



FAN VA TEXNOLOGIYALAR TARAQQIYOTI

DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGI



2
2026

Tahririyat hay'ati raisi:
SIDDIQOVA S.G'. –
Buxoro davlat texnika universiteti rektori

Muovini:
NIZAMOV A.B. –
BuxDTU ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha prorektori
Tahrir hay'ati:

MUQIMOV K.M. – O'zR FA akademigi (O'zMU)
JALILOV A.T. – O'zR FA akademigi (Toshkent kimyo-texnologiya ITI)
NEGMATOV S.N. – O'zR FA akademigi ("Fan va taraqqiyot" DUK)
BAHODIROV G'.A. – t.f.d., professor, O'zR FA bosh ilmiy kotibi
XAMIDOV O.X. – iqtisod fanlari doktori, professor (BuxDU)
JALILOV T.K. – iqtisod fanlari doktori (DSc), professor (TKTI)
PARDAYEVA M.D. – BuxDTU yoshlar masalalari va ma'naviy-ma'rifiy ishlar bo'yicha birinchi prorektori, falsafa fanlari doktori (DSc)
XOJIYEV A.X. – o'quv ishlari bo'yicha prorektor, texnika f.f.d. (PhD)
SAIDOV S.B. – Buxoro DTU moliya va iqtisod ishlari bo'yicha prorektori
QURBONOV J.M. – texnika fanlari doktori, professor (Samarqand ISI)
ADIZOV B.Z. – texnika fanlari doktori (DSc), pprofessor, O'zRFA UNKI
ASTANOV S.X. – fizika-matematika fanlari doktori, professor
RAXMONOV X.Q. – texnika fanlari doktori, professor
VOXIDOV M.M. – texnika fanlari doktori, professor
JO'RAYEV X.F. – texnika fanlari doktori, professor
SADULLAYEV N.N. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAJIDOV Q.X. – texnika fanlari doktori, professor
FOZILOV S.F. – texnika fanlari doktori, professor
ISABAYEV I.B. – texnika fanlari doktori, professor
ABDURAHMONOV O.R. – texnika fanlari doktori, professor
GAFUROV K.X. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
XAYDAROV A.A. – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent
JO'RAYEV F.O'. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MURADOVA F.R. – pedagogika fanlari doktori (DSc), professor
JUMAYEV M.R. – fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor
YUNUSOVA G.S. – falsafa fanlari doktori (DSc), professor
BOBOYEV A.Ch. – iqtisodiyot fanlari nomzodi, professor
TO'XTAYEVA Z.Sh. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAXMUDOV M.J. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
HAYITOV R.R. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
BOZOROV G'.R. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
BOLTAYEV Z.I. – fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor
OLTIYEV A.T. – texnika fanlari doktori, (DSc)
JALILOV R.B. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAXMUDOV M.I. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAJIDOVA N.Q. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
AXMEDOV V.N. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAXMUDOV R.A. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
PULATOVA M.I. – fizika-matematika fanlari nomzodi, professor
RAHMATOV Sh.A. – pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
OCHILOV A.R. – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent
O'RINOV U.A. – pedagogika fanlari doktori (DSc), professor
PO'LATOVA S.U. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
SAMIYEVA Sh.X. – pedagogika fanlari doktori (DSc), professor
TESHAYEV M.X. – fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor
XAITOV V.U. – iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent
XOJIYEV Sh.M. – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent
XAYITOV Sh.N. – iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent
ZOIROV E.X. – falsafa fanlari doktori (DSc), dotsent
NARZIYEV M.S. – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent
NAMAZOVA N.J. – iqtisodiyot fanlari b.f.d. (PhD), dotsent

Bosh muharrir: DO'STOV H.B. – kimyo fanlari doktori, professor

Muharrirlar: Artikova M.M., Istamova G.X.
Musahhih: Barakayeva D.F.

FAN VA TEXNOLOGIYALAR
TARAQQIYOTI
ILMIY-TEXNIKAVIY JURNAL

DEVELOPMENT OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY
SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Jurnal O'zbekiston matbuot va axborot agentligi Buxoro viloyati boshqarmasida 2014 yil 22-sentyabrda № 05-066-sonli guvohnoma bilan ro'yxatga olingan

Muassis:
Buxoro davlat texnika universiteti

Jurnal O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi OAK Rayosatining 2017 yil 29-martdagi №239/5-sonli qarori bilan dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan. 2019 yilda O'zbekiston Respublikasi OAK Rayosatining qarorlari bilan qayta ro'yxatdan o'tkazilgan.

Tahririyat manzili:
200117, Buxoro shahri, Q. Murtazoyev ko'chasi, 15-uy, Buxoro davlat texnika universiteti

Tel: 0(365) 223-92-40

Faks: 0(365) 223-78-84

E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

Jurnalning to'liq elektron varianti bilan <http://journal.bstu.uz> sayti orqali tanishish mumkin.

Ushbu jurnalda chop etilgan materiallar tahririyatning yozma ruxsatisiz to'liq yoki qisman chop etilishi mumkin emas. Tahririyatning fikri mualliflar fikri bilan har doim ham mos tushmasligi mumkin. Jurnalda yoritilgan materiallarning haqqoniyligi uchun maqolalarning mualliflari va reklama beruvchilar mas'uldirlar.

