آندایزینگ تیتانیم وبررسی عوامل موثر بر ضخامت و رنگ اکسید آن

ساره شکاری مکی آبادی نژاد و دکتر مجید رشیدی هویه و دکتر محمد گشتاسبی راد

دانشکده علوم، گروه فیزیک، دانشگاه سیستان وبلوچستان

چکیده - - در این تحقیق آندایزینگ تیتانیم و لایه اکسیدی به وجود آمده روی سطح آن مورد مطالعه قرار گرفت. علاوه بر اثرات تغییرات ولتاژ آندایزینگ بر لایه اکسید تیتانیم، تغییرات فاصله آند و کاتد، تغییرات زمانی اکسیداسیون و اثر غلظت اسید حمام آندایزینگ بر اکسیداسیون نیز بررسی شد. مشخصه‌یابی نمونه-ها از طریق رنگ سنجی، طیف بازتابی و پراش اشعه ایکس انجام شد. با تغییر ولتاژ آندایزینگ، نمونه تغییر رنگ می‌دهد. این تنوع رنگی به علت تغییر ضخامت اکسید با تغییر ولتاژ است. تخمین ضخامت به کمک طیف بازتاب نشان می‌دهد که با تغییر ولتاژ از ۲۰ تا ۷۵ ولت ضخامت لایه اکسیدی از ۷۵ تا ۱۷۰ نانومتر تغییر می‌کند.

کلید واژه- آندایزینگ، ضریب شکست، طول موج، تیتانیم

Study of titanaium anodizing and effective parameter on thickness and color of its oxide

Sareh Shekari Maki Abadi Nejad , Dr Majid Rashidi Houyeh & Dr Mohamad Goshtasbi Rad

University of Sistan & Balauchestan

Abstract- In this study, anodizing titanium oxide layer formed on it is studied .In addition to the effects on the layer of titanium oxide anodizing voltage changes, changes in the distance between the anode and the cathode, while oxidation and changes caused by the oxidation of acid anodizing bath has also been investigated Or by colorimetric reflectance spectroscopy and X-ray diffraction and the corresponding results have been discussed.The anodizing voltage, and the discolored titanium oxide indicated the oxide thickness is created.This thickness for v 20 to v75 changed from nm 75 to nm167 .

Keywords: Anodizing, refractive index, wavelength, TI

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-07-02]

۱-مقدمه

دی اکسید تیتانیوم یک اکسید فلزی است که از مهمترین نیم رساناهای نوع n به شمار می رود. می توان آن را یک نیم رسانا با گاف پهن به حساب آورد[۱]. این ماده حداقل دارای هشت ساختار است. چهار ساختار آن پلی مورف طبیعی و چهار ساختار دیگر آن در آزمایشگاه و در فشار بالا به‌دست می‌آیند. در میان آن‌ها روتایل، آناتاز و بروکیت مهمترین آن‌ها هستند [۲]. هر ساختار ویژگی فیزیکی متفاوتی دارد که به کاربردهای متفاوت‌شان منتهی می-شود. از این ماده به دلیل خنثی بودن، پایداری مکانیکی بالا، ویژگی‌های نوری، الکتریکی، عدم فرسایش و خوردگی به عنوان یک فوتوکاتالیست مطلوب برای تصفیه آب و هوا به کار گرفته می‌شود.

به مجموعه عملیاتی که با تشکیل یک لایه نازک اکسیدی روی قطعات تیتانیمی که باعث افزایش سفتی، مقاومت در برابر خوردگی، ایجاد نمای تزیینی وتغییر برخی از خصوصیات فیزیکی آن‌ها می‌گردد آندایزینگ اطلاق می-شود[۳].

