ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 7

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

SANOATDA QO‘LLANILADIGAN DETALLARNI MUSTAHKAMLASH UCHUN KIMYOVIY-TERMIK ISHLOV BERISH JARAYONLARINING NAZARIY VA TEXNOLOGIK ASOSLARI

Boynazarov Urol Ravshanovich
Qarshi davlat texnika universiteti, dotsent.
Email: boynazarov.1963@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada sanoatda qo‘llaniladigan detallarni mustahkamlash uchun foydalaniladigan kimyoviy-termik ishlov berish jarayonlarining nazariy va texnologik asoslari o‘rganilgan. Mashinasozlik, metallurgiya, tog‘-kon va neft-gaz sanoatida ishlatiladigan detallar yuqori mexanik yuklamalar, abraziv muhit va korroziy ta’sirlar ostida faoliyat yuritishi sababli ularning xizmat muddati sezilarli darajada kamayadi. Tadqiqotda detallar yuzasida hosil bo‘ladigan diffuzion qatlamlarning shakllanish mexanizmlari, ularning fizik-kimyoviy va mexanik xossalarga ta’siri tahlil qilindi. Kimyoviy-termik ishlov berish natijasida hosil bo‘lgan diffuzion qoplamalarning mikrostrukturasi, mikroqattiqligi, mustahkamligi, zarbiy qovushoqligi va korroziyaga chidamliligi baholandi. Olingan natijalar diffuzion qoplamalar yuzaning g‘adir-budirligini kamaytirishi, mexanik mustahkamlikni oshirishi hamda agressiv muhitlarda korroziyaga qarshilikni sezilarli yaxshilashini ko‘rsatdi. Xususan, korroziya tezligi 10–100 baravargacha kamaygani, mikroqattiqlik esa 4700 MPa gacha ortgani aniqlandi. Tadqiqot natijalari kimyoviy-termik ishlov berish texnologiyalarini sanoat uskunalari detallarining xizmat muddatini uzaytirish va ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirishda samarali qo‘llash mumkinligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: kimyoviy-termik ishlov berish, diffuzion qoplama, mikroqattiqlik, korroziyabardoshlik, yeyilishga chidamlilik, mexanik xossalar, sanoat detallari.

Аннотация. В статье исследованы теоретические и технологические основы процессов химико-термической обработки, применяемых для упрочнения деталей промышленного назначения. Детали, используемые в машиностроении, металлургии, горнодобывающей и нефтегазовой промышленности, подвергаются воздействию высоких механических нагрузок, абразивного износа и коррозионных сред, что приводит к снижению их эксплуатационного ресурса. В работе рассмотрены механизмы формирования диффузионных слоев и их влияние на физико-химические и механические свойства материалов. Проведена оценка микроструктуры, микротвердости, прочности, ударной вязкости и коррозионной стойкости диффузионных покрытий, полученных в результате химико-термической обработки. Установлено, что сформированные покрытия обеспечивают снижение шероховатости поверхности, повышение механической прочности и значительное увеличение коррозионной стойкости материалов. Показано,

ISSN 3030-3907

что скорость коррозии уменьшается в 10–100 раз, а микротвердость покрытий достигает 4700 МПа. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность химико-термической обработки для повышения долговечности и надежности деталей промышленного оборудования, а также снижения затрат на их эксплуатацию и ремонт.

Ключевые слова: химико-термическая обработка, диффузионное покрытие, микротвердость, коррозионная стойкость, износостойкость, механические свойства, промышленные детали.

Abstract. This article investigates the theoretical and technological foundations of thermochemical treatment processes used for strengthening industrial components. Parts employed in mechanical engineering, metallurgy, mining, and oil and gas industries are exposed to high mechanical loads, abrasive wear, and corrosive environments, which significantly reduce their service life. The study analyzes the mechanisms of diffusion layer formation and their influence on the physicochemical and mechanical properties of materials. The microstructure, microhardness, strength, impact toughness, and corrosion resistance of diffusion coatings obtained through thermochemical treatment were evaluated. The results demonstrate that diffusion coatings reduce surface roughness, improve mechanical strength, and significantly enhance corrosion resistance. In particular, the corrosion rate was reduced by 10–100 times, while the microhardness of the coatings increased up to 4700 MPa. The findings confirm the high efficiency of thermochemical treatment technologies for improving the durability and reliability of industrial equipment components and reducing maintenance and operating costs. The obtained results can be used in the development of advanced surface strengthening technologies for industrial applications.

