

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 2, Number 410 (2015), 86 – 94

CONDITION FOR THE FORMATION OF HYDROPHOBIC SOOT

B. T. Lesbaev, M. Nazhipkyzy, Z. A. Mansurov, G. O. Tureshova, D. A. Alimbay

Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: turesheva.gulmira@mail.ru

Key words: hydrocarbons, burning, superhydrophobic soot, hydrophobic sand surface, nanoparticles.

Abstract. The article is devoted to the problem of creating today hydrophobic coatings and materials, with contact angles of water leakage and more than 1,200 small angle to the horizontal surface. In the present study provides an overview of research on the conditions of formation of superhydrophobic soot from the combustion of hydrocarbons and plastic waste. Proved that the superhydrophobic properties of soot due to its structure. The structure and properties of the resulting carbon black were studied by transmission electron microscopy and Raman scattering. Found that soot particles are of spherical shape with dimensions of 20 - 50 nm, to form complex structures in the form of pearls, with varying degrees of branching. The analysis of the Raman spectra showed the presence in the obtained samples of several modifications of carbon. With the use of carbon black was created hydrophobic sand. The proposed method allows hydrophobize not only the surface layer of sand, but its bulk density, which greatly improves the quality of protection against the ingress of moisture. The studies were conducted at the Institute of Combustion Problems.

УДК 661.666.1:66.092

ГИДРОФОБТЫ КҮЙЕНІҢ ТҮЗІЛУ ШАРТТАРЫ

М. Нәжіпқызы, Б. Т. Лесбаев, З. А. Мансұров, Г. О. Төрешова, Д. А. Әлімбаев

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: көмірсутектер, жану, супергидрофобты күйе, гидрофобты құм, электронды-микроскопиялық зерттеулер, нанобөлшектер.

Аннотация. Мақала, қазіргі таңдағы өзекті мәселелердің бірі болып табылатын, судың аймақтық ағу бұрышы 120° жоғары болатын және беттіктің көкжиекке иілу бұрышы аз болатын гидрофобты қабат және материал алуға арналған. Ұсынылған жұмыста, көмірсутекті және полиэтилен қалдықтарын жағу барысында алынған супергидрофобты күйенің түзілу шарттарын зерттеу ғылыми жұмыстары келтірілген. Күйенің супергидрофобты қасиеті оның құрылымына байланысты екені дәлелденген. Түзілген күйенің құрылымы және қасиеті электронды микроскопия және комбинациялық шашырау әдістері арқылы зерттелді. Өлшемі 20-50 нм сфера тәрізді күйе бөлшектері, әр түрлі тармақталу дәрежесіндегі маржан түрінде күрделі құрылым түзілетіндігі көрсетілді. Спектрлердің комбинациялық шашырату анализінің көрсеткіші бойынша алынған үлгілерде көміртектің бірнеше модификациясы бар екендігі анықталды. Алынған күйені пайдаланып гидрофобты құм жасалды. Ұсынылған әдіс бойынша түйіршіктердің беттік қабатын ғана емес сонымен қатар оның көлемдік салмағына гидрофобты қасиет беріледі. Сол арқылы ылғалдан қорғау қасиетін айтарлықтай жоғарылатады. Зерттеу жұмыстары Жану мәселесі институтында жүргізіледі.

Аса ылғалдылық – ғимарттар мен құрылымдардың бұзылудың негізгі себебі болып табылады. Құрылыс жасақтарына судың кіруінің салдарынан коррозияға және деформацияға ұшырайды, кеуекті құрылыс материалдарында сызаттардың пайда болуының салдарынан конструкцияның беріктігі төмендеді. Алайда бұл мәселені гидрофобты су жұқтырмайтын материалдар арқылы

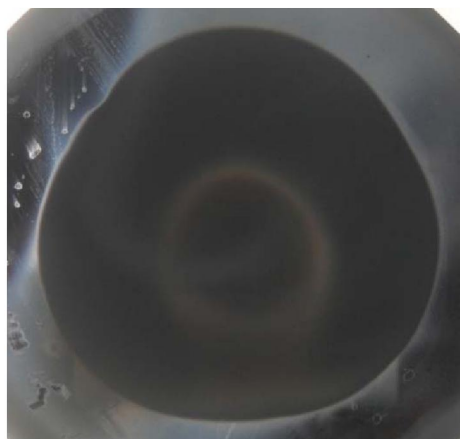
кірпіш, бетон, штукатурка, гипс, асбоцемент сияқты материалдарға су жұқтырмайтын қасиет беру арқылы шешуге болады. Сонымен қатар гидрофобты гидроизоляциялық материалдар бетонға және железобетонды конструкциялардың, әсіресе агрессивті және жағымсыз орталарда орналасқанда конструкциялардың суыққа және коррозияға төзімділік қасиетін арттырады. Қазіргі таңда гидрофобты материалдардың сұрыптамасына таңдау көп. Бұл сілтілік металдардың алкилсиликонаттары болуы мүмкін, полиметилгидридсилоксаны, әр түрлі композициялар және эластомерлер. Заманауи гидрофобты материалдарды қолдану, қоршаған ортаның агрессивті компоненттерінен берік қорғанысты қамтамасыз етеді, кеуекті материалдар көмегімен су жұқтыру қасиетін төмендетеді, құрылыс материалдарының сыртқы көрінісін жақсартады. Бірақ уақыт өте су гидрофобты материалдың құрамын шая бастайды, сол себепті белгі бір интервалмен гидрофобты кабатты жаңартып отыру қажет. Бұл материалдың қымбат басғасын ескеретін болсақ, экономикалық маңызын ескеру қажеттігін көрсетеді.

