

UOT: 621.762.8

MÜXTƏLİF BORİDLƏRİN İŞTİRAKI İLƏ POLADLARIN ELEKTROQIĞILCIM LEGİRLƏNMƏSİ

Qurbanov F.N.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: f.gurbanov@caspmarine.com

Xülasə. Məqalədə çətinəriyən metalların boridlərinin polad 35-in səthlərinə elektroqığılcım emal ilə çəkilmə prosesinə baxılır. Bu halda NbB_2+Ti ərintisi ilə möhkəmləndirilmiş katodun səthinin mikrostrukturunu, anodun eroziyası və kütlə köçürmə əmsalı tədqiq olunmuşdur. Eyni zamanda, anodun işçi səthinin görünüşü və katodun artımının emal vaxtından asılılığı öyrənilmişdir.

Аннотация. В статье рассматривается процесс нанесения боридов тугоплавких металлов на поверхность стали 35. В этом случае исследованы микроструктура поверхности катода, упрочненной сплавом NbB_2+Ti , эрозия анода и массоперенос. Одновременно изучены вид рабочей поверхности анода и зависимость привеса катода от времени обработки.

Abstract. The process of applying borides of refractory metals to the surface of steel 35 is considered in this paper. In this case, the microstructure of the cathode surface hardened by the $NbB_2 + Ti$ alloy, anode erosion and mass transfer is investigated. At the same time, the shape of the anode working surface and the dependence of the cathode weight on the processing time.

Açar sözlər: çətinəriyən metallar, boridlər, keçid metalları, elektroqığılcım emal, möhkəmləndirmə, eroziya.

Ключевые слова: тугоплавкие металлы, бориды, переходные металлы, электроискровая обработка, упрочнение, эрозия

Key words: refractory metals, borides, transition metals, electric spark treatment, hardening, erosion

Giriş. Çətinəriyən metalların boridləri polad səthlərin elektroqığılcım möhkəmləndirilməsi üçün elektrod materialları kimi tədqiq olunur [1-3]. Belə münasibətdə əsas marağı V və VI qrup keçid metalları ilə IV qrup keçid metallarının ərintiləri doğurur, bunlar artırılmış plastikliyə, möhkəmliyə və termiki dözümlülüyə malikdirlər [4]. Alınmış eksperimental məlumatlar ona dəlalət edir ki, Ti-Nb-B sistemi ərintilərinin abraziv yeyilmə şəraitlərində yeyilməyə dözümlüyü 8-10 dəfə IX15 poladının yeyilməyə dözümlüyündən yuxarıdır və səthlərin intensiv yeyilmədən mühafizə üçün istifadəsi çox perspektivlidir.

Əsas hissə. Məqalə Ti-Nb-B sistemi ərintilərin eroziyaya dözümlülüynün dəyişmə xarakterinin sisteməti tədqiqinə və habelə polad katodun möhkəmlənmiş qatının formalaşmasına həsr edilmişdir. Ti-Nb-B sistemi ərintilərinin NbB_2+Ti ərintilərinin qarışıqlarının qızmar preslənməsi metodu ilə və sonrakı homeqenləşdirici tabalma ilə hazırladıq. Rentgen və metalloqrafik analiz göstərdi ki, tərkibində 0-60 kütlə% titan olan ərintilər ikifazalıdır. Aşağı Ti konsentrasionalı ərintilər NbB_2 -də Ti-nın məhlulunu və (Ti, Nb) B-nun və ya NbB_2 ünsürlərini əks etdirirlə. Titanın miqdarını artırıdığca (Ti, Nb) B fazasının miqdarı artır, bu faza monoborid titanda niobiumun bərk məhlulunu özündə əks etdirir, eyni zamanda niobium diobridi əsasında (Nb, Ti) B_2 fazanın miqdarı azalır. $NbB_2 - 60$ kütlə%Ti ərintisinin əsas fazası (Ti, Nb) B-dur. Mikrodymetrik analizin məlumatlarına əsasən bu faza ən böyük mikrobərkliyə 30000 ± 2200 MPa malikdir.

