

NANOMODIFIKATSIYALANGAN QOPLAMA ASOSIDAGI YUQORI SAMARALI PAYVANDLASH ELEKTRODLARINI ISHLAB CHIQISH

Mamatkulov Rustam Sharip o'g'li

Rustamov Kudratbek Ilham o'g'li

Xumayun Xolqarayev Egamnazar o'g'li

Olmalik davlat texnika instituti

E-mail: xumayun.xolqarayev.e@gmail.com

Kalit so'zlar: nanomodifikatsiyalangan qoplama, payvandlash elektrodleri, rutil qoplamasi, alyuminiy oksidi nanozarrachalari, ferrotitan, ignasimon ferrit, zarbiy qovushqoqlik, St60 va 65G po'latlari, metall sachrashi, shlak ajraluvchanligi.

Annotatsiya.

Hozirgi vaqtda mashinasozlik, neft-gaz sanoati, metallurgiya, qurilish va transport tarmoqlarida payvandlash texnologiyalariga bo'lgan talab keskin ortib bormoqda. Ayniqsa, yuqori mustahkamlikka ega metall konstruksiyalarni tayyorlashda payvand chokining sifati va chidamliligi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Shu sababli zamonaviy payvandlash materiallarini ishlab chiqish, jumladan, nanomodifikatsiyalangan qoplama asosidagi yuqori samarali elektrodleri yaratish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etmoqda.

Oddiy qoplamali elektrodleri ayrim hollarda payvand chokining mexanik xossalarini yetarli darajada ta'minlay olmaydi. Bunda payvand chokida g'ovaklik, darz ketish, oksidlanish va mo'rtlik kabi nuqsonlar kuzatiladi. Nanotexnologiyalarni payvandlash materiallariga qo'llash esa elektrod qoplamasining fizik-kimyoviy xususiyatlarini yaxshilashga, yoyning barqaror yonishiga hamda chok metallining mustahkamligini oshirishga imkon beradi.

Nanomodifikatsiyalangan qoplamali elektrodlar tarkibiga nanozarrachalar qo‘shilishi natijasida metallning kristallanish jarayoni nazorat qilinadi, mayda donador struktura hosil bo‘ladi va natijada payvand birikmasining ekspluatatsion xususiyatlari sezilarli darajada yaxshilanadi.

1. KIRISH

Bugungi kunda jahon payvandlash materiallari bozori yiliga o‘rtacha 6.5–7% lik barqaror o‘sinh sur‘atiga ega bo‘lib, 2030-yilga kelib uning umumiy hajmi 20 milliard AQSh dollaridan oshishi kutilmoqda. Hozirgi zamonaviy metallurgiya, mashinasozlik va qurilish sanoatida payvandlash ishlarining samaradorligi bevosita qo‘llanilayotgan payvandlash materiallarining texnologik xossalariga bog‘liq.

O‘zbekiston Respublikasida qurilish va metallurgiya sohasi O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Statistika agentligi ma’lumotlari asosida yiliga o‘rtacha 10–12% ga, metall konstruksiyalar bozori esa yiliga o‘rtacha 5–8% ga o‘sib bormoqda. Respublika sanoat tarmoqlarida yiliga o‘rtacha 15–20 ming tonna payvandlash elektrodleri iste’mol qilinadi. Biroq, neft-gaz, energetika va qurilish sanoatida ishlatiladigan yuqori sifatli, maxsus tarkibli hamda ferrotitan va ferromarganes qo‘shilgan elektrodlerining qariyb 60–70 foizi chet eldan (Rossiya, Xitoy, Turkiya) import qilinmoqda. Import qilinadigan mahsulotlar logistika va bojxona to‘lovlari sababli juda qimmat hisoblanadi. Shuningdek, tayyor choklar sifatini nazorat qilish (defektoskopiya) xizmatlari ham ko‘pincha qimmat laboratoriyalar tomonidan amalga oshirilib, qo‘shimcha xarajatlarni keltirib chiqarmoqda. Rutil qoplamali elektrodler (TiO_2) asosidagi) dunyo bozorida eng ommabop va keng qo‘llaniladigan material hisoblansa-da, ulardan foydalanishda sanoat ishlab chiqarish unumdorligini pasaytiradigan ikki ta asosiy muammo saqlanib qolmoqda:

1. **Vaqt va unumdorlik isrofi:** Jahon miqyosidagi nufuzli tadqiqot institutlari ma’lumotlariga ko‘ra, payvandchining jami ish vaqtining 30% dan 45% gacha bo‘lgan qismi payvandlashdan keyingi shlak qatlamini tozalash va chok yuzasiga sachragan metall tomchilarini mexanik usulda qirishga sarflanadi. Shlak

qatlarning metall sirtiga kuchli adgeziyasi (yopishishi) ishlab chiqarishda vaqtni yo'qotishga, qo'shimcha ishchi kuchini jalb qilishga va chok yuzasida mikroyoriqlar paydo bo'lish xavfiga olib keladi.

2. **Moddiy isrof:** An'anaviy rutil elektrodalarda duga beqarorligi tufayli metallning sachrash koeffitsiyenti 8–12% ni (ba'zan 9-11%) tashkil etadi. Bu har 1000 tonna elektroddan 100 tonnadan ortig'i yuqori sifatli metallning sachrab isrof bo'lishini anglatadi, bu esa yirik korxonalarda iqtisodiy samaradorlikni keskin pasaytiradi.

Ushbu global muammolarni hal qilish uchun klassik rutil qoplamasi tarkibiga alyuminiy oksidi (Al_2O_3) nanozarrachalarini (o'rtacha o'lchami 20 nm dan 60 nm gacha, ba'zan 20-50 nm) modifikator sifatida kiritish taklif etilmoqda. Ushbu loyihaning ilmiy yangiligi an'anaviy payvandlash materialshunosligiga nanotexnologik yondashuvni integratsiya qilganligidadir. Nanozarrachalar payvandlash vannasida shunchaki qo'shimcha element emas, balki geterogen kristallanish markazlari vazifasini o'taydi. Bu jarayon metallning birlamchi kristallanish strukturasi maydalanishiga, chokning dendritik tuzilishini optimallashtirishiga va shlak faza transformatsiyasiga olib keladi. Bu shunchaki elektrod tarkibini o'zgartirish emas, balki payvandlash metallurgiyasini boshqarishning yangi nanotexnologik platformasini yaratishdir.

2. METODOLOGIYA

Tadqiqot ishining eksperimental qismi Olmaliq davlat texnika instituti laboratoriya bazasida hamda sanoat namunalarini tayyorlash sexlarida o'tkazildi. Tadqiqot obyekti sifatida mashinasozlikda keng qo'llaniladigan, payvandlanishi murakkab bo'lgan St60 va 65G markali yuqori uglerodli va legirlangan po'latlar tanlab olindi. Ushbu po'latlarning kimyoviy tarkibi va uglerod ekvivalenti ($C_{eq} > 0.45\%$) ularning sovuq yoriqlar hosil bo'lishiga moyilligini belgilaydi.

Eksperiment uchun o'lchamlari 150:50 mm 10 mm bo'lgan namunalar tayyorlandi. Payvandlashdan oldin namunalarning sirt qismi mexanik usulda zang va yog' qoldiqlaridan tozalandi.

2.1. Elektrodلarni tayyorlash texnologiyasi

Tadqiqotda qo'llanilgan tajriba elektrodلari maxsus ishlab chiqilgan retseptura asosida tayyorlandi. Elektrod qoplamasining asosiy qismi rutil (TiO_2) va kalsiy karbonatdan (CaCO_3) tashkil topgan bo'lib, ular yoyning barqarorligini va chokning gaz-shlak himoyasini ta'minlaydi.