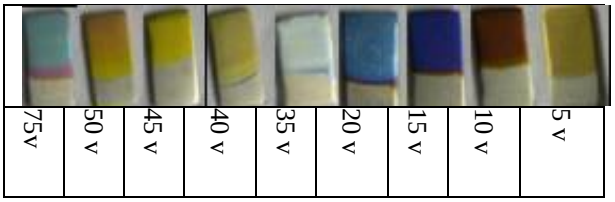
مکانیزم کلی آندایزینگ بدین صورت است که جریان مستقیم برق از مایع الکترولیت مناسبی که در آن تیتانیم آند بوده و کاتد آن زغال یا پلاتین است عبور می‌کند. وقتی که در یک حمام اسید سولفوریک جریان برقرار می-شود، اسید سولفوریک شروع به تجزیه می‌کند در اثر این فعل و انفالات در قطب منفی (کاتد) هیدروژن ایجاد می-گردد و به موازات یون‌های اکسیژن و سولفات (آنیون‌ها)توسط قطب مثبت (آند)که تیتانم به آن متصل است، جذب می‌گردد. شارژ الکتریکی در داخل سیستم فوق باعث می‌گردد که یون‌های مثبت تیتانیم(کاتیون‌ها) به سمت کاتد هدایت شوند و در همان حال در سطح آند کاتیون‌ها تیتانیم با آنیون‌های اکسیژن ترکیب شده وتشکیل اکسید تیتانیوم را می‌دهند. مقداری از یون‌های تیتانیم نیز قادر به ترکیب با اکسیژن نبوده و به صورت نا محلول در الکترولیت باقی می‌مانند [۴].

در این صورت بر سطح تیتانیم لایه نازکی از اکسید ایجاد می‌گردد که ضخامت آن به عوامل گوناگونی بستگی دارد. تیتانیم در شرایط معمولی نیز اکسید می‌شود بطوری که در مجاورت هوا و به طور معمول لایه‌ای از اکسید به ضخامت ۰/۰۱ میکرون و به صورت ناهموار بر روی سطوح قطعات تیتانیمی تشکیل می‌گردد که از سطح فلز محافظت می‌کند. برتری و مزیت اکسید ایجاد شده در روش آندایزینگ نسبت به شرایط طبیعی مقاومت بیشتر آن در مقابل خوردگی است . همچنین لایه‌ای که به این شکل اکسید می‌شود بسیار صاف وهموار است. لایه به وجود آمده اکسید تیتانیم عایق می‌باشد و می‌تواند در مقابل ولتاژهایی از چند تا چندین هزار ولت به عنوان عایق عمل کند که کیفیت وکمیت آن به ضخامت لایه اکسیدی بستگی دارد[۵].

۲-فعالیت‌های تجربی

۲-۱-تهیه نمونه

برای آماده‌سازی سطح به منظور آندایزینگ، تیتانیم صنعتی با خلوص ۹۸٪ را به قطعات($0/5\times1/5\ cm^2$) تقسیم کرده سپس به صورت جداگانه قطعات به وسیله برگه‌های سمباده از شماره ۸۰-۵۰۰۰ صیقل داده شدند. لازم به ذکر است که با افزایش شماره سمباده، دانه‌های سمباده کوچک‌تر می‌شوند و در نتیجه سطح مورد نظر صیقلی‌تر می‌شود. قطعات پس از چربی‌زدایی با استون و همچنین اسیدشویی به کمک محلول اسید نیتریک (۴۷٪) و اسید هیدروفلوراید (۳٪)، برای فرایند آندایزیگ آماده شدند. محلول مورد استفاده برای حمام آندایزینگ شامل اسید سولفوریک ۹۸٪ با مولاریته ۱/۵ بود. لایه اکسید ایجاد شده در این روش به عوامل مختلفی از جمله ولتاژ اعمالی، فاصله آند و کاتد، زمان آندایزینگ همچنین به PH محلول وابسته است. آزمایش‌های انجام شده نشان می‌دهد که ولتاژ اعمالی در فرایند آندایزینگ بیشترین اثر را دارد. بدین‌ترتیب نمونه‌های مختلفی با تغییر ولتاژ آندایزینگ تهیه شد که تصویر نمونه‌ها در شکل ۱ آمده است.

