

ӨОЖ 546.48

FTAXP 31.17.15

<https://doi.org/10.55452/1998-6688-2022-19-4-17-26>**Сдикова Г.Ж.*¹, Шамилова А.Ж.¹**¹М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті
090500, Орал қ., Қазақстан

*E-mail: sdikova.guliya@mail.ru

**КАДМИЙ НЕГІЗІНДЕГІ ГАЛЬВАНИКАЛЫҚ ҚАПТАМАЛАРДЫ ЕНГІЗУ
ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

Аңдатпа. Қазіргі заманғы технологиялық даму деңгейіне қол жеткізу үшін Қазақстан Республикасының экономикалық, ғылыми-техникалық қарқынды дамуы техника-экономикалық жағынан тиімді әдістерді қолданып, металл бұйымдары мен құрылғыларын кеңінен өндіруді қажет етеді. Сол мақсатта тотығуға төзімді, әрі тиімді металл бұйымдары мен бөлшектерін өндірудің негізгі жолдарының бірі – кадмийлеу болып табылады. Кадмий қаптамасы икемді, жаншып қаптауға, штамптауға, бүгілуге жеңіл ұшырап, жаңадан түзілген қаптамалары мырышқа қарағанда қышқылсыз флюстарда жақсы дәнекерленеді. 2Х18Н10Т маркалы болаттан жасалған тотықпайтын таспаны кадмийлеудің технологиясына зерттеу жүргізілді. Кадмий электролиттерінің түрлері мен құрамына салыстырмалы талдау жасалды. Алынатын қаптаманың сапасына әсер ететін факторлар зерттеліп, бұйымдардың электролизден кейінгі байқалатын негізгі көрсеткіштеріне есептеу жүргізілді. Қаптаманың сапасы электролиттің құрамына, оның температурасына және ток тығыздығына байланысты өзгеріске ұшырайтыны анықталды. Беттік-белсенді заттарды пайдалану барысында потенциал арту мүмкіндігіне ие болып, берік қаптама қабатын алуға септігін тигізді. Соның ішінде декстрин, желатин, столяр желімі сияқты беттік-белсенді заттармен жұмыс жасалды. Беттік-белсенді зат қолданылмаған жағдайда кадмиймен қапталған таспаның жылтырлығының болмайтыны көрінді. Ток шамадан тыс берілген кезде таспа майда түйіршіктермен қапталып, қарайып кететіндігі анықталды. Таспаны кадмийлеу барысында уақыттың мәні артқан сайын таспа бетіне шөгілген кадмий қабаты арта түскені байқалды.

Тірек сөздер: гальваникалық қаптамалар, кадмийлеу, металл бұйымдар, электролит, БАЗ.

Sdikova G.Zh.*¹, Shamilova A.Zh.¹¹West Kazakhstan University named after M.Utemisov
090500, Uralsk, Kazakhstan

*E-mail: sdikova.guliya@mail.ru

**FEATURES OF THE IMPLEMENT OF CADMIUM-BASED
ELECTROPLATING COATINGS**

Abstract. The rapid economic, scientific and technical development of the Republic of Kazakhstan in order to achieve the modern level of technological development requires a wide production of metal products and equipment using technically and economically effective methods. For this purpose, one of the main ways of producing corrosion-resistant and efficient metal products and parts is cadmium plating. Cadmium plating is flexible, easily amenable to rolling, stamping, bending, freshly prepared sheathing is better welded on acid-free fluxes than zinc. A study of the technology of cadmium tape made of stainless steel grade 2X18H10T. A comparative analysis of the types and composition of cadmium electrolytes was carried out. The factors affecting the quality of the resulting packaging are investigated, the calculation of the observed main indicators of products after electrolysis is carried out. It is established that the quality of the coating undergoes changes depending on the composition of the electrolyte, its temperature and current density. The surfactant contributed to the production of a durable packaging layer with the possibility of increasing potency during use. Including work with such surfactants as dextrin, gelatin, carpentry glue. It was seen that the cadmium-coated tape has no gloss unless a

surfactant is used. It was found that when the current is overvoltage, the tape is covered with fine-grained granules and darkens. When the tape was cadmated, the cadmium layer deposited on the surface of the tape increased with increasing time.

Key words: electroplating coatings, cadmium plating, metal structures, electrolyte, surfactants.

Сдикова Г.Ж.*¹, Шамилова А.Ж.¹

¹Западно-Казахстанский университет им. М.Утемисова

090500, г. Уральск, Казахстан

*E-mail: sdikova.guliya@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ КАДМИЯ

Аннотация. Для достижения современного технологического уровня, стремительного экономического и научно-технического развития Республики Казахстан требуется широкое производство металлических изделий и оборудования с применением эффективных с технико-экономической точки зрения методов. Для этого одним из основных способов получения коррозионностойких и эффективных металлических изделий и деталей является кадмирование. Кадмированное покрытие гибкое, легко поддается смятию, штамповке, изгибу, лучше паяется в неокислотных флюсах, чем покрытия на основе цинка. Проведены исследования по технологии кадмирования детали из нержавеющей стали 2Х18Н10Т. Проведен сравнительный анализ типов и состава кадмиевых электролитов. Изучены факторы, влияющие на качество получаемого покрытия, рассчитаны основные показатели, наблюдаемые после электролиза. Установлено, что качество покрытия меняется в зависимости от состава электролита, температуры и плотности тока. Во время использования ПАВ потенциал увеличился, что способствовало получению прочного слоя покрытия. В качестве поверхностно-активных веществ были использованы декстрин, желатин, столярный клей. Было обнаружено, что пластинка с кадмиевым покрытием не имеет блеска в отсутствие поверхностно-активного вещества. Было обнаружено, что при чрезмерном употреблении тока металлическая пластинка покрывается мелкими вкраплениями и чернеет. При нанесении гальванического покрытия на основе кадмия отмечено, что слой кадмия, осажденный на поверхности пластинки, увеличился по истечении времени.

