

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ МУАССАСАСИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/2025.27.12.T.02.06
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

БЕКТЕМИРОВ БЕГАЛИ ШУХРАТ ЎҒЛИ

**МИНЕРАЛОКЕРАМИК АСБОБСОЗЛИК МАТЕРИАЛЛАРИНИ
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Бектемиров Бегали Шухрат ўғли

Минералокерамик асбобсозлик материалларини олиш технологиясини ишлаб
чиқиш.....3

Бектемиров Бегали Шухрат угли

Разработка технологии получения минералокерамических инструментальных
материалов.....21

Bektemirov Begali Shukhrat ugli

Development of technology for obtaining mineraloceramic tool materials39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ МУАССАСАСИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/2025.27.12.T.02.06
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

БЕКТЕМИРОВ БЕГАЛИ ШУХРАТ ЎҒЛИ

**МИНЕРАЛОКЕРАМИК АСБОБСОЗЛИК МАТЕРИАЛЛАРИНИ
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар Вазирлиги хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2022.3.PhD/Т3099 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.gupft.uz) ва «Ziyounet» Ахборот-таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Каримов Шоирджон Ахралович техника фанлари номзоди, профессор
Расмий оппонентлар:	Ўлмасов Тулқин Усмонович техника фанлари доктори, катта илмий ходим Пармонов Сарвар Ташпулатович техника фанлари доктори, доцент
Етакчи ташкилот:	Қарши давлат техника университети

Диссертация ҳимояси Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» ДМ хузуридаги DSc.03/2025.27.12.Т.02.06 рақамли Илмий кенгашнинг **2026 йил «10» апрель соат 14³⁰** даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (+99871) 246-39-28; факс: (+99871) 227-12-73, e-mail:fan va taraqqiyot@mail.ru, «Фан ва тараққиёт» ДМ биноси, 2- қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан «Фан ва тараққиёт» ДМнинг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№31-25 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (+99871) 246-39-28; факс: (+99871) 227-12-73.

Диссертация автореферати 2025 йил «27» март куни тарқатилди.
(2025 йил «25» ноябрдаги №31-25 рақамли реестр баённомаси).

С.С. Негматов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, ЎзР ФА академиги, т.ф.д., профессор

М.Э. Икрамова
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., к.и.х.

В.С. Туляганова
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш хузуридаги илмий семинар раиси, т.ф.д., к.и.х.

Кириш (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Дунёда машинасозлик саноатида турли хил кесиб ишлов бериш қийин бўлган тобланган пўлат ва кўплаб рангли метал қотишмаларига механик кесиб ишлов беришда кенг миқёсда қўлланилиб келинаётган кескич пластинкаларини кукунли металлургия усулида ишлаб чиқариш ва уларнинг ишлаш муддатини оширишда, кескич пластинкалари учун самарали кукунли композицион материалларни ишлаб чиқишга бўлган талаб кун сайин ортиб бормоқда. Бу борада, жумладан металлларга механик кесиб ишлов бериш станокларида ишлатиладиган минералокерамик кескич пластинкаларнинг ишлаш қобилияти ва самарадорлигини оширишда кукунли металлургия усулида олинган ейилишбардош алюминий оксид асосли керамик композицион материал олишнинг самарадор таркибини ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга.

Жаҳонда машинасозлик саноатида металлларга кесиб ишлов беришда қўлланилаётган минералокерамик кескич пластинкаларини турли иккиламчи легирловчи фаза қўшимчалари қўшиб ва турли ишлаб чиқариш технологияларидан фойдаланиб ишлаб чиқариш, ва ушбу легирловчи қўшимчалар ва ишлаб чиқариш технологиясининг уларнинг мустаҳкамлигини ошириш, механик ва эксплуатацион хоссаларини яхшилаш орқали иқтисодий самарадорликка эришиш мақсадида илмий–тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, алюминий оксид асосли материаллардан кукунли металлургия усулидан фойдаланган ҳолда, юқори термо-механик хоссаларга эга ва ейилишбардош пластинкаларни ишлаб чиқаришнинг самарали технологияларини яратиш ва легирловчи қўшимча характеристикалари ва пресслаш босими, қиздириб пишириш параметрларини механик ва технологик хоссаларига таъсири, ейилишбардош хусусиятларини ўрганиш, ва уларни ишлаб чиқишнинг самарали, ресурстежамкор технологиясини яратиш ва ишлаб чиқиш алоҳида аҳамиятга эга.

Республикамизда алюминий оксиддан турли буюм ва маҳсулотлар олиш усуллари ҳамда ишлаб чиқиш технологиясини яратиш, металлларга кесиб ишлов беришда қўлланилаётган кескич пластинкалар учун юқори физик-механик хоссаларга эга бўлган алюминий оксид асосли материалларни яратиш бўйича чора тadbирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. Янги Ўзбекистонни янада ривожлантириш бўйича тараққиёт стратегиясида «...саноатни сифат жиҳатдан янги босқичга кўтариш, маҳаллий хомашё манбаларини чуқур қайта ишлаш, тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни жадаллаштириш, янги турдаги маҳсулотлар ва технологияларни ўзлаштириш...»¹ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада металлларга кесиб ишлов беришда қўлланиладиган кескич пластинкалари учун алюминий оксид асосли материаллар олишнинг самарадор таркибини ва олиш

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг "2022 — 2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги 2022 йил 28 январдаги №ПФ-60-сонли Фармони

технологиясини ишлаб чиқиш катта аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги №ПФ-60-сонли «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида» ги Фармони, 2018 йил 27 апрелдаги №ПҚ-3682-сонли «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2019 йил 17 январдаги №ПҚ-4124-сонли «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида», 2021 йил 24 июндаги №ПҚ-5159-сонли «Кон-металлургия саноати ва унга боғлиқ соҳаларни ривожлантириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергоресурстежамкорлик, машинасозлик ва ресурстежамкорлик» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунё амалиётида металлларга кесиб ишлов беришда қўлланиладиган кескич пластинкалари учун алюминий оксид асосли материаллардан юқори эксплуатацион хоссаларга эга янги таркибни яратиш ва физик-механик хоссаларини тадқиқ қилиш ҳамда уларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва ривожлантиришда қуйидаги хорижий ҳамда ўзбек олимлари ўзларининг илмий-амалий тадқиқотлари натижалари билан ҳиссаларини қўшиб бормоқдалар, хусусан: Wei-Hsing Tuan, Ali Arab, Betul Kafkasl uglu Yildiz, Marek Boniecki, Ahmad Zahirani Ahmad Azhar, Maria Cecilia Correa de Sfe Benevides de Moraes, M. A. Gafur, M. Iwasa, Nik Akmar Rejab, F. Sommer, Wenya Du, Y.H. Fei, Afifax Mohd Ali, Самадов А.У., Ш.М. Шакиров ва бошқалар.

Мавжуд ишларни таҳлил қилиш асосида шуни таъкидлаш керакки, бугунги кунда кескич пластинкаларини алюминий оксид асосли материаллардан ишлаб чиқариш жараёнида турли усуллардан фойдаланиш ва қўшимча сифатида қўшиладиган материалларнинг миқдорини киритиш, мустаҳкамлик ва зарбий қовушқоқлик хоссаларининг пастлиги, пресслаш жараёнидаги босим ва қиздириб пишириш ҳароратларидан фойдаланиш муаммолари мавжуд. Шу муносабат билан кескич пластинкалари учун алюминий оксид асосли минералокерамик материаллар олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва қаттиқлиги, зарбий қовушқоқлиги, умрбоқийлиги ҳамда ейилишбардошлилигини ошириш бўйича илмий тадқиқотлар олиб бориш мамлакатимиз иқтисодиётини ривожлантиришда катта илмий аҳамиятга эга.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.

Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ 2017 йил 20 сентябрда икки томонлама

ТошДТУ ҳамда «Олмалик КМК» АЖ қошидаги №137/45А “Нодир металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича илмий ишлаб чиқариш бирлашмаси» билан тузилган илмий-техникавий ҳамкорлик тўғрисидаги шартномаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади минералокерамик асбобсозлик материалларини олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

алюминий оксид-YSZ асосли керамик материалнинг оптимал таркибини аниқлаш;

алюминий оксид-YSZ асосли керамик композицион материалнинг оптимал таркибини композитнинг механик хоссасига таъсирини аниқлаш ва ўрганиш;

алюминий оксид-YSZ асосли керамик композит материалнинг янги кимёвий таркиби асосида керамик композитнинг қиздириб пишириш технологиясини ишлаб чиқиш;

алюминий оксид-YSZ асосли керамик композит материалнинг оптимал таркибини қотишманинг ейилишга бардошлигига таъсирини аниқлаш ва ўрганиш;

алюминий оксид-YSZ асосли керамик композит материални олиш технологиясини ишлаб чиқиш;

тадқиқот натижалари асосида олинган минералокерамик кескич пластинкаларини республикамизнинг йирик корхоналарида қўллаш ва уларни қўллашдаги техник-иқтисодий кўрсаткичларни ошириш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида алюминий оксид-YSZ асосли керамик композит материал олинган.

Тадқиқотнинг предмети сифатида оптимал миқдорий қийматларда аралаштирилган алюминий оксид ва YSZ дисперс кукунлари ҳамда прессланган ва қиздириб пиширилган алюминий оксид асосли минералокерамик материал олинган.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишини бажаришда замонавий физик-механик таҳлил усуллари: “SEM-EVO MA 10” ва “JSM-IT210” электрон микроскоплари, Oxion Inverso оптик микроскоп, электрон микроскоп таҳлиллари, рентгенофаза (XRD-600 X) таҳлилларидан ҳамда МДХ мамлакатларида руҳсат берилган стандарт усуллардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

алюминий оксид-YSZ асосли керамик композицион материалнинг структура-фаза таркиби аниқланган;

алюминий оксид-YSZ асосли керамик композицион материалнинг оптимал таркиби ишлаб чиқилган;

технологик параметрлар, пресслаш босими ва қиздириб пишириш ҳароратининг алюминий оксид-YSZ асосли керамик композицион материалнинг зичланиш даражаси, эгилишдаги мустахкамлиги, каттиқлиги ва зарбий қовушқоқлигига таъсири аниқланган;

алюминий оксид-цирканий оксид асосли керамик композицион

материалнинг ейилишга бардошлигига цирконий оксиднинг фоиз микдорининг таъсири аниқланган;

алюминий оксид-цирконий оксид асосли керамик композицион материални олиш технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

юқори қаттиқликка эга бўлган қотишмалар ва тобланган пўлатларга механик кесиб ишлов бериш учун 91% Al_2O_3 ва 9% YSZ дан ташкил топган минералокерамик материалнинг янги таркиби жорий қилинди;

алюминий оксид-YSZ асосли керамик композит материал олишнинг оптимал технологияси ишлаб чиқилган;

алюминий оксид-YSZ асосли керамик композит материал олишнинг оптимал технологик режимлари: пресшлаш босими ва қиздириб пишириш ҳарорати ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги муаллиф томонидан металлларга механик кесиб тоза ишлов бериш пластиналари учун алюминий оксид-YSZ асосли керамик композит материал олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва уни қўллашда материалнинг кимёвий таркиби, тузилиши ва механик ҳамда ейилишга бардошлилик хоссаларини аниқлашнинг замонавий усулларида ва замонавий компьютер ҳамда дастурий таъминотдан фойдаланган ҳолда ўтказилган лаборатория ва ишлаб чиқариш синовлари натижаларига асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, алюминий оксид-YSZ асосли минералокерамик композит материалнинг механик-физик ва эксплуатацион хоссаларига цирконий оксид микдорининг таъсир қилиш қонуниятларини, механик кесиб тоза ишлов беришда қўлланилаётган алюминий оксид-YSZ асосли керамик композит материалдан тайёрланган пластиналарнинг умрбоқийлигини ошириш ва ишлов бериладиган деталларнинг сирт сифатини ошириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ушбу яратилган алюминий оксид-YSZ асосли керамик композит материалнинг самарали таркибини механик кесиб тоза ишлов бериш пластиналари учун қўллаш, бу пластиналарни олишнинг технологик режимларини ишлаб чиқиш ҳамда уларнинг хизмат қилиш муддатини оширишга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши: Минералокерамик асбобсозлик материалларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган натижалар асосида:

юқори қаттиқликка эга бўлган қотишмалар ва тобланган пўлатларга механик кесиб тоза ишлов бериш учун 91% Al_2O_3 ва 9% YSZ дан ташкил топган минералокерамик материалнинг янги таркиби “Ўзбекистон технологик металллар комбинати” АЖда ишлаб чиқариш бўйича ИИЧБДА амалиётга жорий қилинган (“Ўзбекистон технологик металллар комбинати” АЖ 2025 йил 25 февралдаги №04/03-248-сонли маълумотномаси). Натижада юқори қаттиқликка эга қотишмалар ва тобланган пўлатларга тоза кесиб ишлов

беришда фойдаланиладиган қаттиқ қотишма (Т15К6) аналогларига нисбатан таннархи 25...30% га арзон бўлган минералокерамик асбобсозлик пластиналарни олиш имкониятини берган;

таркиби 91% Al_2O_3 ва 9% YSZ дан ташкил топган юқори физик-механик хоссаларга эга бўлган асбобсозлик материалларини олиш технологияси “Ўзбекистон технологик металллар комбинати” АЖда ишлаб чиқариш бўйича ИИЧБДА амалиётга жорий қилинган (“Ўзбекистон технологик металллар комбинати” АЖ 2025 йил 25 февралдаги №04/03-248-сонли маълумотномаси). Натижада, минералокерамик пластиналарни импорти 25...30% ва ишлаб чиқаришдаги сарф харажатлар 20...25% га қисқартириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 4 та конференцияларда, шу жумладан 2 та республика илмий-амалий ва 2 та халқаро конференцияларида муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 10 та иш эълон қилинган. Шулардан 6 таси илмий мақола бўлиб, улар Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан тавсия қилинган илмий нашрларда 2 таси республика ва 4 таси хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 106 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари тавсифланган, объекти ва предмети белгиланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикасида фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, олинган натижаларнинг илмий янгилиги ва амалий аҳамияти баён қилинган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилиш келтирилган, натижаларнинг апробацияси, чоп этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Алюминий оксиди асосли асбобсозлик материалларини ишлаб чиқаришнинг замонавий ҳолати”** деб номланган биринчи бобида алюминий оксид кукуни асосли материаллар турлари, хоссалари, ышлланилиши ва уларни тайёрлаш технологияси бўйича мавжуд замонавий адабиётлар манбалари таҳлил қилинган. Адабиётлар манбаларини ўрганиш асосида қилинган таҳлиллардан алюминий оксид асосли минералокерамик кукунларидан кукун металлургияси усулларида юқори физик-механик хоссаларга эга бўлган асбобсозлик материаллари олиш имконини берадиган бир қатор вазифаларни ечишнинг долзарблиги хулоса қилинди. Ушбу диссертация иши худди шу юқорида қайд этилган вазифани ечишга бағишланган.

