

**110G13L MARKALI PO‘LAT KIMYOVIY TARKIBINI O‘RGANISH VA
UNING O‘RNINI BOSUVCHI QOTISHMA TARKIBINI ISHLAB CHIQISH**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СТАЛИ МАРКИ
110Г13Л И РАЗРАБОТКА СОСТАВА ЗАМЕНЯЕМОГО СПЛАВА**

**RESEARCH OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF 110G13L STEEL
AND DEVELOPMENT OF THE REPLACEMENT ALLOY COMPOSITION**

t.f.d., professor. Turaxodjayev Nodir Djaxongirovich

Toshkent davlat texnika universiteti

E-mail: nod18tur@gmail.com

Stajyor-o‘qituvchi. Jo‘raboyev Davronbek Odiljon o‘g‘li

Andijon davlat texnika instituti

E-mail: davronbekjuraboyev1998@gmail.com

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada zamonaviy po‘latlarning tuzilishi va xossalari o‘rganish, ayniqsa, kon uskunalari uchun quyma detallar ishlab chiqarishda, yuqori marganesli austenitli po‘latlar 110G13L (Gadfild po‘latlari)ni xususiyatlari haqida so‘z boradi.

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматриваются свойства высокомарганцево-аустенитных сталей 110Г13Л (стали Гэдфилда) при изучении структуры и свойств современных сталей, особенно при изготовлении литых деталей для горнодобывающего оборудования.

ANNOTATION

This article discusses the properties of high-manganese austenitic steels 110G13L (Hadfield steels) when studying the structure and properties of modern steels, especially when manufacturing cast parts for mining equipment.

Kalit soʻzlar: *Induksion pech, qotishma, kristallanish, qattiqlik, eritish, 110G13L markalipoʻlat, kimyoviy tarkib, modifikator, mikrostruktura, ferroxrom.*

Ключевые слова: *Индукционная печь, сплав, кристаллизация, твердость, плавление, марка стали 110Г13Л, химический состав, модификатор, микроструктура, феррохром.*

Keywords: *Induction furnace, alloy, crystallization, hardness, melting, steel grade 110G13L, chemical composition, modifier, microstructure, ferrochrome.*

Ushbu poʻlat — temir, 1–1,4% uglerod va 10–14% marganesdan tashkil topgan nomagnit qotishma boʻlib, ishqalanishga yuqori darajada chidamlilikka ega. Birinchi marta 1,2% uglerod va 12% marganes tarkibli austenitik marganes poʻlati 1882-yilda Robert Gadfield tomonidan ishlab chiqilgan. Ushbu yuqori mustahkamlikka, yaxshi elastiklikka va aʻlo ishqalanish qarshiligiga ega poʻlat sement, konchilik, yoʻl qurilishi va temiryoʻl sanoatlarida keng qoʻllaniladi [1–3]. Ushbu poʻlat turi Gadfield poʻlati deb atalgan boʻlib, uning nomi ixtirochisi sharafiga qoʻyilgan.

Hozirda ushbu poʻlatni almashtira oladigan ilgʻor materiallar mavjud boʻlsa-da, marganesli austenitik poʻlatlar oʻziga xos zarba bardoshlilik, egiluvchanlik, qattiqlik va ishqalanishga chidamlilik kombinatsiyasi tufayli oʻzining muhim oʻrnini saqlab qolgan. Yuqori zarba bardoshliliigi, yaxshi ishqalanishga chidamliligi va ish qattiqlashuv (work hardening) koeffitsientining yuqoriligi sababli bu poʻlatlar muhandislik materiallari sifatida juda foydali hisoblanadi.

Gadfield poʻlatlari hozirgacha, tarkibida yoki issiqlik bilan ishlov berish texnologiyasida biroz oʻzgarishlar kiritilgan holda, konchilik, neft burgʻulash, metallurgiya, temiryoʻl, yogʻochni qayta ishlash va sement sanoatida keng qoʻllaniladi. Bundan tashqari, bu poʻlatlar minerallarni qayta ishlash uskunalarida, masalan, ** jagʻli maydalagichlar, tegirmonlar, mexanik kovlagichlar va toshlarni tashuvchi nasoslarda** ishlatiladi [5–8]. Shuningdek, ular avtomobilsozlik, chiqindilarni qayta ishlash va harbiy sanoat sohalarida ham qoʻllaniladi.