MUNDARIJA – CONTENT

TEXNIKA, TEXNOLOGIYA VA JHOZLAR	
Kayumov U.E., Pardayeva Sh.S., Istamov M.F. Konchilik sanoatida qo‘llaniladigan markazdan qochma nasoslarning ekspluatatsiyasining xususiyatlari	5
Majitov J.A., Narzulleyev M.N. Yakka iste‘molchilarga mo‘ljallangan biogaz qurilmasining tajriba tadqiqotlari.....	12
Fattoyev F.F., Hamidov A.X. o‘zbekiston respublikasida standartlashtirish bo‘yicha texnik qo‘mitalarning faoliyatini baholashda xalqaro tajribalarning o‘rni va ahamiyati.....	22
Taslimov A.D., Raximov F.M., Norqulov A.O. Navoiy shahar transformator podstansiyalarida faza balanslashni joriy etish bo‘yicha ustuvorlashtirish modeli.....	32
Mavlonova I.R. Pilla losi va sannohidan momiq olish hamda qayta ishlash istiqbollari.....	38
Narziev M.S., Axmedov V.N., Mavlonova I.R., Qodirov M.M. Pilla losini qo‘shimchalardan va seritsindan tozalashda tabiiy komponentlarni qo‘llash texnologiyasi.....	44
Мусурмонов И.М., Рахматова С.Ф., Жумаев А.А., Жумаева Н.К. Результаты исследования структурного состояния износостойких белых чугунов.....	48
Yusubaliyev A., Sharipov Sh.N. Beda urug‘ligini elektr maydonida ekishga tayyorlashning ayrim tadqiqot natijalari	54
KIMYO VA KIMYOVIY TEXNOLOGIYALAR	
Шарипбаев С.С. Влияние морфологии фотоанодов DSSC на характеристики фотоэлектрических преобразователей.....	58
Berdiyev D.M., Liang Zhenglong., Ibroximova M.M. Nikel asosli olovbardosh qotishmani qayta eritishda xossalarga ta’siri.....	63
Hamroyev O.O., Sattorov M.O., Ochilov A.A. Kimyoviy ishlov berish orqali olingan quduq mahsulotiga deemulgatorning xlorid kislotasi ishtirokida ta’sirining samaradorligini tadqiq etish..	68
Maxmudov M.J., Ne‘matov X.I., Shoymardonov O‘.B. Gazlarni absorbsion quritishda qo‘llaniluvchi glikollarning asosiy xossalari tavsifi va jarayonning samaradorligiga ta’sir etuvchi omillar tahlili.....	77
Xo‘jaqulov A.F., Rasulov U.A., Raximov Z.Z. Navbaxor koni bentonitini sulfat kislotasi bilan faollanishi.....	81
Жумаева А.А., Амонов М.Р. Базальт асосида олинган ПВХ композицияларнинг термик барқарорлигини ўрганиш.....	87
Фозилов С.Ф., Махмудов М.Ж., Муртазаев Ф.И. Маҳаллий паст октанли автомобил бензинининг физик-кимёвий хossalари ва унинг бензол сақлаган фракциясини аниқлаш..	92
Sharipov N.Z., Fazlitdinov J.R. Ko‘mir yoqilg‘isi yonadigan tizimlardan chiqayotgan zararli tutun gazlarini tozalash texnologiyasi.....	99
Саатов С.К., Шарипов К.К. Полевые исследования по оценке скорости износа стенки трубопровода в процессе эксплуатация.....	104
Джураева Г.Х., Тошқобилов Ж.Ш., Абдурахимов И.Э. Синтез моноциклических ароматических углеводов.....	110
Toshpulatov D.T., Abdumuminova O.B., Xushvaqtoev I.G‘., Pardaboyeva M.T., Toshtemirov A.Sh., Tashpulatov X.Sh. $[Co(tmphe)_3](PF_6)_2$ gomoleptik kompleksning tuzilishini o‘rganish.....	114
Bokiyeva Sh.K. Konlardagi qatlam suvlarini tozalashda adsorbentlar olish texnologiyasi.....	118

MASHINASOZLIK VA ENERGETIKA

Murodov K.J. Yo‘lning sun‘iy notekislik qismiga birlashtirilgan mexanik-quyoshli gibridd qurilma yordamida elektr energiyasi ishlab chiqarish.....	123
Бафоев Д.Х. Повышение эффективности упрочнения деталей из титановых сплавов.....	127
Boixanov Z.U. Asinxron motorlarning elektromagnit holatini aniqlash va monitoring qilish usullari.....	135
Juraqulov A.X. O‘zbekiston iqlim sharoitlari uchun fokuslovchi quyosh kollektorlarini ishlab chiqish.....	139
Makhmudov M.I., Kushshayeva M.R., Nurov S.S., Timirov H.N., Sayfiyev H.O. The effect of dust accumulation on the efficiency of solar panels and methods for its detection.....	146
A‘zamov S.S. On-Grid quyosh fofoelektrik sistemasi energiya samarador ko‘rsatkichlarini tadqiqi.....	150
Nizomov J.A. Asinxron motorning MATLAB immitasion modeli orqaliy turli xil ish rejimlarini kuzatish.....	155
Bafojev D.X. Materiallar sirtida ko‘p elementli qoplamalar hosil qilish.....	160
Nizamov. J.A. Sun‘iy neyron tarmog‘i yordamida asinxron motorlarning nosozliklarni monitoring qilish va diagnostika qilish.....	166
Xaydarov X.M. Quyosh panellaridan ta‘minlangan elektr tarmoqlaridan ta‘minlanadigan nasos qurilmalari ish rejimlari va energiya iste‘mol dinamikasini yil davomida mavsumiy o‘zgarishi...	172
Murodov K.J. Vertikal suyuqlik oqimlari asosida binolarda energiya ishlab chiqarishning yangi yondashuvi.....	177
Тоиров З., Сайфиддинов Қ.Э. Анализ ветрового энергетического потенциала в бухарской области республики узбекистан с использованием распределения Вейбулла....	181
Sharipov J.O., Begmurodov A.F. Detallarni korroziya bardoshlilikini oshirish uchun zamonaviy yechim va uni qo‘llash jarayoni.....	188
Mirzamaxmudov U.A., Sharibayev N.Yu., Murodov R.S. Ipak qurti urug‘chiligida kapalak chiqarishni sinxronlashtiruvchi LED fotoperiod moslamasining elektrotexnik asoslari.....	192

INFORMATIKA VA AXBOROT – KOMMUNIKATSION TIZIMLAR

Rakhmonov I.U., Niyozov N.N., Nematov L.A. Investigation of insulation degradation mechanisms in centralized inverters and development of efficient data exchange methods in wireless sensor networks.....	197
Xamroyev X.X., Bibutov N.S., Xabibov F.Yu. “Materiallar qarshiligi” kursida masalalarni kompyuterli modellashtirish.....	202
Rakhmonov I.U., Kurbonov N.N., Nematov L.A. Parameter optimization of medium- and short-term forecasting systems of lightning activity.....	208
Sharifbaev A.N. Improving retrieval-augmented generation pipelines through knowledge graph integration.....	213

OZIQ-OVQAT SANOATI TEXNOLOGIYALARI

Axmedova M.B. Ikkilamchi mahalliy xomashyolardan xamirturush tayyorlash usullari.....	220
Ravshanov S.S., Shaxriddinov F.F., Suyunova L.A., Karimov D.T. Kompozit nonlarning oziqaviy tarkibi, xamir reologiyasi va sensor xususiyatlari.....	224
Ибрагимов А.К., Махмудов Р.А. Анализ химического состава и функционально-технологических свойств ингредиентов сырья для приготовления майонеза.....	229