Keywords: thermochemical treatment, diffusion coating, microhardness, corrosion resistance, wear resistance, mechanical properties, industrial components.

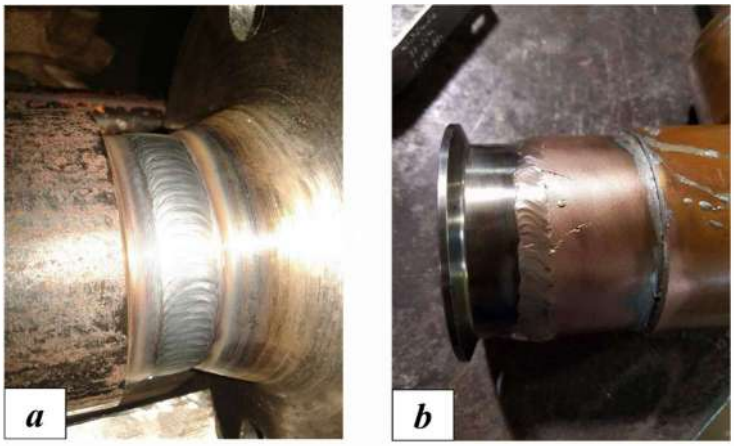
KIRISH.

Bugungi kunda mashinasozlik, metallurgiya, tog‘-kon va neft-gaz sanoatining jadal rivojlanishi ishlab chiqarish uskunalari va mexanizmlarining ishonchliligiga bo‘lgan talablarni sezilarli darajada oshirmoqda. Ushbu tarmoqlarda qo‘llaniladigan detallar yuqori mexanik yuklamalar, abraziv zarrachalar, zarbiy ta’sirlar, siklik kuchlanishlar hamda agressiv kimyoviy muhitlar ta’sirida ishlaydi. Natijada detallar yuzasida intensiv yeyilish, korroziya va charchash jarayonlari rivojlanib, uskunalarning xizmat muddati qisqaradi hamda ishlab chiqarish samaradorligi pasayadi.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, sanoat uskunalarida kuzatiladigan nosozliklarning 70–85 % qismi materialning yuzaki qatlamida sodir bo‘ladigan

ISSN 3030-3907

abraziv yeyilish, adgezion yeyilish, kontakt charchashi va korroziyaviy buzilishlar bilan bog‘liq. Shu bilan birga, texnik xizmat ko‘rsatish va ta’mirlash xarajatlari ko‘plab sanoat korxonalarida umumiy ekspluatatsion xarajatlarning 30–50 % gacha bo‘lgan qismini tashkil etadi. Ayniqsa, tog‘-kon va metallurgiya korxonalarida maydalagichlar, tegirmonlar, nasoslar, transport tizimlari hamda ishqalanish juftliklari tarkibiga kiruvchi detallar doimiy ravishda abraziv muhit ta’sirida ishlashi sababli ularning xizmat muddati keskin kamayadi. Bu esa ishlab chiqarish tannarxining ortishiga va uskunalarning rejasiz to‘xtashlariga olib keladi.



1-rasm. Sanoat uskunasi detalining yeyilgan yuzasini payvandlab qoplash orqali tiklash jarayoni.

a – qoplama qatlamini hosil qilish; b – tiklangan detalning yakuniy holati

Metall detallar ishdan chiqishining asosiy sababi yuzaki qatlamning buzilishi bilan bog‘liq bo‘lganligi sababli, so‘nggi yillarda materiallarning ichki xossalarini saqlagan holda faqat sirt qatlamini mustahkamlashga qaratilgan texnologiyalarni rivojlantirishga katta e’tibor qaratilmoqda. Bunday usullar orasida kimyoviy-termik ishlov berish jarayonlari eng samarali texnologiyalardan biri hisoblanadi. Ushbu jarayonlar metall yuzasini uglerod, azot, bor, xrom, kremniy va boshqa faol elementlar bilan diffuzion to‘yintirish orqali yuqori qattiqlik, yeyilishga chidamlilik, korroziyabardoshlik va charchash mustahkamligiga ega bo‘lgan mustahkamlangan qatlamlarni hosil qilish imkonini beradi.

