

Date: 13th October-2026

KENGAYTIRILGAN GRAFIT ASOSIDAGI INTUMESSENT (QAVARIQLANUVCHI) YONG'INDAN HIMOYA QOPLAMASINING TUZILISHI VA QATLAMLARINING VAZIFALARI

Ovlayev Jamshid Oktamovich

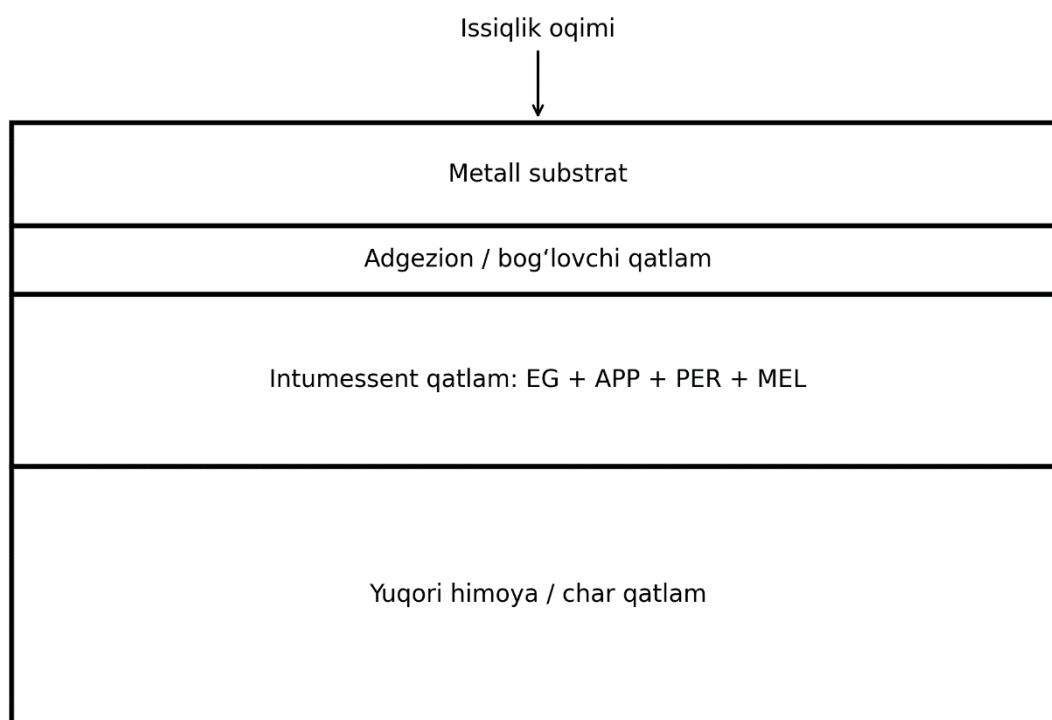
Qarshi davlat texnika universiteti "Tabiiy fanlar" kafedrası



Kengaytirilgan grafit asosidagi intumessent qoplamalar yuqori harorat ta'sirida dastlabki yupqa qatlamdan qalin, g'ovak va issiqlikni yomon o'tkazuvchi himoya qatlamiga aylanish xususiyatiga ega. Qoplamaning bunday xususiyati bir nechta funksional komponentlarning birgalikdagi ta'siri bilan ta'minlanadi. Tadqiqot materiallarida qoplama tarkibida akril bog'lovchi, ammoniy polifosfat (APP), pentaeritritol (PER), melamin (MEL) va kengaytirilgan grafit (EG) mavjudligi ko'rsatilgan. [7, 8].

Qoplama konstruksiyasi funksional jihatdan bir nechta qatlamlardan tashkil topadi. Birinchi funksional qism — yuqori harorat ta'sirida hosil bo'ladigan qavariqlangan grafit yoki char qatlamidir. Kengaytirilgan grafitning qizdirilishi natijasida uning hajmi keskin ortib, g'ovakli ko'mirsimon qatlam hosil bo'ladi. Ushbu qatlam issiqlik nurlanishining bir qismini qaytaradi, kislorod va gazlarning diffuziyasini cheklaydi hamda metall yuzasini to'g'ridan-to'g'ri olov ta'siridan himoya qiladi. [7, 8].

Intumessent qoplamaning funksional qatlamlari



2-rasm. Kengaytirilgan grafit asosidagi intumessent qoplamaning funksional qatlamlari.

Ikkinchi asosiy qatlam — intumessent polimer qoplamadir. Uning tarkibidagi APP, PER va MEL komponentlari qizdirilganda o'zaro bog'liq fizik-kimyoviy jarayonlarda

Date: 13thOctober-2026

ishtirok etadi. APP termik parchalanib, kislotali mahsulotlar hosil qiladi. Ushbu mahsulotlar PER ning suvsizlanishi va karbonlashishini tezlashtiradi. MEL parchalanganda hosil bo'ladigan gazsimon mahsulotlar esa uglerodli himoya qatlamining g'ovaklanishiga yordam beradi. Shu bilan birga, EG ning yuqori haroratda kengayishi himoya qatlamining hajmi va qalinligini oshiradi. [7, 8].

Komponent	Asosiy vazifasi	Himoya jarayonidagi roli
EG	Hajmiy kengayish	G'ovak, issiqlikni to'suvchi qatlam hajmini oshiradi
APP	Kislotali faol faza	PER karbonlashishini faollashtiradi
PER	Uglerodli karkas manbai	Himoya char qatlamini shakllantiradi
MEL	Gaz hosil qiluvchi komponent	G'ovaklanishga yordam beradi
SiO ₂	Mineral stabilizator	Char qatlam yaxlitligini saqlaydi

2-jadval. Intumessent qoplama komponentlarining funksional vazifalari.

