

UO‘K: 669.14:621.9:622.8

doi 10.70769/3030-3214.SRT.3.4.2025.30

SANOATDA DETALLARNING YEYILISHINI OLDINI OLISH USULLARI



Boynazarov O'rol Ravshanovich

*Qarshi davlat texnika universiteti professori, t.f.n., Qarshi,
O'zbekiston*



Xasanov Abdirashid Saliyevich

*Olmalik kon-metallurgiya kombinati" AJ Innovatsion
texnologiyalarni ishlab chiqish va tadbiq etish markazining
texnologiya bo'yicha direktor o'rinbosari, t.f.d., professor,
Olmalik, O'zbekiston
E-mail: a.xasanov@srt-journal.uz
ORCID ID: 0009-0004-9162-7622*

Annotatsiya. Ma'lumki yer usti va yer ostidan qazib olingan minerallarni ajratib olishda ularning tarkibidagi xlorli va boshqa turdagi tuzlarning birikmalarining mavjudligi metall konstruksiyalariga abraziv ta'sir qilish bilan birgalikda korroziyalanish holatlarini ham keltirib chiqaradi. Ushbu maqolada metall konstruksiyalarini ekspluatatsiya qilish muddatini oshirish maqsadida ularning sirt yuzalarini bardoshlilikini oshirish va har xil usuldagi qoplamalarning texnologiyasidan foydalanilgan va yeyilishga va korroziyaga qarshi bardoshlilikini oshirish bo'yicha tadqiqotlar olib borilgan.

Kalit so'zlar: ishchi detal, yeyilish, korroziya, konstruktiv, texnologik, ekspluatatsion, kvarts, granit, dala shpati, pyrit, yoyli qoplama, vibro-ark qoplamasi, qo'lda yoyli qoplama, sirt qoplamasi, plazma qoplamasi, yuqori chastotali induktiv metallash, induksion qoplama, azotlash.

МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАЗЪЕДАНИЯ ДЕТАЛЕЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Бойназаров Урал Равшанович

*Профессор, к.т.н., Каршинский государственный технический
университет, Карши, Узбекистан*

Хасанов Абдирашид Салиевич

*Заместитель директора по технологиям Центра разработки
и внедрения инновационных технологий, АО «Алмалыкский
горно-металлургический комбинат», доктор технических
наук, профессор, Алмалык, Узбекистан.*

Аннотация. Известно, что наличие хлоридных и других солевых соединений при добыче полезных ископаемых с поверхности и под землей, наряду с абразивным воздействием на металлические конструкции, вызывает также коррозию. В данной статье с целью увеличения срока службы металлических конструкций проведены исследования по повышению долговечности их поверхностей и применению различных технологий покрытий для повышения их стойкости к износу и коррозии.

Ключевые слова: деталь, износ, коррозия, конструкционный, технологический, эксплуатационный, кварц, гранит, полевой шпат, пирит, дуговое покрытие, вибродуговое покрытие, ручное дуговое покрытие, поверхностное покрытие, плазменное покрытие, высокочастотная индукционная металлизация, индукционное покрытие, азотирование.

METHODS OF PREVENTING PARTS CORROSION IN INDUSTRY

Boynazarov Ural Ravshanovich

*Professor, PhD, Karshi State Technical University,
Karshi, Uzbekistan*

Khasanov Abdirashid Salievich

*Deputy Director for Technology of the Center for Development
and Implementation of Innovative Technologies, JSC "Almalyk
Mining and Metallurgical Combine", Doctor of Technical
Sciences, Professor, Almalyk, Uzbekistan.*

Abstract. *It is known that the presence of chloride and other salt compounds in the extraction of minerals from the surface and underground, along with the abrasive effect on metal structures, also causes corrosion. In this article, in order to increase the service life of metal structures, research was conducted on increasing the durability of their surfaces and using various coating technologies to increase their resistance to wear and corrosion.*

Keywords: *part, wear, corrosion, structural, technological, operational, quartz, granite, feldspar, pyrite, arc coating, vibratory arc coating, manual arc coating, surface coating, plasma coating, high-frequency induction metallization, induction coating, nitriding.*

Kirish. Olmaliq kon-metallurgiya kombinati (OKMK) kabi yirik ishlab chiqarish korxonalarida xomashyoni qazib olish va qayta ishlash jarayonlarida foydalaniladigan mashina va uskunalarning ishchi detallarida yeyilish va korroziya keng tarqalgan muammolardandir. Korxonadagi jarayonlarda mashina va uskunalarning ishchi detallari og'ir ekspluatatsion sharoitlarda ishlaydi. Bu holat ularning tez yeyilishi va korroziyaga uchrashi ehtimolini oshiradi. Quyida ushbu jarayonlarda yuz beradigan yeyilish va korroziya mexanizmlari haqida batafsil to'xtalib o'tamiz.