Ключевые слова: гальванические покрытия, кадмирование, металлоизделия, электролит, ПАВ.

Кіріспе

Қазақстан Республикасы гальваникалық өндірісі дамыған елдің бірі болып табылады. Гальваникалық өндірістердің дамуы жоғары, өйткені металл бұйымдарын тотығудан қорғау мақсатында әр түрлі қаптамалар қолданылады. Болаттан жасалған бөлшектерді тотығудан қорғау үшін кадмий қаптамалары көп сұранысқа ие. Себебі кадмий атмосфералық және теңіздік жағдайда тотығуға тұрақты болып табылады. Кадмий қаптамалары тұрақты (әсіресе сілтілік ортада) және түрлі түсті, сонымен қатар қорғаныш қабатының иілгіштігі жоғары болып келеді. Гальваникалық қаптауға арналған бұйымдар әдетте механикалық өңдеу нәтижесінде майлау материалдарымен ластанып, термиялық өңдеуден кейін немесе атмосфералық әсер ету нәтижесінде оксидтермен жабылады.

Кадмиймен қаптау - бұйымдарды кадмий металының жұқа қорғаныс қабатымен қаптайтын материалды тұндыру процесі. Жабындар бірнеше тәсілдермен қапталады. Соның ішінде электр тогы өтетін кадмий тұзы ерітіндісінің құтыларына қабылдаушы заттарды батыру. Кадмиймен қаптау процестері кішірек заттарға арналған механикалық және вакуумдық әдістерді және жоғары біркелкі жабындарды беруді қамтиды. Кадмий танымал қаптау материалы болып табылады. Өйткені ол бұйымдарға тотығуға жоғары төзімділік, төмен үйкеліс коэффициенттері және жоғары дәрежелі электр өткізгіштік береді. Кадмийді қаптау материалы пайдалануы экологиялық мәселелерге байланысты қатаң бақылауға алынды [1, 2].

Негізгі қағидалар

Кадмийленген жабын - берік және әмбебап металлдық жабын. Кадмий – жұмсақ ақ металл. Ол

болатқа, шойынға, иілгіш темірге, мыс және ұнтақ металға жабылған кезде субстрат материалының алдында коррозияға ұшырайтын «құрбандық жабын» қызметін атқарады. Кадмий жабынының коррозияға қарсы қорғанысын арттыру үшін алтын түс беретін хроматты түрлендіру жабындары жалатылған металдың үстіне жағылуы мүмкін. Зәйтүн түсі сияқты басқа түстер де қол жетімді [3].

Кадмиймен қаптау композициялары мен процестерінің бірнеше түрлері белгілі. Бірақ олардың көпшілігі бар құнына немесе өндеудің күрделілігіне, өнімнің біркелкілігін сақтау қиындығына байланысты коммерциялық пайдалануға бейімделмеген. Гальваникалық қаптау әрқашан барлық процестің ажырамас бөлігі болып табылатын бетті дайындау. Яғни қапталған өнімдердің бетінен май мен оксидтерден тазартудан бастау алады [4, 5]. Бетті мұқият тазалау одан әрі гальваникалық операциялардың таптырмас шарты болып табылады.

Дайындық операциялары механикалық немесе химиялық жолмен жүзеге асырылады. Механикалық әдістерге абразивті ұнтақтармен өндеу, бұрау, тегістеу, жылтырату және щеткамен өндеу сияқты процестер, ал химиялық әдістерге майсыздандыру, ою, белсендіру (декапирлеу), жуу, сондай-ақ жабуға болмайтын беттік аймақтарды оқшаулау жатады. Абразивті ұнтақтармен өндеу және жұмырлау - өндірістік жағдайда қолданылатын әдістер. Абразивті ұнтақпен өндеу қондырғысы араластырғышпен немесе орталықтан тепкіш сорғымен жабдықталған және құрғақ ұнтақпен немесе абразивті ұнтақтың сумен суспензиясымен толтырылған болат резервуардан тұрады [6]. Қажетті қысым сығылған ауамен қамтамасыз етіледі.

Бөлшектерді тазалауға арналған ауа қысымы бөліктер қабырғасының қалыңдығына байланысты 50 және 500 кПа аралығында болуы керек. Абразивті суспензиямен өңделген бөлшектер ыстық немесе суық сумен ванналарда жуылады және кептіру шкафтарында 85-100 °C температурада кептіріледі немесе сығылған ауамен үрленеді.

