1st. International Conference
on new achievements in
Science & Technology
24th August 2017
اولین کنفرانس بین المللی
دستاوردهای نوین در
علوم و تکنولوژی
۲ شهریور ماه ۱۳۹۶ – تهران

مطالعه و بررسی تجربی بین دو سیم برنجی و نقره ای در ساختار مقطع ماشین کاری فولاد ابزار تنگستن کاربایت 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 فولاد ابزار تنگستن کاربایت 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 فولاد ابزار تنگستن کاربایت wc استفاده‌شده در این تحقیق ابزار تنگستن کاربایت wc با سختی ۷۸ 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 Steel in a Tungsten Carbide Tool 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 Steel in a Tungsten Carbide Tool. 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. The investigated steel in the current study which is used in a Tungsten Carbide (WC) Tool with *Rockwell hardness of 78, 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(بوپاتی، ۲۰۱۲، ص۴۷۴).

تنگستن یکی از فلزاتی است که در ماشین کاری کاربرد فراوان دارد. پوشش دادن انواع فولادها به ویژه فولاد ابزار گرم کار از جمله این کاربردها می باشد. در ریخته گری ایجاد فرکانس بالا مثلا ۲۰ کیلوهرتز و گرمایش طولانی و نیز استفاده از شرایط تنظیم شده دیگر در وایرکات خروجی قطعه کار با سختی سطحی مورد نیاز وجود داشته است (کومر، ۲۰۰۸)این یافته ها نشان می دهد که ویژگی حرارتی تنگستن در فولاد ابزار گرم کار در صنایع کاربرد قابل توجه دارد. در فولاد ابزار تنگستن کاربایت امکان ایجاد حوضچه های دقیق و پرداخت آن در سطح قطعه کار وجود دارد. در ماشین کاری EDM روکش دادن تنگستن بر روی قطعه کار با تنظیم سرعت یونیزاسیون قطر و جنس سیم مورد نظر به عنوان ابزار امکان دست یابی به بهترین زبری سطح را فراهم می آورد (ون جنگ سو، ۲۰۱۶، ص۳۶۹).

در یک تحقیق انجام گرفته مشاهده گردید با استفاده از الگوریتم فازی امکان پیش بینی مشخصه های ماشین کاری تنگستن کاربایت در فرایند EDM وجود دارد. وقتی شدت جریان جرقه، زمان روشنی پالس در نظر گرفته شود پارامترهای ورودی تنظیم و به کاهش زبری سطح و حتی کاهش هزینه های ماشین کاری می انجامد. (شوماو، ۲۰۱۶،ص ۳۰۷). در آزمایشی که در همین راستا انجام گرفت، مشاهده گردید نرخ براده برداری نیز افزایش یافته است. بنابراین تنظیم مشخصه های ماشین کاری تنگستن کاربایت می تواند کاربرد فراوان در صنایع قطعه سازی داشته باشد (شبگرد،۱۳۸۷)در آزمایشی مشابه وقتی از الگوریتم ژنتیک برای بهینه سازی زبری سطح قطعات تنگستن کار بایدی استفاده شد مشاهده گردید که روابط حاکم بر پارامترهای ورودی و خروجی موجب شد تا کمترین زبری سطح توسط این الگوریتم به دست آید . بنابراین بهترین سطوح پارامترهای ورودی برای دست یابی به زبری سطح مطلوب در ماشین کاری قطعات تنگستن کاربایدی به روش EDM امکان پذیر بوده، به کاهش زبری سطح و کاهش زمان و هزینه های ماشین کاری می انجامد(شبگرد،۱۳۸۸)

در مطالعه ای دیگر تأثیر برش بر عملکرد شرایط سایش در ماشین کاری تنگستن کاربایدی تجربه گردیده است. در این مطالعه اثرات درمان برودتی در سایش ابزار تنگستن کاربایت بدون پوشش در تراشکاری فولاد ضد زنگ مورد بررسی قرار گرفته

1 Electrical discharge machining
2 burning away
3 GAP

است. سرعت برش، قطر پوشش ، عملکرد سایش وقتی در تراشکاری مذکور به صورت ورودی و خروجی های تنظیم شده عملیاتی گردیدند، منجر به تولید قطعه کار فولاد ضد زنگ استاندارد و مرغوب گردید (آلتان، ۲۰۱۶، ص۲۲۸).

