

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.Т.03.04 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ХУДОЁРОВ САРДОР САЪДУЛЛАЕВИЧ

**УГЛЕРОДЛИ ВА ЛЕГИРЛАНГАН ПЎЛАТЛАРНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШГАН ПАЙВАНДЛАШ УЧУН МАҲАЛЛИЙ
ХОМАШЁЛАР АСОСИДА ЭРИТИБ ТАЙЁРЛАНАДИГАН
ФЛЮСЛАРНИ ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ВА
ТАРКИБИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

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

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент- 2020

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on technical
sciences**

Худоёров Сардор Саъдуллаевич

Углеродли ва легирланган пўлатларни механизациялашган пайвандлаш
учун маҳаллий хомашёлар асосида эритиб тайёрланадиган флюсларни
ишлаб чиқариш технологиясини ва таркибини такомиллаштириш..... 3

Худоёров Сардор Саъдуллаевич

Совершенствование состава и технологии производства плавяных
флюсов на основе местного сырья для механизированной сварки
углеродистых и легированных сталей..... 21

Khudoyorov Sardor Sadullaevich

Improvement of the composition and production technology of fused
fluxes based on local raw materials for mechanized welding of carbon and
alloy steels..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 42

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ХУДОЁРОВ САРДОР САЪДУЛЛАЕВИЧ

**УГЛЕРОДЛИ ВА ЛЕГИРЛАНГАН ПЎЛАТЛАРНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШГАН ПАЙВАНДЛАШ УЧУН МАҲАЛЛИЙ
ХОМАШЁЛАР АСОСИДА ЭРИТИБ ТАЙЁРЛАНАДИГАН
ФЛЮСЛАРНИ ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ВА
ТАРҚИБИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

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

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

The theme of the Ph.D. in technical sciences is registered in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan for B2019.4.PhD/T1431.

The thesis was performed at the Tashkent State Technical University.

The abstract of the thesis in two languages (Uzbek, Russian and English (summary)) is available on the website (www.tdtu.uz) and the information and educational portal "Ziyonet" (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor: **Dunyashin Nikolay Sergeevich**
doctor of technical science, professor

Official opponents: **Norxudjaev Fayzulla Ramazonovich**
doctor of technical sciences, professor

Xudoyorov Suleyman Rashidovich
candidate of technical science, associate professor

Lead organization: **Andijan machine building institute**

Defense of the thesis will be held "5" december 2020 at 11⁰⁰ hours at a meeting of the Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.03.04 at the Tashkent State Technical University. (Address: 100095, Tashkent, Universitet str., 2. Tel./fax: (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz)

The thesis is available at the Information and Resource Center of the Tashkent State Technical University (registered under No. 176). (Address: 100095, Tashkent, Universitet St., 2. Phone: (99871) 227-10-32.)

The thesis abstract was sent out «25» november 2020 year.
(register of the distribution protocol № 115 from «25» november 2020 year).



K.A.Karimov
Chairman of the Scientific Council for Awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

N.D.Turakhodjaev
The Scientific Secretary of the Scientific Council for scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

F.S.Abdullaev
Chairman of the Scientific Seminar of the Scientific Council on awarding academic degrees, doctor of Technical Sciences, professor

КИРИШ (техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг зарурати ва долзарблиги. Жаҳонда етакчи давлатларнинг саноати ривожланиши даражасининг замонавий босқичларида механизациялаштирилган флюс остида ёйли пайвандлаш ҳажми, маҳсулот ассортименти ва жаҳон бозоридаги рақобатбардошлилиги алоҳида касб этмоқда. Шу билан бирга пайванд чок қуйма металининг эксплуатацион характеристикаларини ошириш, конструкциянинг узок муддат ишлаши, машина механизмлари ва жиҳозлари хавфсизлиги муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Бу борада ривожланган мамлакатлар, жумладан АҚШ, Буюк Британия, Япония, Украина ва Россияда механизациялашган флюс остида ёйли пайвандлаш технологиясининг ривожланишида муҳим роль эгаллаган пайванд конструкция ва буюмларни йирик сериялаб ишлаб чиқаришнинг ривожланишига алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда флюснинг таркибини модернизация қилиш асосида ёйли пайвандлашни механизациялаш учун флюснинг сифатли характеристикаларини ошириш бўйича илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу йуналишда, жумладан эритиб тайёрланадиган флюснинг таркибини шлак ҳосил қилувчи компонентларнинг миқдори ва сифати бўйича оптималлаштириш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга, пайванд чок металининг кимёвий таркибини аниқловчи шихта таркиби ҳисобига пайванд бирикманинг мустаҳкамлик характеристикаларини яхшилаш зарур ҳисобланмоқда.

Республикамизда механизациялаштирилган ёйли пайвандлашда содир бўладиган физик-кимёвий жараёнларни башоратлаш усуллари асосида эритиб тайёрланадиган флюсларни оптималлаштириш чора-тадбирлари амалга оширилмоқда.

Республикамизда нефтьгаз саноатида, машинасозликда, коммунал хўжаликда, қурилишда кенг қўлланиб келаётган пайвандлаш флюсларига бўлган талабнинг тобора ортиб бораётганини таъминлаш чора-тадбирлари амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан “...энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш”¹ вазифалари белгиланган. Ушбу вазифаларни амалга ошириш, жумладан пайванд бирикманинг кимёвий таркибини аниқлаш ҳисобига пайванд бирикманинг мустаҳкамлик характеристикалари ошишини таъминловчи эритиб тайёрланадиган пайвандлаш флюсларини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида” ги Фармони

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ – 4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ва 2018 йил 27 апрелдаги № ПК-3682 «Лойиҳа, технология ва инновацион ғояларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш бўйича чора-тадбирлар тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга 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, энергия ва ресурс тежамкорлик” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунё амалиётида механизациялашган флюс остида ёйли пайвандлашда материалларнинг пайвандлаш-технологик хусусиятларини: чок юзасининг шаклланиши, шлак қобиғининг ажралиши ва бошқа кўрсаткичларни ўрганиш ва тадқиқот қилиш бўйича кўплаб тадқиқотлар олиб борилган. Дунёнинг етакчи олимлари, жумладан J. Norish ва J. Lipold пайвандлаш сими ва эритиб тайёрланган флюснинг эриш жараёнида томчининг шаклланишини ҳамда ҳосил бўлган шлак ва металл ванналарининг ўзаро таъсирланиши устида илмий-тадқиқот ишларини олиб боришган ва углеродли пўлатларни пайвандлаш учун флюсларни ишлаб чиқишган. Япония олимлари A. Makara, N. Mosendz механизациялашган флюс остида ёйли пайвандлашда фазаларнинг ўзаро таъсирлашувида кечадиган жараёнларни тадқиқот қилишган ва кам углеродли пўлатларни пайвандлаш учун флюслар таркибини таклиф этишган.

МДҲ давлатлари олимларидан Б.Е. Патон, В.В. Подгаецкий, И.И. Люборц, Н.Н.Потапов, И.К. Походня томонидан чок метали таркиби ва металлнинг дастлабки таркибларини таққослаш асосида механизациялашган флюс остида ёйли пайвандлашда алоҳида элементларнинг ўтиш жараёнлари устида тадқиқотлар олиб борилган ҳамда легирланган пўлатларни автоматик ёйли пайвандлаш учун флюслар ишлаб чиқилган. Ўзбекистон олимлари М.А. Абралов, Р.У. Абдурахманов, Р.М. Саидовлар механизациялашган ёйли пайвандлашда ишлатиладиган флюслар учун шлак тизимларининг таркибини ишлаб чиқишган.

Механизациялашган ёйли пайвандлаш учун эритиб тайёрланадиган флюслар таркибини ишлаб чиқиш соҳасида кўплаб илмий натижаларга эришилишига қарамай, ҳали ечимини топмаган муаммолар кўп: механизациялашган ёйли пайвандлашда пайванд чок қуйма металининг таркибини ҳисоблаш усуллари тўлиқ ишлаб чиқилмаган, ҳисоблаш учун маълумотлар етарли эмаслиги ва йўл қўйилган бир қанча хатоликлар эритиб тайёрланадиган флюсларни ишлаб чиқиш бўйича масалаларни хал қилиш имконини бермаяпти. Юқорида келтирилган муаммолар ечимини топиш учун эритиб тайёрланадиган флюсларнинг шлак тизими компонентлари

таркибини оптималлаштириш бўйича элементларни ўтиш коэффициентларини аниқлаш асосида таркибини оптималлаштириш имконини берадиган тадқиқотлар ўтказиш зарур.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация иши Тошкент давлат техника университетининг илмий тадқиқот ишлари режасига мувофиқ Тошкент труба заводи билан № 8/2020 хўжалик шартномаси ичида “Кам углеродли ва кам легирланган пўлатларни ёйли автоматик пайвандлаш учун эритиб тайёрланган флюсларни ишлаб чиқариш технологиясини ва таркибини ишлаб чиқиш” (2020й.) мавзуси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади Ўзбекистон Республикаси минерал хомашё базасида пайванд чокнинг қуйма металини яхшилаш мақсадида, механизацияланган ёйли пайвандлаш учун эритиб тайёрланадиган флюсларнинг шлак асосини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

тадқиқот усуллари, жиҳозлари, материаллари ва объектларини танлаш;
замонавий импорт ўрнини босувчи эритиб тайёрланадиган пайвандлаш флюсларининг шлак асосини ишлаб чиқиш учун Ўзбекистон Республикасидаги минерал хомашёларнинг яроқлилиги ва мавжудлиги мониторингини ўтказиш;

флюсларни тайёрлаш учун ишлатиладиган минерал хомашё базаси асосида эритиб тайёрланадиган флюсларнинг классификацион схемасини ишлаб чиқиш;

кам углеродли ва кам легирланган пўлатларни автоматик ёйли пайвандлаш учун эритиб тайёрланадиган флюсларни ишлаб чиқиш мисолида Ўзбекистон Республикаси хомашёларининг шлак асосига яроқлилигини баҳолаш ва флюс таркибини ишлаб чиқиш;

механизациялашган флюс остида ёйли пайвандлашда фаза таркибларини башоратлаш методикаси бўйича ўзаро таъсирлашув жараёнларининг физик моделини ишлаб чиқиш;

механизациялашган флюс остида ёйли пайвандлашда фаза таркибларини башоратлаш методикаси бўйича ўзаро таъсирлашув жараёнларининг математик моделини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Ўзбекистон Республикаси минерал хомашёси, флюс остида автоматик ёйли пайвандлаш натижасида шаклланган пайванд чок ва пайванд бирикманинг қуйма метали олинган.

Тадқиқотнинг предмети механизациялашган флюс остида ёйли пайвандлаш натижасида олинган пайванд чок ва пайванд бирикманинг қуйма структураси, пайванд чок характеристикаларини ва қуйма структурасини яхшилашини таъминлайдиган замонавий импорт ўрнини босувчи эритиб тайёрланган флюсларнинг шлак асоси ва уларни маҳаллий хомашёлардан тайёрлаш технологияси ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида шлакнинг, пайванд бирикманинг ва қуйма структурасининг технологик ва физик-кимёвий хусусиятлари, физик-механик хусусиятларини аниқлаш ва моделлаштиришнинг экспериментал ва таҳлилий усулларидадан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

эритиб тайёрланган флюсларнинг таркибидаги оксидсизлантирувчилар миқдорини оптималлаштириш ҳисобига автоматик ёйли пайвандлашда чок қуйма металлининг шаклланиши жараёнининг математик модели ишлаб чиқилган;

маҳаллий минерал хом ашё базасида CaO-MnO-SiO_2 уч томонли эрувчанлик диаграммаси асосида танланган ҳамда эритиб тайёрланадиган флюснинг ишлаб чиқилган шлак асоси такомиллаштирилган;

автоматик ёйли пайвандлаш учун эритиб тайёрланадиган флюсни ишлаб чиқаришнинг такомиллаштирилган технологияси ишлаб чиқилган;

кам углеродли ва кам легирланган пўлатларни механизацияланган ёйли пайвандлашда қўлланиладиган, пайвандлаш материалларининг потенциал компонентлари бўлган каолин, доломит, кварц қумларининг кимёвий таркибини ўрганиш асосида эритиб тайёрланган флюслар таркиби ишлаб чиқилган;

автоматик ёйли пайвандлаш учун эритиб тайёрланадиган флюсларнинг шихта компонентларини классификацион схемаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

механизациялашган ёйли пайвандлаш учун замонавий импорт ўрнини босувчи эритиб тайёрланадиган пайвандлаш флюсларининг шлак асоси ишлаб чиқилган;

маҳаллий хомашёдан тайёрланадиган механизациялашган ёйли пайвандлаш учун эритиб тайёрланадиган флюсларни тайёрлаш технологияси ишлаб чиқилган;

пайванд чокнинг қуйма структурасининг мустаҳкамлик характеристикаларини 10-12%га оширадиган эритиб тайёрланадиган флюсларнинг шихта компонентлари таркиби ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги тадқиқотнинг замонавий усулларидадан фойдаланилганлиги ва экспериментал материалларнинг катта ҳажмда олинганлиги, математик таҳлил қилиш усулларидадан фойдаланиб аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти флюс остида механизациялашган ёйли пайвандлашда флюснинг шихта компонентлари классификацион схемаси асосида пайванд чок металлининг қуйма структураси шаклланиши жараёнининг физик ва математик моделини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти пайванд чокнинг характеристикасини ва қуйма структурасини яхшилашни таъминлайдиган

махаллий хомашёлардан тайёрланадиган эритиб тайёрланадиган флюсларнинг шлак асосини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Пайванд чоклар характеристикасини ошириш мақсадида маҳаллий хомашёлардан фойдаланиб эритиб тайёрланадиган флюсларни тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқиш бўйича олинган натижалар асосида:

эритиб тайёрланган флюсларнинг таркибидаги оксидсизлантирувчилар миқдорини оптималлаштириш ҳисобига автоматик ёйли пайвандлашда чок қуйма металининг шаклланиши жараёнига ишлаб чиқилган математик модели МЧЖ ҚК “Тошкент труба заводи” корхонасида жорий этилган («Ўзмонтажмахсус қурилиш» АЖнинг 2020 йил 16 июндаги 01-195/-01-01-сон маълумотномаси). Натижада, пайванд чокнинг қуйма металида кислород миқдорини 8-10%га камайтиришга эришилган;

махаллий минерал хомашё базасида CaO-MnO-SiO_2 уч томонли эрувчанлик диаграммаси асосида танланган, эритиб тайёрланадиган флюснинг ишлаб чиқилган шлак асоси МЧЖ ҚК “Тошкент труба заводи” корхонасида жорий этилган («Ўзмонтажмахсус қурилиш» АЖнинг 2020 йил 16 июндаги 01-195/-01-01-сон маълумотномаси). Натижада, пайванд бирикмаларнинг мустаҳкамлик хусусиятларининг 10-12% га ошишига эришилган;

автоматик ёйли пайвандлаш учун эритиб тайёрланадиган флюсни ишлаб чиқаришнинг такомиллаштирилган технологияси МЧЖ ҚК “Тошкент труба заводи” корхонасида жорий этилган («Ўзмонтажмахсус қурилиш» АЖнинг 2020 йил 16 июндаги 01-195/-01-01-сон маълумотномаси). Натижада, пайванд чокнинг қуйма металида водород миқдорининг 14-16% га камайишига эришилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 6 та илмий-анжумаларда, жумладан, 4та халқаро ва 2та республика илмий-амалий анжуманларида апробациядан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 14та илмий ишлар чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 3 та мақола, жумладан 2 таси Республика ва 1 таси хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 120 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация иши мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари, объекти ва предметлари тавсифланган, тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва асосий натижалари баён қилинган, олинган

натижаларнинг ишончлилиги асосланган, илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Маҳаллий хомашёлар базасида механизациялашган ёйли пайвандлаш учун эритиб тайёрланадиган флюсларни ишлаб чиқишнинг замонавий муаммолари”** деб номланган биринчи бобида, Ўзбекистон Республикасида пайвандлаш материалларига бўлган бозор талабини таҳлил қилишга, флюс остида пайвандлашда металлнинг кислород, водород ва азот билан таъсирлашиши, флюс остида ёйли пайвандлашда газ фазаларининг таркиби хусусиятлари ва уларнинг металл билан ўзаро таъсирлашиши, пайвандлашда металл ва шлак орасидаги таъсирлашувлар, пайвандлашда металлнинг оксидсизланиши ва рафинирланиши жараёнлари ҳамда эритиб тайёрланадиган флюсларни саноат даражасида ишлаб чиқариш учун Ўзбекистон Республикасидаги мавжуд минерал хомашёлар базасининг таҳлили ёритилган.

