

OBTAINING A COPPER-MOLYBDENUM (VI) OXIDE COMPOSITE COATING WITH CATHODIC POLARIZATION

A. Bayeshov, M. Turlybekova*, A.Sh. Tazhibayeva, A. Bayeshova, A. Zharmenov

National Center on Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan
E-mail: m.t.89@mail.ru

Abstract. *Introduction.* The processes of the formation of electrochemical composite coatings with the corrosion-resistant properties are of interest for various branches of engineering and industry. The basic principle of obtaining such coatings is the deposition of metal on the surface of the cathode together with dispersed particles of various substances from the electrolyte-suspension. The dispersed particles, which make up the coating change many of its surface properties. *The goal:* obtaining a composite electrochemical coating by introducing molybdenum (VI) oxide into a copper matrix. *Objects.* The deposition of the coating has been carried out by electrolysis in the aqueous sulfuric acid solutions, containing copper (II) ions and molybdenum (VI) oxide as a dispersed phase. The cathode has been a titanium plate, the anode has been a copper plate. The elemental composition of the resulting coating has been determined, using the energy-dispersive X-ray fluorescence spectroscopy in the INCA Energy 450 energy-dispersive microanalysis system installed in a scanning electron microscope. The proportion of molybdenum (VI) oxide, included in the coating composition, has been determined by the difference in the current output in the main electrolyzer and in a coulometer, sequentially connected to the electrochemical circuit. *Results.* During electrolysis, copper (II) ions are reduced at the cathode, elemental copper is deposited together with molybdenum (VI) oxide, and a coating is formed. The influence of the concentration of copper ions in the range of 5-50 g/l, molybdenum (VI) oxide – 5-20 g/l, current density 50-300 A/m² has been studied. It has been found that with an increase in the concentration of the MoO₃ particles in the solution, the content of this component in the coating increases. An increase in the concentration of molybdenum (VI) oxide to 10 g/l contributes to an increase in its share in the composition of the coating up to 1.2%. *Conclusion.* As a result of cathodic polarization, a composite electrochemical coating “copper-molybdenum oxide” is formed on the surface of the titanium cathode, the composition of which is identified by the elemental analysis. It is shown that the coating with the inclusion of molybdenum(VI) oxide has greater corrosion resistance in the 3% sodium chloride solution as compared with the copper coating.

Keywords: composite coating, electroplating, copper, molybdenum trioxide, corrosion, electrolysis, electrode, cathodic polarization

Bayeshov Abduali

*Doctor of Chemical Science, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic Kazakhstan,
e-mail: bayeshov@mail.ru,*

Turlybekova Makpal

Master, Research Associate, e-mail: m.t.89@mail.ru

Tazhibayeva Aigerim

Master, PhD, e-mail: tazhibayeva.aigerim1995@gmail.com

Citation: A. Bayeshov, M. Turlybekova, A.Sh. Tazhibayeva, A. Bayeshova, A. Zharmenov. Obtaining a copper-molybdenum (vi) oxide composite coating with cathodic polarization. *Chem.J. Kaz.*, 2022, 4(80), 120-130. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2022-3/2710-1185.100>

<i>Bayeshova Azhar</i>	<i>Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: azhar_b@bk.ru</i>
<i>Zharmenov Abdurasul</i>	<i>Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic Kazakhstan, e-mail: nc@cmrp.kz</i>

МЫС-МОЛИБДЕН (VI) ОКСИДІ КОМПОЗИЦИЯЛЫ ҚАПТАМАСЫН КАТОДТЫ ПОЛЯРИЗАЦИЯЛАУ АРҚЫЛЫ АЛУ

А. Баешов, М.Н. Турлыбекова, А.Ш. Тажимаева, А.К. Баешова, А.А. Жарменов*

*Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығы, Алматы, Қазақстан
E-mail: m.t.89@mail.ru*

