1-diagramma

ADC 12 markali alyuminiy qotishmasining kimyoviy tarkibi.												
Nom i	Elementlar, %											
	Si	Cu	Fe	Mn	Mg	Ti	Zn	Ni	Sn	Pb	Cr	Al
ADC	11,366	2,492	0,862	0,413	0,174	0,054	0,930	0,066	0,026	0,08	0,0	83,463
12	6	6	3	6	9	4	2	7	7	7	2	6

Tadqiqotni o'tkazib o'tkazish metallarni turli xil temperaturada 660 °C, 680 °C, 700 °C, 720 °C va 720 °C da qotishmani suyuqlantirib unga flyus qo'shildi. Flyuslarning tarkibi NaF (Natriy ftorid), NaNO₃ (Natriy Nitrat), NaCl (Natriy Xlorid) va Na₂SO₄ (Natriy Sulfat) larni aralashmasi qo'shildi, flyusning 40% ni NaF (Natriy ftorid), 30% ni NaCl (Natriy Xlorid), 18% ni NaNO₃ (Natriy Nitrat), 12% ni Na₂SO₄ (Natriy Sulfat) tashkil qiladi qiladi (1-diagramma). O'tkazilgan tajribada ham 3 xil miqdor hajmdagi flyusdan foydalanildi. 1-tarkibli flyusning hajmi yuklangan shixtaning 100 foizdan 2 foizini tashil qiladi, 2-tarkibli flyusning miqdori esa 100 foizdan 5 foizini tashkil qiladi, 3-tarkib esa flyus qo'shmagan holda quyma olindi. ADC 12 markali alyuminiy qotishmasidan sifatli quymalar olish va ularning suyuqoquvchanligiga NaF (Natriy ftorid), NaNO₃ (Natriy Nitrat), NaCl (Natriy Xlorid) va Na₂SO₄ (Natriy Sulfat) mikrozararlari ta'sirini o'rganishda umumiy matematik model yaratildi.



a)

b)

c)

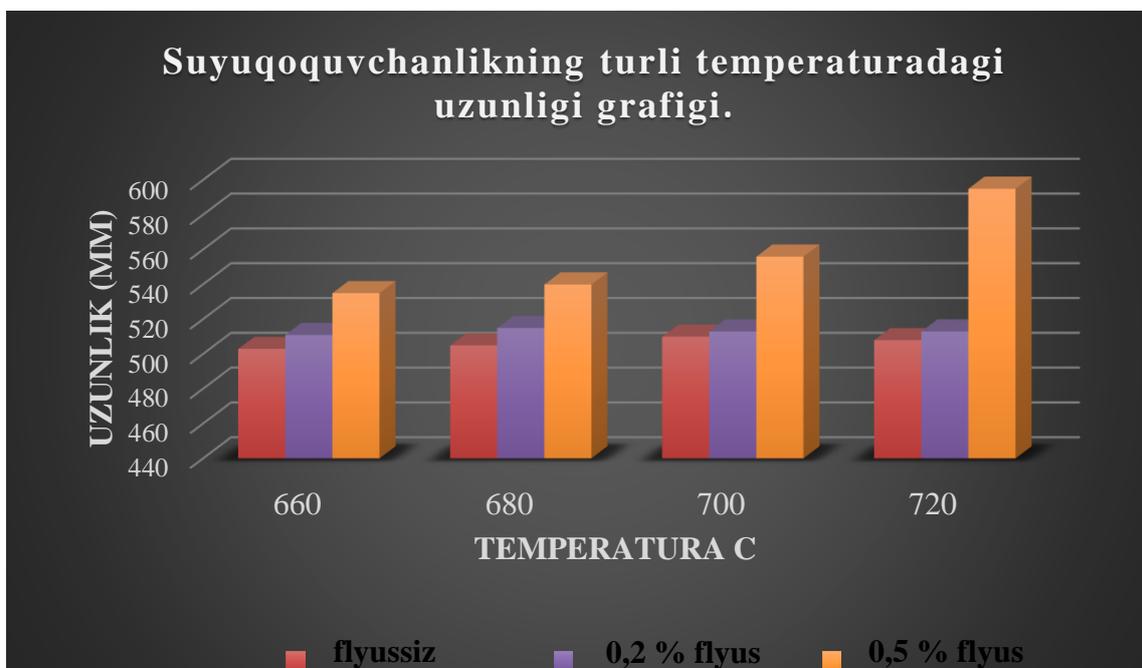
4-rasm. Flyus miqdori turlicha qo'shilgan 720 °C haroratda quyib olingan spiral namunalarning ko'rinishi. a-5 foiz miqdorda qo'shilgan flyusning namunasi uzunligi esa 595 mm, b-flyus qo'shilmagan shixtaning o'zining namunasi uzunligi esa 508 mm, c-2 foiz miqdorda qo'shilgan flyusning namunasi uzunligi esa 513 mmni tashkil qilgan.

Olingan natijalarni solishtirganimizda demak flyusning qo‘shilish foiz ko‘rsatgichi ham shixtaga turlicha ta‘sir qilmoqda. Flyussiz quyib olingan namunaning uzunligi 508 mmni tashkil qilmoqda. Flyus qo‘shilgan 2 foiz qo‘shilgan namunaning uzunligi 513 mmni tashkil qilayabti. Flyus 5 foiz qo‘shilgan namunaning uzunligi 595 mmni tashkil qilmoqda. Eng maqbul variant sifatida esa 5 foizli flyus maqbul ko‘rildi chunki olingan namunaning uzunligi 595 mmni tashkil qilayabti. Olingan namunalarning jadvalda ko‘rinishi (2-jadvalda ko‘rsatilgan).

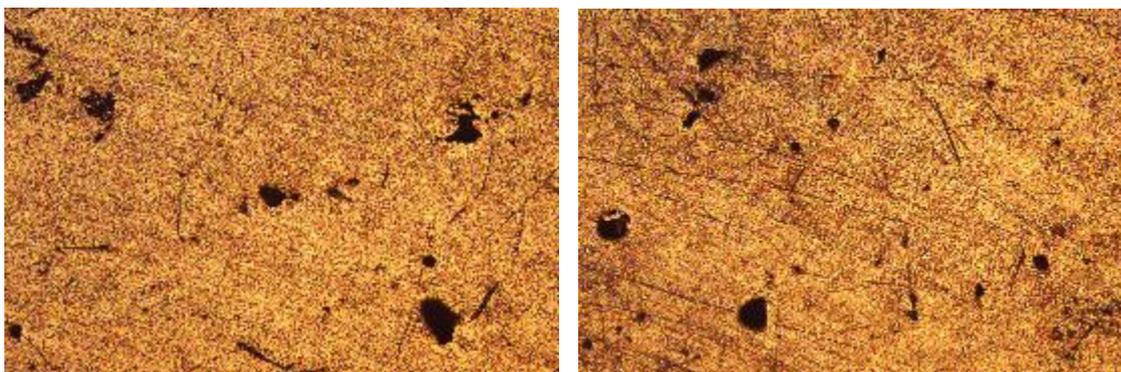
Namuna	Material (gr)	Flyus foizi	Temperatura	Uzoqchilikning uzunligi (mm)
1	150	flyussiz	680 °C	505
2	150	0.2%	680 °C	515
3	150	0.5%	680 °C	540
4	150	flyussiz	720 °C	508
5	150	0.2%	720 °C	513
6	150	0.5%	720 °C	595
7	150	flyussiz	700 °C	510
8	150	0.2%	700 °C	513
9	150	0.5%	700 °C	556
10	150	flyussiz	660 °C	503
11	150	0.2%	660 °C	511
12	150	0.5%	660 °C	535

2-jadval. O‘tkazilgan tajribalardagi namuna va ularga qo‘shilgan flyuslarning miqdori.

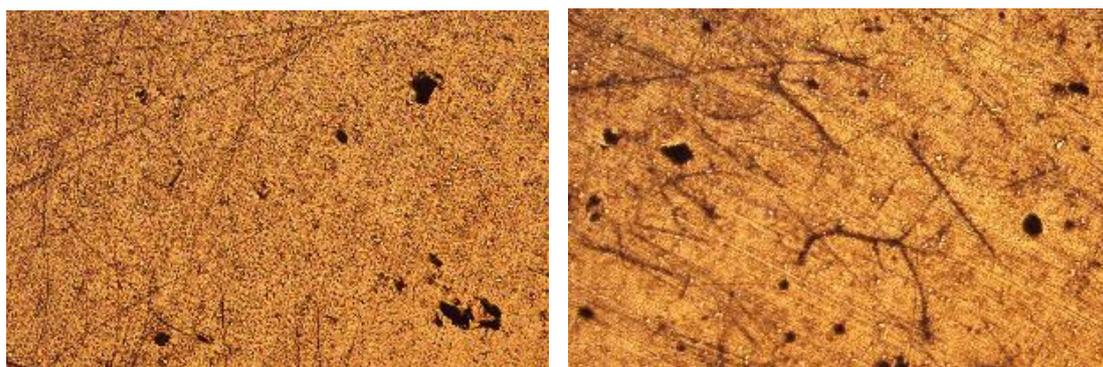
Olingan natijalarni grafiklarga joylaganimizda turli xil ko‘rsatgichlarni kuzatishimiz mumkin (1-grafik).



O‘rganilgan ham olingan mikrostrukturalardan ko‘rinib turibdiki flyusning qo‘shilishi shixta tarkibidagi oksidlarni yetarli miqdorda kamaytiradi. Olingan natijalarning strukturaviy ko‘rinishi 5,6,7-rasmlarda ko‘rsatilgan.



5-rasm. Flyus qo‘shilmagan holda olingan namunaning strukturaviy ko‘rinishi.



6-rasm. 2 foiz qo‘shilganda namunaning mikrostrukturaviy ko‘rinishi.

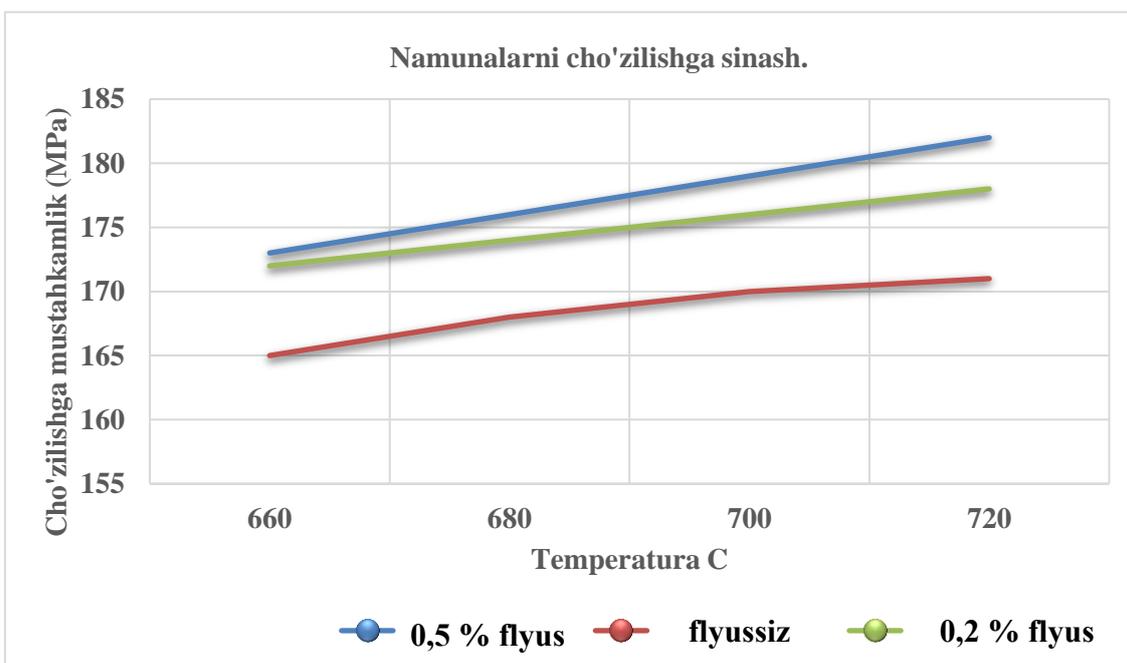
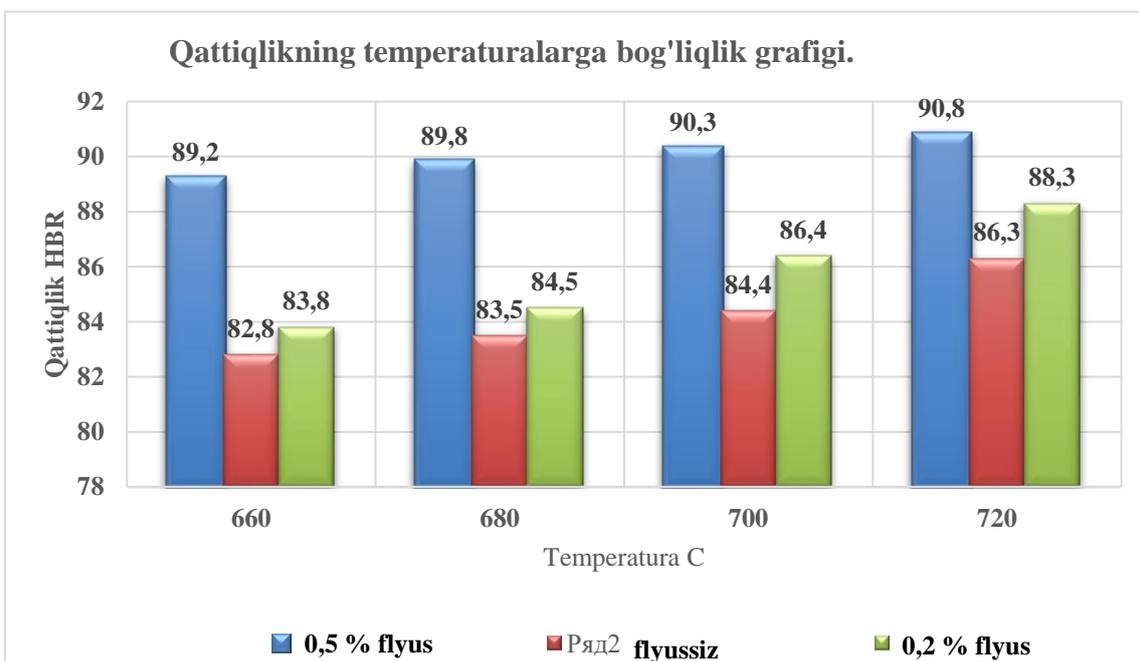


