KREMNIY ORGANIK QOPLAMANI HOSIL QILISH USULLARI

Eshmurodov X.E
t.f.f.d, dots.
Usanova Farzona Beknazar qizi
E-mail: farzonausanova911@gmail.com
Elbek Asomiddinov Nurbek o‘g‘li

Annotatsiya: Kremniyorganik qoplamalarni hosil qilish usullari bugungi kunda sirtni himoyalovchi, suv va changga chidamli, hamda termobarqaror xususiyatlarni berish texnologiyalarining eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir. Bunday qoplamalar mato va charm kabi g‘ovak strukturalarga ega substratlarda nafaqat fizik himoya qatlamini hosil qiladi, balki molekulyar darajada mustahkam siloksan (Si–O–Si) tarmog‘ini yaratadi. Qoplama hosil qilish usullarini tanlashda kremniy birikmasining turi, substratning fizik tuzilishi, ishlov berish harorati, erituvchi muhitning tabiati va maqsadli sirt xususiyatlari inobatga olinadi.

Kalit so'zlar: Siloksan, sol–gel texnologiyasi, polimetilsiloksanlar (PMS), metiltrietoksisilan (MTES), elektrostatik purkash

Abstract: Methods for forming organosilicon coatings are currently one of the most promising areas of technology for providing surface protection, water and dust resistance, and thermal stability. Such coatings not only form a physical protective layer on substrates with porous structures, such as fabric and leather, but also create a molecularly strong siloxane (Si–O–Si) network. When choosing a coating method, the type of silicon compound, the physical structure of the substrate, the processing temperature, the nature of the solvent medium, and the target surface properties are taken into account.

Keywords: Siloxane, sol–gel technology, polymethylsiloxanes (PMS), methyltriethoxysilane (MTES), electrostatic spraying

Аннотация: Методы формирования кремнийорганических покрытий в настоящее время являются одним из наиболее перспективных направлений технологий обеспечения защиты поверхности, водо- и пыленепроницаемости, а также термостойкости. Такие покрытия не только формируют физический защитный слой на подложках с пористой структурой, таких как ткани и кожа, но и создают молекулярно прочную силоксановую (Si–O–Si) сетку. При выборе метода нанесения покрытия учитываются тип кремниевого соединения, физическая структура подложки, температура обработки, природа растворителя и свойства целевой поверхности.

Ключевые слова: Силоксан, золь-гель технология, полиметилсилоксаны (ПМС), метилтриэтоксисилан (МТЭС), электростатическое напыление

Kirish

ISSN 3030-3907

Kremniyorganik qoplamaning hosil bo‘lish jarayoni ikki asosiy bosqichdan iborat:

1. Gidroliz bosqichi – alkoksisilan yoki polisiloksanlarning suvli muhitda Si–OH (silanol) guruhlariga aylanishi;

2. Kondensatsiya bosqichi – silanol guruhlarining o‘zaro yoki substratdagi faol –OH guruhlar bilan reaksiyaga kirishib, Si–O–Si yoki Si–O–C bog‘larini hosil qilishi.

Bu jarayon quyidagi umumiy sxema orqali ifodalanadi:

$$R–Si(OR')_3 + 3H_2O \rightarrow R–Si(OH)_3 + 3R'OH$$

$$2R–Si(OH)_3 \rightarrow R–Si–O–Si–R + 3H_2O$$

Bu reaksiyalar natijasida polikondensatsiyalangan tarmoqli kremniyorganik qatlam hosil bo‘ladi. Ushbu qatlam sirt bilan kimyoviy bog‘ hosil qilganligi sababli, u yuqori darajadagi adgeziya va issiqlik barqarorligiga ega bo‘ladi.

Kremniyorganik qoplamalarni hosil qilishda bir necha asosiy usullar qo‘llaniladi:

I. Nam usul (botirish va singdirish texnologiyasi)

II. Sol–gel texnologiyasi

III. Aerooksidlanish usuli (plazmali yoki termooksidlanish yo‘li)

Parchalanuvchi bug‘li fazadan qoplama hosil qilish (CVD – Chemical Vapor Deposition): Elektrostatik purkash va ultratovushli qoplama usullari: Har bir usulning o‘ziga xos afzallik va cheklovlari mavjud bo‘lib, material turi va maqsadli xususiyatga qarab tanlanadi.

