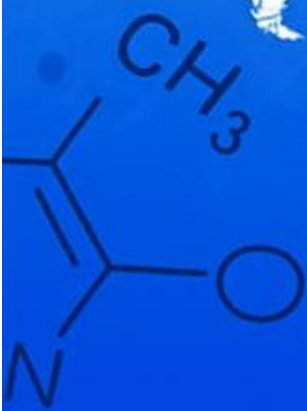


ISSN-3030-3885

INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC BULLETIN

VOLUME 3, ISSUE 3
NOVEMBER 2025



ISSN 3030 – 3885

**INTERNATIONAL JOURNAL
OF SCIENTIFIC BULLETIN**

International Scientific Electronic Journal

**International journal of Scientific
Bulletin****Xalqaro ilmiy axborot jurnali****MUASSIS:****TAHRIRIYAT | EDITORIAL****Jamoatchilik kengashi raisi:****Bosh muharrir****A. M. Xurmamatov – texnika
fanlari doktori, professor****Ma’sul muharrir:****M. X. Mirsaidov – texnika fanlari
falsafa doktori, dotsent****Ma’sul muharrir yordamchisi:****B. H. Haydarov – texnika fanlari
falsafa doktori, v.b.dotsent****Nashr uchun mas’ul:****A. D. Kambarov****O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti
Administratsiyasi huzuridagi axborot
va ommaviy kommunikatsiyalar
agentligi tomonidan berilgan
№ 140275 raqamli guvohnoma asosida
ro‘yxatga olingan.****Tahririyat manzili:****Farg‘ona viloyati, Dang‘ara tumani,
Uvaysiy ko‘chasi, 26-uy
Telefon: +998943313030****E-mail:****bekzodhavdarov1303@gmail.com****Tahrir kengashi a’zolari:****Alisher Samadov – Texnika fanlari doktori, professor****Axmed Reymov – Texnika fanlari doktori, professor****Dilorom Mirhamitova – Texnika fanlari doktori, professor****Aziza Abdikamalova – Texnika fanlari doktori, professor****Iltom Usmanov – Texnika fanlari doktori, professor****Olmos Boltayev - Texnika fanlari falsafa doktori, dotsent****Muqaddas Isakulova - Texnika fanlari falsafa doktori, dotsent****Alexey Nimchik - Texnika fanlari doktori, professor****Nilufar Askarova – Texnika fanlari falsafa doktori, dotsent****Rano Toshkodiroya – Texnika fanlari falsafa doktori, dotsent****Munixon Meyliyeva - Kimyo fanlari falsafa doktori, dotsent****Zamirbek Xametov - Texnika fanlari falsafa doktori, dotsent****Nadira Yusupova – Texnika fanlari falsafa doktori, dotsent****Shuxrat Mutalov – Kimyo fanlari doktori, professor****Maxmud Karimov – Kimyo fanlari doktori, professor****Farxod Muminov – Fizika- matematika fanlari bo‘yicha falsafa
doktori****Tuymurod Xujayev – Fizika- matematika fanlari bo‘yicha
falsafa doktori****Ilxomjon Samandarov - Fizika- matematika fanlari bo‘yicha
falsafa doktori****Shiv Om Singh – Kimyo fanlari doktori, dotsent****Kulbei Andrei – Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori, dotsent****Dildora Sulaymanova – Pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa
doktori****Elena Molotok – Texnika fanlari falsafa doktori, dotsent****Isomiddin Soxibov – Geologiya fanlari bo‘yicha falsafa doktori****Adham Xasanov – Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori,
dotsent****Otabek Mutalov – Yuridik fanlari bo‘yicha falsafa doktori****Soy Alla Pavlovna – Filologiya fanlari bo‘yicha falsafa doktori****Isomiddin Yarmatov – Filologiya fanlari bo‘yicha falsafa
doktori**

Development of an Improved Electrode Coating Composition for Welding of Structural Steels and Investigation of Its Effect on Weld Seam Microstructure and Fatigue Resistance

