مقاله نامه ششمین کنفرانس ملّی خلأ ایران
دانشگاه شهید چمران اهواز
۱۶ و ۱۷ بهمن ماه ۱۳۹۲

سختی سازی سطوح با استفاده از تشکیل ترکیب نیترید تیتانیوم سنتز شده بوسیله سایش لیزری

گلبهاریان، محمد[۱] ، پرهوده، سعید[۲] ، افسری، احمد[۱]، حاتمی، محسن[۳]

[۱] گروه مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز
[۲] گروه فیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز
[۳] گروه فیزیک دانشگاه صنعتی شیراز، شیراز

چکیده

در این تحقیق لایه نازک نیترید تیتانیوم تحت فرایند سایش لیزری در یک راکتور تحقیقاتی ساخته شد. برای این منظور پرتوهای یک لیزر CO_2 با طول موج ۱۰٦٤ nm در محیط گاز نیتروژن تحت فشار ۲ bar بر روی یک سطح پوشیده شده از تیتانیوم تابانده شد. نتایج حاصل از پراش اشعه X تشکیل لایه نازک تیتانیوم نیترید بر روی سطح نمونه را تایید نمودند.همچنین از نمونه تصاویر میکروسکوپ STM تهیه گردید. این تصاویر پیوستگی و کیفیت مناسب سطح را تایید کردند.

Surface hardening by use of formation of titanium nitride compound, synthesized by laser ablation

Golbahariyan, Mohammad[1]; Prhoodeh, Saeed[2]; Afsari, Ahmad[1]; Hatami, Mohsen[3]

[1]Mechanic Department, Shiraz Branch - Islamic Azad University, Shiraz
[2]Physics Department, Shiraz Branch - Islamic Azad University, Shiraz
[3]Physics Department, Shiraz University of Technology, Shiraz

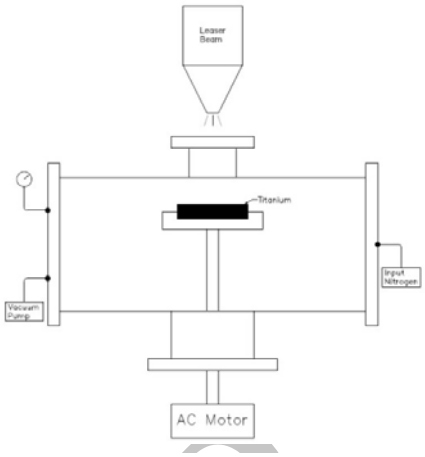
Abstract

In this research thin layer of titanium nitride was fabricated by laser ablation. For this purpose, beams of a CO_2 laser with wave length of 1064 nm were irradiated on a surface which was coated by titanium in a pure nitrogen atmosphere of 2 bars. The X-ray diffraction (XRD) pattern confirmed the formation of thin layer of TiN on the surface of the sample. Scanning tunneling microscope (STM) images of sample was prepared also. These images approved the continuity and quality of surface.
PACS No

مقدمه

در سالهای اخیر فناوری نانو سبب پیشرفت چشمگیری در صنعت شده است. پژوهشگران در این سالها با استفاده از خواص نانوذرات سبب پیشرفت های شگرفی در شاخه های مختلف صنعت شده‌اند. یکی از مسائلی که دنیای امروزی با آن مواجه است، فرسایش قطعات در اثر سایش با یکدیگر می باشد. برای حل این مشکل راه حل های مختلفی ارائه شده است. یکی از روش ها پوشش دادن سطوح مورد سایش با استفاده مواد سخت می باشد[۱]. به طور مثال با سختی سطحی به روش القایی، سختی سطح در فولاد بالاتر می رود بدون اینکه سطح دچار آسیب ماکروسکپی شود[۲].

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۱ : شماتیک رآکتور تحقیقاتی.

جهت سختی سطحی، مواد زیادی همچون کروم [۳] و نیکل-کبالت [٤]، اکسید آلومنیوم [٥]، تیتانیوم-مس-نیتروژن [٦] و ...بکار گرفته شده است. از جمله موادی که کاربرد زیادی در صنعت پیدا کرده است ترکیبات تیتانیوم است. ترکیبات تیتانیوم از دیرباز به دلیل خواص ویژه و عالی که دارند مورد توجه بوده اند[۷]. نیترید تیتانیوم دارای چگالی ٥/٤ گرم برسانتیمتر مربع و سختی ۱۷۷۰ کیلوگرم بر میلیمتر مربع و دمای ذوب ۳۲۰۰ درجه سلسیوس است[۸]. نیترید تیتانیوم با خاصیت مقاومت به خوردگی و مقاومت به سایش بالا و کاهش وزن قطعه می تواند کاربرد بسیار مناسبی برای سخت سازی سطوح در صنعت داشته باشد. به طور مثال با لایه نشانی نیترید تیتانیوم بر روی مته های فولادی مقاومت به خوردگی و سایش آنها افزایش داده می‌شود و در نتیجه طول عمر آن را نیز افزایش می‌یابد [۹].