I.1. Nam (singdirish) usuli

Kremniyorganik birikmalarni tekstil yoki charm sirtlariga singdirishning eng samarali va keng qo‘llaniladigan texnologik yondashuvlaridan biri bu nam (botirish) usuli hisoblanadi. Ushbu metod soddaligi, yuqori samaradorligi va sanoat sharoitlariga mosligi bilan ajralib turadi. Jarayon mohiyatan materialning to‘liq hajmini kremniyorganik modda eritmasi bilan to‘yingan holatga keltirishga asoslanadi, bu esa qoplama moddasining sirt va ichki qatlamlarga chuqur kirib borishini ta’minlaydi.

Amaliyotda ko‘pincha polimetilsiloksanlar (PMS) yoki metiltrietoksisilan (MTES) asosidagi gidrolizlangan eritmalar ishlatiladi. Ular etanol–suv aralashmasida tayyorlanib, pH muhit 4–5 oralig‘ida saqlanadi. Bu qiymat silanlarning kontrollangan gidrolizi va kondensatsiya reaksiyasining optimal kechishini ta’minlaydi. Gidroliz natijasida hosil bo‘lgan silanol guruhlari (≡Si–OH) material sirtidagi gidroksil guruhlar bilan o‘zaro reaksiyaga kirishib, mustahkam Si–O–Sibog‘lanish tarmog‘ini hosil qiladi.

Jarayon odatda quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladi:

ISSN 3030-3907

Eritmani tayyorlash – kremniyorganik modda etanol va suv aralashmasida eritiladi, pH ≈ 4–5 gacha keltiriladi.

Namuna botirish – mato yoki charm namunasi tayyorlangan eritmaga 10–15 daqiqa davomida to‘liq botiriladi.

Siqish – ortiqcha eritma mexanik tarzda siqib chiqariladi, bu qoplama qalinligini nisbatan bir xil qilishga yordam beradi.

Quritish – 20–25 °C haroratda 30 daqiqa davomida tabiiy yoki majburiy konvektsiya yordamida quritiladi.

Termik mustahkamlash – 120 °C da 15 daqiqa davomida olib boriladi, bunda silanol guruhlarining kondensatsiyasi yakunlanib, sirt bo‘ylab uzluksiz Si–O–Si tarmog‘i shakllanadi.

Natijada, material sirtida yupqa, ammo zich va bir tekis kremniyorganik himoya qatlam hosil bo‘ladi. Ushbu qatlam gidrofob (suv itaruvchi) xususiyatni sezilarli oshirib, sirtning chang tutmaslik, ifloslanishga qarshilik va mexanik barqarorlik xususiyatlarini yaxshilaydi.

Nam usulning muhim afzalliklari quyidagilardan iborat:

Kremniyorganik moddaning sirt va tolalar orasiga chuqur singishi tufayli yuqori darajadagi adgeziya hosil bo‘ladi;

Jarayon texnologik jihatdan sodda, maxsus uskuna talab etmaydi;

Laboratoriya va sanoat miqyosida osongina tatbiq etiladi. Shu bilan birga, ushbu usulning kamchiligi – qoplama qalinligini aniq nazorat qilishning murakkabligi bilan bog‘liq. Biroq, termik ishlov parametrlarini optimallashtirish va eritma konsentratsiyasini boshqarish orqali bu muammo amaliy jihatdan bartaraf etilishi mumkin. Umuman olganda, nam singdirish usuli kremniyorganik qoplamalar hosil qilishda soddaligi va samaradorligi tufayli eng istiqbolli texnologiyalardan biri bo‘lib, suv va changga chidamli, shuningdek, issiqlikka bardoshli sirtlar olishda keng qo‘llaniladi

II.2. Sol–gel texnologiyasi

So‘nggi yillarda kremniyorganik qoplamalar tayyorlashda sol–gel texnologiyasi eng istiqbolli va innovatsion yo‘nalishlardan biri sifatida keng qo‘llanilmoqda. Ushbu usul kremniyorganik birikmalarning gidroliz va kondensatsiya reaksiyalariga asoslanib, natijada sirt ustida nanozarrachalardan tashkil topgan zich va bir jinsli Si–O–Si tarmog‘i hosil bo‘ladi.

