مطالعه و بررسی تجربی بین دو سیم برنجی و نقره ای در ساختار مقطع ماشین کاری فولاد spk به روش وایرکات

مبین قاسمی[۱] ،دکتر سید محمد مهدی نجفی زاده [۲]، دکتر سید علیرضا مهاجرانی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک

Mobin1922_gh@yahoo.com

۲- استاد دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک

M_najafizadeh@iau-arak.ac.ir

۳- استادیار فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک

a-mohajerani@iau-arak.ac.ir

چکیده

در این تحقیق به مطالعه و بررسی پارامترهایی نظیر صافی سطح، متالوگرافی و ... بین دو سیم برنجی و نقره‌ای در ماشین‌کاری به روش وایرکات برای فولادspk پرداخته شده است. عملیات ماشینکاری به روش وایرکات مشابه سخت‌کاری سطحی می‌باشد. در این فرایند سطح ماشینکاری شده در اثر ایجاد شعله بسیار داغ می‌شود و سپس به‌وسیله مایه دی‌الکتریک به‌سرعت خنک می‌شود. همان‌طور که در تصاویر میکروسکپی مشاهده می‌شود، این عملیات می‌تواند موجب رشد ذرات کاربید در سطح ماده شود. این ذرات کاربید بسیار خطرناک بوده و می‌تواند موجب بروز شکست در سطح قطعه‌کار شود. نتایج تحقیق نشان می دهد در میان دو الکترود برنجی و نقره‌ای، الکترود برنجی به دلیل کوچک‌تر بودن ابعاد کاربیدهای ایجادشده مناسب‌تر است و از میان فولادهای استفاده‌شده در این تحقیق فولاد spk با سختی ۵۴ راکول به دلیل عدم ایجاد ساختار مارتنزیتی زیاد در سطح قطعه‌کار مناسب‌تر می‌باشد.

واژه های کلیدی: وایرکات، متالوگرافی، الکترود برنجی، الکترود نقره ای

An Experimental Study of Brass and Silver Wires in the Machining Section's Structure of SPK Steel by Wire-cut Process

mobin Ghasemi1, seyed Mehdi Najafizadeh 2, Seyed Alireza mohajerani 3
1. Department of Mechanics Islamic Azad University of Arak
Mobin1922_gh@yahoo.com
2. Professor, Faculty of Engineering, Islamic Azad University of Arak
M_najafizadeh@iau-arak.ac.ir
3. The Technical Assistant Professor Islamic Azad University of Arak
a-mohajerani@iau-arak.ac.ir

Abstract

Wire-cut machining is a non-traditional process of filing in which a source or the thermoelectric energy is used for the sake of filing. Electrodes consumed in the wire-cut are made of copper, silver or brass covered by different coatings of zinc and zinc oxide having formulas for better cut. In the present study, some parameters including surface smoothness and metallography of two wires (one made of brass and the other made of silver) in machining were investigated using the Wire-cut procedure for SPK Steel. Wire-cut machining procedure is similar to surface hardening process. In this procedure, the machined surface becomes too hot because of the flame creation; then it will be quickly cool down by the Dielectric fluid. As it can be seen in microscopic images, this procedure can result in carbide particles growth on the material's surface. These carbide particles are very dangerous and can cause failure(break) on the surface of the workpiece. The results of the present study show that a brass electrode is much more suitable in comparison with a silver electrode because of smaller carbide dimensions which have been created. Among the utilized steels in the current study, SPK Steel with *Rockwell hardness of 54 is more appropriate because it does not create a lot of* martensite structures on the workpiece's surface.

Keywords: Wire-cut, Metallography, Brass Electrode, Silver Electrode.

مقدمه

وایرکات[1] دستگاهی است که به‌وسیله سیم نازک (عمدتاً ۵۲ میکرون) داخل مایع دی‌الکتریک (آب مقطر) برش روی قطعه کار ایجاد می‌کند. انرژی ترموالکتریک با ایجاد یک جرقه سریع بین قطعه کار و سیم باعث ذوب لحظه‌ای[2] این نقطه می‌شود. عمل ذوب داخل یک مایع دی‌الکتریک انجام می‌گیرد. نقش دی‌الکتریک خنک کاری، شستشو و عمود نگه‌داشتن سیم است. جنس قطعه کار می‌تواند نرم مثل آلومینیوم، مس و برنج، تا فولادهای سخت و حتی تنگستن کارباید (الماس) باشد.

این جرقه قابل‌دیدن بوده و زمانی که آب تمیز است کنده شدن براده‌های میکرونی به‌وضوح دیده می‌شود. همین ویژگی است که وایرکات را منحصربه‌فرد می‌کند زیرا هیچ تماس فیزیکی بین سیم و کار وجود ندارد و همیشه یک‌فاصله[3] بین سیم و قطعه وجود دارد بنابراین خطای ابزاری کم و درنتیجه دقت زیاد می‌شود (ماسوساوا، ۲۰۱۱، ص۱۹۰).

