

EJONS

International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

(Uluslararası Fen, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi)

<https://ejons.org/index.php/ejons>

e-ISSN: 2602 - 4136

Araştırma Makalesi

Doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10813085>

PVD Yöntemiyle TiN ve CrN Kaplanmış Alümina Plakaların Galvanik Korozyon Davranışlarının İncelenmesi

Selim TAŞCI¹ 

¹ Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 26040, Eskişehir, Odunpazarı

*selimtasci@hotmail.com

Makale Tarihiçesi

Geliş: 04.02.2024

Kabul: 13.03.2024

Anahtar Kelimeler

TiN Kaplama,
CrN kaplama,
Galvanik korozyon

Öz: Bu çalışmada TiN ve CrN ince seramik kaplamaların galvanik korozyon özelliklerini incelemek için iletken olmayan alümina alt malzeme kullanılarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

%3,5 NaCl ortamında TiN ve CrN kaplanmış alümina numuneler ile karbon çeliği ve yüksek hız çeliği arasında galvanik çiftler oluşturulmuş ve aralarındaki korozyon davranışları incelenmiştir. CrN kaplama ile eşleştirilen karbon çeliği ve yüksek hız çeliğinden geçen akım TiN kaplama ile eşleştirilen çelikler ile mukayese edildiğinde, bu akımın CrN kaplama ile oluşturulan ikililerde daha düşük olduğu görülmektedir.

%3,5 NaCl ortamındaki deney sonuçları incelendiğinde, TiN kaplama/karbon çeliği, TiN kaplama/yüksek hız çeliği, CrN kaplama / karbon çeliği, CrN kaplama / yüksek hız çeliği eşleşmelerinde galvanik bir etki olduğu anlaşılmaktadır. Bu galvanik etki %3,5 NaCl ortamındaki TiN kaplama /304 paslanmaz çelik ve CrN kaplama /304 paslanmaz çelik ikililerinde görülmemektedir. 1N H₂SO₄ + 0,5M NaCl ortamındaki sonuçlar incelendiğinde ise TiN kaplama /304 paslanmaz çelik ve CrN kaplama /304 paslanmaz çelik ikilileri arasında galvanik etki görülmektedir. %3,5 NaCl ortamındaki diğer kaplamalar ile çelik eşleşmelerinde olduğu gibi 1N H₂SO₄ + 0,5M NaCl ortamında da CrN kaplama /304 paslanmaz çelik eşleşmesinden geçen akım miktarının TiN kaplama /304 paslanmaz çelik ikilisinden geçenden daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Atf Künyesi: Taşçı S., (2024). CrN Ve TiN Kaplamaların Galvanik Korozyon Davranışı- International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences, 8(1):20-29. **How to cite:** Taşçı S., (2024). Investigation Of Galvanic Corrosion Behaviour Of TiN and CrN Coated Alumina Plates by PVD Method, International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences, 8(1):20-29.

Investigation of Galvanic Corrosion Behaviour Of TiN and CrN Coated Alumina Plates by PVD Method

Article Info

Received: 04.02.2024

Accepted: 13.03.2024

Abstract: In this study, non-conductive alumina substrate was used to investigate the galvanic corrosion properties of TiN and CrN coatings.

Keywords

TiN coating,
CrN coating,
Galvanic corrosion

The corrosion behaviour of galvanic pairs formed between carbon steel and high speed steel by TiN and CrN coated alumina specimens in 3.5% NaCl environment was investigated. When the current flowing through carbon steel and high speed steel paired with CrN coating is compared with the steels paired with TiN coating, it is seen that this current is lower in the pairs formed with CrN coating.

When the experimental results in 3.5% NaCl environment are examined, it is understood that a galvanic effect occurs in TiN coating/ carbon steel, TiN coating / high speed steel, CrN coating / carbon steel, CrN coating / high speed steel steel pairings. When the results in 1N H₂SO₄ + 0,5M NaCl environment are examined, galvanic effect is observed between TiN coating /304 stainless steel and CrN coating /304 stainless steel pairs. It was found that the amount of current passing through the CrN coating /304 stainless steel pairing was lower than that passing through the TiN coating /304 stainless steel pairing in 1N H₂SO₄ + 0.5M NaCl environment, as in other coatings and steel pairings in 3.5% NaCl environment.

1. Giriş

Metaller alt malzemenin korozyonunu önlemek veya düşürmek, alt metalin fiziksel ve mekanik özelliklerini değiştirmek ya da istenilen dekoratif özelliklere ulaşmak ve bu özellikleri devam ettirmek için metal veya seramik kaplamalar ile korunurlar (Taşçı, 2000).