Бүгінгі таңдағы маңызды маселенің бірі болып, экономикалық тиімді және қолданысы эффективті болатын гидрофобты композициялық материалдарды өндірудің қажеттілігі туындауда. Қазіргі таңда жалыннан гидрофобты көміртекті беттіктерді синтездеу тақырыбына байланысты көптеген зерттеу жұмыстары жарыққа шыққан [1-7]. Барлық аталған зерттеулердің көрсеткіші бойынша салыстырмалы түрде ең арзан, қолжетімді шикізат күйе болып табылады, гидрофобты қасиетке ие және гидрофобты қаптау жасағанда толтырғыш ретінде қызмет атқара алады. Күйенің басты кемшілігі болып, оның сумен әрекеттесуі көміртектің нанокұрылымдық құраушыларының қозғалысын тудырады, жаңа құбылымдардың түзілуі гидрофобты қасиеттердің жойылуына алып келеді. Бірақ, егер күйені алу кезінде отынды арнайы жағдайларды өртеп алатын болсақ, ол сумен әрекеттескен кезде өзінің гидрофобты қасиетін сақтап қалады, және мұндай күйені келешекте, әр түрлі материалдарға суға төзімділік және су жұқтырмайтын қасиет беру үшін қолдануға болады. Келтірілген жұмыстарда [8-13] метаның, пропанның, ацетиленнің және полиэтилен қалдықтарын жануы кезінде күйенің түзілу процесінің зерттеу нәтижелері келтірілген.

Жану процесіндегі, супергидрофобты қасиетке ие күйені алудың зерттеу жұмыстары, жану маселелері институтында (Алматы қ.) жасалған тәжірибелік қондырғыларда жүргізілді. Күйе бөлшектерінің қалыптасу үрдісін энергияның жоғалу салдарынан, белгілі бір деңгейінде тұрақтандыра аламыз. Сонымен пропан-оттегі жалынын зерттеу кремний, никель және тот баспайтын болат жалпақ тіліктерін, жалынның әр түрлі биіктігінде ұстау арқылы жүргізілді. Жанарғы құрылғысының тәжірибелік қондырғысы 1-суретте көрсетілген.



1-сурет – Тәжірибелік қондырғының кескіні

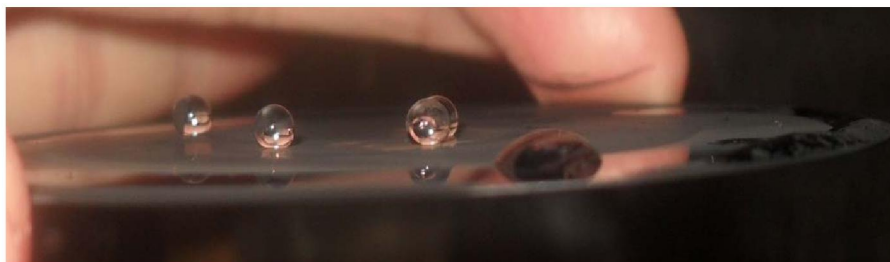


2-сурет – Жалынның әсеріне ұшыраған, кремнилі диск

Подложканың бетінде орташа қалыңдығы 1–1,2 мм болатын күйенің түзілуі жүреді. 2-суретте келтірілген үлгіден кремнилі подложканы қолдану арқылы алынған. Подложканың бетіне отырған күйенің 3 зонаға бөлінгенін көзбен көре аламыз (визуалды). Орталық сұр зона қоңыр зонамен қоршалған, ол өз кезегінде сыртынан кара зонамен қоршалған. Подложканың бетіндегі күйе бөлшектерінің зоналық түзілуі жалынның әр түрлі аумақтарында айрықша қасиетке ие күйе бөлшектері түзілгендігі жайлы мәлімет береді.

Бұл құбылыстың негізгі себебі болып, жалын көлемінің аумағындағы температура градиентінің біркелкі еместігі. Бұл тәуелділікті жалынға тотықтырғыштың диффузиясының лимитірілеуімен түсіндіруге болады, жалынның шеткі бөлігіне қарағанда, ортаңғы бөлігі отынға байырақ болып келеді.

