

ISSN 2091-5527

№ 2/2026

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал

Композиционные материалы

наполнителя в объеме покрытия. Так, у менее вязких фурано-эпоксидных покрытий наблюдается более равномерное распределение частиц наполнителей, за исключением железного порошка. Это приводит к более значительному снижению электризации ФАЭД-20 и ФАЭИС-30 по сравнению с ЭД-16.

Заключение. В результате исследований установлено, что введение наполнителей существенно влияет на электризацию полимерных покрытий при трении с хлопком-сырцом. При этом сохраняется положительная полярность покрытий и отрицательная - хлопка-сырца. Показано, что диэлектрические наполнители (каолин) при низких концентрациях несколько увеличивают электризацию, а при более высоких - незначительно её снижают. Наиболее эффективное уменьшение поверхностной

плотности зарядов достигается при введении электропроводящих наполнителей, таких как сажа и графит, что связано с формированием проводящих структур и увеличением утечки зарядов.

Установлено, что эффективность снижения электризации определяется как электропроводностью наполнителя, так и его взаимодействием с полимерной матрицей и равномерностью распределения в покрытии. Более равномерное распределение частиц в фурано-эпоксидных композициях обеспечивает более заметное снижение электризации по сравнению с эпоксидными системами.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке антиэлектростатических полимерных покрытий для оборудования хлопкоперерабатывающей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Негматов С.С., Джалилов Н.Х. и др. Трибоэлектрические свойства композиционных полимерных покрытий при трении с хлопком-сырцом //Композиционные полимерные материалы и их применение в народном хозяйстве: Тез.докл. I Всесоюз.конф. - Ташкент, 1983. -Ч.II. - С. 92-93.
2. Джалилов Н.Х., Негматов С.С. и др. Электризация композиционных полимерных материалов на основе фурано-эпоксидных олигомеров при трении с хлопком-сырцом //Композиционные полимерные материалы и их применение в народном хозяйстве: Тез.докл. I Всесоюз.конф. - Ташкент, 1983. -Ч.II. -С 129-130.
3. Джалилов Н.Х., Негматов С.С. и др. Исследование влияния электропроводящих наполнителей на трибоэлектрические процессы при взаимодействии полимерных покрытий с хлопком-сырцом //Механоэмиссия и механохимия твердых тел: Тез. докл. VIII Всесоюз. Симпозиума. - Таллин, 1981. -С. 45-46.
4. Гуль В.Е., Шенфиль Л.З. Электропроводящие полимерные композиции. - М.: Химия, 1984. - 240 с.
5. Филиппов П.Г., Шевченко В.Г., Пономаренко А.Т. и др. Электрические свойства полимерных композитов с электропроводящими дисперсными и волокнистыми наполнителями. - М.: НИИТЭХИМ. Обзорн.инф.сер. Общестраслевые вопросы, 1984. - Вып. I (219). -С. 55.
6. А.С. 1078911. Антифрикционная композиция на основе поли 3,3-бис/хлорметил/оксетана / С.С.Негматов, А.Б.Джумабаев, Н.Х.Джалилов, А.А.Иргашев, М.Ж.Нажмиддинов, Т.А.Алматаев, У.Х.Умаров // БИ. -1984.

GRANULLANGAN KREMNIY NANOZARRALARINI QARSHILIK VOSITASI BILAN QIZDIRIB BIRIKTIRISH ORQALI KREMNIY SIRTIDA METALLOKOMPZIT OMIK KONTAKTLAR HOSIL QILISH MUAMMOLARI VA YECHIMLARI

¹Mamirov Abduvoxid Muxammadamin o'g'li, ²Olimov Lutfiddin Omanovich

¹Andijon davlat texnika instituti tayanch doktorati, ²Iqtisodiyot va pedagogika universiteti