Alt metalin seçimi genellikle fiyatı, ağırlığı, genel fiziksel, mekanik ve üretim özellikleri göz önüne alınarak gerçekleştirilir. Seçilen malzeme çoğunlukla kullanılacağı ortama uygun korozyon özelliklerine sahip olmaz. Bu nedenle kaplamalar, alt metalin zayıf kimyasal performansını ortadan kaldırmak ve çevresel etkilerden korumak için kullanılır.

Teorik olarak bir kaplama, alt metali çevreden izole eder ve kaplanmış sistemin elektrokimyasal davranışını belirler. Ancak kaplamada mevcut olan kusurlar alt metali çevresel etkilere maruz bırakır. Bu sebeple elektrokimyasal davranım, alt metal ve kaplama elektrotlarından oluşan galvanik ikili tarafından etkilenmektedir. Alt metalle karşılaştırıldığında iletken kaplamalar, kaplamanın elektrokimyasal polaritesine bağlı olarak iki kategoriye ayrılırlar. Alt metalin sahip olduğu elektrokimyasal potansiyelden daha düşük elektrokimyasal potansiyele sahip kaplamalar anodik kaplama olarak adlandırılırken, alt metalden daha kararlı olan kaplamalar ise katodik kaplamalar olarak adlandırılır. Elektriksel iletkenliği olmayan kaplamalar ise inert kaplamalar olarak ifade edilmektedir (Cano, 2010).

Galvanik korozyon sadece alt metal ve kaplama arasında bir elektriksel bağlantı olduğunda meydana gelir. İletken olmayan kaplamalar kullanıldığında, katodik reaksiyon (kaplamadaki oksijen redüksiyon reaksiyonu) oksitleyici alt metalden elektron almaz. Anodik ve katodik reaksiyonların her ikisi de alt metal üzerinde yer alır.

Kaplama metali ortama karşı genel olarak alt metalden daha dayanıklıdır. Bir kaplamanın verilen ortamdaki korozyon potansiyeli alt metalin korozyon potansiyelinden daha düşük olduğu zaman, kaplamadaki devamsızlık durumunda kaplama korozyona uğrar ve bir kurban koruma gerçekleşir. Diğer bir deyişle kaplama metali aynı zamanda alt metale göre daha aktif olduğundan, alt metalin açıkta kaldığı fiziksel kusurların bulunduğu noktalarda kendisini feda ederek yani çözünerek koruma görevini gerçekleştirir. Bu tip kaplamalara anodik kaplamalar denilmektedir. Kaplama malzemesindeki azalma kaplamanın incelmeye ve daha fazla kaplanmamış bölgeye yol açar, bu da açıkta kalan alanın merkezinde yetersiz bir korumaya neden olur. Bu sebeple kalınlık anodik kaplamaların kalitesini belirleyen en önemli faktördür. Alt metalin pasifleştirilmesi, korozyon ürünleri ile açıkta kalan alanın bloke edilmesi ya da devamsızlıktaki elektrolitin yüksek direnci gibi faktörler kaplamanın çözünme hızını düşürür. Çinko ve kadmiyum kaplamalar en çok kullanılan anodik kaplamalardır (Çakır,1988).

Alt metali açıkta bırakan gözenekler korozif atmosferde tehlike yaratırlar. Çünkü % 100'den düşük bağıl nemlerde, kapiller yoğunlaşma mekanizması sayesinde, elektrolit gözeneklerde

yoğunlaşacaktır. Katodik kaplamalar genellikle seçilen ortamda inert oldukları için tercih edilirler. Çünkü kaplama malzemesinin kaybı elektrolite karşı alt metali açıkta bırakacaktır.

Var olan hatalar, özellikle çok küçük hatalar porozite olarak isimlendirilir. Porozite kantitatif olarak şu şekilde verilir:

$$P = A_A / (A_A + A_C)$$

Burada;

P : Porozite, A_A : Anot alanı, A_C : Katot alanı

$A_A \ll A_C$ olduğunda porozite küçüktür.

Bir galvanik ikilinin korozyon akımı anot alan oranı ile doğru orantılıdır. Kaplama kalınlığının artması kırılmaya yol açabilecek kaplama iç gerilmelerini arttırabilir.

Geçiş metallerinin karbür, borür, ve nitrürleri yüksek kararlılık, sertlik ve korozyon direnci özelliklerinden dolayı geniş ölçüde kullanılmaktadır. Bu tip kaplamalarda porozite ve lokal hatalar, korozif çevre ve ana malzeme arasında direkt bir yol oluşturabilirler ve ana malzemedan daha kararlı olduklarından galvanik korozyon riski de gösterirler. Korozyon reaksiyonları ana metalin yüzeyinde oluşur ve kaplanmış malzemenin korozyon direncini tahmin etmek için porozite ölçümleri zorunlu hale gelmektedir. Küçük boyuttaki hatalar nedeniyle porozitenin belirlenmesi güçtür. Elektrokimyasal ölçümler kullanılmak suretiyle numune yüzeyindeki oksidasyon ve redüksiyon hızları ölçülür ve bu değerlerden porozite tahmin edilebilir (Aromaa,1991; Zhong,2013).

