

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI

UOT: 621.762.8

NİKELİN ƏLAVƏSİYİLƏ SİRCONİUM NİTRİDİ ƏSASINDA HETEROGEN MATERİALLARLA POLADIN ELEKTROQIĞILCIM LEGİRLƏNMƏSİ (EQL)

Şərifov Z.Z., Qurbanov F.N.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: zahid.sharifov@asco.az

Xülasə. Məqalədə anod materialı kimi keçid materialından istifadə etməklə sirkonium nitridi əsasında heterogen materiallarla polad 35-in elektroqığılcım legirlənməsinin xüsusiyyətlərinə baxılır. ZrN-Ni və Ni-Al₂O₃ kompozisiyaları ilə poladın EQL-də anodun və katodun kütlələrinin dəyişməsi və EQL-dən sonra eroziya məhsulları tədqiq olunmuşdur. Polad 35-in üzərinə çəkilmiş örtük qatının mikrostrukturunu öyrənilmişdir.

Аннотация. В статье рассматриваются особенности электроискрового легирования стали 35 гетерогенными материалами на основе нитрида циркония с использованием переходных металлов в качестве анодного материала. Исследованы изменения масс анода и катода при ЭИЛ стали композициями ZrN-Ni и Ni-Al₂O₃ и продукты эрозии после ЭИЛ. Изучена микроструктура слоя покрытия, нанесенного на сталь 35.

Abstract. The article deals with the features of electric spark alloying of steel 35 with heterogeneous materials based on zirconium nitride using transition metals as an anode material. The changes in the masses of the anode and cathode in the EIL have been studied with ZrN-Ni and Ni-Al₂O₃ compositions and erosion products after EIL. The microstructure of the coating layer applied to steel 35 has been studied.

Açar sözlər: keçid metalları, nitrid, kütlə dəyişmə, elektroqığılcım legirləmə, anod, katod, eroziya, qranulometrik tərkib

Ключевые слова: переходные металлы, нитрид, изменение массы, электроискровое легирование, анод, катод, эрозия, гранулометрический состав

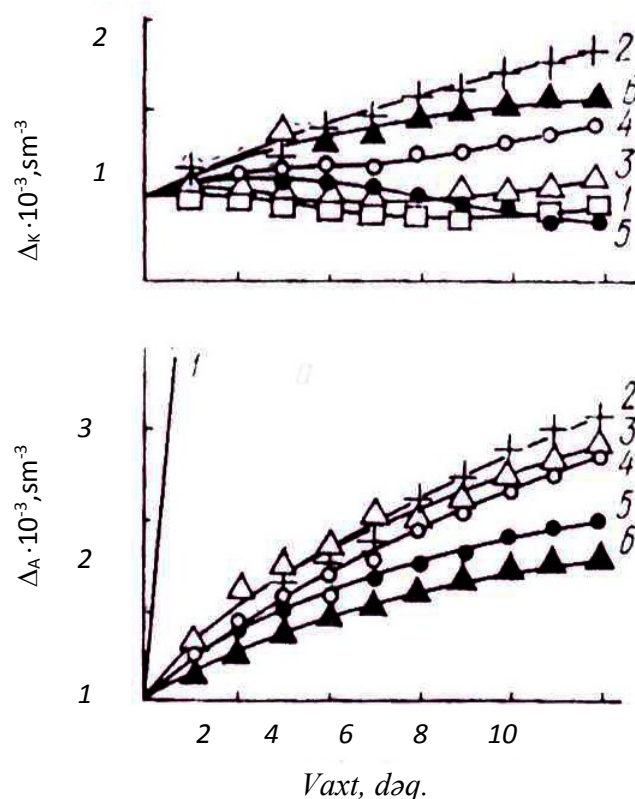
Key words: transition metals, nitride, mass change, electrospark alloying, anode, cathode, erosion, granulometric composition