Annotatsiya. Mazkur ishda kukunli texnologiya asosida granullangan kremniy nanozarralarini tayyorlash hamda ular asosida metallokompozit Omik kontaktlar hosil qilish jarayonlari o'rganildi. Dastlab kremniy materiali mexanik maydalash orqali mikro va nano o'lchamli kukunlarga aylantirildi, so'ngra saralash, yuvish va magnit tozalash bosqichlaridan o'tkazildi. Olingan nanozarralar etil spirti bilan namlanib, bir tekis aralashma hosil qilindi va keramik trubkaga joylashtirildi. Metall sterjenlar yordamida bosim ostida siqilgan tizimda qarshilik orqali qizdirish amalga oshirildi. Yuqori harorat ta'sirida zarrachalar o'zaro birikib, zich va mustahkam struktura hosil qildi. Isitish, ushlab turish va sovutish bosqichlaridan iborat siklik issiqlik ishlovi kontakt sifatini oshirdi. Tadqiqot natijalari ushbu usulning soddaligi, nazorat qilinishi va yuqori sifatli Omik kontaktlar olishdagi samaradorligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: Kremniy nanozarralari, kukunli texnologiya, granullash jarayoni, Omik kontaktlar, metallokompozit qoplama, qarshilik bilan qizdirish, nanozarrachalar sintezi, mexanik maydalash, magnit tozalash, adgeziya xususiyati, elektr o'tkazuvchanlik, termik ishlov berish, keramik taglik, zichlash jarayoni, kontakt qarshiligi, mikro va nano tuzilma.

Kirish. Kukunli texnologiya asosida kremniy nanozarralari tayyorlash va ularni qizdirib biriktirish orqali metallokompozit qoplamali Omik

kontaktlar hosil qilishning o'ziga xos xususiyatlari bayon qilinadi. Kukunli texnologiya boshqa turdagi texnologiyalardan, masalan, zol-gel, molekulyar

nur yoki quyma usulda kremniy olish va boshqa texnologiyalarga nisbatan soddaligi, murakkab texnologik jarayonlarni talab qilmasligi bilan farq qiladi. Shuningdek, bu texnologiya tadqiqot maqsadi va vazifalarini bajarishda eng qulay metod hisoblanadi. Ushbu texnologiya istalgan turdagi kristallarni, ishlash muddati tugagan kristal materiallarni granullash imkonini beradi. Granullangan kremniy nanozarralarini qizdirib biriktirish esa ikki usulda qarshilik vositasi hamda mujassamlashgan quyosh nurlari dastasi bilan olib borildi. Har ikki usulda ham etil spirti bilan kremniy nanozarralari qorishmasini tayyorlash, presslash yoki zichlash jarayonlari amalga oshiriladi [1].

Tadqiqot metodologiyasi. Ushbu ishda mikro-va nanoo'lchamli granullangan kremniy zarralarini olish uchun kukunli texnologiyadan foydalanildi. U an'anaviy kukunli texnologiyasidan farqli ravishda kremniy nanozarralarini tayyorlash detallari issiqqa bardosh, tarkibida metall birikmalari bo'lmagan kompozit materiallardan tashkil topgan. Bu kremniy nanozarralarini tashqi muhitdan kirib qoluvchi turli kirishmalar bilan ifloslanishini oldini oladi. Shuningdek, ushbu usul 0,5 mikrometrgacha kremniy zarrachalarini tayyorlash imkonini beradi [2].

Yarimo'tkazgichli materiallarni kukunlash jarayonini 5 qismga bo'lish mumkin. Dastlab, mono yoki polikristall yarimo'tkazgichli materiallar 2 va 3 millimetr o'lchamda maydalanadi, so'ngra maydalangan kristallar tegirmondan o'tkaziladi [3]. Tegirmonda hosil bo'lgan kukunlar o'lchamlariga mos holda ajratiladi. Ajratilgan kukunlar yuviladi va vakuum sharoitida quritiladi. So'ngra magnit usuli yordamida tashqi muhitdan kirib qolgan iflosliklardan tozalanadi. Yakuniy mahsulot granullangan kremniy nanozarralaridan iborat bo'ladi. So'ngra, kukunlar maxsus magnitik usulda tozalanadi. Magnitik usul kremniy kukunlarini tashqi muhitdan kirib qolgan va magnitik xususiyatiga ega bo'lgan chiqindilardan to'la tozalash imkonini beradi [4].

