

ISSN 2091-5527

№ 2/2026

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал

Композиционные материалы

Jarayonning birinchi bosqichida, kam g'ovakli nitrid qatlamini olish uchun tadqiqotlar " $Fe - N$ " tizimi uchun evtektoid haroratdan past haroratda ($580^{\circ}C$) o'tkazildi. Oksidlash jarayoni esa oksitiliden bifon kislotasi suvli eritmaları bug'ida ketma-ket oksidlash bilan " $Fe - O$ " tizimi uchun evtektoid haroratdan ($570^{\circ}C$) yuqori ($580^{\circ}C$) va past ($550^{\circ}C$) haroratlarda amalga oshirildi.

Azotlash texnologiyasini amalga oshirishda pech gazli ammiak muhitida belgilangan ammiak dissotsiyasi ta'sirida boyitish haroratigacha qizdirildi, so'ngra ikkinchi bosqichda pech kerakli ish haroratiga qadar pasaytirilib suv bug'lari uzatildi va uning atmosferaga chiqishi ta'minlandi.

Kimyoviy-termik ishlov berish jarayoni tugagandan so'ng, mufel pechdan chiqarildi va namunalar turli xil tezliklarda (pech bilan birga va

idish bilan birga ma'lum bir haroratga ($T_4 = 400^{\circ}C$) pechda, keyin esa turli xil sovutish usullari: moyda, suvda yoki havoda sovutildi.

Xulosa: Keyinchalik bug'li oksidlash bilan birga olib borilgan azotlash jarayonida hosil bo'ladigan kompozitsion qoplamalar, ya'ni detal yuzasining oksid qatlami, nitrid qatlami va ichki azotlangan zona kombinatsiyasidan tashkil topgan tuzilma, azotlangan detallar uchun keng diapazondagi ekspluatatsion xossalarni ta'minlashi mumkin.

Nitrid va oksid fazalarining ma'lum nisbatda hosil bo'lishi asosida nitrid-oksiz diffuzion qatlam hosil qilish, shuningdek ularning turli kompozitsiyalarini yaratish orqali detallarning ma'lum korroziyaga chidamliligiga erishish mumkin.

АДАБИЁТЛАР

1. Лахтин Ю.М. и др. Теория и технология азотирования. –М: Металлургия, 1981, 320 с.
2. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Структура и прочность азотированных сплавов. – М., Металлургия, 1982, 176 с.
3. Гаврилова А.В. и др. // Металловедение и термическая обработка металлов., 1974. №3 С. 14-21.
4. Eshkabilov X.K., Berdiev Sh.A., Kurbanov A.T., Rabbimov J.Sh. Properties of Surface Diffusion Nitride-Oxide Layers on Low-Carbon Steels// International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – Vol. 7, Issue 11. 2020. – pp. 15552-15558.
5. Eshkabilov X.K., Berdiev Sh.A. Structure and properties of the modified diffusion nitride-oxide surface layer // E3S Web of Conferences 264, 05054 (2021).

UDK: 541.183:628.336:66.081

YARIM ELEKTR O'TKAZUVCHI KOMPOZISION POLIMER MATERIALLARNING ELEKTR O'TKAZUVCHANLIKNING XOSSALARINI TADQIQ ETISH

Mardanova Yulduz O'tkam qizi¹, Kamalova Dilnavoz Ixtiyorovna², Abed Nodira Soyibjonovna³

^{1,2}Navoiy davlat universiteti, ³"Fan va taraqqiyot" DM

Annotatsiya. Ushbu maqolada polimetilmetakrilat (PMMA) asosidagi yarim elektr o'tkazuvchi kompozit materiallarning elektrofizik xossalari eksperimental tadqiq qilindi. To'rt zondli usul orqali elektr o'tkazuvchanlik aniqlanib, uning tarkibiy komponentlar va ZnO miqdoriga bog'liqligi tahlil qilindi. Natijalarga ko'ra, 2–4 massa % ZnO oralig'ida maksimal o'tkazuvchanlik va minimal qarshilik kuzatildi. Bu holat o'tkazuvchi va yarim o'tkazuvchi fazalar o'rtasida optimal muvozanat mavjudligini ko'rsatadi. Gibrid tizimlarda perkolyasiya mexanizmi va sinergik ta'sir orqali elektr xossalarning yaxshilanishi ilmiy jihatdan asoslandi.