Gadfild po‘latining sement va kon sanoatida afzal tanlanish sababi faqat uning ishqalanishga chidamliligi emas. Boshqa ko‘plab quyma po‘lat turlari ham mustahkamlik va ishqalanishga qarshilik bo‘yicha o‘xshash yoki undan yuqori natijalarni ko‘rsatadi. Ammo Gadfild po‘lati qattiq holatda ishqalanish sharoitida (solid-state abrasion) ish qattiqlashuv xususiyati tufayli bir vaqtning o‘zida ham mustahkam, ham egiluvchan bo‘lib qoladi [9–11]. Shu sababli u amaliy jihatdan samarali va iqtisodiy jihatdan maqbul material hisoblanadi.

So‘nggi yillarda tadqiqotchilar bu po‘latning xossalarini yaxshilash uchun ko‘plab urinishlar qilganlar, biroq ularning faqat oz qismi muvaffaqiyatli bo‘lgan. Tadqiqotlarda po‘latning mexanik xossalarini yaxshilash maqsadida uglerod va marganes miqdorini o‘zgartirish hamda xrom, alyuminiy, vanadiy, titan va boshqa qotishma elementlarini qo‘shish yo‘llari sinovdan o‘tkazilgan. Bunda uglerod va marganes miqdorining o‘zgarishi po‘latning mexanik xossalariga katta ta‘sir ko‘rsatishi aniqlangan [12–14].

Shu sababli ishonch bilan aytish mumkinki, xomashyo turi yoki ishlab chiqarish jarayoni sharoitidagi har qanday o‘zgarish mikrostruktura [15–17], faza muvozanati [18,19], mexanik xossalari [20–22], ishqalanish xatti-harakati [23–25], korroziyaga bardoshlilik [26–31] va, umuman olganda, metallurgik xossalarga [32–36] sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi.

Gadfild marganesli austenitik po‘latning sanoatda qo‘llanilishdagi ahamiyati va uning strategik rolini hisobga olib, ushbu ishda quyish, issiqlik bilan ishlov berish, payvandlash jarayonlari hamda metallurgik xossalari (mikrostruktura va faza muvozanati) o‘rganilgan.

Robert Gadfild o‘z tajribalarida austenitik po‘latlarning ba‘zi turlari ishqalanishga yuqori chidamlilik bilan birga a‘lo zarba bardoshlilikka ega bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatdi. Gadfilddan so‘ng Vladimir Lipsin marganesning ushbu po‘latlarga ta‘sirini chuqur o‘rgandi. Birinchi marganesli po‘lat quyish zavodi 1892-yilda AQShda ish boshlagan. Ushbu po‘lat turi, Gadfild po‘lati yoki marganesli austenitik po‘lat nomi

bilan mashhur bo'lib, XX asr boshlarida ishqalanishga chidamliligi, yaxshi quyilish xususiyati va yuqori ish qattiqlashish qobiliyati sababli keng rivoj topdi.

Quyish

Gadfield marganesli austenitik po'latni eritish uchun induksiya pechi eng mos hisoblanadi. Marganes va alyuminiyli o'tga chidamli materiallardan foydalanish marganes va uning oksidining silika qumidagi kremniy bilan kuchli reaksiyaga kirishishini oldini olish uchun muhimdir.

Gadfield marganesli austenitik po'latni eritishda temir chiqindilari, ferroqotishmalar (masalan, ferromarganes) va uglerod eritma tarkibiga qo'shiladigan asosiy komponentlar sifatida ishlatiladi. Ushbu po'latning erish harorati juda muhim parametr hisoblanadi [37, 38]. Gadfield po'latining oqimlilik (suyuqlik) xususiyati oddiy uglerodli po'latnikidan yuqoridir.