Giriş. Keçid metallarının nitridləri, izostruktur karbidlər kimi çətinəriyyənliliyi, yüksək bərkliyi, yaxşı elektrik və istilikkeçiriciliyi ilə fərqlənir. Lakin onlar, bir qayda olaraq karbidlərə nisbətən az bərkliyə malikdirlər və vakuumda az davamlıdırlar, ona görə də son vaxtlaradək məhdud tətbiqə malikdirlər. Son illər kəsici alətlərin, buxarlandırıcıların, elektrod materiallarının hazırlanması üçün onların perspektivliyi müəyyən olunmuşdur. Bununla əlaqədar olaraq EQL üçün elektrod kimi nitridlərin istifadəsi maraq doğurur. Oxşar şəraitlərdə işləyən detalların hazırlanması üçün artıq tətbiq tapmış titan və sirkonium nitridlərinin öyrənilməsi maraq doğurur [1,2]. Çətinəriyyənlilik metalların birləşmələrinin qeyri-metallarla aşağı termiki dözümlüyü və köçürmə əmsalı ucbatından onları EQL-də Fe, Ni, Co, Cr, Mo, W kimi metalların əlavəsilə istifadə edirlər.

Əsas hissə. Ni əlavəsilə sirkonium nitridin legirləyici elektrod kimi EQL-də tətbiqi imkanı tədqiq edilmişdir: 85%ZrN+15%Ni; 45%ZrN+55%Ni; 15%ZrN+85%Ni [102]. Müqayisə üçün ZrN, Ni və 45% Al₂O₃+55%Ni istifadə etdik. Nümunələrin məsaməliliyi 5%-i keçməmişdir. Katod materialı kimi polad 35 tətbiq etdik. EQL-ni ЭФИ-45A qurğusunda aşağıdakı rejimdə apardıq: J_q=1,4,2,1A, U_{bg}=14V, C=325mkF. Hər bir legirləmə mərhələsindən sonra anodun eroziyasını və

katodun artımını ölçdük ($1\text{sm}^2/\text{dəq}$). Legirlənmiş qatın metalloqratik və dyurometrik analizini və habelə eroziya məhsullarının qranulometrik və rentgenfaz analizini apardıq.

Katodun və anodun kütləsinin emalın davamiyyətindən asılılığı ona dəlalət edir ki, sonuncunu artırıdığca anodun eroziyası fasiləsiz artır. Ən böyük eroziya təmiz sirkonium nitridilə EQL-də müşahidə olunur (şəkil 1, əyri 1). On dəfə az eroziyaya Ni əlavəliklərlə sirkonium nitridi olan kompozisiyalar malik olur. Maksimal eroziyaya dözümlük 85 həcm% Ni-li kompozisiya məhsuludur (şəkil 1, a, əyri 5).



