

ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР
КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

АНДИЖОН МАШИНАСОЗЛИК ИНСТИТУТИ

ХУДАЙБЕРДИЕВ ОРИБЖОН РАХИМБЕРДИЕВИЧ

**СИРПАНИШ ПОДШИПНИКЛАРИНИ КУКУН МЕТАЛЛУРГИЯСИ
УСУЛИДА ОЛИШНИНГ РЕСУРСТЕЖАМКОР ТЕХНОЛОГИЯСИНИ
ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси.
Радиоактив, камёб ва нодир элементлар технологияси (техника фанлари)**

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

Тошкент – 2020

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

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

Худайбердиев Орибжон Рахимбердиевич

Сирпаниш подшипникларини кукун металлургияси усулида олишнинг
ресурстежамкор технологиясини ишлаб чиқиш.....3

Худайбердиев Орибжон Рахимбердиевич

Разработка ресурсосберегающий технологии получения подшипников
скольжения методам порошковой металлургии.....23

Khudayberdiev Oribjon Rakhimberdievich

Development of resource-saving technology for producing plain
bearings using powder metallurgy methods41

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works.....44

ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР
КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

АНДИЖОН МАШИНАСОЗЛИК ИНСТИТУТИ

ХУДАЙБЕРДИЕВ ОРИБЖОН РАХИМБЕРДИЕВИЧ

**СИРПАНИШ ПОДШИПНИКЛАРИНИ КУКУН МЕТАЛЛУРГИЯСИ
УСУЛИДА ОЛИШНИНГ РЕСУРСТЕЖАМКОР ТЕХНОЛОГИЯСИНИ
ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қўймачилик. Металларга термик ва
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металллар металлургияси.
Радиоактив, камёб ва нодир элементлар технологияси (техника фанлари)**

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Ҳозирги кунда дунёда композицион антифрикцион материалларни ишлаб чиқариш аслида алоҳида саноат тармоғи бўлиб, уларни ишлаб чиқариш минимал харажатларда максимал даражада самарадорлигини оширишни таъминлайдиган ҳолатда доимий равишда материалларга бўлган талабларнинг ошиб бориши ҳисобига шаклланган. Машинасозликда машина ва механизмларнинг ҳаракатланадиган ишқаланиш узелларининг ишқаланиш коэффицентини камайтирадиган ва сезиларли даражада ишчи ресурсларини ошириш имконини берадиган антифрикцион кукунли ғовак материалларнинг қўлланилиши алоҳида аҳамият касб этмоқда.

Жаҳон миқёсида аниқ эксплуатация шароити учун берилган хоссаларни олиш мақсадида кукун композициясига маълум бир қўшимчани қўшган ҳолда янги кукунли антифрикцион материалларни яратиш бўйича кўп миқдорда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ҳозирги давр ушбу йўналишда турли конструкциялар ва шароитларда ишлашга лаёқатли универсал антифрикцион материалларни яратишни тақозо этади.

Республикамизда металлургия соҳаси жадал суъратлар билан ривожланмоқда. Шу билан бир қаторда импорт ўрнини босиш масалалари ва хомашё материалларини максимал даражада янги инновацион технологияларни қўллаган ҳолда ишлатишга катта эътибор қаратилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясининг тўртинчи устувор йўналишининг тўртинчи пунктида жумладан «...илмий-тадқиқот ва инновацион фаолиятни рағбатлантириш, инновацион ютуқларни амалиётга татбиқ қилишнинг самарали механизмларини яратиш»¹ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Шу боис, «Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати» АЖда темир кукуни асосида ишлаб чиқариш чиқиндиси ҳисобланган пирит қўшилган янги антифрикцион материалларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2016 йил 26 декабрдаги ПҚ-2698-сон «2017-2019 йилларда тайёр маҳсулот турлари, бутловчи буюмлар ва материаллар ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштириш истиқболли лойиҳаларини амалга оширишни давом эттириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, Ўзбекистон Республикаси Президенти Ш.М.Мирзиёевнинг 2019 йил 24 майдаги Ўзбекистон Миллий университетида таълим ва илм-фан соҳаси вакиллари билан ўтган учрашуви 21-сонли мажлис баёни қарорининг 64-банди ижросини

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг ПФ-4947 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналишлари бўйича ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги фармони

таъминлаш 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 боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергоресурстежамкорлик, машинасозлик ва ресурстежамкорлик» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Турли шароитларда ишлайдиган антифрикцион материалларни олишнинг технологик усуллари ва уларни тадқиқот қилиш билан қуйидаги олимлар шуғулланганлар: В.Шатт, Ш.Даннингер, Р.Джонсон, Де.Гроат, Васида Акира, Касаи Мисами, Мадоно Осаму, Сэгава Такэо, И.М.Федорченко, Л.И.Пугина, М.Ю.Большин, Н.Г.Короленко, В.И.Благин ва бошқалар. Турли хил жабҳа ва шароитларда қўлланиладиган антифрикцион материалларни, жумладан темир асосли материалларни яратиш ва татбиқ этишда эса А.Д.Мошков, В.Джонс, М. V.Karpets, Jr.David, K.S.Narasimhan, J.H.Kong, H.Ovri, проф. А.А.Мухамедов, проф. Р.У.Каламазов, проф. Ф.Р.Норхуджаев, проф. С.Д.Нурмурадовларнинг илмий мактаблари иш олиб бормоқда.

Мавжуд ишлар таҳлилига кўра, маҳаллий хомашёлар ва ишлаб чиқариш чиқиндиларидан антифрикцион металлокерамик материалларни яратиш бўйича ресурстежамкор технологияларни ишлаб чиқиш жараёнлари чуқур ўрганилмаган. Мазкур диссертация иши ушбу муаммоларни ҳал этишга бағишланган.

Тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Андижон машинасозлик институтида илмий-тадқиқот ишлари режаларига биноан «Ишлаб чиқариш корхоналарининг иш самарадорлиги ва энергия тежамкорлигини ошириш» (2018-2020йй.) мавзусидаги илмий тадқиқот ишлари доирасида бажарилди.

Тадқиқотнинг мақсади «Олмалик тоғ-металлургия комбинати» АЖ да ишлаб чиқарилган темир кукуни асосли ва ишлаб чиқариш чиқиндиси ҳисобланган пирит кўшимчасидан иборат ғовакли антифрикцион металлокерамик қотишма олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

пирит кўшимчаси кўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишманинг оптимал таркибини ишлаб чиқиш;

пирит кўшимчаси кўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишма оптимал таркибининг қотишманинг трибология хоссаларига таъсирини ўрганиш ва уни аниқлаш;

пирит кўшимчаси кўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишмани олиш технологиясини ишлаб чиқиш;

пирит кўшимчаси кўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишмани ишлаб чиқаришнинг техник регламентини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида «Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати» АЖ да ишлаб чиқарилган темир кукуни асосли ва ишлаб чиқариш чиқиндиси ҳисобланган пирит кўшимчасидан иборат ғовакли антифрикцион металлокерамик қотишмалар танланган.

Тадқиқотнинг предмети бўлиб пирит кўшимчаси кўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишмани олиш технологияси ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида темир кукуни асосли антифрикцион материалларни олишнинг назарий ва амалий методологияси бўйича илмий-техник ахборотлар таҳлили, пресслаш ва қиздириб пишириш технологияси, механик ва трибологик синашлар, кукунли антифрикцион материалнинг микро ва рентгеноструктура таҳлиллари бўйича лаборатория экспериментларини ўз ичига олган замонавий усуллар қўлланилган.

Тажриба-ишлаб чиқариш шароитидаги синашлар ҳамда экспериментларни математик режалаштириш усулини қўллаб синаш натижаларига математик ишлов беришлардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

шихтасига пирит кўшимчаси кўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишманинг чўзилишга бўлган мустаҳкамлик чегарасига технологик параметрлар, пресслаш босими ва қиздириб пишириш ҳароратининг таъсирлари аниқланган;

шихтасига пирит кўшимчаси кўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишманинг структура-фазалар таркиби ишлаб чиқилган;

шихтасига пирит кўшимчаси кўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишманинг оптимал таркиби (97% темир кукуни, 2% графит элементи ва 1% пирит) ишлаб чиқилган;

шихтасига пирит кўшимчаси кўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишмадаги пирит микдорининг механик хоссаси, ғоваклик ва мойни шимдиришга таъсирлари асосланган;

«Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати» АЖ да ишлаб чиқарилган темир кукуни асосли ва ишлаб чиқариш чиқиндиси ҳисобланган пирит кўшимчасидан иборат ғовакли антифрикцион металлокерамик қотишмани олиш технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

«Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати» АЖ да ишлаб чиқарилган темир кукуни асосли ва ишлаб чиқариш чиқиндиси ҳисобланган пирит кўшимчасидан иборат ғовакли антифрикцион қотишманинг технологик жараёни ишлаб чиқилган;

ғовакли антифрикцион қотишманинг пресслаш ва қиздириб пишириш режимлари ишлаб чиқилган ва асосланган. Пресслаш босими 600 МПа ва қиздириб пишириш ҳарорати 1100⁰С бўлган ҳолатда мустаҳкамлик бўйича чўзилишга бўлган мустаҳкамликни 15 – 20% га ошириш технологияси ишлаб чиқилган;

стандарт жиҳозларнинг унумдорлигини 30-40% гача оширадиган шихтасига пирит қўшимчаси қўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишманинг ишлаб чиқариш бўйича техник регламенти ишлаб чиқилган;

ейилишга чидамлиликини 1,5-2,0 мартагача оширадиган шихтасига 1% пирит қўшимчаси қўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишманинг технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги аниқ қўйилган вазифа асосида олинган, темир кукуни асосли ва ишлаб чиқариш чиқиндиси ҳисобланган пирит қўшимчасидан иборат ғовакли антифрикцион қотишманинг технологик жараёнини ишлаб чиқишда экспериментал тадқиқотларнинг кўплиги ва экспериментларни математик режалаштириш усулини қўллаб, экспериментлар натижаларининг математик асосида қайта ишлов берилиши замонавий техника ва технологиялардан фойдаланиш асосида аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти темир асосли антифрикцион қотишмадаги пирит миқдорининг унинг механик хоссаси, ғоваклиги ва мой шимдирилишига таъсирининг аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шихтасига пирит қўшимчаси қўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишмани олишнинг технологик режимларининг ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Шихтасига пирит қўшимчаси қўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишма технологиясини ишлаб чиқиш учун олиб борилган тадқиқотлар бўйича олинган илмий натижалар асосида:

шихтасига пирит қўшимчаси қўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишмани олиш бўйича ишлаб чиқилган (шихтадаги пирит миқдори 1%) технология «Олмалик ТМК» АЖ қошидаги «Ноёб металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш ИИЧБ»да амалиётга жорий қилинган («Олмалик ТМК» АЖнинг 2020 йил 02 июлдаги АА005125 - сон маълумотномаси). Натижада, қотишманинг ейилишга чидамлилигини 1,5-2 бараварга ошириш имконини берган;

пресслаш босими 600 МПа ва қиздириб пишириш ҳарорати 1100⁰С бўлган ҳолатда мустаҳкамлик бўйича чўзилишга бўлган мустаҳкамлик 15–20% га ошириш технологияси «Олмалик ТМК» АЖ қошидаги «Ноёб металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш ИИЧБ»да амалиётга жорий қилинган («Олмалик ТМК» АЖнинг 2020 йил йил 02 июлдаги АА005125-сон маълумотномаси). Натижада қотишманинг чўзилишга бўлган мустаҳкамлигини 15–25% га ошириш имконини берган;

шихтасига пирит қўшимчаси қўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишманинг ишлаб чиқариш бўйича техник регламенти «Олмалик ТМК» АЖ қошидаги «Ноёб металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб

чиқариш ИИЧБ»да амалиётга жорий қилинган («Олмалик ТМК» АЖнинг 2020 йил йил 02 июлдаги АА005125-сон маълумотномаси). Натижада, стандарт жиҳозларнинг унумдорлигини 30-40 % гача ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 3 та республика илмий-техник ва 2 та халқаро конференцияларда муҳокама қилинган.

Диссертация натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 10 та иш нашр қилинган. Шулардан 5 таси илмий мақола бўлиб, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан тавсия қилинган илмий нашрларда 2 таси республика ва 3 таси хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 110 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация иши мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва асосий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Ғоваксимон антифрикцион материалларни ишлаб чиқариш технологияси**» деб номланган биринчи бобида темир ва рангли металллар кукунларидан тайёрланган ғовакли антифрикцион материалларга қўйилган талаблар, уларнинг қўлланилиш соҳалари ҳамда ютуқлари ва камчиликлари таҳлил қилинган. Кукун металлургияси усулида кўп миқдорда антифрикцион материаллар ишлаб чиқиш имконияти яратилганини кўрсатди. Шу билан бирга антифрикцион материалларнинг турли хил шароитларда қўлланилиши натижасида турли мақсадлар учун ишқаланиш узелларида ишлаш қобилиятига эга бўлган универсал антифрикцион материаллар яратиш мумкин эмас. Адабиёт манбаларининг таҳлили темир-графитли антифрикцион материаллар бронза асосли ва баббит қотишмали подшипник материалларининг муваффақият билан алмаштирилаётганини кўрсатди. Темир асосли сульфидланган материаллардан тайёрланган ишқаланиш узелларининг ишлаш муддати бронза асосли ва баббит қотишмалари ҳамда бронза асосли қиздириб пиширилган материалларга қараганда сезиларли даражада юқори ҳисобланади.

Адабиётлар шарҳи ҳамма қилинган тадқиқот ишларида шихтада пиритнинг ишлатилиши ва унинг антифрикцион хоссаларга таъсири ҳақида ҳеч қандай маълумотлар келтирилмаганини кўрсатди.

Диссертациянинг «**Кукун металлургияси усулида антифрикцион қотишма олиш учун объект танлаш ва уни тадқиқот қилиш методикаси**» номли иккинчи бобида тадқиқот қилиш объекти ва тадқиқ қилиш учун қўлланилган усуллар берилган. Тадқиқот қилиш объекти сифатида маҳаллий хомашёдан ишлаб чиқарилган, кукунларни пресслаш ва қиздириб пишириш асосида олинган буюмлар ҳақида маълумот берилган. Темир кукунлари «Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати» АЖда «Ўзбекистон металлургия комбинати» АЖда ишлаб чиқариш чиқиндиси ҳисобланган темир куйиндиси (окалина) ни қайта тиклаш йўли билан олинган. Олтингургуртли қўшимча сифатида «Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати» АЖнинг ишлаб чиқариш чиқиндиси ҳисобланган пирит ишлатилган.

Намуналар микроструктурасининг тадқиқоти тайёрланган шлифларда МИМ-8, Неофот-21 металлографик микроскопларда таҳлил қилиш асосида амалга оширилган.

Рентгеноструктура таҳлилида темир асосли антифрикцион материаллардан пресслаб ва қиздириб пишириш орқали намуналарнинг кристалл тузилишининг нуқсонлилиги аниқланган. Тадқиқот ишлари ДРОН-3 рентген дифрактометри ёрдамида бажарилган.

Механик хоссани тадқиқот қилиш кукунли материалларни синаш бўйича мавжуд ГОСТ га бинонан ўтказилди.

Ейилишга чидамлик бўйича синаш ишлари МИ-1М ишқаланиш машинасида бажарилди. Пирит қўшимчаси қўшилган ва пиритсиз темир-графитли кукун материалларидан тайёрланган втулка синалди.