Илмий техник ва патент адабиётларини ўрганиш асосида қуйидаги қарорга келинди; пайванд чокнинг қуйма структурасини яхшилаш мақсадида эритиб тайёрланган флюслар уларнинг шлак асосида кварц куми, марганец рудаси, доломит ва каолинни қўллаш энг актуал ва перспектив қарорлардан бири ҳисобланади. Ўзбекистон Республикаси ҳудудларида мавжуд минерал ресурслар захираси бўлган эритиб тайёрланадиган пайвандлаш флюсларини тайёрлаш учун хизмат қиладиган бир компонентлар кўринишида бўлган (кварц куми) етарли даражада захирага эга эканлиги ҳақида маълумотлар келтирилган.

Ҳозирги кунда кремний оксиди манбаи сифатида Жерой ва Майский конларидаги кварц кумидан кенг фойдаланилади. Кварц кумининг энг перспектив конлари бўлиб Қулантой (Навои вилояти), Яккабоғ (Қашқадарё вилояти) конлари хизмат қилади. Ушбу конларнинг кремний оксиди миқдори 87,2 - 98,7 %ни ташкил этади.

Доломит конлари Ўзбекистон Республикасининг Шўрсув (Фарғона вилояти), Чуст (Наманган вилояти) ва Дехқонобод (Қашқадарё вилояти) конларида мавжуддир. Доломитнинг элементи ва оксид таркиби асосий компоненти кальций ва магнийнинг карбонатлари ташкил этишини кўрсатди.

Иккиламчи каолинларнинг кимёвий таркиби таҳлили Тошкент вилоятининг Ангрен конларида асосий компонентлар сифатида кремний оксиди (50-75%) ва алюминий оксиди (17-34%) ташкил этишини кўрсатди.

Ўзбекистоннинг шахсий марганец рудалари Қашқадарё вилоятининг Даутош конларида мавжудлиги аниқланди. Даутош конининг марганец рудасининг асосий минераллари пиролюзит (MnO_2), вернадит ($MnO_2 \cdot mH_2O$), манганит ($MnOOH$), браунит (Mn_2O_3), гаусманнит (Mn_3O_4) ва марганецли шпат ($MnCO_3$, родохрозит) ташкил этади.

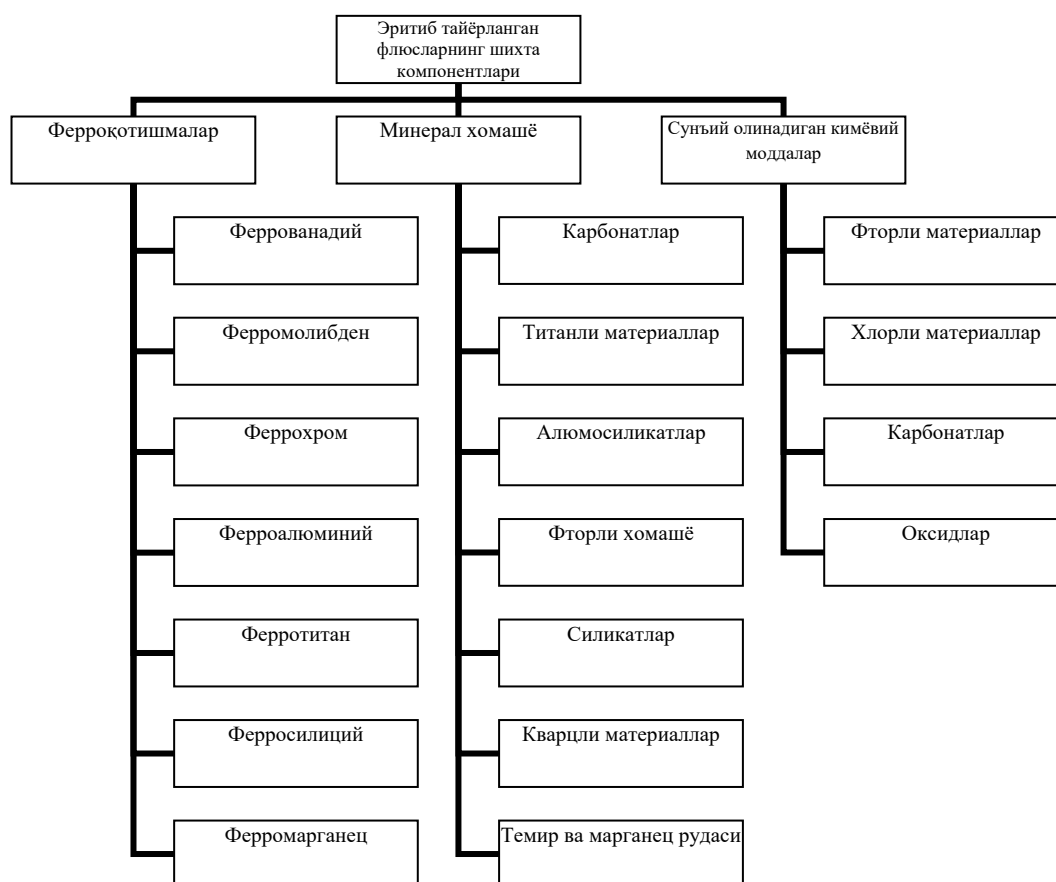
Диссертациянинг **«Эритиб тайёрланган флюсларнинг пайвандлаш технологик хусусиятлари ва пайванд чок металининг қуйма структураси объекти ва тадқиқот қилиш методикаси»** деб номланган

иккинчи бобда тадқиқот учун танлаб олинган объектлар ва уларнинг характеристикалари, тадқиқотлар ўтказиш учун воситалар ва усуллар асослаб келтирилган.

Тадқиқот объекти сифатида Ўзбекистон Республикасидаги минерал хомашёлар (кварц куми, марганец рудаси, доломит ва каолин) танлаб олинган, булар ўз навбатида майдаланади ва прокалкаланади. Тадқиқотнинг кейинги объекти сифатида компонент қўшимчаларидан иборат бўлган ва Ўзбекистон Республикасидаги минерал хомашёлар асосида ишлаб чиқилган, эритиб тайёрланадиган флюс остида ёйли пайвандлаш натижасида олинган пайванд чок ва пайванд бирикманинг қуйма метали ҳисобланади.

Диссертация ишида шлакнинг технологик ва физик-кимёвий хусусиятларини аниқлашнинг замонавий экспериментал ва таҳлилий усуллари қўлланилган. Юқори аниқликда таҳлил ўтказишни таъминлайдиган пайванд бирикма қуйма структурасининг физик-механик хусусиятларини аниқлаш учун пайвандлаш материалларининг пайвандлаш-технологик хусусиятларини тадқиқот қилиш усуллари ва комплекс жиҳозлари келтирилган.

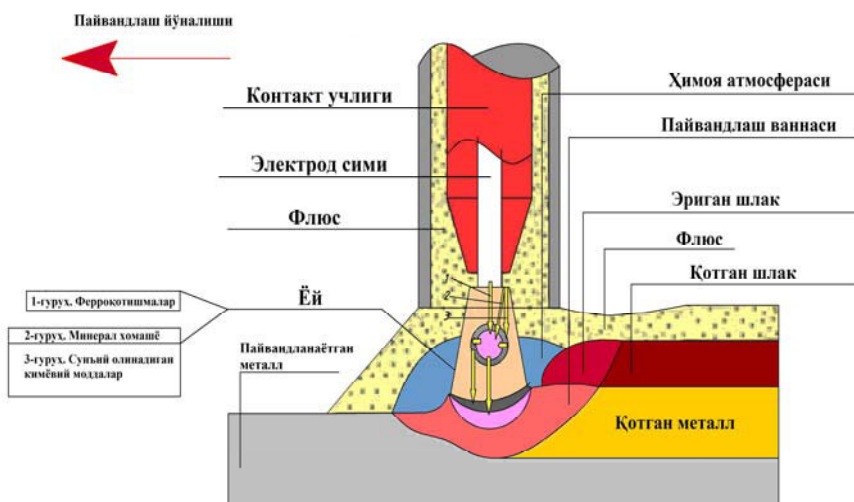
Диссертациянинг «Флюс остида ёйли пайвандлашда қуйма чок металининг шаклланишини тадқиқот қилиш» деб номланган учинчи бобда эритиб тайёрланадиган флюсларнинг шихта компонентлари классификацион схемасини ишлаб чиқиш бўйича натижалари келтирилган.



1-расм. Эритиб тайёрланадиган флюслар шихта компонентларининг классификацияси

Ишлаб чиқилган классификацион схемаси асосида флюс остида ёйли пайвандлашда чок металининг қуйма структураси шаклланиши жараёнининг физик ва математик моделини ишлаб чиқишга қаратилган.

Чок металининг кимёвий таркиби шаклланишининг физик модели (2-расм) бизга флюс остида автоматик ёйли пайвандлаш зонасида содир бўладиган жараёнларни ёритиш учун керак бўлади. Флюс остида пайвандлашнинг механизациялашган усулларида пайвандлашда пайвандлаш ваннасининг ҳимояси ва унинг металлургик ишлов берилиши пайвандлаш флюслари ёрмадида амалга оширилади. Флюслар эриб пайвандлаш ёйи ҳудудида газли ва шлакли гумбаз ҳосил қилишади, сўнгра ёй соҳасида кимёвий металлургик таъсир ўтказа бошлайди, чок юзасида шлак қобиғини ҳосил қилади ва шу қобикқа газлар ва фосфор билан серанинг оксидлари чиқариб ташланади. Эриган металл томчиси (3-расм) пайвандлаш сими метали ва эритиб тайёрланган флюснинг 1-ферроқотишмалар компонентлари ҳисобига шаклланади. Шлак томчиси флюс компонентларининг 2- гуруҳи, минерал хомашё ва 3- гуруҳ сунъий олинадиган кимёвий моддалар ҳисобига шаклланади.



2-расм. Флюс остида ёйли пайвандлашда чок металининг қуйма структураси шаклланиши жараёнининг физик модели



3-расм. Флюс остида автоматик ёйли пайвандлашда чок металининг қуйма структураси шаклланиши жараёнининг блок схемаси.

Флюс остида механизациялашган ёйли пайвандлашда пайванд чокнинг қуйма метали кимёвий таркибининг шаклланишини ҳисоблаш қуйидаги кетма кетликда амалга оширилади:

1. Ўтишнинг ўртача коэффиценти $\bar{\eta}_{E_z}$, эритиб ётқизилган металл таркибидаги (чок металида) E_z элементининг масса улуши:

$$\bar{\eta}_{E_z} = \frac{m_{E_z}^{\text{эрит.ётк}}}{m_{E_z}^{\text{аралаш}}}, \quad (1)$$

бу ерда $m_{E_z}^{\text{эрит.ётк}}$ - ушбу металл ҳажмининг ўзаро таъсирдан сўнг масса элементи E_z , кг;

$m_{E_z}^{\text{аралаш}}$ - кимёвий реакцияларни ҳисобга олмаган ҳолда металлдаги масса элементи E_z , кг.

2. E_z элементининг умумий ўтиши ўртача коэффиценти:

$$\bar{\eta}_{E_z} = a\eta_{E_z}^{\text{най.сим.}} + b\eta_{E_z}^{\text{фер}} + c\eta_{E_z}^{\text{шл.мин.}} + d\eta_{E_z}^{\text{сун.ким.мод.}} \quad (2)$$

$$a + b + c + d = 1 \quad (3)$$

бу ерда a , b , c , d – эритиб ётқизилган металлнинг шаклланишига пайвандлаш флюси таркибига кирувчи пайвандлаш сими, ферроқотишмалар, шлакдан тикланган минерал хомашё ва сунъий олинадиган кимёвий моддаларнинг иштироки улуши миқдори;

$$\eta_{E_z}^{\text{най.сим.}} = 1 - k_1^{E_z}, \quad (4)$$

$$\eta_{E_z}^{\text{фер}} = 1 - k_2^{E_z}, \quad (5)$$

$$\eta_{E_z}^{\text{шл.мин.}} = k_3^{E_z}, \quad (6)$$

$$\eta_{E_z}^{\text{сун.ким.мод.}} = k_4^{E_z}, \quad (7)$$

бу ерда $\eta_{E_z}^{\text{най.сим.}}$, $\eta_{E_z}^{\text{фер}}$, $\eta_{E_z}^{\text{шл.мин.}}$ и $\eta_{E_z}^{\text{сун.ким.мод.}}$ - пайвандлаш флюси таркибига кирувчи сунъий олинадиган кимёвий моддалар, минерал хомашёлардан олинадиган шлак, ферроқотишмалар, пайвандлаш симларидан эритиб ётқизилган металлда E_z элементининг парциал ўтиш коэффиценти.