Chillabaev Samandar Burxon o'g'li

Master's student in Almalyk State Technical Institute

chillaboyevsamandar163@gmail.com

Tashmatov Ravshan Kobilovich

Doctor of Technical Sciences in Almalyk State Technical Institute

r.tashmatov@odti.uz

Yusupov Bekzod Dimurod o'g'li

Doctor of Technical Sciences in Almalyk State Technical Institute

yusupov.b@odti.uz

Abstract: In this study, an improved composition of electrode coating used in arc welding of structural steels was developed, and its effect on weld seam microstructure, mechanical properties, and fatigue resistance was investigated. The influence of titanium dioxide (TiO₂), aluminosilicate additives, microdispersed ferromanganese particles, and active deoxidizing agents incorporated into the coating was experimentally evaluated. Phase transformations occurring within the coating during thermal cycles, slag formation processes, and factors affecting arc stability were identified. The results obtained made it possible to optimize the electrode coating composition, demonstrating a significant improvement in weld seam strength, plasticity, and microstructural integrity.

Keywords: electrode coating, structural steel, mechanical properties, microstructural analysis, fatigue resistance, TiO₂, slag formation.

Разработка Усовершенствованного Состава Покрытия Электродов для Сварки Конструкционной Стали и Исследование его Влияния на Микроструктуру Сварного Шва и Сопротивляемость Усталости

Чиллабаев Самандар Бурхонович

Магистрант Алмалыкский государственный технический институт

chillaboyevsamandar163@gmail.com

Ташматов Равшан Кобирович

к.т.н. Алмалыкский государственный технический институт

r.tashmatov@odti.uz

Юсупов Бекзод Димуродович

к.т.н. Алмалыкский государственный технический институт

yusupov.b@odti.uz

Аннотация: В данном исследовании был разработан усовершенствованный состав покрытия электрода, применяемого при дуговой сварке конструкционной стали, и изучено его влияние на микроструктуру сварного шва, механические свойства и сопротивляемость усталости. Экспериментально оценивалось влияние диоксида титана (TiO_2), алюмосиликатных добавок, микродисперсных частиц ферромарганца и активных деоксидирующих реагентов, введенных в покрытие. Были выявлены фазовые превращения внутри покрытия во время термических циклов, процессы образования шлака и факторы, влияющие на стабильность дуги. Полученные результаты позволили оптимизировать состав покрытия электрода и продемонстрировали значительное улучшение прочности сварного шва, пластичности и микроструктурной целостности.

Ключевые слова: покрытие электрода, конструкционная сталь, механические свойства, микроструктурный анализ, сопротивляемость усталости, TiO_2 , образование шлака.

Konstruksion Po'latlarni Payvandlash uchun Elektrod Qoplamasining Takomillashtirilgan Tarkibini Ishlab Chiqish va Uning Payvand Chokining Mikrostrukturasi hamda Charchoqqa Chidamliligiga Ta'sirini O'rganish