Эксперимент натижаларини қайта ишлаш математик статистика усуллари ҳамда экспериментларни математик режалаштириш йўли билан амалга оширилган.

Диссертациянинг «**Темир асосли ғоваксимон антифрикцион қотишманинг физик-механик хоссалари**» номли учинчи боби темир-графитли қотишмани пресслаш ва қиздириб пишириш параметрларининг унинг структура ва хоссасига таъсирларини аниқлаш ҳамда шихтасига пирит қўшимчаси қўшилган темир-графитли қотишмаларнинг физик-механик хоссаларини аниқлаш бўйича қилинган тадқиқот ишларига бағишланган натижалар келтирилган.

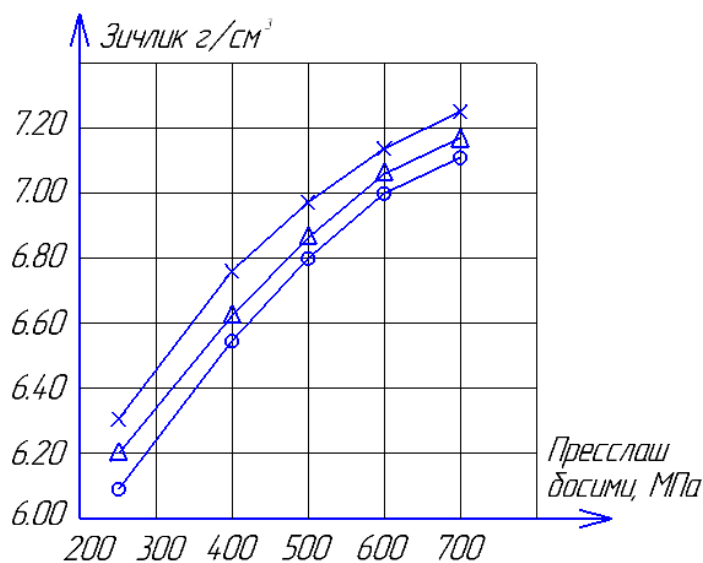
Шихтани тайёрлаш ва қайта ишлаш босқичлари ҳам катта таъсирлар ролини ўйнайди.

Кукун материаллари хоссаларининг шаклланиши ва ўзгариши босқичларининг универсал кўрсаткичларига пресслашнинг турли босимларида олинган кукун буюмларининг зичлиги киради. Кўп ҳолларда темир асосли янги антифрикцион материалларни яратиш базаси сифатида 1,5% дан 4% гача графитга эга бўлган темир графитли композициялар ишлатилади. Шунинг учун 2% графит ва Ўзбекистон металлургия комбинати

(Бекобод шахри) темир куйиндисидан (окалинадан) олинган темир кукуни асосли темир графитли қотишмани тадқиқот қилиш катта қизиқиш уйғотди. Юқорида қайд этилгандек, темир куйиндисидан (окалинадан) олинган кукуннинг гранулометриқ таркиби ПЖВ 160.24 маркали кукунниқига яқин ҳисобланади.

Турли преслаш босимлари (250-700 МПа) да олинган ва турли 1100⁰С, 1250⁰С ва 1300⁰С ҳароратларда қиздириб пиширилган темир графитли материалнинг кукунсимон структураларининг шаклланиш динамикасини тадқиқ қилиш ишлари бажарилди.

Темир асосли кукунли материал структурасининг ўзгариши 1-3-расмларда тасвирланган. 1-расмда тасвирланган графикдан ва намуналарнинг микроструктураларини таҳлил қилиш пресланган темир-графит зичлиги қўйилган босимнинг ошиши билан ошишини кўрсатди. Энг юқори зичликка 700 МПа босимда пресланиб олинган намуналарда эришилади, бу эса ўз навбатида ушбу материал учун максимал ҳисобланади. Бу ҳолда ғовакнинг тури ва унинг кесим бўйича тақсимланиши ўзгаради. Юқори босимда ғовакларни чўзиш ва майдалаш жараёнлари рўй беради. Қиздириб пишириш ҳароратининг ошиши ҳам ғовакликнинг камайишига олиб келади. Бу ҳолатда ғоваклар тахминан 2 микрон ўлчамга камаяди ва уларнинг шакли ҳам сферик шаклга яқин бўлади.

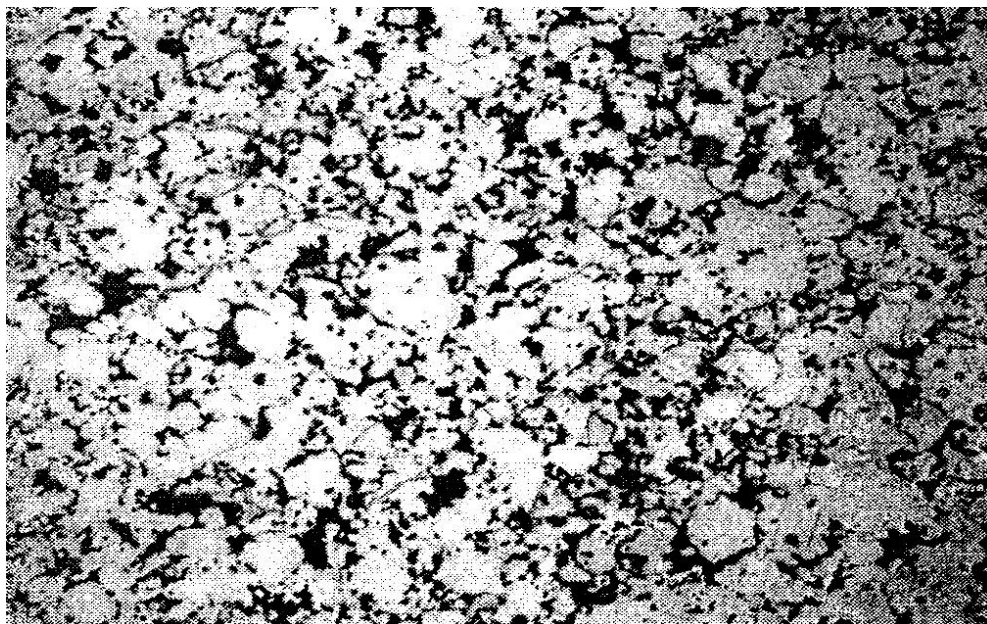


- - 1100⁰С ҳароратда қиздириб пишириш ҳарорати;
- Δ - 1200⁰С ҳароратда қиздириб пишириш ҳарорати;
- × - 1300⁰С ҳароратда қиздириб пишириш ҳарорати

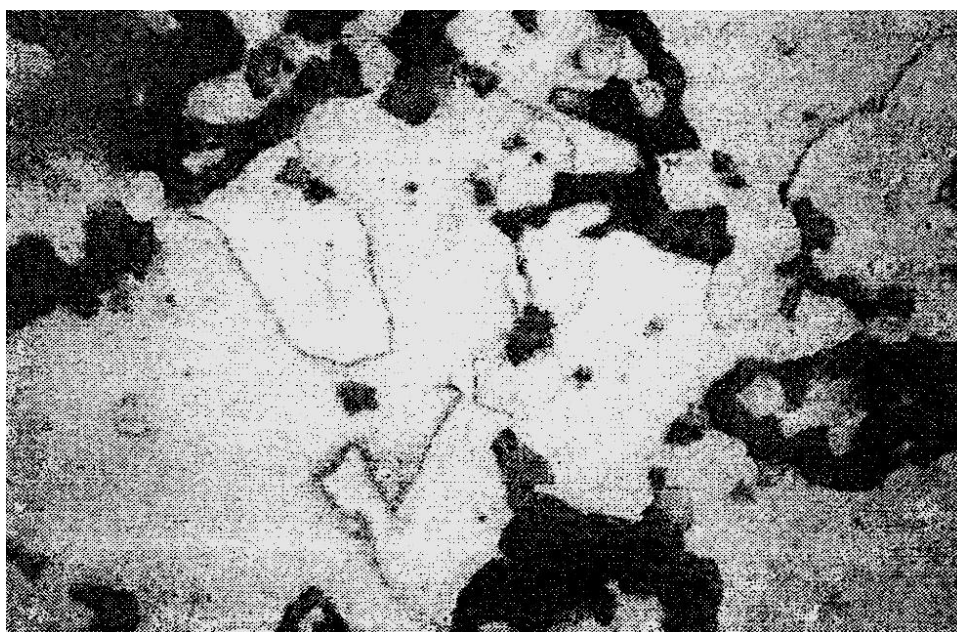
1-расм. Темир-графитли қотишма зичлигининг преслаш босимиға боғлиқ равишдаги ўзгариши:

Антифрикцион кукунли қотишманинг микроструктураси икки фазали соҳа бўлиб, унда металл ва ғоваклар аниқ кўриниб туради. Дона ўлчамларининг ўзгариши ҳам рўй беради ҳамда 250-400 МПа босимда

донанинг ўлчами эса ~80 мкм ташкил этса, 500-700 МПа босимда донанинг ўлчами эса ~50 мкм ташкил этади. Қиздириб пишириш ҳарорати ошиши билан қотишма зичлигининг ошиши кузатилади. (2,3-расмлар)

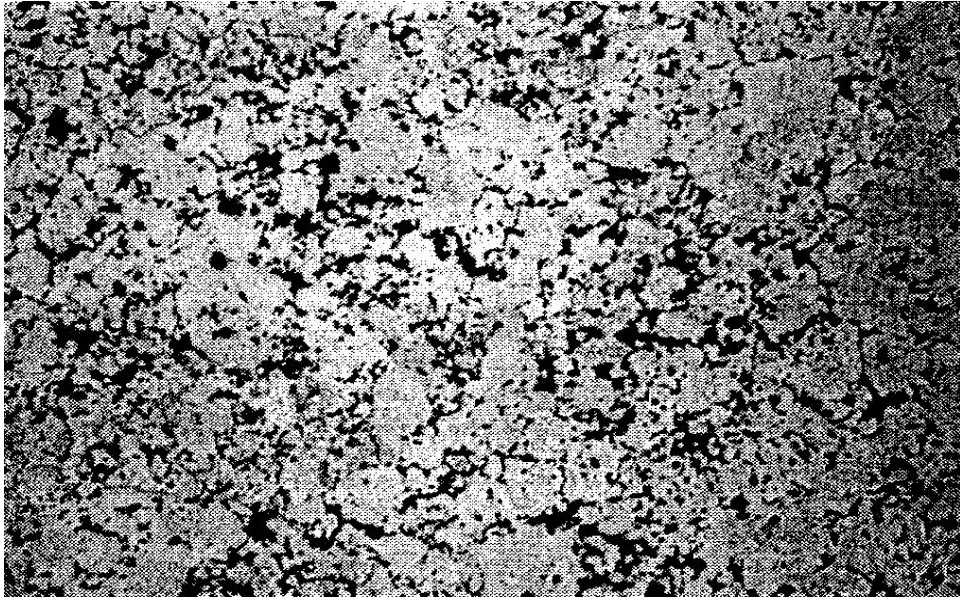


X 200

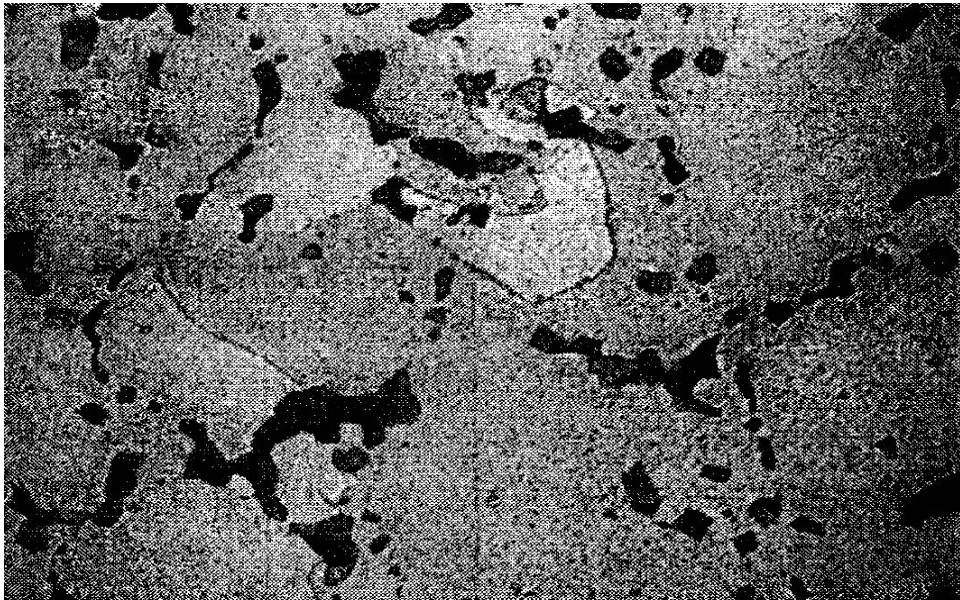


X 800

2-расм. Пресслаш босими 400 МПа ва қиздириб пишириш ҳарорати 1100 °С бўлган темир-графитли намуналарнинг микроструктураси: зичлиги ~ 6,5 г/см³



X200

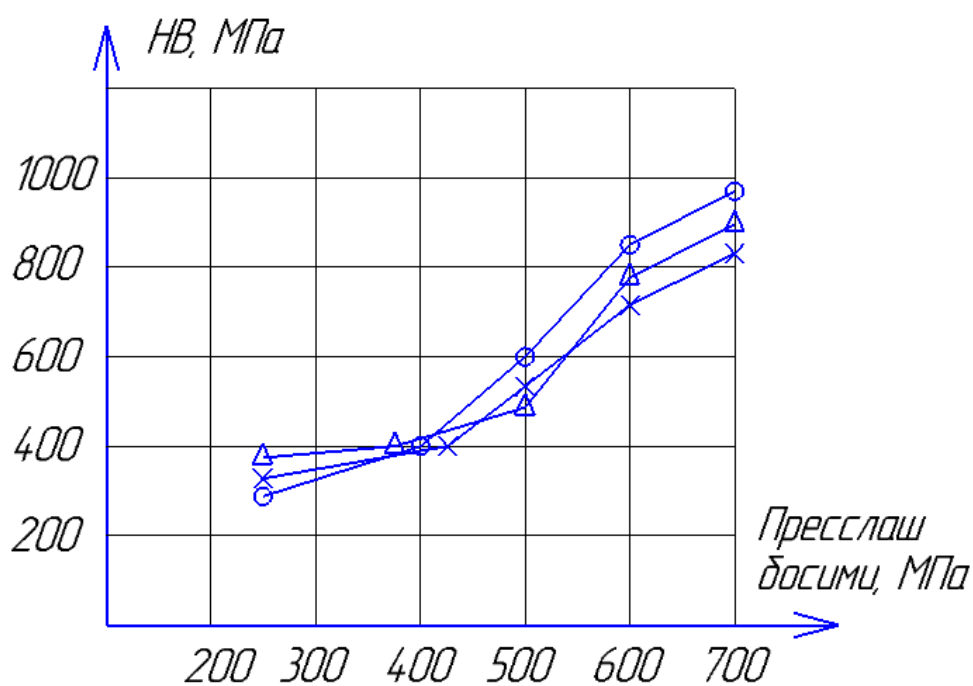


X800

3-расм. Пресслаш босими 600 МПа ва қиздириб пишириш ҳарорати 1100 °С бўлган темир-графитли намуналарнинг микроструктураси: зичлиги ~ 6,9 г/см³

Ўз навбатида пресслаш босимининг ошиши билан материалнинг қаттиқлиги ва зарбий қовушқоқлигининг ўзгариши кузатилади (4-расм).