Kimyoviy-termik ishlov berishning muhim afzalliklaridan biri yuzada gradient strukturani shakllantirish imkoniyatidir. Bunda detal sirtida yuqori qattiqlikka ega qatlam hosil bo‘lishi bilan birga, o‘zak qismida yetarli plastiklik va qovushoqlik saqlanib qoladi. Natijada material bir vaqtning o‘zida ham yuzaki, ham hajmiy yuklamalarni samarali qabul qila oladi. Tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, kimyoviy-termik ishlov berish qo‘llanilganda detallar xizmat muddati 2–5 baravargacha, ayrim og‘ir ekspluatatsiya sharoitlarida esa 8–10 baravargacha oshishi mumkin.

Kimyoviy-termik ishlov berishning eng istiqbolli usullaridan biri azotlash jarayoni hisoblanadi. Azotlash metall yuzasini atomar azot bilan to‘yintirishga

ISSN 3030-3907

asoslangan bo‘lib, natijada yuqori qattiqlikka ega nitrid fazalari hosil bo‘ladi. Jarayon odatda 500–650 °C harorat oralig‘ida amalga oshiriladi va natijada qalinligi 0,3–0,6 mm bo‘lgan diffuzion qatlam shakllanadi. Azotlangan qatlamning qattiqligi 58–65 HRC gacha yetadi hamda yuqori haroratlarda ham o‘z xossalarini saqlab qoladi. Masalan, sementatsiyalangan qatlamning qattiqligi 200–250 °C haroratgacha saqlansa, azotlangan qatlam uchun ushbu ko‘rsatkich 550–600 °C gacha yetadi. Bundan tashqari, azotlash natijasida hosil bo‘ladigan qoldiq siquvchi kuchlanishlar detalning charchash mustahkamligini 20–60 % ga oshiradi va yeyilish intensivligini bir necha baravar kamaytiradi.

So‘nggi yillarda an’anaviy kimyoviy-termik ishlov berish texnologiyalarini takomillashtirish maqsadida plazmali qoplash, ion-plazmali azotlash, vakuumli diffuzion to‘yintirish hamda ko‘p komponentli diffuzion qatlamlar hosil qilishga asoslangan yangi texnologiyalar ishlab chiqilmoqda. Bunday texnologiyalar yuzada murakkab ko‘p fazali strukturalarni hosil qilib, bir vaqtning o‘zida yuqori qattiqlik, korroziyabardoshlik, issiqlikka chidamlilik va kontakt mustahkamligini ta’minlash imkonini beradi. Shunga qaramasdan, diffuzion qatlamlarning shakllanish mexanizmlari, ko‘p komponentli tizimlarda massa almashinuvi qonuniyatlari, fazaviy o‘zgarishlarning kinetikasi va ularning ekspluatatsion xossalarga ta’siri yetarli darajada o‘rganilmagan. Ayniqsa, agressiv muhitlarda va yuqori yuklamalar ostida ishlaydigan sanoat detallarining uzoq muddatli ishlashini ta’minlaydigan kimyoviy-termik ishlov berish rejimlarini ilmiy asoslash dolzarb ilmiy va amaliy masalalardan biri hisoblanadi.

Shu munosabat bilan sanoatda qo‘llaniladigan detallarni mustahkamlash uchun foydalaniladigan kimyoviy-termik ishlov berish jarayonlarining nazariy va texnologik asoslarini chuqur o‘rganish, diffuzion qatlamlarning shakllanish qonuniyatlarini aniqlash hamda yuqori ekspluatatsion xossalarga ega bo‘lgan mustahkamlangan yuzalarni hosil qilishning samarali texnologik yechimlarini ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

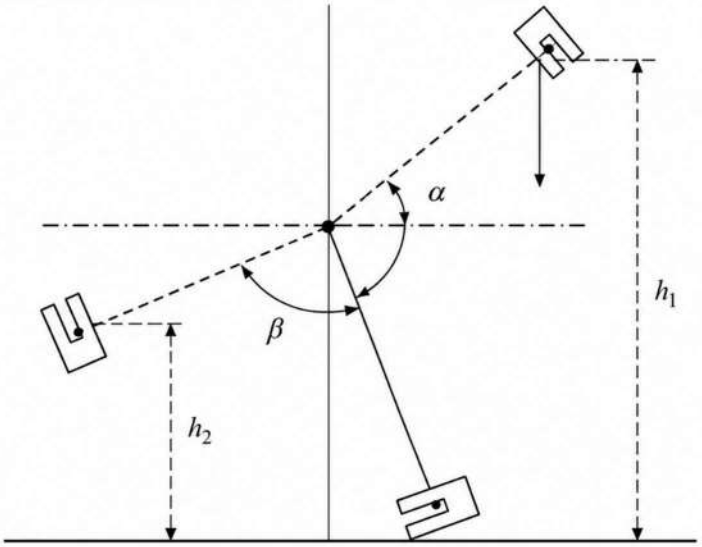
TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Ushbu tadqiqotda sanoat uskunalari detallarining ekspluatatsion xossalarini yaxshilashda qo‘llaniladigan kimyoviy-termik ishlov berish jarayonlarining nazariy va texnologik asoslari tahlil qilindi. Tadqiqotning asosiy maqsadi detallar yuzasida hosil bo‘ladigan diffuzion qatlamlarning shakllanish mexanizmlarini o‘rganish hamda ularning qattiqlik, yeyilishga chidamlilik va korroziyabardoshlikka ta’sirini baholashdan iborat.