Xalq xo'jaligining turli sohalari uchun mashinalar yaratishda va keyinchalik ularni ekspluatatsiya qilishda uning detallar va ularning birikmalarining xizmat muddatini oshirish uchun turli xil usullar qo'llaniladi. Mashina detallari xizmat muddatini oshirishga xizmat qiladigan bunday usullarni ma'lumki, quyidagi uchta asosiy: konstruktiv, texnologik, ekspluatatsion bosqichga bo'linadi [1, 2].

Yuqorida qayd etilgan bosqichlarning birinchisida yaratiladigan ishchi detalning materiali, geometrik shakli, o'lchami, qaysi sirtiga qanday mexanik, termik, kimyoviy termik va shu kabi boshqa ishlov berish usullari rejasi ko'zda tutilsa, ikkinchi bosqichda tegishli shakl berilgan detal legirlobchi elementlar bilan boyitilib, ishlov berilib tayyor holatga keltiriladi. Uchinchi bosqichda esa ushbu ishchi detallar mashina va uskunalarga yig'lib tegishli talab va xavfsizlikka rioya qilinib ekspluatatsiya qilinsa ular ma'lum xizmat muddatiga mustahkamligini ishonchli saqlaydi.

Korxonalarda uskunalarning va jihozlarning ishchi detallarini yeyilish mexanizmlari asosan tabiiy tosh, rudaning mayda qattiq zarrachalarini (masalan, kvarts, granit, dala shpati, pyrit va boshqalar) ishchi sirtlar bilan kontaktlashishida sirtini sidirib yoki kesib tashlashi va boshqalardan

iborat bo'ladi. Bu zarralar yuqori tezlikda harakatlanib, yuzani mexanik yo'l bilan yemiradi. Abrziv zarralar ayniqsa maydalash uskunalarining qoplama laynerlarini, bolg'alarni, tishli g'ildiraklarni intensiv yemiradi.

Bunday yeyilishlar asosan konveyerlarlarda, maydalagichlarlarda, transport vintlarilarida, nasoslarning rotorlari va korpuslarida, rudani maydalovchi sharli tegirmonlarda (shar va sirtlar orasida) yuz berib, natijada detallarning shaklini buzilishiga, ishlatishda samaradorlik pasayishiga va mexanik nosozliklarga olib keladi.

Bu kabi shikastlanishlarning davomli va qayta-qayta takrorlanishi ularning ta'sirini chuqurlashib borishiga va detallarda charchash yeyilishini sodir bo'lishiga sabab bo'ladi. Boshqacha aytganda uzoq muddatli takroriy zarbali yoki yuklama ostidagi ish natijasida detallarning ishchi sirtida mikroyoriqlar yuzaga kelib, ular sirt bo'ylab har xil yo'nalishda rivojlanadi va detal sirtidan parcha ko'chishi ya'ni sirtida molekulyar mustahkamlikni yomonlashishi yuz beradi. Natijada ishqalanuvchi sirtlar orasida urilishni ya'nada tezlashishiga xizmat qiluvchi mahalliy abraziv zarralar massasi oshadi. Ko'p hollarda rudani maydalashda zarba ta'sirida ishlaydigan detallarda (martish plastinalari, bolg'alar) bunday holatlar kuzatiladi.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Olmaliq kon-metallurgiya kombinatida kuzatiladigan yuqori tezlikda oqadigan gidroaralashmalar (masalan, slurry - suv va rudaning aralashmasi) eroziyaviy yeyilishga uchrab, buning natijasida truboprovodlar, nasoslar, gidrotsiklonlar kabi uskuna detallari yuza qismi yemiriladi. Yuqori bosim ostida harakatlanayotgan metall yuzalar bir-biriga ishqalanib, molekulyar darajada yopishib yeyilishidan keyin ajralib ketganda, yuzaning mayda zarrachalari ajralib chiqadi. Bu ayniqsa vallar, mufta sirtlari orasidagi kontakt joylarda kuzatiladi.

Xomashyo tarkibidagi qattiq zarralar (masalan, kvarts, dala shpati, pyrit va boshqalar) kon uskunalarning (eksavator, maydalagich, maydalovchi tegirmon, transport vintlari) ishchi sirtlariga uriladi yoki siljiydi.