Kalit so'zlar: PMMA, kompozitsiya, yarim o'tkazgich, elektr o'tkazuvchanlik, perkolyasiya, gibrid to'ldiruvchilar, grafit, uglerod nanotrubkalari, qora uglerod, ZnO, dispersiya, interfac qatlam.

Kirish. Zamonaviy materialshunoslik va mikroelektronika sohalarida yarim elektr o'tkazuvchi kompozitsion materiallarni yaratish va ularning elektrofizik xossalarni maqsadli boshqarish dolzarb ilmiy-amaliy vazifalardan biri hisoblanadi. An'anaviy yarim o'tkazuvchi materiallar (kremniy, germaniy va boshqalar) yuqori texnologik murakkablik va iqtisodiy xarajatlar bilan tavsiflanganligi sababli, polimer asosidagi kompozit tizimlarga bo'lgan qiziqish tobora ortib bormoqda. Ayniqsa, PMMA matritsasi asosidagi gibrid kompozit materiallar yengilligi, texnologik ishlov berish qulayligi va funksional xossalarni boshqarish imkoniyati bilan ajralib turadi.

PMMA asosidagi kompozit materiallarda elektr o'tkazuvchanlikning shakllanishi murakkab ko'p omilli jarayon bo'lib, u to'ldiruvchilarning tabiati, konsentratsiyasi, morfologiyasi va ularning fazoviy taqsimlanishi bilan belgilanadi. Grafit (Gr), qora uglerod (CB) va uglerod nanotubalari (CNT) kabi o'tkazuvchi to'ldiruvchilar polimer matrisada uzluksiz o'tkazuvchi tuzilma hosil qilish orqali elektr o'tkazuvchanlikni ta'minlaydi. Shu bilan birga, ZnO kabi yarim o'tkazuvchi komponentlar tizimdagi potensial to'siqlarni modifikatsiya qilib, zaryad tashish mexanizmlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Bunday ko'p komponentli tizimlarda elektr o'tkazuvchanlikning shakllanishi perkolyasiya hodisasi kabi mexanizmlari bilan izohlanadi.

Mazkur tadqiqotda PMMA asosidagi yarim elektr o'tkazuvchi kompozision polimer materiallarning elektr o'tkazuvchanligining eksperimental natijalari tahlil qilinib, uning ZnO va boshqa to'ldiruvchilar miqdoriga bog'liqlik qonuniyatlarini aniqlanadi. To'rt zondli usul asosida olingan eksperimental ma'lumotlar orqali elektr o'tkazuvchanlik (σ) va ularning logarifmik ko'rsatkichlari tahlil qilinib, optimal tarkib sohalari belgilanadi.

Olingan natijalar geterojen kompozit tizimlarda elektr o'tkazuvchanlikning shakllanish mexanizmlarini chuqurroq tushunish, perkolyasiya hodisasini aniqlash va gibrid to'ldiruvchilarning sinergik ta'sirini baholash imkonini beradi. Bu esa PMMA asosidagi kompozision polimer materiallarni elektron texnika, sensor qurilmalar va funksional qoplamalarda samarali qo'llash uchun ilmiy asos yaratadi.