Tadqiqot obyekti sifatida tog‘-kon, metallurgiya va mashinasozlik sanoatida keng qo‘llaniladigan po‘lat detallar tanlandi. Ekspluatatsiya jarayonida kuzatilgan abraziv yeyilish, adgezion yemirilish va kontakt charchashi izlari mavjud bo‘lgan detallar yuzalari tahlil qilindi. Yuzaki buzilishlarning asosiy turlari sifatida abraziv

ISSN 3030-3907

yeyilish, mikroqirqilish, plastik deformatsiya, korroziyaviy yemirilish va kontakt yorilishlari o‘rganildi.



2-rasm. MK-30A mayatnikli koprning ishlash sxemasi

Bu yerda: h_1 – mayatnikning zarbadan oldingi ko‘tarilish balandligi; h_2 – zarbadan keyingi ko‘tarilish balandligi; α – mayatnikning boshlang‘ich og‘ish burchagi; β – zarbadan keyingi og‘ish burchagi.

Materiallarning dinamik yuklamalar ostida ishlash qobiliyatini baholash maqsadida zarbiy qovushoqlik sinovlari mayatnikli kopr usulida amalga oshirildi. Sinov davomida namunaning buzilishiga sarflangan energiya mayatnikning zarbadan oldingi va keyingi potensial energiyalari farqi orqali aniqlandi. Olingan natijalar kimyoviy-termik ishlov berish natijasida materialning mo‘rtlik va qovushoqlik xossalaridagi o‘zgarishlarni baholash imkonini berdi.

Kimyoviy-termik ishlov berish jarayonlari orasida azotlash texnologiyasi asosiy tadqiqot usuli sifatida qabul qilindi. Azotlash jarayoni 500–650 °C harorat oralig‘ida amalga oshiriladigan diffuzion to‘yintirish jarayoni bo‘lib, bunda ammiakning termik dissotsiatsiyasi natijasida hosil bo‘lgan atomar azot metall yuzasiga diffuziyalanadi:

$$NH_3 \rightarrow N + 3/2H_2$$

Hosil bo‘lgan atomar azot po‘lat tarkibidagi legirlovchi elementlar bilan reaksiyaga kirishib, yuqori qattiqlikka ega nitrid fazalarni hosil qiladi:

$$Fe + N \rightarrow Fe_4N$$
$$2Fe + N \rightarrow Fe_{2-3}N$$
$$Al + N \rightarrow AlN$$
$$Cr + N \rightarrow CrN$$
$$Mo + 2N \rightarrow MoN_2$$

ISSN 3030-3907

Mazkur nitridlarning hosil bo‘lishi natijasida detal yuzasida yuqori qattiqlikka ega bo‘lgan diffuzion qatlam shakllanadi. Azotlangan qatlam qalinligi odatda 0,3–0,6 mm ni tashkil etib, uning qattiqligi 58–65 HRC gacha yetadi.

Diffuzion qatlamning o‘sish kinetikasi Fikning ikkinchi qonuni asosida baholandi:

$$\partial C/\partial t = D(\partial^2 C/\partial x^2)$$

bu yerda C – diffuziyalanuvchi element konsentratsiyasi, D – diffuziya koeffitsienti, t – vaqt, x – diffuziya chuqurligi.

Diffuzion qatlam qalinligi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\delta = k\sqrt{t}$$

bu yerda δ – diffuzion qatlam qalinligi, k – haroratga bog‘liq koeffitsient, t – ishlov berish davomiyligi.