Bundan tashqari detallarni yeyilish intensivligiga olib keluvchi omillar sifatida qazib oliadigan rudalarning yuqori abrazivligini, charchash jarayonini kuchaytiruvchi yuqori haroratni qayd etish mumkin. Ayrim holatlarda detal materialini noto'g'ri tanlanishi sirtning yemirishga chidamliligini past bo'lishiga sabab bo'lsa, detal tayyorlanadigan metalga ishlov berishda haroratni yoki harorat muhitini noto'g'ri bo'lishi metallning mikrostrukturasi zaiflashishiga olib keladi.

Detallarning holatiga ko'p hollarda ularning korroziya ta'siriga uchrashi va muhitning shunga moyilligi ta'sir etadi. Detallarda korrozion jarayonni kuchaytiruvchi omillarni quyida qarab chiqamiz.

Kislotalilik (past pH) bo'lgan muhitda detallarni korroziyalanishi tezlashadi. Eksploatatsiya jarayonida detallarni yuqori haroratda bo'lishi ham korroziya jarayonini kuchaytiradi. Mashina va uskunar ishlaydigan muhitda namlik va tuzlarning bo'lishi detallarda elektrokimyoviy korroziyani faollashtiradi. Ishlab chiqarish jarayonida elektrokimyoviy korroziyani faollashtiradigan ko'plab sulfid, xlorid, nitrat ionlari kabi agressiv moddalar mavjud. OKMKdagi nam muhitda metall va elektrolit orasida galvanik juftlik hosil bo'lib, anod zonasida metall ionlari eriydi, bu esa korroziyaga olib keladi [3, 4].

Shu bilan birga yuqori haroratli quritish, ko'machlash, eritish jarayonlarida (masalan, piritni kuydirishda) havodagi SO₂, H₂S, HCl kabi gazlar bilan reaksiyaga kirishgan yuzalar oksidlanib kimyoviy korroziyadan yemirilish yuz beradi. Ba'zan detallar sirtning lokal nuqtalarida korroziya chuqurchalari hosil bo'lib u pitting korroziya deb ataladi. Bunday korroziyalar vizual sezilmasligi mumkin, lekin detal strukturasi etarlicha zaiflashtiradi.

Xuddi shuningdek detallarning payvand choklari yoki strukturaviy nuqsonlari bo'ylab hamda tarkibiy yoriqlari orqali korroziya (interkristallik) tarqaladi. Bu metallning ichki birikmalarida kuchlanishlar hosil bo'lishiga sabab

bo'ladi.

Bunday yeyilish va korroziyalanishlarga uchraydigan detallar sirasiga maydalagich laynerlari, konveyer tasmalarining barabanlari, nasos korpusi va pervanelari, filtrlar va gidrotsiklonlar, issiqlik almashinuv qurilmalari, quritgichlar va pechlar misol bo'ladi.

Bu ta'sirlar natijasida quritgich va pechlarda termik yoriqlar va gazli korroziyalanishlar, maydalagich laynerlarida abraziv yeyilishlar va zarbalanishlar, issiqlik almashinuv qurilmalarida yuqori harorat, gazli muhitda oksidlanishlar, konveyer tasmalarining barabanlarida abraziv va yopishish yeyilishlar, nasos korpusi va pervanelarida eroziya va korroziya jarayoni hamda filtrlar va gidrotsiklonlarda qattiq zarrachalar ta'siri va kimyoviy korroziya holatlari kuzatiladi.

Detallarni yuqorida qayd etilgan salbiy holatlardan samarali himoyalash mashinalarning ish unumdorligiga va ishlab chiqariladigan mahsulot tonnarxiga o'zining ijobiy ta'sirini ko'rsatadi. Bu muammoning echimlari muammolarning sabablariga bog'liq holatda har xil yoki bir nechta ham bo'lishi mumkin.

Ular jumlasiga eksploatatsiya sharoitini hisobga olgan holda detallarni sirtini qattiq himoya qoplamalari bilan himoyalash, detallarni materiali sifatida alyuminlangan yoki kompozit materiallardan foydalanish, abrazivga chidamli po'latlar (55X, 38X2MYuA) yoki keramika/kompozit qoplamalardan foydalanish, ish joyida suyuqlik va gaz muhitlarini (pH, namlik) nazorat qilish, mashinada detallarni yog'lash tizimlarini to'g'ri loyihalash, yuzalarni azotlash, borlash, qoplama bilan himoyalash (Cr, Ni, Ti), Korroziyaga bardoshli zanglamaydigan po'latlar yoki himoya bo'yoqlar (epoksi, PVDF), namlikni, haroratni, ishqoriy-kimyoviy muhitni doimiy nazorat qilish va yeyilgan qismlarni modulli almashtirish kabi usullardan eng samaralisini foydalanish maqsadga muvofiq.