3-суретте, кремнилі подложкада алынған, күйе беттігіне су тамшысын тамызған кескіні келтірілген. Жақын қырынан су тамшысының, кремнидің таза беттігінде орналасқанын байқай аламыз, беттікпен жұғу бұрышы 50° көрсетеді. Бұл беттіктің гидрофильді екендігін білдіреді. Қалған тамшылар күйе бетінің 3 зонасына орналасқан. Сәйкесінше сұр зонаның жұғу бұрышы

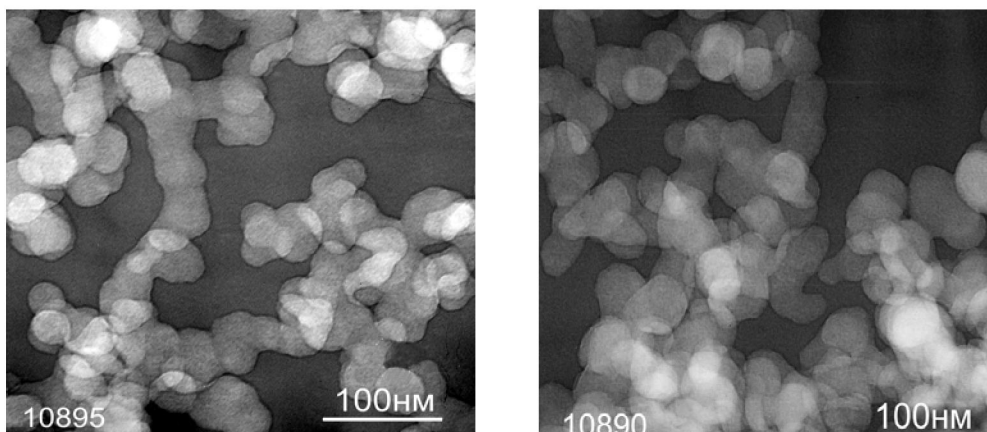


3-сурет – Кремнилі подложкада синтезделген күйе беттігіндегі су тамшылары

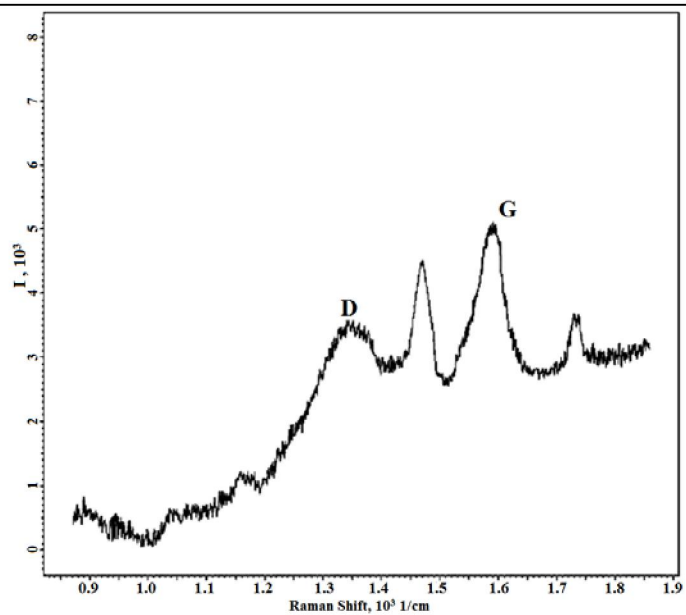
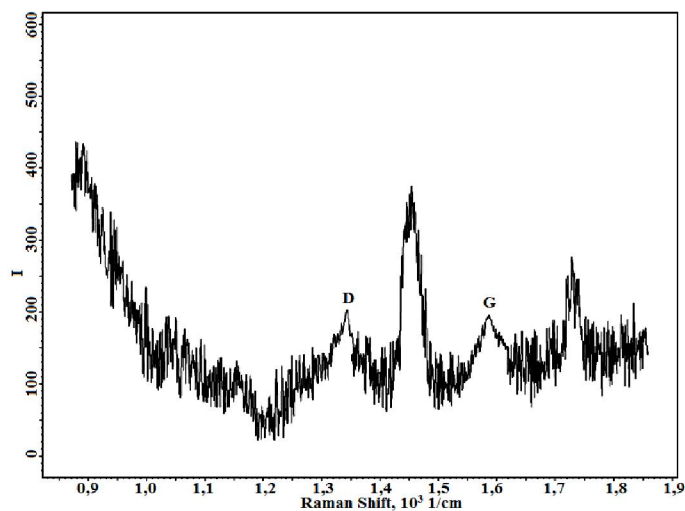
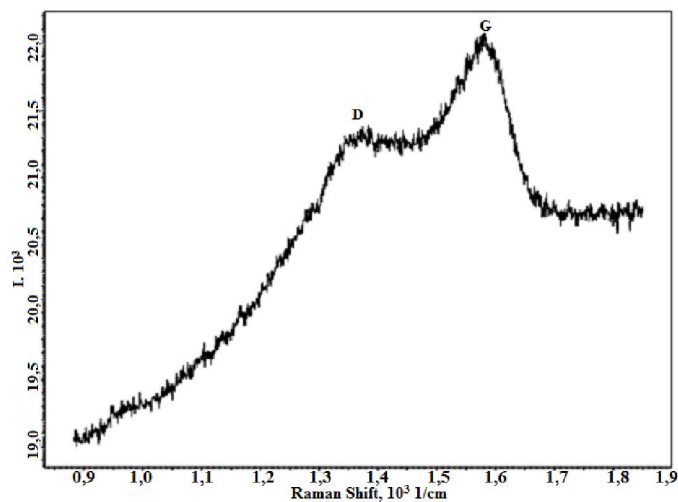
135° , қоңыр зона – 155° және сыртқа зона – 145° Алынған мәліметтердің көрсетуінше подложканың беттігіне отырған күйенің анықталған зоналарында супергидрофобты қасиет көрсетіледі. Күйе бөлшектерін никель подложкасы және тот баспайтын болаттан жасалған подложкасына отырғызылғанда ұқсас нәтижелер алынды.