در یک تحقیق انجام گرفته نرخ براده و زبری سطح در ماشین کاری وایرکات مشاهده گردید وقتی شرایط ماشین کاری از قبیل میزان پالس در زمان، نفوذ حرارتی، گرمای نهان تبخیر از طریق روش آزمایش تنظیم می شود، نرخ سیم برنجی پوشش داده شده تغییر می کند. بنابراین با تنظیم شرایط ماشین کاری می توان به نرخ پوشش برنجی دلخواه درقطعه کار نورد فولاد یازده دست یافت(بوبیلی، ۲۰۱۵، ص۶۶۵). این یافته ها نشان می دهند که سیم افزارهای مختلف در سطح قطعه کارهای گوناگون از جمله تنگستن کاربایت رفتار متفاوت داشته، خروجی آن نیز متنوع است. بنابراین برای دست یابی قطعه کارهای گوناگون از جمله تنگستن کار بایت رفتار متفاوت داشته، خروجی آن نیز متنوع است. بنابراین برای دست یابی به قطعه از پیش تعیین شده می بایست از الگوریتم دقیق و معین شده ای پیروی کرد.

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(تیموری و باصری،۱۳۹۲) 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 و نیومن، ۲۰۰۳، ص۱۲۸۹).

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(کومر، ۲۰۰۸). 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 قطعه کار تنگستن کاربایت چگونه می 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 تنگستن کاربایت wc 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 تنگستن کاربایت wc 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

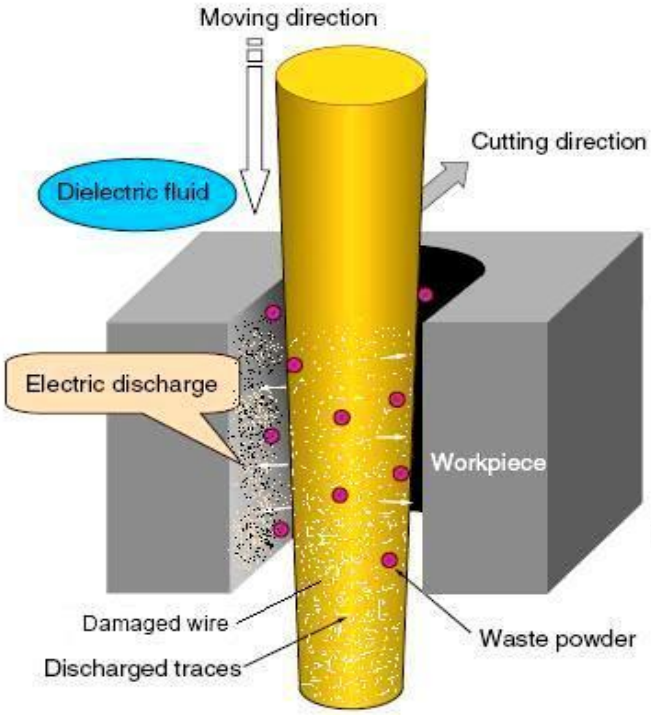
تاثیر الکترود بر روی سطح ماشینکاری وایرکات

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.

