بسم الله الرحمن الرحيم

باسمه تعالی

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب علی اکبر فیروزآبادی مقدم متعهد می‌شوم کـــه مطالب منـــدرج در ایـن پایان‌نامه/ رساله حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستـاوردهای پژوهشی دیگـران که در این پژوهش از آن‌ها استفاده شده است، مطابق مقـــررات، ارجاع و در فهرست منـــابع و مآخذ ذکر گردیده است. این پایان‌نامه/ رساله قبلاً برای احراز هیچ مـدرک هم سطـح یا بالاتر ارایه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی است.

نام و نام خانوادگی دانشجو

امضاء

دانشکده مهندسی مکانیک

بررسی تجربی اثر پارامترهای ماشینکاری بر نرخ براده‌برداری در ماشینکاری تخلیه الکتریکی خشک

نگارش

علی اکبر فیروزآبادی مقدم

اساتید راهنما : آقای دکتر افشین کازرونی

آقای دکتر محمد مراد شیخی

استاد مشاور: مهندس فایق زرافشان

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی‌ارشد

در رشته مهندسی مکانیک – ساخت و تولید

دی ماه ۱۳۹۲

تقدیم به برادرم :

به او که نمی‌دانم از بزرگی‌اش بگویم یا مردانگی و سخاوت‌اش

قدردانی و تشکر

شکر و سپاس خدای را که با الطاف ربانی‌اش توفیق داد تا این مجموعه را به پایان برسانم. پس از حمد و ثنای الهی به درگاه خداوند متعال، اینک که همه تلاشها و زحمات مثمر ثمر واقع شد. بر خود واجب می‌دانم در کمال ادب و احترام، مراتب سپاس و قدردانی خالصانه و صمیمانه خود را از همه کسانی که من را در این راه یاری نموده‌اند ابراز نمایم .

به ویژه:

از جناب آقای دکتر افشین کازرونی و جناب آقای دکتر محمد مراد شیخی که به عنوان اساتید راهنما، همواره پشتیبان و راهنمای اینجانب در انجام این پایان نامه بوده اند، کمال تشکر را دارم.

همچنین از زحمات جناب آقای دکتر پایگانه، جناب آقای دکتر عرب و جناب آقای دکتر حسین پور، ریاست، معاونت و مدیر گروه محترم دانشکده مکانیک و کارکنان صدیق و زحمتکش این دانشکده و نیز از جناب آقای مهندس فایق زرافشان بعنوان استاد مشاور سپاسگزارم.

چکیده

ماشینکاری تخلیه الکتریکی خشک یکی از روشهای نوین ماشینکاری و حالت تغییر یافته ماشینکاری تخلیه الکتریکی مرسوم می‌باشد که در آن به جای استفاده از مشتقات نفتی و سایر مایعات مخرب محیط زیست، از گاز به عنوان دی‌الکتریک استفاده می شود. هدف اصلی این تحقیق بررسی تجربی پارامترهای ماشینکاری تخلیه الکتریکی خشک و مطالعه میزان نرخ براده‌برداری در این فرآیند می باشد. آزمایشات با استفاده از الکترود مسی با سه سوراخ (کانال) به عنوان ابزار، چدن خاکستری ریخته‌گری شده به عنوان قطعه‌کار و هوا به عنوان دی‌الکتریک انجام گرفته است. برای طراحی آزمایشات از روش تاگوچی استفاده شده است. سپس ابتدا اثر پارامترهای ورودی شامل جریان، ولتاژ، فشار گاز، عده دوران بر نرخ براده‌برداری با استفاده از طراحی L_9 تاگوچی با سه تکرار انجام شده است. نتایج نشان داد پارامترهای فوق بجز ولتاژ اثر قابل توجهی بر نرخ براده‌برداری در ماشینکاری تخلیه الکتریکی خشک خواهند داشت. در آزمایش‌های انجام شده در این تحقیق، بیشترین نرخ براده‌برداری به میزان ۳,۸۰۲۵ میلیمتر مکعب بر دقیقه به دست آمد.