Синтезделген күйенің суға қанығуын супергидрофобиялық қасиетінің сақталуын анықтау үшін тәжірибелік зерттеулер жүргізілді [12]. Ол үшін алынған күйені 70% спирт және судың ерітіндісіне батырып, тегіс беттікке жағып және кептірілгеннен кейін оның гидрофобиялық қасиеті зерттеледі.

Жүргізілген зерттеулердің көрсетуі бойынша, орындалған операциялардан кейін күйенің толығымен супергидрофобиялық қасиеті сақталған. Алынған мәліметтер бойынша, күйенің супергидрофобиялық қасиеті оның құрылымына байланысты екендігіне дәлел бола алады. Подложкада алынған күйенің құрылымы мен қасиеті жайлы толық мәлімет алу үшін, электронды-микроскопиялық зерттеулер және комбинацияланып таралған спектроскопиялық әдістермен зерттеулер жүргізілді. Зерттеу жұмыстары үшін пластинкалардағы көміртек тектес қалыптасулардың зоналық түзілулер айқын білінетін үлгілер алынды. Электронды-микроскопиялық зерттеулердің нәтижесі бойынша, күйені синтездеудің ұсынылған әдісі бойынша, өлшемі 30-50 нм болатын сфера тәрізді күйе бөлшектері түзіледі. 4-суретте мысалы ретінде пропан-ауа қоспасының жану кезінде кремнилі подложкасында алынған күйенің фотосуреті келтірілген. Фотосуретте көрсетілгендей, күйе бөлшектері өлшемі 20-50 нм болатын сфералық формада інжу тәрізді тізбектеліп, әр түрлі дәрежеде тармақталған күрделі құрылымды байланыс түзеді.



4-сурет – Пропан-ауа қоспасының жану нәтижесінде алынған күйе үлгілерінің электронды-микроскопиялық кескіндері

*a**b**c*

5-сурет – Көміртектің Раман- спектрлері: а – бірінші аймақ, б – екінші аймақ, в – үшінші аймақ

Спектрілердің комбинациялық таралу анализінің көрсетуі бойынша, алынған үлгілерде бірнеше модификацияланған көміртектің барын көрсетеді. Бірінші және екінші аймақта көміртектің екі түрлі модификациясы бар – аморфты көміртек 1350 см^{-1} (D – аморфты) және көміртектің графиттелген фазасы 1590 см^{-1} , сонымен қатар, 1470 см^{-1} аумағында КШС шыңдарына сәйкес келетін құрылым (5 а, б-суреттер). Нано інжудің пішініне сәйкес наносфералық құрылым түзеді. Үшінші аймақта аморфты көміртек фазасына сәйкес келетін тек екі шың ғана байқалған, 1350 см^{-1} (D – аморфты) және 1590 см^{-1} (G – графитті), (5в-сурет).

Осы арқылы, жүргізілген зерттеулердің көрсетуінше, подложканың бетіне күйенің конденсациялану әдісі бойынша күйенің супергидрофобты қасиетке ие екендігін көрсетеді. Қазіргі уақытта электр өрісінің күйенің түзілу процесіне әсерін зерттеу, тақырыбы айтарлықтай қызығушылық туғызуда. Осы мақсатта [8-13] зерттеу жұмыстарында қондырғы ойластырып жасалған, оның үлгісі 6-суретте көрсетілген.



6-сурет – Электр өрісінің реттелуімен супергидрофобты күйені синтездеу процесінің тәжірибелік қондырғысының фотосуреті

Қондырғының жұмыс істеу қағидасы, жалындағы күйенің айналып тұрған темір цилиндрдің бетіне отыруына негізделген. Электр өрісін жалынға бағыттау үшін цилиндр және жанарғы бір-бірінен оқшауланған. Берілетін кернеудің полярлығына байланысты цилиндр мен жанарғы катод және анод ролын атқара алады. Цилиндрдің бетіне отырған күйені қондырылған қырғышпен автоматты түрде алынады және сынымды ыдысқа жиналады. Жанарғы диаметрі 1 мм болатын тесілген саңылаулар қатарынан тұратын труадан тұрады. Жанарғы мен цилиндрдің ара қашықтығын өзгерте алу үшін, жанарғының вертикаль бағытта қозғала алу мүмкіндігін қарастырылған. Жүргізілген зерттеулердің көрсетуінше, жалын көлемінің температурасы $550\text{--}950^\circ\text{C}$ аумағында тербеледі, яғни, күйе бөлшектерінің түзілуі температураға тікелей байланысты. Сонымен қатар, тәжірибе жүзінде дәлелденгендей, өлшемі 20–50 нм күйе бөлшектерін жинау үшін жанарғының бетінен оңтайлы ара-қашықтық 1,8-ден 2,2 см-ге дейін болып табылады. Осы ара-қашықтықта цилиндрмен жанасқан кезде жалынның температурасы 75°C -қа төмендейді. Супергидрофобты күйенің түзілу шарттары қолданылатын отын түріне және берілетін кернеудің мөлшеріне байланысты.

