

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ
YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU

Əlyazması hüququnda

Hacıyeva Solmaz Əyyub qızı

**Azkarbonlu polad səthinə qalay örtüyünün elektrolitik üsulla çəkilməsinin
tədqiqi**

mövzusunda

MAGİSTR DİSSERTASIYASI

060601 – Materialşünaslıq mühəndisliyi

İxtisaslaşma - Materialşünaslıq və materiallar texnologiyası

Elmi rəhbər:

k.e.n., dos Şirinov Taryel İldırım oğlu

BAKI – 2024

MÜNDƏRİCAT

İXTİSARLAR.....	4
GİRİŞ.....	5
I Fəsil. Səthinə qalay örtüyü çəkilən nümunələrin hazırlanması (1sm² ölçüdə düzbucaqlı formasında kəsilməsi, cilalandırılması, yağsızlaşdırılması və aşındırılması)	
1.1. Ümumi müddəalar.....	9
1.2. Polad nümunələrin örtük çəkmək üçün səthlərinin emal edilməsi.....	15
II Fəsil. Elektrolitik yuvanın hazırlanması, işçi, köməkçi və müqayisə elektrodlarının hazırlanması	
2.1. Avadanlıq və elektrodların seçilməsi və hazırlanması.....	19
III Fəsil. Stannat və turş məhlullarda katod polyarlaşması ilə qalayın elektrolitik üsulla polad səthinə çökdürülməsi	
3.1. Turş və qələvi elektrolitlərdə qalay.....	25
Alınan nəticələr.....	32
İstifadə olunmuş ədəbiyyat.....	33

MAGİSTRANTIN ANDI

Azkarbonlu polad səthinə qalay örtüyünün elektrolitik üsulla çəkilməsinin tədqiqi mövzusunda təqdim etdiyimiz magistrlik dissertasiyasını elmi əxlaq normalarına və istinad qaydalarına tam riayət etməklə və istifadə etdiyim bütün mənbələri ədəbiyyat siyahısında əks etdirməklə yazdığımıza and içirəm(ik) və magistrlik dissertasiyasının AzTU Kitabxana İnformasiya Mərkəzində saxlanması, həmin mərkəz tərəfindən AzTU Rəqəmsal Repozitoriyasına daxil edilərək repozitoriyanın veb saytında yerləşdirilməsinə icazə veririk.

Solmaz Hacıyeva

Tarix

İXTİSARLARIN SİYAHISI

“ABŞ”	Amerika Birləşmiş Ştatları
“ALCOA”	Aluminium Company of America (Amerika Metallurjiya Şirkəti)
“CARG”	Compound annual growth rate (Mürəkkəb illik artım tempi)
“SEM”	Skan edən elektron mikroskop
“EDS”	Enerji-dispersiv spektroskopiyası

GİRİŞ

Texniki-iqtisadi cəhətdən qalvanik üsulla örtük alınması digər üsulla (əridilmiş metallarda çökdürmə, diffuziya örtükləri, tozlandırma yolu ilə örtük alınması) üsullarına nisbətən daha əlverişlidir. Elektrolitik üsulla alınan örtüklər yüksək təmizliyi, yüksək kimyəvi dayanıqlığı və ona görə də metalları uzun müddət korroziyadan mühafizə etməsi ilə fərqlənir. Belə örtüklər əsas metalla yüksək ilişgənlik möhkəmliyinə, yəni adgeziyaya malik olur. Bu üsulla örtük aldıqda metal sərfi digər üsulla örtük alınan zaman metal sərfindən olduqca azdır. Ona görə də bir çox sənaye sahələri üçün qalvanik örtüklərinin alınması geniş yayılmışdır.

Qida sənayesi avadanlıqlarının qida məhsullarında mövcud olan üzvü turşulardan mühafizəsində qalvanik örtüklərdən istifadə geniş yayılmışdır. Qida sənayesi avadanlıqlarının mühafizəsi üçün qalay örtüklərindən istifadə mühüm yer tutur. Buna səbəb qalay birləşmələrinin insan orqanizmi üçün zərərsiz olmasıdır ki, bu səbəbdən də yeyinti sənayesində onun örtüklərindən istifadə böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Mis birləşmələri insan orqanizmi üçün zərərli olduğundan ondan hazırlanan məişət avadanlıqları korroziyadan qalay örtükləri ilə mühafizə olunur.

Mis və ərintilərinin mexaniki xassələri aşağı olduğundan bir çox yeyinti sənayesi avadanlıqlarının karbonlu poladlardan hazırlanması zərurəti yaranır. Lakin dəmir səthində yaranan oksid təbəqəsi məsaməli olduğundan həmişə dəmir oksidinin (pasın) yeyinti məhsuluna keçməsi prosesi baş verir. Dəmir pası insan orqanizmi üçün zərərli olmasa da o yeyinti məhsulunun keyfiyyətini aşağı salır. Bu məsələnin həlli üçün yeyinti sənayesində istifadə olunan avadanlıqların korroziyadan mühafizəsi üçün qalay örtüklərindən istifadə etmək əlverişlidir.

Yeyinti məhsulları kimi istifadə olunan süd məhsulları, müxtəlif şirələr, ət və balıq konservləri istehsalında istifadə olunan polad avadanlıqların üzvü turşuların korroziyası üçün qalay örtüklərində istifadəsi əlverişlidir.

Qalay örtükləri kimyəvi və elektrokimyəvi üsullarla alınır. Kimyəvi üsulla alınan örtüklər məsaməli olduğundan və qalay dəmirə nisbətən müsbət potensiala malik olduğundan poladı elektrokimyəvi cəhətdən qoruya bilmir. Ona görə də polad

örtüklərinin elektrokimyəvi üsulla çəkilməsi və polad səthində məsaməsiz örtüyün alınması daha əlverişlidir.

Yeyinti sənayesində istifadə olunan avadanlıqların mürəkkəb relyefə malik olması avadanlıqların bütün səthləri boyunca bərabər qalınlıqda örtük alınmasına imkan vermir. Belə vəziyyət qalay örtüyündə gərginliklər yaradır və örtüyün əsas səthlə ilişənliyini aşağı salır. Bu buraxılış işində CT3 poladı səthində alınan elektrokimyəvi qalay örtüyünün bütün səth boyunca qalınlığını birləşdirmək üçün örtüyün çökdürülməsi zamanı cərəyanın reversiyasından istifadə olunmuşdur.

Mövzunun aktuallığı. Qalay örtüyünün tətbiq olunduğu əsas sahə məmulatların korroziyadan mühafizəsi və müxtəlif detalların lehimlənməsindən ibarətdir. Qalayın standart potensialı $E^0 = -0,136V$ -dur, ona görə də o misə görə ($E_{Cu} = 0,344V$) anod kimi özünü aparır və mis avadanlıqları elektrokimyəvi korroziyadan mühafizə edir. Karbonlu poladla müqayisədə isə ($E_P = -0,440V$) qalay özünü katod kimi apardığından yalnız polad səthində bütöv məsaməsiz örtüyü polad məmulatları korroziyadan mühafizə edir. Bu metal sənaye atmosferində kükürd qaz olduqda belə, suda və neytral mühitlərdə dayanıqlıdır. Qalayın üzvü turşularda və bir sıra üzvü birləşmələrdə yeyinti məhsullarının tərkibindəki yüksək dayanıqlığa malik olması böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu mühitlərdə qalayın potensialı o dərəcədə dəyişir ki, o polada nisbətən özünü anod kimi aparır. Bu mühitlərdə qalayın korroziya məhsulları insan organizmi üçün zərərli deyildir.

Bu göstərilənləri nəzərə alaraq yeyinti məhsullarının istehsalı və saxlanması üçün az karbonlu poladdan hazırlanan avadanlıqların korroziyadan mühafizəsi üçün qalay örtüyünün elektrolitik üsulla çəkilməsi qarşıya qoyulmuşdur.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Karbonlu poladın poladdan hazırlanan məmulatlarının korroziya məhsullarına və onun daxilində saxlanılan qida məhsullarına keçməsinin qarşısının alınması.

1. Polad elektrodların səthinə örtük çəkmək üçün emalı.
2. Səthdə qalay örtüyünün çəkilməsi üçün elektrolitin tərkibinin seçilməsi və prosesin optimal rejiminin müəyyən edilməsi.

3. Elektrolitik üsulla qalay örtüyünün çəkilməsi.

Tədqiqat metodları. Az karbonlu polad səthinə qalay örtüyünün çəkilməsi üçün elektrolitik çökdürmə üsulundan istifadə olunmuşdur. Buna səbəb məsaməsiz və yüksək adgeziyaya malik olan örtüyün elektrolitik üsulla çökdürülmə yolu ilə alınmasının mümkünlüyüdür.

Metal məmulatlar, hansı ki, səthinə örtük çəkilməsi nəzərdə tutulur səthində çirklə təbəqələr olur. Bu çirklər 3 qrupdan ibarətdir: a) müxtəlif yağlardan ibarət təbəqə, b) xırda bərk hissəciklər, c) metal oksidlərindən ibarət təbəqə.

Metal səthinin təmizlənməsi mexaniki, kimyəvi və elektrikimyəvi olmaqla üç üsulla aparılır.

Metal səthinin mexaniki üsulla emalında məqsəd səthdəki xırda girinti və çıxıntıları aradan qaldırmaqla ona düz, hamar, bəzi hallarda isə parlaq güzgü səthi verməkdən ibarətdir. Metal səthinə örtük çəkməzdən əvvəl o abraziv materialların köməyi ilə cilalanır və pardaqlanır.

Abraziv materiallar qismində yüksək bərkliyə malik AlO_3 , SiO_2 , Cr_2O_3 və sairə materiallardan istifadə olunur. Məmulatın səthində yağları və piyləri təmizləmək üçün üzvü həlledicilər (spirt, aseton və s.) və qələvilərdən istifadə edilir.

Araşdırma metalların və ərintilərin kimyəvi və elektrokimyəvi həll olunması, yaxud da səth qatının dağıdılmasından ibarət olub, metal səthinin nazik oksid təbəqələrindən təmizlənməsi, və ya bir neçə qatın götürülməsi məqsədini güdür.

Qara metalların aşındırılması üçün adətən 20% Cu sulfat, və ya 10%-li xlorid turşusundan istifadə olunur.