واژه های کلیدی: ماشینکاری تخلیه الکتریکی خشک، نرخ براده‌برداری، شدت جریان، عده دوران، ولتاژ، فشار گاز، طراحی آزمایش تاگوچی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول ۱

معرفی ماشینکاری تخلیه الکتریکی ۱

۱ – ۱ – مقدمه ۲

۱ – ۲ - اصول کلی ماشینکاری تخلیه الکتریکی (EDM) ۳

۱ – ۳ - فرآیند ماشینکاری تخلیه الکتریکی ۳

۱ – ۴ – دی‌الکتریک ۴

۱ – ۵ - پارامترهای ماشینکاری تخلیه الکتریکی ۵

۱ - ۵ – ۱ - پارامترهای ورودی ۵

۱ – ۵ – ۲ - پارامترهای خروجی ۸

۱ – ۶ - جنس الکترود ۱۰

۱ – ۷ - جنس قطعه‌کار ۱۰

۱ – ۸ - ماشینکاری تخلیه الکتریکی خشک ۱۱

۱ – ۸ – ۱ - اصول کار ماشینکاری تخلیه الکتریکی خشک ۱۲

۱ – ۸ - ۲ - مزایا و معایب ماشینکاری تخلیه الکتریکی خشک در مقایسه با معمولی ۱۳

۱ – ۹ - چدنها ۱۵

۱ – ۱۰ - چدن خاکستری ۱۶

فصل دوم ۱۸

پیشینه تحقیق ۱۸

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲ – ۱ – مقدمه ۱۹

۲ – ۲ – بررسی تحقیقات انجام شده ۲۰

فصل سوم ۲۷

تجهیزات آزمایش و روش تحقیق ۲۷

۳ – ۱ – مقدمه ۲۸

۳ – ۲ - تجهیزات آزمایش ۲۹

۳ – ۲ – ۱ - دستگاه ماشینکاری تخلیه الکتریکی ۲۹

۳ – ۲ – ۲ - مکانیزم اضافه شده به دستگاه ۳۰

۳ – ۲ – ۳ - مولد جریان مستقیم ۳۱

۳ – ۲ – ۴ - ترازو جهت اندازه گیری وزن قطعه‌کار ۳۲

۳ – ۲ – ۵ - کمپرسور تأمین کننده هوای فشرده ۳۳

۳ – ۲ – ۶ – دستگاه دورسنج ۳۳

۳ – ۲ – ۷ - ابزار و قطعه‌کار ۳۳

۳ – ۳ - طراحی آزمایش ۳۶

۳ – ۴ - طراحی آزمایشات با استفاده از روش تاگوچی ۴۳

۳ – ۵ - انجام آزمایشات ۴۸

۳ – ۶ - تحلیل نتایج ۴۸

۳ – ۷ - برآورد شرایط بهینه ۵۲

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳ – ۸ - انجام آزمایش‌ها در این تحقیق ۵۳

۳ – ۹ – طراحی آزمایش به کار رفته در این تحقیق ۵۵

فصل چهارم ۵۷

نتایج و تجزیه و تحلیل داده‌ها (یافته های تحقیق) ۵۷

۴ – ۱ – آزمایش‌های اکتشافی ۵۸

۴ – ۱ – ۱ – تعیین تعداد سوراخ (مجرای خروج هوا) در الکترود ابزار ۵۸

۴ – ۱ – ۲ - انتخاب سطوح جریان ۶۰

۴ – ۱ – ۳ - انتخاب سطوح عده‌دوران ۶۱

۴ – ۱ – ۴ - تعیین سطوح مقادیر فشار هوا ۶۳

۴ – ۱ – ۵ - انتخاب سطوح ولتاژ ۶۴

۴ – ۱ – ۶ – تعیین پلاریته مناسب ۶۴

۴ – ۲ - طراحی آزمایش‌ها توسط نرم افزار مینی‌تب ۶۶

۴ – ۳ - نتایج بدست آمده از انجام آزمایشات ۷۰

۴ – ۳ -۱ - اثر جریان بر نرخ براده‌برداری ۷۰

۴ – ۳ -۲ - اثر ولتاژ بر نرخ براده‌برداری ۷۰

۴ – ۳ -۳ - اثر عده‌دوران بر نرخ براده‌برداری ۷۱

۴ – ۳ -۴ - اثر فشار هوا بر نرخ براده‌برداری ۷۳

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل پنجم ۷۴
نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۷۴
۵ – ۱ – مقدمه ۷۵
۵ – ۲ – نتایج ۷۵
۵ – ۳ - پیشنهادات برای تحقیقات آینده ۷۷
منابع ۷۸