Quyida yuqorida qayd etilgan detallarni yeyilish va korroziyalanishdan samarali himoyasini ta'minlovchi ayrim texnologiyalar haqida fikr yuritamiz.

Sirt qoplamasi. Sirt qoplamalari ichida elektr yoyidan flus ostida naplavkalash jarayoni detallar sirtini mustahkamlashda muhim o'rin tutadi. Jarayonning mohiyati quyidagicha: doimiy tok elektrodga va mahsulotga uzatiladi. Naplavka

zonasining butun davomida yilish joylari flus kukuni bilan qoplanadi. Doira yonish zonasida detal yuzasi, elektrodning uchlari va unga yaqin flus massasi eriydi. Elektrod simi eritilishi davomida yilish zonasiga yuboriladi. Flusning erish jarayonida gaz ajraladi va gaz parda hosil bo'ladi, bu esa eritilgan metallni atmosferadagi gazlardan va legirlangan elementlar yo'qolishidan samarali himoya qiladi. Shuningdek, flus qoplamasi yilish joyini issiqlikni saqlashga yordam beradi va 400-500 A tok kuchida suyuq metallarni chayqalishidan saqlaydi. Eritilgan metall soviy boshlaganda, u kristallanib, naplavka qatlami hosil bo'ladi.

Flyus ostida naplavka o'zgaruvchan yoki doimiy tokda amalga oshirilishi mumkin, bunda yelish joylari tashqi xususiyatlarining pasayishiga ega bo'lgan manbalardan ta'sirlanadi. Ishlab chiqarish samaradorligini oshirish maqsadida flus ostida ko'p elektrodli naplavka uskunalari va texnologiyasi ishlab chiqilgan. Ko'p elektrodli naplavka past chuqurlikda erish va yuqori samaradorlik bilan ajralib turadi.

Suyuqlik ostida joylashgan yoy ko'rinishidagi qoplamalarining turlaridan biri plastinka yotqizilgan elektrod bilan qoplangan. Sirt qo'yishdan oldin, yotqiziladigan sirt va plastinka elektrod o'rtasida oqim qatlami quyiladi va ikkinchi qatlamli oqim plastik elektrodga quyiladi. Metallni isitish va eritish elektr yoyi bilan amalga oshiriladi, u asosiy metall va gorizontal holatda joylashgan plastinka elektrod o'rtasida yotqizilgan sirtga parallel ravishda yonadi. Elektr yoyi oldinga siljishi natijasida erigan metall kristallanadi va cho'kma qatlam hosil bo'ladi.

Tadqiqot qismi. Suyuqlik ostida yoy ko'rinishidagi qoplash usuli tekis yuzalarni va tashqi va ichki aylanadigan jismlarning murakkab profillarini qoplash imkonini beradi. Yuzaki qatlamning minimal qalinligi 1,5 mm. Qishloq xo'jaligi mashinasozligi, neft sanoati, avtomobil transporti va metallurgiya sanoatining ta'mirlash korxonalarida suv osti yoyi qoplamasi joriy etildi. Shunday qilib, 3X2V8 po'lat bilan qoplangan 60XG po'latdan yasalgan barabanlarning yeyilishga qarshiligi, qotib qolgan barabanlarning sirtsiz yeyilish qarshiligiga qaraganda 2-4 baravar yuqori. 55X po'latdan yasalgan suv ostidagi metall barabanlarning yeyilishga qarshiligi asosiy metallning qarshiligining 180-200%ni tashkil qiladi.

Usulning muhim kamchiliklari quyidagilardan iborat:

- istalgan xususiyatlarga va butun sirt bo'ylab bir xil qattqlikka ega bo'lgan yotqizilgan qatlamni olish har doim ham mumkin emas;

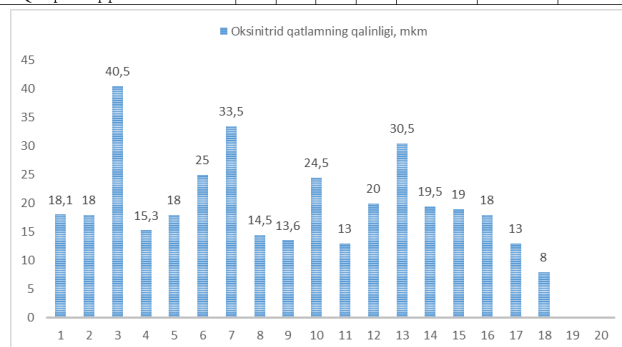
- naplavka qilingan metaldagi rakovina va teshiklar kuzatiladi, bu esa detallarni yeyilish kuchini pasaytiradi, ingichka qatlamlarni qoplash imkoni bo'lmaydi, chunki asosiy materialni isitish va uning deformatsiyaga uchrashi mumkin;

- material sarfi yuqori, 4 mm diametrli elektrod bilan naplavka qilishda past samaradorlik, diametri 50 mm dan kichik bo'lgan silindrik qismlarni naplavka qilish imkoni yo'q, detallarni isitish va qotib qolgan qotishmaning oqib ketishi, eritish jarayonida deformatsiyani kamaytirish uchun detalni sovutish uskunalarini qo'llash zarurati mavjud.