Səthinə örtük çəkilən məmulatın səthi emal olunduqdan sonra ciddi şəkildə təmiz suda yuyulur və nəm halda qalvanik vannaya daxil edilir. Qalvanik vannada örtük əmələ gətirən metalın ionlarını saxlayan elektrolit yerləşdirilir. Səthinə örtük çəkilən metal katod kimi yüklənir. Elektrolitin ion yükünü saxlamaq üçün anod qismində örtük əmələ gətirən metal götürülür.

Örtük əmələ gətirən metalın olduğu elektrolitdən sabit cərəyan buraxıldıqda katod ionlu oynayan metalın səthində məhluldakı çökən metalın kationlarının yüksüzləşməsi

baş verir.

Elmi yeniliklər. Yeyinti məhsullarının istehsalı və keyfiyyətli saxlanması üçün ucuz azkarbonlu poladdan avadanlıq və məmulatların hazırlanması və onların səthinə keyfiyyətli qalay örtüyünün çəkilməsi elmi yenilik kimi qeyd oluna bilər.

İşin təcrübi əhəmiyyəti. Tədqiqat işində yeyinti məhsullarının istehsalı və saxlanmasının keyfiyyətli halda təmin olunması üçün səthinə korroziyadan mühafizə edici qalay örtüyü çəkilmiş azkarbonlu ucuz materialdan istifadə olunmasının mümkünlüyü göstərilmişdir.

Nəticələrin aprobasiyası. Magistr dissertasiyası kafedranın elmi seminar, konfrans və iclaslarında məruzə və müzakirə edilmişdir.

Əldə edilən yekun nəticələr. Avadanlıqların relyefindən asılı olaraq alınan qeyri bərabər qalınlıqdakı örtüyün bütün səth boyunca qalınlığını bərabərləşdirmək üçün reversiya cərəyanından istifadə olunmuşdur. Belə olan halda qeyri bərabər örtük nəticəsində yaranan gərginlik aradan qaldırılaraq örtüyün yüksək adgeziyası təmin olunmuşdur.

Nəşrlər. Hacıyeva, S., (2024), "Polad səthinə qalay örtüyünün çəkilməsi" mövzusunda tədqiqat işi Azərbaycan xalqının ümumilli lideri Heydər Əliyevin 101 illiyinə həsr olunmuş IX Respublika elmi-tədqiqat konfransında məruzə edilmişdir.

Dissertasiya işinin strukturu və həcmi. Magistr dissertasiya işi girişdən, 3 fəsildən, nəticələrdən və istifadə edilmiş ədəbiyyatların siyahısı olmaqla 35 səhifədə şərh olunmuşdur. Fəsillər üzrə müvafiq bəndlər öz əksini tapmışdır. Tədqiqat işində 7 şəkil, 1 cədvəl, 9 formul, 2 düsturdan və 22 ədəbiyyatdan istifadə edilmişdir.

I Fəsil. Səthinə qalay örtüyü çəkilən nümunələrin hazırlanması (1sm² ölçüdə düzbucaqlı formasında kəsilməsi, cilalandırılması, yağsızlaşdırılması və aşındırılması)

1.1 Ümumi müddəalar

Qalay örtük ilk dəfə 1800-cü illərdə Napoleon Bonapartın dövründə qidaların qorunması üçün dəyirmi, kvadrat və düzbucaqlı qutular və kanistrələr üçün istifadə edilən ən qədim qablaşdırma materiallarından biridir. İlk istiliklə emal edilmiş qalay lövhə hazırlanmış, doldurulmuş, emal edilmiş və Şərqi Londonun Bermondsey şəhərində ictimaiyyətə satılmışdır. Texnika tez bir zamanda ABŞ-a köçdü və burada davamlı istehsal prosesinə çevrildi. Bunun cəmiyyətə ciddi təsiri oldu. 1900-cü illərin əvvəllərində ucları mexaniki şəkildə qidaya bağlamaq üçün bir texnika səmərəsiz lehimləmə mexanizmini əvəz edə bildikdə, bu, əhəmiyyətli bir irəliləyiş idi. Bu, həm prosesin səmərəliliyini, həm də məhsulun təhlükəsizliyini artırdı. Erik Rotheim (Norveç) 1929-cu ildə aerosol qutusu üçün ilk patent aldı. Bundan sonra qadağan qanunlarının ləğvi və müvafiq daxili örtük materiallarının hazırlanması ABŞ-da üç hissəli lehimli yan tikişli pivə qablarının tətbiqinə səbəb oldu. 1933-1936-cı illərdə. İkinci Dünya Müharibəsi zamanı İsveçrədə tənəkələrin olmaması alüminiumdan tikişsiz qutu formalarının ixtirasına səbəb oldu. Bu səyin nəticəsi olaraq, ilk nazik divarlı və ütülənmiş alüminium pivə qutuları təxminən 20 il sonra, 1963-cü ildə ABŞ-da satışa çıxarıldı. Sonrakı 15 il ərzində qida və içkilər üçün müqayisə edilə bilən nazik divarlı qalay qutular edilmişdilər.

İlkin asan açılan qutu 1962-ci ildə Ernie Frazze və ALCOA tərəfindən yaradılmışdır. 1975-ci ildə üç hissədən ibarət qida və içki qablarını tez bir zamanda yaratmaq üçün qaynaqlanmış məftilli yan tikiş texnikası işlənib hazırlanmışdır. Qabartma və formalaşdırma ilə içməli qab dizaynı ilk dəfə 1997-ci ildə təqdim edilmişdir. Yenidən bağlanan metal şüşə ilə ilk nazik divarlı şüşə qab. vida qapağı bundan qısa müddət sonra 2000-ci ildə Yaponiyada kommersiyalaşdırıldı. Dünyada 400 milyarddan bir qədər çox metal konteyner satılır. Buraya qida, içkilər, aerosollar, quru mallar və texniki əşyalar üçün konteynerlər daxildir. Pivə və sərinləşdirici içkilər üçün Yaponiya 2000-ci ildə ilk dəfə açıla bilən vintli qapaqlı nazik divarlı metal butulkaları

yaratdı. İndi Avropa və ABŞ-da daha ucuz variantlar yaradılır və bazara çıxarılır (Page, 2012).

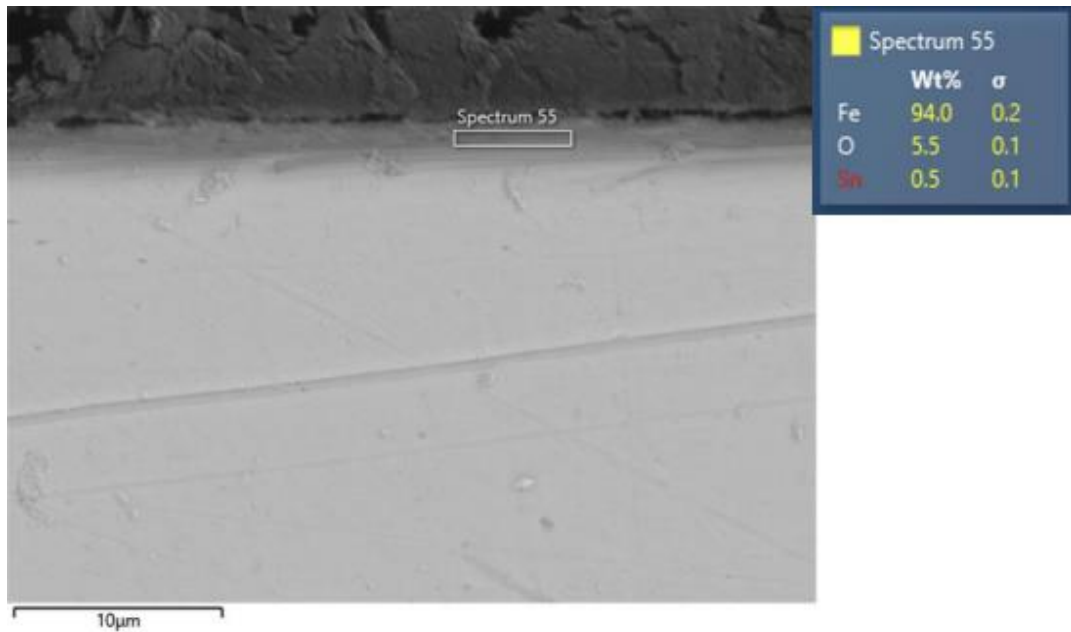
Sağlam içkilər, qazlı sərinləşdirici içkilər və meyvə və tərəvəz şirələrinə artan tələbat səbəbindən Şimali Amerika və Asiya-Sakit Okean regionunun metal konserv bazarına ən çox təsir göstərəcəyi gözlənilir (Deshwal and Panjagari, 2020). Qida biznesinin əsas komponenti kimi qida qablaşdırması qida gigiyenası ilə birbaşa bağlıdır və qida keyfiyyətinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Ərzaq qablaşdırma keyfiyyətinin aşağı olması insanların sağlamlığına ciddi ziyan vurur (Wan et al., 2021).

Metal qablaşdırma materialları dünyada istifadə edilən ümumi qablaşdırma materiallarının 15%-ni təşkil edir (FICCI, 2016) (Kremser et al., 2021). Növbəti beş il ərzində metal qutu bazarının 4,9% CAGR səviyyəsində artacağı proqnozlaşdırılır. Məhsul daşınma müqaviməti, hermetik qapaq, sərt idarəetmə və sadə təkrar emal kimi fərqləndirici keyfiyyətlərinə görə populyarlıq qazanır (Mordor Intelligence, 2022).

Mövcud materialların çatışmazlıqları və daha keyfiyyətli və təhlükəsiz məhsullara artan müştəri tələbi qablaşdırma sənayesini alternativ qablaşdırma həlləri yaratmağa sövq etdi (Garcia-Oliveria et al., 2022).

