

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.28.02.2018.Т.03.04 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ЭРМАТОВ ЗИЯДУЛЛА ДОСМАТОВИЧ

**ПАЙВАНД ЧОКЛАРНИНГ ХАРАКТЕРИСТИКАСИНИ ОШИРИШ
МАҚСАДИДА МАҲАЛЛИЙ ХОМАШЁЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИБ
ЭЛЕКТРОД ҚОПЛАМАЛАРНИ ТАЙЁРЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИ**

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

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

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

**Оглавление авторефераата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**

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

Эрматов Зиядулла Досматович

Пайванд чокларни характеристикаларини яхшилаш мақсадида
маҳалий хомашёлардан фойдаланиб электрод қопламаларини
тайёрлаш технологияси..... 3

Эрматов Зиядулла Досматович

Технология приготовления покрытий электродов из местного сырья
с целью улучшения характеристик сварных швов..... 21

Ermatov Ziyadulla Dosmatovich

Technology of coating welding electrodes from local materials with the
aim of improving the quality of the characteristics of welds..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 43

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.28.02.2018.Т.03.04 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ЭРМАТОВ ЗИЯДУЛЛА ДОСМАТОВИЧ

**ПАЙВАНД ЧОКЛАРНИНГ ХАРАКТЕРИСТИКАСИНИ ОШИРИШ
МАҚСАДИДА МАҲАЛЛИЙ ХОМАШЁЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИБ
ЭЛЕКТРОД ҚОПЛАМАЛАРНИ ТАЙЁРЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИ**

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

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

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2018.2.PhD/T619 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати иккита тилда (ўзбек, рус тили ва инглиз тилида (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.tdtu.uz) ва «Ziyonet» Ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Дуняшин Николай Сергеевич
техника фанлари номзоди, доцент

Расмий оппонентлар:

Михридинов Рисқидин Михридинович
техника фанлари доктори, профессор

Худояров Сулейман Рашидович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Андижон машинасозлик институти

Диссертация химояси Тошкент давлат техника университети ва Ўзбекистон Миллий университети хузуридаги DSc.28.02.2018.T.03.04. рақами Илмий кенгашнинг 2019 йил «21» май соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-йи. Тел./ факс:(99871)227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz)

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (80-рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-йи. Тел.: (99871)227-10-32.)

Диссертация автореферати 2019 йил «08» май куни тарқатилди.

(2019 йил «8» майдаги 91-рақамли реестр баённомаси).

К.А.Каримов

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

Н.Д.Тураходжаев

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

Р.М.Михридинов

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

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

Диссертация мавзусининг зарурати ва долзарблиги. Жаҳонда етакчи давлатларнинг саноати ривожланиши даражасининг замонавий босқичларида ишлаб чиқариш ҳажми, маҳсулот ассортименти ва жаҳон бозоридаги рақобатбардошлилиги алоҳида қасб этмоқда. Шу билан бирга буюм мустаҳкамлигини ошириш, конструкциянинг узоқ муддат ишлаши, машина механизмлари ва жиҳозлари хавфсизлиги муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Бу борада ривожланган мамлакатлар, жумладан АҚШ, Германия, Италия, Хитой ва Россияда муҳим роль эгаллаган пайвандлаб ишлаб чиқариш технологияси ривожланишига алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда маҳсулот таннархини пасайтириш мақсадида электрод ишлаб чиқарувчи корхоналар қоплама шихтаси таркибини модернизациялаш асосида электроднинг сифат кўрсаткичларини ошириш бўйича илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу йуналишда, жумладан пайвандлаш электродларининг қоплама шихтасининг таркиби ферроқотишмалар ва бошқа компонентларнинг миқдори ва сифатининг оптимал даражага эришиши муҳим аҳамият қасб этмоқда. Шу билан бирга, айнан шихта таркиби эритиб қопланган металлнинг кимёвий таркибини аниқлаб беради, ваҳоланки пайванд бирикманинг сифат характеристикаларини такомиллаштириш зарур ҳисобланмоқда.

Республикамида қопламали электродларнинг тўлиқ материал баланси асосида ёйли дастакли пайвандлашда содир бўлаётган физик-кимёвий жараёнларни башоратлаш усулларини ишлаб чиқиши ҳисобига пайвандлаш электродларининг қоплама таркибини оптималлаштириш 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 чокнинг кимёвий таркибини башоратлаш эвазига пайванд бирикманинг эксплуатацион характеристикаларини таъминлайдиган пайвандлаш материалларини лойиҳалаш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралидаги ПФ – 4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ва 2015 йил 4 мартағи ПФ-4707-сон «2015-2019 йилларда ишлаб чиқаришни таркибий ўзгартириш, модернизация ва диверсификация қилишни таъминлаш бўйича чора-тадбирлар дастури тўғрисида»ги Фармонлари, 2016 йил 26 декабрдаги ПҚ-2698-сон «2017-2019 йилларда тайёр маҳсулот турлари, бутловчи буюмлар ва материаллар ишлаб

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

чиқаришни маҳаллийлаштиришнинг истиқболли лойиҳаларини амалга оширишни давом эттириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари хамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-хукуқий хужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қиласди.

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 қопламали электродлар билан ёйли дастакли пайвандлашда металл ва шлак томчилари шаклланади ҳамда улар пайванд чокнинг қўйма метали таркибини ва материалларнинг пайвандлаш-технологик хусусиятларини; чок юзасининг шаклланиши, шлак қопламасининг яхши ажраши, пайвандлаш жараёнини исталган фазовий ҳолатда амалга ошириш мумкинлиги ва бошқаларни аниқлаш бўйича кўплаб тадқиқотлар олиб борилган. Дунёнинг етакчи олимлари, жумладан италиялик олимлари Ramini De Rissone, G. Glaussen металл томчиси электрод ўзаги ва қопламасининг эриши ҳисобига ва газлар ҳамда ҳосил бўлган фазаларнинг ўзаро таъсиrlаниши ҳисобига шаклланиши устида илмий-тадқиқот ишларини олиб борганлар. Индия олимлари P. Kanjilal, S. Majumdar илмий тадқиқотларида электроднинг эриши ва турли босқичларда қизиши жараённида ҳосил бўладиган фазаларнинг ўзаро таъсиrlашуви жараёнлари эритиб қопланган металл сўнгги таркибининг боғлиқлик графигини ишлаб чиқишган.

МДҲ давлатлари олимларидан И.К. Походня, В.В. Подгаецкий, А.А. Ерохина, Г.Л. Петров, А.А. Бук, Н.Н.Потапова, В.Н. Бороненкова, Е. Вотинова ишларида чок метали таркибини ва дастлабки таркибни таққослаш асосида алоҳида элементларнинг ўтиш жараёнлари ишлаб чиқилган. Ўзбекистонда М.А. Аbralов, Р.У. Абдурахманов, Р.М. Сайдовлар томонидан маҳалий хомашёлар асосида пайвандлаш материаллари ишлаб чиқилган.

Пайвандлаш электродларининг қопламалари таркибини ишлаб чиқиш соҳасида кўплаб илмий натижаларга эришилишига қарамай, ҳали ечимини топмаган муаммолар кўп. Жумладан, адабиётларда мавжуд бўлган ёйли дастакли пайвандлаш усули билан ҳосил бўлган пайванд чокнинг қўйма металлининг таркибини башоратлаш усули ва модели ишлаб чиқилмаган. Юқорида келтирилган муаммолар ечимини топиш учун пайвандлаш жараёнларида кечадиган металл томчисида, металл ваннасида ва қаттиқ фазада содир бўладиган пайвандлаш жараёнларининг натижаларини баҳолаш учун элементларнинг ўртача ва парциал ўтиш коэффициентларини ва уларнинг пайвандлаш электродлари характеристикалари билан ўзаро боғлиқлигини аниқлаш учун тадқиқотлар ўтказиш зарур.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим мусассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация иши Тошкент давлат техника университети ва Ўзбекистон фанлар академияси С.А. Азимов номидаги «Физика-Қуёш» Илмий-ишлаб чиқариш бирлашмаси Материалшунослик институти №ФА-Атех-2018-32 «Конструкцион пўлатларни пайвандлаш учун импорт ўрнини босувчи пайвандлаш электродларини маҳаллий хомашёлар асосида ишлаб чиқиши» (2018 й.) мавзуидаги лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади пайванд чокнинг характеристикасини ва қуйма структурасининг сифатини ошириш учун пайвандлаш электродларининг қопламаларини маҳаллий хомашёлар асосида тайёрлаш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

импорт ўрнини босувчи замонавий пайвандлаш электродларининг шлак асосини ишлаб чиқиш учун Ўзбекистон Республикасида мавжуд маҳаллий хомашёларнинг мослиги ва қўлланиш имкони мавжудлигини асослаш;

қопламали электродларни ишлаб чиқиш учун хомашё базасини инобатга олган электрод қопламаларининг класификацион схемасининг ишлаб чиқиши;

кам углеродли кам легирланган пўлатларни ёйли пайвандлаш учун пайвандлаш электродларининг қопламаларини ишлаб чиқиши;

ёйли дастакли пайвандлашда фазалар таркибини башоратлаш усули бўйича қопламали электродларнинг ўзаро таъсирилашув жараёнларининг физик моделларини ишлаб чиқиши;

ёйли дастакли пайвандлашда фазалар таркибини прогнозлаш усули бўйича қопламали электродларнинг ўзаро таъсирилашув жараёнларини математик моделларини ишлаб чиқиши.

ёйли дастакли пайвандлашда ишқорли ва ишқор-тупроқли оксид кўшимчаларини шлакнинг зичлигига, қовушқоқлигига, пайвандлаш ваннасини ва чокнинг шлак қопламаси билан қопланиши хусусиятларига таъсирини баҳолаш.

Тадқиқотнинг обьекти сифатида қопламали электродларни ишлаб чиқариш учун Ўзбекистон Республикаси хомашёсининг шлак ҳосил қилувчи компонентлар композицияси олинган.

Тадқиқотнинг предмети қопламали электродлар билан ёйли дастакли пайвандлаш натижасида олинган пайванд чок ва пайванд бирикманинг қуйма структураси, пайванд чок характеристикасини ва унинг қуйма структурасини яхшилашини таъминлайдиган маҳалий хомашёдан тайёрланган қопламани тайёрлаш технологияси ва импорт ўрнини босувчи пайвандлаш электродларининг шлак асосини ташкил этади.

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

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қўйидагилардан иборат:

қопламали электродларни ишлаб чиқиш учун хомашё базасини инобатга олган ҳолда электрод қопламаларининг классификацион схемаси ишлаб чиқилган;

қопламали электродлар компонентларининг классификацион схемаси асосида ёйли дастакли пайвандлашда чок металининг қўйма структураси шакланиши жараёнининг физик ва математик модели ишлаб чиқилган;

$\text{SiO}_2\text{-CaO-CaF}_2$ тизимига K_2O , Na_2O , MgO , Al_2O_3 оксид қўшимчаларининг қўшилиши натижасида шлакнинг зичлигига, қовушқоқлигига ва пайвандлаш ваннасининг ҳамда чокнинг шлак қопламаси билан қопланиши хусусиятларига таъсири аниқланган;

пайванд чокнинг қўйма металидаги газларнинг миқдорини 8-10% га камайтирадиган ҳамда металл томчиси ва суюқ ваннани ишончли ҳимоялайдиган электрод қопламасининг газ ҳосил қилувчилар таркиби ишлаб чиқилган;

пайванд чокнинг қўйма структурасининг мустаҳкамлик характеристикасини 10-12% га оширадиган электрод қопламасининг шлак ҳосил қилувчилар таркиби ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қўйидагилардан иборат:

импорт ўрнини босувчи замонавий пайвандлаш электродларининг шлак асоси таркиби ишлаб чиқилган;

маҳаллий хомашёдан тайёрланган асосий турдаги қопламаларни тайёрлаш технологияси ишлаб чиқилган;

пайванд чок қўйма структурасининг мустаҳкамлик характеристикаси 10-12% га ошишини таъминлайдиган электрод қопламасининг шлак ҳосил қилувчилар таркиби ишлаб чиқилган;

пайванд чокнинг қўйма металидаги газларнинг миқдорини 8-10% га камайтирадиган электрод қопламасининг газ ҳосил қилувчилар таркиби ишлаб чиқилган.

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

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти қопламали электродлар билан ёйли дастакли пайвандлашда қоплама компонентларини ишлаб чиқилган классификацион схема асосида металл электродларнинг қопламаларини ёйли дастакли пайвандлашда пайванд чок металининг қўйма структураси шакланишининг физик ва математик моделини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти пайванд чоқнинг характеристикасини ва қўйма структурасини яхшилашни таъминлайдиган маҳаллий хомашёлардан тайёрланадиган электрод қопламасининг шлак асосини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Пайванд чоклар характеристикасини ошириш мақсадида маҳаллий хомашёларидан фойдаланиб электрод қопламаларини тайёрлаш бўйича олинган натижалар асосида:

пайвандлаш электродларининг қоплама таркибида оксидсизлантирувчи компонентларини оптималлаштириш учун ёйли дастакли пайвандлашда чок металининг қўйма структураси шаклланиши жараёнига ишлаб чиқилган математик модели МЧЖ ҚҚ “В.Л. Гальперин номидаги Тошкент труба заводи” корхонасида жорий этилган («Узмонтажмаксус қўрилиш» АЖнинг 2019 йил 4 мартдаги 01/86-01-01А-сон маълумотномаси). Натижада пайвандчокнинг қўйма металида кислород миқдорини 6-8%га камайтиришга эришилган;

пайвандлаш ваннаси ва металл томчисини ишончли ҳимоя қилишни таъминлаш учун турли хил ҳарорат интервалларида парчалана оладиган ишқорли ва ишқор-тупроқли металларнинг карбонатлар композициясидан фойдаланиш ҳисобига электрод қопламасининг газ ҳосил қилувчи қисми МЧЖ ҚҚ “В.Л. Гальперин номидаги Тошкент труба заводи” корхонасида жорий этилган («Ўзмонтажмаксус қурилиш» АЖнинг 2019 йил 4 мартдаги 01/86-01-01А-сон маълумотномаси). Натижада пайванд чокнинг қўйма металидаги газларнинг миқдорини 8-10% га камайтиришга эришилган;

маҳалий рудали-минерал хомашёлардан фойдаланиб электрод қопламаларининг шлак асоси таркибини тузиш ва уни тайёрлаш технологияси МЧЖ ҚҚ “В.Л. Гальперин номидаги Тошкент труба заводи” корхонасида жорий этилган («Узмонтажмаксус қўрилиш» АЖнинг 2019 йил 4 мартдаги 01/86-01-01А-сон маълумотномаси). Натижада пайванд чокнинг қўйма структурасининг мустаҳкамлик характеристикиси 10-12% га ошган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 6 та илмий-анжумаларда, жумладан, 3та халқаро илмий-амалий анжуманларда ва 3та республика илмий-амалий анжуманларида апробация ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 17та илмий ишлар чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 4 та мақола, жумладан 3 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, обьекти 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 базасига асосланган электрод қопламаларини ишлаб чиқишнинг замонавий муаммолари**” деб номланган биринчи бобида, Ўзбекистон Республикасида пайвандлаш материалларига бўлган бозор талабини таҳлил қилишга, электрод қопламаларининг шлак асоси ва пайванд чокнинг қўйма структураси шаклланишида кечадиган металлургик жараёнларнинг таҳлилига, ҳамда электродлар учун қопламаларни саноат даражасида ишлаб чиқариш учун Ўзбекистон Республикасидаги мавжуд минерал хомашёлар базасининг таҳлилига қаратилган.