Түйіндемесі. *Kіріспе.* Коррозияға төзімді қасиеттері бар электрохимиялық композициялық қаптамаларды алу әртүрлі техника мен өндіріс салаларында қызығушылық тудыруда. Мұндай қаптамаларды алудың негізгі принципі – катодта металдармен бірге электролит-суспензия құрамындағы әртүрлі мөлшердегі заттардың дисперсті бөлшектерін қондыру. Қаптама құрамына енген дисперсті бөлшектер оның көптеген беттік қасиеттерін өзгертеді. *Жұмыс мақсаты:* молибден (VI) оксидін мыс матрицасына енгізу арқылы композициялық электрохимиялық қаптама алу. *Әдістер.* Қаптаманы алу процесі құрамында мыс (II) иондары мен дисперсті фаза ретінде молибден (VI) оксиді бар сулы күкіртқышқылды ерітінділерде электролиз әдісімен жүргізілді. Титан пластинасы – катод, ал мыс анод ретінде қызмет етті. Алынған қаптаманың элементтік құрамы сканерлеуші электронды микроскопта орнатылған INCA Energy 450 энергия-дисперсиялық микроанализ жүйесінде энергия-дисперсиялық рентгендік флуоресценциялық спектроскопияны пайдалана отырып анықталды. Қаптамалардың коррозияға төзімділігін анықтауға арналған тәжірибелер химиялық өңдеу арқылы жүргізілді. Қаптаманың құрамына кіретін молибден (VI) оксидінің үлесі негізгі электролизердегі және электрохимиялық тізбекке тізбектей қосылған кулонометрдегі ток шығымының айырмашылығы бойынша анықталды. *Нәтижелер және талқылау.* Электролиз барысында катодта мыс (II) иондарының тотықсыздануы жүреді, элементті мыс молибден (VI) оксидімен бірге электрод бетіне қонып, қаптама түзіледі. Мыс (II) иондарының – 5-50 г/л, Молибден оксидінің 5-20 г/л аралықтағы концентрациясының, ток тығыздығының (50-300 А/м²) әсері зерттелді. Ерітіндідегі МоО₃ бөлшектерінің концентрациясының жоғарылауымен қаптамадағы оның мөлшері артатындығы көрсетілді. Молибден (VI) оксидінің концентрациясын 10 г/л дейін жоғарылату оның қаптама құрамындағы үлесін 1,2% - ға дейін арттыруға ықпал етеді. *Тұжырым.* Катодты поляризация нәтижесінде титан катодының бетінде "мыс-молибден (VI) оксиді" композициялық электрохимиялық қаптамасы түзілді, оның құрамы элементтік анализ арқылы анықталды. Молибден (VI) оксиді қосылған қаптаманың мыс қаптамасымен салыстырғанда 3% натрий хлориді ерітіндісінде коррозияға төзімділігі жоғары екендігі көрсетілді. Электролиз параметрлерін өзгерте отырып, белгілі бір қасиеттерге ие болатын композициялық қаптамаларды алу мүмкіндігі айқындалды.

Кілт сөздер: композициялық қаптама, гальванотехника, мыс, молибден триоксиді, коррозия, электролиз, электрод, катодты поляризация

<i>Баешов Абдуали</i>	<i>химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі</i>
<i>Турлыбекова Макпал Нышанғалиевна</i>	<i>Магистр, ғылыми қызметкер</i>
<i>Тажимаева Айгерим Шотаевна</i>	<i>Магистр, PhD</i>
<i>Баешова Азхар Коспановна</i>	<i>техника ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Жарменов Абдурасул Алдашевич</i>	<i>техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі</i>

1. Кіріспе

Бүгінгі гальванотехника саласындағы өте маңызды салалардың бірі электрохимиялық композициялық қаптамаларды (ЭКҚ) алу бағытында жүргізіліп жатқан жұмыстар болып табылады [1-6]. ЭКҚ алудың негізгі принципі – катодта металдармен бірге электролит-суспензия құрамындағы әртүрлі мөлшердегі заттардың дисперсті бөлшектерін қондыру. Қаптама құрамына енген дисперсті бөлшектер оның көптеген беттік қасиеттерін өзгертеді. Олар қаттылығы, коррозияға қарсылығы, шыдамдылығы және бұлардан басқа антифрикциялық, магниттік, каталиттік және де басқа қасиеттерге ие болады. Сол себепті композициялық электрохимиялық қаптамалар машина жасау, прибор жасау, химия өндірістерінде кеңінен қолданыс тауып келеді.

Бүгінгі күнге дейін ЭКҚ алудың әртүрлі әдістері қолданылып келеді. Әдетте араластырылып отырылған электролитке әртүрлі қосылыстардың (Al_2O_3 , TiO_2 , ZnO_2 , SiO_2 және т.б.) майда ұнтақтарын қосып, металл түріндегі электродтардың бетін композициялы қаптамалармен қаптауға болатындығы әдебиеттерде көрсетілген. Кейінгі кезде құрамында наноөлшемді бөлшектер бар композициялы қаптама алу бағытында да зерттеулер жүргізілуде [7-13].