Ushbu jarayonlarni matematik va mantiqiy modellashtirish uchun uni quyidagi ketma-ket bosqichlarga va miqdoriy ko'rsatkichlarga ajratishimiz mumkin.

Kukunli texnologiyada zarrachalar o'lchamining vaqtga bog'liq ravishda kichrayishi odatda Ritinger qonuni yoki eksponentsial bog'lanish asosida hisoblanadi. Unga ko'ra, kremniy kristallari 2-3 mm dan 1 mm gacha maydalanadi. Buning uchun zarur bo'lgan minimal (t) vaqtni quyidagicha baholash mumkin:

$$d(t) = d_{min} + (d_0 - d_{min}) \cdot e^{-kt} \quad (1)$$

bu yerda, $d(t)$ – t vaqtdagi zarracha o'lchami; d_0 (~2-3 mm) – maydalanayotgan kristalchalarning dastlabki o'lchami; d_{min} (~0,5 μ m) – zarrachaning texnologik jihatdan erishish mumkin bo'lgan

minimal o'lchami; k – kukunlash samaradorligi koeffitsienti (bu materialning qattiqligi va tegirmon turiga bog'liq holda tanlab olinadi).

Kremniy kristallarini 1 mm gacha maydalash uchun sarflanadigan solishtirma energiya (W)ni Bond formulasi yordamida quyidagicha ifodalash mumkin:

$$W = 10 \cdot W_i \left(\frac{1}{\sqrt{d_{final}}} - \frac{1}{\sqrt{d_{initial}}} \right) \quad (2)$$

bu yerda, W_i – kremniy uchun ish koeffitsienti, bo'lib, agar W_i yuqori bo'lsa, tegirmonda maydalash jarayoni uzoqroq davom etadi va ko'proq energiya talab qiladi. Bu koeffitsient qiymati qanchalik katta bo'lsa, materialni maydalash shunchalik qiyin bo'ladi. Bu esa maydalash jarayonida (mexanik usulda) tashqi muhitdan ko'proq kirishmalar (nuqsonlar) kirib qolishiga sabab bo'lishi mumkin.

Kremniy nanozarralarini tayyorlashning keyingi bosqichi magnit maydonda tozalash bo'lib, u magnit maydoni kuchi va tozalash samaradorligi bilan izohlanadi. Kukunlarni magnit maydonida tozalash tashqi muhitdan kirib qoluvchi magnit xususiyatiga ega chiqindilardan tozalash uchun xizmat qiladi. Zarrachaga ta'sir qiluvchi magnit (F_m) oqim kuchini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$F_m = \kappa \cdot V \cdot H \cdot \frac{dH}{dx} \quad (3)$$

bu yerda, κ – aralashmadagi kirishma zarrachasining magnitlanuvchanligi; V – zarracha hajmi; H – magnit maydon kuchlanganligi; $\frac{dH}{dx}$ – magnit maydonining gradienti (maydonning notekislik darajasi).

Zarrachalarni magnit maydonida tozalash uchun magnit kuchi qarshilik kuchlaridan (ishqalanish yoki muhit yopishqoqligi (F_r)) katta bo'lishi kerak:

$$F_m > F_r \quad (4)$$

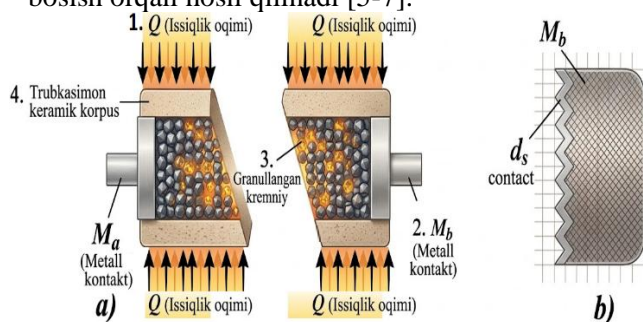
Keltirilgan texnologik jarayonning samaradorlik koeffitsientini quyidagi nisbat bilan ifodalash mumkin:

$$\eta = \frac{m_{taylor}}{m_{xom-ashyo}} \cdot (1 - K_{iflos}) \quad (5)$$

bu yerda, m_{taylor} – granullangan nanozarra massasi; K_{iflos} – tashqi muhitdan kirib qolgan qoldiq kirishmalar miqdori (keramik idishlar tufayli bu koeffitsient minimal bo'ladi).

