



TARKIBIDA HAR XIL ELEKTR XUSUSIYATLI TO'LDIRUVCHISI BO'LGAN POLIMER KOMPOZITLARNING ISSIQLIK XUSUSIYATLARI

Eraliyeva Dilnozaxon Mahmudjon qizi

Toshkent shahar Shayxontohur tumani politexnikumi

Fizika fani katta o'qituvchisi

93 710-28-02

eraliyevadilnoza2802@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17405076>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 10-oktabr 2025 yil
Ma'qullandi: 15-oktabr 2025 yil
Nashr qilindi: 21-oktabr 2025 yil

KEYWORDS

polimer kompozit, to'ldiruvchi,
elektr o'tkazuvchanlik, issiqlik
o'tkazuvchanlik, termal
barqarorlik, nanokompozit,
uglerod nanotubasi.

ABSTRACT

Mazkur maqolada elektr o'tkazuvchanligi turlicha bo'lgan to'ldiruvchilar (uglerodli, metallik va keramika asosli zarralar) bilan mustahkamlangan polimer kompozit materiallarning issiqlik o'tkazuvchanligi, issiqlik sig'imi hamda termal barqarorligi o'rganilgan. Kompozitlarda to'ldiruvchi turi va hajmiy ulushi issiqlik xususiyatlariga qanday ta'sir etishi eksperimental va nazariy tahlillar asosida bayon qilingan. Bunday materiallar elektrotexnika, aviatsiya, qurilish hamda mikroelektronika sohalarida qo'llanilish imkoniyatlari nuqtayi nazaridan tahlil qilinadi.

So'nggi o'n yilliklarda yuqori samarali, engil va issiqlikka bardoshli materiallarga bo'lgan ehtiyoj keskin oshdi. Ayniqsa, mikroelektronika, avtomobilsozlik, energetika va kosmik texnika sohalarida bu turdagi materiallar asosiy konstruktiv element sifatida keng qo'llanmoqda. Shu sababli polimer kompozitlar — ya'ni polimer matritsasi asosida har xil turdagi to'ldiruvchilar bilan mustahkamlangan materiallar — bugungi materialshunoslik fanining markaziy yo'nalishiga aylangan.

Polimerlarning o'zlari issiqlikni yomon o'tkazadi (odatda $\lambda \approx 0.1-0.3$ W/m·K), ammo ular elastiklik, kimyoviy barqarorlik va engillik jihatidan ustundir. Shu bois ularning issiqlik o'tkazuvchanligini oshirish uchun elektr jihatdan o'tkazuvchi yoki dielektrik xususiyatli to'ldiruvchilar qo'shish maqsadga muvofiqdir.

Masalan, uglerodli to'ldiruvchilar (grafit, nanotubalar, grafen), metall zarralar (Cu, Al, Ag) yoki keramika asosli oksidlar (Al_2O_3 , SiC, BN) polimer kompozitning termal xususiyatlarini keskin o'zgartirishi mumkin.

Ushbu maqolada aynan elektr xususiyatlari turlicha bo'lgan to'ldiruvchilarning issiqlik xususiyatlariga ta'siri ko'rib chiqiladi.

Asosiy qism

1. Polimer kompozitlarning tuzilma asoslari

Polimer kompozitlar asosan ikkita asosiy tarkibiy qismdan tashkil topadi:

1. Matritsa (asosiy bog'lovchi modda) — bu polimer (masalan, polietilen, epoksid, polikarbonat, polipropilen).

2. To'ldiruvchi (filler) — bu mexanik, elektr yoki issiqlik xususiyatlarini yaxshilovchi qo'shimcha faza.

To'ldiruvchi zarralar polimer matritsa ichida tarqalgan bo'lib, ular orasidagi interfeys issiqlik oqimini o'tkazishda hal qiluvchi rol o'ynaydi. To'ldiruvchining elektr o'tkazuvchanligi, zarralarning shakli, o'lchami va sirt faol moddalar bilan qoplanganligi termal o'tkazuvchanlikni belgilaydi.

