



AVTOTRANSPORT DETALLARINING ISHQALANISHIDA YEYILISHIGA BARDOSHLIGINI UCH BOSQICHLI NITROOKSIDLASH TEXNOLOGIYASI

Boynazarov O‘rol Ravshanovich

Qarshi davlat texnika universiteti, t,f,n dotsent.

Abdurahimov Alibek Ibrat o‘g‘li

Qarshi davlat texnika universiteti, magistranti

Annotatsiya: Ushbu maqolada avtotransport detallarining ishqalanish jarayonida yuzaga keladigan yeyilishga bardoshlilikini oshirishga qaratilgan uch bosqichli nitrooksidlash texnologiyasining ilmiy asoslari va amaliy samaradorligi tadqiq etilgan. Tadqiqot davomida detallar sirtida hosil bo‘ladigan nitrid-oksid qatlamlarining mikrostruktura xususiyatlari, diffuziya jarayonlari, mikroqattqlikning chuqurlik bo‘yicha o‘zgarishi va tribologik ko‘rsatkichlarga ta’siri eksperimental metodlar asosida o‘rganildi. Metallografik tahlil, rentgen-fazaviy tadqiqotlar, mikroqattqlik sinovlari hamda yeyilish koeffitsientini aniqlash bo‘yicha olib borilgan izlanishlar nitrooksidlash texnologiyasi detallar sirt mustahkamligini sezilarli oshirishini va yeyilish jarayonini ikki baravargacha kamaytirishini ko‘rsatdi. Korroziyaga chidamlilik testlari ham nitrid-oksid qatlamining agressiv muhitlarda qo‘shimcha himoya berishini tasdiqladi. Olingan natijalar uch bosqichli nitrooksid qoplamalar avtotransport detallarining ekspluatatsiya muddatini uzaytirishda yuqori samaradorlikka ega ekanini ilmiy va amaliy jihatdan asoslab beradi.

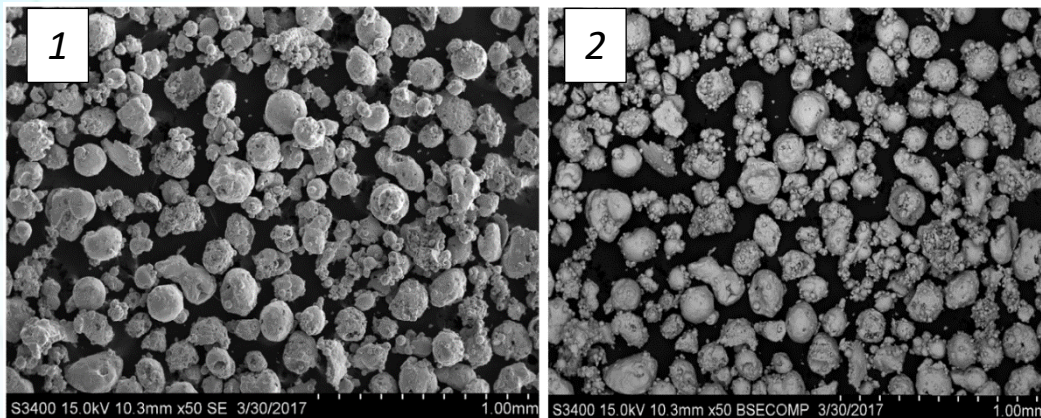
Kalit so‘zlar: nitrooksidlash, diffuziya, mikroqattqlik, tribologiya, yeyilish koeffitsienti, sirt mustahkamlash.

KIRISH

Avtotransport vositalari ekspluatatsiya jarayonida ularning detallariga tushadigan dinamik yuklamalar, yuqori haroratli muhit, ishqalanish jarayonidagi intensiv mexanik ta’sirlar va korroziya omillari metall sirtlarining tez yeyilishiga olib keladi. Bugungi kunda mashina va mexanizmlarning ishonchliligi hamda

ularning xizmat muddati ko'p jihatdan detallar sirtini mustahkamlash texnologiyalarini takomillashtirish bilan belgilanadi. Shu sababli energiya tejamkor, ekologik xavfsiz va yuqori samarali sirtini mustahkamlash usullarini ishlab chiqish zamonaviy mashinasozlikning eng dolzarb ilmiy-amaliy vazifalaridan biri hisoblanadi.

