فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص ۴۰-۳۴
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

عنوان مقاله: بررسی تأثیر مکان شمع، طول شمع و شرایط سرشمع بر تقویت و تثبیت شیروانی های خاکی غیرهمگن
دوره ۳ / شماره ۱ / بهار ۱۳۹۸/ ص ۴۰- ۳۴

امکان سنجی فرآیند ماشین کاری تخلیه در شیارزنی قطعات مدور و بررسی اثرات پارامترها بر قابلیت ماشین کاری

علی یوسفی
کارشناس ارشد میکانیک ساخت و تولید دانشگاه آزاد اسلامی ساری .ایران

چکیده

افزایش تقاضا جهت رسیدن به موادی با وزن سبک تر وهمچنین مقاومت های بالاتر مانند مقاومت به سایش،مقاومت به خوردگی و همچنین چقرمگی بالا سببب وجودآمدن مواد کامپوزیتی جدید، سرامیک‌ها، اینکونل‌ها، کار بایدها و ... دردهه هایاخیر شده است . بدلیل مقاومت به سایش و چقرمگی بالای یکه مواد مذکوردارند ،یکی ازمهمترین مباحثی که پیرامون استفادها زاین مواد بوجود می آید، بحث ماشینکاری وشکلدهی این مواد با روش های موجود ماشینکاری می‌باشد. بدلیل اینکه روش های سنتی ماشینکاری اصولا ماهیت سایشی دارند ،ماشینکاری مواد مذکور با استفاده از این روش ها بسیارسخت و برخی مواقع غیرممکن خواهد بود .همچنین عملیاتی نظیر ماشینکاری سوراخ هایی با نسبت عمق به قطر زیاد و رسیدن به شکلهای پیچیده،دقیق و ظریف وهمچنین رسیدن به سطحی باکیفیت مطلوب تنها با تکیه بر روشهای ماشینکاری سنتی میسر نمی باشد. در این پژوهش ما به بررسی و تحلیل فرآیند ماشین کاری تخلیه در شیارزنی قطعات مدور و بررسی اثرات پارامترها بر قابلیت ماشین کاری در این پژوهش تمامی جزئیات انجام آزمایشها مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. این فصل را می توان به سه قسمت اصلی تقسیم نمود. قسمت اول تجهیراتی که در این پژوهش جهت انجام آزمایش ها مورد استفاده قرار گرفته است را معرفی و مورد بررسی قرار می دهد. در قسمت دوم مواد استفاده شده و خواص آنها تشریح خواهد شد. و در نهایت در قسمت سوم روند انجام آزمایش ها تفصیل می گردد.ودر نتیجه آزمایشات در یک قطعه فولاد سردکار VCN برای ایجاد شیارهای محیطی با بر قطر قطعه کار انجام گردید.

واژگان کلیدی: امکان سنجی، شیار زنی، قابلیت ماشین کاری

مقدمه

یکی از رو ش‌های مهم نوین در ماشی نکاری قطعات دقیق و پیچیده ازجنس مواد سخت، ماشین کاری با تخلی هی الکتریکی می-باشد که با توجه به کاربرد این روش در صنایع پیشرفته، همواره بهبود عملیات براده برداری و کیفیت سطح حاصل از این فرآیند موردتوجه بوده است .از زمان ابداع ماشین کاری تخلیه الکتریکی در دهه 1940 ، مطالعات زیادی برای بهبود کارایی و پایداری این فرآیند در جهت کنترل پذیری بیشتر آن انجام شده است. امروزه نیز بررسی ها برای ماشی نکاری دقیق با زبری سطح کم در نر خ های براده برداری بالا در صنایع تولیدی مختلف، بیش از پیش افزایش یافته است(فتاحی و پاک،۱۳۹۷).