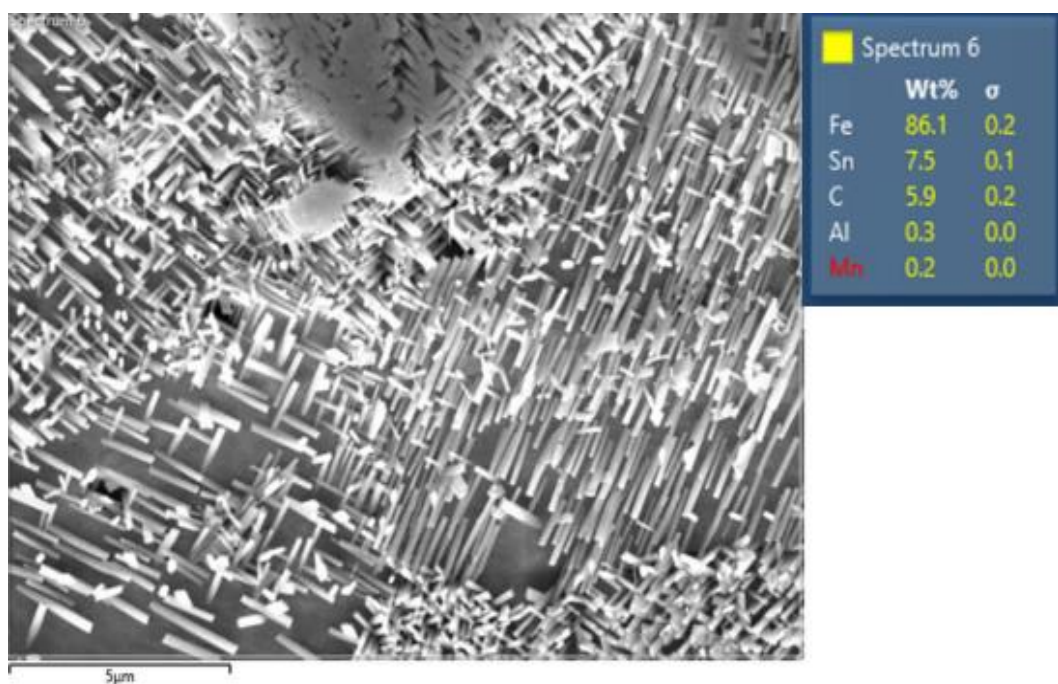
Ərzaq qablaşdırması daha çox insanın və qidanın olduğu günümüz dünyasında əhəmiyyətli bir iş sahəsinə çevrilmişdir. Ərzaq qablaşdırma innovasiyası tez xarab olan qida məhsullarının saxlama müddətinin uzadılmasında və gündəlik qida ehtiyaclarının ödənilməsinə kömək etməkdə əhəmiyyətli problemlər yaradır, çünki insanlar getdikcə daha çox sağlamlıq faydaları olan yeməklər axtarırlar (Iversen et al., 2022). Qablaşdırma üçün istifadə olunan ən çox yayılmış metal substratlar tənəkə, qalaysız polad, paslanmayan polad və ən çox alüminiumdur. Digər tərəfdən, metallar qida ilə reaksiyaya girərək korroziyaya və zəhərli maddələrin buraxılmasına səbəb ola bilər (Morselli et al., 2021).

Qalay örtük qida qutuları, içki qutuları, 18 L qutular və bədi qutular kimi bütün növ qabların istehsalı üçün istifadə olunur. Bununla belə, onun tətbiqi konteynerlərdən daha genişdir; Bu yaxınlarda qalay örtüyü elektrik maşın hissələri və bir çox başqa məhsulların istehsalı üçün istifadə edilmişdir (Tata Tinplate, 2022).



Şək.1.1. Əks elektroda birbaşa məruz qalan səthin qalınlığı (2,5 M NaOH, 166,7; A/m²; 21 °C; τ = 24 s).

Mənbə: Cova Caiazzo, F., Brambilla, L., Montanari, A., & Mischler, S. (2018). Chemical and morphological characterization of commercial tinplate for food packaging.



Şək.1.2. Açıq səth - boşqabın mərkəzi hissəsi - (2,5 M NaOH, 166,7 A/m², 21°C, $\tau = 24$ s).

Mənbə: Cova Caiazzo, F., Brambilla, L., Montanari, A., & Mischler, S. (2018). Chemical and morphological characterization of commercial tinplate for food packaging.

Müşahidə etmək olar ki, işlənmiş lövhənin qalınlığının SEM təsvirində (şək. 1.1.) qalay örtüyü görünmür və EDS analizi üzərində cüzi bir qalay faizi aşkar edilib. haşiyə (0,5 ağırlıq%). Bundan əlavə, boşqab səthinin mikro strukturu (şək. 1.2). FeSn₂ fazası ilə əlaqəli olan iynə kimi bir quruluşla xarakterizə olunur (Cova Caiazzo F., et al., 2018).

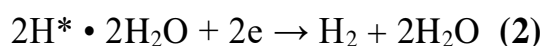
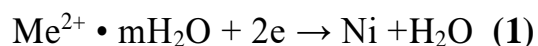
Qalay örtüyünün xassəsinə təsir göstərən əsas amil istifadə olunan mühitdən asılı olaraq qalay örtüyünün və səthinə örtük çəkilən metalın polyarlığının dəyişməsidir. Buna səbəb əsas metalla onun səthinə çəkilən qalay örtüyü arasında qarşılıqlı təsir nəticəsində intermetal təbəqənin yaranması və qalayın qələvi mühitlərdə, eyni zamanda katod depolyarlaşdırıcıları saxlayan turş mühitlərdə qalayın olduqca kiçik korroziyaya malik olmasıdır. Məhlulda kompleks birləşmələr əmələ gələn zaman qalayın miqdarının azalması qalayın korroziya potensialının azalmasına səbəb olur. Az karbonlu poladdakı dəmir də kompleks əmələ gətirə bilir və məhluldakı qalay ionları dəmirin korroziya potensialına təsir göstərir. Qalayın potensialının dəyişməsi iştirak edən reagentlərin kompleks əmələgətirmə prosesindən, onların konsentrasiyasından və məhlulların pH-dan asılıdır. Qalayın və poladdakı dəmirin elektrokimyəvi xarakteristikalarının qarşılıqlı nisbəti çox mürəkkəbdir. Lakin praktiki məqsədlər üçün qalay meyvə şirələrində, ət və ət məhsullarında, süd məhsullarında, limon, alma, əvəlik turşularında və onların birləşmələrində, eyni zamanda qələvi məhlullarında özünü dəmirə nisbətən anod kimi aparır. Qeyri-üzvü turşularda, təbii sularda və atmosfer yağıntılarında qalay polada nisbətən özünü katod kimi apardığından onu korroziyadan mühafizə edə bilmir.

Qalay örtüklərinin əlavə mühafizəsi, ya passivləşdirici emal, yaxud da üzvü məhlullarda emalla həyata keçirilə bilər. Xromat məhlullarında alınan passivləşdirici təsir poladı məsamələrdə və əsas qalay örtüyündə qoruyur. Elektolitik qalay örtükləri

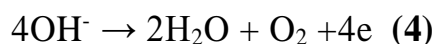
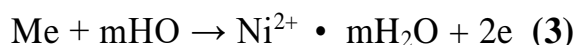
xromat saxlayan turş elektrolitlərdə katod cərəyanının məhluldan sürətlə keçməsi zamanı passivləşir. Oxşar emalı qalay örtüklərinin katod metalları səthində katod metallarının saxladığı xromatlarla da aparmaq olar. Qalay örtüyünün passivləşdirici xassəsini yüksəltmək üçün əlavə emalı sənaye istehsalatında yağlarla da aparıla bilər.

Konteynerlərin qalay örtükləri çox zaman dekorativ şəkildə rəngləndikdən sonra rəngsiz laklarla örtülür. Polad səthində qalay örtüyü 5mkm-dən az olduqda poladda paslanma baş verə bilər ki, bu da örtükdəki məsamələr hesabına yaranır (Федосова Н.Л., 2009).

Əgər metalın duz məhlulundan birbaşa cərəyan ayrılırsa, məhlulun kationunun və çökmüş metalın boşalması katod rolunu oynayan məhsulun səthində başlayır. Məsələn, bir metal anodundan istifadə edərək nikel sulfatın sulu məhlulunun elektrolizi zamanı katodda aşağıdakı reaksiyalar baş verir:



Metal anodunun səthində ionlar məhlula keçir və bu zaman anionların yüksüzləşməsi baş verir:



Faraday qanunu əsasında elektrolitdən müəyyən miqdarda elektroliz cərəyanı keçdikdə nə qədər elektrodun səthində nə qədər elektroliz məhsulu alındığını nəzəri cəhətdən hesablamaq olar. Ancaq bu zaman elektrodlardan keçən cərəyanın yalnız bir hissəsinin metalın ayrılmasına sərf olduğunu, cərəyanın qalan hissəsinin kənar elektrokimyəvi proseslərə, məsələn (anod ayrılması zamanı) anodda ionların yüksüzləşməsi, və ya katodda hidrogenin ayrılmasına və sairə proseslərə sərf

olunduğunu nəzərə almaq lazımdır.

Anodda həll olmuş, və ya katodda elektroçökmüş metalın çəki miqdarının uyğun olaraq Faraday qanununun əsasən hesablanmış çökən, və ya həll olan metalın miqdarına nisbətinin faizlə ifadə olunmasına cərəyana görə metalın çıxımı - η deyilir.

Hesablanmış metal miqdarının çökdürülmüş və ya ərimiş metalın miqdarına nisbəti faizlə ifadə edilir.

Cərəyana görə çıxım nəzərə alınmaqla metalın verilmiş qalınlıqda örtük üçün çökmə müddəti aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$t = \frac{\delta \gamma \cdot 60 \cdot 100}{D_k \cdot C_e \cdot \eta} \quad (1)$$

burada δ - örtüyün qalınlığı, mm; γ - çökən metalın xüsusi çəkisi, q/sm³; D_k - katod cərəyanının sıxlığı, A / d m² C_e - çökən metalın elektrokimyəvi ekvivalenti, q/A-saat; η - cərəyana görə çıxım, %; t - çökmə müddəti, dəqiqə.

Cərəyanın və çökmə müddətinin verilmiş qiymətində örtüyün qalınlığının orta qiyməti aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\delta = \frac{D_k \cdot C_e \cdot \eta \cdot t}{100 \cdot 60 \cdot \gamma} \quad (2)$$

Qalay üçün (1) və (2) düsturları ilə tələb olunan hesablamaları aparmaq üçün 1.1-ci cədvəldə verilən məlumatlardan istifadə etmək olar (T.İ.Şirinov və b., 2009).