Metallar sirtining yeyilishga bardoshlilikini oshirishda diffuzion nitroksid qoplamalarini hosil qilish texnologiyalari alohida ahamiyat kasb etadi. Xususan, uch bosqichli nitrooksidirovaniya (oldindan oksidlash – azotlash – bug'larda oksidlash) texnologiyasi po'lat detallar sirtida yuqori mikroqattqlikka ega, struktura barqarorligi yuqori bo'lgan, yeyilishga va korroziyaga chidamli nitrid-oksidi qatlamlar hosil qilishi bilan ajralib turadi. Mazkur texnologiya diffuzion jarayonlarning chuqurligini oshirishi, sirt qatlamining fazaviy tarkibini yaxshilashi va natijada avtotransport detallarining tribologik xossalarini sezilarli darajada mustahkamlashi bilan ahamiyatlidir.



1-rasm. PJRB 2.200.28 temir kukunining REM-tasviri.

1 - qaytgan elektronlar rejimida olingan tasvir; 2 - ikkilamchi elektronlar rejimida olingan tasvir;

So'nggi yillarda olib borilgan ilmiy tadqiqotlar natijalari uch bosqichli nitrooksidlash orqali olinadigan qoplamalarning mikrostrukturasida ε -(Fe₂₋₃N), γ' -(Fe₄N) nitrid fazalari bilan bir qatorda barqaror oksid qatlami shakllanishi detallarni ishqalanish juftligida yuqori chidamlilikka ega bo'lishini ta'minlashini ko'rsatmoqda. Shuningdek, bunday qoplamalar avtoshassi elementlari, vtulkalar, amortizator shtoklari, tormoz tizimi detallarida eksperimental sinovlarda yeyilish



tezligini sezilarli kamaytirishi aniqlangan. Bu esa mazkur texnologiyaning avtomobil sanoati uchun katta amaliy ahamiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Transport vositalari detallarida kuzatiladigan yeyilishni samarali kamaytirish orqali ularning ekspluatatsiya muddatini uzaytirish, texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini qisqartirish hamda transport vositalari harakat xavfsizligini oshirishga erishish mumkin. Shu nuqtai nazardan, uch bosqichli nitrooksidlash texnologiyasi asosida avtotransport detallarining ishqalanishga bardoshlilikini oshirish mexanizmini ilmiy asoslash va texnologik parametrlarni optimallashtirish mavzusi ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb hisoblanadi.

METOD VA METODOLOGIYA

Ushbu tadqiqotda avtotransport detallarining ishqalanish sharoitida yuzaga keladigan yeyilishga bardoshlilikini oshirishga qaratilgan uch bosqichli nitrooksidlash texnologiyasining ilmiy asoslari va amaliy samaradorligi kompleks yondashuv orqali o'rganildi. Tadqiqot metodologiyasi sirtni mustahkamlash jarayonlarining fizik-kimyoviy mohiyatini aniqlash, qoplama hosil bo'lish mexanizmini tushuntirish hamda nitrooksidlash parametrlarining detallar tribologik xossalriga ta'sirini baholashga qaratildi. Avvalambor, nitrooksidlash jarayonining uch bosqichdan iborat texnologik tizimi — oldindan oksidlash, azotlash va bug'larda oksidlash — laboratoriya sharoitida turli harorat, vaqt va muhit tarkibi diapazonlarida bajarilib, hosil bo'lgan qoplamalarning strukturasi va diffuziya xususiyatlari aniqlangan. Sirt qatlamining mikrostrukturasi o'rganish uchun metallografik tahlil va skanerlovchi elektron mikroskopiya qo'llanilgan bo'lib, bu qoplama qatlamlarining shakllanishi, diffuziya zonasi chuqurligi hamda nitrid-oksid fazalarining barqarorligini aniqlash imkonini berdi. Fazaviy tarkibni aniqlashda rentgen difraksiyasi usuli qo'llanib, ϵ -(Fe₂₋₃N) va γ' -(Fe₄N) kabi nitrid fazalarining hosil bo'lish darajasi, shuningdek oksid qatlami bilan o'zaro integratsiyasi baholandi. Qoplamalarning mexanik mustahkamligi Vickers mikroqattiqligi bo'yicha aniqlanib, qattiqlikning diffuziya chuqurligi bo'yicha o'zgarishlari orqali nitrooksid qatlamining mustahkamlovchi xususiyatlari baholandi.

