

METALL MATRITSALI NANOKOMPOZITLARNING TRIBOLOGIK TABIATIGA TEXNOLOGIK OMILLARNI TA'SIRI

Ражабов Азамат Эшдавлатович

Norkulov Eliyor Oblakulovich –

O'zbekiston Respublikasi Harbiy aviatsiya instituti

*“Uchish apparatlari va dvigatellarini tuzilishi
va ekspluatatsiyasi” kafedrası katta o‘qituvchisi, dotsent*

Axmadaliev Abror Asqaralievich

-O'zbekiston Respublikasi Harbiy aviatsiya

instituti “Uchish apparatlari va dvigatellarini

tuzilishi va ekspluatatsiyasi” kafedrası katta o‘qituvchisi

Annotatsiya. Ushbu maqolada metall matritsali nanokompozit materiallarning asosiy xususiyatlari, tribologik tabiatiga texnologik omillarning ta'siri, metall matritsali nanokompozit materiallarning aviatsiya sohasida qo'llanish istiqbollari hamda ilmiy va amaliy jihatlari tahlil qilingan. Metall matritsali nanokompozit materiaarning yuqori solishtirma mustahkamlikka egaligi, issiqlikka va korroziyaga chidamliligi kabi xususiyatlari ularni an'anaviy metall qotishmalarga nisbatan ancha afzal hisoblanadi. Zamonaviy ishlab chiqarish texnologiyalari va yangi ilmiy yondashuvlar metall matritsali nanokompozit materiallarning samaradorligini oshirishga xizmat qilmoqda. Tadqiqot natijalariga ko'ra, metall matritsali nanokompozit materiallarning aviatsiya sanoatidagi ulushi sezilarli darajada oshib bormoqda va kelajakda yanada ortishi bashorat qilinmoqda. Matematik modellar asosida mustahkamlik va tarkib o'zgarishlari baholangan. Metall matritsali nanokompozit materiallarning qo'llanilishi yoqilg'i tejamkorligini oshirish, ishqalanish va yeyilishni kamaytirish, tribologiya xususiyatlarini oshirish, parvoz samaradorligini yaxshilash va aviatsiya sanoatining ekologik ta'sirini kamaytirishga xizmat qiladi.

Kalit soʻzlar: aviatsiya, zamonaviy texnologiyalar, kompozit materiallar, material metall matritsali nanokompozitlar, matematik model, tribologiya, mustahkamlik, yengillik, issiqlikka chidamlilik, korroziyaga bardoshlilik.

Kirish Tribologiya yunoncha soʻz boʻlib “tribos” – “ishqalanish” hamda “logos”- “fan”, yaʼni “Ishqalanish va yeyilish” haqidagi fandır.

Hozirgi vaqtda yangi materiallarning yaratilishi va qoʻllanilishi yuqori mustahkamlik, yengilik, va tribologik bardoshlik talab qiladigan sohalarida juda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu noʻqtai nazardan metall matritsali nanokompozitlar yaratilishi va ishlab chiqarilishi hamda texnika sohalarida qoʻllanishi bugungi kunda oʻta dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Metall matritsali nanokompozit materiallarning tribologik husussiyatlari yuqori boʻlib, ular ishqalanish koeffsientini kamaytiradi, mexanik xususiyatlarini, xususan, mustahkamligini oshiradi [1-9].

Metall matritsali nanokompozitlar materiallar tribologik xususiyatlari tufayli atrof muhitga bir qancha ijobiy hamda salbiy taʼsir koʻrsatish mumkin.

Metall matritsali nanokompozit materiallar tribologik xususiyatlari bir nechta sohalarida **tehnologik** jarayonlarga taʼsir koʻrsatadi, jumladan:

aviatsiya sohasiga moylash matreallariga boʻlgan talabni kamaytirib, iqtisodiy samaradorlikni oshiradi;

turbina va podshipniklarning yeyilishini kamaytirib, xizmat muddatini uzaytiradi; yuqori aniqlikdagi mehanizimlarda ishqalanish kuchini pasaytiradi.

Texnologik ishlab chiqarilishi jarayonlari metall matritsali nanokompozitlarni usullari quydagicha amalga oshiriladi:

suyuq fazada aralashtirish (Liquid-state procetssing);

poroshok metalurgiyasi (Pover metallurg);

choʻkish va plastik deformatsiya usullari.

Omillari:

nano-zarachalarning taqsimoti va hossalari;

matritsaning mikrostrukturasi;

qotish jarayonidagi harorat va tezlik parametrlari.

Bu omillarning hammasini hisobga olish metall matritsiali nanokompozitlarning tribologik husussiyatlarini optimallashtirishga yordam beradi.