Yuza mustahkamlanishining samaradorligi qattiqlik, yeyilishga chidamlilik va korroziyabardoshlik ko‘rsatkichlari orqali baholandi. Mikroqattiqlik Vikkers usuli bo‘yicha aniqlanib, quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$HV = 1{,}854P/d^2$$

bu yerda P – yuklama, d – indentor izi diagonali.

Korroziyaga chidamlilikni baholashda massa yo‘qotish usuli qo‘llanildi va korroziya tezligi quyidagi tenglama yordamida hisoblandi:

$$V = \Delta m/(S \cdot t)$$

bu yerda Δm – massa yo‘qotilishi, S – namuna yuzasi, t – sinov davomiyligi.

Tadqiqot davomida kimyoviy-termik ishlov berish natijasida hosil bo‘ladigan diffuzion qatlamlarning strukturasi, fazaviy tarkibi va ekspluatatsion xossalariga ta’sir etuvchi asosiy omillar sifatida harorat, vaqt, azot potensiali va metallning kimyoviy tarkibi tahlil qilindi. Olingan natijalar asosida sanoat detallarining xizmat muddatini oshirishda azotlash va boshqa kimyoviy-termik ishlov berish usullarining samaradorligi baholandi.

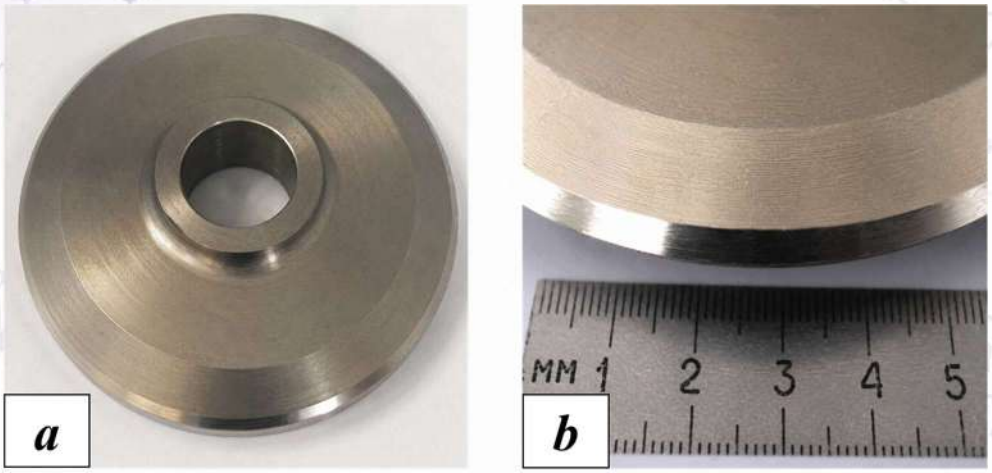
NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Kimyoviy-termik ishlov berish natijasida hosil qilingan diffuzion qoplamalarning fizik-kimyoviy va mexanik xossalari o‘rganildi. Tadqiqot natijalari qoplama hosil bo‘lishi materiallarning ekspluatatsion xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilashini ko‘rsatdi.

Metallografik tahlillar natijasida Ni–Cu asosidagi diffuzion qoplamalar yuzada bir tekis taqsimlanganligi, yuqori yaxlitlikka ega ekanligi va qoplama-metall chegarasida nuqsonlar hosil qilmasligi aniqlandi. Qoplamalar detal yuzasini to‘liq qoplab, g‘ovaklar va yorilishlar hosil qilmagan. Azot kislotasida olib borilgan sinovlar qoplamaning uzluksizligini tasdiqladi hamda korroziyaga qarshi

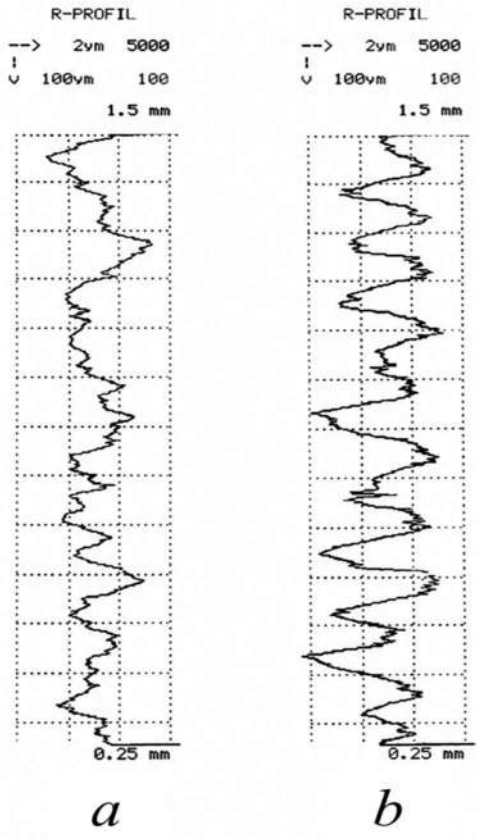
ISSN 3030-3907

himoya xususiyatlarining yuqoriligini ko‘rsatdi. Qoplangan namunalarda mahalliy korroziya o‘choqlari kuzatilmadi.