Электр жабыны алдында заттарды тазалаудың арзан әрі оңай жолы - оларды құрамында гидроксидтер, карбонаттар, фосфаттар, полифосфаттар, метасиликаттар, беттік-белсенді заттар және жуғыш заттар бар сілтілі ванналарда жуу. Кадмиймен қаптаудың көп бөлігі еріту арқылы дайындалған сілтілі цианид ванналарында жүзеге асырылады (натрий цианидінің ерітіндісіндегі кадмий оксиді). Натрий гидроксиді және натрий карбонаты құрамындағы реакциялар нәтижесінде түзіледі және олардың құрамына кіреді [7]. Болат сым торларында ілінген кадмий шарлары қаптау анодтары ретінде қызмет етеді. Натрий гидроксиді жоғары жууға қабілеттіне ие, бірақ мыс, мырыш және алюминий қорытпаларына агрессивті келеді. Сонымен қатар, оны жуу қиын. Натрий карбонаты жан-жақты және аз агрессивті майсыздандыру ваннасының компоненті болып табылады, сондықтан түсті металдар үшін жарамды. Тринатрийфосфаты судың кермектігін төмендетеді және металл беттерінен оңай жуылады. Тазаланатын бөліктерде кремний диоксиді түзілу мүмкіндігіне байланысты оны анодты электролиттік майсыздандыруға арналған қоспа ретінде қолдануға болмайды [8]. Жуу ерітінділерін сілтілік дәрежесіне қарай үш топқа бөлуге болады:

- а) болат бұйымдарды алдын ала тазалау күшті сілтілі (pH = 12–14);
 - б) электролиттік майсыздандыру алдында болат бұйымдарды тазалауға арналған орташа сілтілі (pH = 10–12);
 - в) түсті металдарды майсыздандыру үшін аздап сілтілі (pH = 8–10).
- Химиялық майсыздандыруға арналған сілтілі ерітінділердің құрамы 1 кестеде келтірілген.

Кесте 1 – Электрохимиялық майсыздандыруға арналған ерітінді

Компонент, г/л	Ерітінді түрі		
	№1	№2	№3
Натрий гидроксиді	200	-	35
Сұйық шыны	500	35	-
Натрий фосфаты	280	15	14
Сусыз көмір қышқылы	-	-	62
Ылғалдандырғыш	30	2	6

№1 ерітінді болаттан және шойыннан жасалған бұйымдарға қолданылады. Барлық компоненттерді 0,6 л суда ерітіп, 1 л көлемге су қосылады. Алынған концентрлі ерітіндіні тәжірибелік қолдануда 1:10-нан 1:30-ға дейінгі арақатынаста сұйылту керек. №2 ерітінді барлық компоненттерді 0,6 л суда ерітіп, 1 л көлемінде қосымша су құяды. №3 ерітінді мыс бөліктері мен оның қорытпалары үшін қолданылады. Барлық компоненттерді аз мөлшерде суда ерітіп, 1 л көлемінде су қосылады. Электрохимиялық майсыздандыру химиялық майсыздандыруға қарағанда бетті тазалаудың тиімдірек әдісі болып табылады. Өйткені бөлшектердің бетінде бөлінетін сутегі немесе оттегі көпіршіктері май бөлшектері мен басқа ластаушы заттардың бөлінуіне ықпал етеді. Электрохимиялық майсыздандыру катодтық және анодтық болуы мүмкін. Электрохимиялық майсыздандыруға арналған ванналар көбінесе катодтық және анодтық майсыздандыру үшін бір ваннаны пайдалануға мүмкіндік беретін полностью ауыстырғышпен жабдықталған. Катодты майсыздандыру кезінде ваннадағы қоспалар түріндегі металдар бөлшектердің бетіне шөгеді. Ол күңгірт, қиын еритін жабын түрінде көрінеді. Кейде майсыздандырудан кейін бетті белсендіру үшін қолданылатын қышқыл ерітінділерде толық ерімейді. Анодтық майсыздандыру бетіндегі оттегіні босатып, беттік тотығуды тудырады. Бұл өте ұзақ процесс және тым жоғары температура мен жоғары ток тығыздығы бар мыс пен жездің қараюына әкелуі мүмкін. Бұл қараю тіпті өте сұйылтылған қышқылдарда да оңай жойылады.

Электролиттік майсыздандыруда жақсы нәтижелерге жету үшін келесі ережелерді сақтау қажет:

- 1) Ұсынылған майсыздандыру уақытын асырмау. Себебі бұл бөлшектердің сутегімен қанығуына, бетінің қараюына және серіппелі бөлшектердің сынғыштығына әкеледі;
- 2) Серіппелер мен жұқа қабырғалы болат бөлшектерді (1 мм-ге дейін) тек анодпен өңдеу керек;
- 3) Мыс пен оның қорытпаларынан жасалған бөлшектерді тек катодта майсыздандыру керек, өйткені анодтық процесс кезінде бұйымдар тотығып, күңгірттенеді;
- 4) Бұйым мырыш, қалайы, қорғасын және хром сияқты қабаттан тұрмауы керек, олар еруі нәтижесінде электролиттерді ластайды [9, 10].