7-rasm. 5 foizli flyusning qo‘shilganda namunaning strukturaviy ko‘rinishi.

Qo‘shimchalarning oquvchanlikka ta’siri shundaki, sof alyuminiyning oquvchanligi oksid qo‘shimchalari mavjudligi tufayli sezilarli darajada kamayadi, chunki oksid qo‘shimchalari suyuq metall oqimini to‘sib qo‘yadi. Namunalarning oquvchanligi temperatura oshishi va flyus qo‘shilishi bilan ortadi. Chunki alyuminiy quyishda flyus va temperaturani qo‘shish qo‘shimchalarni kamaytirishi mumkin, bu esa metallning oquvchanligini oshiradi. O‘tkazilgan tadqiqotlarimizni inobatga olgan holda quyidagi xulosalarni berishimiz mumkin: NaF (Natriy ftorid), NaNO_3 (Natriy Nitrat), NaCl (Natriy Xlorid) va Na_2SO_4 (Natriy Sulfat) asosidagi flyus qo‘shilishi quyish jarayonida eritilgan alyuminiyning sifati yaxshilanadi. Buning sababi, flyus eritilgan metall dan oksid qo‘shimchalarni bog‘lab, sirtga chiqarish rolini o‘ynaydi. Flyusning og‘irlik foizi va suyuqlanish temperaturasi

o'zining optimal nuqtasiga ko'tarilishi bilan oksid qo'shimchalari kamayadi. 720°C haroratda flyus bilan ishlov berish oksid qo'shimchalarni olib tashlashda eng yuqori samaradorlikka ega. 720 °C haroratda va 0,5% flyus miqdori bilan alyuminiy eritmasining eng yaxshi oquvchanligi ta'minlanadi.

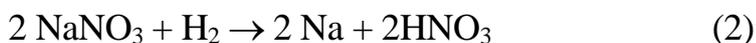
Alyuminiy qotishmasini quyib olish jarayonida natriy asosidagi flyuslar bilan oksidli qo'shimchalardan tozalash asosida qotishmaning qattqlik va cho'zilish xossalari tekshirishda olingan quymalarning qattqligini tekshirish uchun korxonada sinov-dastgohlaridan foydalangan holda qattqlikning temperaturaga bog'liqlik grafiklar tuzilgan hamda natriy asosidagi flyusning suyuq metallga qo'shilishi evaziga qanday reaksiyalar kechishi tushuntirilgan. Hamda olingan namunalarning cho'zilishg sinash natijasida olingan natijalar ham jamlangan.



2-gafik: Namunalarni cho'zilishga sinash.

Olingan grafikdan ko'rinib turibdiki flyus miqdorini 5 foiz qiymati hamda temperaturaning 720 °C haroratli eng yuqori qattiqlikni ko'rsatmoqda. Qo'shilgan flyusning qotishma tarkibiga qay holatda ta'sir qilishi va kimyoviy reaksiya jarayonini sodir bo'lishi haqida ham ma'lumotlar berilgan.

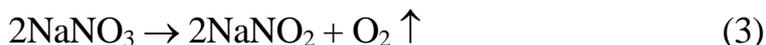
- **Kimyoviy reaksiya**



Flyus tarkibidagi NaF (natriy ftorid) va NaNO₃ (natriy nitrat)ning ta'sirini yuqoridagi tenglamadan ko'rishimiz mumkin, flyusning asosiy vazifasi suyuq alyuminiyda azot gazini (N₂) hosil qilish. Hosil bo'lgan azot gazi vodorod gazini (H₂) o'ziga olib, suyuqlik yuzasiga chiqadi. Buning natijasida suyuqlik tarkibidagi bo'shliqlar kamaydi.

Flyus tarkibidagi NaNO₃ (natriy nitrat) suyuqlantirilgan alyuminiy botganda quyidagi reaksiyalar orqali N₂ (azot gazi)ni hosil qiladi:

NaNO₃ (natriy nitrat) ning yuqori haroratda parchalanishi:



Keyin NaNO₃ (natriy nitrat) alyuminiy bilan kirishgan holda azot gazini ajratadi:

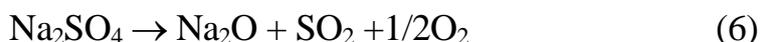


NaF (natriy ftorid) suyuqlikdagi H₂ (vodorod) bilan reaksiyaga kirishgan holda HF (vodorod ftorid)ni hosil qiladi:



NaCl + Na₂SO₄ ning alyuminiy qotishmasining suyuqlantirishda qo'llanilishi va foydali jihatlari.

Na₂SO₄ alyuminiy qotishmasi suyuqalanish jarayonida issiqlikga parchalangan holda SO₂ gazini ajratadi:



SO₂ alyuminiy Al₂O₃ (oksid plyonka) sini kimyoviy parchalagan holda, suyuq metallning birlashishini bir muncha yaxshilaydi.

Mg, Ca kabi aralashmalar Na₂SO₄ bilan reaksiyaga kirishgan holda, sulfat shaklida shlak tarkibiga kiradi:



Biz qo'llagan flyus orqali korxonadagi gaz pechlarida suyuqlantirilgan alyuminiy qotishmasining metall yo'qolishi kamaygan (oksid plyonkaning parchalanishi hisobiga). Suyuqlik tozaligi ta'minlandi, gaz va boshqa oksidlar chiqarildi. Energiya sarfi kamaydi.

Dissertatsiyaning **“Alyuminiy qotishmalarini gaz pechlarida suyuqlantirish texnologiyasini takomillashtirishning matematik modelini ishlab chiqish”** deb

nomlangan 4-bobida “Uz Auto-INZI” QK da ishlab chiqilgan yangi tarkibli flyus hamda korxonada sharoitida qo’llaniladigan flyusdan foydalangan holda quymalar olindi. Qo’llanilgan yangi tarkibli flyus hamda korxonada sharoitida ishlatilib kelayotgan flyusdan foydalanib tadqiqot natijalari olindi. Olingan quymalar ikki rejimda olindi korxonada qo’llanilgan flyus, korxonadagi avvalgi ishlab chiqarishda qo’llanilgan texnologiya asosida, hamda yangi tarkibli flyus biz ishlab chiqqan texnologiya asosida ya’ni qizigashixta mahsulotlarini pechga yuklash hamda, suyuq metallga pech ichida hamda pechdan tashqari ishlov berish. Ishlab chiqilgan texnologiya asosida alyuminiy qotishmasining tarkibidagi oksid qo’shimchalarning miqdorini 1-2 % gacha tushirishga muvaffaq bo’ldik. 3-jadvalda korxonada tomonidan qo’llanilgan pechdan olingan quymalarning tarkibidagi oksid miqdorini ko’rsatilgan jadval shakllangan. Jadvalga ko’ra korxonada tomonidan qo’llanilgan flyus hamda biz ishlab chiqqana texnologiya hamda flyusdan foydalangan holda olingan natijalarni ko’rishimiz mumkin.

3-jadvalda korxonada tomonidan qo’llanilgan flyus va flyus qo’shmagan holda olingan quyma tarkibidagi oksidlarining miqdori.

Temperatura	Flyus qo’shilmagan holda			Al ₂ O ₃
720				10-14 %
Temperatura	KCl	NaCl	oshqa qo’shimchalar	Al ₂ O ₃
720	47.5 %	47.5 %	5 %	6-9 %

4-jadvalda Ishlab chiqilgan yangi tarkibli flyus asosida olingan quyma tarkibidagi oksidlarining miqdori.

Temperatura	NaF	NaCl	NaNO ₃	Na ₂ SO ₄	Al ₂ O ₃
660	40 %	30 %	18 %	12 %	4-5 %
680	40 %	30 %	18 %	12 %	3-4 %
700	40 %	30 %	18 %	12 %	1-3 %
720	40 %	30 %	18 %	12 %	1-2 %

4-jadvalda yangi ishlab chiqilgan yangi tarkibli flyus asosida turli temperaturalarda olingan quymalarning tarkibidagi oksid miqdorlari ko’rsatilgan. O’tkazilgan tadqiqotlarga ko’ra olingan ma’lumotlarga tayangan holda. Bizda flyus miqdorlarini turli miqdorda qo’shgan holda oksidlarning ko’rsatgichlarimiz mavjud bo’lib (5-jadval).

5-jadval. Flyusning miqdoriga alyuminiy oksidning bog‘liqlik jadvali.