Sol–gel texnologiyasi jarayoni odatda uch bosqichda kechadi: Silan moddasining gidrolizi (sol hosil bo‘lishi). Dastlab, kremniyorganik modda – odatda tetraetoksisilan (TEOS), metiltrietoksisilan (MTES) yoki polimetilsiloksan (PMS) – suv va spirt aralashmasida gidrolizlanadi. Gidroliz reaksiyasi kislota yoki ishqor katalizatori ishtirokida kechadi:

$$Si(OC_2H_5)_4 + 4H_2O \rightarrow Si(OH)_4 + 4C_2H_5OH$$

ISSN 3030-3907

Hosil bo‘lgan silanol guruhlari (Si–OH) keyingi bosqichda kondensatsiya reaksiyasiga kirishadi.

Kondensatsiya va zarralar o‘sishi (gel hosil bo‘lishi).

Bu bosqichda silanol guruhlari o‘zaro reaksiyaga kirishib, suv yoki spirt ajralishi bilan Si–O–Si tarmog‘ini hosil qiladi:

$$Si–OH + HO–Si \rightarrow Si–O–Si + H_2O$$

Shu tariqa dispers sol tizimi sekin-asta strukturalangan gel holatiga o‘tadi. Hosil bo‘layotgan gelning nanochiziqli struktura xususiyatlari uni yuqori darajada funksional qiladi.

Quritish va termik stabilizatsiya.

Gel holatidagi qoplama 60–120 °C oralig‘idagi haroratda quritiladi. Quritish jarayonida ortiqcha erituvchi va adsorbsiyalangan suv ajraladi, natijada mexanik va kimyoviy jihatdan barqaror kremniy dioksid (SiO_2) tarmog‘i hosil bo‘ladi.

Sol–gel texnologiyasi yordamida qoplama qalinligi, sirt silliqligi va nanostruktura o‘lchamlarini yuqori aniqlik bilan nazorat qilish mumkin. Natijada hosil bo‘lgan qatlam bir jinsli, kimyoviy jihatdan inert va mustahkam bo‘ladi. Shuningdek, sol–gel qoplamalarining gidrofob xususiyati ularning sirt energiyasi pastligi va silliq nanochiziqli tuzilmasi bilan izohlanadi.

Masalan, mato namunasi tetraetoksisilan (TEOS) asosidagi sol–gel eritmasiga singdirilib, 60 °C da 1 soat davomida quritilganda, sirtning kontakt burchagi 135–145° gacha oshadi. Bu ko‘rsatkich materialning suv tomchilarini sirt bo‘ylab yoyilmasdan siljib tushishini, ya’ni yuqori darajadagi gidrofoblikni bildiradi.

Sol–gel texnologiyasining afzalliklari:

a) Nanochiziqli va nanog‘ovakli strukturalarni boshqarilgan shaklda hosil qilish imkoniyati;

b) Qoplama qalinligi va sirtning silliqligini nazorat qilish imkoniyati;

c) Kimyoviy jihatdan mustahkam, mexanik bardoshli va optik jihatdan tiniq qatlamlar hosil bo‘lishi;

d) Past haroratlarda ishlov berish imkoniyati tufayli tekstil va charm kabi issiqlikka sezgir materiallarga mosligi.

Shunday qilib, sol–gel texnologiyasi an’anaviy singdirish yoki püskürtish usullariga nisbatan ancha nazoratli va mikrostruktura darajasida boshqariladigan jarayon bo‘lib, suv va changga chidamli, shuningdek, o‘z-o‘zini tozalovchi sirt xususiyatlariga ega ilg‘or kremniyorganik qoplamalar olishda muhim ahamiyat kasb etadi.