1-jadval

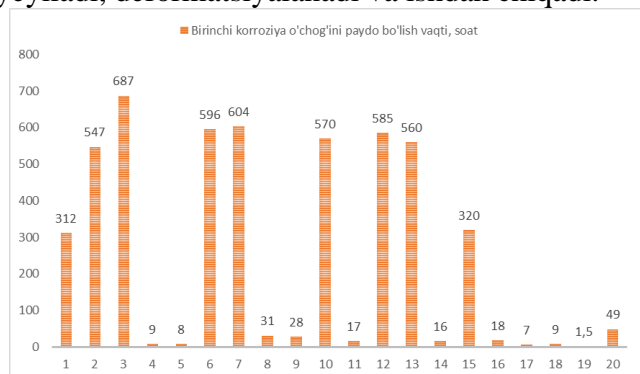
***t=26°C da 3% natriy xloridli tuzli tuman
kambasida korroziya sinovlari natijalari***

| T/R | Ishlov berish rejimlari | | | | | | | | | Oksinitrid qatlamlarning qalinligi, mkm | Birinchi korroziya o'chog'ini paydo bo'lish vaqti, soat | Korroziya maydoni, sinov davomiyligi, %/soat |
|------------------------------|-------------------------|--------|--------|----------|---------|--------|-------------------|--------|--------|---|---|--|
| | Oldindan oksidlash | | | Azotlash | | | Keyingi oksidlash | | | | | |
| | t, °C | t, min | h, mkm | t, °C | t, soat | h, mkm | t, °C | t, min | h, mkm | | | |
| 1 | - | - | - | 580 | 2 | 15,1 | 580 | 30 | 3,0 | 18,1 | 312 | 5/300 |
| 2* | - | - | - | 580 | 2 | 15,1 | 580 | 30 | 3,2 | 18,0 | 547 | 10/1125 |
| 3 | 620 | 5 | 2,0 | 620 | 2 | 37 | 620 | 30 | 5,5 | 40,5 | 678 | 5/352 |
| 4* | 580 | 10 | 2,0 | 580 | 2 | 13,3 | 580 | 30 | 2,0 | 15,3 | 9 | 40/470 |
| 5 | 550 | 10 | 1,2 | 550 | 2 | 15,0 | 550 | 30 | 1,8 | 18,0 | 8 | 20/173 |
| 6 | 580 | 7 | 1,7 | 580 | 2 | 22,0 | 580 | 30 | 2,5 | 25,0 | 596 | 5/726 |
| 7 | 620 | 20 | 4,5 | 620 | 2 | 29,2 | 620 | 30 | 4,3 | 33,5 | 604 | 5/743 |
| 8 | 550 | 20 | 2,0 | 550 | 2 | 12,0 | 550 | 30 | 2,6 | 14,5 | 31 | 50/130 |
| 9 | 550 | 10 | 1,2 | 550 | 1 | 12,0 | 550 | 20 | 1,8 | 13,6 | 28 | 50/163 |
| 10 | 580 | 5 | 1,2 | 580 | 2 | 21,3 | 580 | 30 | 2,1 | 24,5 | 570 | 5/694 |
| 11 | 580 | 30 | 3,6 | 580 | 2 | 10 | 580 | 30 | 4,2 | 13,0 | 17 | 40/125 |
| 12 | 620 | 30 | 5,2 | 620 | 2 | 16 | 620 | 30 | 3,5 | 20,0 | 585 | 5/712 |
| 13 | 620 | 5 | 2,0 | 620 | 1 | 27,5 | 620 | 20 | 2,8 | 30,5 | 560 | 10/1142 |
| 14 | 580 | 10 | 2,0 | 580 | 1 | 16,5 | 580 | 20 | 2,3 | 19,5 | 16 | 45/120 |
| 15 | 580 | 20 | 3,0 | 580 | 2 | 17,0 | 580 | 30 | 2,4 | 19,0 | 320 | 15/570 |
| 16 | 620 | 30 | 5,2 | 620 | 1 | 13,0 | 620 | 20 | 5,7 | 18,0 | 18 | 30/112 |
| 17 | 550 | 20 | 2,0 | 550 | 1 | 10,0 | 550 | 20 | 2,0 | 13,0 | 7 | 20/85 |
| 18 | 550 | 30 | 2,7 | 550 | 2 | 5,0 | 550 | 30 | 2,9 | 8,0 | 9 | 45/70 |
| Asl namuna | | | | | | | | | | | 1,5 | 50/70 |
| Qattiq xrom qoplama h=16 mkm | | | | | | | | | | | 49 | 50/230 |