فرآیند ماشینگاری تخلیهٔ الکتریکی یک روش ترموالکتریکی است، یعنی پدیده های حرارتی و الکتریکی بیشترین نقش ردر مکانیزم باربرداری آن ایفا می کند. لذا بر خلاف پروسه های سنتی که در آنها استحکام نهایی، حد شلیم و همچنین خواصی نظیر مدول الاستیسیته و سختی مواد، در نرخ براده برداری و شیوه ماشین کاری قطعات تأثیر گذار هستند. این فرآیند بیشتر با خواص ترمودینامیکی و فیزیکی مواد نظیر نقطه جوش، گرمای نهان ذوب، ضریب انتقال حرارت و غیره در ارتباط است. با توجه به ماهیت پالسی جریان و ولتاژ در فرآیند ماشین کاری تخلیهٔ الکتریکی، هنگام قطع جریان در اثر افت مریح فشار در کانال پلاسما و پدیده جوشش حجمی، درصد کمی از حجم مذاب به بیرون از چاله مذاب پرتاب شده و بقیه دوباره منجمد می گردد. مواد دوباره منجمد شده بر روی سطح قطعه کار لایه ای را تشکیل می دهند که به سختی قابل انجام بوده و لایه سفید نامیده می شود(لی و همکاران،۲۰۰۳).

فرآیند ماشینکاری تخلیه الکتریکی، که یکی از روش های پیشرفته و پرکاربرد در ماشینکاری می باشد، از انرژی گرمایی، برای ماشینکاری قطعات خیلی سختی که هادی جریان الکتریسیته هستند و روش های ماشینکاری معمولی قادر به براده برداری از آنها نمی باشند، استفاده می کند با توجه به عدم برخورد ابزار و قطعه کار در این فرآیند، ماشینکاری های در ابعاد کوچک با این روش ماشینکاری امکان پذیر است و مشکلاتی از قبیل ارتعاش و تنش هایعلی رغم کاربردهای منحصر به فرد این فرآیند، نرخ براده برداری پایین، زبری سطح و نرخ سایش ابزار بالا و تشکیل لایه ریکاست؟ (لایه سفید) بر روی سطح قطعه کار (که محل عیوب و ترک بوده و استحکام قطعه کار را کاهش می دهد) از مهم ترین مشکلات و محدودیت های این فرآیند محسوب می شوند(جوشی،۲۰۱۱).

- روش

روند انجام آزمایش ها

قبل از طراحی آزمایش ها به روش سیستماتیک یا همان استفاده از روش‌های طراحی آزمایش نیاز است که ابتدا یک سری آزمایش های اولیه جهت انتخاب دقیق سطوح پارامترها انجام شود. پارامترهای اصلی که در این فرآیند تاثیرگذار می باشد سرعت چرخش قطعه کار ، جریان جرقه، زمان روشنی پالس و زمان خاموشی پالس می باشد.

برای سرعت چرخش قطعه کار سرعتهای ۲۰۰ تا ۸۰۰ دور بر دقیقه انتخاب شد، دلیل این انتخاب این است که در سرعتهای کمتر از ۲۰۰ تاثیر چندانی بر قابلیت ماشینکاری مانند نرخ براده برداری، زبری سطح و گشادی کناری ندارد. از طرف دیگر در سرعتهای بالاتر از ۸۰۰ اثر چرخش اشباع شده و قابلیت ماشینکاری تغییری نخواهد کرد.

برای جریان جرقه مقادیر ۶ ، ۹ و ۱۲ آمپر انتخاب شده است. دلیل این انتخاب این است که انتخاب جریان کمتر از ۶ آمپر نرخ براده برداری را به شدت پایین می‌آید و زمان زیادی برای ماشینکاری طول می کشید. از طرف دیگر انتخاب جریانهای بالاتر از ۱۲ آمپر (۳۰ آمپر که بر دستگاه تهران اکرام موجود بود) برای قطعه کارها و ابزارهایی با ابعاد بزرگتر می باشد (با توجه به کاتالوگ دستگاه). بنابراین انتخاب جریان بالاتر از ۱۲ برای ابعاد ابزار و قطعه‌کار در این پژوهش سبب سایش بسیار زیاد ابزار می شد.