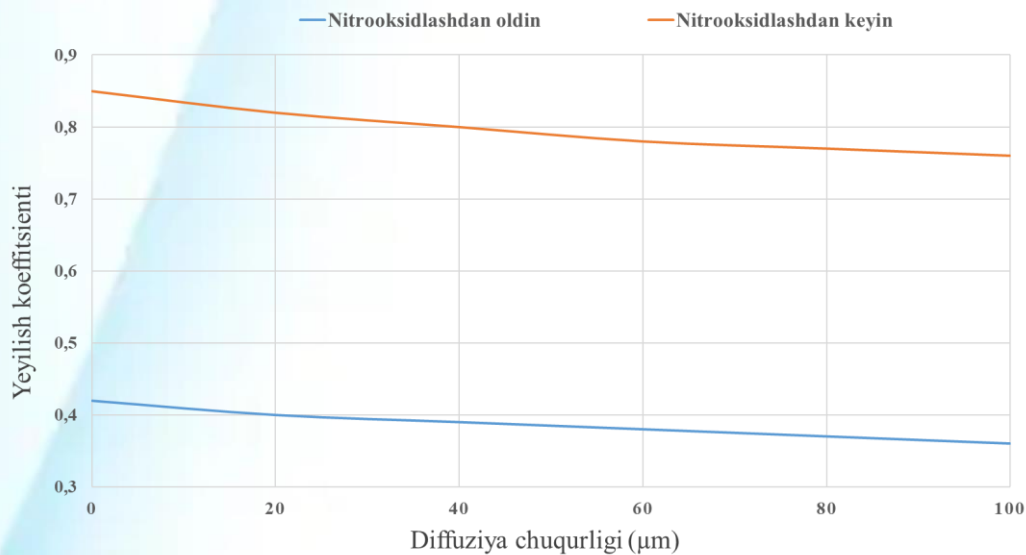


Tribologik xususiyatlarni aniqlash jarayonida ishqalanish koeffitsienti, yeyilish tezligi va qoplama qatlamining kontakt yuklamalari ostidagi barqarorligi maxsus tribotester qurilmalarda o'lgandi. Bu sinovlar quruq ishqalanish va moylangan ishqalanish rejimlarida o'tkazilib, nitrooksidlashning avtotransport detallarida uchraydigan real ekspluatatsion sharoitlarda qay darajada samarali ekanini ko'rsatdi. Korroziyaga bardoshlilik testlari esa agressiv muhitlarda qoplama qatlamining kimyoviy barqarorligini baholash imkonini berib, nitrooksidlash natijasida hosil bo'lgan oksid qatlami detallarni qo'shimcha himoyalovchi funksiyaga ega ekanini tasdiqladi. Jarayonni chuqur ilmiy tushuntirish maqsadida diffuziya jarayonlari Fik qonunlari asosida matematik jihatdan modellashtirildi, nitrooksidlash parametrlarining tribologik natijalarga ta'siri statistik tahlil orqali baholandi, optimal texnologik rejimlarni aniqlash uchun regressiya modellari ishlab chiqildi. Mazkur metodologik yondashuv texnologiyaning barcha bosqichlarini tizimli ravishda o'rganishga, hosil bo'lgan qoplamalarning strukturasi va funksional xossalari o'rtasidagi bog'liqlikni ilmiy asosda yoritishga imkon berdi. Natijada uch bosqichli nitrooksidlash texnologiyasining avtotransport detallarining yeyilishga bardoshlilikini sezilarli darajada oshirishdagi mexanizmi ilmiy va amaliy jihatdan asoslab berildi.