نقش سیم وایرکات انتقال جرقه است و باید رسانایی خوب و استحکام کافی داشته باشد. به‌طورکلی دو نوع سیم مصرف شونده و رفت برگشتی وجود دارد. سیم‌های مصرفی در وایرکات از جنس مسی یا برنجی با پوشش‌های متفاوت روی و اکسید روی با فرمول‌هایی برای برش بهتر می‌باشد. اخیراً کشورهای کره تایوان و چین محصولات خوبی ارائه کرده‌اند. این سیم‌ها با کشش‌های متفاوت ۵۰۰ تا ۹۰۰ نیوتن بر متر می‌باشند و به دلیل فرسودگی با جرقه و افت سایز فقط یک‌بارمصرف می‌شوند(بوپانی، ۲۰۱۲، ص۴۷۳).

در مورد ماشین کاری ، با روش وایرکات تحقیقات متنوعی انجام گرفته است که در آنها شرایط ماشین کاری، نوع سیم های مورد استفاده و جنس قطعه کارها متنوع بوده است. بنابراین نتایج هر یک مختص همان آزمایش گزارش شده اند. در یک فرایند ماشین کاری تخلیه الکتریکی به روش EDM ترتیبی اتخاذ گردید تا میکروچاله های تولید شده در سطح قطعه کار به صورت همزمان و با سرعت تعیین شده از طریق یون های سیم تعیین شده در دی الکتریک وایرکات پوش داده شوند. این ویژگی موجب می شود تا سطح قطعه کار به نحو مطلوب و پیش بینی شده با مشخصات استاندارد تطبیق یابد (ون جنگ سو، ۲۰۱۶، ص۳۶۹).

فولاد SPK در شرایط اشتغال بالا فشار قدرت ورودی، نفوذ حرارتی و گرمای نهان تبخیر در ماشین کاری می تواند در برابر سیم برنجی نرخ پوشش متنوعی داشته باشد. این خواص فیزیک حرارتی در دستگاه وایرکات قابل تنظیم بوده به گونه ای که امکان گرایش تشکیل چاله و افزایش پالس در زمان بیشتر را فراهم می آورد (بوبیلی، ۲۰۱۵، ص ۶۶۷). مقایسه ماشین های مکانیکی و ماشین های EDM نشان داده است که در ماشین کاری به روش EDM چون شرایط ماشین کاری با دقت تنظیم می شود، دست یابی به سلامت سطح قطعه کار امکان پذیر است. فولاد SPK در شرایط مختلف حرارتی فیزیکی رفتار مختلفی دارد. به همین دلیل است که امروزه در قفسه کار با چنین فولادی از وایرکات استفاده می شود(کلینک، ۲۰۱۱، ص۱۷۹).

ارتعاش سیم و سرعت یونیزاسیون در سطح قطعه کار در ماشین کاری بسیار حایز اهمیت است. سیم های برنجی و نقره ای در شرایط توان و ولتاژ مختلف دستگاه و نیز فاصله میان گایدها واکنس متفاوتی دارند. بنابراین کار با این دو سیم بر روی فولاد SPK خروجی متفاوتی دارد (لطفی نیستانک،۱۳۸۶) در یک گزارش آزمایش انجام گرفته آمده است نرخ برداه برداری در سیم برش های مختلف ماشین کاری وایرکات متفاوت است. این مسئله موجب می شود تا ترکیب بین فلزی در شرایط زیری سطح قطعه کتار خروجی متنوع داشته باشد (توانگر، ۱۳۸۷). فولاد SPK به دلیل قابلیت سردکاری بسیار بالا برای استفاده در قالب های آهنگری و ابزارهای برش استفاده فراوان دارد. آنالیزهای ریزساختاری به وسیله میکروسکوپ نوری، سختی سنجی و میزان راکول این فولاد نشان داده است که با افزایش دمای تمپر شدن کاربیت های بیشتری در زمینه رسوب یافته، میزان آستنیت باقی مانده کاهش می یابد. در نتیجه باعث کاهش سختی فولاد و افزایش انرژی ضربه پذیری فولاد می شود (وفایی نژاد،۱۳۸۹). در آزمایش دیگر مشاهده

1 Electrical discharge machining
2 burning away
3 GAP

گردید که فولاد SPK به عنوان ابزار سردکار در ماشین کاری وایرکات از طریق آنالیز نسبت سیگنال به نویز ترکیب بهینه پارامترهای ماشین کاری از نرخ براده برداری حجمی دلخواه و هدفمند بر روی قطعه کار برخوردار است. این قابلیت کاربرد این فولاد را درص نایع مختلف امکان پذیر ساخته است (رمضی،۱۳۸۵). نتایج مذکور نشان می دهد که ویژگی های فولاد SPK از یک طرف و امکانات تنظیم شرایط محیطی ماشین کاری به روش وایرکات از طرف دیگر موجب شده است تا خروجی های متنوعی از قطعه کاری های این فولاد به دست آید که در صنایع مختلف کاربرد داشته باشد.