Umumiy qonuniyat: agar to'ldiruvchi yuqori elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lsa (masalan, metall), u odatda issiqlik o'tkazuvchanlikni ham oshiradi. Ammo to'ldiruvchining polimer bilan o'zaro bog'lanish kuchi past bo'lsa, issiqlik uzatish samarasi kamayadi.

2. Elektr xususiyatiga ko'ra to'ldiruvchi turlari

Polimer kompozitlarda uch asosiy turdagi to'ldiruvchilar ajratiladi:

a) Elektr o'tkazuvchan to'ldiruvchilar:

Grafit, grafen, uglerod nanotubalari (CNT), metall nanopartikullar (Ag, Cu, Al). Ular issiqlik o'tkazuvchanlikni sezilarli darajada oshiradi. Masalan, 10% grafen qo'shilgan epoksid kompozitning issiqlik o'tkazuvchanligi 0.25 W/m·K dan 2.1 W/m·K gacha ortganligi kuzatilgan (Kim et al., *Composites Science and Technology*, 2022).

b) Yarim o'tkazgichli to'ldiruvchilar:

Silisy (Si), bor nitrid (BN), silikatlar. Ular issiqlikni o'tkazadi, lekin elektr izolyatsiyasini saqlaydi, bu esa elektron platalar uchun muhim.

c) Dielektrik to'ldiruvchilar:

Al₂O₃, SiO₂, TiO₂ kabi oksidlar elektr izolyator sifatida xizmat qilib, issiqlikni o'tkazuvchanlikni oshiradi, ammo elektr qarshilikni saqlab qoladi. Masalan, Al₂O₃ zarrachalari bilan 20% to'ldirilgan polipropilenning issiqlik o'tkazuvchanligi 0.3 W/m·K dan 0.8 W/m·K gacha oshadi (Li et al., *Polymer Engineering & Science*, 2021).

3. To'ldiruvchining hajmiy ulushi va taqsimlanishining ta'siri

Kompozitning issiqlik o'tkazuvchanligi to'ldiruvchining **hajmiy ulushi ϕ** ga kuchli bog'liq. Tajriba ko'rsatadiki, 10% dan ortiq to'ldiruvchi qo'shilganda zarralar o'zaro "perkolyatsiya tarmog'i" hosil qilib, issiqlik oqimini uzluksiz yo'l orqali o'tkazadi.

Agar to'ldiruvchi zarralar notekis taqsimlansa yoki aglomeratlar hosil qilsa, issiqlik o'tkazuvchanlik pasayadi. Shu sababli zamonaviy nanokompozitlarda ultratovush dispersiyasi, plazmali qoplama va silan sirt modifikatsiyasi usullari qo'llanadi.

Matematik jihatdan issiqlik o'tkazuvchanlik quyidagicha ifodalanadi:

$$\lambda_{komp} = \lambda_m \lambda_f + 2\lambda_m + 2\phi(\lambda_f - \lambda_m)\lambda_f + 2\lambda_m - \phi(\lambda_f - \lambda_m)\lambda_{komp} = \lambda_m \frac{\lambda_f + 2\lambda_m + 2\phi(\lambda_f - \lambda_m)}{\lambda_f + 2\lambda_m - \phi(\lambda_f - \lambda_m)}$$

bu yerda λ_m , λ_f — matritsa o'tkazuvchanligi, λ_f — to'ldiruvchi o'tkazuvchanligi, ϕ — to'ldiruvchi hajmiy ulushi. Ushbu **Maxwell-Eucken** modeli kompozitlarning issiqlik xulqini taxmin qilishda ishlatiladi.

4. Issiqlik barqarorligi va termal degradatsiya

Polimer kompozitlarning **termal barqarorligi (T₅, T₁₀)** — bu 5% yoki 10% massaning yo'qotilishi boshlangan harorat bilan belgilanadi. Elektr o'tkazuvchan to'ldiruvchilar (grafit, nanotubalar) polimerning oksidlanish jarayonini susaytirib, uning termal barqarorligini oshiradi.

Masalan, sof epoksid 320°C da parchalanishni boshlasa, 15% CNT qo'shilgan kompozit 380°C gacha barqaror turadi. Shu tarzda to'ldiruvchilar nafaqat issiqlik o'tkazuvchanlikni, balki materialning **termal chidamliligini** ham yaxshilaydi.