Материалдар мен әдістер

Эксперименттік жұмыс барысында электролизердің өлшемдеріне сәйкес тотықпайтын болаттан жасалған таспа қолданылды (12X18H10T маркалы таспа). Жұмыс жасалудағы ең бірінші кадам - түйіршіктері әртүрлі өлшемді (ірі немесе майда) келетін егеуқұм қағазымен тазарту. Алдымен бұйымдарды ірі түйіршікті егеуқұм қағазымен өңдеу жұмысы жүргізілді. Бұйымның аудан бетіндегі ірі сызаттарды толықтай жою үшін бөлшектер дистилденген сумен әбден жуылып, натрий гидроксидімен майсыздандырылды. Кейін күкірт немесе тұз қышқылының әлсіз ерітіндісімен тазартылды. Өндеуден кейін таспа эксикаторда кептірілген соң, ақ таза қағазға оралды. Майсыздандыру процесі натрий гидроксиді қатысында, 0,36 А/дм² тогымен 10 мин уақыт ішінде жүзеге асырылды. Электрохимиялық тазарту күкірт қышқылымен (H₂SO₄) 0,36 А/дм² ток жіберіп, 20 мин қатысында жүргізілді.

Электрохимиялық кадмийлеу кезінде катод ретінде маркасы 12X18H10T тотықпайтын болаттан жасалған таспалар қолданылды (таспа жалпы ауданы – 8 см²). Ерімейтін анод ретінде графит алынды. Құрамында кадмий тұзы, аммоний тұзы және әртүрлі қоспалар, мысалы, НФ диспергаторы, ұста желімі, ундецилфосфин қышқылының диэтанолламин тұзы бар кадмий электролиті белгілі. Берілген электролиттің кемшілігі – сілтілі аккумуляторлардың электродтық пластиналарының қалыптасу сатысында тығыз тегіс жылтыр тұнбаға байланысты белсенді материалдар қабыршақтанады. Сонымен қатар белсендіргіш қоспаны (ундецилфосфин қышқылының диэтанолламин тұзы) өнеркәсіп дамымағандықтан және құны жоғары болғандықтан жаппай өндірісте қолдануға болмайды. №3 электролиттің кемшілігі электродтық пластиналарының қалыптасу сатысында тегіс жылтыр тұнбаға байланысты активті заттардың қабыршасы алынып қалады.

Нәтижелер мен талқылау

Қарапайым қышқыл электролиттерді дайындау үшін барлық компоненттерді жылы суда

бөлек ерітіп, гальваникалық ванналарды жартысына дейін сумен толтырады. Кейін оған алдымен күкірт қышқылын мұқият құйған соң, тұз ерітінділерін біртіндеп қосады. Ұсынылған электролитті пайдалану өнімнің бетіне нақты физикалық және химиялық қасиеттерді береді. Қысқа экспозиция уақытында тұнбаның және оның бос (кеуекті) құрылымының жақсы адгезиясын алу. Бұл никель-кадмий ламелсіз сілтілі аккумуляторларда кадмий электродтарын жасау технологиясында қолдану үшін дамыған беті бар гальваникалық ірі түйіршікті қаптамаларды алуға мүмкіндік береді [11, 12]. Айтылған электролиттермен жұмыс режимі 2 кестеде көрсетілген.

Кесте 2 – Кадмий электролиттерінің құрамы мен жұмыс режимі

Ерітінді құрамы, г/л	№1	№2	№3	№4
$\text{CdSO}_4 \cdot 8/3\text{H}_2\text{O}$	-	-	-	7,5
CdO	5	-	-	-
CdCl_2	-	-	6	-
$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cd}$	-	5	-	-
H_2SO_4	-	-	-	7,5
H_3BO_3	8	8	-	-
NH_4Cl	-	-	34,5	-
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	10	10	-	-
этиленгликоль	-	-	4,5	-
тиомочевина	4	4	-	-
декстрин	1,5	-	-	-
Столяр желімі	-	2	-	-
желатин	-	-	1	-
t, °C	15 - 20	25 - 30	бөлме темп	15 - 20
i, A/дм ²	1			

Бұйым мен қандай да бір бөлшектердің беттік ауданын металмен қаптар алдында жұмыс режимін орнату барысында ток тығыздығын және қажетті ток күшін дұрыс таңдап алу үшін қапталатын бұйымның беттік ауданы есептелінді. Бөлшектердің ауданы алдымен бөлек есептеліп, кейін жиынтықталады. Бұйым немесе бөлшектерді қаптау техникалық шарттармен қарастырылған белгілі бір қалыңдықтағы металдың қорғау қабатын алу тапсырмасын орындайды. Сонымен қатар оған сол белгілі бір қалыңдықтағы тұнба алу үшін қажетті уақытты немесе электролиздің белгілі уақытында алынған тұнбаның қалыңдығын анықтау керек болады. Қапталатын бұйымның түгел бетін есептеу қажет. Геометриялық есептеу формулалары мен мәндері 3 кестеде келтірілген.

Кесте 3 – Бұйым бетінің геометриялық есептеу формулалары мен мәндері

№	формуласы			Мәндері
1	Тік төртбұрыш бетінің ауданы	$F = ab$	F - аудан, см ² a - таспаның ұзындығы, см; b - таспаның ені, см	8 см ²
2	Тік төртбұрыш беті	$S = 20P(a+b)/ab$	S - бұйымның беттік ауданы, см ² ; P - бұйымның салмағы, г; a - таспаның ұзындығы, мм; b - таспаның ені, мм	23,968 см ²