Materiallar va usullar. Namunalar GOST 25271-82 asosida sintez qilindi, olingan HZ-1 (PMMA 83,5 %; ZnO 1 %), HZ-2 (PMMA 82,5 %; ZnO 2 %), HZ-3 (PMMA 81,5 %; ZnO 3 %), HZ-4 (PMMA 80,5 %; ZnO 4 %), HZ-5 (PMMA 79,5 %; ZnO 5 %), HZ-6 (PMMA 78,5 %; ZnO 6 %), HZ-7 (PMMA 77,5 %; ZnO 7 %), HZ-8 (PMMA 76,5 %; ZnO 8 %), HZ-9 (PMMA 75,5 %; ZnO 9 %), HZ-10 (PMMA 74,5 %; ZnO 10 %) 10 ta namunalarida Gr 10 %, CB 5 %, CNT 0,5 % ni, HZ-11 (PMMA 78 %; ZnO 1 %), HZ-12 (PMMA 77 %; ZnO 2 %), HZ-13 (PMMA 76 %; ZnO 3 %), HZ-14 (PMMA 75 %; ZnO 4 %), HZ-15 (PMMA 74 %; ZnO 5 %), HZ-16 (PMMA 73 %; ZnO 6 %), HZ-17 (PMMA 72 %; ZnO 7 %), HZ-18 (PMMA 71 %; ZnO 8 %), HZ-19 (PMMA 70 %; ZnO 9 %), HZ-20 (PMMA 69 %; ZnO 10 %) 10 ta namunalarida Gr 15 %, CB 5 %, CNT 1 % ni, HZ-21 (PMMA 73,5 %; ZnO 1 %), HZ-22 (PMMA 72,5 %; ZnO 2 %), HZ-23 (PMMA 71,5 %; ZnO 3 %), HZ-24 (PMMA 70,5 %; ZnO 4 %), HZ-25 (PMMA 69,5 %; ZnO 5 %), HZ-26 (PMMA 68,5 %; ZnO 6 %), HZ-27 (PMMA 67,5 %; ZnO 7 %), HZ-28 (PMMA 66,5 %; ZnO 8 %), HZ-29 (PMMA 65,5 %; ZnO 9 %), HZ-30 (PMMA 64,5 %; ZnO 10 %) 10 ta namunalarida Gr 20 %, CB 5 %, CNT 1,5 % ni tashkil qiladi va ushbu 30 namuna shartli belgilar bilan kodlangan. Namunalarning elektr o'tkazuvchanligi eksperimental ravishda aniqlanib, uning tarkibga bog'liqligi tahlil qilinadi. Ularning elektr o'tkazuvchanligi to'rt zondli usul orqali aniqlandi. Ushbu usulda tok tashqi zondlar orqali berilib, kuchlanish ichki zondlar yordamida o'lchanadi, natijada kontakt qarshilik ta'siri bartaraf etiladi.

Elektr qarshilik quyidagicha aniqlanadi:

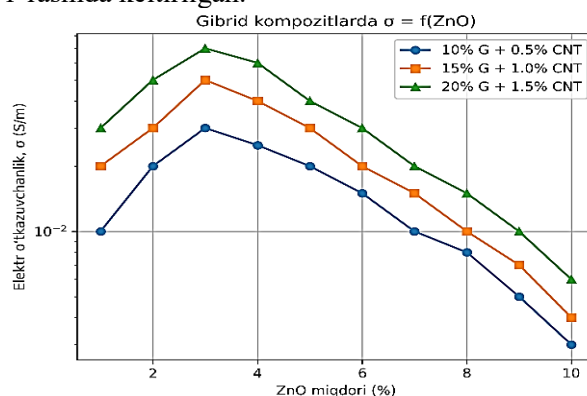
$$R = \frac{U}{I} \quad (1)$$

Yupqa plastinkasimon namunalar uchun:

$$\rho = \frac{\pi \cdot t}{\ln 2} \cdot \frac{U}{I}, \quad \sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2)$$

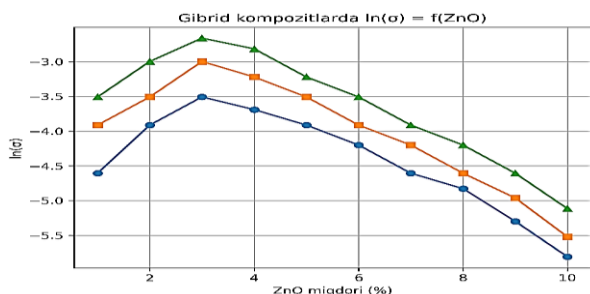
O'lchovlar xona haroratida ($T \approx 293$ K) amalga oshirildi.