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱ – ۱ - قطب بندی الکترودها با توجه به جنس قطعه‌کار و ابزار ۷

جدول ۱ – ۲ - محدوده ترکیب شیمیایی برای چدنهای غیر آلیاژی ۱۵

جدول ۱ – ۳ - مشخصات چدن خاکستری بر اساس استاندارد ASTM 40 ..... ۱۷

جدول ۳ – ۱ - محدوده برخی پارامترهای دستگاه اسپارک پیشرانه مدل ۵۱۰ ..... ۳۰

جدول ۳ – ۲ - مقدار عده‌دوران قطعه کار بر اساس ولتاژ ترانسفورماتور ۳۲

جدول ۳ – ۳ - آرایه $L_8(2^7)$ ۴۵

جدول ۳ – ۴ - نمونه جدول تحلیل واریانس ۵۰

جدول ۳ – ۵ – آرایه متعامد L_9 تاگوچی ۵۶

جدول ۴ – ۱ –نرخ براده‌برداری برای الکترود با تعداد مجراهای عبور هوای متفاوت ۵۸

جدول ۴ – ۲ مقادیر نرخ براده‌برداری برای تغییرات شدت جریان ۶۰

جدول ۴ – ۳ مقادیر پارامترهای تنظیمی ثابت برای تغییرات عده‌دوران ۶۱

جدول ۴ – ۴ - مقادیر پارامترهای تنظیمی ثابت برای تغییرات فشار هوا ۶۳

جدول ۴ – ۵ – اثر قطبیت (پلاریته) بر نرخ براده‌برداری با زمان پالس روشن و خاموش $25\mu s$. ۶۴

جدول ۴ – ۶ - فاکتورها و سطوح مختلف پارامترهای ورودی آزمایش‌ها برای روش تاگوچی ۶۵

جدول ۴ – ۷ – آرایه متعامد L_9 تاگوچی و نرخ براده‌برداری ۶۷

جدول ۴ – ۸- آنالیز واریانس برای میانگین داده‌ها ۶۸

جدول ۴ – ۹ - جدول پاسخ برای میانگین داده‌ها ۶۸

جدول ۴ – ۱۰ - آنالیز واریانس برای نسبت سیگنال به نویز ۶۹

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۴ – ۱۱ – جدول پاسخ برای نسبت سیگنال به نویز ۶۹

جدول ۴ – ۱۲ – اثر تغییر عده‌دوران بر نرخ براده‌برداری در زمان پالس روشن ۸۰۰ µs ۷۲

جدول ۵ – ۱ – شرایط بیشترین نرخ براده برداری در این تحقیق ۷۶

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار ۴ – ۱ - نرخ براده‌برداری برای الکترود با تعداد مجرای عبور هوای متفاوت ۵۹

نمودار ۴ – ۲ - اثر تغییرات شدت جریان بر نرخ براده‌برداری ۶۰

نمودار ۴ – ۳ - اثر تغییرات عده‌دوران بر نرخ براده‌برداری ۶۲

نمودار ۴ – ۴ - اثر تغییرات فشار هوا بر نرخ براده‌برداری ۶۳

نمودار ۴ – ۵ - اثر قطبیت الکترود بر نرخ براده‌برداری ۶۵

نمودار ۴ – ۶ - نمودار اثرات اصلی برای میانگین داده‌ها ۶۸

نمودار ۴ – ۷ - نمودار اثرات اصلی برای نسبت سیگنال به نویز نرخ براده‌برداری ۶۹

نمودار ۴ – ۸ - اثر تغییرات عده‌دوران بر نرخ براده‌برداری با زمان پالس روشن ۸۰۰ µs ۷۲

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱ – ۱ - مراحل براده‌برداری در ماشینکاری تخلیه الکتریکی ۴

شکل ۱ – ۲ - شماتیک یک واحد ضمیمه ماشینکاری تخلیه الکتریکی خشک ۱۲

شکل ۱ – ۳ – مقدار سایش ابزار با دی‌الکتریک هوا در مقایسه با روغن ۱۳

شکل ۲ – ۱ - مدار RC در فرآیند EDM لازارنکو ۲۰

شکل ۲ – ۲ - مقایسه نرخ براده‌برداری با دی‌الکتریک، روغن، هوا و گاز اکسیژن ۲۱

شکل ۲ – ۳ - مقایسه کیفیت سطح در تخلیه الکتریکی با دی‌الکتریک a- مایع و b- خشک ۲۲

شکل ۲ – ۴ - مقایسه سایش ابزار در تخلیه الکتریکی با دی‌الکتریک a- مایع و b- خشک ۲۲