Tahlil va natijalar. Kremniy nanozarralarini qarshilik vositasi bilan qizdirib biriktirish 70 % li etil spirti bilan kremniy nanozarralari (1) qorishmasini tayyorlash, ularni trubka shaklidagi issiqqabardosh keramik (2) taglikka solish va ularning ikki (A va B) tomonidan Omik metal kontaktlar (M_A va M_B) bilan bosishga asoslangan (1.1a-rasm). Bunday holda nanozarralar birikmasi tuzilishi jihatidan sterjen shaklini oladi. Ta'kidlash joizki, qizdirib biriktirish va Omik kontakt hosil qilish termoelektrik material tayyorlash bilan bir

vaqtning o'zida bajariladi. Ya'ni, Omik kontaktlar M_A va M_B metal sterjenlar bo'lib, granullangan kremniy zarrachalari (1)ni P bosim kuchi bilan bosish orqali hosil qilinadi [5-7].



1-rasm. Kremniy nanozarralarini qizdirib biriktirish sxemasi

Kremniy nanozarralarini 70 % li etil spiriti bilan kremniy nanozarralari (1) qorishmasini tayyorlashda kremniy nanozarralar geli hosil bo'lmaydi balki, ular etil spirit bilan namlanadi [8]. Bunday holda etil spiriti bilan qorishma tayyorlash yoki namlanish nisbati quyidagi tartibda bo'ladi:

$$\frac{V_{kremniy}}{V_{spirit}} = \frac{1}{1} \quad (6)$$

Namlanish nanozarralarning yopishqoqligini ya'ni, bir-biriga yopishish xususiyatini paydo qiladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, etil spiriti bilan qorishma tayyorlash yoki namlash kremniy nanozarralarini issiqqa bardosh masalan, trubka shaklidagi keramik taglikka kerakli miqdor va zichlashgan holda solish hamda ularni isrof bo'lishini oldini olish imkonini berdi.

Qizdirib biriktirish jarayonida tayyor bo'lgan kremniy nanozarralari (1) qorishmasi issiqqa bardosh masalan, ichki dimametri 1 millimetr bo'lgan trubka shaklidagi keramik (2) taglikka solinadi (1.1a-rasm). Issiqqa bardosh keramik trubkaning ikki (A va V) tomonidan kremniy nanozarralari metal (M_A va M_V) sterjenlar bilan R bosim kuchi ostida bosiladi. Bu yerda M_A va M_V termoelektrik materialning Omik kontakti vazifasini bajaradi hamda nanozarralarning sochilishini oldini oladi.

Adabiyot taxlillaridan ko'rinadiki, sirt g'adir-budirligi kontaktlar adgeziyaligi hamda mustahkamligini ortishiga olib keladi. Bizning holda, M_A va M_B metal sterjenlarning granular bilan kontaktlashadigan yuzasi tuzilishi jihatidan g'adir-budir shaklda bo'lib, g'adir-budirlik o'lchami granular o'lchamiga yaqin o'lchamlarda tayyorlangan (1.1b-rasm). Shuningdek, M_A va M_B metall sterjenlar bilan granullangan zarrachalar P bosim kuchi bilan bosiladi [9]. P bosim kuchi M_A va M_B kontaktlar orqali granullangan zarrachalar qarshiligi (R)ni o'lchash orqali nazorat qilinadi. Bunda $R=1$ kOm dan ortmasligi talab etiladi. Bundan tashqari, M_A va M_B metal sterjenlari bilan granular tutashgan soha qarshilik vositasi yordamida Q issiqlik energiyasi bilan qizdiriladi

