مزیت نیتراسیون پلاسمایی درپوششدهی و سختکاری سطحی قالب های بزرگ پرسی در مقایسه با دیگر فرایندهای نیتراسیون

کامبیز رضائیان پور، کارشناس ارشد متالورژی
علی طاهری، کارشناس ارشد متالورژی
شرکت قالب های صنعتی ایران خودرو، واحد تحقیقات و فناوری

مقدمه

شکل دهی ورق های پر استحکام توسط قالب های پرسی با مشکلات زیادی روبرو می باشد سایش قالب های پرسی، بودری شدن و خراش ورق های فلزی و ورق های پر استحکام به طور عمده به هنگام کاربردهای پرسی اتفاق می افتد. از جمله این ورق های فولادی پر استحکام می توان به ورقهای DP (دو فازی) و فولادهای تغییر فرم یافته ناشی از تغییر فرم (TRIP) و بعضی از ورقهای فولادی پر استحکام (HSS) که برای قطعات ایمنی و بدنه خودرو مورد استفاده قرار می گیرند، اشاره کرد. همچنین ورق های نرم نیز در کار برد های کشش عمیق دچار مشکلات فراوانی می باشند لذا نیاز به قالب هایی که دارای دوام بالا و مقاومت سایشی بالایی باشند به شدت احساس می شود. مضافا بیشتر ورق های فولادی مورد استفاده در صنعت اتوموبیل سازی با یک لایه روی یا آهن – روی گالوانیزه شده اند که بر روی ضریب اصطکاک اثر بزرگی می گذارد همچنین ورقهای پر استحکام دارای درصد زیادی فاز مارتنزیت می باشند که در اثر پرس این مواد به هنگام کشش و شکل دهی ، قالب متحمل فشارهای سطحی بسیار زیادی می شود و فشار سطحی زیاد بین مواد و ابزار پرس شونده باعث افزایش درجه حرارت و ایجاد اصطکاک حرارتی (تنشهای حرارتی) می شود و در نهایت سایش و خوردگی سایشی قالب به مرور زمان اتفاق می افتد و باعث بودری شدن و خوردگی پوشش ورقها و کندگی پوشش آنها می شود لذا برای افزایش کیفیت قطعات پرسی ابزار پرس باید تحت عملیاتهای اصلاح کننده پوششی قرار بگیرند. این پوششها علاوه بر افزایش کیفیت سطحی قطعات پرسی سبب کاهش هزینه های نگهداری و تعمیرات قالب بعد از تولید می شوند. یکی از پوششهایی که بطور گسترده برای سخت کردن قالبها مورد استفاده قرار می گرفت پوشش کرم سخت بود این پوشش در مواردی که فشار تولید شده در طی فرایند پرسکاری بالا باشد دوام بالایی ندارد و برای کشش عمیق و شکل دهی ورقهای پر استحکام مناسب نمی باشد ترکیبی از فرایند های سطحی مختلف(duplex surface treatment) می تواند یک سطح را با خواص ترکیبی خوب ایجاد کند که توسط یک فرایند تنها ، بدان نمی توان دست یافت برای مثال ترکیب روش القایی با سخت کاری شعله ای یا نیتراسیون گازی یا نیتراسیون پلاسمایی و پوشش با لایه سخت pvd سبب ایجاد دوام عالی در ابزار به هنگام کاربرد های سخت پرسکاری می شود.

ابزار بزرگ را نمی توان به روش pvd پوشش داد لذا پوشش pvd برای قطعات جاردنی و بید های جوش می تواند مورد استفاده قرار گیرد. روشها و تکنیک های دیگر مهندسی سطح که باعث به وجود آمدن لایه های پوششی دوگانه و نفوذهای چند گانه می شوند برای پوششدهی قالبهای کوچک مورد کاربرد قرار می گیرند.

نیاز بیشتر صنعت قالبسازی برای پایداری بیشتر ابزار پرسی در برابر تنشهای تماسی شدید منجر به استفاده از لایه های پوششی چند گانه و نفوذهای چند گانه برای ایجاد لایه های سخت چند گانه گردید یکی از بهترین روشهای ایجاد این لایه های سخت روش نیتراسیون می باشد فرایند نیتراسیون معمول در صنعت برای پوششدهی ابزار پرسی به دو روش گازی و پلاسمایی می باشد.