Илмий техник ва патент адабиётларини ўрганиш асосида қуидаги қарорга келинди; пайванд чокнинг қўйма структурасини яхшилаш мақсадида шлак асосида плавик шпати ва кальций карбонати ташкил этувчи асосий қопламали электродларни қўллаш энг актуал ва перспектив қарорлардан бири ҳисобланади. Қоплама таркибига улардан ташқари минерал силикатлар (кварц қуми, гранит ва бошқалар) ва бараварига бир неча оксидсизлантирувчилар (ферромарганец, ферросилиций, ферротитан ва бошқалар) ҳам қўшилади. Ўзбекистон Республикаси худудларида мавжуд минерал ресурслар захираси бўлган пўлат пайвандлаш материалларининг қопламалари учун хизмат қиласиган бир компонентлар кўринишида бўлган (мармар, кварц қуми) етарли даражада захирага эга эканлиги ҳақида маълумотлари келтирилган. Адабиётлар манбаи таҳлилига таянган ҳолда диссертант томонидан тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари белгилаб олинган.

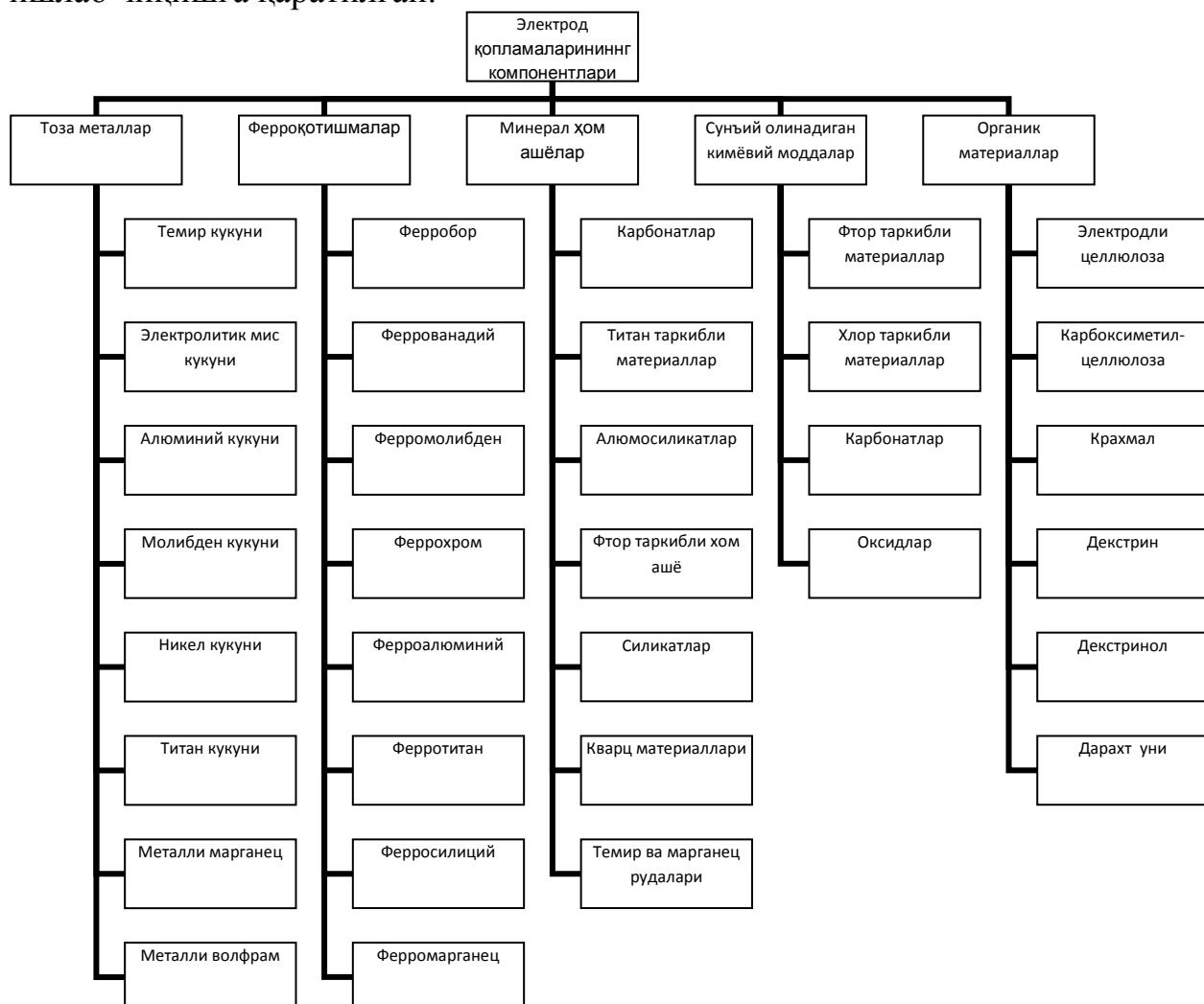
Диссертациянинг “**Қопламали электродларнинг пайвандлаш технологик хусусиятларини ва пайванд чок металининг қўйма структурасини тадқиқот қилиш методикаси ва обьекти**” деб номланган иккинчи бобида, тадқиқот учун танлаб олинган обьектлар ва уларнинг характеристикалари, тадқиқотлар ўтказиш учун воситалар ва усуллар асослаб келтирилган.

Тадқиқот обьекти сифатида Ўзбекистон Республикасидаги минерал хомашёлар (мармар, кварц қуми) танлаб олинган, булар ўз навбатида майдаланади ва прокалкаланади. Тадқиқотнинг кейинги обьекти сифатида компонет қўшимчаларидан иборат бўлган ва Ўзбекистон Республикасидаги минерал хомашёлар асосида ишлаб чиқилган қопламали электродлар ёрдамида ёйли дастакли пайвандлаш натижасида олинган пайванд чок ва пайванд бирикманинг қўйма метали ҳисобланади.

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

хусусиятларини тадқиқот қилиш усуллари ва комплекс жиҳозлари келтирилган.

Диссертациянинг “Ёйли дастакли пайвандлашда чокнинг қўйма металлини шаклланишини тадқиқот қилиш” деб номланган учинчи бобида электрод қопламаларининг шихта компонентлари классификацион схемасини ишлаб чиқиши бўйича натижалари келтирилган; тўлиқ материал баланс усулини қўллаб ва электрод қоплама компонентларининг классификацион схемаси асосида ёйли дастакли пайвандлаб чок металининг қўйма структураси шаклланиш жараёнининг физик ва математик моделини ишлаб чиқишига қаратилган.



1 - расм. Электрод қопламаларининг шихта компонентлари классификацияси.

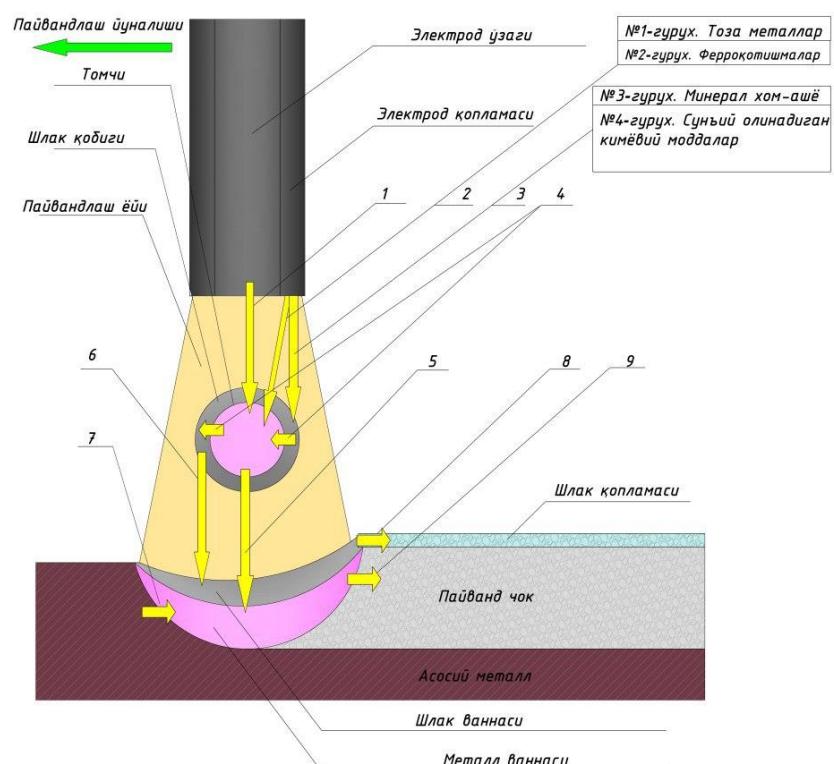
Қопламали электродлар билан пайвандлаш жараёнининг физик модели пайвандлаш жараёнида кечётган бутун жараёнларни ёй ёнишидан тортиб пайвандлаш якунига қадар (ёки квазистационар ҳолатга эришгунча) ёритиш учун муҳим касб эгаллайди. Пайвандлаш ҳудудида математик модельни ишлаб чиқиши учун қуйида келтирилган физик-кимёвий жараёнлар инобатга олиниши зарур:

- электр ёй иссиғи билан пайванд чокнинг асосий металини қиздириш

ва эритиши;

- электрод ўзагининг қизиши ва эриши ва металл томчининг ҳосил бўлиши электр ёй иссиқлиги билан ва электрод ўзагидан оқиб ўтаётган ток хисобига содир бўлади;
- электрод металининг пайвандлаш ваннасига ўтиши;
- асосий ва электрод металининг пайвандлаш ваннасида аралashiши;
- шлак ваннасида қоплама компонентларининг ўзаро таъсирилашуви натижасида кимёвий реакциялар кечиши;
- пайванд чок металидан иссиқликнинг узоқлашгани сари кристаллизацияланиши.

Юқорида келтирилган барча физик-кимёвий жараёнларни схема кўринишида 2-расмда тавсирилаш мумкин: электрод металл томчиларини етказиб берувчи ҳисобланади, томчи эритиб қопланаётган металлни шакллантиради. Электрод ўзаги, қопламанинг металл қисми ва шлақдан тикланган металлнинг эриши ҳисобига томчи пайдо бўлади. Ушбу металлнинг ҳаммаси пайвандлаш ваннасига ўтади, асосий металл билан аралашиб кристаллизациялангандан сўнг пайванд чокни ҳосил қиласди.



2-расм. Ёйли дастакли пайвандлашда чок метали қўйма структурасинингшаклланиш жараёнининг физик модели:

1 - электрод ўзагининг эриши ва металл томчининг шаклланиши; 2 - электрод қопламасининг металл қисми эриши ва металл томчининг шаклланиши; 3 - электрод қопламасининг нометалл қисмининг эриши ва шлак пардасининг шаклланиши; 4 - элементларни шлак пардасидан металл томчисига ва металл томчисидан шлак пардасига (оксидлар кўринишида) ўтиши; 5 - металл томчиларининг металли аралашмага ўтиши; 6 - шлак пардасининг шлакли аралашмага ўтиши; 7 - асосий металлнинг эриши ва пайвандлаш ваннасининг шаклланиши; 8 - шлак аралашмасининг қотиши; 9 - металл аралашмасининг кристаллизацияланиши.

Қопламали электрод билан ёйли дастакли пайвандлашда чок метали ва эритиб қопланган металлнинг таркиби шаклланишининг физик модели математик моделни ишлаб чиқишнинг асоси сифатида қабул қилинган:

1. Ўтишнинг ўртача коэффициенти (қабул қилиши) $\bar{\eta}_{E_z}$, эритиб қопланган металлда (чок металлида) қолувчи элементнинг масса бўлаги дейилади E_z :

$$\bar{\eta}_{E_z} = \frac{m_{E_z}^{\text{эр.копл}}}{m_{E_z}^{\text{апалаш}}}, \quad (1)$$

бу ерда $m_{E_z}^{\text{эр.копл}}$ - элемент массаси E_z ўзаро таъсирлашувидан сўнг маълум металлнинг ҳажмида, кг;

$m_{E_z}^{\text{апалаш}}$ - элемент массаси E_z металлда кимёвий реакцияларни ҳисобга олмаган ҳолда, кг.

2. Элементнинг умумий ўтиш коэффициенти (ўртача) E_z :

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

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

бу ерда a, b, c, d ва e – электрод ўзагининг бир бўлаги иштироки, тоза металлар, ферроқотишималар, шлакдан тикланган металл, минерал хомашёлар ва сунъий олинадиган кимёвий моддалар эритиб қопланган металлнинг шаклланиши;

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

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

$$\eta_{E_z}^{\text{фер}} = 1 - k_3^{E_z}, \quad (6)$$

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

$$\eta_{E_z}^{\text{шл.сун.мод.}} = k_5^{E_z}, \quad (8)$$

бу ерда $\eta_{E_z}^{\text{ўзак}}, \eta_{E_z}^{\text{м.м.}}, \eta_{E_z}^{\text{фер}}, \eta_{E_z}^{\text{шл.мин.}}$ ва $\eta_{E_z}^{\text{шл.сун.мод.}}$ – элемент ўтишининг парциал коэффициенти E_z эритиб қопланган металл ўзагида, тоза металлар, ферроқотишималар, минерал хомашёлардан ҳосил бўладиган шлак ва сунъий олинадиган кимёвий моддалар.