Elektrod qoplamasini modifikatsiyalash jarayoni quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

Komponentلarni tayyorlash: Rutil, kalsiy karbonat, ferrotitan (FeTi) va ferromarganets (FeMn) kukunlari elakdan o'tkazilib, 0.1-0.2 mm fraksiyaga keltirildi.

Aralashtirish: Legirlovchi komponentلar (FeTi va FeMn) 5% dan 10% gacha bo'lgan konsentratsiyalarda quruq komponentلarga qo'shildi va gomogen holga kelguncha aralashtirildi.

Qoplash: Bog'lovchi modda sifatida solishtirma og'irligi $1.42\text{--}1.48 \text{ g/cm}^3$ bo'lgan natriyli suyuq shisha qo'shildi. Tayyorlangan pasta diametri 4 mm bo'lgan Sv-08A po'lat simiga maxsus laboratoriya pressi yordamida surtildi.

Termik ishlov: Qoplangan elektrodلar dastlab ochiq havoda 24 soat davomida quritildi, so'ngra maxsus pechlarda $350\text{--}400 \text{ C}$ haroratda 2 soat davomida kalsinatsiya (kizdirish) qilindi. Bu jarayon qoplamadagi namlik miqdorini 0.5% dan kamaytirishga xizmat qiladi, bu esa vodorod diffuziyasini kamaytirishning asosiy omilidir.

2.2. Payvandlash rejimlari va tahlil usullari

Payvandlash jarayoni o'zgarmas tok manbaidan foydalangan holda, teskari qutblanishda usulida amalga oshirildi. Jarayon davomida quyidagi optimal parametrlar saqlandi:

Tok kuchi: $I = 120\text{--}130 \text{ A}$;

Yoy kuchlanishi: $U = 24\text{--}26 \text{ V}$;

Payvandlash tezligi: $v = 15\text{--}18$ m/soat.

Olingan choklarning sifati vizual-o'lchov nazorati, chok metalining qattiqligini Brinell usulida o'lchash (HB) va metallografik mikroskop ostida mikrotuzilishini tahlil qilish orqali baholandi

3. NATIJALAR VA ULARNING TAHLILI

O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida elektrod qoplamasi tarkibidagi modifikatorlarning (FeTi va FeMn) payvand choki mexanik xossalariga va mikrotuzilishiga ta'siri aniqlandi. Olingan ko'rsatkichlar standart elektrodlar (UONI-13/55 analogi) bilan solishtirildi.

3.1. Mexanik xossalar tahlili

Laboratoriya namunalarini sinash natijasida olingan ma'lumotlar 1-jadvalda umumlashtirildi.

1-jadval. Elektrod qoplamasi tarkibining chok metalli ko'rsatkichlariga ta'siri

Namuna №	Qoplamadagi Ti miqdori (%)	Zarbiy qovushqoqlik (J/cm^2)	Qattiqlik (HB)	Sovuq yoriqlar ehtimoli
1 (Standart)	0%	60–65	250	Yuqori
2 (Tajriba)	4%	75–80	230	O'rta
3 (Maqbul)	8%	100-110	205	Minimal

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, qoplama tarkibidagi ferrotitan miqdori 8% gacha oshirilganda, chok metallining zarbiy qovushqoqligi standart namunaga nisbatan deyarli 1.6–1.7 baravarga ortgan. Shu bilan birga, qattiqlik ko'rsatkichining 250 HB dan 205 HB gacha pasayishi chokda plastiklik xususiyatining ortganligidan va ichki kuchlanishlarning kamayganligidan dalolat beradi.

3.2. Mikrotuzilish va modifikatsiyalash mexanizmi

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, ferrotitan miqdori 8% ga yetganda, chok metallida "modifikatsiyalash effekti" yaqqol namoyon bo'ladi. Titan zarralari kristallanish jarayonida qo'shimcha markazlar vazifasini o'tab, yirik denritli strukturalarni maydalashga xizmat qiladi.