Polad 35 altlığın elektroqığılcım möhkəmləndirilməsini ЭФИ-46A qurğusunda I rejimdə ($J_{qq}=3,5-4,5$ A, $U_{bg}=15-20$ V, $E=0,06$ C) apardıq. Elektro-qığılcım legirləmə prosesində anodun

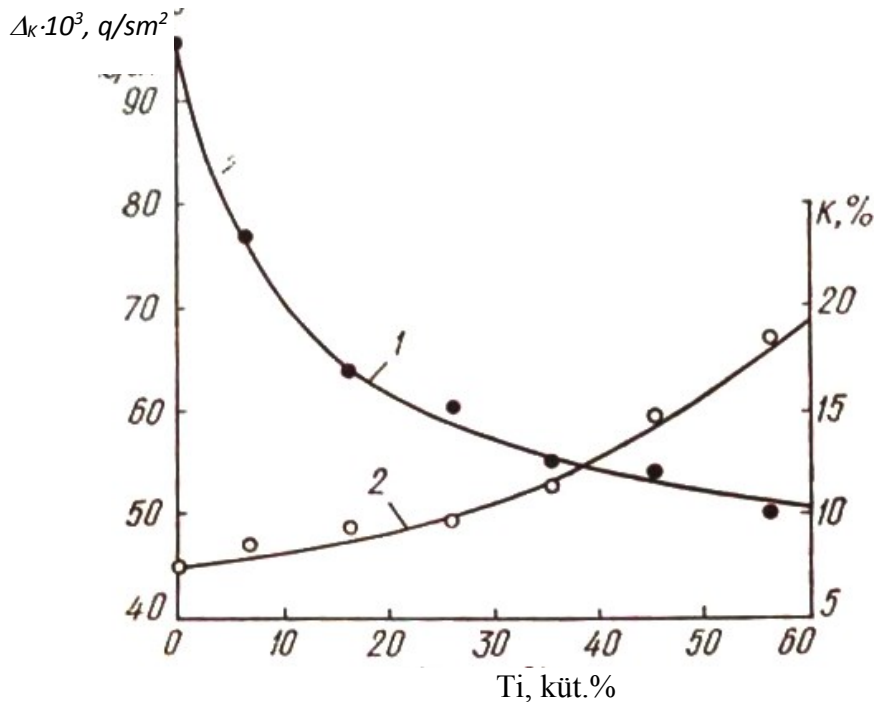
materialının kütlə yeyilməsinin L_a , katodun materialının artımını Δ_k emal vaxtından və köçürmə əmsalından $K=(\Delta_k/\Delta_a) \cdot 100\%$ asılı olaraq ölçüdü.

EQL prosesinin effektivliyini möhkəmləndirilmiş qatın xassələri - onun qalınlığı, bütövlüyü, kələkötürlüyü, əsasla rabitənin möhkəmliyi, bərkliyi ilə təmin edilir. Ti-Nb-B sistemi ərintiləri ilə poladın legirləmə prosesinin tədqiqi göstərdi ki, xüsusi davamiyyəti 7 dəq/san² –dək legirləmədə möhkəmləndirilmiş qatın qalınlığı ərintinin tərkibindən asılıdır və tərkibində 18 kütlə%-dək Ti olan ərintilər üçün 6-9mkm və tərkibində 30-50kütlə% Ti olan ərintilər üçün isə 8-12 mkm təşkil edir. Lakin qatın keyfiyyəti çox əhəmiyyətli dərəcədə anodun materialının tərkibindən asılıdır. Məsələn, legirləyici elektrod kimi təmiz niobium boridi və ya az miqdarlı Ti ərintiləri istifadə etdikdə qatın bütövlüyü 22% -i ötmür, onda çoxlu çatlar var, kələkötürlük yüksəkdir. Bir sıra hallarda çatlar, qatlar və altlıq arasında müşahidə olunur, bu onlar arasında aşağı ilişmə möhkəmliyinə dəlalət edir və aydındır ki, anod materialı kimi Nb B₂-ni və az miqdarlı Ti (0÷22 kütlə%) Ti – Nb-B sisteminin istifadəliyinin perspektiv olmasını göstərir. Eyni zamanda bu məqsədlər üçün 40+60 kütlə% Ti-nin miqdarı ilə ərintilərin istifadəsi möhkəmləndirilmiş qatın daha yüksək keyfiyyətini təmin edir: Bütövlük – 55%-dən az olmadan, çatlar və qopmalar praktiki olaraq yoxdur, kələkötürlük 2,4-ə uyğun gəlir. Ən keyfiyyətli qat poladı Nb B₂ +60 kütlə % Ti ərintisi ilə legirlədikdə alınır (şəkil 1).