Ғылыми әдебиеттерде келтірілген деректер бойынша композициялық электрохимиялық қаптамалардың катод бетінде түзілуі мынадай механизм арқылы іске асатындығы көрсетілген. ЭКҚ түзілу процесінде келесі сатылар орын алады: дисперсті бөлшектердің катод бетіне жеткізілуі, сол сәтте катодтың разрядталып бөлініп жатқан металмен бүркелуі. Әрине, өте майда дисперсті бөлшектердің катод бетіне жетуі электролитті араластыру арқылы, броунды қозғалыс немесе гравитациялық күштер нәтижесінде, одан басқа адсорбция негізінде де іске асуы мүмкін деген пікірлер бар [14-15].

Қаптамалардың алуан түрлілігіне қарамастан мыс қаптамалары әлі күнге дейін кеңінен қолданылады. Алайда мыс ылғалмен, көмірқышқылды және күкіртқышқылды қосылыстармен оңай әрекеттеседі, оксидті қабатпен қапталып, күңгірттенеді. Сондықтан мыс қаптамалары негізінен қорғаныш-декоративті және функционалды жабын ретінде дәнекерлеуді жақсарту, электр өткізгіш қабаттарды құру, азоттану кезіндегі болат бөлшектерді жергілікті қорғау үшін және гальванопластикада қолданылады. Гальваникалық мыс қаптамаларының кеңінен қолданылатынын ескере отырып, оларды алу процесінде әртүрлі дисперсті қоспаларды пайдалану заманауи гальванотехниканың басты мақсаттарының бірі болып отыр.

Осы мақсатта жүргізілген зерттеу жұмысында [13] мыс негізіндегі электрохимиялық композициялық қаптамаларды алу кезінде ұнтақты наноалмаздарды қосу олардың адгезиясын нашарлатпастан жабын дәндерінің өлшемдерін арттыруға мүмкіндік беріп, қаптаманың микроқаттылық және тозуға төзімділік қасиеттерін жоғарылататынын көрсеткен. Ал, көміртекті нанотүтікшелерді мыстың композициялық

қаптамаларын алуда қолдану металдың ток бойынша шығымына, мыс қаптамасының қасиеттеріне және электролиттің әртүрлі қасиеттеріне әсер ететіндігі қарастырылған [14]. Ұнтақты көміртекті нанотүтікшелер қатысында алынған ЭКҚ металдың адгезиясын жоғарылатуға оң әсер ететіндігі көрсетілген.

Мыс матрицасына Al-Cu-Fe жүйелі квазикристалын енгізу арқылы алынған композициялық қаптамалар үйкелетін металл жұптардың түйсетін жылжымалы беттерінің тозуын төмендетуге мүмкіндік беретіндігі анықталған [15]. Алынған композициялық материал беріктігі мен үйкеліс коэффициенті тұрғысынан ПА БрОХ пен БрО5Ц5С5, БрО12 маркалы қола құймаларынан жоғары болатындығы байқалған.

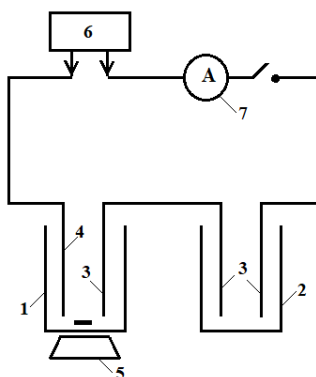
Мыс қаптамаларының физика-химиялық қасиеттерін жақсарту мақсатында жүргізілетін зерттеу жұмыстары өзекті мәселе болып табылады.

Молибден (VI) триоксиді өнеркәсіпте кеңінен қолданыс тауып келеді. Ол негізінен болат және басқа да коррозияға төзімді қорытпаларға қоспа ретінде қолданылады. Сондай-ақ, өнеркәсіпте катализатор, пигмент, шыны, керамика және эмаль компоненті, полиэфир шайырлары және химиялық реагент ретінде молибден өнімдерін өндіруде қолданылады [16]. Молибден оксидінің мұндай қасиеттері мыс қаптамасына коррозияға және ыстыққа төзімді қасиеттер береді деп есептелінеді.

Әдеби деректерді талдау [17] мыс пен металл оксидтері негізіндегі композициялық қаптамалардың түзілуіне әртүрлі параметрлердің әсер ететінін көрсетеді. Олар мыс электролитінің құрамы, дисперсті фазаның концентрациясы, электролиз уақыты, араластыру жылдамдығы, электролит температурасы және т.б. Сол себепті ұсынылып отырған зерттеу жұмысының мақсаты - катодты поляризациялау арқылы құрамында ұсақ дисперсті MoO_3 бөлшектері бар мыс композициялық жабындардың түзілуін зерттеу.