Temperatura	Flyusning miqdori	Al ₂ O ₃
720	0.01	9-10 %
720	0.02	8-7 %
720	0.03	6-5 %
720	0.04	2-3 %
720	0.05	1-2 %

Endi yuklanayotgan shixta tarkibiga flyus miqdorining qo‘shilishi bilan alyuminiy qotishmasining tarkibidagi oksid qo‘shimchalarining miqdoriy o‘zgarishini aniqlaymiz. 5-jadvalda keltirilgan tajriba-sinovlardan aniqlangan ma’lumotlar asosida quyidagilarni keltirishimiz mumkin.

$$f_1=0.1, f_2=0.2, f_3=0.3, f_4=0.4, f_5=0.5 \quad (8)$$

$$\alpha_1=9, \alpha_2=7, \alpha_3=5, \alpha_4=3, \alpha_5=2, \quad (9)$$

Algebraik tenglamalar sistemasi quyidagicha bo‘ladi:

$$\begin{cases} a_1 + 0.1a_2 + 0.01a_3 + 0.001a_4 + 0.0001a_5 = 0.09 \\ a_1 + 0.2a_2 + 0.04a_3 + 0.008a_4 + 0.0016a_5 = 0.07 \\ a_1 + 0.3a_2 + 0.09a_3 + 0.027a_4 + 0.0081a_5 = 0.05 \\ a_1 + 0.4a_2 + 0.16a_3 + 0.064a_4 + 0.0256a_5 = 0.03 \\ a_1 + 0.5a_2 + 0.25a_3 + 0.125a_4 + 0.0625a_5 = 0.02 \end{cases} \quad (10)$$

Ushbu tenglamani algebraik tenglamalar sistemasini Gauss yoki Kramer usulida Mathcad dasturida hisoblaganda quyidagi yechim ildizlarida ega bo‘lamiz:

$$a_1=0.12, a_2=-0.4083, a_3=1.4583, a_4=-4.1667, a_5=4.1667$$

flyus miqdorining o‘zgarishi bilan qotishma tarkibidagi oksid miqdorining o‘zgarishini xarakterlaydigan funksiya quyidagi holatda bo‘ladi:

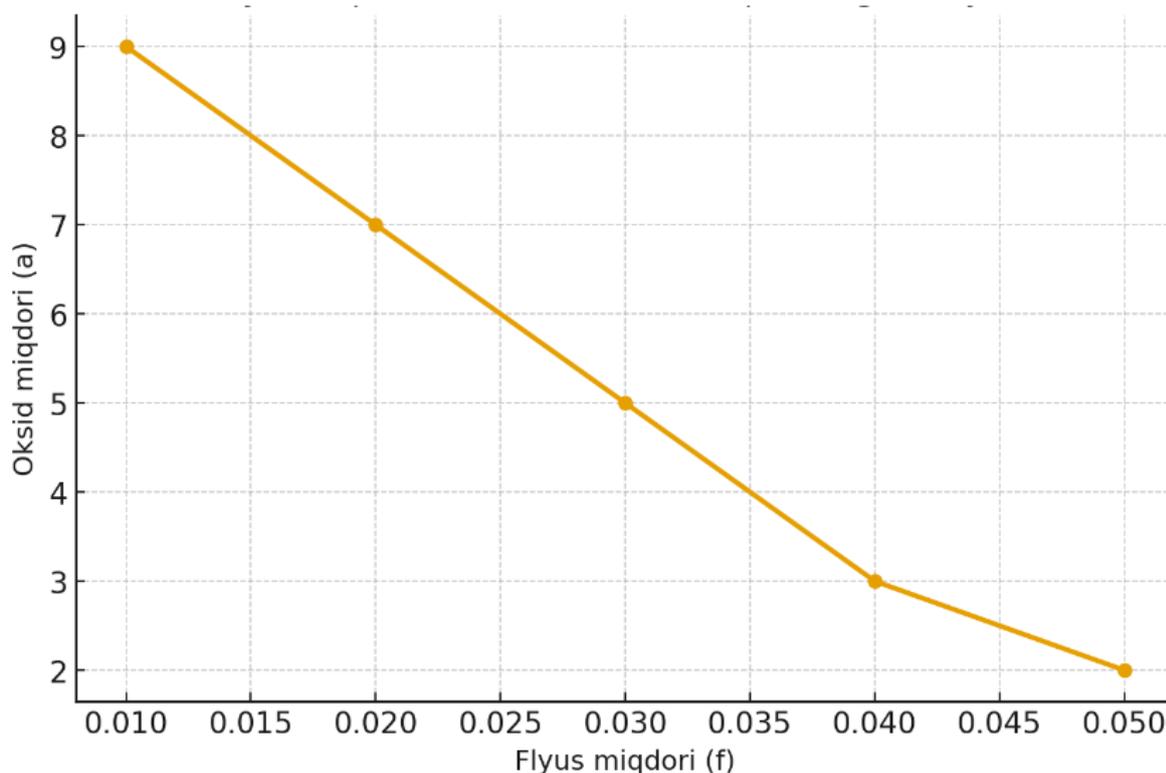
$$\alpha(f)=0.12-0.4083f+1.4583f^2-4.1667f^3+4.1667f^4 \quad (11)$$

Ushbu ifoda orqal flyus (f) ning miqdori o‘zgarishi bilan qotishma tarkibidagi oksid miqdorining o‘zgarishi bir qiymatli hisoblash va aniqlash imkoniyatini yaratadi. Aniqlik darajasini ko‘rsatish uchun esa Mathcad dasturidan foydalanilgan.

$$A \cdot X = B \quad (12)$$

Bu yerda:

$$A = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.01 & 0.001 & 0.0001 \\ 0.2 & 0.04 & 0.008 & 0.0016 \\ 0.3 & 0.09 & 0.027 & 0.0081 \\ 0.4 & 0.16 & 0.064 & 0.0256 \\ 0.5 & 0.25 & 0.125 & 0.0625 \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0.09 - a_1 \\ 0.07 - a_1 \\ 0.05 - a_1 \\ 0.03 - a_1 \\ 0.02 - a_1 \end{bmatrix}$$



3-grafik. Qotishmaga qo‘shiladigan flyusning miqdoriy ko‘rsatgichi ortishi bilan uning tarkibidagi oksid miqdorining kamayishi grafigi

XULOSA

Alyuminiy qotishmalarini gaz pechlarida suyuqlantirishda metallning oksidlanishini kamaytirish texnologiyasini takomillashtirish bo‘yicha o‘tkazilgan ilmiy-tadqiqotlar natijalarining tahlillari asosida quyidagi asosiy xulosalar berilgan:

1. ADC 12 markali alyuminiy qotishmasidan olinayotgan “adapter 12” detali quymasini olishda pechda qo‘shiluvchi natriy asosidagi flyuslar bilan ishlov berish texnologiyasini takomillashtirilgan. Bu quymada gazlar va oksidlar miqdorini kamaytirishga imkon beradi;

2. ADC 12 markali alyuminiy qotishmasidan olinayotgan “adapter 12” detali quymasini olishda suyuq holatda ishlov berish texnologiyasi takomillashtirilgan. Bu qotishmada mayda donador struktura shakllanishiga va bu orqali qotishmaning suyuqlikoquvchanligining oshirishga xizmat qiladi;

3. ADC 12 markali alyuminiy qotishmasidan olinayotgan “adapter 12” detali quymasini olishda alyuminiy qotishmalarining tarkibidagi oksidlarni miqdorini kamaytirish texnologiyasini takomillashtirilgan. Bu quymada shlak miqdorini kamaytirishga imkon beradi;

4. ADC 12 markali alyuminiy qotishmasidan olinayotgan “adapter 12” detali quymasini olishda gaz pechga shixta yuklashning energiyatejamkor texnologiyasi ishlab chiqildi. Bu orqali pech gaz sarfi kamaytirish imkonini beradi;

5. Qotishmani pech tashqarisida kovshda va quyish vaqtida suyuq holatda ishlov berish texnologiyasi ishlab chiqilgan. Bu quyma mahsulotlardagi gazlarni kamaytirish uchun xizmat qiladi;

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.03.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

МУРОДҚОСИМОВ РАВШАНБЕК ХОЛМАМАТ УГЛИ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УМЕНЬШЕНИЯ
ОКИСЛЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ПЛАВКЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ
В ГАЗОВЫХ ПЕЧАХ**

**05.02.01- Материаловедение в машиностроении. Литейное производство. Термическая
обработка металлов давлением. Металлургия черных, цветных и редких металлов.
Технология редких, ценных и радиоактивных элементов (направление литейное
производство и обработка металлов)**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ
(PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации.. В мире особое внимание уделяется разработке экономичной технологии, основанной на уменьшении оксидных примесей при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах, в частности, при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах, наряду с уменьшением потерь металла вследствие их окисления, проводится ряд научных исследований по устранению оксидных примесей в составе сплава. В научно-исследовательских центрах ведущих стран мира, в том числе США, Англии, Германии, Италии, Японии, Кореи, Китая, России особое внимание уделяется получению качественной продукции из газовых печей, широко применяемых при плавке алюминиевых сплавов. В этом направлении особое внимание уделяется совершенствованию конструкций печей, оптимизации технологии плавки, разработке способов обработки жидкого металла модификаторами.

В результате исследований, проводимых в мире по таким направлениям, как оптимизация процесса плавки в газовых печах, контроль состава газов, выбрасываемых в атмосферу, использование флюсов, стабилизация теплообмена, особое внимание уделяется улучшению качественных показателей алюминиевых сплавов. В то же время во многих странах мира проводятся важные работы по снижению себестоимости производства, уменьшению потерь металла и уменьшению количества отходов, улучшению качества алюминиевых сплавов и снижению окисления металла при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах. В этом направлении ведутся работы по совершенствованию и внедрению технологии снижения окисления металла при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах, а технология получения прочных отливок является одной из актуальных задач.

В Узбекистане осуществляются широкомасштабные мероприятия по проведению исследований и внедрению на практике новых технологий, способствующих эффективному использованию ресурсов, применяемых при производстве деталей машин и комплектующих изделий литейным способом, а также повышению эффективности производства и показателей качества. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы определены важные задачи по "внедрению производства горно-металлургических машин, техники и оборудования на базе машиностроительных заводов и расширению ассортимента продукции, повышению уровня локализации и организации производства необходимого оборудования и комплектующих для них." В реализации этих задач важное значение имеет совершенствование технологии снижения окисления металла при литейной обработке, плавке алюминиевых сплавов в газовых печах и разработка технологии новых материалов с улучшенными механическими и физическими свойствами.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлениях Президента Республики Узбекистан No ПП-307 от 6 июля 2022 года "Об утверждении Стратегии инновационного развития Республики Узбекистан на 2022-2026

годы" и No ПП-99 от 24 января 2022 года "О мерах по созданию эффективной системы развития производства и расширения промышленной кооперации в республике," 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 требованиями II приоритетного направления развития науки и технологий республики "Энергетика, энерго- и ресурсосбережение."

Степень изученности проблемы. В настоящее время ученые всего мира проводят исследования в области алюминиевых плавильных печей. Ученые Pontifical University в Рио-де-Жанейро (Бразилия) Angela O. Nieckele, Monica F. Naccache и Marcos Sebastião P. Gomes изучали температуру в ванне алюминиевых плавильных печей и использование жидкого или газового топлива для плавления алюминиевых сплавов. Нигерийские ученые Lawrence Opeyemi Osobaа, Oluwasegun Biodun Owolabib и Segun Isaac Talabic исследовали "Механизм образования оксидов и восстановления алюминия в процессе переплавки алюминиевых сплавов." Индонезийские ученые Widyantoro, Donanta Dhaneswara, Jaka Fajar Fatriansyah и Muhammad Reza Firmansyah изучали "Удаление оксидных слоев с помощью флюсов на основе натрия в процессе плавки алюминиевых отходов." Ученые Шанхайского университета Цзяо Тун в Китае Chong Chen, Jun Wang, Da Shu, Sen Zhang и Baode Sun провели исследования по "Удалению неметаллических примесей (в основном оксидов Al_2O_3) из алюминия." Ученые Университета Цинхуа Cong Li, Jian-guo Li, Yi-zhe Mao и Jia-cheng Ji разработали новый метод "флюсовой зарядки и быстрого охлаждения кварцевого тигля" и исследовали механизм удаления оксидных примесей (в основном Al_2O_3) из расплава алюминия с помощью твердых флюсов. Ученые Исламского университета Азад в Индии Nima Khademian и Yaser Reimei изучали "Механические и микроструктурные свойства автомобильных деталей, отлитых из алюминиевого сплава марки ADC 12 под высоким давлением," а также влияние Si, Cu и Cr на свойства и температуру плавления этого сплава. В своей работе они отметили: "Среди алюминиевых сплавов ADC 12 отличается относительно высоким содержанием кремния (Si) и меди (Cu). Кремний улучшает текучесть отливки и снижает температуру плавления. Эвтектический сплав свободен от примесей и газов, обладает высокой термостойкостью, упрочняющим действием и хорошей обрабатываемостью. Медь значительно повышает прочность сплава и обеспечивает дисперсионное упрочнение. Добавление меди к алюминию снижает пластичность и коррозионную стойкость сплава, может увеличить склонность сплавов Al-Cu к твердению и растрескиванию. Хром иногда используется для ограничения роста зерен при горячей обработке или термообработке, что улучшает гибкость и твердость. Cr также значительно снижает склонность сплава к коррозионному растрескиванию." Ученые Малайзийского технического университета M.R.M. Kamal, H.A.M. Tahir, M.S. Salleh, H.N.H. Vazri, M.K. Musa и N. F. Bazilah в своей работе "Проектирование

и моделирование теплового анализа литья алюминиевого сплава в форму под действием силы тяжести" разработали дизайн формы для алюминиевого сплава и пришли к выводу, что вертикальный дизайн является наиболее оптимальным для получения бездефектного литья, поскольку он имеет меньше дефектов по сравнению с горизонтальным дизайном.