Диссертациянинг **«Тадқиқот объектларни танлаш ва алюминий оксид**

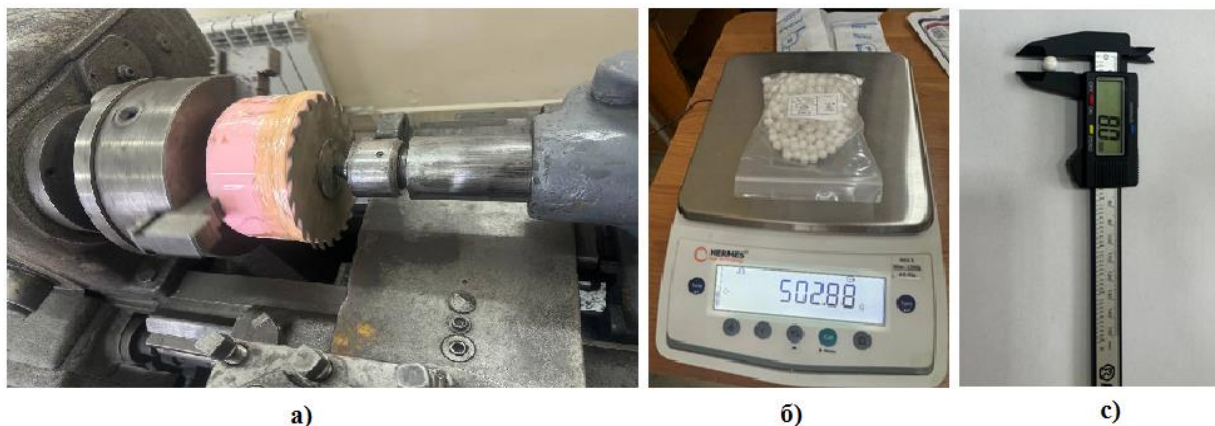
кукуни асосли минералокерамик материалларни хоссаларини тадқиқ қилиш методикаси» деб номланган иккинчи бобида тадқиқот объекти танланган ва унинг асосида алюминий оксид асосдаги керамик композицион материалларни физик-механик хоссаларини тадқиқ қилиш усуллари аниқланган.

Рентген дифрактометри, СЭМ ва оптик инверсион микроскоп ёрдамида фаза таҳлилларидан фойдаланилган. Материалнинг физик-механик хоссалари HBRVS-1875 модели универсал қаттиқлик ўлчайдиган асбоб, WDW-100E маркали эгувчи машина ёрдамида аниқланган. Материалнинг трибологик хоссалари эса ZEC21 маркали электрон тарози ва TIME®3200 маркали юза ғадир-будурлиги ўлчайдиган асбобдан фойдаланилган. Экспериментал тадқиқотлар “Ўзбекистон – Япония ёшлари инновация маркази”, “Ўзбекистон технологик металл комбинати” ва Илмий технологик марказида, ТошДТУ “Материалшунослик” кафедрасининг лаборатория базасида амалга оширилди.

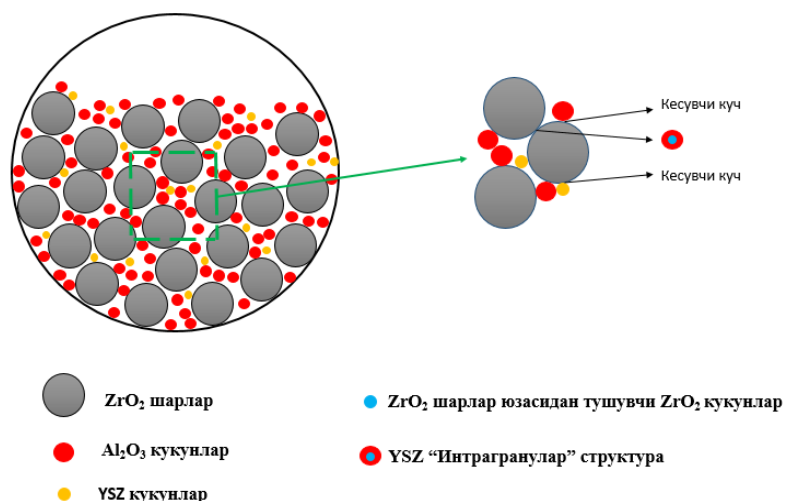
Диссертациянинг «**Алюминий оксид асосли минералокерамик материалларидан асбобсозлик материалларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш**» номли учинчи бобида турли цирконий оксид миқдорига эга бўлган алюминий оксид асосидаги янги керамик композицияни ишлаб чиқаришнинг технологик босқичлари ва ўрганиш бўйича экспериментал тадқиқотлар натижалари келтирилган.

Шарли тегирмонда аралаштириш жараёнида алюминий оксиднинг қаттиқлиги цирконий оксидникидан юқорилиги ҳисобига алюминий оксид кукуни ва цирконий оксид шар орасида кесувчи кучлар ҳосил бўлади ва натижада шарлардан дисперс цирконий оксид кукунлари ажралиб хом-ашё кукунларни легирлайди. Бунда ажралган цирконий оксид кукунлари алюминий оксидга ўралиб, бир текис дисперс тақсимланади. Шарли тегирмонда содир бўладиган ушбу механик легирланиш ва дисперс тақсимланишнинг схематик диаграммаси 1-2 расмда келтирилган.

Тадқиқотлар учун 1, 3, 5, 7 ва 9% цирконий оксидга эга бўлган намуналар тайёрланди. Намуналар кукун аралашмаларини 30 дан 50 МПа гача босим ёрдамида пресслаш ва 1500 дан 1600 °С ҳароратда қиздириб пишириш орқали тайёрланди.

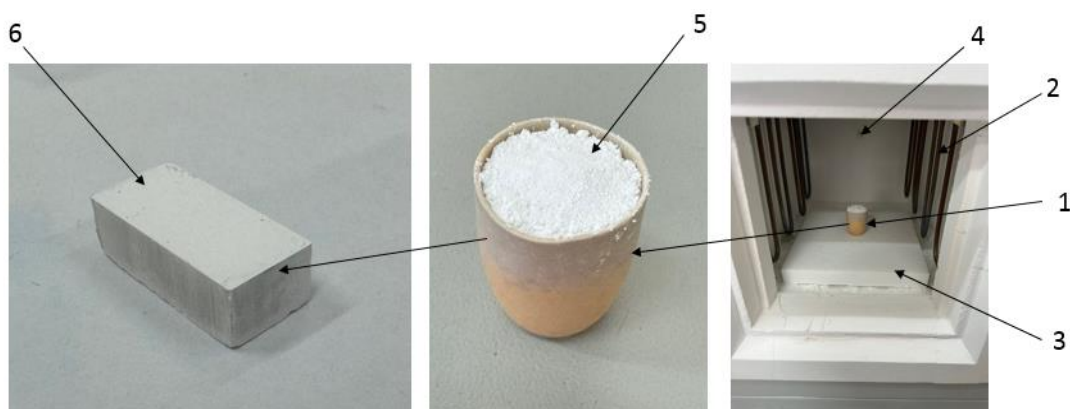


1-расм. Тадқиқот намуналар олиш учун шихтасини тайёрлашда қўлланилган лаборатория жиҳозлари



2-расм. Алюминий оксид цирконий оксид қуқунларини шарли тегирмонда аралаштиришда механик легирланиш ва дисперс тақсимланиш жараёни

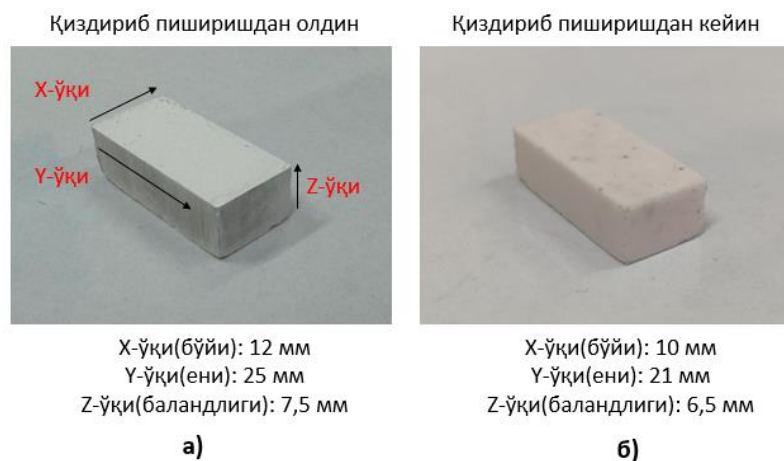
Минералокерамик қуқун композициянинг бутун хажми бўйлаб иссиқликнинг бир текис тақсимланишини таъминлаш мақсадида қиздириб пишириш жараёнида намуналар турли керамик қуқунларга кўмилган ҳолатда тигелга солинди (3-расм).



1 - тигел; 2 – қиздириш элементи; 3 – паддон; 4 – терможуфт;
5 – алюминий оксид қуқуни; 6 – намуна;

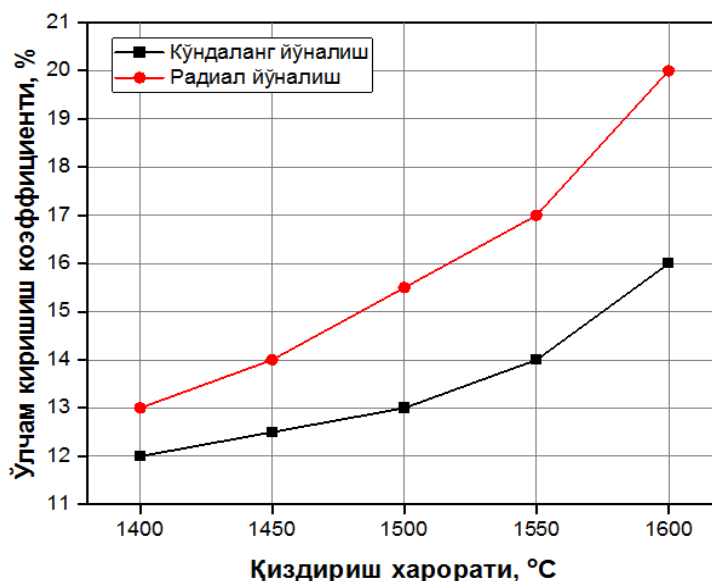
3 – расм. Турли таркибли синов намуналарини кўриниши ва уларни алюминий оксидга кўмилган ҳолда тигел билан печга жойлаштирилиши

Олдин преслаш босими ва қиздириб пиширишнинг ҳарорат режимларини турли миқдорда цирконий оксидга эга бўлган алюминий оксид асосли минералокерамик композициянинг ўлчам ўзгариши, зичлиги ва зичланиш даражасига таъсирини аниқлаш бўйича тадқиқотлар амалга оширилди (4-7расмлар). Намуналарнинг қиздириб пиширилганда ўлчам ўзгаришининг ўртача қиймати бўйи ва эни учун 16%, ва баландлиги бўйича эса 13% ни ташкил қилганлиги 4-расмдан кўриниб турган бўлса, қиздириб пиширишда ўлчам ўлчам киришиш коэффициентининг ҳароратга тўғри пропорционаллигини 5-расмдан кўриниб турибди.



4-расм. Алюминий оксид асосли намуналарнинг а) пресслаб олинган ва б) 1600 °С хароратда 3,5 соат давомида қиздириб пиширилгандаги ўлчамлари ва кўриниши

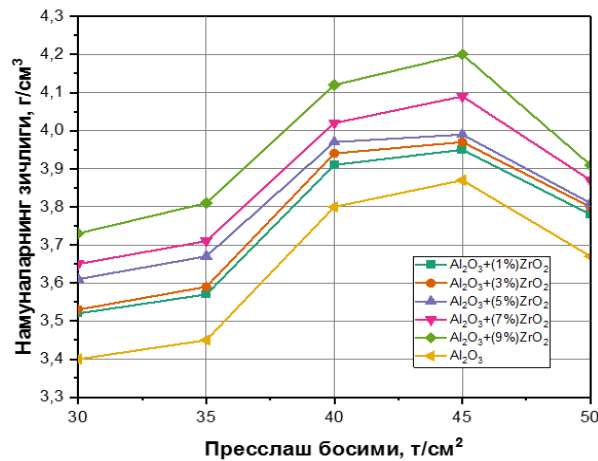
Алюминий оксид-YSZ асосли композициянинг нисбатан катта бўлган ўлчам киришиш коэффиценти қийматларига қиздириб пишириш харорати 1600 °С бўлган ҳолатда эга бўлади.



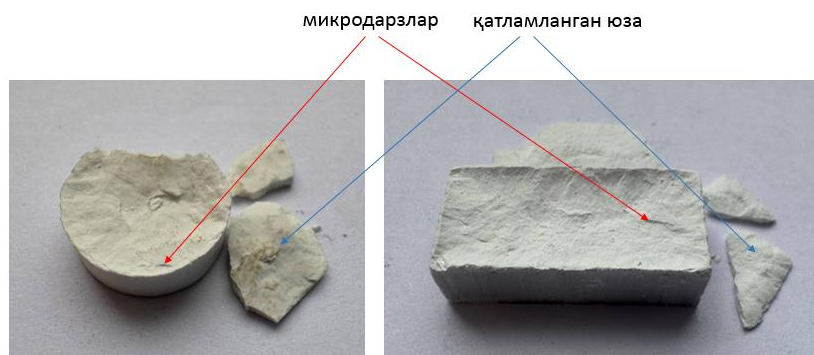
5-расм. Таркибли намуна учун ўлчам киришиш коэффицентининг қиздириш хароратига боғлиқ ҳолда ўзгариши

Энди композициянинг зичлига келсак, алюминий оксид асосли композициянинг зичлиги пресслаш босими ошиши билан ортади ва унинг энг катта қийматга эга бўлиши пресслаш босими 45 МПа да ва қиздириб пишириш харорати 1600 °С бўлган ҳолатда эришилади (6-расм). Лекин пресслаш босими 45 t/cm^2 дан қори бўлган қийматларда намуналарда пресслаш босимининг йўналишига перпендикуляр бўлган майда дарзлар ва ички юзасида қатламланиш содир бўлиши хисобига камайиб боради (7-расм).

