



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

انتقال پلازما در فولاد کربن غیر آلیاژی قرار گرفته در معرض دمای

پایین واکنش کروم (0.45wt%C)

چکیده مقاله

وقوع انتقال فاز در 0.45wt.%C فولاد غیر آلیاژی قرار گرفته در معرض نیتروژن پلازما در دما 540-560 درجه سانتی گراد به مدت 5.5 ساعت همراه با رسوب و پراش ترمو اکتیو (TRD) وان نمک پروسه کروم سازی در دما 500 یا 550 درجه سانتی گراد (پروسه ای به نام کروم درجه پایین یا دوجزئی و دوپلکس) توسط میکروسکوپی نوری (OM)، میکروسکوپ الکترون پویش (SEM)، طیف بینی پاشندگی اشعه ایکس (EDS) و پراش اشعه ایکس بررسی شد. ثابت شد که لایه ترکیب CrN با میانگین ضخامت $7.4\mu\text{m}$ و میانگین ریز سختی $1476\text{HV}_{0.01}$ در لایه قبلی ترکیب پلازما نیتروژن دار شده با پروسه کروم سازی کم دما یعنی در دما 550 درجه سانتی گراد طی شش ساعت تشکیل شد. به طور کلی، روکش کروم سه لایه فرعی یعنی لایه بیرونی CrN، لایه نشر و پراکنش میانی و پسماند داخلی لایه ترکیب نیتروژن دار که در لایه قبلی ترکیب نیتروژن دار تشکیل شدند، و زیر لایه داخلی با طولانی تر شدن زمان کروم سازی محو شد. لایه پراش میانی که در مرحله اولیه TRD تشکیل شدند زیر OM "سیاه" دیده شدند (که منطقه سیاه نامیده می شود) و فاز مهم $\alpha\text{-Fe}$ را تشکیل دادند. خود فرسودگی "منقطه سیاه" منجر به نشر و پراش عمیقتر اتم کروم در سوبستراها می شود. E $\text{Fe} \rightarrow \alpha - \text{Fe}_4\text{N} - \gamma' - \text{Fe}_{2-3}\text{N}$ احتمالاً مسیرهای انتقال در پروسه تجزیه لایه قبلی ترکیب نیتروژن دار شده هستند و سختی بالا روکش کروم به مقدار زیاد دانه های نانو اندازه و دانه های برابر و عادلانه توزیع شده CrN تولید شده در لایه ترکیب نسبت داده می شود.

کلمات کلیدی: کروم دما پایین، انتقال فاز، لایه CrN، رسوب و پراش ترمو اکتیو

1- مقدمه

پروسه کروم سازی به علت استفاده وسیع از تکنولوژی روکش گذاری سطح به منظور تولید لایه مقاوم در برابر خوردگی و / یا سایش روی سوبستراهای فلز یا آلیاژ استفاده می شود. تمامی پروسه های مرسوم کروم سازی به

علت ضریب پایین پخش کروم در دما پایین معمولاً در دما های بالا 1000 درجه سانتی گراد و طی 6-10 ساعت انجام شد. از نظر آمادگی ریز ساختار سوبسترا به درشت شدن و تخریب در این دما بالا ، پروسه کروم دما پایین توسط پژوهشگران جهت ممانعت و پیشگیری از این اثر های منفی پروسه مرسوم کروم سازی بر ریز ساختار و ترویج کاربرد تکنیک های کروم سازی در مواد مختلف سوبسترا طراحی شد.

تکنیک دو جزئی سطح متشکل از کاربرد متوالی و پیوسته دو یا چند تکنیک معتبر مهندسی سطح در یک مولفه به منظور تولید یک لایه سطح با چند ویژگی که امکان تولید آن با تکنیک های دیگر وجود ندارد ، توجه زیادی را در مهندسی اصلاح سطح به خود جلب کرده است. یکی از پروسه های دو جزئی نیتروژن یا نیترو کربن در پروسه رسوب و پراش یا نشر ترمو اکتیو (*TRD*) ترکیب و ادغام می کند. چیکو و همکاران اثرات پیش عملیات قبلی را (نیتروژن دار کردن گاز ، نیترو کربن سازی مایع ، یا کربونیزه کردن مایع) بر *TRD* و انادایوم روی فولاد *AISI HI 3* در دما 1000 درجه سانتی گراد بررسی کردند. *TRD* دما بالا انجام شده در در بالا 700 درجه سانتی گراد و *TRD* دما پایین انجام شده در زیر 700 درجه سانتی گراد در تحقیق حاضر براساس دما بحرانی فولاد *A_{c1}* طبقه بندی می شوند. اجزاء تشکیل تشکیل دهنده کاربید مثل کروم ، نیوبیم ، تیتانیوم و وانادیوم در ضمن واکنش با کربن منتشر شده از داخل سوبسترا ، روی سطح سوبسترا توسط پروسه گرمایی - شیمیایی ته نشین می شوند. لایه کاربید با ضخامت $4-7\mu m$ بسته به دما وان و نوع فولاد استفاده شده در عرض 10 دقیقه تا 8 ساعت تولید می شوند. به زمان بیشتری در پروسه دما پایین روکش گذاری جهت تولید لایه کاربید به علت نشر پایین کربن در دماهای پایین نیاز می شود ، زیرا در غیر این صورت پروسه *TRD* غیر آلیاژی برای مقاصد عملی سودمند نخواهند بود. البته آریبی (*Arai*) و همکاران ادعا کردند که لایه مرکب متشکل از نیترات آهن تولید شده به وسیله پروسه نیتروژن سازی در تولید لایه کربو نیتريد وانادیوم با ضخامت کافی و در دما بین 550-700 درجه سانتی گراد جهت کاربردهای عملی بسیار سودمند است .

برخی از شواهد و ادله ها نشان می دهند که روکش گذاری سخت متشکل از نیتريد یا کربو نیتريد کروم می تواند در دما های زیر 700 درجه سانتی گراد توسط پروسه دوپلکس متشکل از پروسه نیتريد و *TRD* دما پایین تولید شود. آریبی و همکاران معتقد بودند که لایه *CrN* با ضخامت حدود $8\mu m$ روی سوبسترا نیتريد پس از کروم دار شدن سوبسترا فوق در دما 570 درجه سانتی گراد به مدت 50 ساعت در واکنش گر بستر مایع تشکیل می شود.