-ماشین‌کاری تخلیه الکتریکی با ابزار گردان

اثر چرخش الکترود را بر ماشینکاری تخلیه الکتریکی آلیاژ تیتانیوم انجام دادند. آنها اثر چرخش الکترود را بر فرآیند مورد نظر در شرایط مختلفی از جریان، زمان روشنی پالس و چرخش ابزار مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست آمده نشان داد که در تمامی شرایط مختلف آزمایشی ماشین کاری با ابزار گردان نرخ براده برداری بیشتری نسبت به حالت ابزار ثابت دارد. شکل زیر این تاثیرات را نشان می دهد. دلیل این پدیده را می توان شستشوی بهتر آلودگی‌ها از منطقه گپ ماشینکاری دانست که سبب افزایش پالسهای نرمال (یا کاهش پالسهای غیر نرمال مانند اتصال کوتاه) شده و نرخ براده برداری را افزایش می دهد. در این شکل مشاهده می گردد که با افزایش سرعت چرخشی ابزار نیز سبب افزایش نرخ براده برداری شده که دلیل آن فراهم آمدن نیروی گریز از مرکز بیشتر می باشد که آلودگی های بیشتری را از منطقه گپ ماشینکاری می راند. و در نتیجه نرخ براده برداری افزایش پیدا می کند(سونی و چاکاورتی،۱۹۹۴).

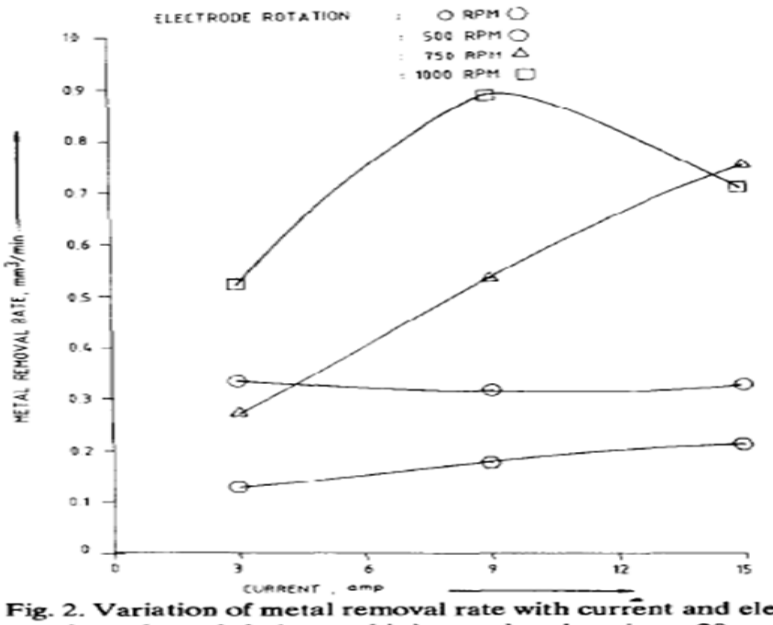


Fig. 2. Variation of metal removal rate with current and electrode rotation: through-hole machining, pulse duration = 20 μs.