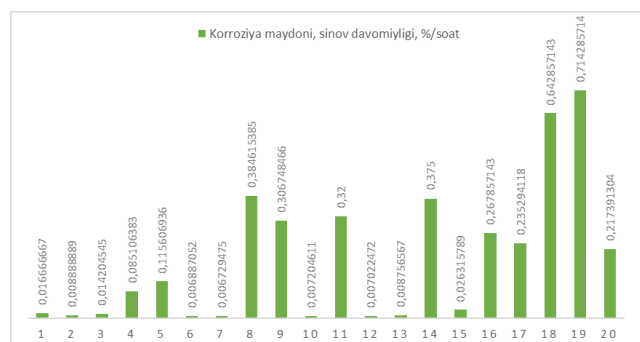


1-rasm. Turli rejimlarda azotlangan 55X po'lat namunalarida (1-jadval) oksinitrid himoya qatlamning shakllanishiga ta'siri.

Azotlash. Ma'lumki, Olmaliq kon-metallurgiya kombinati (OKMK)dagi uskuna va mashinalar og'ir yuklama, yuqori harorat, abraziv muhit, zarba va kimyoviy ta'sir ostida ishlaydi. Bu sharoitlarda mashina va uskuna detallari tez yeyiladi, deformatsiyalanadi va ishdan chiqadi.



2-rasm. Turli rejimlarda azotlagan (1-jadval) 55X po'lat namunalarning $t=26^{\circ}\text{C}$ da 3% natriy xloridli tuzli tuman kamerasida korroziya sinovlari natijalarida birinchi korroziya o'chog'ini paydo bo'lish vaqti, soat.



3-rasm. Turli rejimlarda azotlagan (1-jadval) 55X po'lat namunalarning $t=26^{\circ}\text{C}$ da 3% natriy xloridli tuzli tuman kamerasida korroziyaga sinashda korroziyaga maydoni, sinov davomiyligi, % /soat.

Detallar xizmat muddatini uzaytirish, yeyilishga, charchoqqa va korroziyaga bardoshliligini oshirish uchun sirtini mustahkamlash texnologiyalari, xususan, azotlash (nitridlash) usuli ham muhim ahamiyatga ega [1].

Kombinatda foydalanishdagi uskuna va jihozlarda azotlashga yaroqligigi yaxshi 38X2MYuA va yaroqligigi o'rtachai 20, 40, 45, 55X, 60X, 60XG, hamda zanglamaydigan 20X13, 30X13 markali po'latlardan tayyorlangan detallar keng qo'llaniladi. Ushbu po'latlardan tayyorlangan

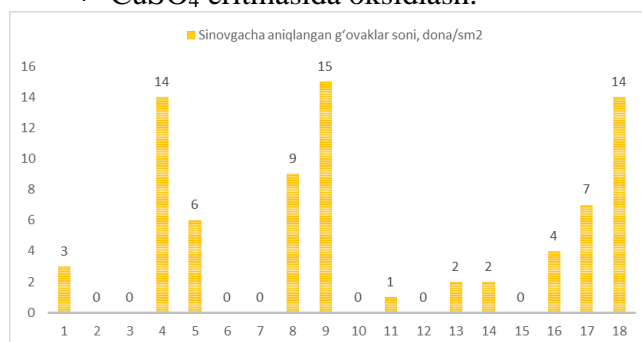
detallar optimal rejimda azotlash jarayonidan so'ng ularning sirtida olingan diffuzion himoya qatlami quyidagi xususiyatlarga ega bo'lganliklarini kuzatish mumkin.