روش انجام آزمایش

در این آزمایش ابتدا شرایط فیزیکی مانند دما، حرارت، ولتاژ، شدت جریان، تنظیم گردید. سپس در قطعه کار فولاد spk در دو نوبت به ترتیب در سیسم های نقره ای و برنجی فرآیند وایرکاتاسیون اجرا شد. شرایط آزمایشگاه برای سیم نقره ای عبارت بود از : وزن مخصوص $10/49 g/cm^3$ ، دمای ذوب° c ۱۰۶۵ – ۱۰۸۵ ، رسانای حرارتی w/mk ۳۸۸، گرمای ویژه j/kg°k ۳۸۵ ، ضریب انبساط حرارتی ۱/c ۱۶/۷ × ۶۱۰ – و مقاومت الکتریکی nΩcm ۱۵/۸۷ .

برای سیم برنجی وزن مخصوص $8/7 g/cm^3$ – ۸/۴ ، دمای ذوب° c ۹۰۰ – ۹۴۰ ، رسانای حرارتی w/mk ۱۱۵، گرمای ویژه j/kg°k ۳۸۰ ، ضریب انبساط حرارتی ۱/c ۱۸/۷ × ۶۱۰ – و مقاومت الکتریکی nΩcm ۶۴. ضمناً ابعاد قطعه کار فولاد sw ۱۵ و ارتفاع ۲۰mm در نظر گرفته شده بود.

در این تحقیق ماشینکاری به روش وایرکات بر روی فولاد spk با دو جنس سیم برنجی و نقره‌ای انجام شده است. در ادامه با استفاده از میکروسکوپ‌های نوری و الکتریکی به بررسی سطح ماشینکاری شده و تاثیر تغییر جنس سیم بر روی سطح ماشینکاری پرداخته شده است.

در این تحقیق از روش متالوگرافی استفاده شده است. به گونه ای که ساختار پرلیتی مقطع برش خورده فولاد مورد نظر، نحوه توزیع ذرات کاربید در زمینه پرلیتی به همراه جزایر مارتنزیتی در سطح برش خورده فولاد خام بدون سختی ماشین کاری عکس برداری شده است. بافت های مشاهده شده مورد ارزیابی قرار گرفته . این فرایند در دو نوبت با سیم های برنجی و نقره ای اجرا شده است. و انواع بزرگ نمایی آنها در مقیاس های X500.X100، X3000 بزرگنمایی شده است. مقیاس این نماهای متالوگرافی که بطور میکروسکوپی تهیه گردید امکان تشخیص رفتار فولاد مورد آزمایش را در شرایط آزمایشگاهی تنظیم شده در وایرکات فراهم نمود. همچنین در این آزمایش ها ساختار مارتنزیتی تمپر شده درزمینه فولاد SPK با سختی راکول ۵۴ تجربه گردیده است. قابل ذکر است متالوگرافی در راستای آماده سازی نمونه فولاد مورد آزمایش برای بررسی های میکروسکوپی و مطالعه زیرساختار آن جهت تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی آلیاژ بوده است. در تحقیق حاضر تصاویر متالوگرافی تهیه شده تحت استاندارد ASTME883-11 در بنیاد علوم کاربردی رازی انجام شده است. میکروسکوپ نوری مورد استفاده نیز در شرایط محیطی دمای ۲۵ درجه سیلسیوس و رطوبت ۴۱٪ تنظیم گردید.در این تصاویر مشخصات فنی آزمایش ها مستند گردید.

مراحل مختلف استفاده از تکنیک طراحی آزمایش‌ها را می‌توان به شرح ذیل برشمرد:

۱. طراحی آزمایش (انتخاب پارامترهای مورد بررسی و سطوح تغییرات آنها و تعیین آرایه یا چهارچوب انجام آزمایش‌ها)
۲. انجام آزمایش‌ها (جهت کاهش خطاهای احتمالی، انتخاب تصادفی شماره آزمایش حائز اهمیت می‌باشد.)
۳. تحلیل نتایج

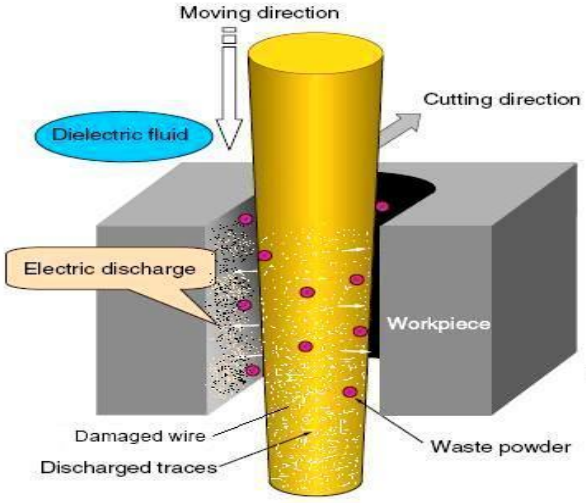
پس ازانجام آزمایشهای لازم و جمع آوری داده ها به بررسی تصاویر میکروسکوپ‌های الکتریکی و نوری پرداخته شده است.