شکل ۳ – ۱ – دستگاه اسپارک مدل ۵۱۰ ساخت شرکت پیشرانه ۲۹

شکل ۳ – ۲ – دستگاه الحاقی جهت دوران قطعه‌کار ۳۱

شکل ۳ – ۳ – ترانسفورماتور متغیر کاهنده جریان مستقیم ۳۱

شکل ۳ – ۴ – ترازوی یک کفه‌ای دیجیتال ۳۲

شکل ۳ – ۵ – دورسنج مکانیکی مورد استفاده برای تعیین عده‌دوران قطعه‌کار ۳۳

شکل ۳ – ۶ – شماتیک الکترود ابزار مسی ۳۴

شکل ۳ – ۷ – الکترود مسی با سه سوراخ برای عبور جریان هوای فشرده ۳۴

شکل ۳ – ۸ – مراحل ساخت قطعه‌کار از جنس چدن خاکستری ۳۵

شکل ۳ – ۹ – مدل عمومی یک فرآیند ۳۷

شکل ۴ – ۱ – مسیر ایجاد طراحی به روش تاگوچی در نرم افزار مینی‌تب ۱۶ ..... ۶۶

فصل اول

معرفی
ماشینکاری تخلیه الکتریکی

۱ – ۱ – مقدمه

امروزه شاهد رشد روزافزون استفاده از مواد سخت به علت خواص مطلوب این مواد می‌باشیم و به علت سختی زیاد این مواد، برای ماشینکاری آنها نیاز به روشهای نوین ماشینکاری[1] می‌باشد. ماشینکاری تخلیه الکتریکی[2] یکی از این روشهای نوین می‌باشد که بطور گسترده برای ماشینکاری مواد رسانا به کار می‌رود. این فرآیند یکی از محبوب‌ترین و پرکاربردترین روشهای نوین ماشینکاری است و معمولاً در صنعت قالبسازی، خودروسازی، صنایع هوا و فضا و صنایع پزشکی کاربرد دارد. به دلیل آنکه در این فرآیند هیچگونه تماس مکانیکی بین قطعه‌کار و ابزار وجود ندارد، مواد شکننده و نازک به راحتی و بدون خطر شکستن قابل ماشینکاری می‌باشند.[۱]

به علت توانایی ماشینکاری مواد رسانا توسط این روش و بدون در نظر گرفتن استحکام مکانیکی آنها، تقریباً استفاده از این فرآیند در صنعت در بسیاری از موارد لازم‌الاجرا می‌باشد. علاوه بر مزایای ذکر شده، این روش دارای نقاط ضعفی نیز می‌باشد که از آن جمله می‌توان به مشکلات زیست محیطی که توسط دی‌الکتریک مایع هیدروکربنی ایجاد می‌شود، اشاره کرد. مایع دی‌الکتریک مورد استفاده دراین روش، منبع اصلی آلایندگی زیست محیطی آن می‌باشد. سوخت های هیدروکربنی بیشترین مصرف را به عنوان دی‌الکتریک دارند. اضافات دی‌الکتریک که بعد از ماشینکاری تولید می‌شوند بسیار سمی و غیر قابل بازیافت هستند. همچنین در طول ماشینکاری به علت حرارت بالا و تجزیه شیمیایی دی‌الکتریک، گازهای سمی تولید می‌شود که خود آلایندگی تولید می‌کنند. علاوه بر آن استفاده از نفت به عنوان دی‌الکتریک، اقدامات احتیاطی برای جلوگیری از خطر آتش‌سوزی را الزام‌آور می‌کند. به همین علت یک فرآیند جایگزین برای رفع این مشکلات لازم است. یکی از راه حل های مطلوب تعویض نوع مایع یا در نهایت حذف دی‌الکتریک مایع می‌باشد. آب مقطر به عنوان یک مایع دی‌الکتریک جایگزین، در بعضی از مواقع استفاده می‌شود.

