

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان  
مهندسی متالورژی و مواد

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)



## تشکیل و بررسی پوشش کاربید کروم بر روی فولادهای 1.2080 و 1.2379 به روش حمام نمک مذاب

زهرة گرگوند<sup>1</sup>، بابک قربانیا<sup>2</sup>، سید محمد موسوی خوئی<sup>3</sup>

### چکیده

فرایند رسوب و نفوذ حرارتی یکی از روش های اصلاح خواص سطحی یا تغییر ترکیب شیمیایی سطح است که در آن، از طریق نفوذ عنصر کروم از طریق اتمسفر پوشش دهی و اتم کربن زیر لایه توسط فرآیند نفوذ با یکدیگر واکنش می دهند و به دلیل پایین بودن انرژی ایجاد کاربید، باعث ایجاد پوشش سخت و متراکم کاربید کروم روی سطح فولاد می شود. برای ایجاد کاربید کروم نمونه در مخلوطی از فرو کروم، بوراکس و اسید بوریک قرار می گیرد. دمای بهینه برای فرآیند روش حمام نمک مذاب حدود 1000-1020 درجه و مدت زمان فرآیند 5-8 ساعت می باشد و پوشش ایجاد شده از نوع کاربید کروم است. این لایه باید سختی 1300-2100 ویکرز داشته باشد و ضخامتی حدود 50 میکرون را دارا باشد. نتایج حاصل آمده در این پژوهش نشان می دهد که برای ایجاد بهترین نوع پوشش ترکیب حمام نمک باید از 15 درصد فرو کروم، 10 درصد آلومینیوم و 75 درصد بوراکس تشکیل شوند. ضمناً با افزایش زمان و همین طور درافزایش فشار هیدرو استاتیک ضخامت پوشش افزایش و میزان تخلخل در پوشش کاهش میابد.

**واژه های کلیدی:** پوشش نفوذی، کاربید کروم، فولادهای 1.2080 و 1.2379، روش حمام نمک مذاب

<sup>1</sup> دانشجوی کارشناسی مهندسی متالورژی، دانشگاه امیرکبیر

<sup>2</sup> دانشجوی دکتری مهندسی مواد، دانشگاه سمنان، ghorbanian.babak@yahoo.com

<sup>3</sup> دانشیار دانشکده معدن و متالورژی دانشگاه امیرکبیر

## مقدمه

با توجه به خواص فیزیکی و مکانیکی بسیار خوب لایه های کاربیدی و به دلیل بهبود مقاومت سایشی و مقاومت خوردگی توسط این لایه ها، پوشش های لایه کاربیدی اخیرا در صنعت از اهمیت بسیار زیادی برخوردارند و اغلب در قالب های مختلفی مثل فورج گرم، فورج سرد، اکستروژن، قالب های ریخته گری، قالب های کشش سیم و لوله، قالب های متالورژی پودر، قالب های پلاستیک و لاستیک، ابزارهای برشی و به طور کلی تمام ابزاری که در معرض سایش هستند به کار می رود [1].

علاوه بر مقاومت پوشش های کاربیدی می توان سختی بالای این پوشش ها اشاره کرد. پوشش های کاربیدی سختی بسیار بالاتر از فولاد دارد و در مواقعی که نیاز به سطح سخت است می توان با روش هایی که این پوشش ها را ایجاد کرد سختی سطحی بالایی در قطعه مورد نظر ایجاد کرد [1-2].

یکی از مهمترین روش های ایجاد پوشش های نفوذی روش پوشش دهی با حمام نمک مذاب است. در این روش فلز پوششی ذوب شده و جسم زیر لایه برای چند لحظه در مذاب غوطه ور می شود، یا این که مذاب فلز پوششی روی سطح مورد نظر گسترانده می شود. با خروج قطعه مورد نظر از محفظه مذاب، پوششی از فلز پوششی روی سطح باقی می ماند که ضخامت این پوشش به سیالیت، کشش سطحی، سرعت انجماد و سرعت خروج قطعه از محفظه مذاب بستگی دارد [3-8].

مسأله اصلی و قابل توجه در این روش، حصول اطمینان از دفع کامل اکسیدها از سطح مورد نظر و امکان خیس کردن زیرلایه توسط فلز پوششی می باشد. از جمله پوشش های شاخص در این روش گالوانیزه کردن (غوطه وری فولاد در مذاب روی)، آلومایزینگ (غوطه وری فولاد در مذاب آلومینیم)، قلع کاری گرم (غوطه وری فولاد یا مس در مذاب قلع) و پوشش های سربی (غوطه وری فولاد در آلیاژ قلع-سرب) می باشد. این پوشش ها نسبتا ضخیم بوده، سطح قطعه را به خوبی می پوشانند و سرعت پوشش دهی نسبتا زیاد است. این نوع پوشش ها به فلزات با نقطه ذوب نسبتا پایین محدود می شوند و پوشش تمایل به متخلخل و ناپیوسته شدن دارد. تخلخل و تمایل به ناپیوستگی

پوسته، با افزایش نقطه ذوب و یا کاهش ضخامت (کمتر از 25 میکرون) افزایش می یابد. مثال از این نوع پوشش ها عبارتند از آلومینیوم، سرب، قلع و روی است و ضخامت آن ها معمولاً بین 25 تا 125 میکرون است [9-12].

## مواد و روش تحقیق

نمونه های استفاده شده جهت پوشش دهی از جنس فولادهای ابزار سردکار پر کروم، پر کربن از فولادهای رایج در صنعت انتخاب شده که آنالیز ترکیب شیمیایی آن ها در جدول 1 آورده شده است.

جدول 1. آنالیز ترکیب شیمیایی فولادها

درصد وزنی عناصر						شماره استاندارد	
V	Mo	Cr	Mn	Si	C	AISI	DIN
0,85	1,0	12,00	0,40	0,35	1,53	D2	1,2379
-	-	11,50	0,30	0,25	2,05	D3	1,2080

نمونه ها با مقاطع دایره ای یا مربعی شکل با ابعاد تقریبی یک سانتی متر بریده شده، سپس جهت آویختن در حمام نمک مذاب به وسیله سیم نسوز کنتال، سوراخ زده شده اند. سطوح نمونه ها، جهت آماده سازی و نیز رسیدن به شرایط یکسان، با سنباده ی کاربرد سیلیسیم تا شماره ی 1200 سنباده زده شده اند.

این فرآیند در حمام مذاب بوراکس انجام گرفته که این حمام مذاب، به علت عدم تبخیر، از نقطه نظر زیست محیطی نسبت به روش های دیگر برتری دارد. اساس کار این سیستم اضافه نمودن پودر عناصر آلیاژی کاربردزا به بوراکس مذاب و در این تحقیق، کروم است. این عناصر کاربردزا به راحتی در حمام حل می شوند و در تماس با کربن روی سطح زیرلایه قرار می گیرند و پوشش را ایجاد می کنند. مواد تشکیل دهنده ی حمام نمک عبارتند از:

- بوراکس ( $\text{Na}_4\text{B}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ): بوراکس نقش حلال یا پرکننده را در حمام نمک دارد. به دلیل مزایای عمده، حمام نمک بوراکس کاربرد وسیعی در صنعت دارد. این مزایا عبارتند از: ارزان بودن، کنترل آسان، عدم

نیاز به اتمسفر کنترل شده، غیرسمی بودن، محافظت خوب از سطح قطعات در مقابل اکسید شدن و سرعت بالای انتقال حرارت. بوراکس به دلیل خنثی بودن، در واکنش‌های انجام شده در خلال فرآیند هیچ نقشی ندارد. بوراکس برخلاف دیگر نمک‌ها مثل کلریدها در دمای بالا بسیار پایدار است. حمام بوراکس حتی در کارهای صنعتی نیاز به اتمسفر محافظ ندارند و این باعث تجهیزات بسیار ساده، کارایی بالا و قیمت کم تولید می‌شود.

○ پودر فروکروم: به عنوان ماده‌ی اصلی تامین کننده‌ی کروم از ای پودر استفاده شد.

○ اسید بوریک: ترکیبات مختلفی از حمام نمک جهت پیدا نمودن ترکیب بهینه‌ی حمام نمک، استفاده شده است. برای آماده‌سازی حمام نمک، ابتدا درصدهای وزنی مورد نظر از مواد حمام نمک، متناسب با حجم بوته‌ی حمام نمک به دقت توزین شده است. دمای کوره جهت جلوگیری از ایجاد شک و حفاظت از آن به تدریج بالا برده شده و نهایتاً بر دمایی در بازه‌ی 980-1100 درجه‌ی سانتی‌گراد تنظیم شده است. بوراکس، فروکروم و آلومینیوم به ترتیب وارد بوته شده و در هر مرحله تا چندین دقیقه عمل هم‌زدن انجام شده است. در هر مرحله پس از افزودن مواد به حمام نمک مذاب، به دلیل اکسیداسیون سطحی جرقه زده می‌شود. پس از آماده‌سازی حمام نمک مذاب و در حین فرآیند پوشش دهی، دمای حمام مذاب با استفاده از ترموکوپل دستی Ni- NiCr کنترل شده است.

پس از آماده‌سازی نمونه‌ها و حمام نمک بوراکس در بوته‌ی FFB در کوره‌ی الکتریکی دمای بالا، نمونه‌ها توسط سیم‌های مقاوم به حرارت در حمام نمک مذاب آویخته شده‌اند. حمام نمک مذاب هر سی دقیقه جهت جلوگیری از ته نشین شدن مواد در کف بوته و پخش شدن در مذاب، به آرامی هم زده شده‌اند تا مواد و اضافات چسبیده به سطح نمونه‌ها نیز جدا شده و باعث ایجاد تخلخل در پوشش نگردند. دمای حمام نمک مذاب در حین فرآیند پوشش دهی، با استفاده از ترموکوپل دستی Ni- NiCr کنترل شده است. دمای حمام نمک عموماً 10-20 درجه‌ی سانتی‌گراد بالای درجه حرارت آستنیت کردن و زمان فرآیند معمولاً 6 ساعت انتخاب شده‌اند. به دلیل استفاده از حمام نمک بوراکس اتمسفر محافظ لازم نیست. پس از پایان فرآیند پوشش دهی، نمونه‌ها پس از خروج

از حمام نمک مذاب بلافاصله در روغن سرد شده‌اند. یک مخزن آب گرم با همزن برای شستشوی نمک‌های چسبیده به قطعات به کار می‌رود.

## نتایج و بحث

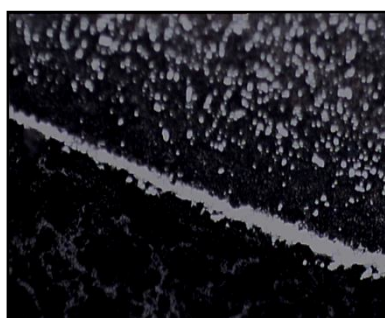
اولین موردی که در این پروژه مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته است، تعیین ترکیب بهینه مواد تشکیل دهنده پودر بوده است، به نحوی که علاوه بر توانایی ایجاد پوشش یکنواخت و مناسب حاصل شود. به منظور یافتن ترکیب بهینه حمام نمک دو فاکتور دما (1000 درجه سلسیوس) و زمان (6 ساعت) ثابت در نظر گرفته شد. آزمایشات همانند جدول 2 و شکل 1 صورت گرفت که نتایج حاصل آمده از قرار زیر است.

