

Р.А. Козыкеева*

т.ғ.к., доцент, Ө. Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университеті, Шымкент,
Қазақстан

***Корреспондент авторы:** kozykееva@bk.ru

ФОТОХИМИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІРУ АРҚЫЛЫ ПОЛИЭТИЛЕН БЕТІНЕ МЫС ҚАБЫҚШАСЫН ТҰНДЫРУ

Түйін

Қазіргі таңда техника мен технологияның бірқатар маңызды салаларында полимер материалдарды металлизациялау үрдісі кең қолданыста. Полимер материалдарын металлизациялау – металл қабықшамен қапталған полимердің кейбір кемшіліктерін жойып, жаңа көпфункционалды материал синтездеу болып табылады. Өнеркәсіптік масштабтағы полимерлерді металлизациялау үрдісі салыстырмалы түрде жақында, электропластиктерді қолдану үшін арнайы жасалған полимер материалдарын шығарғаннан кейін игеріле бастады. Полимерлер мен олардың композиттері жеңілдігі, құны және технологиялық артықшылықтарының арқасында аэроғарыш, автомобиль, медицина, электронды және спорт салаларындағы құрылымдарды жобалау үшін кеңінен қолданылады. Дегенмен, полимерлі материалдардың бетінде әдетте олардың беріктігі мен функционалдығын шектейтін ішкі кемшіліктер болады, мысалы, тозуға төзімділігі төмен, жылу мен электр өткізгіштігі төмен, адгезиясы төмен, биологиялық белсенділігі төмен, шағылыстырғыштығы төмен және фотохимиялық төзімділігі төмен. Полимерлі металдандыру - бұл кемшіліктерді полимер беттерінде металл қаптаманы қалыптастыру арқылы жоятын жаңа шешім болып табылады.

Бұл мақалада полимер материалының бетіне металл нанобөлшектерінің тұндыру үшін мыс топшасы элементтері қосылыстарының әртүрлі концентрациялы ерітінділерінің жұқа сіңірімділік қабаттарын алуға фотохимиялық үрдістердің әсері зерттелді. CuCl_2 ерітіндісі сіңіріліп, күн сәулесі фотондарының әсерінен полимер бетінде мыс металының дисперсті бөлшектері тұнатыны көрсетілген. Осы кезде артық қиындықтар мен тиімсіздік туындататын химиялық тотықсыздандырғыштарды қолдану қажеттілігі жойылады. CuCl_2 ерітінділерімен өңделген полимерлер материалдарда күн сәулесі фотондары әсерінен сәйкесінше мыс және күміс нанобөлшемді бөлшектері түзіледі. Мұндай үрдістер полимер молекулаларының қатысуымен жүзеге асады, маңыздысы химиялық тотықсыздандырғыштарды қолданудың қажеттігі жоқ. Сонымен қатар, мыс хлориді аскорбин қышқылының қосымша фотохимиялық реакцияның жүзеге асуы арқылы элементтік мыс бөлшектерін синтездеуге болатыны анықталды. Күн сәулесі фотондарының әсерімен бетті фотохимиялық белсендіру әдісін қолдану арқылы полимерлерді металдандырудың маңызды тұстары нақты берілген.

Кілттік сөздер: фотохимия, мыс, полиэтилен, белсендіру, металдандыру, қабықша, мыстау, электр өткізгіштік

Кіріспе

Полимер негізіндегі материалдар соңғы онжылдықта кеңінен дамыды. Әлемдік экономиканың барлық дерлік салалары - құрылыс, көлік, өндіріс, тау-кен өнеркәсібі және білім - осы материалдарды пайдаланады және олардан айтарлықтай пайда көреді. Әлемде ғылым мен техниканың қарқынды дамуының бірқатар алғышарттарының бірі материалтану ғылымының прогрессивті сипат алуында екенінде ешқандай күмән жоқ. Осы материалтану ғылымының деректеріне сүйенер болсақ полимер нарығының өзіндік құны 1 триллион АҚШ долларынан асады. «Materials Today» ғылыми журналының сараптамалық мәліметтері бойынша полимерлерден жасалған композиттік материалдар соңғы онжылдықтағы үздік материалдардың ондығына енген. (J. Wood, 2008). Ұзақ жылдар бойы композиттік полимер материалдар синтезінің жетілдірілуі қоғамның дамуына оң әсер етіп, қазіргі заманауи

материалтану ғылымының қарқынды өркендеуіне ғылыми-технологиялық тұрғыда оңтайлы ықпал етті.

Полимерлердің металлизациясы, бетті модификациялаудың бір түрі, полимердің көлемдік қасиеттерін ғана емес, сонымен қатар металдың беттік қасиеттерін де қажет ететін қолдану салаларында өте маңызды. Алайда, беттік энергияның айтарлықтай айырмашылығына байланысты металдың полимермен берік адгезиясына қол жеткізу өте қиын екені белгілі. Газ фазасынан (PVD) физикалық тұндыру процестері полимерлердің улы емес металдандыру процестерін жүзеге асыруға мүмкіндік беретін өнеркәсіптік мәнге ие болады. Полимерлердің PVD металдандыруы ондаған жылдар бойы зерттелгенімен, металдандыру процесін мұқият түсіну қиын, өйткені ол металдың фазалық полимермен әрекеттесуіне әсер етеді, бұл күшті адгезияға әкеледі.