نتایج

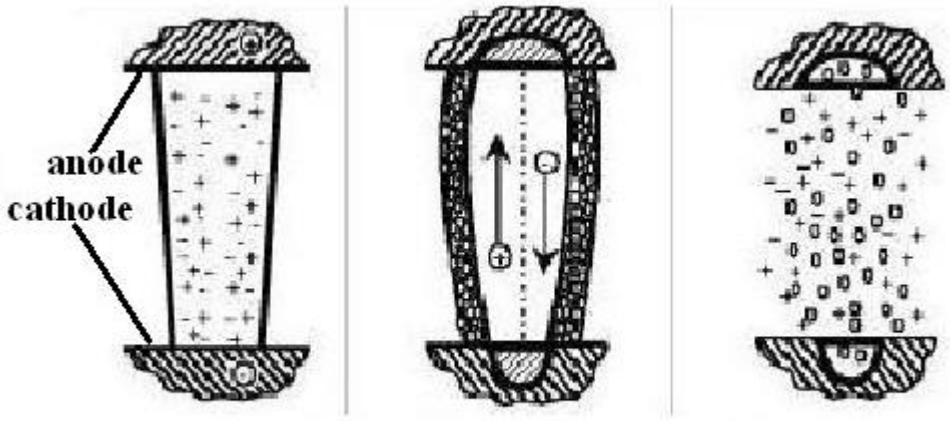
تاثیر الکترود بر روی سطح ماشینکاری وایرکات

براده‌برداری با تخلیه الکتریکی یک پروسه الکتروترمال بوده که حرارت و الکتریسیته در آن دخیل هستند. در وایرکات براده-برداری از قطعه کار با برقراری ولتاژ پالسی و منقطع برقرار شده بین دو الکترود (سیم و قطعه کار)، که در سیالی به‌نام دی الکتریک غوطه ور می باشند(آب دی یونیزه) و با زدن جرقه در سرتاسر کانال ما بین دو الکترود انجام می‌شود. با هرجرقه، جزء کوچکی از ماده از سطح قطعه کار، و جزء کوچکتری هم از سطح سیم جدا می گردد. در نهایت با تعداد زیادی جرقه عمل ماشینکاری انجام - می‌شود.

برداشت مواد در این روش مبتنی بر اثر فرسایشی جرقه‌های الکتریکی بوده و لذا تئوری ترموالکتریک تایید شده‌ترین مدل کار وایرکات است. این تئوری با توجه به دمای بالای ایجاد شده در دانسیته بالای انرژی بر روی سطح، سبب ذوب و تبخیر شدن در روی سطح قطعه کار و ایجاد حوضچه‌های بسیار کوچک و در نهایت ایجاد دهانه‌های آتش فشانی می‌باشد. در شکل (۱) نشان داده شده که پس از متلاشی شدن حباب گازی و بر داشته شدن فشار از روی حوضچه‌های مذاب شکل گرفته بر روی سطح قطعه و سیم، ذرات از سیم با سرعت بالائی از حوضچه‌های ایجاد شده در اثر جرقه خارج شده و بر اثر برداشته شدن فشار ستون پلاسما بطور تصادفی با سرعت بسیار زیاد به حرکت در آمده و به بدنه قطعه کار برخورد خواهند کرد. لذا در سطح برش، آلیاژسازی با ذوب مجدد زمینه و مخلوط شدن عناصر آلیاژی موجـود در سطح با زمینه انجام می‌شود. در حین آلیاژسازی در حوضچه مذاب یک جریان جابه‌جایی سریع صورت می‌گیرد و توزیع مجدد عناصر آلیاژی در این ناحیه را سبب می‌شود. در سطح برش، لایه‌ای دارای ضخامت تقریباً ۲۰μm – ۵۰ تشکیل خواهد داد و لذا چنانچه لایه آلیاژی غنی از عناصر آلیاژی باشد، در نتیجه دارای خواص بالاتر نسبت به زمینه خواهد شد. در این حالت صافی سطح نسبت به حالت اولیه کمتر می باشد. صافی سطح وابستگی شدیدی به اختلاط یکنواخت عناصر آلیاژی در حوضچه مذاب دارد. مخلوط شدن یکنواخت عناصر آلیاژی نیز به شدت جابجایی جرم در حوضچه مذاب وابسته است. در مرز بین مذاب و زمینه یک لایه نازک نفـوذی نیز تشکیل می‌شود که دارای ضخامت تقریباً ۱۰μm می باشد. این پدیده بدلیل نفوذ کانال‌های باریک فاز مذاب در مرزدانه‌ها می‌باشد.