***Şəkil 1.** Nb B₂ +60 kütlə% Ti ərintisi ilə möhkəmləndirmədən
sonra katodun səthinin mikrostrukturunu (x 600)*

EQL prosesinin məhsuldarlığı anodun materialının eroziyaya davamlılığı, qılgıncım araboşluğu vasitəsilə keçiddə arzuolunan istiqamətdə onun xassələrini dəyişmək və ya dəyişməmək qabiliyyəti, eroziya məhsullarının isə altlıqda bərkiməsi ilə təyin olunur. Ərintilərdə Ti miqdarından asılı olaraq onların eroziyasını və kütlə köçürməsinə K təyin etdik (şəkil 2). Ərintilərdə Ti miqdarı artdıqca anodun eroziyası monoton azalır, kütlə köçürmə əmsalı isə artır.



Şəkil 2. *Ti-nin konsentrasiyasından asılı olaraq tədqiq olunan ərintilərin eroziyası (1) və kütlə köçürmə əmsalı (2)*

Məlumdur ki, kifayət qədər yüksək plastikliyə malik olan metallarla və materiallara elektroqıyıcım boşalmanın təsirində mədənin kənarlaşdırılması əsasən maye və buxar fazalarda baş verir. Bununla əlaqədar olaraq [5,6] müəllifləri hesab edir ki, belə materialların eroziyası Δ_e aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$\Delta_e = \Delta_{eb} + \Delta_{em}, \quad (1)$$

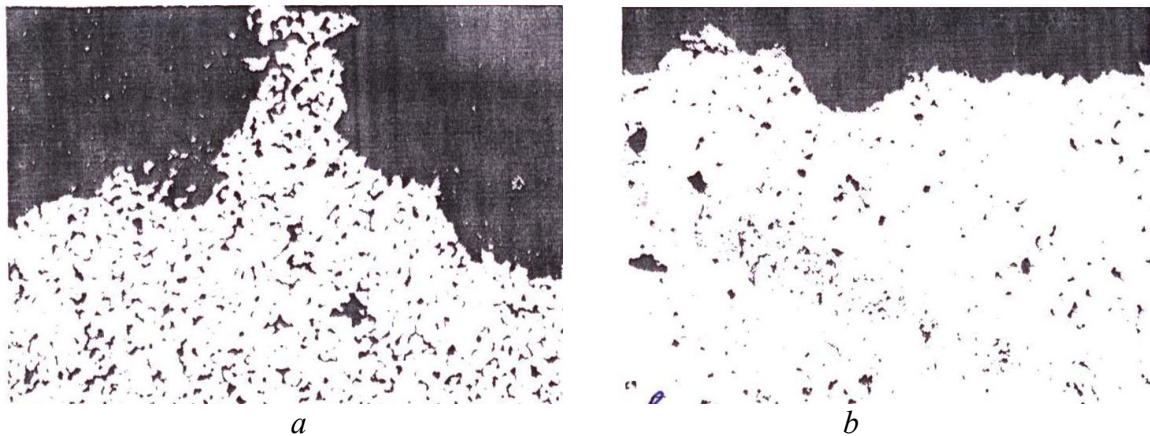
burada Δ_{eb} , Δ_{em} -uyğun olaraq buxar və maye fazalarda anodun materialının eroziyasıdır

Lakin yüksəkkövrək materiallar üçün, hansısa çətinliyə birləşmələr və onlar əsasında ərintilər aiddir, elektrodun səth qatının kövrək dağılması Δ_{ek} hesabına eroziya əhəmiyyətli, əksər hallarda materialın ümumi eroziyasına təyinedici töhfə verir [7].

$$\Delta_e = \Delta_{eb} + \Delta_{em} + \Delta_{ek} \quad (2)$$

Elektrod - anodun işçi səthlərinin metalloqrafik analizi göstərdi ki, diborid niobiumla və ya titanın az miqdarı olan ərintilərlə möhkəmləndirmədə anodun 0,8mm-dək cırılmalar və qopmaların aşkarlanması ilə müşayiət olunan əhəmiyyətli kövrək dağılması müşahidə olunur (şəkil 3,a). Ti-nin böyük miqdarlı ərintilərinin emalında qopmalar əhəmiyyətli dərəcədə az rast gəlinir, onların ölçüləri on dəfə azdır (şəkil 3.,b) və səthdə ərimiş sahələr aşkarlanır.