Sert kaplama-alt metal sistemlerin korozyon direncini arttırmak için yoğun kaplama yapıları uygun bir biriktirme parametresi seçilerek üretilmelidir. Kaplama malzemesinin alaşımları, kaplama malzemesine elektrokimyasal olarak daha yüksek özellikler katar ve daha ince taneli ve yoğun bir yapının oluşmasını sağlar. Daha kararlı alt metal malzemesi ve alt metalin artan yüzey kalitesi korozyon eğilimini azaltır. Yoğun ve üstün özelliklere sahip fiziksel buhar biriktirme veya elektrokimyasal biriktirme korozyon etkisini azaltır (Olia,2018; Hermann, 1992).

Sert seramik filmleri zayıf asit ve bazlar gibi çeşitli çözeltilere karşı kimyasal direnç gösterirler. Ancak bazı güçlü asit ve alkalilere karşı çok dirençli değildirler. Çeşitli türdeki çelik gibi bir alt metal, nitrür gibi sert bir kaplamayla kaplandığı zaman, bu kaplama zayıf asidik, bazik ya da nötral çözeltilerdeki korozyona karşı sadece kısmi olarak koruma sağlar. Korozyon kaplamadaki doğal poroziteden ve droplet gibi diğer fiziksel etkilerden kaynaklanmaktadır.

Titanyum nitrür (TiN) yüksek ergime noktası, yüksek sertlik, yüksek elektriksel iletkenlik, iyi aşınma ve korozyon özellikleri ve altın rengi gibi az rastlanır özellikleri nedeniyle ince film malzemesi olarak kullanılmaktadır. Kullanımda olan aletlerle karşılaştırıldığında, kesme ve şekillendirme aletlerinde kullanılan TiN kaplamaların aletin ömrünü ve performansını büyük ölçüde arttırdığı görülmektedir. İnsan vücudu ve kimyasal prosesler gibi saldırgan ortamlardaki kullanımlar için TiN, iyi tribolojik özellikleri ve elektrokimyasal kararlılığı sayesinde ideal bir kaplama malzemesidir. TiN kaplamanın korozyon direnci poroziteye bağlıdır. Poroz kaplamalar olduğunda polarizasyon eğrisinin şekli alt metalin polarizasyon eğrisini hatırlatmaktadır. Testten sonra numuneler incelendiğinde; büyük bir korozyon oyuğuna rastlanmıştır. Hasar görmemiş, hatasız kaplamanın polarizasyon eğrisi, tamamıyla alt metalin polarizasyon eğrisinden farklıdır (ASTMG,2014).

Krom nitrür (CrN) kaplamalar, korozif etkilere karşı oldukça yüksek direnç göstermektedir. CrN kaplamalar korozif ortamlarda TiN ile paralel özellik göstermektedir (Engel, 1998). PVD kaplama parametrelerindeki değişkenler ile (yon, atom ayrışması, iyon tipi, iyon enerjisi ve geliş açısı gibi) kaplamaların bileşiminde, mikro yapısında veya iç gerilmelerinde değişiklikler oluşabilir (Engel, 1998; Gilewicz,2016).

CrN kaplı yüzeylerin bakırla dekorasyonu sonucunda, incelenen her numunenin az veya çok bakırla dekore edildiği gözlenmiştir. Numunenin yüzeyindeki kaplamanın kalınlığının artışı dekore edilen nokta sayısında azalmaya neden olmaktadır. Ayrıca CrN numunelerle yaptığı elektrokimyasal

deneylerin sonuçlarında hiçbir numunenin taban metalle ilişkisinin tamamen kesilmediği görülmüştür (Ürgen, 1997).