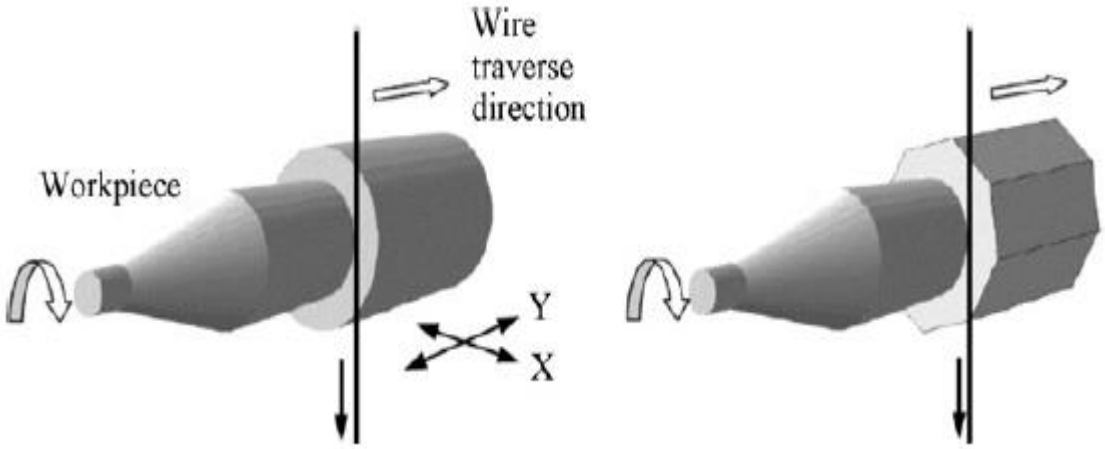
-تغییرات نرخ براده برداری نسبت به تغییرات سرعت چرخش ابزار

-ماشینکاری تخلیه الکتریکی با قطعه کار گردان

علیرغم تحقیقات زیادی که در مورد ماشینکاری تخلیه الکتریکی انجام شده است، تاکنون تحقیقات زیادی که برای ماشینکاری قطعات مذور با این روش انجام شده باشد، مشاهده نشده است. در این راستا اصولا تحقیقات بر مبنای ماشینکاری تخلیه الکتریکی سیمی برای کاهش قطر قطعات مدور بوده است.

فولادهای ابزار پر کربن و پر کرم (فولادهای سری D) از جمله فولادهایی هستند که با به دلیل اعمال کارسرد و وجود فاز دوم کرم در آنها دارای سختی سطحی بسیار بالایی بوده و ماشینکاری آنها با استفاده از روشهای مرسوم ماشینکاری بسیار سخت می باشد که سبب شکست ابزار، افزایش نیروهای ماشینکاری و عدم رسیدن به کیفیت سطح مناسب خواهد شد. از این رو حداد و فدایی تهرانی در سال ۲۰۰۸ به ماشین کاری این نوع فولاد (مورد استفاده در ابزارسازی و ساخت سنبه) با استفاده از فرآیند ماشینکاری تخلیه الکتریکی سیمی (وایرکات) پرداختند. شکل زیر شماتیک این فرآیند را نشان می‌دهد. همچنین در شکل زیر تجهیز آزمایشگاهی و پروفایل ماشینکاری نشان داده شده است(حداد و فدایی،۲۰۰۸).

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص ۴۰-۳۴
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com



-شماتیک فرآیند ماشینکاری تخلیه الکتریکی سیمی برای قطعات مدور

-تجهیزات آزمایشگاهی

در این پژوهش از دستگاه ماشین تخلیه الکتریکی پیشتازان الکتریک ساخت شهرک صنعتی شماره ۲ ساری استفاده شده است. این دستگاه به وسیله چند میکروسوییچ کنترل گردیده و قابلیت تولید جریان ها با شدت های مختلفی را دارد. ماشین اسپارک فوق الذکر مجهز به سیستم کنترل عددی در راستای محور z بوده و دارای رنج وسیعی از متغیرها می‌باشد. در این ماشین حرکت کلگی دستگاه (حرکت در راستای محور z) توسط یک مکانیزم سروو کنترل می‌گردد. این کنترل با توجه به مقدار ولتاژ گپ صورت می‌گیرد. هنگامی که عملیات ماشین‌کاری انجام می‌شود الکترود به سمت قطعه کار حرکت کرده تا همواره ولتاژ ثابتی بین آنها برقرار باشد. بدین ترتیب مقدار گپ ماشین‌کاری در فرآیند کنترل می‌گردد.