В результате исследований, проведенных учеными Узбекистана, была разработана конструкция двухкамерной газовой печи для плавки алюминиевых сплавов, технология, обеспечивающая ресурсосбережение при плавке алюминиевых сплавов, а также механизм проникновения железа и свинца в состав алюминия в процессе плавки (А.О. Шазимов, Н.Д. Тураходжаев, Ю.Н. Мансуров). Ш.Н. Тураходжаева и Ж.С. Камалов также проводили научные исследования по уменьшению пористости металла и неметаллических включений при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах, а также по снижению содержания оксида (Al_2O_3). Согласно результатам исследований, проведенных учеными, удалось снизить содержание водорода в алюминии на 8-9% и количество неметаллических включений на 6-7%.

Несмотря на достижение высоких научных результатов в плавке алюминиевых сплавов, все еще существует множество нерешенных проблем. Например, не разработана технология получения высококачественного сплава при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах. Проведенные исследования в основном касались плавления металла алюминиевых сплавов и его обработки флюсом. Ряд исследований был проведен в отношении физико-химических процессов жидкого алюминия, однако исследования свойств газонасыщенных и ненасыщенных сплавов в процессе проникновения газов в металл при плавке алюминия в газовых печах не проводились. Совершенствование технологии снижения окисления металла при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах является актуальным и имеет научно-практическое значение.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.

Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета по фундаментальному проекту No ИЛ-210321288 "Разработка технологии снижения содержания газа и неметаллических включений в литых изделиях, получаемых из алюминиевых сплавов в газовых печах," заключенному между Ташкентским государственным техническим университетом и Агентством инновационного развития.

Цель исследования заключается в совершенствовании технологии снижения окисления металла при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах.

Задачи исследования:

совершенствование технологии обработки флюсами на основе натрия при получении алюминиевых сплавов;

совершенствование технологии обработки алюминиевых сплавов в

жидком состоянии;

совершенствование технологии снижения содержания оксидов в алюминиевых сплавах;

совершенствование технологии плавки алюминиевых сплавов в газовой печи;

разработка технологии внепечной обработки алюминиевых сплавов;

Объектом исследования выбраны алюминиевый сплав марки ADC 12 и газовая печь для плавки алюминиевых сплавов.

Предметом исследования является влияние уменьшения содержания оксидов в алюминиевом сплаве марки ADC 12 на его механико-физические свойства, а также повышение его жидкотекучести и уменьшение количества газовых и неметаллических включений в сплаве, повышение энергоэффективности газовой печи, используемой для плавки алюминиевого сплава, процесс воздействия вредных элементов, выходящих из газовой печи, на окружающую среду.

Методы исследования. В процессе исследования химический состав сплавов определялся спектрометрическим методом, для определения твердости использовался метод Бриннеля, для изучения механических свойств и структуры использовались методы идентификации фаз (SEM - Zeiss EVO MA 10 (Carl Zeiss)).

Научная новизна исследования заключается в следующем:

Усовершенствована технология уменьшения количества пор в сплаве за счет добавления нового флюса на основе натрия в алюминиевый сплав марки ADC на основе активности элемента натрия по отношению к водороду;

Усовершенствована технология обработки фтористым натрием при плавке алюминиевого сплава марки ADC 12 на основе свойства элемента фтора связывать газы;

разработана технология снижения окисления алюминия при плавке алюминиевых сплавов с помощью газовых печей на основе механизма удаления оксидов в шлак;

разработан двухстадийный режим внутripечной плавки жидкого алюминиевого сплава, параметры глубины и поверхности ванны жидкого металла в зависимости от количества модификатора обработки;

технология азотного напыления при внепечной обработке алюминиевого сплава разработана на основе химической активности азота.

Практические результаты исследования состоят в следующем:

усовершенствованы режимы предварительного нагрева алюминиевой шихты перед загрузкой в газовые печи;

внедрен канал нормализации теплообмена между жидким сплавом и твердым металлом при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах;

разработана технология, снижающая окисление алюминия при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах.

Достоверность результатов исследования обоснована сравнением и сохранением пропорциональности экспериментальных данных, полученных в

ходе диссертационного исследования в ТашГТУ, СП "Uz Auto-INZI," Алмалыкском филиале ТашГТУ, с существующими экспериментальными данными. Использовались современное оборудование для металлографического и микроструктурного анализа, измерения жидкотекучести, твердости, а также газоанализаторы для определения вредных газов, выбрасываемых в окружающую среду.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость полученных результатов исследовательской работы характеризуется обеспечением ресурсо- и энергосбережения на основе обработки алюминиевых сплавов флюсами в газовой печи, рафинирования в ковше и оптимизации конструкции газовой печи, что подтверждается анализом научных исследований ведущих ученых.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что в процессе плавки алюминиевого сплава марки ADC 12 на основе обработки натриевыми флюсами в печи и вне печи за счет уменьшения количества содержащихся в нем оксидов повысились механические свойства твердости и литейные свойства сплава, а также повысилась энергоэффективность газовой печи за счет разработки режимов предварительного нагрева алюминиевой шихты перед загрузкой в газовые печи.

Внедрение результатов исследования.

На основе полученных результатов исследований по совершенствованию технологии снижения окисления металла при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах:

Режимы предварительного нагрева алюминиевой шихты перед загрузкой в газовые печи внедрены в СП ООО "Uz Auto-INZI," принадлежащем АО "Узавтосаноат." (Справка АО "Узавтосаноат" No 21/06-25-0371 от 27.02.2025) В результате внедрения расход газа снизился на 7-8%;

Канал нормирования теплообмена между жидким сплавом и твердым металлом при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах внедрен в СП ООО "Uz Auto-INZI," принадлежащем АО "Узавтосаноат." (Справка АО "Узавтосаноат" No 21/06-25-0371 от 27.02.2025) В результате внедрения количество потерь тепла в нагревательной камере снизилось на 10-11%;

Технология снижения окисления алюминия при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах внедрена в СП ООО "Uz Auto-INZI," принадлежащем АО "Узавтосаноат." (Согласно справке АО "Узавтосаноат" No 21/06-25-0371 от 27.02.2025 г.) В результате внедрения потери алюминия из-за окисления сократились на 10-12%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования диссертационной работы были представлены в общей сложности на 13 конференциях, из них 11 международных, 1 тезис на международной конференции, индексируемой в базе Scopus, и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. Опубликован в общей сложности 21 научный материал, связанный с темой диссертации. В научных

изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD), опубликовано 8 научных статей, в том числе 6 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, а также 1 статья в журнале, индексируемом в базе Scopus.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, списка условных обозначений и терминов, а также приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и необходимость темы диссертации, формулируются цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, внедрение результатов исследования в практику, приводятся сведения об опубликованных работах, структуре и объеме диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **"Анализ проведенных исследований по совершенствованию технологии снижения окисления металла при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах,"** проанализирована литература по теме, изучены печи, используемые при плавке алюминиевых сплавов, а также их типы и принципы работы, коэффициент полезного действия и недостатки. Рассмотрено, какие типы алюминиевых сплавов можно плавить в печах для плавки алюминиевых сплавов. Изучены работы и исследования ведущих ученых о печах, предназначенных для повышения механических и физических свойств алюминия при использовании печей для плавки алюминиевых сплавов.

Типы и характеристики газовых печей, предназначенных для плавки алюминиевых сплавов. Изучен принцип их работы и виды газового топлива, на котором они функционируют. Также были исследованы внутренние облицовки газовых печей и ресурсосберегающие технологии. Рассмотрены конструкции газовых печей и применяемые в них технологии, а также проанализированы опыты и эксперименты, проведенные учеными. Изучены научно-практические эксперименты узбекских ученых, связанные с газовыми печами, и обсуждены разработанные ими технологии. На основе сделанных выводов и с учетом существующих условий была разработана соответствующая технология.

Изучены также проводимые в мире исследования по технологиям снижения энергозатрат при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах. На основе результатов исследований ученых по снижению энергопотребления удалось снизить энергозатраты газовых печей, адаптированных к условиям Узбекистана, исходя из имеющихся возможностей, и внедрить эти технологии в промышленную газовую печь. Также был изучен обзор мировых исследований по эффективному использованию тепла в печной ванне при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах. На основе результатов, полученных

ведущими учеными, были усовершенствованы существующие технологии. Учеными-исследователями было установлено, что тепло, выделяющееся из печной ванны, используется для систем отопления предприятий и других целей. С целью эффективного использования тепла, выделяющегося из газовой ванны, были изучены вопросы направления тепла на нагрев шихты, а также исследования ученых, работавших над подобными проблемами.

Также был изучен обзор исследований, проводимых в мире по снижению количества оксидов, образующихся при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах. Проанализированы научные работы ученых мира по снижению содержания оксидов в алюминиевых сплавах.

Во второй главе диссертации, озаглавленной **"Выбор объекта исследования и разработка методов исследования,"** в качестве объекта исследования были выбраны газ для плавки алюминиевых сплавов, алюминиевые сплавы марок ADC 10 и ADC 12, оксидные добавки в сплаве, огнеупорные покрытия, используемые в нагревательных устройствах, детали адаптера 12 и адаптера 11, режимы нагрева, а также деталь адаптера 12, полученная методом литья под давлением из сплава. Приведены методы исследований и анализы, проведенные для повышения твердости этой детали.

В частности, для анализа неметаллических включений и газовых пор в исследуемых образцах использовался металлографический микроскоп Nikon Eclipse LV150N центральной лаборатории СП "UZ Auto-INZI." При этом образцы, анализируемые с помощью этого микроскопа, увеличивались в 100-2000 раз (рис. 1). На основе полученных микроскопических анализов микроструктуры были проанализированы методы контроля неметаллических включений и газовых пор, которые могут образоваться в исследуемых образцах во время плавки.



1- рисунок. Микроструктурные изображения алюминиевого сплава марки ADC 12, полученные на металлографическом микроскопе Nikon Eclipse LV150N.

Для проведения микроанализа экспериментальных образцов, полученных в ходе исследовательской работы, использовался микроаналитический системный спектрометр. В центральной лаборатории СП "UZ Auto-INZI" был определен химический состав сплава с помощью прибора "СПЕКТРОМЕТР-М5000." Для определения количества вредных газов в дымовых газах, выходящих из газовых печей, а также различных газов в их составе использовался газоанализатор марки "Testo 350."

В третьей главе диссертации под названием **"Разработка режимов нагрева шихты для снижения степени окисления алюминия при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах"** приведены результаты

исследований по нагреву шихты с использованием отходящего тепла газовой печи. Представлены исследования и результаты по снижению содержания оксидов в сплаве.

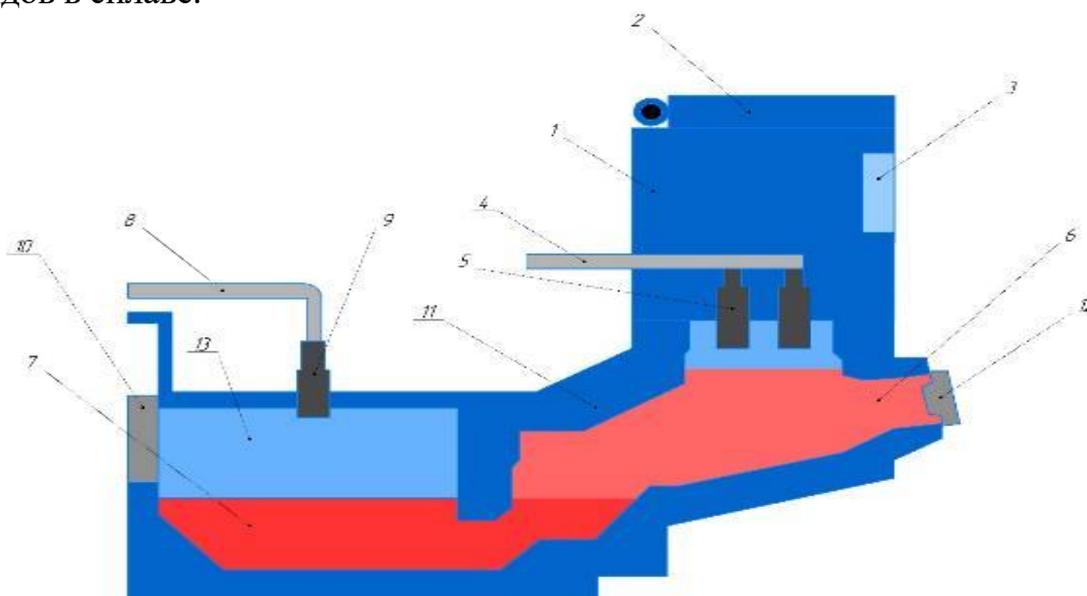


Рис. 2. Схематическое изображение печи для плавки алюминиевых сплавов на предприятии "Uz Auto-INZI." 1 - наружное покрытие печи, 2 - загрузочная дверь, 3 - дымоход, 4,8 - газовая труба, 5,9 - газовая горелка для пламени, 6 - загруженная шихта для плавки, 7 - расплавленный алюминиевый сплав, 10 - дверь для заливки жидкого алюминия в ковш, 11 - стенка из огнеупорного материала (кирпича), 12 - дополнительная дверь, 13 - канал для хранения расплавленного алюминия.