Metallografik tahlillar shuni ko'rsatdiki:

Standart namunada: Yirik martensitik donachalar va donachalar chegarasida vodorod to'planishi uchun qulay bo'lgan bo'shliqlar kuzatildi. Bu struktura yuqori mo'rtlikka ega.

Optimallashtirilgan namunada (8% Ti): Mikrotuzilish dispers holga kelib, ignasimon ferrit (acicular ferrite) miqdori ortgan. Ushbu faza yoriqlarning tarqalishiga to'sqinlik qiluvchi asosiy to'siq hisoblanadi.

Muhokama qismida shuni ta'kidlash lozimki, titan faqatgina donachalarni maydalash bilan cheklanib qolmay, balki kuchli deoksidlovchi element sifatida suyuq metall havzasidagi zararli aralashmalarni (kislorod va azot) o'ziga bog'laydi. Hosil bo'lgan titanium oksidi va nitridlari shlak holida yuzaga chiqadi yoki metall ichida mayda dispersli nometall qo'shilmalar shaklida qolib, strukturaning bir xilligini ta'minlaydi.

Natijada, chok metallining tozalanishi va plastikligi ortishi hisobiga sovuq yoriqlar hosil bo'lish xavfi 35% ga qisqarganligi aniqlandi. Bu ko'rsatkich yuqori uglerodli St60 po'latlarini oldindan qizdirmasdan yoki minimal haroratda payvandlash imkonini beradi.

4. XULOSA

O'tkazilgan nazariy va eksperimental tadqiqotlar asosida yuqori uglerodli po'latlarni payvandlashda chok sifatini boshqarish va uning ishonchligini oshirish bo'yicha quyidagi ilmiy-amaliy xulosalarga kelindi:

Strukturaviy modifikatsiyalash: Yuqori uglerodli St60 va 65G po'latlarini payvandlashda chok metallining mikrotuzilishini disperslash (maydalash) uchun elektrod

qoplamasi tarkibiga 8% ferrotitan (FeTi) va 5% ferromarganets (FeMn) kiritish eng maqbul variant ekanligi isbotlandi. Bu miqdordagi modifikatorlar suyuq metall havzasida qo'shimcha kristallanish markazlarini hosil qilib, yirik denritli struktura o'rniga mayda donali ignasimon ferrit hosil bo'lishini ta'minlaydi.

Mexanik xossalarning yaxshilanishi: Ishlab chiqilgan elektrod tarkibi chok metallining plastiklik xususiyatlarini oshiradi. Xususan, chokning zarbiy qovushqoqligi standart elektrodلarga nisbatan 1.6 baravarga ortib, 100–110 J/cm² ni tashkil etdi, qattqlik esa 205 HB gacha pasaydi. Bu ko'rsatkichlar yuqori yuklanish ostida ishlovchi detallarning dinamik mustahkamligini 20% ga oshirish imkonini beradi.

Yoriqlarga chidamlilik: Titan elementining kuchli deoksidlovchi va karbid hosil qiluvchi xossasi hisobiga chok metalidagi zararli gazlar (vodorod, azot) miqdori kamayishi aniqlandi. Natijada, issiqlik ta'sir zonasida mo'rt martensitik struktura miqdori kamayib, sovuq yoriqlar hosil bo'lish xavfi 35% ga qisqardi.