Дегенмен, металдандырумен байланысты PVD өңдеу нәтижесінде металдың полимермен өзара әрекеттесуін терең түсіну металдандырылған полимерлерге қойылатын талаптар өскен сайын маңызға ие болуда. Адам ағзасындағы полимерлі имплантанттар сияқты ауыр жұмыс жағдайында жүктемені көтеретін бөлшектер бұған нақты мысал бола алады, ал полимерлі төсемікке негізделген икемді электроника тағы бір мысал бола алады.

Полимерлер өздерінің ерекше қасиеттері мен экономикалық факторларына байланысты кеңінен қолданылды. Олардың керемет физикалық және механикалық сипаттамаларына қарамастан (мысалы, беріктік пен салмақтың арақатынасы, үйкеліс өнімділігі, коррозияға төзімділік, мөлдірлік және т.б.) олардың құны мен өндеудегі артықшылықтарынан басқа, полимерлер белгілі бір жағдайларда тозуға төзімділігі төмен, жылу мен электр өткізгіштігі нашар, адгезиясы әлсіз және т. б. сияқты көптеген кемшіліктерді көрсетеді. Биологиялық белсенділік, төмен шағылысу және күн сәулесіне сезімталдық (H.F. Brinson және т.б., 2008). Күн сәулесінің сезімталдығы - ұсақ-түйек болып көрінетін мәселе - АҚШ тарихындағы ең ауқымды автокөлік шолуларының біріне (8,8 миллион автомобиль) әкелді, себебі қауіпсіздік белдігін шешетін түймелер күн сәулесінің әсерінен ыдырайтын пластик акрилонитрилбутадиенстиролдан (АБС) жасалған (J.M. Henshaw және т.б., 1999). Полимерлердің биоинерттілігі теңіздегі мұнай-газ және жел қондырғылары, сондай-ақ кемелер сияқты жасанды теңіз құрылымдарының биоәртүрлілігіне әкеледі (D.M. Yebra және т.б., 2004). Тек АҚШ әскери-теңіз күштері жыл сайын өз кемелерін раковиналардан, устрицалардан және басқа организмдерден таза ұстауға шамамен 1 миллиард доллар жұмсайды (P. Vietti, 2009). Композиттердің электр өткізгіштігі төмен болғандықтан, ұшақтардың фюзеляждары найзағай соғуына осал, бұл жыл сайын авиация жасаушылар мен пайдаланушыларға 2 миллиард доллар ауыртпалық түсіреді (W. Golding, 2005). Екі мәселені де шешу үшін әртүрлі шешімдер әзірленді, мысалы, ультракүлгін және ластанудан қорғайтын бояулар, найзағайдан қорғайтын сым тор және металл фольга, бірақ көбінесе бұл шешімдер уақытша, қымбат немесе уақытты қажет етеді (Y.K. Kumar, 2018). Жалпы алғанда, полимерлердің көптеген артықшылықтары бар, бірақ олардың кемшіліктері бұл материалдардың одан әрі таралуына үлкен кедергі болып табылады.

Полимерлік материалдарды металдандыру (ПМ) – көпфункционалды қабықшаның қызметін атқаратын металқұрамды қабықшаны полимер бетіне тұндыру арқылы қапталушы материалдың бірқатар кемшіліктерін жоюдың оңтайлы шешімі болып табылады. Өз кезегінде беткі металл қабықша полимерге пайдалы қасиеттер беріп, оның қолданылу аясын кеңейтеді. Атап айтқанда, беріктік, электр өткізгіштік, қорғаныштық сияқты маңызды әрі пайдалы қасиеттері артады. Химиялық және механикалық, электрлік қасиеттерді қоса алғанда, металдандырылған полимерлердің жаңа мүмкіндіктері әртүрлі салалардағы (мысалы, автомобиль, авиация, аэроғарыш, кеме жасау, энергетика, электроника, қаптаманың қартаюуы, спорт, дизайн және жиһаз) инновацияларды шабыттандырды және күнделікті өмірге арналған

көптеген ұсақ тауарларды әзірледі. Бұл заттардың көпшілігі, мысалы, оқырман үстеліндегі жылтыр қалам.

Маңызды мәселе - белгілі бір жағдайда полимерлі материалдарды алудың ең жақсы әдісін таңдау және оның тиімділігін негіздеу. Полимерлі материалдарды (ПМ) өндірудің ең перспективалы әдістерінің бірі-газ фазасынан физикалық тұндыру (PVD) (М.О. Mavukkandy және т.б., 2020), электродсыз/химиялық қаптама (Y. Shacham-Diamand және т.б., 2015), термиялық бүрку әдістері (E. Petrovicova және т.б., 2002) және полимер–металды тікелей қосу әдістері (P. Kah және т.б., 2014). Әрбір әдіске тән технологиялық артықшылықтар мен кемшіліктер металл қабықшамен қамтамасыз етілген функционалдық мүмкіндіктердің ауқымын анықтайды (B. Fotovvati және т.б., 2019). Әр түрлі мақсаттар үшін қолайлы әдістер анықталған және полимерлі материалдарды функционалдық мүмкіндіктері мен перспективалық қолдану ауқымы сипатталған. Осы әдістердің негізгі аспектілерін түсіну ғалымдар мен инженерлерге полимерлерден/композиттерден жасалған құрылымдық материалдардың дизайны мен беріктігін оңтайландыруға көмектеседі. Қорытындылай келе, біз полимерлі материалдарды олардың беттері арасындағы химиялық және механикалық адгезияны қолдана отырып, металл қабатын полимерлі бөлікке қосу процесі ретінде анықтаймыз. Осы шолудың соңында полимерді металдандыру әдістерін қолдана отырып полимерлер мен полимерлі композиттердің одан әрі даму перспективалары келтірілген.