2. Зерттеу әдістері

Зерттеулер электролиз әдісімен жүргізілді. Катодты поляризациялау кезінде мыс-молибден (VI) оксиді композициялық электрохимиялық жабындардың түзілуіне негізгі электрохимиялық параметрлердің әсері зерттелді. Құрамында 40 г/л мыс иондары бар мыс сульфатының ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) 100 г/л күкірт қышқылындағы (H_2SO_4) ерітіндісі қолданылды. Қаптаманы алуға катод ретінде титан электроды және мыс аноды қолданылды. Электродтарды тұрақты токпен поляризациялау үшін MATRIX APS-3005D маркалы ток түзеткіші мен IKA RCT basic магнитті араластырғышы қолданылды. Тұрақты токпен катодты поляризациялау арқылы электролиз жүргізуге арналған қондырғы 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1 - Электролиз арқылы қаптамалардың түзілуін зерттеуге арналған қондырғының принципалды схемасы: 1- электролизер; 2- кулонометр; 3- мыс электродтары; 4- титан электроды; 5- магнитті араластырғыш; 6- ток көзі; 7- амперметр

Мыс сульфатының концентрациясының электролиз нәтижесіне әсерін зерттеу барысында дисперсті фаза молибден (VI) оксидінің концентрациясы тұрақты етіп 10 г/л алынды. Тәжірибе бір бірімен тізбектей жалғанған электрохимиялық ұяшықтарда жүргізілді. Олардың бірі – катодтық ток бойынша шығымы 100% болатын мыс кулонометрі, екіншісі – құрамында ұнтақталған дисперсті MoO_3 , күкіртқышқылды мыс ерітіндісі бар және мыс және титан электродтары орналастырылған электролизер. Қаптаманың біркелкілігін қамтамасыз ету және дисперсті молибден оксидінің ерітінді көлемі бойынша бірқалыпты таралған күйде ұстау үшін магнитті араластырғыш қолданылды. Қаптаманы алу процесі 200 A/m^2 ток тығыздығында жүргізілді. Әрбір экспериментті жүргізу үшін құрамында молибден (VI) оксиді ұнтақтары бар жаңа электролит дайындалды. Алынған қаптамалар бірдей жағдайда кептіргіш шкафта кептірілді. Электролиз аяқталғаннан кейін аналитикалық таразыларда ЭКҚ массасы анықталды, ЭКҚ массасы мен кулонометр катодының массасы арасындағы айырмашылық бойынша мыс қаптамасындағы молибден (VI) оксидінің мөлшері есептеліп, содан кейін молибден (VI) оксидінің қаптама құрамына ену пайызы есептелді.

Ұнтақты молибден (VI) оксидінің мыс матрицасына енгізу бойынша тәжірибелер жүргізілді. Ол үшін мыс сульфатының электролитіне әр түрлі мөлшердегі молибден (VI) оксидінің ұсақ дисперсті ұнтағы қосылды.

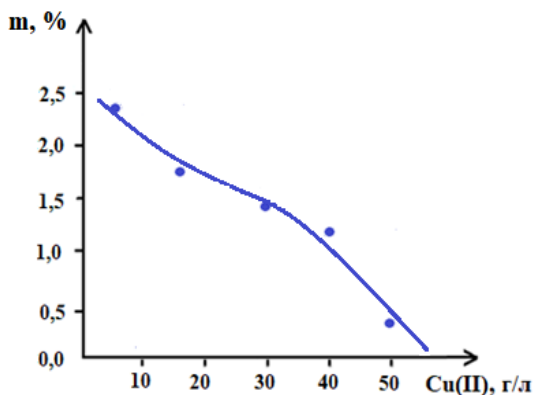
Негізгі зерттеулерде араластыру жылдамдығы тұрақты 300 айн/мин болды. Сондай-ақ, катодты поляризациялау кезінде мыстың композициялық қаптамасының массасы анықталып отырылды.

Мыс-молибден (VI) оксиді қаптамасының элементтік құрамы JSM 6610 LV (JEOL, Жапония) сканерлеуші электронды микроскопта орнатылған INCA Energy 450 энергия-дисперсиялық микроанализ жүйесінде энергия-

дисперсиялық рентгендік флуоресценциялық спектроскопияны пайдалана отырып анықталды (анықтау қателігі $\pm 0.01\%$), микрофотографиялар түсірілді.