III.3. Aerooksidlanish usuli (plazmali yoki termooksidlanish yo‘li)

Yuqori harorat yoki plazma muhitida kremniyorganik monomerlarning parchalanishi natijasida hosil bo‘lgan aktiv radikallar substrat sirtiga birikadi va

ISSN 3030-3907

zich qoplama hosil qiladi. Bu usulda HMDS (heksametildisiloksan) yoki metilsiloksan bug‘lari inert gaz oqimida 300–400 °S da parchalanadi. Natijada sirt ustida amorf SiO_2–C qatlami hosil bo‘ladi. Ushbu qoplama chang zarrachalarining yopishishini 60–70% gacha kamaytiradi va 500 °S gacha issiqlikka bardosh beradi.

CVD texnologiyasi sanoat miqyosida keng qo‘llaniladi. Unda kremniyorganik moddaning bug‘lari substrat sirtiga uzatiladi va u yerda termik parchalanish orqali Si–O–Si qatlamini hosil qiladi.Masalan, metilsilan yoki dimetildisilan bug‘lari 250–350 °S da parchalansa, sirt ustida 100–500 nm qalinlikdagi kremniy qatlam hosil bo‘ladi.Bu qatlam nafaqat gidrofob, balki olovga chidamli bo‘lib, yonish jarayonida SiO_2 qobig‘i hosil qiladi. Shunday qilib, qoplama substratni issiqlik va kislorod ta’siridan himoya qiladi.

Yangi avlod texnologiyalaridan biri — ultratovushli purkash bo‘lib, bunda kremniyorganik eritma juda mayda (1–10 mikron) tomchilarga ajratilib, substrat sirtiga purkaladi. Bu usul qoplama qalinligini aniq nazorat qilish imkonini beradi. Elektrostatik purkash esa zaryadlangan tomchilar yordamida qoplamaning sirtga bir xilda taqsimlanishini ta’minlaydi. Har ikkala usulning afzalligi — ekologik xavfsizlik, eritma sarfining kamayishi va yuqori texnologik nazorat imkoniyatidir.

Hosil bo‘lgan kremniyorganik qatlamning strukturasini SEM (Scanning Electron Microscopy), AFM (Atomic Force Microscopy) yoki FTIR (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy) usullari bilan tahlil qilish natijasida aniqlanadi. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, qoplama sirtida nanozarralar 40–80 nm diametrda joylashadi va sirtning pürüzlülük darajasini oshiradi. Bu esa supergidrofob effektni kuchaytiradi.

Quyidagi jadvalda turli usullarda hosil qilingan kremniyorganik qoplamalarning xususiyatlari taqqoslanadi.

2-jadval.

Kremniyorganik qoplamalar hosil qilish usullarining taqqoslanishi

Usul	Harorat (°S)	Qoplama qalinligi (nm)	Sirt kontakt burchagi (°)	Afzallik	Kamchilik
Nam singdirish	100–120	300–500	110–125	Oddiy va arzon	Qalinlik nazorati murakkab
Sol–gel	60–100	100–300	130–145	Nano-tuzilma, bir jinslilik	Jarayon uzoq davom etadi

ISSN 3030-3907

Plazmali	300–400	50–150	120–130	Mustahkam, silliq qatlam	Energiya sarfi yuqori
CVD	250–350	100–500	125–140	Yonishga chidamli	Maxsus uskuna talab etadi
Ultratovushli purkash	25–80	200–400	115–135	Nazorat oson	Samorodorlik ertma xossasiga bog‘liq

Kremniyorganik qoplamani hosil qilishning optimal usuli substratning turiga va talab qilinadigan sirt xususiyatlariga bog‘liq. Tajribalar shuni ko‘rsatdiki: Paxta matolari uchun sol–gel usuli eng maqbul natija beradi (gidrofoblik 140° gacha). Charm materiallari uchun esa CVD yoki nam singdirish usuli yaxshi natija ko‘rsatadi (sirtning mexanik elastikligi saqlanadi). Plazmali usul esa yonmaydiganlik xususiyatini oshirishda eng samarali bo‘ladi. Qoplama hosil bo‘lish jarayonida harorat, pH, eritma konsentratsiyasi va quritish sharoitlari muhim rol o‘ynaydi. Ularning har biri qoplamaning struktura zichligi, sirt silliqligi va suvni itarish qobiliyatiga bevosita ta’sir qiladi.