Cədvəl 1.1

Metal	Xüsusi çəki, q/sm ³	Metalın atom çəkisi	Elektrolitin xarakteri	İonların kimyəvi işarəsi	Ekvivalent çəkisi, q	Elektrokimyəvi ekvivalent
Qalay (Sn)	7,28	118,7	turş	Sn ²⁺	59,34	2,214
	7,28	118,7	Qələvi	Sn ⁴⁺	29,67	1,107

Mənbə: Şirinov, T. İ., et al. (2009). Çoxfunksiyalı örtüklər. Bakı: Təhsil NPM.

1.2. Polad nümunələrn örtük çəkmək üçün səthlərinin emal edilməsi.

Yağsızlaşdırma. Metal və ərintilərinin səthinə örtük çəkmək üçün onların səthi xüsusi hazırlıq keçməlidir. Buna səbəb metal səthi ilə örtük materialı arasında adgeziya (ilişgənlik) prosesini yüksəltməkdən ibarətdir. Bunun üçün səthin emalının ənənəvi üsullardan istifadə etməklə həyata keçirilməsi tətbiq olunur. Bu üsullardan mexaniki təmizləmə, yağsızlaşdırma və aşındırmanı misal göstərmək olar.

Mexaniki təmizləmədə məqsəd metal səthindəki korroziya məhsullarını təmizləmək və səthin nahamarlığını aradan götürməkdir. Bu proses abraziv materialların köməyi ilə həyata keçirilir. Abraziv materiallar kimi xrom oksidi, alüminium oksidi, silisium dörd oksid (SiO_2) materiallarının kağız, və ya parça səthinə çəkilmiş örtüklərindən istifadə olunur.

Abraziv materiallar mexaniki cəhətdən səthi emal olunan metala nisbətən çox bərkliyə malik olmalıdır. Bu materiallar səthə sürtüldükdə səthin çıxıntılı hissələrini yonaraq onun səviyyəsini girintili hissələrə yaxınlaşdırır. Bu zaman metal səthi parlaqlaşır. Buna səbəb səthə düşən işıq şüalarının yüksək dərəcədə əks olunmasıdır. Səthin bu cür hamarlanması cilalama prosesi adlanır. Cilalama prosesini həyata keçirtmək üçün əvvəlcə iri dənəli abraziv materiallardan tədricən xırda dənəli abraziv materiallara keçməklə proses icra olunur. Cilalama prosesindən sonra paradaqlama prosesi aparılır ki, bu da elektrokimyəvi üsulla həyata keçirilir. Bu zaman səthi cilalanmış metal fosfat aqressiv turşu mühitinə daxil edilir və metal anod cərəyanı ilə yüklənərək onun səthindəki abraziv materiallarla götürülə bilməyən çıxıntılar həll olur və metal güzgü səthi alır. Cilalama prosesi cilalayıcı qurğularda və elektrik mühərriki ilə fırlanan disklər səthinə yapışdırılmış abraziv materiallara polad səthini sıxmaqla həyata keçirilir. Əvvəlcə müəyyən istiqamətdə cilalanan səthin sonra 90 istiqaməti dəyişilərək yenidən cilalanır.

Biz tədqiqat işimizdə poladdan hazırlanmış nümunələrin cilalanması üçün parça səthinə çəkilmiş SiO_2 ovuntu abraziv materialından istifadə etmişik.

Metal səthi ilə örtük arasında güclü diffuziya prosesi yaratmaq üçün cilalama prosesindən sonra metal səthi yağsızlaşdırılmalıdır. Yağsızlaşdırma prosesi yağları həll edən məhlulların köməyi ilə həyata keçirilir. Yağların metal səthində olması örtüklə

metal səthinin yüksək dərəcədə adgeziyasını aşağı saldığından metal səthinə çəkilmiş örtüklərin səthdən tez qopub tökülməsinə səbəb olur. Ona görə də, metal səthinin yağsızlaşdırılması prosesi vacib proses kimi həyata keçirilir. Yağsızlaşdırma prosesində iki cür həlledicilərdən istifadə olunur. Buna səbəb yağların sabunlaşan və sabunlaşmayan olmasıdır. Sabunlaşmayan yağlar emulsiya-qələvi mühitlərində metal səthindən kənarlaşdırılır. Sabunlaşan yağlar isə oayt-spirt, aseton, etil spirti kimi həlledicilərin köməyi ilə metal səthindən təmizlənir. Biz apardığımız tədqiqatda cilalanmış poladın səthindən yağları təmizləmək üçün spirtdə isladılmış pambıqla silməklə həyata keçirmişik (Брок, Т., и др., 2015).

Aşındırma. Nazik oksid təbəqələri mexaniki emal vasitəsilə səthdən təmizlənmə bilmədiyindən səthdən həmin təbəqələri götürmək üçün aşındırma prosesindən istifadə olunur. Aşındırma metal və ərintilərinin tərkibindən asılı olaraq müxtəlif konsentrasiyalı turşularda və qələvilərdə aparılır. Nazik oksid təbəqələrin metal səthi ilə örtük materialı arasında adgeziyanın aşağı salınmasına səbəb olduğundan aşındırma prosesi səthinə örtük çəkilən metalın səthinin təmizlənməsində sonuncu və həlledici proses kimi qəbul olunur. Dəmir əsaslı poladların səthini aşındırmaq üçün 20%-li H_2SO_4 və 10%-li HCl turşusundan istifadə qəbul olunmuşdur. Oksid təbəqələrini həll etməklə yanaşı bu turşular metalı da həll edir, bu isə müəyyən miqdarda metal itgisinə səbəb olur. HCl turşusunda aşındırma zamanı metal itgisi sulfat turşusundakı aşındırmaya nisbətən daha azdır. Buna səbəb HCl turşusunun metala nisbətən oksid təbəqəsinin daha çox həll olunmasına səbəb olmuşdur. Lakin HCl turşusu buraxıldığı zaman insan orqanizmi, xüsusən də bronxlara mənfi təsir göstərdiyindən əsasən H_2SO_4 turşusundan istifadə etmək məqsədə uyğun hesab olunur. H_2SO_4 -də aşındırma zamanı metal itgisini minimuma endirmək üçün turşuya səthi aktiv maddələr əlavə olunur. Bu maddələr metal səthinə adsorbsiya olunaraq turşunun metal səthinə təsirini minimuma endirir. Bu səthi aktiv maddələr inhibitorlar adlandırılır. Bunlar əsasən üzvü maddələrdən ibarət olurlar. Metal səthinə bu inhibitorların adsorbsiyası əsasən onun tərkibindəki azotun (N) cütləşməmiş elektronları hesabına baş verir. Bu zaman metal itgisi azalır. Dünya səviyyəsində materialların səthinə örtük çəkilməsi və bu zaman aşındırma zamanı olan metal itgisini nəzərə alaraq külli miqdarda inhibitorlar tədqiqatçılar tərəfindən işlənib

hazırlanmış və onların effektivliyi elmi surətdə izah olunmuşdur. Aşındırma prosesinə metal səthindəki nazik oksid təbəqələrinin təmizlənməsi ilə yanaşı metal səthində dənələrin üzə çıxma prosesi də baş verir. Bu da örtüyün adgeziyasını, yəni səthlə ilişgənlik möhkəmliyi maksimum dərəcədə artırır. Biz Ст3 nümunələrini aşındırmaq üçün 50C-də 20%-li kimyəvi təmiz H₂SO₄ turşusundan və ona inhibitor kimi daxil edilmiş karbomiddən istifadə etmişik.

Bir dəqiqə müddətində aşındırıldıqdan sonra axar suda diqqətlə yuyulmuş, sonra isə ekskatorada nəmsizləşdirildikdən sonra səthinə qalay örtüyü çəkilmək üçün elektrokimyəvi yuvaya daxil edilmişdir.

Cilalama prosesində olduğu kimi qalvanik sexlərdə pardaqlama cilalayıcı-pardaqlayıcı dəzgahlarda aparılır. Bu zaman əməliyyat naxışsız materiallardan (bez) hazırlanmış disklərdən istifadə etməklə aparılır. Xırda materiallar səthlərinə örtük çəkilməzdən qabaq bəzən fırlanan barabanlarda pardaqlanır.

Məmulatlarla abraziv materialların (dəri və keçə qırıntıları, ağac ovuntusu, sumbata, qum və s.) qarışması nəticəsində pardaqlama prosesi baş verir. Bir çox zavodlarda, necə deyərlər, hidropardaqlamadan istifadə edirlər. Bu zaman kiçik məmulatlar içərisində diametri 3-5 mm olan metal kürələr, qaynar su, benzin və sabun tökülmüş barabanlara daxil edilir və bir necə saat qarışdırılır. Bəzi hallarda pardaqlama əl ilə aparılır. Bu cür pardaqlama qızıl və gümüş örtüklü məmulatlar üzərində aparılır.

Səthin emalının keyfiyyətini yüksəltmək və pardaqlama prosesini sürətləndirmək üçün cilalayıcı-pardaqlayıcı dəzgahlar mexanikləşdirmiş, və ya avtomatlaşdırılmış vasitələrlə təchiz edilmişdir. Pardaqlama üçün istifadə olunan abraziv materialları məlhəm (pasta) şəklində istifadə olunur ki, bu da əsasən ələqələndirici materiallardan (piy, stearin, mum, parafin, olein yağları), və çox xırda doğranmış abraziv materiallarından dəmir oksidi (dəmir pastası), xrom oksidi (xrom pastası), əhəng və s. ibarətdir. Məlhəm disk işləyəən zaman onun işçi səthinə çəkilir.

Əsasən püskürülmə yolu ilə səthin təmizlənməsi abraziv materiallarının xüsusi soplo vasitəsilə təmizlənəcək səthə istiqamətləndirilməsi və sıxılmış hava yolu ilə aparılır.

