

ELEKTRON NUR BILAN VAKUUM MUHITIDA TIKUV JIHOZINING ISHCHI QISMLARINI AZOTLASH

(Tadqiqotchilar: Sh. Aliyev UBS, t.f.n prof. N.M. Safarov. NamMTI)

Annotatsiya

Maqolada forevakuum bosimi ostida po‘latni elektron nurlari yordamida azotlash jarayoniga gaz bosimi va siljish potentsialining ta‘sirini o‘rganish natijalari keltirilgan bo‘lib, o‘lchov natijalari taqdim etiladi va nur plazmasining massa-zaryad tarkibi hamda azotlangan sirtning parametrlari va xususiyatlari o‘rtasidagi bog‘lanishlar aniqlanadi.

Kalit so‘zlar: vakuum, plazma-katod, elektron manbalar, elektron nurlar, plazmali azotlash, po‘lat, uglerod, azot, qattqlik, ishlov berish.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО АЗОТИРОВАНИЮ ЧЕЛНОКА ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ (ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ СТАЛИ У9А) ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ В ВАКУУМНОЙ СРЕДЕ

(исследователи: Алиев Ш. UBS, д.т.н., проф. Сафаров Н.М. НамМТИ)

Аннотация

Представлены результаты исследований влияния давления газа и потенциала смещения на процесс электронно-лучевого азотирования титана в форвакуумной области давлений. Приведены результаты измерений и выявлена корреляция масс-зарядового состава пучковой плазмы с параметрами и характеристиками азотированной поверхности.

Ключевые слова: вакуум, плазменный катод, источники электронов, электронные пучки, плазменное азотирование, сталь, углерод, азот, твердость, обработка.

RESEARCH ON NITRIDING A SEWING MACHINE (HIGH-QUALITY STEEL U9A) WITH AN ELECTRON BEAM IN A VACUUM ENVIRONMENT

(researchers: Aliev Sh. UBS, Doctor of Technical Sciences, Prof. Safarov N.M.
NamMIT)

Annotation

In the article the results of studies of the influence of gas pressure and displacement potential on the process of electron beam nitriding of titanium in the forevacuum pressure region are presented. The results of measurements are presented and a correlation is revealed between the mass-charge composition of the beam plasma and the parameters and characteristics of the nitrided surface.

Key words: vacuum, plasma cathode, electron sources, electron beams, plasma nitriding, steel, carbon, nitrogen, hardness, processing.

Tikuv mashinalar mokisi maxsus tablangan po‘latdan ishlab chiqariladi, ular uchun material yuqori sifatli U9A po‘latdir. Issiqlik bilan ishlov berishdan so‘ng, moki ishchi yuzalari HRC 54-60 qattiqligiga ega bo‘lishi kerak. Mokining ushbu qismlarining sirt silliqiligi 10-klassdan past bo‘lmasligi kerak.

Metallarni azotlash konstruktsion materiallarning ishlash xususiyatlarini oshirishning mashhur usulidir. Azotlashning uchta asosiy turi mavjud: gazli azotlash [1], tuz eritmalarida suyuq azotlash [2] va plazmali azotlash [3].

Ushbu azotlash turlari orasida plazmali azotlash texnologik jarayonning qisqa muddati, atrof-muhit ifloslanmasligi, kam gaz va energiya iste‘moli [4] bilan ajralib turadi, bu esa qattiqlik, korroziyaga chidamlilik va yuzalar ishqalanishni kamaytirish uchun plazma azotlashning keng qo‘llanilishiga olib keladi. [5, 6].

Sanoatda so‘nggi 40 yil davomida plazmali azotlash (DCPN – to‘g‘ridan-to‘g‘ri oqim plazma azotlash) ishlatilgan. Bu usul gaz va suyuq azotlashning kamchiliklariga ega emas, ammo zaryadsiz ishlov beriladigan qism yuqori potentsialda (taxminan 600-700 V) zaryadsiz katod bo‘lib, buning natijasida sirt shikastlanishiga olib kelishi mumkin. yoyning paydo bo‘lishi, shuningdek namunalardagi o‘tkir qirralarning haddan tashqari qizishi, namunalar sirt qatlamlarining azot bilan notekis to‘yinishiga olib keladi.