3	Қаптауға тиісті металдың салмағы	$G = 10Sa\gamma$	G - тұндырылған металдың салмағы, г; S - қапталуға тиісті бет, дм^2 ; a - тұндырылған металл қабығының қалыңдығы, мм; γ - тұндырылған металдың үлес салмағы, $\text{гр}/\text{см}^3$	6,183г
4	Катодта тұндырылған металдың салмағы	$P = CI\eta/100$	P - катодта тұнған металдың салмағы, г; I - жіберілген ток күші, А; t - электролиз уақыты, сағ; η - ток бойынша шығымы	0,64 г
5	Тұнған металл көлемі	$V = P/\gamma$	P - катодта тұнған металдың салмағы, г; γ - тұндырылған металдың үлес салмағы, $\text{гр}/\text{см}^3$	0,074 см^3
6	жабынның қалыңдығы	$h = V/S$	S - бұйымның беттік ауданы, см^2	31мк
7	Ток тығыздығы	$i = I/S$	i - ток тығыздығы, $\text{А}/\text{дм}^2$ I - жіберілген ток күші, А	0,36 А

Кадмий қаптамасына беттік-белсенді заттардың әсерін анықтау үшін электролиттердің электрөткізгіштігін арттыру үшін катодтық процеске қатыспайтын, бірақ электрөткізгіштігі жақсы қосымшалар қосады. Қышқыл электролиттерге қышқылдың аттас иондарының тұздары, ал сілтілі электролиттерге NaOH, KOH қосуға болады. Әлсіз қышқылды, нейтралды және әлсіз негізді электролиттерге сілтілік немесе сілтілік жер металдардың тұздарын қосады. Сонда электрөткізгіш қосымшалар электролиттің қышқылдығын өзгертпей тұру керек. Көптеген электролиттер белгілі рН интервалында жұмыс істегендіктен, бақылап отыру үшін буферлі қосымшалар енгізеді. Көбінесе бор қышқылы, натрий ацетаты, сірке қышқылы және т. б. қолданады [13, 14]. Кадмийлеу процесі кезінде электролитке беттік-белсенді заттарды қосу арқылы сапасы жоғары, тегіс бұйым алуға болады. Өндірістік жағдайда синтанол ДС-10, желатин, желім, ДЦУ бекіткіші, крахмал, ОП-10, диспергатор НФ-5, тиокарбамид сияқты беттік-белсенді заттар электролит ерітінділеріне қосылады. Бұл тәжірибе барысында желатин, декстрин және столяр желімі қолданылды.

Барлық электролиттерде кадмий екі валентті түрде болады. Ал оның электрохимиялық эквиваленті 2,2 г/А сағатқа тең. Кадмийдің шөгу жылдамдығы пайдаланылатын катодтың ток тығыздығына және токтың шығымына байланысты әр түрлі болады [15]. Бұдан әрі ток тығыздығы өзгерген кездегі кадмий тұнбалары құрылымының өзгеруі қадағаланады.

3 тамшы декстрин ерітіндісі қосылған электролит ерітіндісінде ток тығыздығының өзгеруі:

1А/дм²: таспа бетінде сұр түсті қабықша түзілді. Метал негізіне жақсы тұтасқан ірі түйіршікті қабықша түзілді.

1,5А/дм²: таспа бетінде ақшыл-сұр түсті қабықша түзілді. Таспаның беті біркелкі дерлік қапталған.

2А/дм²: таспа бетінде сұр түсті қабықша түзілді. Түзілген қабықша таспаның бетіне нашар біріккен және пластина беті қабыршақтанған. Қолданылатын токтың катодты тығыздығына және әр түрлі ток шығымы кезіндегі тәуелділігіне байланысты кадмийдің тұну жылдамдығы 4 кестеде көрсетілген.

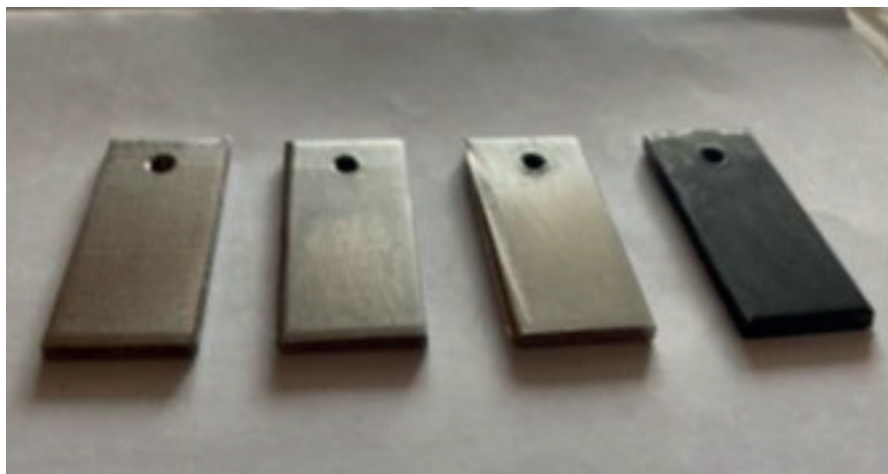
Кесте 4 – Токтың шығымына байланысты кадмийдің шөгу жылдамдығы (мкм/сағ)

Токтың тығыздығы, Дк, А/дм ²	Токтың шығымы, %					
	75	80	85	90	95	100
0,5	9,1	9,7	10,3	10,9	11,5	12,1
1,0	18,2	19,4	20,6	21,8	23,1	24,2
2,0	36,4	38,8	41,2	43,6	46,2	48,4
3,0	54,6	58,3	61,8	65,4	69,3	72,6