Намуналар учун зичланиш даражасининг энг катта қийматига YSZ миқдори 9%, пресслаш босими 45 t/cm^2 ва қиздириб пишириш харорати 1600 °С бўлганда эга бўлиши 8-расмдан кўриниб турибди.

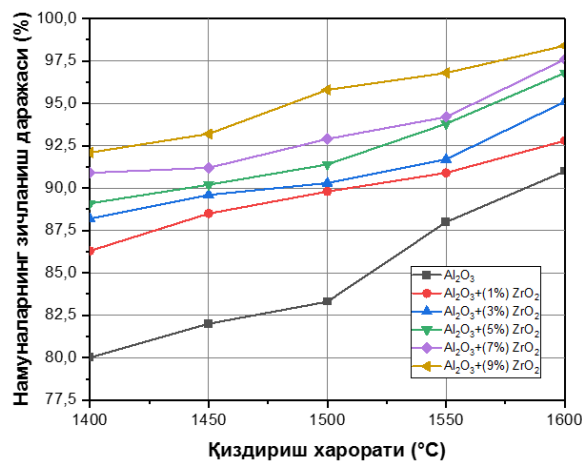


6-расм. Цирконий оксид миқдорига ва пресслаш босимига боғлиқ ҳолда намуналарнинг қиздириб пиширилгандан кейинги зичлигини ўзгариши



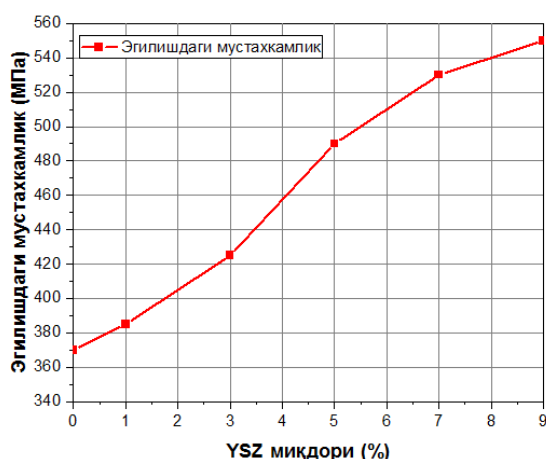
7 – расм. Шихта кукунидан 50 т/см² босимида прессланган ва қиздириб пиширилган намуна

Алюминий оксид асосли минералокерамик пластиналарнинг асосий камчилиги бу мустаҳкамлик ва дарзбардошлигининг пастлиги ҳисобланади. Ушбу камчиликларни бартараф этиш мақсадида 1 дан то 9% гача стабилланган цирконий оксид эга бўлган алюминий оксид асосли керамик композициясининг эгилишдаги мустаҳкамлик қийматларига YSZ миқдори таъсирини аниқлаш бўйича экспериментал тадқиқотлар ўтказилди.



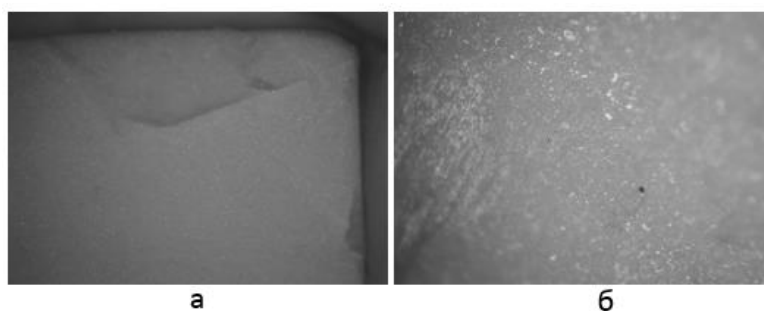
8-расм. Шихта кукунидан 45 т/см² босимида прессланган ва қиздириб пиширилган намуна

Тадқиқот натижалари композицияда YSZ миқдорининг ошиши билан унинг эгилишдаги мустаҳкамлигининг ошишини кўрсатди (9-расм).



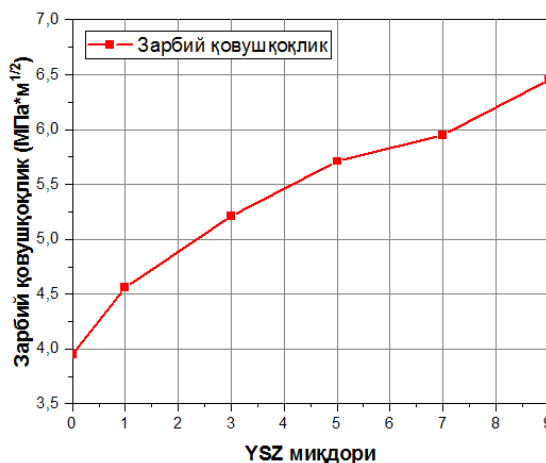
9-расм. Намуналарни таркибидаги YSZ миқдорига боғлиқ равишда эгилишдаги мустаҳкамлик чегарасини ўзгариши

Эгилишга синалган намуналарнинг синган юзалари таҳлил қилинганда, YSZ миқдорининг дастлабки қийматларида мўрт синиш кузатилган бўлса, цирконий миқдори ортган сари қовушқоқ синиш характери ҳам ортиб борган (10-расм).



10-расм. Алюминий оксид асосли намуналарнинг синган юза микроструктураси

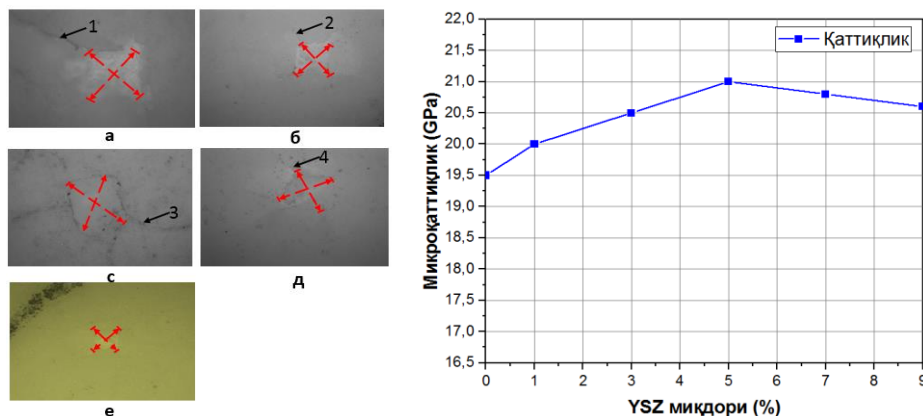
Композицияларнинг микроқаттиқлиги ва зарбий қовушқоқлик хоссалари ГОСТ 1327-99 ва ГОСТ 1421-99 орқали аниқланди.



11-расм. Намуналарни таркибидаги YSZ миқдорига боғлиқ равишда зарбий қовушқоқлигини ўзгариши

Ўтказилган тадқиқотлар натижалари композициянинг эгилишдаги мустахкамлиги ва зарбий қовушқоқлиги ўртасида тўғри корреляция борлиги аниқланди (9,11-расмлар). Композициянинг дарзбардошлиги чегараси ҳам YSZ миқдори ошиши билан ошади.

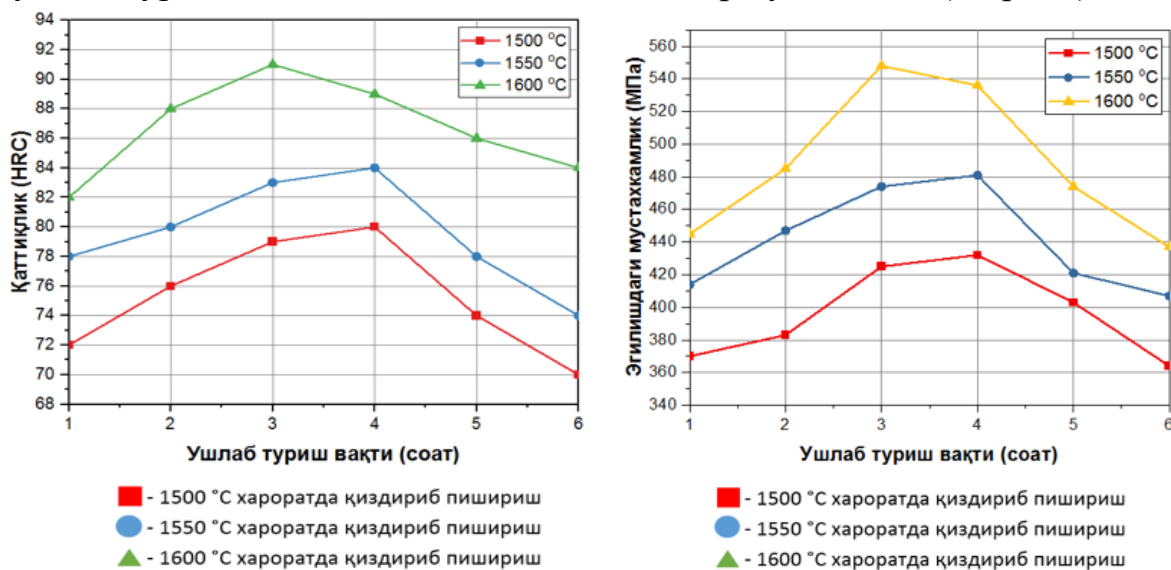
Алюминий оксиднинг қаттиқлиги YSZнинг қаттиқлигидан юқори бўлишини адабиётлар таҳлилидан аниқланди ва YSZ миқдорининг керамик композициянинг микроқаттиқлигига таъсирини аниқлаш бўйича тадқиқотлар ўтказилди.



а – 1% ZrO₂; б - 3% ZrO₂; с - 5% ZrO₂; д - 7% ZrO₂; е - 9% ZrO₂. 1, 2, 3 – дарз; 4 - ўйик худуд

12-расм. Намуналарни таркибидаги цирконий оксид миқдорига боғлиқ равишда микроқаттиқлиги ўзгариши

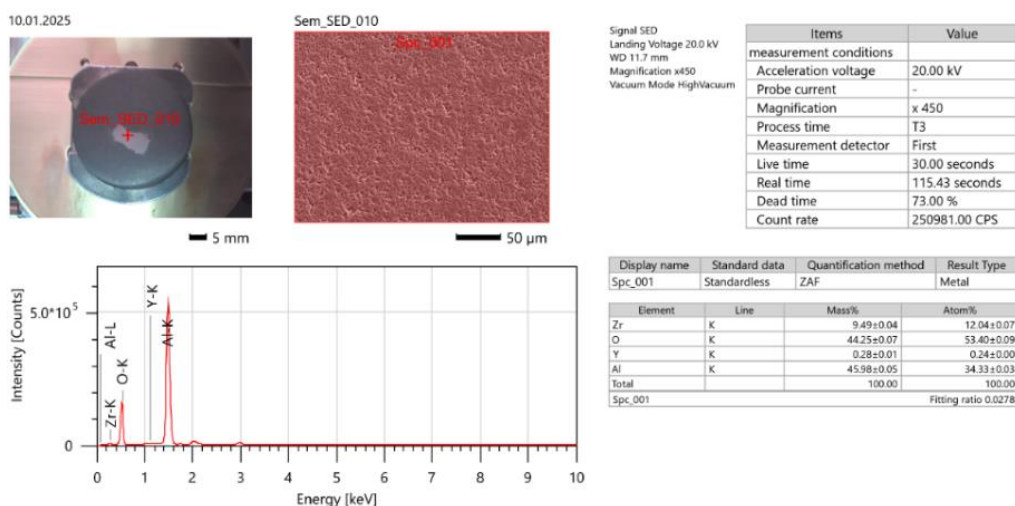
YSZ миқдори 1% дан 5 % гача бўлган ораликда намунанинг қаттиқлиги 20 ГПа дан 21 ГПа гача чизикли ортиб борган бўлса, YSZ миқдори 5 % дан ортиши билан намунанинг қаттиқлиги камайган (12-расм). Шунингдек, 9% YSZга эга намуналар учун механик хоссаларини қиздириб пишириш харорати ва ушлаб туриш вақтига боғлиқлик тадқиқотлари ўтказилди (13-расм).



а)

б)

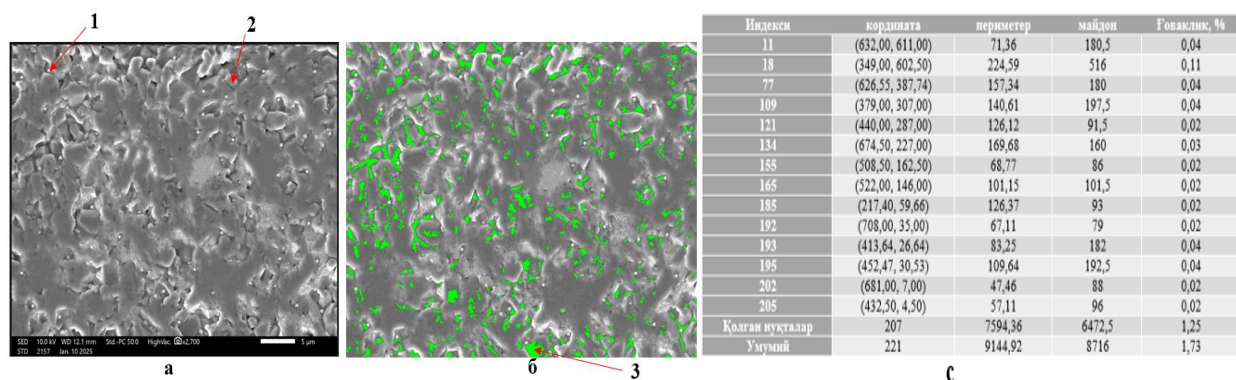
13-расм. Таркибида 9% YSZ бўлган ва турли хароратларда қиздириб пиширилган намуналар учун ушлаб туриш вақтининг (а) қаттиқлик ва (б) эгилишдаги мустахкамлик хоссаларига боғлиқлик графиклари



14-расм. Таркибида 9% YSZ бўлган алюминий оксид намуналар учун СЭМ таҳлил натижалари

Механик хоссаларнинг микроструктурага боғлиқлигини ўрганиш мақсадида таркибида турли миқдорда YSZ киритилиб тайёрланган намуналар учун микроструктуравий таҳлиллар ўтказилди (14-расм).