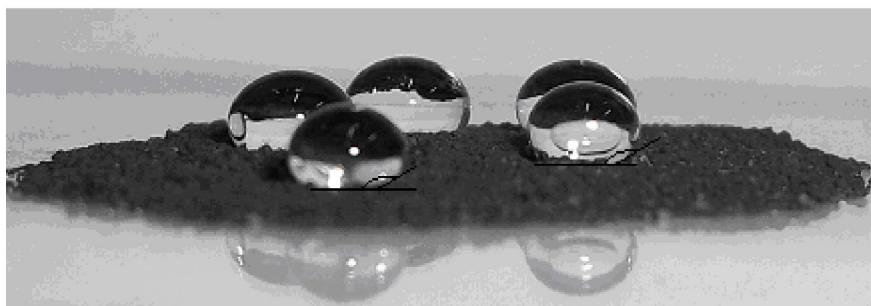
Жалында түзілетін күйе бөлшектерінің зарядтарға ие екендігі мәлім, сонымен қатар күйе бөлшектері оң зарядқа ие. Жалынға электр өрісін беру кезінде пайда болған газодинамикалық эффекттің байқалуы, берілетін кернеуге байланысты жалын шебінің ұлғаюы немесе сығылуы, 10 вольт кернеу беру кезінде ақ байқалады. Берілетін электр өрісінің 100 В жоғары ұлғаюымен оң және теріс зарядталған бөлшектердің пайыздық қатынасы теңеседі, бастапқы бөлімде пайда болған

теріс зарядталған күйенің бөлшектері жақындағанда өзара жеделдейді және соқтығысқанда тізбекті құрылым түзеді. Күйе агрегаттарының арасындағы электростатикалық әрекеттесулерге негізгі үлесті олардың электір зарядтары қосады, күйе агрегатын құрайтын, бастапқы бөлшектердің электрондарының химиялық потенциалдарының айырмашылығы аздаған өз үлесін қосады. Жүргізілген зерттеулердің көрсетуінше. Электір өрісінің 100 В жоғары берілуі, күйеге супергидрофобты қасиет беретін күйе бөлшектерінің тізбектерінің концентрациясының ұлғаюына алып келеді. Жүргізілген жұмыстарда [14, 15] алынған күйені гидрофобты композициялық материалдарды алу үшін пайдалануға әрекеттер жасалды.

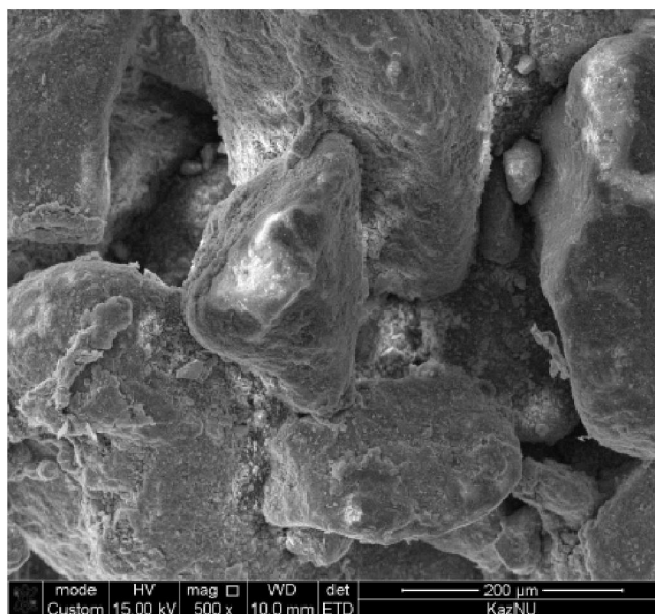
Ғимараттағы жертөле ылғалдылықтың негізге көзі болып табылатындықтан, енген су ғимараттың іргетасының астында қалып, көптеген жылдар бойы жертөле ылғалды болып қалады. Ғимараттың және құрылымның жертөлелік бөліміне ылғалдың енуін болдырмау үшін, төсеттіру қабаты ретінде құмды пайдаланылады. Енген су, құмға сіңіп кету арқылы тұрып қалмайды. Алайда, әрдайым ылғалды болған құм ғимараттың жер төлесіне кері әсерін тигізе бастайды, түрлі жәндіктердің жиналуына, көгерудің өсуіне, саңырауқұлақтардың пайда болуына алып келеді. Сондықтан пропан және полиэтилен қалдықтарын жағу кезіндегі алынған, супергидрофобты қасиеттерге ие, күйе негізінде гидрофобты құм алу шарттарын зерттеу жұмыстары жүргізілген.