Kısa süreli korozyon testleri ve elektrokimyasal ölçümler teknik olarak şu şekilde özetlenebilir:

- Kısa süreli korozyon testleri gerçek korozyona sadece kısmi olarak benzeyebilir. Bu testler kalitatif ve laboratuvar testleri için tekrarlanabilir sonuçlar veya kalite güvencesi vermiştir. Son zamanlarda gerçek kullanımdaki korozyon saldırısına daha iyi uygunluk sağlamak için farklı kısa süreli testlerin kombinasyonu kullanılmaktadır.
- Aşındırıcı bir ortamdaki kaplama-alt metal sisteminin korozyon davranışını elektrokimyasal ölçümler yansıtmaktadır; çünkü deneylerin laboratuvar koşullarında yapılması korozyon mekanizmasını değil sadece korozyon hızını etkilemektedir. Ölçümler her zaman sadece ortam-kaplama-alt metal sistemi ile ilgili bilgi verir. Düşük bir korozyon akım yoğunluğu daha iyi kaplama anlamına gelmez, sadece daha iyi kaplama-alt metal davranımı anlamına gelir.
- Korozyon mekanizmasının tam bir tanımlanması farklı elektrokimyasal testlerin bir araya getirilmesiyle elde edilir.
- Teknik ve elektrokimyasal sonuçlar arasında küçük bir korelasyon vardır (Aromaa, 1991).

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, TiN ve CrN kaplamaların alt metale karşı galvanik korozyon davranışlarını incelemek amacıyla, iletken olmayan alümina (Al_2O_3) plaka üzerine yapılan TiN/karbon çeliği, TiN/yüksek hız çeliği (HSS), TiN/304 paslanmaz çelik, CrN/karbon çeliği, CrN/yüksek hız çeliği (HSS) ve CrN/304 paslanmaz çelik ikililerin galvanik korozyon özellikleri araştırılmıştır.

Deneyel çalışmalarda kullanılan numunelerin TiN ve CrN ile kaplanması, ark PVD cihazı (Model NVT- 12, Novatech - SIE, Moscow) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Taban malzemesi olarak plaka şeklindeki iletken olmayan alümina (Al_2O_3) numuneler kullanılmıştır. Galvanik korozyon özelliklerini karşılaştırmak amacıyla, TiN ve CrN olmak üzere iki farklı numune grubu hazırlanmıştır. Kullanılan kaplama parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Al_2O_3 plakalar üzerine yapılan TiN ve CrN kaplamaların kaplama parametreleri.

Kaplama	Süre (dak.)	PN2 (mtorr)	BIAS Voltajı(V)	Ark Akımı (A)	Numune Konumu
TiN	15	5	-200	90	Sabit
CrN	15	5	-150	90	Sabit

2.1. Galvanik Korozyon Deneylerinin Yapılışı

Galvanik korozyon deneylerinde sıfır iç dirence sahip Keithley 617 model bir ampermetre ve ampermetreden okunan akım değerlerini belirlenen sürelerde kaydeden bir bilgisayardan oluşmaktadır. % 3,5 NaCl ve 1N H_2SO_4 + 0,5M NaCl çözeltilerinin kullanıldığı deneysel çalışmalarda anot / katot alan oranı 1/1 olarak seçilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada başlangıç potansiyeli ve denge potansiyeli ölçümlerinde referans elektrot olarak doymuş kalomel elektrot kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. % 3,5 NaCl Çözeltisinde Yapılan Deneyler:

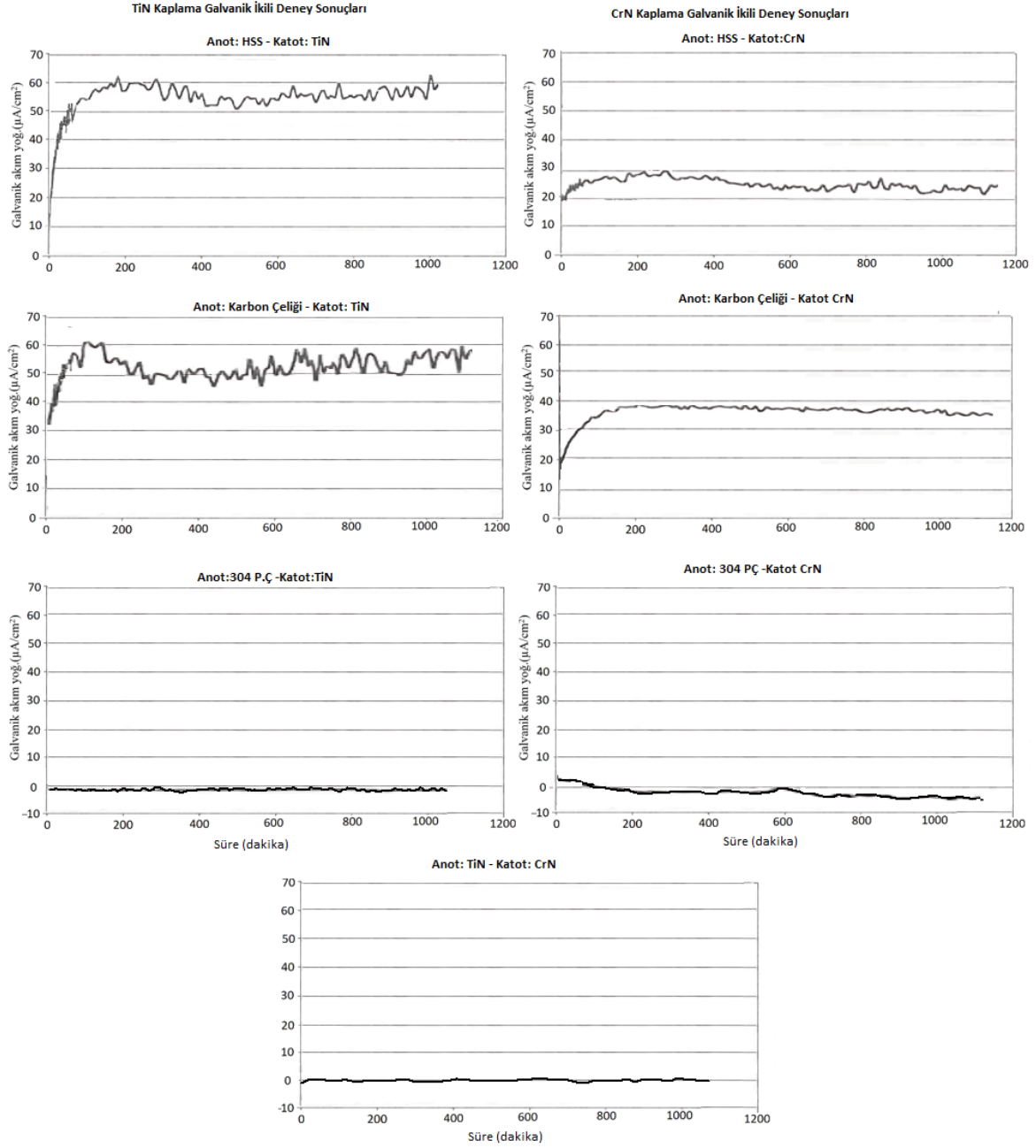
Titanyum nitrür ve krom nitrür kaplanmış alümina alt metaller ile karbon çeliği, 304 P. Ç ve HSS arasındaki galvanik korozyon davranışını belirlemek için, öncelikle bu numunelerin % 3,5 NaCl çözeltisinde doymuş kalomel referans elektroda göre başlangıç potansiyel değerleri ölçülmüştür. Sonrasında yine aynı çözelti içerisinde TiN ve CrN kaplı alümina numuneler ile karbon çeliği ve yüksek hız çeliği ayrı ayrı eşleştirilerek ulaştıkları denge potansiyel değerleri ölçülmüştür. Başlangıç potansiyel değerleri, galvanik ikilide hangi malzemenin katot, hangi malzemenin anot davranacağını belirlemektedir. Ancak bu değerler korozyon hızı hakkında bilgi vermemektedir. Başlangıç ve denge potansiyelleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: % 3,5 NaCl çözeltisinde numunelerin kalomel referans elektroda göre başlangıç potansiyel ve denge potansiyel değerleri.

Numune	Başlangıç Potansiyeli(mV)	Galvanik İkili	Denge Potansiyeli (mV)
304 Paslanmaz Çelik	-145	TiN -Yüksek Hız Çeliği (HSS)	-559
Karbon Çeliği	-585	TiN -Karbon Çeliği	-548
Yüksek Hız Çeliği (HSS)	-574	CrN -Yüksek Hız Çeliği (HSS)	-571
TiN	21	CrN -Karbon Çeliği	-565
CrN	34		

Korozyon hızı hakkında bilgi edinmek için, Al₂O₃ üzerine kaplanan TiN ve CrN'nin; % 3,5 NaCl çözeltisi içinde HSS, karbon çeliği ve 304 PÇ. ile ayrı ayrı oluşturduğu galvanik ikililerden geçen akım değerleri kaydedilmiştir. Elde edilen galvanik korozyon davranışları Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1'de verilen galvanik ikililerden elde edilen eğrilerden çıkarılan ortalama akım yoğunluğu değerleri Tablo 3' de verilmiştir.