به طور کلی تعداد زیادی از عملیا تهای سطحی وجود دارد که قابلیت اعمال بر روی قالب و ابزار پرسی را دارند ولی تنها عاملی که سبب عدم استفاده از آنها می شود عدم وجود داشتن چمبرهای بزرگ مطابق با عملیات حرارتی می باشد که این عدم دسترسی ، استفاده از این روشها را محدود می سازد لازم به ذکراست که این محدودیت شامل روش نیتراسیون نمی گردد. روش نیتراسیون پلاسمایی به تنهایی یک فرایند سخت کاری برجسته برای قالبهای بزرگ صنعتی شناخته شده است. برای قالبهای نیتریده شده که برای تولید قطعات پرسی بکار می روند داشتن سطحی با کلاس A با کمترین زبری سطحی ممکن و ایجاد سطحی نرم همراه با نسب سختی در مقاطع مختلف لایه نیتریده شده، از الزامات روشهای پوششدهی می باشد. وروش نیتراسیون پلاسمایی تمام مقاصد فوق را تامین می نماید، با وجود آنکه در روش آبکاری کروم، سطحی نرم همراه با کمترین زبری ممکن ایجاد می شود ولی توسط روش نیتراسیون و بخصوص نیتراسیون پلاسمایی زبری سطحی پایینتری حاصل می شود، این نرمی در سطح توسط پلیش کاری سطحی ابزار نیتریده شده حاصل می گردد.

اعمال فرایند نیتراسیون بر روی قالب

بسیاری از مواد قالب همانطور که در جدول ۱و۲ آورده شده اند برای عملیات نیتراسیون پلاسمایی کاندیدای مناسبی می باشند. قالبهای کامل پرسکاری می توانند از تمامی مواد جدول۱ بجز فولاد ابزار تند پر M2 که معمولا به عنوان جاردنی و بیدهای جوشکاری استفاده می شود، ریخته شوند.

در میان تمام فرایندهای سخت کاری ،عملیات نیتراسیون پلاسمایی بهترین گزینه برای سخت کاری مناطقی که تحت فشار شدید قرار دارند، می باشد.

جدول۱- ترکیب شیمیایی مواد قالب

Material	Chemical composition, wt%										
	C	Mn	Si	S	Cr	Ni	Cu	Al	Mo	V	W
M2	0.85	0.35	0.35	0.03	4.25	—	—	—	5.00	2.00	6.00
D2	1.5	0.6	0.6	—	12	0.3	—	—	0.95	1.1	—
Cast Cut#1	0.60	1.45	0.60	0.12	1.50	0.25	0.40	0.10	—	—	—
Calcite	0.7	0.5	0.2	—	5.0	—	—	—	2.3	0.5	—
Carmo	0.6	0.8	0.35	—	4.5	—	—	—	0.5	0.2	—

جدول۲- سختی متوسط مواد قالب ها در شرایط نیتراته و کوئنچ تمپر

Material	Nitrided 950°F/15 h in 25% N_2-75% H_2		Nitrided 900°F/15 h in 5% N_2-95% H_2		Quenched and tempered HRC
	Surface, HR15N	Surface, HV1	Surface, HR15N	Surface, HV1	
M2	—	—	94.5	1080	64-66
D2	—	—	92.8	1000	61-64
Cast Cut#1	91.1	874	91.5	878	60-62
Calcite	92.9	880	90.1	856	61-62
Carmo	90.0	903	83.0	890	60-65