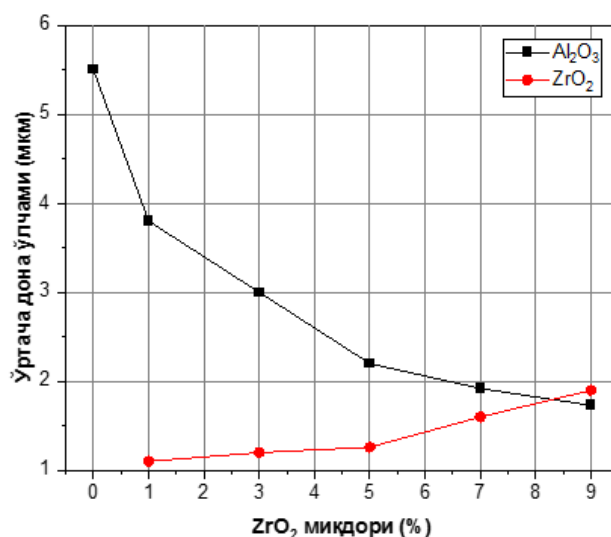
91% Al₂O₃-9% ZrO₂ композициянинг микроструктураси икки фаза алюминий оксид ва YSZ доналаридан иборат бўлади. Электрон микроскопда олинган расмлардаги ғовакликларга Image Focus Alpha дастуридан фойдаланган ҳолда ранг берилиб, намуналар таркибидаги ғовакликлар миқдори аниқланди (15-расм).



15-расм. 91% Al₂O₃-9% YSZ композициянинг микроскопик ва ғоваклик таҳлиллари. а – намуна микроструктураси (3000x) б – Image Focus Alpha дастурида олинган ғоваклик юзаси с – ғоваклик жадвали

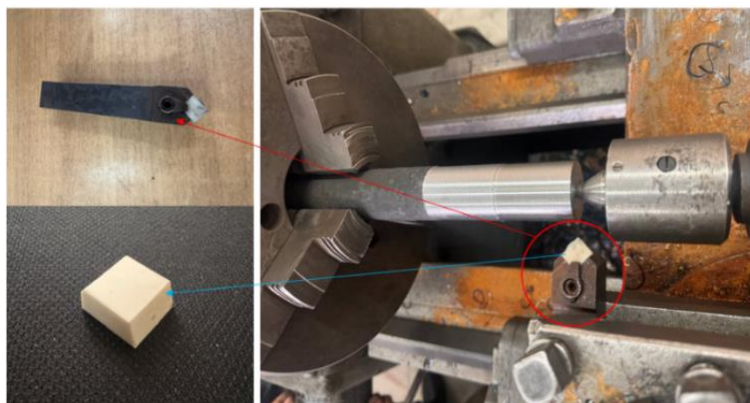
Алюминий оксид асосли керамик композициянинг таркибида ғоваклик миқдори 1.73% ни ташкил қилиши аниқланди ва бу эса алюминий оксид-YSZ композициянинг юқори зичлигида намоён бўлади.

Шунингдек, паст ғоваклик ва юқори механик хоссалар алюминий оксид асосли керамик композицияни ташкил этувчи дона ўлчамлари билан боғлиқ бўлади. YSZ заррачалари Al₂O₃ доналарининг ўсишини чекловчи вазифани бажариб, YSZ миқдорининг 1-9% гача ортиши билан Al₂O₃ доналари мос равишда 5.5 мкм дан 2.2 мкм гача камайиб борди (16-расм).



16-расм. Цирконий оксид миқдорининг Al₂O₃ ва YSZ доналарининг ўсишига таъсири

Диссертациянинг тўртинчи боби «Алюминий оксид асосли минералокерамик материаллардан тайёрланган пластинкаларни трибологик хоссаларини аниқлаш» деб номланади. Алюминий оксид асосли материалларидан тайёрланган пластинкаларни токарлик цехларида эксплуатацион шароитда апробациядан ўтказиш мақсадида ишлаб чиқилган 95% Al₂O₃-(1%, 3%, 5%, 7% ва 9% YSZ) таркибли пластинкаларнинг намуналари ишлаб чиқилган технология асосида кукун металлургия усулида ишлаб чиқарилди (17-расм).

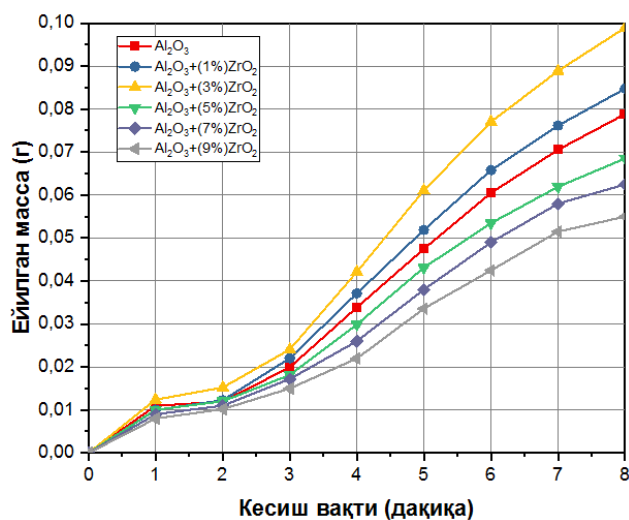


17-расм. а-янги таркибли кескич пластинкаларини токарлик дастгоҳига маҳкамлаш жараёни; б-пўлат валга кесиб ишлов бериш жараёни

Тайёрланган минералокерамик пластиналарни апробацияси “Олмалик КМК” АЖ қошидаги “Ўзбекистон технологик металлургия комбинати”даги Металларга кесиб ишлов бериш цехида ва шунингдек Материалшунослик кафедрасидаги токарлик станогига ўрнатилган холда тобланган пўлат деталларга механик кесиб тоза ишлов бериш орқали амалга оширилди.

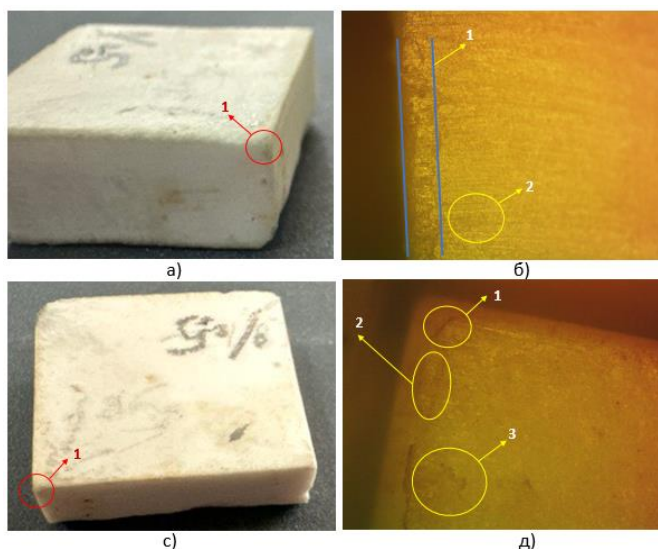
Янги кукун композицион минералокерамик пластинкаларларнинг ейилишбардошлилигини аниқлаш мақсадида ейилган юза хажмига қараб қиёсий синовлар ва пластинкаларнинг механик кесиб тоза ишлов беришдан олдинги ва кейинги оғирликларининг ўзгаришини аниқлаш синовлари

ўтказилди. Таркибида 9 % YSZ бўлганда пластинкаларнинг ейилган масса миқдори энг кам бўлади. Бундан кўришимиз мумкинки, керамик композитларнинг трибологик хоссаларини уларнинг қаттиқлиги билан ўлчамаслигимиз кераклигини кўришимиз мумкин (18-расм).



18-расм. Минералокерамик асбобсозлик пластиналарда механик кесиб тоза ишлов беришдаги ейилиш графиги

Таркибида 1%, 3%, 5%, 7% ва 9% YSZ бўлган минералокерамик асбобсозлик пластиналар билан тобланган пўлатга механик кесиб тоза ишлов беришдан кейинги юзаларининг макроскопик ва микроскопик тахлиллар ўтказилди. Синаш натижалари таркибида 9% YSZ бўлган пластиналарнинг термик бардошлилиги ва ейилишга бардошлилиги бошқа таркибли пластиналарга нисбатан юқори эканлигини кўрсатди (19-расм).

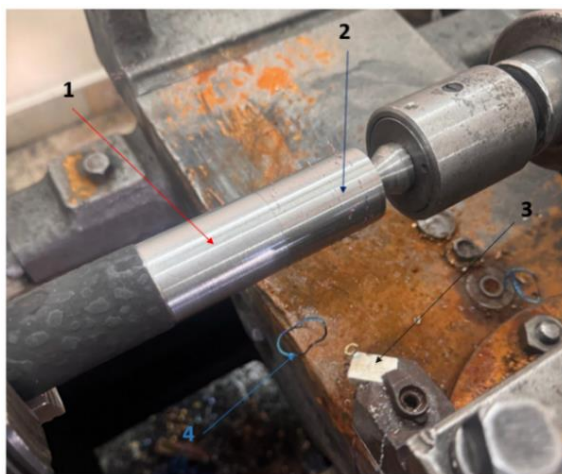


а) 1 - кичик олд юза ейилиш зонаси. б) 1 - абразив ейилиш 2 - кичик абразив ариқчалар. с) 1 - кичик орқа ейилиши. д) 1 - олд юзага ёпишган қиринди 2 - озроқ қатламли ейилиш 3 - абразив ариқчалар

19-расм. Таркибида 9% YSZ бўлган минералокерамик асбобсозлик пластинанинг механик кесиб тоза ишлов беришдан кейинги орқа (а ва б) ва олд юза (а ва с) макро ва микро тузилиши

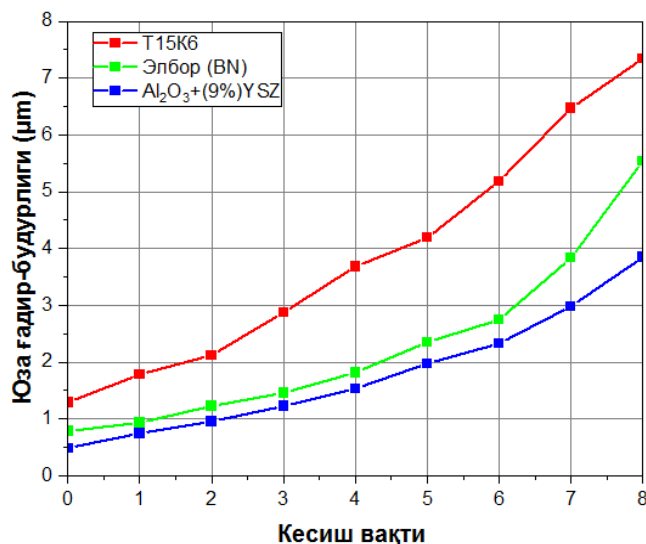
Абразив ейилишнинг кам бўлиши механик кесиб тоза ишлов беришда детал юза ғадир-будурликларининг минимал бўлишлигини таъминлайди (20-расм).

Апробацияда олинган натижаларни ҳозирги кунда корхонада қўлланилиб келинаётган пластиналарнинг юза ғадир будурлиги билан таққослаш 21-расмда келтирилган. 91% Al_2O_3 + 9% YSZ пластинада ишлов берилган деталларнинг юза қадир-будурлиги қолган аналоглари қараганда минимал қийматларга эга бўлади ва бу тафовут элборга қараганда кичик бўлиб, дастлаб 0.5 μm бўлса, 8 дақиқа ишлов берилгандан сўнг эса 3.9 μm ни ташкил этди.



1 – ишлов беришдан олдинги детал юзаси, 2 - ишлов беришдан кейинги детал юзаси, 3 – минералокерамик кескич, 4 – металл қиринди

20-расм. Механик кесиб тоза ишлов беришдан кейин минералокерамик пластина ва детал кўриниши



21-расм. Юза ғадир-будурлигининг кесиш вақтига боғлиқлик графиги

Шундай қилиб тобланган пўлат ва қотишмаларга механик кесиб тоза ишлов бериш минералокерамик пластиналар учун 91% Al_2O_3 ва 9% YSZ дан ташкил топган кукунли композициянинг таркиби жорий қилинди. Натижада аналогларига нисбатан таннархи 25...30% га арзон бўлган минералокерамик асбобсозлик пластиналарини олиш имкониятига эришилди. 91% Al_2O_3 ва 9%

YSZ дан ташкил топган кукунли композиция учун 45 МПа босимда пресслаш ва 1600 °С ҳароратда қиздириб пиширишдан иборат технологик режим ишлаб чиқилди. Натижада минералокерамик пластиналарни импорти 25-30 % га қисқартиришга ва ишлаб чиқаришдаги сарф-харажатлар 20-25% гача қисқарди.

Юқорида келтирилган кўрсаткичларга асосланган ҳолда пластиналарни бошқа минералокерамик пластиналарга алмаштиришдаги иқтисодий самарадорлик битта партия пластиналар учун 50 млн. сўмни ташкил этди.

ХУЛОСА

1. Таркиби 91% алюминий оксид ва 9% цирконий оксид (3% иттрий оксид билан стабилланган) дан иборат юқори физик-механик хоссаларга эга бўлган асбобсозлик материалларини олиш имконини берувчи технологик жараёни ишлаб чиқилди.

2. Юқори қаттиқликка эга бўлган қотишмалар ва тобланган пўлатларга механик кесиб тоза ишлов бериш учун 91% алюминий оксид ва 9% цирконий оксид (3% иттрий оксид билан стабилланган) дан иборат минералокерамик материалнинг рационал таркиби таклиф этилди.

3. Юқори қаттиқликка эга қотишмалар ва тобланган пўлатларга тоза кесиб ишлов беришда фойдаланиладиган қаттиқ қотишма (Т15К6) аналогларига нисбатан таннархи 25-30% га арзон бўлган минералокерамик асбобсозлик пластиналарини олиш имкониятига эришилди.

4. 91% алюминий оксид ва 9% цирконий оксид (3% иттрий оксид билан стабилланган) дан иборат минералокерамик асбобсозлик материалларини механик ва технологик хоссаларини оширишга имкон берувчи кукунли металлургия усулида олишда пресслаш босими 45 МПа ва қиздириб пишириш ҳарорати 1600⁰С бўлган режим тавсия этилди.

5. 91% алюминий оксид ва 9% цирконий оксид (3% иттрий оксид билан стабилланган) дан иборат минералокерамик асбобсозлик пластиналарни ишлаб чиқаришдаги сарф харажатларни 20...25% қисқартиришга имкон берувчи технологик режим ишлаб чиқилди.