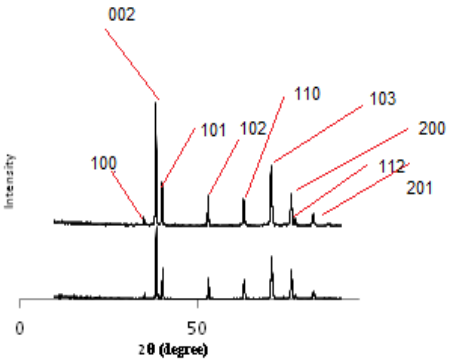


شکل ۱) نمونه‌های تهیه شده آندایزینگ تیتانیم

[Downloaded from opsi.ir on 2026-07-02]

۳-نتایج و تجزیه و تحلیل

برای بررسی سطوح اکسید شده از دستگاه پراش اشعه ایکس استفاده شدکه نتایج نمودار (۱) مربوط به آن است. قله‌های به‌دست آمده باXRD برای دو ولتاژ ۱۵ و ۳۵ با قله‌های تیتانیم تطابق دارد و این به این معنا است که لایه اکسید به وجود آمده ساختار آمورف دارد.

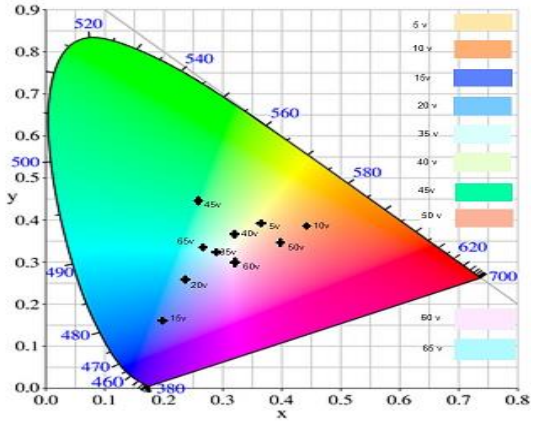


نمودار ۱)مقایسه طیف XRD اکسید تیتانیم در ولتاژ ۳۵ ولت و۱۵ ولت

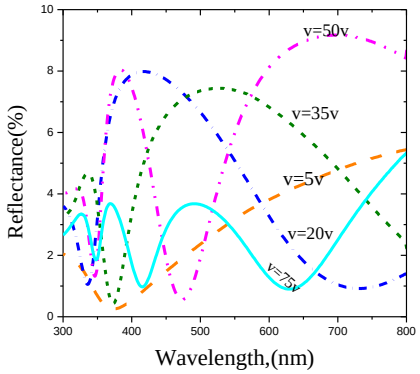
برای بررسی رنگ نمونه‌های تهیه شده از دستگاه رنگ سنج گونیوفوتومتر باز پخشی استفاده شد واقع در Institut of Nanoscinces of Paris استفاده شد. مختصات رنگ‌سنجی در سیستم استاندارد CIE نمونه‌ها در نمودار ۲ آمده است. این تنوع رنگی به علت تغییر ضخامت لایه‌ی اکسیدی ایجاد شده در فرایند آندایزینگ با تغییر ولتاژ اعمالی است. به منظور بررسی این خواص طیف بازتابی نمونه‌ها به کمک طیف‌سنج CARY اندازه‌گیری شد. نتایج در نمودار ۳ آمده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، با افزایش ولتاژ آندایزینگ، قله تداخلی به وجود می‌آید و به سمت طول موج‌های کمتر پیش می‌رود که بیان‌گر افزایش ضخامت لایه نازک اکسید ایجاد شده می‌باشد.

