The 12th
International Conference on
Materials and Metallurgical Engineering
28 and 29 November 2023, Tehran

دوازدهمین
کنفرانس بین‌المللی
مهندسی مواد و متالورژی ایران
۷ و ۸ آذر ماه ۱۴۰۲/ تهران

بررسی تشکیل پوشش‌های لایه‌ای-کامپوزیتی کاربید کروم و کاربید وانادیم روی فولادDIN:1/1545 در محیط پودر فشرده به روش نفوذ واکنش حرارتی (TRD)

مینا دادخواه[۱] ، سید عبد الکریم سجادی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد، گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه فردوسی مشهد
Dadkhah2976@gmail.com

چکیده

فرایندهای گوناگونی جهت تولیدپوشش‌های کاربیدی به کار گرفته می‌شوند که یکی از آن‌ها روش نفوذ واکنشی حرارتی (TRD) با استفاده از روش پودر فشرده (Pack Cementation) می‌باشد. نواوری این پژوهش، تشکیل پوشش‌های کاربیدی-کامپوزیتی روی فولاد ابزار DIN:1/1545 با استفاده از روش پودر قشرده حاوی عناصر کاربیدساز (فرو کروم و فرو وانادیم) در دماهای ۹۵۰°C،۱۰۰۰°C، ۱۰۵۰°C و زمان های ۷، ۹ و ۱۱ ساعت می باشد. نتایج آنالیز فازی نشان داد که پوشش‌ها حاوی فازهای کاربید کروم با ترکیب: Cr_3C_2، Cr_7C_3 و $Cr_{23}C_6$ و همچنین فازهای کاربید وانادیم: VC، V_2C ، V_4C_3، V_6C_5 و V_8C_7 و همچنین محلول جامد آهن-کروم و فاز سه‌تایی با ترکیب Cr_2C_2V می‌باشند. بیشترین میزان سختی کاربید کروم 1448HV و برای کاربید وانادیم 2487HV گزارش شد. و بیشترین ضخامت برای زمان ۱۱ ساعت دمای ۱۰۵۰°C بود.

کلمات کلیدی: نفوذ واکنشی حرارتی، پوشش‌های کاربیدی کروم و وانادیم، پودر فشرده، محلول جامد آهن_کروم.

۱- مقدمه

شکست ابزارآلات به دلیل صدمات مکانیکی نظیر سایش و خستگی در سطح قالب اتفاق می‌افتد [۱]. به همین علت پوشش‌های کاربیدی سخت و مقاوم به سایش به علت خواص خوب فیزیکی و مکانیکی اهمیت بالایی در صنعت داشته و غالباً برای افزایش طول عمر قالب‌ها و ابزارآلاتی که در معرض نیروهای سایشی قرار دارند استفاده می شوند. فرایند های پوشش دهی گوناگونی امروزه استفاده می شوند که روش‌های مرسوم رسوب فیزیکی فاز بخار[۱](PVD)، رسوب شیمیایی فاز بخار[۲](CVD) و نفوذ واکنشی حرارتی[۳](TRD) می باشند[۲،۳و۴]. بـه‌طـورکلـی فرایند نفوذ واکنشی حرارتی به سه روش مختلف بستر سیال، پودر فشرده و حمام نمک مذاب انجام می‌شود.[۵، ۶].

فرایند نفوذ واکنش حرارتی به روش جامد یا همان پودر فشرده (Pack cementation) در دماهای آستنیته فولادی و در محیط جامد پودری انجام می‌شود. از مزیت‌های این روش می‌توان به همسان بودن میزان حرارت، حرارت‌دهی سریع، پاکسازی اتمسفر و نیاز نداشتن به تمیزکاری بعد از پایان فرایند اشاره کرد [۷].

در پژوهش حاضر عاملی که آن را از دیگر پژوهش ها متمایز می کند بررسی روش نفوذ واکنشی حرارتی اما با روش پودر فشرده و در محیط عامل کاربیدساز فروکروم و فرو وانادیوم توسط فعال کننده NH_4Cl در دماها و زمان های متفاوت و مشاهده تأثیر دما و زمان روی میزان سختی و ضخامت پوشش می‌باشد. انتظار است که این پوشش های دوتایی خواص مکانیکی از جمله سختی و مقاومت به سایش بهتری را نسبت به پوشش‌های تک‌لایه داشته باشد.

۲- روش پژوهش

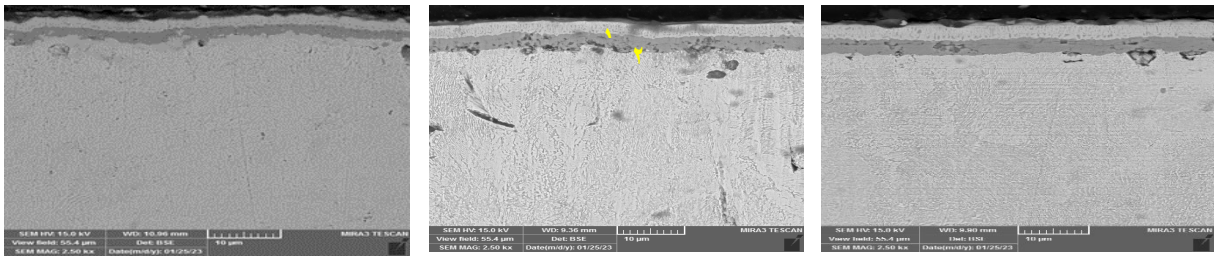
برای انجام این تحقیق از نمونه‌های مکعبی شکل از جنس فولاد DIN:1/1545 با ابعاد $۱۰^{mm}\times۱۰^{mm}\times۱۰^{mm}$ تهیه شـــد. ســـه نمونه برای دمای ۹۵۰°C، ســـه نمونه برای دمای ۱۰۰۰°C و ســـه نمونه برای دمای ۱۰۵۰°C در بوته‌های پودرفشرده مخلوط فروکروم و فروواناديم با نسبت مولی ۱ آماده شدند. به طوری که سه بوته دمای ۹۵۰°C به مدت زمان‌های ۷، ۱۰ و ۱۲ ســاعت داخل کوره قرار گرفتند، برای دیگر دماها نیز همین زمان‌ها تکرار شـد. به‌طور خلاصه در جدول ۲ شرایط آزمایش‌ها و درصد وزنی مواد موجود در محفظه واکنش نشان داده شده است.