NATIJALAR

O'tkazilgan tadqiqotlar avtotransport detallarining ishqalanish sharoitidagi yeyilishga bardoshlilikini oshirishda uch bosqichli nitrooksidlash texnologiyasining yuqori samaradorligini tasdiqladi. Eksperimental jarayonlar davomida po'lat sirtida hosil bo'lgan nitrid-oksid qatlamlari tarkibi, strukturasi va mexanik xususiyatlari chuqur tahlil qilindi hamda nitrooksidlashning har bir bosqichi qoplamaning shakllanish jarayonida turlicha, ammo o'zaro bog'liq funksional rol o'ynashi aniqlangan. Oldindan oksidlash bosqichi sirtning reaksiya qobiliyatini oshirib, azot atomlarining keyingi diffuziyasiga qulay sharoit yaratgan bo'lsa, azotlash bosqichi metall panjarasiga faol azot kirib borishini kuchaytirib, ϵ -(Fe₂₋₃N) va γ' -(Fe₄N) tipidagi yuqori qattqlikka ega fazalarning rivojlanishiga sabab bo'ldi. Bug'larda

oksidlash jarayoni esa nitridlar ustida barqaror, zich oksid qatlami hosil qilinishini ta'minlab, detallarni korroziyaga nisbatan ko'proq himoyalanihiga olib keldi.



1 – rasm. Nitrooksidlash jarayonining diffuziya chuqurligi bo'yicha yeyilish ko'effitsientiga ta'siri

Metallografik va rentgen-fazaviy tahlillar natijasida qoplama strukturasining qatlamli tuzilishga ega ekani, diffuziya zonasi chuqurligining esa texnologik parametrlar bilan bevosita bog'liq ravishda o'zgarishi aniqlandi. Qattiqlikni o'lchash sinovlari nitrooksidlangan qatlamning mikroqattiqligi boshlang'ich holatga nisbatan bir necha baravar oshganini ko'rsatdi va bu o'sish diffuziya jarayonining chuqurligi hamda nitrid fazalarining miqdoriga bog'liq ekani tasdiqlandi. Tribologik sinovlar natijalariga ko'ra, qoplangan detallar ishqalanish ko'effitsienti sezilarli darajada kamayib, yeyilish tezligi ancha pasaygani qayd etildi. Bu esa uch bosqichli nitrooksidlash texnologiyasi avtotransport detallarining ekspluatatsion barqarorligini oshirishda samarali usul ekanini ko'rsatadi. Korroziyaga chidamlilik bo'yicha o'tkazilgan testlarda ham nitrooksid qoplamalarning kuchli himoya funksiyasiga ega ekani, ayniqsa oksid qatlamining mavjudligi metall sirtining agressiv muhitlarda uzoq muddat barqaror turishini ta'minlashi aniqlandi.

1 – jadval. Diffuziya chuqurligi va yeyilish ko'rsatkichlari jadvali



a Diffuziy chuqurligi (μm)	Mikroqattiqli k HV	Yeyilis h koeff. (oldin)	Yeyilish koeff. (nitrooksidlangan)
0	820	0.85	0.42
20	780	0.82	0.4
40	740	0.8	0.39
60	690	0.78	0.38
80	640	0.77	0.37
100	600	0.76	0.36

Matematik modellashirish natijalari diffuziya jarayonlarining texnologik harorat, vaqt va muhit tarkibiga sezilarli darajada bog‘liq ekanini ko‘rsatib, optimal parametrlar diapazonini amaliy ravishda aniq belgilash imkonini berdi. Statistik tahlil orqali qattiqlik, yeyilish tezligi va fazaviy tarkib o‘rtasida izchil bog‘liqliklar aniqlanib, nitrooksidlash natijalarini prognoz qilish imkonini beruvchi regressiya modeli ishlab chiqildi. Umuman olganda, tadqiqot natijalari uch bosqichli nitrooksidlash texnologiyasi avtotransport detallarining ishqalanish jarayonidagi bardoshliligini sezilarli oshirishi, detallar xizmat muddatini uzaytirishi hamda texnik ishonchliligini ta‘minlashi bo‘yicha ilmiy asoslangan va eksperimental tasdiqlangan xulosalarni taqdim etadi.