3-rasm. Ni–Cu diffuzion qoplamasining umumiy ko‘rinishi

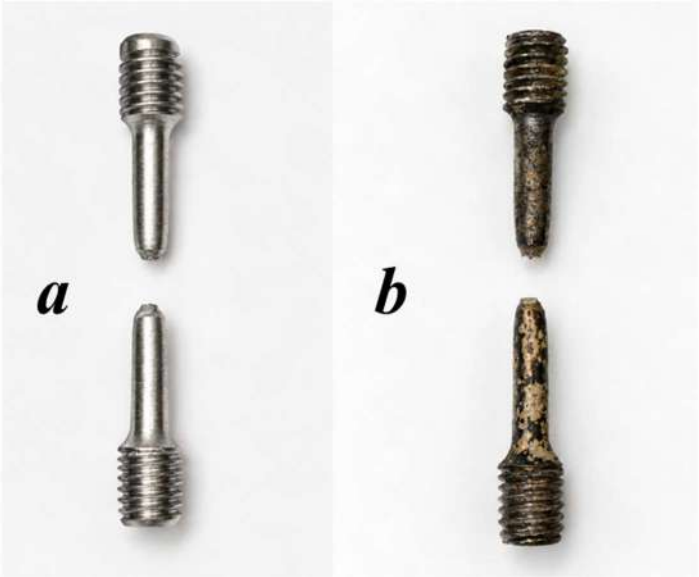
Qoplama hosil bo‘lishi detal yuzasi geometriyasiga ham ijobiy ta’sir ko‘rsatdi. X12M po‘latidan tayyorlangan namunalar yuzasida o‘lchangan g‘adir-budirlik parametrlari kamayganligi aniqlandi. Xususan, Ra ko‘rsatkichi 2,39 mkm dan 1,32 mkm gacha, ayrim uchastkalarda esa 1,04 mkm dan 0,69 mkm gacha kamaydi. Bu holat ishqalanish juftliklarida kontakt kuchlanishlarining kamayishiga va yeyilishga chidamlilikning oshishiga xizmat qiladi.



4-rasm. X12M po‘latidan tayyorlangan namunalarning profilogrammalari.
a – Ni–Cu qoplamali; b – qoplamasiz holat.

ISSN 3030-3907

Mexanik sinovlar natijalari diffuzion qoplamalarning mustahkamlovchi ta’sirini tasdiqladi. Po‘lat 20 namunalarida Ni–Cu qoplamasi qo‘llanilganda vaqtinchalik uzilish qarshiligi 360 MPa dan 410 MPa gacha ortdi. Qoplama qalinligi oshirilganda ushbu ko‘rsatkich 380 MPa darajasiga yetdi. Bunda plastiklik xossalarining kamayishi sezilarli bo‘lmagan va materialning ekspluatatsion ishonchliligi saqlanib qolgan. Qoplama bilan ishlov berilgan namunalarda deformatsiya jarayonida qatlamning ajralishi yoki yorilishi kuzatilmadi, bu esa diffuzion qatlam bilan asosiy metall o‘rtasida mustahkam metallurgik bog‘lanish hosil bo‘lganligini ko‘rsatadi.