Aşındırma zamanı səthdə yaranan qaysaqları və həmçinin şlamları təmizləmək

üçün səthin telləri bürünc, və ya polad metal səthində örtüklərin ilişgənliyini artırmaq üçün məmulatın səthini yalnız oksidlərdən, cirkərdən yağlardan təmizləmək kifayət etmir, metalın kristal strukturunu da üzə çıxarmaq vacibdir. Bu əməliyyat qalvanik örtüklər üçün daha vacibdir. Metal səthindən oksidlərin təmizlənməsi və həmçinin kristal strukturunu üzə çıxarmaq üçün məmulatların səthi turşularda və ya qələvilərdə aşındırılır. Lakin, əgər metal səthi yağlar və ya piylərlə çirklənibsə, onda onu aşındırıcı məhlulda daldırıqda məhlul səthi islatmır. Ona görə də aşındırma prosesi normal həyata keçirilmir.

Səthindən piyləri, və ya yağları təmizləmək üçün məmulatlar yağsızlaşdırma adlanan prosedən keçirilir. Metal səthinin yuxarıda göstərilən qaydada çirklənməsinə səbəb olan yağlar iki qrupa bölünür: heyvanı və bitki yağlarından ibarət sabunlaşan (parçalanan) və öz tərkibinə görə karbohidrogenlərdən ibarət mineral yağlar və onların qarışığından ibarət sabunlaşmayan (parçalanmayan) yağlar. Sabunlaşmayan yağlara vazelin, parafin, sürtgü və digər mineral yağları misal göstərmək olar ki, onlar da qələvilərlə qarşılıqlı təsirə girmirlər (Обчинников В.В. и др., 2023).

Rüşeyimlərin çox intensiv yarandığı zaman (kristallaşma mərkəzi) örtüklər çox hallarda xırda kristallik quruluşa malik olurlar. Əgər rüşeyimlərin böyümə sürəti yenilərinin yaranma sürətindən çox olarsa onda örtük əsasən iri kristallik quruluşa malik olur.

Kristallaşma mərkəzinin yaranması və kristalların böyümə sürətlərinin nisbətəndən asılı olaraq müxtəlif strukturlu çöküntü alınır: hamar xırda kristallitdən (məsələn dəmir, nikel, kobaltın istənilən elektrolitdən çökməsi və ya mis, sink və sairənin müxtəlif kompleks duzlardan çökməsi), iynəvari, dendrit (qurğuşun və ya gümüşün azot duzlarından çökməsi) və ya məsaməli, ovuntu şəkilli (məsələn qələvi məhlullarda qalaylama və ya qızılın sadə duzlarında qızılama) örtüklərin alınması. Elektroçökən metalın kristallaşmasının xarakteri metalın xassələrindən və katodun polyarlaşmasına təsir göstərən bir sıra xarici amillərdən (elektrolitin temperaturası, cərəyanın sıxlığı, elektrolitin təbiəti və konsentrasiyası və elektro çökmənin digər şərtləri) asılıdır (Ветрова О.Б., 2018).

II Fəsil. Elektrolitik yuvanın hazırlanması, işçi, köməkçi və müqayisə elektrodlarının hazırlanması

2.1. Avadanlıq və elektrodların seçilməsi və hazırlanması

Kristallaşmanın xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq metalları iki qrupa bölürlər. Birinci qrupa o metallar aiddir ki, onlar kiçik katod polyarlaşması ilə xarakterizə olunurlar. İkinci qrupa o metallar aiddirlər ki, onların çökməsi böyük polyarlaşma ilə gedir, yəni ionların yüksüzləşməsi böyük ifrat gərginliklə baş verir (dəmir, nikel, kobalt və həmçinin elektrolitin tərkibinə kompleks ionlarla daxil olan metallar).

İstənilən amilin çöküntünün kristallaşmasına və strukturuna təsirini müəyyən etmək üçün, həmin amilin katod polyarlaşmasına təsirini bilmək lazımdır. Katod polyarlaşmasının artması çöküntünün dispersliyini artırır, polyarlaşmanın azalması isə katodda iridənəli, nahamar bəzi hallarda isə məsaməli, dendrit və digər xarakterdə olan örtüyün yaranmasına səbəb olur. Bir çox hallarda katod səthində çökən metal örtüyünün keyfiyyətinə elektrolitin pH-ın qiyməti güclü təsir göstərir. Bəzi hallarda elektrolitdə hidrogen ionlarının konsentrasiyasının azalması metalın cərəyana görə çıxımının artmasına və örtüyün fiziki xassələrinin dəyişməsinə səbəb olur.

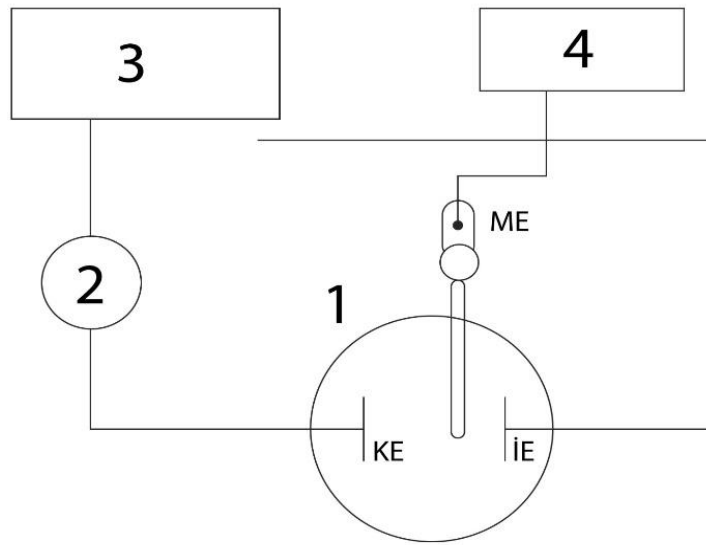
Metalların aşağı katod depolyarlaşması ilə çökdüyü elektrolitlərə, bir qayda olaraq, müxtəlif səthi aktiv maddələr əlavə edirlər. Bu maddələrin elektrolitə əlavə edilməsi örtüklərin keyfiyyətini yaxşılaşdırır. Bəzən, məsələn örtük çəkmədə elektrolitə xüsusi maddələr - parlaqlaşdırıcılar və həmçinin hamarlayıcı əlavələr daxil edirlər. Bunların elektrolitə əlavə edilməsi hamar və parlaq örtüklərin alınmasına şərait yaradır.

Metalların elektrik çökməsinin rejiminin seçilməsinin ümumi qaydalarını müəyyən etmək mümkün olmasa da, hər hansı amilin dəyişməsi ilə nəticələnən xoşagəlməz nəticələr eyni zamanda digər amilin dəyişdirilməsi ilə aradan qaldırılır. Nəticədə prosesin sürəti artırıla və örtüyün keyfiyyəti yaxşılaşa bilər. Belə ki, cərəyan sıxlığının aşağı qiymətlərində elektrolitin qarışdırılması əbəsdir, bəzi hallarda isə zərərliyə. Lakin, cərəyan sıxlığının yüksək qiymətlərində tələb olunan keyfiyyətdə örtük olmaq üçün elektrolitin qarışdırılması vacibdir.

Azkarbonlu polad səthinə qalay örtüyünün çəkilməsi üçün elektrokimyəvi üsuldən istifadə olunmuşdur. Polad səthinə qalay örtüyünün çəkilməsi üçün ölçmələr

qalvanostatik üsulla aparılmışdır. Bu üsuldən istifadə etdikdə cərəyan sabit saxlanılır, yaxud da verilmiş proqram üzrə dəyişdirilir. Təcrübə zamanı potensial cərəyan sıxlığının, reaksiya sürətinin, elektrolitin tərkibinin və s. Funksiyası rolunu oynayır.

Elektrolitik üsulla qalay örtüyü çəkmək üçün istifadə olunan qurğunun sxemi 2.1-ci şəkildə verilmişdir.



Şək.2.1. Galvanik polyarlaşma ölçməsinə aparmaq üçün qurğunun sxemi; 1-Elektrokimyəvi yuva; 2-cərəyanı ölçmək üçün cihaz (ampermetr); 3-cərəyan mənbəyinin tənzimləyicisi (voltmetr).

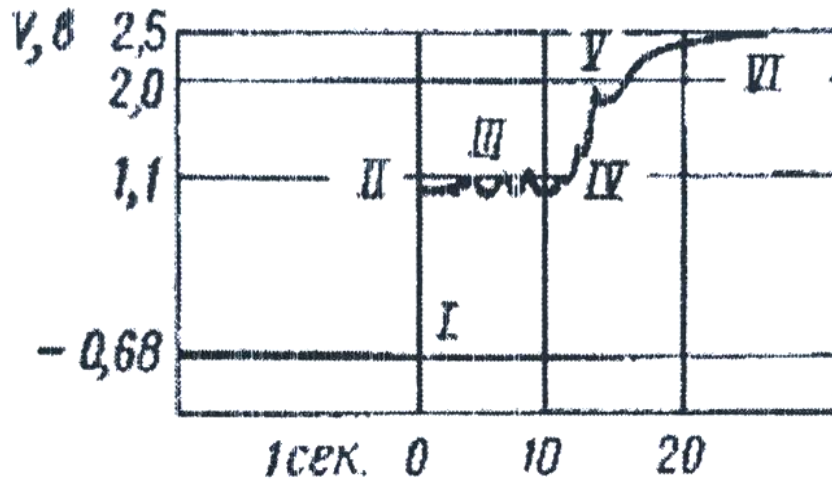
Mənbə: Əliyev, R. H. (2010). Materialşünaslıq. Bakı.

Elektrokimyəvi yuvada işçi elektrod İE (səthinə qalay örtüyü çəkilən polad nümunə), köməkçi elektrod (qalay, cərəyanı İE ilə məhlul arasında cərəyan buraxmaq üçün) və müqayisə elektrodu ME yerləşdirilmişdir.

İE-un polyarlaşması üçün cərəyan mənbəyi kimi xüsusi elektron tipli cərəyan mənbəyinin tənzimləyicisindən istifadə olunmuşdur (Əliyev R.H., 2010).