Kuliyev N.Sh. Ko‘pik va emulsion strukturalarning shakllanishida meva va sabzavot sharbati komponentlarining ishtiroki.....	236
Kurbanov M.T., Axmedova M.B. Soya siqilmasidan parrandalar uchun ekologik toza omuxta yem tayyorlash texnologiyasini takomillashtirish.....	245
Хужакулов У.К., Мажидова Н.К., Мажидов К.Х. Исследование влияния воздействия электромагнитного поля на сохранность и показатели качества местных сортов томатов...	249
Yoqubov M.E., Khaitov R.A. Environmentally efficient helioconvective technology for dehulling pumpkin seeds.....	260
Mahmudov M.S., Mamajanov G‘.O., Toshmatov Y.R. <i>Phragmites communis trin</i> o‘simligidan ishqorli va kislotali usulda olingan sellyuloza namunalarning termik analizi	266
Турсунова Н.Н. Общая характеристика сои и основные направления использования соевых продуктов.....	270

TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT TEXNOLOGIYALARI

Amonov A.R, Muxammedjanov M.M. Tikuv mashinasi qayishqoq tayanchlari bo‘lgan bosh valning kritik tebranishlari tahlili.....	278
Behbudov Sh.H., Samadova M.O. Ip va matoga ignaning ta‘sirini vertikal tebranishdagi chastotasining tahlili.....	282
To‘raqulova B.B., Temirova G.I., Toshpo‘latova G.R. An‘anaviy naqsh va bezaklarni modernizatsiya qilishning usullari.....	285
Нигматова Ф.У., Эргашева Н.Дж., Кодирова Д.Х., Шомансурова М.Ш., Музаффарова Ф. Ретроспективные исследования современного дизайна меховой одежды за период 1980-2025 гг	292
Jumaniyazov K., Salimov Sh.H., Nazarov R.A. Pnevмомеханик yigirish mashinasida sifatli ip ishlab chiqarish tasnifi	299
Bebutova N.N., Qiyomova S.I. Sanoat tarmoqlarida ekspluatatsiya talablarini hisobga olgan holda maxsus kiyimni takomillashtirish bo‘yicha tavsiyalar.....	303
Мухаммедова М.О. Научные основы выбора материалов для ортопедической обуви и внутренних стелек при повреждениях голеностопного сустава.....	310
Nazirov R.R., Abdurahmonov O.SH., Qurbonov A.B. 5LP rusumli linterga tajriba arra oraliq qistirmalarini tayyorlash va tajribalarning metodik uslublari	313
Мухаммедова М.О., Ахмедов Ж.Ж. Распределение биомеханических нагрузок в конструкции ортопедической обуви и их влияние на конструктивные элементы.....	317
Турдиев Б.Э., Росулов Р.Х., Очиллов М.М., Эрдонов А.М., Пардаев Б.Ч. Чигит элеватори учун лентали конвейерини ишлаб чиқаришдаги тажриба-синов натижалари.....	322
Узакова Л.П., Авезова А.А. Выбор материала для подкладки женской модельной обуви: требования, свойства, современные решения.....	326
Mardonov S.E., Muxtorova Z.N. Qatlamlarni biriktirish usulining ikki qatlamli to‘qimalarning fizik-mexanik xossalariga ta‘sirini aniqlash.....	331
Rayimberdiyeva D.X., Nabidjanova N.N. Tikuv sexlarida texnologik jarayonlarni loyihalashni takomillashtirish.....	335
Sharifbayev R.N., Obidov A.A. Pilla navlarini ajratuvchi adaptiv mexatronik tizim yaratish....	340
Ержанова Д.Ж., Мардонов С.Э. Инновационные подходы к проектированию трикотажных полотен с заданными эластическими свойствами для одежды сегмента 0–3 года	347
Ботиров А., Рахимов А., Шарипбаев Н. Использование ультразвуковой технологии для совершенствования процессов размотки коконов в шелковом производстве.....	351
Dehqonov G‘., Sharifbayev N.Yu., Murodov R.S. Ipak qurtini parvarishlash texnologiyasi va qurtxonalarda mikroiklim sharoitlarini ta‘minlash masalalari.....	357

Ubaydova V.E., Abbosova M.O. Homilador ayollar uchun transformatsiyalanuvchi kiyim konstruksiyasini ishlab chiqish va uning funksional samaradorligini baholash.....	361
Rosulov R.X. Qoziqli barabanlarda qayishqoq elementlarni qo'llashni nazariy tadqiq qilish.....	370
Совутов М.Э., Мусаев Н.М., Ахмедов К.И., Мукимов М.М. Трикотаж тўқималари тузилиши ва калинлиги ўзгаришини иссиқлик сақлашда вақтга боғлиқлик ҳолатини назарий тадқиқи.....	373
Qodirova S.X., Abdullayeva G.Sh. Milliy naqshlarning arxitekturada qo'llanilishi va ularning qiyosiy tahlili.....	379
Sayidova M.X. Harakat energiyasidan quvvatlanuvchi aqlli isituvchi kombinezon..	384
Do'stova F.X. Turli navlardagi paxtalarni tozalashdagi mavjud texnologiyalar tahlili.....	387
ANIQ VA IJTIMOIIY-IQTISODIY FANLAR	
Fayazova D.S. Autizm bo'lgan talabalarning til o'rganishdagi xususiyatlari.....	392
Sharipova Sh.N. Oliy ta'lim tizimida raqamli texnologiyalar asosida texnik tafakkurni rivojlantirish usullari.....	395
Ixakov M.M. Axborot-kutubxona xizmati ko'rsatishda yangi innovatsiyalarni joriy qilish....	399
Sidiqova N.N. Ingliz va o'zbek tillarida milliy koloritni ifodalovchi frazeologik birliklarning lingvistik xususiyatlari.....	404
Саидова А.С. Таълим трансформацияси жараёнида бўлажак мутахассисларнинг касбий компетентлигини ривожлантириш методикаси.....	408
Hikmatov N.I. Innovatsion qurilish materiallari.....	412
Мухаммадов С.К., Илясов А.Т., Пахратдинов. А.А. Бухоро шаҳридаги “Абдуллахон” мадрасаси биносининг техник ҳолатини кучлантириш бўйича таҳлил ва тавсиялар.....	416
Tursunova N.N. Kasb-hunar ta'limi tizimida “Mehnat muhofazasi va xavfsizlik texnikasi” fanini o'qitishda zamonaviy ta'lim metodlarini qo'llash.....	420
Samadova R.A., Gafurova N.T., Xikmatov N.I. O'zbekistonning ijtimoiy-iqtisodiy siyosatida xotin - qizlarga oid insonparvarlik qarorlarining ahamiyati.....	426
Ортикова Г.Ш., Нурмухаммедова Б.И. Оценка состояния финансирования международной торговли в республике Узбекистан.....	430
Баракатова Д.А. Рус адабиётида танқидий реализм асосчиси.....	434
Мустақимова Қ.С. “Шоирлар одам атоси” ҳақида.....	437
Раупова М.Х. Динамические задачи в формулировке квадратичной неограниченной бинарной оптимизации (QUBO) и их квантовые решения.....	441
EKOLOGIYA VA ATROF MUHIT MUHOFAZASI	
Xolova Sh.A. Ecological efficiency of introducing “green technologies” into industry.....	447
Axmedova M.B. Maishiy qattiq chiqindilar asosidagi xomashyolardan ekologik toza va iqtisodiy samaradorligi yuqori mahsulotlar ishlab chiqarish.....	451
QUTLOV	
Фозилов Садриддин Файзуллаевич – 60 ёшда. Етук олим ва жонкуяр устоз.....	456