5-rasm. Cho‘zilish sinovidan keyingi namunalarning umumiy ko‘rinishi.
a – qoplamasiz; b – Ni–Cu qoplamali

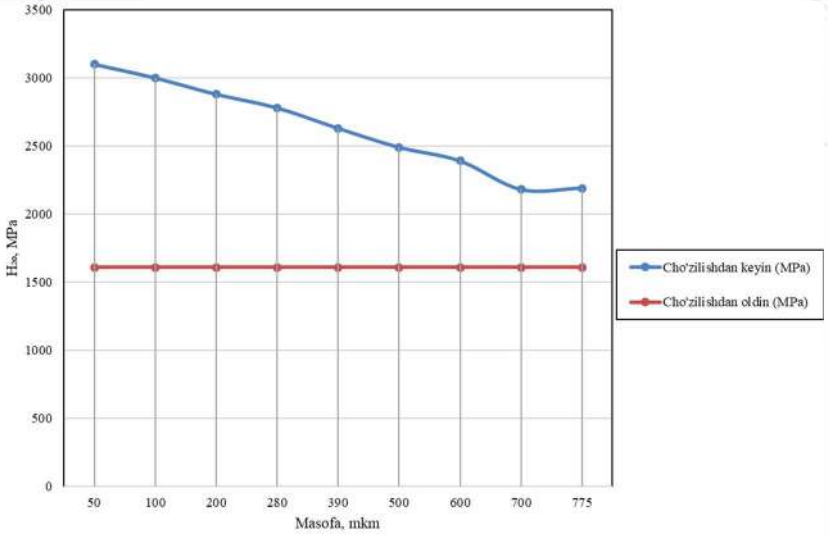
Egilishga sinovlar natijasida X12MF po‘latida qoplama qo‘llanilishi mexanik mustahkamlikni pasaytirmasligi aniqlandi. Qoplamasiz namunalar uchun egilishdagi mustahkamlik 3100 MPa ni tashkil qilgan bo‘lsa, qoplamali namunalar uchun ushbu qiymat 3180 MPa ga yetdi. Olingan natijalar diffuzion qatlamning yuqori yuklanishlar ostida ham yaxlitligini saqlab qolishini ko‘rsatadi.

Materiallarning dinamik yuklamalar ostidagi xususiyatlarini baholash maqsadida zarbiy qovushoqlik sinovlari o‘tkazildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, X12MF po‘latining zarbiy qovushoqligi qoplamasiz holatda 38 J/sm² ni tashkil etgan bo‘lsa, Ni–Cu qoplamasi hosil qilingan namunada ushbu ko‘rsatkich 42 J/sm² ga yetdi. Bu qoplama hosil bo‘lishi materialning mo‘rt buzilishga qarshiligini oshirishini ko‘rsatadi.

Mikroqattiqlik bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar diffuzion qatlamning deformatsion mustahkamlanish xususiyatiga ega ekanligini ko‘rsatdi. Yuklama ortishi bilan qatlam mikroqattiqligi oshib borib, maksimal qiymat 4700 MPa ga yetgan. Bu holat qoplama tarkibida yuz beradigan strukturaviy o‘zgarishlar va

ISSN 3030-3907

dislokatsion mustahkamlanish jarayonlari bilan izohlanadi. Yuqori mikroqattiqlik qoplamaning abraziv yeyilish sharoitlarida samarali ishlashini ta’minlaydi.



6-rasm. Cho‘zilish sinovidan keyin mikroqattiqlikning qoplama bo‘ylab taqsimlanishi

Korroziyaga chidamlilik bo‘yicha olingan natijalar qoplamalarning amaliy ahamiyatini yaqqol namoyon etdi. Sero vodorodli muhitda po‘lat 20 ning korroziya tezligi qoplamasiz holatda 0,8 mm/yil bo‘lgan bo‘lsa, Ni–Cu qoplamasi hosil qilingan namunalarda bu ko‘rsatkich 0,08 mm/yilgacha kamaydi. X12MF po‘latida esa korroziya tezligi 3,0 mm/yildan 0,03 mm/yilgacha pasaydi. Demak, diffuzion qoplama korroziyaga chidamlilikni 10–100 baravar oshirgan. Shuningdek, vodorod ta’sirida yuzaga keluvchi ichki yorilishlar aniqlanmadi, bu esa qoplamalarning agressiv muhitlarda uzoq muddat ishlash imkoniyatini tasdiqlaydi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, kimyoviy-termik ishlov berish asosida hosil qilingan diffuzion qoplamalar sanoat uskunalari detallarining mexanik mustahkamligi, zarbiy qovushoqligi, mikroqattiqligi va korroziyabardoshligini sezilarli darajada oshiradi. Ushbu texnologiyalarni tog‘-kon, metallurgiya, neft-gaz va mashinasozlik sanoati detallarini mustahkamlashda qo‘llash uskunalarning xizmat muddatini uzaytirish va ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish imkonini beradi.

XULOSA.