(1.1a-rasm). Q issiqlik energiya temperaturasi granullangan zarracha materialining turiga bog'liq. Masalan, kremniy uchun qizdirish temperaturasi $t \leq 1250$ °C. Bu jarayonlar kontaktning adgeziyaligi hamda mustahkamligini oshiradi [10]. Bunday texnologik jarayonlar mavjud an'anaviy kontaktlar hosil qilish usullar singari murakkab texnologiyalar talab qilmasligi bilan qulay, arzon ilmiy-texnik yechim hisoblanadi.

Kremniy nanozarralarini issiqlayin biriktirish jarayonlari ma'lum bir vaqt sikli asosida amalga oshiriladi:

$$t_{jami} = n \cdot (t_{up} + t_{hold} + t_{down}) \quad (7)$$

Kremniy nanozarralarini biriktirish uchun qarshilik vositasi bilan issiqlik energiyasi (Q) beriladi. Bu jarayon vaqtga bog'liq bo'lgani uchun isitish vaqti (t_{up}): 0 °C dan T_{max} gacha 30 minut davom etadi. Ushlab turish vaqti (t_{hold}): maksimal haroratda ($t=1200 \div 1250$ °C) 20 minut ushlab turiladi. Sovutish vaqti (t_{down}): Isitish tezligi bilan bir xil tartibda sovitiladi. Qizdirib biriktirish sikllari soni (n): Samaradorlikni oshirish uchun jarayon $n=5 \div 6$ marta takrorlanadi.

Bundan tashqari qizdirib biriktirish jarayoni nanozarralar geometrik shakli va issiqlik o'tkazuvchanlik chegaralariga bog'liq. Kremniy nanozarralarini biriktirish uchun qo'llaniladigan keramik trubka diametrining kritik parametri $d \leq 1$ mm bo'lishi talab etiladi. Agar $d > 1$ mm bo'lsa, issiqlik energiyasi trubka markaziga yetib bormaydi va kristallanish (birikish) yuz bermaydi.

Xulosa. Olib borilgan tadqiqotlar natijasida kukunli texnologiya asosida kremniy nanozarralarini tayyorlash va ularni qarshilik vositasi bilan qizdirib biriktirish orqali metallokompozit Omik kontaktlar hosil qilishning samarali usuli ishlab chiqildi va tahlil qilindi. Ushbu usulning asosiy afzalligi uning texnologik soddaligi, arzonligi hamda yuqori samaradorligidadir.

Maydalash jarayonining samaradorligi ko'plab omillarga, jumladan materialning qattiqligi, tegirmon turi va energiya sarfiga bog'liq ekanligi ko'rsatildi. Eksperimental va matematik modellashtirish natijalari zarracha o'lchamining vaqt o'tishi bilan eksponentsial tarzda kamayishini tasdiqladi. Bond formulasi asosida hisoblangan energiya sarfi esa jarayonni optimallashtirish uchun muhim mezon bo'lib xizmat qiladi. Magnit maydonda tozalash bosqichi nanozarralarning tozaligini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, magnit kuchi qarshilik kuchidan katta bo'lgan sharoitda kirishmalar samarali ravishda ajratib olinadi. Bu esa yakuniy mahsulot sifatini sezilarli darajada oshiradi.

Kontakt yuzalarining g'adir-budir shaklda tayyorlanishi kontaktning mexanik va elektr

- Очилдиев К.Т., Мухаметджанова Ш.А., Маткаримов С.Т., Исмаилов Ж.Б., Нуралиев О.У., Акрамов У.А., Чориев Х.И.** Термодинамический анализ процессов восстановления оксидов металлов конвертерного шлака клинкером 172
- Марданова Ю.У., Камалова Д.И., Абед Н.С.** Исследование структуры полупроводниковых композиционных полимерных материалов на основе полиметилметакрилата методом ИК-спектроскопии..... 176
- Jalilov Sh.N., Karomatov S., Safarov A.R.** Mochevino-formaldegid smolasini kraxmal, melamin va PVX asosida modifikatsiyalab olingan yelimlovchi-bog'lovchilarning fizik-kimyoviy tahlil usullarini o'rganish..... 179