При загрузке в печь предварительно нагретой шихты сокращается время плавления и уменьшается газонасыщение алюминиевого сплава. Для расчета и сокращения времени, затрачиваемого на плавление шихты в печи, мы провели исследования на кафедре "Технологии металлов" Ташкентского государственного технического университета и снизили расход газа в 2,5 раза. Основная причина этого заключалась в загрузке в печь предварительно нагретой шихты. Для эффективного использования отходящего тепла печи для нагрева шихты, мы направили это тепло на нагрев шихты, по этому вопросу были проведены экспериментальные испытания и получены результаты.



а)

б)

в)

Рисунок 3. Температура внутри оборудования после установки устройства для повышения турбулентности: а - 274°C, б - 287°C, в - 326°C.

Учитывая, что показатели температуры нагретого металла различаются по объему в разных местах оборудования, было принято среднее значение 300°C. Полученные результаты показывают, что нагрев загружаемой шихты во время плавки является эффективным методом. Проведенные исследования демонстрируют, что при плавлении загруженной в печь шихты в течение 25-30 минут можно нагреть следующую партию металллолома до температуры 250-300°C, а расход газа снизить в 2,5 раза. На производственных предприятиях, поскольку печь работает непрерывно, температуру загружаемой для нагрева шихты можно довести не только до 300°C, но и выше. В проведенном нами эксперименте температурный показатель газовой печи для плавки алюминия составил 660°C. Температура в печи предприятия Uz Auto-INZI составляет 718°C. В этом случае шихту можно нагреть до температуры 350°C. В связи с тем, что шихта загружается сверху в производственную печь предприятия, были внесены предложения об установке дополнительного жаростойкого устройства (сетки) в части трубопровода печи, выводящей отработанные газы, и это было применено на производственном предприятии. Температурный показатель газовой печи для плавки алюминия в печи, которую мы провели, составил 660°C. Температура в печи Uz Auto-INZI составляет 718°C. В этом случае шихту можно поднять до температуры 350°C.

Исследования по повышению текучести сплава на основе очистки от оксидных примесей флюсами на основе натрия в процессе литья алюминиевого сплава также проводились в лабораторных и производственных условиях. Алюминиевые сплавы обладают высокими окислительными свойствами во время плавления, что приводит к потере металла. Жидкотекучесть является основным свойством металлических сплавов. Свойство жидкотекучести зависит от состава жидкого металла и конструкции формы. Проведенный эксперимент повлиял на свойства текучести жидкого металла и привел к уменьшению количества оксидов в его составе. С целью уменьшения содержания оксидов в составе алюминиевого сплава и улучшения жидкотекучести в качестве флюса использовали NaF (фторид натрия), NaNO₃ (нитрат натрия), NaCl (хлорид натрия) и Na₂SO₄ (сульфат натрия) (диаграмма 3.1), где показаны их доли, и использовали алюминиевый сплав марки ADC 12 в качестве шихты. Химический состав алюминиевого сплава марки ADC 12 приведен в таблице 1.

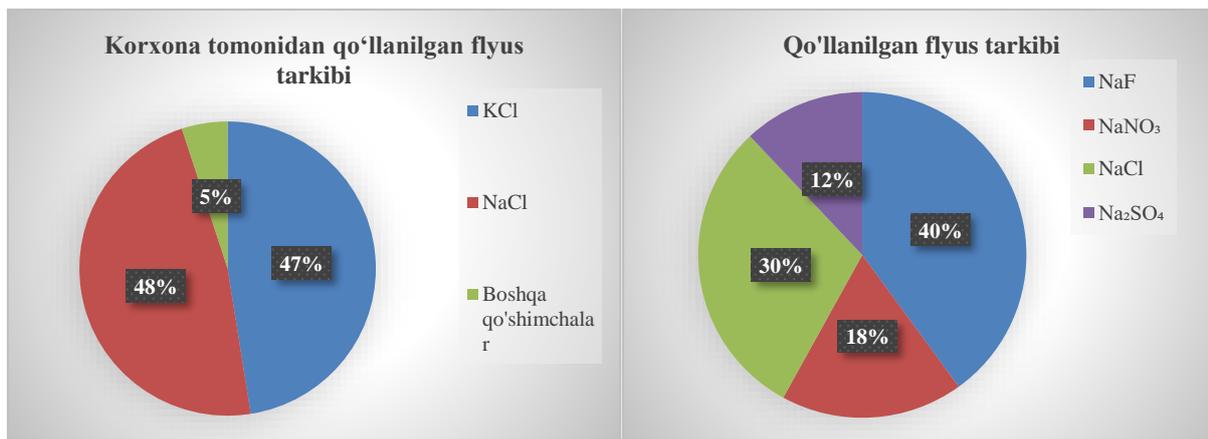


Диаграмма 1

Химический состав алюминиевого сплава марки ADC 12.												
Название	Элементы, %											
	Si	Cu	Fe	Mn	Mg	Ti	Zn	Ni	Sn	Pb	Cr	Al
ADC 12	11,366	2,492	0,862	0,413	0,174	0,054	0,930	0,066	0,026	0,08	0,0	83,463
	6	6	3	6	9	4	2	7	7	7	2	6

Исследование проводилось путем плавления сплава при различных температурах: 660°C, 680°C, 700°C и 720°C с добавлением флюса. Состав флюса включает смесь NaF (фторид натрия), NaNO₃ (нитрат натрия), NaCl (хлорид натрия) и Na₂SO₄ (сульфат натрия), где 40% флюса составляет NaF (фторид натрия), 30% NaCl (хлорид натрия), 18% NaNO₃ (нитрат натрия), 12% Na₂SO₄ (сульфат натрия) (диаграмма 1). В проведенном эксперименте также использовались 3 разных объема флюса. Объем флюса 1-го состава составляет 2% от загруженной шихты, содержание флюса 2-го состава составляет 5%, а 3-й состав был получен без добавления флюса. Создана общая математическая модель для получения качественных отливок из алюминиевого сплава марки ADC 12 и изучения влияния микрочастиц NaF (фторид натрия), NaNO₃ (нитрат натрия), NaCl (хлорид натрия) и Na₂SO₄ (сульфат натрия) на их жидкотекучесть.



а)

б)

с)

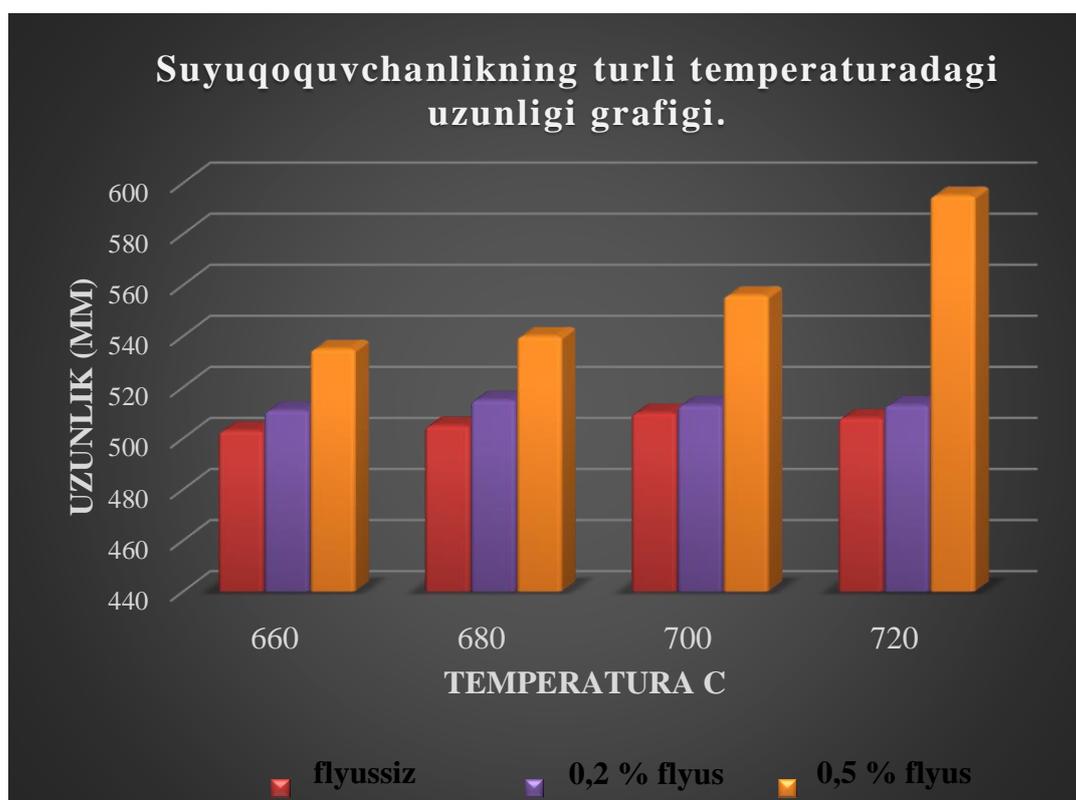
Рисунок 4. Вид спиральных образцов, отлитых при температуре 720°C с различным количеством флюса. а - длина образца с добавлением 5% флюса составляет 595 мм, б - длина образца самой шихты без флюса составляет 508 мм, с - длина образца с добавлением 2% флюса составляет 513 мм.

При сравнении полученных результатов выявлено, что процентное содержание добавленного флюса также по-разному влияет на шихту. Длина образца, отлитого без флюса, составляет 508 мм. Длина образца с добавлением 2% флюса составляет 513 мм. Длина образца с добавлением 5% флюса составляет 595 мм. Наиболее оптимальным вариантом был признан 5-процентный флюс, так как длина полученного образца составляет 595 мм. Вид полученных образцов представлен в таблице (показано в таблице 2).

Образец	Материал (г)	Процент флюса	Температура	Длина текучести (мм)
1	150	без флюса	680°C	505
2	150	0,2%	680°C	515
3	150	0,5%	680°C	540
4	150	без флюса	720°C	508
5	150	0,2%	720°C	513
6	150	0,5%	720°C	595
7	150	без флюса	700°C	510
8	150	0,2%	700°C	513
9	150	0,5%	700°C	556
10	150	без флюса	660°C	503
11	150	0,2%	660°C	511
12	150	0,5%	660°C	535

Таблица 2. Количество образцов и добавленных к ним флюсов в проведенных экспериментах.

При размещении полученных результатов на графиках можно наблюдать различные показатели (График 1).



Из изученных и полученных микроструктур видно, что добавление флюса значительно снижает содержание оксидов в шихте. Структурный вид полученных результатов представлен на рисунках 5,6,7.

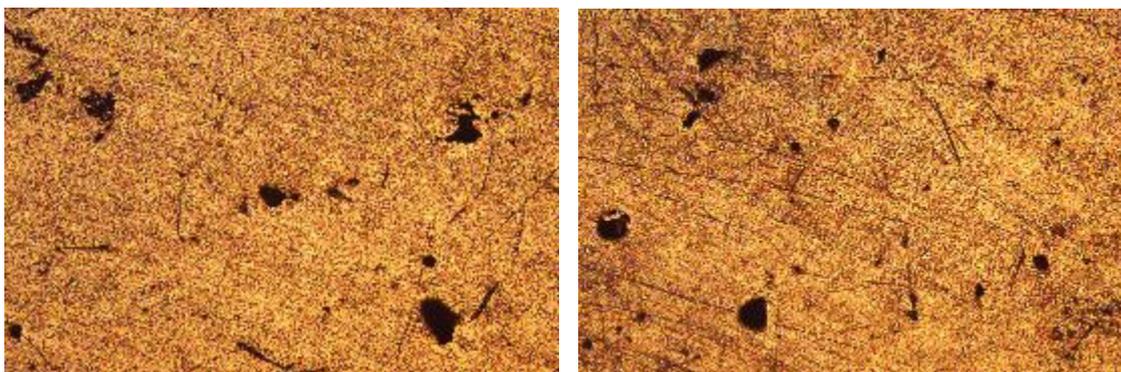


Рисунок 5. Структурный вид образца, полученного без добавления флюса.