So‘nggi paytlarda faol ekran (ASPN - faol ekranli plazma azotlash) yordamida azotlash usuli rivojlanmoqda. Azotlangan materialdan tayyorlangan va u bilan vakuum kamerasi devorlari o‘rtasida hosil bo‘lgan portlash oqimining katodi bo‘lgan ichi bo‘sh ekran elektrod ichidagi suzuvchi potentsial ostida joylashtiriladi.

Ushbu yondashuv bizga azotlangan namunalarning ishlash xususiyatlarini saqlab qolish va (ba‘zi rejimlarda, yaxshilash) bilan DCPN usulining kamchiliklarini chetlab o‘tishga imkon beradi.

Yana bir muqobil usul - past energiyali elektron nurli plazmadagi metallarni azotlash (EBPN - elektron nur bilan plazmali azotlash) elektron nur plazmali generatori sifatida ishlatgan.



Namunalar manfiy potentsialda (-350 V) elektron nuriga yaqin joyda joylashgan. Namunalar tashqi manbadan qizdiriladi, vakuum kamerasidagi azot-argon aralashmasining bosimi 21,3 Pa ni tashkil etdi. Natijada, elektron nur plazmasi yordamida U9A po‘latining mikroqattiqligini oshirishga muvaffaq bo‘linadi, nur parametrlarini o‘zgartirib, namunalar haroratini kerakli darajada ushlab turiladi.

Argon-azot aralashmasining bosimi va nurning tezlashtiruvchi kuchlanishi mos ravishda 0,1-1 Pa va yuz volt ni tashkil etdi. Namunalarning sirt qatlamlarini mustahkamlashga ham erishish mumkin edi, bu, birinchi navbatda, ishlov beriladigan qism yaqinida atom azotining mavjudligi bilan bog‘liq edi, chunki azotlashning texnologik rejimi, elektron ta‘sirida (60-140 eV) azot molekularining maksimal dissotsiatsiyasida elektron nur kuchlanishida amalga oshiriladi.

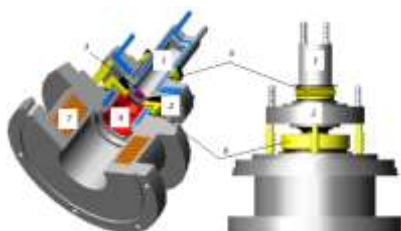
1-100 Pa bosim oralig‘ida ishlaydigan plazma katodli forevakuum elektron manbalari nafaqat o‘tkazgich materiallarni, balki dielektriklarni ham muvaffaqiyatli qayta ishlash imkonini beradi.

Azotlanadigan mahsulotlar uchun forevakuum manbalaridan foydalanish muhim afzalliklarga ega - tokni, nurlanish energiyasini va gaz bosimini mustaqil ravishda tartibga solish qobiliyati azotlangan mahsulotning zarur harorat sharoitlarini ta‘minlash va qo‘shimcha qurilmalardan foydalanmasdan zich plazma hosil qilish imkonini beradi [7].

Metall (masalan, po‘lat yoki har xil turdagi qattiqashtirilmagan po‘latlar) namunalarini elektron nur bilan nurlantirishda elektron nurning ish bosimi va parametrlari (oqim va kuchlanish) diapazoni azotlangan qatlamning parametrlariga sezilarli ta‘sir ko‘rsatishi mumkin. Bunday holda, forevakuum oralig‘ida (bir necha o‘nlab Paskalgacha) gaz bosimining oshishi elektron nur plazmasida azotlanish jarayonining kuchayishiga yordam beradi.