Материалдар және негізгі әдістер

Зерттеу тәжірибелерін жүргізу үшін ақ түсті, балку температурасы 130⁰С, тығыздығы 960 кг/м³, қалыңдығы 2 мм, ПНД 273-83 маркалы полиэтиленнен дайындалған тақташалар қолданылды. Полиэтилен тақташаларының беті алдымен механикалық өңдеуден өткізіліп, бір өлшемге келтірілді. Содан кейін натрий фосфаты мен натрий карбонаты қоспасымен майсыздандырылып, үлгі бетінің ерітіндіні сіңіру қабілетін арттыратын кедір-бұдыр ету үшін одан әрі 60-65⁰С температурада K₂Cr₂O₇ – 6,5%; H₂SO₄ - 93,5% қоспасы ерітіндісімен химиялық өңдеуден өткізілді (Гамбург Ю.Д., 2006). Зерттеу тәжірибелері ғылыми зерттеулер зертханасында жүзеге асырылды. Қапталушы үлгі бетінде негізгі үрдісті жүзеге асыруға қажетті күн сәулесі ағынының тығыздығын SM 206-Solar маркалы күн сәулесі ағынының тығыздығын өлшегіш детектор көмегі арқылы 1000-1100 Вт/м² екені анықталды (Melnikov V., 2011). Полиэтилен тақташалар бетінде фотохимиялық реакциялар жүргізу барысында CuCl₂ (100г/л) тұзының ерітінділері қолданылды. Қосымша тотықсыздандырғыш ретінде аскорбин қышқылы (40г/л) ерітіндісі қолданылды. Одан әрі полиэтилен үлгіні химиялық мыстауға жіберілді. Кейінгі мыстау келесі құрамдағы ерітіндіде жүзеге асырылды (г/л): 12 CuSO₄·5H₂O, 25 Трилон Б, NaOH – рН 12-ге дейін, HCOH – 25 мл (38%), рН = 12,5, температура 18-25⁰С.

Полимер тақташалар бетінде алынған металл құрамды қабықшалардың элементтік құрамы мен құрылымына талдау жасау барысында JSM-6490-LV маркалы растрлы электронды микроскоп қондырғысы және D8 Advance (Bruker) маркалы дифрактометрі қолданылды.

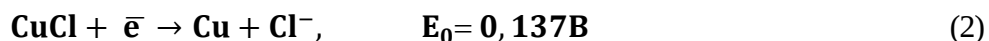
Нәтижелер және талқылау

Фотохимиялық белсендіру арқылы мыс нанобөлшектерін синтездеу. Бір валентті мыс хлоридінен жартылай өткізгіш қабаттың түзілуі CuCl₂-нің полиэтиленмен әрекеттесуі арқылы жүзеге асады.

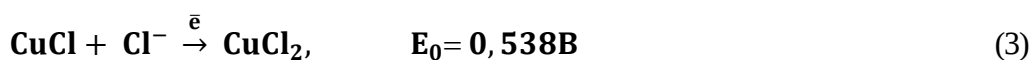


Одан әрі бірвалентті мыс хлориді екіншілік жартылай өткізгіш болғандықтан күн сәулесі

фотондарының әсерінен металдық мысқа дейін тотықсыздануына қабілетіне әкеледі:



Осыдан кейін CuCl және су молекуласы ғана электрондық донор ретінде қызмет атқара алады. Егер рН 7-ден төмен жағдайда су молекулаларының тотығуын қарастыратын болсақ 0,8 В-тан жоғары потенциалды қажет етеді, содан кейін CuCl молекулалары электрондардың таңдаулы донорлары болады.



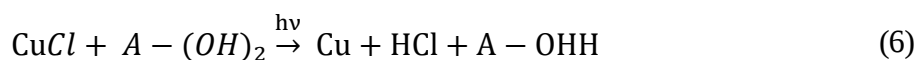
2 және 3 реакцияларының жиынтық ЭҚК -0,401В тең. Күн сәулесі арқылы алынған қосалқы энергия процесте осы көрсеткіштен асатын нақты кернеумен қамтамасыз етеді. Соның нәтижесінде кезекті фотохимиялық реакция жүзеге асады.