لازم به ذکر است که با افزایش ضخامت تعداد قله‌های به وجود آمده در طیف بازتابی افزایش می‌یابد .با توجه به شرط تداخل ضخامت لایه اکسید را می‌توان از رابطه زیر به‌دست آورد:

$$d = \lambda_1\lambda_2/2[\lambda_1 n_f(\lambda_2) - \lambda_2 n_f(\lambda_1) \qquad (1)$$



نمودار ۲)طیف مربوط به رنگ‌سنجی اکسیدهای تیتانیم

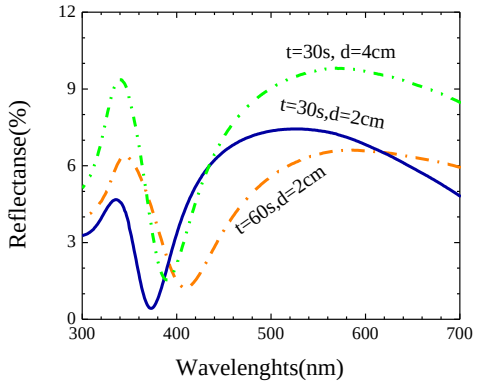


نمودار۳) طیف بازتابی نمونه‌های تهیه شده با استفاده از روش آندایزینگ با اعمال ولتاژهای مختلف.

به ترتیب طول موج λ_1 ،λ_2 ،$n_f(\lambda_1)$ و $n_f(\lambda_2)$که قله/کمینه اول، طول موج قله/کمینه دوم و ضریب شکست و ضریب شکست لایه در طول موج λ_1لایه در طول موج λ_2 هستند. محاسبات نشان می‌دهد که با تغییر ولتاژ آندایزینگ از ۲۰ تا ۷۵ ولت، ضخامت لایه از ۷۵ تا ۱۷۰ نانومتر تغییر می‌کند.

به منظور بررسی اثر زمان آندایزینگ و همچنین فاصله آند و کاتد بر نمونه‌های ایجاد شده، نمونه‌هایی با تغییر زمان از ۳۰ s تا ۶۰s، فاصله از ۲ cm تا ۴cmدر ولتاژ ۳۵ ولت تهیه شد. طیف بازتاب این نمونه‌ها در نمودار۴ آمده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، با تغییر این دو پارامتر، تغییرات قابل توجهی در طیف بازتابی اتفاق نمی‌افتد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-07-02]



نمودار۴)مقایسه قله‌های تداخلی مربوط به تغییرات فاصله آند و کاتد و تغییرات زمانی آندایزینگ

۴-نتیجه‌گیری

نمونه‌های مختلفی با تغییر ولتاژ، تغییر فاصله، تغییر زمان رنگ‌های متنوعی ایجاد شد.به علت تشکیل لایه نازک اکسید تیتانیم روی سطح فلز می‌باشد.

تخمین ضخامت لایه اکسید ایجاد شده به کمک طیف بازتابی، نشان می‌دهد که ضخامت لایه هنگامی که ولتاژاعمالی از ۲۰ تا ۷۵ ولت تغییر می‌کند، از ۷۵ تا ۱۷۰ نانومتر تغییر می‌کند.

1-Carp ,O., Huisman, C.L., Reller, A., Photoinduced reactivity of titanium dioxide , Progress
in Solid State Chemistry,Vol. 32, pp. 33-177, 2004.

2.Razmjou ,A., The Effect of TiO۲ Nanoparticles on the Surface
Chemistry, Structure and Fouling Performance of Polymeric Membranes, **PHD Thesis,** The University of New South Wales.,
۲۰۱۲

3-Birch,J,R.;Burleigh,T.D.,Oxides formed on *titanium by polishing, Etching, Anodizing, or thermal oxidizing*, pp1233, Dec2000.

4.Ali Karambakhsh, Abdollah Afshar,Shahram Ghahramani, and Pejman Malekinejad.Pure *Commercial Titanium Cr Anodizing and Corrosion Resistance***, Journal of Materials, Engineering and Performance,** 2010. ,6;

5-A.K.Sherma, *Thermal Systems Division,ISRO Satellite center,* Vimanapura post, Banglore**, Thin solide films**, pp 208 ,1992.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-07-02]