4,0	72,8	77,6	82,5	87,2	92,4	98,8
5,0	91,0	97,0	103	109	115	121
6,0	109,2	116,6	124,0	130,8	138,6	145,2
7,0	127,4	136,0	144,6	152,6	161,7	169,4
8,0	145,6	155,2	165,0	174,4	184,8	197,6
10,0	182,0	194,0	206,0	218,0	231,0	242,0

Электролиттің құрамына, температурасына, араластыру қарқындылығына байланысты ток тығыздығын 0,5–5 А/дм² интервал аралығында қолдануға болады. Орташа шамамен кадмий концентрациясы 20 г/л болған кезде ток тығыздығы – 1,5–2 А/дм², кадмий концентрациясы 40 г/л болған кезде ток тығыздығы – 3–4 А/дм² болады. Әдеттегі жай режимде электролиттің тұрақты құрамын қамтамасыз ететін анодты ток тығыздығы 2 А/дм² – тан аспауы тиіс. Жиі температураны 20–35 °С аралығында ұстайды, бірақ қажет болған жағдайда оны арттыруға болады. Ток бойынша шығымы 85-98% аралығында өзгеріп тұрады, ол жиі 90- 95%-ға сәйкес келеді. Электролиттегі кадмийдің концентрациясы, температурасын, араластыру қарқындылығын арттырған жағдайда ток бойынша шығымы артады. Температураның жоғарылауымен концентрлі электролитті қолданады. Себебі бастапқы компоненттердің ерігіштігі жоғарылайды. Сонымен қатар, электролиттің электр өткізгіштігі өседі және анодтың пассивациясы төмендейді. Осы факторлардың барлығы жоғары ток тығыздығын қолдануды қажет етеді. Бірақ, температураның жоғарылауынан диссоциация және диффузия процестері өсіп, тұнбаның катодтық потенциалының төмендеуіне әкеледі. Ток тығыздығының жоғарылауымен бірге температураның әсері майда кристалды қаптамалардың түзілуіне әкеледі. Сондықтан көптеген электролиттерде температураның жоғарылауы тұну процесін қарқынды жүргізуге мүмкіндік береді. Тығыз ауада цианидті және сілтілі электролиттерді араластыруға болмайды. Себебі ерітінді компоненттерімен көмірқышқылының әрекеттесуінен карбонаттар түзіледі. Кадмийдің тұну процесін одан әрі жақсарту үшін араластырып жатқанда бір уақыт аралығында температура мен ток тығыздығының әсерін ұлғайту керек. Бұл тәжірибеде жоғарыда көрсетілген 3 тамшы декстрин ерітіндісі қосылған электролит ерітіндісінде температура өзгерген кездегі тұнба құрылымының өзгерісі қадағаланады. 30 °С температурада таспа бетінде металдық жылтыры бар сұр түсті қабықша түзілді. Бұл қабықша металл негізімен жақсы бірікпеген және таспаның тек бір бөлігін ғана қаптап тұр. 45 °С температура таспа бетінде металдық жылтыры бар сұр түсті түзілді. Қабықша біркелкі қапталмаған. Металл негізімен жақсы біріккен. Тығыз, ұсақ кристалды тұнбаны жоғары температурамен ток тығыздығында және үздіксіз араластыру арқылы алуға болады. Араластыруды үздіксіз немесе периодты фильтрациямен қоса жүргізеді. Себебі ерімеген бөлшектер конвекционды ағынмен катодта тұнып, сапасыз қаптаманың түзілуіне әкеліп соғады.

Қаптаманың сапасын бақылау үшін ең бірінші баға беру сыртқы түріне қарай отырып, күндізгі немесе жасанды жарықтың көмегімен жүргізіледі. Жарықтандыру 300 лк төмен болмауы қажет. Сыртқы түрін бағалау нәтижелері бойынша жарамды, ақаулы, жарамсыз топтардың біреуіне жатқызуға болады. Егерде сапасыз қаптаманы алып тастап, қайталама отырғызуды қажет болса және де қаптаманы алмай-ақ толық өңдеуді қажет ететін бөлшектерде жоғарыда айтылғандар қатарына енсе бөлшек кеміс болып саналады. Кеміс бөлшектерге коррозия ошақтары, механикалық және басқа да ақаулар жатады. 1 суретте таспалардың сыртқы түрі бағаланады.



Сурет 1 – Кадмиймен қапталған таспалар

Металдың тотығуға тұрақтылығы оның тасымалдануына байланысты қоршаған ортаның әсерінен туындайтын химиялық немесе электрохимиялық бұзылуларға төтеп беру қабілетіне байланысты болады. Бөлшектердің тотығуға тұрақтылығы жөніндегі неғұрлым дұрысырақ пікірді табиғи эксплуатациялық жағдайда сынау арқылы алады. Бірақ мұндай сынаманы жүргізу ұзақ болғандықтан оны өндірістік жағдайда қолдануға келмейді. Себебі өндірістік жағдайда жылдам орындалатын сынақ түрлері қолданылады. Сынауы жылдамдату үшін еріткішті араластыру, сонымен қатар үлгіні ерітіндіге бір алып, бір салып тұру қажет. Үлгіні ерітіндіге қайталама алып-салу принципі кейбір қондырғыларда автоматты түрде орындалады. Электролиттердегі металдардың тотығуға төзімділігін анықтаудың ең қарапайым және қол жетімді әдісі – тотығу көрсеткіштерінің көпшілігін пайдалануға мүмкіндік беретін ашық ыдыста сынау. Үлгілер шыны ілмекке немесе нейлон жіпке ілінеді және ауа, оттегі, азот немесе басқа газ өтетін стационарлық немесе араластырылған тотыққан ерітіндіге толық, ішінара немесе ауыспалы батыру арқылы сыналады. Сынау кезінде сыналатын әрбір металдың үлгілері бөлек ыдысқа салынады. Үлгіні кейде шыны немесе пластик тұғырды пайдаланып орнатылады.