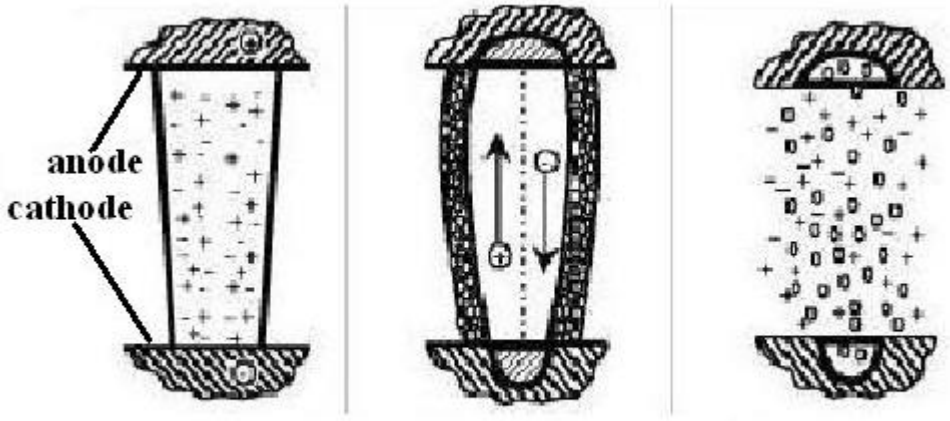
برداشت مواد در این روش مبتنی بر اثر فرسایشی جرقه‌های الکتریکی بوده و لذا تئوری ترموالکتریک تایید شده‌ترین مدل کار وایرکات است. این تئوری با توجه به دمای بالای ایجاد شده در دانسیته بالای انرژی بر روی سطح، سبب ذوب و تبخیر شدن در روی سطح قطعه کار و ایجاد حوضچه‌های بسیار کوچک و در نهایت ایجاد دهانه‌های آتش 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.



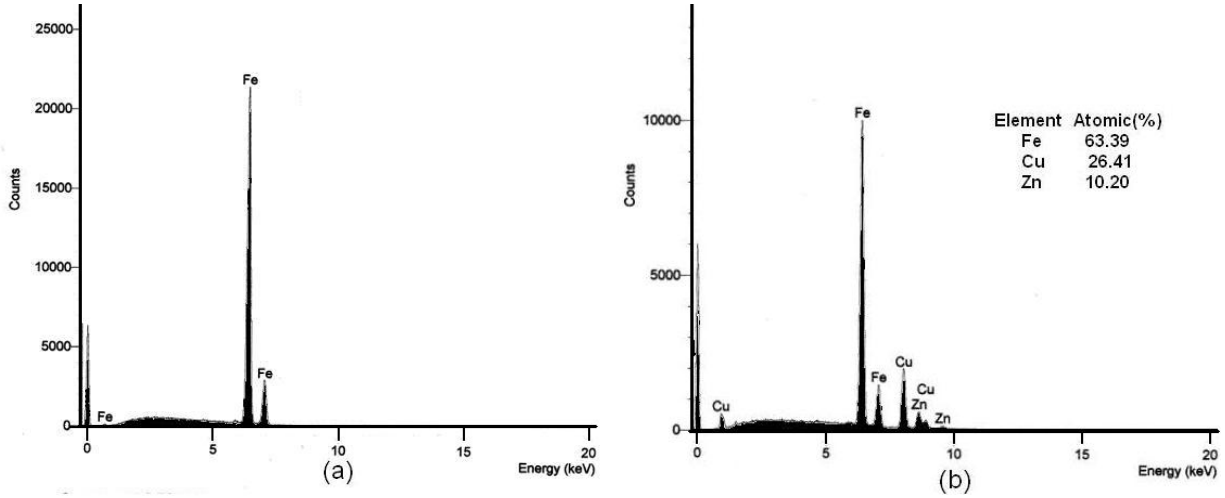
شکل ۱- فرسایش سیم و قطعه کار در حین براده‌برداری



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.