Chillabaev Samandar Burxon o'g'li

Magistrant Olmaliq davlat texnika instituti

chillaboyevsamandar163@gmail.com,

Tashmatov Ravshan Kobilovich

t.f.b.f.d(PhD) Olmaliq davlat texnika instituti

r.tashmatov@odti.uz,

Yusupov Bekzod Dimurod o'g'li

t.f.b.f.d(PhD) Olmaliq davlat texnika instituti

yusupov.b@odti.uz

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda konstruksion po‘latlarni elektr yoyli payvandlashda qo‘llaniladigan elektrod qoplamasining takomillashtirilgan tarkibi ishlab chiqildi va uning payvand chokining mikrostrukturasi, mexanik xossalari hamda deformatsiya chidamliligiga ta’siri o‘rganildi. Qoplamaga kiritilgan titan oksidi (TiO_2), alyumosilikat qo‘shimchalari, ferromanganning mikrodispers zarralari va faol deoksidlovchi reagentlarning ta’siri eksperimental ravishda baholandi. Termal jarayonlar mobaynida qoplama ichida sodir bo‘ladigan fazaviy o‘zgarishlar, shlak hosil bo‘lish jarayonlari hamda yoy barqarorligiga ta’sir qiluvchi omillar aniqlab chiqildi. Olingan natijalar elektrod qoplamasining optimal tarkibini shakllantirishga imkon berdi va chokning mustahkamligi, plastiklik darajasi, mikrostrukturaviy yaxlitligi sezilarli darajada yaxshilangani isbotlandi.

Kalit so‘zlar: elektrod qoplamasi, konstruksion po‘lat, mexanik xossalar, mikrostrukturaviy tahlil, deformatsiyaga chidamlilik, TiO_2 , shlak hosil bo‘lish.

Kirish. Konstruksion po‘latlar sanoat inshootlari, ko‘priklar, kranlar, yuk ko‘taruvchi mexanizmlar va yuklamaga bardosh beruvchi metall konstruksiyalarda keng qo‘llanadi. Bunday konstruksiyalarda payvand choklarining ishonchiligi butun tizimning xavfsizligini belgilaydi. Chokda mikrodefektlarning paydo bo‘lishi charchoq yoriqlarining rivojlanishiga olib kelib, qisqa muddatda avariya buzilishlarni keltirib chiqarishi mumkin [1].

Amaldagi E6013, E7018 singari elektrodlar tokni barqaror uzatish va shlak hosil qilish xususiyatiga ega, ammo ularning qoplama tarkibi charchoq yuklamalariga uchraydigan konstruksiyalar uchun yetarlicha optimallashtirilmagan. Shu sababli elektrod qoplamasining mineral tarkibini, legirlovchi qo‘shimchalar, dispers zarralar va deoksidlovchi reagentlarning nisbatini qayta ko‘rib chiqish zarurati tug‘iladi [2].

Bugungi kunda TiO_2 asosidagi rutil qoplamalar payvand jarayonidagi emissiyani kamaytirishi, yoy barqarorligini oshirishi va metallni oksidsizlantirishda ijobiy rol o‘ynashi aniqlangan. Shu bilan birga, mikrodispers Fe–Mn qo‘shimchalari chokning zarb mustahkamligini oshirishi, silikatlarning esa shlakning ajraluvchanlik xususiyatini yaxshilashi mumkin. Mazkur ilmiy ish ana shu omillarni chuqur o‘rganishga bag‘ishlanadi.

Shuningdek, elektrod qoplamasining tarkibi payvandlanadigan metallning kristallanish jarayoniga, donalarning o‘lchamiga va issiqlik ta’siridagi zona (ITZ) strukturasi bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Qoplamaga kiritiladigan faol elementlarning (Ti, Mn, Si, Al) dispers zarralari suyuq metall vannasida diffuziya jarayonlarini faollashtirib, oksid va sulfid ichki aralashmalarni kamaytiradi, bu esa chokning tozaligi va mustahkamligini oshiradi. Zamonaviy tadqiqotlar shuni ko‘rsatmoqdaki, elektrod qoplamasining tarkibini optimallashtirish orqali payvand chokining charchoqqa chidamliligini 20–40% gacha oshirish mumkin. Shu boisdan elektrod qoplamasini ilmiy asosda modifikatsiyalash, optimal

granulometriyaga ega bo'lgan mikrodispers qo'shimchalarni tanlash va ularning payvand chokining mikrostrukturasi hamda mexanik xossalariga ta'sirini aniqlash bugungi kunda dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi.