کینگ و همکاران پروسه نیترو کربن بعلاوه پروسه *TRD* دما پایین بستر مایع را روی فولادهای *AISI H13* و فولاد کربن غیر آلیاژی در دما 570 درجه سانتی گراد انجام دادند و ثابت کردند که " لایه پوششی " متشکل از آهن نیتريد متخلل در طی پروسه نیترو کربن تشکیل می شود که ریز ساختار پوشش $Cr(N,C)$ را متاثر می سازد و استفاده از دما بالا تر یا تمدید و طولانی تر ساختن زمان آزمایش جهت دستیابی به رسوب ضخیم تر *Cr* توصیه میکند. فابی جانیک و همکاران پروسه دوجزئی متشکل از پیش ماده نیترو کربن بعلاوه *TRD* دما پایین بستر مایع روی *AISI H13* در دما 575 درجه سانتی گراد طراحی کردند که نشان داد هر چند این پروسه قادر به تولید روکش خوب کروم دار است اما آزمایش دما پایین خواص داخل سوپسترا را تغییر نداد.

پروسه کروم سازی انجام شده در وان نمک و در دماهای بین 500-550 درجه سانتی گراد توسط *TRD hc* با نمونه های قرار گرفته در معرض پیش ماده نیتريد پلاسما در دماهای 540-560 درجه سانتی گراد پروسه دما پایین کروم یا کروم دو جزئی نامیده می شود. از نظر پژوهشگران ، گزارشات اندکی در دست نوشته های علمی در مورد کروم سازی دوپلکس فولاد در دما زیر 550 درجه سانتی گراد ارایه شده است. بنابراین ، هدف این مقاله بررسی پروسه دوپلکس و توضیح انتقال رخ داده در لایه قبلی ترکیب نیتريد پلاسما در پروسه کروم سازی در دما پایین براساس تحقیقات قبلی است .

2- روشهای آزمایشی

2-1 پروسه کروم سازی دوپلکس

پروسه دو جزئی کروم طرح شده در این تحقیق از پیش ماده نیتريد پلاسما (یون) و کروم وان نمک انجام شده از طریق *TRD* دما پایین تشکیل شده است. فولاد کربن غیر آلیاژی تابیده و تجاری $0.45w.C\%$ به دیسک ها با قطر 15 میلیمتر و ضخامت 8 میلیمتر بریده شده. ابتدا تمام دیسک ها با ورق جلا *SiC* تا حدود 900 درجه صیقل داده شدند و روغن ورق ها با حرارت آنها در دما 270 درجه سانتی گراد به مدت 30 دقیقه گرفته و پاک شد و قبل از اینکه در دما 540-560 درجه سانتی گراد به مدت 5.5 ساعت در کوره خلاء نیتريد پلاسما دار شوند به روش صوتی پاک شدند و کوره در فضا خلاء سرد شد. تمامی نمونه های مورد بررسی در در یک گروه مجزا جهت تضمین لایه نیتريد در سرتاسر نمونه ها پلاسما نیتريد دار شدند و قبل از ترکیب با کروم در ظرف نمک متشکل از $BaCl_2$ (خالص تحلیلی و تجزیه ای *AP*) ، $CaCl_2$ (*AP*) ، $NaCl$ (*AP*) ، $CrCl_3.6H_2O$ (*A-P*) ،

و پودرهای $Cr-Fe$ (200 شبکه) در دما 500 یا 550 درجه سانتی گراد طی یک زمان مشخص و پس از خاموش شدن در آب به روش فرا صوتی و فراآوایی پاک شدند.

روش دو جرئی کروم استفاده شده در تحقیق حاضر در جدول 1 فهرست شده است. از نمونه های گروه A جهت بررسی پروسه انتقال اولیه در لایه ترکیب پلاسما نیتريد قرار گرفته در معرض آزمایش کروم سازی و گروه های B و C آزمایش شده با روشهای مشابه به استثناء روشی که در آن از دما نسبتاً بالا کروم جهت حذف پراش تصادفی در ریز ساختار و خاصیت ماده استفاده شدند، به کار گرفته شد.

جدول 1: روشهای ترکیبات دما پایین کروم در این تحقیق

گروه	پیش ماده پلاسما نیتريد	کروم سازی با دما پایین
A	در دما 540-560 درجه سانتی گراد به مدت 5.5 ساعت	در دما 500 درجه سانتی گراد به مدت 1.5 ساعت، 3 ساعت، 6 ساعت، 12 ساعت
B	در دما 540-560 درجه سانتی گراد به مدت 5.5 ساعت	در دما 550 درجه سانتی گراد به مدت 0.5 ساعت، 1 ساعت، 1.5 ساعت، 3 ساعت، 6 ساعت، 12 ساعت، 24 ساعت و 48 ساعت
C	در دما 540-560 درجه سانتی گراد به مدت 5.5 ساعت	در دما 550 درجه سانتی گراد به مدت 1.5 ساعت، 3 ساعت، 6 ساعت، 12 ساعت، 24 ساعت و 48 ساعت

2-2 مشخصات لایه کروم دار

تمام نمونه ها پس از تعیین ویژگی های آنها به شیوه فرا صوتی در استون تمیز شدند. نمونه برش مقطعی مشخصه از دیسک های کروم دار با صیقل خمیر الماس دارای ضخامت $2.5\mu m$ و تیز آب کاری با نیتل 3٪ تهیه شدند. میکرو سختی *Vickers* بین روکش با آزمایشگر میکرو سختی $401MVA^{TM}$ همراه با بار کاربردی $10gf$ و زمان سکون 15 ثانیه آزمایش شد.

طیف پراش اشعه ایکس روی پراش سنج PHILIPS X Pert MPO Pro X-Ray که با تشعشع $Cu K\alpha$ در $40kV$ و $40mA$ کار می کند، ثبت شد. هر دو روش مرسوم پراش $(Bragg)$ و پراش برگردان و نوسان دار نمونه (STD) برای تشخیص فاز استفاده شدند.