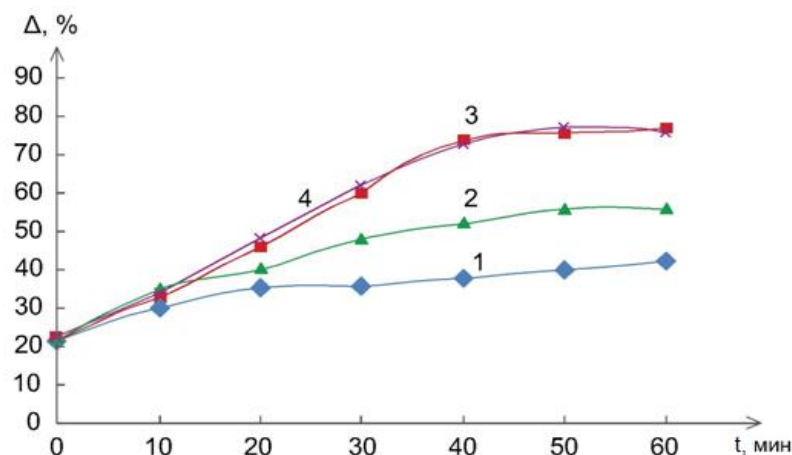
Сонымен қатар, CuCl₂ беткі қабық құрғаған кезде, кристалданады және белсенділігін жоғалтады, бұл 4-реакцияның жүруіне ықпал ететін қосымша фактор болып табылады. Кейбір әдебиеттерде (DEVIS, М. және т.б.,1999) аскорбин қышқылды жүйенің тотығу–тотықсыздану потенциалы рН мәні 0-ден 7-ге дейін көтерілген жағдайда -0,329 В-тан -0,057 В-қа дейін артатыны жазылған. Бастысы бұл жүйенің электрохимиялық тұрғыда инертті екендігі және оған "электрод катализаторларын"қосу қажет екендігі атап өтілді. Шынында да, эксперименттер CuCl₂ - 100 г/л, А-(ОН)₂-40 г/л ерітіндісіне салынған және қараңғыда кептірілген үлгіде химиялық түрленудің іздері табылмағанын көрсетті. Сондай-ақ, күн сәулесі әсерінен кептірілген қапталушы үлгілер дисперсті металл бөлшектеріне ұқсас өте жұқа қара қабықшамен жабындалған. Егерде кейбір жекелеген аймақтар полимерлі шайбамен күн сәулесінен оқшауланса, ол аймақтар еш өзгеріске ұшырамайды. Яғни, фотохимиялық процесс жүзеге аспайды. Алайда, тотықсыздану үрдісін жылдамдату үшін аскорбин қышқылымен өңделіп, CuCl ерітіндісі металдық Cu-қа ауысуы жүзеге асырылады.



Ал, негізгі фотохимиялық реакцияның жалпы механизмін келесідей өрнектеуге болады:



Жоғарыда келтірілген процестерден кейін үлгілер дистилденген сумен жуу барысында А-(ОН)₂ мен А-ООН жуылып кетеді де, үлгі бетінде Cu бөлшектерінің қабықша ретінде сақталуына әсер етеді. Полиэтилен тақташа бетінде алынған элементтік мыс қабықшасын одан әрі активатор ретінде қолдануға ұсынуға болады.



CuCl_2 концентрациясы, г/л: 1-50; 2-100; 3-150; 4-200.

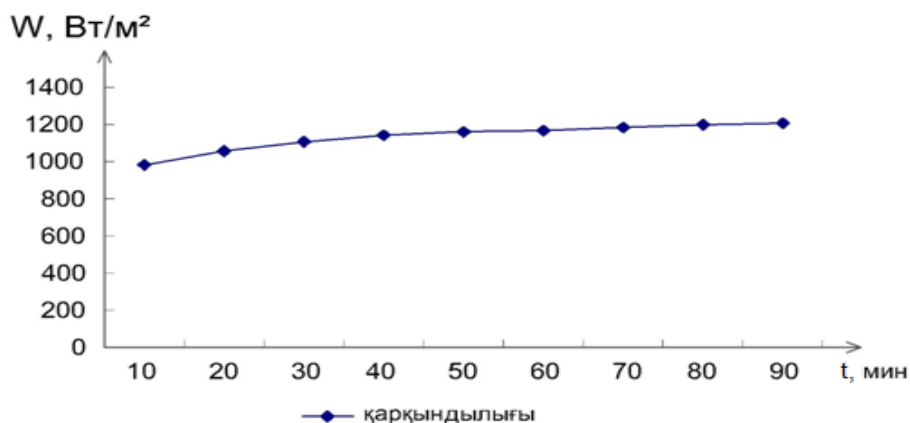
Сурет 1 - CuCl_2 ерітіндісі сіңірілген полиэтилен үлгілерінің күн сәулесі фотондары әсерінен қараю дәрежесіне концентрацияның әсері

Полиэтилен тақташаға мыс хлориді ерітіндісімен өңделгеннен кейін оптимальді деп алынған 40-60 минут, $25-40^\circ\text{C}$ температура арасындағы күн сәулесі әсерінен қараюының минималды және максималды деңгейінің көрсеткіштері 1-кестеде келтірілді.

Кесте 1 – CuCl_2 тотықсыздану процесіндегі күн сәулесі фотондары ағынының тығыздығы