Induksiya pechida eritilgan Gadfield po'latining deoksidlanishi (ya'ni kislorodni yo'qotish jarayoni) eng muhim bosqichlardan biridir. Agar faqat chiqindi temirdan foydalanilsa, po'latdagi azot miqdori elektr yoy pechida ishlab chiqarilgan po'latnikidan yuqori bo'ladi. Shu bilan birga, alyuminiy bilan deoksidlanish amalga oshirilsa, alyuminiy nitridi (AlN) hosil bo'lishi sababli don chegaralari bo'ylab yoriqlar paydo bo'lish xavfi mavjud. Shu sababli, deoksidlanishda alyuminiy miqdorini kamaytirish va uning o'rniga kremniy (Si), kalsiy (Ca) yoki tsirkoniy (Zr) kabi elementlardan foydalanish tavsiya etiladi [38–40].

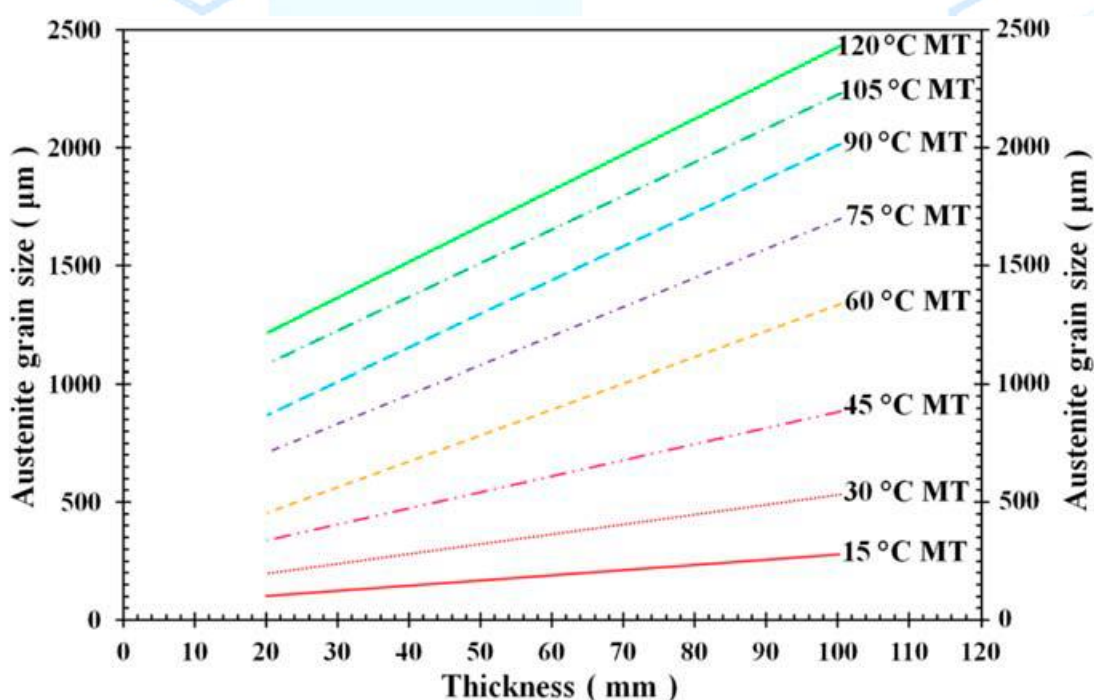
Gadfield po'latini ishlab chiqarish jarayonida eritish usuli zaryad (charge) tarkibiga qarab quyidagi ikki asosiy usuldan biri orqali amalga oshiriladi:

- a) Oksidlanish–qaytarilish (oxidation–reduction) usuli bilan eritish;
- b) Qaytaruvchi (reduction) usul bilan eritish.

Hozirgi vaqtda turli korxonalar o'z texnologik imkoniyatlariga qarab bu usullarning turlicha kombinatsiyalarini qo'llaydilar. Har bir ishlab chiqaruvchi o'zining tajribasi va dizayn talablari asosida eng maqbul eritish usulini tanlaydi. Biroq, har qanday holatda ham eng muhim masala — marganesning oksidlanishining oldini olish, ya'ni reduksiya shlakini hosil qilish orqali marganesni yo'qotmaslikdir [39–41].

Tajriba natijalari shuni ko'rsatadiki, agar shlakdagi marganes oksidi miqdori eritmadagi marganes miqdoridan (10–14%) oshib ketsa, unda marganes oksidi eritmaga o'tadi va uni keyinchalik ajratib olish yoki qaytarish (reduksiya qilish) juda qiyin bo'ladi.