اهمیت تمامکاری و پرداخت مناسب قالب بر روی نیتراسیون پلاسمایی

برای نیتراسیون موفقیت آمیز ابزار بزرگ پرسی و تولید یک ساختار که دارای حداکثر مقدار سختی ممکن باشد (ایجاد یک لایه ترکیبی غیر متخلخل ضخیم) به یک خلا خوب و اتاقکی با اتمسفر تمیز نیاز می باشد. این مهم بدون تمیز کاری مناسب قالب قبل از اعمال آن به محفظه نیتراسیون ممکن نمی باشد. رایج ترین ناخالصیها که باید از روی سطح قالب زدوده شوند روانکارهای جذب شده روی سطح قالب در طی فرایند TRY OUT و ریگکاری و طی مراحل تعمیر می باشند. این ناخالصیها سبب آلودگی سیستم خلا می شوند و باعث تقویت پلاسما می شوند به این معنی که آنها پتانسیل نیتراسیون پلاسمایی را افزایش می دهند و در نتیجه فازهای نا خواسته با ساختار متخلخل $\gamma'+\varepsilon$ که بصورت ناحیه ترکیبی COMPOUND ZONE می باشند تشکیل می شوند که شدیدا سرعت نیتراسیون را وقتی که گازهای جمال و اکسیژن موجود می باشد کاهش می دهد. حتی با وجود آماده سازی مناسب قالبهای پرس ، سطح نیتریده شده اغلب شامل لایه ای با ضخامت در حدود یک میکرون می باشد که این لایه یک لایه رسوبی چسبنده ضعیف و سست در فرایند نیتراسیون پلاسمایی می باشد این لایه متخلخل نزدیک سطح ابزار و شامل مقداری اکسیژن است این لایه بر روی خواص قالب تاثیر می گذارد و باعث کاهش سختی سطح قالب می گردد.

برای برطرف سازی و زدودن این لایه برای دستیابی به حداکثر سختی و حداقل زبری سطح قالب نیتراته شده ، عملیات پلیشکاری نهایی باید روی ابزار و قالبهای پرسی انجام گیرد و بعد از عملیات پلیشکاری سختی بسیار بالا می رود. شکل ۲ سختی فولاد M2 نیتراته شده را نشان می دهد.

فولاد D2 در نیتراسیون پلاسمایی می تواند سختی سطحی بسیار بالایی را کسب کند (شکل۳)، این فولاد بطور معمول در قالبهای ریخته گی بعنوان خشکه های جاذبی مورد کاربرد قرار دارد.

مسئله مهم در نیتراسیون پلاسمایی تشکیل یک لایه نیتریده با ساختار مناسب برای جلوگیری از ایجاد یک شرایط ترد می باشد، عدم حضور ناحیه ترکیبی و شبکه نیترو کاربیدها در مرز دانه برای رسیدن به یک ساختار مطلوب از الزامات این روش می باشد.

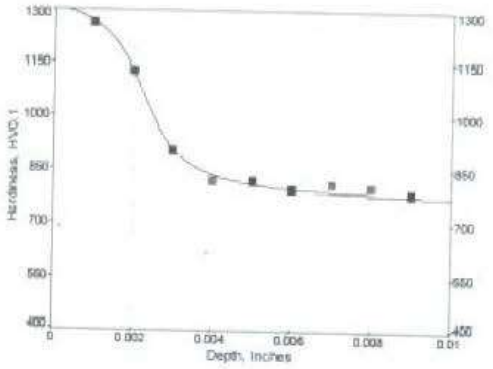
واکنش مواد پیشرفته قالب به نیتراسیون پلاسمایی

مواد قالبهای رایج واکنش خوبی را در برابر عملیاتهای حرارتی سنتی از قبیل کوئنچ تمپر بعد از حرارت دادن القایی یا شعله ای از خود نشان می دهند و آنها همچنین واکنش خوبی را به نیتراسیون پلاسمایی نشان می دهند. سختی سطحی بعد از عملیات نیتراسیون برای تمام موارد آزمایش شده بجز کارمو بالا می باشد (OVER 90 HR15N). الیاژ CARMO دارای مغزی با سختی کم و عمق سختی کم می باشد که این ناشی از شرایط انیل شدن این الیاژ به هنگام فرایند نیتراسیون می باشد.

فولادهای دیگر از قبیل M2 مغز سختی را تشکیل می دهند زیرا در طی فرایند نیتراسیون پایداری و مقاومت خوبی را به درجه حرارت نشان داده و تحت بازگشت قرار نمی گیرند و در مقابل تمپرینگ مقاومت می کنند.