جدول 2. درصد وزنی ترکیبات مواد تشکیل دهنده حمام نمک

شماره حمام نمک	بوراکس (درصد وزنی)	اکسید کروم (درصد وزنی)	اسید بوریک (درصد وزنی)
1	94,5	4,5	1
2	84	10	6
3	87	10	3
4	76	12	12



ب



الف

شکل 1. تصاویر متالوگرافی مربوط به حمام‌های شماره‌ی الف) 2 (پوشش گرفته). و ب) 3 (پوشش نگرفته).

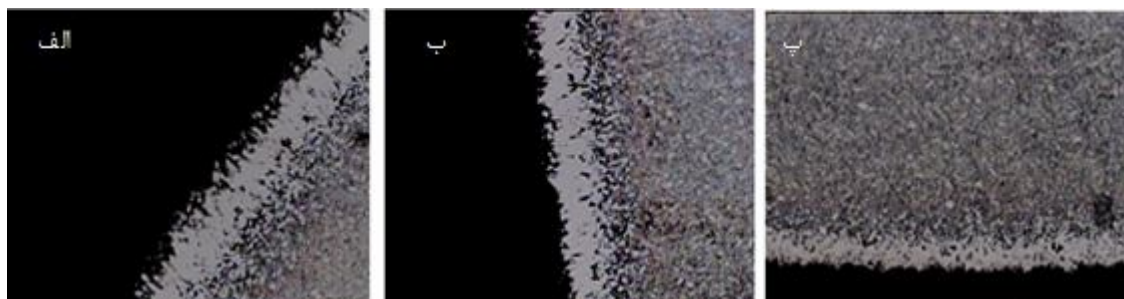
بررسی حمام نمک‌های مختلف، با درصد‌های وزنی مختلف از مواد تشکیل دهنده‌ی برخی از حمام‌های استفاده شده جهت پوشش دهی مطابق با جدول 2، نشان داده‌اند که با افزایش اختلاف مقدار اکسید کروم و اسیدبوریک در حمام، امکان تشکیل پوشش کم‌تر می‌شود به طوری که در حمام شماره‌ی 4 پوشش با پیوستگی کامل بر سطوح نمونه‌ها ایجاد شده‌است و در حمام شماره‌ی 1 و 3 هیچ پوششی دیده نشد و نیز در حمام شماره‌ی 2 دارای ترکیبی با اختلافی بین حمام‌های شماره‌ی 3 و 4، پوششی با ضخامت کم‌تر و تخلخل بیشتر از پوشش ایجاد شده در حمام شماره‌ی 4 ایجاد شده است. در نهایت ترکیب حمام نمک شامل: 12 درصد فروکروم، 12 درصد آلومینیوم و 76 درصد بوراکس ترکیب بهینه‌ی مواد تشکیل دهنده‌ی حمام به دست آمد.

جهت بررسی اثر زمان از حمام شماره‌ی 4 برای پوشش دهی در زمان‌های 2 و 4 و 6 ساعت استفاده شد و مشاهدات نشان داد که با افزایش زمان فرآیند، ضخامت پوشش تشکیل شده، افزایش و نیز تخلخل پوشش کاهش می‌یابد (همانطور که شکل 2 نشان می‌دهد). با بالا بردن بیشتر زمان فرآیند، پوشش نفوذی به عنوان سدی در برابر نفوذ عنصر کروم عمل کرده و تغییری در ضخامت و کیفیت پوشش دیده نشده است.



شکل 2. ایجاد پوشش در زمان‌های مختلف (الف) در دو ساعت (ب) در چهار ساعت (پ) در شش ساعت

جهت بررسی این اثر نیز در حمام شماره‌ی 4، نمونه‌ها در سه ارتفاع مختلف روی حمام، وسط حمام و ته حمام قرار گرفته شده‌اند. نتایج حاصل از پوشش دهی نشان دادند که با افزایش فاصله‌ی نمونه از سطح حمام، به دلیل افزایش فشار هیدرواستاتیک بر نمونه، پوشش بهتری حاصل می‌شود (شکل 3 بیان گر این حقیقت است). افزایش فشار هیدرواستاتیک موجب افزایش نفوذ عناصر شده، لذا به ایجاد پوشش بهتر کمک می‌نماید.



شکل 3. در ارتفاعات مختلفی از حمام نمک (الف) روی حمام (ب) و وسط حمام (پ) کف حمام

در جدول 3 نتایج حاصل از تست میکروسختی پوشش های ایجاد شده، آورده شده اند. در هر مورد عدد سختی، میانگین سه عدد سختی از سه قسمت مختلف پوشش است.

جدول 3. اعداد سختی در نمونه های مختلف

نمونه	2 ساعت	4 ساعت	6 ساعت	بالا حمام	پایین حمام
سختی (ویکرز)	1420	1710	2120	1390	2140

### نتیجه گیری

با افزایش مدت زمان فرایند ضخامت پوشش افزایش و تخلخل کاهش میابد.

با افزایش ارتفاع حمام نمک به دلیل فشار هیدرو استاتیک تخلخل کاهش میابد.

در شرایطی که میزان فرو کروم . اسیدبوریکن هر دو 12% و مابقی بورکس باشد بهترین ترکیب به دست می آید.

پوشش کاربرد کروم سختی در حدود 2100 ویکرز را دارد.



## مراجع

- [1] M.Aghaie-Fakhri and F.Fazlalipour, "Chromium carbide coating on die steel deposited by thermo-reactive diffusion technique", journal of physics and chemistry of solides 69,2008
- [2] A.K.Sinha, "boriding", Metal Handbook, Vol4,1990
- [3] Lakhtin.Y, "principles of applying coating by diffusion", Moskova5,1977
- [4] K.S.Edmund, "the refractory carbides", academic press, 47-57, 1967
- [5] TD Process, "application to dies for cold forging", Toyota research and developments lab.inc.1980
- [6] T.Arai,"Carbide Coating Process by use of molten borax bath in Japan", J.Heat treating, Vol12, 12-22, 1979
- [7] J.I.Jurkov and G.A.Melnichuv and N.V.Stepanova, "Composition for depositing diffusion carbide coating on iron carbon alloys articles", 2005
- [8] Arai T, "TRD Method", Proceeding of the Japan international tribology conference nogaya,1990

[9] گلغذار، محمد علی، "عملیات حرارتی و مهندسی سطح"، انتشارات ارکان، اصفهان، 1377

[10] گلغذار، محمد علی، "عملیات حرارتی فولادها"، انتشارات ارکان، اصفهان، 1380

## Forming and Evaluation of Chromium carbide coatings on 1.2379 and 1.2080 steels with molten salt bath method

Zohreh Gorgvand, Babak Ghorbanian\*, Seyed Mohammad Mousavi Khoie

\*\*Corresponding Author Address: Department of Mining and Metallurgical Engineering, Amirkabir University of Technology, P.O. Box 15875, 4413 Tehran, Iran

Corresponding Author Email: [ghorbanian.babak@yahoo.com](mailto:ghorbanian.babak@yahoo.com)

### Abstract

The process of evaporation and thermal influence of surface properties of modified one of the methods or change the chemical composition of the surface in which, through the influence of the atmosphere through the element Chromium coating and carbon atom below the layer by reactive infiltration process with each other and Due to the low energy creating carbide, creating dense and hard coating on the surface of the steel, Chromium carbide. For Chromium carbide, ferro Chromium sample mixture, Borax and boric acid are used. The optimum temperature for the molten salt bath method is about 1000-1020 degrees and, time of process is 5-8 hours and created coating is type of Chromium carbide (CrC). This layer should be able to have 2100-2800 Vickers hardness and thickness about 5 microns. The results obtained in this study indicate that to create the best coverage, salt bath must be formed of 15% ferro Chromium, 10% aluminum and 75% Borax.

**Keywords:** influencing coverage, Chromium carbide (CrC), 1.2080 and 1.2379 steels, and the molten salt bath method.