Гидрофобты құм алу технологиясы бірнеше кезеңдерден тұрады [14]. Бірінші кезекте құм бетіне желім негізін жағады, келесі қадам болып гидрофобты толтырғышпен өңдеу болып табылады.

Алынған құм айрықша гидрофобты қасиетке ие. 7-суретте алынған гидрофобты құмға су тамшысының әсері келтірілген. Су тамшысының жұғу бұрышы 150 градусты көрсетеді.



7-сурет – Гидрофобты құмның бетіндегі су тамшысы

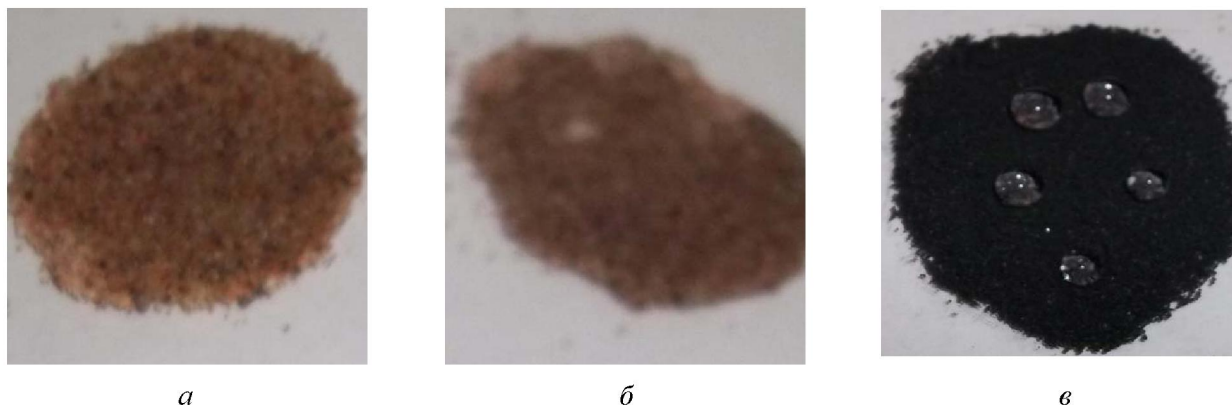


8-сурет – Гидрофобты құм үлгілерінің электронды-микроскопиялық кескіні

Алынған гидрофобты құмның құрылымы мен қасиеті жайлы толық мәлімет алу үшін, электронды-микроскопиялық зерттеулер жүргізілді. Электрондық микроскоп зерттеулері, аса гидрофобты қасиеті бар күйе, құм түйірлерінің беткі қабатын 20 нм қалыңдықта біркелкі қабатпен қаптап алатындығын көрсетті.

Түйірлердің беткі қабатынан күйе бөлшектерін механикалық түрде үйкеп жоқ қылып жіберуге байланысты зерттеулер жүргізілді. Зерттеулер нәтижелері бойынша, 2 сағат бойы араластырғанда да құмның беткі қабатындағы күйе қабықшасының қалыңдығы кішіреймейтіндігіне көз жеткізілді.

Суды сіңіре алу қабілеті динамикасының сипаттамасына салыстырулар жүргізілді (9-сурет). Бастапқыда алынған құм, полиуританды қабықшасы жүргізілген құм және алынған гидрофобты құм.



9-сурет – Суды сіңіру динамикасы: а – қарапайым құм, б – полиуретанмен қапталған құм, г – гидрофобты құм

Бастапқыда алынған құм және полиуританмен қапталған құм, ақырын суды өзінің бойына жинап толық сіңіріп алады. Гидрофобты құмның бетіне тамызылған су тамшысы құмға сіңбей, толық буланып кеткенше тамшы күйінде сақталады.

10-суретте көрнекілік үшін, бастапқы, полиуретанмен қапталған құмды және алынған гидрофобты құмды суға салғандығы әрекеті көрсетілген. Алынған 10 г мөлшердегі гидрофобты құм су бетінде еркін қалқып тұрғанын байқай аламыз.



10-сурет – Су бетіндегі құмның әрекеті: қарапайым құм, полиуретанмен қапталған құм, гидрофобты құм