Cast cut ، carom ، calide به سهولت تشکیل یک ناحیه مرکب(لایه سفید) از γ' (Fe4N) هنگام نیتراته شدن در ۵۱۰ درجه را حتی در اتمسفری با ۵ درصد نیتروژن می دهند ناحیه مرکب ممکن است همانند لایه های سخت فرایندهای PVD و CVD ابقای نقش نماید. زیرا ساختار کریستالوگرافی و خواصی مشابهی را با این لایه ها دارد.

باید مورد توجه قرار گیرد که سختی فولاد M2 بسیار بزرگتر از دیگر فولادهای جدول۲ می باشد و خیلی نزدیک به سختی نیترید کرم می باشد، نیترید کرم بطور گسترده به عنوان پوشش ضد سایش مورد استفاده قرار می گیرد اگر چه دارای ضریب اصطکاک بالایی می باشد.



شکل۲- تغییرات سختی در نمونه M2 نیتراته شده پلاسمایی در به روش پلاسمایی در ۹۰۰ فارنهایت

از جمله خواص عالی پوششهای نیتراته، ناچیز بودن مقدار تنشهای داخلی لایه های سخت شونده می باشد.

اثر مکانیزم نیتراسیون بر روی زبری سطحی

زبری سطحی یکی از مهمترین فاکتورهای کنترل کیفیت سطح قالبهای پرسی می باشد. داشتن سطحی نرم یا کمترین مقدار زبری یکی از اهداف اصلی ایجاد پوششها بر روی ابزار و قالبهای پرسی می باشد.

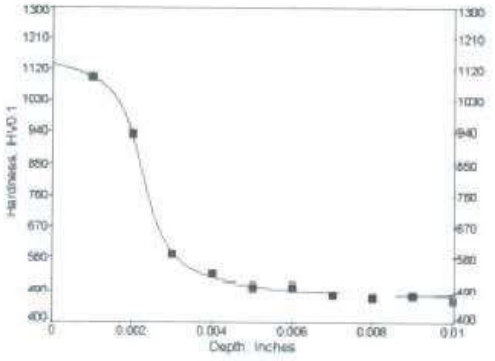
زبری سطح نیتراته شده باید کمترین مقدار ممکن باشد و هر گونه فرایند تمامکاری نباید هزینه بر باشد. طی آزمایشات تجربی مشخص شد که فالیهای چدنی نیتراته شده توسط فرایند نیتراسیون گازی دارای زبری بیشتری نسبت به فرایند پلاسمایی دارند و نیازمند فرایند تمام کاری بیشتری هستند. جدول ۳ نشان دهنده عملیات سطحی مختلف نیتراسیون بر روی چدن خاکستری می باشد.

عملیات نیتروکربورایزینگ گازی سبب ایجاد سطحی زبر گردیده است.برای کمینه کردن مشکل زبری از نیتراته کردن به همراه نیتروکربو رایزینگ و استفاده از درجه حرارت کمتر ۹۶۸ (۵۲۰) و پتانسیل نیتراسیون پائینتر استفاده می شود.این شرایط فرایند سبب کاهش زبری سطحی در مقایسه با نمونه کربو نیتراته گردید ولی باز هم زبری در سطح رضایتبخشی نبود. در طی فرایند پلاسمایی نمونه های چدنی،کمترین مقدار زبری سطحی با ریز شیار ها و حفره های بسیارکم نتیجه گردید.

اطلاعات زبری سطحی مختص هر فرایند در جدول ۳ آورده شده است. مقدار Rmax برای سطوح نیتراته شده به روش پلاسمایی اگرچه دارای کمترین مقدار ممکن می باشد ولی برای ابزار پرسکاری مقدار بالایی است. ولی از آنجائیکه زبری ها و پیکهای روی سطح از رسوب نیتریدها تشکیل شده اند که به صورت آزاد و غیر چسبنده و دارای پیوند ضعیفی با سطح می باشند لذا توسط یک فرایند پلیش نرم به راحتی از روی سطح نمونه زدوده می شوند.