Qalvanotexnikada metalların elektrik çökmə prosesinin intensivləşməsi məsələsinin həlli ilə ciddi məşğul olunur. Tədqiqatlar elə şəraitlərin yaradılmasına yönəldilmişdir ki, bu şəraitlərdə cərəyanın son həddi və passivləşmə cərəyanının

qiyməti olduqca artır. Bu zaman çalışılır ki, metalın çərəyana görə çıxımı yüksək olsun. Bu məsələni əsasən elektrolitdə çökən metalın konsentrasiyasını artırmaq, vannanın temperaturunu yüksəltmək və həmçinin elektrolitə müxtəlif birləşmələr, məsələn anod depossivləşdiriciləri əlavə etməklə həll etməyə çalışırlar. Bir sıra proseslərdə metalın çökmə sürətinə və örtüyün mühafizə xassəsinin yaxşılaşmasına cərəyanın reversiyası güclü təsir göstərir. Bu metod onunla xarakterizə olunur ki, cərəyan periodik olaraq istiqamətini dəyişir, ona görə də səthinə örtük çəkilən məmulat ya katod, yaxud da anod rolunu oynayır. Cərəyanın düz istiqamətdə axma müddəti (məmulat katod olduqda) cərəyanın əks istiqamətdə (məmulat anod olduqda) axma müddətindən bir neçə dəfə çox olur. Metalın müxtəlif elektrolitlərdə çökməsi zamanı anod potensialı - zaman əyrisi (şəkil 5.) bir neçə saxədən ibarətdir. Bunlar- dan II-III anodun aktiv vəziyyətini, V-VI isə elektrodun passiv vəziyyətini xarakterizə edir.



Şəkil.2.2. Polyarlaşma zamanı elektrod potensialının zamandan asılı olaraq dəyişməsi

Mənbə: Погребняк, А. Д., и др. (2013). Структура свойства покрытия. ЖТФ.

Əyrinin gedişi göstərir ki, cərəyanın reversiyası ilə metalın çökdürülməsində elektrodun anod polyarlaşması müddətini elə səmtləşdirmək lazımdır ki, anod həll olması nəticəsində metal örtüyün həll olması çox olmasın. Əyrinin II-IV sahəsinin kəsiyi bu zaman kəsiyinə cavab verir (bir çox hallarda bu müddət 1-2 san təşkil edir). Əgər anod polyarlaşma cərəyanı o qiymətə qədər artırılırsa ki, elektrodun potensialı

əyrinin V-VI qiymətinə uyğun gəlsin, onda katodda metalın çökməsi passivləşmiş elektrod səthində baş verir. Bir çox hallarda yüksək anod polyarlaşmasında metalı dəyişən polyarlı cərəyandan istifadə etməklə çökdürüldə parlaq örtük almaq olar. Bu hallar üçün 1-ci saniyələrdə müqayisə olunacaq dərəcədə anod polyarlaşması müşahidə olunur, elektrodların polyarlığı dəyişdikdə polyarlaşma tez aradan qaldırılır. Görünür bu zaman elektrod səthində bir sıra vəziyyət yaranır. Katodun passivləşmədən aktivləşməyə qədər polyarlaşması zamanı potensial əvvəlcə mənfi istiqamətə doğru tez bir zamanda yerini dəyişir və bundan sonra elektrod depolyarlaşır.

Sadə duz məhlullardan metalların çökdürülməsi təcrübəsi göstərir ki, cərəyanın reversiyası zamanı ən yaxşı nəticələr elektrodun periodik anod polyarlaşması (örtük çəkilən məmulatın) yüksək cərəyan sıxlığında aparıldıqda alınır (Погребняк А.Д. и др., 2013).

Bir çox proseslərdə həll olan anodlardan istifadə etdikdə cərəyanın reversiyası anod depassivləşdiricisi kimi özünü göstərir. Bu zaman anodların periodik katod polyarlaşması nəticəsində passivləşdirici cərəyanın qiyməti artır.

Cərəyanın reversiyası zamanı metalların elektrolitik çökdürülməsi, ya çökən metal təbəqələrinin elektrolitik paradaqlanması, yaxud da bu təbəqələrin anod polyarlaşması periodunda passivləşməsi ilə müşayiət olunur. Hər iki halda yeni kristallaşma mərkəzlərinin əmələ gəlməsi üçün şərait yaranır. Nəticədə örtüyün bir çox fiziki xassələri istənilən istiqamətə doğru yerini dəyişir.

Prosesin elektrokimyəvi xarakteristikası və örtüyün fiziki xassələri elektrodun katod polyarlaşma müddəti T_k və anod polyarlaşma müddəti T_a nisbətindən (T_k+T_a) yüksək dərəcədə asılıdır. T_k+T_a cəmi ilə müəyyən olunan hər zaman perioduna mükkəmməl və keyfiyyətli örtüyün alınması və prosesin yüksək effektivliyinə çatmaq üçün T_a -ın müəyyən qiyməti uyğun gəlir. T_a -ın qiyməti bir tərəfdən elektrodun yüksək polyarlaşmasını təmin etməli, digər tərəfdən isə az metal itgisi ilə örtüyü paradaqlamalıdır. Bir çox tədqiqat işlərinin müəllifləri göstərmişdir ki, metalları onların sadə duzlarından çökdürüldə T_k/T_a nisbətinin optimal qiyməti 7-10 həddi arasında dəyişir.

Dəyişən polyarlığa malik cərəyan elektrodun xassələrinə yalnız cərəyan tezliyi P-

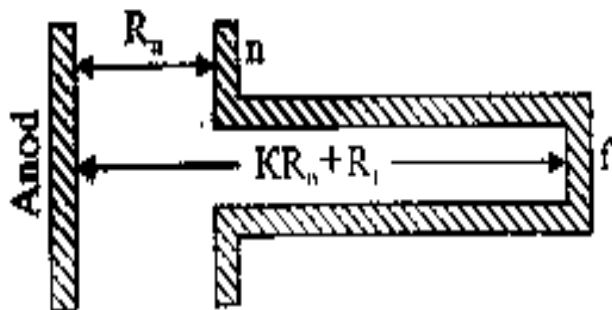
in müəyyən minimum qiymətində müsbət təsir göstərir. P-in bu qiyməti örtüyün növündən, elektrolitin tərkibi və təbiətindən, cərəyan sıxlığından, vannanın temperaturasından, T_k/T_a nisbətindən və digər amillərdən asılıdır. Cərəyanın tezliyi P-in artması ilə metalın cərəyana görə çıxımı azalır. Lakin, bütövlükdə cərəyan tezliyinin optimal qiymətində yüksək cərəyan sıxlığından istifadə etdikdə metalların çökmə sürəti artır.

Çox zaman parlaqlaşdırıcılar olmayan elektrolitlərdə reversiya cərəyanından istifadə etməklə metalların çökdürülməsindən işiqda güzgü əks etdirməsinə malik örtük alınır.

Elektronoqrafik üsulla müəyyən edilmişdir ki, cərəyanın reversiya edilməsi zamanı alınan parlaq nikel örtüyündə kristalloqrafik müstəvilərin istiqamətlənməsi sabit cərəyanla alınmış tutqun nikel örtüklərinin kristalloqrafik müstəvilərinin istiqamətlənməsinə nisbətən zəif ifadə olunur. Bir çox hallarda cərəyanın reversiyası daxili gərginlikləri az olan örtüklərin alınmasına imkan verir.

Metalların elektrolitik üsulla çökdürülməsində katodun bütün səthi boyunca eyni qalınlıqda örtük almaq həmişə mümkünolmur. Profilli məmulatların qabarıq sahələrində örtük qatının qalınlığı böyük, çökək hissələrində isə örtüyün qalınlığı azalınır. Bu katod səthində elektrik cərəyanının qeyri-bərabərpaylanması göstərir.

Tutaq ki, 2.3-cü şəkildəki kimi formaya malik məmulatın səthi metalla örtülür (n-katodun anoda yaxın olan səthi, f-katodun anoddan uzaqda yerləşən səthi). n və f sahələrində cərəyan şiddətinin hansı nisbətdə paylanması müəyyən edək.



Şək.2.3. Mürəkkəb profilli katod səthində cərəyanın paylanması izah etmək üçün sxem

Mənbə: Şərifov, Z. Z., & Cabbarov, T. Q. (2005). Materialşünaslıq və materiallar texnologiyası. Bakı.

Əgər qəbul etsək ki, elektrolit tərkibinə görə eyni cinslidir onda R müqaviməti anodla katodun uyğun sahələri arasındakı məsafədən asılı olur.

Elektrokimyəvi xassələrinə görə qalay bir çox məhlullarda dəmirə nisbətən daha nəçibdir. Bir sıra üzvi maddələrin harda tində qalay kompleks birləşmələr əmələ gətirir və belə mühitlərdə dəmir səthindəki qalay örtüyü onu elektrokimylə mühitdən mühafizə edir. Qalayın kimyəvi birləşmələri insan orqanizmi üçün zərərsizdir. Ona görə də yeyinti məhsulların hazırlanması, nəql edilməsi və saxlanması üçün istifadə olunan məmulatlar (konserv qabları, süd qabları, xörək hazırlamaq üçün istifadə olunan qazanlar və s.) qalaylama prosesinə uğradılır. Eyni zamanda qalay örtüklərinin təlabatçıları, maşınqa yırma, tikinti, kimya, elektrotexnika və aviasiya sənayesidir (Şərifov Z.Z., Cabbarov T.Q., 2005).

III Fəsil: Stannat və turş məhlullarda katod polyarlaşması ilə qalayın elektrolitik üsulla polad səthinə çökdürülməsi

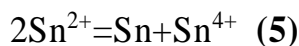
3.1. Turş və qələvi elektrolitlərdə qalay

Qalay dəmirin potensialına nisbətən elektromüsbətdir, ona görə də qalay örtükləri dəmir və onun ərintilərini korroziyadan elektrokimyəvi mühafizə edə bilmir. Bir sıra üzvü turşularla və konservləşdirilmiş yeyinti məhsulları ilə təmasda olduqda qalay-dəmir cütündə qalay özünü anod kimi aparır.

Qalay birləşmələri insan orqanizmi üçün zərərsizdir, ona görə də qalaylama konserv qablarının, xörək bişirilən qazanların, mətbəx əşyalarının mühafizəsi üçün geniş tətbiq olunur.

