

F.F.Rustamova

E-mail: rfarangiz810@gmail.com

H.K.Qurbonnazarova

E-mail: qurbonnazarovahusniya@gmail.com

Ilmiy rahbar: J.M.Suyunov

Termiz davlat universiteti

Annotatsiya: Mazkur maqolada nanoqoplamalarning (nanocoatings) sintezi, ularning turlari, olish usullari hamda zamonaviy materialshunoslikdagi qo'llanilish sohalari tahlil qilingan. Nanoqoplamalar nanometr o'lchamdagi qatlamlardan tashkil topgan bo'lib, ular sirt xossalarini o'zgartirish, korroziyaga chidamlilikni oshirish, ishqalanishni kamaytirish hamda optik va elektr xususiyatlarni boshqarish uchun qo'llaniladi. Maqolada fizik va kimyoviy bug' cho'ktirish (PVD, CVD), sol-gel usuli, atom qatlamli cho'ktirish (ALD), elektrokimyoviy qoplash hamda püskürtme (spray coating) texnologiyalari yoritilgan. Shuningdek, nanoqoplamalarning sanoat, tibbiyot, elektronika va energiya tizimlaridagi qo'llanilishi ilmiy adabiyotlar asosida tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: nanoqoplamalar, nanocoatings, CVD, PVD, ALD, sol-gel, sirt muhandisligi, korroziya himoyasi, nanomateriallar.

Abstract: This article reviews the synthesis methods, types, and applications of nanocoatings in modern materials science. Nanocoatings are thin layers with nanometer-scale thickness that are used to modify surface properties such as corrosion resistance, friction reduction, optical behavior, and electrical conductivity. The paper discusses physical and chemical vapor deposition (PVD, CVD), sol-gel method, atomic layer deposition (ALD), electrochemical deposition, and spray coating techniques. Applications in industry, medicine, electronics, and energy systems are also analyzed based on scientific literature.

Keywords: nanocoatings, CVD, PVD, ALD, sol-gel, surface engineering, corrosion protection, nanomaterials.

Аннотация: В данной статье рассматриваются методы синтеза нанопокровов, их виды и области применения в современном материаловедении. Нанопокровы представляют собой тонкие слои нанометровой толщины, используемые для изменения свойств поверхности, повышения коррозионной стойкости, уменьшения трения, а также управления оптическими и электрическими характеристиками. Рассматриваются методы

физического и химического осаждения из газовой фазы (PVD, CVD), золь-гель метод, атомно-слоевое осаждение (ALD), электрохимическое нанесение и распылительное покрытие (spray coating). Также анализируются области применения нанопокровтий в промышленности, медицине, электронике и энергетике.

Ключевые слова: нанопокровтия, химическое осаждение из газовой фазы (CVD), физическое осаждение из газовой фазы (PVD), атомно-слоевое осаждение (ALD), золь-гель метод, инженерия поверхности, защита от коррозии, наноматериалы.

Kirish: So‘nggi yillarda nanomateriallar va sirt muhandisligi sohasida nanoqoplamalar (nanocoatings) alohida ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etmoqda. Nanoqoplamalar nanometr o‘lchamdagi yupqa qatlamlar bo‘lib, ular materiallarning sirt xossalarini tubdan o‘zgartirish imkonini beradi. Ayniqsa, korroziyaga chidamlilikni oshirish, ishqalanishni kamaytirish, kimyoviy barqarorlikni kuchaytirish hamda optik va elektr xususiyatlarni boshqarish kabi yo‘nalishlarda keng qo‘llaniladi. Nanoqoplamalarning rivojlanishi zamonaviy texnologiyalarning — aerokosmik sanoat, avtomobilsozlik, tibbiyot, elektronika va energiya tizimlarining — sifat jihatdan yangi bosqichga chiqishiga xizmat qilmoqda. Ular an‘anaviy qoplamalarga nisbatan yuqori samaradorlik, uzoq xizmat muddati va funksional ko‘rsatkichlari bilan ajralib turadi. Hozirgi kunda nanoqoplamalarni olishning bir qator zamonaviy usullari ishlab chiqilgan bo‘lib, ular orasida kimyoviy bug‘ cho‘ktirish (CVD), fizik bug‘ cho‘ktirish (PVD), atom qatlamli cho‘ktirish (ALD), sol-gel usuli hamda elektrokimyoviy qoplash texnologiyalari muhim o‘rin tutadi. Har bir usul o‘zining afzalliklari va cheklovlariga ega bo‘lib, ular qoplama sifatiga bevosita ta’sir qiladi. Mazkur maqolaning maqsadi nanoqoplamalarning sintez usullarini tahlil qilish, ularning fizik-kimyoviy xususiyatlarini o‘rganish hamda zamonaviy sanoat va ilmiy tadqiqotlardagi o‘rnini yoritishdan iboratdir. Shuningdek, turli sintez usullarining samaradorligi va qo‘llanilish sohalari solishtirma tahlil asosida ko‘rib chiqiladi.