وینکلمن و همکاران در تحقیقی با پوشش لایه نازک نیترید تیتانیوم بر مس و برنج دریافتند که مقاومت در برابر سایش در شرایط اصطکاکی افزایش چشمگیری می‌یابد [۱۰].

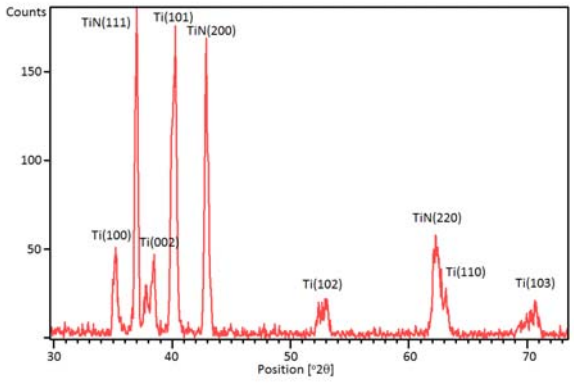
روش های زیادی امروزه برای سختی کاری وجود دارد یکی از این روش ها سایش لیزری است. روش سایش لیزری روشی فیزیکی است که مزیت های قابل توجهی نسبت به روش های شیمیایی دارد. برای مثال یک مرحله ای بودن فرآیند و تولید خالص‌تر (نسبت به روش‌های شیمیایی)، را می‌توان نام برد [۱۱].

مارک هید کمپ و همکاران، در تحقیقی با استفاده از روش سایش لیزری سختی سطح ورق های فلزی مورد استفاده در خودرو را افزایش دادند. آنها در این پژوهش دریافتند که با برخورد نور لیزر و پوشش نیترید تیتانیوم بر قطعه کار، مقاومت به سایش در قسمت هایی که تحت فشار بالا قرار دارد، افزایش می‌یابد. با استفاده از انجام آنالیزهای انجام شده با تجزیه و تحلیل در ریز ساختارها به این نتیجه رسیدند که سختی سطحی با سایش لیزری با کمترین اعوجاج و کیفیت خوب خواص سطح همراه است[۱۲].

در این تحقیق ما با استفاده از پرتوهای نور یک لیزر CO_2 با طول موج ۱۰٦٤ nm در محیط گاز نیتروژن نسبت به سنتزلایه‌های نازک نیترید تیتانیوم (TiN) اقدام کرده‌ایم.

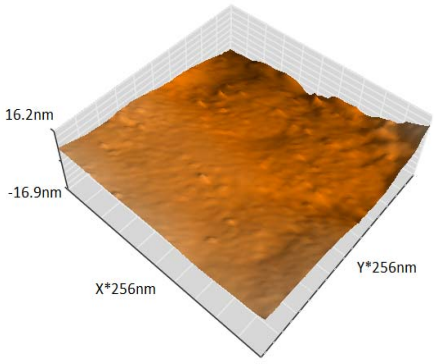
روش کار

ابتدا برای سنتز نیترید تیتانیوم یک راکتور تحقیقاتی طراحی و ساخته شد. این راکتور دارای حجم تقریبی ۹ لیتر همچنین دارای دو دریچه است که یکی برای ورود نور لیزر و دیگری برای حرکت چرخشی هدف می باشد. ابتدا برای جلوگیری از آلودگی های سطحی قرص تیتانیوم را با شوینده و بعد با آب مقطر شست و شو داده شد. سپس محفظه تا فشار 10^{-1} mbar از هوا تخلیه شد. سپس گاز نیتروژن با فشار ۲ bar به داخل راکتور تزریق شد (این کار جهت اطمینان از خلوص اتمسفر محفظه تا ۳ مرتبه تکرار شد). با تابش نور لیزر CO_2 با توان ۱۲۰ W از دریچه راکتور بر یک قرص پوشیده شده با تیتانیوم لایه نازک نیترید تیتانیوم انجام شد. در واقع با تابش اشعه لیزر قسمتی از قرص تیتانیوم تبخیر شده و واکنش با نیتروژن سبب تشکیل ترکیب نیترید تیتانیوم می‌شود. در شکل ۱ شماتیکی از رآکتور تحقیقاتی ساخته شده و نحوه تابش نور لیزر بر آن نشان داده شده است.



شکل۲ : طیف پراش اشعه ایکس.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۳ : تصویر میکروسکوپ الکترونی

آنالیز

در این پژوهش جهت بررسی تشکیل ترکیب TiN و تحلیل ساختار کریستالی ماده تشکیل شده از آنالیز پراش اشعه X (XRD) استفاده شد. این کار با استفاده از یک دستگاه بروکر مدل D8 Advance انجام شد. همچنین مورفولوژی سطوح تشکیل شده با استفاده از یک میکروسکوپ STM ساخت شرکت Nanosurf انجام شد.

