Дәріс 14.

Гидрофобты күйенің өнеркәсіпте және қорғаныс саласында қолданылуы.

Дәрістің жоспары:

1 Гидрофобты күйені өнеркәсіпте қолдану бағыттары

2 Қорғаныш жабындар: өздігінен тазару, мұзға және коррозияға қарсы қорғаныс

3 Мұнай мен суды бөлу және сорбциялық қолданулар

4 Қорғаныс саласындағы қолданулар: экрандау, жұту және қорғаныш материалдар

Күйе — өндірістік ауқымда алынатын ең арзан және ең көп өндірілетін көміртекті наноматериалдардың бірі. Оның бетін гидрофобты ету немесе гидрофобты күйе жабындарын жасау материалға жаңа функциялар береді: суды тойтару, өздігінен тазару, ылғалдан және коррозиядан қорғау. Дәрісте осы қасиеттердің өнеркәсіптегі және қорғаныс саласындағы практикалық маңызы қарастырылады.

1 Гидрофобты күйені өнеркәсіпте қолдану бағыттары

Күйенің ең ірі тұтынушысы — шина және резеңке-техникалық бұйымдар өнеркәсібі. Мұнда күйе күшейтуші толтырғыш ретінде қолданылады: ол модульді, тозуға төзімділікті және жыртылуға беріктікті арттырады, ультракүлгін сәулені жұту арқылы резеңкенің қартаюын баяулатады. Күйе сонымен бірге бояулар мен баспа бояуларында пигмент, пластмассаларда антистатикалық және өткізгіш қоспа ретінде қолданылады. Бұл салаларда күйенің матрицамен үйлесімділігі және дисперсиясы шешуші рөл атқарады (13-дәріс).

Беті модификацияланған гидрофобты күйе жеке функционалды материал ретінде де қолданылады. Оның негізіндегі жабындар мен композиттер ылғалға төзімді, өздігінен тазаланатын және суды тойтаратын бет жасауға мүмкіндік береді. Мұндай бетті сипаттайтын негізгі шамалар: тепе-теңдік жанасу бұрышы θ, алға және кері жанасу бұрыштары θA және θR, сырғу бұрышы α. Жанасу бұрышының гистерезисі былай анықталады:

$$\Delta\theta = \theta_A - \theta_R \qquad (1)$$

Гистерезис аз болған сайын су тамшысы бетте оңай қозғалады. Тамшының қозғалу шартын Фурмидж теңдеуімен бағалайды:

$$m\,g\,\sin\alpha = k\,w\,\gamma_{LV}\,(\cos\theta_R - \cos\theta_A) \qquad (2)$$

Мұндағы m — тамшының массасы, g — еркін түсу үдеуі, α — сырғу бұрышы, w — тамшының бетпен жанасу сызығының ені, γLV — сұйықтықтың бетті керілуі, k — тамшының пішініне байланысты өлшемсіз тұрақты (шамамен 1). Теңдеуден

супергидрофобты бетте гистерезис кем болғандықтан, тамшы аз еңістікте де домалап кететіні шығады.

2 Қорғаныш жабындар: өздігінен тазару, мұзға және коррозияға қарсы қорғаныс

Өздігінен тазару. Су тамшысы супергидрофобты бетпен домалағанда шаң мен кір бөлшектерін қамтып әкетеді. Бұл құбылыс лотос эффектісі деп аталады. Күйе негізіндегі жабындар шыныға, құрылыс қаптамаларына, күн батареяларының қорғаныс қабаттарына және көліктің сыртқы беттеріне жағылады. Практикалық шектеу — күйе қабатының механикалық беріктігінің төмендігі, сондықтан оны берік байланыстырғышпен немесе бейорганикалық қабықшамен бекітеді.

Мұзға қарсы қорғаныс. Гидрофобты бет мұзды толық жоймайды, бірақ мұздың түзілуін кешіктіреді және мұздың бетпен адгезиясын азайтады. Тамшының бетте сақталуы немесе секіріп кетуі оның соқтығысу жылдамдығына байланысты. Оны Вебер саны сипаттайды:

$$We = \rho\, v^2\, D / \gamma_{LV} \qquad (3)$$

Мұндағы ρ — сұйықтықтың тығыздығы, v — тамшының жылдамдығы, D — тамшының диаметрі. We мәні тым үлкен болса, тамшы бетке соғылып, қуыстарға енеді және супергидрофобтылық бұзылады. Төмен температурада және жоғары ылғалдылықта ауа қуыстарында конденсация болуы мүмкін, сондықтан мұзға қарсы жабындарды нақты жағдайда сынау қажет. Авиацияда, желі электр тартқыштарында, жел электр станциясының қалақтарында және антенналарда мұздануды азайту мақсатында зерттелуде.

Коррозияға қарсы қорғаныс. Гидрофобты жабын металл бетінің су мен хлорид иондарымен жанасуын азайтады. Қорғаныс тиімділігін электрохимиялық өлшеулер арқылы коррозия тогының тығыздығынан анықтайды:

$$\eta = (i_0 - i_c) / i_0 \cdot 100\ \% \qquad (4)$$

Мұндағы i0 — қорғалмаған металдың, іс — жабыны бар металдың коррозия тогының тығыздығы. Қорғаныс әсері жабынның тұтастығына тікелей байланысты: кішкене жарықшақ немесе ақау болса, тосқауыл әсері күрт төмендейді. Сондықтан күйені әдетте эпоксид, полиуретан немесе силикон сияқты байланыстырғышпен бірге қолданады.

3 Мұнай мен суды бөлу және сорбциялық қолданулар

Гидрофобты және олеофильді (майды сүйетін) күйемен қапталған кеуекті материалдар (губка, тор, мата, фильтр) суды өткізбейді, ал мұнайды, майды және органикалық еріткіштерді сіңіреді. Бұл мұнай өнімдері төгілгенде суды тазартуда

және су-май эмульсияларын бөлуде қолданылады. Сорбциялық сыйымдылықты мына формуламен есептейді:

$$Q = (m_2 - m_1) / m_1 \qquad (5)$$

Мұндағы m1 — құрғақ сорбенттің массасы, m2 — сұйықтықты сіңіргеннен кейінгі масса, Q — 1 г сорбент сіңірген сұйықтықтың массасы (г/г). Материалдың сапасын Q мәнімен қатар қайта қолдану циклдерінің санымен және бөлу тиімділігімен бағалайды. Мұндай материалдардың қолданылуы жабынның су астындағы және мұнай әсеріндегі тұрақтылығымен шектеледі.

Кесте 14.1 – Гидрофобты күйенің негізгі қолдану салалары

Қолдану саласы	Күйенің қызметі	Негізгі талап
Шиналар, резеңке	Күшейтуші толтырғыш, УК сәуледен қорғау	Дисперсия, беріктік, тозуға төзімділік
Мұзға қарсы жабын	Тамшының тез домалауы, мұздың адгезиясын азайту	Үлкен θ, аз гистерезис, тозуға төзімділік
Коррозияға қарсы жабын	Су мен иондарға тосқауыл, гидрофобты қабат	Металға адгезия, жабынның тұтастығы
Мұнай мен суды бөлу	Гидрофобты-олеофильді сорбент қабаты	Сорбциялық сыйымдылық, қайта қолдану
Электромагниттік экрандау	Өткізгіш толтырғыш, толқынды жұту	Өткізгіштік, қабат қалыңдығы, жиілік аралығы
Қорғаныш киім, шатыр материалдары	Суды тойтаратын және қараңғы түсті жабын	Икемділік, жуылуға төзімділік

4 Қорғаныс саласындағы қолданулар: экрандау, жұту және қорғаныш материалдар

Қорғаныс саласында гидрофобты күйе негізінен пассивті қорғаныс құралдарында, яғни жабындарда, тоқыма материалдарында және экрандаушы қабаттарда қолданылады. Оның негізгі артықшылықтары — арзандығы, жеңілдігі, электр өткізгіштігі және қараңғы түсі.