6. Алюминий оксид- цирконий оксид (3% иттрий оксид билан стабилланган) асосидаги минералокерамик асбобсозлик пластиналарни ишлаб чиқариш бўйича ТР00193945-71-07-022025 технологик регламент ишлаб чиқилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/2025.27.12.T.02.06 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ “ФАН
ВА ТАРАҚИЁТ” ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

БЕКТЕМИРОВ БЕГАЛИ ШУХРАТ УГЛИ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
МИНЕРАЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

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

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

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2022.3.PhD/T3099.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова.

Автореферат диссертации размещен на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) на веб-странице Научного совета по адресу www.gurft.uz и Информационно-образовательном портале «Ziyonet» по адресу www.ziyonet.uz.

Научный руководитель:	Каримов Шоирджон Ахралович кандидат технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Улмасов Тулкин Усманович доктор технических наук, с.н.с. Пармонов Сарвар Ташпулатович доктор технических наук, доцент
Ведущая организация:	Каршинский государственный технический университет

Защита диссертации состоится **«10» апреля 2026 года в 14³⁰ часов** на заседании Научного совета DSc.03/2025.27.12.T.02.06 при ГУ «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73; e-mail: fan_va_taraqqiyyot@mail.ru в здании «Фан ва тараккиёт» ГУ, 2 этаж, зал конференций).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУ «Фан ва тараккиёт» (Зарегистрированный номером №31-25). (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба, 7а. Тел. (99871) 246-39-28, факс: (+99871) 227-12-73).

Автореферат диссертации разослан «27» марта 2026 года.
(протокол реестра №31-25 от «25» ноября 2025 г.).

С.С. Негматов

Председатель Научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор, академик АН РУз

М.Э. Икрамова

Ученый секретарь Научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н., с.н.с.

В.С. Туляганова

Председатель научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., с.н.с.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. В мировом машиностроении с каждым днем возрастает потребность в производстве режущих пластин методом порошковой металлургии, широко применяемых при механической обработке резанием различных труднообрабатываемых закаленных сталей и многих сплавов цветных металлов, а также в разработке эффективных порошковых композиционных материалов для режущих пластин. В связи с этим разработка эффективного состава и технологии получения износостойкого керамического композиционного материала на основе оксида алюминия методом порошковой металлургии имеет большое значение, в том числе для повышения производительности и эффективности минералокерамических режущих пластин, используемых в станках механической резки металлов.

В мире ведутся научно-исследовательские работы по изготовлению минералокерамических режущих пластин для обработки металлов в машиностроении с целью изучения влияния различных добавок вторичных легирующих фаз и с использованием различных технологий производства добиться экономической эффективности за счет повышения прочностных, механических и эксплуатационных свойств этих режущих пластин за счет легирующих добавок и технологии производства. В этой связи особую актуальность приобретает создание эффективных технологий получения высокотермомеханических и износостойких вставок из материалов на основе оксида алюминия методом порошковой металлургии, а также изучение влияния характеристик дополнительных легирующих элементов и давления прессования, параметров отжига на механические и технологические свойства, износостойкие свойства, создание и освоение эффективных, ресурсосберегающих технологий их производства.

В республике проводятся мероприятия по созданию методов и технологий получения различных изделий и продуктов из оксида алюминия, а также по созданию на его основе материалов с высокими физико-механическими свойствами для режущих пластин, используемых в металлообработке, и в этом направлении достигаются определенные результаты. В Стратегии дальнейшего развития Нового Узбекистана сформулированы важные задачи, в частности, по “... поднятию промышленности на качественно новый уровень, глубокой переработке местного сырья, ускорению производства готовой продукции, освоению новых видов продукции и технологий...”¹. В связи с этим разработка эффективного состава и технологии получения материалов на основе оксида алюминия для режущих пластин, используемых в металлообработке, имеет большое значение.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года №УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы».

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в постановлениях Президента Республики Узбекистан от 27 апреля 2018 г. №ПП-3682 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и комплектов», от 17 января 2019 года №ПП-4124 «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической сети», от 24 июня 2021 года №ПП-5159 «О дополнительных мерах по развитию горнодобывающей и металлургической промышленности и связанных с ними отраслей» а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и техники республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II. “Энергетика, энергоресурсосбережение, машиностроение и ресурсосбережение”.

Степень изученности проблемы. В мировую практику зарубежные и узбекские ученые вносят вклад результатами своих научно-практических исследований по созданию новых композиций с высокими эксплуатационными свойствами, исследованию физико-механических свойств, разработке и совершенствованию технологии изготовления материалов на основе оксида алюминия для режущих пластин, используемых при финишной и чистовой механической обработке металлов: Wei-Hsing Tuan, Ali Arab, Betul Kafkaslı uğlu Yıldız, Marek Boniecki, Ahmad Zahirani Ahmad Azhar, Maria Cecilia Correa de Sfe Benevides de Moraes, M. A. Gafur, M. Iwasa, Nik Akmar Rejab, F. Sommer, Wenya Du, Y.H. Fei, Afifax Mohd Ali, Самадов А.У., Шакиров Ш.М. и другие.

На основе анализа существующих исследований следует отметить, что в настоящее время в производстве режущих пластин из материалов на основе оксида алюминия имеется множество проблем, в том числе использование различных методов производства и количества добавок, низкие прочность и ударная вязкость, использование давления и температур спекания в процессе прессования. В связи с этим разработка технологии производства минералокерамических материалов на основе оксида алюминия для режущих пластин и проведение научных исследований по повышению их твердости, ударной вязкости, долговечности и износостойкости имеют большое научное значение в развитии экономики нашей страны.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами, где выполняется диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета в рамках договора №137/45А о научно-техническом сотрудничестве, заключенного 20 сентября 2017 года между двусторонним ТашГТУ и Научно-производственным объединением по производству редких металлов и твердых сплавов при АО Алмалыкский ГМК”.

Целью исследования является разработка технологии изготовления минералокерамических инструментальных пластин на основе оксида алюминия-циркония (стабилизированного 3% Y_2O_3) (YSZ) для механической чистовой обработки металлов.

Задачи исследования:

определение оптимального состава алюминий оксид-YSZ керамического композиционного материала;

определение оптимального состава алюминий оксид-YSZ керамического композиционного материала и исследование влияния этого состава на механические свойства композита;

разработка технологии спекания на основе нового химического состава алюминий оксид-YSZ керамического композиционного материала.

определение и исследование влияния оптимального состава алюминий оксид-YSZ керамического композиционного материала на износостойкость композита;

разработка технологии производства алюминий оксид-YSZ керамического композиционного материала;

внедрение полученных на основе результатов исследований минералокерамических режущих пластин на крупных предприятиях республики и повышение технико-экономических показателей применения.

Объектом исследования является керамический композиционный материал на основе оксида алюминия и YSZ.

Предметом исследования являются смешанные в оптимальных количественных соотношениях дисперсные порошки оксида алюминия и YSZ, а также прессованный и спеченный минералокерамический материал на основе оксида алюминия.

Методы исследования. В диссертации использованы современные физико-химические методы анализа, макро- и микроструктурного анализа (электронные микроскопы «SEM-EVO MA 10» и «JSM-IT210», оптический микроскоп Oxion Inverso), а также электронно-микроскопический, рентгеновский (XRD-600X) анализ и другие общепринятые методы, разрешенные в странах СНГ.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определен структурно-фазовый состав оксид алюминия-YSZ керамического композиционного материала;

разработан оптимальный состав оксид алюминия-YSZ керамического композиционного материала;

определено влияние технологических параметров, давления прессования и температуры спекания на степень уплотнения, прочность на изгиб, твердость и ударную вязкость оксид алюминия-YSZ керамического композиционного материала;

определено влияние процентного содержания оксида циркония на износостойкость керамического композиционного материала на основе оксида алюминия-оксида циркония;

разработана технология получения керамического композиционного материала на основе оксида алюминия-оксида циркония.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан новый состав минералокерамического материала, состоящий из 91% Al_2O_3 и 9% YSZ, для механической чистовой обработки сплавов высокой твердости и закаленных сталей;

разработана оптимальная технология производства керамического композиционного материала оксид алюминия-YSZ;

разработаны оптимальные технологические режимы (давление прессования и температура спекания) для производства керамического композиционного материала оксид алюминия-YSZ.

Достоверность результатов исследований основана на результатах лабораторных и производственных испытаний, проведенных с использованием современных методов и современного компьютерного и программного обеспечения по определению химического состава, структуры, механических и износостойких свойств материала при разработке и внедрении технологии производства керамического композиционного материала оксид алюминия-YSZ для механической чистовой обработки металлов.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследований заключается в том, что они объясняют закономерности влияния количества оксида циркония на механические, физические и эксплуатационные свойства оксид алюминия-YSZ минералокерамического композиционного материала, увеличение срока службы пластин из оксида алюминия-YSZ керамического композиционного материала, используемых при механической чистовой обработке, и улучшение качества поверхности обработанных деталей.

Практическая значимость результатов исследований заключается в использовании эффективного состава, созданного оксид алюминия-YSZ керамического композиционного материала для механической чистовой обработки режущих пластин, разработке технологических режимов получения этих пластин и увеличении срока их службы.

Внедрение результатов исследований: На основе полученных результатов по разработке технологии получения минералокерамических инструментальных материалов:

новый состав минералокерамического материала, состоящего из 91% Al_2O_3 и 9% YSZ для чистовой обработки высокопрочных сплавов и закаленных сталей, внедрен в производство на АО «Узбекский технологический металлургический комбинат» (справка АО «Узбекский технологический металлургический комбинат» №04/03-248 от 25 февраля 2025 г.). В результате, появилась возможность получить минералокерамические инструментальные пластины с низкой себестоимостью на 25...30% по сравнению с аналогами твердого сплава (Т15К6), используемого для чистовой резки высокопрочных сплавов и закаленных сталей;

технология получения инструментальных материалов с высокими физико-механическими свойствами, состоящих из 91% Al_2O_3 и 9% YSZ, внедрена в производство на АО АО «Узбекский технологический металлургический комбинат» (справка АО «Узбекский технологический металлургический комбинат» №04/03-248 от 25 февраля 2025 г.). В результате, появилась возможность сократить импорт минералокерамических пластин на 25...30%, а производственные затраты - на 20...25%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования обсуждены на 4 конференциях, в том числе на 2-х международных и 2-х республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 10 научных работ, в том числе 6 научных статей, из них 2 в республиканских и 4 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 106 страницы компьютерного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертационной работы, цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагается научная новизна и практические результаты исследования, обоснована их достоверность, раскрыты научные и практические значимости полученных результатов, приведены результаты внедрений разработок, результаты апробации работы, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием «**Современное состояние производства инструментальных материалов на основе оксида алюминия**» проанализированы имеющиеся современные литературные источники по видам, свойствам, областям применения и технологии получения материалов на основе порошков оксида алюминия. На основе анализа литературных источников сделан вывод об актуальности решения ряда задач, которые позволят получать инструментальные материалы с высокими физико-механическими свойствами из минералокерамических порошков на основе оксида алюминия методами порошковой металлургии. Решению этой же задачи, указанной выше, и посвящена данная диссертационная работа.

Во второй главе диссертации под названием «**Выбор объектов исследования и методов изучения свойств минералокерамических**

материалов на основе порошка оксида алюминия» выбран объект исследования и на его основе определены методы исследования физико-механических свойств керамических композиционных материалов на основе оксида алюминия.

Фазовые анализы проводились с использованием рентгеновской дифрактометрии, СЭМ и оптической инверсионной микроскопии. Физико-механические свойства материала определялись с помощью универсального твердомера модели HBRVS-1875 и испытательного оборудования на изгиб модели WDW-100E. Для определения трибологических свойств материала использовались электронные весы ZEC21 и измеритель шероховатости поверхности TIME®3200. Экспериментальные исследования проводились в «Узбекско-Японском молодежном инновационном центре», АО «Узбекский технологический металлургический комбинат» и его Научно-технологическом центре, а также в лаборатории кафедры «Материаловедение» Ташкентского государственного технического университета.

В третьей главе диссертации **«Разработка технологии получения инструментальных материалов из минералокерамических материалов на основе оксида алюминия»** представлены технологические этапы производства и результаты экспериментальных исследований по изучению новой керамической композиции на основе оксида алюминия с различным содержанием диоксида циркония.

В процессе смешивания в шаровой мельнице между порошком оксида алюминия и сферой оксида циркония возникают сдвигающие силы, в результате чего диспергированные порошки оксида циркония отделяются от сфер и сплавляют исходные порошки, поскольку твердость оксида алюминия выше, чем у оксида циркония. В этом процессе разделенные порошки оксида циркония покрываются оксидом алюминия и равномерно диспергируются. Схематическая диаграмма этого механического сплавления и дисперсии, происходящего в шаровой мельнице, показана на рисунке 1-2.