Осылайша, пропан және полиэтилен қалдықтарын жағу арқылы алынған супергидрофобты қасиеті бар күйені ситездеудің әдістемесі жасалған. Алынған күйені қолдану арқылы гидрофобты құм жасалған, ұсынылған әсістеме құмның беткі қабатын ғана емес сонымен қатар оның толық салмағын гидрофобизациялауға мүмкіндік береді, ол ылғалдың кіруін айтарлықтай төмементеді. Алынған гидрофобты құмды құрылыс материалы ретінде сыртқы қорғаныс үшін және ауыл шаруашылығында жауын суының өтіп кетуін болдырмас үшін тосқауыл ретінде қолдануға болады. Сонымен қатар гидрофобты құмды өсімдік тамырын бұзатын тұзды жерден және жер асты тұзды суларынан оқшаулау үшін қолдануға болады.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Levesque A., Binh V.T., Semet V., Guillot D., Fillit R.Y., Brookes M.D., et al. Mono disperse carbon nanopearls in a foam-like arrangement: a new carbon nano-compound for cold cathodes // *Thin Solid Films*. – 2004. – N 464–465. – P. 308-314.
- [2] Sen S., Puri I.K. Flame synthesis of carbon nanofibers and nanofiber composites containing encapsulated metal particles // *Nanotechnology*. – 2004. – N 15(3). – P. 264-268.
- [3] Naha S., Sen S., Puri I.K. Flame synthesis of superhydrophobic amorphous carbon surfaces // *Carbon*. – 2007. – Vol. 45. – P. 1696-1716.
- [4] Robertson J. Diamond – like amorphous carbon // *Mater Sci Eng R*. – 2002. – Vol. 379(4-6). – P. 129-281.
- [5] Sayangdev Naha, Swarnendu Sen, Ishwar K. Puri. Flame synthesis of superhydrophobic amorphous carbon surfaces // *Carbon*. – 2007. – Vol. 45. – P. 1969-1716.
- [6] Zhou Y., Wang B., Song X., Li E., Li G., Zhao S., Yan H. Control over the wettability of amorphous carbon films in a large range from hydrophilicity to super hydrophicity // *Applied Surfaces Science*. – 2006. – N 253 (5). – P. 2690-2694.
- [7] Mazumdera Sonal, Ghoshb Suvojit, Puri Ishwar K. Nonpremixed Flame Synthesis of Hydrophobic Carbon Nanostructured Surfaces. – Virginia 24061, USA. – P. 14
- [8] Мансуров З.А. Сажеобразование в процессах горения: обзор // *Физика горения и взрыва*. – 2005. – Т. 41, № 6. – С. 137-156.
- [9] Нажипкызы М., Мансуров З.А., Пури И.К., Лесбаев Б.Т., Шабанова Т.А., Цыганов И.А. Получение супергидрофобной углеродной поверхности при горении пропана // *Нефть и газ*. – 2010. – № 5. – С. 27-33.
- [10] Mansurov Z.A., Nazhipkyzy M., Lesbayev B.T., Prikhodko N.G., Auyelkhanzy M., Puri I.K. Synthesis of Superhydrophobic Carbon Surface During Combustion Propane // *Eurasian Chemico-Technological Journal*. – 2012. – Vol. 14, N 1. – P. 19-23.
- [11] Mansurov Z.A., Nazhipkyzy M., Lesbayev B.T., Prikhodko N.G., Chernoglazova T.V., Chenchik D.I., Smagulova G.T. Synthesis at Superhydrophobic Soot Flames and its Applied Aspects // *World (Intern) Conf. on Carbon*. – Krakow, Poland, 2012. – P. 68.
- [12] Nazhipkyzy M., Lesbayev B.T., Mansurov Z.A., Arapova A.K., Baidaulova D.K., Solovyova M.G., Prikhodko N.G. Creation based on superhydrophobic soot waterproofing materials obtained in flames // *Advanced Materials Research*. – 2012. – Vol. 535-537. – P. 1437-1440.
- [13] Лесбаев Б.Т. Образование сажи, полициклических ароматических углеводородов и фуллеренов при горении бензол-кислородной смеси в электрическом поле: автореферат канд. хим. наук: 01.04.17. – Алматы: КазНУ, 2007. – 17 с.
- [14] Нажипкызы М., Соловьева М.Г., Баккара А.Е., Смагулова Г.Т., Турешева Г.О., Лесбаев Б.Т., Приходько Н.Г., Алиев Е.Т., Мансуров З.А. Получение гидрофобного песка на основе сажи // VII Международный симпозиум «Физика и химия углеродных материалов: Нанотехнология». – Алматы, 2012. – С. 98-10.
- [15] Лесбаев Б.Т., Смагулова Г.Т., Баккара А.Е., Нажипкызы М., Турешева Г.О., Кенжегулов А.К., Меркибаев Е.С., Приходько Н.Г., Алиев Е.Т., Мансуров З.А. Получение супергидрофобной сажи, путем утилизации полиэтиленовых отходов // VII Международный симпозиум «Физика и химия углеродных материалов: Нанотехнология». – Алматы, 2012. – С. 190-193.