Ti-Nb-B sisteminin materiallarının [8] metodikası üzrə ərintilərin deformativ xassələrini öyrənmək məqsədilə aparılmış skrometrik tədqiqatlar göstərdi ki, $NbB_2 + 60\text{küt\%Ti}$ ərintisini və təmiz NbB_2 -nin mikrokövrəklik göstəricisi uyğun olaraq 0,8 və 5,0-dir. Bu və şəkil 2-nin məlumatları ona dəlalət edir ki, elektroqıyıcım boşalmasının təsiri şəraitlərində eroziya məhz kövrəklik NbB_2 və onun titanın 18 kütl. %-dək miqdarı olan ərintilərində eroziyaya aşağı dözümlü şərtləndirir.



Şəkil 3. Anodun işçi səthin görünüşü ($\times 200$) a- NbB_2 ; b- $NbB_2+60\text{küt\%Ti}$

Titanın müxtəlif miqdarı ilə olan Ti-Nb-B sistemi ərintilərin dağılma mexanizminin spesifikasiyası yeyilmə məhsullarının məhz növünü təyin edir. Müəyyən olunmuşdur ki, tərkibində 40-60 kütlə%Ti olan ərintilərlə polad 35 katodun möhkəmləndirilməsində eroziyanın məhsullarının əksər zərrəcikləri kürəyə bənzərə (10-18mkm diametrli) yaxın formaya malikdir. Həm də ərimiş zərrəciklərə rast gəlinir, onların görünüşü ona dəlalət edir ki, onlar bərk halda anodun səthindən eroziya etmişlər və qılgılcım araboşluğu vasitəsilə keçiddə ərimişlər.

O haldakı əgər elektrod - anod kimi NbB_2 və Ti-nin kiçik miqdarı ilə Ti-Nb-B sistemi ərintiləri istifadə olunmuşdur, eroziya məhsulları içərisində kürəyəbənzər zərrəciklərlə yanaşı ölçüləri 0,4-1,1mm olan qırma formalı zərrəciklərdə rast gəlinir.

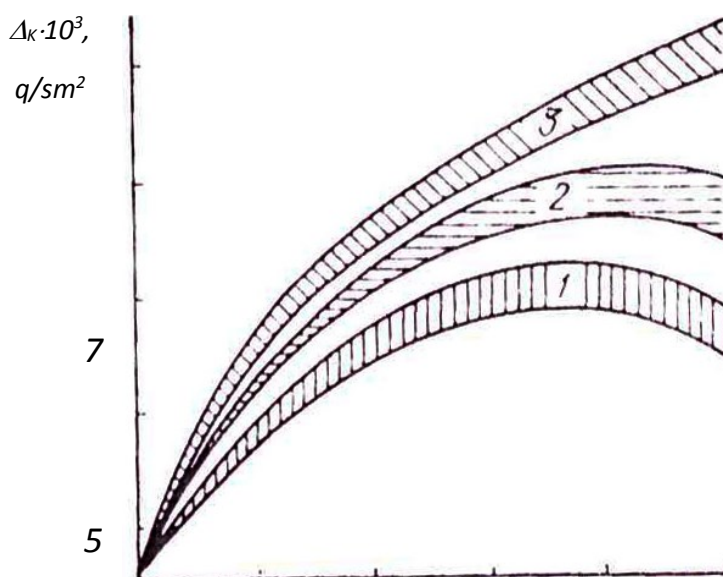
Beləliklə, titanın müxtəlif miqdarı ilə ərintilərin müxtəlif dağılma mexanizmi onlarda elektrik boşalmasının təsirində müxtəlif növ eroziya məhsullarının yaranmasını çağırmışdır. Tərkibində 40-60küt% Ti olan ərintilər belə dağılırlar ki, eroziya məhsulları - maye və ya əriyənədək qızdırılmış-asanlıqla altlıqda bərkiyirlər. Bununla da nisbətən yüksək kütlə köçürmə əmsalı və möhkəmləndirilmiş qatın yaxşı keyfiyyəti izah olunur. Onlardan fərqli olaraq tərkibində 30 küt %-dək Ti olan ərintilər elektriqılgılcım boşalmanın təsirində qırma formalı iri zərrəciklərin yaranması ilə dağılırlar, bu zərrəciklərin altlıqda bərkiməsi çətindir. Nəticədə belə ərintilərlə legirləmədə köçürmə əmsalı əhəmiyyətli dərəcədə aşağıdır, möhkəmləndirilmiş qatın bütövlüyü və kələkötürlüyü isə azdır.