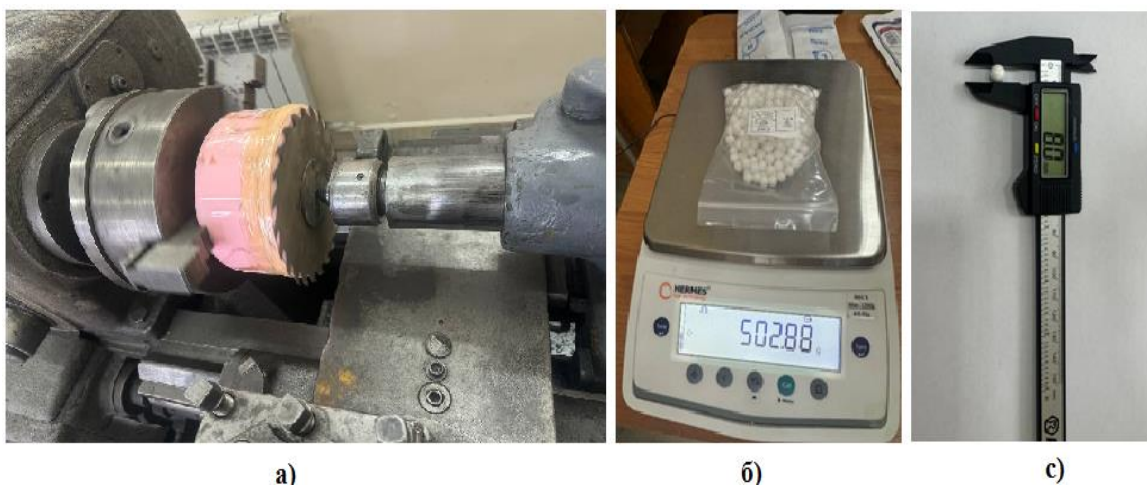


Рис.1. Лабораторное оборудование, используемое при подготовке партии исследовательских образцов

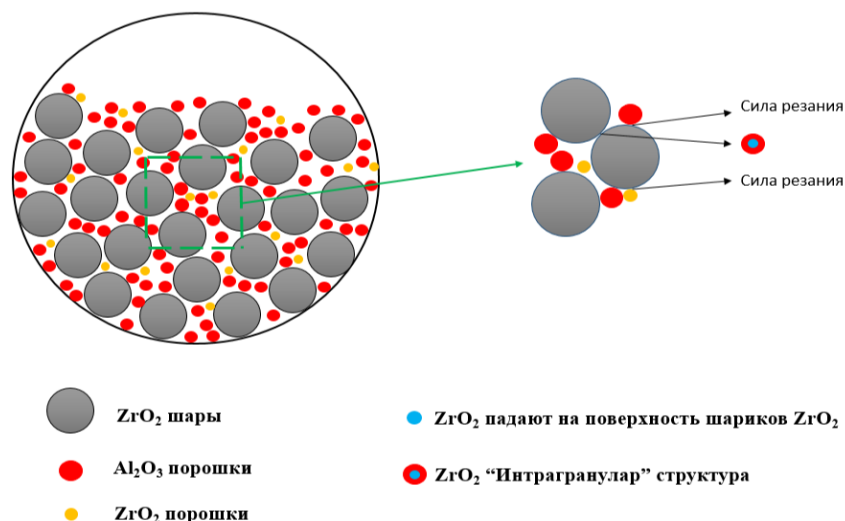
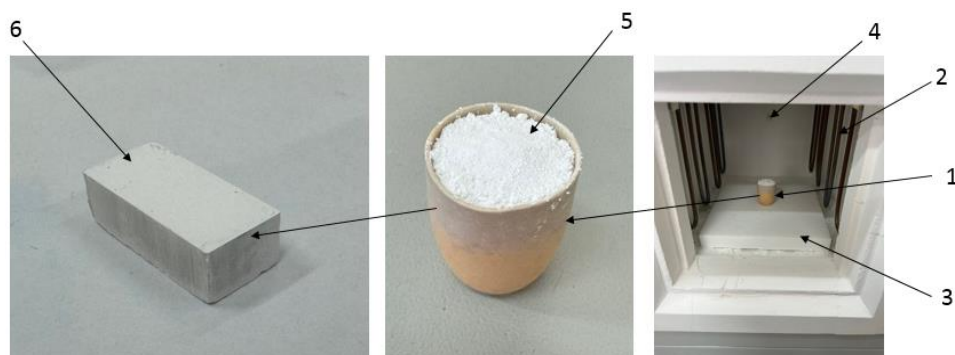


Рис.2. Процесс механического легирования и диспергирования при смешивании порошков оксида алюминия и циркония в шаровой мельнице

Для исследования были подготовлены образцы с содержанием оксида циркония 1, 3, 5, 7 и 9%. Образцы были подготовлены прессованием порошковых смесей под давлением от 30 до 50 МПа и спеканием при температурах от 1500 до 1600 °С. Для обеспечения равномерного распределения тепла по всему объему минералокерамической порошковой композиции образцы в процессе спекания помещались в тигель, залитый в различные керамические порошки (рисунок 3).



1 - тигель; 2 - нагревательный элемент; 3 - подложка;
4 - термопара; 5 - порошок оксида алюминия; 6 - образец;

Рис.3. Внешний вид опытных образцов разного состава и их размещение в тигле и печи при заливке в глинозем

В первую очередь были проведены исследования по определению влияния давления прессования и температурных режимов обжига на изменение размеров, плотность и уровень уплотнения минерально-керамического композита на основе оксида алюминия с различным содержанием циркония (рисунки 4-7). Как видно из рисунка 4, среднее изменение размеров образцов при нагревании составило 16% по длине и ширине и 13% по высоте соответственно, рисунок 5 показывает, что коэффициент изменения размеров при спекании прямо пропорционален температуре.

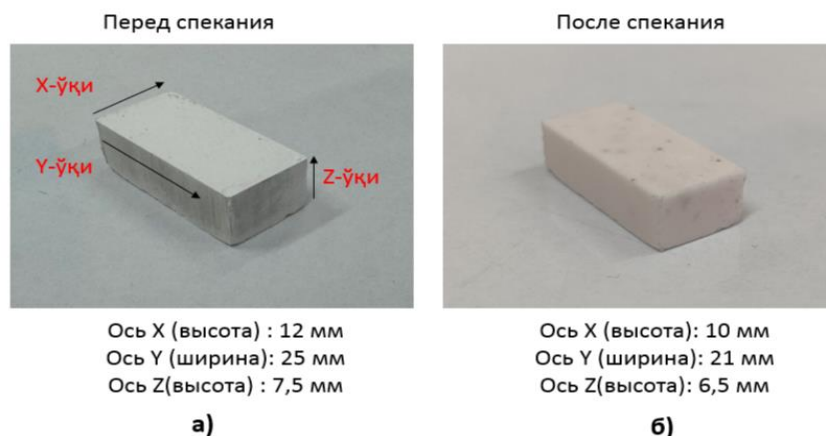


Рис.4. Представлены размеры и внешний вид образцов на основе оксида алюминия после а) прессования и б) спекания при температуре 1600 °С в течение 3,5 часов

Композитный материал на основе оксида алюминия и YSZ достигает относительно высоких значений коэффициента усадки при температуре спекания 1600 °С.

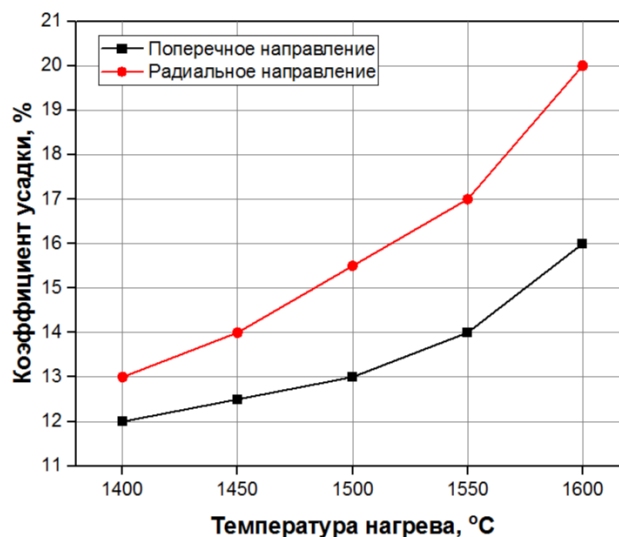


Рис.5. Изменение коэффициента усадки образцов композиционного материала оксид алюминия-YSZ в зависимости от температуры нагрева

Что касается плотности композита, то плотность композита на основе оксида алюминия увеличивается с ростом давления прессования и ее максимальное значение достигается при давлении прессования 45 МПа и температуре спекания 1600 °С. (6-разм). Однако при значениях давления прессования выше 45 т/см² возникают мелкие трещины, перпендикулярные направлению давления прессования, и расслоение на внутренней поверхности образцов (рисунок 7).

Из рисунка 8 видно, что наибольшее значение степени уплотнения образцов получено при содержании YSZ 9%, давлении прессования 45 т/см² и температуре спекания 1600 °С. Основным недостатком режущих пластин из минеральной керамики на основе оксида алюминия является их низкая прочность и вязкость разрушения.

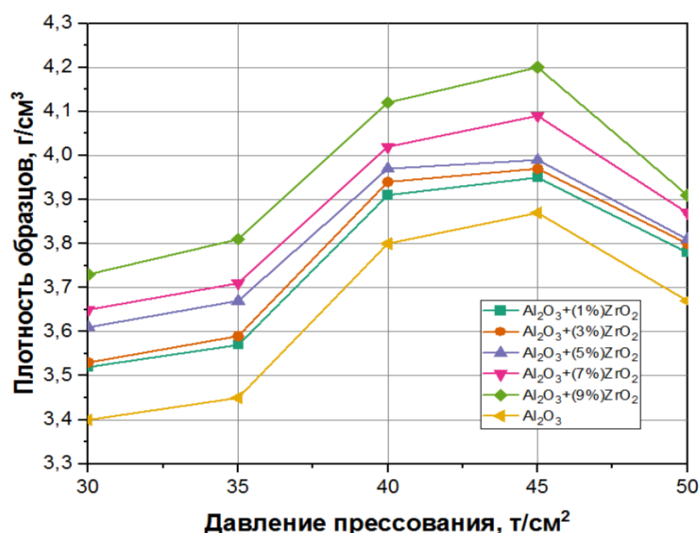


Рис.6. Изменение плотности образцов после спекания в зависимости от количества оксида циркония и давления прессования



Рис.7. Образец, спрессованный при давлении 50 т/см² и спеченный при 1600 °С

Для преодоления этих недостатков были проведены экспериментальные исследования по определению влияния содержания YSZ на показатели прочности на изгиб керамической композиции на основе оксида алюминия, содержащей стабилизированный диоксид циркония от 1 до 9%.

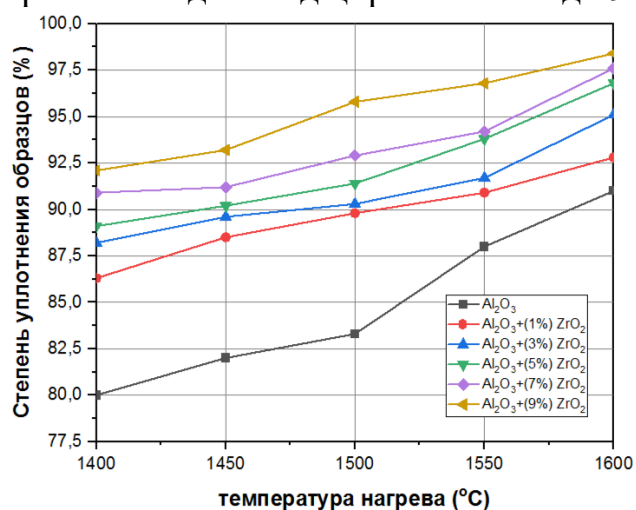


Рис.8. Образцы, спрессованные при давлении 45 т/см² и спеченные при 1400, 1450, 1500, 1550 и 1600 °С

Результаты исследования показали, что с увеличением количества YSZ в композите увеличивается его прочность на изгиб (рисунок 9)..

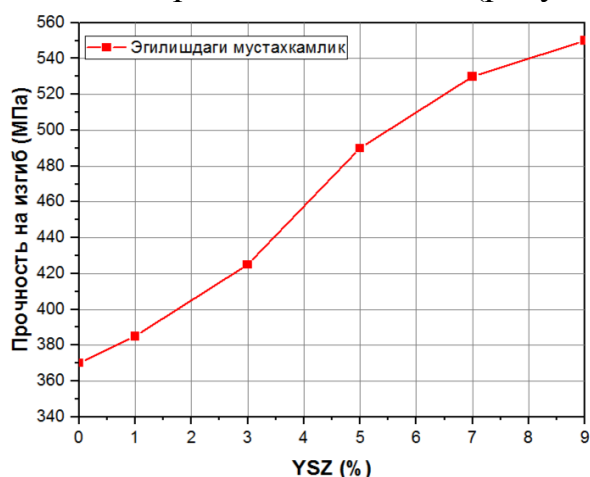


Рис.9. Изменение предела прочности на изгиб в зависимости от количества YSZ в образцах

При анализе поверхностей разрушения образцов, испытанных на изгиб, при начальных значениях содержания YSZ наблюдалось хрупкое разрушение, в то время как вязкий характер разрушения усиливался по мере увеличения содержания YSZ (рисунок 10).

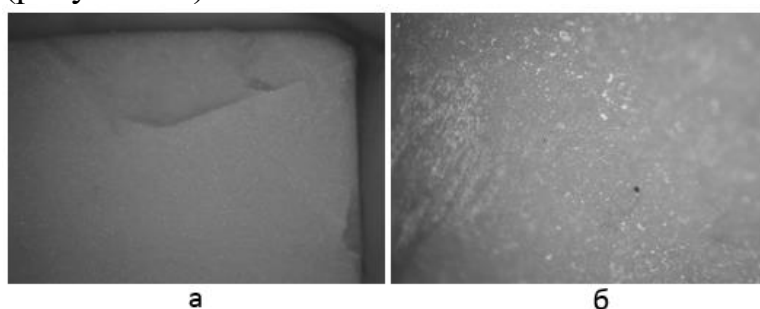


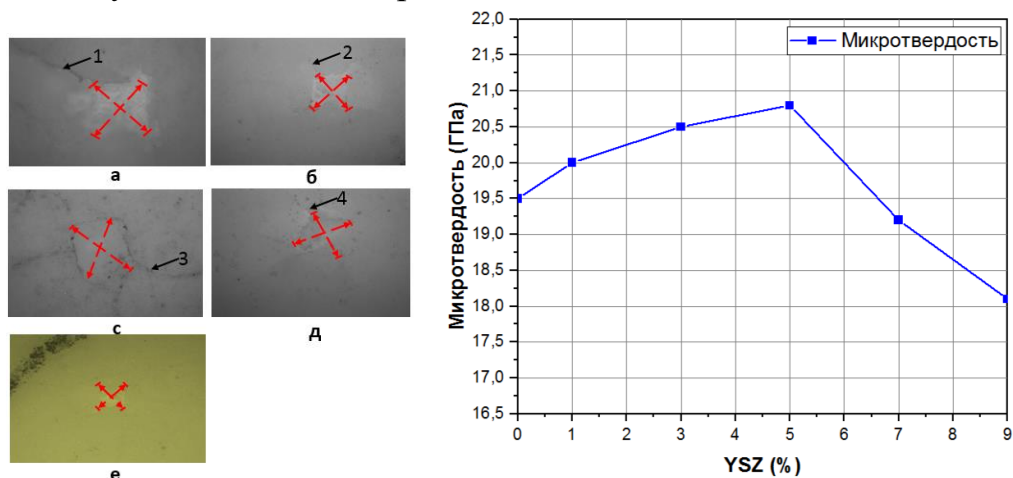
Рис.10. Микроструктура поверхности излома образцов на основе оксида алюминия

Микротвердость и вязкость разрушения образцов определялись по ГОСТ 1327-99 и ГОСТ 1421-99 соответственно.



Рис.11. Изменение вязкости разрушения образцов в зависимости от количества YSZ в их составе

По результатам исследований установлено, что между прочностью на изгиб и вязкостью разрушения образцов существует прямая корреляционная связь (рисунок 9 и 11). Предел вязкости разрушения образцов также увеличивается с увеличением содержания YSZ.