Демак, темир-графитли композитнинг оптимал механик хоссасини (қаттиқлик, зарбий қовушқоқлик ва ўз навбатида зичлик) олиш нуқтайи назаридан нисбатан пресслаш босими 600 МПа ва материалнинг қиздириб пишириш ҳарорати 1100⁰С бўлган ҳолатда оптимал ҳисобланади.



- - 1100 °C ҳароратда қиздириб пишириш ҳарорати;
- Δ - 1250 °C ҳароратда қиздириб пишириш ҳарорати;
- × - 1300 °C ҳароратда қиздириб пишириш ҳарорати

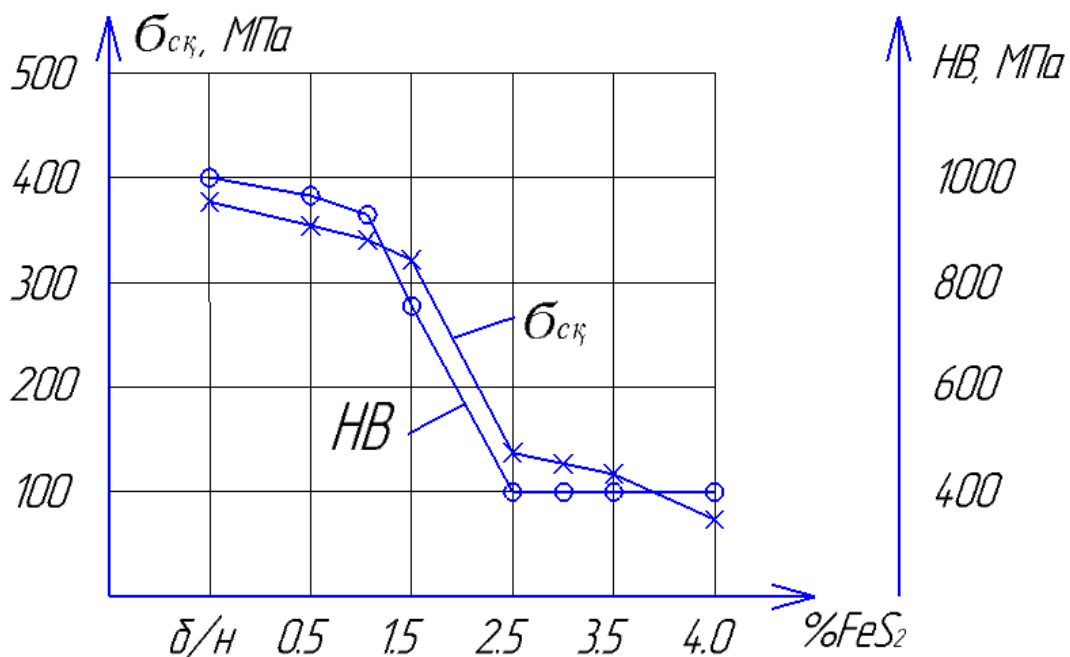
4-расм. Темир-графитли қотишма қаттиқлигининг қиздириб пиширишдан кейин ўзгариши:

Янги антифрикцион металлокерамик қотишма ишлаб чиқишда пирит миқдорининг комплекс механик хоссасига, жумладан сиқилиш, эгилиш, чўзилишга бўлган мустаҳкамлик, қаттиқлик, зарбий қовушқоқликка қараб ўзгаришлари, шу билан бирга унинг ғоваклиги, зичлиги ва мойни шимдирувчанлигига таъсирини тадқиқот қилиш ишлари бажарилган.

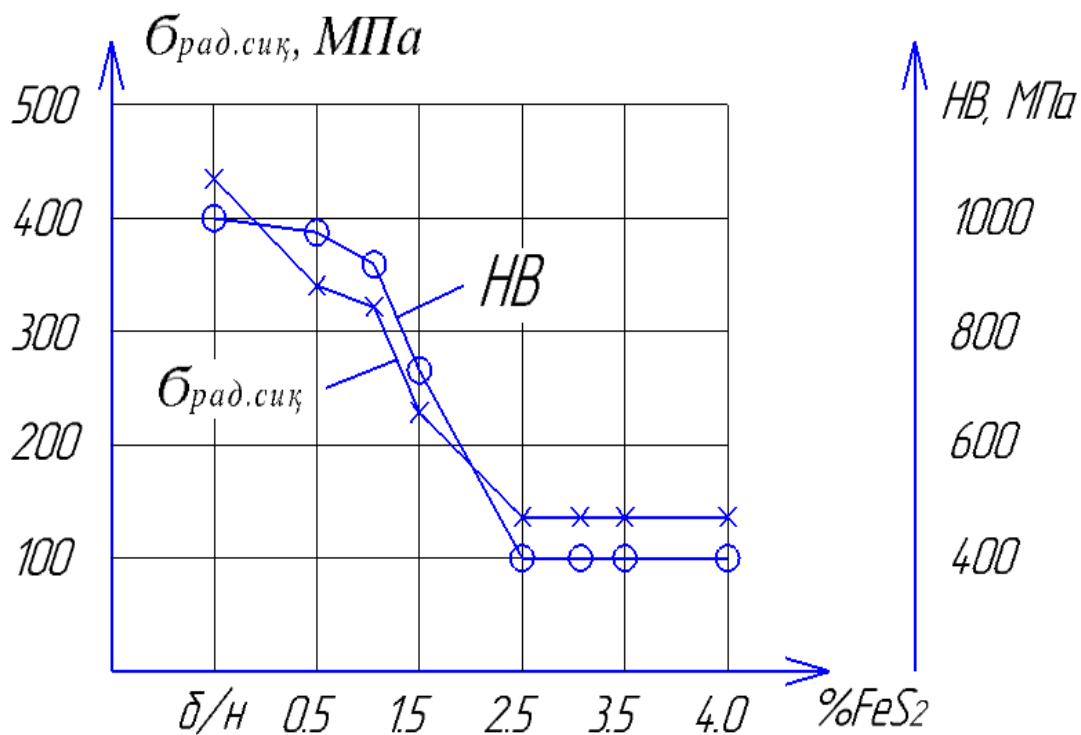
Мустаҳкамлик ва қаттиқлик каби механик хоссаларни тадқиқ қилиш бўйича натижалар 5-8-расмларда тасвирланган. Зичлик, ғоваклик ва мойнинг шимдирувчанлигининг ўзгариши 9-расмда ўз аксини топган.

Бундан ташқари учинчи бобда янги антифрикцион қотишманинг кристалл тузилиши нуқсонлилигининг шихтадаги пирит миқдорига қараб ўзгаришининг рентгенографик тадқиқот қилишлар натижалари ҳам келтирилган. Бу эса пирит кўшимчасига эга бўлган темир-графитли қотишманинг кристалл тузилишининг нуқсонлиги пирит миқдори 1,5 % дан кўп бўлганда камайишини кўрсатди.

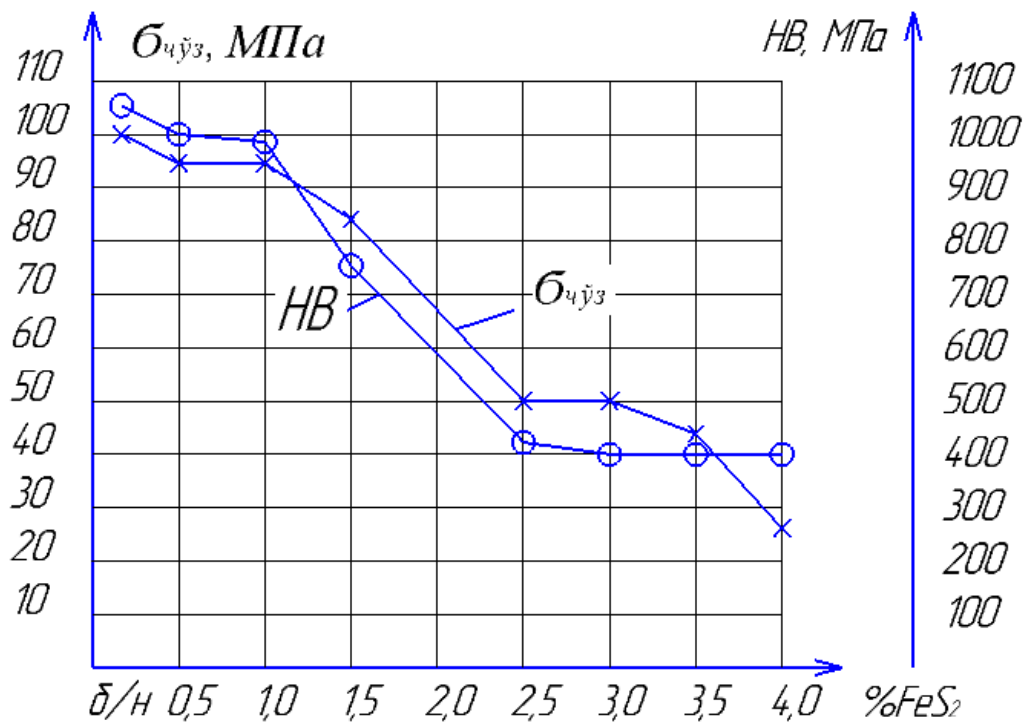
Ғовакли антифрикцион материал механик хоссасининг таҳлили шихта таркибидаги пирит миқдорига қараб ғовакли антифрикцион темир-графитли қотишманинг қаттиқлиги ва зарбий қовушқоқлиги каби мустаҳкамлик тавсифномаларини аниқлаш бўйича натижаларнинг ўзаро боғлиқлиги мавжуд бўлиб, пирит миқдорининг ошиши билан қотишманинг механик хоссаси камаяди (5-9-расмлар).



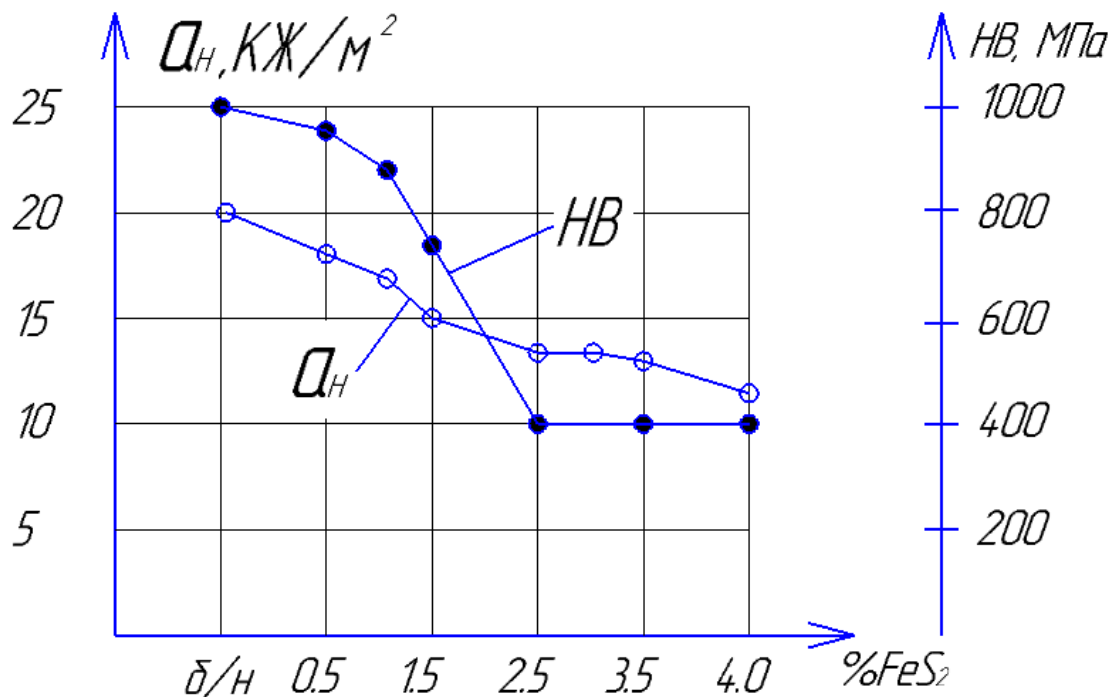
5-расм. Шихтадаги пирит микдорининг қаттиқлик HV ва сиқилишга бўлган мустаҳкамликка $\sigma_{сқ}$ боғлиқлиги: шихтадаги гафит микдори – 2 %



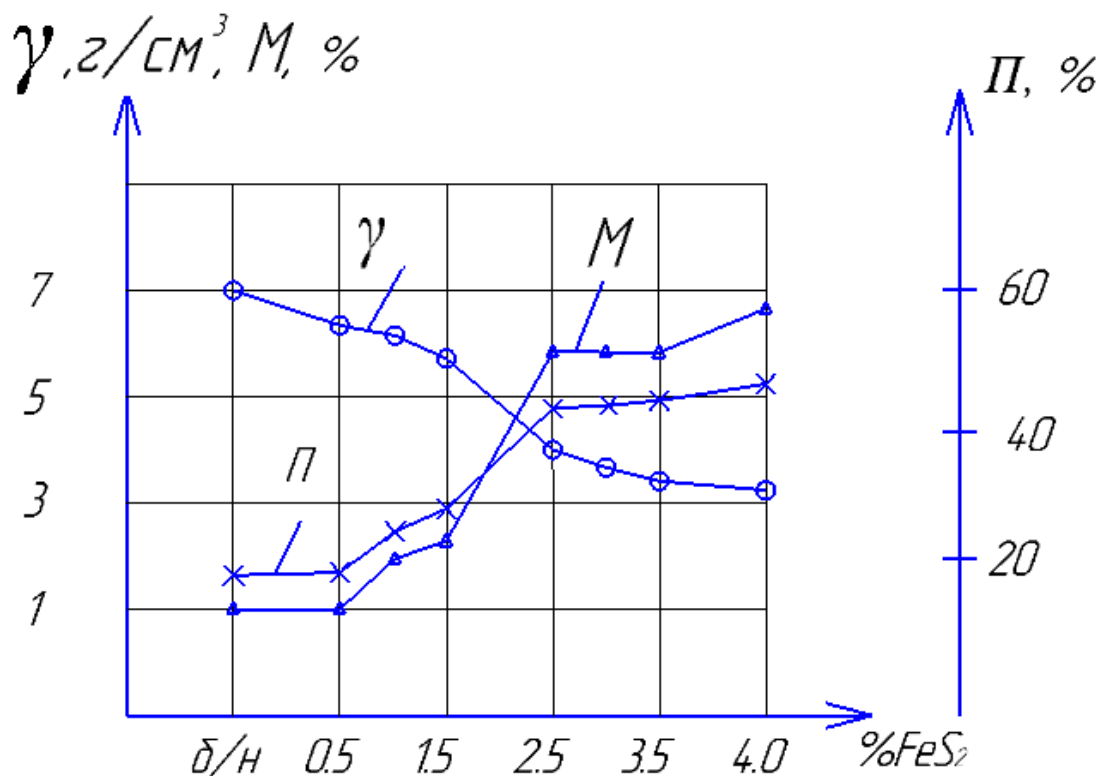
6-расм. Шихтадаги пирит микдорининг қаттиқлик HV ва радиал сиқилишга бўлган мустаҳкамликка $\sigma_{рад.сиқ}$ боғлиқлиги: шихтадаги графит микдори – 2 %



7-расм. Шихтадаги пирит миқдорининг қаттиқлик HV ва чўзилишга бўлган мустақамликка $\sigma_{\text{чўз}}$ боғлиқлиги: шихтадаги графит миқдори – 2 %



8-расм. Шихтадаги пирит миқдорининг қаттиқлик HV ва зарбий қовушқоқликка Q_H боғлиқлиги: шихтадаги графит миқдори – 2 %



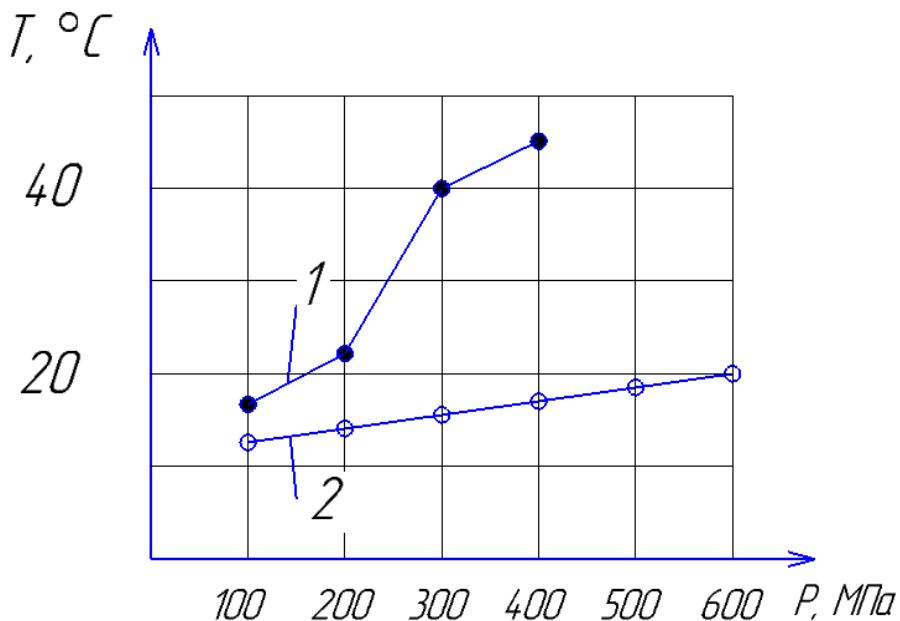
9-расм. Шихтадаги пирит миқдорининг темир асосли антифрикцион қотишманинг зичлиги « γ », ғоваклиги « Π » ва мойни шимдирувчанликка « M » боғлиқлиги

Композициядаги пиритнинг миқдори 1% бўлганда механик хоссаси нисбатан оптимал бўлади. Бу ҳолатда тавсия этилаётган композициянинг механик хоссаси ишлаб чиқаришда қўлланиладиган антифрикцион материалларга мос келувчи етарли даражада бўлади. Тадқиқот натижалари зичлик, ғоваклик ва мой шимдирувчанликлар-нинг талаб этилган кўрсаткич даражалари ҳам пиритнинг миқдори шихтада 1% бўлганда эришишини кўрсатади.

Металлографик таҳлиллар темир-графит композициянинг ўзи перлит-ферритли структурадан ташкил топганлигини кўрсатди. Жумладан бунда перлитнинг миқдори тахминан 60% бўлади. Қотишмага пирит қўшилганда қўшимча алоҳида сульфидлар участкасини юзага келтиради.

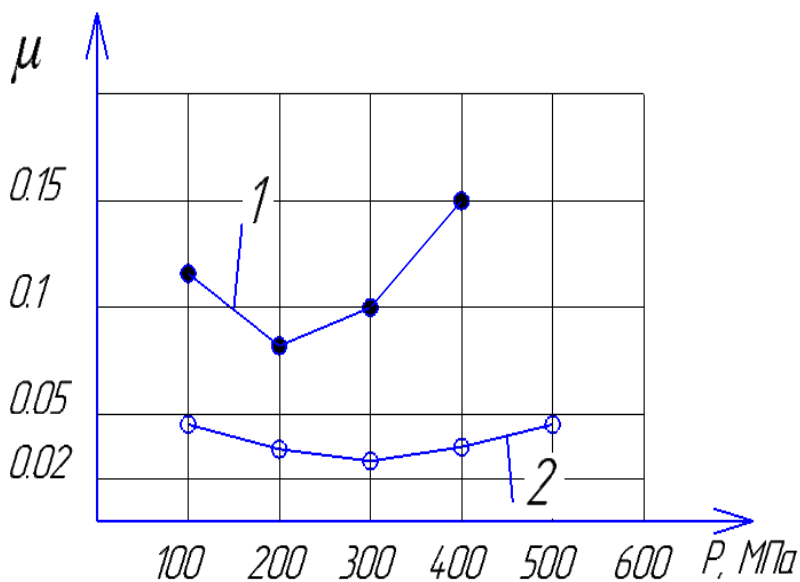
Диссертациянинг «**Ғовакли темир асосли антифрикцион қотишмани трибологик синаш ва антифрикцион ғовакли қотишмани олишнинг техник ва лаборатория регламетини ишлаб чиқиш**» деб номланган тўртинчи боби шихтасига қўшилган пирит миқдорига боғлиқ равишда темир асосли ғовакли антифрикцион материалларнинг триботехник хоссаларини тадқиқ қилишга бағишланган. Синовлар М1-М маркали ишқаланиш машинасида ўтказилди. Шихтасига пирит қўшимчаси қўшилган ва пиритсиз темир-графитли втулкалар синовдан ўтказилди. Ишқаланиш коэффициенти ва турли сирпаниш тезликларида юкланишларга боғлиқ

равишда сирпаниш ишқаланишидаги ҳарорат тадқиқ қилинди (10 ва 11-расмлар).



- 1 – пиритсиз темир асосли антифрикцион қотишма;
- 2 – пирит микдори 1 % бўлган темир асосли антифрикцион қотишма

10-расм. Пиритга эга бўлган ва пиритсиз темир асосли ғовакли антифрикцион қотишманинг сирпаниш ишқаланишида ҳароратнинг юкланишга боғлиқ равишда ўзгариши: сирпаниш тезлиги – 0,34 м/сек.

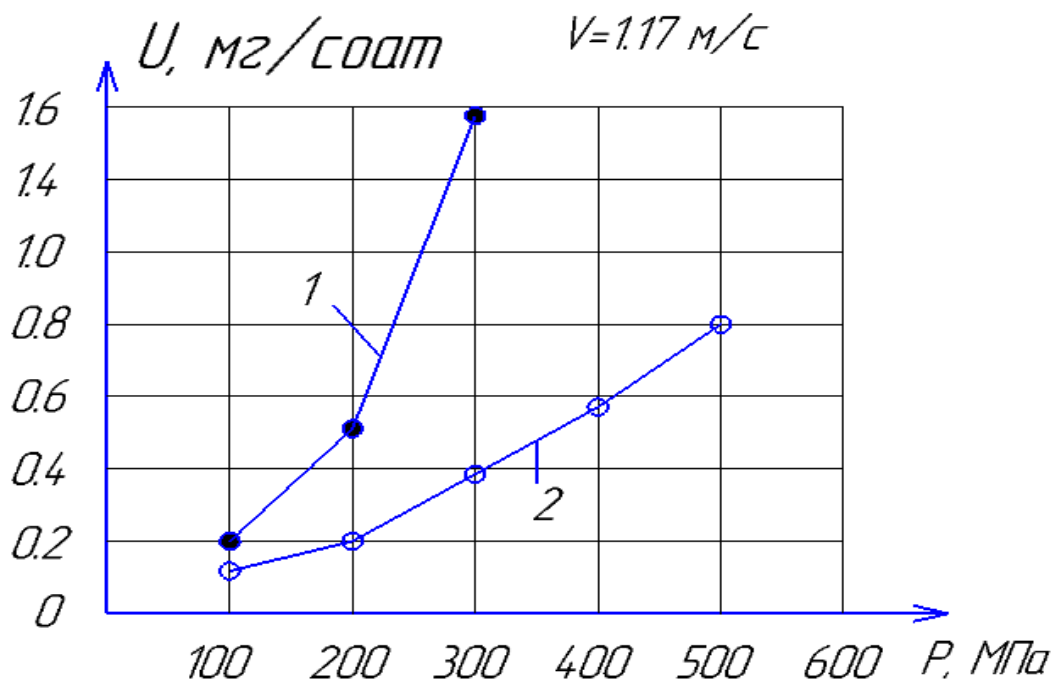


- 1 – пиритсиз темир асосли антифрикцион қотишма;
- 2 – пирит микдори 1 % бўлган темир асосли антифрикцион қотишма

11-расм. Пиритга эга бўлган ва пиритсиз темир асосли ғовакли антифрикцион қотишманинг сирпаниш ишқаланишида ишқаланиш коэффициенти F нинг юкланишга боғлиқ равишда ўзгариши: сирпаниш тезлиги – 0,34 м/сек.

Тадқиқотлар натижасида пирит қўшимчасига эга бўлган темир-графит қотишманинг ишқаланиш коэффиценти ғовакли темир-графитли қотишмадан 2-3 марта кичиклиги ва пирит қўшимчасига эга бўлган темир-графит ишқаланишининг ишчи ҳарорати худди шундай синаш режимларида ғовакли темир-графитникига нисбатан кичиклиги аниқланди.

Ғовакли антифрикцион қотишманинг ейилиш катталигини аниқлаш мақсадида интенсив ейилишни аниқлаш бўйича синовлар ўтказилди. Пирит қўшимчасига эга бўлган ғовакли темир-графитли қотишмалардан тайёрланган ишқаланиш буксаси интенсив ейилишга текширилди. Турли юкланишлар ва сирпаниш тезликларида 1% пирит қўшимчасига эга бўлган ғовакли темир-графитли қотишмадан тайёрланган буксани синаш натижалари пиритсиз темир-графитли қотишмадан тайёрланган буксага нисбатан солиштирма ейилиши 1,5-2 мартага кичик қийматга эга бўлишини кўрсатди (12-расм).



- 1 – пиритсиз темир асосли антифрикцион қотишма;
2 – пирит миқдори 1 % бўлган темир асосли антифрикцион қотишма

12-расм. Юкланишнинг темир асосли ғовакли антифрикцион қотишмадан тайёрланган буксанинг интенсив ейилишига таъсири: сирпаниш тезлиги – 1,17 м/сек:

«Олмалик тоғ-металлургия комбинати» АЖ қошидаги «Нодир металлар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича ИИЧБ» даги жиҳозда ғовакли антифрикцион қотишмадан тайёрланган буюм (втулка)ни олиш технологиясига ишлов беришда «Олмалик тоғ-металлургия комбинати» АЖ қошидаги «Нодир металлар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича

ИИЧБ» да ишлаб чиқарилган темир кукунидан тайёрланган буюмларнинг талаб этилган механик хоссасига эришиш учун уни 1100 °С ҳароратдан кам бўлмаган ҳароратда қиздириб пишириш керак эканлиги аниқланди.

Синов-ишлаб чиқариш партиясида тайёрланган буюмлар ҳамма параметрлари бўйича ТУ23.1324-83 га жавоб беради. Қиздириб пиширилган буюмларнинг механик хоссаларини назорат учун текширишлар 1-жадвалда кўрсатилган натижаларни кўрсатди (1-жадвал).

Тадқиқотлар натижасида олинган натижалар асосида Олмалик тоғ-металлургия комбинати АЖ қошидаги «Нодир металл ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича ИИЧБ» шароитида темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишмаларни ишлаб чиқаришнинг техник регламенти ишлаб чиқилди.

1-жадвал

«Олмалик тоғ-металлургия комбинати» АЖ қошидаги «Нодир металл ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича ИИЧБ» да маҳаллий ишлаб чиқариш кукунларидан олинган ЖГр2П1 маркали қотишмадан тайёрланган назорат втулкасининг радиал сиқилиш бўйича мустаҳкамлиги

Ташқи диаметр, D, мм	Девор қалинлиги, а, мм	Узунлиги, L, мм	Емирилишнинг максимал юкламаси, Р, тах, кГкуч	Радиал сиқилиш бўйича максимал емирилиш кучланиши, σ , рад.сик., МПА
30,6	5,4	15,5	625	341
30,6	5,4	15,5	630	344
30,6	5,4	15,5	620	338
30,6	5,4	15,5	580	330

Ишлаб чиқилган темир асосли антифрикцион ғовакли материалларни олиш технологияси асосида сирпаниш подшипниклари стендда синаш учун тайёрланди. Стендда синашни ишлаб чиқариш учун пахта териш машинаси шпинделининг пастки таянчи (опораси) ни қўллашга келишиб олинди. Бу эса ўз навбатида, ҳозирги вақтда пахта териш машинасига захира қисмларига жумладан пастки таянчнинг подшипник втулкаларига бўлган талаби етарли даражада юқорилигидан келиб чиқади. Бундан ташқари пастки таянчнинг подшипник втулкалари ишлаш шароити етарли даражада оғир бўлиб, улар ўз-ўзини мойлаш шароитида ишлайди. Яна шуни таъкидлаш жоизки,

ейилишбардошлиликни унча катта бўлмаган вақтлар оралиғида аниқлаш мумкин. Синовлар КИСА маркали стендларда «Бўз пахта тозалаш» АЖда ўтказилди. Синаладиган барабанлар завод технологияси асосида «Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати» АЖ қошидаги «Нодир металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича ИИЧБ» да йиғилди. Завод технологияси асосида барабанларни йиғишдан олдин пастки таянчига втулка пресслангандан сўнг тешиқ развёртка қилинди. Тешиқнинг диаметри нутромер ёрдамида юқориги ва пастки боҳи (баландлик) бўйича ўлчанди.

Синаш натижалари «Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати» АЖ қошидаги «Нодир металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича ИИЧБ» да олинган кукундан тайёрланган втулканинг энг кичик ейилишга эга бўлишини кўрсатди.

Темир асосли антифрикцион қотишмани ишлаб чиқариш бўйича техник регламентини «Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати» АЖга қарашли «Нодир металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича ИИЧБ» га қўллашдан иқтисодий самарадорлик 65 млн. сўмни ташкил этди.

ХУЛОСАЛАР

1. Ғовакли антифрикцион материаллар ишлаб чиқаришда импортга боғлиқлик ҳолатини камайтириш учун маҳаллий хомашё асосида ғовакли антифрикцион қотишма тайёрлашнинг технологик жараёни ишлаб чиқилди.

2. Ғовакли антифрикцион материаллар ишлаб чиқариш технологиясида «Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати» АЖ да ишлаб чиқарилган темир кукуни ва олтингугуртга эга бўлган кўшимча сифатида ишлаб чиқариш чиқиндисиди ҳисобланган пирит қўлланилиши натижасида ғовакли антифрикцион материаллар саноат даражасида ишлаб чиқаришни ташкил этишга тавсия этилди.

3. 97% - темир кукуни, 2% - графит элементи ва 1% - пирит таркибга эга бўлган антифрикцион мақсадлар учун мўлжалланган металлокерамик қотишмани ишлаб чиқаришда шихтанинг оптимал таркиби тавсия этилди.

4. Шихтасига пирит кўшимчаси кўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишмани пресслаш ва қиздириб пишириш режимлари тавсия этилди.

5. Шихтасига пирит кўшимчаси кўшилган (пирит миқдори 1%) темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишмани тайёрлаш технологияси ишлаб чиқилди.

6. Мойни шимдириш 2% ва унда юқори даражада таъминлайдиган ва бу билан ўз навбатида ТУ231.324-83 талабига жавоб берадиган шихтасига пирит кўшимчаси кўшилган (пирит миқдори 1%) темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишмани олиш технологияси режимлари тавсия этилди.

7. Шихтасига пирит қўшимчаси қўшилган темир кукуни асосли ғовакли антифрикцион қотишмани ишлаб чиқаришнинг техник регламенти ишлаб чиқилди ва бу ишлаб чиқилган регламент стандарт жиҳозларнинг унумдорлигини 30 – 40% га оширишга тавсия этилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «ФАН ВА ТАРАККИЁТ»
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

АНДИЖАНСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

ХУДАЙБЕРДИЕВ ОРИБЖОН РАХИМБЕРДИЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ
ПОЛУЧЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ МЕТОДОМ
ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

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

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

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером В2019.2.PhD/T1131 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Диссертация выполнена в Андijanском машиностроительном институте
Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице (www.gurft.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziynet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: Норхужасв Файзулла Рамазанович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Якубов Махмуджон Махамаджонович
доктор технических наук, профессор

Қаршиев Мамарайим Сапиевич
кандидат технических наук, доцент


Ведущая организация: Ферганский Политехнический Институт


Защита диссертации состоится «07» январь 2021 года в 11⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 при ГУП «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_taraqiyot@mail.ru, www.gurft.uz. на здании ГУП «Фан ватараккиёт», 2 этаж, зал конференций (онлайн)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП «Фан ва тараккиёт» (зарегистрировано номером №30). (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. тел: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73.

Автореферат диссертации разослан «26» декабрь 2020 года
(протокол ресстра №30 от «18» декабрь 2020 г.).




С.С.Негматов
председатель научного совета по
присуждению учёных степеней,
академик АН РУз, д.т.н., профессор


М.Г. Бабаханова
учёный секретарь научного совета по присуждению
учёных степеней, к.х.н., с.н.с.


Н.Талипов
председатель научного семинара при научном
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., с.н.с.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. На сегодняшний день в мире производство композиционных материалов, фактически является отдельной отраслью промышленности, которая сформировалась ввиду постоянно растущей потребности в материалах обеспечивающих максимальный эффект от их использования при минимальных затратах на их производство. Особое значение машиностроению имеет разработка антифрикционных пористых порошковых материалов снижающих коэффициент трения в подвижных узлах трения машин и механизмов, и значительно повышающих рабочий ресурс.

В мировом масштабе ведется большое количество научно-исследовательской работы по разработке технологических процессов по получению новых порошковых антифрикционных материалов путем введения в порошковую композицию определенных добавок с целью получения заданных свойств для конкретных условий эксплуатации. В этом аспекте требуется создание универсального антифрикционного материала способного работать в различных конструкциях и условиях.

В республике ведется большими темпами развитие металлургической промышленности и большое внимание уделяется вопросам импортзамещения и внедрения новых инновационных технологий по максимальному использованию сырьевых материалов. В четвертом пункте Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан поставлены важные задачи «...стимулирование научных исследований и инноваций, создание эффективных механизмов для реализации инновационных достижений»¹. По этой причине важное значение имеет разработка технологий получения нового антифрикционного материала на основе железного порошка и пирита отхода производства АО «АГМК».

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, представленных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-4749 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в Постановленных №ПП-2698 от 26 декабря 2016 года «О мерах по дальнейшей реализации перспективных проектов локализации производства готовых видов продукции, комплектующих изделий и материалов на 2017- 2019 годы», выступление Президента Республики Узбекистан Ш.М. Мирзиёева от 24 мая 2019 года в Национальном университете Узбекистана с представителями науки и образования протокол №21 пункт 64, а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Исследование выполнено в

¹ Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 «О Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах»

соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан II «Энергетика, энергоресурсо-сбережения, машиностроение и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Технологическими способами получения антифрикционных материалов работающих в различных условиях и их исследованием занимались следующие ученые: Шатт В., Даннингер Ш., Джонсон Р., Де. Гроат, Васида Акира, Касаи Мисами, Мадоно Осаму, Сэгава Такэо, Федорченко И.М., Пугина Л.И., Большин М.Ю., Короленко Н.Г., Благин В.И. и другие. Разработка и применение в различных областях и условиях работы антифрикционных материалов, в том числе материалов на железной основе осуществляется научными школами Мошков А.Д., Джонс В., Karpets M. V., David Jr., Narasimhan K.S., Kong J.H., Ovti H., проф. Мухамедов А.А., проф. Каламазов Р.У., проф. Норхужаев Ф.Р., проф. Нурмурадов С.Д.

Исходя из анализа существующих работ, разработка антифрикционных металлокерамических материалов из местного сырья и отходов производства по разработке ресурсосберегающих технологических процессов глубоко не изучены. Решению этих проблем и посвящена настоящая диссертационная работа.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Андижанского машиностроительного института «Повышения рабочие эффективности и энергиясбережения производственных предприятиях» (2018-2020гг.).

Целью исследования является разработка технологии получения пористого антифрикционного металлокерамического сплава на основы железного порошка производства АО «АГМК» и с присадкой пирита, отхода производства.

Задачи исследования:

определить оптимальный состав пористого антифрикционного сплава на основе железного порошка с присадкой пирита;

определить и изучить влияние оптимального состава пористого антифрикционного сплава на основы железного порошка с присадки пирита на трибологический свойства;

разработать технологию получения пористого антифрикционного сплава на основе железного порошка с присадкой пирита;

разработать технический регламент на производство пористого антифрикционного сплава на основе железного порошка с присадкой пирита.

Объектом исследования является пористый антифрикционный материал полученный на основе порошка железа производства АО «АГМК» и пирита, отход производства АО «АГМК».

Предметом исследования является разработка технологии получения пористого антифрикционного сплава на основе порошка железа и пирита.

Методы исследования. В диссертационной работе были использованы современные методы включающие анализ научно-технической информации по теоретической и практической методологии получения антифрикционных материалов на основе порошка железа; лабораторные эксперименты по технологии прессования и спекания, механическим испытаниям, трибологическим испытаниям, микро и рентгеноструктурным анализам порошкового антифрикционного материала; опытно-промышленного испытания, а также математической обработки результатов испытаний с применением метода математического планирования эксперимента.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

определено влияние технологических параметров, давления прессования и температуры спекания на предел прочности пористого антифрикционного сплава на основе железного порошка с присадкой шихту пирита;

разработан структурно-фазовый состав пористого антифрикционного сплава с присадкой в шихту пирита;

разработан оптимальный состав пористого антифрикционного сплава с присадкой в шихту пирита (97 % - железный порошок, 2 % - элементный графит, 1 % - пирит);

обосновано влияние содержания пирита в антифрикционном сплаве на основе порошка железа на механические свойства, пористость и масловпитываемость;

разработана технология получения пористого антифрикционного материала на основе местного сырья, порошка железа производства АО «АГМК», пирита, отхода производства АО «АГМК».

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан технологический процесс получения пористого антифрикционного подшипника скольжения на основе порошка железа производства АО «АГМК» и серосодержащей добавки пирита, отход производства АО «АГМК»;

разработаны режимы прессования и спекания пористого антифрикционного сплава. Давление прессования 600 Мпа, температура спекания 1100⁰С, что позволило увеличить прочность на растяжение на 15–20%;

разработан технический регламент на производство пористого антифрикционного сплава на основе железного порошка с присадкой в шихту пирита, что позволило увеличить производительность стандартного оборудования на 30–40%;

разработана технология получения пористого антифрикционного сплава с присадкой в шихту пирита 1%, что позволило увеличить износостойкость сплава в 1,5–2,0 раза.

Достоверность полученных результатов получены на основе конкретно поставленных задач, при разработке технологического процесса получения пористого антифрикционного сплава на основе порошка железа с присадкой пирита, отход производства, а также применением

многочисленных экспериментальных исследований и методам математического планирования экспериментов, а результаты экспериментов получены с помощью современной техники и технологий.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Научная значимость результатов исследований обусловлена в установлении влияния содержания пирита в антифрикционном сплаве на основе порошка железа, на механические свойства, пористость и маслостойкость.

Практическая значимость полученных результатов исследований обусловлена разработкой технологических режимов получения пористого антифрикционного сплава на основе порошка железа с присадкой в шихту пирита.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов по разработке технологии изготовления пористого антифрикционного сплава на основе железного порошка с присадкой в шихту пирита разработаны:

технология изготовления пористого антифрикционного сплава на основе железного порошка с присадкой в шихту пирита (содержание пирита в шихте 1%) внедрена на предприятии НПО «Научно-технологического центра по редким металлам и твердым сплавам» при АО «АГМК» (Справка № АА005125 «АГМК» 02.07.2020). В результате увеличена износостойкость сплава в 1,5 – 2 раза;

режимы прессования и спекания пористого антифрикционного сплава на основе железа с присадкой в шихту пирита, давление прессования 600 Мпа и температура спекания 1100 °С, внедрено на предприятии НПО «Научно-технологического центра по редким металлам и твердым сплавам» при АО "АГМК" (Справка № АА005125 «АГМК» 02.07.2020). В результате появилось увеличение прочности на растяжение на 15–25%;

технический регламент по производству пористого антифрикционного сплава на основе железа с присадкой в шихту пирита, внедрено на предприятии НПО «Научно-технологического центра по редким металлам и твердым сплавам» при АО "АГМК" (Справка № АА005125 «АГМК» 02.07.2020). В результате появилось увеличивать производительность стандартного оборудования на 30–40%;

Апробация результатов исследования. Настоящее исследование обсуждено на 3 международных и 2 республиканский научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 10 научных работ. Из них в научных изданиях, рекомендованных высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан 5 статей, в том числе статьи 3 в зарубежных журналах, 2 в Республике Узбекистан.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации состоит из 110 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике Узбекистан. Изложены научная новизна и практические результаты исследований, раскрыта научно-теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены данные о внедрении результатов исследования, апробации работы, сведения по опубликованным источникам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Технология производства пористых антифрикционных материалов»** проведен анализ предъявляемых требований к пористым антифрикционным материалам, изготавливаемым.

Из порошков железа и цветных металлов, областям их применения, достоинствам и недостаткам, а также технологии изготовления этих материалов. Показано, что методы порошковой металлургии позволили разработать большое количество антифрикционных материалов. Вместе с тем из-за различных условий применения антифрикционных материалов не возможно создать универсальный антифрикционный материал способный работать в узлах трения различного назначения. Анализ литературных источников также показал, что железографитовые антифрикционные материалы успешно заменяют подшипниковые материалы на основе бронз и баббитов. Срок службы узлов трения, оснащенных сульфитированными материалами на основе железа значительно выше, чем у бронз и баббитов, а также материалов на основе бронз.

Литературный обзор показал, что в проведенных исследовательских работах нет данных по возможности использования в шихте пирита и его влияния на антифрикционные свойства.

Во второй главе диссертации **«Выбор объекта для антифрикционного сплава полученного методом порошковой металлургии и методика его исследования»** приведен выбор объекта исследования и представлены методы проведенных исследований.

В качестве объекта исследований являлись изделия полученные при прессовании и спекании порошков производимых из местного сырья. Железные порошки были получены в условиях АО «АГМК» путем восстановления железной окалины АО «Узметкомбинат». В качестве серосодержащей присадки использовали пирит, являющийся отходом производства АО «АГМК».

Исследование микроструктуры образцов проводились путем анализа изготовленных шлифов на металлографических микроскопах МИМ-8, Неофот-21.

Рентгеноструктурным анализом определяли дефектность кристаллического строения спрессованных и спеченных образцов

антифрикционного материала на основе железного порошка. Исследование проводили на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3.

Исследование механических свойств проводилось согласно существующим ГОСТАМ по испытанию порошковых материалов.

Испытание на износостойкость проводилось на машине трения МИ-1М. Испытывались втулки изготовленные из порошкового железного графита с присадкой пирита и без пирита.

Обработка экспериментальных данных проводилась согласно методам математической статистики, а также путем математического планирования эксперимента.

В третьей главе диссертационной работы **«Физико-механических свойств пористых антифрикционных сплавов на основе железа»** приведены результаты исследований по определению влияния параметров прессования и спекания на структуру и свойства железного графитового сплава, физико-механические свойства железного графитового сплава с присадкой в шихту пирита.

Большое влияние играет также стадии подготовки шихты к переработке.

Универсальным показателем этапов формирования и изменения свойств порошковых материалов является плотность порошкового изделия полученного при разном давлении прессования. В большинстве случаев базой для разработки новых антифрикционных материалов на основе железа являются железного графитового композиции с содержанием графита от 1,5% до 4%. Поэтому представляло интерес исследовать железного графитовый сплав с содержанием графита 2% и железного порошка полученного из окалина АО «АГМК». Гранулометрический состав порошка полученного из окалина был близок к порошку марки ПЖВ160.24.

Проводили исследования динамики формирования порошковой структуры железного графитового материала полученного при разном давлении прессования (250-700 МПа) и спекания при температуре 1100⁰С, 1250⁰С, 1300⁰С.

Изменение структуры порошкового материала на основе железа представлены на рис.1-3. Как видно из графика рис.1 и анализа микроструктуры образцов плотность прессованного железного графита растет с увеличением прикладываемого давления. Наибольшей плотности достигают образцы полученные при прессовании 700 МПа, что является максимальной для данного материала. При этом изменяется вид пор и характер их распределения по сечению. При повышенном давлении происходит вытягивание и дробления пор. Повышение температуры спекания также способствует уменьшению пористости. Пores при этом становятся примерно 2 микрона и форма их становится ближе к сферической.

Микроструктуры антифрикционного порошкового сплава представляют собой двухфазную область, четко видно металл и поры. Происходит также и изменение размера зерна при давлении 250-400 МПа размер зерны

составляет ~50 мкм. При повышении температуры спекания также наблюдается повышение плотности сплава.

Соответственно увеличению давления прессования идет изменения твердости и ударной вязкости материала (рис.4).

Анализируя экспериментальные данные можно прийти к выводу, что с точки зрения получения оптимальных механических свойств (твердости, ударной вязкости) и соответственно плотности железуграфитового композита, наиболее оптимальным является давление прессования 600МПа и температуры спекания материала 1100⁰С.

При разработке нового антифрикционного металлокерамического сплава было исследовано влияние содержания пирита на комплекс механических свойств как прочность на сжатие, изгиб, растяжение, твердость, ударную вязкость от содержания в шихте пирита, а также установлена зависимость от его пористости, плотности и масловпитываемости. Результаты исследования механических свойств по прочности и твердости представлены на рис.5-8. Изменение плотности, пористости и масловпитываемости представлены на рис.9.

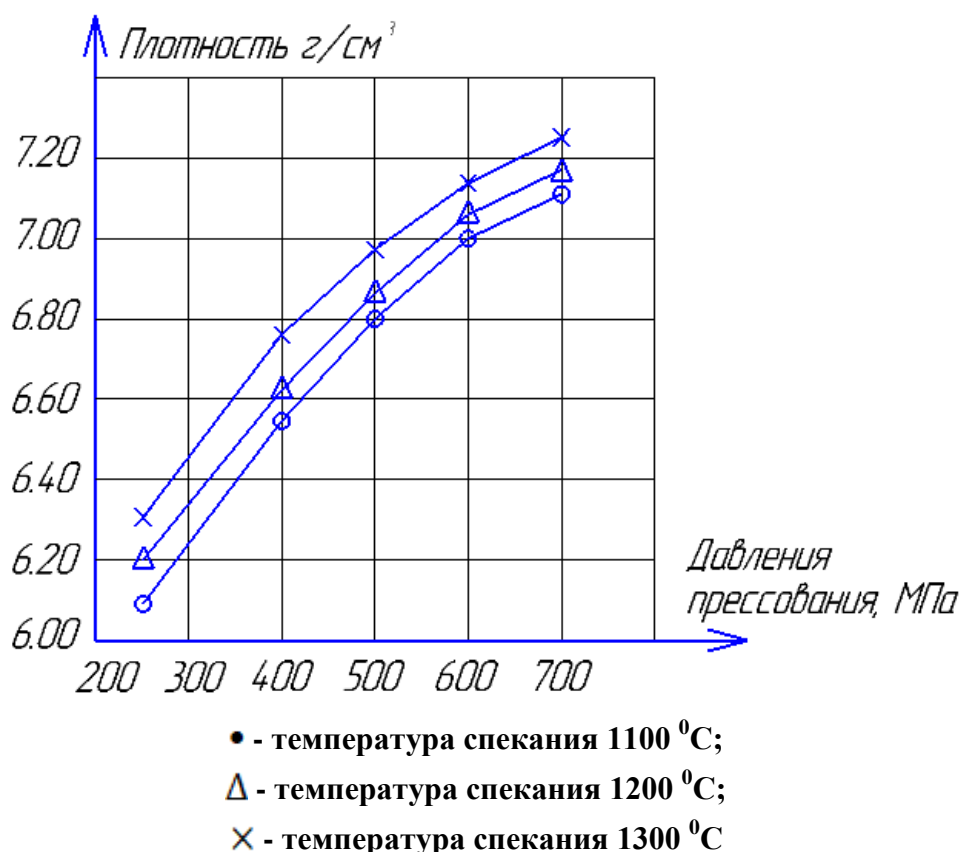
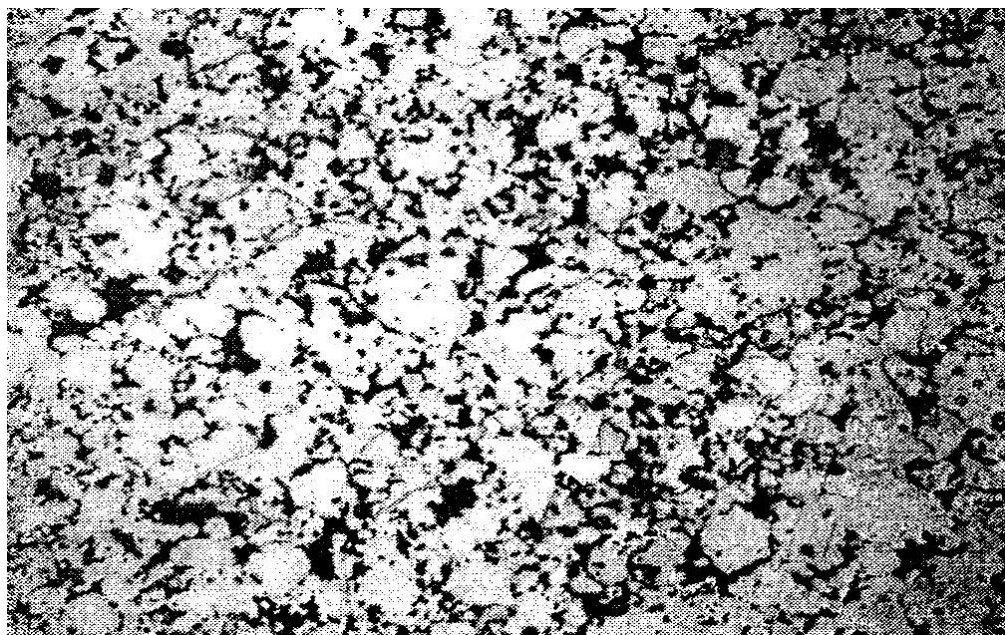
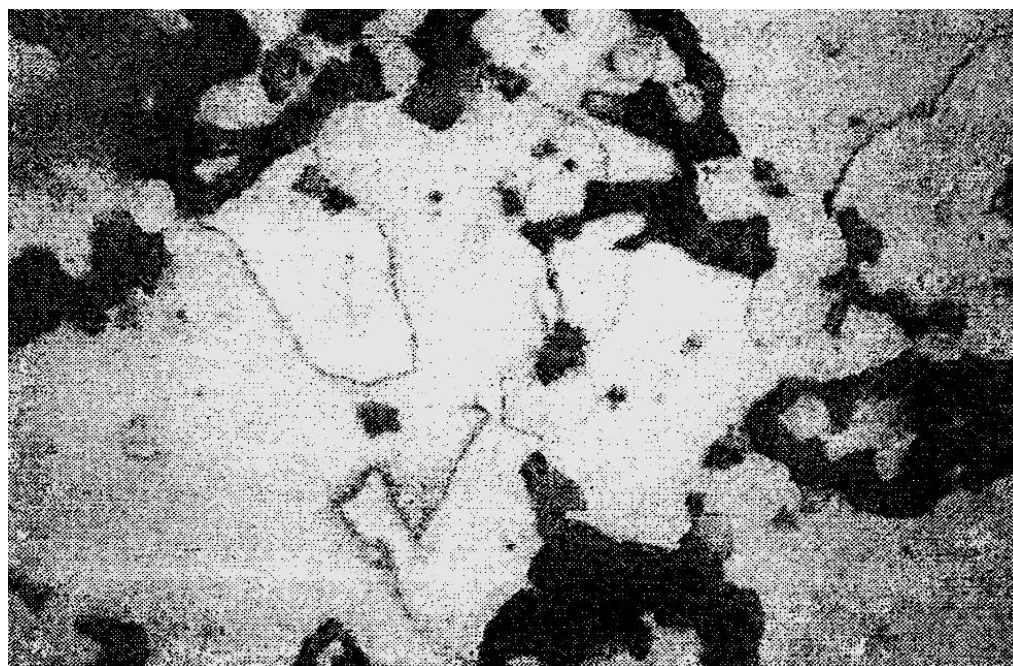


Рис.1. Изменения плотности железуграфитового сплава в зависимости от давления прессования:



X 200

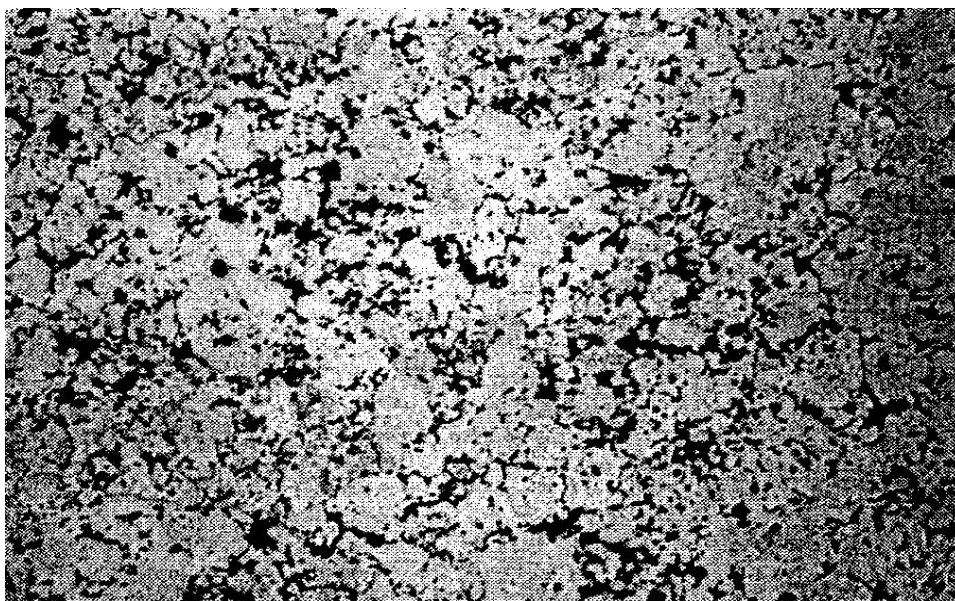


X 800

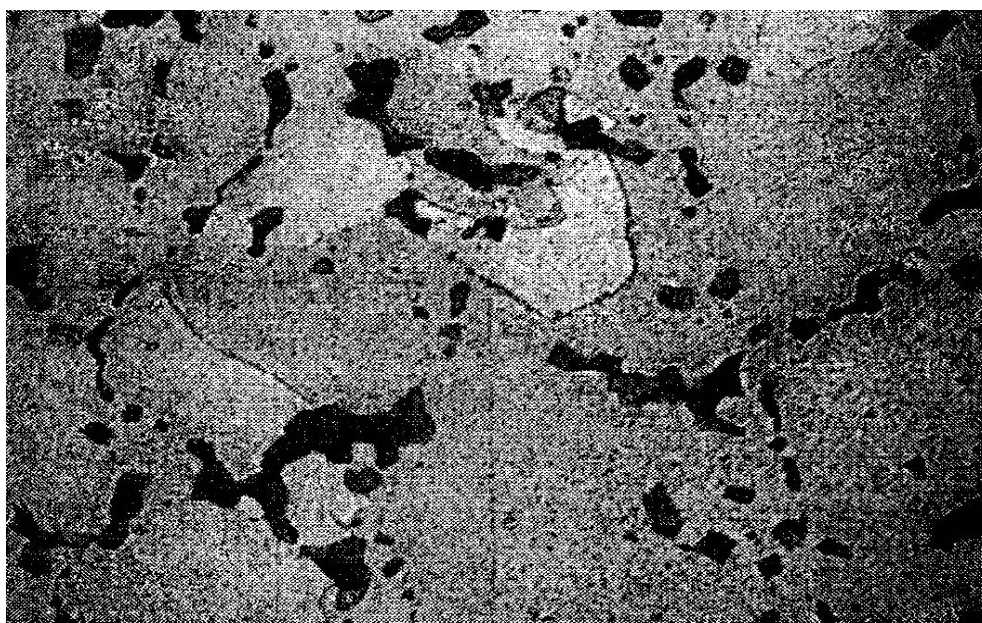
Рис.2. Микроструктура образцов железографитового сплава полученного при давлении прессования 400 МПа и температура спекания 1100 °С: плотность~ 6,5 г/см³

Были проведены рентгенографическое исследования изменения дефектности кристаллического строения нового антифрикционного сплава в зависимости от содержания в шихте пирита. Которые показали, что

дефектность кристаллического строения сплава падает при содержании пирита свыше 1,5 %.



X200



X800

Рис.3. Микроструктура образцов железуграфитового сплава полученного при давлении 600 МПа и температура спекания 1100 °С: плотность ~ 6,9 г/см³

Анализ механических свойств пористого антифрикционного материала показывает, что существует корреляция результатов по определению прочностных характеристик с твердостью и ударной вязкостью пористого

железографитового сплава от содержания в шихте пирита с увеличением содержания пирита механические свойства сплава падают (рис.5-9).

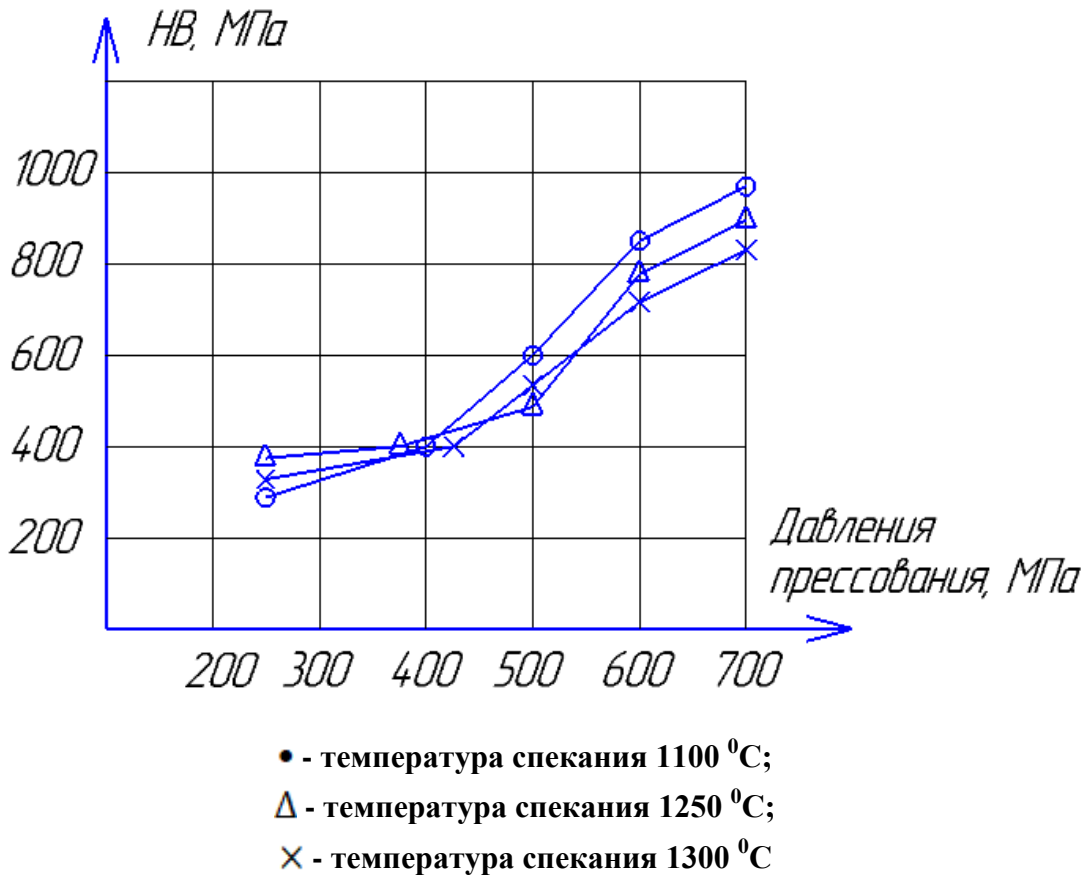


Рис.4. Изменение твердости после спекания железографитового сплава:

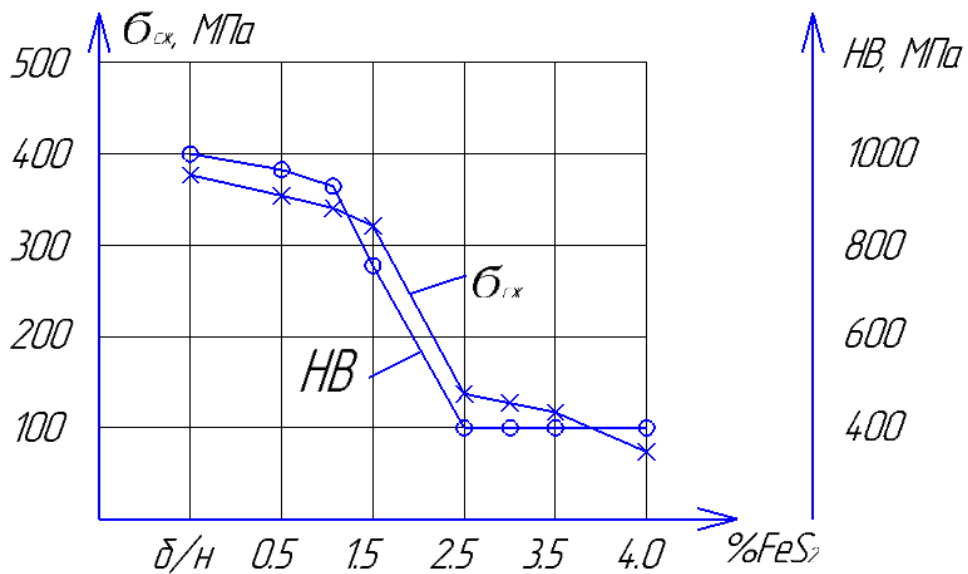


Рис. 5. Зависимость твердости HV и прочности на сжатия $\sigma_{сж}$ от содержания в шихте пирита: содержание в шихте графита – 2 %.

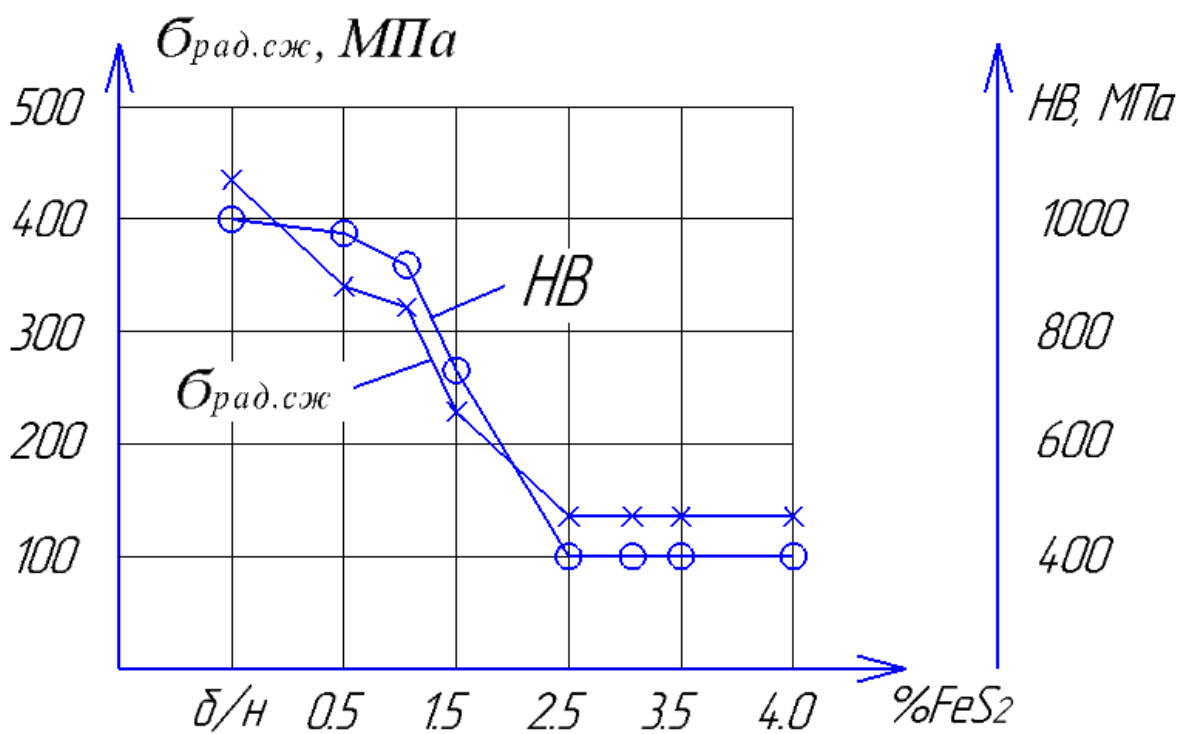


Рис.6. Зависимость твердости HV и прочности на радиальное сжатия $\sigma_{\text{рад.сж}}$ от содержания в шихте: содержания в шихте графита – 2 %

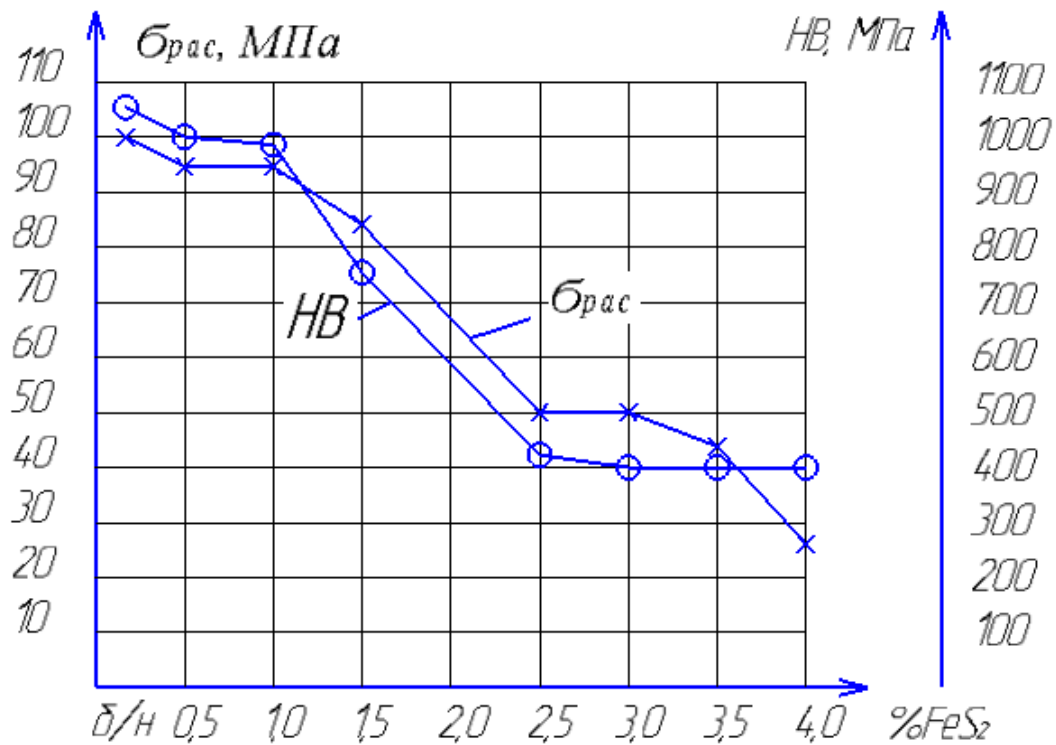


Рис.7. Зависимость твердости HV и прочности на растяжение $\sigma_{\text{рас}}$. От содержания в шихте пирита: содержание в шихте графита – 2 %

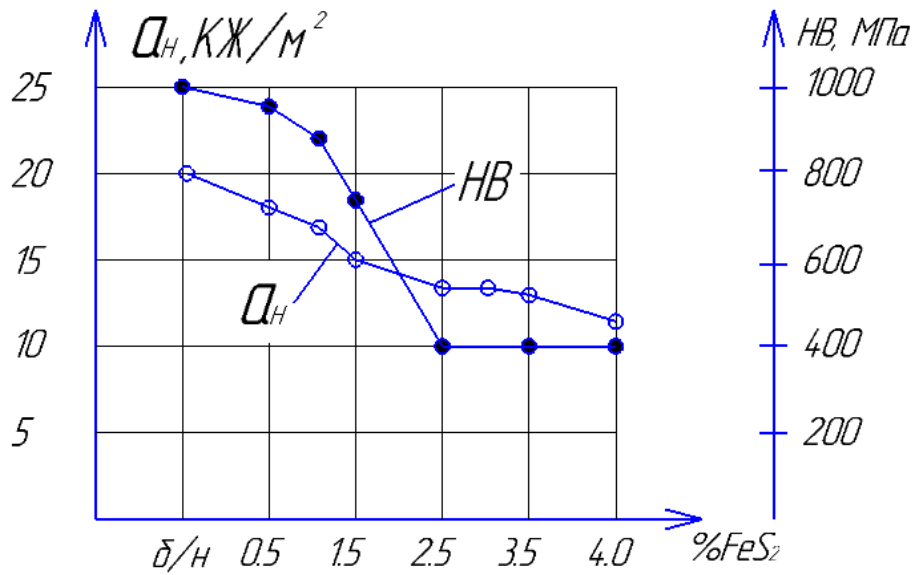


Рис.8. Зависимость твердости HB и ударной вязкости α_n от содержание в шихте пирита: содержание в шихте графита – 2 %

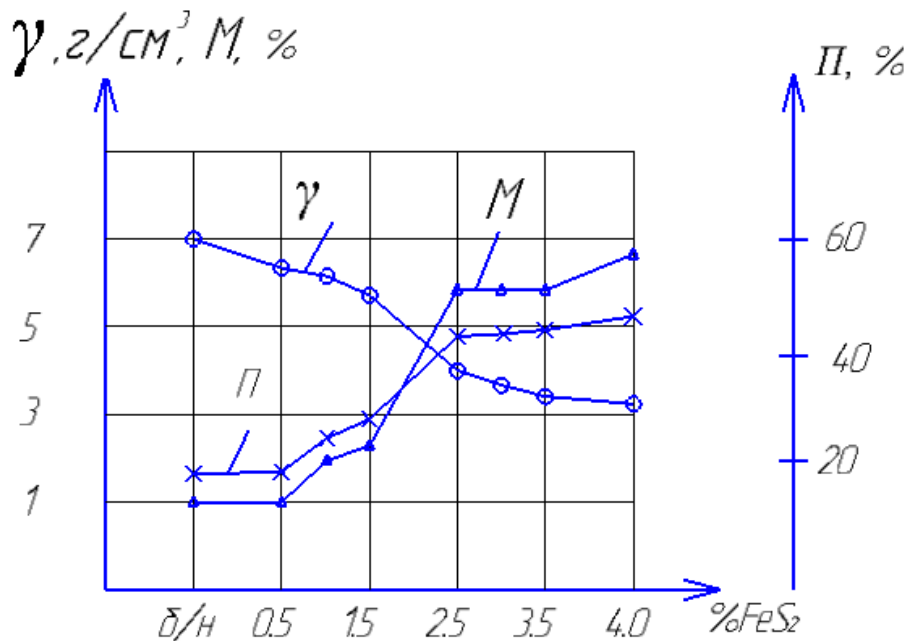


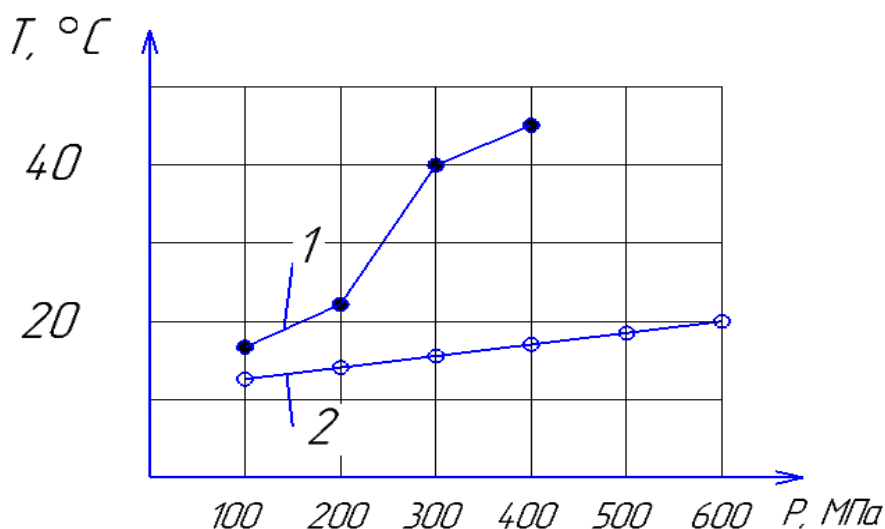
Рис.9. Зависимость плотности «γ», пористости «Π» и маслопитываемости «М» пористого антифрикционного сплава на основе железа от содержания в шихте пирита

Наиболее оптимальным по механическим свойствам является содержание пирита в композиции 1%. В этом случае механические свойства предлагаемой композиции находятся на достаточном уровне соответствующим антифрикционным материалом используемым в промышленности. Результаты исследования плотности, пористости и

маслопитываемости, также указывают на то, что необходимый уровень этих показателей достигается при содержании в шихте пирита 1%.

Металлографический анализ показал, что сама железографитовая композиция состоит из перлито-ферритной структуры, причем содержание перлита составляет примерно 60 %. При добавлении в сплав пирита образуются дополнительно отдельные участки сульфидов.

Четвертая глава диссертации «Триботехнические испытания пористого антифрикционного сплава на основе железа. Разработка лабораторного и технического регламентов по получению пористых антифрикционных сплавов» посвящена исследованию триботехнических свойств пористого антифрикционного материала на основе железа в зависимости от содержания в шихте пирита. Испытания проводились на машине трения М1-М. Испытывались железографитовые втулки с присадкой в шихту пирита и без пирита. Исследовалось изменения коэффициента трения и температуры при трении скольжения в зависимости от нагрузки с различными скоростями скольжения (рис.10 ва 11-расмлар).



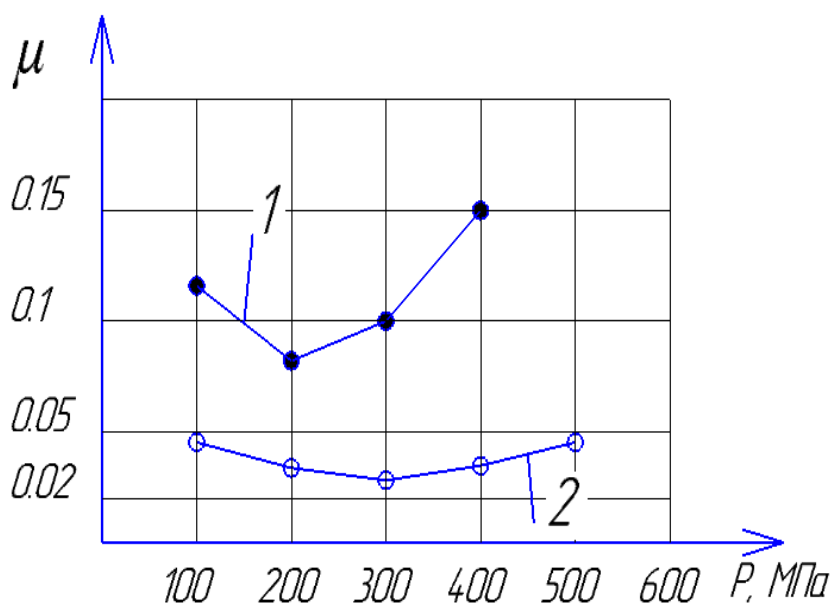
- 1 – антифрикционный сплав на основе железа без пирита;
2 – антифрикционный сплав на основе железа содержанием пирита 1 %

Рис.10. Изменение температуры при трении скольжения пористого антифрикционного сплава на основе железа без пирита и с пиритом в зависимости от нагрузки: скорость скольжения – 0,34 м/сек.

В результате исследования было установлено, что коэффициент трения у железографита с включениями пирита в 2–3 раза ниже, чем у пористого железографита. Рабочая температуры трения у железографита с включениями пирита ниже рабочих температур пористого железографита при аналогичных режимах испытания.

С целью определения величины износа пористого антифрикционного сплава были проведены испытания на интенсивность изнашивания. Проверили

интенсивность изнашивания букс трения изготовленных из пористого железографита и железографита с содержанием пирита.



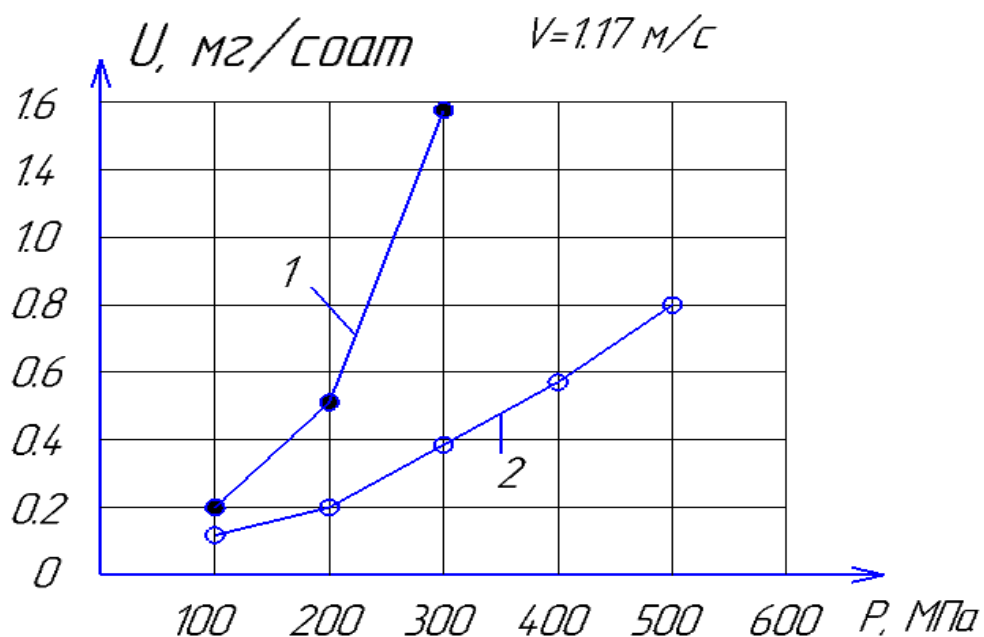
- 1 – антифрикционный сплав на основе железа без пирита;
2 – антифрикционный сплав на основе железа содержанием пирита 1 %

Рис.11. Изменения коэффициента трения «μ» при трении скольжения пористого антифрикционного сплава на основе железа без пирита и с пиритом в зависимости от нагрузки: скорость скольжения – 0,34 м/сек.

Испытания показали, что буксы изготовленные из пористого железографита с 1% содержания пирита при различных нагрузках и скоростях скольжения имеют в 1,5–2,0 раза меньшую величину удельного износа, чем буксы изготовленные из железографита без пирита (рис.12).

При отработке технологии получения изделий (штулок) из пористого антифрикционного сплава на оборудовании (нанотехнологий, композитных и перспективных материалов) НПО «Научно-технологического центра по редким металлом и твердым сплавам» при АО "АГМК" было также установлено, что для достижения требуемых механических свойств изделия из железных порошков производства НПО «АГМК» следует спекать при температуре не ниже 1100⁰С. Изготовленная опытно-промышленный партия изделий по всем параметрам отвечала ТУ231.324-83. Контрольные проверки механических свойств спеченных изделий показали следующие результаты (таблица 1). На основании полученных результатов исследований был разработан технический регламент на производство антифрикционного пористого сплава на основе железного порошка в условиях НПО «Научно-технологического центра по редким металлом и твердым сплавам» при АО "АГМК".

На основе разработанной технологии получения антифрикционных пористых материалов на основе железа были изготовлены для стендовых испытаний подшипники скольжения.



- 1 – антифрикционный сплав на основе железа без пирита;
 2 – антифрикционный сплав на основе железа содержанием пирита 1 %

Рис.12. Влияние нагрузки на интенсивность изнашивания буксы изготовленной из пористого антифрикционного сплава на основе железа. Скорость скольжения – 1,17 м/сек:

Таблица 1

Прочность при радиальном сжатии контрольных втулок из сплава марки ЖГр2П1 порошков из местного сырья из производства НПО «Научно-технологического центра по редким металлам и твердым сплавам» при АО "АГМК"

Наружный диаметр, D, мм	Толщина стенки, а, мм	Длина, L, мм	Максимальная нагрузка, P, max, кгс	Максимальная напряжения срыва P по радиальном сжатие σ . рад.сж., МПа
30,6	5,4	15,5	625	341
30,6	5,4	15,5	630	344
30,6	5,4	15,5	620	338
30,6	5,4	15,5	580	330

Для производства стендовых испытаний было решено использовать нижние опоры шпинделей хлопкоуборочных машин. Связано это с тем, что в настоящее время потребность в запасных частях этих машин достаточно большая, и в том числе, требования на подшипниковые втулки нижних опор достаточно жесткие так,

как они работают в условиях самосмазываемости. Кроме этого их износостойкость можно определить за относительно небольшой промежуток времени. Испытания проводились на стендах КИСА АО «Буз пахта тозалаш». Испытуемые барабаны были собраны на заводской технологии в НПО «Научно-технологического центра по редким металлом и твердым сплавов» при АО "АГМК".

Перед сборкой барабанов по заводской технологии, после запрессовки втулок в нижние опоры, отверстия разворачивались, а диаметр отверстий замерялся по верхнему и нижнему поясу (по высоте) нутромером.

Было установлено, что при испытании у втулок изготовленных из железного порошка производства НПО «Научно-технологического центра по редким металлом и твердым сплавов» при АО «АГМК» с присадкой пирита что износ был меньше.

Экономический эффект от внедрения технического регламента по производству антифрикционного сплава на основе порошка железа на предприятии НПО «Научно-технологического центра по редким металлом и твердым сплавов» при АО "Алмалыкском ГМК" составляет 65 млн. сум.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан технологический процесс изготовления пористого антифрикционного сплава на основе местного сырья позволяющий уменьшить импортозависимость при производстве пористых антифрикционных материалов.

2. Предложена технология производства пористых антифрикционных материалов с использованием железного порошка производства АО «АГМК», а в качестве серосодержащей добавки пирит отход производства АО «АГМК», что позволило организовать промышленное производство пористых антифрикционных материалов на основе местного сырья.

3. Для антифрикционных целей предложен оптимальный состав шихты при производстве металлокерамических сплавов 97 % - порошок железа, 2 % -элементный графит и 1 % - пирита.

4. Предложены режимы прессования и спекания пористых антифрикционных сплавов на основе железе с добавлением в шихту пирита.

5. Разработана технология изготовления пористых антифрикционных сплавов на основе железе с добавлением в шихту пирита (содержание пирита 1 %).

6. Разработаны технологические режимы получения пористых антифрикционных сплавов на основе железа с добавлением в шихту пирита (содержание пирита 1 %) обеспечивающие маслостойкость сплава 2 % и отвечающие требованиям ТУ231.324-83.

7. Разработан технический регламент по производству пористого антифрикционного сплава на основе железного порошка с присадкой в шихту пирита. Данный регламент позволил увеличить производительность стандартного оборудования на 30 – 40 %.

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY
NAMED AFTER ISLAM KARIMOV
SCIENTIFIC COUNCIL AWARDED SCIENTIFIC DEGREES
DSc.03/12/30/2019.K/T.03.01 AT STATE UNITARY ENTERPRISE
"FAN VA TARAKKIYOT"**

ANDIJAN MACHINE-BUILDING INSTITUTE

KHUDAYBERDIEV ORIBJON RAKHIMBERDIEVICH

**DEVELOPMENT OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY FOR
OBTAINING SLIDING BEARINGS BY THE METHOD OF POWDER
METALLURGY**

05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry. Heat treatment and processing of metals under pressure. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals. Technology of radioactive, rare and noble elements (technical science)

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

Tashkent– 2020

The theme of the dissertation of Philosophy (PhD) is registered under the number B2019.2.Ph.D./T1131 in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan.

The dissertation was carried out at the Andijan machine-building institute.

The abstract of the dissertations posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the scientific website (www.gupft.uz) and on the website of «ZiyoNet» Information and educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor: Norkhudjayev Fayzulla Ramazanovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: Yakubov Makhmudjon Makhmadjonovich
doctor of technical sciences, professor

Qarshiyev Mamarayim Sanayevich
candidate of technical sciences, docent

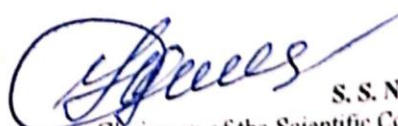
Leading organization: Ferghana Polytechnic Institute


The defense will take place «07» January 2021 at 11⁰⁰ o'clock at the meeting of Scientific council No.DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 at Tashkent state technical university named after Islam Karimov at State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot» (Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street. 7a. tel: (99871) 246-39-28; fax: (99871) 227-12-73; e-mail: fan_va_taraqqiyot@mail.ru. www.gupft.uz on the building "Fan va tarakkiyot" SUE, 2nd floor, conference room.


The thesis can be reviewed at the Information Resource Center of the State unitary enterprise "Fan va tarakkiyot" (is registered under No.30). Address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street 7a. Tel: (99871) 246-39-28; fax: (99871) 227-12-73.

Abstract of dissertation sent out on «26» December 2020 year
(Protocol of the register No. 30 of «18» December 2020 y.).




S. S. Negmatov
Chairman of the Scientific Council for
awarding academic degrees,
Academician of ASRU, DScTech, Professor


M.G. Babakhanova
Scientific secretary of the scientific council
for the award scientific degrees,
Candidate of chemical sciences, s.r.a.


N. Talipov
Chairman of the scientific seminar
at the scientific council for the award
of academic degrees, DScTech, s.r.a.

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

The aim of the study is to develop a technology for producing a porous antifriction metal-ceramic alloy based on iron powder produced by JSC "AGMK" and with an additive of pyrite, waste production.

The object of the study is a porous antifriction material obtained on the basis of iron powder produced by JSC "AGMK" and pyrite, waste produced by JSC "AGMK".

The scientific novelty of the research is as follows:

The influence of technological parameters, pressing pressure and sintering temperature on the ultimate strength of a porous antifriction alloy based on iron powder with a pyrite charge is determined;

The structural-phase composition of the porous antifriction alloy with pyrite additive in the charge was developed;

An optimal composition of a porous antifriction alloy with pyrite additive in the charge was developed (97% - iron powder, 2% - elemental graphite, 1% - pyrite);

The influence of pyrite content in antifriction alloy based on iron powder on mechanical properties, porosity and oil absorption has been substantiated;

A technology has been developed for producing a porous antifriction material based on local raw materials, iron powder produced by «AGMK» JSC, pyrite, production waste of «AGMK» JSC.

Implementation of research results. Based on scientific results on the development of a technology for the manufacture of a porous antifriction alloy based on iron powder with a pyrite additive in the charge, the following have been developed:

The technology for the manufacture of a porous antifriction alloy based on iron powder with a pyrite additive in the charge (pyrite content in the charge is 1%) has been introduced at the SPA Scientific and Technological Center for Rare Metal and Hard Alloys at «AGMK» JSC (Reference №. AA005125 «AGMK» 02.07.2020). As a result, the wear resistance of the alloy is increased by a factor of 1.5-2;

Modes of pressing and sintering of a porous antifriction alloy based on iron with pyrite additive in the charge, pressing pressure 600 MPa and sintering temperature 1100 ° C, implemented at the SPA Scientific and Technological Center for Rare Metals and Hard Alloys at «AGMK» JSC (Reference №. AA005125 «AGMK» 07/02/2020). As a result, there was an increase in tensile strength by 15-25%;

Technical regulations for the production of a porous antifriction alloy based on iron with pyrite additive in the charge was introduced at the SPA Scientific and Technological Center for Rare Metals and Hard Alloys at «AGMK» JSC (Reference №. AA005125 «AGMK» 02.07.2020). As a result, it became possible to increase the productivity of standard equipment by 30-40%;

The structure and volume of the thesis. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation consists of 110 pages/

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I част; I part)

1. Hundayberdiyev O.R., Norkhudjayev F.R., Mukhamedov A.A. Receiving antifriction materials on the basis of waste of metallurgical productions of Uzbekistan. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 5, Issue 4, April 2019, P.8675-8678 (India) (05.00.00№8)

2. Худайбердиев О.Р. Темир асосли антифрикцион қотишмалар. ISSN 2181-8622 Наманган Муҳандислик-технология институти илмий-техника журналида ТОМ 4 - Махсус сон №3 , 2019, Б. 48-53 (05.00.00№33)

3. Худайбердиев О.Р., Норхуджаев Ф.Р. Ғовакли антифрикцион материалларни ишлаб чиқариш технологияларининг замонавий ҳолати. ISSN 2181-7200 Фарғона политехника институти илмий техника-журналида 2020. Том 24. №1, Б. 51-55 (05.00.00№20)

4. Khundayberdiyev O.R., Norkhudjayev F.R., Mukhamedov A.A., Ergashev D.M., Norkhudjayeva R.F. Development of machine-building materials and details of machines from the powders received from waste of raw materials in the industry of Uzbekistan. ISSN: 0193-4120. TEST Engineering & Management. Vol. 83, March-April 2020, P. 639-646 (USA) (Scopus)

II бўлим (II част; II part)

5. Худайбердиев О.Р., Норхуджаев Ф.Р. Ресурсосберегающие технологии изготовления и восстановления деталей машин. «Замонавий ишлаб чиқаришнинг иш самарадорлиги ва энерго-ресурс тежамкорлигини ошириш муаммолари» мавзусидаги халқаро илмий-амалий анжуман. 3-4 октябрь 2018 йил. Андижон, Б.427-430

6. Худайбердиев О.Р., Норхуджаев Ф.Р., Маллабаев Х.Х. Обзор современных компьютерных программ для моделирования процессов обработки давлением. «Фарғона водийси худудларидаги маҳаллий хом-ашёлардан фойдаланиш асосида импорт ўрнини босувчи маҳсулотлар ишлаб чиқаришнинг долзарб масалалари». Халқаро конференция. Наманган шаҳри, 27-28 октябрь 2018 йил, Б. 165-168

7. Худайбердиев О.Р., Норхуджаев Ф.Р., Мухамедов А.А. Разработка антифрикционных материалов на основе местного сырья и отходов производства. «Фарғона водийси худудларидаги маҳаллий хом-ашёлардан фойдаланиш асосида импорт ўрнини босувчи маҳсулотлар ишлаб чиқаришнинг долзарб масалалари». Халқаро конференция. Наманган шаҳри, 27-28 октябрь 2018 йил, Б. 168-170

8. Худайбердиев О.Р., Норхуджаев Ф.Р. Сирпаниш подшипниклари учун кукун металлургияси усулида олишнинг ресурс тежайдиган технологиясини ишлаб чиқиш. «Инновацион техника ва технологияларнинг муаммо ва истиқболлари» мавзусидаги Республика илмий ва илмий-техник анжумани илмий ишлар тўплами. Ислон Каримов номидаги Тошкент Давлат техника университети Машинасозлик факултети, Тошкент-2019, Б. 43-45

9. Худайбердиев О.Р., Норхуджаев Ф.Р., Мухамедов А.А. Енгил ва қийин эрийдиган металллар асосидаги Антифрикцион қотишмалар. «Машинасозлик ишлаб чиқариш ва таълим: муаммолар ва инновацион ечимлар». Республика илмий техник анжумани. Фарғона, 19-20 сентябрь 2019 йил, Б. 159-160

10. Khudayberdiyev O.R., Norkhudjayev F.R., Mukhamedov A.A., Ergashev D.M., Djalolova S.T. Technological capabilities of application of thermocyclic processing (tcp) tool steel. ISSN: 1475-7192. International Journal of psychosocial rehabilitation, Engineering and Technology. Vol. 24, Issue 08, 2019, P. 1866-1874 (UK) (Scopus)

Автореферат « Фарғона политехника институти илмий техника » журнали тахририятида тахрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 211.

Гувоҳнома № 10-3719
“Тошкент кимё технология институти” босмаҳонасида чоп этилган.
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.