Quyma sifatini belgilovchi eng muhim omillardan biri — eritish haroratidir. Eritish harorati quyilayotgan detalning shakli va qalinligiga qarab tanlanadi. Masalan, ingichka devorli qismlarni quyishda yuqori harorat talab etiladi, bu quyma nuqsonlarini kamaytiradi. Aksincha, qalin devorli va yirik shaklli qismlar odatda 1440–1500 °C atrofida eritiladi [39, 42].



1-rasm. Har xil qalinlikdagi Gadfild po'lat qismlarida eritish harorati (MT) ning austenit donlari o'lchamiga ta'sirining sxematik tasviri.

Eritish harorati don (grain) kattaligiga va shu orqali zarba bardoshliligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Gadfild po'latining yakuniy mikrostrukturasi va mexanik xossalarini shakllantirishda eritish harorati juda muhim rol o'ynaydi. Pastroq eritish haroratida, ya'ni qotish nuqtasiga yaqin haroratlarda, qolip sirtida ko'plab kristallizatsiya markazlari hosil bo'ladi, natijada donlarning o'sish vaqti qisqaradi.

Agar eritish harorati oshirilsa, qotish vaqti uzayadi, ustunsimon donlar (columnar grains) ko'payadi, lekin bu holatda g'ovaklik (poroznost) ham ortadi. Aksincha, past eritish harorati koaksial (bir markazli) donlarning o'sishini rag'batlantiradi [43–45].

Tajribalarga ko'ra, eritish harorati oshganda ikkinchi faza miqdori ortadi va strukturada ajralish (segregatsiya) yuz beradi, bu esa egiluvchanlikni kamaytiradi hamda eskirishga chidamlilikni pasaytiradi [40, 44, 46].

Gadfiled po'latini quyish jarayonida silika, olivin va xromit qumlari qolip materiali sifatida ishlatiladi. Ko'pgina tadqiqotlarda olivin va xromit qumlari Gadfiled po'lati uchun eng mos qolip materiallari sifatida ko'rsatilgan. Olivin qumi yengil va nozik qismlar uchun, xromit qumi esa og'ir va qalin devorli qismlar uchun eng ma'qul hisoblanadi.

Agar Gadfiled po'lati silika qumli qolipda quyilsa, SiO_2 va MnO_2 o'zaro reaksiyaga kirishib, qolip yuzasida erimaydigan qatlam hosil qiladi, bu esa qum tutuni (sand smoke) muammosini keltirib chiqaradi. Shuningdek, silika qumining past issiqlik o'tkazuvchanligi sababli, austenit donlari kichiklashadi, biroq don chegaralarida zararli karbidlar hosil bo'lishi ortadi, natijada quymaning mexanik xossalari keskin yomonlashadi [47, 48].

Foydalanilgan adabiyotlar.

- [1] Chen C. va boshq. (2018). Gadfiled po'latining yeyilishga chidamliligi va unga mos ish qattiqlashish xususiyatlari. *Tribology International*, 121, 389–399.
- [2] Lindroos M. va boshq. (2018). Gadfiled po'latlarida deformatsion egizaklanish va qattiqlashishni kristall plastiklik modeli orqali tahlil qilish va tavsiflash. *Materials Science and Engineering: A*, 720, 145–159.
- [3] Lychagin D. V. va boshq. (2018). Slip va egizaklanish orqali deformatsiyaga yo'naltirilgan Gadfiled po'lati monokristallining quruq sirpanishdagi deformatsiyasi, yeyilish va akustik emissiyasi tavsifi. *Tribology International*, 119, 1–18.
- [4] Lychagin D. V. va boshq. (2017). Ko'p yo'nalishli slip deformatsiyasiga yo'naltirilgan Gadfiled po'lati monokristallining ishqalanish natijasida hosil bo'lgan slip-zona relyefi. *Wear*, 374–375, 5–14.