а – 1% YSZ; б – 3% YSZ; в – 5% YSZ; г – 7% YSZ; д – 9% YSZ. 1, 2, 3 – трещина; 4 – впадина

Рис.12. Изменение микротвердости образцов в зависимости от количества YSZ в их составе

На основе анализа литературы было установлено, что твердость оксида алюминия выше, чем у YSZ, а затем были проведены исследования по определению влияния содержания YSZ на микротвердость керамических композитов.

Микротвердость образца линейно возрастала от 20 ГПа до 21 ГПа в диапазоне содержания YSZ от 1% до 5%, однако микротвердость образца резко снижалась при увеличении содержания YSZ выше 5% (рисунок 12).

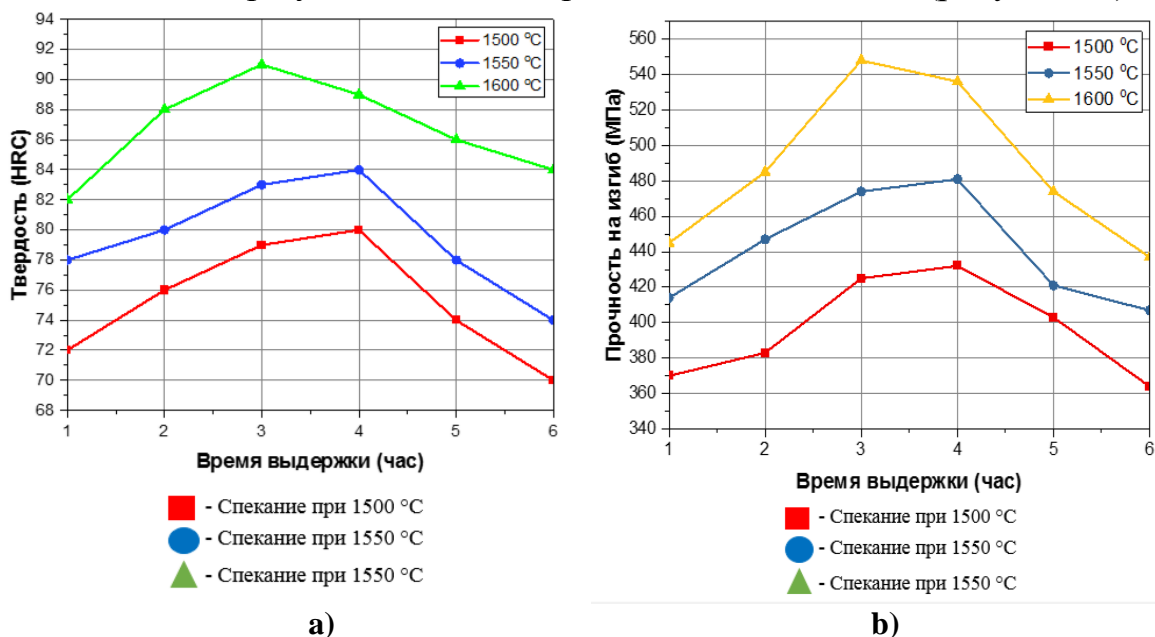


Рис.13. Графики зависимости времени выдержки от твердости (а) и прочности на изгиб (б) для образцов, содержащих 9% YSZ, спеченных при разных температурах

Также были проведены исследования зависимости механических свойств от температуры спекания и времени выдержки для образцов, содержащих 9% YSZ (рисунок 13).

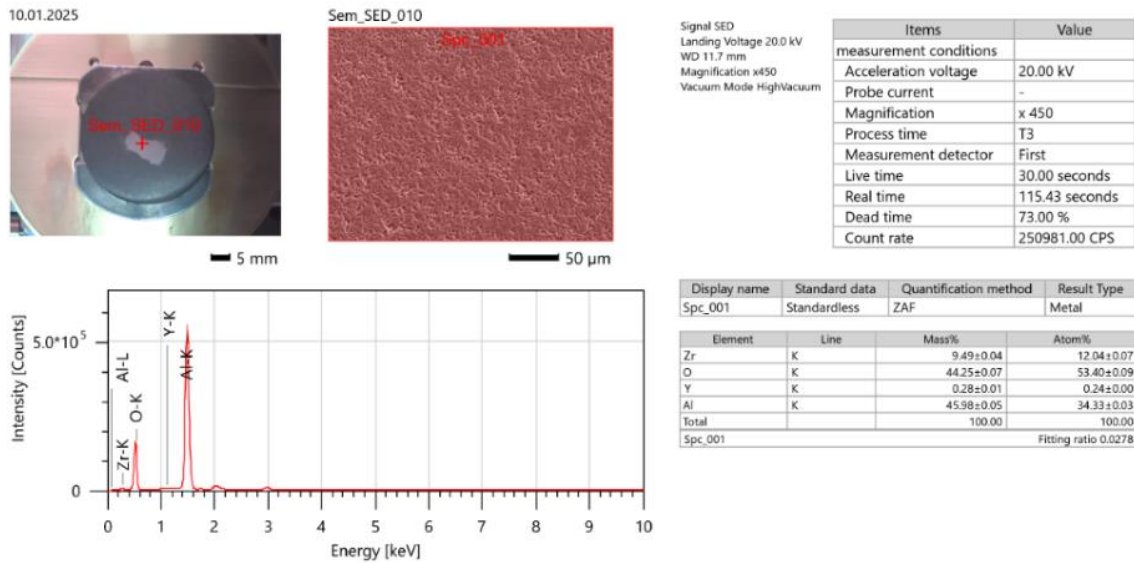


Рис.14. Результаты анализа SEM для образца оксида алюминия, содержащего 9% YSZ

Для изучения зависимости механических свойств от микроструктуры были проведены микроструктурные анализы образцов, приготовленных с различным количеством YSZ (рисунок 14).

Микроструктура композита 91%Al₂O₃-9%YSZ состоит из двух фаз оксида алюминия и зерен YSZ. Пористость на изображениях микроструктуры, полученных с помощью электронного микроскопа, была окрашена с помощью программного обеспечения Image Focus Alpha, и было определено количество пористости в образцах (рисунок 15).

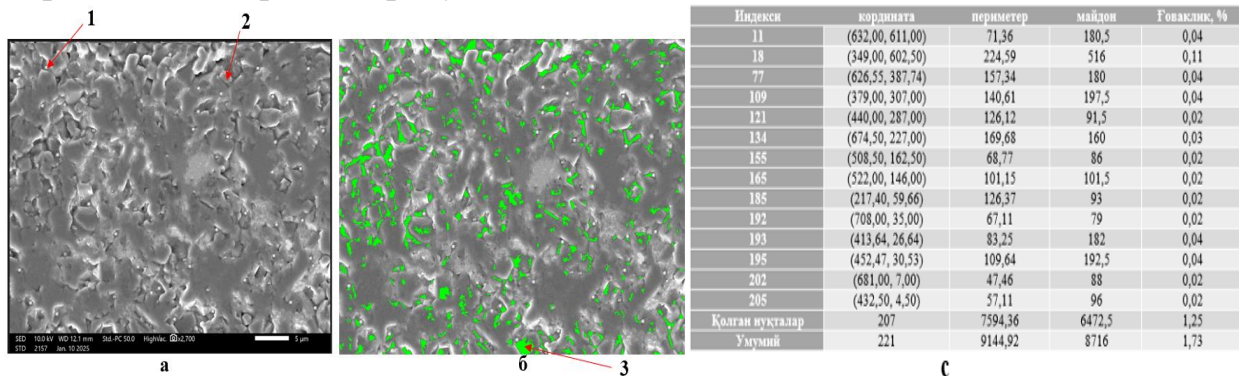


Рис.15. Микроскопический анализ и анализ пористости композита 91%Al₂O₃-9%YSZ. а – микроструктура образца (3000x); б – поверхность пористости, полученная в программном обеспечении Image Focus Alpha; с – таблица пористости

The alumina-based ceramic composite was found to have a porosity of 1.73%, which is reflected in the high density of the alumina-YSZ composite.

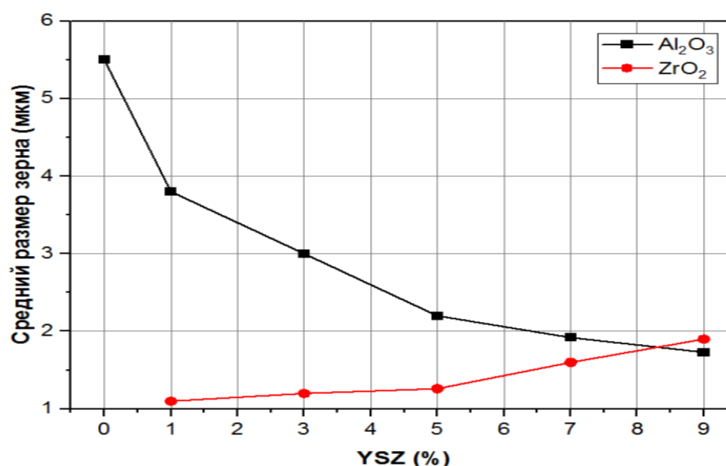


Рис.16. Влияние содержания оксида циркония на рост зерен Al₂O₃ и ZrO₂

Также низкая пористость и высокие механические свойства связаны с размером зерна, из которого состоит керамический композит на основе оксида алюминия. Частицы YSZ выступают в качестве ингибитора роста зерен Al₂O₃, и с увеличением содержания YSZ от 1 до 9% зерна Al₂O₃ уменьшаются с 5,5 мкм до 2,2 мкм соответственно (рисунок 16).

Четвертая глава диссертации называется «Определение трибологических свойств режущих пластин из минеральных керамических материалов на основе оксида алюминия». Образцы режущих пластин с составом 95% Al₂O₃- (1%, 3%, 5%, 7% и 9% YSZ) были изготовлены методом порошковой металлургии на основе разработанной технологии с целью проведения апробации режущих пластин из композиционных материалов на основе оксида алюминия в условиях эксплуатации в токарных цехах (рисунок 17).

Апробация изготовленных минералокерамических режущих пластин, устанавливаемых на режущие инструменты токарных станков, проводилась методом механической чистовой обработки поверхностей деталей из закаленной стали в цехе обработки металлов резанием и обработкой АО «Узбекский технологический металлургический комбинат» АО «Алмалыкский ХМК» и лаборатории кафедры материаловедения.

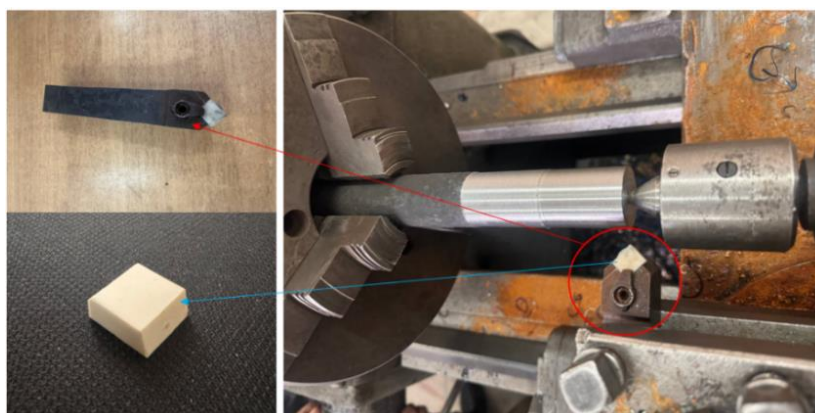


Рис.17. а-процесс крепления новых режущих пластин из минерального керамического композита к режущему инструменту токарного станка; б- процесс механической чистовой обработки поверхности закаленного стального вала

Для определения износостойкости новых порошковых композитных минералокерамических режущих пластин были проведены сравнительные испытания по величине изношенной поверхности и испытания по определению изменения веса режущих пластин до и после механической чистовой обработки поверхности. Величина изношенной массы режущих пластин наименьшая при содержании YSZ 9%. Из этого следует, что не следует оценивать трибологические свойства керамических композитов по их твердости (рисунок 18).

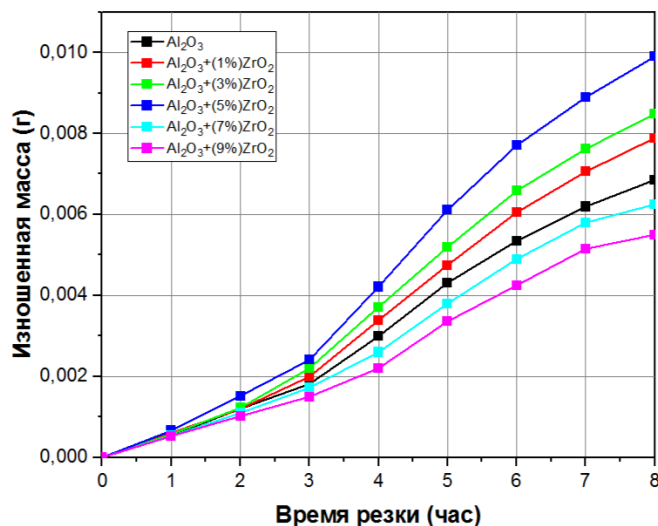
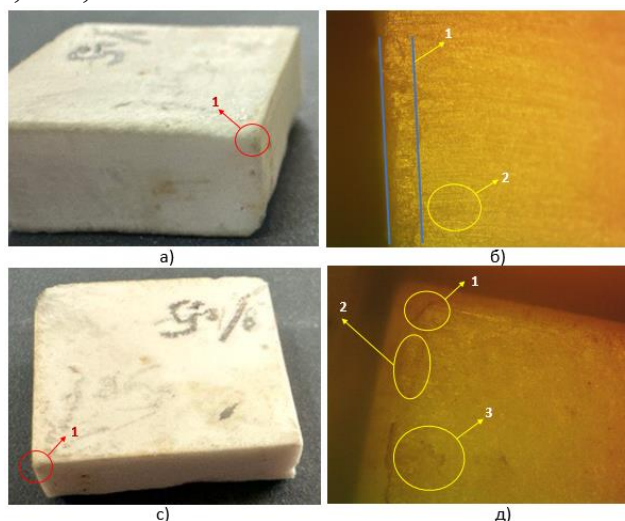


Рис.18. График износа при механической чистовой обработке поверхности режущих пластин из минеральной керамики

Были проведены макроскопические и микроскопические анализы изношенных поверхностей после операций механической чистовой обработки закаленной стали минералокерамическими режущими пластинами, содержащими 1%, 3%, 5%, 7% и 9% YSZ.