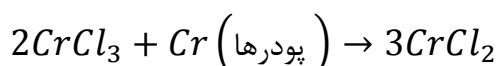
ریز ساختار برش مقطعی روکش ها به وسیله میکروسکوپ اپتیکی و میکروسکوپ الکترون کاوش $LEO1530VP$ مجهز به آشکار ساز الکترون پس پراش بررسی شد، ترکیب شیمیایی زیر لایه های مختلف به وسیله EDS مشخص شدند و نیمرخ های کروم، آهن، نیتروژن و کربن بین روکش به وسیله کاوش یا پگیش خط اشعه ایکس مشخص شدند.

3- نتایج و بحث ها

3-1 محاسبات ترمو دینامیکی

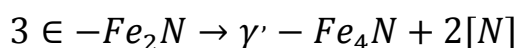
کروم کلرید $(CrCl_2)$ از آگونه های فعال ترکیبات کرم در سیستم کلرید هستند که یا سوبسترا باز - آهن جهت تشکیل (Cr) فعال واکنش می کنند. از آنجایی که کروم دی کلرید خالص بسیار نمگیر است، کروم دی کلرید در این تحقیق در محل از 6- آب کروم کلرید $(CrCl_3 \cdot 6H_2O)$ هیدرات زدایی شده و پودرهای کروم با واکنش های زیر ساخته می شود.

(1)

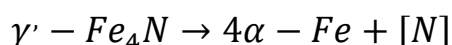


منابع نیتروژن مورد نیاز تشکیل کروم نیتريد از تجزیه آهن نیتريد ایجاد می شود

(2)



(3)

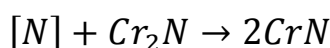


و کروم نیتريد از طریق واکنش های زیر تشکیل می شود

(4)

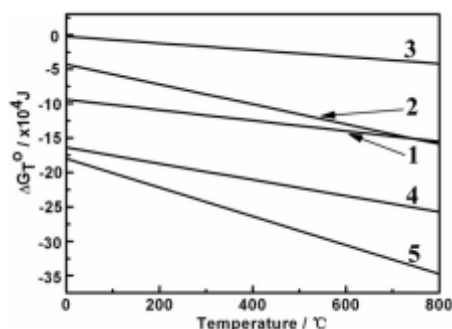


(5)

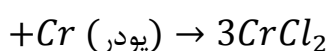


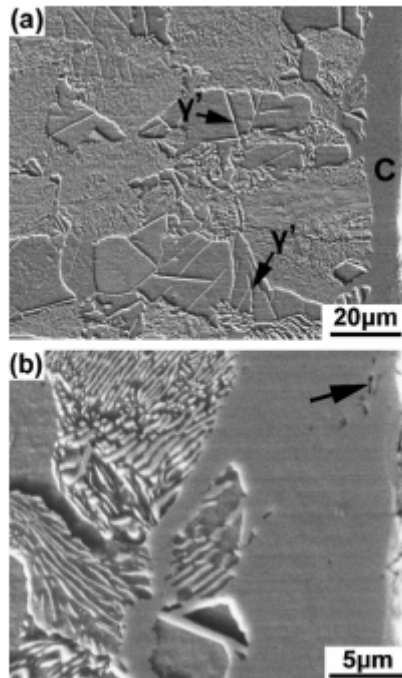
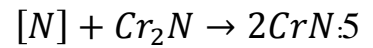
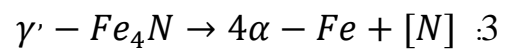
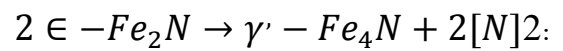
تغییرات انرژی آزاد *Gibbs* در واکنش های فوق با معادله زیر محاسبه شد $\Delta G_T^\circ = \Delta H_{298}^\circ - T\Delta S_{298}^\circ$ که تقریبی از معادله ساده شده *Gibbs Helmholtz* است: $\Delta G_T^\circ = \Delta H_T^\circ - T\Delta S_T^\circ$. محاسبات برحسب داده های ترمودینامیک *Kubaschewski* و همکاران *Dean* انجام شد. داده های *N* اتم در حالت جامد به داده های $1/2 N_2$ در حالت گاز اشاره دارد.

شکل 1 تغییرات محاسبه شده انرژی آزاد *Gibbs* یعنی ΔG_T° را که با دما تغییر می کند نشان می دهد. براساس شکل 1 تمام واکنش های فوق از نظر ترمودینامیکی در دما بین 500 تا 550 درجه سانتی گراد امکان پذیر است که در این تحقیق به علت مقدار منفی تغییر انرژی *Gibbs* در پروسه دما پایین ترکیبات کروم استفاده شده است. براساس شکل 1 گفته می شود که نیروی محرک دینامیکی تجزیه $-Fe_2N$ (واکنش 2) بزرگتر از تجزیه $-Fe_4N$ (واکنش 3) است، و نتیجه گرفته می شود که همانطور که در شکل 3 تایید می شود، $-Fe_4N$ تجزیه نشده لایه ترکیب نیتريد همچنان باقی می ماند. ضمناً، از آنجایی که *CrN* ثابت تر از *Cr_2N* است، در صورتی *CrN* فاز مهمی در لایه روکش دار می شود که مقدار کافی از اتم های *[N]* و *[Cr]* برای تشکیل کروم نیتريد وجود داشته باشد. بعلاوه، ΔG_T° منفی محاسبه شده در واکنش 1 جهت تشکیل گونه های فعال $CrCl_2$ می تواند خود بخود از سمت چپ به راست و در دما بین 500-550 درجه سانتی گراد شروع می شود. بنابراین، فعالیت $CrCl_2$ با تغییر کسر وزنی $CrCl_3$ و *Cr* در ظرف نمک تنظیم می شود. در تحقیق حاضر، نسبت $CrCl_3:Cr$ تصور می شود که کسر *Cr* در گروه A، 10wt%، و 20wt% در گروه های B و C است.



شکل 1: تغییر انرژی محاسبه شده *Gibbs*، ΔG_T° در واکنش های 1، 2، 3، 4، 5: $2CrCl_3 + 1$.