$k_1^{E_z}$ - шлак ва оксидланган газ билан ўзак металининг компонент масса улуши E_z ;

$k_2^{E_z}$ - шлак ва оксидланган газ билан (1 - гуруҳдаги тоза металлар) электрод қопламасининг металл қисмининг компонент масса улуши E_z ;

$k_3^{E_z}$ - шлак ва оксидланган газ билан (2 - гуруҳдаги ферроқотишималар) электрод қопламасининг металл қисмининг компонент масса улуши E_z ;

$k_4^{E_z}$ - томчига ўтиш босқичида металлга тикланиш реакцияси жараёнида қопламанинг нометалл қисмининг (3 - гуруҳдаги минерал хомашёлар) компонент оксиди масса улуши;

$k_5^{E_z}$ - томчига ўтиш босқичида металлга тикланиш реакцияси жараёнида қопламанинг нометалл қисмининг (4 - гуруҳдаги сунъий олинадиган кимёвий моддалар) компонентнинг оксиди масса улуши.

3. Эритиб қопланган металлнинг элемент массаси

$$m_{E_z}^{3p,кон} = m_{E_z}^{\text{ж}} \cdot \frac{E_z^{\text{ж}}}{100} + \sum_{k=1}^n m_k^{m.m.} \cdot \frac{E_z^{m.m.}}{100} + \sum_{k=1}^l m_k^{\text{фер}} \cdot \frac{E_z^{\text{фер}}}{100} + \sum_{k=1}^p m_k^{\text{ил.мин.}} \cdot \frac{E_z^{\text{ил.мин.}}}{100} + \sum_{k=1}^s m_k^{\text{ил.сун.мод.}} \cdot \frac{E_z^{\text{ил.сун.мод.}}}{100} = m_{E_z}^{\text{ж}} + m_{E_z}^{m.m.} + m_{E_z}^{\text{фер}} + m_{E_z}^{\text{ил.мин.}} + m_{E_z}^{\text{ил.сун.мод.}}, \quad (9)$$

бу ерда $m_{E_z}^{\text{ж}}$, $m_{E_z}^{\text{фер}}$, $m_{E_z}^{\text{ил.}}$ электрод ўзагидаги элемент массаси E_z , ферроқотишмаларда ва электрод қопламасининг нометалл компонентлари билан бирга.

4. Ўзакдан қотишмага тушаётган ҳар бир элементнинг массаси:

$$m_{E_z}^{\text{ж}} = \frac{m_{\text{ж}}}{1 + k_{\text{ж}} \cdot \frac{E_z^{\text{ж}}}{100}} \quad (10)$$

Қопламадаги мавжуд ҳар бир ферроқотишманинг массаси:

$$m_{E_z}^{\text{фер}_k} = m_{\text{ж}} \cdot \frac{\%_{\text{фер}_k}}{100} \quad (11)$$

$$m_{\text{ж}} = \frac{k_{\text{ж}}}{(1 + k_{\text{ж}}) \cdot (1 + 0,01\alpha \cdot \beta)} m_{\text{ж}}, \quad (12)$$

бу ерда α – электрод қопламасидаги елимловчи (суюқ шиша) компонентларнинг микдори, мас.%;

β – елимловчи қолдиқнинг масса улуши қуйидаги формула бўйича хисобланган:

$$\beta = 0,59\gamma_{\text{нау}} + 0,028m - 0,535, \quad (13)$$

бу ерда $\gamma_{\text{нау}}$ – елимловчининг зичлиги, г/см³;

m – елимловчининг модули.

7. Электрод қопламасидаги ферроқотишмаларнинг эришида ҳосил бўлган элемент массаси E_z :

$$m_{E_z}^{\text{фер}} = \frac{k_{\text{ж}}}{(1 + k_{\text{ж}}) \cdot (1 + 0,01\alpha \cdot \beta)} m_{\text{ж}} \sum_{k=1}^l \frac{\%_{\text{фер}_k}}{100} \cdot \frac{[E_z]_k}{100} \quad (14)$$

7. Шлақдан қайта тикланган элемент E_z массаси, қуйидаги тенглама бўйича аниқланиши мумкин:

$$m_{E_z}^{\text{ил.}} = m_{E_z}^{\text{ил.мин}_j} + m_{E_z}^{\text{жcc}} \quad (15)$$

Қопламанинг нометалл компонентларидан қайта тикланган элемент E_z .

$$m_{E_z}^{\text{ил.мин}_j} = \frac{m_{\text{ж}} \cdot k_{\text{МП}}}{(1 + k_{\text{МП}}) \cdot (1 + 0,01\alpha \cdot \beta)} \cdot \sum_{k=1}^p \frac{\%_{\text{ил.мин}_j}}{100} \cdot \frac{(E_{z_n} O_m)_j}{100} \cdot \frac{M_{E_z}}{M_{E_{z_n} O_m}} \quad (16)$$

Қопламадаги суюқ шишанинг қолдиғидан қайта тикланган элементнинг E_z массаси:

$$m_{E_z}^{\text{жcc}} = \frac{m_{\text{ж}} \cdot k_{\text{МП}}}{(1 + k_{\text{МП}}) \cdot (1 + 0,01\alpha \cdot \beta)} \cdot \frac{\alpha \cdot \beta}{100} \cdot \frac{(E_{z_n} O_m)_j}{100} \cdot \frac{M_{E_z}}{M_{E_{z_n} O_m}} \quad (17)$$

$$m_{E_z}^{\text{ил.}} = \frac{m_{\text{ж}} \cdot k_{\text{МП}}}{(1 + k_{\text{МП}}) \cdot (1 + 0,01\alpha \cdot \beta)} \cdot \frac{M_{E_z}}{M_{E_{z_n} O_m}} \left(\sum_{k=1}^p \frac{\%_{\text{ил.мин}_j}}{100} \cdot \frac{(E_{z_n} O_m)_j}{100} + \frac{\alpha \cdot \beta}{100} \cdot \frac{(E_{z_n} O_m)_j}{100} \right) \quad (18)$$

8. Металл ваннанинг таркибидағи компонентнинг E_z массаси:

$$m_{E_z}^{cm} = \frac{m_{\text{зл}}}{1+k_{\text{мн}}} \cdot \left(\begin{array}{l} \left(m_{\text{зл}} \sum_{k=1}^l \frac{\%_{\phi ep_k}}{100} \cdot \frac{[E_z]_k}{100} \left(1 - k_3^{E_z} \right) + \right. \\ \left. \frac{E_z^{cm}}{100} \left(1 - k_1^{E_z} \right) + \frac{k_{\text{мн}}}{(1+0,01\alpha \cdot \beta)} \left(+ \frac{M_{E_{\text{зл}}} \cdot (k_4^{E_z} + k_5^{E_z})}{M_{E_{z_n} O_m}} \left(\sum_{k=1}^p \frac{\%_{\text{шл.мин}_j}}{100} \cdot \frac{(E_{z_n} O_m)_j}{100} + \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. \alpha \cdot \beta \cdot \frac{(E_{z_n} O_m)_j}{100} \right) \right) \right) \end{array} \right) \quad (19)$$

9. Элемент ўтишининг ўртача коэффициенти E_z ,

$$\bar{\eta}_{E_z} = \frac{[E_z]}{a[E_z]_{\text{узак}} + b[E_z]_{\text{м.м.}} + c[E_z]_{\phi ep.} + d[E_z]_{\text{шл.мин.}} + e[E_z]_{\text{сун.мод.}}} \quad (20)$$

бу ерда $[E_z]_{\text{м.м.}}$ - эритиб қопланган металлнинг кимёвий таҳлил натижаларига кўра элементнинг концентрацияси E_z , мас.%;

$[E_z]_{\text{узак}}$ - электрод ўзагидаги бирламчи элемент концентрацияси E_z , мас.%;

$[E_z]_{\text{м.м.}}$ - электрод қопламасига киритилаётган тоза металларнинг бирламчи элемент концентрацияси E_z , мас.%;

$[E_z]_{\phi ep}$ - электрод қопламасидаги ферроқотишмаларнинг бирламчи элемент концентрацияси E_z , мас.%;

$[E_z]_{\text{шл.мин.}}$ - шлакнинг минерал моддаларидан элемент оксидларининг $E_{\text{Zn}}O_m$ тўлиқ тикланишида элемент концентрацияси E_z , мас.%;

$[E_z]_{\text{сун.мод.}}$ - электрод қопламасининг кимёвий тоза моддаларининг бирламчи элемент концентрацияси E_z , мас.%;

$$a = \frac{m_{\text{зл.}} \cdot (1 - k_{\text{ном}}^{\text{ме}})}{m_{\text{пайсан}} \cdot (1 + k_{\text{МП}})} \quad (21)$$

$$b = \frac{m_{\text{зл.}} \cdot (1 - k_{\text{ном}}^{\text{ме}}) \cdot k_{\text{МП}} \cdot \sum_{k=1}^n \frac{\%_{\text{ч.м.}}}{100}}{m_{\text{пайсан.}} \cdot (1 + k_{\text{МП}}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha \beta}{100} \right)} \quad (22)$$

$$c = \frac{m_{\text{зл.}} \cdot (1 - k_{\text{ном}}^{\text{ме}}) \cdot k_{\text{МП}} \cdot \sum_{k=1}^l \frac{\%_{\phi ep_k}}{100}}{m_{\text{пайсан.}} \cdot (1 + k_{\text{МП}}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha \beta}{100} \right)} \quad (23)$$

$$e = \frac{m_{\text{зл.}} \cdot (1 - k_{\text{ном}}^{\text{ме}}) \cdot k_{\text{МП}} \cdot \sum_{k=1}^s \frac{\%_{\text{сун.мод}_k}}{100}}{m_{\text{пайсан.}} \cdot (1 + k_{\text{МП}}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha \beta}{100} \right)} \quad (24)$$

$$d = 1 - a - b - c - e$$

10. Пайвандлаш (металл) ваннасидаги компонентнинг массасини куйидагича аниқлаймиз.

$$m_{E_z} = \frac{m_{\text{пайсан}} \cdot [E_z]_{\text{эрриган}}}{100} \quad (25)$$

бу ерда $m_{\text{пайсан}}$ – пайвандлаш (металл) ваннанинг массаси , кг;

$[E_z]_{\text{эрриган}}$ – Пайвандлаш ваннасидаги компонент концентрацияси E_z ,

мас.%.

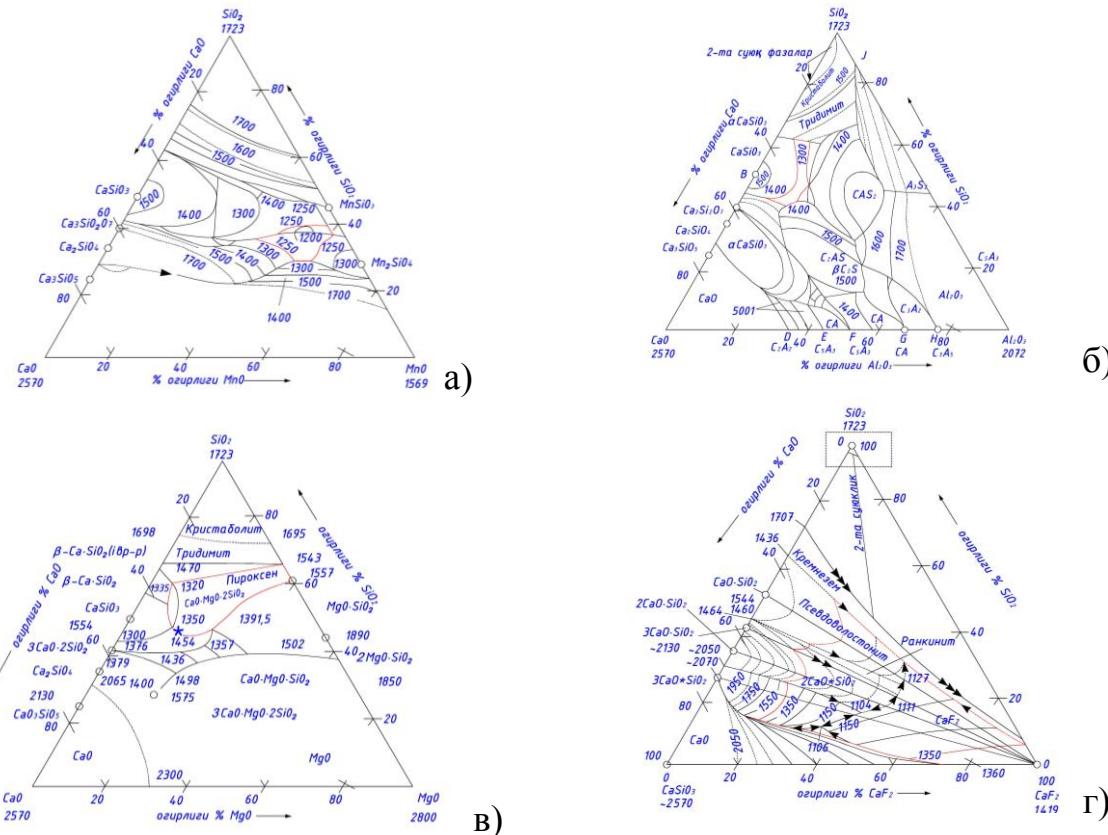
11. Қопламали электродлар билан пайвандлашда (эритиб қоплашда) металлнинг йўқотилиш коэффициенти:

$$k_{\text{уик}}^{\text{Me}} = \frac{m_{\text{узак}} + m_{\text{м.м.}} + m_{\text{феп}} + m_{\text{ме}}^{\text{шл.мин}} + m_{\text{ме}}^{\text{шл.сун.мод}} - m_{\text{зр.копл.ме}}}{m_{\text{узак}} + m_{\text{м.м.}} + m_{\text{феп}} + m_{\text{ме}}^{\text{шл.мин}} + m_{\text{ме}}^{\text{шл.сун.мод}}} \quad (26)$$

бу ерда $m_{\text{ме}}^{\text{шл.мин}}$ - шлакдан тикланган ва пайвандлаш ваннасига ўтган металл массаси, кг.