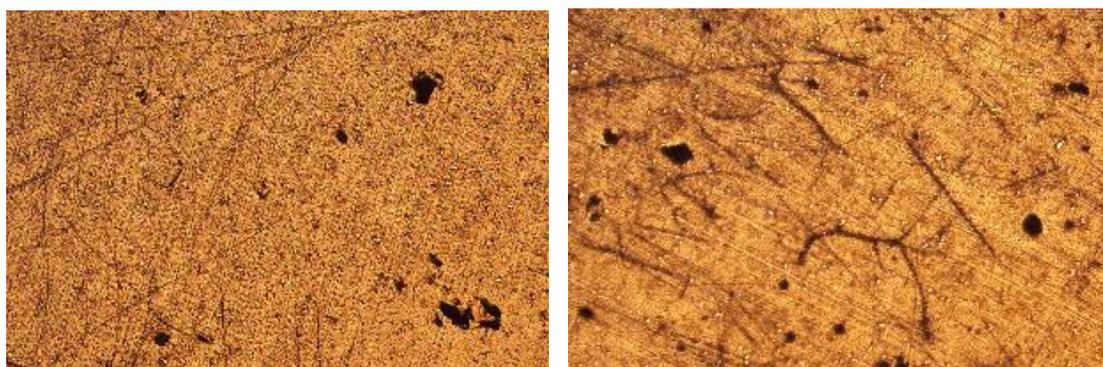


Рисунок 6. Микроструктурный вид образца при добавлении 2% флюса.



Рисунок 7. Структурный вид образца при добавлении 5% флюса.

Влияние примесей на текучесть заключается в том, что текучесть чистого алюминия значительно снижается из-за наличия оксидных примесей, поскольку они блокируют поток жидкого металла. Текучесть образцов увеличивается с повышением температуры и добавлением флюса. Это объясняется тем, что добавление флюса и повышение температуры при литье алюминия может уменьшить количество примесей, что повышает текучесть металла. Учитывая проведенные исследования, можно сделать следующие выводы: добавление флюса на основе NaF (фторида натрия), NaNO_3 (нитрата натрия), NaCl (хлорида натрия) и Na_2SO_4 (сульфата натрия) улучшает качество расплавленного алюминия в процессе литья. Это связано с тем, что флюс играет роль связующего агента для оксидных примесей в

расплавленном металле и выводит их на поверхность. С повышением массовой доли и температуры плавления флюса до оптимального значения количество оксидных включений уменьшается. Обработка флюсом при температуре 720°C обеспечивает наибольшую эффективность в удалении оксидных включений. При температуре 720°C и содержании флюса 0,5% достигается наилучшая текучесть алюминиевого расплава.

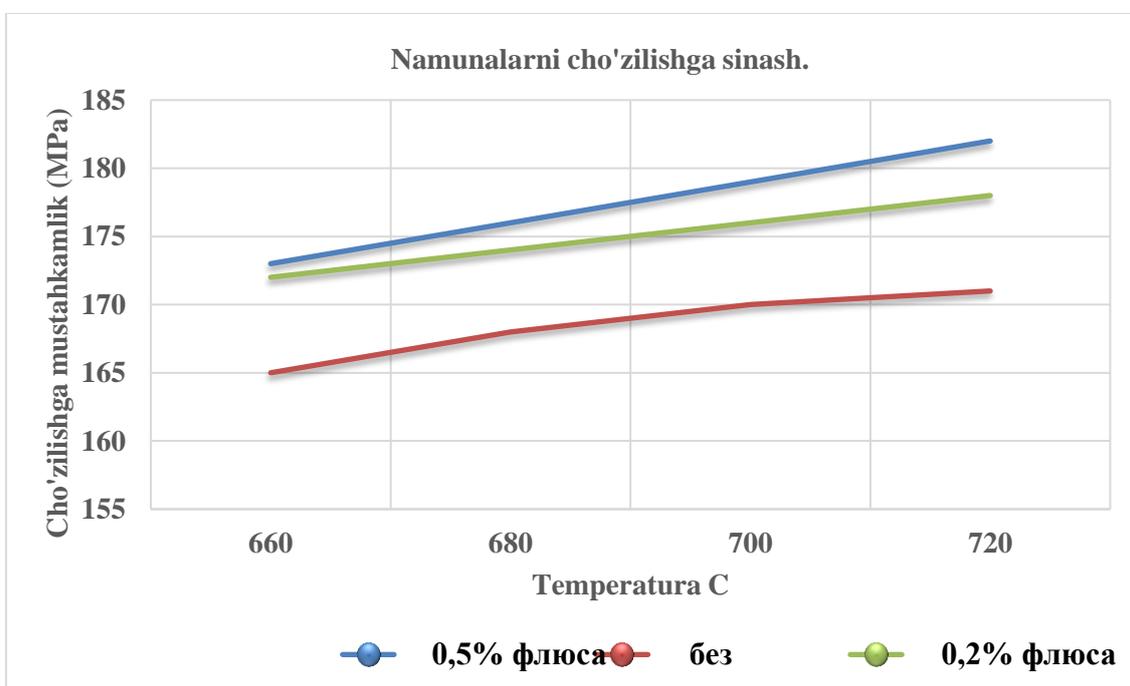
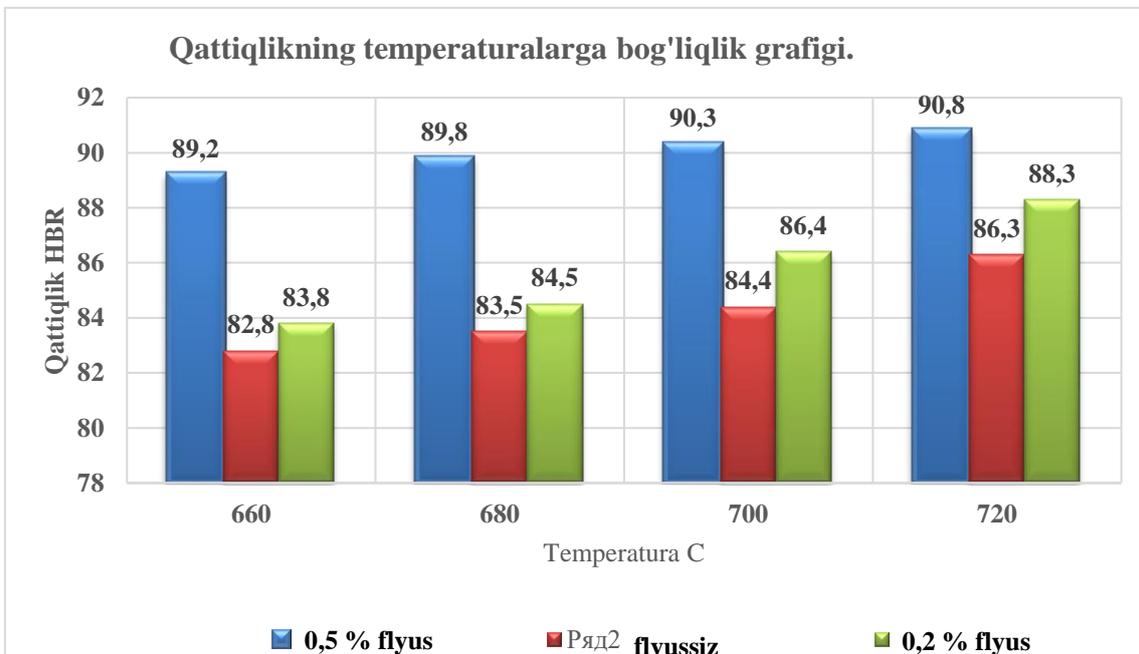


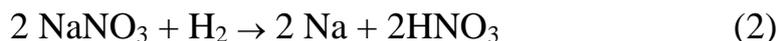
График 2: Испытание образцов на растяжение.

Для проверки твердости и свойств растяжения сплава, очищенного от оксидных примесей флюсами на основе натрия в процессе литья алюминиевого сплава, были построены графики зависимости твердости от температуры с использованием испытательного оборудования предприятия.

Также были объяснены реакции, протекающие при добавлении флюса на основе натрия к жидкому металлу. Кроме того, были обобщены результаты испытаний на растяжение полученных образцов.

Как видно из полученного графика, содержание флюса 5% и температура 720°C показывают наибольшую твердость. Также представлена информация о том, как добавленный флюс влияет на состав сплава и как протекает химическая реакция.

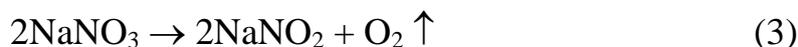
- **Химическая реакция**



Влияние NaF (фторида натрия) и NaNO₃ (нитрата натрия) в составе флюса можно увидеть из приведенного выше уравнения. Основной функцией флюса является образование газообразного азота (N₂) в жидком алюминии. Образовавшийся газообразный азот поглощает водород (H₂) и выходит на поверхность жидкости. В результате этого уменьшается количество пустот в жидкости.

NaNO₃ (нитрат натрия), содержащийся во флюсе, при погружении расплавленного алюминия образует N₂ (газообразный азот) посредством следующих реакций:

NaNO₃ (нитрата натрия) при высокой температуре:



Затем NaNO₂ (нитрит натрия) реагирует с алюминием с выделением азота:

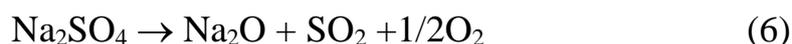


NaF (фторид натрия) реагирует с H₂ (водородом) в расплаве с образованием HF (фтористого водорода):



Применение и преимущества NaCl + Na₂SO₄ при плавке алюминиевых сплавов.

Na₂SO₄ в процессе плавления алюминиевого сплава разлагается под воздействием тепла и выделяет газ SO₂:



SO₂ значительно улучшает соединение жидкого металла путем химического разложения алюминиевой Al₂O₃ (оксидной пленки).

Такие примеси, как Mg, Ca, реагируя с Na₂SO₄, входят в состав шлака в виде сульфатов:



Использованный нами флюс уменьшил потери металла при плавке алюминиевого сплава в газовых печах предприятия (за счет разрушения

оксидной пленки). Была обеспечена чистота расплава, удалены газы и другие оксиды. Потребление энергии снизилось.

В таблице 3. приведено количество оксидов в отливке, полученной без добавления флюса и с использованием флюса, применяемого предприятием.

Температура	Без добавления флюса			Al ₂ O ₃
720				10-14%
Температура	KCl	NaCl	Другие добавки	Al ₂ O ₃
720	47,5%	47,5%	5%	6-9%

Таблица 4 Содержание оксидов в отливке, полученной на основе разработанного нового состава флюса.

Температура	NaF	NaCl	NaNO ₃	Na ₂ SO ₄	Al ₂ O ₃
660	40%	30%	18%	12%	4-5%
680	40%	30%	18%	12%	3-4%
700	40%	30%	18%	12%	1-3%
720	40%	30%	18%	12%	1-2%

В 4 главе диссертации под названием **"Разработка математической модели усовершенствования технологии плавки алюминиевых сплавов в газовых печах"** были получены отливки с использованием флюса нового состава, разработанного СП "Uz Auto-INZI," а также флюса, применяемого в условиях предприятия. Результаты исследования были получены с использованием флюса нового состава и флюса, используемого в производственных условиях. Отливки были получены в двух режимах: с использованием флюса, применяемого на предприятии, по технологии, используемой в предыдущем производстве, а также с использованием флюса нового состава по разработанной нами технологии, то есть загрузка горячей шихты в печь и обработка жидкого металла как внутри печи, так и вне ее. На основе разработанной технологии нам удалось снизить содержание оксидных включений в алюминиевом сплаве до 1-2%. В таблице 3 представлено содержание оксидов в отливках, полученных из печи, используемой предприятием. Согласно таблице, мы можем увидеть результаты, полученные с использованием флюса, применяемого предприятием, а также разработанной нами технологии и флюса.