- [5] Ma L. va boshq. (2017). Niobiy karbid zarralari bilan mustahkamlangan Gadfild po‘latiga asoslanib metall matritsali kompozitlarning umumiy qattiqligini hisoblash usuli. *Mechanics of Materials*, 112, 154–162.
- [6] Gnyusov S. F. va boshq. (2017). Nanosekundli yuqori kuchlanishli elektron nur bilan nurlantirilgan 304L va Gadfild po‘latlarining zarba-to‘lqinli qattiqlashuvi va substrukturaviy evolyutsiyasining solishtirma tahlili. *Journal of Alloys and Compounds*, 714, 232–244.
- [7] Lencina R. va boshq. (2015). Konchilik sanoatida ikki turdagi yuqori uglerodli Gadfild po‘latlarining yeyilish samaradorligini dala sinovlari orqali baholash. *Procedia Materials Science*, 9, 358–366.
- [8] Harzallah R. va boshq. (2010). Gadfild po‘latining rulonli kontakt charchoqlanishi (X120Mn12 markali po‘lat misolida). *Wear*, 269, 647–654.
- [9] Machado P. C. va boshq. (2017). Gadfild po‘latining xizmat davomida ish qattiqlashuvi va kristallografik yo‘nalishining mikro-sirpanish yeyilishiga ta’siri. *Wear*, 376–377, 1064–1073.
- [10] Astafurova E. G. va boshq. (2017). Gadfild po‘lat monokristallarida vodorod ta’sirida stress relaksatsiyasi va deformatsion qarishning yo‘nalishga bog‘liqligi. *Scripta Materialia*, 136, 101–105.
- [11] Zhang G. S., Xing J. D., Gao Y. M. (2006). WC/Gadfild po‘lat kompozitining zarba yeyilishiga chidamliligi va interfeys xususiyatlari. *Wear*, 260, 728–734.
- [12] Sabzi M., Obeydavi A., Mousavi Anijdan S. H. (2018). Gadfild po‘latining payvand choklari geometrik shaklining mikrostrukturaviy evolyutsiya, sinish qattiqligi va korroziyaga ta’siri. *Journal of Mechanics of Advanced Materials and Structures*, 26, 1053–1063.
- [13] Zuidema B. K., Subramanyam D. K., Leslie W. C. (1987). Gadfild marganetsli po‘latining ish qattiqlashuvi va yeyilishga chidamliligiga alyuminiy ta’siri. *Metallurgical Transactions A*, 18A, 1629–1639.

- [14] Qian L., Feng X., Zhang F. (2011). Gadfield yuqori marganetsli po‘latning deformatsiyalangan mikrostrukturasi va qattiqligi. *Materials Transactions*, 52, 1623–1628.
- [15] Tamilarasan T. R., Rajendran R., Rajagopal G., Sudagar J. (2015). Ni–P–nano-TiO₂ qoplamalarining qoplama xossalari va korroziyaga qarshi xatti-harakatlariga sirt faol moddalar ta’siri. *Surface and Coatings Technology*, 276, 320–326.
- [16] Sabzi M., Dezfuli S. M. (2019). Aluminizatsiya jarayoni yordamida mis asosidagi geterotuzilmali qoplamalarda Al₂O₃ keramika qatlamining elektrokimyoviy va korroziya xatti-harakatlarini o‘rganish. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, 16, 195–210.
- [17] Shahriari A., Aghajani H. (2016). AZ91D qotishmasida Al va Ni–P oraliq qatlamlar orqali 3YSZ qoplamaning elektroforetik yotqizilishi. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 25, 4369–4382.
- [18] Meng Y. va boshq. (2018). Yagona o‘tishda lazer-yoy gibrid payvandlangan zanglamas po‘lat qoplama plastinkasining mikrostrukturasi va xossalari. *Journal of Manufacturing Processes*, 36, 293–300.
- [19] Meng Y. va boshq. (2018). Tor bo‘shliqli lazer-yoy gibrid payvandlashda ariqcha (groove) parametrlarining fazoviy cheklovlarga ta’siri. *Journal of Manufacturing Processes*, 33, 144–149.
- [20] Sabzi M., Mousavi Anijdan S. H., Asadian M. (2018). Issiq filamentli kimyoviy bug‘ cho‘ktirish (HFCVD) jarayonida substrat haroratining volfram karbid qoplamaning mikrostrukturaviy evolyutsiyasi va qattiqlashish qobiliyatiga ta’siri. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, 15, 1350–1357.
- [21] Sabzi M., Anijdan S. H. M., Ghobeiti-Hasab M., Fatemi-Mehr M. (2018). Nano-o‘lchamli WC keramikalarining sinterlash o‘zgaruvchilarini optimallashtirish, mikrostrukturaviy evolyutsiyasi va fizik xossalarini yaxshilash. *Journal of Alloys and Compounds*, 766, 672–677.
- [22] Anijdan S. H. M., Sabzi M., Ghobeiti-Hasab M., Roshan-Ghiyas A. (2018). DP600 ikki fazali po‘lat va AISI 304 zanglamas po‘lat orasidagi nomutanosib nuqtali