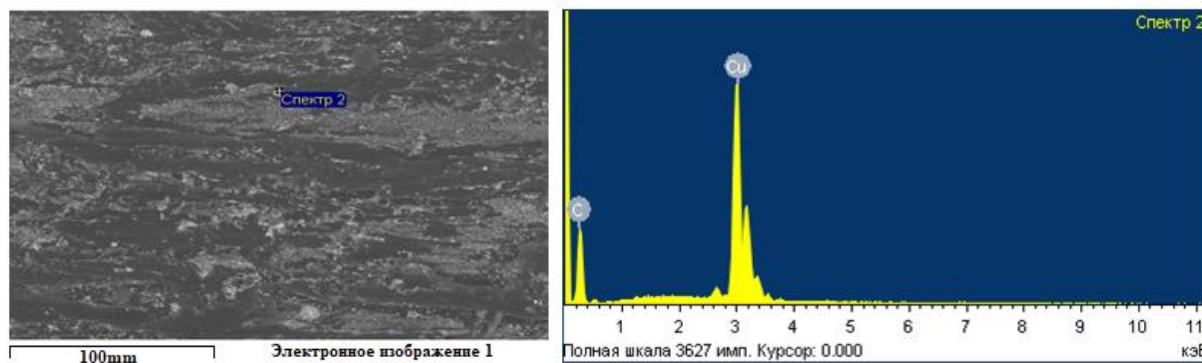
τ \ t	10	20	30	40	50	60	70	80	90
20°C	865	910	955	1000	1072	1155	1166	1178	1192
25°C	910	954	1001	1045	1105	1172	1183	1196	1208
30°C	960	1006	1049	1096	1144	1187	1196	1210	1224
35°C	1024	1069	1113	1148	1178	1196	1206	1218	1235

Оптимальді температура мен уақытты негізге алып, бірнеше рет жүзеге асырылған зерттеу тәжірибелерінен алынған сандық көрсеткіштер 1-кестеде беріліп, сол деректер негізінде CuCl_2 тотықсыздануына күн сәулесі фотондары әсерінің өзгеру динамикасы 2-суретте келтірілді.



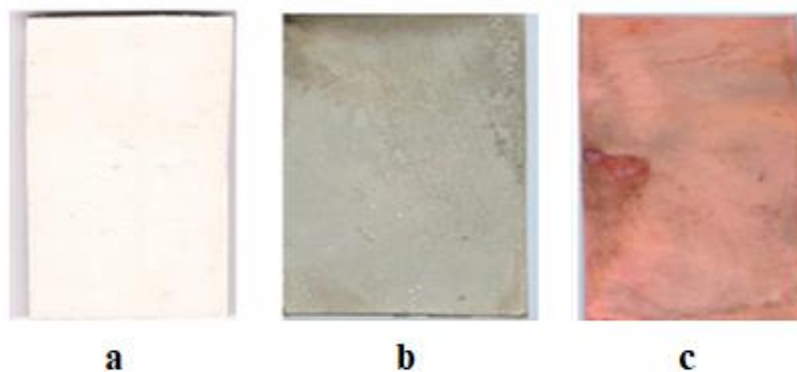
Сурет 2 - Мыс (II) хлоридінің тотықсыздану процесіндегі күн сәулесі фотондарының өзгеріс динамикасы

Төменде 3-суретте бетінде мыс құрамды қабықшасы бар полиэтиленнің элементтік құрамы 2-спектрдегі көрсеткіші келтірілді.



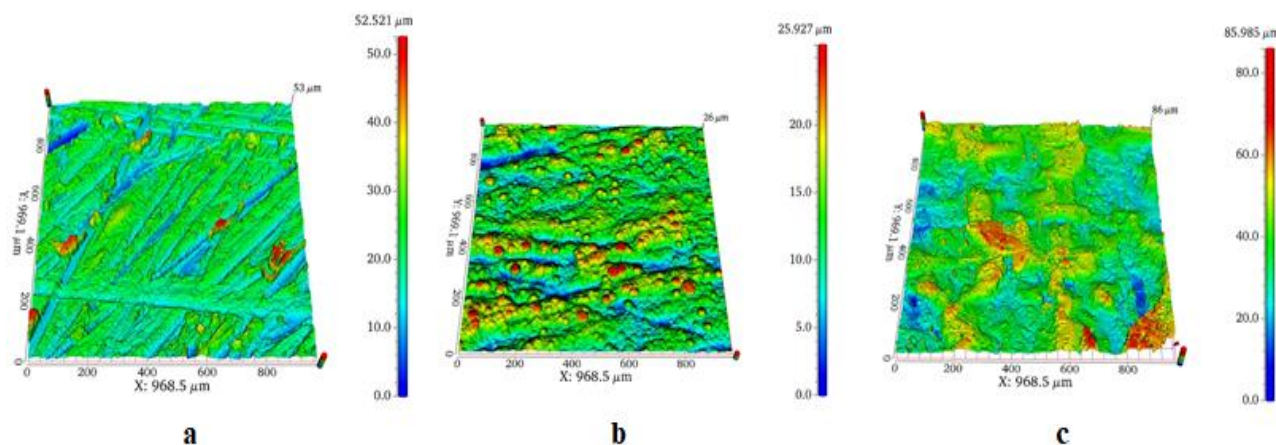
Сурет 3 – Мыс хлоридімен фотобелсендіруден кейінгі полиэтилен үлгісінің СЭМ кескіні, спектрі мен элементтік құрамы

Келтірілген СЭМ кескіндерде металл бөлшектерінің түзілгені анық көрініп тұр. Қабықшаның элементтік құрамы беткі қабаттағы хлор мөлшерінен мыстың мөлшері едәуір көп екенін дәлелдеп тұр. Сонымен қатар, бірнеше спектрлерді салыстырғанда мыс бөлшектері жеткілікті дәрежеде түзілгені байқалды. 1 см қашықтықта қапталушы үлігінің бетіндегі қабықшаның кедергісі $0,36 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$ тең болды (R.Abzhalov және т.б., 2022).