В таблице 4 показано содержание оксидов в отливках, полученных на основе разработанного нового состава флюса при различных температурах. Основываясь на данных, полученных в результате проведенных исследований, у нас имеются показатели оксидов при добавлении различных количеств флюса (таблица 5).

Таблица 5. Таблица зависимости содержания оксида алюминия от количества флюса.

Температура	Количество флюса	Al ₂ O ₃
720	0,01	9-10%
720	0,02	8-7%
720	0,03	6-5%
720	0,04	2-3%
720	0,05	1-2%

Теперь определим количественное изменение оксидных включений в составе алюминиевого сплава при добавлении флюса в состав загружаемой шихты. На основании данных, полученных в результате экспериментов, представленных в таблице 4.3, мы можем привести следующее.

$$f_1=0.1, f_2=0.2, f_3=0.3, f_4=0.4, f_5=0.5 \quad (8)$$

$$\alpha_1=9, \alpha_2=7, \alpha_3=5, \alpha_4=3, \alpha_5=2, \quad (9)$$

Система алгебраических уравнений выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} a_1 + 0.1a_2 + 0.01a_3 + 0.001a_4 + 0.0001a_5 = 0.09 \\ a_1 + 0.2a_2 + 0.04a_3 + 0.008a_4 + 0.0016a_5 = 0.07 \\ a_1 + 0.3a_2 + 0.09a_3 + 0.027a_4 + 0.0081a_5 = 0.05 \\ a_1 + 0.4a_2 + 0.16a_3 + 0.064a_4 + 0.0256a_5 = 0.03 \\ a_1 + 0.5a_2 + 0.25a_3 + 0.125a_4 + 0.0625a_5 = 0.02 \end{cases} \quad (10)$$

При решении данной системы алгебраических уравнений методом Гаусса или Крамера в программе Mathcad получаем следующие корни уравнения:

$$a_1=0.12, a_2=-0.4083, a_3=1.4583, a_4=-4.1667, a_5=4.1667$$

Функция, характеризующая изменение количества оксида в сплаве при изменении количества флюса, будет иметь следующий вид:

$$\alpha(f)=0.12-0.4083f+1.4583f^2-4.1667f^3+4.1667f^4 \quad (11)$$

Данное выражение позволяет однозначно рассчитать и определить изменение количества оксида в сплаве при изменении количества флюса (f). Для отображения степени точности использовалась программа Mathcad.

$$A \cdot X = B \quad (12)$$

Где:

$$A = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.01 & 0.001 & 0.0001 \\ 0.2 & 0.04 & 0.008 & 0.0016 \\ 0.3 & 0.09 & 0.027 & 0.0081 \\ 0.4 & 0.16 & 0.064 & 0.0256 \\ 0.5 & 0.25 & 0.125 & 0.0625 \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0.09 - a_1 \\ 0.07 - a_1 \\ 0.05 - a_1 \\ 0.03 - a_1 \\ 0.02 - a_1 \end{bmatrix}$$

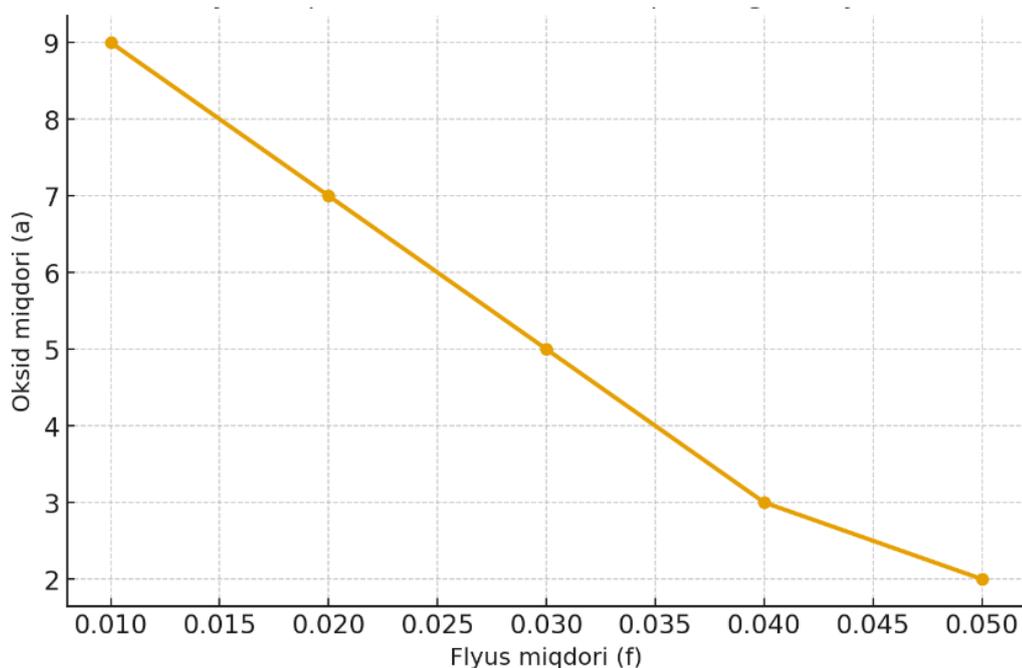


График 3. График уменьшения содержания оксида в сплаве с увеличением количественного показателя добавляемого флюса

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа результатов научных исследований по совершенствованию технологии снижения окисления металла при плавке алюминиевых сплавов в газовых печах сделаны следующие основные выводы:

1. Усовершенствована технология обработки флюсами на основе натрия, добавляемыми в печь при получении отливки детали "адаптер 12" из алюминиевого сплава марки ADC 12. Это позволяет снизить содержание газов и оксидов в отливке;

2. Усовершенствована технология жидкостной обработки при получении отливки детали "адаптер 12" из алюминиевого сплава марки ADC 12. Это способствует формированию мелкозернистой структуры в сплаве и тем самым повышению жидкотекучести сплава;

3. Усовершенствована технология снижения содержания оксидов в алюминиевых сплавах при получении отливки детали "адаптер 12" из алюминиевого сплава марки ADC 12. Это позволяет снизить количество шлака в отливке;

4. Разработана энергосберегающая технология загрузки шихты в газовую печь для получения отливки детали "адаптер 12," изготавливаемой из алюминиевого сплава марки ADC 12. Это позволяет снизить расход газа в печи;

5. Разработана технология обработки сплава вне печи в ковше и в жидком состоянии при литье. Это служит для уменьшения содержания газов в литых изделиях;

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.03.04. ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY NAMED AFTER ISLAM KARIMOV**

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER ISLAM
KARIMOV**

MURODKOSIMOV RAVSHANBEK KHOLMAMAT UGLI

**IMPROVING THE TECHNOLOGY FOR REDUCING METAL
OXIDATION DURING MELTING OF ALUMINUM ALLOYS IN GAS
FURNACES**

**05.02.01 – “Materials science in mechanical engineering. Foundry production. Thermal
and pressure treatment of metals. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals.
Technology of rare, noble and radioactive elements**

**ABSTRACT
of doctor of philosophy (PhD) in technical sciences**

Tashkent – 2025

The topic of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences is registered with the Higher Attestation Commission under the Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under the number 2023.3.PhD/T3906.

The dissertation was carried out at the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.

The abstract of the dissertation is in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)). Published on the website of the Scientific Council (www.tdtu.uz) and on the information and educational portal "ZiyoNET" (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor:

Atajanov Gapur Latibovich

Candidate of technical sciences, Associate Professor

Official opponents:

Axmedov Azamat Xaitovich

Doctor of Technical Sciences, Professor

Xasanov Jamshidbek Nasirdin o'g'li

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, (PhD)

Leading organization:

Branch of National Technological Research University "MISiS" in Almalik

The defense of the dissertation will be held on December 24, 2025, at 16⁰⁰ at the meeting of the Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.03.04 at the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov. (Address: 100095, Tashkent city, University street, 2. Tel./fax: (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@edu.uz)

The dissertation can be found in the Information Resource Center of the Tashkent State Technical University (registered under No. 65). (Address: 100095, Tashkent city, University street, 2. Tel.: (99871) 227-10-32.

The abstract of the dissertation was distributed on December 11, 2025.
(Registry protocol No. 204 dated December 11, 2025).



K.A. Karimov

Chairman of scientific council for awarding degree, doctor of technical sciences, professor

Sh.B. Tashbulatov

Scientific secretary of scientific council for awarding degree, doctor of technical sciences, associate professor

N.D. Turakhodjaev

Chairman of scientific council seminar at the Scientific Council for the awarding academic degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD))

The purpose of the study is to improve the technology for reducing metal oxidation during the melting of aluminum alloys in gas furnaces.

Tasks of the research:

improvement of the technology of processing sodium-based fluxes in the production of aluminum alloys;

improvement of the technology of processing aluminum alloys in a liquid state;

improvement of the technology for reducing the content of oxides in aluminum alloys;

improvement of the technology of melting aluminum alloys in a gas furnace;

development of technology for extraneous processing of aluminum alloys.

The object of the research is the gas furnace for melting aluminum alloys and aluminum alloys of the ADC 12 brand.

The subject of the research is the process of increasing the mechanical and physical properties of the alloy, increasing its fluidity and reducing the amount of gas and non-metallic inclusions in the alloy, increasing the energy efficiency of the gas furnace used for melting the aluminum alloy, and the impact of harmful elements from the gas furnace on the environment.

Research Methods. In the research process, the chemical composition of the alloys was determined by the spectrometer method, the Brinell method was used to determine the hardness, and phase identification methods (SEM - Zeiss EVO MA 10 (Carl Zeiss)) were used to study the mechanical properties and structure.

The scientific novelty of the research is as follows:

The technology of reducing the amount of porosity in the alloy by adding a new sodium-based flux to the ADC 12 aluminum alloy has been improved based on the activity of the sodium element in relation to hydrogen;

The technology of treatment with sodium fluoride during the melting of ADC 12 aluminum alloy has been improved based on the gas-binding property of the fluorine element;

a technology has been developed that reduces the oxidation of aluminum during the melting of aluminum alloys using gas furnaces based on the mechanism of oxide removal into the slag;

The two-stage mode of in-furnace melting of liquid aluminum alloy, the depth and surface parameters of the liquid metal bath are developed depending on the amount of the processing modifier;

based on the chemical activity of nitrogen, the technology of nitrogen spraying of aluminum alloys during extraneous processing has been developed.

The practical results of the study are

the preheating modes of aluminum charge before loading into gas furnaces have been improved;

a channel for regulating heat exchange between a liquid alloy and a solid metal during the melting of aluminum alloys in gas furnaces has been implemented;

a technology has been developed that reduces the oxidation of aluminum during the melting of aluminum alloys using gas furnaces.

Reliability of the research results The dissertation research work is based on numerous experiments conducted at Tashkent State Technical University, JV "Uz Auto-INZI," and the Almalyk branch of Tashkent State Technical University, using modern equipment for metallographic and microstructural analysis, liquid-flow, hardness measurement, and determination of harmful gases released into the environment, comparing the experimental results obtained from gas analyzers with existing experimental data and maintaining proportionality.

Scientific and practical significance of the research results. The scientific significance of the results obtained in the research work is characterized by resource and energy saving based on the analysis of scientific research of leading scientists, processing of aluminum alloys with fluxes in a gas furnace; refining in a ladle and optimization of the design of the gas furnace.

The practical significance of the research results lies in the fact that in the process of melting an aluminum alloy of the ADC brand, based on treatment with sodium-based fluxes in the furnace and outside the furnace, due to a decrease in the amount of oxides in its composition, the hardness of the mechanical properties and the fluidity of the alloy due to casting properties increased, and the energy efficiency of the gas furnace increased due to the development of preliminary heating modes before loading the aluminum charge into the gas furnace.

Implementation of research results.