payvandlash jarayonini optimallashtirish orqali maksimal kesma-choʻzilish mustahkamligiga erishish. *Materials Science and Engineering: A*, 726, 120–125.

[23] Mousavi Anijdan S. H., Sabzi M., Roghani Zadeh M., Farzam M. (2018). Ni–P–Cu nano-kompozit qoplamalarning yeyilish/korroziyaga javobini pH, aylanish tezligi va mis zarrachalari miqdorining taʼsiri bilan oʻrganish. *Tribology International*, 127, 108–121.

[24] Tamilarasan T. R., Sanjith U., Rajendran R., Rajagopal G., Sudagar J. (2018). Elektroless Ni–P qoplamalarning yeyilish xususiyatlariga kamaytirilgan grafen oksidi (rGO) mustahkamlashining taʼsiri. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 27, 3044–3053.

[25] Tamilarasan T. R., Sanjith U., Shankar M. S., Rajagopal G. (2017). Kamaytirilgan grafen oksidining (rGO) Ni–P qoplamalarning korroziya va eroziya-korroziya xatti-harakatlariga taʼsiri. *Wear*, 390, 385–391.

[26] Sabzi M., Mersagh Dezfuli S., Mirsaeedghazi S. M. (2018). Impulsi teskari elektrokaplama vannasi haroratining Ni–Co/volfram karbidli nanokompozit qoplamaning yeyilish/korroziyaga chidamliligiga taʼsiri. *Ceramics International*, 44, 19492–19504.

[27] Mersagh Dezfuli S., Sabzi M. (2018). ZrO₂ asosidagi keramika qoplamalarda CeO₂ va benzotriazol moddalari ishtirokida oʻzini tiklash (self-healing) mexanizmining faollashuvi ustida tadqiqot. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, 15, 1248–1260.

[28] Mousavi Anijdan S. H., Sabzi M., Asadian M., Jafarian H. R. (2019). HFCVD jarayonida ost-qavat haroratining volfram karbid qoplamaning morfologiyasi va korroziyaga chidamliligiga taʼsiri. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, 16, 243–253.

[29] Sabzi M., Mousavi Anijdan S. H., Roghani Zadeh M., Farzam M. (2018). Issiqlik ishlovi taʼsirida Ni–P–3 g/l Cu nano-kompozit qoplamaning korroziyaga nisbatan xatti-harakatlari. *Canadian Metallurgical Quarterly*, 57, 1–9.