شکل 2: ریز ساختار پلاسما $0.45wt.C\%$ فولاد کربن غیر آلیاژی نیتريد دار شده در دما بين 540-560 درجه سانتی گراد به مدت 5.5 ساعت. (a) $\gamma' - Fe_4N$ در کلون های فریت و آهن پروتوکلونید رسوب می کند ، (b) فضاهای خالی معمولاً در لایه های ترکیب نیتريد مشاهده میشوند ، تصاویر الکترون ثانویه SEM

2-3 مشخصه لایه پلاسما نیتريد

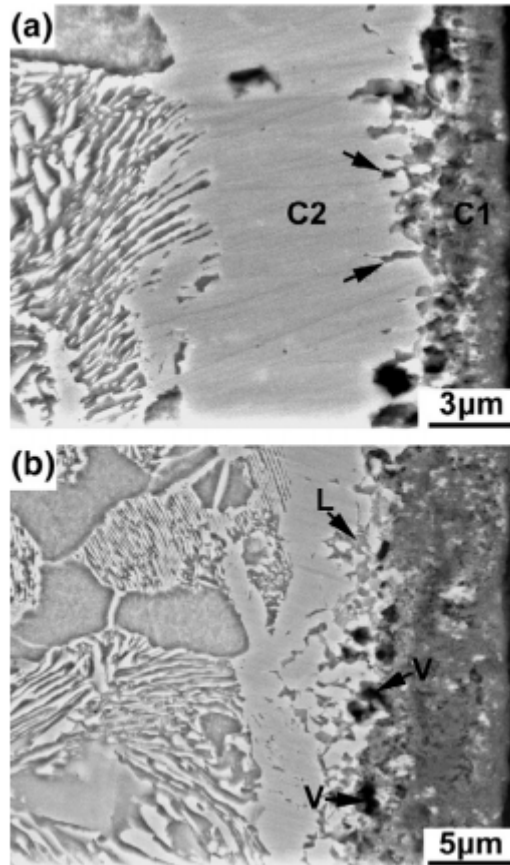
شکل 2 ریز ساختار برش مقطعی نمونه را نشان می دهد که در دما 540-560 درجه سانتی گراد به مدت 5.5 ساعت پلاسما نیتريد شد . لایه مرکب روی سطح بیرونی نمونه (با C مشخص شده است) قرار داشت که اصولاً شامل $\gamma' - Fe_4N$ و $\epsilon - Fe_{2-3}N$ (که مورد تایید XRD - نزدیک سطح قرار گرفت) می شود. لایه پاشندگی و پراشی با شکل سوزنی $\gamma' - Fe_4N$ زیر لایه ترکیب قرار داشت که در کلون های آهن و فریت پرویو تیکتوئید ته نشین شد . روش نیتريد دار کردن پلاسما با دقت به منظور کاهش تخلخل روی سطح بیرونی و جلوگیری از پروسه متوالی خردگی و سایش تهیه و طراحی می شوند. براساس مشاهدات شکل (b) 2 اگر چه ، فضاهای کوچک

توخالی در $1-2\mu\text{m}$ زیر سطح تشکیل شد ، اما لایه متخلخل با روشهای نیتريد دار کردن پلازما مورد استفاده در این تحقیق تشکیل نشد . بنابراین ، پروسه سایش و خردگی جهت حذف تخلخل سطح مورد نیا زمی و شد .

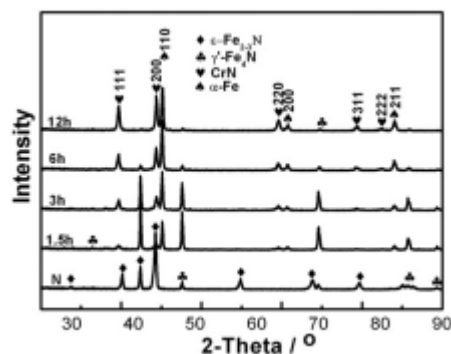
3-3 انتقال های به وقوع پیوسته در لایه مرکب از پیش نیتريد دار شده در طی پروسه کروم سازی در دما 500 درجه سانتی گراد

محاسبات ترمو دینامیکی نمایش شده در زیر بخش 1-3 دو روش را جهت کنترل نرخ و سرعت کروم سازی ارایه می دهد ، یک روش کنترل دما است ، مثلاً پروسه کروم سازی میتواند با پایین آمدن دما آمایش کاهش یابد ، روش دیگر فعالیت CrCl_2 در ظرف نمک است ، مثلاً سرعت تشکیل کروم می تواند با کاهش جزء Cr در ظرف حمام کاهش داده می شود. شکل 3 ریز ساختار مقطعی نمونه های کروم دار شده در دما 500 درجه سانتی گراد را با ظرف حاوی $10\text{wt}\%$ نشان می دهد . مرز خم و منحنی بین لایه کروم نیتريد (که با C1 در شکل 3a نشان داده شده است) و لایه مرکب تجزیه نشده نیتريد (C2) نشان می دهد که پروسه کروم سازی در دما 500 درجه سانتی گراد یک پروسه پراشی است. بعلاوه، قعطات گسسته و مجزا (L) داخل لایه مرکب مجاور لایه کروم نیتريد (شکل 3b) تشکیل شد. رنگ خاکستری این قعطات مانند لایه بیرونی کروم نیتريد نمایش داده شده در تصویر پس پراکنش الکترون SEM ثابت میکرد که این قعطات کروم نیتريد هسته دار بودند و در لایه مرکب رشد کردند. هر چند این نتیجه همسو با نتایج تحقیق کینگ و همکاران (9)، فابيجانیک و همکاران (10) ، و وو و همکاران (12) بود ، اما آنها در دما های بالاتر از دما های به کار گرفته شده در تحقیق حاضر بودند. آشکارا، اتم های فعال نیتروژن مورد نیاز تشکیل کروم نیتريد از تجزیه لایه قبلی نیتريد دار شده توسط واکنش های 2 و 3 ایجاد شد . فضاهای خالی (V در شکل 3b) زیر لایه کروم نیتريد تشکیل شد و آنها به طور همسازی همزمان با تشکیل لایه کروم نیتريد تشکیل شدند و حتی در صورت حذف لایه نزدیک به سطح نمونه نیتريد دار شده به وسیله سایش قبل از تشکیل کروم ناپدید نمی شود. بنابراین باور می شود که تشکیل فضاهای خالی توام با تجمع و انباشتگی شار تهیجا از سطح بیرونی در سوپسترا بود. شار تهیجا به علت عدم انطباق نرخ و سرعت پراکنندگی Cr و N در دما پایین می شود و عدم تعادل انتقال جرم از این عدم انطباق ایجاد می شود.