Based on the results of research on improving the technology for reducing metal oxidation during the melting of aluminum alloys in gas furnaces:

Preheating modes before loading aluminum charge into gas furnaces have been implemented at JV LLC "Uz Auto-INZI," owned by JSC "UzAvtosanoat." (Reference of JSC "UzAvtosanoat" No. 21/06-25-0371 dated February 27, 2025) as a result of the implementation, gas consumption decreased by 7-8%;

A channel for regulating heat exchange between a liquid alloy and a solid metal during the melting of aluminum alloys in gas furnaces has been implemented in JV LLC "Uz Auto-INZI," belonging to JSC "UzAvtosanoat." (Reference of JSC "UzAvtosanoat" No. 21/06-25-0371 dated February 27, 2025) as a result of the implementation, the amount of heat loss in the heating chamber decreased by 10-11%;

A technology that reduces the oxidation of aluminum during the melting of aluminum alloys using gas furnaces has been implemented at JV LLC "Uz Auto-INZI," belonging to JSC "UzAvtosanoat." (Reference of JSC "UzAvtosanoat" No. 21/06-25-0371 dated February 27, 2025) as a result of the implementation, losses due to the oxidation of aluminum decreased by 10-12%.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, a list of symbols and terms, and appendices, volume 120 pages.

**ISHLAR RO‘YXATI СПИСОК
ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS**

I – bo‘lim (I – часть; I – part)

1. R.X. Murodqosimov , A.N. To‘rayev, N.D. Turaxodjayev, Sh.N. Saidxodjayeva, Sh. Xudoyqulov, Sh.N. To‘raxo‘jayeva. O‘zbekiston Kompozitsion Materiallar Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali. ISSN 2091-5527 №1/2024. “Alyuminiy qirindilaridan ferroqotishma olish texnologiyasini ishlab chiqish”, 101-103 b. (05.00.00. № 13).

2. R.X. Murodqosimov, N.D. Turaxodjayev, A.N. To‘rayev, M.E. Axmedova, Z.B. Nurdinov. O‘zbekiston Kompozitsion Materiallar Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali. ISSN 2091-5527 №4/2024. “Yuqori bosim ostida ADC 12 markali alyuminiy qotishmasidan quyib olingan avtomobil detallarining mexanik va mikrostrukturaviy xossalarini tadqiqot qilish”, 68-71 b. (05.00.00. № 13).

3. Murodqosimov Ravshanbek, Tursunbaev Sarvar, Turakhujaeva Azizakhon, Turaev Anvar, Mardonakulov Sharofuddin, Murodov Sobirjon, Rakhmonova Mokhinur, “THE EFFECT OF GERMANIUM ON THE MICROSTRUCTURE OF ALUMINUM ALLOY”, European Journal of Technical and Natural Sciences 2025, No 1. <https://doi.org/10.29013/EJTNS-25-2-19-23> (SJIF Impact Factor: 4.489, CrossRef)

4. Murodqosimov R.X., Turaxodjayev N.D., To‘rayev A.N., Axmedova M.E., Nosirxo‘jayev I.S.A., Almardonov S.A., O‘zbekiston Kompozitsion Materiallar Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali. ISSN 2091-5527 №1/2025. “Alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish uchun gaz pechlarini qoplashda o‘tga chidamli materiallardan foydalanish”, 69-72 b. (05.00.00. № 13).

5. Murodqosimov R.X., Turaxodjayev N.D., To‘rayev A.N., Nurdinov Z.B., Raximboyev Sh.I., Axmedova M.E., O‘zbekiston Kompozitsion Materiallar Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali. ISSN 2091-5527 №1/2025. “Gaz pechlarida alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish texnologiyasini ishlab chiqish va pech konstruksiyasini takomillashtirish”, 82-84 b. (05.00.00. № 13).

6. Murodqosimov R.X., Turaxodjayev N.D., To‘rayev A.N., Axmedova M.E., Nosirxo‘jayev I.S.A., Xudayarov A.SH., Axmedova M.E., O‘zbekiston Kompozitsion Materiallar Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali. ISSN 2091-5527 №1/2025. “ADC 12 markali alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish uchun gaz pechlariga qoplangan o‘tga chidamli materiallarni yeyilish bardoshlilikini sinash”, 159-162 b. (05.00.00. № 13).

7. Murodqosimov R.X., Tursunbayev S.A., Mardonaqulov Sh.O‘., Saidxodjayeva Sh.N., To‘rayev A.N., Odilov F.U., O‘zbekiston Kompozitsion Materiallar Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali. ISSN 2091-5527 №2/2025. “Al-Cu-Mg tizimidagi qotishmalarni legirlovchi elementlar (Ge va Si) ta‘sirida fazalar o‘zgarishi”, 97-99 b (05.00.00. № 13).

8. Ravshanbek Murodqosimov, Sarvar Tursunbaev, Azizakhon Turakhujaeva, Umidjon Mardonov, Sharofuddin Mardonakulov, Mukhayyokhon Saidova, Nargis Kudratkhodjaeva, “Analysing the alternations in the aluminium alloy properties under the influence of silicon and germanium alloying elements” International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics 2025, Issue 21, Vol. 1, (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)[dx.doi.org/10.17683/ijomam/issue21.34](https://doi.org/10.17683/ijomam/issue21.34) (SJR 2024, 0.174 Q4).

II – bo‘lim (II – часть; II – part)

1. Ravshanbek Murodqosimov, Azizakhon Turakhujaeva, Anvar Turaev, Sarvar Tursunbaev, Sharofuddin Mardonakulov, Sherzod Tashbulatov, Furkat Odilov, Mokhinur Rakhmonova, Sobirjon Murodov, “Mathematical Modeling of the Effect of the Lithium Element on the Fluidity of Al-Si and Al-Cu Alloys” International Conference on Reliable Systems Engineering (ICoRSE) – 2025. © The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Switzerland AG 2025 D. D. Cioboatã and J. Machado (Eds.): ICoRSE 2025, LNNS 1592, pp. 62–69, 2025. https://doi.org/10.1007/978-3-032-02508-1_6

2. R.X. Murodqosimov, N.D. Turaxodjaye, G.L. Atajanov, A.N. To‘rayev, O.Ch. Yo‘ldoshev, F.M. Mahmudov, “Gaz pechlarida suyuqlantirib olingan adc 12 markali alyuminiy qotishmasiga flyus qo‘shilgandan keyingi cho‘zilishga sinash va uning natijalari”, International scientific and scientific-technical conference on «Innovations aimed at energy and resource savings in the field of casting and metal processing» Tashkent – 2025, 22-23 bet.

3. R.X. Murodqosimov, N.D. Turaxodjaye, G.L. Atajanov, A.N. To‘rayev, O.Ch. Yo‘ldoshev, F.M. Mahmudov, “Gaz pechlarida suyuqlantirib olingan adc 12 markali alyuminiy qotishmasiga flyus qo‘shilgandan keyingi qattqlikga sinash va uning natijalari.”, International scientific and scientific-technical conference on «Innovations aimed at energy and resource savings in the field of casting and metal processing» Tashkent – 2025, 54-55 bet.

4. Murodqosimov R.X, Turaxodjaye N.D, To‘rayev A.N, Axmedova M.E, Xudayarov A.Sh, Jaxonov Sh.A., “Alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish uchun gaz pechlariga qoplangan materiallarni yeyilish bardoshlilikini sinash”, «O‘zbekistonda kon-metallurgiya xomashyolarini qayta ishlash texnologiyalarining dolzarb muammolari va yechimlari» mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiya (2025 y, 8 – aprel, Olmaliq sh., O‘zbekiston), 250-251 bet.

5. Murodqosimov R.X, Turaxodjaye N.D, To‘rayev A.N, Axmedova M.E, Almardonov S.A, Jaxonov Sh.A., “Gaz pechlariga qoplangan o‘tga chidamli materiallarni yeyilish bardoshlilikini sinash”, «O‘zbekistonda kon-metallurgiya xomashyolarini qayta ishlash texnologiyalarining dolzarb muammolari va yechimlari» mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiya (2025 y, 8 – aprel, Olmaliq sh., O‘zbekiston), 254-255 bet.

6. R.X. Murodqosimov, N.D. Turaxodjaye, G.L. Atajanov, A.N. To‘rayev, M.E. Axmedova, S.A. Nosirxo‘jayev, “Yuqori bosim ostida adc 12 markali

alyuminiy qotishmasidan quyib olingan avtomobil detallarining mexanik va mikrostrukturaviy xossalarini tahlil qilish”, “O‘zbekistonda mashinasozlikning zamonaviy yo‘nalishlari va dolzarb muammolari”, mavzusidagi xalqaro miqyosidagi ilmiy va ilmiy-texnik anjuman, 2025-yil 13-14 may, Olmaliq sh, 8-9 bet.

7. R.X. Murodqosimov, N.D. Turaxodjeyev, G.L. Atajanov, A.N. To‘rayev, M.E. Axmedova, O.Ch. Yo‘ldoshev, “ADC 12 markali alyuminiy qotishmasidan quyib olingan avtomobil detallarining mexanik va fizik xossalari”, “o‘zbekistonda mashinasozlikning zamonaviy yo‘nalishlari va dolzarb muammolari”, mavzusidagi xalqaro miqyosidagi ilmiy va ilmiy-texnik anjuman, 2025-yil 13-14 may, Olmaliq sh, 17-18 bet.

8. R.X. Murodqosimov, N.D. Turaxodjeyev, G.L. Atajanov, A.N. To‘rayev, M.E. Axmedova, A.Sh.Saydullayev, “Alyuminiy qotishmasining quyib olish jarayonida natriy asosidagi flyuslar orqali oksidli qo‘shimchalardan tozalash hamda metallning oquvchanlik xossasini oshirish”, “O‘zbekistonda mashinasozlikning zamonaviy yo‘nalishlari va dolzarb muammolari”, mavzusidagi xalqaro miqyosidagi ilmiy va ilmiy-texnik anjuman, 2025-yil 13-14 may, Olmaliq sh, 347-349 bet.

9. A.N.To‘rayev., G.L. Atajanov., M.E.Axmedova., R.X. Murodqosimov., F.F.Omonov., M.M.Xashimov., “Aluminiy qirindilaridan ferroqotishma olish” «Quyimakorlik ishlab chiqarish sohasida resurs va energiyatejamkor innovatsion texnologiyalar» mavzusidagi xalqaro miqyosidagi ilmiy va ilmiy-texnik anjuman, Toshkent – 2024, 158-160 bet.

10. Murodqosimov R.X., N.D. Turaxodjeyev, Atajanov G.L., To‘rayev A.N., “Alyuminiy qotishmalariga Ni elementini qo‘shgan holda uning yeyilishbardoshlilikini sinash va uning natijalari” mavzusidagi Respublika ilmiy-texnik konferensiya, 2025-yil 26-iyun, Toshkent sh, 33-35 bet.

11. Murodqosimov R.X., Axmedova M.E., Yulchiyeva S.B., To‘rayev A.N., Xolmirzayev N.B., Atajanov G.L., Madiyev T.M., “Alyuminiy qotishmalari asosida yuqori mustahkamlikka ega kompozitsion materiallar tarkibini ishlab chiqish: tahlil”, “Yangi kompozitsion va nanokompozitsion materiallar: tuzilishi, xossalari va qo‘llanilishi” mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik konferensiya, 2025-yil 17-18 sentyabr, Toshkent sh, 59-60 bet.

12. Murodqosimov R.X., Axmedova M.E., Yulchiyeva S.B., To‘rayev A.N., Xolmirzayev N.B., Atajanov G.L., Mirkamolov Sh, “Development of high-strength composite materials based on aluminum alloys: a review, xossalari va qo‘llanilishi” mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik konferensiya, 2025-yil 17-18 sentyabr, Toshkent sh, 107-108 bet.

13. Murodqosimov R.X., Axmedova M.E., Yulchiyeva S.B., To‘rayev A.N., Normurodov B., Atajanov G.L., Madiyev T.M., “Alyuminiy qotishmalarining mexanik xossalarini yaxshilash”, “Yangi kompozitsion va nanokompozitsion materiallar: tuzilishi, xossalari va qo‘llanilishi” mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik konferensiya, 2025-yil 17-18 sentyabr, Toshkent sh, 163-164 bet.

Avtoreferat «Kompozitsion materiallar» jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazilib,
o'zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o'zaro muvofiqlashtirildi.

Bosmaxona litsenziyasi:



9338

Bichimi: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» garniturası.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog'i: 3,5. Adadi 100 dona. Buyurtma № 46/25.

Guvohnoma № 851684.
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko'chasi, 83-uy.