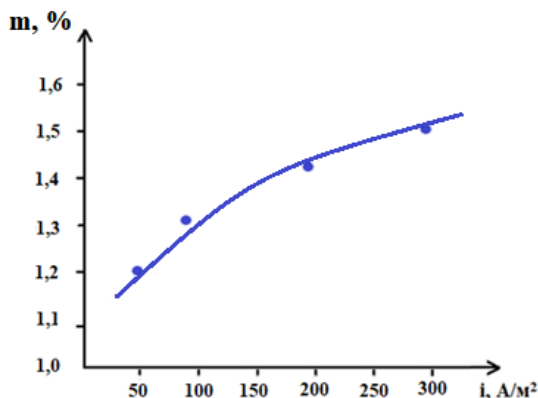
3. Зерттеу нәтижелері мен талқылануы

Мыс (II) иондарының концентрациясының түзілетін композициялық қаптаманың массасына әсерін зерттеу 5-50 г/л аралықта жүргізілді. Зерттеу нәтижелері мыс (II) иондарының концентрациясы артқан сайын қаптаманың құрамына енген молибден (VI) оксидінің мөлшері төмендейтіндігін көрсетті. Мысалы, мыс (II) иондарының концентрациясы 5 г/л кезінде алынған қаптаманың құрамына 2.4% MoO_3 енсе, концентрацияны 10 есе жоғарылатқанда, яғни концентрация 50 г/л болғанда мыс матрицасына 0.29% дисперсті молибден (VI) оксиді енгені байқалды (сурет 3). Дегенмен, 2.4% молибден (VI) оксидінің мыс матрицасына қонуын толыққанды композициялық қаптама алынды деп атауға келмейді. Себебі мыс (II) иондарының аз концентрациясында, құрамында молибден (VI) оксиді бар композициялық қаптама борпылдақ түрінде түзіледі.



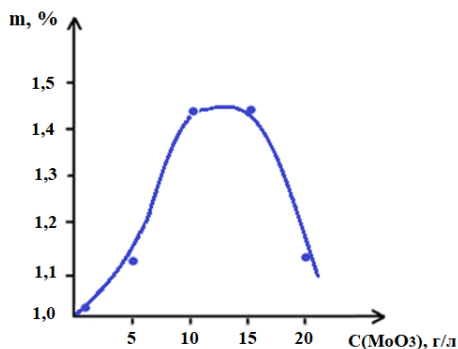
Сурет 3 - Құрамында молибден (VI) оксиді (MoO_3) бар ЭҚК түзілуінің ток бойынша шығымына мыс (II) иондары концентрациясының әсері:
 H_2SO_4 – 100 г/л; MoO_3 – 10 г/л; $i=200 \text{ A/m}^2$; $\tau=1$ час; $t=25^\circ\text{C}$

Катодты ток тығыздығының 50-300 A/m^2 аралығында жүргізілген зерттеулер, ток тығыздығының артуымен мыс матрицасына енетін молибден (VI) оксидінің мөлшері аздап артатынын көрсетті (4-сурет).



Сурет 4 - Молибден (VI) оксидінің (MoO_3) қатысында қаптаманың ток бойынша шығымына катодты ток тығыздығының әсері: H_2SO_4 – 100 г/л; Cu(II) – 40 г/л; MoO_3 – 10 г/л; $\tau=1$ час; $t=25^\circ\text{C}$.

Тәжірибе нәтижелері көрсеткендей, ерітіндідегі MoO_3 бөлшектерінің концентрациясының жоғарылауымен мыс қаптамасының құрамындағы осы компоненттің мөлшері артады (5-сурет). Ерітіндідегі MoO_3 концентрациясы 1,0 г/л-ге тең болғанда, оның катодты қаптамадағы мөлшері 0.9%, ал 5.0 г/л-де – 1.12%, 10 г/л-де – 1.42% болатыны анықталды. Ал дисперсті бөлшектің концентрациясы 20 г/л кезінде оның қаптама құрамындағы үлесі төмендеп, 1.11% құрады.

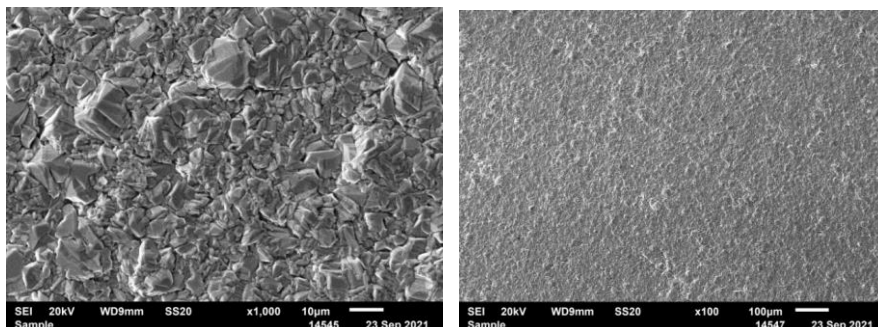


Сурет 5 - Құрамында мыс және молибден оксиді бар қаптаманың түзілуіне молибден (VI) оксидінің концентрациясының әсері: H_2SO_4 – 100 г/л; Cu(II) – 40 г/л; $i=200$ A/m²; $\tau=1$ час; $t=25^\circ\text{C}$