شکل 4 تکامل و تحول سازه فاز را با زمان تشکیل کروم نشان میدهد. از شکل 4 نتیجه می گیریم که شدت پراش $\gamma' - Fe_4N$ و $\epsilon - Fe_{2-3}N$ کاهش می یابد در حالی که شدت لایه کروم نیتريد با افزایش زمان تشکیل کروم افزایش خواهد یافت . بنابراین مشهود است که تشکیل لایه CrN به صرف و سود نیتريد آهن است .

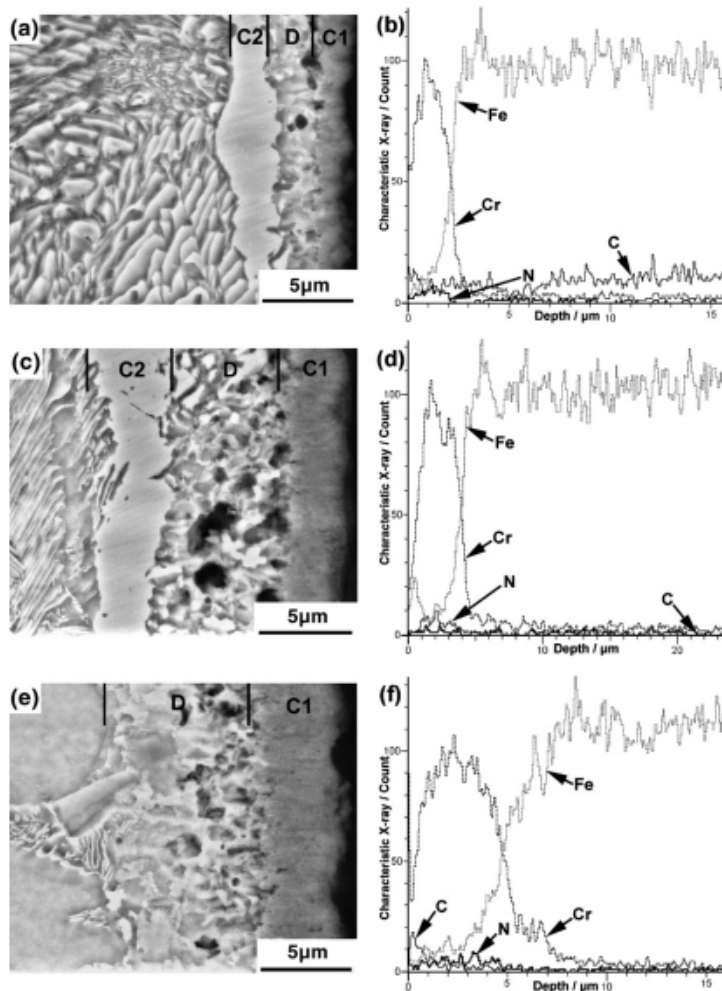


شکل 3: ریز ساختار انتقالات وقوع یافته در لایه مرکب از پیش نیتريد دار شد در طی تشکیل کروم در دما 500 درجه سانتی گراد به مدت (a) 6 ساعت ، (b) 12 ساعت



شکل 4: ساختار فاز تکامل یافته در کروم سازی در دما پایین و در دما 500 درجه سانتی گراد . N^{'''} نمونه پلاسما نیتريد دار شده در دما های 540-560 درجه سانتی گراد به مدت 5.5 ساعت ، " 1.5 ساعت " و 1.5

ساعت برای نمونه های کروم دار شده و سایر طرح ها دارای مفاهیم مشابه ای هستند که توسط روش مرسوم پراکندگی Bragg مشخص می شوند.



شکل 5: ریز ساختار نمونه های گروه B کروم دار شده در دما 550 درجه سانتی گراد به مدت (a) 0.5 ساعت ، (c) 1 ساعت و (e) 5 ساعت . تمامی تصاویر پس پراکنش الکترون SEM (b,d,f) ، اسکن خط EDS به ترتیب مربوط به (a,c,e) می باشد .

3-4 انتقال وقوع یافت در لایه مرکب از پیش پلازما نیتريد دار شده در زمان تکشيل کروم در دما 550 درجه سانتی گراد

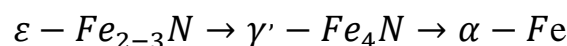
از نظر گرایش مبهم تکامل ریز ساختار با زمان تشکیل کروم در دما 500 درجه سانتی گراد ، دما کروم به 550 درجه سانتی گراد جهت تسريع پروسه کاهش می یابد. شکل 5 ریز ساختار مقطعی و توزیع اجزاء و عناصر را نشان می دهد که در نمونه های گروه B با زمان تشکیل کروم در دما 550 درجه سانتی گراد تغییر می یابد . زمان تشکیل کروم در شکل (a,c,e) 5 به ترتیب (0.5 ساعت ، 1 و 1.5 ساعت بود ، و شکل (b,d,f) 5

نیمرخ پراش خط EDS کروم ، آهن ، نیتروژن و کربن را نشان می دهد. شکل (a,c) 5 لایه دوپلکس کروم دار شده را نشان می دهد که در مراحل اولیه تشکیل کروم متشکل از سه زیر لایه ، لایه بیرونی کروم نیتريد (C1) ، لایه میانی پاشیدگی (D) ، و لایه مرکب و پسمانده داخلی پلازما نیتريد دار شده (C2) است . این نتایج با نتایج تحقیق وو و همکاران که سه زیر لایه را در لایه کروم دار روی AISI H13 دوپلکس کروم دار شد در ظرف نمک در دما 590 درجه سانتی گراد به مدت شش ساعت کشف کردند، همسویی داشت . براساس مشاهدات شکل (e) 5 لایه داخلی پس از 1.5 ساعت تشکیل کروم در دما 550 درجه سانتی گراد محو می شود. بنابراین چنین فرض می شود که سه زیر لایه در لایه کروم ریز ساختار نهایی لایه مرکب پلازما نیتريد دار شده ارر گرفته در معرض کروم دو جزئی نیست ، در عوض ، این لایه به علت وجود پروسه ناقص کروم تشکیل می شود. براساس مشاهدات شکل (e) 5 لایه کروم نیتريد می تواند با تمدید زمان تشکیل کروم تا مصرف نهایی لایه داخلی ترکیب نیتريد ضخیم شود. از این دیدگاه ، سه لایه فرعی معرفی شده به وسیله وو و همکاران از فعالیت $CrCl_2$ ایجاد می شود که برای مصرف تمامی لایه های مرکب پلازما نیتريت در آزمایش واکنش کروم در دما 590 درجه سانتی گراد به مدت شش ساعت کند بود ، و این احتمال وجود دارد که لایه مرکب نیتريد نیز با افزایش مدت آمایش در تحقیق وو و همکاران ناپدید خواهد شد .