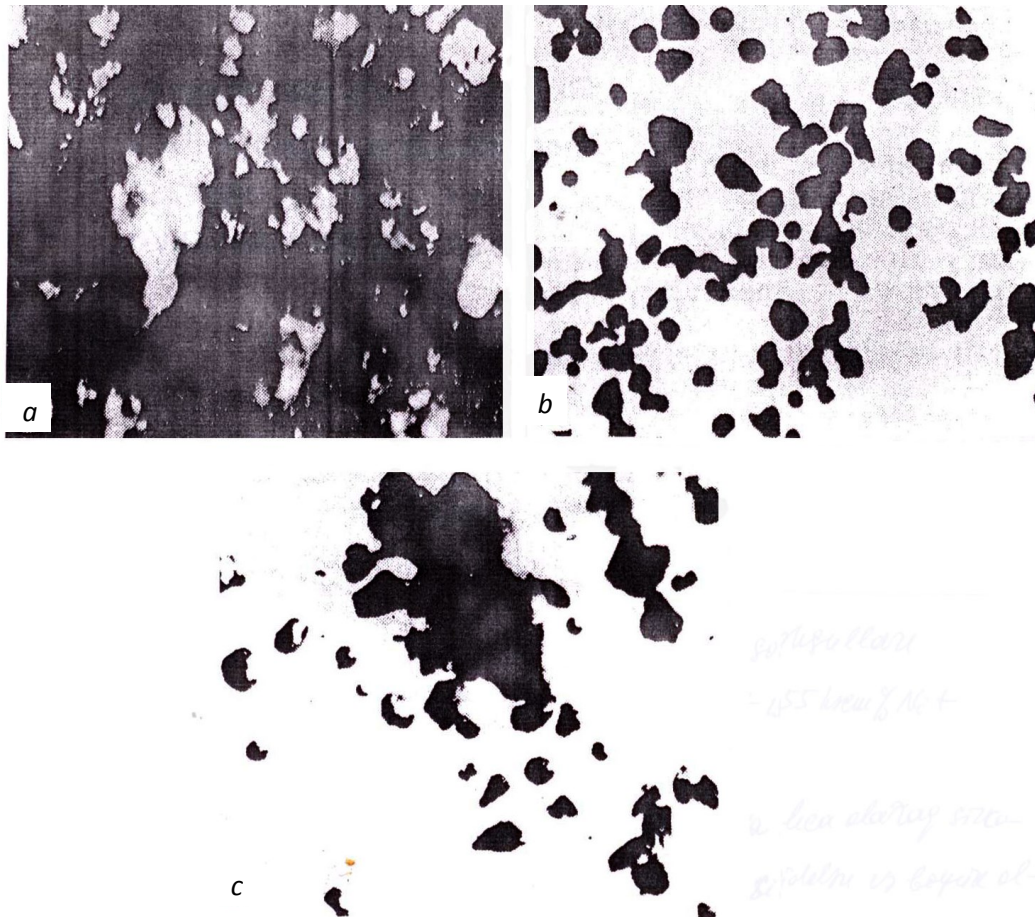
Şəkil 1. *ZrN-Ni və Ni-Al₂O₃ kompozisiyaları ilə poladın EQL-də anodun (a) və katodun (b) kütləsinin dəyişməsi.*
 1- ZrN; 2- 55həcm%Ni+45həcm%Al₂O₃; 3- 15həcm%Ni+85həcm%ZrN;
 4- 55həcm%Ni+45 həcm%ZrN%; 5- 85həcm%Ni+15həcm%ZrN; 6-Ni

EQL-də elektrodların dağılması buxar, maye və kövrək fazalarda baş verir. Ərintilərdə Ni miqdarını artırıdığca, eroziya məhsullarının qranulometrik və faza tərkibləri dəyişir. Sirkonium nitridi ilə EQL-də eroziya məhsullarında ölçüləri 55-195 mkm olan kövrək dağılma zərrəcikləri üstünlük təşkil edir (şəkil 2,a)

Rentgenfaz analiz göstərdi ki, eroziya məhsulları başlıca olaraq sirkonium nitriddən və habelə tetraqonal sirkonium iki oksiddən və böyük olmayan miqdarda dəmir zərrəciklərindən ibarətdir. 85 həcm % Ni olan kompozisiyanın eroziya məhsullarında əsasən maye fazadan yaranmış zərrəciklər vardır (şəkil 2, b), bunlar NiO₃ və azalmış qəfəs periodlu Ni-dən ibarətdir. Qəfəsin dəyişmiş periodu ilə kövrək dağılma zərrəcikləri təmiz sirkonium nitridilə legirləmədən sonra sirkonium nitridin anoloji zərrəciklərinə nisbətən on dəfə az ölçüyə malikdirlər. Ni-in eroziya məhsullarında meye və buxar fazadan yaranmış zərrəciklər üstünlük təşkil edir.

Fərz etmək olar ki, kompozisiyada Ni miqdarı artıqca (və aydındır ki, maye və qaz fazasının eroziya məhsullarında) legirli qatın formalaşma şəraiti yaxşılaşır. Həqiqətdə möhkəmləndirilmiş qatın ən pis formalaşma şəraitləri sirkonium nitridlə EQL-də müşahidə olunur (şəkil 2, b, əyri 1). Bu halda artıq bir neçə dəqiqə möhkəmləndirmədən katodun artımı mənfi olur, onun kütləsi isə

ilkindən azdır. Bu onunla əlaqədardır ki, sirkonium nitridi ilə EQL-də katodun səthinə əsasən kövrək dağılma zərrəcikləri köçürülür, bunlar altılıqla pis ilişir. Çoxdəfəli impulsu istilik və mexaniki yüklər nəticəsində katodun səthində dağılma, köçürülmüş zərrəciklərin kənarlaşdırılması və katodun səthinin kövrək dağılması baş verir.