Сурет 4 – Әртүрлі өңдеу сатыларынан кейінгі полиэтилен үлгілерінің кескіндері Белгіленулер: а) бастапқы полиэтилен үлгі; б) фотохимиялық белсендіруден кейінгі үлгі; с) химиялық мыстаудан кейінгі үлгі

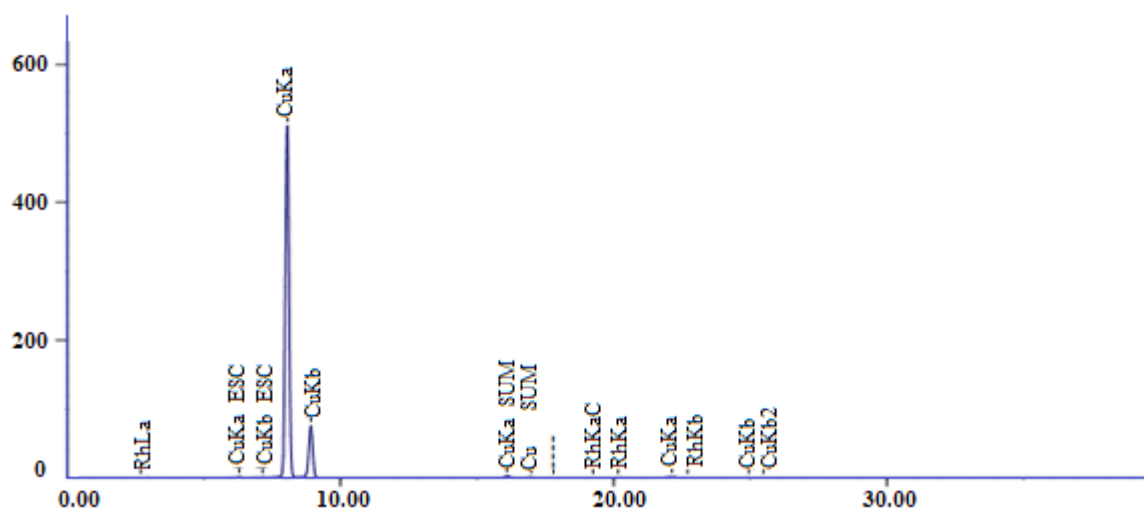
Мыс металынан тұратын қабықшаның құрылымын зерделеу барысында барлық жағдайда диаметрі бірнеше ондаған нанометрден жүздеген нанометрге дейінгі сфералы бөлшек түрінде түзілетіндігіне көз жеткізілді.



Сурет 5 - Фотохимиялық мыстау үрдісінің жекелеген кезеңдерден кейінгі полимер бетінің құрылымы және морфологиясын көрсететін үш өлшемді кескіндері Белгіленуі: а) бастапқы полиэтилен үлгі; б) фотохимиялық белсендіруден кейінгі үлгі; с) фотохимиялық мыстаудан кейінгі үлгі.

Қанық көк реңктен қызыл түске дейінгі градиент созылу тереңдігі мен биіктігінің түстік шкаласы ретінде қарастырылады. Аталған шкала беттің кедір-бұдырлық деңгейін сараптауға мүмкіншілік туғызады.

Полиэтилен бетінде мыс қабықшасының түзілуі 6-суреттегі X-рау дифрактограммада үлгі бетінің рентгенофазалық талдау нәтижесімен де нақтыланып тұр. Мұнда бастапқы үлгі полимердің құрамдас элементтерінің шыңдарынан бөлек, мыс металының шыңдары айқын көрініп тұр.



Сурет 6 – Полиэтилен бетіндегі Cu қабықшасының X-гау диффрактограммасы

Қорытынды

Күн сәулесі фотондары CuCl_2 ерітіндісімен ылғалданған полиэтилен материалына әсер еткенде, бастапқыда хлоридтің полимермен әрекеттесуіне орай моновалентті мыс хлориді түзіледі. Бұл мыс қосылысы өз кезегінде екіншілік жартылай өткізгіш болып табылады. Ол қосылыс одан әрі күн сәулесі фотондарының әсерінен элементтік мыс түзілуінің фотохимиялық реакциясы жүзеге асады, ал электрондармен бос орындарды қамтамасыз ету үшін полиэтилен үлгі аскорбин қышқылының ерітіндісімен қосымша өңделеді. Осы процестердің нәтижесінде үлгі бетінде мыстың дисперсті бөлшектері бар қабықша ($\text{CuCl}_2 \xrightarrow{h\nu} \text{CuCl} \xrightarrow{h\nu} \text{Cu}$) пайда болады. Бұл қабықша химиялық мыстау үрдісінде мыс катализаторы ретінде қолданылып, нәтижесінде химиялық мыстау үрдісі арқылы электрөткізгіш мыс қаптамасы алынды. Алынған қабықшаға элементтік және компоненттік талдау, құрылымына талдау жасалып, дәйекті нәтижелері келтірілді.