Математик моделни ҳисоблаш йўли билан олинган маълумотлари экспериментал равишда олинган маълумотлар билан тахминан 5%га фарқ қилиши аниқланган.

Диссертациянинг “Электродлар қопламаларини тайёрлаш технологиясини ишлаб чиқиши” деб номланган тўртинчи бобида пайванд чок қўйма структурасининг сифатли шаклланиши учун электрод қопламасининг шлак ҳосил қилувчи асосини ишлаб чиқиши бўйича қилинган тадқиқотларнинг натижалари келтирилган.



3-расм. Уч томонли тизим ҳолат диаграммаси:

- а) SiO₂-CaO-MnO, б) SiO₂-CaO-Al₂O₃,
- в) SiO₂-CaO-MgO д) SiO₂-CaO-CaF₂.

Келтирилган ҳолат диаграммаларидан кўриниб туриптики, ушбу уч томонли тизимда шлакнинг эриш ҳарорати 1300°C ни ташкил этмоқда, яъни бундай ҳарорат пўлатларни пайвандлашда пайвандлаш шлакларига қўйилган талабларига жавоб беради.

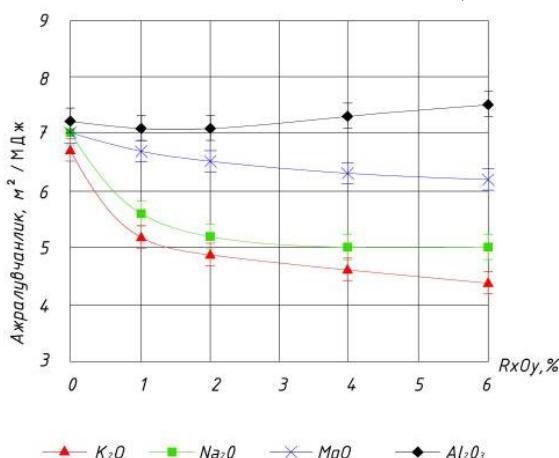
$\text{SiO}_2\text{-CaO-MnO}$ тизимда бундай худуд $\sim 40\% \text{ SiO}_2$, $\sim 40\% \text{ MnO}$ ва $\sim 20\% \text{ CaO}$ соҳаларда ётади. MnO нинг бундай катта ҳажмларда бўлиши кремний билан оксидсизлантиришда марганецни қайта тиклаш жараёнига олиб келиши мумкин, бундан ташқари пайвандлаш даврида заарли токсик чангларни чиқариш билан ёмон таъсир этиши мумкин.

$\text{SiO}_2\text{-CaO-Al}_2\text{O}_3$ тизимда 1300°C ҳарорат $\sim 50\% \text{ SiO}_2$, $\sim 30\% \text{ CaO}$ ва $\sim 20\% \text{ Al}_2\text{O}_3$, таркибларда бўлганда кузатилади, $\text{SiO}_2\text{-CaO-MgO}$ тизимларда эса 1300°C ҳарорат $\sim 50\% \text{ SiO}_2$, $30\% \text{ CaO}$ ва $20\% \text{ MgO}$ таркибларда бўлганда кузатилади ва бу жуда ҳам чекланган худудларда намоён бўлади.

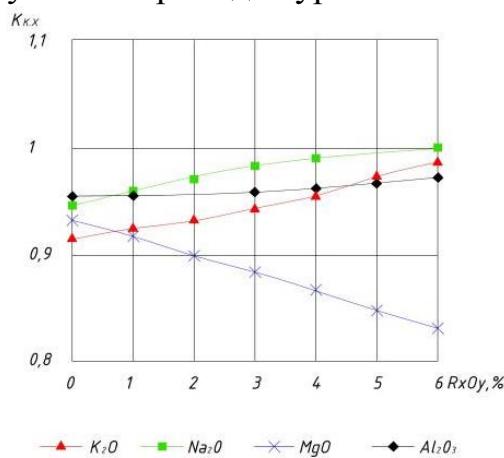
$\text{SiO}_2\text{-CaO-CaF}_2$ тизимда 1300°C ҳарорати кенг соҳа худудларида намоён бўлади ва шлаклар таркиби $\sim 50\text{-}60\% \text{ CaO}$, $15\text{-}25\% \text{ CaF}_2$ ва $5\text{-}15\% \text{ SiO}_2$ таркибларда бўлиши кузатилган.

$\text{SiO}_2\text{-CaO-CaF}_2$ тизимдаги шлаклар ҳозирги кунга келиб анча ўрганилган. Плавик шпати CaF_2 ёй таъсир худудида диссоциацияланиб учувчи фторидларни ҳосил қиласди, натижада пайванд чок металлида водород ва олтингугуртни миқдори пасаяди. CaF_2 , шлак оқувчанлигини ошириб, пайванд чок металлининг рафинирланишини таъминлайди, CaO чок металлининг физик ҳимоясини яхшилайди.

MgO , Na_2O , K_2O ва Al_2O_3 оксидаларнинг миқдорига нисбатан шлакнинг металлдан ажралиш хусусияти 3-расмда кўрсатилган. Магнийнинг оксидлари шлакнинг ёмон ажрашига сабаб бўлади. Оксид тури ва миқдорига нисбатан шлакнинг металлга қопланиш хусусияти 4-расмда кўрсатилган.



4-расм. Шлакнинг таркибида оксидларнинг миқдорига нисбатан шлак қопламасининг кўчиш хусусиятига боғлиқлиги.



5-расм. Оксиднинг тури ва миқдорига нисбатан шлакнинг қопланиш хусусияти боғлиқлиги.

Na_2O ва K_2O миқдорининг ошириш билан шлакнинг қопланиш хусусияти ошиб боради, MgO оксида миқдорини ошириш билан аксинча камаяди. Al_2O_3 оксидини шлакка киритиш билан шлакнинг қопланиш хусусиятига амалий жиҳатдан таъсир этмайди деса ҳам бўлади. Оксидларнинг тури ва миқдорининг бундай таъсирлари уларнинг қовушқоқлигига ва сирт таранглигига таъсири билан тавсифланади.

Электрод қопламасининг шлак асосини ишлаб чиқиш учун

қопламанинг газ-шлак ташкил этувчиларининг таркибини муккамаллаштириб олиш зарурлиги аниқланган. Асосий турдаги электродларнинг эриган металлини ва пайвандлашнинг реакцион зонасини ишқорли (Na , K) ва ишқор-тупроқли (Ca , Mg) металларнинг оксидлари газли ҳимоя қиласи. Уларнинг оксидлари карбонатлар парчалангандан кейин шлак ҳосил бўлишида иштирок этади.

$\text{SiO}_2\text{-CaO-CaF}_2$ тизимга K_2O , Na_2O , MgO , Al_2O_3 оксид қўшимчаларни қўшиш билан, уларни шлакнинг зичлигига, ва қовушқоқлигига ҳамда шлакнинг кўчишига ва шлак билан қопланиш хусусиятларига таъсирлари тадқиқот қилинган. Тадқиқот тажрибалари шуни кўрсатдики K_2O ва Na_2O миқдори ошса, шлакнинг зичлиги ва қовушқоқлиги ҳамда шлак қобиғининг кўчиши пасайиб кетади. MgO ва Al_2O_3 миқдорини оширса шлакнинг зичлиги ва қовушқоқлиги ошади.

Кўлланилаётган металл карбонатларининг диссоциацияланишида ажралиб чиқаётган CO_2 ни диссоциацияланиш ҳароратини тахлил қилиш асосида, электрод компонентларининг газ ҳосил қилувчилари сифатида MgCO_3 , CaCO_3 , K_2CO_3 , Na_2CO_3 карбонатлар композицияси қўлланилган. Қабул қилинган карбонатлар тўплами CO_2 нинг чиқиши 400°C дан 1200°C гача ҳарорат интервалида содир бўлади.

Карбонат композицияларининг компонентлари таъсири эритиб қопланган металлда азот миқдори бўйича ҳам тадқиқотлар олиб борилган. Эритиб қопланган металлда карбонатлар композицияси компонентларининг таъсири натижасида азот миқдорини аниқлаш математик моделни чиқариш учун электродлар қопламаси таркибида турли хил карбонатлар нисбатининг 12та варианти тадқиқот қилинди. Электрод қопламасининг шихтасига карбонатлар оптималь равишда газ-шлак ҳосил қилувчиларга нисбатан плавик шпати ва SiO_2 компонентлари киритилади. Шихта йиғувчида газ-шлак ҳосил қилувчилар миқдори 24 масса улушини ташкил этган. Шихтанинг газ-шлак ҳосил қилувчилар қисмига карбонатлар композициясининг таркиби 20% ни ташкил этган.

Моделнинг коэффициентлари қийматларини инобатга олган ҳолда ҳамма факторлар учун математик натижалар қуидагида кўринишда бўлди:

$$\begin{aligned} [N] = & 0,0362 \cdot \text{CaCO}_3 + 0,0326 \cdot \text{MgCO}_3 + 0,0378 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 + 0,029 \cdot \text{K}_2\text{CO}_3 - \\ & - 0,004785 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 - 0,004785 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 + \\ & + 0,002617 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{K}_2\text{CO}_3 + 0,022295 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 - \\ & - 0,01973 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{K}_2\text{CO}_3 + 0,01609 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{K}_2\text{CO}_3. \end{aligned}$$

Ўтказилган илмий-экспериментал тадқиқотлар асосида электрод қопламасининг газ ҳосил қилувчи компонентлари таркиби ишлаб чиқилди. Бу эса ишқорли металлар композициясини қўллаш имкониятини беради, улар ўз навбатида кенг ҳарорат интервалида парчаланиш имкониятига эгадирлар, бу билан бирга пайвандлаш ваннасини ва металл томчисининг ишончли ҳимоясини таъминлайди, натижада пайванд чокнинг куйма металлида газлар миқдори 8-10% га камаяди. Шундай қилиб, график боғлиқликлар таҳлили ва адабиёт манбаларига асосан чок металлида азот

микдори кам бўлишини таъминловчи карбонатлар композициясининг энг эффектив нисбати деб қуидаги карбонатлар композициялари нисбати қабул қилинди: $\text{CaCO}_3 = 96\%$, $\text{K}_2\text{CO}_3 = 1\dots 2\%$, $\text{MgCO}_3 = 2\dots 3\%$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 1\dots 2\%$.

Ўзбекистон Республикаси хомашёларидан тайёрланадиган электрод қопламаси пресснинг ишчи қисмида бажарилган. Белгилаб олиниши бўйича минерал хомашё асосли электродга суркалувчи аралашмани суркашда пресснинг босими $52\text{-}56 \text{ Кр}/\text{см}^2$ ни ташкил этиши керак. Агарда аралашманинг қовушқоқлик қийматларини ошириш керак бўлса аралашманинг суюқ шиша концентрациясини ўзгартириш билан бир қаторда пресслаш босимини кўпайтириш лозим бўлади.

Қопланган электродлар геометрик ҳолат бўйича юзалари текис, силлиқ, нуқсонларсиз бўлади. Қопламанинг мустаҳкамлигини аниқлаш қуидаги бажарилган, маълум баландликдан электродни бетон текисликка ташлаб юборилади, натижада қопламада қўчишлар юз бермади. Шундай қилиб ишлаб чиқилган пайвандлаш электродлари қопламанинг мустаҳкамлиги бўйича, компонентларни бир текис тақсимланиши бўйича, дефектлар йўқлиги бўйича талаб этилган сифатга эга эканлигини билдиради. Буларнинг ҳаммаси электрод қопламаси шихтасига ишлатилган минерал хомашёлар сифатли ва тўғри танланганлигидан далолат беради.

Қуидаги электродларнинг хусусиятлари тадқиқот қилинди:

№1 – УОНИ13/55,

№2 – мас. %: мармар (Оқсоқота қазилма жойи) – 52–60, кварц қуми (Тозбулоқ қазилма жойи) – 8–11, плавик шпати – 17–21, бойитилган каолин (Al_2O_3) – 3,8–5,4, сода – 1,5–1,9, ферромарганец – 1,9–2,1, ферросилиций 3,2–3,8, ферротитан – 11,0–15,0.

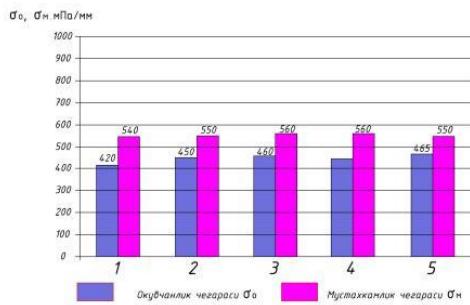
№3 – мас. %: мармар (Оқсоқота қазилма жойи) – 52–60, кварц қуми (Тозбулоқ қазилма жойи) – 8–11, плавик шпати – 17–21, поташ (K_2CO_3) – 1,8–2,0, ферромарганец – 1,9–2,1, ферросилиций 3,2–3,8, ферротитан – 11,0–15,0.

№4 – мас. %: мармар (Оқсоқота қазилма жойи) – 52–60, кварц қуми (Тозбулоқ қазилма жойи) – 8–11, плавик шпати – 17–21, поташ (K_2CO_3) – 1,8–2,0, сода – 1,5–1,9, гексафторцирконат (VI) калия – 1,2–1,8, ферромарганец – 1,9–2,1, ферросилиций 3,2–3,8, ферротитан – 11,0–15,0.

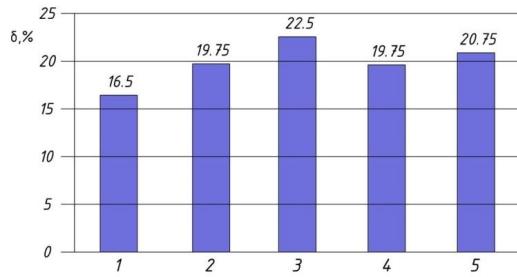
№5 – мас. %: мармар (Томчиота қазилма жойи) – 52–60, кварц қуми (Тозбулоқ қазилма жойи) – 8–11, плавик шпати – 17–21, поташ (K_2CO_3) – 1,8–2,0, сода (Na_2CO_3) – 1,5–1,9, ферромарганец – 1,9–2,1, ферросилиций 3,2–3,8, ферротитан – 11,0–15,0.