Qalaylama üçün turş və qələvi (stannatlar) elektrolitlərindən istifadə olunur. Turş elektrolitlərdə qalay ikivalentli; qələvi elektrolitlərdə isə dördvalentlidir. Bu elektrolitlərdən hər biri üstün və qüsurlu cəhətlərə malikdirlər. Turş elektrolitlərdə yüksək katod cərəyanı sıxlığından istifadə etmək və qalayın cərəyana görə çökməsini 100%-ə yaxın əldə etmək olar. Turş elektrolitlərdə qalayın elektrokimyəvi ekvivalenti qələvi mühitlərdəkinə nisbətən 2 dəfə çoxdur. Ümumiyyətlə turş mühitlərdə qalaylama sürəti qələvi mühitlərdəki qalaylama sürətindən bir neçə dəfə çoxdur. Bununla yanaşı turş elektrolitlər bir sıra qüsuralara malikdirlər: qalayın çökməsində kiçik katod polyarlaşması, elektrolitin səpələmə xassəsinin aşağı olması, alınan örtüyün iri kristallik quruluşa malik olması. Yalnız elektrolitdə səthi aktiv maddələr olduqda öz fiziki xassələrinə görə qənaətbəxş örtüklər alınır. Turş elektrolitlər, başlıca olaraq, yarımfabrikatları (vərəqələr, lentlər) və sadə formalı məmulatları qalaylamaq üçün istifadə olunurlar. Fədəlovi (stannat) elektrolitlər qalaylama üçün turş elektrolitlərdə olan qüsuralara malik deyildirlər. Onlar müqayisə olunacaq dərəcədə yüksək səpələmə xassələrinə malikdirlər. Bu elektrolitlərdə qalaylama prosesi yüksək polyarlaşma şəraitində gedir. Lakin, turş elektrolitlərdən fərqli olaraq qələvi elektrolitlərdə cərəyana görə metalın çıxımı aşağıdır. Digər tərəfdən Sn^{2+} ionlarının məhlula keçərək toplanması xüsusi tədbirlər görmədən hamar örtük almağı cətinləşdirir. Qələvi elektrolitlər mürəkkəb formalı məmulatları qalaylamaq üçün istifadə olunur.

Qalay anodları müxtəlif valentli kationlar əmələ gətirməklə həll olurlar.



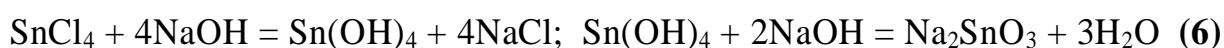
reaksiyasının tarazlıq sabiti elektrolitdə bu və ya digər ionların nisbi konsentrasiyasını müəyyən edir.

Qələvi (stannat) elektroliti əsasən özündə Sn^{4+} ionlarını saxlayır. Bu elektrolitdə Sn^{2+} ionlarının miqdarı olduqca azdır. Turş elektrolitlər isə əksinə özündə əsasən Sn^{2+} ionlarını saxlayır. Bu elektrolitdə Sn^{4+} ionlarının miqdarı cüzdür.

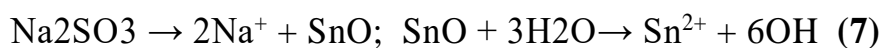
Qalayın anod həll olması zamanı məhlulda Sn^{2+} ionları keçir, yalnız anod polyarlaşmasının artması və anod potensialının müəyyən qiymətə çatmasından sonra, anoddan məhlulda Sn^{2+} ionları ilə yanaşı Sn^{4+} ionları da keçir.

Elektrolitdə eyni zamanda Sn^{2+} və Sn^{4+} ionları olduqda katodda əsasən Sn^{2+} ionları aşağı katod polyarlaşmasında çökür və məsaməli örtük əmələ gəlir. Sn^{4+} ionlarının katodda metala qədər yüksüzləşməsi, Sn^{2+} ionlarının yüksüzləşmə potensialından daha mənfi potensiallarda baş verir.

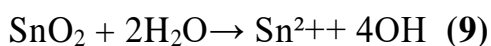
Qələvi (stannat) elektrolitlərində yüksək keyfiyyətli örtük almaq üçün anoddan elektrolitə Sn^{2+} ionlarının keçməsinin qarşısının almaq lazımdır. Əgər bu ionlar məhlulda keçirsə onları məhluldan çıxarmaq lazımdır. Qalaylama üçün istifadə olunan qələvi (stannat) elektrolitinin əsas komponentləri-natrium stannat Na_2SO_3 vektro qələvisidir. Əgər elektroliti hazırlamaq üçün ilkin duz qalay dörd xlorid götürülürsə, onda onun qələvi ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində natrium stannat və əlavə məhsul kimi natrium xlorid alınır.



NaOH -qələvi vannalarında qlaylama üçün kompleks əmələ gətirici rolunu oynayır. Qalayın kompleks birləşmələri natrium stannat və natrium stannit qələvinin artığında həll olur. Natrium stannat aşağıdakı kimi dissosiasiya edir.



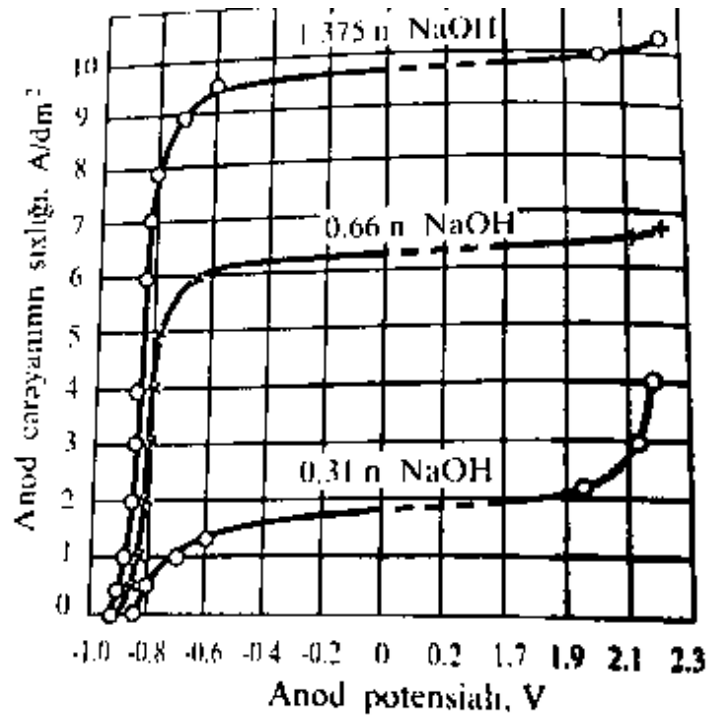
Anoloji qaydada stannitlərin dissosiasiyası baş verir:



Məhlulda qələvinin konsentrasiyası artdıqca qalay ionlarının konsentrasiyası azalır və eyni zamanda qalay çökdüyü zaman anod polyarlaşması da zəifləyir (şək.3.1.). Natrium stanniti natrium stanata çevirmək üçün ya onu anodda elektrolitik oksidləşdirirlər, yaxud da elektrolitə oksidləşdiricilər əlavə edirlər (H_2O_2 və s.).

Qeyd olunduğu kimi qələvi (stannat) elektrolitlərində keyfiyyətli qalay örtüyü almaq üçün qalay anodunu Sn^{1+} ionları şəkilində həll etmək lazımdır (Кондрашов Э.К., 2015).

Qələvi (stannat) elektrolitlərində anodun Sn^{2+} ionları şəkilində həll olmasının qarşısını almaq üçün təklif olunmuşdur ki, anodu qabaqcadan formalaşdırmaq məqsədilə onu tədricən cərəyan altında qalaylama üçün istifadə olunan elektrolitə daxil etmək lazımdır. Elektrolitə tam daldırdıqdan sonra anodun səthində qızılı rəngə çalan passiv təbəqə yaranır ki, bu da anodun Sn^{1+} şəkilində həll olmasını təmin edir. Qalaylamada anod cərəyanının sıxlığının artması anodun passiv vəziyyətinin dayanıqlığını təmin edir.

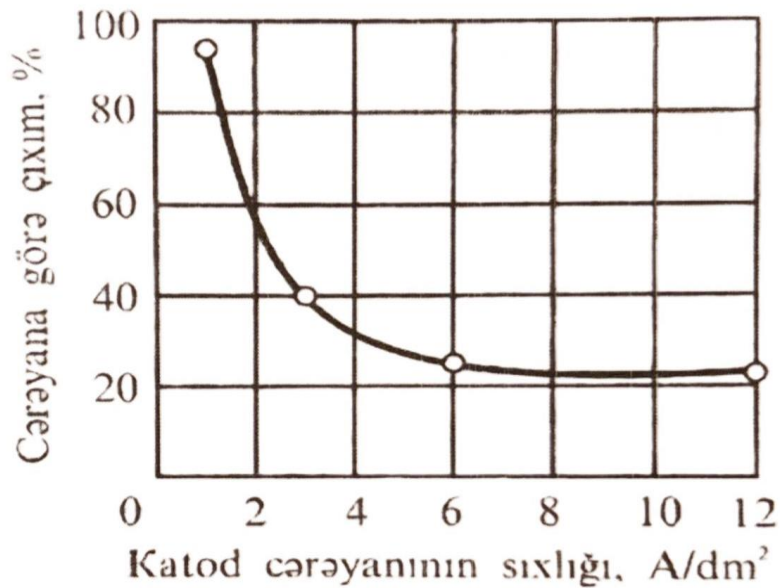


Şək.3.1. Anod potensialının və cərəyan sıxlığının stannat elektrolitindəki sərbəst qələvinin miqdarından asılılığı

Mənbə: Лобанов, М. Л. (2020). Защитные покрытия. Учебное пособие. 214 с.
Электронный научный архив. УрФУ.

Bir sıra tədqiqatçılar qələvi elektrolitlərdə qalaylama apardıqda həll olmayan anodlardan istifadəni tövsiyyə edirlər. Belə olan halda qalaylama zamanı elektrolitdə qalay ionlarının konsentrasiyası fasiləsiz olaraq azalır. Lakin, buna baxmayaraq stannat elektrolitlərində qalaylama zamanı çox zaman qalay elektrodu ilə yanaşı həll olmayan elektrodlarından da istifadə olunur.

Stannat elektrolitlərində katod cərəyanının sıxlığı artdıqca katod polyarlaşması kəskin artır, qalayın cərəyana görə çıxımı isə aşağı düşür (şək.3.2.). Lakin cərəyana görə çıxım elektrolitin temperaturası yüksəldikcə artır.



Şək.3.2. Qalay cərəyanına görə katod çıxımının stannat elektrolitində cərəyanın sıxlığından asılılığı.