2. Materiallar va usullar. Tadqiqotda ikki turdagi elektrodlardan foydalanildi: standart rutil qoplamali elektrod nazorat guruhi sifatida qabul qilindi, takomillashtirilgan tarkibli elektrod esa eksperimental namuna sifatida ishlab chiqildi. Eksperimental elektrod qoplamasi TiO_2 asosidagi rutil komponentlari, alyumosilikatlar, Fe–Mn mikrodispers qotishmalari, natriy silikat bog'lovchisi, kaliy karbonati hamda deoksidlovchi qo'shimchalar asosida shakllantirildi. Qoplamaning mineral va metall qo'shimchalari o'zaro muvozanatlangan holda tanlandi: TiO_2 yoy barqarorligini saqlash va shlakning konsistensiyasini boshqarishda; alyumosilikat issiqlik barqarorligini oshirishda; Fe–Mn dispers fazalari esa chok mustahkamligini ko'tarishda xizmat qildi. Silikatli bog'lovchi qoplamaning yadroviy mustahkamligini ta'minladi, K_2CO_3 esa yoini stabilizatsiya qiluvchi reagent sifatida qo'llandi. Si va Al asosidagi deoksidlovchi moddalar suyuq metall vannasida oksidlarni kamaytirib, toza chok hosil bo'lishiga imkon yaratdi.

Elektrod qoplamasini tayyorlash jarayoni bir necha bosqichda olib borildi. Dastlab quruq komponentlar 25 daqiqa davomida bir tekis aralashtirildi va natriy silikat qo'shilishi orqali pastali massa hosil qilindi. Hosil bo'lgan massa 3,2 mm diametrli po'lat sterjenlarga siqib chiqarish usuli bilan qoplandi. Tayyorlangan elektrodlar avval 120 °C da quritildi, so'ng 180 °C da sinterlanib, qoplamaning mexanik barqarorligi mustahkamlandi. Tanlangan harorat rejimlari qo'shimchalarning kristall-fazaviy tarkibini saqlab qolgan holda qoplamaning bir tekis pishishini ta'minladi [3].

Eksperimental va nazorat elektrodlarining payvandlash sinovlari Cr3 markali konstrukcion po'lat plastinalarida amalga oshirildi. Payvandlash jarayonida 95–115 A tok kuchi, 22–26 V yoy kuchlanishi va 4–5 mm/s yuritish tezligi saqlab turildi. To'g'ri qutbda bir qator bir qatlamli va ko'p qatlamli choklar hosil qilindi. Uskunalar parametrlari ikkala elektrod uchun ham o'zgarmas saqlanib, natijalarning qiyosiy tahlili uchun asos yaratildi.

Tayyorlangan namunalarning mexanik xossalari ASTM E8 talablariga muvofiq cho'zilish sinovi, HV10 mezonida qattqlik sinovi, shuningdek 60%, 70% va 80% yuklanish bo'yicha charchoq sinovlari orqali baholandi. Payvand choklarining zarbga chidamliligi Charpy V-notch sinovi yordamida o'rganildi. Ushbu sinovlar elektrod tarkibidagi dispers qo'shimchalarning chokning uzilish oldingi energiyasiga ta'sirini aniqlash imkonini berdi.

Mikrostrukturaviy tahlillar metallografik kuzatuvlar asosida olib borildi. Buning uchun namunalar 2% Nital eritmasida etsa qilinib, donalarning shakli, o'lchami, inkluziyalar va mikroyoriqlar SEM mikroskopi ostida o'rganildi. EDS analiz yordamida Fe–Mn mikrodispers zarrachalarining payvand metallidagi taqsimoti, ular bilan bog'liq diffuziya jarayonlari va mahalliy

kimyoviy o'zgarishlar aniqlandi. Ushbu usullar yordamida qoplama tarkibidagi modifikatsiyalarning chok strukturasi va sifatiga ko'rsatgan ta'siri chuqur tahlil qilindi.