2-jadval

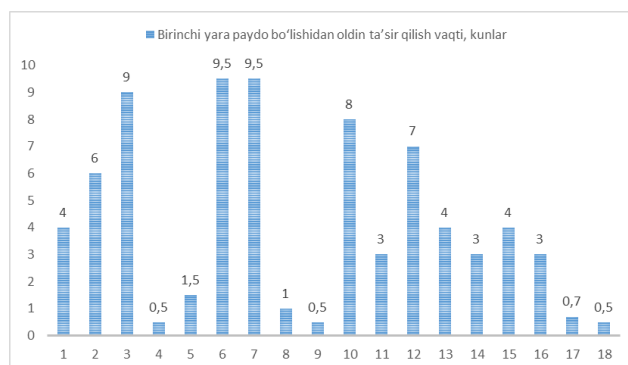
Qayta ishlash rejimlarining namunalarning korroziyaga chidamliligiga ta'siri

| T / R | Jarayon harorati, $^{\circ}\text{C}$ | Jarayon vaqti | | | Sinovgacha aniqlangan g'ovaklar soni, dona/sm ² | Birinchi yara paydo bo'lishidan oldin ta'sir qilish vaqti, kunlar |
|-------|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------|--|--|---|
| | | O'ldindan oksidlash vaqti, min | Azotlash vaqti, soat | Azotlashdan keyingi oksidlash vaqti, min | | |
| 1 | 580 | - | 2 | 30 | 3 | 4 |
| 2* | 580 | - | 2 | 30 | go'vaksiz | 6 |
| 3 | 620 | 20 | 2 | 30 | go'vaksiz | 0,5 |
| 4* | 580 | 7 | 2 | 30 | 14 | 9 |
| 5 | 550 | 10 | 2 | 30 | 6 | 1,5 |
| 6 | 580 | 7 | 2 | 30 | go'vaksiz | 9,5 |
| 7 | 620 | 5 | 2 | 30 | go'vaksiz | 9,5 |
| 8 | 550 | 20 | 2 | 30 | 9 | 1 |
| 9 | 550 | 10 | 1 | 20 | 15 | 0,5 |
| 10 | 580 | 5 | 2 | 30 | go'vaksiz | 8 |
| 11 | 580 | 30 | 2 | 30 | 1 | 3 |
| 12 | 620 | 30 | 2 | 30 | go'vaksiz | 7 |
| 13 | 620 | 5 | 1 | 20 | 2 | 4 |
| 14 | 580 | 10 | 1 | 20 | 2 | 3 |
| 15 | 580 | 20 | 2 | 30 | go'vaksiz | 4 |
| 16 | 620 | 30 | 1 | 20 | 4 | 3 |
| 17 | 550 | 20 | 1 | 20 | 7 | 0,7 |
| 18 | 550 | 30 | 2 | 30 | 14 | 0,5 |

*- CuSO₄ eritmasida oksidlash.



4-rasm. 55X po'lat namunalari qayta ishlashdan oldin namunalarda aniqlangan g'ovakliklar soni, dona/sm².



5-rasm. Turli rejimlarda ishlov berilgan 55X po'lat namunalarni $t=26^{\circ}\text{C}$ da 3% natriy xloridli tuzli tuman kamerasida korroziyaga sinashda ularda birinchi korroziya yarasini paydo bo'lish vaqti, kun.

Mashinasozlik va sanoatda ishlatiladigan po'lat va himoya qoplamalar ko'pincha past agressiv korroziy muhitda ishlaydigan turli ishqalanish juftlarini ishlab chiqarish uchun ishlatiladi.

Shuning uchun, ishqalanish juftlari uchun po'lat va qoplamalarni tanlashda zaruriy shart nafaqat ularning neytral muhitda yeyilishga bardoshlilik, balki agressiv muhitda korroziyaga chidamliligi hamdir [1, 3].

Nitrid-oksidi qatlamlarining korroziyaga chidamliligi ishlov berilmaganlarga nisbatan baholandi. Bundan tashqari, dastlabki oksidlanishsiz olingan nitrid-oksidi qoplamalar va xrom bilan qoplash jarayonida olingan qoplamalar solishtirildi.

Korroziyaga chidamlilik sinovlari, shuningdek, tuzli tuman muhitida iqlim kamerasida o'tkazildi. Tadqiqot natijalari 1-2-jadvallar va 1-5 rasmlarda keltirilgan.

Sinovlar shuni ko'rsatdiki, nitro-oksidi qismlar boshqa ishlov berish usullariga nisbatan eng kam korroziya dog'lariga ega.

Shuni ta'kidlash kerakki, anodik oqim zichligi metallning erish tezligining o'lchovidir va shunga mos ravishda uning ma'lum bir muhitda korroziyaga chidamliligi ko'rsatkichidir. Ushbu korroziya birliklari osongina mm/yil, g/m² va boshqalar kabi birliklarga aylantirilishi mumkin.