- [30] Sabzi M., Moeini Far S., Mersagh Dezfuli S. (2018). NiTi shakl xotirali qotishmasi ustiga cho'ktirilgan gidroksiapatit–ZnO nanostrukturalangan qoplamaning biofaolliigi va korroziya xatti-harakatlarini tavsiflash. *Ceramics International*, 44, 21395–21405.
- [31] Mersagh Dezfuli S., Sabzi M. (2018). Alumina asosidagi nanostrukturalangan qoplamlarning yeyilish/korroziyaga chidamliligiga ittriya va benzotriazol dopingi ta'siri. *Ceramics International*, 44, 20245–20258.
- [32] Shahriari A., Aghajani H. (2017). Al alyuminiy oraliq qatlam yordamida AZ91D qotishmasida 3YSZ qoplamaning elektroforetik yotqizilishi. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*, 53, 518–526.
- [33] Sabzi M., Mousavi Anijdan S. H., Roghani Zadeh M., Farzam M. (2018). Issiqlik ishlovi ta'sirida Ni–P–3 g/l Cu nano-kompozit qoplamaning korroziya xatti-harakatlari. *Canadian Metallurgical Quarterly*, 57, 350–357.
- [34] Anijdan S. H. M., Sabzi M., Zadeh M. R., Farzam M. (2018). Elektroless vannasi parametrlarining va issiqlik ishlovining Ni–P hamda Ni–P–Cu kompozit qoplamlarining xossalriga ta'siri. *Materials Research*, 21, 1–9.
- [35] Sabzi M., Anijdan S. H. M. (2019). Quyosh panellari uchun mo'ljallangan sol-gel NiO–TiO₂ geterotuzilmali plyonkalarining mikrostrukturaviy tahlili va optik xossalari baholash. *Ceramics International*, 45, 3250–3255.
- [36] Anijdan S. H. M., Sabzi M. (2018). Termomexanik boshqariladigan qayta ishlov yordamida yuqori nikel tarkibli HSLA X100 po'lat quyma plastinkasining mikrostrukturasi evolyutsiyasi. *TMS Annual Meeting & Exhibition*, 145–156.
- [37] Sabzi M., Far S. M., Dezfuli S. M. (2018). Eritish haroratining Gadfield austenitik marganetsli po'latining mikrostrukturaviy o'zgarishlari, xatti-harakatlari va korroziya morfologiyasiga ta'siri. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, 25, 1431–1438.
- [38] Anijdan S. H. M. va Sabzi M. (2018). Vorteksli quyish (vortex casting) jarayonida quyish harorati va sirt burchagining 7050Al–3 wt% SiC kompozitining

mikrostrukturaviy o'zgarishlari hamda mexanik xossalarga ta'siri. *Materials Science and Engineering: A*, 737, 230–235.

[39] López B. D. R. va boshq. (2018). O'rta darajadagi marganetsli po'latda molibden ishtirokidagi mikrostrukturaviy tahlil va tribologik xatti-harakat. *Metals*, 7(4), 5, 1–10.

[40] Gorlenko D., Vdovin K., va Feoktistov N. (2016). Gadfild po'latida quyma tuzilmasi va kuchlanish holatining shakllanish mexanizmlari. *China Foundry*, 13, 433–442.

[41] Dey S. va boshq. (2016). Informatikaga asoslangan yondashuv yordamida Gadfild po'latining don o'lchamini kamaytirish. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series D*, 97, 1–9.

[42] Niu L. va boshq. (2010). Gadfild po'lat matritsasi kompozitlarida yuqori xromli quyma temir panjaralarining mikrostrukturasi va mexanik xossalari. *Journal of Wuhan University of Technology – Materials Science Edition*, 25, 464–468.

[43] Astafev A. A. (1997). 110G13L marganetsli austenitik po'latning don o'lchamining xossalarga ta'siri. *Metal Science and Heat Treatment*, 39, 198–201.

[44] Liang G. F. va Song C. J. (2005). Qattiqlashgan holatdan so'ng Ca–Si bilan modifikatsiyalangan o'rta marganetsli austenitik po'latda evtektik parchalanish. *Materials Science*, 40, 2081–2084.

[45] Tęcza G. va Garbacz-Klempka A. (2016). Titan o'z ichiga olgan yuqori marganetsli quyma po'latning mikrostrukturasi. *Archives of Foundry Engineering*, 16, 163–168.

[46] Hameed A. H. va boshq. (2016). Yarim uzluksiz mis quyish jarayonida sovitish intensivligi va holatining qotish jarayoniga ta'siri. *Open Journal of Fluid Dynamics*, 6, 182–197.

[47] Ueda Y. va Tani K. (1987). Olivin yoki kremniy qumi qoliplari bilan yuqori xromli po'lat va austenitik zanglamas po'lat orasidagi interfeys reaksiyalari. *Transactions ISIJ*, 27, 205–210.

[48] Tani K., Ueda Y., va Mori S. (1987). Quyma po'lat va olivin hamda kremniy qumi orasidagi interfeys reaksiyalari. *Transactions ISIJ*, 27, 197–204