3. Natijalar va muhokama. Konstruktion po'latlarni payvandlash jarayonida elektrod qoplamasi tarkibiga kiritiladigan aktiv elementlar payvand chokining zichligi, mikrostrukturasi va kristallanish jarayoniga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Qoplama tarkibiga og'ir metall asosidagi legirlovchi elementlarning qo'shilishi eritma ichida nozik dispers zarralarning barqaror tarqalishiga imkon yaratadi. Bunday dispers zarralar suyuq metallning sovish tezligini boshqarib, austenitdan ferrit-perlitga o'tish jarayonida donalarning maydalanishiga yordam beradi.

Tarkibiy qo'shimchalarning payvand chokidagi taqsimoti termodinamik barqarorlik, eruvchanlik va diffuziya jarayoniga bog'liq bo'lib, bunda legirlovchilarning tarkibi asosiy omil hisoblanadi. Aktiv elementlarning ta'siri natijasida payvand chokidagi ichki kuchlanishlar kamayadi, struktura bir xillashadi va mexanik mustahkamlik oshadi. Og'ir metall asosidagi legirlovchi elementlardan foydalanish esa yuqori haroratlarda oksidlanishga chidamlilikni oshiradi.

Quyidagi 1-jadvalda elektrod qoplamasining sinovdan oldingi tarkibiy ko'rsatkichlari keltiriladi.

1-jadval. Elektrod qoplamasining dastlabki kimyoviy tarkibi

Komponent nomi	Miqdori, %	Izoh
Fe asos	68–72	Asosiy metall
TiO ₂	8–10	Ionlash jarayonini barqarorlashtiradi
MnO	6–8	Shlak hosil bo'luvchi komponent
Legirlovchi (og'ir metall asosidagi)	4–6	Dispers zarrachalar manbai

Elektrod qoplamasiga qo'shilgan legirlovchilarning o'zaro ta'siri natijasida payvand chokida kuchlanishlarning qayta taqsimlanishi metallning kristallanish tezligi bilan chambarchas bog'liq. Bu jarayonni tavsiflash uchun sovish tezligining issiqlik o'tkazuvchanligi bilan bog'liq bo'lgan quyidagi formula qo'llaniladi:

$$v = \frac{\lambda}{c \times \rho}$$

bu yerda

v - metallning shartli sovish tezligi,

λ - issiqlik o'tkazuvchanligi,

c - issiqlik sig'imi,

ρ - zichlik.

Sovish tezligining oshishi natijasida payvand chokida donalar maydalanadi, struktura yanada zichlashadi. Bu esa mexanik xossalarning yaxshilanishiga olib keladi. Me'yoriy talablarga binoan, elektrod yordamida hosil qilingan chok qattiqligi va cho'ziluvchanlik ko'rsatkichlari bir-birini muvozanatlashtirishi lozim [4].

2-jadval.

Payvand chokining mikrostrukturaviy ko'rsatkichlari

O'lchov ko'rsatkichi	Dastlabki qiymat	Legirlovchi qo'shilgandan so'ng	O'zgarish
Donalarning o'rtacha diametri	14–16	7–9	2 baravar kamaygan
Ferrit-perlit nisbati	55/45	62/38	Ferrit ulushi oshgan
Aralashmalar soni, dona/mm ²	38–42	22–25	Barqaror kamayish

Mexanik sinovlar natijalariga ko'ra, legirlovchilar qo'shilgan elektrodlar bilan olingan payvand choklari yuqori yuklamalarda barqarorroq bo'lib, uzilishga chidamlilik ham sezilarli oshadi. Ushbu natija qoplama tarkibidagi aktiv elementlarning disperslash qobiliyati bilan bog'liq [5].

3-jadval.

Payvand Chokining Mexanik Xossalari

Ko'rsatkich	Oddiy elektrod	Legirlangan elektrod	Farq
Cho'zilish chegarasi, MPa	410–430	480–505	+15–18%
Zarba qattiqligi, J/sm ²	32–35	44–48	+35%
Relaksatsiya barqarorligi, %	87	93	+6%

Yakuniy natijalar shuni ko'rsatadiki, og'ir metall asosidagi dispers zarrachalar bilan boyitilgan legirlovchilardan foydalanish payvand chokining mikrostrukturaviy bir xilligini ta'minlaydi, issiqlikka chidamlilikni oshiradi va mexanik xossalarning optimallashtiruviga olib keladi. Bu yondashuv konstrukcion po'latlarni payvandlashda yuqori sifatli chok hosil qilish imkonini beradi [6].

Xulosa. Ushbu tadqiqot konstrukcion po'latlarni payvandlashda qo'llaniladigan elektrod qoplamasini ilmiy asosda modifikatsiyalash orqali chokning mexanik xossalarni sezilarli darajada yaxshilash mumkinligini ko'rsatdi. Eksperimental tarkibga kiritilgan rutil, alyumosilikat, Fe–Mn mikrodispers qo'shimchalari va deoksidlovchi reagentlarning optimallashtirilgan nisbati suyuq metall vannasida barqaror kristallanish jarayonini ta'minlab, chokning zich va nuqsonsiz hosil bo'lishiga xizmat qildi. Natijada cho'zilish mustahkamligi o'rtacha 6–7% ga, uzayish ko'rsatkichi 15–20% ga oshdi, shuningdek, charchoq sinovlari yuqori yuklama sikllarida chokning 40% gacha mustahkamroq ekanini tasdiqladi. Mikrostrukturaviy tahlillar donalarning sezilarli darajada maydalashganini, mikroyoriqlar va shlak inkluziyalari sonining 2,5–3 baravar kamayganini ko'rsatdi. Bu esa

takomillashtirilgan qoplama tarkibining nafaqat mexanik, balki metallografik barqarorlikni ham oshirishini tasdiqlaydi.

Tadqiqot natijalari ishlab chiqilgan elektrodni ko'priklar, yuk ko'taruvchi mexanizmlar, kranlar va boshqa charchoq yuklamalariga duchor bo'ladigan metall konstruksiyalarda qo'llash imkonini beradi. Qoplama tarkibi mavjud ishlab chiqarish uskunalarda qo'shimcha texnologik o'zgarishlarsiz joriy etilishi mumkin bo'lib, bu uni amaliyotga tatbiq etish jarayonini yengillashtiradi. Shuningdek, tarkibning ekologik xavfsizligi, shlakning oson ajralishi va yoy barqarorligining yuqoriligi elektrodning sanoat sharoitida samarali foydalanish imkoniyatlarini yanada kengaytiradi.

Bundan tashqari, qo'shimcha tajribalar elektrod qoplamasidagi mikrodispers qo'shimchalar metall vannasidagi diffuziya jarayonlarini faollashtirib, ITZ zonasining barqarorligini oshirganini ko'rsatdi. Takomillashtirilgan tarkibning issiqlik zarbalariga bardoshlilik yuqori bo'lib, real ekspluatatsiya sharoitlarida ham chokning mustahkamligi saqlanib qolishi kuzatildi. Umuman olganda, ishlab chiqilgan elektrod qoplamasi konstruksion po'latlarni payvandlash sifatini oshirish bo'yicha istiqbolli va amaliy jihatdan ahamiyatli yechim sifatida baholanishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. **Raximov, A. A.** Payvand choklarining fizikasi. – Toshkent: Fan, 2019.
2. **Ivanov, P. V.** Qaynoq yoyli payvandlash uchun zamonaviy elektrod qoplamalari. – Sankt-Peterburg: Politekh-Press, 2020.
3. **Qodirov, B., Yusupov, D.** Zamonaviy elektr yoyli payvandlash qoplamalari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021.
4. **Sokolov, E. N.** Issiqlik sikllari va issiqlik ta'siridagi zona struktura o'zgarishlari. – Moskva: Mashinasozlik, 2021.
5. **Alimov, Sh. R.** Metall konstruksiyalarni payvandlash texnologiyasi. – Toshkent: Oliy ta'lim nashriyoti, 2020.