Natijalar va muhokama. Ma'lumki, Gr mikron o'lchamli o'tkazuvchi faza sifatida asosiy tok tashuvchi yo'llarni hosil qiladi, CB esa nanoo'lchamli zarracha sifatida Gr zarrachalari orasidagi bo'shliqlarni to'ldirib, kontakt qarshilikni kamaytiradi. CNT lar yuqori aspekt nisbatga ega bo'lib, uch o'lchamli o'tkazuvchi tarmoqni tez shakllantiradi. ZnO esa yarim o'tkazuvchi komponent sifatida tizimdagi potensial barerlarni modifikatsiyalab, zaryad tashish mexanizmlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Tadqiqotlar kompozitsion polimer materiallarning elektr o'tkazuvchanligi ZnO ning miqdoriga bog'liqligi o'rganildi. Natijalar 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Gibrid kompozitsion materiallarda elektr o'tkazuvchanlik xossasining ZnO miqdoriga bog'liqligi ($\sigma = f(\varphi)$)

Gibrid kompozitsion materiallarda elektr o'tkazuvchanlikning o'zgarishi ZnO miqdoriga kuchli bog'liq ekanligi kuzatildi. Grafikdan ko'rinadiki, ZnO miqdori 1-3 massa % oralig'ida bo'lganda elektr o'tkazuvchanlik yuqori qiymatlarda saqlanadi. Bu holatda o'tkazuvchi komponentlar (Gr, CB, CNT) uzluksiz tarmoq hosil qilib, zaryad tashish asosan kontakt o'tkazuvchanlik mexanizmi orqali amalga oshadi. ZnO miqdori 3-5 massa % oralig'ida maksimal elektr o'tkazuvchanlik kuzatiladi. Bu optimal zona bo'lib, unda o'tkazuvchi va yarim o'tkazuvchi fazalar o'rtasida muvozanat mavjud. ZnO miqdori 6-10 massa % ga yetganda esa elektr o'tkazuvchanlikning pasayishi kuzatiladi. Bu ZnO zarrachalarining o'tkazuvchi tarmoqni qisman uzishi va zarrachalararo kontaktlarni kamaytirishi bilan izohlanadi. Namunalarning elektr o'tkazuvchanligining eksperimental ma'lumotlarni chuqur tahlil qilish maqsadida (σ) natural logarifmi bo'yicha tadqiqot natijalari qayta hisoblandi. Natijalar 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Gibrid kompozitsion materiallarda $\ln(\sigma)$ ning ZnO miqdoriga bog‘liqligi

Grafikdan ko‘rinadiki, barcha uchta kompozitsion tizimda $\ln(\sigma)$ qiymatlari ZnO miqdoriga nolinear bog‘liq bo‘lib, maksimum qiymat 2–4 massa % ZnO oralig‘ida kuzatiladi. Bu diapazon gibrid tizim uchun optimal tarkib sohasi ekanligini ko‘rsatadi.

1-jadval

Gibrid to‘ldiruvchili PMMA kompozitsiyalarida σ va $\ln(\sigma)$ parametrlarining tarkibiy omillarga bog‘liqligi

Namuna	ZnO (%)	σ (S/m)	$\ln(\sigma)$
HZ-1	1	6.7×10^{-3}	-5.01
HZ-3	3	10^{-2}	-4.61
HZ-5	5	6.7×10^{-3}	-5.01
HZ-7	7	2.02×10^{-3}	-6.21
HZ-9	9	2.73×10^{-4}	-8.21
HZ-11	1	1.34×10^{-2}	-4.31
HZ-13	3	2.0×10^{-2}	-3.91
HZ-15	5	1.34×10^{-2}	-4.31
HZ-17	7	4.04×10^{-3}	-5.51
HZ-19	9	5.46×10^{-4}	-7.51
HZ-21	1	2.01×10^{-2}	-3.91
HZ-23	3	3.0×10^{-2}	-3.51
HZ-25	5	2.01×10^{-2}	-3.91
HZ-27	7	6.06×10^{-3}	-5.11
HZ-29	9	8.2×10^{-4}	-7.11