UO'K 621.767

MATERIALLAR SIRTIDA KO'P ELEMENTLI QOPLAMALAR HOSIL QILISH

Bafoev D.X.

Buxoro davlat texnika universiteti.

Annotatsiya. Qoplamalarning yuqori ishlatish xossalarini ta'minlaydigan elementli, fazaviy tarkibli va tuzilishga ega sirt qatlamlarini shakllantirish materialshunoslikning ustuvor yo'nalishi hisoblanadi. Maqolada ushbu jarayonni amalga oshirish uchun ion-plazmali qoplamalarini qo'llash uchun ko'p elementli tizimlarni tanlab olish; ko'p elementli qoplamalarning struktura hosil bo'lish xususiyatlarini tahlil qilish; tanlangan ko'p elementli qoplamalarning tuzilishini, tribologik va ekspluatatsion xossalarini tadqiq qilish masalalari ko'rib chiqilgan.

Tayanch iboralar: ion-plazmali qoplamalar, xromnikelli po'lat, ko'p elementli qoplama, kompozitsion, anizotropiya, qoplamalar tuzilishi, mikroqattqlik, nanoqattqlik, korroziyabardoshlik.

FORMATION OF MULTI-ELEMENT COATINGS ON THE SURFACE OF MATERIALS

Bafoev D.Kh.

Bukhara state technical university.

Abstract. The formation of surface layers with an elemental, phase composition, and structure that provide enhanced coating performance is a priority area of materials science.

This article examines the selection of multi-element systems for applying ion-plasma coatings; analyzes the structure formation characteristics of multi-element coatings; establishes the role of surface energy in shaping the properties of such coatings; and examines the structure, tribological, and performance properties of selected multi-element coatings.

Keywords: ion-plasma coatings, chromium-nickel steel, multi-element coatings, composition, anisotropy, coating structure, microhardness, nanohardness, corrosion resistance.

Kirish. Zamonaviy mashinasozlikning rivojlanishi mexanizmlar va uzellarning, ayniqsa, turli xil ishqalanish va yuqori haroratlarning ekstremal sharoitlarida ishlaydigan mexanizmlarning xizmat muddatini oshiradigan yangi materiallar va texnologiyalardan foydalanish bilan bog'liqdir. Ko'pincha, sirt qatlamlarining kimyoviy tarkibi va tuzilishini o'zgartirish orqali turli xildagi mashinalarning detallari va asboblarning ishonchliligi va umrboqiyiligini sezilarli darajada oshirish mumkin. Qoplamalarning yuqori ishlatish xossalarini ta'minlaydigan elementli, fazaviy tarkibli va tuzilishga ega sirt qatlamlarini shakllantirish materialshunoslikning ustuvor yo'nalishi hisoblanadi. Ushbu muammoning istiqbolli texnologik yechimi vakuumli ion-plazmali purkash usullaridan foydalangan holda nanoo'lchamli qoplamalarni yaratishga asoslangan sirt muhandisligi (surface engineering) yondashuvlaridan foydalanishdir.

Ishlab chiqarishning ekologik tozaligi va hosil bo'lgan himoya plyonkalarining yuqori sifati tufayli bu usullardan keng foydalaniladi. Bunday qoplamalar yengil va yuqori darajada ishqalanishga chidamli konstruksiyalar yaratish imkonini beradi. Vakuumli ion-plazmali texnologiyasi detalning dastlabki shaklini deyarli o'zgartirmasligi va mahalliy issiqlik ta'siri uning asosiy materialining mikro tuzilishiga sezilarli ta'sir ko'rsatmasligi tufayli samara yanada kuchayadi. Bu qoplamaning qo'llash paytida yuqori aniqlikni saqlash imkonini beradi.

Yechiladigan muammo va masalaning qo'yilishi. Yuqori fizik va mexanik xususiyatlarga ega bo'lgan, qiyin eriydigan metall nitridlariga asoslangan bir qatlamli nanokompozit qoplamalar zamonaviy materiallardir. Shu bilan bir vaqtda, bir qatlamli qoplamalarda ishlash xususiyatlarini to'liq joriy qilinmaydi. Ti, Cr, Al, Si va boshqa materiallardan vakuumda purkash natijasida hosil bo'ladigan zamonaviy qattiq plyonkalar bir vaqtning o'zida yuqori qattqlikka va mustahkamlikka ega. Biroq ular mashinasozlik uzellarida ishlatiladigan asosiy materiallar bilan tutashganda dinamik ishqalanish koeffitsiyentlarining yuqori qiymatlari kuzatiladi. Ko'p elementli kompozit nitrid tizimlaridan foydalanish orqali qoplamalarning past antifriksion xususiyatlarini yaxshilash bilan birga yeyilishga chidamliligini oshirishi mumkin. Shu bilan bog'liq ravishda, so'nggi yillarda ko'p elementli (yuqori entropiyali) qoplamalarni hosil qilish keng tarqaldi [1].

Bunday qoplamalarning har xil turlarini hosil qilish uchun metallarni tanlash metallarning nitridlarni hosil qilishdagi turli reaksiya qobiliyati va ularning bir-birida eruvchanligi bilan belgilanadi. Shu nuqtayi nazardan, ko'pincha sirpanish ishqalanishini yaxshilash uchun

ishlatiladigan xromnikelli po‘lat va Ti, Zr va Zn, Cu va Al kabi metallarning kompozitsiyasidan foydalanish istiqbollidir. Shu bilan birga, bunday qoplamalardagi struktura va faza hosil bo‘lish jarayonlari, shuningdek, atomlarning diffuziya harakatchanligi, mexanik xossalarni shakllantirish mexanizmlari va issiqlik barqarorligi an’anaviy qoplamalardagi o‘xshash jarayonlardan sezilarli darajada farq qiladi va qo‘shimcha tadqiqotlarni talab qiladi. Ko‘p elementli ion-plazmalı qoplamalarini hosil qilish paytida jarayon parametrlarining ularning sifatiga ta’siri ham o‘rganilmagan.