Şəkil 2. Poladın EQL-dən sonra eroziya məhsulları.

a-təmiz ZrN; b-85 həcm % Ni+15 həcm % ZrN;

c-55 həcm %Ni+45həcm % Al₂O₃ (x400)

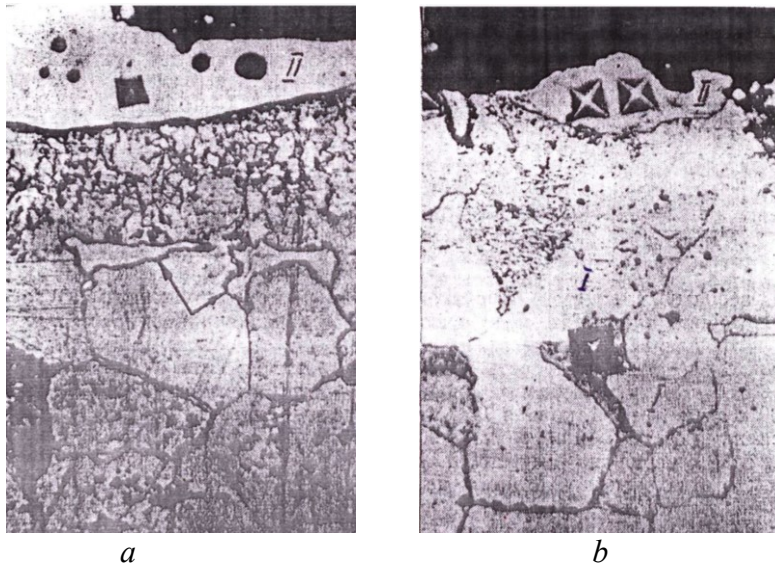
Tərkibində 15 həcm% Ni kompozisiyasını istifadə etdikdə, möhkəmləndirilmiş qatın formalaşma şəraiti bir qədər yaxşılaşır (şəkil 1, b, əyri 3). Lakin bu halda da legirləmənin müəyyən vaxtından sonra katodun kütləsi azalır. Ni-nin (35 həcm %-dək) kompozisiyada miqdarının sonrakı artımı legirli qatın formalaşmasının keyfiyyətə dəyişməsinə gətirir, o haldakı emal vaxtını artırıdınca (11dəq/san²-dək), katodun kütləsi fasiləsiz artır (şəkil 1, b, əyri 4). Sonuncu halda eroziya məhsulları aşağıdakılardır: qəfəsin periodunu azaltıqca NiO₃, Ni-dir, ZrN_xO_y və sirkoniumun tetroqonal oksididir (ZrO₂). Bir sıra hallarda tərkibində artırılmış miqdarda Ni olan ZrN+Ni əsasında elektrodla EQL-də möhkəmləndirilmiş qatın formalaşma şəraitlərinin yaxşılaşmasına meyillik müşahidə olunur. Məsələn, 85 həcm% Ni olan kompozisiya katodun böyük olmayan artımına malikdir və $\tau=5$ dəq/san² möhkəmləndirmədən sonra katodun kütləsi mənfi olur (şəkil 3, a, b, əyri 5). Katodun ən böyük artımı Ni-də yox, 45 həcm% Al₂O₃+55 həcm% Ni olan ərintidə müşahidə olunur (şəkil 1 a, b, əyri 2), baxmayaraq onun eroziya məhsullarında kövrək dağılmanın Al₂O₃ zərrəciklərinin əhəmiyyətli miqdarı olur (şəkil 2, c). Aydınır ki, ZrN-Ni əsasında kompozisiyaların möhkəmləndirilmiş qatının formalaşma prosesinə eroziya məhsullarının həm qranulometrik və həm də faza tərkibi təsir göstərir. Xüsusən tərkibində yüksək miqdarda Ni olan

ərıntilərdə Ni-in uçan oksidlərinin yaranması möhkəmləndirilmiş qatın formalaşma prosesini pisləşdirir, təmiz Ni-lə EQL-də katodun artımını aşağı salır.