$k_1^{E_z}$ - газ ва шлак билан оксидланган пайвандлаш сими металида E_z компонентнинг масса улуши;

$k_2^{E_z}$ - газ ва шлак билан оксидланган (Ферроқотишмалар №1) пайвандлаш флюсининг металл қисмидаги E_z компонентининг масса улуши;

$k_3^{E_z}$ - томчи босқичида қайта тикланиш реакцияси натижасида металлга ўтаётган (2-минерал хомашё) пайвандлаш флюсининг нометалл қисмидаги E_z компонентининг масса улуши;

$k_4^{E_z}$ - томчи босқичида қайта тикланиш реакцияси натижасида металлга ўтаётган пайвандлаш флюсининг нометалл қисми (3-сунъий олинадиган кимёвий моддалар) E_z оксид компонентининг масса улуши.

3. Эритиб ётқизилган металл элементининг массаси

$$m_{E_z}^{эрит.коп.} = m_{E_z}^{най.сум.} \cdot \frac{E_z^{най.сум.}}{100} + \sum_{k=1}^l m_k^{фер} \cdot \frac{E_z^{фер}}{100} + \sum_{k=1}^p m_k^{шл.мин} \cdot \frac{E_z^{шл.мин}}{100} +$$

$$+ \sum_{k=1}^s m_k^{сун.ким.мод.} \cdot \frac{E_z^{сун.ким.мод.}}{100} = m_{E_z}^{най.сум.} + m_{E_z}^{фер} + m_{E_z}^{шл.мин.} + m_{E_z}^{сун.ким.мод.}, \quad (8)$$

бу ерда $m_{E_z}^{най.сум.}$, $m_{E_z}^{фер}$, $m_{E_z}^{шл}$ пайвандлаш флюси таркибига киритилувчи нометалл компонентлардан қайта тикланган ва ферроқотишмалар, пайвандлаш симларида E_z элементининг массаси.

4. E_z элементининг ўртача ўтиш коэффициенти,

$$\bar{\eta}_{E_z} = \frac{[E_z]_{эрит.коп.мет.}}{a[E_z]_{най.сум.} + b[E_z]_{фер.} + c[E_z]_{шл.мин.} + d[E_z]_{сун.ким.мод.}} \quad (9)$$

бу ерда $[E_z]_{н.м.}$ - кимёвий таҳлил натижалари бўйича эритиб ётқизилган металлда E_z элементнинг концентрацияси, мас.%;

$[E_z]_{най.сум.}$ - пайвандлаш симидаги E_z элементнинг бирламчи концентрацияси, мас.%;

$[E_z]_{фер}$ - пайвандлаш флюс таркибига киритиладиган ферроқотишманинг E_z элементининг бирламчи концентрацияси, мас.%;

$[E_z]_{шл.мин}$ - шлакнинг минерал моддаларидан $E_{zn}O_m$ оксид элементларининг тўлиқ қайта тикланишида E_z элементининг концентрацияси, мас.%;

$[E_z]_{сун.мод.}$ - пайвандлаш флюс таркибига киритиладиган кимёвий тоза моддалар E_z элементининг бирламчи концентрацияси, мас.%;

5. Пайвандлаш ваннасидаги компонент массаси:

$$m_{E_z} = \frac{m_{най.ван.} \cdot [E_z]_{эрит.}}{100} \quad (10)$$

бу ерда $m_{най.ван.}$ – пайвандлаш ваннаси массаси, кг; $[E_z]_{эрит.}$ – пайвандлаш ваннасида E_z компонентининг концентрацияси, мас.%;

6. Флюс остида автоматик ёйли пайвандлашда металлнинг йўқотилиш коэффициенти:

$$k_{пот}^{Ме} = \frac{m_{най.сум.} + m_{фер} + m_{ме}^{шл.мин} + m_{ме}^{сун.ким.мод.} - m_{эрит.коп.}}{m_{най.сум.} + m_{фер} + m_{ме}^{шл.мин} + m_{ме}^{шл.сун.ким.мод.}} \quad (11)$$

бу ерда $m_{ме}^{шл.мин}$ - пайвандлаш ваннасида ўтган ва шлакдан қайта тикланган металлнинг массаси, кг.

7. Флюс остида автоматик ёйли пайвандлашда шлакнинг йўқотилиш коэффициенти:

$$k_{йўк.}^{шл} = \frac{m_{шл} - m_{шл}^{эксп}}{m_{шл}} \quad (12)$$

бу ерда $m_{шл}$ - ҳисоблаш йўли билан олинган эриш даврида ҳосил бўлган шлакнинг массаси, кг;

$m_{шл}^{эксп}$ - эксперимент йўли билан олинган эриш даврида ҳосил бўлган шлакнинг массаси, кг.

$$m_{шл} = m_{флюс} - m_{фер} - m_{газ} + m_{окс}, \quad (13)$$

бу ерда $m_{\text{флюс}}$ - флюс массаси, кг;

$m_{\text{фер}}$ - пайвандлаш флюси таркибидаги ферроқотишмаларнинг массаси, кг;

$m_{\text{газ}}$ - флюс компонентларининг буғланиш ва диссоциацияланишида ҳосил бўлган газсимон маҳсулотларнинг массаси, кг;

$m_{\text{окс}}$ - пайвандлаш флюси таркибидаги ферроқотишмалар ва пайвандлаш сими компонентларининг оксидланиши натижасида ҳосил бўлган оксидларнинг массаси, кг.

8. Чок метали таркибининг шаклланиши:

$$[E_z]_{\text{най.чок.}} = [E_z]_{\text{асос.мет.}} \cdot \gamma_{\text{асос.мет.}} \cdot \eta_{E_z}^{\text{асос.мет.}} + [E_z]_{\text{эрит.коп.мет.}} \cdot \gamma_{\text{эрит.коп.мет.}} \quad (14)$$

бу ерда $[E_z]_{\text{най.чок.}}$ - кимёвий таҳлил натижаларига кўра бир қатламли эритиб қоплашда чок металида E_z элементнинг концентрацияси, мас.%;

$[E_z]_{\text{асос.мет.}}$ - кимёвий таҳлил натижаларига кўра асосий металлдаги E_z элементининг концентрацияси, мас.%;

$[E_z]_{\text{эрит.коп.мет.}}$ - кимёвий таҳлил натижаларига кўра эритиб қопланган металлдаги E_z элементининг концентрацияси, мас.%;

$\gamma_{\text{асос.мет.}}$ - чок металида асосий металлнинг иштироки улуши;

$\gamma_{\text{асос.мет.}}$ - чок металида эритиб қопланган металлнинг иштироки улуши, шу билан бирга; $\eta_{E_z}^{\text{асос.мет.}}$ - асосий металлдан чок металига E_z элементининг ўтиш парциал коэффиценти.

9. Асосий металлдан чок металига E_z элементининг ўтиш парциал коэффиценти:

$$\eta_{E_z}^{\text{асос.мет.}} = \frac{[E_z]_{\text{най.чок.}} - [E_z]_{\text{эрит.коп.мет.}} \cdot \gamma_{\text{эрит.коп.мет.}}}{[E_z]_{\text{асос.мет.}} \cdot \gamma_{\text{асос.мет.}}} \quad (15)$$

10. Флюс остида автоматик ёйли пайвандлашда чок металига E_z элементнинг ўртача ўтиш коэффиценти.

$$\eta_{E_z}^{\text{най.чок.}} = \frac{[E_z]_{\text{най.чок.}}}{[E_z]_{\text{асос.мет.}} \cdot \gamma_{\text{асос.мет.}} + [E_z]_{\text{эрит.коп.мет.}} \cdot \gamma_{\text{эрит.коп.мет.}}} \quad (16)$$

Ушбу (1)-(16) формулалар ёрдамида ишлаб чиқилган флюснинг ҳисоб китоби амалга оширилган (пайвандлаш сими диаметри 3 мм).

1-жадвал

Элементларнинг ўтиш коэффицентлари

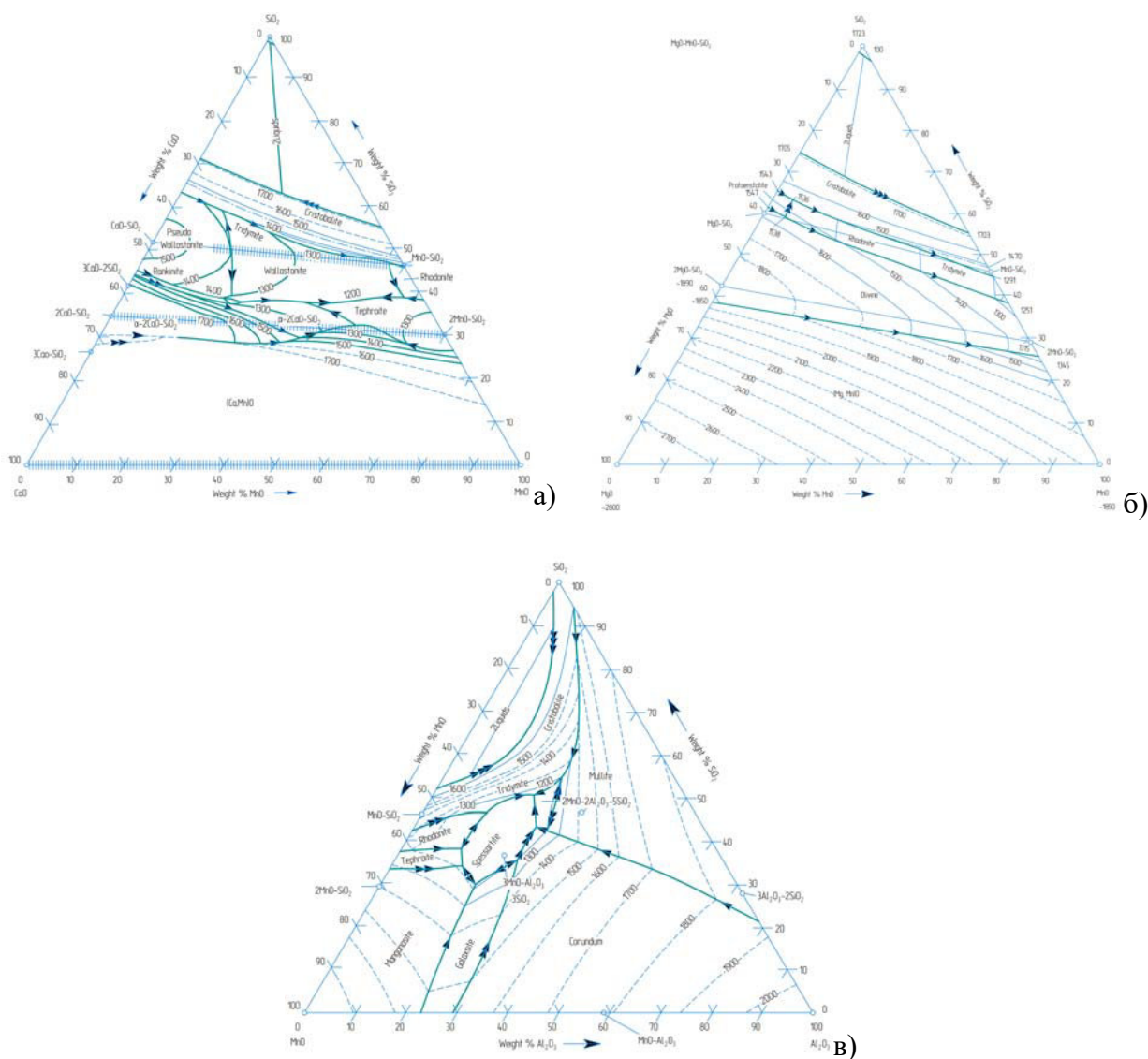
Кўрсаткичлар	$\eta_C^{\text{най.чок.}}$	$\eta_{Si}^{\text{най.чок.}}$	$\eta_{Mn}^{\text{най.чок.}}$	$\eta_S^{\text{най.чок.}}$	$\eta_P^{\text{най.чок.}}$
Ҳисобий	0,98	0,48	0,61	0,19	0,23
Экспериментал	0,96	0,47	0,64	0,20	0,22

Экспериментал ва ҳисобий кўрсаткичларнинг фарқи 5%ни ташкил этди. Бу билан пайванд чокнинг қуйма металига элементларнинг ўтиш

коэффициентларини баҳолашда эксперимент хатоликлари солиштирмаси етарлича қониқарли деб баҳоланди.

Диссертациянинг «Эритиб тайёрладиган флюсларни тайёрлаш технологиясини ишлаб чиқиш» деб номланган тўртинчи бобида эритиб тайёрладиган флюсларнинг шлак ҳосил қилувчи асосини ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар натижаси келтирилган. Шлакнинг $MnO-SiO_2$ иккита тизимлиси ўрганилганда, маълум бўлдики, ушбу тизим шлакининг эриш ҳарорати $1300^{\circ}C$ атрофида эканлиги аниқланди ва бу ҳарорат пўлатларни пайвандлашда пайвандлаш шлаklarига қўйиладиган талабларга жавоб бера олади ва SiO_2 миқдори 35-45% диапазонида бўлади.

Уч томонли шлак тизимлари (4-расм): $CaO- MnO-SiO_2$, $MgO- MnO-SiO_2$ ва $Al_2O_3- MnO-SiO_2$ таркибидегиларининг эриш ҳароратлари $1300^{\circ}C$ соҳада бўлади ва пўлатларни пайвандлашда пайвандлаш шлаklarига қўйиладиган талабларга жавоб беради.



4-расм. Уч томонли тизим ҳолат диаграммаси:
 а) $CaO- MnO-SiO_2$, б) $MgO- MnO-SiO_2$, в) $Al_2O_3- MnO-SiO_2$.

CaO- MnO-SiO₂ тизимда таркиблар соҳаси ~40% SiO₂, ~ 40% MnO ва ~20% CaO бўлади.

Флюсни эритиш махсус қурилмада бажарилди. Чунки қаттиқ ҳолатда шлакнинг ток ўтказувчанлиги бўлмайди, жараён бошланиши учун графит электрод билан тигель орасида ёй ёндирилади ва кукунсимон шихтани ёй ҳудудига узатилади. Тиглда сувоқ эритма ҳосил бўлгандан сўнг жараён шу эритма орқали бажарилади.