Мыс-молибден оксиді қаптамасының құрамына енетін дисперсті бөлшектің (MoO_3) оптималды концентрациясы зерттеу барысында 10 г/л болып анықталды. Оның мөлшері 15 г/л-ден жоғары болғанда, молибден (VI) оксидінің біраз бөлігі ерітінді көлемі бойынша бірқалыпты таралмай, олардың біраз бөлігі ерітіндінің түбіне шөгіп, «жұмыссыз» күйде жатты. Компоненттің қаптама құрамындағы үлесін арттырмады, өте жоғары

концентрацияда, керісінше, қоюланған дисперсті бөлшектер мыс катоды бетін пассивациялық күйге түсіреді.

Бірнеше тәжірибелер нәтижесінде күкірт қышқылды мыс (II) ерітіндісінде катодта компакты композициялық қаптамалар алынды, микрофотографиялар түсірілген (6-сурет).



Сурет 6 - Құрамында молибден (VI) оксиді бар композициялық мыс қаптамасы бетінің микрофотографиялары: Cu(II) – 40 г/л; H_2SO_4 – 100 г/л; MoO_3 – 10 г/л; $i=200 \text{ A/m}^2$; $\tau=1$ час; $t=25^\circ\text{C}$

Микрофотографиялардан алынған қаптаманың бетінің бұдырлығын байқауға болады. Бұл молибден оксиді мыс матрицасына дисперсті түйіршік түрінде енетінін көрсетеді, яғни, катодта дисперсті бөлшектер мыспен қаптала отырып композициялық электрохимиялық қаптама түзеді.

Элементтік анализ тәтижелері бойынша катод бетінде түзілген композициялық қаптаманың құрамындағы молибден (VI) оксиді мөлшері 1.2% тең екендігі көрсетілді (кесте 1).

Кесте 1 – Құрамында дисперсті молибден (VI) оксиді бар композициялық мырыш жабынының элементтік құрамы: Cu(II) – 40 г/л; H_2SO_4 – 100 г/л; MoO_3 – 10 г/л; $i=200 \text{ A/m}^2$; $\tau=1$ час; $t=25^\circ\text{C}$.

Спектр	O	Al	Si	S	Cu	Mo	Барлығы
Спектр 1	0.8	0.14	0.10	0.09	98.32	0.47	100.00
Спектр 2	0.88	0.08	0.07	0.05	98.21	0.72	100.00
Спектр 3	0.67	0.11	0.11	0.07	99.04	0.00	100.00
Орташа	0.81	0.11	0.09	0.07	98.52	0.40	100.00

Мыс-молибден оксиді қаптамасын химиялық коррозияға 3% натрий хлориді (NaCl) ерітіндісінде сынау жұмыстырының нәтижесі аталған қаптаманың молибден (VI) оксидісіз алынған мыс қаптамасынан коррозияға төзімділігі жоғары екендігін көрсетті (кесте 2).

Кесте 2 - Мыс және мыс - MoO_3 қаптамаларын натрий хлоридінің 3% ерітіндісіне батырғанға дейін және одан кейінгі массаларының айырмашылығы.

Δm , г	t, тәулік			
	3	6	9	12
Cu- MoO_3	0.0309	0.0312	0.0328	0.0332
Cu	0.0311	0.0342	0.0357	0.0364

Бұл молибден (VI) оксидінің мыс қаптамасының құрамындағы мөлшері 1.5% болғанда алынған мәліметтер. Егер қаптамадағы молибден (VI) оксидінің үлесін арттырса, коррозияға төзімділігі бұдан да жоғары қаптама алуға болатынын болжауға болады.

4. Қорытынды

Қорытындылай келе, катодты поляризациялау кезінде құрамында дисперсті молибден (VI) оксиді бар мыс негізіндегі композициялық электрохимиялық қаптамалардың түзілуі зерттелді. Құрамында молибден (VI) оксиді композициялық мыс қаптамасын алуға әртүрлі параметрлердің әсері анықталды. Элементтік анализ нәтижесі мыс матрицасына 1.2% дейін молибден (VI) оксиді енгізуге болатындығын көрсетті. Осылайша, электролиз параметрлерін өзгерте отырып, белгілі бір қасиеттерге ие болатын композициялық қаптамаларды алу мүмкіндігі айқындалды. Алынған мыс-молибден (VI) оксиді композициялық қаптамасының коррозияға төзімділігі қарапайым мыс қаптамасына қарағанда жоғарырақ екендігі анықталды.