Пайванд намуналарини тайёрлаш учун пўлат 09Г2С танланди. Пайвандлашдан олдин электродлар $350\text{-}400^\circ\text{C}$ ҳароратда бир соат давомида прокалкаланди.

Махаллий хомашёлардан фойдаланиб асосий турдаги бўлган электрод қопламасини ишлаб чиқиш технологияси шуни кўрсатдики, пайванд чокнинг қўйма структураси мустаҳкамлик характеристикаларини 10-12%га ошириди (6- ва 7-расмлар).



6-расм. №1-5 электродлар билан бажарилган пайванд чокларнинг окувчанлик чегараси ва мустаҳкамлик чегараси қийматларининг гистограммаси



7-расм. №1-5 электродлар билан бажарилган пайванд чокларнинг нисбий чўзилувчанлиги δ қийматининг гистограммаси

ХУЛОСА

«Пайванд чокларнинг характеристикаларини яхшилаш мақсадида маҳаллий хомашёлардан фойдаланиб электрод қопламаларини тайёрлаш технологияси» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида куйидаги хуносалар тақдим этилди:

1. Ўзбекистон Республикаси минерал ресурслар захираси етарли миқдорларда, улар бир компонентли шаклда (мармар, кварц қуми) сифатида пайвандлаш материалларининг асоси учун хизмат қиласди.

2. Ўзбекистон Республикаси хомашё базаси асосида электрод қопламаларининг ишлаб чиқилган класификацион схемаси қопламали электродларни тайёрлаш учун муҳим аҳамият касб этади.

3. Қопламали электродлар билан ёйли дастакли пайвандлашнинг физик модели ишлаб чиқилган, бу модель жараённинг структурасини, компонентларнинг ўтиши ва ўзаро таъсирини ҳамда металл ва шлак ваннасининг шаклланишида муҳим аҳамият касб этади .

4. Пайвандлаш электродларининг қоплама таркибида оксидизлантируви компонентларни оптималлаштириш учун ёйли дастакли пайвандлашда чок металлининг қўйма структураси шаклланиш жараёнига ишлаб чиқилган математик модели пайванд чокнинг қўйма металлида кислород миқдорини 6-8%га камайтиришда муҳим аҳамият касб этади.

5. Қўлланилаётган металл карбонатларининг диссоциацияланишида ажралиб чиқаётган CO₂ ни диссоциацияланиш ҳароратини таҳлил қилиш асосида, электрод компонентларининг газ ҳосил қилувчилари сифатида MgCO₃, CaCO₃, K₂CO₃, Na₂CO₃ карбонатлар композицияси қўлланилган. Бу натижалар пайванд чокнинг қўйма металлидаги газларнинг миқдорини 8-10% га камайтиришда муҳим аҳамият касб этади.

6. Маҳаллий хомашёлардан фойдаланиб асосий турдаги бўлган электрод қопламасини ишлаб чиқиш технологияси яратилди. Олинган натижалар пайванд чокнинг қўйма структураси мустаҳкамлик характеристикаларини 10-12% га ошириш учун ҳизмат қиласди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.28.02.2018.Т.03.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И НАЦИОНАЛЬНОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ЭРМАТОВ ЗИЯДУЛЛА ДОСМАТОВИЧ

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕКТРОДОВ ИЗ
МЕСТНОГО СЫРЬЯ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК
СВАРНЫХ ШВОВ**

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**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2018.2.PhD/T619.

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
кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Михридинов Рисқидин Михридинович
доктор технических наук, доктор
Худояров Сулейман Рашидович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

Андижанский машиностроительный институт

Защита диссертации состоится «21» мая 2019 года в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.28.02.2018.T.03.04. при Ташкентском государственном техническом университете и Национальном университете Узбекистана. (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 № 80). (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.:(99871)227-10-32.)

Автореферат диссертации разослан «08» мая 2019 года.
(реестр протокола рассылки № 91 от «08» мая 2019 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

Р.М.Михриддинов

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

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

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире на современном этапе особое значение имеет уровень развития промышленности передовых стран, характеризующийся объемом производства, ассортиментом выпускаемой продукции и конкурентоспособностью на мировом рынке. В связи с этим повышение надежности и долговечности конструкций, безопасности машин, механизмов и оборудования является одной из актуальных задач. В этом плане в развитых странах, в том числе в США, Германии, Испании, Китае и России уделяется особое внимание развитию технологии сварочного производства, имеющего главную роль в мировой индустрии.

В мире проводятся научно-исследовательские работы по повышению качественных характеристик электродов на основе модернизации состава шихты покрытий для снижения их себестоимости. В этом направлении в том числе особое внимание заслуживает оптимизация состава шихты покрытия сварочных электродов по качеству и количеству ферросплавов и других компонентов. В том числе считается важным усовершенствование качественных характеристик сварного соединения за счет состава шихты, определяющего химический состав наплавленного металла.

В нашей республике проводятся меры в сфере оптимизации состава покрытий сварочных электродов по разработке методов прогнозирования физико-химических процессов происходящих при ручной дуговой сварке на основе полного материального баланса. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи, включая «...сокращение энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий»¹. Выполнение данных задач, в частности разработка сварочных материалов, обеспечивающих эксплуатационные характеристики сварных соединений за счет прогнозирования 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», №УП-4707 от 4 марта 2015 года «О программе мер по обеспечению структурных преобразований, модернизации и диверсификации производства на 2015-2019 годы», в Постановлениях № ПП-2698 от 26 декабря 2016 года «О мерах по дальнейшей реализации перспективных проектов локализации производства

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

готовых видов продукции, комплектующих изделий и материалов на 2017-2019 годы», № 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 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 формирования капли металла и шлака при ручной дуговой сварке покрытыми электродами, определяющего состав литого металла сварного шва и сварочно-технологические свойства материалов: формирование поверхности шва, отделимость шлаковой корки, возможность сварки в различных пространственных положениях и др. Ведущие ученые мира, в том числе итальянские ученые Ramini De Rissone и G. Glaussen изучили формирование капли при плавлении стержня и покрытия электрода и взаимодействие образовавшихся фаз друг с другом и газом. Учеными из Индии P. Kanjilal, S. Majumdar исследованы процессы взаимодействия фаз, протекающие на различных стадиях нагрева и плавления электрода, определяющие их конечный состав.

Учёными из стран СНГ И.К. Походней, В.В. Подгаецким, А.А. Ерохиной, Г.Л. Петровым, А.А. Буком, Н.Н. Потаповой, В.Н. Бороненковой, Е. Вотиновой проведены исследования процесса перехода отдельных элементов на основании сравнения исходного состава и состава металла шва. В Узбекистане созданию электролов на базе местного сырья посвящены работы ученых М.А. Абралова, Р.У. Абдурахманова, Р.М. Сайдова.

Несмотря на достигнутые научные результаты в области создания и разработки состава покрытия сварочных электролов, остается много нерешенных проблем: недостаточно изучены модели и методы прогнозирования состава литого металла сварного шва при ручной дуговой сварке, которые невозможно использовать на практике. Для решения вышеупомянутых проблем, необходимо провести исследования, позволившие оценить результаты процессов сварки, протекающих в твердой фазе, капле и металлической ванне, определить усредненные и парциальные коэффициенты перехода элементов и выявить их взаимосвязь с характеристиками сварочных электролов.

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 и Института материаловедения

НПО «Физика – Солнце» Академии наук Республики Узбекистан в рамках научно-исследовательского проекта № ФА-Атех-2018-32 «Разработка импортозамещающих сварочных электродов на базе местного сырья для сварки конструкционных сталей» (2018 г.).

Цель исследования состоит в разработке технологии приготовления покрытий сварочных электродов из местного сырья для улучшения качества литой структуры и характеристик сварных швов.

Задачи исследования:

обоснование доступности и пригодности минерального сырья Республики Узбекистан для создания шлаковой основы современных импортозамещающих сварочных электродов;

разработка классификационной схемы компонентов шихты электродных покрытий с учётом применяемой для их изготовления сырьевой базы;

разработка покрытия электродов для ручной дуговой сварки низкоуглеродистых низколегированных сталей;

разработка математической модели процессов взаимодействия по методикам прогнозирования состава фаз при ручной дуговой сварке;

разработка математической модели процессов взаимодействия по методикам прогнозирования состава фаз при ручной дуговой сварке;

оценка влияния добавок оксидов щелочных и щелочно-земельных металлов на плотность, вязкость, отделимость и кроющую способность шлака при ручной дуговой сварке.

Объектом исследования является композиция шлакообразующих компонентов покрытия электродов ручной дуговой сварки.

Предметом исследования являются литая структура сварного соединения и сварной шов, полученные в результате проведения ручной дуговой сварки покрытыми электродами, шлаковая основа современных импортозамещающих сварочных электродов и технология приготовления покрытий из местного сырья, обеспечивающие улучшение 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, физико-механических свойств литой структуры сварных соединений.

Научная новизна диссертационного исследования заключаются в следующем:

разработана классификационная схема компонентов шихты электродных покрытий с учётом применяемой для изготовления сырьевой базы;

созданы физическая и математическая модели процесса формирования литой структуры металла шва при ручной дуговой сварке на основе классификационной схемы компонентов покрытия электродов и применения метода полного материального баланса;

определенено влияние добавок оксидов K_2O , Na_2O , MgO , Al_2O_3 на плотность, вязкость, отделимость и кроющую способность шлака системы $SiO_2-CaO-CaF_2$;

разработан состав газообразующей части покрытия электродов, позволяющий обеспечить надежную защиту металла капли и ванны и снизить содержание газов в литом металле сварного шва на 8-10%;

разработан состав шлакообразующей части покрытия электродов, позволяющий повысить прочностные характеристики литой структуры сварных швов на 10-12%.

Практические результаты исследования:

разработан состав шлаковой основы современных импортозамещающих сварочных электродов;

разработана технология приготовления покрытий основного типа из местного сырья;

разработан состав шлакообразующих компонентов покрытия электродов повышающий на 10-12% прочностные характеристики литой структуры сварного шва;

разработан состав газообразующих компонентов покрытия электродов, понижающий на 8-10% содержание газов в литом металле 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 физической и математической модели процесса формирования литой структуры металла сварного шва при ручной дуговой сварке покрытыми металлическими электродами на основе разработанной классификационной схемы компонентов покрытия электродов при ручной дуговой сварке.

Практическая значимость исследований заключается в разработке шлаковой основы покрытий электродов из местного сырья, обеспечивающие улучшение литой структуры и характеристик сварных швов.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных результатов по разработке покрытий электродов из местного сырья с улучшенными характеристиками сварных швов:

разработанная математическая модель процесса формирования состава литого металла сварного шва в СП ООО «Ташкентский трубный завод имени В.Л. Гальперина» (справка 01/86-01-01А от 4 марта 2019 года АО «Узмонтажспецстрой») применяется для оптимизации содержания раскислителей в составе покрытия сварочных электродов. В результате

появилась возможность снизить содержание кислорода в литом металле сварного шва на 6-8%;

разработанный состав газообразующей части покрытия электродов, позволяет, за счет использования композиции карбонатов щелочных и щелочно-земельных металлов, способных разлагаться в широком интервале температур в СП ООО «Ташкентский трубный завод имени В.Л. Гальперина» (справка 01/86-01-01А от 4 марта 2019 года АО «Узмонтажспецстрой») обеспечить надежную защиту металла капли и ванны. В результате достигнуто снижение содержания газов в литом металле сварного шва на 8-10%;

разработан состав шлаковой основы покрытия сварочных электродов основного типа на базе материалов, полученных из местного рудно-минерального сырья и технология его приготовления внедрен в СП ООО «Ташкентский трубный завод имени В.Л. Гальперина» (справка 01/86-01-01А от 4 марта 2019 года АО «Узмонтажспецстрой»). В результате достигнуто повышение прочностных характеристик литой структуры сварных швов на 10-12%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования диссертации были обсуждены, в том числе на 3 международных и 3 республиканских конференциях и симпозиумах.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ. Из них 4 статьи, в том числе 3 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 электродных покрытий на базе местного сырья» представлен анализ рынка сварочных материалов Республики Узбекистан, анализ шлаковой основы электродных покрытий и металлургических процессов, протекающих при формировании литой структуры сварного шва, а также

анализ минерально-сырьевой базы Республики Узбекистан для промышленного производства покрытий для электродов.

На основе изучения научно-технической и патентной литературы показано, что наиболее актуально и перспективно для улучшения литой структуры сварного шва использовать электроды с основным покрытием, шлаковую основу которого составляют карбонаты кальция и плавикового шпата. В состав покрытия вводят также минеральные силикаты (кварцевый песок, гранит и т.д.) и несколько раскислителей одновременно (ферромарганец, ферросилиций, ферротитан и др.). Приведены данные, что на территории Республики Узбекистан существуют значительные запасы сырьевых ресурсов, которые могут служить основой для покрытия стальных сварочных материалов, причем в однокомпонентной форме (мрамор, кварцевый песок). Исходя из анализа литературных источников, диссидентом сформулированы цель и задачи исследования.

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

В качестве объектов исследования выбрано минеральное сырье (мрамор и кварцевый песок) Республики Узбекистан, которое подвергается дроблению и прокалке. Другим объектом исследования является литой металл сварного соединения и сварной шов, полученные в результате проведения ручной дуговой сварки вновь разработанными покрытыми электродами 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, позволяющих произвести анализ с высокой достоверностью.

В третьей главе диссертации **«Исследование формирования литого металла шва при ручной дуговой сварке»** приведены результаты по разработке классификационной схемы компонентов шихты электродных покрытий; созданию физической и математической модели процесса формирования литой структуры металла шва при ручной дуговой сварке на основе классификационной схемы компонентов покрытия электродов и применения метода полного материального баланса.