از شکل 5 نتیجه گرفته می شود که قله های کروم موجود در شکلهای (b,d,f) 5 تقریباً در همان عمق قله های نیتروژن قرار درد ، در حالی که موقعیت قله کربن نسبت به قله کروم ناچو و ناهم‌ساز است (شکل 5f) ، و این نشان می دهد که لایه ترکیب (لایه C1) از کروم نیتريد تشکیل شده است . شکل (b) 5 منطقه تهی شده نیتروژن را در عمق $2-3\mu m$ نشان می دهد ، البته منطقه N- آشکار شده ای در شکل (d-f) 5 وجود ندارد ، از این رو ثابت می شود که لایه D در شکل 5a از نظر ترکیب و ریز ساختار متفاوت از شکل (c,e) 5 است . شکل 6 جزئیات بیشتر لایه D را مانند شکل ((5a,c,e) نشان می دهد. زیر لایه کامل D (شکل 6a) ترجیحاً تیزاب کار ی شد و رنگ آن در مرحله اولیه TRD (به عمل آمده در دما 550 درجه سانتی گراد به مدت 0.5 ساعت) زیر میکروسکوپ اپتیکی سیاه شد و از این رو منطقه سیاه نامیده می شود. اجزاء تشکیل دهنده فاز مقاوم در برابر فرسایش در مراحل بعدی (شکل 6b علامت گذاری شده با S) در منطقه سیاه قبلی ته نشین می شود ، و منطقه بعدی با افزایش زمان تشکیل کروم یازیک و ناپدید می شود (شکل 6C) . این احتمال وجود دارد که

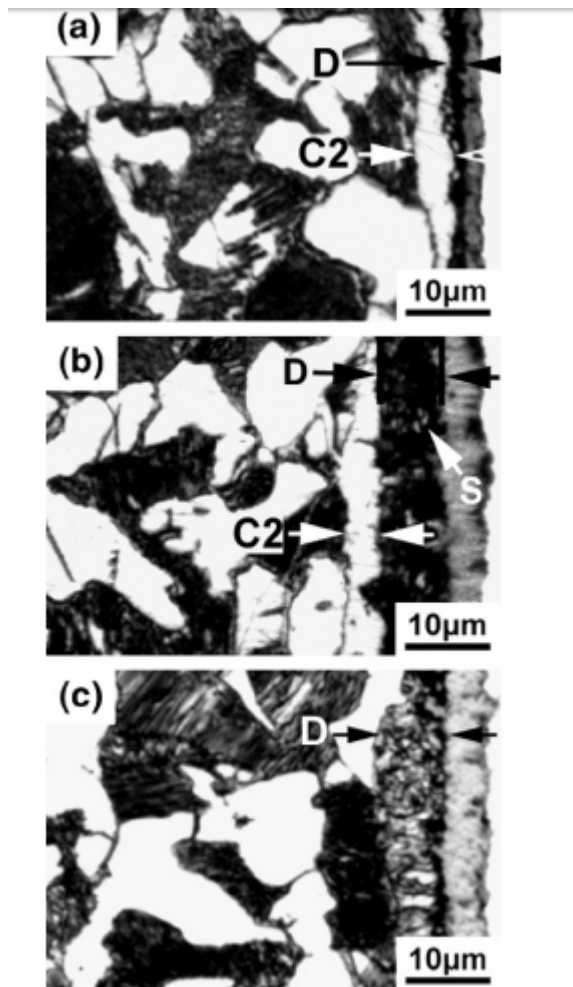
اتم های کروم منتشر شده در منطقه از سطح بیرونی جهت ترکیب با اتم های نیتروژن منتشر شده به منطقه از لایه ترکیب پسماند پلاسما نیتريد شده مسئول رسوب این اجزاء فاز باشد ، و لایه ترکیب CrN ، ضخامت لایه با افزایش زمان تشکیل کروم باشد. پراکندگی در اتم های کروم توسط مکانیسم های جانشینی مورد تایید قله ثانویه Fe آشکار شده در عمق 0-1 μ m (شکل 5d) واقع می شود که با اتم های مازاد Fe منتج از پراش به داخل اتم های کروم تولید می شود. از این دیدگاه منطقه سیاه که معمولاً در سایر پروسه های دو جزئی یا دو پلکس نوعی نقص ریز ساختاری تصور می شود ، میتواند منجر به پراکندگی و نشر عمیق تر اتم کروم در سوبستراها شود.

پراش نوشتاری نمونه (STD) اسکن و کاوش اشعه ایکس به منظور توضیح ساختار فاز منطقه سیاره استفاده شد که در آن عمق موثر نفوذ اشعه ایکس با تغییر زاویه شیب α_0 می تواند اصلاح شود . شکل 7a ساختار فاز را نشان می دهد که با مقدار عمق روی نمونه واکنش کروم در دما 550 درجه سانتی گراد به مدت 0.5 ساعت تغییر می کند . شدت $\alpha - Fe$ با افزایش عمق رسوب افزایش می یابد و عمق CrN را با رسیدن α^0 به 6 درجه افزایش داد و ثابت کرد که $\alpha - Fe$ فاز مهم در منطقه سیاه شکل 6 است و تجزیه مسیر انتقال لایه ترکیب پلاسما نیتريد عبارت است از

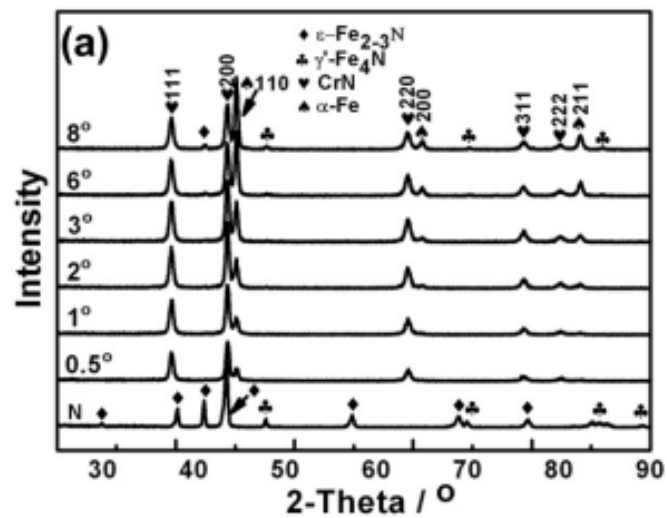


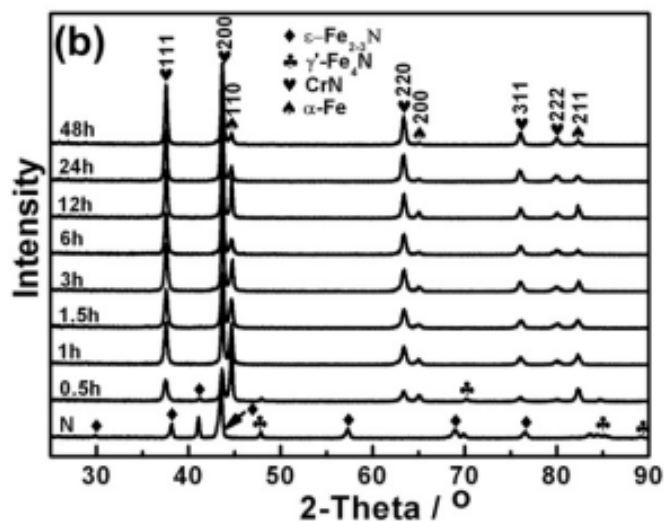
بنابراین نتیجه گرفته می شود که CrN فاز مهم لایه کروم نیتريد است و $\varepsilon - Fe_{2-3}N$ و $\gamma' - Fe_4N$ نمایان شده در 6 درجه از پس مانده لایه پلاسما نیتريد (c2 در شکل 6) بود.

شکل 7B تحول و تکامل مشابه اما فازی را با شدت بیشتر از شکل 4 نشان داد. البته ، قله ها و نوک های پراش قابل آشکاری از لایه c2 (شکل 5C) به علت لایه پس مانده و ناپیوسته پلاسما نیتريد که شناسایی آن به وسیله xrd مشکل بود ، وجود نداشت . نوع جدیدی از فاز کروم نیتريد ، علاوه بر Crn با تمدید زمان واکنش کروم تا 48 ساعت شناسایی شدند. بنابراین چنین باور می شود که پروسه واکنش دما پایین کروم تهیه شده به وسیله مکانیسم منحصربفرد رد دما 500-550 درجه سانتی گراد ادامه می یابد.

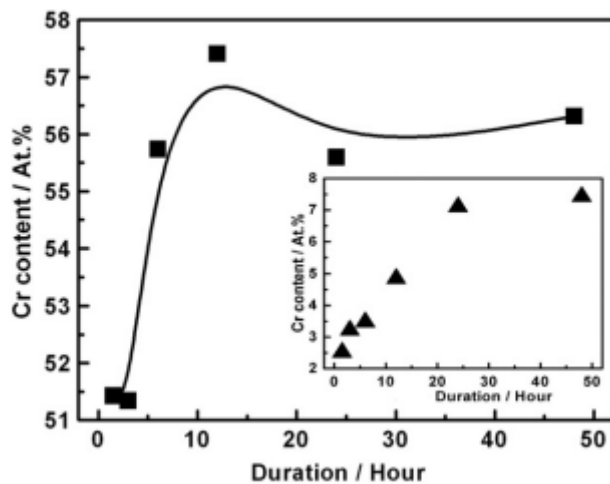


شکل 6: تکامل زیر ساختاری در منطقه سیاه نمونه های قرار گرفته در معرض کروم در دما 550 درجه سانتی گراد به مدت (a) 0.5 ساعت ، (b) 1 ساعت و (c) 3 ساعت





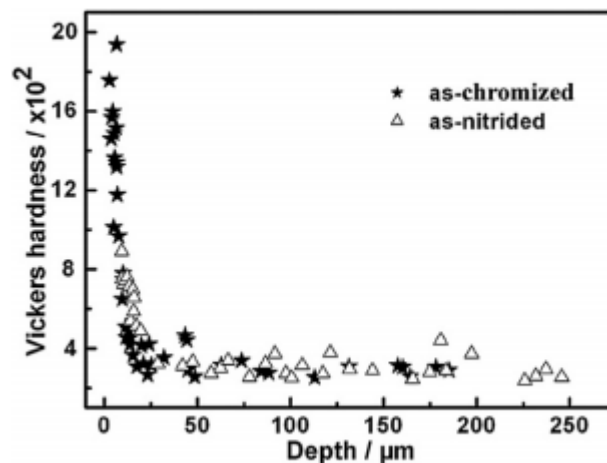
شکل 7: تکامل و تخول ساختار فاز در دما 550 درجه سانتی گراد. (a) ساختار فاز در منطقه سیاه نمونه تحت واکنش کروم در دما 550 سانتی گراد به مدت 0.5 ساعت که با پراش نوسانی نمونه مشخص شد (b) ساختار فاز که با افزایش زمان واکنش کروم تکامل یافت و با پراش مرسوم Bragg، CNr، در نمونه پلاسما نیتريد مشخص شد، 0.5° یعنی زاویه شیب یا نوسانی $\alpha_0 = 0.5^\circ$ است و مفاهیم سایر زاویه ها مشابه است. تمام جزء (N) از نمونه های گروه B بود.



شکل 8: محتوا Cr در لایه CrN تشکیل شده به وسیله واکنش کروم در دما پایین یعنی 550 درجه سانتیت گراد

▪ یعنی محتوا Cr در لایه ترکیب CrN

Δ = محتوا Cr در لایه پراش. تمام از نمونه های گروه C هستند



شکل 9: نیمرخ سختی بین روشک 1: * نمونه های گروه B که در دما 550 درجه سانتی گراد به مدت 6 ساعت در معرض واکنش کروم قرار گرفتند. Δ= نمونه های که در دما 450-560 درجه سانتی گراد به مدت 0.5 ساعت تحت واکنش پلاسما نیتريد قرار گرفتند.