اصولا تمامی ماشین‌های اسپارک برای ایجاد حفره با اشکال پیچیده درون یک قطعه کار ثابت طراحی شده‌اند و به اصطلاح به آنها Die Sinking EDM گفته می‌شود. از این رو برای ایجاد شیار بر روی قطعه کار باید یک مکانیزم برای چرخش قطعه کار بر ماشین سوار کرد. این مکانیزم شامل موتور، محور، یاتاقان، تسمه و پولی و یک اینورتر می باشد.

-مجموعه مکانیزم چرخش قطعه کار

قطعه کار

در این پژوهش از فولاد ابزار پرآلیاژی سردکارX34CrNiMo6 یا در استاندارد آمریکایی فولاد AISI 4340 و یا در استاندارد ژاپن و نام رایج آن در کشور فولاد VCN 150 می باشد. این آلیاژ به دلیل سختی و مقاومت به سایش بالایی که دارد کاربرد فراروانی در اجزای تحت تنش بالاو در وسابل نقلیه مانند قطار در اجزایی مانند میل لنگ، اکسل متحرک و چرخ دنده ها استفاده می گردد.

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص ۴۰-۳۴
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

این فولاد ابتدا تحت عملیات کار گرم قرار گرفته و سپس تا دمای ۵۴۰ درجه تمپر می شود. سپس در محیط خنک کننده روغن سرد شده تا بتواند هم سختی و هم انعطاف پذیری را در کنار هم داشته باشد. عناصر آلیاژی بدست آمده از آنالیز این فولاد ابزار در جدول زیر دیده می‌شود.

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
1.55	0.39	0.25	10.90	0.04	0.15

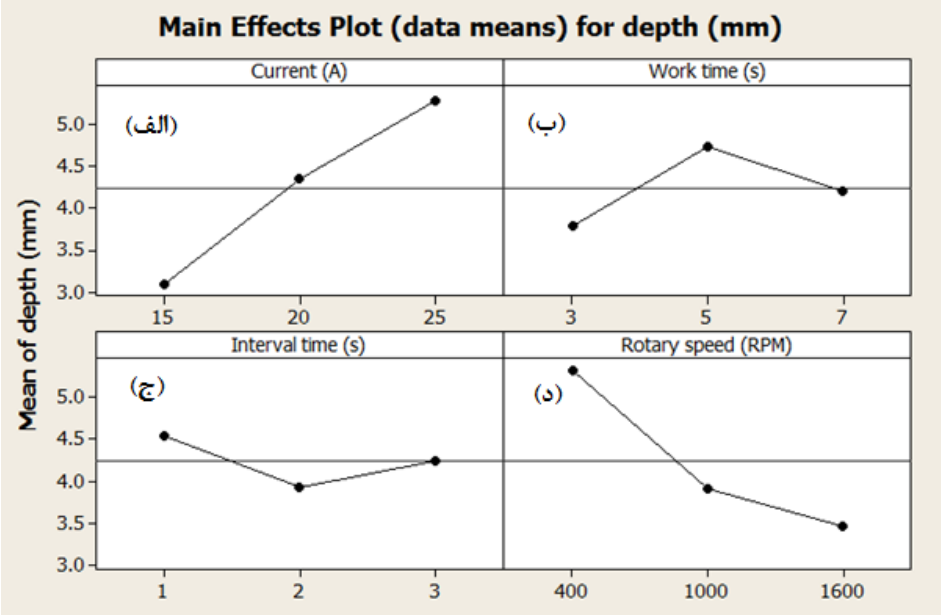
جهت انجام آزمایش‌ها قطعه کارها به صورت استوانه‌هایی با قطر ۲۵از یک شاخه توسط اره نواری برید شده و سطوح جانبی آن به اندازه ۲ میلی متر ماشینکاری شده تا در حین حرکت دورانی لنگ نزنند. شکل زیر تصویر قطعه‌کارها را نشان می دهد.