Shunday qilib, ushbu ishning maqsadi po‘lat namunasini elektron nur bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri nurlantirish paytida forevakuum elektron manbasining elektron nurlari plazmasida po‘latni azotlash imkoniyatini o‘rganish, shuningdek, hosil bo‘lgan o‘zgartirilgan sirt qatlamini tavsiflash edi. Nur plazma ionlarining massa-zaryad tarkibi, tribologik xossalari, mikroqattiqligi, rentgen nurlari difraksiyasi va azotlangan sirtning elementar tahlili bo‘yicha tadqiqotlar o‘tkazildi.

Eksperimen metodikasi va texnikasi.
Elektronlar manbai. Tajribalarda ishlatiladigan plazma elektron manbasining



elektrod tizimi 1-rasmda ko‘rsatilgan.

1-rasm - Elektron manbaning elektrod sxemasi: 1 - tsilindsimon ichi bo‘sh katod; 2 - anod; 3 - teshikli plastinka (emissiya elektrodi); 4 - ekstraktorlovchi; 5, 6 - standart keramik yuqori voltli izolyatorlar; 7 – elektromagnit fokuslash tizimi.

Strukturaviy ravishda, elektron nurli qurol - katod, anod, ekstraktorlovchi, fokuslash tizimi va sovutish tizimini o‘z ichiga olgan elektron-optik ustun (1-rasm). Ustunning yuqori qismida suvni sovutish qoplamasi bo‘lgan ichi bo‘sh katod 1 mavjud. Keyingi sovutilgan anod 2. Katod va anodning materiali zanglamaydigan po‘latdir. Katodni anodga ulash uchun 5 bitli bo‘shliqqa ega standart yuqori kuchlanishli izolyator ishlatiladi.

Plazma chegarasini barqarorlashtirish va plazmaning tezlashtiruvchi bo‘shliqqa "tushishini" oldini olish uchun qalinligi 1 mm bo‘lgan tantal plastinkasidan yasalgan teshikli plastinka 3 (emissiya elektrodi) ishlatiladi. Anod tezlashtiruvchi bo‘shliqning yuqori kuchlanishli izolyatori (emissiya elektrodi va ekstraktorlovchi orasidagi bo‘shliq) orqali ekstraktorlovchi gardishiga biriktiriladi. Ekstraktorlovchi 4 (tezlashtiruvchi elektrod) olinadigan, zanglamaydigan po‘latdan yasalgan va murakkab shakldagi kesilgan konusning shakliga ega. Uzluksiz ishlash vaqtida optimal ish haroratini ta’minlash uchun ekstraktorlovchi ham suv oqimi bilan sovutiladi.

— Elektron nurni fokuslash uchun elektromagnit fokuslash tizimi 7 qo‘llaniladi. Fokuslash qismi zanglamaydigan po‘latdan yasalgan ramkaga o‘ralgan mis simdan tayyorlangan. Manbaning asosiy ish parametrlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval – Elektron manbaning ishchi parametrlari

Ish tartibi	Uzliksiz
Taminlagichdan chiquvchi kuchlanish quvvati	1 kV gacha
Tok kuchi oqimi	1 A gacha
Kuchlanish tezlanishi	20 kV gacha
Nur tor kuchlanishi	300 mA gacha

Fokuslash tizimida 30sm masofasidan masofada nur diametri	5 – 10 mm
Elektron nurning maksimal quvvati	6 kV
Ishchi gaz	Atmosfera qoldig‘i geliy, havo, kislorod, azot, argon.
Ishchi gazning bosimi	1-30 Pa – optimal 100 Pa – maksimal

Tajriba parametrlari. Po‘latni azotlashning eksperimental qurilmasi 2-rasmda keltirilgan. Plazma manbasi 1-ning prototipi vakuum kamerasing 8- gardishiga joylashtirilgan. Plazma elektron manbai mos ravishda tushirish va tezlashtiruvchi bo‘shliqlarga ulangan doimiy kuchlanish manbalaridan quvvat oladi.