Ti-nin müxtəlif miqdarı ilə materialların dağılma mexanizmində və eroziya məhsullarının növündə müxtəliflik möhkəmləndirilmiş qatın formalaşmasının spesifikasiyasını da şərtləndirilir. EQL-nin xarakterik xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, elektrod materialının və altlığın tipindən asılı olmayaraq müəyyən bir momentdən başlayaraq möhkəmləndirilmiş qatın qalınlığı böyümür, hətta tam itənədək azalır. Sonuncu, anodun və katodun materiallarının mexaniki möhkəmliyini üstələyən gərginliklərin möhkəmləndirilmiş qatda yaranması ilə əlaqədardır. Eyni vaxtda elektrod materiallarının altlığa köçürülməsi və qatın dağılması ilə əlaqədər olaraq müəyyən bir momentdən sonra möhkəmləndirmə prosesi nəinki kəmiyyət üzrə, hətta işarə üzrə katodun artımının dövrü dəyişməsilə səciyyələnir (şəkil 4).

Periodun o momentinədək davamiyyəti, o haldakı ilk dəfə mənfi artım T_x müşahidə olunur, materialın qatının gərginliyi relaksasiya etmək qabiliyyətindən, yəni onun plastikliyindən asılıdır. Katodun kütləsinin dəyişmə kinetikasının tədqiqi nəticəsində göstərilmişdir ki, legirləyici elektrod kimi təmiz NbB_2 istifadə etdikdə $T_x=6-8$ dəq-dir, ərinti də titanın miqdarını artırıdığca o artır və $NbB_2+60\text{küt\%Ti}$ ərintisi ilə möhkəmləndirmədə 12 dəq təşkil edir.

Beləliklə, Ti-Nb-B sistemi ərintiləri ilə polad altlığı möhkəmləndirdikdə, onda 12-15 mkm qalınlıqlı, bütövlüyü 60% və bərkliyi 27000 MPa qat alınır. Tərkibində 40-60 kütlə % Ti olan ərintilərlə möhkəmləndirilmiş poladın abraziv yeyilmə şəraitlərində yeyilməyə dözümlüyü möhkəmləndirilmiş polad 35-in yeyilməyə dözümlüyünü üç - dörd dəfə üstələyir. Bu ərintilər

perspektiv elektrod materialları hesab oluna və gəmi mexanizmlərinin detallarının mühafizəsi üçün istifadə oluna bilər.



Şəkil 4. Aşağıdakı ərintilər üçün katodun artımının Δ_k emal vaxtından τ asılılığı
1- NbB_2 ; 2- $NbB_2+10\text{küt\%Ti}$; 3- $NbB_2+60\text{küt\%Ti}$

Nəticə. Ti-Nb-B sistemi ərintilərilə EQL ilə polad 35 altlığın səth qatlarının möhkəmləndirmə prosesi tədqiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, ərintinin tərkibində 40-60 küt. %Ti olduqda poladın səthində möhkəmləndirilmiş qatın yeyilmə dözümlüyü adi polad 35-in yeyilməyə dözümlüyündən üç-dörd dəfə yüksək olur. Tədqiqat nəticəsində tərkibi keçid metallarının boridlərindən ibarət olan ərintilərdən istifadə etməklə EQL prosesinin maşın və mexanizmlərinin yeyilməyə dözümlüyünün artırılmasında perspektiv proses olması təsdiqlənmişdir.

Ədəbiyyat

1. Ковальченко, С.М. и др. Электроискровое легирование стали сплавами на основе борида вольфрама//Электронная обработка металлов. -1997, №1/2, -с.19-22.
2. Ковальченко, М.С. Исследование свойств горячелегированного сплава на основе борида вольфрама/ М.С. Ковальченко, Р.А. Альфинцева. В кн.: Горячее пресование. -Киев: -1997. -с. 120-128.
3. Сафронов, И.И. Исследование возможности применения карбидных и боридных соединений титана, ниобия, циркония, хрома в качестве электродов для электроискрового легирования./ автореф. дисс. канд. техн. наук/- Киев, -1987. -30с.
4. Самсонов, Г.В. Бор, его соединения и сплавы/ Г.В. Самсонов, Л.Я. Марковский, А.Ф. Жигач, М.Г. Валюшко. -Киев: Изд-во АНУССР, -1990. -560с.
5. Афанасьев, Н.Д., Капыльян, С.Н., Филипов, Л.П. Некоторые особенности электрического разрушения электродов при разрядах в газовых и жидких средах// Электронная обработка материалов. -2000. №1, -с.3-8.
6. Волченкова, Р.А. Связь между теплосодержанием и физико-механическими и эрозионными характеристиками металлов// -2003. №4, -с.58-62.

Мəqalə qəbul olunub: 13.04.2020

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