Şekil 1: % 3,5 NaCl çözeltisindeki galvanik ikililerin galvanik korozyon davranışı

Tablo 3: % 3,5 NaCl özeltide Galvanik ikililerin Ortalama Galvanik Akım Yoğunluğu Değerleri

Galvanik İkili	Ortalama Galvanik Akım Yoğ. ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Galvanik İkili	Ortalama Galvanik Akım Yoğ. ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)
Katot: TiN /Anot: HSS	55	Katot: CrN /Anot: HSS	25
Katot: TiN /Anot: Karbon elięi	55	Katot: CrN /Anot: Karbon elięi	35
Katot: TiN /Anot: 304 P	0	Katot: CrN /Anot: 304 P	0
		Katot: CrN /Anot: TiN	0

3.2. 1N H₂SO₄ + 0,5M NaCl Çözeltisinde Yapılan Deneyler

TiN ve CrN kaplamalar ile 304 PÇ. ikilileri için 1N H₂SO₄ + 0,5M NaCl çözeltisi içerisinde doymuş kalomel elektroda göre başlangıç potansiyel değerleri ve ulaştıkları denge potansiyel değerleri ölçülmüş ve bu değerler Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4: 1N H₂SO₄ + 0,5M NaCl çözeltisinde numunelerin kalomel referans elektroda göre başlangıç potansiyel ve denge potansiyel değerleri.

Numune	Başlangıç Potansiyeli(mV)	Numune	Denge Potansiyeli(mV)
TiN	234	TiN-304 Paslanmaz çelik	-348
CrN	387	CrN-304 Paslanmaz çelik	-351
304 Paslanmaz çelik	-424		

1N H₂SO₄ + 0,5M NaCl çözeltisi içerisinde TiN ve CrN kaplamalar ile 304 PÇ. ve CrN-TiN galvanik ikililerden geçen akım değerleri kaydedilmiştir. Elde edilen galvanik korozyon davranışları Şekli 2'de verilmiştir. Şekil 2'de verilen galvanik ikililerden elde edilen eğrilerden çıkarılan ortalama akım yoğunluğu değerleri de Tablo 5' de verilmiştir.

Tablo 5: 1N H₂SO₄ + 0,5M NaCl Çözeltide Galvanik ikililerin Ortalama Galvanik Akım Yoğunluğu Değerleri

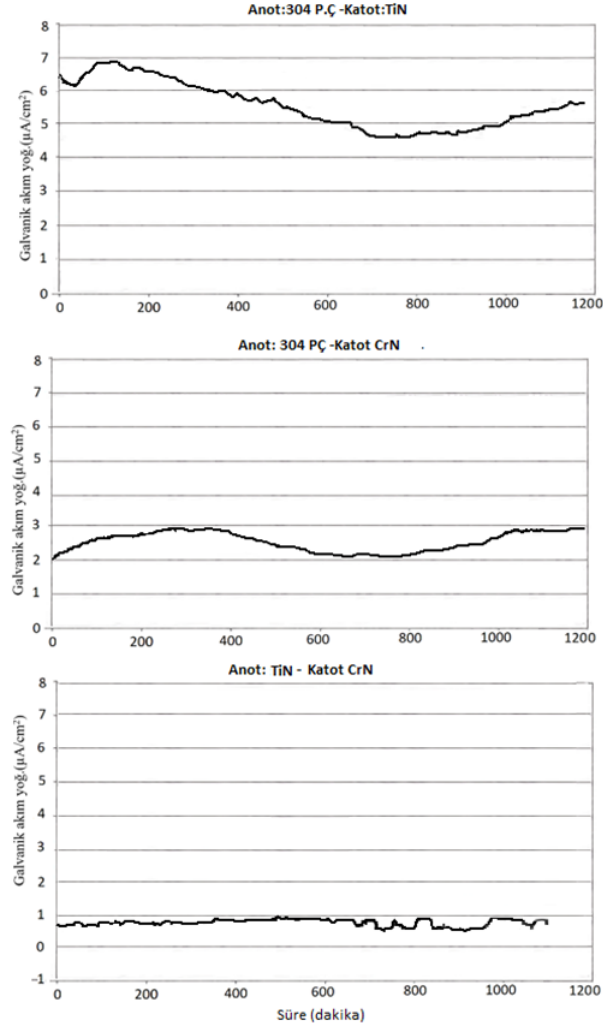
Galvanik İkili	Ortalama Galvanik Akım Yoğ. (µA/cm ²)
Katod: TiN / Anot: 304 PÇ	6
Katod: CrN / Anot:304 PÇ	2
Katod: CrN / Anot: TiN	0

1N H₂SO₄ + 0,5M NaCl çözeltisinde TiN kaplama (anot) ile CrN kaplama (katot) arasında oluşturulan galvanik ikiliden elde edilen eğriden, sistemden akım geçmediği görülmektedir. Bu durum, 1N H₂SO₄ + 0,5M NaCl çözeltisinde TiN ve CrN kaplamaların birbirlerine karşı daha aktif olmadığını göstermektedir.