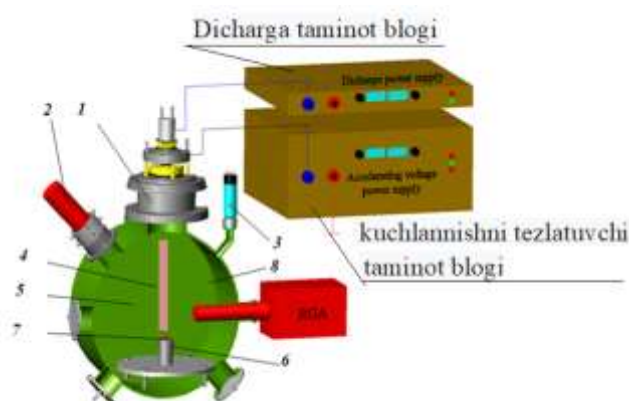
Elektronlar teshikli plastinka orqali chiqarildi. Anod-ekstraktorlovchi bo‘shlig‘ida, tegishli tezlashtiruvchi kuchlanish U_{acc} qo‘llanilganda, elektronlar tezlashdi va dastlab nur hosil bo‘ldi. Manba tomonidan yaratilgan elektron nur qisqa fokusli magnit qismning magnit maydoniga tushib, uning yakuniy shakllanishi sodir bo‘ladi.

Elektron nurlar qayta ishlangan namunaga tarqalganda, ish kamerasida gazning ionlanishi natijasida nur plazmasi hosil bo‘ladi. Elektron nurlar namunaning yuzasi bilan o‘zaro ta’sirlashganda, qizdiradi.

Nasos tezligi 300 l/s bo‘lgan nEXT300D turbomolekulyar nasos yordamida ishchi kamera $5 \cdot 10^{-3}$ Pa bosimgacha oldindan evakuatsiya qilinadi, shundan so‘ng kamera 8 Pa bosimgacha azot yuboriladi. Azotlash jarayonida nur oqimi va tezlashtiruvchi kuchlanish mos ravishda 100 mA va 6 kV, davomiyligi 75 min. Namuna harorati Raytek kompaniyasining kontaktsiz optik pirometri tomonidan nazorat qilingan va harorat 900 °C ni tashkil etadi.

Po‘lat yuzasining qattiqlashishi qayta ishlangan namuna yaqinida azot atomining mavjudligi bilan bog‘liq bo‘lganligi sababli, azotlash paytida elektron nurning optimal parametrlarini topish uchun nur plazma ionlarining massa-zaryad tarkibi bo‘yicha tadqiqotlar o‘tkazildi. Plazma ionlarining massaviy zaryad tarkibini o‘rganish azotlangan namunani keyingi joylashtirish maydoniga yaqin joyda yangilangan RGA-100 to‘rt qutibli qoldiq atmosfera analizatori yordamida amalga oshirildi.





2-rasm – Tajriba sxemasi: 1 – elektron manba; 2 – infraqizil pirometr; 3 - vakuum sensori; 4 – elektron nur; 5 - nurli plazma; 6 – tantal tigel; 7 – po‘lat namunasi; 8 - vakuum kamerasi devorlarining kesma ko‘rinishi.

Namuna. Namuna sifatida biz qalinligi 4 mm bo‘lgan Y9A po‘lat foydalandik, undan 10×10 mm o‘lchamdagi element kesilgan. Namunaning elektron nuriga ta’sir qilgan tomoni abraziv qog‘oz yordamida silliqilgan va keyin vakuum kamerasiga joylashtirilgunga qadar etil spirti bilan artilgan. Namuna tantal tigel ustiga qo‘yildi va tuproq potentsialida saqlangan, [8].

Azotlangan qatlamni o‘rganish uchun asbob-uskunalar va usullar.

Namuna sirtining mikro tuzilishi, ko‘ndalang kesimi va elementar tarkibi Bruker X’Flash 5010 energiya-dispersiyali mikroanaliz qo‘shimchasi bilan jihozlangan Hitachi S3400N skanerlash elektron mikroskopi yordamida o‘rganildi.

Azotlangan qatlam tarkibining rentgen fazali tahlili (XRD) Shimadzu XRD-6000 difraktometrida (TSU TMCKP) surma to‘sin geometriyasida monoxromatik CuK_{α} nurlanishi bilan amalga oshirildi. Faza tarkibi PDF 4+ ma’lumotlar bazalari, shuningdek, POWDER CELL 2.4 to‘liq profilli tahlil dasturi yordamida tahlil qilindi. XRF o‘rganilayotgan po‘latning kristall panjarasidagi rentgen nurlarining difraksiyasi hodisasiga asoslanadi.

—O‘rganilayotgan namunada rentgen nurlari difraksiyasi yordamida fazalar tarkibi, kogerent sochilish hududlari (KSR), kristall panjara parametrlari va hosil bo‘lgan qatlamning kristall panjarasi deformatsiyasining miqdori (Dd/d) aniqlandi. Xona haroratida tribotexnik o‘lchovlar Diskdagi pin va tebranuvchi TRIBO tester yordamida amalga oshirildi. Ushbu qurilma "Diskdagi shar" o‘lchash texnikasini amalga oshiradi. Sinov namunasi 2 N yuk bilan sharsimon uchiga ta’sir qiladi.

Qattqlikni olchash uchun uning uchi volfram karbididan tayyorlangan ishqalanishsiz kuch sensori bo‘lgan qattiq tutqichga o‘rnatiladi. Ishqalanish koeffitsienti sinov paytida elastik elkaning egilishini o‘lchash yo‘li bilan aniqlanadi. Materialning yeyilishi sinov paytida hosil bo‘lgan yo‘lni o‘lchash yo‘li bilan



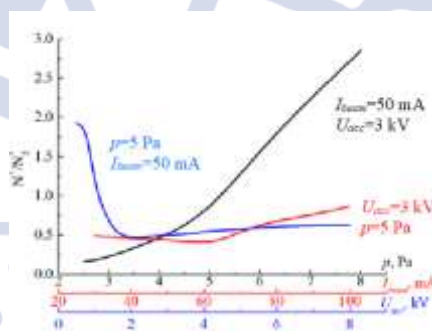
aniqlanadi. Yeyilish tezligini baholash mumkin bo‘lgan $V = 2\pi RA/FL$ formulasi bilan aniqlandi, bu erda R – yo‘l radiusi, mkm; A - yeyilish yuzasining ko‘ndalang kesim maydoni, 2 mkm; F – qo‘llaniladigan yukning kattaligi, N; L – shar bosib o‘tgan masofa, m.

Qattqlikni (H) nanoindentatsiya usuli bilan aniqlash uchun NANO qattqlik testeri NHT-S-AX-000X (TMTSKP TPU) nanoqattqlik tekshirgichi ishlatilgan. Olmos indenter 1 daqiqa davomida belgilangan qiymatga (0,8-300 mN) qadar doimiy ravishda ortib borayotgan yuk bilan qoplama yuzasida harakat qiladi, keyin indenter tushirildi. O‘zgaruvchan yuk kirish chuqurligi va indenter izini (Vickers) maydoniga o‘rnatildi.

Natijalar: 3-rasmda eksperimental parametrlarga (bosim, nur oqimi va tezlashtiruvchi kuchlanish) qarab azot atom ionlarining signal intensivligining molekulyarlarga nisbati ko‘rsatilgan.

3-rasmda bosimning oshishi bilan nur plazmasidagi azot atom ionlari ulushining deyarli chiziqli o‘shishi ko‘rsatilgan. 30 dan 100 mA gacha bo‘lgan nur oqimining oshishi ham azot atom ionlarining deyarli ikki baravar ko‘payishiga olib keladi. Tezlashtiruvchi kuchlanish kuchayishi bilan 500 - 1000 V tezlashtiruvchi kuchlanish hududida azot atom ionlari sonining keskin kamayishi kuzatiladi.

Tezlashtiruvchi kuchlanishning yanada oshishi va shuning uchun nurlanish energiyasi azot yoki molekulyar atom ionlarining fraktsiyasiga deyarli ta’sir qilmaydi. Kuzatilgan tendentsiyalarni plazmadagi atom va molekulyar azot ionlarining tezlashtirilgan elektron nurlari bilan hosil bo‘lishiga olib keladigan eng faol reaksiyalarning kesmalaridir.

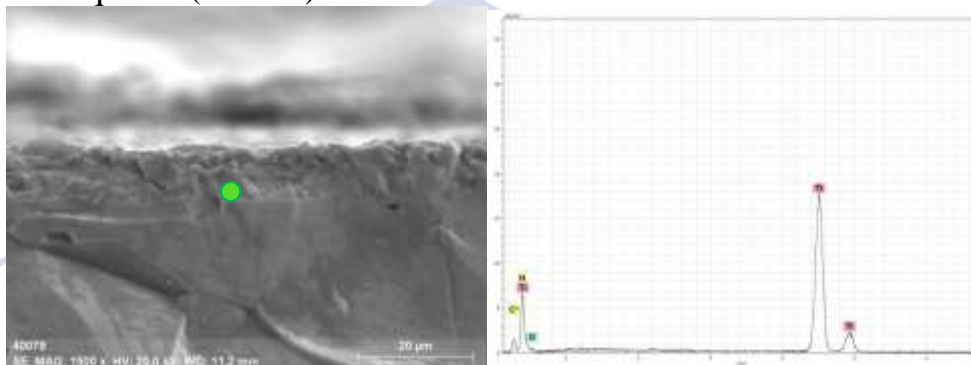


3-rasm – Atom va molekulyar azot ionlari nisbatining tajriba parametrlariga bog‘liqligi

Gaz bosimi ortishi bilan N^+/N_2^+ nisbatining o‘shishi, doimiy oqim va nurlanish energiyasida, katta ehtimollik bilan bosimning oshishi bilan gaz molekulalarida elektronlarning noelastik sochilishi jarayonlarining kuchayishi bilan bog‘liq. Bu nurlanish elektronlarining o‘rtacha energiyasining pasayishiga olib keladi, bu esa yana gaz dissotsiatsiyasining kuchayishiga va atom ionlari nisbatining

oshishiga olib keladi. Shunday qilib, forevakuumda elektron nur bilan azot atomini hosil qilish samaradorligi nuqtai nazaridan, eng jozibadori yuqori gaz bosimida (7-10 Pa) past nurlu energiya (500-1000 eV) rejimidir.

Biroq, azotlash uchun etarli haroratni ta'minlash uchun ushbu tajribada tezlashiruvchi kuchlanish 6 kV ga oshirildi va namuna harorati 900 °C ga etdi. Azotlangan qatlamning elementar tarkibi skanerlovchi elektron spektrometriya yordamida aniqlandi (4-rasm).

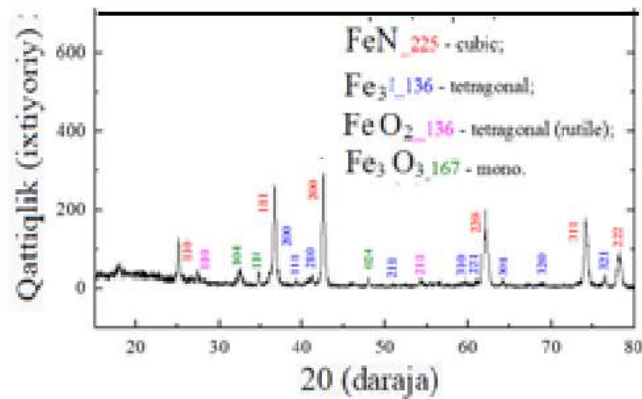


4-rasm - Auger spektroskopiyasi natijalari.