XULOSA

O‘tkazilgan tadqiqotlar avtotransport detallarining ishqalanish sharoitidagi yeyilishga bardoshliligini oshirishda uch bosqichli nitrooksidlash texnologiyasining yuqori samaradorligini ilmiy va eksperimental jihatdan tasdiqladi. Nitrooksidlash jarayonining har bir bosqichi — oldindan oksidlash, azotlash va bug‘larda oksidlash — sirt qatlamining shakllanishida muhim rol o‘ynab, nitrid va oksid fazalarining barqaror integratsiyasi orqali yuqori qattiqlikka ega himoya qatlamini hosil qildi. Mikrostrukturaviy tahlillar diffuziya chuqurligi bo‘yicha qattiqlikning izchil



o'zgarishini, rentgen-fazaviy tadqiqotlar esa ϵ -(Fe₂₋₃N) va γ' -(Fe₄N) nitrid fazalarining ustunlik qilishini ko'rsatdi. Tribologik sinovlar natijalari nitrooksidlangan detallar yeyilish koeffitsientining sezilarli kamayishi va ishqalanish jarayonidagi barqarorlikning ortishini namoyish etdi. Korroziyaga chidamlilik tajribalari ham oksidlangan qatlamning agressiv muhitlarda qo'shimcha himoya berishini tasdiqladi. Umuman olganda, uch bosqichli nitrooksidlash texnologiyasi avtotransport detallarining xizmat muddatini uzaytirish, ekspluatatsion ishonchligini oshirish hamda texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirishda samarali yechim ekani aniqlandi. Olingan natijalar mazkur texnologiyaning avtomobil sanoati va mashinasozlikda keng qo'llanilishi uchun ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Khojakulov, A., Ruziyev, U., Boymurodov, N., Shernazarov, I., Mashaev, E., & Shoyimova, K. (2024). Research and determination of parameters for extracting valuable components from technological waste. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 149, p. 01049). EDP Sciences.
2. Хужакулов, Н. Б., Рузиев, У. М., & Насирова, Н. Р. (2021). ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА БИОКЕКА НА ПОКАЗАТЕЛИ СОРБЦИОННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ. *Universum: технические науки*, (5-2 (86)), 20-23.
3. Мамарасулович, RU (2025). ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА АЗОТНОКИСЛОТНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ГЛИНОЗУМА ИЗ КАОЛИНОВЫХ ГЛИН. *Лучшие интеллектуальные исследования*, 46 (5), 338-348.
4. Abdisamievich, S. A., Mamarasulovich, R. U., & Azamatugli, K. O. (2025). DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING ALUMINA FROM LOCAL RAW MATERIALS. *Sanoatda raqamli texnologiyalar/Цифровые технологии в промышленности*, 3(2), 105-111.
5. Рузиев, У. М. (2025). Повышение эффективности разделения твердой и жидкой фаз при азотнокислотном выщелачивании бедных глиноземных руд.



6. Ruziev, U. M., & Boymurodov, N. A. (2025). MEXANIK FAOLLASHTIRISHNING GLINOZYOM AJRATIB OLISHGA TA'SIRI.
7. Abdisamiyevich, S. A., Xudaynazar o'g'li, E. U., Mamarasulovich, R. U., & Ilyosjon o'g'li, X. I. (2025). ROASTING OF ALUMINA-CONTAINING MATERIAL IN A ROTARY KILN. *GREAT BRITAIN-SCIENTIFIC REVIEW OF THE PROBLEMS AND PROSPECTS OF MODERN SCIENCE AND EDUCATION*, 1(1), 22-28.
8. Tushinsky, L., & Marchev, K. "Formation and Properties of Diffusion Nitro-Oxide Layers on Steel." *Journal of Materials Engineering and Performance*, 2018, pp. 1123–1132.
9. Sarıtaş, S., & Alsaran, A. "Wear and Corrosion Behavior of Nitrocarburized Steels Used in Automotive Applications." *Surface & Coatings Technology*, 2020, pp. 980–990.
10. Koneshlou, M., Aghaie-Khafri, M. "Effects of Pre-Oxidation and Nitriding on Mechanical Properties of Low-Carbon Steels." *Materials Science and Engineering A*, 2017, pp. 670–678.