Bunday qoplamalarning xossalarini shakllantirishda ularning sirt energiyasi muhim rol o‘ynaydi. Biroq ko‘p elementli qoplamalarning sirt energiyasini baholash va uning ularning xossalari bilan bog‘liqligi o‘rganilmagan. Bunday jarayonlar uchun nazariyaning yo‘qligi va bu sohada olib borilgan tadqiqotlarning yetarli emasligi yangi sintezlangan qoplamalarning xususiyatlarini oldindan aytib berishga imkon bermaydi. Shuning uchun sanoat muhandisligida ko‘p elementli (yuqori entropiyali) qoplamalar va ularning xossalarini o‘rganish dolzarb vazifa hisoblanadi.

Yuqorida bayon qilinganlar bizga ko‘p elementli legirlashdan foydalanish hisobiga xromnikelli po‘lat asosidagi ion-plazmalı qoplamalarining fizik, mexanik va ekspluatatsion xossalarining oshishini taxmin qilish imkonini beradi.

Ushbu jarayonni amalga oshirish uchun ion-plazmalı qoplamalarini qo‘llash uchun ko‘p elementli tizimlarni tanlab olish; ko‘p elementli qoplamalarning struktura hosil bo‘lish xususiyatlarini tahlil qilish; bunday qoplamalarning xossalarini aniqlashda sirt energiyasining rolini aniqlash; tanlangan ko‘p elementli qoplamalarning tuzilishini, tribologik va ekspluatatsion xossalarini tadqiq qilish; olingan natijalar asosida qoplamalarning muayyan tarikblarini taklif qilish va ularni ishlab chiqarishda sinovdan o‘tkazish zarur.

Ionli bombardimon qilish zarralarni o‘shishini to‘xtatishi va yagona xossalarga ega zich qoplamalarni hosil qilishi imkonini beradi. Biroq ionli bombardimon qilish natijasida hosil bo‘lgan qoplamalar bir qator sinergetik samaralar, ya’ni dislokatsiya zichligining oshishi, siqiyuvchi kuchlanishlarning oshishi va boshqalar tufayli termik nobarqaror bo‘ladi [2].

Qo‘shimcha elementlarni legirlash bir fazaning boshqa fazaning zarralari chegaralari bo‘ylab ajralib chiqishiga olib keladi. Bu kristallit o‘shishini to‘xtatishga yordam beradi. Qo‘shimcha elementlarni legirlash bu elementlarni eritish paytida katodga (nishonga) kiritish yoki o‘sayotgan qoplamanı ion oqimi bilan bombardimon qilish orqali amalga oshiriladi. Ko‘pincha kombinatsiyalangan usullar qo‘llaniladi. Bu jarayonni boshqarish uchun har safar tegishli qoplama qo‘llash rejimlarini tanlash zarur.

Qoplamalarning funksional xossalari ularning haqiqiy tuzilishiga (zarracha o‘lchami, faza tarkibi, ichki kuchlanish darajasi va boshqalar) bog‘liq, shuning uchun tadqiqotchilar asosan ularni ishlab chiqarish usullari va shartlariga bog‘liq ravishda, qoplamalarning strukturaviy-fazaviy holati va ishlash xossalari o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash va o‘rganishga asosiy e’tiborni qaratadilar. Turli mualliflar tomonidan ilmiy va texnik nashrlarda taqdim etilgan zamonaviy tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatdiki, ko‘rib chiqilayotgan qoplamalarning tuzilishi va xususiyatlarida sezilarli o‘zgarishlarga ularni Si, B, Al, Y, Ni va boshqa elementlar bilan legirlash orqali erishish mumkin.

Ushbu elementlar bilan legirlashning yuqori samaradorligi ularning muvozanat sharoitida erimasligi va TiN nanozarralarining chegaralari bo‘ylab $d \leq 10-15$ nm darajasida zarraning o‘shishini cheklovchi zarrani cheklash fazasining shakllanishi bilan ajralib chiqishning termodinamik boshqarilishi bilan bog‘liq. Bugungi kunga qadar turli xil kimyoviy tarkibdagi qattiq nanokompozitlarni ishlab chiqarish qayd etilgan [3].

Vakuum-yoyli purkash nanokristal qoplamalarni yaratishning samarali usuli hisoblanadi. Bu usul yoy razryadi yordamida yuqori darajada ionlangan plazma oqimlarini hosil qilish va katod materialidan ionlarni detal yuzasida kondensatsiya qilishga asoslangan. Katod kerakli metall, qotishma yoki metall asosidagi kompozitdan tayyorlanadi. Metall nitridlari, oksidlari yoki karbidlari katod metalli va plazma hosil qiluvchi gaz o‘rtasidagi kimyoviy bog‘lanish orqali hosil bo‘ladi.

Ushbu turdagi plazma yuqori darajadagi ionlanish (100% gacha) bilan tavsiflanadi. Ushbu usul bilan ishlab chiqarilgan qoplamalar yuqori qattqlik (≥ 40 GPa), ishqalanishga chidamlilik va korroziyabardoshlilik bilan tavsiflanadi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi ko'p elementli legirlash yordamida xromnikelli po'lat asosidagi ion-plazmali qoplamalarining fizik, mexanik va ekspluatatsion xossalarini oshirishdir. Ion-plazma qoplamalarini hosil qilish uchun ko'p elementli tizimlarning tarkibini tanlash; ko'p elementli qoplamalarning struktura hosil bo'lish xususiyatlarini tahlil qilish; qoplama xossalarini shakllantirishda sirt energiyasining rolini aniqlash; tadqiq qilinayotgan ko'p elementli qoplamalarning strukturaviy, dyurometrik, tribologik va ekspluatatsion xossalarini tadqiq qilish; qoplamaning muayyan tarkiblarini taklif qilish va ularni ishlab chiqarishda sinovdan o'tkazish zarur.

Ko'p elementli qoplamalar hosil qilish uchun biz bir vaqtning o'zida turli xil kimyoviy tarkibdagi katodlarni purkash kerak. Buning uchun katod 12X18N10T markali po'latdan tayyorlangan katoddan, sof metallar – titan (Ti), sirkoniy (Zr), mis (Cu), aluminiy (Al) katodidan va Fe-Al, Zn-Al kompozit katodlardan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Metall va qotishmalarni issiqlik bilan ishlov berish sanoatning turli sohalarida va birinchi navbatda mashinasozlikda ko'plab ishlab chiqarish jarayonlarining ajralmas qismidir. Kuydirib yumshatish jarayonida yuzaga keladigan strukturaviy o'zgarishlar juda chuqur tahlil qilingan. Po'latlar uchun polimorfik o'zgarishlarsiz toblashda kechadigan strukturaviy o'zgarishlar ayniqsa muhim rol o'ynaydi.

Qoplama hosil qilindan so'ng namunalar o'lchanadi va tortiladi. Qoplangan namunalar sinovdan o'tkazilgunga qadar yopiq, toza idishda (eksikator) saqlanadi. Sinovdan oldin, qoplangan namunalar va qoplanmagan nazorat namunalari doimiy og'irlikka qadar toblangan tigellarga joylashtiriladi va analitik tarozida tortiladi. Issiqlikka chidamlilik sinovlari G-30 elektr qarshilik pechlarida havoda o'tkaziladi. Pech ± 10 °C gacha aniqlikdagi avtomatik haroratni boshqarish tizimiga ega bo'lishi va namunalar joylashgan maydondagi pechdagi harorat og'ishi belgilangan haroratdan ± 10 °C dan oshmasligini ta'minlashi kerak.

Issiqlikka chidamlilikni aniqlash usuli DavSt 6130-71 "Metallar. Issiqlikka chidamlilikni aniqlash usullari" ga asoslangan va gazotermik qoplamalarining issiqlikka chidamliligini aniqlashga qo'llaniladi. Issiqlikka chidamlilik qoplangan namunalarni (va qoplanmagan nazorat namunalari) havo pechida ma'lum vaqt davomida o'zgarimas haroratda ushlab turish, so'ngra tortish, tekshirish va metallografik tadqiq qilish orqali aniqlanadi. Tezlashtirilgan siklik sinovlar pechni (10-50) soatdan keyin o'chirilgan holda o'tkaziladi.

Qoplama hosil qilingandan so'ng namunalar o'lchanadi va tortiladi. Qoplangan namunalar sinovdan o'tkazilgunga qadar yopiq, toza idishda (eksikator) saqlanadi. Sinovdan oldin, qoplangan namunalar va qoplanmagan nazorat namunalari doimiy og'irlikka qadar toblangan tigellarga joylashtiriladi va analitik tarozida tortiladi. Issiqlikka chidamlilik sinovlari G-30 elektr qarshilik pechlarida havoda o'tkaziladi. Pech ± 10 °C gacha aniqlikdagi avtomatik haroratni boshqarish tizimiga ega bo'lishi va namunalar joylashgan maydondagi pechdagi harorat og'ishi belgilangan haroratdan ± 10 °C dan oshmasligini ta'minlashi kerak.

Issiqlikka chidamlilikni aniqlashda maydalanayotgan oksidlarni saqlab qolishni ta'minlovchi keramik tigellardan foydalaniladi. Namunalar solingan tigel pechdagi tagliklarga (keramik yoki metall) joylashtiriladi.

Tigellar pechga (1000–1200) °C haroratga ega bo'lgan pechga yuklanadi. Namunalarni sovuq pechga ham yuklash mumkin. Pechning ishchi zonasi berilgan haroratga yetgandan so'ng sinov boshlanadi. Sinov yakunlangandan so'ng namunalar pechdan tushiriladi. Sinovlarning harorati va davomiyligi mahsulotning xizmat muddatiga bog'liq ravishda belgilanadi. Tigellarning namunalar bilan va namunalarning tigellsiz oksidlanishini aniqlash uchun 1150 °C haroratda 50 soat va 1200 °C haroratda 20 soat vaqt oralig'i bilan tortiladi.

Har bir namuna qoplamasining qalinligi va massasi hisoblanadi, qiymatlar jurnalda yoziladi. Issiqlikbardoshligini baholash og'irligi, tashqi ko'rinishi, metallografik tadqiqotlar natijalari bo'yicha o'tkaziladi.

Og'irlik bo'yicha baholash uchun har bir vaqt oralig'ida sinashdan oldin (P_0) va sinashdan keyin (P_i) tigelda va tigelsiz namunalarni tortish natijalaridagi farq namunaning dastlabki og'irligi yoki uning sirt maydoni S bilan bog'liq.

Ortgan og'irlik % va mg/sm^2 birliklarda quyidagicha aniqlanadi:

$$P = \frac{P_i - P_0}{P_0} 100\%,$$

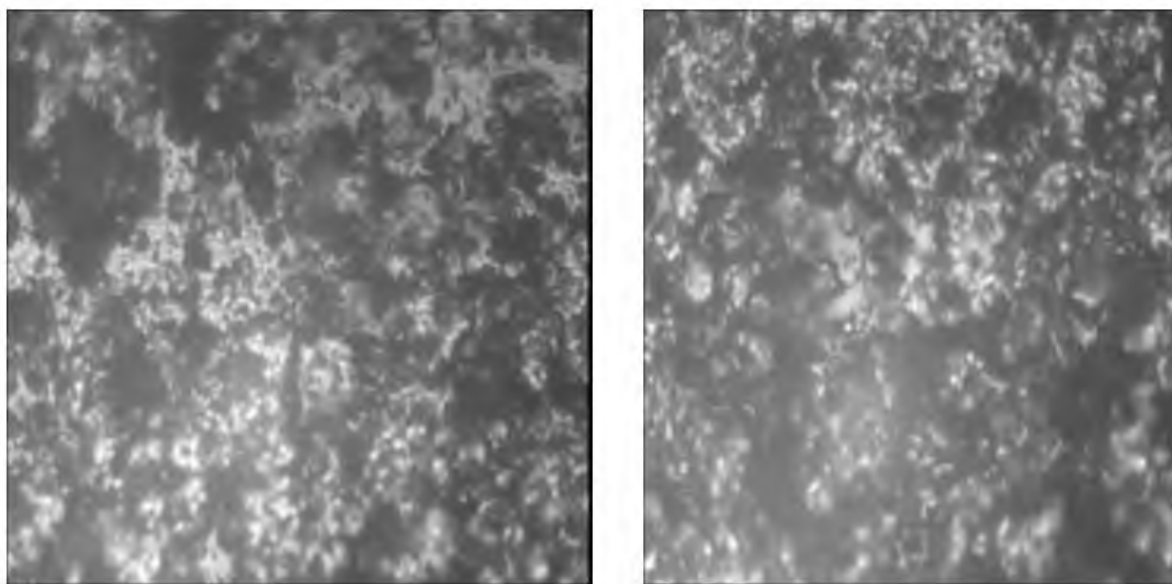
$$\frac{P}{S} = \frac{P_i - P_0}{P_0} S$$

bu yerda: $P_i = 50, 100, 150$ va hokazo (150°C da); P_0 – namunaning boshlang‘ich vazni.

Titan bilan legirlangan po‘lat qoplamaning mikrotuzilmasi 1-rasmda ko‘rsatilgan (14600 marta kattalashtirilgan). Bu yerda, titan karbidida bo‘lgani kabi, qoplamani cho‘ktirish paytida yuzaga keladigan yuqori ichki kuchlanishlarni ko‘rsatadigan sezilarli dislokatsiya tuzilishi kuzatiladi. Qoplamaning turli nuqtalaridagi mikroqattqlik o‘lchovlari qoplamani cho‘ktirish paytida yuzaga keladigan sezilarli kuchlanishlarni ko‘rsatadi [3].

Qoplama hosil bo‘lish jarayonida yuqori haroratgacha qizdirilgan harakatlanuvchi zarrachalar yoki boshqa, allaqachon sovigan zarrachalar asta-sekin asos sirtiga yopishadi. Purkash jarayonida asos haroratining sezilarli darajada oshishi kuzatilmaydi, shuning uchun zarbadan keyin sovigan zarrachalar metall asoslarga qaraganda ko‘proq siqiladi. Natijada, normal haroratlarda purkalgan qoplama qoldiq siqilish yoki cho‘zilish kuchlanishlari paydo bo‘ladi.

Qoplama qalinligining ortishi “qoplama – asos” tizimidagi ichki kuchlanishlarning ortishi bilan birga keladi, bu esa ilashish mustahkamligining pasayishiga olib keladi. Bu holda yemirilish odatda yopishqoqlik bilan bog‘liq. Demak, plazma qoplamarining ishlash qobiliyati va umrboqiyligi qoldiq kuchlanishlarning kattaligi va taqsimlanish xarakteriga bog‘liq.



1-rasm. Namunaning ikki xil nuqtasida azotli gaz muhitida 12X18H10T+Ti qoplamarining mikrotuzilishi

Yuqori qoldiq kuchlanishlar mikro darzlar paydo bo‘lishi yoki qoplamaning qatlam bo‘lib ko‘chishiga olib keladi. Qoplama hosil qilish paytida purkash joyida taglikning mahalliy qizishi sodir bo‘ladi. Shunday qilib, issiqlik ta’siri natijasida har bir zarracha ostida uning zarba va deformatsiya zonasida haddan tashqari mahalliy qizish amalga oshadi, natijada kesimdagi turli nuqtalarda harorat har xil bo‘ladi. Buning natijasida, normal haroratlarda, qoplamaning purkalgan geterojen qatlamida qoldiq kuchlanishlari paydo bo‘ladi, ular bir qator omillarga bog‘liq ravishda cho‘ziluvchi, siqiluvchi yoki hatto belgilar bo‘yicha o‘zgaruvchan bo‘lishi mumkin.

Ion-plazmali purkash jarayonida qoplamaning hosil bo‘lgan tuzilishiga va uning fizik-mexanik xossalriga ishchi kamerasidagi reaksiya gazining bosimi, taglik potentsiali, yoy oqimi, katod materialining xossalari va taglik harorati katta ta’sir ko‘rsatadi [4].

Olingan natijalarning qo'llanilish sohalari. Shunday qilib, umuman olganda, yoy oqimining elektrod-bug'latgichga ta'siri hosil bo'lgan sirt energiyasi qiymatlariga teskari proporsional ekanligi ko'rsatildi. Buni yoy oqimi oshgani sayin, hosil qilingan qoplamaning qalinligi juda tez oshib borishi bilan izohlash mumkin. Qoplama qalinligining bu oshishi uning ishidagi dislokatsiya zichligining oshishiga olib keladi.

Biroq, qoplama qalinligi vaqt o'tishi bilan notekis ravishda oshadi. Dastlab, qoplama qatlami orolchalar ko'rinishida hosil bo'ladi. Shu bilan birga zarrachalarning taglikdan qaytish jadalligi nisbatan past bo'ladi. Keyin orolchalar o'zaro birlasha boshlaydi.

Qoplangan sirtning ulushi oshadi va qoplamani purkash va cho'ktirish jarayonlarining bir tekislik ehtimoli ham ortadi. Bu shuni anglatadiki, qoplama qalinligining eng yuqori o'sish sur'atini dastlabki 1,5-2 daqiqada kuzatish mumkin. Keyinchalik, qalinlikning o'sish sur'ati sekinlashadi.

Qoplamaning maksimal mustahkamligiga 5–10 mkm qalinlikdagi qatlam hosil qilishda erishiladi. Shundan keyin mustahkamlik pasayadi. Bu qalinligi oshishi bilan qoplamaning morfologik xususiyatlarining yomonlashishi bilan bog'liq. Yoy oqimi oshgani sayin qoplama qalinligi oshadi.

Biroq, 120 A dan yuqori toklarda tomchi fazasi hajmining keskin oshishi kuzatiladi, bu qoplamaning taglik bilan yopishish kuchini sezilarli darajada pasaytiradi. Natijada, qoplama tuzilishi yomonlashadi. 30-40 A dan past yoy oqimlarida razryad kuchsizlanadi, bu esa plazma ionlanish koeffitsiyentining pasayishiga olib keladi. Keyin reaksiya gazi va katoddan neytral zarrachalar plyonkaga "joylashadi". Bu ta'sir qoplama nuqsonlar paydo bo'lishiga va mikroqattqlikning pasayishiga olib keladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, 90-110 A yoy oqimi eng samarali hisoblanadi.

Tutashish zonasidagi ishqalanish kuchlarini hisobga olgan holda, detallar va uzellarning kontaktli o'zaro ta'siri sanoatning turli sohalorida bajaruvchi mexanizmlarning ishlash muddatini oshirishda muhim rol o'ynaydi. Hozirgi vaqtda quruq ishqalanish sharoitida ishlaydigan detallar va uzellarni loyihalash imkonini beruvchi bir qator fundamental nazariy va eksperimental qonuniyatlar ishlab chiqilgan.

Bu tribologiya va tribotexnikaning ishqalanishga chidamli antifriksion materiallarni yaratishning ilmiy asoslari va amaliy tavsiyalarini ishlab chiqish, mustahkamlash va qoplamlar hosil qilishning yangi texnologiyalarini joriy etish; tribologik tadqiqotlarda universal ishqalanish mashinalarini yaratish va ulardan oqilona foydalanish yo'nalishlari quyidagilarni o'z ichiga oladi.

Siquvchi yuklama ta'siri ostida qattiq jismlar bir-biriga tutashganda, ularning haqiqiy teginish nuqtalarida mustahkam birikmalar hosil bo'ladi. Bunda hosil bo'lgan ishqalanish kuchi tutashish maydoni va kesim kuchlanishining ko'paytmasi sifatida hisoblanadi. Kesim kuchlanishi qiymatini kamida bitta jismning yuzasini tegib turgan jismlarga qaraganda pastroq qattqlikka ega yumshoq metall qatlami bilan qoplash orqali sezilarli darajada kamaytirish mumkin. Shu bilan birga, jismlar orasidagi teginish maydoni ularning qattqligiga teskari proporsionaldir. Shuning uchun, qoplama qattqligi qanchalik past va tegib turgan jismlarning qattqligi qanchalik yuqori bo'lsa, ishqalanish kuchi shunchalik past bo'ladi. Tajribalar bu taxminning to'g'riligini tasdiqladi va jismlar orasidagi ishqalanish kuchini va ishqalanish koeffitsiyentini kamaytirishning bir usulini aniqladi. Biroq, ishqalanish koeffitsiyentlarining absolyut qiymatlari qoplama qalinligiga va yuklamaga (yuk ortishi bilan ishqalanish koeffitsiyenti oshadi) bog'liq ravishda o'zgaradi.

Ishqalanish uzellarining antifriksion xususiyatlari detallarning sirt qatlamining xossalari bilan belgilanadi. Shuning uchun, katod materiallarini tanlashning iqtisodiy va texnik jihatdan maqsadga muvofiq yondashuvi shundaki, ularning mexanik mustahkamligi konstruksion materialning xossalari bilan belgilanadi, sirtning maxsus xossalari esa unda maksimal ruxsat etilgan yeyilish qiymatiga yaqin qalinlikdagi yupqa qoplama qatlamlarini hosil qilish orqali ta'minlanadi.

Ishqalanishga chidamli antifriksion ko'p qatlamli qoplamlarni hosil qilish nafaqat uzellarning puxtaligi va umrboqiyiligini oshiradi, balki kamyob va qimmatbaho materiallarga xarajatlarni pasaytiradi, jihozlarni ta'mirlash va xizmat ko'rsatish sarflarini kamaytiradi.

Xulosalar. Tadqiqotlarda o'tkazilgan tajriba natijalari zanglamaydigan po'latdan yasalgan ishqalanish birikmalarida o'rganilgan qoplamalarning yaxshi ishqalanishga qarshi xossalarini namoyish etadi. Zanglamaydigan po'lat, mis va aluminiydan yasalgan ishqalanish birikmalarida eng yaxshi ishqalanishga qarshi xossalar mos ravishda 12X18H10T+(Fe-Al), 12X18H10T+Cu va 12X18H10T+(Zn-Al) qoplamalarida namoyon bo'ladi.

Azot muhitida ishlab chiqarilgan 12X18H10T qoplamasining nanoqattiqligi qattiqlashtiruvchi va abraziv qoplamalar sifatida ishlatiladigan ko'pchilik materiallardan yuqori ekanligi aniqlandi. Argon muhitida ishlab chiqarilgan 12X18H10T qoplamasining nanoqattiqligi sof titannikiga yaqin.

Barcha hosil qilinadigan qoplamalar uchun optimal taglik harorati 400°C ekanligi aniqlandi. Taglik haroratining oshishi bilan qoplama materialining zarachalar tuzilishini maydalash qattiqlik va sirt tarangligining ma'lum bir o'rtacha nanozarracha o'lchamigacha oshishi bilan kuzatiladi. Qoplamada o'rtacha zarracha o'lchamining yanada kamayishi bilan qattiqlikning pasayishi zarracha chegaralari bo'ylab sirpanish tufayli sodir bo'ladi. Bug'latgich yoy oqimining oshishi bilan qoplamaning sirt energiyasi kamayishi aniqlangan, bu uning qalinligining tez o'sishi bilan izohlanadi, bu esa hosil bo'ladigan qoplamada dislokatsiyalar zichligining oshishiga olib keladi.

Azotning $P = 10^{-3}$ mm simob ustuni bosimida olingan qoplamalar bir tekis taqsimlangan mayda zich tuzilishga, tomchi fazasi, g'ovaklar, qatlamlanishlarning minimal miqdoriga va sirt tarangligi va mikroqattiqlikning eng yuqori qiymatlariga ega ekanligi ko'rsatilgan.

Tadqiq qilingan barcha qoplamalar sanoatda keng qo'llaniladigan ko'pgina po'latlardan mikroqattiqlik jihatidan kam emasligi va eng yaxshi natijaga azotli muhitda qo'llaniladigan 12X18H10T+Ti qoplamasi uchun erishilganligi ko'rsatildi.

Zanglamaydigan po'lat bilan ishqalanish birikmalarida eng yaxshi antifriksion xususiyatlariga 12X18H10T+(Fe-Al) qoplamasi, mis qoplamasi 12X18H10T+Cu va aluminiy qoplamasi 12X18H10T+(Zn-Al) ega ekanligi aniqlandi, ularning ishqalanish koeffitsiyentlari mos ravishda 0,076; 0,192; 0,325 ga teng.

Adabiyotlar

1. D.X. Bafoyev. Po'lat va cho'yandan tayyorlangan detallarning sirtlarini plazmali toblash usulida mustahkamlash. *Fan va texnologiyalar taraqqiyoti, Ilmiy-texnikaviy jurnal*. Buxoro, 2024. №6, 144-150 b.
2. Д.Х. Бафоев. Применение плазменной наплавки для повышения долговечности деталей машин. *Educational Research in Universal Sciences. Scientific Journal*. 2023/11. 582-586 s.
3. Азаренков, Н. А. Инженерия вакуумно-плазменных покрытий / Н. А. Азаренков, О. В. Соболев, А. Д. Погребняк, В. М. Береснев. – Харьков: Изд-во ХНУ им. Карамзина, 2011. – 344 с. – ИСБН 978-966-623-607-1.
4. Арзамасов, Б. Н. Ионная химико-термическая обработка сплавов / Б.Н. Арзамасов, А. Г. Братухин, Ю. С. Елисеев, Т. А. Панайоти. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 1998. – 400 с. – ИСБН 5-7038-1358-1.

Bafoyev Dusmurod Xolmurodovich – Buxoro davlat texnika universiteti, "Transport vositalari muhandisligi" kafedrasi katta o'qituvchisi. Tel.:(+99890)745-10-40. Email: bafayev07111967@mail.ru