55X po'latida olingan nitrooksid himoya qatlami – yuqori qattqlikka 900–1200 HV, yeyilishga oddiy po'latga nisbatan (2–10 baravar yaxshiroq) va charchashga chidamli, 20, 40, 45, 60X, 60XG, 20 da esa - etarlicha yaxshi natija (asosiy detallar uchun), 20X13, 30X13 da esa - yuqori haroratli va agressiv muhit uchun yaxshi natijaga ega [2].

3-jadval

Azotlashning amaliy tajriba asosidagi natijalari

| Ko'rsatkich | Ishlov berilmagan oddiy po'lat | Azotlangan po'lat | Natija |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Yeyilishga qarshilik | 1× | 2×10 | 2–10 marta yuqori |
| Sirt qattqligi (HV) | 200–300 HV | 900–1200 HV | 3–5 baravar oshgan |
| Xizmat muddati (aylanish soni) | 100 ming | 300–600 ming | Kamida 3 baravar ko'p |

Olib borilgan ilmiy-tadqiqot ishlarida olingan natijalar bo'yicha OKMK texnologik ehtiyojlari asosida abraziv va zarbaviy va korroziya muhitida ishlaydigan maydalagich, nasos, konveyer baraban, val, tishli g'ildiraklar sirtlarini yeyilishga bardoshli qilish, sovutish tizimi, gidravlika va gidrotsiklon detallarini korroziyadan himoyalash maqsadida ularni tegishli rejimlarda azotlash kimyoviy-termik ishlov berish texnologiyasi sifatida o'zining qator afzalliklarga ega ekanligini ko'rsatdi.

Azotlash kimyoviy inert qatlam hosil qilib, oksidlanishni sekinlashtiradi, ta'mirlash va tiklash ishlari samaradorligini oshiradi, azotlangan qatlam tiklashdan keyin ham o'z mustahkamligini saqlab qoladi. Azotlashning amaliy tajribalar asosidagi natijalarini 1-jadvalda ko'rish mumkin.

Xulosa. Olmaliq kon-metallurgiya kombinati kabi yirik ishlab chiqarish korxonalarida mashina va uskuna detallarining intensiv yeyilishi ularning ishlash samaradorligi va xizmat muddati uchun muhim xavf hisoblanadi. Kombinatdagi og'ir sharoitlarda - yuqori abraziv, kimyoviy agressiv va termik yuklamalar ostida ishlovchi metall detallarning ishdan chiqish holatlari kuzatiladi. Mazkur muammoni samarali hal etish uchun sirtni mustahkamlovchi ilg'or texnologiyalardan, jumladan sirt purkash va gazoplazmenli qoplama usullaridan foydalanish yuqori samara bermoqda.

OKMK sharoitida azotlash texnologiyasi - detallarning ishonchliligini oshirish, texnologik to'xtalishlarni kamaytirish va xizmat muddatini uzaytirish uchun yuqori samara beruvchi sirt mustahkamlash usulidir. Bu usul abraziv, korroziv va termik yuklamalarga bardoshli mashina detallarini yaratishda muhim rol o'ynaydi. Azotlash OKMKdagi modernizatsiya va raqobatbardoshlik strategiyasining bir qismiga aylanishi mumkin.

Ushbu usullar yordamida metall detallar sirtiga yuqori qattqlikka ega, korroziyaga va ishqalanishga chidamli qoplamalar hosil qilinadi. Bu esa OKMK tajribasida ko'rsatganidek, mashina va uskuna detallarining xizmat muddatini bir necha baravar oshirishga, remont xarajatlarini kamaytirishga va ishlab chiqarishning uzluksizligini ta'minlashga imkon beradi. Shu bois sirt mustahkamlash texnologiyalarini sanoat miqyosida keng joriy etish OKMK kabi metallurgiya korxonalarida ishlab chiqarish samaradorligini oshirishda muhim omil bo'lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Бойназаров, У. Р., Юршев, В. И., & Петрова, Л. Г. (2020, January 23–25). Изгибная прочность оксинитридных покрытий. В Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием) (сс. 490–495). Оренбург, Россия.
- [2] Бойназаров, У. Р., & Раззоков, Т. Х. (2020, July 26). Микротвердость диффузионных нитрооксидных слоев. Universum: технические науки.
- [3] Бойназаров, У. Р., & Хасанов, А. С. (2023). Коррозионная стойкость оксинитридных защитных покрытий с последующим оксидированием в парах воды и в растворах медного купороса. Journal of Advances in Engineering Technology. Per. №0158.
- [4] Boynazarov, U. R. (2025). Increasing corrosion resistance and abrasive resistance of metal structures based on azoting technology in liquid and gaseous environments. Journal of Multidisciplinary Bulletin, 8(5). <https://doi.org/10.5281/zenodo.15684862>