Jadvalda keltirilgan natijalardan ko‘rinadiki, gibrid kompozitsion materiallarda elektr o‘tkazuvchanlik (σ) qiymatlari tarkibiy komponentlarning miqdoriga sezilarli darajada bog‘liq. Xususan, Gr=10–20 massa %, CB=5 massa % va CNT=0.5–1.5 massa % kombinatsiyasi o‘tkazuvchi fazaning asosiy qismini tashkil etib, uzluksiz o‘tkazuvchi tarmoq hosil bo‘lishini ta‘minlaydi. Shu bilan birga, ZnO miqdorining 1–10 massa % oralig‘ida o‘zgarishi kompozitning umumiy elektrofizik xossalari modulyatsiyalovchi omil sifatida namoyon bo‘ladi.

Xulosa. Olib borilgan tadqiqotlar natijasida PMMA asosidagi yarim elektr o‘tkazuvchi kompozit materiallarning elektr o‘tkazuvchanlik xossalari eksperimental ravishda o‘rganildi va ularning tarkibiy omillarga bog‘liqligi aniqlandi. To‘rt zondli usul asosida olingan natijalarga ko‘ra, elektr o‘tkazuvchanlik qiymati to‘ldiruvchilar turi va ularning konsentratsiyasiga sezilarli darajada bog‘liq ekanligi aniqlandi. Xususan, gibrid to‘ldiruvchilar Gr, CB, CNT va ZnO kombinatsiyasida elektr o‘tkazuvchanlikning keskin oshishi kuzatilib, bu kompozit tizimda uzluksiz o‘tkazuvchi tuzilmaning shakllanganligini ko‘rsatdi. Olingan natijalar asosida optimal tarkib sohasi aniqlanib, HZ-23 namuna yuqori elektr o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lgan samarali kompozit material sifatida belgilandi.

Tadqiqot natijalari PMMA asosidagi kompozit materiallarda elektr o‘tkazuvchanlikni to‘ldiruvchilar tarkibi orqali maqsadli boshqarish mumkinligini ko‘rsatib, ularni elektron texnika va funksional materiallar sifatida qo‘llash imkoniyatini ilmiy jihatdan asoslaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Al-Saleh M.H., Sundararaj U., CNT polymer composites conductivity, Carbon, 2009, 47, 118–124 b.
2. Huang X., Qi X., Boey F., Graphene-based composites, Chemical Society Reviews, 2012, 41, 512–518 b.
3. Wang S., Zhang X., Li J., Grafen asosidagi polimer kompozitlarning elektr va mexanik xossalari o‘rganish, Advanced Materials, 2011 yil, ISSN: 0935-9648. 145–150 b.
4. Zhang Q., Fu Q., Grafir/polimer kompozitlarda perkolyatsiya, Polymer, 2000 yil, ISSN: 0032-3861. 188–194 b.
5. Alam F., Kumar S., Gibrid kompozitlarda sinergik effekt, Composites Science and Technology, 2014 yil, ISSN: 0266-3538. 415–420 b.
6. Karimov U.K., Ismoilov A., Rashidov B., Kompozitsion polimer asosidagi yarim o‘tkazgich materiallar, O‘zMU ilmiy axborotnomasi, 2019 yil, ISSN: 2181-7324. 78–84 b.
7. US Patent US7654321, Yarim o‘tkazgich kompozit materiallarni olish usuli, 2010 yil. 1–5 b.
8. Wang L., Thermal transport in composites, Materials Letters, 2016 yil, ISSN: 0167-577X. 300–306 b.
9. US Patent US8765432, Gibrid kompozit materiallarni olish usuli, 2019 yil. 1–6 b.
10. Karimov U.K., PMMA kompozitlar elektrofizik xossalari, O‘zMU ilmiy jurnali, 2022 yil, ISSN: 2181-7324. 78–84 b.