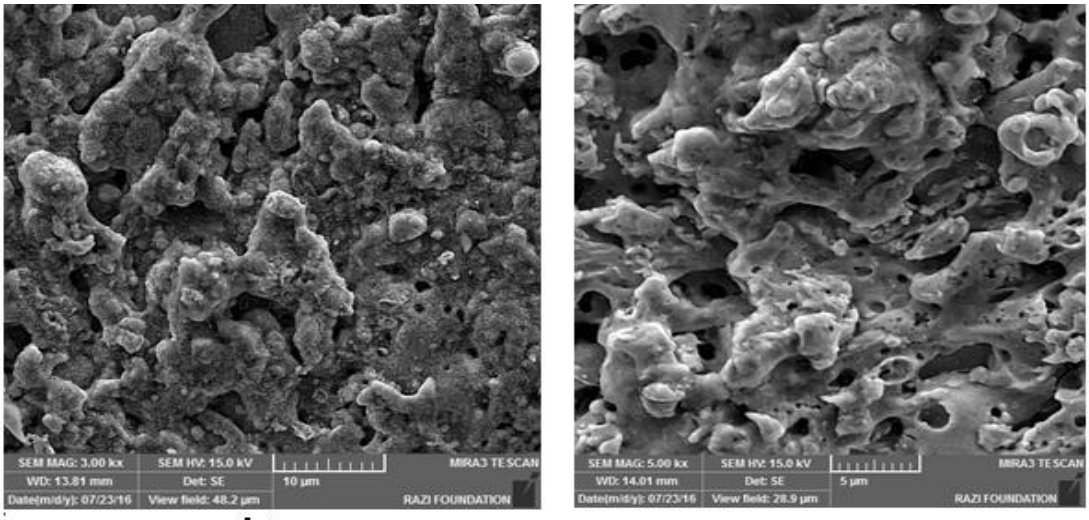


شکل ۳- آنالیز قطعه a)قبل از انجام وایرکات b) بعد از انجام وایرکات

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..

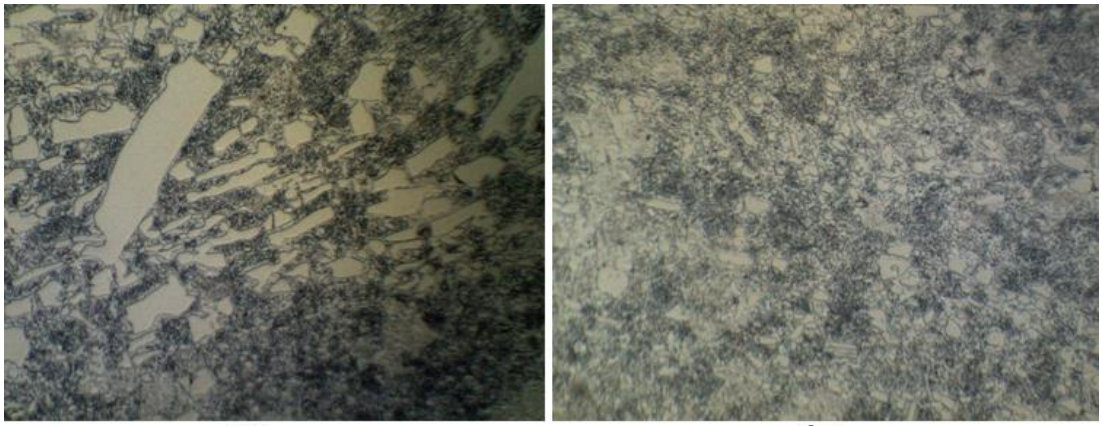
تصاویر SEM آورده شده در شکل (۴) در این آزمایش، با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی (FE-SEM) ساخت شرکت TE-SCAN مدل MIRA3 بنیاد علوم کاربردی رازی با شرایط محیطی دمای ۲۵ درجه سیلسیوس و رطوبت ۴۱٪ انجام شده است.



شکل ۴- توزیع ذرات کاربید در زمینه پرلیتی فولاد ابزار تنگستن کاربید ماشینکاری (a) با سیم نقره‌ای و (b) با سیم برنجی (بزرگنمایی X3000)

همانطور که در شکل‌های فوق 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(شکل۵)، 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.



(a) (b)

شکل ۵- توزیع ذرات کاربید در زمینه پرلیتی به همراه جزایر مارتنزیتی در فولاد SPK خام بدون سختی 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[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.