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida kimyoviy-termik ishlov berish sanoat uskunalari detallarining ekspluatatsion xossalarini yaxshilashning samarali usullaridan biri ekanligi aniqlandi. Diffuzion Ni–Cu qoplamalarining hosil bo‘lishi natijasida detal yuzasida yuqori yaxlitlikka ega, bir tekis taqsimlangan va mustahkam metallurgik bog‘lanish hosil qiluvchi qatlam shakllanishi kuzatildi. Tadqiqot natijalari qoplamalar qo‘llanilganda yuzaning g‘adir-budirligi kamayishi, vaqtinchalik uzilish qarshiligi 360 MPa dan 410 MPa gacha ortishi, egilishdagi mustahkamlikning 3180 MPa ga yetishi hamda zarbiy qovushoqlikning 38 J/sm²

ISSN 3030-3907

dan 42 J/sm² gacha oshishini ko‘rsatdi. Shuningdek, diffuzion qatlamning mikroqattiqligi 4700 MPa gacha yetib, uning yuqori yeyilishga chidamliligini ta’minlashi aniqlandi.

Korroziyaga chidamlilik bo‘yicha olingan natijalar diffuzion qoplamalarning agressiv muhitlarda ishlovchi detallar uchun yuqori himoya xususiyatlariga ega ekanligini tasdiqladi. Xususan, po‘lat 20 va X12MF namunalarida korroziya tezligi mos ravishda 0,8 mm/yildan 0,08 mm/yilgacha hamda 3,0 mm/yildan 0,03 mm/yilgacha kamaygani qayd etildi. Olingan natijalar kimyoviy-termik ishlov berish asosida hosil qilingan diffuzion qoplamalarni tog‘-kon, metallurgiya, neft-gaz va mashinasozlik sanoatida qo‘llash detallar xizmat muddatini uzaytirish, yeyilish va korroziya jarayonlarini kamaytirish hamda ekspluatatsion xarajatlarni sezilarli darajada qisqartirish imkonini berishini ko‘rsatdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bell, T. (2002). Surface engineering of austenitic stainless steel. Surface Engineering, 18(6), 415–422. https://doi.org/10.1179/026708402225006493
2. Davis, J. R. (2001). Surface hardening of steels: Understanding the basics. ASM International.
3. Edenhofer, B. (1974). Physical and metallurgical aspects of ion nitriding. Heat Treatment of Metals, 1(2), 23–28.
4. Gavriljuk, V. G. (1996). Nitrogen in iron and steel. Metallurgical and Materials Transactions A, 27(2), 241–250. https://doi.org/10.1007/BF02648943
5. Geller, Y. A. (1984). Instrumentalnye stali. Metallurgiya.
6. Holmberg, K., & Matthews, A. (2009). Coatings tribology: Properties, mechanisms, techniques and applications in surface engineering (2nd ed.). Elsevier.
7. Keddam, M., Kulka, M., Makuch, N., Pertek, A., & Maldzinski, L. (2013). A kinetic model for the boriding process. Applied Surface Science, 298, 155–163. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.09.038
8. Mittemeijer, E. J. (2013). Fundamentals of nitriding and nitrocarburizing. ASM Handbook, 4A, 619–646.
9. Oliker, V. E. (1976). Khimiko-termicheskaya obrabotka metallov. Mashinostroyeniye.
10. Podgornik, B., Vizintin, J., Wänstrand, O., Larsson, M., Hogmark, S., Ronkainen, H., & Holmberg, K. (2001). Wear mechanisms and surface engineering of tribological components. Wear, 249(3–4), 254–259. https://doi.org/10.1016/S0043-1648(01)00557-3

ISSN 3030-3907

11. Rakhimov, R. D., & Karimov, A. A. (2020). Surface modification technologies for improving wear resistance of machine parts. Materials Today: Proceedings, 25, 45–50.
12. Sun, Y., & Bell, T. (1998). Plasma surface engineering of low alloy steel. Materials Science and Engineering: A, 140(1–2), 419–434. https://doi.org/10.1016/S0921-5093(98)00211-9
13. Totten, G. E. (2006). Steel heat treatment: Metallurgy and technologies. CRC Press.
14. Tyurin, Y. N., Pogrebnjak, A. D., & Beresnev, V. M. (2017). Modern surface engineering technologies and applications. Journal of Surface Investigation, 11(5), 897–909. https://doi.org/10.1134/S1027451017050184
15. Zhang, S. (2010). Modern surface engineering treatments. CRC Press.