Әдебиеттер тізімі

1. J. Wood, The top ten advances in materials science, Mater. Today 11 (2008) 40–45, [https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(07\)70351-6](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(07)70351-6).
2. H.F. Brinson, L.C. Brinson, Polymerization and Classification. Polym. Eng. Sci. Viscoelasticity, Boston, MA: Springer, 2008, p. 99–157. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-73861-1>.
3. J.M. Henshaw, V. Wood, A.C. Hall, Failure of automobile seat belts caused by polymer degradation, Eng. Fail. Anal. 6 (1999) 13–25, [https://doi.org/10.1016/S1350-6307\(98\)00026-0](https://doi.org/10.1016/S1350-6307(98)00026-0).
4. D.M. Yebra, S. Kiil, K. Dam-Johansen, Antifouling technology- Past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings, Prog. Org. Coat. 50 (2004) 75–104, <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2003.06.001>.
5. P. Vietti, New hull coatings cut fuel use, protect environment, Currents 2009; Fall:36–8.
6. W. Golding, Lightning Strikes on Commercial Aircraft: How the Airlines Are Coping, J. Aviat. Educ. Res. 15 (2005) 41–50, <https://doi.org/10.15394/jaaer.2005.1511>.
7. Y.K. Kumar, Aircraft and Lightning strike. (2018), [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1921\)492.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1921)492.0.co;2).
8. M.O. Mavukkandy, S.A. McBride, D.M. Warsinger, N. Dizge, S.W. Hasan, H.A. Arafat, Thin film deposition techniques for polymeric membranes– A review, J. Memb. Sci. 610 (2020), <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2020.118258>.

9. Y. Shacham-Diamand, T. Osaka, Y. Okinaka, A. Sugiyama, V. Dubin, 30 Years of electroless plating for semiconductor and polymer micro-systems, *Microelectron. Eng.* 132 (2015) 35–45, <https://doi.org/10.1016/j.mee.2014.09.003>.
10. E. Petrovicova, L.S. Schadler, Thermal spraying of polymers, *Int. Mater. Rev.* 47 (2002) 169–190, <https://doi.org/10.1179/095066002225006566>.
11. P. Kah, R. Suoranta, J. Martikainen, C. Magnus, Techniques for joining dissimilar materials: Metals and polymers, *Rev. Adv. Mater. Sci.* 36 (2014) 152–164.
12. B. Fotovvati, N. Namdari, A. Dehghanghadikolaie, On coating techniques for surface protection: A review, *J. Manuf. Mater. Process.* 3 (2019) 22, <https://doi.org/10.3390/jmmp3010028>.
13. Гамбург Ю.Д. «Гальванические покрытия». Справочник по применению /Ю.Д. Гамбург. – М., Техносфера, 2006. — 215с.
14. Melnikov V. Renewable sources of energy. Teaching materials for people making decisions in Central Asian region / V. Melnikov // UNESCO. — 2011. — 225. Available at: <http://www.unesco.org/almaty>.
15. DEVIS, M., OSTIN, Zh., PATRIDZH, D., Vitamin C: Himija i biohimija [in Russian: Vitamin C: Chemistry and biochemistry], Moscow, Mir, 1999, 176.
16. R.Abzhalov, M. Sataev, Sh. Koshkarbayeva, G. Sagitova, B. Smailov, A. Azimov, B. Serikbaeva, O. Kolesnikova, R. Fediuk, M. Amran. Studies of the Application of Electrically Conductive Composite Copper Films to Cotton Fabrics. *Journal of Composites Science*. 2022, 6, 349. <https://doi.org/10.3390/jcs6110349>

References

1. J. Wood, The top ten advances in materials science, *Mater. Today* 11 (2008) 40–45, [https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(07\)70351-6](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(07)70351-6).
2. H.F. Brinson, L.C. Brinson, Polymerization and Classification. *Polym. Eng. Sci. Viscoelasticity*, Boston, MA: Springer, 2008, p. 99–157. https://doi.org/10.1007/978-0-387-73861-1_.
3. J.M. Henshaw, V. Wood, A.C. Hall, Failure of automobile seat belts caused by polymer degradation, *Eng. Fail. Anal.* 6 (1999) 13–25, [https://doi.org/10.1016/S1350-6307\(98\)00026-0](https://doi.org/10.1016/S1350-6307(98)00026-0).
4. D.M. Yebra, S. Kiil, K. Dam-Johansen, Antifouling technology- Past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings, *Prog. Org. Coat.* 50 (2004) 75–104, <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2003.06.001>.
5. P. Vietti, New hull coatings cut fuel use, protect environment, *Currents* 2009; Fall:36–8.
6. W. Golding, Lightning Strikes on Commercial Aircraft: How the Airlines Are Coping, *J. Aviat. Educ. Res.* 15 (2005) 41–50, <https://doi.org/10.15394/jaaer.2005.1511>.
7. Y.K. Kumar, Aircraft and Lightning strike. (2018), [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1921\)492.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1921)492.0.co;2).
8. M.O. Mavukkandy, S.A. McBride, D.M. Warsinger, N. Dizge, S.W. Hasan, H.A. Arafat, Thin film deposition techniques for polymeric membranes— A review, *J. Memb. Sci.* 610 (2020), <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2020.118258>.
9. Y. Shacham-Diamand, T. Osaka, Y. Okinaka, A. Sugiyama, V. Dubin, 30 Years of electroless plating for semiconductor and polymer micro-systems, *Microelectron. Eng.* 132 (2015) 35–45, <https://doi.org/10.1016/j.mee.2014.09.003>.
10. E. Petrovicova, L.S. Schadler, Thermal spraying of polymers, *Int. Mater. Rev.* 47 (2002) 169–190, <https://doi.org/10.1179/095066002225006566>.
11. P. Kah, R. Suoranta, J. Martikainen, C. Magnus, Techniques for joining dissimilar materials: Metals and polymers, *Rev. Adv. Mater. Sci.* 36 (2014) 152–164.
12. B. Fotovvati, N. Namdari, A. Dehghanghadikolaie, On coating techniques for surface protection: A review, *J. Manuf. Mater. Process.* 3 (2019) 22, <https://doi.org/10.3390/jmmp3010028>.