Asosiy elementlar po'lat va azotdir, lekin kislorod va oz miqdordagi uglerod ham mavjud, ammo oxirgi ikki elementning konsentratsiyasining yig'indisi 6,2 wt. dan oshmaydi. Azotlangan qatlamdagi oz miqdordagi kislorod va uglerod miqdori ularning po'latning sirtiga yaqin qatlamidagi tarkibi bilan bog'liq, bunday miqdorda azot qatlamlarining buzilishiga olib kelmaydi. Azotlash jarayonining davomiyligi 75 minut bo'lganda azotlangan qatlamning qalinligi taxminan 8 mkm ni tashkil etdi.

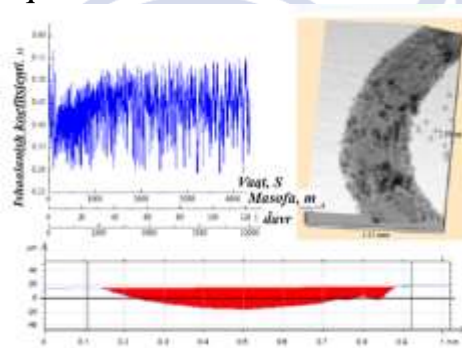
Azotlangan qatlamda karbid fazalarining mavjudligi rentgen nurlari difraksiyon tahlilida kuzatilmadi (5-rasm). Shu bilan birga, Fe_3O_4 ga mos keladigan oksid fazasining kichik miqdori aniqlandi (5-rasm va 3-jadval). Oksid fazalarining kichik foizidan kelib chiqadiki, oksid qatlami kichik qalinlikka ega va o'rganilayotgan namuna hajmining ahamiyatsiz hajmli qismini egallaydi va uning asl yuzada mavjudligi bilan bog'liq. X-nurlarining diffraksiya tahlili ma'lumotlari skanerlash elektron mikroskopining ma'lumotlarini to'liq tasdiqlaydi.

5-rasmga ko'ra, modifikatsiyalangan qatlam Fe_3C panjarasi bilan xos bo'lgan kristallografik yo'nalishlar (111), (200), (220) bo'ylab ustun yo'nalishga ega bo'lgan polikristalli tuzilishga ega.

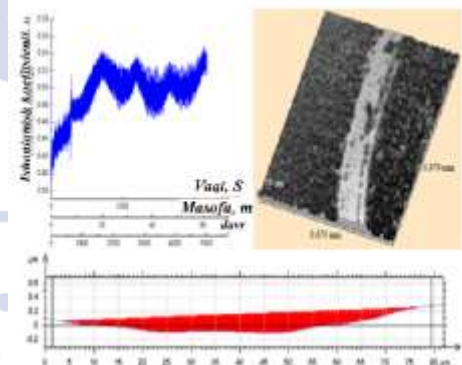


5-rasm - rentgen nurlari diffraksiyasi tahlilining natijalari.

Tribologik tadqiqotlar natijalari (6 va 7-rasmlar) o'zgartirilgan po'latning azotli qatlami va asl namunaning yuzasi ishqalanish ko'effitsientiga ega ekanligini ko'rsatdi, uning o'rtacha qiymati po'lat uchun $\mu = 0,436$ (6-rasm) va $\mu = 0,495$ (6-rasm). 7-rasm) azotlangan qatlam uchun.



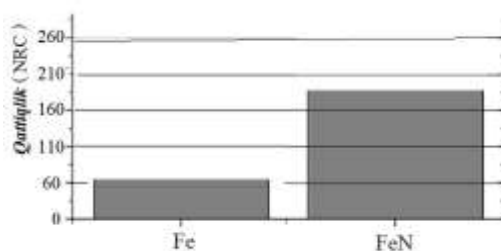
6-rasm – po'lat yuzasining tribologik tadqiqotlari



7-rasm - Azotlangan qatlam yuzasining tribologik tadqiqotlari.

Oxirgi qiymat an'anaviy shakllangan po'lat qatlamlari uchun xosdir. Ushbu ko'rsatkichlar o'rta vakuumli muhitda elektron nurlar yordamida azotlangan po'latning xizmat qilish muddatini ko'paytirishni imkonini beradi. Shunisi e'tiborga loyiqlik, azotlangan qatlamning qattiqligi dastlabki sirtga nisbatan deyarli 3 barobar oshdi (8-rasm).