6. Проблемные обзоры

- Нормаматов А.М., Эркаев А.У., Эркаева Н.А., Шамаксудова Д.С. Бобокулов А.Н.** Сув тозалаш иншооти чўкиндисини комплекс қайта ишлаш 181
- Абед Н.С., Негматов С.С., Сергиенко В.П., Бухаров С.Н., Косимов Ш.Б., Туляганова В.С., Шамсиева С.С., Эшқобилов О.Х., Джабаров Б.Т.** Влияние электропроводящих и полупроводниковых наполнителей на электризацию полимерных покрытий при трении с хлопком-сырцом 185
- Mamirov A.M., Olimov L.O.** Granullangan kremniy nanozarralarini qarshilik vositasi bilan qizdirib biriktirish orqali kremniy sirtida metallokompozit omik kontaktlar hosil qilish muammolari va yechimlari 188
- To'xtayev S.A., Amonov M.R., Axmedov M.M.** Neft-gaz sanoatida qo'llanilgan kompressor moylarini sorbentlar asosida tozalash 191
- Рахимова М.Ш., Томилин Д.В.** Разработка коллекции женских жакетов сложных форм с учётом физико-механических свойств тканей 194
- Ахмедов Р.Т.** Композиционные материалы в создании функциональных и декоративных меховых изделий 199
- Ахмадалиев Ш.Ш.** Композицион материалларни деформациялашда кучланган-деформацияланган холат экспериментал тадқиқот усулларининг таҳлили 202
- Очилдиев К.Т., Мухаметджанова Ш.А., Маткаримов С.Т., Исмаилов Ж.Б., Нуралиев О.У., Акрамов У.А., Чориев Х.И.** Механизм взаимодействия конвертерного шлака и клинкера при восстановлении оксидов металлов 204
- Ходжаева Д.Н., Рузиева Б.Ю., Негматов С.С., Абед Н.С.** Исследования состояния и анализ полимерных связующих применяемых в производстве древесно-пластиковых плитных материалов 206
- Rahmonova M.S., Eshqobilov O.X.** Lok-bo'yoq materiallar va ularning tarkibidagi to'ldiruvchilarni xossalriga ta'siri 209
- Дадаходжаев А.Т., Рахматов У.Н., Абдуллаева Д.К., Собитов О.С., Мусабаев Д.Т.** Ресурсоберегающая технология получения микроудобрения -гептагидрата сульфата цинка 211
- Юсупов А.А., Райимкулов С.Х., Сайфуллаев Ж.Ж.** Методы формовки труб большого диаметра и перспективы расширения производственных мощностей трубного производства Узбекистана 212
- Абдалимов Д.О., Тураходжаев Н.Дж., Чоршанбиев Ш.М., Таджиев Н.Х., Тўраев А.Н., Парпиев Р.А.** Бронза қотишмасидан заргарлик буюмларини куйиш усуллари, нуқсонлар ва уларни бартараф этиш 215
- Jalilov Sh.N., Karomatov S., Safarov A.R.** Mochevino-formaldegid smolasini kraxmal, PVX, EPXG va melamin asosida modifikatsiyalab olingan yelimlovchi bog'lovchi kompozitsiyaning TGA/DTA hamda SEM tahlilini o'rganish 218

7. Вести из лаборатории

- Косимова М.Н.** Опытнo-производственные испытания разработанных композиций при крашении хлопко-вискозных тканей 221
- Негматов С.С., Анварова З.А., Султанов С.У.** Разработка технологического процесса и режимов получения ненаполненных композиций из ацетат целлюлозных композиций 221
- Samadova L.Sh., Yakubov M.M., Yakubov O.M., Maksudxodjayeva M.S.** Mineral va texnogen xomashyoning qiyin boyitiluvchanligini eritish usuli orqali to'liq ochish imkoniyati 223