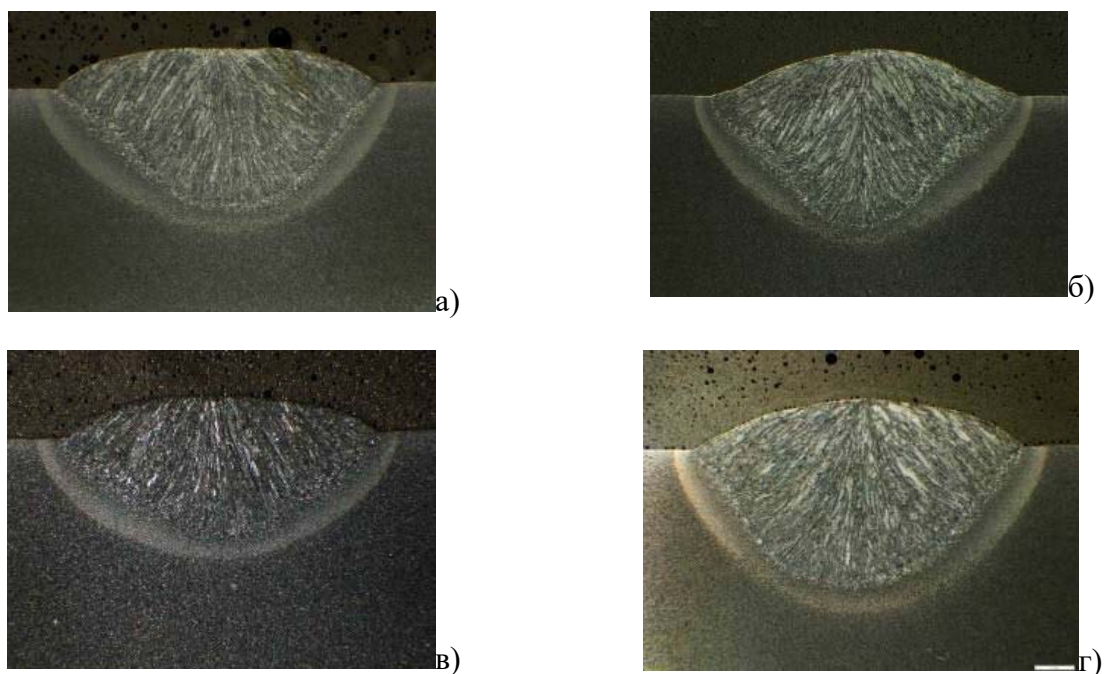
CaO-MnO-SiO₂ шлак тизимини тадқиқот қилиш шуни кўрсатдики, кремний монооксиддан (SiO) иборат шишасимон фазалар мавжуд бўлиб, улар модификацион қайта тузилишда иштирок этмайди. Ундан ташқари тизимда ромбоэдриқ шаклдаги флюорит (CaF₂) ва ёрқин қизил чизикли рангларда бўлган вюстит (FeO)лар мавжудлиги аниқланди.

Эритиб тайёрланадиган флюсларнинг тўртта русуми тадқиқот қилинди:
№1 – АН-348-А (АЖ “Узметкомбинат”),

№2 – мас. %: кварц қуми (Джейрой кони) - 23-27; доломит (Чуст кони) - 10-12; каолин (Ангрен кони) – 6-8; марганецли концентрат - 50-54; плавикли шпат - 4-6.

№3 – мас. %: кварц қуми (Джейрой кони) - 23-27; доломит (Дехқонобод кони) - 10-12; каолин (Ангрен кони) – 6-8; марганецли концентрат - 50-54; плавикли шпат - 4-6.

№4 – мас. %: кварц қуми (Майский кони) - 23-27; доломит (Шўрсув кони) - 10-12; каолин (Ангрен кони) – 6-8; марганецли концентрат - 50-54; плавикли шпат - 4-6.



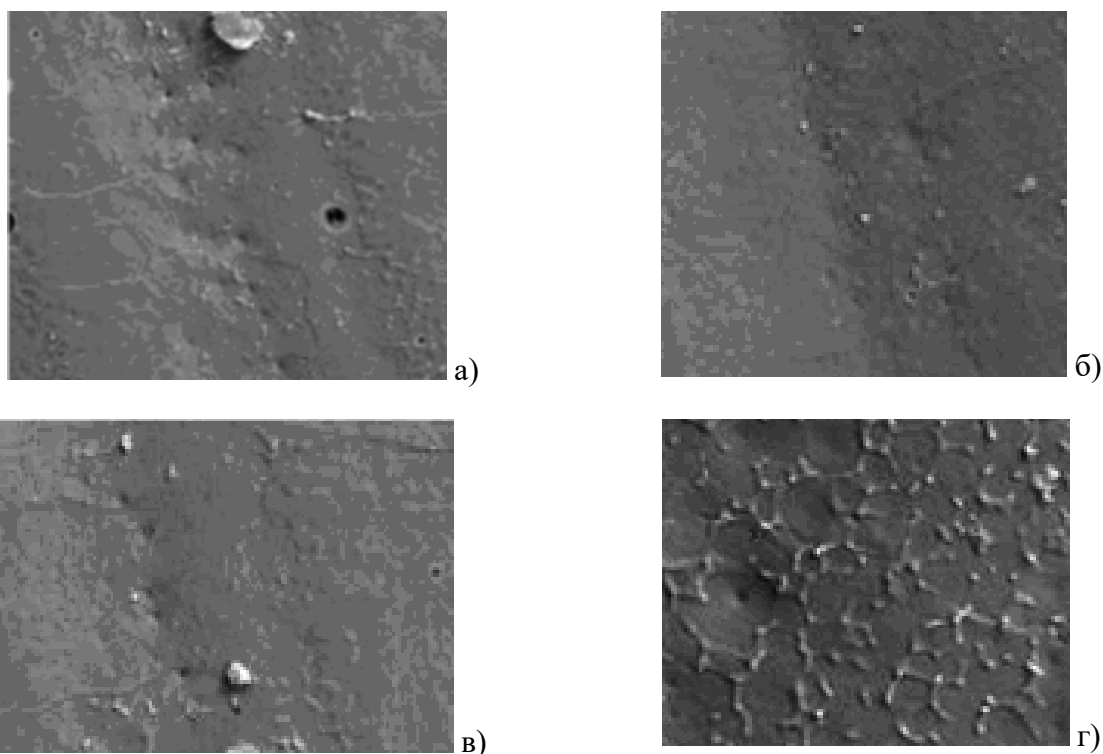
5-расм. №1-4 намуналардаги эритиб тайёрланадиган флюсларни қўллаб пайвандланган пайванд бирикмаларнинг макрошлифлари х5 карра катталаштирилган:

а) №1, б) №2, в) №3, г) №4.

Пайванд намуналарни тайёрлаш учун пўлат 20 ишлатилди. Пайвандлашдан олдин флюсларни 300-400 °С ҳарорат остида прокатка қилинди. Пайвандлаш режими: пайвандлаш токи кучи 600 А, кучланиш 28В, пайвандлаш тезлиги 0,54 м/дақ.

Тозлашдан сўнг пайванд чокнинг макроструктураси кўриниши бўйича чок кўриниши яққол устун структураси намоён бўлди, чок ўзагидан валик томон кристаллизацияланиш йўналиши кўринмоқда. Пайванд чок ғовакларсиз, кесикларсиз ва бошқа нуқсонлардан холи бўлган (5-расм).

№1 рақамли флюснинг пайвандлаш шлакида диаметри 10 мкм гача бўлган микроскопик газ ғовакчалари мавжуд (6-расм). №2-3 рақамли ишлаб чиқарилган флюсларнинг пайвандлаш шлакида диаметри 2 мкм гача бўлган микроскопик газ ғовакчалари ва кичик тўлқинчалар намоён бўлган. Чок юзаси текис, силлиқ ва пайванд чокнинг шлак қобиғи осон кўчмоқда. №4 рақамли ишлаб чиқилган флюснинг пайвандлаш шлакида юзасида майда пўстлоқчали ва ғадир-будурлик, ўлчамлари 2-3мкм гача бўлган газ ғовакчалари мавжуд, бу эса пайванд чокнинг шлак қобиғининг яхши ажралишидан далолат беради.



**6-расм. №1-4 рақамли флюслардан фойдаланиб пайвандланган пайванд чокларнинг шлак қобиғи, юзаси пайванд чок томонидан х500 карра катгалаштирилган ҳолат:
а) №1, б) №2, в) №3, г) №4.**

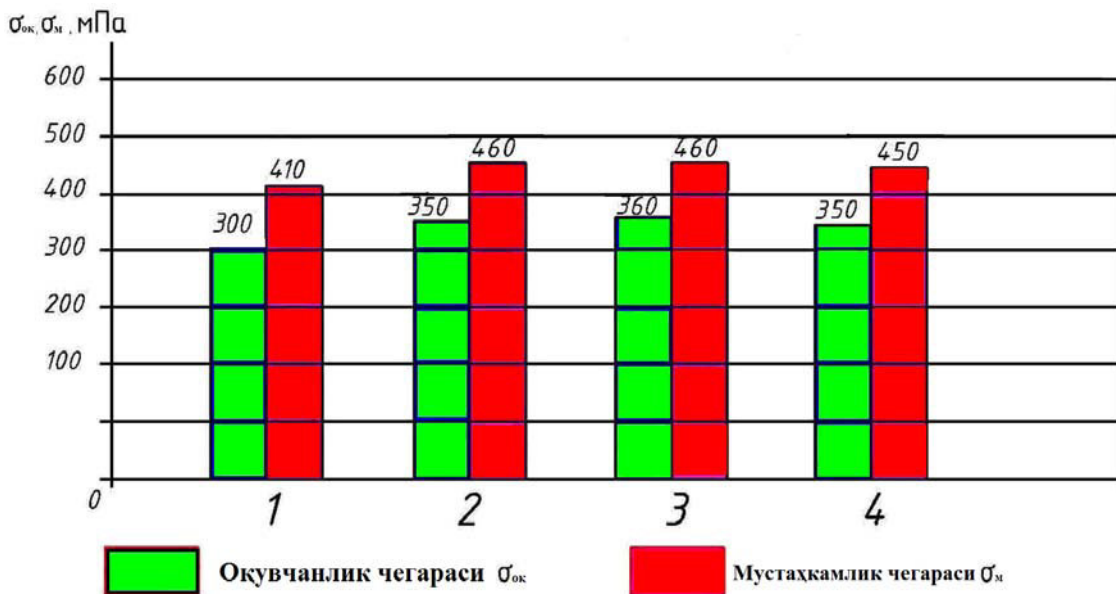
№2-4 рақамли флюслар билан бажарилган пайванд чокларда термик таъсир зонаси аналог бўлган АН-348-А флюсига нисбатан юқори қисмидан то эришнинг максимал чуқурлигигача кенгайиб бораётгани кузатилади, АН-348-А флюсида эса аксинча қисқариб борган. Бундан маълум бўлмоқдаки,

пайвандлаш жараёнида иссиқлик киритилиши чок чуқурлигига эмас, унинг юзасига тақсимланиши аниқланмоқда. Бунинг исботини пайванд чокнинг геометриясидан ҳам кузатишимиз мумкин, яъни пайвандлаш шартларига кўра пайванд чокларнинг кўринишида чок эни қисқа, чокнинг чуқурлиги эса катталиги намоён булади. Асосан бошқа бир хил шартлар берилганда флюснинг кимёвий таркиби жараёнга ва пайванд чокка фарқли таъсир ўтказиши мумкин. Пайванд чокнинг ижобий характеристикаларига эга бўлишга флюс таркибида кремний оксиди миқдорини ошириш билан эришиш мумкин. (2-жадвал).

2-жадвал.

№1-4 рақамли флюсларнинг термик таъсир зонасига таъсири

Соҳа	Термик таъсир зонаси ўлчамлар, мм			
	№1	№2	№3	№4
Чок ўзаги	0,598	1,302	1,231	1,168
ўнг	0,869	0,940	0,806	0,788
чап	0,861	1,003	0,761	0,806
Ўртача кўрсаткич	0,776	1,082	0,933	0,921



7-расм. №1-4 рақамли флюслар билан пайвандланган пайванд бирикмаларнинг оқувчанлик ва мустаҳкамлик чегараларининг гистограммаси:
а) №1, б) №2, в) №3, г) №4.

Ишлаб чиқилган маҳаллий руда - хомашё базаси (7-расм) асосида, шлак эришининг CaO-MnO-SiO₂ асосида танланган уч томонли диаграммаси ёрдамида танланган эритиб тайёрланадиган флюсларнинг шлак асосининг таркиби пайванд бирикмаларнинг мустаҳкамлик хусусиятларини 10-12%га оширди.

ХУЛОСА

«Углеродли ва легирланган пўлатларни механизациялашган пайвандлаш учун маҳаллий хомашёлар асосида эритиб тайёрланадиган флюсларни ишлаб чиқариш технологиясини ва таркибини такомиллаштириш» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Эритиб тайёрланган флюсларнинг таркибидаги оксидсизлантирувчилар миқдорини оптималлаштириш ҳисобига автоматик ёйли пайвандлашда чок қуйма металлининг шаклланиши жараёнининг математик модели ишлаб чиқилган. Олинган натижалар пайванд чокнинг қуйма металида кислород миқдорини 8-10%га камайтиришга имконини беради.

2. Маҳаллий минерал хом ашё базасида CaO-MnO-SiO_2 уч томонли эрувчанлик диаграммаси асосида танланган, эритиб тайёрланадиган флюснинг ишлаб чиқилган шлак асоси такомиллаштирилган. Олинган натижалар пайванд бирикмаларнинг мустаҳкамлик хусусиятларини 10-12%га ошириш имконини беради.

3. Автоматик ёйли пайвандлаш учун эритиб тайёрланадиган флюсни ишлаб чиқаришнинг такомиллаштирилган технологияси ишлаб чиқилган. Олинган натижалар пайванд чокнинг қуйма металида водород миқдорини 14-16%га камайтириш имконини беради.

4. Ўзбекистон Республикаси хомашё ресурсларини ўрганиш асосида эритиб тайёрланадиган флюсларни ишлаб чиқаришда қўлланиладиган (кварц қуми, марганец рудаси, доломит, каолин)ларнинг шлак композициялари таркиби ишлаб чиқилди. Олинган натижалар механизациялашган ёйли пайвандлашда ҳосил бўладиган шлакларнинг технологик хусусиятларининг яхшиланишига хизмат қилади.

5. Эритиб тайёрланадиган флюсларнинг компонентларини ферроқотишмалар, минерал хомашёлар ва сунъий олинадиган кимёвий моддаларга ажратадиган классификацион схема ишлаб чиқилди. Олинган натижалар импорт ўрнини босувчи механизациялашган ёйли пайвандлаш учун ишлатиладиган эритиб тайёрланадиган флюсларни ишлаб чиқиш учун хизмат қилади.