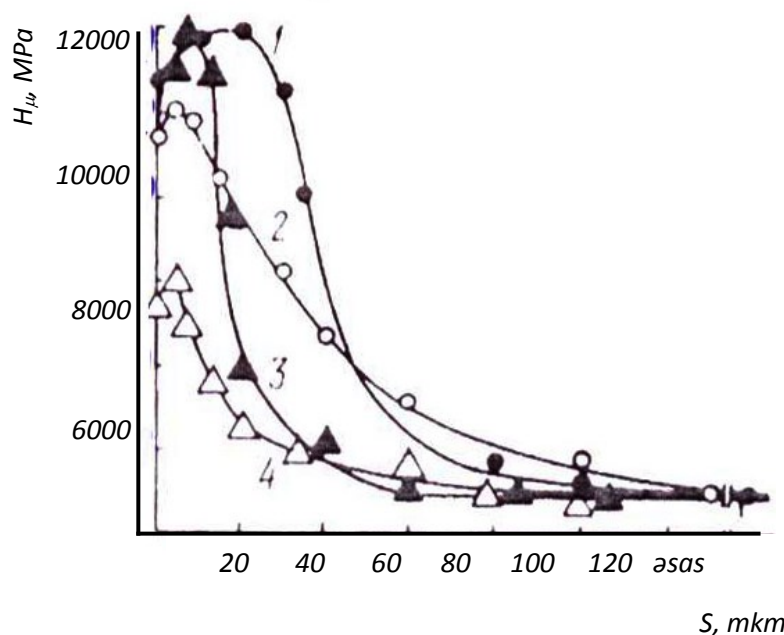
ZrN-Ni kompozisiyaları ilə EQL-dən sonra polad 35-in möhkəmləndirilmiş qatının mikrostrukturunu tədqiq etdik (şəkil 2). 45 həcm% ZrN+55 həcm% Ni-dən tərkibli kompozisiyalarla EQL-dən sonra alınmış möhkəmləndirilmiş qat qalınlığı 25-35 mkm olan polad altlığın üzərində bilavasitə yerləşən “ağ qat”dan ibarətdir, bu qat yüksək bütövlüklə (95%) və qalınlığı 0,8-16 mkm olan “ağ qatın” yuxarı hissəsində yerləşən “boz fazanın” sahələrinin əsasən sıx toxunması ilə səciyyələnir. “Boz faza”, güman ki, müxtəlif dərəcəli qızma və oksidləşməyə məruz qalan legirləyici elektrodun materialının kövrək dağılma məhsuludur. Bu, həmin məhsulların katoda köçürülməsi prosesində baş verir və ZrO_2 -ni özündə əks etdirir. “Boz fazanın” sahələrinin mikrobərkliyi H_u 1500±400MPa, “ağ zolağı” isə 5000-13000 MPa hədlərində olur (şəkil 4, əyri 1).

Qeyd etmək lazımdır ki, 15 həcm% ZrN+85 həcm% Mo tərkibli kompozisiyalarla EQL-dən sonra “boz faza” möhkəmləndirilmiş qatda yoxdur, “ağ qatın” qalınlığı isə ayrı-ayrı sahələrlə təqdim olunur və 6 mkm-i keçmir (şəkil 3, b). Bu sahələrin mikrobərkliyi 5000-7000 MPa-nı üstələnir (şəkil 4, əyri 4). “Ağ qatın” və qığılcımın termik təsir zonasının sərhədində 45 həcm% ZrN+ 55 həcm% Ni tərkibli legirləndikdə, mikrobərklik 2400± 150MPa-nı üstələmir, 15 həcm % ZrN+85 həcm% Ni tərkibli elektrodla legirləndikdə, 1400± 100MPa-dan çox olmur, ancaq altlığın mikrobərkliyindən yuxarı olur (altlığın mikrobərkliyi 1200±100MPa-dır). Qığılcımın termiki təsir zonasında perlit koloniyaları müşahidə olunmur. Sonuncular yalnız 25-45 mkm müşahidə olunmuşdur. Onlar zəncir şəklində “ağ qatın” boyunca zəncir kimi yerləşir (3, a, əqrəblə göstərilib). İnkərlənmə ki, müşahidə olunan effekt polad altlığın səth qatlarında karbonun yenidən paylanması nəticəsidir və “ağ qatla” və dispers ayrılmalar sahələrində onun maksimal konsentrasiyasıdır.