ناحیه ترکیبی شکل گرفته در نیترو کربورایزینگ گازی و نیتراسیون گازی دارای ساختاری نا هموار همراه با عیوبات و ترکهای سطحی در طول لایه های گرافیتی مشاهده گردید این ناحیه ناهموار قسمت عمده ای از ناحیه پوشش داده شده را شامل می شود. همچنین ترک و نواحی تغییر فرم یافته پلاستیکی به این زبری ها اضافه می شوند. ولی در نمونه پلاسما شده ناحیه ترکیبی خیلی یکپارچه و فشرده و بدون هیچگونه عیب مهمی دیده شد.

در کاربردهای صنعتی اثر منفی نیتراسیون گازی قالب های پرسی ساخته شده از چدنهای خاکستری ممکن است ملموس تر از کاربردهای آزمایشگاهی باشد زیرا اینگونه مقاطع ریختگی بزرگ،اغلب دارای میکرو عیوب، فقدان یکنواختی، دکربوره شدن سطحی و گرافیتهای کشش می باشند که به گاز آمونیاک اجازه نفوذ به اعماق بیشتری را می دهد بنابراین لایه سفید تشکیل شده در طی نیتراسیون گازی از ناهمواری بیشتری برخوردار می باشد این مسئله در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ٤- تغییرات سختی در عمقهای مختلف نفوذ در فولاد ابزار D2

Process		Process parameters	
Plasma	NC	Temperature, °F (°C) Time, h %N_2	1050 (566) 15 50
Gas	NC	Temperature, °F (°C) Nitriding Potential, atm$^{-1/2}$ Carburizing potential, Kc (W) Time, h	1050 (566) 3 0.31 20
Gas	N	Temperature, °F (°C) Nitriding potential, atm$^{-1/2}$ Time, h	968 (520) 2 24

جدول۲-اطلاعات ازمایشات نیتراسیون و نیتروکربورایزینگ

عیوب سطحی چدنهای خاکستری ناشی از اختلاف فیزیکی گرافیت و زمینه پرلیتی، که بر روی سطح نمونه در طی فرایند های ماشینکاری و در حین شکل گیری ابعاد نهایی قالب تولید می شوند و همچنین ساختار ضعیف و سست گرافیتهای ورقه ای در زمینه پرلیتی چدنهای خاکستری و شکسته شدن این ساختار توسط ابزار برشکاری باعث بوجود آمدن زمینه ای غیر یکپارچه و متخلخل می شود و فصل مشترک میان لایه های گرافیتی و زمینه در سطح چسبندگی و یکنواختی موجود در مغز را دارا نمی باشند از این رو روش نیتراسیون گازی به دلیل ایجاد لایه سفید (لایه غیر همگن) برای اینگونه مواد توصیه نمی شود و از روش نیتراسیون پلاسمایی به دلیل ایجاد لایه ای متراکم و یکپارچه همراه با سطحی نرم برای این مقاطع استفاده می شود.

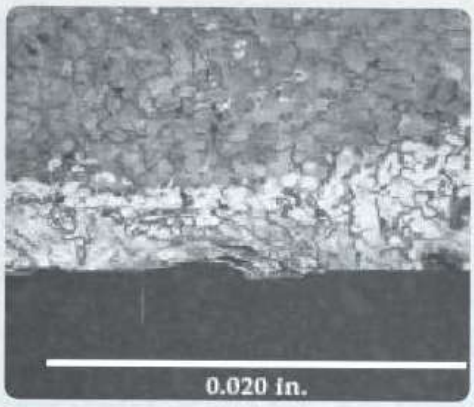
			Initial	Gas		Plasma
Temperature, °F (°C)				1050 (566)	968 (520)	1050 (566)
R_a, microin.	Measurement	1	3.31	203.64	121.67	35.67
		2	2.63	245.67	143.24	28.73
		3	2.05	126.99	130.98	36.92
		4	3.89	135.71	90.20	35.44
		5	2.72	138.32	106.44	29.53
Pick count, picks/in.	Measurement	1	5	145	119	145
		2	5	165	94	152
		3	0	114	102	157
		4	0	127	114	170
		5	0	119	107	170

جدول۳-زبری سطحی نمونه ها بعد از عملیاتهای مختلف

نتیجه گیری

۱- روش نیتراسیون پلاسمایی قابلیت اعمال بر روی فالیهای بزرگ صنعتی را بدلیل وجود داشتن چمبر های بزرگ مخصوص عملیات نیتراسیون دارا می باشد.