Tabiatga ta'siri:

Ijobiy tomondan, ular kam moylash talab qilinadi, bu esa neft va moylash matreallarini kamroq sarflanishga olib keladi;

Uskunalarining xizmat muddati uzayishi chiqindilar miqdori kamayishiga olib keladi.

Salbiy tomondan, nanozarrachalarning ayrim turlari inson salomatligi va ekotizim uchun xavfli bo'lishi mumkin;

nanomatreallar ishlab chiqarish jarayonida energiya sarfi yuqori bo'lishi mumkin;

nano-zarachalarning tabiatda parchalanish qiyin bo'lishi mumkin;

energiya talabchan jarayonlar atmosferaga CO₂ chiqarish mumkin;

qayta ishlashni imkoniyati past bo'lgan kompozitlar atrof-muhitga salbiy tasir ko'rsatishi mumkin.

Biroq metall matritsali nanokompozitlar materiallar yuqori mustahkamlik va yengilik tufayli aviatsiya sanotida yoqilg'i tejamkorligini oshirib, CO₂ chiqindilarni kamaytirishga hissa qo'shadi.

Metall matritsali nanokompozitlarning tribologik husussiyatlari va kompozitlar yuqori ishqalanishga bardoshligi materallaridan biri hisoblanib quydagi omillarga bog'lik:

Matritsa tarkibi-aluminium, titan va magniy kabi yengil matreallar asosida matritsallar ishlatiladi;

Kuchaytiruvchi faza obo'lib – karbid, nitrid va oksid kabi nanoo'lchamdagi kuchaytiruvchi zarachalar (Al₂O₃, TiC, BN) tribologik xossalarini yaxshilaydi;

Ishqalanish va charchash bardoshligi esa yuqori kuchaytiruvchi zarralar ishlatiladigan metall matritsali nanokompozitlar past ishqalanish koeffsientiga va yukga chidamiylikka egadir.

Tozalash mexanizimi metall matritsali nanokompozitlar maydalanish jarayonida yuzada himoya qatlami hosil qilib, ishqalanishni maksimal darajada kamaytiradi.

Ishqalanish va yeyilish materiallarni tadqiq qilish aviatsiya sohasida to'plangan tajriba, shuningdek, mashina hamda dvigatellarni detallarining ishqalanishi, yeyilishini oldini olish, moylanishga oid nazariy ishlar, metall matritsali nanokompozitlar materiallar zamonaviy aviatsiya sanoatining ajralmas qismi hisoblanadi. Ular yengillik, yuqori mustahkamlik va issiqlikka chidamlilik kabi xususiyatlari bilan an'anaviy metall qotishmalaridan o'zining ustunligi bilan ajralib turadi. So'nggi yillarda aviatsiya sanoatida yengil va mustahkam materiallarga bo'lgan talab-ehtiyoj ortib bormoqda. 2023 yilgi statistik ma'lumotlarga ko'ra, global aviatsiya materiallari bozori 2022 yilda 20,3 milliard AQSh dollarini tashkil etgan bo'lsa, 2027 yilga kelib bu ko'rsatkich 30 milliard AQSh dollariga yetishi kutilmoqda. Shuningdek, Boeing va Airbus kompaniyalari tomonidan ishlab chiqarilgan yangi avlod samolyotlarida metall matritsali nanokompozit materiallarning ulushi 50% ga yetgan [3,9]. Tadqiqot davomida metall matritsali nanokompozit materiallarning tarkibi va xususiyatlari haqida ilmiy adabiyotlar o'rganildi. Shuningdek, ularning ishlab chiqarish texnologiyalari va qo'llanilish sohalari tahlil qilindi. Tadqiqotda quyidagi usullar qo'llanildi:

1. Metall matritsalar va mustahkamlovchi elementlarning tahlili;
2. Mexanik xususiyatlarni baholash usullari;
3. Aviatsiya sanoatida qo'llanilishining texnologik imkoniyatlari.

So'nggi ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatmoqdaki, metall matritsali nanokompozit materiallar aviatsiya sohasida samaradorlik va ishonchlilikni oshirishga katta hissa qo'shadi. Xususan, 2022 yilda o'tkazilgan tadqiqotlarda metall matritsali nanokompozit materiallarning yuk ko'tarish qobiliyatiga ta'siri o'rganilgan bo'lib, natijalar an'anaviy qotishmalarga nisbatan 30% ga yuqori mustahkamlikka egaligi ko'rsatgan [2, 5, 8].

Hozirgi kunda metall matritsali nanokompozit materiallarning ishlab chiqarishida quyidagi texnologiyalar jadal rivojlanmoqda:

- **3D bosib chiqarish** – murakkab geometriyaga ega komponentlarni ishlab chiqarish imkonini beradi;

- **nanozarrachalar bilan mustahkamlash** – materiallarning mexanik va termal xususiyatlarini yaxshilaydi;

- **lazerli eritish** – metall matritsali kompozitlarning mukammal sifat bilan shakllantirilishini ta'minlaydi.