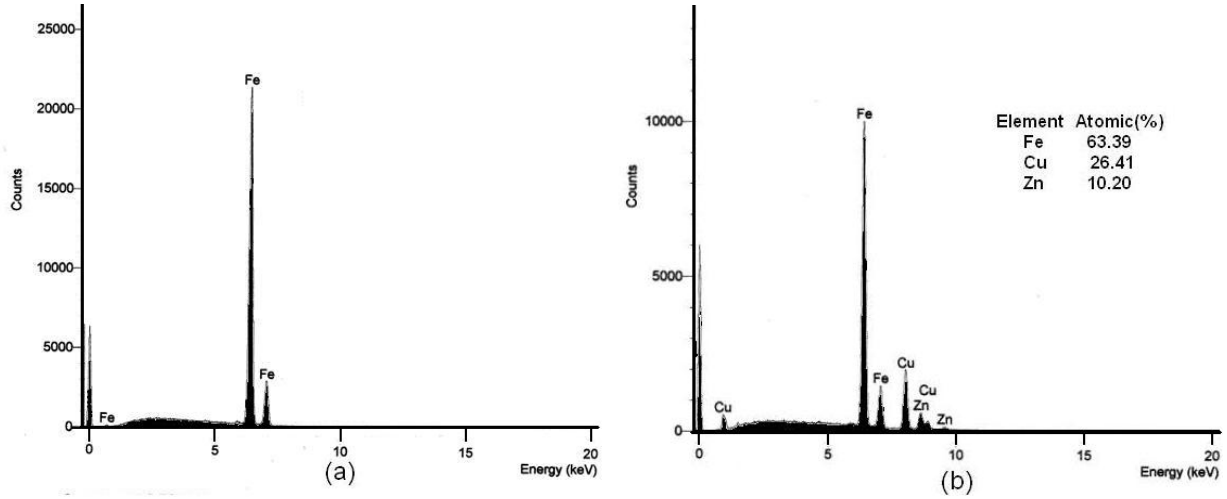


شکل ۱- فرسایش سیم و قطعه کار در حین براده‌برداری



شکل ۲-دهانه آتش‌نشانی شکل‌گرفته بر روی سیم

در شکل(۳) آنالیز سطح قطعه قبل از کار برش و آنالیز سطح قطعه بعد از برش با سیم برنجی مشاهده می شود، به وضوح می توان نفوذ مواد سیم در سطح قطعه کار را مشاهده نمود. اما با توجه به آنچه گفته شده و با توجه به سایز و تعداد دهانه‌های آتش-فشانی ایجاد شده و یا به عبارت دیگر درصد آوارهای برداشته شده از سطح سیم و همچنین قطعه کار، می بایستی به این نکته توجه کرد که، در صد این آوارها که با سرعت بسیار زیاد به سطح قطعه کار می رسند و بر روی آن قرار می گیرند، در پارامترهای مختلف متفاوت است.



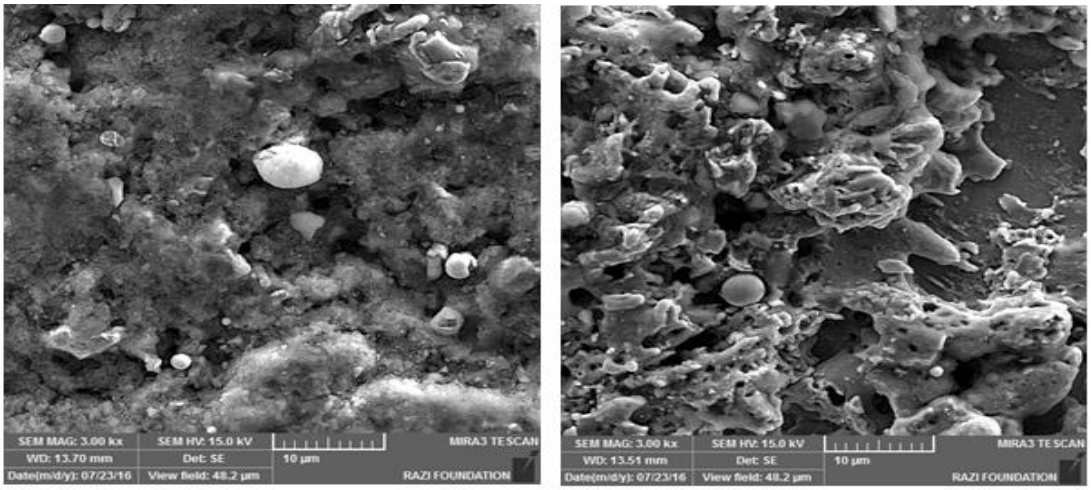
شکل ۳- آنالیز قطعه a)قبل از انجام وایرکات b) بعد از انجام وایرکات

در این تحقیق پس از آماده‌سازی و طی مراحل تئوریک طراحی آزمایش و اطمینان از امکان اجرای طراحی انجام شده و نتیجه‌بخش بودن آن، نوبت به انجام آزمایش‌ها می‌رسد. اولین مرحله در فرآیند انجام آزمایشهای ماشینکاری است که خود شامل آشنایی با ساختمان ماشین و نحوه برنامه‌نویسی و کار کردن با آن است. این آزمایشها بر روی ماشین وایرکات مدل JOEMARS

WT655S با ژنراتور ایزوپالس، استفاده شده است انجام شده است. همچنین با توجه به تاثیر هدایت الکتریکی دی الکتریک، مقدار آن در تمام آزمایشات با کنترل میزان هدایت الکتریکی آب دی یونیزه شده، ثابت بوده است.

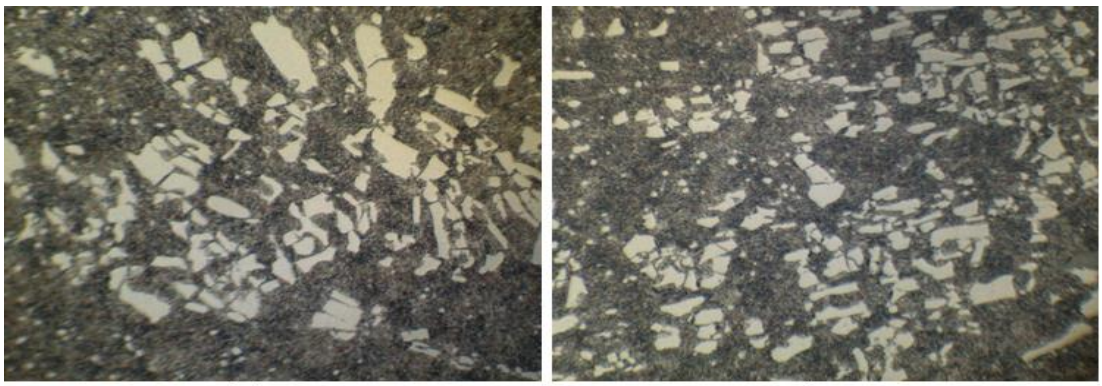
تصاویر SEM آورده شده در شکل(۴) در این آزمایش، با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی (FE-SEM) ساخت شرکت TE-SCAN مدل MIRA3 بنیاد علوم کاربردی رازی با شرایط محیطی دمای ۲۵ درجه سیلسیوس و رطوبت ۴۱٪ انجام شده است..

تصاویر SEM آورده شده در این آزمایش، با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی (FE-SEM)ساخت شرکت TE-SCANمدل MIRA3 بنیاد علوم کاربردی رازی با شرایط محیطی دمای ۲۵ درجه سیلسیوس و رطوبت ۴۱٪ انجام شده است.



(b) (a)

شکل ۴- توزیع ذرات کاربید در زمینه مارتنزیت تمپر شده درفولاد SPK با سختی ۵۴ راکول ماشینکاری(a) با سیم نقره‌ای و (b) با سیم برنجی (بزرگنمایی X3000)



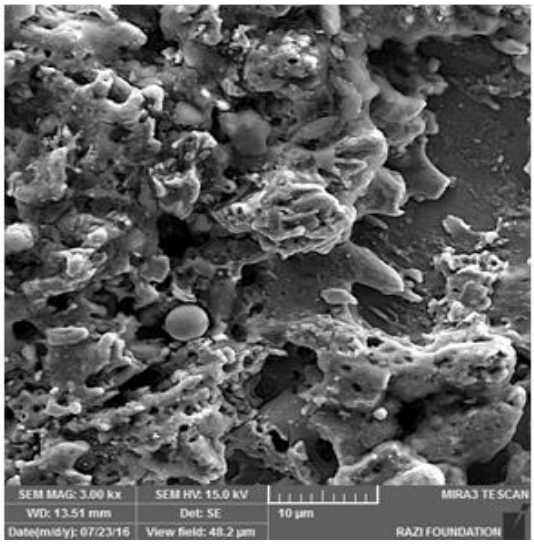
(a) (b)

شکل ۵- توزیع ذرات کاربید در زمینه مارتنزیت تمپر شده درفولاد SPK با سختی ۵۴ راکول ماشینکاری(a) با سیم نقره‌ای و (b) با سیم برنجی (بزرگنمایی X500)

همانطور که در شکل‌های بالا نشان داده شد، عملیات ماشینکاری به روش وایر کات مشابه سخت‌کاری سطحی می‌باشد. در این فرآیند سطح ماشینکاری شده در اثر ایجاد شعله بسیار داغ می‌شود و سپس به وسیله مایع دی‌الکتریک به سرعت خنک می‌شود. این موضوع باعث ایجاد سطح مارتنزیتی[۱] بر روی قطعه کار می‌شود. این موضوع باعث افزایش سختی سطح و بالا رفتن مقاومت به سایش می‌شود، که در تولید چرخدنده می‌تواند بسیار مناسب باشد. بنابراین فرآیند ماشینکاری وایرکات برای قطعاتی مناسب است که لازم است در سطح آن‌ها سختکاری انجام شود.