Materiallar va usullar: Mazkur tadqiqot nanoqoplamalar (nanocoatings) sintezi va ularning xossalarini o‘rganishga bag‘ishlangan bo‘lib, xalqaro ilmiy jurnallar, monografiyalar hamda Scopus va Web of Science bazalarida indekslangan ilmiy maqolalar tahlili asosida amalga oshirildi. Tadqiqot davomida sirt muhandisligi, nanomateriallar kimyosi va qoplama texnologiyalariga oid manbalar tizimli ravishda o‘rganildi. Tadqiqot metodologiyasi sifatida adabiyotlarni tahlil qilish (literature review), qiyosiy tahlil (comparative analysis), tizimlashtirish (systematic analysis) va umumlashtirish (generalization) usullaridan foydalanildi. Ushbu yondashuvlar asosida nanoqoplamalarning fizik-kimyoviy xossalari, struktura xususiyatlari hamda ularning

ishlash samaradorligi baholandi. Tadqiqot obyekti sifatida turli funksional nanoqoplamalar — korroziyaga qarshi qoplamalar, tribologik (ishqalanishga qarshi) qoplamalar, optik qoplamalar va biofaol nanoqoplamalar tanlandi. Ularning sirt energiyasi, qalinligi, bir xilligi va yopishish (adhesion) xususiyatlari ilmiy manbalar asosida o'rganildi. Nanoqoplamalarni sintez qilishda qo'llaniladigan asosiy usullar quyidagilardan iborat: kimyoviy bug' cho'ktirish (CVD), fizik bug' cho'ktirish (PVD), atom qatlamli cho'ktirish (ALD), sol-gel usuli, elektrokimyoviy qoplash va püskürtme (spray coating) texnologiyalari. Har bir usul bo'yicha qoplama qalinligi, bir xillik, kristall tuzilish va ishlab chiqarish samaradorligi qiyosiy tahlil qilindi.

Shuningdek, sintez jarayonida harorat, bosim, reaktiv gazlar tarkibi, substrat turi hamda jarayon davomiyligining qoplama sifatiga ta'siri o'rganildi. Ayniqsa, ALD usulining atom darajasida nazorat imkoniyati va CVD usulining sanoat miqyosida qo'llanilishi alohida baholandi.

Kutilayotgan natijalar: Mazkur tadqiqot natijasida nanoqoplamalar (nanocoatings) sintez usullari, ularning strukturaviy xususiyatlari hamda fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari bo'yicha tizimli ilmiy tahlil shakllantirilishi kutilmoqda. CVD, PVD, ALD, sol-gel, elektrokimyoviy qoplash va püskürtme usullarining afzalliklari hamda cheklovlari qiyosiy ravishda baholanadi. Tadqiqot davomida nanoqoplamalarning qalinligi, bir xilligi, sirt energiyasi, yopishish darajasi va mexanik barqarorligi kabi parametrlarining qoplama sifatiga ta'siri o'rganiladi. Ushbu ko'rsatkichlar asosida eng samarali sintez usullarini aniqlash imkoniyati yaratiladi. Shuningdek, korroziyaga qarshi, tribologik, optik va biofaol nanoqoplamalarning amaliy qo'llanilish sohalari tahlil qilinadi. Ayniqsa, sanoat va tibbiyotda yuqori chidamli va funksional qoplamalarga bo'lgan ehtiyojni qondirish istiqbollari ilmiy asosda ko'rib chiqiladi. Tadqiqot yakunida nanoqoplamalar sifatini oshirish, ularni sanoat miqyosida ishlab chiqarishni optimallashtirish hamda yangi avlod funksional materiallarni yaratish bo'yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqilishi kutiladi. Bu natijalar zamonaviy materialshunoslik va sirt muhandisligi rivojiga xizmat qiladi. Tadqiqot natijalari analitik va qiyosiy yondashuv asosida umumlashtirilib, nanoqoplamalarni ishlab chiqarish va ularni sanoat hamda tibbiyot sohaslarida qo'llash bo'yicha ilmiy-amaliy xulosalar ishlab chiqildi.

Xulosa: Nanoqoplamalar zamonaviy materialshunoslik va sirt muhandisligining eng muhim yo'nalishlaridan biri bo'lib, ular materiallarning sirt xossalarini sezilarli darajada yaxshilash imkonini beradi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, nanoqoplamalar korroziyaga chidamlilikni oshirish, ishqalanishni kamaytirish, optik va elektr xususiyatlarni boshqarish hamda materiallarning umumiy xizmat muddatini uzaytirishda muhim ahamiyatga ega. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, CVD va PVD usullari

yuqori sifatli va bir xil qoplamalar olish imkonini bersa, ALD usuli atom darajasida aniq nazorat qilish imkoniyati bilan ajralib turadi. Sol-gel va elektrokimyoviy qoplash usullari esa nisbatan arzon va keng qo'llaniladigan texnologiyalar hisoblanadi. Shuningdek, har bir sintez usuli nanoqoplamalarning qalinligi, tuzilishi va funksional xususiyatlariga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli, maqsadga qarab eng maqbul texnologiyani tanlash muhim hisoblanadi. Umuman olganda, nanoqoplamalar aerokosmik sanoat, avtomobilsozlik, tibbiyot, elektronika va energiya tizimlarida keng qo'llaniladigan istiqbolli materiallar bo'lib, kelajakda ularning rivojlanishi yuqori samarali va funksional qoplama texnologiyalarini yaratishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. David G. Cahill. Nanoscale thermal transport. Journal of Applied Physics, 2003.
2. Robert W. Balluffi. Thin Film Materials and Surface Engineering. Cambridge University Press, 2005.
3. Claudia P. Grigoropoulos. Laser-based deposition and nanocoatings // Applied Physics Reviews, 2014.
4. Mark J. Hampden-Smith. Chemical vapor deposition processes for thin films // Chemistry of Materials, 1997.
5. Yoshio Bando. Nanocoatings and functional materials // Advanced Materials, 2010.
6. Pulickel M. Ajayan. Carbon nanostructures and coatings // Science, 2006.
7. Elsevier. Surface and Coatings Technology. – Nanocoating technologies (2018–2025).
8. Elsevier. Thin Solid Films. – Thin film deposition and coating methods.
9. Nature Portfolio. Nature Materials. – Advanced functional coatings research.
10. Springer Nature. Surface Engineering and Applied Electrochemistry. – Coating technologies.