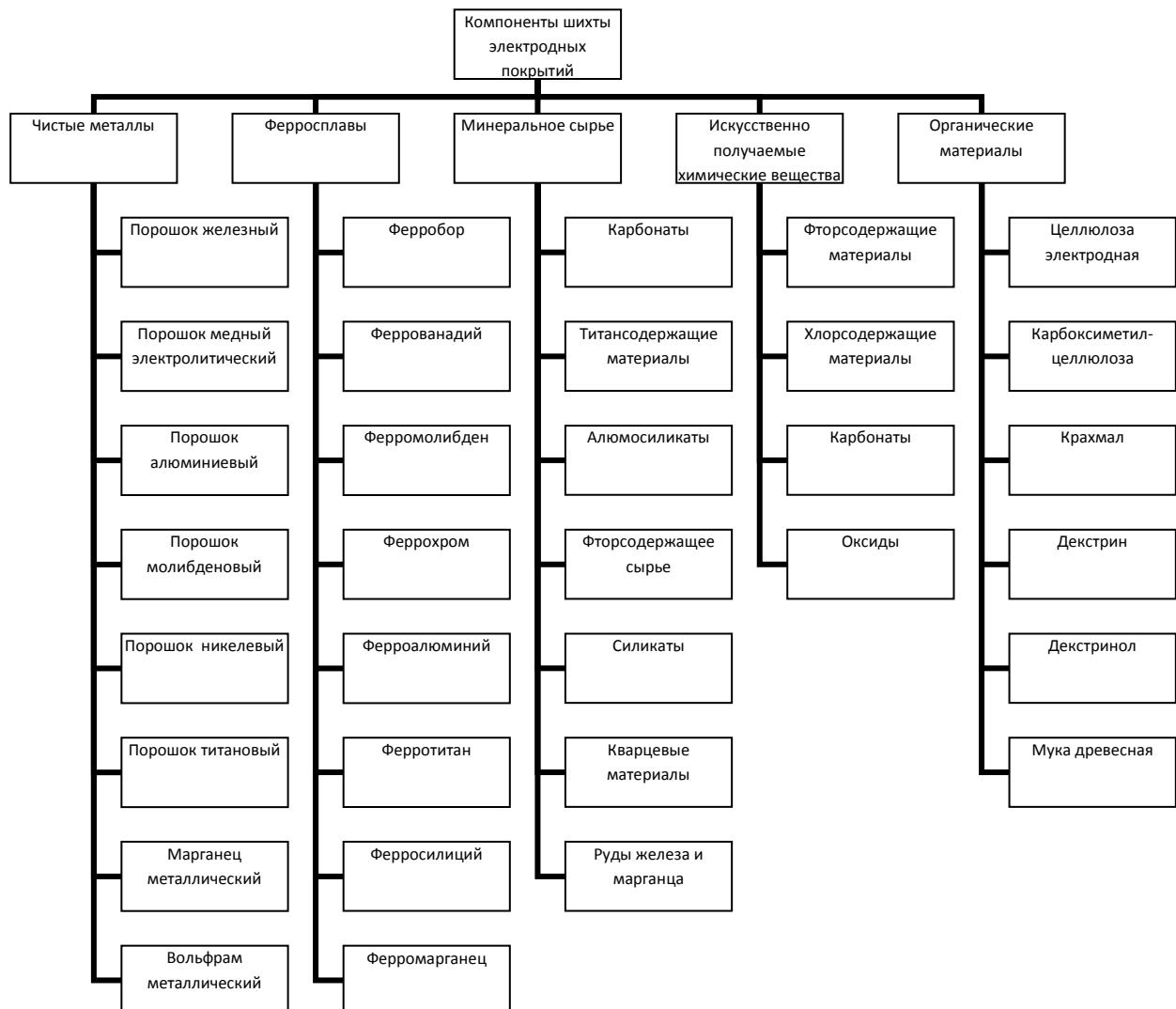


Рис. 1. Классификация компонентов шихты электродных покрытий.

Физическая модель процесса сварки покрытыми электродами необходима для описания всех процессов, протекающих в зоне сварки с момента зажигания дуги и до момента окончания сварки (или достижения квазистационарного состояния). Для создания математической модели в зоне сварки учитываются ниже перечисленные физико-химические процессы:

- нагрев и плавление основного металла сварного шва теплотой электрической дуги;
- нагрев и плавление стержня электрода проходящим током и теплотой электрической дуги и образование металлической капли;
- перенос в сварочную ванну электродного металла;
- перемешивание основного и электродного металлов в сварочной ванне;
- химические реакции, протекающие в результате взаимодействие компонентов покрытия в шлаковой ванне;
- кристаллизация по мере удаления источника нагрева металла сварного шва.

Все вышеперечисленные физико-химические процессы можно представить в виде схемы на рис. 2. Электрод является поставщиком

металлических капель, которые формируют наплавленный металл. Капли образуются при плавлении электродного стержня, металлической части покрытия и металла, восстановленного из шлака. Весь этот металл переходит в сварочную ванну, смешиается с основным металлом и после кристаллизации образует сварной шов.

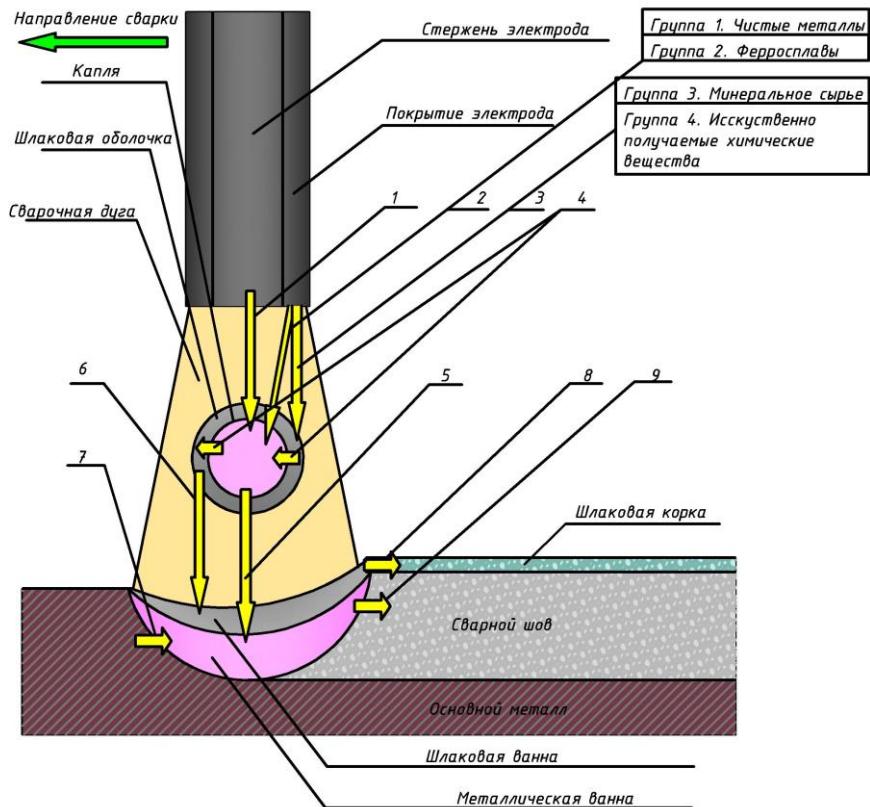


Рис. 2. Физическая модель процесса формирования литой структуры металла шва при ручной дуговой сварке:

1 - плавление электродного стержня и формирование металлической капли; 2 - плавление металлической части электродного покрытия и формирование металлической капли; 3 - плавление неметаллической части электродного покрытия и формирование шлаковой пленки; 4 - перенос элементов из шлаковой пленки в металлическую каплю и из металлической капли в шлаковую пленку (в виде оксидов); 5 - перенос капель металла в металлический расплав; 6 - перенос шлаковой пленки в шлаковый расплав; 7 - плавление основного металла и формирование сварочной ванны; 8 - затвердевание шлакового расплава; 9 - кристаллизация металлического расплава.

Физическая модель формирования состава наплавленного металла и металла шва при ручной дуговой сварке покрытыми электродами была положена в основу создания математической модели:

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

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

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

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

2. Общий (усредненный) коэффициент перехода элемента E_z :

$$\bar{\eta}_{E_z} = a\eta_{E_z}^{cmep} + b\eta_{E_z}^{u.m.} + c\eta_{E_z}^{\phiep} + d\eta_{E_z}^{u.l.mn} + e\eta_{E_z}^{u.l.иск.вещ} \quad (2)$$

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

где a, b, c, d и e - доли участия электродного стержня, чистых металлов, ферросплавов, металла восстановленного из шлака минерального сырья и искусственно получаемых химических веществ в формировании наплавленного металла;

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

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

$$\eta_{E_z}^{\phiep} = 1 - k_3^{E_z}, \quad (6)$$

$$\eta_{E_z}^{u.l.mn.} = k_4^{E_z}, \quad (7)$$

$$\eta_{E_z}^{u.l.иск.вещ} = k_5^{E_z}, \quad (8)$$

где $\eta_{E_z}^{cmep}, \eta_{E_z}^{u.m.}, \eta_{E_z}^{\phiep}, \eta_{E_z}^{u.l.mn.}$ и $\eta_{E_z}^{u.l.иск.вещ}$ - парциальные коэффициенты перехода элемента E_z в наплавленный металл из стержня, чистых металлов, ферросплавов, шлака, получаемого из минерального сырья и искусственного получаемых химических веществ соответственно.

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

$k_2^{E_z}$ - доля массы компонента E_z металлической части покрытия электрода (группа 1. Чистые металлы), окисленной газом и шлаком;

$k_3^{E_z}$ - доля массы компонента E_z металлической части покрытия электрода (группа 2. Ферросплавы), окисленной газом и шлаком;

$k_4^{E_z}$ - доля массы оксида компонента E_z неметаллической части покрытия (группа 3. Минеральное сырье), переходящей в металл в результате реакций восстановления на стадии капли;

$k_5^{E_z}$ - доля массы оксида компонента E_z неметаллической части покрытия (группа 4. Искусственно получаемые химические вещества), переходящей в металл в результате реакций восстановления на стадии капли.

3. Масса элемента в наплавленном металле

$$m_{E_z}^{напл} = m_{E_z}^{cm} \cdot \frac{E_z^{cm}}{100} + \sum_{k=1}^n m_k^{u.m.} \cdot \frac{E_z^{u.m.}}{100} + \sum_{k=1}^l m_k^{\phiep} \cdot \frac{E_z^{\phiep}}{100} + \sum_{k=1}^p m_k^{u.l.mn.} \cdot \frac{E_z^{u.l.mn.}}{100} + \sum_{k=1}^s m_k^{u.l.иск.вещ} \cdot \frac{E_z^{u.l.иск.вещ}}{100} = m_{E_z}^{cm} + m_{E_z}^{u.m.} + m_{E_z}^{\phiep} + m_{E_z}^{u.l.mn.} + m_{E_z}^{u.l.иск.вещ}. \quad (9)$$

где $m_{E_z}^{cm}$, $m_{E_z}^{\phiep}$, $m_{E_z}^{u.m.}$ массы элемента E_z в электродном стержне, ферросплавах и восстановленной из неметаллических компонентов покрытия электрода, соответственно.

4. Масса каждого элемента, попадающего в расплав из стержня:

$$m_{E_z}^{cm} = \frac{m_{\text{ст}}}{1 + k_{mn}} \cdot \frac{E_z^{cm}}{100} \quad (10)$$

Масса каждого ферросплава, содержащегося в покрытии:

$$m_{E_z}^{\phi_{ep_k}} = m_{nok} \cdot \frac{\%_{\phi_{ep_k}}}{100} \quad (11)$$

$$m_{nok} = \frac{k_{mn}}{(1 + k_{mn}) \cdot (1 + 0,01\alpha \cdot \beta)} m_{\omega}, \quad (12)$$

где α - содержание связующего (жидкого стекла) в покрытии электрода, мас.%;

β - массовая доля сухого остатка связующего, вычисленная по формуле:

$$\beta = 0,59\gamma_{ce} + 0,028m - 0,535, \quad (13)$$

где γ_{ce} - плотность связующего, г/см³;

m - модуль связующего.

5. Масса элемента E_z , образующейся при плавлении ферросплавов в покрытии электрода:

$$m_{E_z}^{\phi_{ep}} = \frac{k_{mn}}{(1 + k_{mn}) \cdot (1 + 0,01\alpha \cdot \beta)} m_{\omega} \sum_{k=1}^l \frac{\%_{\phi_{ep_k}}}{100} \cdot \frac{[E_z]_k}{100} \quad (14)$$

6. Масса элемента E_z , восстановленного из шлака, может быть определена по выражению:

$$m_{E_z}^{uwl} = m_{E_n}^{uwl.minh_j} + m_{E_n}^{wcc} \quad (15)$$

Масса элемента E_z , образующегося при восстановлении из неметаллических компонентов покрытия.

$$m_{E_n}^{uwl.minh_j} = \frac{m_{\omega} \cdot k_{MII}}{(1 + k_{MII}) \cdot (1 + 0,01\alpha \cdot \beta)} \cdot \sum_{k=1}^p \frac{\%_{uwl.minh_j}}{100} \cdot \frac{(E_{z_n} O_m)_j}{100} \cdot \frac{M_{E_n}}{M_{E_{z_n} O_m}} \quad (16)$$

Масса элемента E_z , образующегося при восстановлении из сухого остатка жидкого стекла в покрытии:

$$m_{E_n}^{wcc} = \frac{m_{\omega} \cdot k_{MII}}{(1 + k_{MII}) \cdot (1 + 0,01\alpha \cdot \beta)} \cdot \frac{\alpha \cdot \beta}{100} \cdot \frac{(E_{z_n} O_m)_j}{100} \cdot \frac{M_{E_n}}{M_{E_{z_n} O_m}} \quad (17)$$

$$m_{E_z}^{uwl} = \frac{m_{\omega} \cdot k_{MII}}{(1 + k_{MII}) \cdot (1 + 0,01\alpha \cdot \beta)} \cdot \frac{M_{E_n}}{M_{E_{z_n} O_m}} \left(\sum_{k=1}^p \frac{\%_{uwl.minh_j}}{100} \cdot \frac{(E_{z_n} O_m)_j}{100} + \frac{\alpha \cdot \beta}{100} \cdot \frac{(E_{z_n} O_m)_j}{100} \right) \quad (18)$$

7. Масса компонента E_z в металлической ванне:

$$m_{E_z}^{cm} = \frac{m_{\omega}}{1 + k_{mn}} \cdot \left(\frac{E_z^{cm}}{100} \left(1 - k_1^{E_z} \right) + \frac{k_{mn}}{(1 + 0,01\alpha \cdot \beta)} \left(m_{\omega} \sum_{k=1}^l \frac{\%_{\phi_{ep_k}}}{100} \cdot \frac{[E_z]_k}{100} \left(1 - k_3^{E_z} \right) + \frac{M_{E_n}}{M_{E_{z_n} O_m}} \left(k_4^{E_z} + k_5^{E_z} \right) \left(\sum_{k=1}^p \frac{\%_{uwl.minh_j}}{100} \cdot \frac{(E_{z_n} O_m)_j}{100} + \frac{\alpha \cdot \beta}{100} \cdot \frac{(E_{z_n} O_m)_j}{100} \right) \right) \right) \quad (19)$$

8. Усредненный коэффициент перехода элемента E_z ,

$$\bar{\eta}_{E_z} = \frac{[E_z]_{H.M.}}{a[E_z]_{cmer} + b[E_z]_{u.M.} + c[E_z]_{\phi_{ep.}} + d[E_z]_{uwl.minh.} + e[E_z]_{uwl.иск.всп.}} \quad (20)$$

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

$[E_z]_{cmet}$ - исходная концентрация элемента E_z в стержне электрода, мас.%;

$[E_z]_{u.m.}$ - исходная концентрация элемента E_z в вводимых чистых металлах в электродное покрытие, мас.%;

$[E_z]_{fep}$ - исходная концентрация элемента E_z в ферросплавах электродного покрытия, мас.%;

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

$[E_z]_{u.sk.vesh.}$ - исходная концентрация элемента E_z в химически чистых веществах электродного покрытия, мас.%;

$$a = \frac{m_{\text{эл.}} \cdot (1 - k_{nom}^{me})}{m_{\text{св.ванны}} \cdot (1 + k_{MII})} \quad (21)$$

$$b = \frac{m_{\text{эл.}} \cdot (1 - k_{nom}^{me}) \cdot k_{MII} \cdot \sum_{k=1}^n \frac{\% \text{ч.М}_k}{100}}{m_{\text{св.ванны}} \cdot (1 + k_{MII}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha\beta}{100}\right)} \quad (22)$$

$$c = \frac{m_{\text{эл.}} \cdot (1 - k_{nom}^{me}) \cdot k_{MII} \cdot \sum_{k=1}^l \frac{\% \phi_{ep_k}}{100}}{m_{\text{св.ванны}} \cdot (1 + k_{MII}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha\beta}{100}\right)} \quad (23)$$

$$e = \frac{m_{\text{эл.}} \cdot (1 - k_{nom}^{me}) \cdot k_{MII} \cdot \sum_{k=1}^s \frac{\% \text{иск.веш}_k}{100}}{m_{\text{св.ванны}} \cdot (1 + k_{MII}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha\beta}{100}\right)} \quad (24)$$

$$d = 1 - a - b - c - e$$

9. Масса компонента в металлической (сварочной) ванне определяем следующим образом.

$$m_{E_z} = \frac{m_{\text{св.ванны}} \cdot [E_z]_{\text{распл}}}{100}, \quad (25)$$

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

10. Коэффициент потерь металла при сварке (наплавке) покрытыми электродами:

$$k_{nom}^{Me} = \frac{m_{cmet} + m_{u.m.} + m_{fep} + m_{u.t.min} + m_{me}^{u.t.иск.веш} - m_{напл.me}}{m_{cmet} + m_{u.m.} + m_{fep} + m_{me}^{u.t.min} + m_{me}^{u.t.иск.веш}}, \quad (26)$$

где $m_{me}^{u.t.min}$ - масса металла, восстановленного из шлака и перешедшего в сварочную ванну, кг.

Установлено, что сравнительные расчетные данные математической модели согласуются с экспериментальными данными с незначительными расхождениями - 5%.

В четвертой главе диссертации «Разработка технологии приготовления покрытий электродов» приведены результаты исследования по разработке шлакообразующей основы покрытий электродов для формирования качественной литой структуры сварного шва.

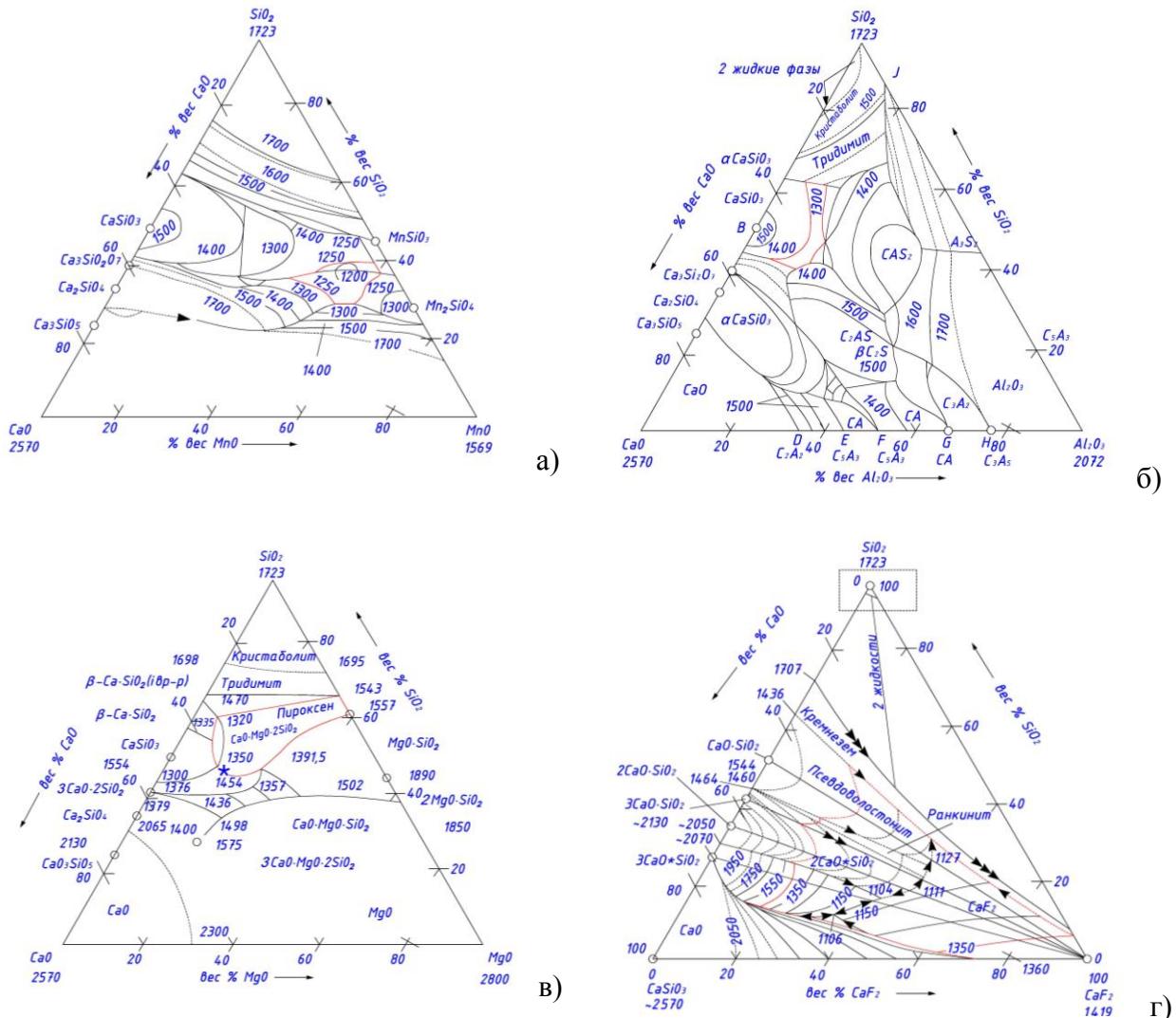


Рис. 3. Диаграммы состояния тройных систем:
а) $\text{SiO}_2\text{-CaO-MnO}$, б) $\text{SiO}_2\text{-CaO-Al}_2\text{O}_3$, в) $\text{SiO}_2\text{-CaO-MgO}$ г) $\text{SiO}_2\text{-CaO-CaF}_2$.

Как следует из представленных диаграмм состояния, у этих тройных систем температура плавления шлаков составляет 1300° C , т. е. такая температура может удовлетворить требованиям, предъявляемым к сварочным шлакам при сварке сталей.

В системе $\text{SiO}_2\text{-CaO-MnO}$ эта область лежит при соотношениях $\sim 40\%$ SiO_2 , $\sim 40\%$ MnO и $\sim 20\%$ CaO . Такое значительное количество MnO может при раскислении кремнием привести к марганцево-восстановительному процессу и, кроме того, к токсичности пылевыделения при сварке.

В системе $\text{SiO}_2\text{-CaO-Al}_2\text{O}_3$ температура плавления 1300°C имеет место при составах $\sim 50\%$ SiO_2 , $\sim 30\%$ CaO и $\sim 20\%$ Al_2O_3 , а для системы $\text{SiO}_2\text{-CaO-MgO}$ $\sim 50\%$ SiO_2 , 30% CaO и 20% MgO является очень ограниченной.

В системе $\text{SiO}_2\text{-CaO-CaF}_2$ область таких температур плавления шире и находится по составам шлаков близкой к $\sim 50\text{-}60\%$ CaO , $15\text{-}25\%$ CaF_2 и $5\text{-}15\%$ SiO_2 .

Шлаки системы $\text{SiO}_2\text{-CaO-CaF}_2$ к настоящему времени достаточно изучены. Плавиковый шпат CaF_2 диссоциирует в зоне действия дуги и образует летучие фториды, в результате чего снижается содержание водорода и серы в металле сварных швов. CaF_2 , повышая текучесть шлака, способствует рафинированию металла сварных швов, а CaO улучшает физическую защиту металла шва.

Исследованы влияние добавок оксидов K_2O , Na_2O , MgO , Al_2O_3 на плотность и вязкость шлака, а также отдельимость (рис. 4) и кроющую способность (рис. 5) шлака системы $\text{SiO}_2\text{-CaO-CaF}_2$ показавшее, что с увеличением содержания K_2O и Na_2O уменьшаются плотность и вязкость шлака, а также отдельимость шлаковой корки, а повышение содержания MgO и Al_2O_3 увеличивает плотность и вязкость шлака.

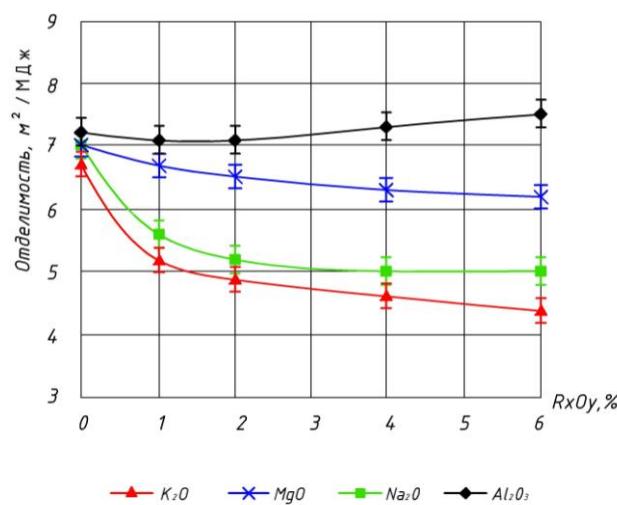


Рис. 4. Зависимость отдельимости шлаковой корки от количества оксида в шлаке

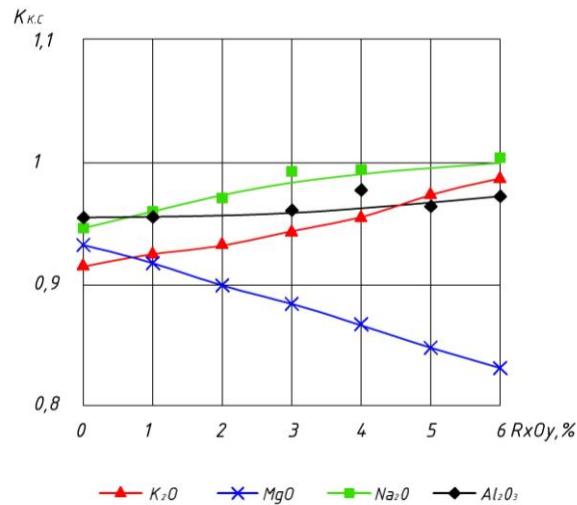


Рис. 5. Зависимость кроющей способности шлака от типа и содержания оксида

Установлено, что при разработке шлаковой основы электродных покрытий требуется усовершенствование состава газошлаковой составляющей покрытия. Газовую защиту реакционной зоны сварки и расплавленного металла электродов основного типа обеспечивают карбонаты щелочных (Na, K) и щелочноземельных (Ca, Mg) металлов, оксиды которых, после разложения карбоната, участвует в образовании шлака.

На основании анализа температур диссоциации и расчета объема CO_2 , выделяющегося при диссоциации применяемых карбонатов металлов, в качестве газообразующего компонента покрытия электрода была принята композиция карбонатов MgCO_3 , CaCO_3 , K_2CO_3 , Na_2CO_3 . Принятое

сочетание карбонатов обеспечивает выделение CO_2 в интервале температур от 400°C до 1200°C.

Исследовалась зависимость содержания азота в литом металле сварного шва от процентного состава карбонатов натрия, калия, магния и кальция. Для разработки математической модели зависимости содержания азота в литом металле сварного шва от процентного состава карбонатов натрия, калия, магния и кальция изучены 15 составов покрытия электродов для ручной дуговой сварке в которых варьировалось содержание карбонатов щелочных и щелочно-земельных металлов. Содержание основных шлакообразующих компонентов CaF_2 и SiO_2 в шихте покрытия электрода составляет 80 %.

С учетом значимости коэффициентов модели для всех факторов математическое описание поверхности отклика следующее:

$$[\text{N}] = 0,0362 \cdot \text{CaCO}_3 + 0,0326 \cdot \text{MgCO}_3 + 0,0378 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 + 0,029 \cdot \text{K}_2\text{CO}_3 - \\ - 0,004785 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 - 0,004785 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 + \\ + 0,002617 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{K}_2\text{CO}_3 + 0,022295 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 - \\ - 0,01973 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{K}_2\text{CO}_3 + 0,01609 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{K}_2\text{CO}_3.$$

На основе проведенных научно-экспериментальных исследований впервые разработан состав газообразующей части покрытия электродов, позволяющий за счет использования композиции карбонатов щелочных металлов, способных разлагаться в широком интервале температур, обеспечивать надежную защиту металла капли и ванны, в результате чего содержание газов в литом металле сварного шва снижается на 8-10%. Таким образом, на основе анализа графических зависимостей и приведенных литературных данных в качестве наиболее эффективной композиции карбонатов, обеспечивающей низкое содержание азота в металле шва, принято следующее соотношение композиции карбонатов $\text{CaCO}_3 = 96 \%$, $\text{K}_2\text{CO}_3 = 1\dots2 \%$, $\text{MgCO}_3 = 2\dots3 \%$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 1\dots2 \%$.

Процесс изготовления из минерального сырья Республики Узбекистан покрытия электродов проводился непосредственно в рабочей части пресса. Установлено, что при прессовании электрообмазочной смеси на минеральной основе давление должно составлять 52-56 Кр/см², в случае, если требовалось уменьшить вязкостное значение смеси, давление прессования необходимо увеличивать, одновременно изменяя концентрацию жидкого стекла в смеси.

Покрытые электроды по геометрии состояния поверхности ровные, гладкие, без дефектов. Определение прочности покрытия производили по методике удараения электродов с определенной высоты об бетонную поверхность, при этом откол покрытия не наблюдался. Таким образом, изготовленные сварочные электроды обладали требуемым качеством по прочности покрытия, равномерностью распределения компонентов, отсутствием дефектов, все это говорит о качественном соответствии используемого минерального сырья в шихте электродных покрытий.

Исследовались свойства следующих электродов:

№1 – УОНИ13/55,

№2 – мас. %: мрамор (месторождение Аксакота) – 52–60, песок кварцевый (месторождение Тозбулак) – 8–11, плавиковый шпат – 17–21, каолин обогащенный (Al_2O_3) – 3,8–5,4, сода – 1,5–1,9, ферромарганец – 1,9–2,1, ферросилиций 3,2–3,8, ферротитан – 11,0–15,0.

№3 – мас. %: мрамор (месторождение Аксакота) – 52–60, песок кварцевый (месторождение Тозбулак) – 8–11, плавиковый шпат – 17–21, поташ (K_2CO_3) – 1,8–2,0, ферромарганец – 1,9–2,1, ферросилиций 3,2–3,8, ферротитан – 11,0–15,0.

№4 – мас. %: мрамор (месторождение Аксакота) – 52–60, песок кварцевый (месторождение Тозбулак) – 8–11, плавиковый шпат – 17–21, поташ (K_2CO_3) – 1,8–2,0, сода – 1,5–1,9, гексафторцирконат (VI) калия – 1,2–1,8, ферромарганец – 1,9–2,1, ферросилиций 3,2–3,8, ферротитан – 11,0–15,0.

№5 – мас. %: мрамор (месторождение Томчиота) – 52–60, песок кварцевый (месторождение Тозбулак) – 8–11, плавиковый шпат – 17–21, поташ (K_2CO_3) – 1,8–2,0, сода (Na_2CO_3) – 1,5–1,9, ферромарганец – 1,9–2,1, ферросилиций 3,2–3,8, ферротитан – 11,0–15,0.

Для изготовления сварных образцов использовали сталь 09Г2С. Перед сваркой электроды прокаливали при температуре 350–400°C.

Показано, что разработанная технология приготовления покрытий основного типа из местного сырья повышают прочностные характеристики литой структуры сварных швов на 10–12% (рис. 6, 7)

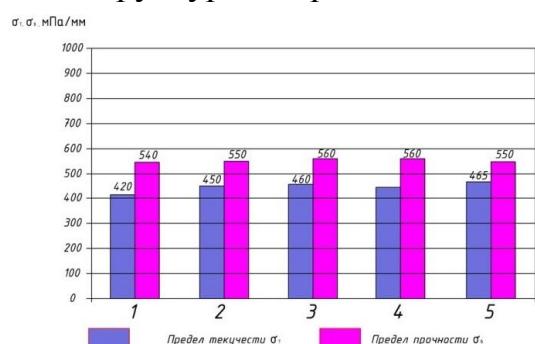


Рис. 6. Гистограмма значений предела текучести и предела прочности сварных швов, выполненных электродами №1-5

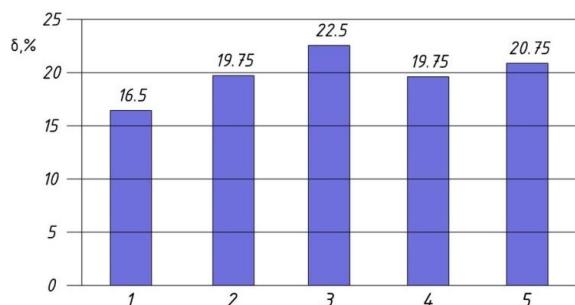


Рис. 7. Гистограмма значений относительного удлинения δ сварных швов, выполненных электродами №1-5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по диссертационной работе доктора философии (PhD) на тему «Технология приготовления покрытий электродов из местного сырья с целью улучшения характеристик сварных швов» сформулированы следующие выводы:

1. Республика Узбекистан располагает значительными запасами сырьевых ресурсов, которые могут служить основой для сварочных материалов, причем в однокомпонентной форме (мрамор, кварцевый песок).

2. Разработанная на основе сырьевой базы Республика Узбекистан классификационная схема компонентов шихты электродных покрытий применяется для изготовления покрытий электродов.

3. Разработана физическая модель ручной дуговой сварки покрытыми электродами, которая показывает структуру процесса, взаимодействие и перенос компонентов, а также формирование металлической и шлаковой ванн.

4. Разработана математическая модель процесса формирования состава литого металла сварного, применяемая для оптимизации содержания раскислителей в составе покрытия сварочных электродов. Полученные результаты снижают содержание кислорода в литом металле сварного шва на 6-8%;

5. На основании анализа температур диссоциации и расчета объема CO_2 , выделяющегося при диссоциации применяемых карбонатов металлов, в качестве газообразующего компонента покрытия электрода объектом исследования принята композиция карбонатов MgCO_3 , CaCO_3 , K_2CO_3 , Na_2CO_3 . В результате достигнуто снижение содержания газов в литом металле сварного шва на 8-10%;

6. Установлено, что разработанный состав шлаковой основы современных импортозамещающих сварочных электродов и технология приготовления покрытий основного типа из местного сырья повышают прочностные характеристики литой структуры сварных швов на 10-12%.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.28.02.2018.T.03.04 ON THE ADMISSION OF
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY AND THE NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

ERMATOV ZIYADULLA DOSMATOVICH

**TECHNOLOGY OF COATING WELDING ELECTRODES FROM LOCAL
MATERIALS WITH THE AIM OF IMPROVING THE QUALITY OF THE
CHARACTERISTICS OF WELDS**

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 - 2019

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 B2018.2.PhD/T729.

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

candidate of technical science, associate professor

Official opponents:

Mikhridinov Riskidin Mikhridinovich

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 «21» май 2019 at 14⁰⁰ hours at a meeting of the Scientific Council DSc.28.02.2018.T.03.04. at the Tashkent State Technical University and the National University of Uzbekistan. (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. 80). (Address: 100095, Tashkent, Universitet St., 2. Phone: (99871) 227-10-32.)

The thesis abstract was sent out «08» may 2019 year.

(register of the distribution protocol № 91 from «08» may 2019 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

R.M.Mikhridinov

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 technology for the preparation of coatings for welding electrodes from local raw materials to improve the quality of the cast structure and the characteristics of the welds.

The object of the research is the composition of slag-forming components of electrode coating for manual arc welding.

Scientific novelty of the research work is as follows:

a classification scheme has been developed for the components of the charge of electrode coatings, taking into account the raw material base used for the manufacture;

physical and mathematical models have been created for the process of forming the cast structure of the weld metal during manual arc welding based on the classification scheme of the electrode coating components and using the full material balance method;

The influence of the addition of K_2O , Na_2O , MgO , Al_2O_3 oxides on the density, viscosity, separability and covering ability of the slag $SiO_2-CaO-CaF_2$ system was determined;

The composition of the gas-forming part of the coating of electrodes has been developed, which ensures reliable protection of the drop metal and bath and reduces the gas content in the cast metal of the weld by 8-10%;

The composition of the slag-forming part of the coating of electrodes has been developed, which makes it possible to increase the strength characteristics of the cast structure of welds by 10–12%.

The outline of the thesis. Based on the results of the development of coatings of electrodes from local raw materials with improved characteristics of welds:

The developed mathematical model of the process of forming the composition of the cast metal of the weld in the JV «Tashkent Tubes Factory named after V.L. Halperin» (reference 01/86-01-01A from 4 Marat 2019 JSC "Uzmontazhspetsstroy") to optimize the content of deoxidizers in the coating composition of welding electrodes. As a result, it became possible to reduce the oxygen content in the cast metal of the weld by 6-8%;

The developed composition of the gas-forming part of the electrode coating allows, through the use of a composition of carbonates of alkaline and alkaline-earth metals, which can decompose in a wide temperature range in the JV "Tashkent Tubes Factory named after V.L. Halperin" (reference 01 / 86-01-01A from 4 Marat 2019 JSC "Uzmontazhspetsstroy") to ensure reliable protection of metal drops and baths. As a result, a decrease in the content of gases in the cast metal of the weld by 8-10%;

The developed composition of the slag base for coating the welding electrodes of the main type on the basis of materials obtained from local ore and mineral raw materials and the technology of its preparation in the "Tashkent Tubes Factory named after V.L. Halperin" (reference 01 / 86-01-01A from 4 Marat 2019,

JSC «Uzmontazhspetsstroy»). As a result, an increase in the strength characteristics of the cast structure of welds was achieved by 10–12%.

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

1. Ermatov Z.D., Dunyashin N.S. Development of electrodes for shielded metal arc welding based of the classification of the coating charge components//Austria. European Sciences review Scientific journal, 2018. - № 11 - 12 (November - December). – pp. 40 – 41. (05.00.00.№3)
2. Дуняшин Н.С., Эрматов З.Д. К вопросу исследования влияния типа покрытия электродов на металл сварочной ванны// Проблемы механики, 2017. - №4. - С. 40-42. (05.00.00.№6)
3. Дуняшин Н.С., Эрматов З.Д. К вопросу разработки сварочных электродов с использованием плавленных минааллов// Композиционные материалы, 2017. - №4. - С.39-41. (05.00.00.№13)
4. Дуняшин Н.С., Эрматов З.Д. Совершенствование состава шихты покрытий электродов на основе определения парциальных коэффициентов перехода элементов при ручной дуговой сварке // Вестник ТГТУ, 2017. - №4. -С.56-61. (05.00.00.№16)
5. Набиева С.А., Эрматов З.Д. Исследование влияния типа покрытия электрода на металл сварочной ванны// Актуальные вопросы в области технических наук и социально-экономических наук.. Республиканский межвузовский сборник. Ташкент: ТХТИ, 2012 - С.262-264.
6. Набиева С.А., Эрматов З.Д. Исследование технологического процесса производства электродов// Актуальные вопросы в области технических наук и социально-экономических наук.. Республиканский межвузовский сборник. Ташкент: ТХТИ, 2013 - С.178-179.
7. Эрматов З.Д., Мирджалилова С. К вопросу разварки силикатной глыбы и приготовление растворов жидких стекол для электродных покрытий. Республиканский межвузовский сборник//Ташкент: ТХТИ,2016 - С.125-126.
8. Эрматов З.Д. К вопросу исследования переработки материалов электродных покрытий// Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук. Республиканский межвузовский сборник. Ташкент: ТХТИ,2017 - С.41-42.
9. Усенов А., Эрматов З.Д. Исследование нанесения покрытия на стержни электродов для ручной дуговой сварки// Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук. Республиканский межвузовский сборник. Ташкент: ТХТИ, 2017 - С.53-55.
10. Паязов М.М.,Заиркулов Э.Ё. Эрматов З.Д. К вопросу разработки физической модели сварки покрытыми элекрородами// Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук. Республиканский межвузовский сборник. Ташкент: ТХТИ, 2018 - С.30-32.
11. Усенов А., Эрматов З.Д. К вопросу расчета состава металла шва по термодинамической модели// Актуальные вопросы в области технических и

социально-экономических наук. Республиканский межвузовский сборник. Ташкент: ТХТИ, 2018 - С.40-42.

12. Эрматов З.Д., Дуняшин Н.С. К вопросу разработки классификационной схемы компонентов шихты для электродов для ручной дуговой сварки// «Ислам Каримов – Первый Президент Республики Узбекистан и великий государственный деятель» Материалы научно-практической конференции. - Андижан, 21 февраля 2018 года, С.51-53.

13. Эрматов З.Д., Дуняшин Н.С. К вопросу исследования испарения основного и электродного материала при разработке состава покрытий электродов при ручной дуговой сварке// «Новые композиционные и нанокомпозиционные материалы: структура, свойства и применение». Материалы Республиканской научно-технической конференции - Ташкент, 5-6 апреля 2018 года, С.267-268.

14. Эрматов З.Д., Дуняшин Н.С. К вопросу разработки классификационной схемы компонентов шихты для электродов для ручной дуговой сварки// «Проблемы повышения эффективности работы современного производства и энерго-ресурсо-сбережения» Сборник материалов международной научно-практической конференции. - Андижан, 3-4 октября 2018 года, С.51-53.

15. Эрматов З.Д., Дуняшин Н.С. Разработка композиционного состава покрытий сварочных электродов с использованием минерально-сырьевой базы месторождений Республики Узбекистан// «Техника и технология машиностроения» Материалы VI Международной научно-технической конференции. – Омск, 21-23 мая 2018 года, С.43-46.

16. Тухтамуродов Б.Т., Эрматов З.Д. Разработка электродов для ручной дуговой сварки с использованием плавленых миналов// «Литьё и металлургия 2018» Сборник научных работ I Международной научно-практической конференции. – Минск, 15-16 ноября 2018 года, С.102-103.

17. Дуняшин Н.С., Эрматов З.Д. К вопросу разработки сварочных электродов с использованием минерально-сырьевой базы месторождений Республики Узбекистан// «Перспективное направление развития автотранспортного комплекса - 2018». Сборник научных трудов – Тольяти, 2018 года, С.104-111.

Автореферат “ТошДТУ хабарлари” журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

Бичими 60x84¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табоғи: 3. Адади 100. Буюртма № 51.

«Тошкент кимё-технология институти» босмахонасида чоп этилди.
100011, Тошкент, Навоий қўчаси, 32-уй.