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[2] می‌باشد و در این مرحله ترک ایجاد می‌شود. مرحله بعدی رشد ترک[3] می‌باشد، که در این مرحله طول ترک زیاد می‌شود. شکست در مواد به دو صورت شکست نرم[4] (در این شکست ماده قبل از وقوع شکست تغییر شکل زیادی می‌دهد) و شکست ترد[5] (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

---

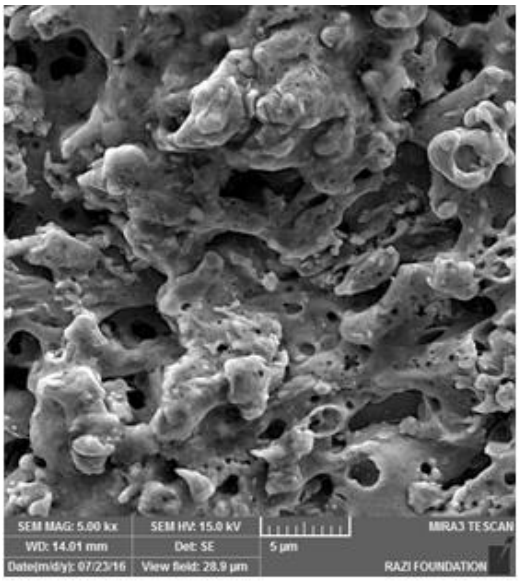
[1] مارتنزیت (Martensite) : بطور کلی به ساختارهای بلورینی گفته می‌شود که توسط استحاله مارتنزیتی به وجود بیایند. اما این اصطلاح بیشتر به فاز مارتنزیت در فولادهای سخت‌شده اطلاق می‌شود. اگر اوستنیت به قدری سریع سرد شود که هیچ یک از استحاله‌های بر پایهٔ نفوذ در آن اتفاق نیفتدو فوق سرمایش تا حدی ادامه یابد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

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

فرآیند ماشینکاری به روش وایرکات در صورتی که موجب رسوب کاربیدها در سطح ماده شود (بویژه مواد با سختی بالا)، می‌تواند بسیار خطرناک باشد.

تاثیر تغییر جنس بر روی ماشینکاری وایرکات

تصویر SEM برای فلز تنگستن کاربایت متفاوت در شکل (۶) آورده شده است.



شکل ۶- توزیع ذرات کاربید در زمینه پرلیتی فولاد ابزار تنگستن کاربید ماشینکاری با سیم نقره‌ای (بزرگنمایی X3000)

نتایج آزمایش ها در این تحقیق نشان داد فلز تنگستن کاربایت (WC) در وایرکاتاسیون همراه با سیم نقره ای به مراتب سطح صاف تری را نسبت به سیم برنجی ایجاد نموده است. اولاً وجود سختی ۷۸ راکول در این فلز کاربرد آن را در ماشین های بزرگ صنعتی که اغلب برای برش استفاده می شود افزایش می دهد. دوم اینکه در سطوح سایشی و ضربه ای حرارت کمتری ایجاد می کند. وجود مقاومت بالا ، اصطکاک کم و عمر طولانی در این فلز کاربرد آن را در ساخت انواع ماشین آلات صنعتی افزایش داده است. مهمترین کاربردهای این فلز عبارتند از: ابزارهای برش فلز مانند حفاری و تراشکاری، ابزارهای حفاری معدنی، نفت و آب . ترکیبات پوششی مقاوم در ماشین آلات صنعتی ، مواد ساینده ی پیوند داده شده به طور الاستیک، بیشترین استفاده تنگستن کاربید در ساخت آلیاژهای سخت و مقاوم را تشکیل می دهد.

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.

شبگرد، محمدرضا. (۱۳۸۷). پیش بینی مشخصه های ماشین کاری تنگستن کارباید در فرایند EDM و US-EDM با استفاده از الگوریتم فازی. نهمین کنفرانس مهندسی ساخت و تولید ایران. بیرجند: دانشگاه بیرجند.

شبگرد، محمدرضا. (۱۳۸۸). بهینه سازی زبری سطح قطعات تنگستن کارباید در فرایند EDM و US/EDM با استفاده از الگوریتم ژنتیک. دهمین کنفراسن مهندسی ساخت و تولید ایران. بابل: دانشگاه صنعتی نوشیروانی.

Altan ozbek,Nursel.Effect of cutting condition on wear performance of cryogenivally treated tungsten carbide inserts in dry turning of stainless steel.Tribology international(2016).(94).223-233.

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

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

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

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

Shumavc,Andrej.(2016).Thermal fatigue study of tungsten alloy WNi 28 fe 15 cladded on AISI H13 hotwork tool steel. Surface & coardings technology (285).304-311.

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

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.