1- Nontraditional machining
2- Electrical discharge machining

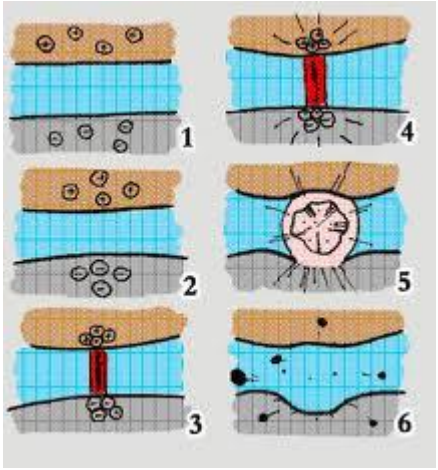
البته کارایی فرآیند به خاطر استفاده از آب کاهش می‌یابد. استفاده از گاز به جای دی‌الکتریک مایع می‌تواند یک راه حل مناسب برای رفع این مشکلات زیست محیطی باشد. [۲]

۱ – ۲ – اصول کلی ماشینکاری تخلیه الکتریکی (EDM) [۳]

ماشینکاری تخلیه الکتریکی یک فرآیند ترموالکتریک است که در آن انرژی حرارتی حاصل از یک جرقه برای برداشت ماده از قطعه‌کار استفاده می‌شود. قطعه‌کار و ابزار باید از مواد رسانای الکتریسیته ساخته شوند. یک جرقه بین دو الکترود (ابزار و قطعه‌کار) ایجاد می‌شود که محل آن جرقه را کمترین فاصله بین این دو الکترود تعیین می‌کند. مدت زمان هر جرقه بسیار کوتاه است. زمان هر سیکل معمولاً چند میکرو ثانیه است. فرکانس جرقه ممکن است تا هزاران جرقه در ثانیه باشد. سطحی که تحت تاثیر یک جرقه قرار می‌گیرد نیز خیلی کوچک است. با این وجود دمای سطح زیر جرقه بسیار بالاست. در نتیجه، انرژی جرقه قادر است تا مقداری ماده را از روی سطح کوچکی از هر دو الکترود، به طور نسبی ذوب و تا اندازه‌ای تبخیر کند. برداشت ماده فرورفتگی‌هایی را در روی سطح قطعه از خود بجا می‌گذارد. در نهایت حفره ایجاد شده در قطعه‌کار تقریباً عکس یا برگردان ابزار است. برای به حداقل رساندن سایش ابزار، پارامترهای عملیاتی و قطبیت باید به دقت انتخاب شوند.

۱ – ۳ – فرآیند ماشینکاری تخلیه الکتریکی

مکانیزم باربرداری مطابق شکل (۱–۱) شامل برقراری ولتاژ، بوجود آمدن میدان الکتریکی قوی، جریان ضعیف الکترون از قطب منفی به مثبت، گرم شدن مولکولها، ایجاد حبابهای بخار، افزایش سرعت الکترونها، تشکیل کانال پلاسما و تخلیه الکتریکی، حرکت بارهای مثبت و منفی، حرکت الکترونها به سمت قطب مثبت و آزاد کردن انرژی خود. پس از رشد کانال پلاسما و افزایش یونهای مثبت و در نتیجه افزایش هدایت دی‌الکتریک و رسیدن به حد بحرانی، در نهایت وقوع جرقه و براده‌برداری را خواهیم داشت.



شکل۱ -۱ - مراحل براده‌برداری در ماشینکاری تخلیه الکتریکی [۳]

۱ – ۴ – دی‌الکتریک[1] [۴]

دی‌الکتریک به موادی اطلاق می‌شود که به راحتی جریان برق را از خود عبور نمی‌دهد. خاصیت دی‌الکتریک مواد با هم متفاوت است. (بصورت خیلی تقریبی می‌توان گفت هر چه ماده غلیظ‌تر و چگالتر باشد، خاصیت دی‌الکتریک آن بیشتر است به همین دلیل خاصیت دی‌الکتریک نفت از هوا بیشتر است). البته خاصیت دی‌الکتریکی مواد را بر حسب مقدار مقاومت ماده در واحد طول می‌سنجند، (با واحد مگا اهم بر سانتیمتر)، مثلا ماده‌ای با قدرت ۲۰۰ MΩ/cm در ولتاژ شکست به مقدار زیر یک اهم بر سانتیمتر می‌رسد که این ویژگی دی‌الکتریک است.