REFERENCES

- [1] Levesque A., Binh V.T., Semet V., Guillot D., Fillit R.Y., Brookes M.D., et al. Mono disperse carbon nanopearls in a foam-like arrangement: a new carbon nano-compound for cold cathodes. *Thin Solid Films*, **2004**, N 464–465, P. 308-314.
- [2] Sen S., Puri I.K. Flame synthesis of carbon nanofibers and nanofiber composites containing encapsulated metal particles. *Nanotechnology*, **2004**, N 15(3), P. 264-268.
- [3] Naha S., Sen S., Puri I.K. Flame synthesis of superhydrophobic amorphous carbon surfaces. *Carbon*. **2007**, Vol. 45, P. 1696-1716.
- [4] Robertson J. Diamond – like amorphous carbon. *Mater Sci Eng R*. **2002**, Vol. 379(4-6), P. 129 -281.
- [5] Sayangdev Naha, Swarnendu Sen, Ishwar K. Puri. Flame synthesis of superhydrophobic amorphous carbon surfaces. *Carbon*, **2007**, Vol. 45, P. 1969-1716.
- [6] Zhou Y., Wang B., Song X., Li E., Li G., Zhao S., Yan H. Control over the wettability of amorphous carbon films in a large range from hydrophilicity to super hydrophicity. *Applied Surfaces Science*. **2006**, N 253 (5), P. 2690-2694.
- [7] Mazumdera Sonal, Ghoshb Suvojit, Puri Ishwar K. Nonpremixed Flame Synthesis of Hydrophobic Carbon Nanostructured Surfaces. Virginia 24061, USA. P. 14.
- [8] Mansurov Z.A. Sazheobrazovanie v processah gorenija: obzor. *Fizika gorenija i vzryva*. **2005**, T. 41, N 6, S. 137-156.
- [9] Nazhipkyzy M., Mansurov Z.A., Puri I.K., Lesbaev B.T., Shabanova T.A., Cyganov I.A. Poluchenie supergidrofobnoj uglevodnoj poverhnosti pri gorenii propana. *Neft' i gaz*. **2010**, N 5, S. 27-33.
- [10] Mansurov Z.A., Nazhipkyzy M., Lesbayev B.T., Prikhodko N.G., Auyelkhanzy M., Puri I.K. Synthesis of Superhydrophobic Carbon Surface During Combustion Propane. *Eurasian Chemico-Technological Journal*. **2012**, Vol. 14, N 1, P. 19-23. (in Russ.).
- [11] Mansurov Z.A., Nazhipkyzy M., Lesbayev B.T., Prikhodko N.G., Chernoglazova T.V., Chenchik D.I., Smagulova G.T. Synthesis at Superhydrophobic Soot Flames and its Applied Aspects. *World (Intern) Conf. on Carbon*. Krakow, Poland, **2012**, P. 68. (in Russ.).
- [12] Nazhipkyzy M., Lesbayev B.T., Mansurov Z.A., Arapova A.K., Baidaulova D.K., Solovyova M.G., Prikhodko N.G. Creation based on superhydrophobic soot waterproofing materials obtained in flames. *Advanced Materials Research*. **2012**, Vol. 535-537, P. 1437-1440.

[13] Lesbaev B.T. Obrazovanie sazhi, policiklicheskih aromaticeskikh uglevodorodov i fullerenov pri gorenii benzol-kislородной смеси в электрическом поле: avtoreferat ... kand. him. nauk: 01.14.17. – Almaty: KazNU, 2007, 17 s. (in Russ.).

[14] Nazhipkyzy M., Solov'eva M.G., Bakkara A.E., Smagulova G.T., Turesheva G.O., Lesbaev B.T., Prihod'ko N.G., Aliev E.T., Mansurov Z.A. Poluchenie gidrofobnogo peska na osnove sazhi . VII Mezhdunarodnyj simpozium «Fizika i himija uglerodnyh materialov / Nanoinzhenerija». Almaty, 2012, S. 98-10. (in Russ.).

[15] Lesbaev B.T., Smagulova G.T., Bakkara A.E., Nazhipkyzy M., Turesheva G.O., Kenzhegulov A.K., Merkiбаev E.S., Prihod'ko N.G., Aliev E.T., Mansurov Z.A. Poluchenie supergidrofobnoj sazhi, putem utilizacii polijetilenovyh othodov. VII Mezhdunarodnyj simpozium «Fizika i himija uglerodnyh materialov / Nanoinzhenerija». Almaty, 2012, S. 190-193. (in Russ.).

УСЛОВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОФОБНОЙ САЖИ

М. Нажипкызы, Б. Т. Лесбаев, З. А. Мансуров, Г. О. Турешова, Д. А. Алимбай

Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: углеводороды, горение, супергидрофобная сажа, гидрофобный песок, электронно-микроскопические исследования, наночастицы.

Аннотация. Статья посвящена актуальной на сегодня проблеме создания гидрофобных покрытий и материалов, с крайевыми углами натекания воды более 120° и малым углом наклона поверхности к горизонту. В представленной работе приведен обзор научных исследований по изучению условий образования супергидрофобной сажи при сжигании углеводородов и полиэтиленовых отходов. Доказано, что супергидрофобные свойства сажи обусловлены ее структурой. Структура и свойства образовавшейся сажи были изучены методами электронной микроскопии и комбинационного рассеяния. Из снимков видно, что сажевые частицы сферической формы с размерами 20–50 нм, образуют сложные структуры в виде жемчуга с различной степенью разветвленности. Анализ спектров комбинационного рассеяния показал присутствие в полученных образцах нескольких модификаций углерода. С применением полученной сажи был создан гидрофобный песок. Предлагаемый метод позволяет гидрофобизировать не только поверхностный слой песчинок, но и его объемную массу, что существенно повышает качество защиты от проникновения влаги. Исследования проводились в Институте проблем горения.

Поступила 03.04.2015г.