Алынған гальваникалық қаптаманың қалыңдығын тамшы әдісімен анықтайды. Ол үшін металмен қапталған бұйымға ерітінділерді біртіндеп тамшылатып, белгілі бір уақыт аралығында оны ұстау арқылы ерітеді. Операция тамшы тамған аймақтарды сүзгіш қағазымен негізгі металдың тұтас аумағы көрінгенге дейін сұрту арқылы жүргізіледі. Тамшы әдісінің кетіру әдісінен айырмашылығы тамшы әдісі арқылы бөлшектің белгілі бір аймағындағы қаптаманың қалыңдығын анықтауға болады. Бұл әдістің кемшілігі қалың қабатты қаптамалар үшін мұндай сынақ ұзақ уақыт аралығында жүргізіледі. Тамшы әдісі күрделі пішінді және ұсақ бөлшектердің бетіндегі қаптама қалыңдығын өлшеуге жарамсыз. Себебі ерітінді тамшы таматын уақыт аралығында ұсталып тұрмай, ағып кетеді. Бұл әдіс техникалық орындалуы жағынан қарапайым болғанымен, тек жұқа қаптаманың қалыңдығын анықтағанда қателіктер береді. Қабат қалыңдығы 2 мм қаптама үшін бұл әдістің нақтылығы $\pm 30\%$ аумағында ауытқымалы түрде болады.

Кадмий қабатымен қапталған таспаға 30 с сайын калий иодиді ерітіндісі тамызылды. Тамшылату әдісінің нәтижесі бойынша қаптаманың қалыңдығы 31 мкм болды.

МемСТ 9.303-84 сәйкес тәжірибе барысында кадмиймен қапталған бұйым қорғаныштық мақсатта қолданылуға рұқсат етіледі

Қорытынды

2X18H10T маркалы тотықпайтын болаттан жасалған таспаны кадмийлеудің технологиясына зерттеу жүргізілді. Кадмийлеу процесіне және кадмий қаптамасымен қапталған металл бұйымдарына сипаттама толықтай беріліп, оның технологиялық ерекшеліктері аталып көрсетілді. Кадмий электролиттерінің түрлері мен құрамына салыстырмалы талдау жүргізілді. Алынатын қаптаманың сапасына әсер ететін факторлар зерттеліп, бұйымдардың электролизден кейінгі байқалатын негізгі көрсеткіштеріне есептеу жүргізілді (бетінің ауданы, металдың салмағы, ток

тығыздығы, тұнған металл көлемі, жабынның қалыңдығы, катодта тұндырылған металдың салмағы, ток тығыздығы). Қаптаманың сапасы электролиттің құрамына, оның температурасына және ток тығыздығына байланысты өзгеріске ұшырайтыны анықталды. Беттік-белсенді зат (декстрин, желатин, столяр желімі) пайдалану барысында потенциал арту мүмкіндігіне ие болып, берік қаптама қабатын алуға септігін тигізді. Беттік-белсенді зат қолданылмаған жағдайда кадмиймен қапталған таспаның жылтырлығының болмайтыны көрінді. Ток шамадан тыс берілген кезде таспа майда түйіршіктермен қапталып, қарайып кететіндігі анықталды. Таспаны кадмийлеу барысында уақыттың мәні артқан сайын таспа бетіне шөгілген кадмий қабаты арта түсті.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 <https://www.corrosionpedia.com/>
- 2 Paul Scott. What is involved in cadmium plating // About mechanics. September 03, 2022. <https://www.aboutmechanics.com/>
- 3 Cadmium electroplating. <http://www.chemprocessing.com/page.asp?pageid=54&>.
- 4 M. Nathaniel Mead. Cadmium confusion: Do consumers need protection // Environ health perspect. – 2010 Dec. – 118(12). – pp. 528 – 534.
- 5 Camel Leroy. Method and composition for cadmium plating. Patented Jan. 10, 1939. 2,143,760.
- 6 Frank Altmayer. Is cadmium finished // Plating & Surface Finishing. Advice & counsel. – March 2007. – P. 22–26.
- 7 Cadmium plating by hugh morrow. – Volume 93. – Issue 1, Supplement 1, January, 1995. – P. 201–204. <https://www.sciencedirect.com/journal/metal-finishing>.
- 8 Чигринова Н.М., Чигринов В.Е., Радченко А.А. и др. Технологии создания декоративно-износостойких материалов / Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий : Материалы докладов республиканского научно-технического семинара. – Минск: БГТУ, 2011. – С. 130–138.
- 9 Хранилов Ю.П. Экология и гальванотехника: проблемы и решения. – Киров: ВятГУ, 2010. – 97 с.
- 10 Joseph Menke. The many sides of cadmium plating // Corrosion. – 2003, San Diego, California. – March 16-20. 2003.
- 11 Waldfried Plieth. Electrochemistry for Materials Science. – 2008. – P. 195–229. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444527929500099>
- 12 Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. – М.: Физматлит, 2010. – 416 с.
- 13 Кудреева Л.К. Гальваникалық қаптамалар алу технологиясы. – Алматы: Қазақ университеті, 2013. – 187 б.
- 14 Высоцкая Н.А., Кабылбекова Б.Н., Айкозова Л.Д., Бекжигитова К.А. Качество кадмиевых покрытий, полученных из электролитов с серо- и фосфорсодержащими поверхностно-активными веществами // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2020. – № 1. – С. 58–62.
- 15 Шлугер М.А. Гальванические покрытия в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2013. – 240 с.