تصویری از قطعه‌کارهای ماشینکاری شده

- نتایج

-بررسی اثرات پارامترهای فرآیند بر عمق براده برداری

نمودار اثرات پارامترهای فرآیند را بر عمق براده‌برداری نشان می‌دهد.با توجه به این شکل تاثیر پارامترها بر میزان عمق براده برداری به شرح زیر می باشد.



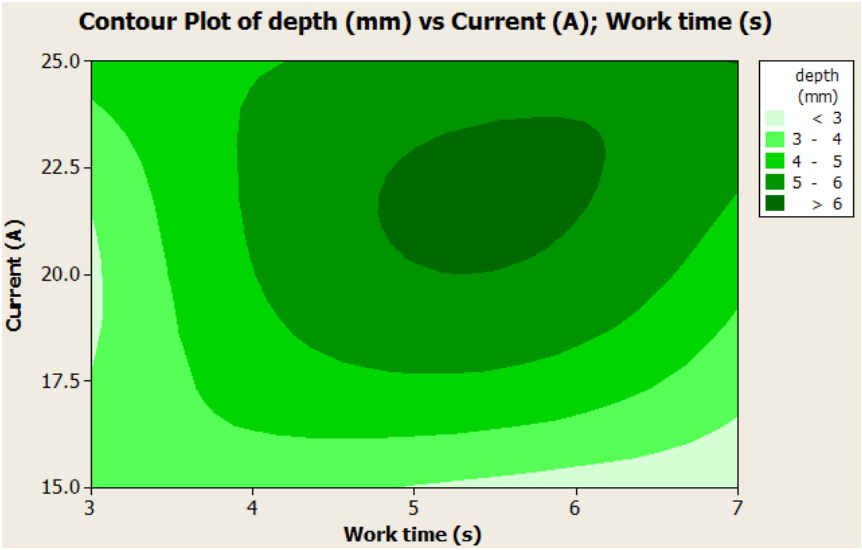
-نمودار اثرات پارامترهای فرآیند بر نرخ براده برداری

-اثر سرعت چرخش قطعه‌کار

اثر سرعت چرخش قطعه‌کار بر میزان عمق براده برداری ملاحظه می‌گردد. در این شکل مشاهده می‌شود که با افزایش سرعت چرخش قطعه‌کار میزان عمق براده‌برداری افزایش پیدا می‌کند. هنگامیکه سرعت چرخش ابزار افزایش می‌یابد، در اثر سرعت بالا

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص ۴۰-۳۴
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

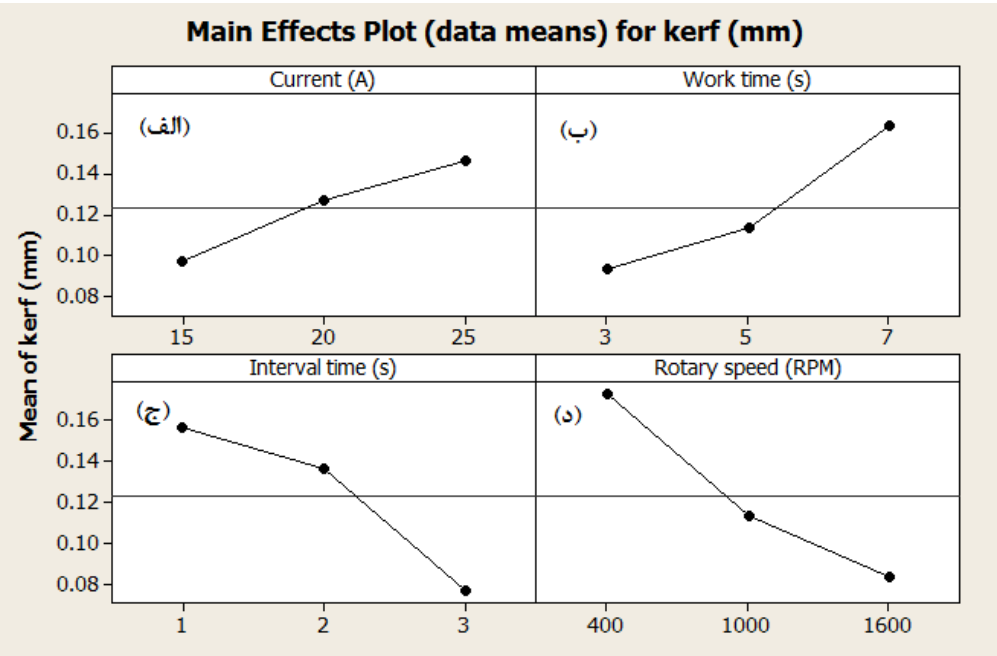
تمرکز جرقه و نفوذ آن بر قطعه کار از حالت ماندگار به حالت گذرا تبدیل می‌شود. در چنین حالتی جرقه نمی‌تواند به خوبی یک نقطه را براده برداری کرده و در محیط قطعه‌کار پخش می‌شود. بنابراین میزان عمق براده برداری کاهش پیدا می‌کند. بعبارت دیگر با افزایش سرعت چرخش قطعه‌کار به دلیل اینکه جرقه به زودی از یک نقطه بر محیط قطعه‌کار می‌گذرد سبب کاهش تمرکز براده برداری در یک نقطه خاص شده و بدین ترتیب عمق براده‌بردای کاهش می‌یابد.