Qoplamaning uchinchi qismi — adgezion, ya'ni bog'lovchi yoki primer qatlamidir. Ushbu qatlam qoplama bilan metall sirt o'rtasidagi bog'lanishni ta'minlaydi va qizdirish hamda ekspluatatsiya vaqtida qoplamaning metall yuzadan ajralib ketishining oldini oladi. [7].

To'rtinchi qatlam metall substrat bo'lib, u po'lat yoki alyuminiydan tashkil topishi mumkin. Yong'in sharoitida qoplamaning asosiy vazifasi aynan shu metall konstruksiyaning qizishini sekinlashtirish va uning mexanik mustahkamligini imkon qadar uzoq vaqt saqlab qolishdan iborat. Himoyalanayotgan konstruksiya esa tashqi yuklamalarni ko'taruvchi asosiy element sifatida qoplama orqali yong'in ta'siridan himoyalanadi. [7].

Yuqori harorat ta'sirida qoplama jarayonlar ketma-ket sodir bo'ladi. Dastlab bog'lovchi polimer qiziydi va yumshaydi. Keyinchalik APP, PER va MEL komponentlarining termik o'zgarishi, gaz ajralishi va karbonlashish jarayonlari boshlanadi. Harorat yanada oshganda EG tarkibidagi interkalatsiyalangan birikmalar parchalanib, grafit qatlamlarining keskin ajralishi va hajmiy kengayishi yuz beradi. Natijada qalin va ko'p g'ovakli uglerodli himoya qatlam shakllanadi. [7, 8].

Qoplama tarkibiga mineral stabilizator sifatida SiO₂ kiritilganda, yuqori haroratda hosil bo'lgan uglerodli qatlamning yaxlitligi va mexanik barqarorligi oshadi. SiO₂ himoya qatlamining yorilishini va sirdan ko'chib ketishini kamaytirishga xizmat qiladi. Tadqiqotda EG miqdorining ortishi qoplamaning qavariqlanish koeffitsiyenti va termik himoya samaradorligini oshirishi, biroq ortiqcha EG miqdori mexanik mustahkamlik va adgeziyaga salbiy ta'sir qilishi mumkinligi qayd etilgan. [7].

Shunday qilib, intumessent qoplamaning himoya samaradorligi faqat bitta komponentga emas, balki EG ning hajmiy kengayishi, APP–PER–MEL tizimining



Date: 13th October-2026

karbonlashishi va gaz hosil qilishi, polimer bog'lovchining qoplama yaxlitligini ta'minlashi hamda SiO₂ ning hosil bo'lgan char qatlamini stabilizatsiya qilishi kabi jarayonlarning sinergik ta'siriga asoslanadi. [7, 8].

Interkalatsiya–termik qavariqlanish mexanizmi



3-rasm. Grafitning interkalatsiya–termik qavariqlanish mexanizmi.

Xulosa

Kengaytirilgan grafit asosidagi intumessent qoplama yuqori harorat ta'sirida ko'p g'ovakli uglerodli himoya qatlamini shakllantirib, metall substratga issiqlik uzatilishini sezilarli darajada cheklaydi. Qoplamaning funksional tuzilishida EG — hajmiy kengayuvchi komponent, APP — kislotali faol faza manbai, PER — uglerodli karkas hosil qiluvchi komponent, MEL — gaz hosil qiluvchi komponent, SiO₂ esa mineral stabilizator vazifasini bajaradi. Primer qatlam esa qoplamaning metall substrat bilan mustahkam adgeziyasini ta'minlaydi. Shu sababli EG va intumessent komponentlarning optimal nisbatini tanlash qoplamaning qavariqlanishi, mexanik yaxlitligi, issiqlik izolyatsiyasi va yong'indan himoya samaradorligini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. [7, 8].

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Xiao H., Liu B., Xu Z. Preparation and characterization of expandable graphite // Carbon. – 2004. – Vol. 42. – P. 273–277.
2. Duquesne S., Jama C., Le Bras M. Intumescent expandable graphite-based systems // Polymer Degradation and Stability. – 2005. – Vol. 88. – P. 63–69.
3. Zhang J., Li B., Wang X. Preparation and thermal expansion behavior of sulfuric acid intercalated graphite // Carbon. – 2003. – Vol. 41. – P. 2685–2692.
4. Wang Y., Shi Z., Yin J. Facile synthesis of expandable graphite by chemical intercalation // Carbon. – 2011. – Vol. 49. – No. 4. – P. 1199–1207.

Date: 13thOctober-2026

5. Chen X., Yu J., Lu S. Thermal expansion behavior and microstructure evolution of expandable graphite // Journal of Materials Science. – 2019. – Vol. 54. – P. 11245–11258.

6. Li J., Zhao Y., Wang H. Microwave-assisted preparation of expandable graphite and its thermal expansion properties // Journal of Materials Research and Technology. – 2022. – Vol. 18. – P. 3208–3218.

7. Djalilov A.T., Ovlayev J. Kengaytirilgan grafit asosida qavariqlanuvchi polimer kompozit qoplamalarning koks qatlam hosil qilish jarayoni tadqiq etish // Xalqaro ilmiy-texnik konferensiya. – Toshkent, 2025. – B. 200–202.

8. Yuan B., Sun Y., Chen X. Expandable graphite as a flame-retardant additive // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. – 2015. – Vol. 71. – P. 98–107.