6. Металл ва шлак ваннасининг шаклланишини ва уларнинг таркибидаги компонентларнинг бир бирига ўтишини кўрсатадиган флюс остида механизациялашган ёйли пайвандлашнинг физик модели ишлаб чиқилди. Олинган натижалар пайванд чок қуйма металлининг кимёвий таркибини оптималлаштириш имконини беради.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ХУДОЁРОВ САРДОР САЪДУЛЛАЕВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВА ПЛАВЛЕННЫХ ФЛЮСОВ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО
СЫРЬЯ ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ УГЛЕРОДИСТЫХ И
ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ**

**05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство. Термическая
обработка и обработка металлов давлением. Металлургия чёрных, цветных и редких
металлов (по направлению литейное производство и обработка металлов)**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Ташкент- 2020

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2019.4.PhD/T1431.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на двух языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб-странице (www.tdtu.uz) и информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель: Дуняшин Николай Сергеевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Норхуджаев Файзулла Рамазанович
доктор технических наук, профессор

Худояров Сулейман Рашидович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: Андижанский машиностроительный институт

Защита диссертации состоится «5» декабря 2020 года в 11⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.03.04 при Ташкентском государственном техническом университете. (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел./ факс:(99871)227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрирована за № 176). (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.:(99871)227-10-32.)

Автореферат диссертации разослан «25» ноября 2020 года.
(реестр протокола рассылки № 115 от «25» ноября 2020 года).

К.А.Каримов

Председатель научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

Н.Д.Тураходжаев

Ученый секретарь научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

Ф.С.Абдуллаев

Председатель научного семинара при научном совете
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое значение имеет уровень развития механизированной дуговой сварки под слоем флюса на современном этапе характеризующийся объёмом производства, структурой свариваемых изделий и конкурентоспособностью на мировом рынке. В связи с этим повышение эксплуатационных характеристик литого металла сварных швов, надёжности и долговечности конструкций являются одними из актуальных задач. В этом плане в развитых странах, в том числе в США, Великобритании, Японии, Украине и России, уделяется особое внимание развитию технологии механизированной дуговой сварки под слоем флюса, имеющей главную роль в массовом и крупносерийном производстве сварных конструкций и изделий.

В мире проводятся научно-исследовательские работы по повышению качественных характеристик флюсов для механизированной дуговой сварки на основе модернизации их состава. В этом направлении, в том числе особое внимание заслуживает оптимизация состава плавящего флюса по качеству и количеству шлакообразующих компонентов. В том числе считается важным улучшение прочностных характеристик сварного соединения за счет состава шихты, определяющего химический состав металла сварного шва.

В Республике Узбекистан осуществляются меры в сфере оптимизации состава плавящих флюсов на основе методов прогнозирования физико-химических процессов, происходящих при механизированной дуговой сварке. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи, включая «...сокращение энергоёмкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий»¹. Выполнение данных задач, в частности, разработка сварочных плавящих флюсов, обеспечивающих повышение прочностных характеристик сварных соединений за счет определения химического состава сварного шва, является одной из важных задач.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», № ПП-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

¹ Указ Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7-февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

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

Степень изученности проблемы. В мировой практике проведены многочисленные исследования по изучению сварочно-технологических свойств материалов при механизированной дуговой сварке под слоем флюса: формирования поверхности шва, отделимости шлаковой корки и др. Ведущие ученые мира, в том числе ученые Великобритании J. Norish и J. Lipold изучили формирование капли при плавлении сварочной проволоки и плавленого флюса, а также взаимодействие образовавшихся металлической и шлаковой ванн и разработали флюсы для сварки углеродистых сталей. Учеными из Японии A. Makara, N. Mosendz исследованы протекающие процессы взаимодействия фаз при механизированной дуговой сварке под слоем флюса и предложены составы флюсов для сварки низкоуглеродистых сталей.

Учёными из стран СНГ Б.Е. Патоном, В.В. Подгаецким, И.И. Люборцем, Н.Н.Потаповым, И.К. Походней проведены исследования процесса перехода отдельных элементов при механизированной дуговой сварке под слоем флюса на основании сравнения исходного состава и состава металла шва, а также разработаны флюсы для автоматической дуговой сварки легированных сталей. Учеными Узбекистана М.А. Абраловым, Р.У. Абдурахмановым, Р.М. Саидовым разработаны составы шлаковых систем для флюсов, используемых при механизированной дуговой сварке.

Несмотря на достигнутые научные результаты в области разработки состава плавленых флюсов для механизированной дуговой сварки, остается много нерешенных проблем: не полностью разработаны методы расчета состава литого металла сварного шва при механизированной дуговой сварке, недостаточность данных для расчета и большое количество допущений не позволяет решать задачи по разработке составов плавленых флюсов. Для решения вышеприведенных проблем, необходимо провести исследования на основе определения коэффициентов перехода элементов по оптимизации состава компонентов шлаковой системы плавленых флюсов, позволяющие оценить результаты процесса сварки и выявить их взаимосвязь с технологическими характеристиками сварочных материалов.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета в рамках хозяйственного договора с Ташкентским трубным заводом № 8/2020 на тему: «Разработка состава и технологии производства плавленых флюсов для автоматической дуговой сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей» (2020 г.).

Цель исследования состоит в разработке шлаковой основы плавленых флюсов для механизированной дуговой сварки на базе минерального сырья Республики Узбекистан для улучшения литого металла сварного шва.

Задачи исследования:

выбор и обоснование объектов, материалов, оборудования и методик исследования;

проведение мониторинга доступности и пригодности минерального сырья Республики Узбекистан для создания шлаковой основы современных импортозамещающих сварочных плавящихся флюсов;

разработка классификационной схемы компонентов шихты плавящихся флюсов на основе используемой для их изготовления минерально-сырьевой базы;

оценка применимости шлаковой основы из минерального сырья Республики Узбекистан на примере создания плавящихся флюсов для автоматической дуговой сварки низкоуглеродистых низколегированных сталей;

разработка физической модели процессов взаимодействия по методикам прогнозирования состава фаз при механизированной дуговой сварке под слоем флюса;

разработка математической модели процессов взаимодействия фаз при механизированной дуговой сварке под слоем флюса.

Объектом исследования является минеральное сырье Республики Узбекистан, литой металл сварного соединения и сварной шов, сформированные в результате проведения автоматической дуговой сварки под слоем флюса.

Предметом исследования являются литая структура сварного соединения и сварной шов, полученные в результате проведения механизированной дуговой сварки под слоем флюса, шлаковая основа современных импортозамещающих сварочных плавящихся флюсов и технология их приготовления из местного сырья, обеспечивающие улучшения литой структуры и характеристик сварных швов.

Методы исследования. В процессе исследования применены современные аналитические и экспериментальные методы определения и моделирования физико-химических и технологических свойств шлаков, литой структуры сварных соединений.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

разработана математическая модель процесса формирования состава литого металла шва при автоматической дуговой сварке для оптимизации содержания раскислителей в плавящемся флюсе;

усовершенствован разработанный состав шлаковой основы плавящегося флюса на базе местного рудно-минерального сырья, выбранный на основе диаграммы плавкости тройной системы CaO-MnO-SiO₂;

разработана усовершенствованная технология производства плавящегося флюса для автоматической дуговой сварки;

разработаны на основе изучения химического состава кварцевого песка, доломита, каолина, как потенциальных компонентов сварочных материалов

составы плавящихся флюсов, применяющихся при механизированной дуговой сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей;

разработана классификационная схема компонентов шихты плавящихся флюсов для автоматической дуговой сварки.

Практические результаты исследования:

разработан состав шлаковой основы современных импортзамещающих сварочных плавящихся флюсов для механизированной дуговой сварки;

разработана технология приготовления плавящихся флюсов для механизированной дуговой сварки из местного сырья;

разработан состав шлакообразующих компонентов плавящихся флюсов, повышающий на 10-12% прочностные характеристики литой структуры сварного шва.

Достоверность результатов исследования. Достоверность полученных результатов подтверждается применением современных методов исследований и большим объемом экспериментального материала, обработанным с использованием методов математической статистики.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований заключается в разработке на основе классификационной схемы компонентов шихты флюса физической и математической модели процесса формирования литой структуры металла сварного шва при механизированной дуговой сварке под слоем флюса.

Практическая значимость исследований заключается в разработке шлаковой основы плавящихся флюсов из местного сырья, обеспечивающей улучшения литой структуры и характеристик сварных швов.

Внедрение результатов исследования. Полученные результаты исследований по разработке плавящихся флюсов из местного сырья с улучшенными характеристиками сварных швов внедрены:

предложенная математическая модель процесса формирования состава литого металла шва при автоматической дуговой сварке за счет оптимизации содержания раскислителей в плавящемся флюсе в СП ООО «Ташкентский трубный завод» (справка 01-195/01-01 от 16 июня 2020 года АО «Узмонтажспецстрой»). Вследствие этого снизилось содержание кислорода в сварном шве на 8-10%;

разработанный состав шлаковой основы плавящегося флюса на базе местного рудно-минерального сырья, выбранный на основе диаграммы плавкости тройной системы CaO-MnO-SiO_2 в СП ООО «Ташкентский трубный завод» (справка 01-195/01-01 от 16 июня 2020 года АО «Узмонтажспецстрой»). В результате повысились прочностные свойства сварных соединений на 10-12%;

усовершенствованная технология производства плавящегося флюса для автоматической дуговой сварки в СП ООО «Ташкентский трубный завод» (справка 01-195/01-01 от 16 июня 2020 года АО «Узмонтажспецстрой»). По

этой причине понизилось содержание водорода в литом металле сварного шва на 14-16%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования диссертации были обсуждены на 4 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 14 научных работ. Из них 3 статьи, в том числе 2 в республиканских и 1 в зарубежном журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD).

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, объект и предмет исследования, изложены научная новизна и практические результаты исследований, раскрыты научно-теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены данные о внедрении результатов исследования, апробации работы, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние проблемы разработки плавяных флюсов для механизированной дуговой сварки на базе местного сырья»** представлен анализ рынка сварочных материалов Республики Узбекистан, исследование взаимодействия металла с кислородом, водородом и азотом при дуговой сварке под слоем флюса, особенности состава газовой фазы при дуговой сварке под слоем флюса и ее взаимодействие с металлом, взаимодействие металла и шлаков при сварке, процессов раскисления и рафинирования металла при сварке, а также анализ минерально-сырьевой базы Республики Узбекистан для промышленного производства плавяных флюсов.

На основе изучения научно-технической и патентной литературы показано, что наиболее актуально и перспективно для улучшения литой структуры сварного шва использовать плавяные флюсы, шлаковую основу которых составляют кварцевый песок, марганцевая руда, доломит и каолин. Приведены данные, что на территории Республики Узбекистан существуют значительные запасы сырьевых ресурсов, которые могут служить основой для плавяных сварочных флюсов, некоторые в однокомпонентной форме (кварцевый песок).

В настоящее время в качестве источника оксида кремния широко используются кварцевые пески Джеройского и Майского месторождений. К наиболее перспективным месторождениям кварцевых песков относятся

Кулантайское (Навоийская область), Яккабагское (Кашкадаринская область)
Содержание оксида кремния 87,2 - 98,7 %.

Месторождения доломита в Республике Узбекистан имеются в Ферганской (месторождение Шурсув), Наманганской (месторождение Чуст) и Кашкадарьинской (месторождение Дехканабад) областях. Элементный и оксидный состава доломита показал, что основным компонентом являются карбонаты кальция и магния.

Анализ химического состава вторичных каолинов Ангренского месторождения Ташкентской области показал наличие в качестве основных компонентов оксиды кремния (50-75%) и алюминия (17-34%)

Узбекистан располагает собственными марганцевыми рудами Дауташского месторождения Кашкадарьинской области. Основные минералы марганца в руде Дауташского месторождения представлены пиролюзитом (MnO_2), вернадитом ($MnO_2 \cdot nH_2O$), манганитом ($MnOOH$), браунитом (Mn_2O_3), гаусманнитом (Mn_3O_4) и марганцевым шпатом ($MnCO_3$, родохрозитом).

Во второй главе диссертации **«Объекты и методика исследования литой структуры металла сварного шва и сварочно-технологических свойств плавящихся флюсов»** приводятся отобранные для исследования объекты и их характеристики, обосновываются методы и средства для проведения исследований.

В качестве объектов исследования выбраны минеральное сырье (кварцевый песок, марганцевая руда, доломит и каолин) Республики Узбекистан, которое подвергается дроблению и прокатке. Другим объектом исследования являются литой металл сварного соединения и сварной шов, полученные в результате проведения дуговой сварки под слоем плавящегося флюса на основе минерального сырья Республики Узбекистан и компонентных добавок.

В диссертационной работе использованы современные аналитические и экспериментальные методы определения физико-химических и технологических свойств шлаков. Приведен комплекс оборудования и методик исследования сварочно-технологических свойств сварочных материалов по определению физико-механических свойств литой структуры сварных соединений, позволяющий произвести анализ с высокой достоверностью.

В третьей главе диссертации **«Исследование формирования литого металла шва при дуговой сварке под слоем флюса»** приведены результаты по разработке классификационной схемы компонентов шихты плавящихся флюсов; созданию физической и математической модели процесса формирования литой структуры металла шва при дуговой сварке под слоем флюса на основе разработанной классификационной схемы.