13. Gamburg YU.D. «Gal'vanicheskiye pokrytiya». Spravochnik po primeneniyu /YU.D Gamburg – M., Tekhnosfera, 2006. – 215 s.
14. Melnikov V. Renewable sources of energy. Teaching materials for people making decisions in Central Asian region / V. Melnikov // UNESCO. — 2011. — 225. Available at: <http://www.unesco.org/almaty>.
15. DEVIS, M., OSTIN, Zh., PATRIDZH, D., Vitamin C: Himija i biohimija [in Russian: Vitamin C: Chemistry and biochemistry], Moscow, Mir, 1999, 176.
16. R.Abzhalov, M. Sataev, Sh. Koshkarbayeva, G. Sagitova, B. Smailov, A. Azimov, B. Serikbaeva, O. Kolesnikova, R. Fediuk, M. Amran. Studies of the Application of Electrically Conductive Composite Copper Films to Cotton Fabrics. Journal of Composites Science. 2022, 6, 349. <https://doi.org/10.3390/jcs6110349>

Р.А. Козыкеева*

*к.т.н., доцент, kozykeeva@bk.ru, ЮКУ имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

ОСАЖДЕНИЕ МЕДНОЙ ПЛЕНКИ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИЭТИЛЕНА ФОТОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИЕЙ

Аннотация

В настоящее время в ряде важных отраслей техники и технологии широко используется тенденция металлизации полимерных материалов. Металлизация полимерных материалов - это синтез нового многофункционального материала, устраняющий некоторые недостатки полимера, покрытого металлической оболочкой. Процесс металлизации поверхности крупномасштабных промышленных полимерных материалов начал быстро развиваться после производства полимерных изделий, разработанных для широкого применения в электропластике. Полимерные материалы в целом обладают высокой механической прочностью и легко обрабатываются в растворах для обработки, придавая поверхности высокие адгезионные свойства с металлическим покрытием. Химическая металлизация обычных полимеров может широко использоваться для производства заготовок для получения световых фильтров, дальнейших гальванических покрытий, катализаторов и др.

В этой статье изучено влияние фотохимических процессов при синтезе тонких сорбционных слоев на поверхности покрытия путем восстановления растворов галогенидов меди с различной концентрацией для осаждения наночастиц металла на поверхность полимерного материала. Показано, что раствор CuCl_2 поглощается и под действием фотонов солнечного света осаждаются дисперсные частицы металла меди на поверхности полимера. В этот момент отпадает необходимость применения химических восстановителей, вызывающих излишние трудности и неэффективность. Полимеры, обработанные растворами CuCl_2 в материалах под действием фотонов солнечного света образуются наноразмерные частицы меди и серебра соответственно. При осуществлении таких процессов нет необходимости использовать специальные химические восстановители, которые происходят в присутствии молекул полимера и галогенида меди. Однако было обнаружено, что наночастицы меди синтезируются в результате проведения фотохимической реакции с добавлением аскорбиновой кислоты для увеличения скорости восстановления хлорида меди. В целом, четко показаны результаты металлизации полимерного материала методом фотохимической активации покрываемой поверхности, восстановительным действием фотонов солнечного света.

Ключевые слова: фотохимия, мед, полиэтилен, активация, металлизация, пленка, меднение, электропроводность

R.A. Kozykeeva*

*Cand.Tech.Sci., kozykeeva@bk.ru, U. Zhanibekov South Kazakhstan Pedagogical University, Shymkent, Kazakhstan

DEPOSITION OF A COPPER FILM ON THE SURFACE OF POLYETHYLENE BY PHOTOCHEMICAL ACTIVATION

Abstract

Currently, the trend of polymer metallization is widely used in a number of important fields of engineering and technology. Polymer metallization is the synthesis of a new multifunctional material that addresses certain drawbacks of a polymer coated with a metal layer. The trend of polymer metallization on an industrial scale has only recently emerged, following the development of polymer materials specifically designed for use in electroplastics. Polymer materials offer a unique combination of mechanical strength and ease of processing in etching solutions, resulting in high adhesion strength with a metal coating. Chemical metallization of conventional polymers is actively used for the production of light filters, catalysts, blanks for further electroplating, etc.

In this article, the influence of photochemical processes in obtaining thin sorption layers of solutions of copper sub-group elements with different concentrations for the deposition of metal nanoparticles on the surface of a polymer material is studied. It is shown that the CuCl_2 solution is absorbed and, under the influence of sunlight photons, dispersed copper metal particles are deposited on the polymer surface. At this point, there is no need to use chemical reducing agents, which can be difficult and ineffective. Polymers treated with CuCl_2 solutions in materials produce nanosized copper and silver particles, respectively, when exposed to sunlight photons. These processes occur in the presence of polymer molecules, eliminating the need for chemical reductants. In general, due to the additional reduction of copper halide by ascorbic acid, a photochemical reaction occurs, which has been found to further synthesize simple copper nanoparticles.

Keywords: photochemistry, copper, polyethylene, activation, metallization, films, coppering, electrical conductivity