Қаржыландыру. Бұл жұмыс ҚР ИИДМ индустриялық даму комитеті қаржыландыратын BR09458955 "Сирек және сирек жер элементтері негізінде жоғары пайдалану қасиеттері бар жаңа композициялық материалдар жасау" ғылыми-техникалық бағдарламасы шеңберінде орындалды.

Алғыс. Д.В.Сокольский атындағы ИТКЭ мекемесінің Физикалық зерттеу әдістері лабораториясының басшысы А.Р. Бродский мырзаға және әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-жанындағы Талдаудың физика-химиялық әдістері орталығының Электрохимиялық өндірістер лабораториясының меңгерушісі Ф.И. Мальчик мырзаға көрсетілген көмек үшін алғыс білдіреміз.

Мүдделер қактығысы. Авторлар бұл мақалада өзара мүдделер қактығысының жоқтығын мәлімдейді.

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ МЕДЬ - ОКСИД МОЛИБДЕНА (VI) ПРИ КАТОДНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

А. Баешов, М.Н. Турлыбекова, А.Ш. Тажибоева, А.К. Баешова, А.А. Жарменов*

*Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан, Алматы, Казахстан
E-mail: m.t.89@mail.ru*

Резюме. Введение. Процессы формирования электрохимических композиционных покрытий, обладающих коррозионностойкими свойствами, представляют интерес для различных отраслей техники и промышленности. Основной принцип получения таких покрытий заключается в осаждении на поверхности катода металла совместно с дисперсными частицами различных

веществ из электролита-суспензии. Дисперсные частицы, входящие в состав покрытия, изменяют многие его поверхностные свойства. *Цель работы:* получение композиционного электрохимического покрытия путем введения оксида молибдена (VI) в медную матрицу. *Методология.* Процесс осаждения покрытия проводили методом электролиза в водных сернокислых растворах, содержащих ионы меди (II) и оксид молибдена (VI) в качестве дисперсной фазы. Катодом служила титановая пластина, анодом – медная. Элементный состав полученного покрытия определяли с помощью спектроскопии энергодисперсионной рентгеновской флуоресценции в системе энергодисперсионного микроанализа INCA Energy 450, установленной в сканирующем электронном микроскопе. Эксперименты, посвященные определению коррозионной стойкости покрытий, проводили путем химической обработки. Долю оксида молибдена (VI), включенного в состав покрытия, определяли по разнице выхода по току в основном электролизере и в кулонометре, последовательно включенном в электрохимическую цепь. *Результаты и обсуждение:* в ходе электролиза протекает восстановление ионов меди (II) на катоде, элементная медь осаждается совместно с оксидом молибдена (VI), формируется покрытие. Изучены влияние концентрации ионов меди (II) 5-50 г/л, оксида молибдена в пределах 5-20 г/л, плотности тока 50-300 А/м². Установлено, что с увеличением концентрации частиц МоО₃ в растворе увеличивается содержание данного компонента в покрытии. Увеличение концентрации оксида молибдена (VI) до 10 г/л способствует повышению его доли в составе покрытия до 1,2%. *Заключение.* В результате катодной поляризации на поверхности титанового катода формируется композиционное электрохимическое покрытие «медь-оксид молибдена», состав которого идентифицирован элементным анализом. Показано, что покрытие с включением оксида молибдена (VI) обладает большей коррозионной стойкостью в 3% растворе хлорида натрия по сравнению с медным покрытием. При изменении параметров электролиза показана возможность формирования композиционных покрытий, обладающих определенными свойствами.