۲- زبری سطح نیتراته شده در روش پلاسمایی کمترین مقدار ممکن را دارا می باشد و توسط این روش رسیدن به سطحی کاملا نرم یا کیفیت سطحی A توسط یک فرایند پلیشکاری نرم امکان پذیر می باشد.



شکل۶- شکل میکروسکوپی ناحیه سطحی نیتروکربوره شده گازی یک قالب پرسی از جنس خاکستری به وزن ۱۱۳۵۰ کیلو گرم در دمای ۵۳۸ به مدت ۱۲ ساعت.دکربوره شدن شدید سطحی همراه با یک شبکه از گرافیت های لایه ای کیش و نفوذ عمیق ناحیه ترکیبی در طول لایه های گرافیتی از شکل مشخص می باشد.

۳- سطح قالبهای نیترانه شونده باید از هر گونه ناخالصی و روغن زدوده و پاک گردد زیرا ناخالصیها سبب تقویت پتانسیل نیتراسیون و سبب ایجاد فازهای ناخواسته (لایه سفید) در سطح می شوند که کاهش سختی در سطح را بد نبال دارند.

۴- لایه سخت شونده در طی فرایند پلاسمایی دارای یکپارچگی و تراکم خوبی می باشد در حالیکه در روش نیتراسیون گازی این لایه متخلخل و غیر یکنواخت می باشد.

۵- روش نیتراسیون گازی قابلیت اعمال بر روی چدنها را ندارد زیرا چدنها دارای سطح متخلخلی می باشند و در روش نیتراسیون گازی لایه ترکیبی متخلخلی ایجاد می شود ولی در روش پلاسمایی لایه ای سخت با تراکم عالی ایجاد می گردد.

منابع

1- Influence of nitriding mechanisms on surface roughness of plasma and gas nitriding/nitrocarbrized gray cast iron,Edward Rolinski,Advanced Heat Treat Corp

2-Plasma nitriding large stamping dies.www.asminternational.org

3-Konieczny,An Overview of formability,technological and aspects of the Automotive TRIP steels,proc.processing and fabrication of Advanced Materials,ASM intl.,oct.,2002

4- X.Nie,L.Wang,Z.C.Yao.Sliding wear behavior of electrolytic plasma nitrided cast iron and steel,Department of mechanical,Automotive and materials Engineering ,university of WINDSOR.2005

5-Luise N.Lopez de Lacalle,A.Lamikoze, Improving the surface finish in high speed milling of stamping dies,Department of Metallurgy and Materials Sience , University of the Basque country.2002

6-M.H.Staia,Y.Perez-Delgado,Hardness propertiese and high -temprature wear behavior of nitrided AISI D2 tool steel,prior and after PAPVD coating,school of metallurgical Engineering and Materials Sience,2009

نظرتان در مورد این مقاله چیست؟
عالی= ۲۵۱۰۴ / خوب= ۲۵۱۰۳ / متوسط= ۲۵۱۰۲ / ضعیف= ۲۵۱۰۱
شماره مورد نظر را از طریق پیامک (sms) به ۰۹۱۲۱۸۵۹۰۷۸ ارسال کنید.

خدمات وایرکات و سوپر دریل تکنووایر

طراحی و نقشه کشی حرفه ای دو بعدی و سه بعدی بو سیله Autocad

انتقال فناوری های نو ین تو لید ، مشاوره و نمونه سازی قبل از تولید

طراحی و ساخت قالبهای سنبه و ماتریس و تنگستن کارباید و پرو گرسیو

سوراخکاری دقیق با الکترود 0.5 تا 3 میلی متر

ساخت پیچیده ترین قطعات و مدل های مسی

مهند سی معکوس ، سایه نگاری

مهندس توسلی ۳۳۴۷۰۱۱۱-۰۹۱۲۱۰۳۷۴۵۲