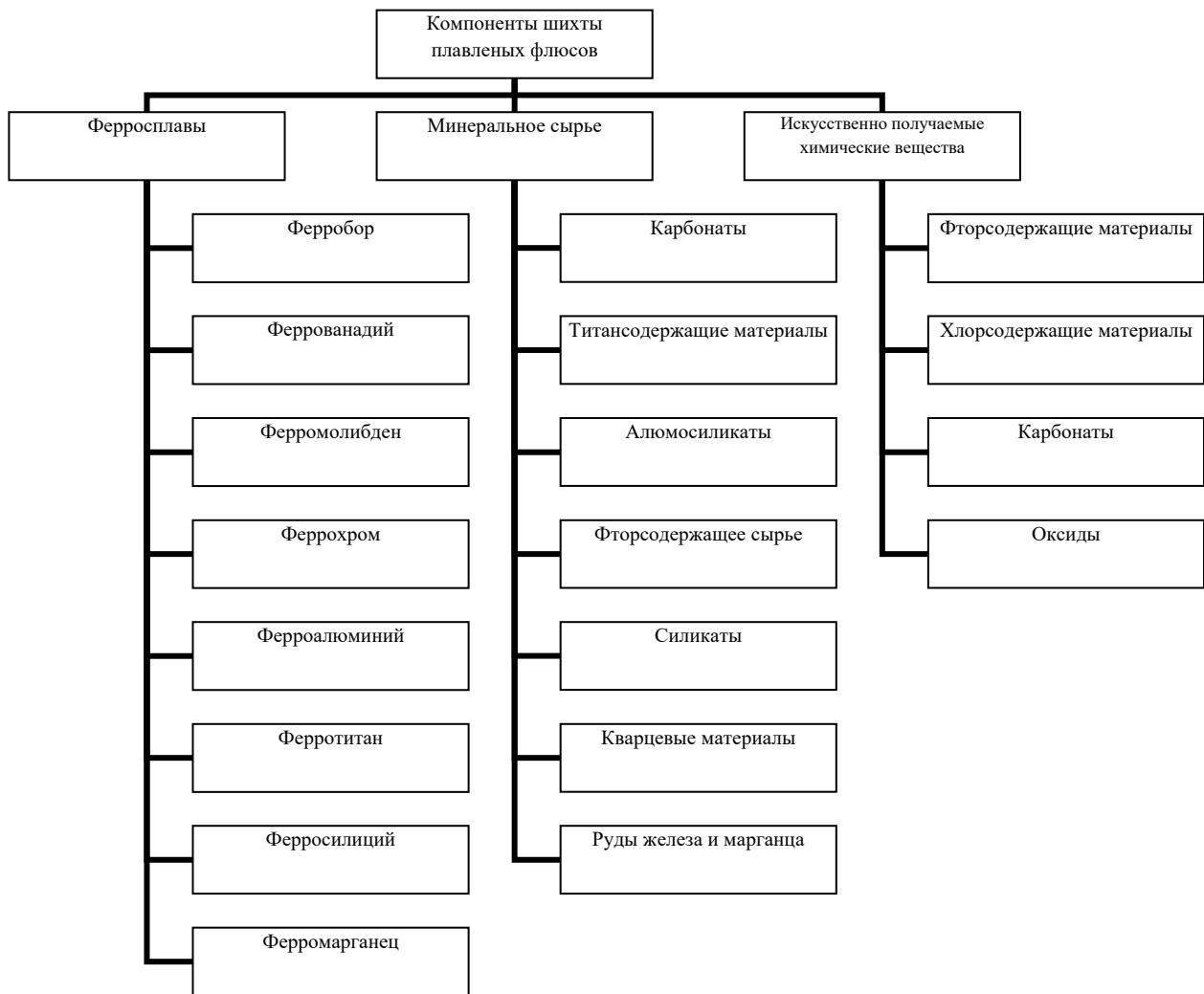


Рис. 1. Классификация компонентов шихты плавяных флюсов

Физическая модель формирования химического состава металла шва (рис.2) необходима для описания процессов, протекающих в зоне автоматической дуговой сварки под слоем флюса. При механизированных дуговых способах сварки под флюсом защита сварочной ванны и ее металлургическая обработка осуществляется сварочными флюсами. Флюсы расплавляясь, создают газовый и шлаковый купол над зоной сварочной дуги, а после химико-металлургического воздействия в дуговом пространстве и сварочной ванне образуют на поверхности шва шлаковую корку, в которую выводятся окислы, сера, фосфор и газы. Расплавленная капля металла (рис.3) формируется за счет металла сварочной проволоки и компонентов плавяных флюсов группа №1. «Ферросплавы». Капля шлака формируется за счет компонентов флюса групп №2. «Минеральное сырье» и №3. «Искусственно получаемые химические вещества».

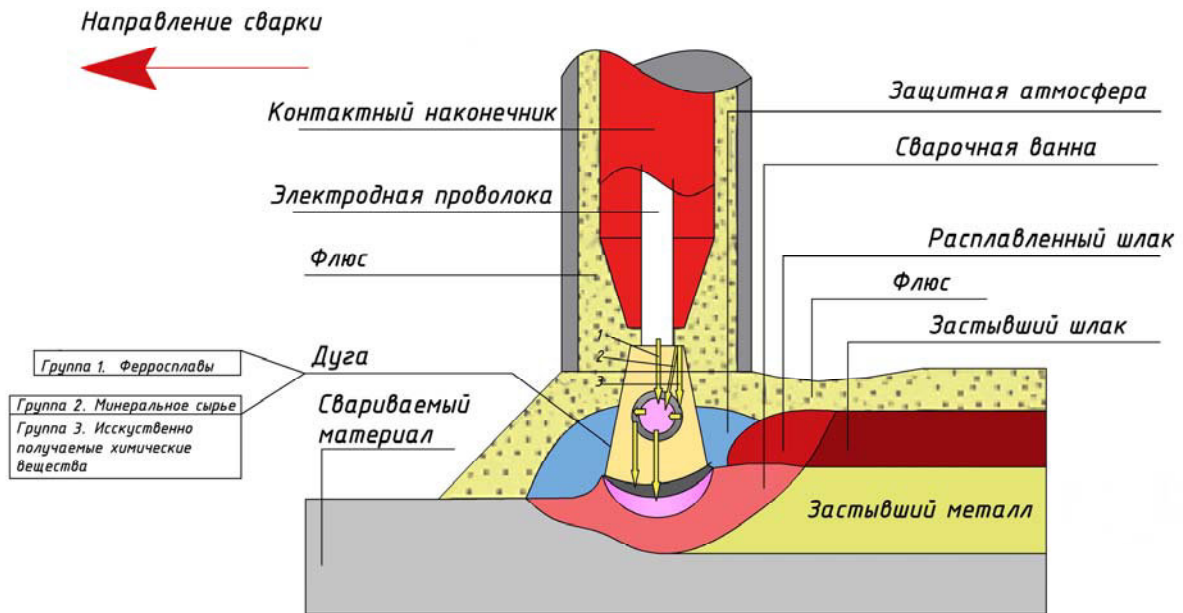


Рис. 2. Физическая модель процесса формирования литой структуры металла шва при дуговой сварке под слоем флюса.

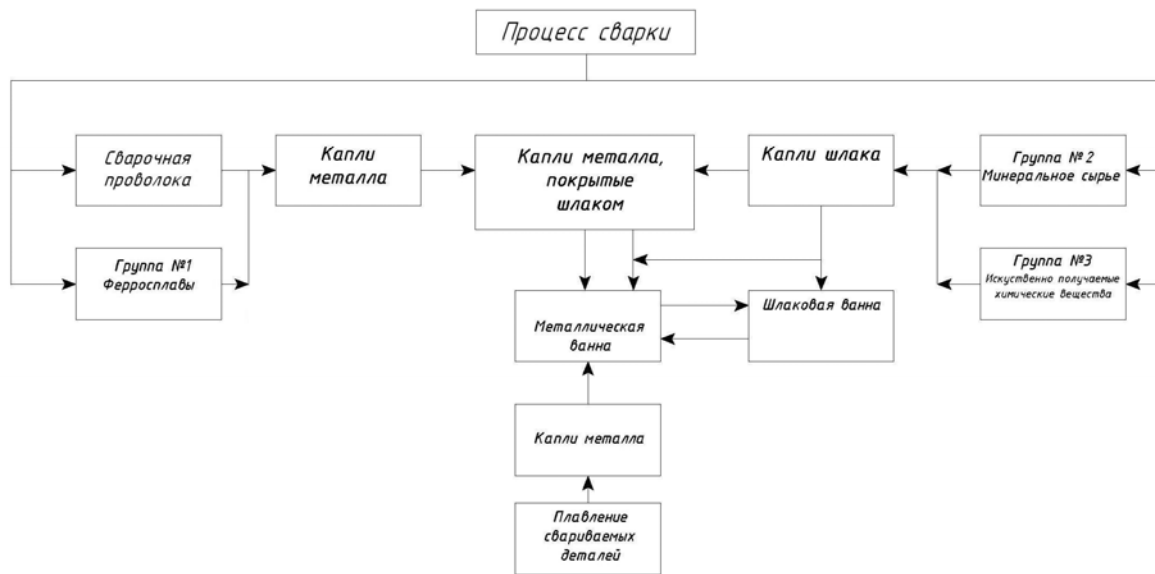


Рис. 3. Блок схема процесса формирования литой структуры металла шва при автоматической дуговой сварке под слоем флюса.

Расчет формирования химического состава литого металла сварного шва при механизированной дуговой сварке под слоем флюса осуществляется в следующей последовательности, при этом определяются:

1. Усредненный коэффициент перехода $\bar{\eta}_{E_z}$, понимаемый как доля массы элемента E_z , остающаяся в наплавленном металле (металле шва):

$$\bar{\eta}_{E_z} = \frac{m_{E_z}^{\text{напл}}}{m_{E_z}^{\text{смеси}}}, \quad (1)$$

где $m_{E_z}^{напл}$ - масса элемента E_z в данном объеме металла после взаимодействия, кг;

$m_{E_z}^{смеш}$ - масса элемента E_z в металле без учета химических реакций, кг.

2. Общий усредненный коэффициент перехода элемента E_z :

$$\bar{\eta}_{E_z} = a\eta_{E_z}^{св.нр.} + b\eta_{E_z}^{фер} + c\eta_{E_z}^{шл.мин.} + d\eta_{E_z}^{шл.иск.вещ} \quad (2)$$

$$a + b + c + d = 1 \quad (3)$$

где а, b, с, d - доли участия сварочной проволоки, ферросплавов, металла, восстановленного из шлака минерального сырья и искусственно получаемых химических веществ, входящих в состав сварочного флюса, в формировании наплавленного металла:

$$\eta_{E_z}^{св.нр.} = 1 - k_1^{E_z}, \quad (4)$$

$$\eta_{E_z}^{фер} = 1 - k_2^{E_z}, \quad (5)$$

$$\eta_{E_z}^{шл.мин.} = k_3^{E_z}, \quad (6)$$

$$\eta_{E_z}^{шл.иск.вещ} = k_4^{E_z}, \quad (7)$$

где $\eta_{E_z}^{св.нр.}$, $\eta_{E_z}^{фер}$, $\eta_{E_z}^{шл.мин.}$ и $\eta_{E_z}^{шл.иск.вещ}$ - парциальные коэффициенты перехода элемента E_z в наплавленный металл из сварочной проволоки, ферросплавов, шлака, получаемого из минерального сырья и искусственно получаемых химических веществ, входящих в состав сварочного флюса, соответственно.

$k_1^{E_z}$ - доля массы компонента E_z металла сварочной проволоки, окисленной газом и шлаком;

$k_2^{E_z}$ - доля массы компонента E_z металлической части сварочного флюса (группа 1. Ферросплавы), окисленной газом и шлаком;

$k_3^{E_z}$ - доля массы оксида компонента E_z неметаллической части сварочного флюса (группа 2. Минеральное сырье), переходящей в металл в результате реакций восстановления на стадии капли;

$k_4^{E_z}$ - доля массы оксида компонента E_z неметаллической части сварочного флюса (группа 3. Искусственно получаемые химические вещества), переходящей в металл в результате реакций восстановления на стадии капли.

3. Масса элемента в наплавленном металле

$$m_{E_z}^{напл} = m_{E_z}^{св.нр.} \cdot \frac{E_z^{св.нр.}}{100} + \sum_{k=1}^l m_k^{фер} \cdot \frac{E_z^{фер}}{100} + \sum_{k=1}^p m_k^{шл.мин.} \cdot \frac{E_z^{шл.мин.}}{100} + \sum_{k=1}^s m_k^{шл.иск.вещ.} \cdot \frac{E_z^{шл.иск.вещ.}}{100} = m_{E_z}^{св.нр.} + m_{E_z}^{фер} + m_{E_z}^{шл.мин.} + m_{E_z}^{шл.иск.вещ.}, \quad (8)$$

где $m_{E_z}^{св.нр.}$, $m_{E_z}^{фер}$, $m_{E_z}^{шл.}$ - массы элемента E_z в сварочной проволоке, ферросплавах и восстановленного из неметаллических компонентов, вводимых в состав сварочного флюса, соответственно.

4. Усредненный коэффициент перехода элемента E_z ,

$$\bar{\eta}_{E_z} = \frac{[E_z]_{н.м.}}{a[E_z]_{св.нр.} + b[E_z]_{фер.} + c[E_z]_{шл.мин.} + d[E_z]_{шл.иск.вещ.}} \quad (9)$$

где $[E_z]_{н.м.}$ - концентрация элемента E_z в наплавленном металле по результатам химического анализа, мас.%;

$[E_z]_{стер}$ - исходная концентрация элемента E_z в сварочной проволоке, мас.%;

$[E_z]_{фер}$ - исходная концентрация элемента E_z ферросплава, вводимого в состав сварочного флюса, мас.%;

$[E_z]_{шл.мин}$ - концентрации элемента E_z при полном восстановлении оксида элемента $E_{zn}O_m$ из минеральных веществ шлака, мас.%;

$[E_z]_{иск.вещ.}$ - исходная концентрация элемента E_z в химически чистых веществах, вводимых в состав сварочного флюса, мас.%;

5. Масса компонента в сварочной ванне:

$$m_{E_z} = \frac{m_{св.ванны} \cdot [E_z]_{распл}}{100}, \quad (10)$$

где $m_{св.ванны}$ - масса сварочной ванны, кг; $[E_z]_{распл}$ - концентрация компонента E_z в сварочной ванне, мас.%;

6. Коэффициент потерь металла при автоматической дуговой сварке под слоем флюса:

$$k_{пот}^{Me} = \frac{m_{св.пр.} + m_{фер} + m_{ме}^{шл.мин} + m_{ме}^{шл.иск.вещ} - m_{напл.ме}}{m_{стер} + m_{фер} + m_{ме}^{шл.мин} + m_{ме}^{шл.иск.вещ}}, \quad (11)$$

где $m_{ме}^{шл.мин}$ - масса металла, восстановленного из шлака и перешедшего в сварочную ванну, кг.

7. Коэффициент потерь шлака при автоматической дуговой сварке под слоем флюса:

$$k_{пот}^{шл} = \frac{m_{шл} - m_{шл}^{экс}}{m_{шл}}, \quad (12)$$

где $m_{шл}$ - масса шлака, образовавшегося при плавлении, полученная расчетным путем, кг;

$m_{шл}^{экс}$ - масса шлака, образовавшегося при плавлении, полученная из эксперимента, кг.

$$m_{шл} = m_{флюс} - m_{фер} - m_{газ} + m_{окс}, \quad (13)$$

где $m_{флюс}$ - масса флюса, кг;

$m_{фер}$ - масса ферросплавов в составе сварочного флюса, кг;

$m_{газ}$ - масса газообразных продуктов, образовавшихся при диссоциации и испарении компонентов флюса, кг;

$m_{окс}$ - масса оксидов, образовавшихся при окислении компонентов сварочной проволоки и ферросплавов в составе сварочного флюса, кг.