REFERENCES

- 1 <https://www.corrosionpedia.com/>
- 2 Paul Scott. What is involved in cadmium plating // About mechanics. September 03, 2022. <https://www.aboutmechanics.com/>
- 3 Cadmium electroplating. <http://www.chemprocessing.com/page.asp?pageid=54&>.
- 4 M. Nathaniel Mead (2010). Cadmium confusion: Do consumers need protection // Environ health perspect, 118(12), pp. 528–534.
- 5 Camel Leroy. Method and composition for cadmium plating. Patented Jan. 10, 1939. 2,143,760.
- 6 Frank Altmayer (2007). Is cadmium finished // Plating & Surface Finishing. Advice & counsel, March, pp. 22–26.
- 7 Cadmium plating by hugh morrow (1995), vol. 93, Issue 1, Supplement 1, January, pp. 201–204. <https://www.sciencedirect.com/journal/metal-finishing>
- 8 Chigrinova N.M., Chigrinov V.E., Radchenko A.A. i dr. (2011) Tehnologii sozdaniya dekorativno-iznosostojkih materialov. Sozdanie novyh i sovershenstvovanie dejstvujushhih tehnologij i oborudovaniya nanesenija gal'vanicheskikh i ih zameshhajushhih pokrytij: Materialy dokladov respublikanskogo nauchno-tehnicheskogo seminar. Minsk, BG TU, pp. 130–138.
- 9 Hranilov Ju.P. (2010) Jekologija i gal'vanotehnika: problemy i reshenija. Kirov, VjatGU, 97 p.
- 10 Joseph Menke (2003). The many sides of cadmium plating. Corrosion 2003, San Diego, California, March, 16–20.

11 Waldfried Plieth (2008). Electrochemistry for Materials Science, pp. 195–229. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444527929500099>

12 Semenova I.V., Florianovich G.M., Horoshilov A.V. (2010) Korrozija i zashhita ot korrozii. Moscow, Fizmatlit, 416 p.

13 Kudreeva L.K. (2013) Gälvanikalyq qaptamalar alu tehnologiasy. Almaty, Qazaq universiteti, 187 p.

14 Vysockaja N.A., Kabyzbekova B.N., Ajkozova L.D., Bekzhigitova K.A. (2020) Kachestvo kadmievyyh pokrytij, poluchennyh iz jelektrolitov s sero- i fosforsoderzhashhimi poverhnostno-aktivnymi veshhestvami. Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovaniy, no 1, pp. 58–62.

15 Shluger M.A. (2013) Gal'vanicheskie pokrytija v mashinostroenii. Moscow, Mashinostroenie, 240 p.

Авторлар туралы мәліметтер

Сдикова Гулия Жумгатиевна (корреспонденция авторы)

Химия ғылымдарының кандидаты, М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университетінің химия кафедрасының доценті. Назарбаев даңғылы 121, 090500, Орал қ., Қазақстан

ORCID ID: 0000-0002-7949-1521

E-mail: sdikova.guliya@mail.ru

Шамилова Алмагуль Жоламановна

магистр, М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университетінің химия кафедрасының оқытушысы. Назарбаев даңғылы 121, 090500, Орал қ., Қазақстан

ORCID ID: 0000-0002-9286-3131

E-mail: shamilova9494@mail.ru

Information about authors

Sdikova Guliya Zhumgatievna (corresponding author)

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, West Kazakhstan University named after M. Utemisov. Nazarbayev str.121, 090500, Uralsk, Kazakhstan

ORCID ID: 0000-0002-7949-1521

E-mail: sdikova.guliya@mail.ru

Shamilova Almagul Zholamanovna

Master of Chemical Sciences, Department of Chemistry, West Kazakhstan University named after M. Utemisov. Nazarbayev str.121, 090500, Uralsk, Kazakhstan

ORCID ID: 0000-0002-9286-3131

E-mail: shamilova9494@mail.ru

Информация об авторах

Сдикова Гулия Жумгатиевна (автор для корреспонденции)

Кандидат химических наук, доцент кафедры химии Западно-Казахстанского университета им.М.Утемисова, проспект Назарбаева, 121, 090500, г. Уральск, Казахстан

ORCID ID: 0000-0002-7949-1521

E-mail: sdikova.guliya@mail.ru

Шамилова Алмагуль Жоламановна

Магистр, преподаватель кафедры химии Западно-Казахстанского университета им.М.Утемисова, проспект Назарбаева, 121, 090500, г. Уральск, Казахстан.

ORCID ID: 0000-0002-9286-3131

E-mail: shamilova9494@mail.ru