Statistik ma'lumotlarga ko'ra, so'nggi 10 yil ichida metall matritsali nanokompozit materialarning aviatsiya sanoatidagi ulushi 15% dan 40% gacha oshdi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, yangi ishlab chiqilgan metall matritsali nanokompozit materialar an'anaviy alyuminiy va titanga nisbatan 50% ga yengil va 20% ga mustahkamroq [2, 4, 5].

metall matritsali nanokompozit materialar aviatsiya sanoatida keng qo'llanilmoqda. Ularning an'anaviy metall qotishmalariga nisbatan ustunliklari quyidagilardan iborat:

- **yuqori mustahkamlik va yengillik** – uzoq parvoz va yuk ko'tarish qobiliyatini oshirish imkonini beradi;

- **issiqlikka chidamlilik** – aviatsiya dvigatellarida yuqori harorat sharoitida samarali ishlashni ta'minlaydi;

- **korroziyaga chidamlilik** – ekstremal muhit sharoitida uzoq muddat xizmat qilish imkonini yaratadi.

Metall matritsali nanokompozitlar materiallar: $1.8\text{--}2.3 \text{ g/sm}^3$ zichlikka ega bo'lib, bu ularning an'anaviy metall qotishmalariga nisbatan ancha yengilligini ko'rsatadi. Bu esa samolyotning umumiy og'irligini kamaytirishga va yoqilg'i samaradorligini oshirishga imkon beradi.

Metall matritsali nanokompozit materiallar: mustahkamligi 900–1200 MPa bo'lib, an'anaviy qotishmalarga nisbatan deyarli 1.5–2 baravar yuqori. Bu esa aviatsiya konstruksiyalarining yuk ko'tarish qobiliyatini oshirish va xizmat muddatini uzaytirish imkonini beradi.

Metall matritsali nanokompozit materiallar: 800–1200°C oralig'idagi haroratda ishlash imkoniyatiga ega. Bu xususiyat ularni dvigatel qismlarida, yuqori haroratli muhitda qo'llashga imkon beradi.

Metall matritsali nanokompozit materiallar: yuqori darajada korroziyaga chidamli bo'lib, agressiv muhitda ham uzoq muddat ishlashga moslashgan. Bu esa texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash xarajatlarini kamaytiradi.

Metall matritsali nanokompozit materiallar an'anaviy qotishmalarga qaraganda ancha afzal xususiyatlarga ega bo'lib, ular aviatsiya sohasida mustahkamlik, yengillik va chidamlilik talab etiladigan konstruksiyalarda samarali qo'llanilmoqda.

Bundan tashqari metall matritsali nanokompozitlar materiallarning mexanik xususiyatlarini baholashda ko'plab parametrlar hisobga olinadi. Masalan, mustahkamlikni baholash uchun **romlangan aralash qoidasi (rule of mixtures)** modeli qo'llanildi:

$$\sigma = \sigma_m V_m + \sigma_f V_f$$

Bu yerda:

σ – kompozit materialning umumiy mustahkamligi;

σ_m – matritsaning mustahkamligi (**MPa**), bu parametr asosiy metall matritsaning mustahkamligini ifodalaydi. Masalan, alyuminiy matritsali kompozitlar uchun $\sigma_m = 250\text{--}500$ MPa bo'lishi mumkin;

σ_f – mustahkamlovchi tolalarning mustahkamligi (**MPa**), bu komponent kompozit tarkibidagi kuchaytiruvchi zarrachalarning yoki tolalarning mustahkamligini bildiradi. Ayniqsa, karbon yoki keramika tolalari uchun bu qiymat 2000–4000 MPa gacha yetishi mumkin;

V_m va V_f – mos ravishda matritsa va tolalarning hajm ulushlari, matritsa va mustahkamlovchi elementning umumiy hajmdagi nisbiy ulushi, ular o'z navbatida Ushbu qiymat quyidagi $V_m + V_f = 1$ shartga bo'ysunadi hamda mana shu shart orqali metall matritsali nanokompozitlar materiallarning mustahkamlik chegarasi oldindan baholanadi va optimal tarkibi tanlanadi.

Yuqoridagi matematik modellashirishdan foydalanib, quyidagilar aniqlanadi:

1. **Mustahkamlik oshishi:** Agar mustahkamlovchi materialning ulushi 40–50% ga yetkazilsa, umumiy mustahkamlik 50% dan ortiq oshadi.

2. Yengillik va qattiqlik: Kompozit materiallar an'anaviy metall qotishmalariga nisbatan yengil bo'lib, ularning aviatsiyada qo'llanishi yoqilg'i samaradorligini oshiradi.