۱ – ۴ – ۱ – انواع دی‌الکتریک‌ها عبارتند از :

الف – دی‌الکتریک گازی : مانند دی اکسید کربن، هوا، بخار آب و ...

ب – دی‌الکتریک مایع : مانند نفت، گازوئیل و یا آب دی‌یونیزه در صورتیکه :

- مواد محلول، مانند نمک‌های آن را گرفته و به صورت آب مقطر درآوریم.
- اکسیژن و هیدروژن که بطور طبیعی به میزان $۱۰^{-۷}$ مولکول گرم تجزیه می‌شوند را جدا کنیم.

ج : دی‌الکتریک جامد : مانند انواع پلی‌مرها، پلاستیک و لاستیک‌ها و شیشه.

1- Dielectric

۱ – ۴ – ۲ – خصوصیات یک سیال دی‌الکتریک خوب [۳]

- استحکام دی‌الکتریک بالا داشته باشد. (تا وقتی ولتاژ بین دو الکترود به ولتاژ شکست نرسیده از لحاظ الکتریکی نارسانا باقی بماند.)
- به محض اینکه ولتاژ به ولتاژ شکست رسید، در کمترین زمان ممکن (زمان تأخیر جرقه) تجزیه شود یا بشکند.
- فاصله را فوراً بعد از اینکه جرقه زده شد، دی‌یونیزه (یون زدایی) کند.
- به عنوان یک محیط یا واسطه خنک کننده موثر عمل کند.
- درجه سیالیت یا روانی بالایی داشته باشد.

۱ – ۵ – پارامترهای ماشینکاری تخلیه الکتریکی [۵]

پارامترهایی که معمولاً برای کنترل یا ارزیابی فرآیند به کار می‌روند را می‌توان به دو گروه اصلی پارامترهای ورودی و پارامترهای خروجی تقسیم نمود.

پارامترهای ورودی آن دسته از پارامترهایی می‌باشند که می‌توان آنها را بر روی تجهیزات ماشینکاری تخلیه الکتریکی قبل یا در طول فرآیند، انتخاب یا تنظیم نمود.

پارامترهای خروجی آن دسته از پارامترهایی هستند که می‌توان آنها را به عنوان نتایج فرآیند در طول ماشینکاری یا بعد از آن بررسی نمود.

۱ –۵ – ۱ – پارامترهای ورودی

الف) شدت جریان دشارژ

شدت جریان دشارژ یکی از مهمترین پارامترها در فرآیند ماشینکاری تخلیه الکتریکی است. نرخ برداشت ماده، فرسایش الکترود ابزار، زبری سطح و دقت ابعادی تا حد زیادی متأثر از شدت جریان

دشارژ می‌باشند. با افزایش شدت جریان دشارژ نرخ برداشت ماده افزایش می‌یابد و در عین حال سطح حاصل خشن‌تر و فرسایش الکترود ابزار بیشتر می‌گردد.

ب) مدت زمان پالس

زمان پالس یکی دیگر از فاکتورهای مهم و مؤثر بر انرژی دشارژ است و در نتیجه، میزان برداشت ماده در هر پالس، نرخ برداشت ماده، نسبت فرسایش الکترود ابزار، زبری سطح و فاصله دو الکترود را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نسبت فرسایش الکترود ابزار با زمان پالس کاهش می‌یابد و برداشت به ازای هر پالس در پالس‌های طولانی به تندی کاهش می‌یابد. زمان پالس طولانی سطوح خشن‌تری ایجاد نموده و منجر به گرم شدن قطعه‌کار می‌شود و دقت ابعادی را کاهش می‌دهد.

پ) ولتاژ مدار باز

افزایش ولتاژ مدار باز یا ولتاژ بدون بار، گپ جانبی را افزایش می‌دهد و برای یک سیستم کنترل گپ معین منجر به افزایش گپ جلویی نیز می‌شود. بدین ترتیب شستشوی محیط ماشینکاری بهبود پیدا کرده، پایداری فرآیند افزایش می‌یابد.

ت) قطب‌بندی[1] ابزار [۶]

قطبیت طوری انتخاب می‌شود که حداقل فرسایش الکترود ابزار، به همراه نرخ براده‌برداری مورد نیاز به دست آید.

قطب‌بندی الکترودها به جنس قطعه‌کار و ابزار بستگی دارد.

جدول (۱ – ۱) قطبیت جنسهای مختلف را نشان می‌دهد.

1- polarity