نتیجه گیری

تابش نور لیزر در اتمسفر نیتروژن بر سطح تیتانیوم سبب تشکیل ترکیب طلایی رنگ نیترید تیتانیوم شد. جهت اثبات تشکیل ترکیب نیترید تیتانیوم، از آنالیز پراش اشعه ایکس استفاده شد (شکل ۲). چنانکه در این شکل دیده می‌شود، هم پیک‌های مربوط به نیترید تیتانیوم و همچنین پیک‌های مربوط به تیتانیوم خالص در الگوی پراش اشعه ایکس ظاهر شده‌اند. به نظر می رسد دلیل ظهور پیک‌های مربوط به تیتانیوم خالص بازتاب پرتوهای اشعه ایکس از زیر لایه نیترید تیتانیوم که در سطح نمونه تشکیل شده است می‌باشد.

محاسبات با استفاده از رابطه دبای – شرر نشان می‌دهد که اندازه بلورک‌های تشکیل شده در سطح نمونه در حدود ٤,٥ nm می‌باشد.

شکل ۳ تصویرمورفولوژی سطحی نمونه را که با استفاده از میکروسکوپ STM بدست آمده است نشان می‌دهد. چنانکه در این شکل دیده می‌شود حداکثر نا یکنواختی سطح در حدود ۳۵ نانومتر می‌باشد. این مساله نشان می‌دهد که سطوح تشکیل شده از کیفیت مطلوبی برخوردار هستند.

سپاسگزاری

با تشکر از شرکت زرین حک شیراز و به ویژه مدیر عامل محترم این شرکت آقای مهندس عباسی، به خاطر همکاری صمیمانه‌شان در انجام این پژوهش.

مرجع‌ها

[1] Jing Wang, Yanxin An, Haifeng Liang, Yu Tong, Tianwen Guo, Chufan Ma, "The effect of different titanium nitride coatings on the adhesion of Candida albicans to titanium", *Archives of Oral Biology*, Volume **58**, Issue 10, October 2013, Pages 1293-1301.
[2] O Kessler, Th Herding, F Hoffmann, P Mayr, "Microstructure and wear resistance of CVD TiN-coated and induction surface hardened steels", *Surface and Coating Technology*, Volume **182**, lssues 2–3, 22April 2004, pages 184-191.
[3] Yuefei Zhang, Qiang Chen, Zhengduo Wang, Guangqiu Zhang, Yuanjing Ge., "Preparation of Cr hard coatings by ion beam assisted electron beam vapor deposition on Ni and Cu substrates",*Surface and Coatings Technology*, Volume **201**, Issues 9–11, 26 February 2007, Pages 5190-5193.
[4] Suiyuan Chen, Jing Liang, Changsheng Liu, Kai Sun, Jyoti Mazumder, "Preparation of a novel Ni/Co-based alloy gradient coating on surface of the crystallizer copper alloy by laser", *Applied Surface Science*, Volume **258**, Issue 4, 1 December 2011, Pages 1443-1450.
[5] A. Riedl, N. Schalk, C. Czettl, B. Sartory, C. Mitterer, "Tribological properties of Al2O3 hard coatings modified by mechanical blasting and polishing post-treatment", *Wear*, Volume **289**, 15 June 2012, Pages 9-16.
[6] Hefeng Wang, Xuefeng Shu, Meiqing Guo, Di Huang, Zhigang Li, Xiuyan Li, Bin Tang, "Structural, tribological and antibacterial activities of Ti–Cu–N hard coatings prepared by plasma surface alloying technique", *Surface and Coatings Technology*, Volume **235**, 25 November 2013, Pages 235-240.
[7] S. Ettaqi, V. Hays, J.J. Hantzpergue, G. Saindrenan, J.C. Remy, "Mechanical, structural and tribological properties of titanium nitrided by a pulsed laser", *Surface and Coatings Technology*, Volumes **100–101**, March 1998, Pages 428-432.
[8] M.j.Carbonari, J.R.Martielli, "Effects of Hot Isostatic Pressure on Titanium Nitride Films Deposited by Physical Vapor Deposition", *Mat.Res*, Volume **4**, no.3 ,Sao Carlos 200.
[9] Masaaki Nakai, Mitsuo Niinomi, Toshikazu Akahori, Naofumi Ohtsu, Hideki Nishimura, Hiroyuki Toda, "Surface hardening of biomedical Ti–29Nb–13Ta–4.6Zr and Ti–6Al–4V ELI by gas nitriding", *Materials Science and Engineering: A*, Volume **486**, Issues 1–2, 15 July 2008, Pages 193-201.
[10] C Subramanian, G Cavallaro, G Winkelman, "Wear maps for titanium nitride coatings deposited on copper and brass with electroless nickel interlayers", *Wear*, Volume **241**, Issue 2, 31 July 2000, Pages 228-233.
[11]. Marc Ullmann1, Sheldon K. Friedlander, Andreas Schmidt-Ott, "Nanoparticle formation by laser ablation"; *Journal of Nanoparticle Research,* Volume **4**, 499–509, 2002.
[12]Marc Heidkamp, Olaf Kessler, Franz Hoffmann, Peter Mayr, "Laser beam surface hardening of CVD TiN-coated steels", *Surface and Coatings Technology*, Volumes **188–189**, November–December 2004, Pages 294-298.

Archive of SID
www.SID.ir