3-5 خواص لایه دو جزئی کروم تشکیل شده در دما 550 درجه سانتی گراد

ثابت شد که ریز ساختار و خاصیت نمونه های دو جزئی کروم قابل تکثیر بودند زیرا هر دو گروه A و B که با روش های مشابه بجز اینکه دما در گروه B اندکی بالاتر بود تحت واکنش کروم قرار گرفتند تقریباً ریز ساختار و ساختار فاز مشابهی را ارائه میدادند. نتایج میکروسکپ نوری ثابت کرد که ضخامت لایه ی CrN به سختی پس از مصرف لایه ی ترکیب پلاسما نیتريد با تمدید زمان واکنش کروم افزایش میابد، نشان میدهد که منبع مهم نیتروژن جهت تشکیل لایه ی CrN با تجزیه ی لایه ی ترکیب پلاسما نیتريد تهیه میشود. میانگین ضخامت لایه ی CrN در واکنش کروم در دمای 550 درجه سانتی گراد به مدت 6 ساعت حدود 7.4 μm بود.

طبق شکل 8 میانگین درصد میانگین محتوای کروم که حدود 55.5 بود در زمان واکنش شیمیایی نمونه ها با کروم در دمای 550 درجه سانتی گراد و به مدت بیش از 6 ساعت تقریباً ثابت مانده بود. مقادیر محتوای کروم در شکل 8 بصورت عدد اتمی بیان شده و به این علت در صورت بیان درصد وزن احتمال بروز خطا وجود خواهد داشت و این خطا برای محلول های رقیق نسبتاً مهم است. طبق شکل 8 میانگین ظرفیت کروم در لایه ی نفوذی تا زمان پایان پروسه ی کروم افزایش پیوسته ای داشت.

شکل 9 نیم رخ های سختی Vickers را بین نمونه ها نشان میدهد که در دمای بین 540-560 درجه ی سانتی گراد به مدت 5.5 ساعت تحت واکنش پلاسما نیتريد قرار گرفتند و سپس تحت واکنش دمای پایین کروم یعنی در

دمای 550 درجه ی سانتی گراد قرار گرفتند. نیم رخ های یکسان سختی دوجموع از نمونه ها $25\mu\text{m}$ تا $250\mu\text{m}$ نشان میدهد که خاصیت (سختی) در داخل نمونه در زمان آزمایش کروم ثابت باقی ماند. میانگین سختی لایه ی CrN حدود $1476\text{HV}_{0.01}$ بود و میانگین سختی لایه ی نفوذی حدود $629\text{HV}_{0.01}$ بود. طبق تحقیقاتی که C.P. Luo و هم کاران در مورد TEM انجام دادند می توان گفت که لایه ی ترکیب CrN از دانه های برابر نانو ذره ی توزیعی (CrN(50-70nm) تشکیل شده که تشکیل هر یک از آنها با موارد زیر افزایش یافت:

(1). نیروی محرک ترمودینامیکی ساختار CrN (شکل 1).

(2). سرعت بالای هسته سازی از افزایش عرضه ی اتم های Cr و N در لایه ی نزدیک به سطح ایجاد میشود.

(3). رشد دشوار دانه های CrN ناشی از انتشار اتم ها در دماهای نسبتاً پایین. این دانه های نانو ذره و دانه های توزیعی CrN مسئول سختی بالای لایه ی ترکیب CrN و روکش کروم دار بودند. باید در آینده تحقیقات کاملی در مورد TEM انجام شود.

4 نتیجه گیری

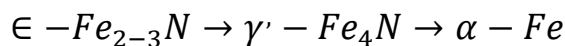
لایه ی CrN با لایه ی نازک نفوذی تشکیل شده در زیر سطح با فولاد کربن غیر آلیاژی $0.45\text{wt}\%$ توسط پلاسما نیتريد در دمای 540-560 درجه ی سانتی گراد به مدت 5.5 ساعت همراه با واکنش کروم در دمای پایین ظرف نمک یعنی در دمای 500-550 درجه ی سانتی گراد روکش گزاری شد که بطور کلی واکنش دوجزئی کروم نامیده میشود. نتیجه گیری های زیر طبق نتایج و تحلیل های فوق به دست آمد.

(1). لایه ی کروم تشکیل شده در مراحل اولیه ی پروسه ی دوجزئی کروم از سه لایه ی فرعی به نام های لایه ی خارجی CrN، لایه ی نفوذی میانی و لایه ی پسماند داخلی ترکیب پلاسما نیتريد. لایه ی پسماند نیتريد با افزایش زمان پروسه ی واکنش کروم ناپدید شد. فعالیت CrCl_2 در ظرف نمک و دمای واکنش کروم تأثیر زیادی بر سرعت واکنش کروم داشت.

(2). لایه ی نفوذی میانی تشکیل شده در مرحله ی اول TRD زیر OM "سیاه" مشاهده شد (منطقه ی سیاه) و فاز مهمی را به نام $\alpha - \text{Fe}$ تشکیل داد. خود فرسودگی منطقه ی سیاه توسط اتم های کروم منتشر شده در

منطقه جهت ترکیب با نیتروژن منتشر شده از لایه ی ترکیب پسماند پلاسما نیتريد منجر به انتشار عمیقتر اتم کروم در سوبسترا شد.

(3). لایه ی CrN به بهای تجزیه ی لایه ی ترکیب قبلی پلاسما نیتريد با مسیر انتقال زیر انجام شد



(4). ضخامت لایه ی CrN پس از مصرف کامل لایه ی قبلی پلاسما نیتريد کاهش میابد. البته ظرفیت کروم در لایه

ی نفوذی تا پایان پروسه ی واکنش کروم افزایش اندکی میابد. لایه ی CrN با میانگین ضخامت $7.4\mu m$ روی

نمونه ها با واکنش کروم در دمای 550 درجه ی سانتی گراد به مدت 6 ساعت تشکیل شد. میانگین بالای ریز

سختی $1476HV_{0.01}$ در لایه ی CrN به دست آمد که از مقدار بالای دانه های نانو اندازه و CrN توزیعی در لایه

ایجاد میشود.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی