مطالعه و بررسی تجربی بین دو سیم برنجی و نقره ای در ساختار مقطع ماشین کاری فولاد ck45 به روش وایرکات

مبین قاسمی[۱]، دکتر سید محمد مهدی نجفی زاده[۲] ، دکتر سید علیرضا مهاجرانی۳

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 فولاد ck45 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 ck45 با سختی ۵۰ 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 Ck45 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 ck45 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, Ck45 Steel with *Rockwell hardness of 50 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

در ماشین کاری وایرکات تغییر شرایط برای ماشین کاری و بهره گیری از ابزار سیم های گوناگون وجود دارد. تغییر ولتاژ، تغییر سرعت یونیزاسیون، تغییر در ورودی و خروجی سیم ها بر اساس جنس و قطر از دیگر ویژگیها و امکاناتی است که امکان بهره برداری از دستگاه وایرکات را متنوع ساخته است (ون جونگ، ۲۰۱۶). سطح زبری و صافی قطعه کار از دیگر مشخصه هایی است که می تواند در کیفیت بهره گیری از ماشین کاری EDM مؤثر واقع شود. به عنوان مثال بهترین زبری سطح به دست آمده با استفاده از استراتژی رادیوم ۰/۱۰۷ برای ورق فولاد ضدزنگ با عمق ۰/۳۰۰ فولادی با ویژگی SUS304 بوده است (ون جونگ، ۲۰۱۶). سیم برنجی ویژگی خاصی دارد که با افزایش انرژی ورودی در ماشین کاری عملکرد مختلفی در سطح قطعه کار ایجاد می کند. گرایش به تشکیل چاله در طول وایرکات و ایجاد پالس در زمان بیشتر از جمله ویژگی های این فلز است. از همین خاصیت می توان به نرخ های مختلف برای پوشش دادن سیم برنجی روی قطعه کار بهره برداری نمود(بوبیلی، ۲۰۱۵) قطعه کارهای فولادی از نظر سلامت سطح بسیار متنوع هستند. به عنوان مثال پرداخت سطح، ساختار، سختی، تنش پسماند و توزیع عنصر پوششی روی آن از ویژگیهایی است که در انواع فولاد متنوع بوده، تابع شرایط دستگاه وایرکات می باشند. میانگین سطح رادیوم برای دی الکتریک های مبتنی بر آب از جمله ویژگیهایی است که در دستگاه وایرکات قابل تنظیم بوده، سطوح برش تمیز، متخلخل یاریک است جامد را ایجاد می کند (کلینک، ۲۰۱۱). ملاحظه می شود که ماشین کاری در وایرکات از دقت بسیار بالا، الزامات استاندارد برخوردار بوده تا بتواند سلامت سطح قابل قبولی را در قطعه کار ایجاد نماید. این پارامترهای مختلف موجب می شود تا برش مبتنی بر ارتعاش سیم در سطح ماشین کاری تأثیر مستقیم داشته باشد. به همین دلیل است که در ماشین کاری EDM تنظیمات مختلفی مانند توان مؤثر، ولتاژ مدار بالا، فاصله میان گایدها، استاندارد و مطلوب شود(لطفی نیستانک، ۱۳۸۶).

اصولاً در فولادهای آلیاژ کم کربن استحکام بالا و داک کیلیته کافی موجب تشکیل ساختار سینیت می گردد. این ویژگی ساختاری در فولادهایی مانند CK45 بسیار حایز اهمیت است. درجه حرارت، مدت زمان و محیط استمپره به گونه ای تنظیم می شود که ساختار بینت فولاد از مقادیر مارتنزیت قابل قبول و استاندارد برخوردار شود(زندرحیمی و رضازاده، ۱۳۹۰)

ماشینکاری وایرکات، فرآیند براده‌برداری غیر سنتی است که در آن از یک منبع باانرژی ترموالکتریکی به‌منظور براده‌برداری استفاده می‌شود. فرآیند برشکاری به‌وسیله جرقه‌های متناوب و کنترل‌شده‌ای است که بین الکترود یعنی سیم و قطعه‌کار زده می‌شود(زندرحیمی و رضازاده، ۱۳۸۶). الکترود سیم نازکی است که از قرقره بازشده و از درون قطعه‌کار عبور کرده و از سمت دیگر توسط مکانیسم مربوطه خارج می‌شود. بین سیم و قطعه‌کار فاصله کوچکی به نام گپ وجود دارد که در حین انجام ماشین‌کاری مایع دی‌الکتریک آن را دربر می‌گیرد و در ولتاژ مناسب تخلیه الکتریکی بین سیم و قطعه‌کار اتفاق می‌افتد و جرقه‌های ایجادشده قطعه‌کار را به‌صورت موضعی تبخیر کرده و مایع دی‌الکتریک آن‌ها را از محل شستشو می‌دهد(هو، ۲۰۰۳)

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(بوپاتی، ۲۰۱۲). بنابراین در فرآیند ماشین‌کاری با استفاده از فرآیند وایرکات انتخاب سیم مناسب نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند. با توجه به اینکه تغییر جنس سیم در فرآیند ماشین‌کاری به روش وایرکات بر روی پارامترهای مختلف تأثیرگذار است، بنابراین در این پژوهش این پرسش مطرح می‌شود که تغییر جنس سیم در فرآیند ماشین‌کاری به روش وایرکات بر روی قطعات مختلف چگونه می‌باشد؟

از بین روش‌های ماشین‌کاری غیر سنتی، وایرکات به‌عنوان یک روش اقتصادی و موثر برای تولید دسته ی بزرگی از قطعات شناخته‌شده است. قابلیت تولید قطعات نازک و پیچیده با پروفیل های دقیق، این روش را به روشی ایده آل برای تولید قطعات صنعتی و آزمایشگاهی تبدیل نموده است. یکی از زمینه‌های مهم تحقیقاتی فرآیند وایرکات، مطالعه مسیرهای حرکتی برای بهبود

دقت ابعادی قطعات تولیدی است. (کومار، ۲۰۰۸)

در برشهای دقیق وایرکات ارتعاش و خیز سیم، مشکل بحرانی است. ارتعاش و خیز سیم باعث تغییر شکل و واماندگی آن می‌شوند. به‌هرحال، یکی از متغیرهایی که اثر مستقیم روی دقت ساخت قطعات به وسیله وایرکات دارد تغییر شکل سیم است . وایرکات به‌طور گسترده‌ای در صنایع مختلف هوافضا، خودروسازی و قالب‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه وایرکات با پیشرفت سریعی که داشته، روشی پیشگام دربرش فلزات، خصوصاً در ساخت قطعات پیچیده که نیازمند صحت و دقت بالا هستند، می‌باشد. با توجه به مطالب ذکرشده در این پژوهش به بررسی تجربی تاثیر تغییر جنس سیم‌های متفاوت بر روی پارامترهایی نظیر صافی سطح، متالوگرافی و ... در ماشین‌کاری به روش وایرکات برای فولادهای مختلف پرداخته می‌شود.در این مطالعه آزمایشگاهی فولاد CK45 از طریق ماشین کاری وایرکات در شرایط برنامه ریزی شده در معرض دو نوع سیم برنجی و نقره ای بررسی شده و رفتارهای این فولاد در شرایط فیزیکی مورد نظر و عکس برداری با متالوگرافی قرار گرفته است.

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 $16/7 \times 610 – 1/c$ و مقاومت الکتریکی nΩcm ۱۵/۸۷ .

برای سیم برنجی وزن مخصوص $8/4 – 8/7 g/cm^3$ ، دمای ذوب° c ۹۰۰ – ۹۴۰ ، رسانای حرارتی w/mk ۱۱۵، گرمای ویژه j/kg°k ۳۸۰ ، ضریب انبساط حرارتی $18/7 \times 610 – 1/c$ 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 ck45 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 ck45 با سختی راکول ۵۰ 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

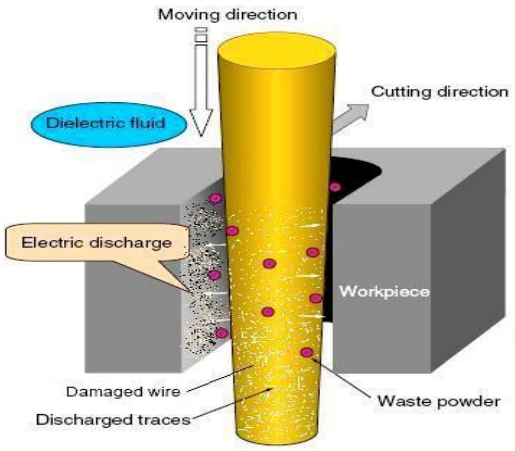
پس ازانجام آزمایشهای لازم و جمع آوری داده ها به بررسی تصاویر میکروسکوپ‌های الکتریکی و نوری پرداخته شده است.

نتایج

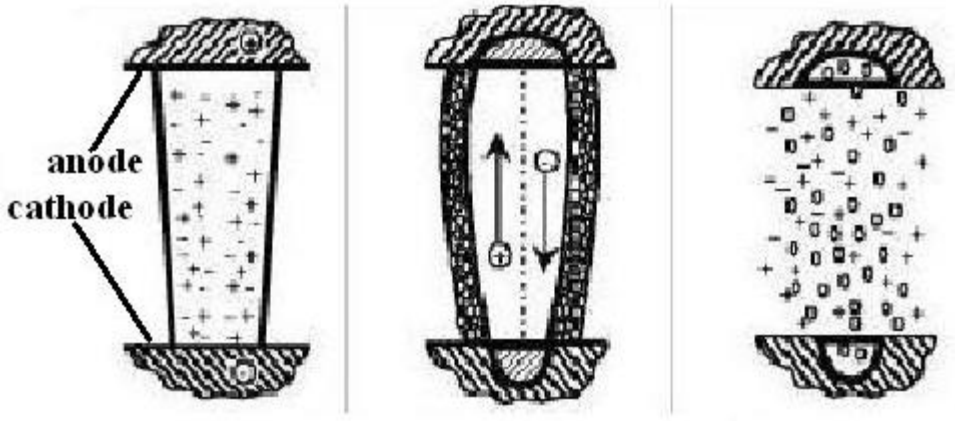
تاثیر الکترود بر روی سطح ماشینکاری وایرکات

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.

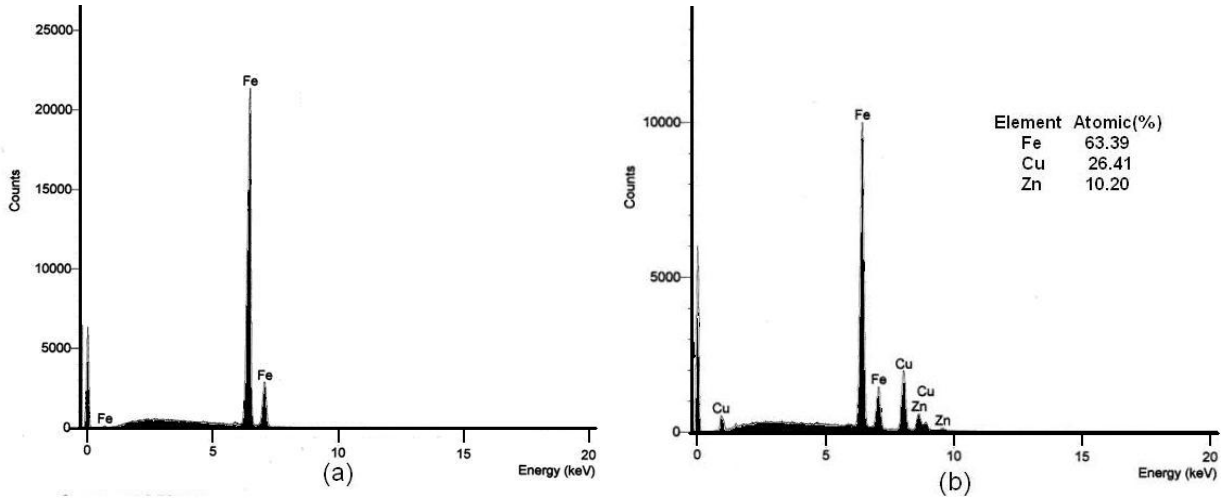


شکل ۱- فرسایش سیم و قطعه کار در حین براده‌برداری



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

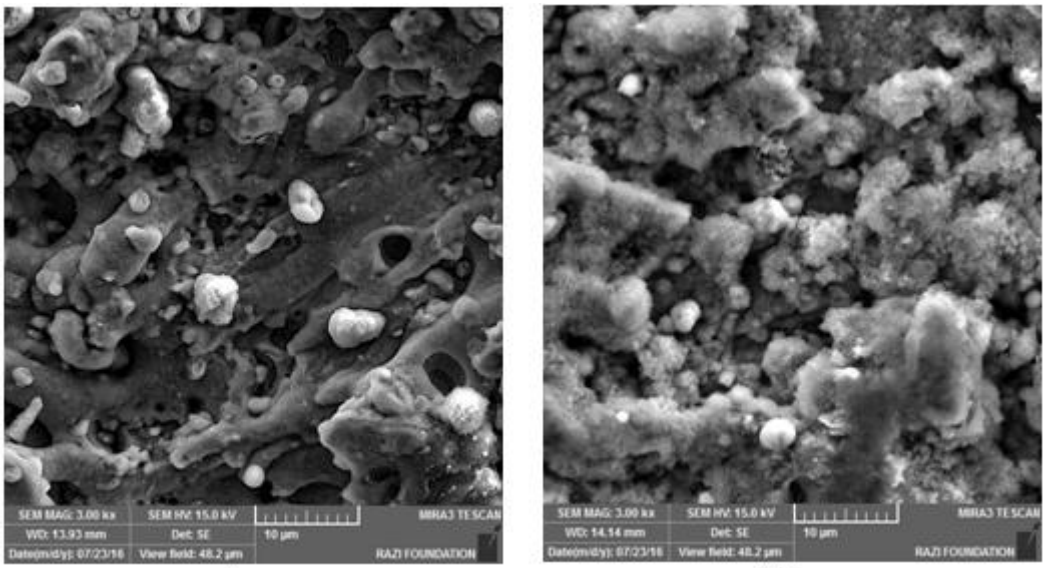
در این تحقیق پس از آماده‌سازی و طی مراحل تئوریک طراحی آزمایش و اطمینان از امکان اجرای طراحی انجام شده و نتیجه‌بخش بودن آن، نوبت به انجام آزمایش‌ها می‌رسد. اولین مرحله در فرآیند انجام آزمایشهای ماشینکاری است که خود شامل آشنایی با ساختمان ماشین و نحوه برنامه‌نویسی و کار کردن با آن است. این آزمایشها بر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

علوم کاربردی رازی با شرایط محیطی دمای ۲۵ درجه سیلسیوس و رطوبت ۴۱٪ انجام شده است.



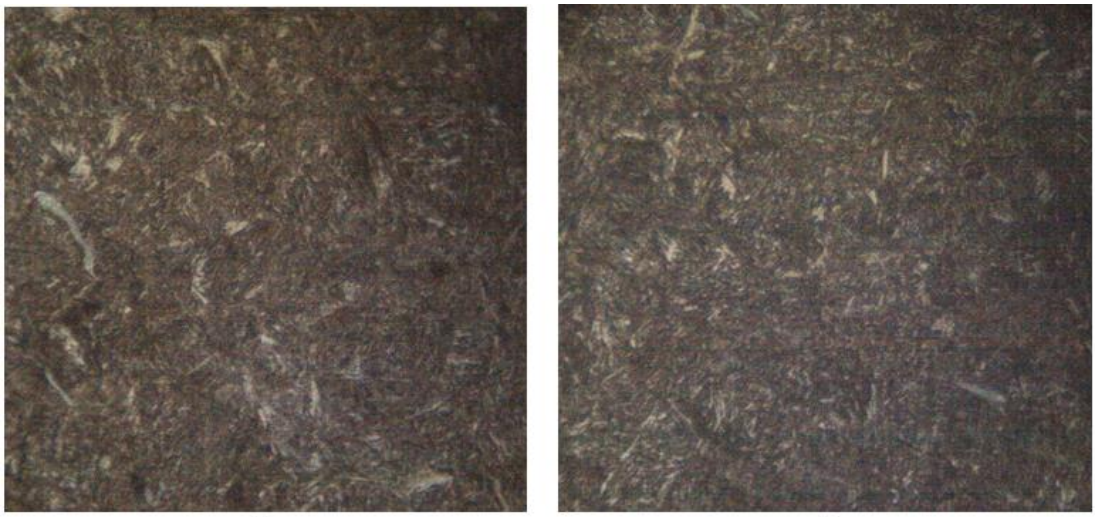
شکل ۴- تصویر SEM ساختار مارتنزیتی تمپر شده در زمینه فولاد CK45 با سختی ۵۰ راکول برش خورده (a) با سیم نقره‌ای و (b) با سیم برنجی (بزرگنمایی X3000)

همانطور که در شکل(۴)، مشاهده می‌شود، با توجه به اینکه رسانایی الکتریکی نقره از برنج بیشتر است در توان و ولتاژ ثابت، با توجه به افزایش دانسیته انرژی پالس‌ها و افزایش حرارت محیط کاری، سطح تصویر برداری شده از سطح ماشینکاری با سیم نقره (با میکروسکوپ الکترونیکی روبشی)، با توجه به افزایش درصد بخارشدن دهانه های آتش فشانی می‌بایستی از برجستگی های سطحی کمتری نسبت به سطح ماشینکاری با سیم با برنج برخوردار باشد، ولی بخاطر افزایش قدرت باربرداری عمق دهانه‌های آتش فشانی و دمای حرارت بالا با افزایش این دو پارامتر در ماشینکاری با سیم نقره‌ای سطح ناصاف تری حاصل شده، بطوریکه ذوب مجدد عمق بیشتری در حین انجام فرآیند ماشینکاری داشته است. بنابراین ماشینکاری با سیم برنجی صافی سطح بالاتری را نسبت به سیم نقره‌ای در عملیات حرارتی وایرکات فراهم می‌آورد.

متالوگرافی، آماده سازی نمونه ها برای بررسی‌های میکروسکپی و مطالعه ریز ساختار به منظور تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی آن آلیاژ خاص می‌باشد. متالوگرافی مشتمل بر دو نوع است. تحقیقاتی و کنترل کیفی. از این شاید متالوگرافی تحقیقاتی به

دلیل نیاز به شناخت دیاگرام‌های فازی باشد. از طرف دیگر، متالوگرافی کیفی برای صنعت بیشترین اهمیت را دارد. تصاویر متالوگرافی آورده شده در این آزمایش(شکل‌های مذکور)، تحت استاندارد ASTM E883-11 در بنیاد علوم کاربردی رازی بوسیله میکروسکوپ نوری با شرایط محیطی دمای ۲۵ درجه سیلسیوس و رطوبت ۴۱٪ انجام شده است.

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[1] 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.



a b

شکل ۵- ساختار مارتنزیت تمپرشده درسطح برش‌خورده فولاد CK45 با سختی ۵۰ راکول ماشینکاری(a) با سیم نقره‌ای و (b) با سیم برنجی (بزرگنمایی X500)

شکل (۵) ساختار مارتنزیت تمپرشده درسطح برش‌خورده فولاد CK45 با سختی ۵۰ راکول را نشان می‌دهد، که ذرات کاربید[2] در داخل آن ایجاد شده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود، کاربیدهای آلیاژی در چندین نقطه در سطح مشترک بین فریت و

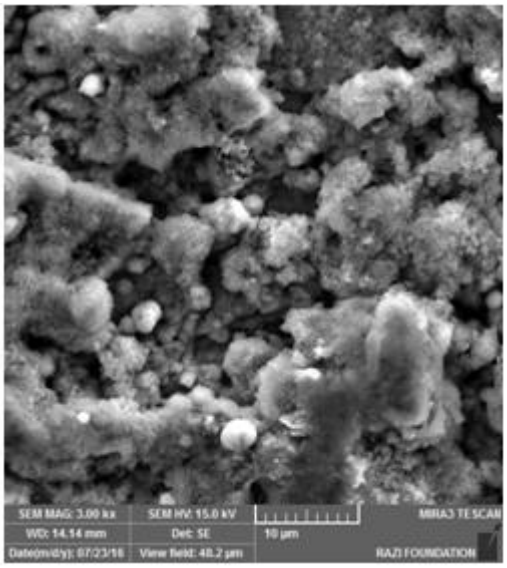
[1] مارتنزیت (Martensite) : بطور کلی به ساختارهای بلورینی گفته می‌شود که توسط استحاله مارتنزیتی به وجود بیایند. اما این اصطلاح بیشتر به فاز مارتنزیت در فولادهای سخت‌شده اطلاق می‌شود. اگر اوستنیت به قدری سریع سرد شود که هیچ یک از استحاله‌های بر پایهٔ نفوذ در آن اتفاق نیفتدو فوق سرمایش تا حدی ادامه یابد 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.

[2] سِمنتیت یا کاربید آهن یک ماده مرکب شیمیایی به فرمول شیمیایی Cr_3Fe دارای ۶۷/۶ درصد کربن با ساختار بلوری ارتورومبیک است. سمنتیت فازی بسیار سخت و شکننده است، دمای سمنتیت چنانچه بالا رود به دمای A3 در دیاگرام آهن-کربن می‌رسید. تحقیقات در خصوص فولادهای پرکربن نشان داد که مخلوطی شامل سلولهای و دانه های آهن وجود دارد که توسط لایه ای از کاربید آهن محصور شده است.در حین انجماد ابتدا گلبولها یا سلولهای آهن

سمنتیت هسته گذاری و رشد میکند تا سمنتیت از بین برود و بوسیله کاربیدهای آلیاژی ریزتر جایگزین شود، کـه ایـن امـر سـبب افزایش سختی می‌گردد. کاربیدهای ایجاد شده در شکل (۵-a) متراکم‌تر و بزرگتر از کاربیدهای ایجاد شـده در شـکل (۵-b) مـی-باشد. این موضوع بیانگر این است که با توجه به اینکه رسانایی الکتریکی نقره از برنج بیشتر است در توان و ولتاژ ثابت، با توجـه بـه افزایش دانسیته انرژی پالس‌ها و افزایش حرارت محیط کاری، کاربیدهای شکل گرفتـه در ماشـینکاری بـا سـیم نقـره‌ای نسـبت بـه ماشینکاری با سیم برنجی تراکم بیشتری دارند بنابراین سختی سطح ماشینکاری شده با سیم نقره‌ای بالاتر از سطح ماشـینکاری بـا سیم برنجی می‌باشند.

تاثیر تغییر جنس بر روی ماشینکاری وایرکات

تصاویر SEM برای فولادCK45 متفاوت در شکل‌های ذیل آورده شده است.



شکل ۶- تصویر SEM ساختار مارتنزیتی تمپر شده در زمینه فولاد CK45 با سختی ۵۰ راکول برش خورده با سیم نقره‌ای (بزرگنمایی X3000)

تشکیل شده و رشد می کنند و باقیمانده مذاب به صورت کاربید آهن منجمد می شود. بدین ترتیب کاربید تشکیل شده با قرار گرفتن در اطراف سلولهای قبلی شکل گرفته، آنها را به هم می چسباند.

شکل ۷- ساختار مارتنزیت تمپرشده درسطح برش‌خورده فولاد CK45 با سختی ۵۰ راکول 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.

شکل (۷) ساختار مارتنزیت تمپرشده درسطح برش‌خورده فولاد CK45 با سختی ۵۰ راکول را نشان می‌دهد، که ذرات کاربید در داخل آن ایجاد شده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود، کاربیدهای آلیاژی در چندین نقطه در سطح مشترک بین فریت و سمنتیت هسته گذاری و رشد می‌کند تا سمنتیت از بین برود و بوسیله کاربیدهای آلیاژی ریزتر جایگزین شود، که این امر سبب افزایش سختی می‌گردد.

نتایج آزمایش ها نشان داد سیم نقره ای در وایرکاتاسیون قطعه کار CK45 به مراتب سطح صاف تری را نسبت به سیم برنجی ایجاد نمود. این فولاد در مقابل اصطکاک مقاومت خوبی دارد بنابراین قطعه کاری این فولاد در ماشینکاری هایی که با سایش همراه است کاربرد فراوان خواهد داشت. در دستگاه های دارای برش طولی می توان از این فولاد استفاده بهینه نمود. زیرا سطح آن در سایش دیگر سطوح ماشین آلات از حرارت کمتر و اصطکاک بسیار کم برخوردار است. ضمناً عمر بالای این قطعه کار از ویژگی های بارز آن به شمار می رود.

منابع

تیموری، رضا؛ باصری، حمید. (۱۳۹۱). مطالعه ای در مورد چگونگی سطح برش سیم برنجی در فرایند حرارت مغناطیسی. فصل نامه تکنولوژی مواد. (۱۳).۳۸ – ۲۵.

زندرحیمی، مرتضی؛ رضازاده، لاله. (۱۳۹۰). بررسی ریزساختار بینیت در فولادهای آلیاژی کم کربن. پایان نامه کارشناسی ارشد. کرمان : دانشگاه شهید باهنر.

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.

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

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.

Kumar S. , Singh R. , Sethi B. , " Surface modification by electrical discharge machining: A review " , Journal of Materials Processing Technology, 2008.

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

Ho, K. H, Newman, S. T, "State of the art electrical discharge machining (EDM)", Int. J. Mach. Tools Manuf. 43 (13) (2003) 1287–1300.

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.