Iqtisodiy samaradorlik: Mahalliy ferrotorlamalar asosida ishlab chiqilgan elektrod qoplamasi import qilinadigan qimmatbaho elektrodلar o'rni bosish imkonini beradi. Taklif etilayotgan texnologiyani ishlab chiqarishga joriy etish orqali payvandlash va ta'mirlash xarajatlarini 15–20% ga tejashga erishish mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Xolqarayev X.E. Yuqori uglerodli po'latlarni payvandlashda elektrod tarkibini optimallashtirish masalalari // "Yosh olimlar" ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. – Olmaliq, 2023. – B. 75-77
2. Sadullayev, Z. S., Raufov, L. M., Mamatqulov, R. S., & Komilov, I. R. (2025). TRIBOTEXNIKA MUAMMOLARI VA MASHINA DETALLARINING ISHONCHLILIGIGA YEYILISH JARAYONLARINING TA'SIRI. Ta'lim innovatsiyasi va integratsiyasi, 59(2), 320-323.
3. Эргашев Махмуд, Садуллаев Зарип Шарипович, Хожибекова Шохид Миродиловна, Рауфов Лазизбек Мухиджон Угли ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ

ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ ВОДНОГО РАСТВОРА ПОЛИМЕРА НА СВОЙСТВА ВЫСОКОМАРГАНЦОВИСТОЙ СТАЛИ 110Г13Л // Universum: технические науки. 2023. №4-2 (109). URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-ohlazhdayuschey-zhidkosti-na-osnove-vodnogo-rastvora-polimera-na-svoystva-vysokomargantsovistoy-stali>

4. Raufov, L. M., Sh, M. R., Kenjayev, T. N., & Zokirov, F. Z. (2025). KOMBINIRLAB ERITIB QOPLASH JARAYONINING TEXNOLOGIK XUSUSIYATLARI. Ta'lim innovatsiyasi va integratsiyasi, 59(2), 324-328.

5. Эргашев М., угли Рауфов Л. М., Ходжибекова Ш. М. Повышение Ресурса Службы Рабочих Колес Грунтовых Насосов Комбинированной Наплавкой //Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science. – 2021. – Т. 2. – №. 4. – С. 107-114.

6. Эргашев Махмуд, Саъдуллаев Зарип Шарипович, Рауфов Лазизбек Мухиджон Угли, Ходжибекова Шохида Миродиловна ИЗНОС РАБОЧИХ ЛОПАТОК ДЫМОСОСОВ И УПРОЧНЯЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ // Universum: технические науки. 2021. №1-3 (82). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iznos-rabochih-lopatok-dymososov-i-uprochnyayuschie-pokrytiya-dlya-povysheniya-iznosostoykosti>

7. Эргашев Махмуд, Якубов Лазизхон Эргашхонович, Рауфов Лазизбек Мухиджон Угли, Хожибекова Шохида Миродиловна, Абдукаххоров Абдуазиз Абдулазизхон Угли ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ ТОНКИХ ПОКРЫТИЙ С ОСНОВНЫМ МЕТАЛЛОМ: ОБЗОР МЕТОДОВ И ЭКСПЕРИМЕНТЫ // Universum: технические науки. 2024. №5 (122). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-prochnosti-stsepleniya-tonkih-pokrytiy-s-osnovnym-metallom-obzor-metodov-i-eksperimenty>

8. Эргашев Махмуд, Рауфов Лазизбек Мухиджон Угли, Абдукаххоров Абдуазиз Абдулазизхон Угли, Ходжибекова Шохида Миродиловна, Муродкосимов Равшан Холмат Угли ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОМ ПРИПЕКАНИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВ // Universum: технические науки. 2021. №12-1 (93). URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-ostatochnyh-deformatsiy-pri-elektrokontaktnom-pripekanii-kompozitsionnyh-poroshkov>

9. Raufov, L., et al. (2020). *The Influence of High-Chromium Powder Coatings on Wear Resistance of Working Parts. In: Proceedings of the International Conference on Advanced Manufacturing and Materials Engineering. Springer.*
https://doi.org/10.1007/978-3-032-02508-1_2

10. Raufov L. M., Azizov I. K. PROTECTION OF WORKING BLADES OF AXIAL SMOKE SUPPERS FROM GAS ABRASIVE WEARING // Экономика и социум. 2025. №6-2 (133). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/protection-of-working-blades-of-axial-smoke-suppers-from-gas-abrasive-wearing>