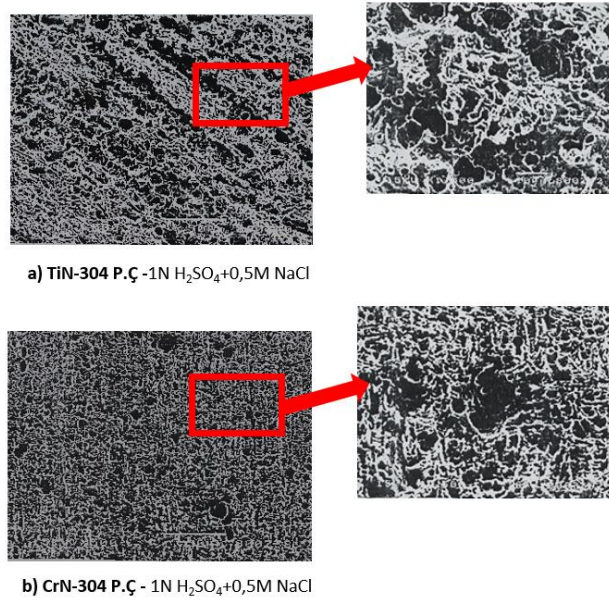
304 PÇ. ile TiN ve CrN kaplı malzemelerin oluşturduğu galvanik ikililerin her ikisi de ayrı ayrı asidik bir çözeltiye maruz bırakıldığında, asidik çözeltiye daldırılan galvanik ikililerin arasından geçen akım miktarının, asidik olmayan çözeltiye daldırılan galvanik ikililerin arasından geçen akım miktarından daha fazla olduğu görülmektedir.

1N H₂SO₄ + 0,5M NaCl çözeltisinde yapılan deneylerde, her iki sistemde de belli aralıklarda geçen akımın miktarlarında artma ve azalma gözlenmektedir. Bu da asidik çözelti içerisinde 304 paslanmaz çelik yüzeyinde pasif film oluşması ve oluşan pasif filmin zamanla parçalanması şeklinde yorumlanabilir.

1N H₂SO₄ + 0,5M NaCl içerisinde titanyum nitrür ve krom nitrür kaplamaların 304 P.Ç ile eşleştirilmesi sonucunda, 304 Paslanmaz çelik yüzeyinde oluşan lokal korozyon görüntüleri Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 2: 1N H₂SO₄ + 0,5M NaCl çözeltisindeki galvanik ikililerin galvanik korozyon davranışı



Şekil 3: (a) H₂SO₄+0,5M NaCl çözeltisinde TiN-304 P.Ç eşleşmesi sonrasında 304 P.Ç'nin taramalı elektron mikroskobu görüntüsü, (b) H₂SO₄ + 0,5M NaCl çözeltisinde CrN-304 P.Ç eşleşmesi sonrasında 304 P.Ç'nin taramalı elektron mikroskobu görüntüsü

4.Sonuç

Bu araştırmada TiN ve CrN kaplamaların galvanik korozyon özelliklerini incelemek için iletken olmayan alümina alt malzeme kullanılarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

%3,5 NaCl ortamında TiN ve CrN kaplanmış alümina numuneler ile karbon çeliği ve yüksek hız çeliği arasında galvanik çiftler oluşturulmuş ve aralarındaki korozyon davranışları incelenmiştir. CrN ile eşleştirilen karbon çeliği ve yüksek hız çeliğinden geçen akım TiN ile eşleştirilen çelikler ile mukayese edildiğinde, bu akımın CrN ile oluşturulan ikililerde daha düşük olduğu görülmektedir. Korozyon hızındaki farklar titanyum nitrür ve krom nitrür kaplamaların başlangıç potansiyel farkları nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

1N H₂SO₄ + 0,5M NaCl içerisinde yapılan galvanik korozyon deneylerinden elde edilen eğriler değerlendirildiğinde, yaklaşık 800-1000 dakikada aktif bölgede akımda bir düşüş ve sonrasında bir artış görülmektedir. 304 paslanmaz çelik yüzeyinde pasif film oluşması ile korozyon akımındaki düşüş ve sonrasında oluşan bu pasif filmlerin lokal korozyon ile parçalanması sonucu korozyon akımında artış meydana gelir.