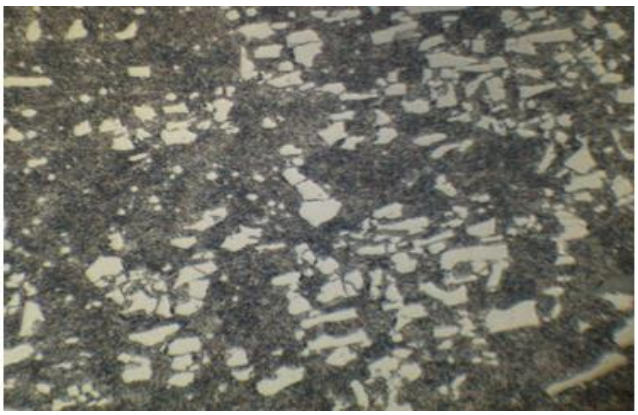
تاثیر تغییر جنس بر روی ماشینکاری وایرکات

تصاویر SEM برای فولاد SPK متفاوت در شکل‌های ذیل آورده شده است.

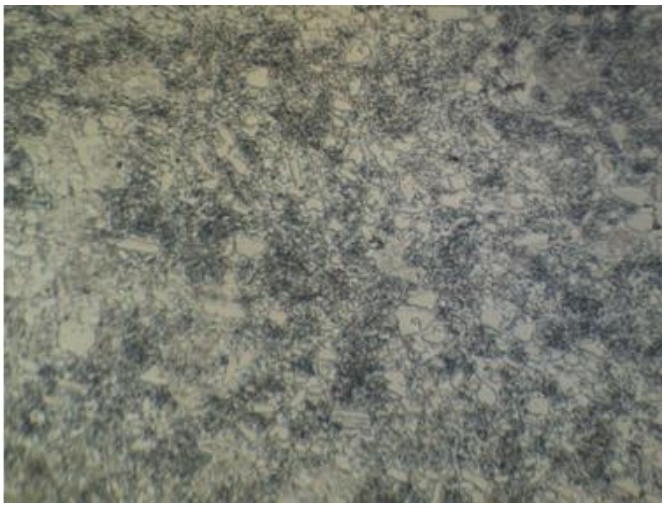


شکل ۶- توزیع ذرات کاربید در زمینه مارتنزیت تمپر شده درفولاد SPK با سختی ۵۴ راکول ماشینکاری با سیم نقره‌ای (بزرگنمایی X3000)

[۱] مارتنزیت (Martensite) : بطور کلی به ساختارهای بلورینی گفته می‌شود که توسط استحاله مارتنزیتی به وجود بیایند. اما این اصطلاح بیشتر به فاز مارتنزیت در فولادهای سخت‌شده اطلاق می‌شود. اگر اوستنیت به قدری سریع سرد شود که هیچ یک از استحاله‌های بر پایهٔ نفوذ در آن اتفاق نیفتدو فوق سرمایش تا حدی ادامه یابد که ساختار fcc پایدار نباشد، این ساختار بصورت برشی به bcc تبدیل می‌شود که از کربن فوق اشباع شده است. فاز حاصل را مارتنزیت می‌نامند.



شکل ۷- توزیع ذرات کاربید در زمینه مارتنزیت تمپر شده درفولاد SPK با سختی ۵۴ راکول ماشینکاری با سیم نقره‌ای (بزرگنمایی X500)



شکل ۸- توزیع ذرات کاربید در زمینه پرلیتی به همراه جزایر مارتنزیتی در فولاد SPK خام بدون سختی ماشینکاری با سیم نقره‌ای (بزرگنمایی X500)

همانطور که در شکل‌های بالا نشان داده شد، عملیات ماشینکاری به روش وایر کات مشابه عملیات سخت‌کاری سطحی در صنعت می‌باشد. در این فرآیند سطح ماشینکاری شده در اثر ایجاد شعله، بسیار داغ می‌شود و سپس به وسیله مایع دی‌الکتریک به سرعت خنک می‌شود. این موضوع باعث ایجاد سطح مارتنزیتی بر روی قطعه کار می‌شود. این موضوع باعث افزایش سختی سطح و بالا رفتن مقاومت به سایش می‌شود، که در تولید قطعاتی نظیر چرخدنده می‌تواند بسیار مناسب باشد. بنابراین فرآیند ماشینکاری وایرکات برای قطعاتی مناسب است که لازم است در سطح آن‌ها سختکاری انجام شود.

شکل‌های (۷) و (۸) توزیع ذرات کاربید در زمینه مارتنزیت تمپر شده درفولاد **SPK** ، را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود، ذرات کاربید ایجاد شده در سطح قطعه بسیار خطرناک است، زیرا موجب تردی شدید در سطح ماده شده است.