XULOSALAR: Kremniyorganik qoplamalar bilan modifikatsiyalangan mato va charm materiallarining samaradorligini baholashda ularning suvga va changga chidamlilik darajasi muhim ko‘rsatkich hisoblanadi. Bunday qoplamalar sirtning namlikka nisbatan o‘zini tutishi, chang zarrachalarining yopishish tezligi, suv tomchilari bilan o‘zaro ta’sir burchagi, hamda sirtning energiyasi orqali aniqlanadi. Shuning uchun tadqiqotning ushbu bosqichida fizik-kimyoviy usullar yordamida sirtning gidrofoblik va changga qarshilik xususiyatlari miqdoriy jihatdan baholandi. Gidrofoblikni baholash nazariy asoslari: Material sirtining suvga chidamliligi, ya’ni gidrofobligi, suv tomchisining sirt bilan hosil qilgan kontakt burchagi (θ)orqali aniqlanadi. Bu hodisa Yong tenglamasi bilan ifodalanadi:

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. M. Liven, E.D. Vayl Polemerlarning olovga chidamliligi mxanizimlari va ta’sir qilish ussullari. Yong‘inga qarshi Mater. 1,31-68 (2001).

2. D.Van Krevelen , Polemer materiyallarining olovga chidamliligining ba’zi asosiy jihatlari. Polemer 16(8) 615-620-sahifa

3. F.laouti, l. Bonnaud, Aleksandr, J.M. Lopes-Kuesta P. Dyubois olovga chidamli polemer materiallarning yangi istiqbollari: asoslardan nanokopozitlarga. Mater. Sci. Eng. R. Rep.63(3), 100-125 (2009)

4. Y. Xue, J. Feng, Z. Ma, L. Liu, P. Song, Ekologik yaxshi yong‘indagi yutuqlar va muammolr-kechiktiruvchi polilaktid Chjan, S.; Horrocks, A.R. Prog. Polim.

ISSN 3030-3907

Sci, 2003, 28, 1517-1538.
5. Modesti, M.; Lorenzetti, A.; Bon, D.; Besko, S. Polimer, 2005, 46 (23), 10237 - 10245.
6. Chju, J.; Uhl, F.M.; Morgan, A.B.; Wilkie, C.A. Kimyo. Mater, 2001, 13(12), 4649 - 4654.
7. Százdi, L.; Pukánsski Jr. B.;J.; Vansko, G.J.; Pukanski, B. Polimer, 2006, 47(13), 4638-4648.
8. Nam, P.H.; Maiti, P.; Okamoto, M.; Kotaka, T.; Xasegava, N.; Usuki, A. Polimer, 2001, 42(23), 9633-9640.
9. Kato, M.; Usuki, A.; Okada, A. J. Appl Polym Sci, 1998, 66 (9), 1781-1785.
10. Qin, X.; Chjan, S.; Chjao, C.; Feng, M.; Yang, M.; Shu, Z.; Yang, S. Polim Degrdn Stab, 2004, 85 (2), 807-813.
11. Lertvimolnun, V.; Vergnes, B. Polimer, 2005, 46 (10), 3462-3471.
12. Yeo, S.Y.; Li, H.J.; Jeong, S.H. J. Mat Sci 2003, 38 (10), 2143-2147.
13. Liu, X.; Vu, Q. Polimer, 2001, 42 (25), 10013-10019.
14. Ding, C.; Jia, D.; U, H.; Guo, B.; Hong, H. Polymer Testing 2005, 24 (1), 94-100.
15. 1Horrocks, A.R.; Kandola, B.; Padbury, S. J Matn instituti 2003, 94 (3), 46-66

ISSN 3030-3907