Электромагниттік экрандау және радиотолқындарды жұту. Өткізгіш күйе-полимер композиттері электромагниттік толқынның бір бөлігін шағылдырады, бір бөлігін жұтады. Экрандау тиімділігі (SE) түскен және өткен қуаттың қатынасымен өрнектеледі, өлшем бірлігі — децибел:

$$SE = 10 \lg (P_i / P_t) \qquad (6)$$

Мұндағы Pi — түскен, Pt — өткен қуат. Толқынның өткізгіш ортаға енуін тері қабатының қалыңдығы δ сипаттайды:

$$\delta = 1 / \sqrt{(\pi f \mu \sigma)} \qquad (7)$$

Мұндағы f — жиілік, μ — магниттік өтімділік, σ — өткізгіштік. Жұтылу арқылы болатын экрандау үлесі жақсы өткізгіштер үшін жуық шамамен былай бағаланады:

$$SE_A \approx 8{,}686 \cdot t / \delta \qquad (8)$$

Мұндағы t — қабаттың қалыңдығы. Теңдеуден жиілік пен өткізгіштік артқанда, сондай-ақ қабат қалыңдағанда экрандау артатыны көрінеді. Толқын жұтатын материалдар үшін шағылу шығыны (RL) қолданылады:

$$RL = 20\ lg\ |\ (Z_{in} - Z_0) / (Z_{in} + Z_0)\ | \qquad (9)$$

Мұндағы Zin — материалдың кіріс кедергісі, Z0 — бос кеңістіктің толқындық кедергісі (≈ 377 Ом). |RL| мәні үлкен болған сайын шағылу аз, жұтылу көп. Күйе өзі жақсы диэлектрлік шығынға ие болғанымен, оның негізіндегі жұтқыш материалдар әдетте магнитті бөлшектермен немесе көміртекті түтікшелермен біріктіріліп жасалады.

Қорғаныш киім мен құрал-жабдық. Гидрофобты күйе жабыны суды тойтаратын, ластануға төзімді тоқыма материалдары мен брезенттер жасауда қолданылады. Қараңғы түсі мен төмен шағылуы оны оптикалық маскировкалық жабындарда пайдалануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар электрониканы ылғалдан қорғайтын қаптамалар мен ылғалға төзімді сенсорлар да жасалады. Тыныс алу мүшелерін қорғау құралдарында (респираторлар, сүзгілер) күйенің өзі емес, белсендірілген көмір сорбент ретінде қолданылады.

Қорытынды. Гидрофобты күйенің қолданысын кеңейтуге кедергі келтіретін негізгі мәселе — жабынның механикалық, химиялық және климаттық тұрақтылығы. Оны шешу үшін берік байланыстырғыштар, бейорганикалық қабықшалар, көпқабатты жабындар және өздігінен қалпына келетін жүйелер зерттелуде. Сонымен қатар күйенің шаңы тыныс жолдарына зиян тигізуі мүмкін, сондықтан жұмыс кезінде қауіпсіздік шараларын сақтау қажет.

Дәрісті бекіту сұрақтары:

1. Күйені өнеркәсіпте қолданудың негізгі бағыттарын атаңыз.
2. Жанасу бұрышының гистерезисі деген не және тамшының қозғалысына қалай әсер етеді?
3. Мұзға қарсы жабын тиімділігіне қандай факторлар әсер етеді?
4. Коррозиядан қорғаудың тиімділігі қалай есептеледі?
5. Мұнай мен суды бөлуде гидрофобты күйе қандай рөл атқарады?
6. Күйе негізіндегі экрандаушы материалдардың жұмыс принципі қандай?

Әдебиеттер:

1. Кобояси Н. Введение в нанотехнологию. М.: БИНОМ. 2005, -134 с.

2. Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: КомКнига, 2006, -592 с.

3. Donnet J.-B., Bansal R.C., Wang M.-J. Carbon Black: Science and Technology. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 1993.

4. Deng X., Mammen L., Butt H.-J., Vollmer D. Candle soot as a template for a transparent robust superamphiphobic coating // Science, 2012, Vol. 335, P. 67–70.

5. Furmidge C.G.L. Studies at phase interfaces. I. The sliding of liquid drops on solid surfaces and a theory for spray retention // Journal of Colloid Science, 1962, Vol. 17, P. 309–324.

6. Chung D.D.L. Electromagnetic interference shielding effectiveness of carbon materials // Carbon, 2001, Vol. 39, No. 2, P. 279–285.

7. Paul C.R. Introduction to Electromagnetic Compatibility. 2nd ed. Hoboken: Wiley, 2006.