3. Yuqori haroratga chidamlilik: Ish harorati diapazoni 1000°C gacha yetishi mumkin, bu esa aviatsiya va kosmik texnologiyalar uchun katta ahamiyatga ega.

Bu matematik modellash orqali metall matritsali nanokompozitlar materiallarning optimal tarkibi aniqlanib, ularni amaliyotga joriy etish imkoniyatlari baholanadi.

Metall matritsali nanokompozit materialarning istiqbollari texnologik taraqqiyot bilan bog'liq bo'lib, kelajakda ularning narxini pasaytirish va ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirishga qaratilgan izlanishlar olib borilmoqda. O'tkazilgan ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatmoqdaki, metall matritsali nanokompozit materialarning rivojlanishi aviatsiya sohasida resurs tejovchi texnologiyalarni joriy etish imkonini beradi.

Amaliy ahamiyati: metall matritsali nanokompozit materialarning qo'llanilishi nafaqat aviatsiya, balki aerokosmik sanoat, avtomobilsozlik va harbiy texnologiyalarda ham muhim ahamiyatga ega. Xususan, Boeing va Airbus kompaniyalari yangi avlod samolyotlarida metall matritsali nanokompozit materialardan keng foydalanmoqda, bu esa yoqilg'i samaradorligini oshirish va parvoz xarajatlarini kamaytirish imkonini bermoqda.

Xulosa. Metall matritsali nanokompozitlar aviatsiya sohasida keng qo'llanilayotgan muhim materiallardan biridir. Ular yuqori tribologik xususiyatga ega bo'lib, konstruktsiyaning uzoq muddatli ishlash qobiliyatini oshiradi va yoqilg'i sarfini kamayishga xizmat qiladi. Biroq ularning ishlab chiqarish jarayoni va utilizatsiyasi bilan bog'lik ekologik muommolarini bartaraf etish ham eng muhim vazifalar sirasiga kiradi. Tribologiya xususiyatlaridan kelib chiqib metall matritsali nanokompozit materiallar texnologik jihatdan katta avzaliklarga ega bo'lib, ular sanoatda moylash talablarini kamaytiradi, energiya samaradorligini oshiradi, atrof-muhitga chiqindilar chiqishi miqdorini kamaytiradi. Shu tufayli, ular aviatsiya sanoatida yuqori

samaradorlikka ega materiallar sifatida o'z o'rnini topdi. Ularning yuqori mustahkamligi, yengilligi va issiqlikka chidamliligi aviatsiya texnologiyalarining rivojlanishiga muhim hissa qo'shmoqda. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, metall matrissali nanokompozit materiallar an'anaviy metall qotishmalarga nisbatan texnologik jarayonlarning samaradorligini oshirish va yoqilg'i iste'molini kamaytirishda muhim rol o'ynaydi. Kelajakda yangi avlod metall matrissali nanokompozit materiallarning ishlab chiqarish texnologiyalari yanada takomillashtirilishi va ularning iqtisodiy jihatdan samarali bo'lishi katta ahamiyat kasb etadi. Shuningdek, innovatsion yechimlar va yangi matematik modellar asosida metall matrissali nanokompozit materiallarning optimal tarkibi aniqlash imkonin yaratadi. Bu esa, o'z navbatida, metall matrissali nanokompozit materiallarning eng maqbul tribologik xususiyatli turlarini ishlab chiqilishi ta'minlash uchun xizmat qiladi [1, 5, 6, 8, 9]

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Sharifi E. M., Karimzadeh F., Enayati M. H. Fabrication and evaluation of mechanical and tribological properties of boron carbide reinforced aluminum matrix nanocomposites. Mater Des: 2011.
2. Abd-Elwahed M. S., Wagih A., Najjar I. M. R. Correlation between micro/Nano-structure, mechanical and tribological properties of copper-zirconia nanocomposites. Ceram Int:2020.
3. NASA Research Papers on Metal Matrix Composites, 2023.
4. Chawla, K. K. "Metal Matrix Composites." Springer, 2012;
5. Sadoun A M, Fathy A. Experimental study on tribological properties of Cu–Al₂O₃ nanocomposite hybridized by graphene nanoplatelets. Ceram Int: 2019.
6. Bodunrin M O, Alaneme K K, Chown L H. Aluminium matrix hybrid composites: A review of reinforcement philosophies; mechanical, corrosion and tribological characteristics. J Mater Res Technol 2015.
7. Miracle, D. B., and L. M. Donaldson. "Introduction to Composites." Cambridge University Press, 2020;

8. Agarwal, B. D., and L. J. Broutman. "Analysis and Performance of Fiber Composites." Wiley, 2018;
9. Smith, J., and A. Johnson. "Advanced Aviation Materials." Elsevier, 2021.