-نمودار کانتوری نشان دهنده اثر دو به دوی جریان و زمان کاری بر عمق براده‌برداری

-بررسی اثرات پارامترهای فرآیند بر گشادی کناری

- نمودار اثر پارامترهای فرآیند بر گشادی کناری را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل اثرات پارامترها بر خروجی‌ها به شرح ذیل می باشد.



-نمودار اثرات پارامترهای فرآیند بر گشادی کناری

- جمع بندی

پژوهش حاضر یک مطالعه آزمایشگاهی جهت انجام ماشینکاری تخلیه الکتریکی جهت ایجاد شیار در قطعات مدور می باشد. در این پژوهش آزمایشات در یک قطعه فولاد سردکار VCN برای ایجاد شیارهای محیطی با بر قطر قطعه کار انجام گردید. تعداد ۹ آزمایش با استفاده از روش طراحی آزمایش تاگوچی طراحی و انجام گردید تا با استفاده از آن بتوان اثرات پارامترهایی مانند جریان جرقه، زمان کاری، زمان استراحت و سرعت چرخش قطعه‌کار را بر عمق براده برداری، زبری سطح و گشادی کناری مورد بررسی قرار داد. خلاصه ای از نتایج بست آمده به شرح زیر می باشد.

- نتایج بدست آمده نشان داد که با استفاده از روش ماشینکاری تخلیه الکتریکی می توان شیارهایی با اثر اندازه مختلف را در قطعه کار ایجاد کرد. بنابراین امکان سنجی این روش مورد تایید می باشد.

- افزایش جریان جرقه به دلیل افزایش انرژی حرارتی اعمالی به قطعه کار سبب افزایش عمق براده‌برداری، افزایش زبری سطح و افزایش گشادی کناری می شود.

- منابع

۱-هادی فتاحی ، عباس پاک2 ،۱۳۹۷، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی اراک، اراک، ایران

2-H. T. Lee and T. Y. Tai, *Relationship between EDM parameters and surface crack formation*, Journal of Materials Processing Technology,142(2003)676-683.

3-S. N. Joshi , S. S. Pandeb, Intelligent process modeling and optimization of die-sinking electric discharge machining, *Applied Soft Computing*, Vol. 11, pp. 2743–2755, 2011.

4-J.S. Soni .et al (1994) "Machining characteristics of titanium with rotary electro –discharge machining" Wear. 171:51-58

5-Hadad MJ, Fadaei Tehrani M (2008) Material removal rate (MRR) study in the cylindrical wire electrical discharge turning (CWEDT) process.