Mənbə: Лобанов, М. Л. (2020). ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ. Учебное пособие. 214 с. Электронный научный архив. УрФУ.

Elektrolitin temperaturası 65-70°C, katod və anod cərəyanlarının sıxlığı bərabər olub, 1.5-2A/dm², qalayın cərəyana görə katod çıxımı 70-75% təşkil edir.

Qalaylama prosesini intensivləşdirmək üçün qələvi (stannat) elektrolitlərini qələvidə həll olması natrium stannatdan yüksək olan kalium stannat əsasında hazırlayırlar. İntensivləşdirilmiş qalay çökdürülməsində istifadə olunan elektrolitin tərkibi və prosesin rejimi aşağıdakı kimidir: 3n kalium stannat, 0.5n KOH sərbəst.

Qalaylama üçün turş elektrolitlər qismində sulfat və halogen elektrolitlərindən istifadə olunur. Sulfat elektrolitlərinin sas komponentləri qalay sulfat SnSO₄, sulfat turşusu və elektrolitə əlavə olunan səthi aktiv maddələrdən ibarətdir.

Qalayın üzərində hidrogenin yüksək ifrat gərginliklə ayrılması nəticəsində hətta D_k-ın yüksək qiymətlərində qalayın cərəyana görə katod çıxımı 100%-ə yaxın olur. Sulfat məhlullarında qalayın çökdürülməsi zamanı katod polyarlaşmasını artırmaq üçün elektrolitə səthi aktiv maddələr əlavə edirlər. Elektrolitə eyni zamanda

sulfidləşdirilmiş krezol və ya fenol və xarrat yapışqanı əlavə etdikdə qənaətbəxş örtük almaq olur.

Adətən, turş elektrolitlərdə qalaylamada katod cərəyanının sıxlığı 2-4 A/dm² götürülür. Elektroliti sıxılmış hava və ya mexaniki üsulla qarışdırdıqda cərəyanın DK-30A/dm²-a qədər sıxlığında nazik təbəqəli örtük alınır.

Elektroliti yüksək temperatura qədər qızdırmaq məsləhət görülmür, çünki bu zaman elektrolitə əlavə edilmiş səthi aktiv maddələr, xüsusən də xarrat yapışqan parçalanır. Praktiki olaraq bu elektrolitlərdə qalaylama prosesi otaq temperaturunda, bəzi hallarda isə 30-40°C temperaturada aparılır. Tərkibində digər metalların qarışığı olmayan elektrolitik üsulla alınmış qalay anodları hətta yüksək anod cərəyanı sıxlığında (30A/dm²) passivləşmərlər və cərəyana görə 100%-li çıxımla həll olurlar. 9-cu şəkildə təmizlənmiş və təmizlənməmiş qalay elektrodunun 32q/l Sn və 100q/l H₂SO₄ elektrolitində anod polyarlaşma əyrisi verilmişdir.

Qalaylama üçün istifadə olunan halogen elektroliti özündə qalay iki xlorid SnCl₂, natrium florid və xlorid turşusu saxlayır.

Qalaylama üçün istifadə olunan elektrolitlərin analizi Sn²⁺ və Sn ionlarının, qələvinin və karbonatların miqdarının qələvi elektrolitlərdə təyini və həmcinin Sn²⁺, Sn⁴⁺ ionlarının və sulfat turşusunun miqdarının turş elektrolitlərdə təyinindən ibarətdir. Çox zaman qalay örtüklərinin əridilməsi tələb olunur. Əridilmə prosesi örtüyün məsaməliliyini aşağı salır və örtüklə əsas metal arasındakı ilişgənlik möhkəmliyini artırır. Qələvi elektrolitlərində alınan örtüklər daha yaxşı əriyirlər. Turş sulfat elektrolitlərdə alınmış qalay örtükləri əridildikdə damcı əmələ gətirməyə meyillidirlər.

Əridilmə üçün qalaylanmış məmulatlar 5-6%-li fülüs məhluluna daldırılır (məsələn, 3 çəki hissəsi sink xlorid və 1 çəki hissəsi ammonium xlorid), sonra isə qurudulur və 550-600°C temperaturu sobada 10-15 saniyə müddətində saxlanılır. Əridilmə əməliyyatından sonra fülüs qalıqlarından təmizlənmək üçün məmulat diqqətlə suda yuyulur və isti hava ilə qurudulur.

Bəzi hallarda qalay örtüyü 1L qliserinə 5qr sink xlorid əlavə edilmiş qarışıqda əridilir. Əridilmə mühitinin temperaturu 250-270°C təşkil edir. Əridilmə müddəti 0.5-2 dəqiqə götürülür.

Son zamanlar qalayın yüksək tezlikli cərəyanla əridilməsi rejimi işlənilib hazırlanmışdır. Vərəqələr və lentlərin səthində qalay örtüklərinin elektrolitik üsulla alınması, soyuq yayılan polad lentlərin istehsal texnologiyasının yaxşı mənimsənilməsi ilə əlaqədar olaraq istehsalatda geniş yayılmışdır. Polad vərəqələr və lentlərin elektrolitik qalaylanması üçün əsasən halogen və ya qələvi (stannat) elektrolitlərindən istifadə edilir. Birinci halda sulfat elektrolitlərində qalay sulfat duzu olduğu kimi bu elektrolitdə də qalay xlorid duzu şəkilində olur. Sonra elektrolitdə florid turşusu və bir sıra səthi aktiv maddələrin əlavəsi olur (Лобанов М.Л., 2020).

NƏTİCƏ

Aparılan tədqiqatlara əsasən aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1. Ст3 poladı səthinə qələvi elektrolitdən qalayın çökdürülməsi aparılmışdır.
2. Müəyyən olunmuşdur ki, elektrolitdə qələvinin miqdarının artması anod cərəyanının sıxlığının artmasına səbəb olur ki, bu da aşağı valentli qalay ionlarının həll olunmasını təmin edir və nəticədə keyfiyyətli örtük alınır.
3. Qalay cərəyanına görə katod çıxımının artması, yəni qalayın polad səthinə çıxımının artması üçün katod cərəyanının sıxlığı 3A/dm^2 qədər götürülmüşdür ki, bu da keyfiyyətli örtük alınmasını təmin edir.

İSTİFADƏ OLUNMUŞ ƏDƏBİYYAT

Azərbaycan dilində

Əliyev, R. H. (2010). Materialşünaslıq. Bakı.

Şərifov, Z. Z., & Cabbarov, T. Q. (2005). Materialşünaslıq və materiallar texnologiyası. Bakı.

Şirinov, T. İ., & Babayev, A. İ. (2009). Örtüklər nəzəriyyəsi və texnologiyası. Bakı Təhsil NPM.

Şirinov, T. İ., et al. (2009). Çoxfunksiyalı örtüklər. Bakı: Təhsil NPM.

Rus dilində

Брок, Т., Гротеклаус, М., Мишке, П., & Цорлля, У. (Ред.). (2015). Европейское руководство по лакокрасочным материалам. 548 с.

Ветрова, О. Б. (2018). Современные технологии покрытий. Вестник Кузбасского Технического Университета, 118 с.

Кондрашов, Э. К. (2015). Лакокрасочные материалы и покрытия на их основе в машиностроении. 256 с.

Лобанов, М. Л. (2020). Защитные покрытия. Учебное пособие. 214 с. Электронный научный архив. УрФУ.

Овчинников, В. В., и др. (2023). Технология нанесения и свойства функциональных покрытий. Издательство Инфра Инженерия. 217 с.

Погребняк, А. Д., и др. (2013). Структура свойства покрытия. ЖТФ.

Федосова, Н. Л. (2009). Антикоррозионная защита металлов. Иванова. 18 с.

İngilis dilində

Cova Caiazzo, F., Brambilla, L., Montanari, A., & Mischler, S. (2018). Chemical and morphological characterization of commercial tinplate for food packaging. *Chemical Surface Interface*, 50, 430–440.

Deshwal, G. K., & Panjagari, N. R. (2020). Review on metal packaging: Materials, forms, food applications, safety and recyclability. *Journal of Food Science and Technology*, 57(7), 2377–2392. doi:10.1007/s13197-019-04172-z

FICCI. (2016). A report on India's plastic industry (January). Retrieved from <http://ficci.in/spdocument/20690/plastic-packaging-report.pdf>

Garcia-Oliveira, P., Pereira, A. G., Carpena, M., Carreira-Casais, A., Fraga-Corral, M., Prieto, M., ... & Seid Mahdi Jafari. (2022). Application of releasing packaging in beverages. In S. Mahdi Jafari & A. Sanches Silva (Eds.), *Releasing systems in active food packaging: Preparation and Applications* (pp. 373–401). Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-90299-5_13

Iversen, L. J. L., Rovina, K., Vonnice, J. M., Matanjun, P., Erna, K. H., 'Aqilah, N. M. N., ... & Seid Mahdi Jafari. (2022). The emergence of edible and food-application coatings for food packaging: A review. *Molecules*, 27(17), 5604. doi:10.3390/molecules27175604

Kremser, K., Gerl, P., Pellis, A., & Georg, M. G. (2021). A new bioleaching strategy for the selective recovery of aluminum from multi-layer beverage cans. *Waste Management*, 120, 16–24. doi:10.1016/j.wasman.2020.11.012

Mordor Intelligence. (2022). Metal cans market - growth. In *Trends, COVID-19 impact, and forecasts (2022 - 2027)*. Retrieved from

<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-metal-cans-market-industry>

Morselli, D., Cataldi, P., Paul, U. C., Ceseracciu, L., Benitez, J. J., Scarpellini, A., ... & Mariano Beltramini. (2021). Zinc polyaleuritate ionomer coatings as a sustainable, alternative technology for bisphenol A-free metal packaging. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 9(46), 15484–15495.

doi:10.1021/acssuschemeng.1c04815

Page, B. (2012). Rigid metal packaging. In *Packaging Technology* (pp. 122–162).

doi:10.1533/9780857095701.2.122

Tata Tinsplate. Tinsplate advantages. Retrieved November 15, 2022, from

<http://www.tatatinplate.com/advantages.shtm>

Wan, X., Qian, H., & Chen, G. (2021). An review on food packaging safety. In P. Zhao (Ed.), *Advances in graphic communication, printing and packaging technology and materials* (pp. 405–409). Singapore: Springer Singapore.