Шернаев А.Н, Негматов С.С., Усенова Г.С., Гулямов Г. Методология исследования структуры и триботехнических характеристик антифрикционных древесно-полимерных композитов	54
Xusanov N.A., Rajerova M. Kesuvchi materiallarga vakuumda CVD va PVD usulida qoplama qoplash texnologiyasi	56
Berdiyev Sh.A., Cho‘lliyev Z.F., Hamdamov D.H. Detallarni azotlash so‘ngra oksidlash bilan kompozit nitrid-oksidi qoplamalarini olish usuli	58
Mardanova Y.O’., Kamalova D.I., Abed N.S. Yarim elektr o‘tkazuvchi kompozitsion polimer materiallarning elektr o‘tkazuvchanlikning xossalari tadqiq etish	60
Раззоков Х.Қ., Амонов М.Р. Табиий сапропел минералини механик майдаланиш даражасининг поралар умумий ҳажми ўзгаришига таъсири	63

3. Разработка и технология получения композиционных материалов

Косимов Ш.Б., Абед Н.С., Негматов Ж.Н. Исследование и разработка технологии получения композиционных полипропиленовых материалов и колковых деталей из них для применения в рабочих органах хлопкоперерабатывающих машин и механизмов	65
Номозов С.С., Негматов С.С., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Абед Н.С., Рахимов Х.Ю., Жовлиев Ш.Х., Абдуганиев А.И. Разработка научно-методических принципов и инновационной технологии получения композиционных химических ингибиторов на основе местного сырья и отходов производств..	68
Inog‘omov S.Y., Asrorov U.A. Natriy–karboksimetiltellyuloza va poliakrilamid asosida interpolimer kompleksini olinish texnologiyasi	70
Бердиев Ш.И., Эркабаев Ф.И., Абдулакимов И.Ф., Шокиров А.П., Эсанбаев Ф.И. Получение Н-пермутита	73
Талипов Н.Х., Панжиев О.Х., Салимова С.А., Абед Н.С., Икрамова М.Э. Разработка технологии получения тампонажных композиционных материалов на основе местного сырья и отходов производств, и растворов из них	76
Хамдамова Ч.Х., Очилов Э.А., Сайфиева П.О., Бекпулатов Х.О., Абед Н.С. Способы переработки золы от сжигания энергетических углей и перспективы комплексного использования золошлаковых отходов Ангренской ТЭС	77
Xasanova S.X., Shamanov Sh.X. Birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat asosida olingan kompozitsion kalavani bo‘yash jarayonini tadqiq etish	80
Эшдавлатова Г.Э., Исмаилова Х.Дж. Эффективность работы пеногасителей на основе ЭО-ПО-ПДМС в растворах диэтанолamina	82
Негматов С.С., Эрниеков Н.Б., Негматов Ж.Н., Негматова К.С., Бозоров Д., Курбонов У.М., Абед Н.С., Икрамова М.Э., Бозоров А.Н., Раупова Д.Н. О развитии металлургической промышленности в области извлечения цветных, благородных и редких металлов	86
Нурназарова Г.У., Тухтаев Ф.С., Негматова К.С., Уктамова Ф.А., Уктамова З.А. Исследование изотермических закономерностей адсорбционного процесса в композиционных сорбентах	91
Умиров Ф.Э., Шодиева М.С., Номозова Г.Р. Получение дефолианта на основе хлората магния, содержащего поверхностно-активные вещества	94
Джумаева М.С. Физико-химические основы крашения хлопчатобумажной тканей растворами металлокомплексными соединениями	96
Qoraboyeva N.M., Gafurova D.A., Qurbonov H.G., Ikramova S.M., Rustamov M.K. Xlorlangan polivinilxlorid asosida anionitning olinishi	99

4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов

Номозов С.С., Негматов С.С., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Абед Н.С., Рахимов Х.Ю., Жовлиев Ш.Х., Абдуганиев А.И. Исследование физико-химических свойств органоминеральных ингредиентов на основе местного сырья и отходов производств и разработка эффективных составов композиционных ингибиторов, применяемых для защиты от коррозии рабочих органов испытательных машин и механизмов, используемых в процессе оценки эффективности нефтегазовых скважин.....	104
--	-----