а) 1 – небольшая зона луночного износа. б) 1 – износ в виде проточки. 2 – небольшие абразивные канавки. в) 1 – небольшой износ по задней поверхности. г) 1 – налипшая стружка на поверхности лунки. 2 – небольшое отслаивание. 3 – абразивные канавки

Рис.19. Макро- и микроструктура задней (а и б) и передней (в и г) поверхностей минералокерамической режущей пластины, содержащей 9% YSZ, после механической чистовой обработки поверхности

Результаты испытаний показали, что термостойкость и износостойкость режущих пластин из минеральной керамики, содержащих 9% YSZ, выше, чем у пластин с другими составами (рисунок 19).

На основании результатов исследований разработан технологический регламент изготовления минералокерамической режущей пластины с составом 91% Al₂O₃ и 9% YSZ, применяемой при механической чистовой обработке закаленных сталей и твердых сплавов.

Низкий абразивный износ обеспечивает минимальную шероховатость поверхности при механической чистовой обработке (рисунок 20).

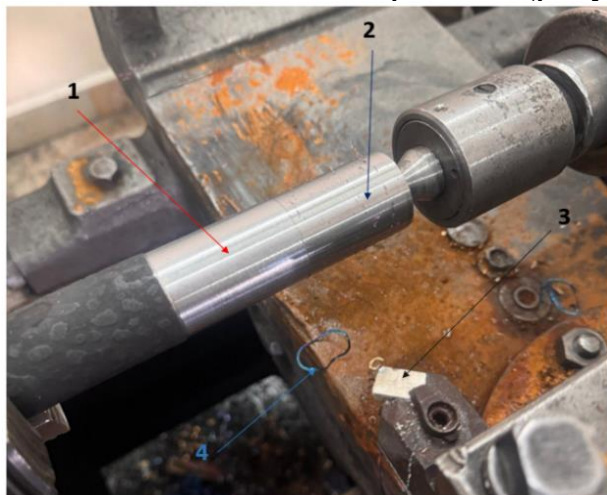


Рис.20. Внешний вид минералокерамической режущей пластины и поверхности детали после механической чистовой обработки.

1 – поверхность детали до обработки, 2 – поверхность детали после обработки, 3 – минералокерамическая режущая пластина, 4 – металлическая стружка

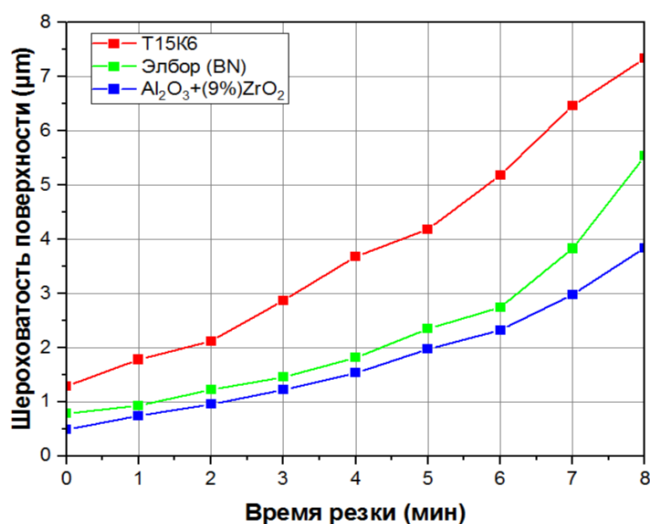


Рис.21. График зависимости шероховатости поверхности от времени резки

Сравнение полученных в ходе апробации результатов с шероховатостью поверхности режущих пластин, используемых в настоящее время на предприятии, представлено на рисунке 21. Шероховатость поверхности деталей, обработанных режущими пластинами 91% Al₂O₃+9% YSZ, имеет минимальные значения по сравнению с другими аналогами и эта разница была меньше, чем у

эльбора, изначально 0,5 мкм, но после 8 минут обработки она составила 3,9 мкм.

Таким образом, для минералокерамических режущих пластин для механической чистовой обработки поверхности закаленных сталей и сплавов была внедрена порошковая композиция, состоящая из 91% Al_2O_3 и 9% YSZ. В результате стало возможным получить минералокерамические режущие пластины, которые на 25...30% дешевле аналогов. Для порошковой композиции, состоящей из 91% Al_2O_3 и 9% YSZ, был разработан технологический режим прессования при давлении 45 МПа и спекания при температуре 1600 °С. В результате себестоимость производства минералокерамических режущих пластин снижена на 20-25%.

Исходя из вышеперечисленных показателей, экономическая эффективность замены существующих режущих пластин на основе твердого сплава на другие минералокерамические режущие пластины составила 50 млн сумов на одну партию режущих пластин.

Внедрена технология изготовления минералокерамических режущих пластин из порошковой композиции, состоящей из 91% Al_2O_3 и 9% YSZ. В результате внедрения технологии импорт минералокерамических режущих пластин снижен на 25-30%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан технологический процесс, позволяющий получать инструментальные материалы с высокими физико-механическими свойствами, состоящие на 91% из оксида алюминия и на 9% из оксида циркония (стабилизированного 3% оксида иттрия).

2. Предложен оптимальный состав минералокерамического материала, состоящего на 91% из оксида алюминия и на 9% из оксида циркония (стабилизированного 3% оксида иттрия) для механической чистой обработки поверхности сплавов высокой твердости и закаленных сталей.

3. Появилась возможность получать минералокерамические режущие пластины, которые на 25-30% дешевле твердосплавных (Т15К6) аналогов, используемых для механической чистой обработки поверхности сплавов высокой твердости и закаленных сталей.

4. Рекомендован технологический режим с давлением прессования 45 МПа и температурой спекания 1600 °С для производства минералокерамических инструментальных материалов, состоящих из 91% оксида алюминия и 9% оксида циркония (стабилизированного 3% оксида иттрия) методом порошковой металлургии, позволяющий повысить механические и технологические свойства.

5. Разработан технологический режим, позволяющий снизить себестоимость изготовления минералокерамических режущих пластин, состоящих из 91% оксида алюминия и 9% оксида циркония (стабилизированного 3% оксида иттрия) на 20...25%.

6. Разработан технологический регламент ТР00193945-71-07-022025 на производство минералокерамических режущих пластин из алюмоциркониевого оксида (стабилизированного 3% оксида иттрия).

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/2025.27.12.T.02.06 FOR THE AWARDING
OF SCIENTIFIC DEGREES OF THE STATE ESTABLISHMENT «FAN
VA TARAKKIYOT» under TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY named after ISLAM KARIMOV**

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

BEKTEMIROV BEGALI SHUKHRAT UGLI

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING MINERAL-
CERAMIC TOOL MATERIALS**

**05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry. Heat treatment and
metal pressure treatment. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals
(technical sciences)**

**DISSERTATION OF ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent-2026

The topic of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD) is registered under the number B2022.3.PhD/T3099 in the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan.

The dissertation was completed at the Department of Materials Science Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.

The abstract of the dissertation is issued in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific council website www.gupft.uz and on website of «Ziyonet» Information and Educational portal www.ziyonet.uz.

Research supervisors:	Karimov Shoirdjon Akhralovich doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Ulmasov Tulkin Usmanovich doctor of technical sciences, s.r. Parmonov Sarvar Tashpulatovich Doctor of technical sciences, associate professor
Leading organization:	Karshi State Technical University

Thesis defense will take place on «10» April, 2026 at 14³⁰ the meeting of Scientific council DSc.03/2025.27.12.T.02.06 at Tashkent State technical university named after Islam Karimov at State Establishment «Fan va tarakkiyot» (Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel./fax: (99871) 246-39-28/(99871) 227-12-73, e-mail: fan va [taraqqiyot@mail.ru](mailto: taraqqiyot@mail.ru)).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Center of the State Establishment «Fan va tarakkiyot» (is registered under №31-25). Address. 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel./fax: (99871) 246-39-28/(99871) 227-12-73

Abstract of dissertation sent out on «27» March, 2026 y.
(mailing report №31-25 on «25» November 2025 y.).

S.S. Negmatov
Chairman of the scientific council for awarding scientific degrees,
Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Honored Scientist of the Republic Uzbekistan,
doctor of technical sciences, professor

M.E. Ikramova
Scientific secretary of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, s.r.

V.S. Tulyaganova
Chairman of the academic seminar under the
scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, s.r.

INTRODUCTION (abstract of (PhD) thesis)

The aim of the research work is to develop a technology for manufacturing mineral-ceramic tool plates based on aluminum-zirconium oxide (stabilized 3% Y₂O₃) (YSZ) for mechanical finishing of metals.

The object of the research work is ceramic composite material based on aluminum oxide-zirconium oxide.

The scientific novelty of the research is as follows:

the structural and phase composition of the aluminum oxide-YSZ ceramic composite material was determined;

the optimal composition of aluminum oxide-YSZ ceramic composite material has been developed;

the influence of technological parameters, pressing pressure, and firing temperature on the degree of compaction, bending strength, hardness, and impact toughness of the aluminum oxide-YSZ ceramic composite material was determined;

the influence of the percentage of zirconium oxide on the wear resistance of ceramic composite material based on aluminum oxide-zirconium oxide was determined;

a technology for obtaining a ceramic composite material based on aluminum oxide-zirconium oxide has been developed.

Implementation of the research results. Based on the obtained results on the development of the technology for obtaining mineral-ceramic tool materials:

a new composition of a mineral-ceramic material consisting of 91% Al₂O₃ and 9% YSZ for finishing treatment of high-strength alloys and hardened steels has been implemented at the «Uzbekistan Metallurgical Processing Plant» JSC (certificate of the «Uzbekistan Metallurgical Processing Plant» JSC №04/03-248 dated February 25, 2025). As a result, it became possible to obtain mineral-ceramic tool plates with a low cost of 25...30% compared to analogues of the hard alloy (T15K6), used for finishing cutting of high-strength alloys and hardened steels;

The technology for obtaining instrumental materials with high physical and mechanical properties, consisting of 91% Al₂O₃ and 9% YSZ, has been implemented in production at JSC «Uzbekistan Metallurgical Processing Plant» JSC (certificate of the «Uzbekistan Metallurgical Processing Plant» JSC №04/03-248 dated February 25, 2025). As a result, it became possible to reduce the import of mineral-ceramic plates by 25...30%, and production costs by 20...25%.

The structure and scope of the thesis. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 106 pages of computer text.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Karimov Shoirdjan, Bektemirov Begali, Alikulov Adham, Tlovoldiyev Shohruh, Mirzakarimova Zukhra. Temperature-dependent mechanical properties of alumina // Universum технические науки, -Moskva, №10, 2024. – С. 47-51 (02.00.00; №1).

2. B.Sh. Bektemirov, Sh.A. Karimov, M.Kh. Abdurakhmonova. Key requirements on obtaining high-performance aluminum oxide-based ceramics // Kompozitsion Materiallar, - Toshkent, №1, 2024. – С. 211-213 (05.00.00; №13).

3. Shakirov Shukhrat Musaevich, Karimov Shoirdjan Axralovich, Sanobar Sadaddinova, Begali Bektemirov, Karolina Guzashvili, Zukhra Mirzarakhimova, Mukhlisa Abdurakhmonova, Nodirjon Nasirkhodjaev, Ulugbek Umirov, Murod Bekiev. Development of boundary conditions for the construction of a mathematical model of the process of pressing powder in a closed press mold // Electronic journal of actual problems of modern science, education and training, Khorezm, April 2024, №4, ISSN 2181-9750. –С. 4-15.

4. Begali Bektemirov, Karimov Shoirdjan Axralovich, Shokhrukh Tlovoldiyev, Zulfiqor Chulliyev, Mukhlisakhon Abdurakhmonova. Study the Potential of Mineral Ceramics Based on Aluminium Oxide in Replacing Metal Alloys // SAR Journal, Ruminia, Volume 7, Issue 3, September 2024. – С. 198-203.

5. Shakirov Shukhrat, Begali Bektemirov, Sanobar Sadaddinova, Ulugbek Umirov, Mukhlisakhon Abdurakhmonova, Kamoliddin Urokov, Zukhra Mirzarakhimova. Mathematical Modelling Concerning Compressibility of Air In Porosity During Semi-Dry Pressing Process Of Ceramic Powder // International Journal of Integrated Engineering, Malaysia, Vol. 17 № 1 (2025). - С. 1-16.

6. Shukhrat Shakirov, Bektemirov Begali, Sanobar Sadaddinova, Ulugbek Umirov, Yunus Tilavov. Mathematical modeling concerning ceramic compaction during a clay mass pressing process. International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics, 2024, Issue 15. - С.113-119.

II бўлим (II часть) (II part)

1. Bektemirov B.Sh., Karimov Sh.A., Shakirov Sh.M., Abdurakhmonova M.Kh. Ceramic cutting tools: a promising advancement for enhanced machining efficiency and performance / “Quymakorlik ishlab chiqarish sohasida resurs va energiyatejamkor innovatsion texnologiyalar” // xalqaro miqyosidagi ilmiy va ilmiy-texnik anjuman, Tashkent 2024, – С. 284-286.

2. Karimov Sh.A., Sh.M.Shakirov, B.Sh. Bektemirov, U.M.Umirov, Z.B.Mirzaraximova. Kukunlarni yopiq press-qolipda presslash sxemalari / “Quymakorlik ishlab chiqarish sohasida resurs va energiyatejamkor innovatsion

texnologiyalar” // xalqaro miqyosidagi ilmiy va ilmiy-texnik anjuman, Tashkent 2024, – C. 344-346.

3. Bektemirov B.Sh., Karimov, Sh.A., Shakirov, Sh.M., Mamasoliyev, M.R. Mineral ceramic cutting tool inserts / “Zamonaviy mashinasozlik va muxandislik ta’limi muammolari” // Respublika ilmiy va ilmiy-amaliy anjuman, 14-15 iyun 2024 Andijon, - C. 74-77.

4. Bektemirov B.Sh., Karimov, Sh.A., Shakirov, Sh.M. Aluminiy oksid asosidagi mineral keramik materiallar / Mashinasozlikda materialshunoslik, payvandlab ishlab chiqarish, materiallar olish va ishlov berishning innovatsion texnologiyalarining dolzarb muammolari // Respublika ilmiy va ilmiy-amaliy anjuman, 16-17 oktyabr 2024 Toshkent, - C. 295-296.

Автореферат ТошДТУ «Техника фанлари ва инновация» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3. Адади 100 дона. Буюртма № 21/26.

Гувоҳнома № 851684.
«Тірографф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Алишер Навоий кўчаси, 36-уй.
Тел: +99894-600-44-07