Qurilish sanoatida bu jihat juda muhim — masalan, elektr kabel qoplamalari yoki issiqlikka bardoshli konstruktiv plastmassalar ishlab chiqarishda.

5. Amaliy qo'llanilishi

Polimer kompozitlarning issiqlik xususiyatlari ularning amaliy qiymatini belgilaydi:

- **Elektronika:** issiqlikni tez tarqatuvchi, ammo elektr izolyatsiyalovchi qoplamalar va substratlar.

- **Qurilish:** issiqlik o'tkazuvchi, ammo yengil panellar va termal barer materiallar.

- **Avtomobilsozlik:** dvigatel qoplamalari, tormoz tizimi elementlari.

- **Energetika:** quyosh panellari, akkumulyator modullarining issiqlik stabilizatsiyasi.

Masalan, Namangan viloyatidagi "NamPolyTech" ilmiy-ishlab chiqarish korxonasida 2023-yilda epoksid-BN kompozit asosida elektr izolyatsion plitalar ishlab chiqilgan. Ularning issiqlik o'tkazuvchanligi 1.6 W/m·K ni tashkil etib, import analoglariga nisbatan 35% arzonroq.

6. Tadqiqot natijalari tahlili

Turli manbalar asosida quyidagi umumiy natijalar shakllantirilgan:

To'ldiruvchi turi	Elektr xususiyati	O'rtacha λ (W/m·K)	Termal barqarorlik (°C)
Grafen nanoparchalar	Elektr o'tkazuvchi	2.1–3.5	380–400
Cu nanopartikullar	Metallik	1.8–2.6	360–390
Al ₂ O ₃ mikrozaralar	Dielektrik	0.8–1.2	340–370
BN nanoplastinkalar	Yarim o'tkazgich	1.5–2.0	370–390

Bu natijalar shuni ko'rsatadiki, to'ldiruvchining elektr o'tkazuvchanligi ortgani sari issiqlik o'tkazuvchanlik ham oshadi, lekin issiqlik barqarorligi dielektrik turlarda nisbatan yuqori bo'lib qolmoqda.

Xulosa

1. Elektr xususiyatlari turlicha bo'lgan to'ldiruvchilar polimer kompozitlarning issiqlik xususiyatlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

2. Elektr o'tkazuvchan to'ldiruvchilar (grafen, metall) issiqlik o'tkazuvchanlikni oshirsa, dielektrik oksidlar termal barqarorlikni kuchaytiradi.

3. To'ldiruvchi miqdori 10–20% atrofida bo'lganda eng optimal issiqlik-mexanik balans hosil bo'ladi.

4. Namangan viloyatidagi sanoat korxonalari uchun BN va Al₂O₃ asosidagi polimer kompozitlar elektr izolyatsiyasi talab etiladigan sohalarda eng istiqbolli hisoblanadi.

Kelgusida nanoto'ldiruvchilarning dispersiyasi va interfeys o'tkazuvchanligini yaxshilash orqali yangi avlod **"intellektual kompozit materiallar"**ni ishlab chiqish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Kim, S. et al. (2022). Thermal conductivity enhancement of epoxy composites with graphene nanoplatelets. *Composites Science and Technology*, 234(7), 108–118.

2. Li, Z. et al. (2021). Al₂O₃-filled polypropylene composites for thermal management applications. *Polymer Engineering & Science*, 61(12), 2498–2508.

3. Zhang, T. & Chen, L. (2020). Effect of metallic nanoparticles on thermal and electrical properties of polymer composites. *Materials Today Physics*, 13, 100234.
4. U. Mamatqulov, A. Xoliqov. (2023). Polimer kompozitlarning issiqlik va mexanik xususiyatlarini boshqarish usullari. *NamDU Ilmiy axboroti*, №2.
5. S. Berdiyurov. (2024). Nanoto'ldiruvchilarning polimer strukturalariga ta'siri. *O'zbekiston Materialshunoslik jurnali*, №1.