Ключевые слова: композиционное покрытие, гальванотехника, медь, триоксид молибдена, коррозия, электролиз, электрод, катодная поляризация

<i>Баешов Абдуали</i>	<i>доктор химических наук, профессор, академик НАН РК</i>
<i>Турлыбекова Макпал Нышангалиевна</i>	<i>магистр, научный сотрудник</i>
<i>Тажимаева Айгерим Шотаевна</i>	<i>магистр, PhD</i>
<i>Баешова Азгар Коспановна</i>	<i>доктор технических наук, профессор</i>
<i>Жарменов Абдурасул Алдашевич</i>	<i>доктор технических наук, профессор, академик НАН РК</i>

References

1. C.T.J. Low, F.C. Walsh, Electroplated multifunctional and nanostructured coatings, *Multifunctional Materials for Tribological Applications*, Pan Stanford, **2014**, CH. 7, pp. 227-258; <https://dx.doi.org/10.1179/0020296715Z.000000000252>
2. F.C.Walsh, Modern developments in electrodes for electrochemical technology and the role of surface finishing, *Trans IMF*, 97 (**2019**) 28-42; DOI:10.1080/00202967.2019.1551277
3. M. Musiani, Electrodeposition of composites: an expanding subject in electrochemical materials science. *Electrochim Acta*, 45 (**2000**) 3397-3402; <https://doi.org/10.1016/S0013-4686%2800%2900438-2>
4. J.L.Stojak, J. Fransaer, J.B.Talbot, Review of electrodeposition, *Advances in Electrochemical Science and Engineering*, Vol 7 (**2001**) 193-223, Wiley-VCH Verlag, Weinheim; <https://doi.org/10.1002/3527600264.CH4>
5. A. Hovestad, L.J.J. Janssen, Electrodeposition of metal matrix composites by co-deposition of suspended particles, *Modern Aspects of Electrochemistry*, No 38 (**2005**) 475-486; https://doi.org/10.1007/0-387-25838-8_6
6. F.C. Walsh, C. Ponce de Leon, A review of the electrodeposition of metal matrix composite coatings by inclusion of particles in a metal layer: an established and diversifying coatings technology, *Trans IMF*, 92 (**2014**) 83-98; <https://doi.org/10.1179/0020296713Z.000000000161>

7. C.T.J. Low, R.G.A Wills, F.C. Walsh, Electrodeposition of composite coatings containing nanoparticles in a metal deposit, *Surface & Coatings Technology*, 201 (2006) 371-383; <https://doi.org/10.1016/J.SURFCOAT.2005.11.123>
8. N. Mataji, P.A.I. Popoola, Tribological and corrosion performance of electrodeposited nickel composite coatings, *Electrodeposition of Composite Materials*, CH. 10, Intech, 2016; <http://dx.doi.org/10.5772/62170>
9. K. Helle, F.C. Walsh, Electrodeposition of dispersion composite coatings based upon polymer and ceramic particles in a metal matrix, *Trans. IMF*, 75 (1997) 53-58; <https://doi.org/10.1080/00202967.1997.11871143>
10. C. Kerr, F.C. Walsh, J. Archer, The electrodeposition of composite coatings based on metal matrix-included particle deposits, *Trans. IMF*, 78 (2000) 171-178; <https://doi.org/10.1080/00202967.2000.11871333>
11. C.T.J. Low, F.C. Walsh, Self-lubricating metal composite coatings by electrodeposition or electroless deposition, *Encyclopedia of Advanced Tribology*, Springer, (2011); http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-92897-5_1242
12. Y.H. Ahmad, A.M.A. Mohammed, Electrodeposition of nanostructured nickel-ceramic composite coatings: a review, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 9 (2014) 1942-196313; <http://hdl.handle.net/10576/4270>
13. I.R.Volkova, A.I.Lyamkin. Vliyanie nanoalmazov s modificirovannoj ionami medi poverhnost'yu na svojstva mednyh kompozicionnyh gal'vanicheskikh pokrytij. Yuzhno-sibirskij nauchnyj vestnik, №4 (28), s. 19-23. <https://doi.org/10.25699/SSSB.2019.28.46339>
14. A.A. Vasil'eva, Yu.V.Zharnovnikova, I.V.Evreinova. poluchenie kompozicionnyh mednyh pokrytij modificirovannyh odnostennymi uglerodnymi nanotrubbkami. Izvestiya SP6GTI(TU), № 43, 2018. <https://doi.org/10.15217/issn1998984-9.2018.43>
15. D.V.Grashchenkov, I.Yu.Efimochkin, S.B.Lomov i dr. Kompozicionnyj material na osnove medi. Vserossijskij institut aviacionnyh materialov, 2010. <https://viam.ru/sites/default/files/scipub/2010/2010-205321.pdf>
16. <http://www.chinatungsten.com/Russian/Molybdenum/Molybdenum-Trioxide.html>
17. V.A.Muhin, T.V.Antonova, M.V.Muhina, V.V.Knyazeva. poluchenie komozicionnogo pokrytiya med'-dioksid titana na alyumini. Vestnik Omskogo universiteta. 2009, №4, s.120-124, <https://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-kompozitsionnogo-pokrytiya-med-dioksid-titana-na-alyumini/viewer>