جدول۲- ترکیب مواد بوته برای پوشش تک‌لایه فرو کروم و دولایه فرو کروم-فرو وانادیم برحسب درصد وزنی (%Wt).

packcementation	فروکروم	فروواناديم	آلومینا	آمونیم کلرید
تک‌لایه کروم	۶۰	--------	۳۰	۱۰
دولایه کروم-وانادیم	۳۰	۳۰	۳۰	۱۰

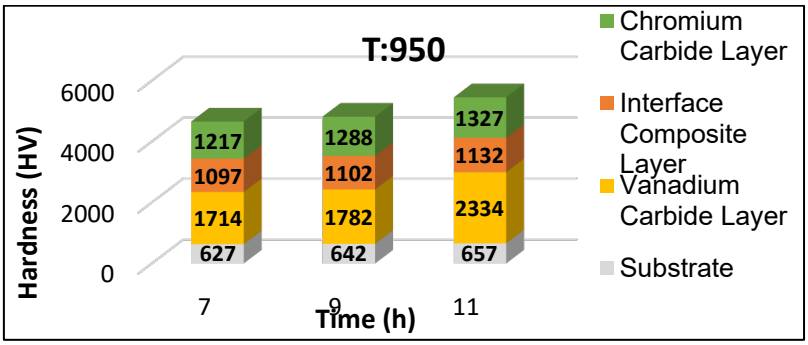
۳- نتایج، بحث و نتیجه گیری

در شکل‌های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب تصاویر میکروسکوپ الکترونی از پوشش‌های دولایه کامپوزیتی کاربید کروم- کاربید وانادیم که روی زیرلایه فولادی ۱/۱۵۴۵ در دمای ۹۵۰ °C و زمان‌های ۷، ۹ و ۱۱ ساعت تشکیل شده‌اند نشان داده شده‌اند. همانطور که از تصاویر پیداست در شکل۱ (زمان ۷ ساعت) لایه بالایی که خاکستری روشن است لایه محلول جامد آهن-کروم و در برخی نقاط پوشش کاربید کروم می‌باشد (نقطه ۱). لایه بعدی که خاکستری تیره است، لایه غنی از کاربید وانادیم است (نقطه ۲) و در نهایت زیرلایه قرار گرفته است (نقطه ۳). گفتنی است که تغییررنگ در تصویر SEM مربوط به اختلاف در عدد اتمی‌ترکیبات فازی داخل لایه پوششی می‌باشد.



شکل۴- تصاویر میکروسکوپ الکترونی پوشش تشکیل شده در مخلوط پودر فرو کروم و فرو وانادیم در دمای ۹۵۰ °C و زمان ۹،۷ و۱۱ ساعت.

نتایج مربوط به آزمون میکرو سختی سنجی نمونه‌ها برای دماها و زمان های مختلف در شکل های ۴ ذکر شده ا ست. در شکل ۴ (دمای ۹۵۰°C) با افزایش زمان فرایند به علت زیاد شدن ضخامت لایه پو ش شی سختی پو شش‌های کاربید کروم و کاربید وانادیم نیز افزایش یافته است.



شکل ۱۳- نتایج میکروسختی برای پوشش‌های تشکیل‌شده در مخلوط پودرهای فروکروم و فرو وانادیم در دمای ۹۵۰°C و زمان‌های ۷، ۹ و ۱۱ ساعت.

۴- مراجع

[1] Eric,J.M., Marcel,A.J.S., "*Thermochemical Surface Engineering of Steels: Improving Materials Performance*", Woodhead Publishing, Cambridge, 2015.

[2] Arai,T., "Carbide Coating Process by Use of Molten Borax Bath in Japan", *Journal of Heat Treating*. Vol.1, pp.15–22 ,1979.

[3] Arai,T., "The Thermo-Reactive Deposition and Diffusion Process for Coating Steels to Improve Wear Resistance", in: E.J.M. And, M.A.J. Somers (Eds.), *Thermochemical Surface Engineering of Steels*, Woodhead Publishing, pp. 703–735, 2015.

[4] Arai,T., Fujita,H., Sugimoto,Y., Ohta,Y., "Diffusion Carbide Coatings Formed in Molten Borax Systems", *Journal of Materials Engineering*. Vol.9, pp.183–189, 1987.

[5] Strahin,B.L., Shreeram,D.D., Doll,G.L., "Properties and Tribological Performance of Vanadium Carbide Coatings on AISI 52100 Steel Deposited by Thermoreactive Diffusion", *Journal of the Minerals Metals & Materials Society*. Vol.69, pp.1160–1164, 2017.

۶- محمد علی شیرین بیان، علی شفیعی، محمد رضا ابوطالبی، بررسی سینتیک تشکیل پوشش کاربید وانادیم بر روی فولاد ابزار D2به روش نفوذ فعال حرارتیTRD( ) با استفاده از حمام نمک بوراکس، چهارمین همایش مشترک انجمن مهندسین متالورژی و جامعه علمی ریخته گری ایران)،

[7] T. Arai, S. Moriyana, Thin Solid Films, 249 (1994) 54-61.