یکی از پدیده‌های مخرب و خطرناک در صنعت، پدیده شکست می‌باشد. جدایش یک قطعه به دو یا چند قطعه تحت تنش‌های اعمالی و شرایط کاری را شکست گویند. شکست همواره در قطعات دو مرحله دارد، در مرحله اول جوانه‌زنی[1] می‌باشد و در این مرحله ترک ایجاد می‌شود. مرحله بعدی رشد ترک[2] می‌باشد، که در این مرحله طول ترک زیاد می‌شود. شکست در مواد به دو صورت شکست نرم[3] (در این شکست ماده قبل از وقوع شکست تغییر شکل زیادی می‌دهد) و شکست ترد[4] (در این شکست ماده تغییر شکل کمی داشته به صورت ناگهانی اتفاق می‌افتد.) صورت می‌پذیرد. شکست نرم معمولا در مواد با سختی کم صورت می‌پذیرد و با توجه به تغییر شکل زیاد، قابل پیشبینی هستند، اما شکست‌های ترد چون به صورت ناگهانی اتفاق می‌افتند بسیار خطرناک هستند. مکانیزم رشد ترک در مواد ترد بسیار سریع‌تر از مواد نرم اتفاق می‌افتد، بنابراین در مواد با سختی بالا (۵۰ راکول) با توجه به احتمال رشد سریع ترک باید از جوانه‌زنی ترک‌ها جلوگیری کرد. در فرآیند ماشینکاری با روش وایر کات همانطور که در شکل‌های بالا نشان داده شد، کاربیدهای ایجاد شده در سطح ماده جزء نقاط بسیار مستعد جهت جوانه‌زنی و ایجاد ترک می‌باشند و با جوانه زنی ترک‌ها در سطح مواد سخت، این ترک‌ها به سرعت رشد می‌کنند و باعث ایجاد شکست در قطعه کار می‌شوند. لذا فرآیند ماشینکاری به روش وایرکات در صورتی که موجب رسوب کاربیدها در سطح ماده شود (بویژه مواد با سختی بالا)، می‌تواند بسیار خطرناک باشد. در این تحقیق آزمایشگاهی مشاهده گردید سیم نقره ای در وایرکاتاسیون قطعه کار **SPK** به مراتب سطح صاف تری را نسبت به سیم برنجی ایجاد نمود. از انجا که این نوع فولاد از سختی بالایی برخوردار است، مقاومت به سایش قابل قبولی دارد. از این جهت در قطعات ماشین آلاتی که تحرک خطی دارند می توان از آن استفاده نمود. اصطکاک کم، ایجاد حرارت کم از دیگر ویژگی های سایشی این فولاد در ماشین آلات پرتحرک است. بنابراین عمر قطعه کار را نیز افزایش می دهد. از این فولاد برای ساخت تیغه های برش ، ابزارهای خان کشی، پولک زنی و ابزارهایی که با آن عمل شکل دهی سرد صورت می گیرد استفاده می شود.

1 Nucleation crack
2 Growth crack
3 Fracture Ductile
4 Fracture Brittle

منابع

توانگر، محسن. (۱۳۸۷). بررسی تأثیر پارامترهای ماشینکاری سیم برش (وایرکات) بر زبری سطح و نرخ براده برداری ترکیب بین فلزی گاما آلومینایدتیتانیم. نهمین کنفرانس مهندسی ساخت و تولید ایران. بیرجند: دانشگاه بیرجند.

رمضی، حسین. (۱۳۸۵). بررسی تأثیر پارامترهای ماشینکاری وایرکات بر زبری و نرخ براده بردتاری حجمی فولاد ابزار سردکار ۲۶۰۱. چهاردهمین کنفرانس سالانه (بین المللی) مهندسی مکانیک. اصفهان : دانشگاه اصفهان.

لطفی نیستانک، علی اکبر. (۱۳۸۶). بررسی اثر پارامترهای مختلف برش بر روی ارتعاش سیم و تأثیر آن بر روی سطح ماشین کاری شده در ماشین وایرکات. دومین کنگره بین المللی (هشتمین کنگره ملی). مهندسی ساخت و تولید ایران. تهران : دانشگاه علم و صنعت ایران.

وفایی نژاد، حسین. (۱۳۸۹). عملیات حرارتی فولاد ابزار سردکار و بررسی ریزساختار و خواص مکانیکی آن. طرح پژوهشی مشهد: دانشگاه فردوسی ، گروه مهندسی مواد و متالوژی.

bobbili,Ravindranadh .Modelling and roughness in wire-cut EDM of armour material .Engineering science and technology an international journal.(2015).(18).664-665.

S. Boop Klink ,A; Guo,Y.B. Surface integrity evalution of powder metallurgical tool steel bymain cut and finidhing trim cuts in wire-EDM procedia Engineering(2011).(19).178-183.

athi, “Experimental Comparative Study of Near-Dry Wire-Cut Electrical Discharge Machining (WEDM)”, European Journal of Scientific Research ISSN 75 (2012) 472-481

Masuzawa, T. Kuo, C.L. Fujino, M, "A combined electrical machining process for micronozzle fabrication", Ann. CIRP. 43 (1) (2011) 189–192.

Wen-jng Hsue,Albert. Toward synchronous hybrid micto-EDM grinfing of micro-holed using helical taper tools formed by Ni-Co/diamond co-deposition.Journal of material processing Technology: (2016)(234).365-382.