8. Формирование состава металла шва:

$$[E_z]_{св.шов} = [E_z]_{осн.ме} \cdot \gamma_{осн.ме} \cdot \eta_{E_z}^{осн.ме} + [E_z]_{нап.ме} \cdot \gamma_{нап.ме}, \quad (14)$$

где $[E_z]_{св.швов}$ - концентрации элемента E_z в металле шва при однослойной наплавке по результатам химического анализа, мас.%; $[E_z]_{осн.ме}$ - концентрации элемента E_z в основном металле по результатам химического анализа, мас.%; $[E_z]_{нап.ме}$ - концентрации элемента E_z в наплавленном металле по результатам химического анализа, мас.%; $\gamma_{осн.ме}$ - доля участия основного металла в металле шва; $\gamma_{нап.ме}$ - доля участия наплавленного металла в металле шва; $\eta_{E_z}^{осн.ме}$ - парциальный коэффициент перехода элемента E_z из основного металла в металл шва.

9. Парциальный коэффициент перехода элемента E_z из основного металла в металл шва:

$$\eta_{E_z}^{осн.ме} = \frac{[E_z]_{св.швов} - [E_z]_{нап.ме} \cdot \gamma_{нап.ме}}{[E_z]_{осн.ме} \cdot \gamma_{осн.ме}} \quad (15)$$

10. Усредненный коэффициент перехода элемента E_z в металл шва при автоматической дуговой сварке под слоем флюса:

$$\eta_{E_z}^{св.швов} = \frac{[E_z]_{св.швов}}{[E_z]_{осн.ме} \cdot \gamma_{осн.ме} + [E_z]_{нап.ме} \cdot \gamma_{нап.ме}} \quad (16)$$

По формулам (1)-(16) проведен расчет для разработанного флюса (диаметр сварочной проволоки 3 мм).

Таблица 1

Коэффициенты перехода элементов

Данные	$\eta_C^{св.швов}$	$\eta_{Si}^{св.швов}$	$\eta_{Mn}^{св.швов}$	$\eta_S^{св.швов}$	$\eta_P^{св.швов}$
Расчетные	0,98	0,48	0,61	0,19	0,23
Экспериментальные	0,96	0,47	0,64	0,20	0,22

Расхождение между экспериментальными и расчетными данными составляет менее 5 %, что показывает их достаточное согласие при оценке коэффициентов перехода элементов в литой металл сварного шва и сопоставимо с ошибкой эксперимента.

В четвертой главе диссертации «Разработка технологии приготовления плавящихся флюсов» приведены результаты исследования по разработке шлакообразующей основы плавящихся флюсов. При изучении двойных систем шлака MnO-SiO₂ установлено, что температура плавления шлака рассмотренной двойной системы составляет около 1300° С и удовлетворяет требованиям к сварочным шлакам при сварке сталей, при содержании SiO₂ в диапазоне 35-45%.

Тройные шлаковые системы (рис. 4): CaO- MnO-SiO₂, MgO- MnO-SiO₂ и Al₂O₃- MnO-SiO₂ имеют области составов с температурой около 1300° С, удовлетворяющей требованиям к сварочным шлакам при сварке сталей.

В системе CaO- MnO-SiO₂ эта область находится при составах ~40% SiO₂, ~ 40% MnO и ~20% CaO.

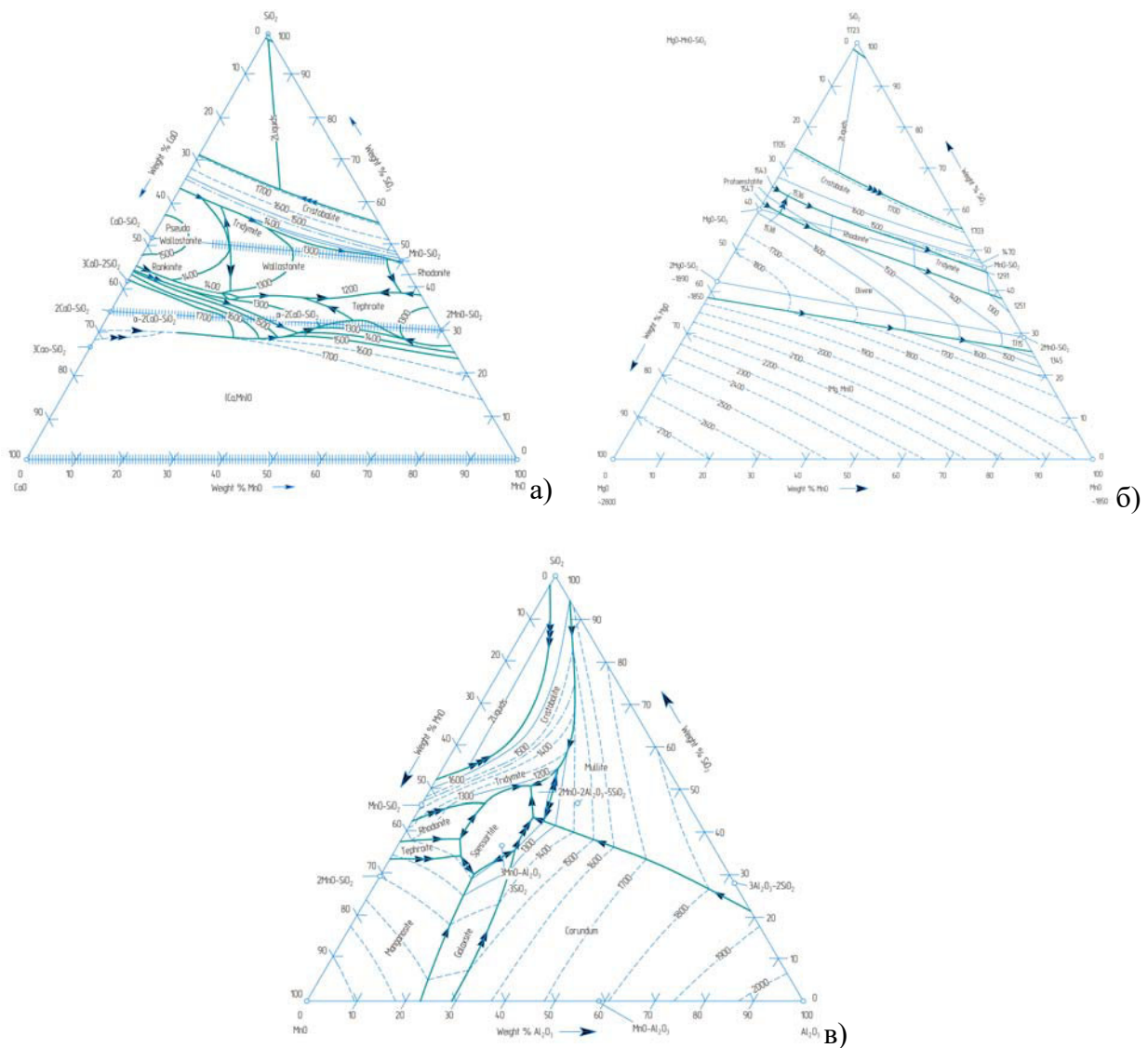


Рис. 4. Диаграммы состояния тройных систем:
 а) CaO- MnO-SiO₂, б) MgO- MnO-SiO₂, в) Al₂O₃- MnO-SiO₂.

Плавку флюса проводили на специальной установке. Так как в твердом состоянии шлак не электропроводен, то для начала процесса зажигают дугу между графитовым электродом и тиглем и подают порошкообразную шихту в зону дуги. После образования жидкого расплава в тигле процесс идет через этот расплав.

Исследование строения шлаков системы CaO-MnO-SiO₂ показало наличие стекловидной фазы, содержащей моноокись кремния (SiO), которая не принимает участие в модификационной перестройке, и двуокись кремния (SiO₂), включений флюорита (CaF₂) ромбоэдрической формы, а также ярко-красные в виде строчек включения вюститита (FeO).

Исследовались четыре марки плавленного флюса:
 №1 – АН-348-А (АО “Узметкомбинат”),

№2 – мас. %: кварцевый песок (Джейройское месторождение) - 23-27; доломит (Чустское месторождение) - 10-12; каолин (Ангренское месторождение) – 6-8; марганцевый концентрат - 50-54; плавиковый шпат - 4-6.

№3 – мас. %: кварцевый песок (Джейройское месторождение) - 23-27; доломит (Дехканабадское месторождение) - 10-12; каолин (Ангренское месторождение) – 6-8; марганцевый концентрат - 50-54; плавиковый шпат - 4-6.

№4 – мас. %: кварцевый песок (Майское месторождение) - 23-27; доломит (Шурсувское месторождение) - 10-12; каолин (Ангренское месторождение) – 6-8; марганцевый концентрат - 50-54; плавиковый шпат - 4-6.

Для изготовления сварных образцов использовали сталь 20. Перед сваркой флюсы прокаливали при температуре 300-400°C. Режим сварки: сила сварочного тока 600 А, напряжние 28В, скорость сварки 0,54 м/мин.

По макроструктуре металла сварного шва после травления видно, что шов имеет ярко выраженную направленную столбчатую структуру, указывающую на направление кристаллизации от корня шва к валику. Сварной шов без подрезов, пор и других дефектов (рис. 5).

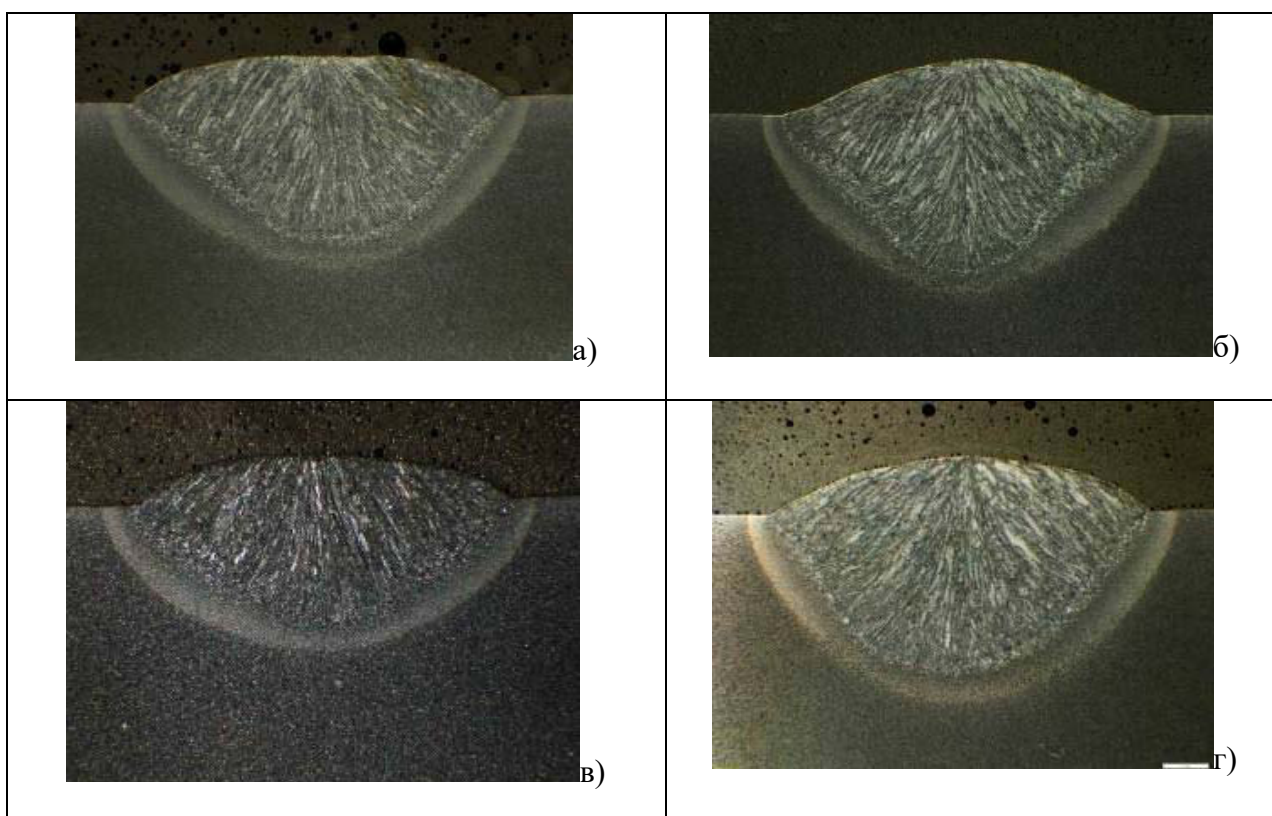


Рис. 5. Макрошлифы сварных соединений при увеличении x5, выполненных с использованием плавленных флюсов №1-4:

а) №1, б) №2, в) №3, г) №4.

Сварочный шлак флюса №1 имеет микроскопические газовые поры диаметром до 10 мкм (рис. 6). Сварочный шлак разработанного флюса №2-

3 имеет небольшую волнистость и возможные микроскопические газовые поры диаметром до 2 мкм, поверхность гладкая и шлаковая корка хорошо отделяется с поверхности сварного шва. Сварочный шлак разработанного флюса №4 имеет мелкую чешуйчатость и шероховатость поверхности, мелкие газовые поры размером до 2-3 мкм говорят об хорошей отделимости шлака с поверхности сварного шва.

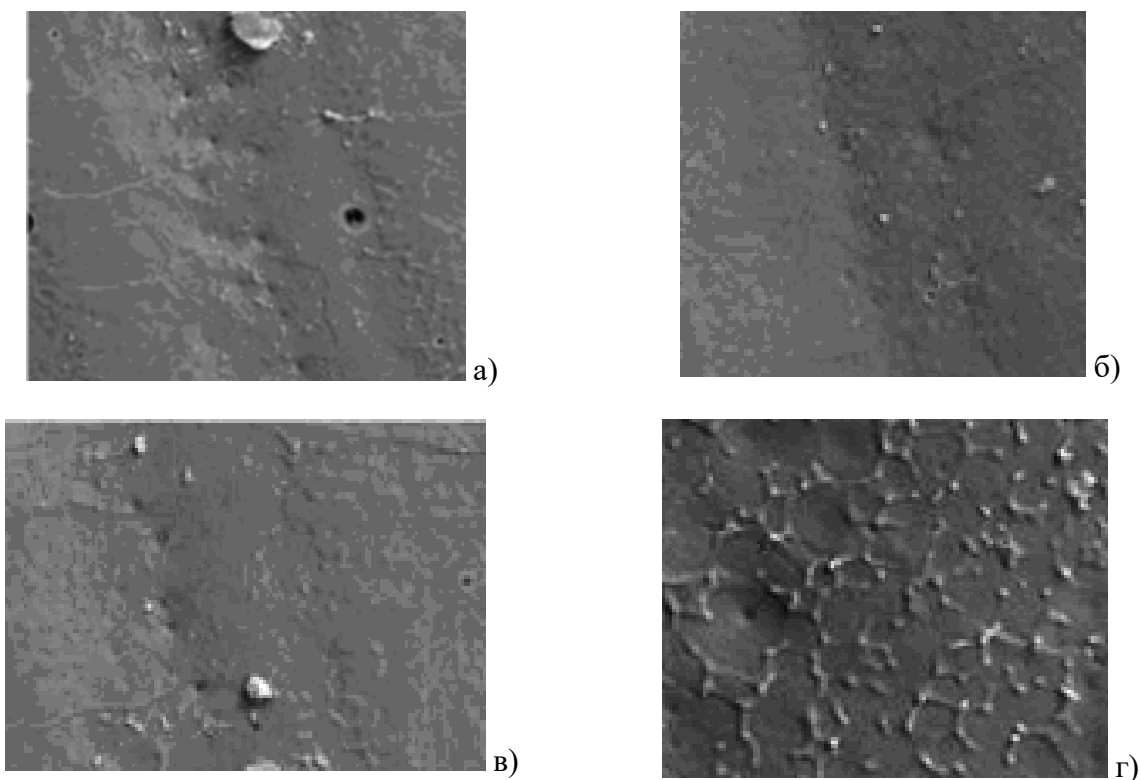


Рис. 6. Поверхность шлаковой корки при увеличении x500 со стороны сварного шва, выполненного с использованием флюсов №1-4:

а) №1, б) №2, в) №3, г) №4.

В сварных швах, полученных в результате наплавки под флюсами №2-4, наблюдается увеличение ЗТВ от верхней части до максимальной глубины проплавления, в отличие от аналога АН-348-А, где ЗТВ наоборот уменьшается. Это обусловлено тем, что тепловложения в процессе сварки сосредоточены не в глубину шва, а на поверхности, это можно подтвердить и геометрией сварных швов, имеющих в соответствии с условиями сварки меньшую ширину шва и большую глубину проплавления. В основном, при прочих равных условиях влияние оказывает химический состав флюсов, где такие благоприятные характеристики достигаются за счет высокого содержания оксида кремния (табл 2.).

Влияние флюсов №1-4 на размер зоны термического влияния

Область	Размер зоны термического влияния, мм			
	№1	№2	№3	№4
Корень шва	0,598	1,302	1,231	1,168
Правая	0,869	0,940	0,806	0,788
Левая	0,861	1,003	0,761	0,806
Среднее значение	0,776	1,082	0,933	0,921

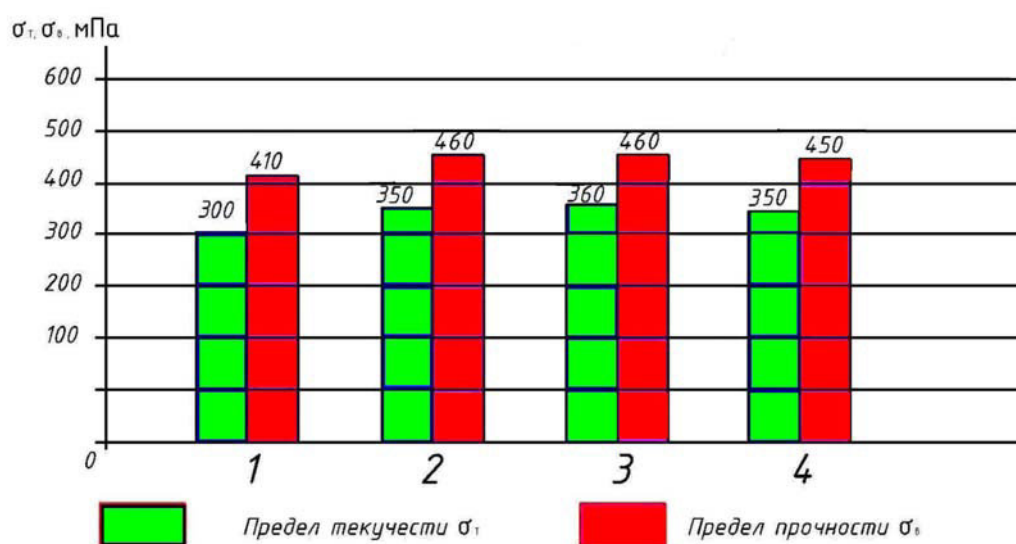


Рис. 7. Гистограмма значений предела текучести и предела прочности сварных швов, выполненных с использованием флюсов №1-4:
а) №1, б) №2, в) №3, г) №4.

Разработанный состав шлаковой основы плавящего флюса на базе местного рудно-минерального сырья (рис. 7), выбранный на основе диаграммы плавкости тройной системы CaO-MnO-SiO₂, повышает прочностные свойства сварных соединений на 10-12%

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по диссертационной работе доктора философии (PhD) на тему «Совершенствование состава и технологии производства плавящих флюсов на основе местного сырья для механизированной сварки углеродистых и легированных сталей» сформулированы следующие выводы:

1. Предложена математическая модель процесса формирования состава литого металла шва при автоматической дуговой сварке за счет оптимизации содержания раскислителей в плавящем флюсе. Полученные результаты позволяют понизить содержание кислорода в сварном шве на 8-10%.

2. Разработан состав шлаковой основы плавящего флюса на базе местного рудно-минерального сырья, выбранный на основе диаграммы

плавкости тройной системы CaO-MnO-SiO_2 . Полученные результаты позволяют повысить прочностные свойства сварных соединений на 10-12%.

3. Усовершенствована технология производства плавящего флюса для механизированной дуговой сварки. Полученные результаты способствовали снижению содержания водорода в литом металле сварного шва на 14-16%.

4. Разработан состав шлаковой композиции плавящих флюсов на основе изучения сырьевых ресурсов Республики Узбекистан, используемых при их производстве (кварцевый песок, марганцевая руда, доломит, каолин). Полученные результаты служат улучшению технологических свойств шлаков, образующихся при механизированной дуговой сварке.

5. Разработана классификационная схема компонентов плавящих флюсов, подразделяющая сырьевую базу, применяемую для их изготовления, на: ферросплавы, минеральное сырье и искусственно получаемые химические вещества. Полученные результаты служат при разработке импортозамещающих плавящих флюсов для механизированной дуговой сварки.

6. Разработана физическая модель механизированной дуговой сварки под слоем флюса, показывающая формирование металлической и шлаковой ванн, взаимодействие и перенос компонентов в них. Полученные результаты позволяют оптимизировать химический состав литого металла сварного шва.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.03.04 ON THE ADMISSION
OF SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

KHUDOYOROV SARDOR SADULLAYEVICH

**IMPROVEMENT OF THE COMPOSITION AND PRODUCTION
TECHNOLOGY OF FUSED FLUXES BASED ON LOCAL RAW
MATERIALS FOR MECHANIZED WELDING OF CARBON AND ALLOY
STEELS**

05.02.01 - Materials Science in Mechanical Engineering. Foundry. Heat treatment and treatment of metals by pressure. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals (foundry production and heat treatment metals science)

ABSTRACT
of thesis of Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences

Tashkent - 2020

The theme of the Ph.D. in technical sciences is registered in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan for B2019.4.PhD/T1431.

The thesis was performed at the Tashkent State Technical University.

The abstract of the thesis in two languages (Uzbek, Russian and English (summary)) is available on the website (www.tdtu.uz) and the information and educational portal "Ziyonet" (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor:	Dunyashin Nikolay Sergeevich doctor of technical science, professor
Official opponents:	Norxudjaev Fayzulla Ramazonovich doctor of technical sciences, professor Xudoyorov Suleyman Rashidovich candidate of technical science, associate professor
Lead organization:	Andijan machine building institute

Defense of the thesis will be held "5" december 2020 at 11⁰⁰ hours at a meeting of the Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.03.04 at the Tashkent State Technical University. (Address: 100095, Tashkent, Universitet str., 2. Tel./fax: (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz)

The thesis is available at the Information and Resource Center of the Tashkent State Technical University (registered under No. 176). (Address: 100095, Tashkent, Universitet St., 2. Phone: (99871) 227-10-32.)

The thesis abstract was sent out «25» november 2020 year.
(register of the distribution protocol № 115 from «25» november 2020 year).

K.A.Karimov

Chairman of the Scientific Council for Awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

N.D.Turakhodjaev

The Scientific Secretary of the Scientific Council for scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

F.S.Abdullaev

Chairman of the Scientific Seminar of the Scientific Council on awarding academic degrees, doctor of Technical Sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to develop a slag base of fused fluxes for mechanized arc welding based on mineral raw materials of the Republic of Uzbekistan to improve the cast metal of the weld.

The object of the research is the mineral raw materials of the Republic of Uzbekistan, the cast metal of the welded joint and the weld seam, formed as a result of automatic arc welding under a layer of flux.

Scientific novelty of the research work is as follows:

based on the study of the chemical composition of quartz sand, dolomite, kaolin, as potential components of welding materials, fused fluxes have been developed, which are used in mechanized arc welding of low-carbon and low-alloy steels;

a classification scheme for the components of the charge of fused fluxes for automatic arc welding has been developed;

physical and mathematical models of the process of forming a cast weld metal structure during automatic arc welding under a flux layer on the basis of the classification scheme of the components of the charge of fused fluxes have been created;

using diagrams of phase equilibria of non-metallic systems (oxides of Ca, Mg, Mn, Al, Si), variants of compositions of a charge of fused fluxes for automatic arc welding based on local mineral raw materials have been developed.

The outline of the thesis. The results of research on the development of fused fluxes from local raw materials with improved characteristics of welded seams are introduced:

the proposed mathematical model of the process of forming the composition of the cast weld metal during automatic arc welding due to the optimization of the content of deoxidizers in the fused flux in the JV LLC "Tashkent Pipe Plant" (reference 01-195/01-01 of June 16, 2020, JSC "Uzmontazhspetsstroy"). As a result, the oxygen content in the weld has decreased by 8-10%;

the developed composition of the slag base of the fused flux based on local ore and mineral raw materials, selected on the basis of the melting diagram of the CaO-MnO-SiO₂ ternary system in the JV LLC "Tashkent Pipe Plant" (reference 01-195 / 01-01 of June 16, 2020, JSC "Uzmontazhspetsstroy"). As a result, the strength properties of welded joints increased by 10-12%.

improved technology for the production of fused flux for automatic arc welding in JV LLC "Tashkent Pipe Plant" (reference 01-195 / 01-01 of June 16, 2020, JSC "Uzmontazhspetsstroy"). For this reason, the hydrogen content in the cast metal of the weld has decreased by 14-16%.

The structure and volume of the thesis. The thesis consists of an introduction, four chapters, conclusion, the list of used literature and appendixes. The thesis volume consists of 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I-бўлим (I-часть; I-part)

1. Худоёров С.С., Дуняшин Н.С., Mineral resources of the Republic of Uzbekistan for the production of fused fluxes for automatic arc welding // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology – India, 2020. – № Vol.7, Issue 5, – P. 13598-13601. (05.00.00. №8)

2. Худоёров С.С., Эрматов З.Д., Дуняшин Н.С. К вопросу разработки классификационной схемы компонентов, входящих в состав плавящихся сварочных флюсов для автоматической дуговой сварки // Композиционные материалы, 2019. - №4 – С. 118-120. (05.00.00. №13)

3. Худоёров С.С., Эрматов З.Д., Дуняшин Н.С. Разработка математической модели формирования химического состава литого металла шва при автоматической дуговой сварке под слоем флюса// Композиционные материалы, 2019. - №4 – С. 120-122. (05.00.00. №13)

II-бўлим (II-часть; II-part)

4. Худоёров С.С., Дуняшин Н.С. К вопросу исследования технологии изготовления плавящихся флюсов// Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук. Республиканский межвузовский сборник. – Т.: ТХТИ, 2018 - С.54-56

5. Худоёров С.С., Дуняшин Н.С. Расчет состава шихты плавящегося флюса// Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук. Республиканский межвузовский сборник. – Т.: ТХТИ, 2018 - С.56-58

6. Худоёров С.С., Дуняшин Н.С. Влияние водорода на свойства наплавленного металла при автоматической дуговой сварке под слоем флюса// Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук. Республиканский межвузовский сборник. – Т.: ТХТИ, 2019 - С.206-207

7. Худоёров С.С., Дуняшин Н.С. Исследования технологии изготовления и расчет состава шихты плавящихся флюсов для автоматической дуговой сварки// Материалы республиканской научно-технической конференции «Ресурсо- и энергосберегающие, экологически безвредные композиционные и нанокоспозиционные материалы» - Т.: ГУП «Фан ва тарракиёт», 2019 - С. 166-168

8. Рахматуллаева Н.Т., Худоёров С.С. Методика расчета состава шихты плавящегося флюса для наплавки изношенных деталей// «Машиностроительное производство и образование: проблемы и

инновационные решения» Материалы Республиканской научно-технической конференции - Фергана, 19-20 октября 2019 года, С.177-179.

9. Худоёров С.С., Дуняшин Н.С. Классификационная схема компонентов шихты плавяных флюсов для автоматической дуговой сварки// Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиғи, озиқ-овқат тармоғидағи муаммо ва истиқболлари» Материалы международной научной и научно-технической конференции – Т.:ТГТУ, 24-25 апреля 2020г. - С.121-122.

10. Абдуллаев М.З., Худоёров С.С., Дуняшин Н.С. К вопросу разработки плавяных флюсов для автоматической дуговой сварки на базе местного сырья// «Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиғи, озиқ-овқат тармоғидағи муаммо ва истиқболлари» Материалы международной научной и научно-технической конференции – Т.:ТГТУ, 24-25 апреля 2020г. - С.153-154

11. Худоёров С.С., Дуняшин Н.С. Разработка технологии производства плавяных флюсов для автоматической дуговой сварки// «Композиционные и металлокомпозиционные материалы для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства» Материалы международной Узбекско-Белорусской научно-технической конференции Т.: ГУП «Фан ва тарракиёт», 21-22 май 2020г. - С.268-272

12. Абдуллаев М.З., Худоёров С.С. Исследование влияния азота и водорода на свойства наплавленного металла при автоматической дуговой сварке под слоем флюса// «Инновацион ғоялар, ишланмалар амалиётга: муаммолар ва ечимлар» Халқаро илмий-амалий онлайн анжуман – Андижон давлат университети, 2020 йил 27-28 май. С.134-136

13. Худоёров С.С., Дуняшин Н.С. Исследование процесса раскисления металла при разработке состава плавяных флюсов для автоматической дуговой сварки// Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук. Республиканский межвузовский сборник. – Т.: ТХТИ, 2020 - С.235-237

14. Худоёров С.С., Дуняшин Н.С. Минерально-сырьевые ресурсы Республики Узбекистан для производства плавяных флюсов автоматической дуговой сварки// Наука и инновации – современные концепции. Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума. – М.: Инфинити, 2020 - С.178-182

Автореферат «Техника фанлари ва инновация» журнали таҳририятида таҳрирдан 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 № 235.

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