Katodik kaplamalar kullanılacağı ortamlarda alt metalden daha kararlı özellik gösterirler. Ancak kaplama yapısında mevcut olan hatalar yani alt metali açıkta bırakacak kusurlar galvanik korozyon oluşumuna neden olmaktadır. Bu çalışmada alt metal malzemesi olarak iletken özelliği olmayan alümina kullanılarak TiN ve CrN kaplama malzemesi (katot) ile anot arasında oluşan akım alan oranı 1:1 seçilerek aradan geçen akım miktarları ölçülmüştür. Belirtilen çözeltilerde altmetal (karbon çeliği, HSS, 304 PÇ.) üzerine TiN veya CrN kaplamalar yapılırsa ve kullanılan kaplama yüzeyindeki mevcut porozite miktarının toplam kaplama alanın yüzde biri kadar olduğu düşünülürse; sistemden geçen akım miktarı alan oranının 1:1 olduğunda geçen akım miktarının 100 katı olacaktır. Bu da yapılan galvanik korozyon deneyi eğrilerinde mikroamper mertebesinde görülen akım miktarının miliamper mertebesine ulaşacağını göstermektedir. Böylece korozif bir ortamda kullanılan karbon çeliği ve yüksek hız çeliği üzerine yapılan TiN ve CrN kaplamalardaki mevcut hatalar nedeniyle, alt metal anot kaplama malzemesi de katot gibi davranarak alt metal ile kaplama arasında yüksek akım geçişi olacaktır.

TiN ve CrN kaplamaların galvanik özellikleri ile ilgili olarak gerçekleştirilen çalışmada, alümina numuneler üzerine ark PVD yöntemi ile TiN ve CrN kaplanmıştır. Havaya doyurulmuş TiN/ karbon çeliği, CrN/ karbon çeliği, TiN/ HSS, CrN/ HSS arasındaki galvanik korozyon deneylerinden elde edilen sonuçlar;

- %3,5 NaCl ortamında titanyum nitrür ve krom nitrür kaplamalar ile karbon çeliği ve HSS arasında galvanik bir etki görülmektedir.
- %3,5 NaCl ortamında titanyum nitrür ve krom nitrür kaplamalar ile 304 P.Ç arasında galvanik bir etki yoktur.
- %3,5 NaCl ortamında, Titanyum nitrür kaplamaların krom nitrür kaplamalara göre daha yüksek galvanik etki oluşturduğu görülmektedir.
- %3,5 NaCl ortamında HSS'in karbon çeliğine göre daha yüksek galvanik etki oluşturduğu görülmektedir.
- Titanyum nitrür ve krom nitrür kaplamalar IN H₂SO₄ + 0,5M NaCl ortamında 304 P.Ç ile galvanik etki oluşturduğu görülmektedir.
- IN H₂SO₄ + 0,5M NaCl ortamda nötral ortamda olduğu gibi Titanyum nitrür kaplamaların krom nitrür kaplamalara göre daha fazla galvanik etki etki oluşturduğu görülmektedir.

Teşekkür veya Açıklama

Bu çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yayınlanan "CrN ve TiN Kaplamaların Galvanik Korozyon Davranışı" isimli Yüksek Lisans Tezime kaynak alınarak hazırlanmıştır. Çalışmalar esnasında yol göstericiliği ve katkılarından dolayı Sn Prof Dr. Mustafa ÜRGEN'e teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Aromaa, J., Ronkainen, H., Mahiout, A. and Hannula, P., (1991). A comparative study of the corrosion performance of TiN, Ti (B, N) and (Ti, Al) N, coatings produced by physical vapour position methods, *Materials Science and Engineering*, A140 722-726.
- ASTMG, (2014). Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements
- Cano, E. & Lafuente, D., (2010). Use of EIS for the evaluation of the protective properties of coatings for metallic cultural heritage: a review, *Solid State Electrochem*, 14:381–391.
- Çakır, A.F., (1988), *Korozyondan Korunmada Metalik Kaplamalar*, 1 Korozyon Sempozyumu, Ankara, s.223-247,
- Engel P., Schwarz G., Wolf G.K., (1998). Corrosion and mechanical studies of chromium nitride films prepared by ion beam assisted deposition, *Surface and Coatings Technology* Volume 98, P1002-1007.
- Gilewicz, A., (2016). Corrosion resistance of CrN and CrCN/CrN coatings deposited using cathodic arc evaporation in Ringer's and Hank's solutions ,Faculty of Technology and Education.
- Hermann, A. and Manfred, E.,(1992). Corrosion studies with hard coating - substrate systems, *Surface and Coating Technology*,108-114.
- Olia, H., Kahrizsang, R., Ashrafizadeh F., Ebrahimzadeh I., (2018). Comparative study of corrosion and corrosionwear behavior of TiN and CrN coatings on UNS S17400 stainless steel,
- Taşçı, S., (2000). CrN Ve TiN Kaplamaların Galvanik Korozyon Davranışı. Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ürgen, M., Çakır, A.F.,(1997). The effect of heating on corrosion behaviour of TiN and CrN coated steels, *Surface and coating Technology*,.
- Zhong, X., Zhang, G., Qiu, Y., Chen, Z., Guo, X., Fu, C., (2013). The corrosion of tin under thin electrolyte layers containing chloride. *Corrosion Science* 66, 14–25