8-rasm - Dastlabki va azotlangan namunaning qattqligi.

Hulosa

Forevakuum elektron manbasidan elektron nur bilan bevosita nurlanish bilan elektron nur plazmasida po‘latni azotlash imkoniyati mavjudligi ko‘rsatildi. Azotlangan qatlam namunasining nur spektrlari uning tarkibida po‘lat va azotning asosiy miqdori, uglerod va kislorodning kichik izlari borligini ko‘rsatadi. X-nurlari diffraksiya tahlili azotlangan qatlamning polikristal strukturasi ko‘rsatdi.

Sirt qatlamlarining qattqligi va tribologik xususiyatlarini o‘rganish shuni ko‘rsatdiki, po‘latga nisbatan past ishqalanish koeffitsienti va azotlangan qatlamning qarshiligi va qattqligining bir necha marta ortishi. Olingan natijalar mahsulotlarni nur-plazma asosida azotlash uchun forevakuum manbalaridan foydalanish afzalligini ko‘rsatadi.

Adabiyotlar:

1. H Nii and A Nishimoto. Surface modification of ferritic stainless steel by active screen plasma azoting // Journal of Physics: Conference Series 379 (2012) 012052.

2. Akio Nishimoto, Kimiaki Nagatsuka, Ryota Narita, Hiroaki Nii, Katsuya Akamatsu. Effect of the distance between screen and sample on active screen plasma azoting properties // Surface & Coatings Technology 205 (2010) S365–S368.

3. L. N. Tang, M. F. Yan Influence of Plasma Azoting on the Microstructure, Wear, and Corrosion Properties of Quenched 30CrMnSiA Steel Journal of Materials Engineering and Performance July 2013, Volume 22, Issue 7, pp 2121–2129.

4. D. Leonhardt, S.G. Walton, D.D. Blackwell, R.F. Fernsler, R.A. Meger Low-temperature azoting of stainless steel in an electron beam generated plasma // Surface & Coatings Technology 191 (2005) 255– 262.

5. N.M. Safarov, (phd) A.T. Majidov, I.M. Mirsultanov Calculation of change of stock moisture content of the drying agent in the process of drying raw cotton in solar drying equipment. Participated in the III International Scientific Conference on Metrological Support of innovative Tehnologies (ICMSIT-III-2022) on March 3-6, / St. Petersburg-Krasnoyarsk. Russia.

6. Akbar Abrorov, Nazirjon Safarov, Fazliddin Kurbonov, Matluba Kuvoncheva, Khasan Saidov Mathematical model of hardening the disk-shaped saw

teeth with laser beams. Participated in the II International Scientific Conference on “ASEDU-II 2021: Advances in Science, Engineering Digital Education” on Oktober 28. 2022 / Krasnoyarsk. Russia.

7. Nazirjon Safarov, Ilkhomjon Mirsultonov Development Of Mathematical Model Of Drying The Raw Cotton During Transportation In Pipeline By Hot Air Flow. Participated in the II International Scientific Conference on “ASEDU-II 2021: Advances in Science, Engineering Digital Education” on Oktober 28. 2022 / Krasnoyarsk. Russia.

8. Nazirjon Safarov, Iroda Mukhammadjanova, Mukhammadali Kabulov Mathematical model of the process of vertical drying of raw cotton in the hot airflow. Participated in the II International Scientific Conference on “ASEDU-II 2021: Advances in Science, Engineering Digital Education” Krasnoyarsk. Russia.

9. Nazirjon Safarov, Akbar Abrorov, and Laziz Abdullaev AAPM-2023 “Dynamik analysis of physical and mechanical forces of acting on the needle of a shoe sewing mashine in the process of sewing leather” Journal of Phvsics: Conference Series. 2573 012036



Research Science and
Innovation House