Həm də mümkündür ki, karbonun yenidən paylanması mümkün termiki gərginliklər və altlığın materialı ilə maye və qaz şəkilli fazaların qarşılıqlı təsiri ilə çağırılır. Bundan başqa, maye və qaz şəkilli erodir fazaların yaranması prosesində legirləyici materialın komponentlərinin parçalanması və dəmirin Zr kimi gizli karbid əmələgətirici elementlə zənginləşməsi ilə parçalanmış fazaların komponentlərinin onunla qarşılıqlı təsiri baş verir. Sonuncuların maye şəkilli qarşılıqlı təsir məhsullarının tərkibində mövcudluğu rentgenfəz analizlə müəyyən olunub.



Şəkil 3. Aşağıdakı tərkibdə elektrodla EQL-dən sonra polad 35-in mikrostrukturunu:
a-45 həcm% ZrN+65 həcm% Ni; *b*-85həcm% Ni+15həcm% ZrN; I- əsas, II- möhkəmləndirilmiş qat (x800)



Şəkil 4. Aşağıdakı tərkiblərlə EQL –dən sonra səth qatının bərkliyinin dəyişməsi:
1- 45 həcm% ZrN+55həcm %Ni; 2- ZrN; 3-45həcm% Ni+55 həcm% Al₂O₃; 4-85həcm % Ni+15həcm %ZrN

Qısa müddətli qızdırma və kəskin soyuma proseslərinin fasiləsiz növbəliyinin təsiri altında və habelə qığılcımın termiki təsir zonasında səth qatında yaranmış artıq bərk fazaların təsiri altında ferrit dənəsinin xırdalanması və onun formasının dəyişməsi baş verir.

55həcm%Al₂O₃+45həcm%Ni tərkibli kompozisiyalarla EQL-də möhkəmləndirilmiş qat 12-17 mkm qalınlığa malikdir, “ağ qatın” maksimal mikrobərkliyi 13000 MPa təşkil edir. Bu halda ferrit dənəsinin xırdalanması müşahidə olunur, lakin o az aydınlıqla görünür və sirkonium nitridlə tərkibləri legirlədikdə nisbətən daha az dərinliyə paylanır. Güman ki, bu, legirləyici elektrodun komponentlərinin parçalanma məhsullarında sirkonium kimi elementin alınması ilə izah oluna bilər.

Nəticə. 1. EQL-də legirləyici elektrodun materialı kimi ZrN-Ni kompozisiyalarının istifadə imkanı tədqiq olunub. Göstərilmişdir ki, kompozisiyada Ni miqdarı artıqca katodun eroziyası azalır. Möhkəmləndirilmiş qatın formalaşma prosesinə eroziya məhsullarının nəinki qranulometrik, həm də faza tərkibi təsir göstərir. Uçucu oksidlərin yaranması möhkəmləndirilmiş qatın formalaşma prosesini pisləşdirir.

2. Ən yüksək xarakteristikalara - yüksək bütövlüyə, böyük qalınlığa, əsasən kip toxunmaya və onunla möhkəm ilişməyə 45həcm%ZrN+55həcm%Ni olan kompozisiya əsasında elektrodla EQL-də alınan möhkəmləndirilmiş qat malik olur. EQL prosesində ferrit dənəsinin xırdalanması və onun formasının dəyişməsilə “ağ qatda” karbonun maksimal konsentrasiyası ilə səth qatlarında onun yenidən paylanması baş verir.

Ədəbiyyat

1. Верхотуров, А.Д. Электроискровое легирование стали гетерогенными материалами на основе нитрида циркония с добавками молибдена. Порошковая металлургия / А.Д. Верхотуров, Ф.Ф. Егоров, В.Т. Бондарь // -2000, №5/6, -с. 57-61.
2. Егоров, Ф.Ф. Неплавящиеся электроды для нержавеющей и углеродистых сталей / Ф.Ф. Егоров, Б.Д. Сторож, Г.В. Горбунов// - Деп. Укр: НИИНТИ Госплана УССР, - №1328, 1607, 90.
3. Пат. 3409416 (США). Опубл. -29.08.1996.

Мəqalə qəbul olunub: 05.03.2020

Təvsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayilov.