ماشینکاری با تخلیه الکتریکی(اسپارک)

EDM Machine

مدرس : مهندس جم پور

مقدمه :

اگر بخواهیم روشهای براده برداری را به دو دسته مکانیکی و فیزیکی تقسیم کنیم می بایست فرزکاری ، تراشکاری و سنگ زنی و غیره را جزو روشهای مکانیکی) و اسپارک کاری ECMدسته بندی کرده و براده برداری به روش الکترو شیمیایی (در سیال موردECM و EDM) را در دسته فیزیکی جای داد که تفاوت مهم EDM(سیال بکار رفته رسانای جریان (الکترولیت) بودهECM استفاده در فرآیند است . در از سیال به عنوان عایق (دی الکتریک) استفاده می شود .EDM اما در روشی است که در آن از فلزات با روش تخلیه الکتریکی EDM ماشین کاری با میتوان براده برداری کرد .

بصورت فرایندهای پرداخت فلزات (EDM)ماشینهای تخلیه الکتریکی رسانا ، توسط جرقه های الکتریکی مشخص می شوند. در ابتدا برای از بین بردن براده های مته کاری، و همچنین سوراخ کردن ابزارهای برای ساخت حفره ها EDMظریف و گرانبها بکار گرفته شد. امروزه و قالبهای هندسی و غیر هندسی بسیار پیچیده بکار می رود. مفهوم ماشین کاری الکتریکی ممکن است به یک گروهی از فرایندها که جریان الکتریکی را برای برداشتن فلزات بکار میگیرند اطلاق شود.

در فرایند ماشین کاری الکتریکی بر خلاف ماشین کاری مکانیکی فلز ابزار می تواند از فلز قطعه کار نرمتر باشد و براده برداری نیز هیچ ارتباطی به سختی مکانیکی قطعه کار ندارد. هر چند که فلزات سخت کمی سخت تر از فلزات نرم براده برداری می شوند.

فرایندهای ماشین کاری الکتریکی به دو دسته تقسیم می شوند. اولین آنها ماشینهای تخلیه الکتریکی هستند. در اینجا اثر خوردگی از یک توالی سریع از پالسهای الکتریکی در از بین بردن فلز از روی قطعه کار بکار گرفته میشود. فرایند دوم ، فرایندهای الکتروشیمیایی و فرسایش با الکترولیت هستند. فرایند ماشین کاری تخلیه الکتریکی یا بعبارت دیگر ماشین کاری اسپارک بر روی اثر خوردگی جرقه الکتریکی بر روی هر دو الکترود پایه گذاری شده است.

اگر هر دوی قطعه کار و الکترود هم از یک جنس یاد داشتن این نکته که باشند، بیشترین سائیدگی در قطعه أی بوجود می آید که روی الکترود منفی بسته شده باشد ، الزامی است. بنابراین برای بدست آوردن خوردگی ماکزیمم از قطعه کار ، در حالیکه الکترودمان سایش بسیار کمی داشته باشد، باید قطعه کار را به پایه منفی و الکترود یا ابزار را به پایه مثبت .وصل کنیم

اسپارک اروژن چیست ؟

اسپارک عمل موضعی است که با تناوب زمانی، براده ها را به صورت حجم های فلزی کوچک (آرد مانند) بتدریج از سطح قطعه کار جدا میسازد که به این عمل اصطلاحا اروژن (erosion به معنای فرسایش) گفته می شود .

- دستگاه Die Sinking Machine یا اسپارک اروژن که در اصطلاح متداول ایران به اختصار اسپارک نامیده می شود ، ماشین افزاری است که می تواند روی قطعات فلزی عملیات براده برداری (ماشین کاری) را انجام دهد .

ماشین کاری دستگاه اسپارک مبتنی بر روش مخصوص Electro Discharge Machine) E.D.M) می باشد . در این روش آنچه موجب براده برداری می شود جرقه های الکتریکی کنترل شده ای است که به تعداد بسیار زیاد در هر ثانیه بین قطعه کار و ابزار ماشین کاری (الکترود) در یک محیط سیال دی الکتریک رخ می دهد . هر کدام از این جرقه ها در حقیقت پالسهای الکتریکی پر قدرت و دقیقی می باشند که به دو سر کار و الکترود اعمال می گردند .

) بیشتر باشد ، حجم براده برداری on timeهر چه جریان و زمان دوام جر قه (بیشتر و صافی سطح کمتر می شود (سطوح خشن تر می شوند) نکته حائز اهمیت آنکه برای دستیابی به کیفیت مطلوب اسپارک کاری ، بایستی تناسب دقیق جریان ، زمان دوام و زمان قطع جرقه رعایت شود .بنا بر همین اصل اسپارک را امروز مبتنی بر تکنولوژ ی " ایزو پالس" می سازند .

بنا بر آنچه گفته شد هیچ نیروی مکانیکی از ابزار بر قطعه کار اعمال نمی شود . الکترود به هر شکل و فرمی که با شد ، قرینه آن در قطعه کار ایجاد می شود . در صنعت معمولاً الکترود را از جنس مس یا گرافیت انتخاب می کنند.

فرایند براده برداری توسط جرقه:

قطعه کار در حمامی از دی الکتریک غرق میشود. و این دی الکتریک پنج سانتیمتر بالاتر از سطح قطعه کار را می پوشاند ، اینکار از آتش گرفتن دی الکتریک در اثر جرقه ها جلوگیری میکند.

با ولتاژی بالاتر از ۵۰ ، ۶۰ DC الکترود و قطعه کار به دو سر یک منبع ولتاژ ولت وصل شده اند. دی الکتریک در چرخه ای توسط پمپ می چرخد . فاصله هوایی برای جرقه زنی در حدود ۲۵ تا ۱۰۰ میکرومتر توسط سروموتور ثابت نگه داشته .میشود

زمانیکه منبع تغذیه روشن شد ، پس از انتخاب مقادیر جریانها ، ولتاژها ،فاصله gap[1][1]مجاز ،زمانهای [2]ontime ،off time[3][3] ، زمانهای شستشو و ... با استفاده از ورودیهای مختلف (مکانیکی با سلکتورها یا بصورت عددی و با استفاده از یک سیستم میکروپروسسوری)، ولتاژ به دو سر الکترود جرقه تولید میشود ،سیال gapاعمال میشود ، با اعمال ولتاژ در فاصله معینی از یونیزه شده و تخلیه الکتریکی صورت میگیرد ، بعلت حرکت سیال زیر محل فعال ، سیال غیر یونیزه ای خواهیم داشت بنابراین باز سیال جداساز خوبی خواهد بود و سیکل ادامه می یابد ...

: فاصله هوائی بین الکترود و قطعه کار *gap*

ONTIME : زمانی است که ترانزیستورهای قدرت روشن می شوند

OFFTIME : زمانی است که ترانزیستورهای قدرت خاموش می شوند

سیال انتخاب شده باید تا زمان وقوع شکست الکتریکی بعدی ، نارسانا باقی بماند . زمانیکه به ولتاژ دلخواه رسیدیم سیال باید سریع بشکند (شکست الکتریکی) و پس از عمل تخلیه در زمان خاموشی پالس (*off time*) باز سریع غیر یونیزه شده به حالت اول برگردد.

در این روش توالی تندی از جرقه ها بدست می آید (بین ۵۰۰ تا ۵۰۰۰۰ جرقه در ثانیه) ، هر جرقه أی ، دمای محلّی نقطه جرقه دیده را به حرارت بسیار بالائی ۱۲۰۰۰ $^{\circ}$ می رساند این جرقه حرارت بالا باعث ذوب این C در حدود۷۰۰۰ تا کوچکی را روی Offtimنقطه از مکان جرقه دیده شده و ناحیه مذاب بسیار دی سطح قطعه کار بوجود می آورد،

در زمان الکتریک سرد به روی این نقطه با حرارت بسار بالا می رسد و اختلاف دمای چند هزار درجه ای موجب انفجار نقطه ذوب شده میشود ، بدیهی است که اغلب جرقه بین نقاطی از قطعه کار و الکترود که به هم نزدیک هستند اتفاق می افتد و نقطه های داغی از قطعه کار خورده شده و از سطح قطعه کار کنده میشوند این خوردگیها توسط دی الکتریک از محل دور میشوند .

همچنین که قطعه کار خورده میشود الکترود توسط موتور سِروُیِ کنترل شده ای نزدیک میشود.

کنترل موتور سِروُ برای فاصله هوائی مناسب وقابل تنظیم توسط نمونه برداری ازولتاژ بین قطعه کار و الکترود انجام خواهد گرفت.

فرایند تخلیه پالسی :

الکترود به قطعه کار بسیار نزدیک می شود و فرایند کامل یک تخلیه الکتریکی به ترتیب زیر به وقوع می پیوندد.

۱. ولتاژ بین الکترود و قطعه کار یک میدان الکتریکی در فاصله هوائی یا GAP بوجود می آورد.

2. در نتیجه این میدان ،ذرات هادی در وسط ناحیه میدان که میدان الکتریکی بسیار قوی است، متمرکز می شوند. و پلی را در وسط میدان تشکیل میدهند. بدلیل نبود ذرات هادی معلق در آب مقطر خالص در ابتدای بکارگیری ماشین وایرکات براده برداری به کندی صورت میگیرد چون کانال دیر یونیزه میشود.

۳. در این زمان الکترونها از قطب منفی به داخل کانال ایجاد شده حرکت می کنند، و با این ذرات برخورد می کنند. بنابراین یونهای مثبت و منفی از این ذرات معلق بوجود می آیند. این فرایند بصورت انفجاری کل ناحیه GAP را در بر می گیرد.

۱.یونهای مثبت به سمت قطب منفی حرکت میکنند ، و یونهای منفی بسمت قطب مثبت. و جریان یونها بوجود می آید.

۲.این جریان الکتریکی به شدت افزایش یافته و در برخورد در آن نقطه گرمای شدیدی بوجود می آورد و در صورتیکه گرما موثر باشد، همان نقطه از قطعه کار ذوب می شود. این گرما مایع دی الکتریک را بخار کرده و فشاری را بین الکترود و قطعه کار بوجود می آورد این فشار بسیار کوچکتر از آنی است که بتواند در قطعه کار یا ابزار حرکت ایجاد کند اما این فشار در واحد سطح مقدار بسیار بزرگی است.

۳.پس از ذوب شدن آن نقطه، با ادامه اعمال ولتاژ و جریان، کانال یونیزه گشادتر می شود و سطح نقطه ذوب بیشتر می شود اما این ولتاژ و جریان را تا آخر نمی توان ادامه داد چرا که با ادامه جریان، آن نقطه هر چه بیشتر داغتر می شود و به کربنها فرصت کافی برای سوختن می رسد و این کربنها در اثر فشار حاصل و بدلیل مرطوب بودن کانال یونیزه به هم می چسبند و حال الکترونها به جای حرکت از طریق کانال یونیزه از طریق این توده کربن منتقل می شوند و علاوه بر اینکه بر ذوب بیشتر کمک نمی کند بلکه عارضه بسیار بدی بنام ARC یا جوشکاری را پدید می آورد.

قسمتهای اصلی دستگاه اسپارک :

۱ – قسمت فرمان دستگاه (مغز دستگاه) که تابلوی برق دستگاه در آن قرار دارد .

۲ – قسمتی که الکترود به سه نظام آن متصل می گردد که به آن قسمت فرمان گیرنده نیز می گویند .

۳ – قسمتی که گازوئیل یافت و غیره در آن قرار دارد که اصطلاحا به آن پالایشگاه می گویند .

ولتاژ کار :

عبارتست از مقدار ولتی که دستگاه هنگام کار مصرف می کند که مقدار آن توسط ولم ولتاژ تنظیم و توسط ولتمر دستگاه روئیت می شود . ولت متر دستگاه در لحظه ۱۲۰ – ۱۰۰) ولی هنگام کار (بر خورد V اول ولتاژ زیادی را نشان می دهد (الکترود با کار) ولتاژ آن افت می کند تجربه نشان می دهد که در این لحظه خوردگی الکترود در ولتاژ ۴۰ تا ۳۰ ولت کمترین مقدار را دارد .

فرمان برخوردفاصله الکترود با قطعه کار به ۳ میکرون یعنی حداقل فاصله می رسد .

آمپر دستگاه :
عبارتست از مقدار آمپری که توسط ترانزیستورها وارد مدار می شود به الکترود می رسد در نتیجه مقدار جریان دلخواه را توسط کلید های ترانزیستورها تنظیم و توسط آمپر متر رویت می شود با توجه به اینکه آمپر متر زمانی اندازه واقعی را نشان می دهد که ولتاژ روی کار همان ۴۰ تا ۳۰ ولت باشد .
کلید های ترانزیستور هر کدام به اندازه واحدهایی که زیر آن نوشته آمپر دارد دستگاه می کنند "که هر ولت آن برابر ۶/۱ آمپر است " در ضمن کلید اول فقط ۵/۰ آ«پر وارد مدار می کند که برای شروع کار با الکترود نوک تیز و ظریف می باشد .
تمام کلیدها در حالت وسط و بالا خاموش است به غیر از دو کلید اول که فقط در حالت دوم خاموش است . ضمنا مقدار آمپر متعادل برای الکترود ۲ تا ۶ آمپر بر است cm^2 .

لامپهای سیگنال :

هر لامپ سیگنال نشان دهنده متصل بودن کلید ترانزیستور مربوط به مدار است به غیر از لامپ سیگنال آخر که شیری رنگ است و هنگام کار تولید سه رنگ می کند.

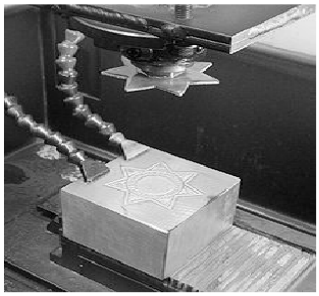
رنگ اول که زمانی پائین رفتن الکترود را نشان می دهد که قرمز است .

رنگ دوم هنگامی است که الکترود با کار درگیر است و جرغه می زند و نارنجی است (حالت براده برداری)

. رنگ سوم با رنگ سبز نشان دهنده بالا رفتن الکترود می باشد

فرکانس دستگاه :

فرکانس عبارتست از مقدار جرقه ای توسط الکترود در مدت یک ثانیه به قطعه کار وارد می شود .



تبصره : اعداد نوشته شده در روی ولم فرکانس دستگاه نشان دهنده پریود دستگاه می باشد در نتیجه ولم فرکانس هر چه پائین تر باشد تعداد جرقه بیشتری به قطعه کار وارد می شود مه در این مورد برای مواقع پرداختکاری استفاده می شود و ضرر این حالت خوردگی الکترود است ، فرکانس دستگاه از ۳/۳۳۳ جرقه تا ۱۰۰۰۰۰۰ جرقه در ثانیه قابل تنظیم است .

نکته : کمترین میزان خوردگی الکترود در فرکانس ۳۰۰۰ تا ۵۰۰ می باشد .

تعیین پالس دستگاه :

با ولم پالس دستگاه می توان مقدار اثر پذیری هر پالس را تنظیم کنیم یعنی هر چه قدر ولم پالس دستگاه را زیاد کنیم فاصله ی بین دو پالس زیادتر می شود .

و در عوض مدت اثر پذیری کمتر می شود.

فایده ولم پالس دستگاه :

گاهی اوقات به علت کثیفی سطح کار یا الکترود و یا مواقع اسپارک کاری در عمقهای بلند می شویم که فاصله پالس را زیاد کنیم که در این حالت مدت اثر پذیری و جرقه زدن در (هر پالس می شود و باعث می شود که براده راحت تر بتواند خارج شود ، برای مثال : مانند تیغ فرزی است که دارای شیارهای زیادی باشد که در این حالت براده برداری منظم تری را داریم (فاصله پالس کم) ولی عیب این حالت این است که براده ها از شیار بالا کشیده نمی شود که برای این کار مجبور می شویم از تیغ فرزی استفاده کنیم که دارای شیارهای کمتری باشد .
تبصره :
تجربه نشان داده که همیشه باید با بیشترین مقدار اثر پذیری پالس کار کنیم چون هر په فاصله پالس بیشتر شود میزان خوردگی الکترود بیشتر می شود .

ولم های تنظیم نرمال بالا و پائین رفتن الکترود :

زمان بالا رفتن الکترود باید به اندازه ای باشد که الکترود بین ۳ تا ۲ میلیمتر از سطح براده برداری باشد تا براده بتواند به راحتی خارج شود م زمان روی کار آمدن الکترود هم باید بین ۳ تا ۴ ثانیه باشد. و نقش این کار سه چیز است:

۱ – جلوگیری از گرم شدن الکترود
۲ – شستشو
۳ – استراحت دستگاه

آژیر دستگاه :

آژیر دستگاه در سه حالت به صدا در می آید :

۱ – زیر الکترود یا سطح کار کثیف باشد .
۲ – ولتاژ کم باشد .
۳ – کار براده برداری به اتمام رسد .

وظایف پمپ ۱ :

۱ – انتقال نفت به فیلتر ها
۲ – انتقال به راداتور
۳ – شستشو مقطع و ممتد

وظایف پمپ ۲ :

فقط پر کردن سریع وان

ولم پالس مضاعف :

استفاده از این ولم در مواقعی است که الکترود و کار هر دو همنام باشد که در این حالت احتمال انحراف جرقه زیاد است که برای رفع این مشکل باید به وسیله این ولم ولتاژ دستگاه را زیاد کنیم . (در ضمن زمانی این ولم کار می کند که کلید ترانزیستوری اولی در حالت بالا باشد .)

حساسیت ها :

این ولم در کنار ولم ولتاژ قرار دارد و در الکترود هایی که طول بلند دارند و کارگیر مناسبی ندارند مورد استفاده قرار می گیرد ، چون در قطعه کارهای بلند (الکترود های بلند به علت لرزش الکترود و تغییر فاصله با قطعه کار ، دستگاه قطع و آژیر به صدا در می آید ، در این مواقع با زیاد کردن حساسیت ، حساسیت دستگاه نسبت به این امر کم می شود و دستگاه آژیر نمی زند .

پمپ هیدرولیک :

این پمپ با ظرفیت مخزن ۲۸ لیتر از روغن ۱۰ وظیفه بالا و پائین دادن پینول را به عهده دارد .

) الکترود و قطعه کار E.D.Mاصل مبنا: در ماشینکاری به روش تخلیه الکتریکی (
هر دو باید در سیال نارسنا غوطه ورو به هم نزدیک باشند. تپهای جریان مستقیم با
بسامد بالا بر اثر مقاومت سیال از الکترود تخلیه می شوند و هر تیپ ذره ای خرد را
از سطح قطعه کار می کند.

در این روش از خاصیت تبادل بار الکتریکی بین دو قطب (ابزار و قطعه) در یک محیط مایع غیرهادی برای حل حذف شدهها و انتقال به خارج استفاده میگردد.روش قوس الکتریکی که آن را اسپارک نیز میگویند فرآیندی است که بر اساس ایجاد فرم دادن شکل منفی الکترود بر روی قطعه انجام می گیرد.

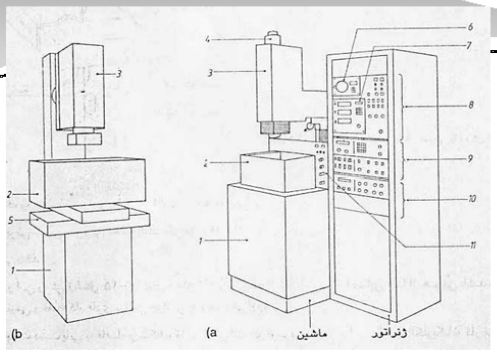
ماشین های براده برداری با تخلیه الکتریکی (اسپارک):

این روش یک نوع براده برداری سایشی است که در نتیجه تخلیه الکتریکی بین
. mm) و با فاصله 40 – 500 Vدو الکترود تخت اختلاف پتانسیل الکتریکی (
در یک سیال غیر هادی اتفاق می افتد. هنگام ایجاد جرقه ذرات کوچک 1. –2
فلزی کنده شده ایجاد جرقه ذرات کوچک فلزی کنده شده و یا به صورت تراشه
) مقدار 10000 – 25000(پوسته) جدا می شود. در نتیجه دمای بالای جرقه (
زیادی از ذرات فلز ذوب و بخار می گردد. مقدار سایش بستگی به شدت و تعداد
پرسه تخلیه الکتریکی دارد.

کاربرد عمل سایش براده برداری با تخلیه الکتریکی به عنوان یک روش براده برداری بردو پایه استوار است:

الف: ایجاد جرقه همواره در کوتاهترین فواصل اتفاق می افتد. از آن جا که سطوح قطعه کار در مقیاس کوچک برآمدگیها زیگزاگی و نقاط تیز دارد، ایجاد جرقه در نقاط فوق با شدت بیشتری صورت می گیرد .

ب: مقدار سایش کاتد (ابزار) اصولاً کمتر از آند (قطعه کار) می باشد.



اصول یک ماشین تخلیه الکتریکی با کنترل NC

a) با میز ثابت، b(۵) با میز صلیبی

۱- پایه ماشین، ۲- مخزن دی الکتریک، ۳- کله گی با محور کشویی،

۴- موتور جریان مستقیم سیستم محرکه محور،۵- میز صلیبی،

۶NC- تجهیزات اندازه گیری عمق، ۷- کنترل X و Y ، یا نمایش مسیر

۸- پانل ماشین، ۹- پانل کنترل سیاره ای، ۱۰- پانل ژنراتور، ۱۱- واحد شستشو

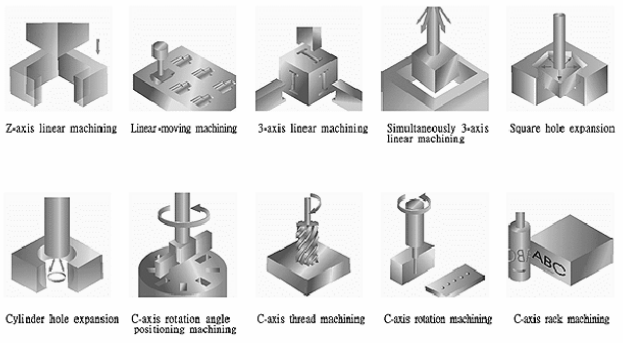
کاربرد :

۱- براده برداری فلزات سخت، آلیاژهای ویژه مقاوم به حرارت بالا، چدن سفید، آلیاژهای جوشکاری فولادهای سختکاری شده و برگشت پذیر

۲- ساخت ماتریس های کشش، اکستروژن و قالب های آهنگری و ریخته گری

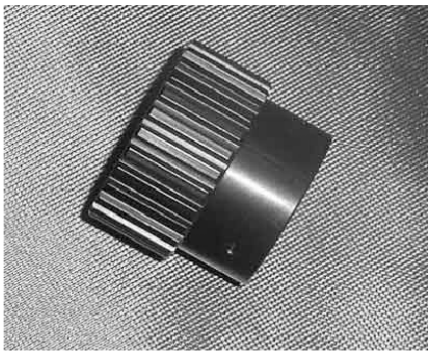
۳- ساخت و عملیات پرداخت قالب های آهنگری

۴- تغییر و تعمیر قالب های آماده، که عملیات ماشینکاری در حالت سختکاری شده را نیز ممکن می کند.

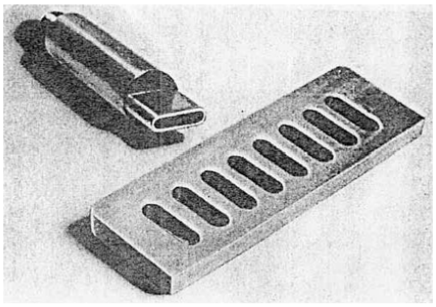


گونه هایی از شکلهای ماشینکاری شده

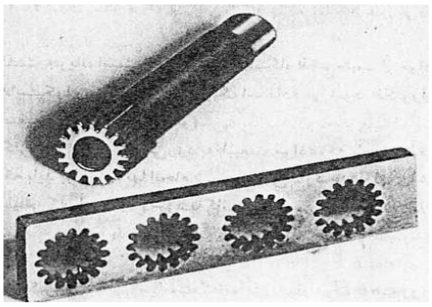
در فرایند ماشینکاری تخلیه الکتریکی



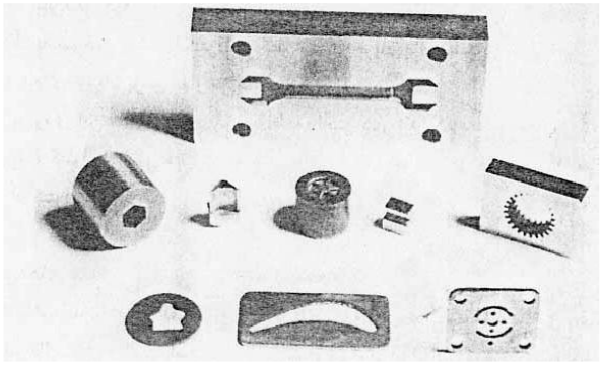
چرخدنده تولید شده به روش EDM



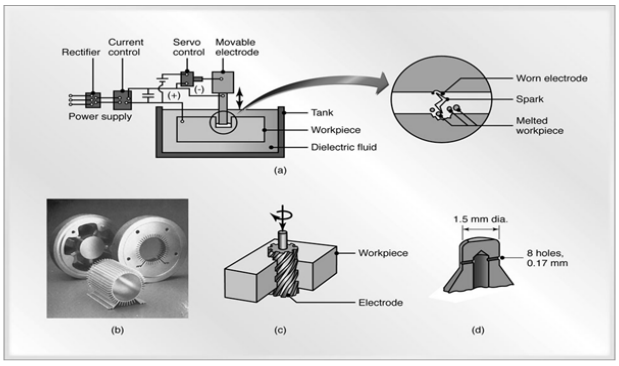
سوراخ های لوبیایی ایجاد شده با الکترود ابزاری

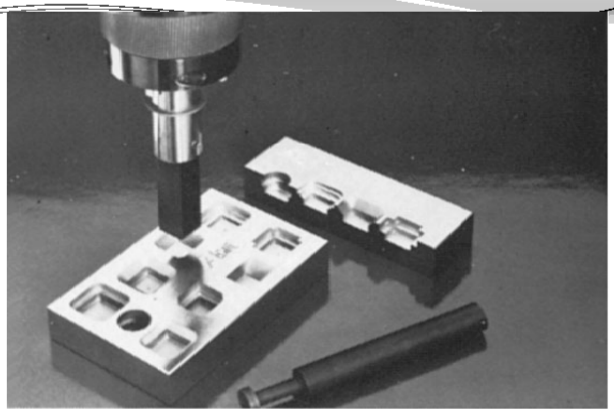


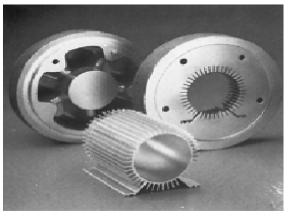
تولید چرخ دنده های درونی در فرایند تخلیه الکتریکی



گونه هایی از شکلهای ماشینکاری شده در
فرایند ماشینکاری تخلیه الکتریکی







پارامترهای فرآیند :

۱۸۰ ، برای پیشتراشی، تا چند صد Hz از EDMگستره ی بسآمد ماشین های مدرن کیلو هرتز، برای پرداختکاری، تغییر می کند. هرگاه بسامد جرقه زنی بسیار زیاد باشد، سیال دی الکتریکی نمی تواند با آهنگی نسبتاً بالا وایونیده شود، در نتیجه برای بسامد کران بالایی قایل می شوند.

دقت این فرآیند به پهنای شکاف بستگی دارد، هرچه شکاف کوچک تر باشد، دقت بیشتر می شود، اما با کوچک شدن پهنای شکاف ولتاژ کاری و آهنگ براده برداری کاهش می یابد.

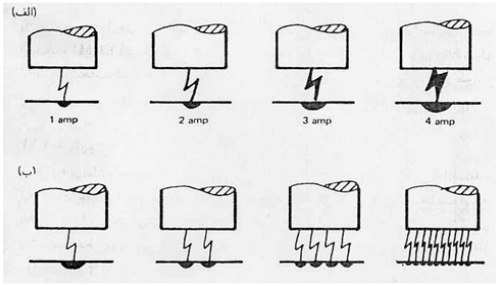
عامل های دیگری که بر دقت فرآیند اثر می گذارند:

۱- دقت در ساخت قلم

۲- اضافه مجازی که برای شکاف در نظر گرفته شده است.

یکی از دلایل عدم دقت در هنگامی که حفره ها و سوراخ های عمیق با وجوه موازی تولید می شوند، شیب ایجاد شده بر اثر جرقه زدن بین وجوه الکترود و وجوه حفره است. هر ذره جدا شده ای که از بین الکترود و وجوه حفره می گذرد نیز به این جرقه زنی کمک می کند و ولتاژ شکست سیال دی الکتریک را به شدت کاهش می دهد.

در هر وجه و در 0.05 mmشیبی که بدین ترتیب ایجاد می شود، در حدود سرتاسر عمق حفره است و در هنگام ماشین کاری قالب ها، ماتریس ها و غیره مفید واقع می شود.



تاثیر شدت جریان و بسامد تپ بر آهنگ براده برداری و صافی سطح.

دقت ماشینکاری قابل دستیابی :

سطح ماشینکاری شده با تخلیه الکتریکی هیچ نوع شباهتی به براده برداری نداشته بلکه از شکاف های خیلی کوچک کنده شده تشکیل می شود. همچنین با عمق های زبری کمتر نمای ماتی دارد. عمق زبری بستگی به فرکانس جرقه داشته و در ۲۵ نیز می رسد.μm۳- ۵. و در خشن کاری تا μmظریف کاری حدود دقت اندازه های قابل حصول به مقدار زیادی بستگی به شکل الکترودها دارد، به طوریکه در عمق های براده برداری بیشتر سوراخ به شکل مخروطی در می آید. سایش الکترودها بایستی به هنگام طراحی الکترودها مدنظر قرار گیرد.یک روش بهبود دقت اندازه گیری به وسیله ی شستشوی مصنوعی قابل حصول است (الکترودهای تو خالی با شستشوی گردشی و شستشوی آزاد از پایین).

EDMمعایب و مزایای مخصوص روش

۱- برای عملیات ماشینکاری همه منظوره و نیز برای قالب سازی مناسب است.
۲- خطر توسعه و ایجاد ترک های تنشی.
۳- ماشینکاری مواد سختکاری شده و بدون تابیدگی
۴- ساخت الکترود قالب های پیچیده نسبتاً آسان و ارزان می باشد.
۵- کمتر شدن قابل توجه مدت زمان ساخت در مقایسه با روش های معمولی ماشینکاری.
۶- در این فرایند شکل های نا منظم به سادگی در مواد ترد ماشینکاری می شوند.
۷- تنش موضعی بر اثر فشار ابزار و تابیدگی بر اثر گرما در این روش بی معنی است.

از مزایای زیاد دستگاه اسپارک می توان به دو مورد مهم اشاره کرد :
اول آنکه ماشین کاری روی فلزات سخت ، دشوار و در بیشتر اوقات غیر ممکن می باشد ولی به وسیله این دستگاه به سادگی امکان پذیر است .

دوم آنکه ایجاد حفره ها یا بر آمدگی غیر متقارن و غیر هندسی که به وسیله ابزار های رایج براده برداری غیر ممکن است ، به سادگی بوسیله اسپارک انجام پذیر می باشد.

برای انتخاب یک ماشین اسپارک مناسب موارد زیر باید مد نظر قرار گیرد :

1. حجم براده برداری در دقیقه : اسپارکها معمولاً با جریان اعمالی روی قطعه کار و الکترود رده بندی می شوند . برای مثال ۲۵A – ۵۰A – ۱۰۰A . هر چه جریان اسپارک کاری بیشتر باشد حجم براده برداری در واحد دقیقه بیشتر است .

2. درصد خوردگی الکترود : خوردگی الکترود یک عامل نا خواسته در عملیات اسپارک کاری می باشد . هرچه خوردگی الکترود کمتر باشد هزینه ماشین کاری کمتر است و امتیازی برای مدل دستگاه محسوب می شود .

۳.درجه صافی سطح قابل حصول : اسپارک هنگام ماشین کاری حفره ها و برآمدگی های کوچکی روی قطعه کار ایجاد می کند که یک عامل مزاحم در فرایند ماشین کاری است . هر ماشین اسپارکی که در نهایت سطح صاف تری تحویل دهد ، مرغوب تر است.

4. در اسپارک وظیفه دقیق و ایجاد و کنترل Z : محور Z سیستم حرکتی محور فاصله مناسب (در حد میکرومتر) بین قطعه کار و الکترود را دارد .

معمولاً سیستم حرکتی این محور به دو صورت می باشد :

- اول سیستم حرکتی که با استفاده از بازوهای هیدرو لیکی محور را حرکت می دهند و معمولاً می توان قطعات الکترود با وزن زیادی به کار گرفت . ولی این روش برای ایجاد فاصله دقیق نا مناسب است که عملاً باعث خوردگی الکترود وصافی سطح نامناسب می گردد .
- دوم سیستم حرکتی که مبتنی بر حرکت به وسیله سروو موتور می باشد که دقت بسیار بالایی داشته و باعث کیفیت مناسب ماشین کاری می گردد ولی در تحمّل وزن زیاد الکترود محدودیت دارد .

۵.مشخصات عمومی دیگر از قبیل : ابعاد میز کار ، محدوده حرکتی میز کار و دقت آن . حجم تانک دی الکتریک و میزان برق مصرفی (راندمان دستگاه) ، سیستم های مختلف حفاظتی و غیره .

دی الکتریک :

در ابتدای کشف اسپارک در روسیه از هوا بعنوان دی الکتریک استفاده شد. بزودی کشف شد که مشتقات نفت مزایای زیادی نسبت به هوا دارند. استحکام آنها زیاد است.

و با استفاده از مشتقات نفت از گپ کوچکتری میتوان استفاده کرد و کیفیت اسپارک کاری با آن بسیار مطلوب است. در این نوع مواد فرکانس کار اسپارک میتواند بیشتر گردد و ذرات برداشته شده براحتی توسط آن جابجا میشوند.

درجه حرارت دی الکتریک :

منظور از دی الکتریک همان نفت است که باید آن را روی درجه
۵۰ تا ۵۵ درجه می دهیم که در این حالت هنگامی که درجه
حرارت نفت به درجه فوق می رسد سیستم براده برداری قطع می شود .

دی الکتریک:

هدف استفاده از دی الکتریک (آب یا نفت سفید) کاهش دماو شستشو و انتقال براده ها از منطقه ماشینکاری شده است.

این سیستم شامل :مخزن فیلتر پمپ خود سیال و غیره می باشد.

ویژگی های دی الکتریک:

۱- دی الکتریک باید استحکام داشته باشد تادر مقابل گرمای زیادی که از جرقه بین الکترود و قطعه بوجود می آید خاصیت خود را از دست ندهد.

۲- برای اینکه سرعت کار اسپارک پایین است وقتی به ولتاژ شکست رسید در کمترین زمان بایستی بشکند

۳- برای جلوگیری از رسانایی جریان ولتاژ در هر بار پس از شکسته شدن (یونیزه شدن) دوباره باید عایق شود.

۴- دی الکتریک بخاطر اینکه بتواند به راحتی محیط کار را سرد کند و همچنین براده های ریز را از محیط (برای سهولت ماشینکاری)خارج کند باید خیلی چسنده و غلیظ نباشد .

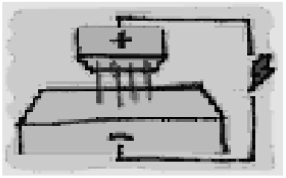
۵- دی الکتریک باید سرعت خنک کاریش بالا و در مقابل حرارت زیاد درصد اشتعال کمی داشته باشد.

سیال دی الکتریک :

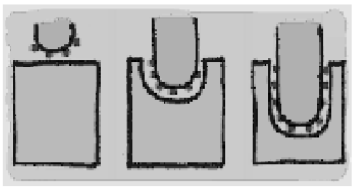
سیال دی الکتریک باید تا زمان شکست باید تا زمان شکست نارسانا بماند، هنگامی که ولتاژ به مقدار بحرانی می رسد، باید سیال بشکند و سپس با تخلیه ی هر جرقه به سرعت وایونیده شود.

ویسکوزیته سیال دی الکتریک باید کم باشد تا به آسانی جریان یابد و بتواند براده های فلزی را از منطقه ی ماشینکاری دور کند. این سیال به عنوان خنک کن نیز عمل می کند و گرمای حاصل از هر جرقه را می گیرد.

چنانچه بین الکترودو قطعه کاراختلاف :دی الکتریک بین قطعه کار و الکترود پتانسیلی اعمال شود در اثر برخورد شدید دی الکتریک بین دو قطب الکترون هابه مولکولهای دی الکتریک یونیزه میشوند و کانالی بین دو الکترود به وجود می آید می گویند(پلاسما حالت چهارم ماده است) که به آن کانال پلاسما .می گیرد و در اثر برخور شدید یونها به قطعه کار براده برداری صورت



با زدن جرقه از یک سو و پیشروی ابزار به سمت قطعه کار از سوی دیگر (به صورت ارتعاش رفت و برگشتی با فرکانس بالا) به مرور زمان شکل ابزار در قطعه کار براده برداری می شود. هر جرقه درجه حراتی بین ۸۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ دارد درجه سانتیگراد تولید می کند . اندازه چاله ای که هر جرقه ازقطعه باربر می به میزان انرژی جرقه بستگی دارد که مهمترین عامل موثر منبع تامین .جریان است عمق چاله به وجود آمده از چندین میکرون تا ۱ میلیمتر متفاوت است



سیال های دی الکتریک متداول عبارتند از: پارافین و روغن ترانسفورماتور. هیدروژن موجود در این سیال ها عمل وایونش لازم برای عایق شدن سیال پس از هر بار تخلیه را انجام می دهد.

سیال را می توان از طریق خود قلم تغذیه کرد.

قبل از بازگرداندن سیال دی الکتریک به منطقه ی ماشینکاری، باید آن را از صافی گذراند تا ذرات فلزی تولید شده در حین انجام فرآیند از آن جدا شوند.

وظایف دی الکتریک :

۱.جداسازی : یکی از مهمترین فوائد دی الکتریک عایق سازی بین الکترود و قطعه کار است.
دی الکتریک باعث باریک شدن پهنای کانال جرقه نیز میشود که این به نوبه خود باعث بالا رفتن کیفیت سطح اسپارک میشود.

۲. یونیزاسیون : سیال انتخاب شده باید تازمان وقوع شکست الکتریکی غیر رسانا باقی بماند. زمانیکه ولتاژ فاصله هوائی به ولتاژ یونیزاسیون رسید ، سیال باید سریع بشکند (شکست الکتریکی) و پس از عمل تخلیه بازسریع غیر یونیزه گردد.

گرمای نهان تبخیر سیال باید بزرگ باشد تا تنها یک قسمت کوچکی از دی الکتریک تبخیر شود و کانال اسپارک سطح کوچکی را به خود اختصاص می دهد.

در نتیجه آن چگالی انرژی بالا میرود و دانه بندی اسپارک ریزتر گردد.

:۳.خنک سازی
دمای جرقه اسپارک در سطح الکترود و قطعه کار مقداری بین
دارد این گرمای بالا قطعه کار را سریع ذوب $8,000\text{-}12,000^{\circ}\,C$
میکند که دی الکتریک باید هر دو سطح را خنک سازد. اگر الکترود
.خنک نگه داشته شود خوردگی آن نیز کاهش می یابد

شرایط لازم دی الکتریک :

بطور تئوریک همه مایعاتی که عایق باشند میتوانند بعنوان دی الکتریک مورد استفاده قرار گیرند. یک دی الکتریک باید شرایط زیر را داشته باشد.

۱. فرسایش : فرسایش زیاد قطعه کار داشته باشد در حالیکه فرسایش الکترود توسط یونهای آن کم باشد.
(یونهای مثبت آن بسیار سنگین تر از یونهای منفی آن باشد)

۲. تاثیر بر سلامتی : تحریک پوستی نداشته باشد، سمی نباشد، دود تولید نکند و بوی بد نداشته باشد. هیدروکربنهای گروه پارافین بر پوست تاثیر دارند و نباید بکار برده شوند.

بر روی وان اسپارک یک سیستم تهویه باید نصب شود مگردر مواردی که اسپارک فقط برای پرداخت بکار میرود.

۳. نقطه اشتعال: دی الکتریک نباید زود بخار شده و مشتعل شود.
مایعات با درجه اشتعال پائین تر، گازهای زیادی را تولید می کنند که این گازها سرعت ماشین کاری را پائین آورده و احتمال آتش گرفتگی را بالا می برد.

چگالی : مواد با چگالی بالا نرخ براده برداری بالائی دارند. چگالی مواد 4. معمولا در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد محاسبه می شوند. دی الکتریکهای دارند. 0.750-0.820مورد استفاده امروزی چگالی بین

۵.چسبندگی یا ویسکوزیته : ویسکوزیته، فاکتور بسیار مهمی است. روغن با ویسکوزیته بسیار بالا برای ماشین کاری خوب است. و برای این نوع روغن چرخش مابین فاصله هوائی کوچک به سختی صورت می گیرد. برعکس ، این روغن سنگین برای سطوح خشن مناسب است .

۶.هدایت الکتریکی : هیدروکربنهائی که برای مصارف صنعتی بکار دارند. 2x 10-14 ohmxcm-1گرفته میشوند هدایتی در حدود

برای محاسبه ضریب دی الکتریک ظرفیت یک : ۷.ضریب دی الکتریک خازن در دو حالت پر از دی الکتریک و خالی از دی الکتریک در یک حالت فرکانس بالا اندازه گیری می شود.

ضریب دی الکتریک از تقسیم دو مقدار بدست آمده بدست می آید.

دی الکتریکی برای اسپارک مناسب است که ضریب دی الکتریکی بین دو .تا دونیم داشته باشد

ولتاژ از هم گسیختگی : 8.
مقدار ولتاژی که میتواند یک لایه ۵/۲ (دو نیم) میلیمتری از دی الکتریک را بین دو الکترود کروی از هم بپاشد (عایق را به هادی تبدیل کند) ولتاژ از هم گسیختگی یا طاقت جرقه گویند.

50-60 دی الکتریک مناسب برای اسپارک باید طاقت جرقه ای بین داشته باشد. kv

۹.تعلیق ذرات : ذراتی که از قطعه کار یا الکترود برداشته میشوند بخصوص کربن در آن ناحیه ایجاد ناخالصی میکند.

دی الکتریک باید این قطعات را از روی ناحیه کار دور کند. بهتر است مقدار کمی از این ناخالصی ها برای براده برداری بهتر روی ناحیه کار باقی بمانند اما غلظت ناخالصی ها نباید بالا باشد. افزایش غلظت ناخالصی ها میشود. بعبارت دیگر ذرات میکرونی موجب سرعت براده arcموجب بروز برداری میشوند و اضافه کردن مقداری ناخالصی به دی الکتریک خالص سرعت براده برداری آنرا بالا میبرد.

رنگ و واشرهای ماشین را حل نکند.

عمر بالا , در دسترس بودن و در نهایت قیمت دیگر پارامترهای مهم اسپارک هستند.

عقربه فشار دی الکتریک :

عقربه فشار نفت در دو حالت بالا می رود :

۱ – در حالتی که شیر شستشو قطع باشد .

۲ – هنگامی که فیلتر های نفت پر شده باشد .

شستشوی قطعه کار :

سیستم شستشو از سه قسمت مکش و مقطع و ممتد تشکیل شده است . شیلنگ شستشو ممتد باید به صورت ۴۵ درجه باشد و دقیقا به محل براده برداری پاشیده شود و این به هیچ وجه نباید نوک تیز شود زیرا باعث خوردگی الکترود می شود .

شیلنگ شستشو مقطع هم برای سوراخکاری با عمق بلند است و چون در این حالت با شیلنگ معمولی نفت تا محل براده برداری پائین نمی رود لذا ناچارا مجبور می شوند مرکز الکترود را سوراخ باریک تعبیه کنند و از داخل آن نفت را به محل براده برداری برسانند و چون این سوراخ معمولا باریک است طبق مطلب قبل فشار نفت ، زیاد و باعث خوردگی الکترود می شود . پس این حالت شستشوی مقطع چاره ساز می شود که در حالت براده برداری مقطع و در حالت بالا با رفتن پینیون . روع به پاشیدن نفت می کند

پرداخت کاری :

پرداخت کاری هم با فرکاس امکان پذیر است و هم با جریان و پرداخت خوب پرداختی است که از هر دو استفاده شود .

اگر فرکانس دستگاه را کم کنیم (تعداد جرقه بیشتری در ثانیه به کار وارد می شود) سطح کار دارای برجستگی های بیشتری می شود یا به عبارت دیگر کنده کاری سطح کار ریزتر می شود .

مثال) فرض کنیم یک زمین خاکی ناهموار را می خواهیم مسطح کنیم حال اگر هر چه تعداد نفرات بیشتر شود مسلما سطح بهتری را خواهیم داشت ولی باید توجه داشت که در فرکانس بالا الکترود خیلی سریع از بین می رود و در آن خوردگی ایجاد می شود پس برای رفع این مشکل باید وقتی وقتی شروع به پرداخت کاری کنیم که تنها ۳/۰ میلیمتر از پایان براده برداری مانده باشد . ولی این فاصله باید فرکانس دستگاه را از ۵۰۰ به ۱ برسانیم .

تبصره :
در این حالت امکان قطع شدن دستگاه و آژیر زدن هست که برای رفع این مشکل نتوانیم به ولتاژ دستگاه کمی افزوده کنیم .
با کم کردن جریان هم می توان پرداخت نمود بطوریکه هر چه آمپر کمتر شود مقدار فرو رفتگی حفره هایی ایجاد شده کمتر می شود ، آمپر باید در همان۳/۰ باقی مانده با یک وسیله متعادل کم شود و به یک آمپر برسد .

در انتخاب روغن مناسب بعنوان دی الکتریک نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرند:

۱. برای ماشینکاری کاربیدتنگستن استفاده از نفت سفید مناسبتر است.

۲. برای ماشین کاری قطعات ریز با سطوح صاف (مثل صنعت ساعت سازی) نیز از نفت سفید استفاده شود.

۳h35. برای ماشین کاری قطعات با اندازه های متوسط (که سطح خوبی را لازم دارند) از روغن با ویسکوزیته بین 6-12cts استفاده شود.

۴ch36. برای ماشینکاری قطعات بزرگ (با سطوح خشن یا) از روغن با ویسکوزیته بین 12 تا 20cts استفاده گردد.

EDMروغن مخصوص :

این نوع از روغن ویسکوزیته پائین بوده و رنگ روشن دارد و همچنین براحتی فیلتر شده و براحتی جابجا می شود. نقطه اشتغال بالائی نیز دارد از جمله خواص دیگر این ماده ضد اکسید اسیون بودن آنست که رسوب را کاهش می دهد.
کمیابی و گران قیمت بودن و غیر استاندارد بودن انواعی از آن از جمله مشکلات این روغن یا دی الکتریک مخصوص است.

مراحل فرآیند EDM :

۱-الکترود به قطعه کار نزدیک شده. هر دو بار دار میشوند (معمولا قطعه کار مثبت و الکترود منفی)

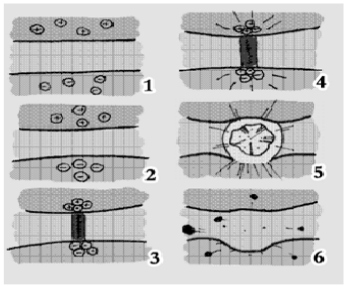
۲-چون سطح الکترود و قطعه کار هر دو در اشل میکرونی دارای پستی و بلندی می باشند بنابراین بین دو نقطه که نزدیکترین فاصله را نسبت به جاهای دیگر با هم دارند جرقه الکترونی شکل می گیرد.

۳- کانال پلاسما شکل می گیرد.

۴- در اثر تمرکز بالای کانال پلاسما چاله ای از قطعه کار ذوب می شود.

۵- فشار کانال پلاسما بسیار بالا است .با قطع شدن جرقه و در پی آن قطع شدن کانال پلاسما چون مذاب در آن دما و فشار نمی تواند دوام داشته باشد به یکباره با حالت انفجاری به اطراف پراکنده می شود.

۶- دی الکتریک با شستشوی خود ذرات پراکنده شده را جمع آوری می‌کند



:صافی سطح و سرعت ماشیکاری

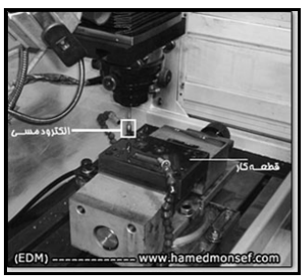
صافی سطح به ابعاد جرقه تولیدی بستگی دارد. هر چه جرقه قوی تر باشد سطح خشن تر ولی سرعت ماشین کاری خیلی بیشتر خواهد بود. با این روش به صافی Ra 0.10 می توان رسید، سطحی که مثل آینه عمل می کند. صافی سطح های Ra 0.8/1 (N5 - N6) استاندارد معادل می باشد. بسته به انرژی جرقه باشد. سرعت بار برداری از ۱ تا چند صد میلیمتر مکعب بر دقیقه می

اضافه می شود که جرقه حداقل باید ۵ سانتیمتر زیر دی الکتریک زده شود تا .خطر اشتعال را در پی نداشته باشد چون انرژی جرقه بسیار بالا است

. از دستگاه های متداول می توان به اسپارک و وایرکات اشاره کرد

کارایی این سیستم با آهنگ براده‌برداری بر حسب میلیمتر مکعب یا اینچ مکعب بر دقیقه سنجیده می‌شود و توسط سیستمهای کنترل عددی کنترل می‌شود.

الکترود این فرایند معمولا از جنس مس(در اسپارک) و مسس یا تنگستن (در وایر کات) می‌باشد.

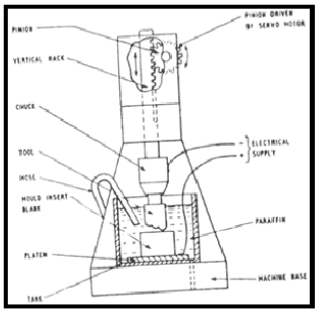


: ماشین کاری با اسپارک

ماشین کاری با اسپارک از جدیدترین روش هایی است که به روش های قالب سازی اضافه شده است. ماشین کاری با اسپارک روشی است که در آن از فولاد و یا بقیه فلزات می توان با روش تخلیه الکتریکی براده برداری نمود. اسپارک یک عمل موضعی است و با تناوب زمانی، براده ها به صورت حجم کوچک فلزی بتدریج از قطعه کار برداشته می شوند.

یک نمونه ماشین اسپارک اوروژن در شکل زیر نمایش داده شده است.

قطعه کار که معمولا همان اینسرت قالب است، روی یک صفحه در محلول دی الکتریک غوطه ور است (معمولا نفت). مخزن روی پایه ماشین نصب شده است. الکترود که کاملا متناسب با حفره است (مشابه هاب) روی گلویی ماشین نصب شده و گلویی نیز به یک سیستم پینیون چرخ شانه متصل است. یک سر و موتور شانه را توسط یک پینیون تحریک می کند.



بنابراین ابزار نسبت به قطعه کار حرکت عمودی می کند. قطعه کار و ابزار هر دو به یک منبع الکتریکی متصل هستند. الکترود قطب منفی و قطعه کار قطب مثبت است.

شانه ماشین توسط سرو موتور به سمت پایین تا فاصله معینی بین ابزار و قطعه کار حرکت می کند. در این نقطه دی الکتریک بین الکترود و قطعه کار قطع شده و عملیات اسپارک شروع می شود. عملیات اسپارک باعث جداسازی ذرات از قطعه کار می شود. به صورت مشابه در همین زمان خوردگی روی الکترود نیز با نرخ کمتری به وجود می آید.

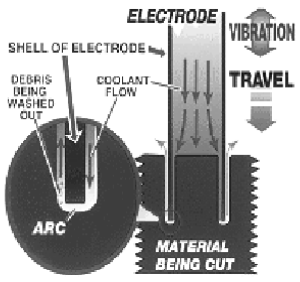
یک نازل دی الکتریک را از طریق شیلنگ به روی قطعه می پاشد و ذرات خورده شده از روی قطعه کار شستشو می شوند (در زمانی که الکترود به سمت بالا حرکت می کند).

الکترود مجدد پایین می آید اما این بار به دلیل خوردگی، میزان پایین آمدن بیشتر از کورس قبلی است. مجددا اسپارک در یک عمق بیشتر اتفاق می افتد و ذرات دیگری از قطعه کار برداشته می شوند.

خوردگی نه تنها در قطعه کار بلکه در الکترود هم به وجود می آید. این بدان معنی است که برای عمق های زیاد چندین الکترود مورد نیاز است. معمولا الکترودهای اول و دوم و سوم عملیات خشن کاری را انجام می دهند.

آخرین الکترود ترجیحا برای عملیات نهایی استفاده می شود. شکل آخر را الکترود نهایی در حداکثر عمق به وجود می آورد.

مایع دی الکتریک به صورت پیوسته چرخش داده می شود. مایع که آلوده به ذرات خورده شده است به تانک اصلی برگشته و از بین فیلترها گذشته و سپس توسط یک شیلنگ به تانک پمپ می شود.



الکترود اسپارک (گرافیت یا مس)

در دهه ۱۹۶۰ مس تقریبا ۹۰ درصد مواد الکترودهای مصرفی اسپارک را تشکیل می داد و گرافیت تنها ۱۰ درصد مصرف را شامل می شد.اما امروزه EDMاین درصد مصرف کاملا برعکس شده است.علت این تغییر در صنعت (اسپارک)مزیت های گرافیت نسبت به مس است.

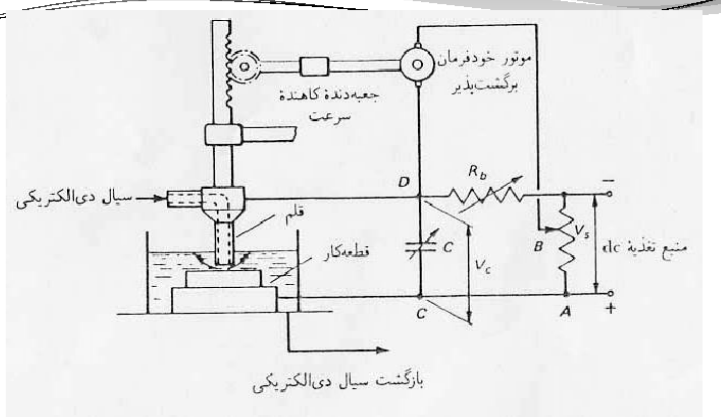
سیستم کنترل پیشروی قلم در EDM :

با خورده شدن فلز قطعه کار، قلم به کمک یک مکانیزم پیشروی خود تنظیم به سوی قطعه کار پیشروی می کند.

هر تپ فقط چند میکرو ثانیه طول می کشد.EDM در چرخه

تپ های مکرر با آهنگی در حدود صد هزار بار در ثانیه، سبب فرسایش یکنواخت ماده از قطعه کار و الکترود می شوند. با ادامه این فرآیند الکترود به وسیله سیستم محرک خود تنظیم به سوی قطعه کار پیش می رود تا پهنای شکاف همواره ثابت بماند، این کار تا ایجاد حفره مورد نظر ادامه می یابد.

مقدار دقیق پهنای شکاف را می توان با تغییر دادن مقدار مقاومت متغیر تغییر داد. سایر انواع سیستم های کنترل مورد استفاده معمولاً با حس کردن ولتاژ یا ظرفیت خازنی شکاف کار می کنند.



خصوصیات اساسی سیستم کنترل پیشروی قلم در EDM

پیشروی: پیشروی کار روی ماشین به طور پله ای یا پیوسته قابل تنظیم است، در این جا نیز مقادیر کاری (ظرفیت، شدت جریان و ولتاژ) به طور خودکار کنترل می گردد. یک کلید زمانی اضافی نیز جهت بلند کردن گاه به گاه الکترود ابزار به کار می رود تا شستشوی بهتر محل براده برداری را ممکن سازد.

توان ماشین: 10-30 kVA

توان براده برداری: 500-3000mm^3/min

سایش الکترود: حدود ۱۵٪ حجم براده برداری شده

شکل و جنس و سایش الکترود :

، شکل سوراخ یا حفره ی ایجاد شده در EDMشکل الکترود مورد استفاده در قطعه کار را تعیین می کند.

به کار می رود دارای خواص زیر است:EDMماده ای که در ساخت الکترود

۱- رسانا باشد.

- آهنگ سایش آن کم باشد.2

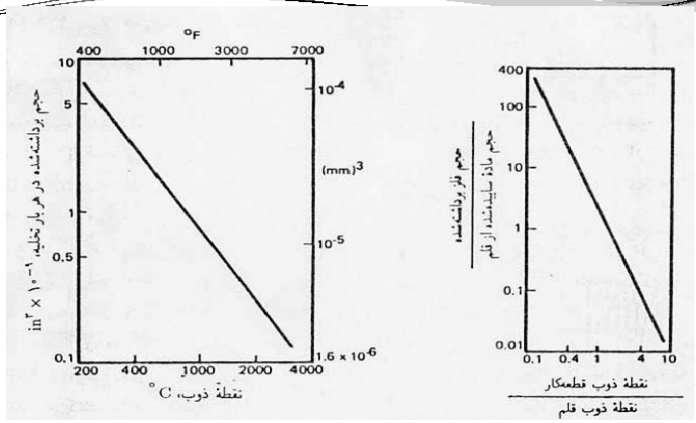
۳- ماشینکاری آن آسان باشد.

۴- صافی سطح خوبی در قطعه کار ایجاد کند.

نسبت سایش به صورت حجم فلز جدا شده از قلم، تقسیم بر حجم جدا شده از قطعه کار تعریف می شود به جنس قلم و قطعه کار بستگی دارد.

این نسبت برای قلم و قطعه کار برنجی تقریباً ۰.۵ است، برای قلم برنجی و قطعه کاری از جنس فولاد کربنی سخت شده تقریباً برابر با ۱ و در قلم برنجی و قطعه کار تنگستن کاربایدی به ۳ می رسد. با انتخاب مناسب مواد می توان این نسبت را به ۰.۱ رساند.

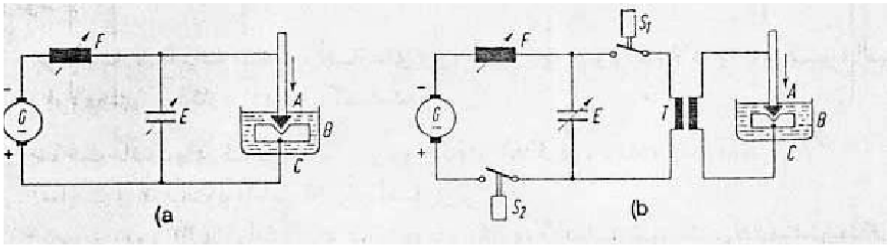
جنس الکترودها: مس، آلیاژهای مس، برنج، گرافیت و به روش ریخته گری، تف جوشی، ماشینکاری و نیز پوشش فلزی مدل های مواد مصنوعی یا گچی.



آهنگ براده برداری و سایش قلم در EDM

ایجاد جرقه :

فرآیند تخلیه الکتریکی اصولاً با اتصال یک مخزن انرژی (خازن) به موازات فاصله ایجاد جرقه امکان پذیر می شود. خازن تا ولتاژ بالایی بین الکترودها شارژ و سپس با ایجاد جرقه تخلیه می گردد.



شکل ایجاد انرژی جرقه

Impulse) ژنراتور b Relaxation)ژنراتور a

: سیال، C: الکترود قطعه کار، B: الکترود ابزار ، A
کلید مدت زمان پالس ، S1: خازن قابل تنظیم ، E
: کلید توالی جرقه ها، S2
: منبع جریان، G: سلف قابل تنظیم، F
: مبدل قدرت T

معمولاً از دو ژنراتور استفاده می شود:

Relaxation ژنراتور A)

پروسه تخلیه الکتریکی توسط مدار تخلیه خود به خود کنترل می گردد. توالی تخلیه الکتریکی (در مدار کیپ تا 10kHz، در مدار شوینگ تا 1kHz و دامنه جریان بستگی به شرایط فیزیکی فاصله جرقه دارد (فاصله الکترود ها، شستشوی بین آن دو، از بین رفتن خاصیت یونیزاسیون و ولتاژ قطع و وصل).

Impulse) ژنراتورB

پروسه تخلیه الکتریکی به طور اجباری توسط کلید الکترونیکی و نیز با ترانسفورماتور قدرت کنترل می شود. این پروسه بستگی زیادی به شکاف کاری ندارد. این ژنراتور پرقدرت است.

بهبود توان براده برداری ضمناً با تجهیزات کنترل الکترونیکی عملی است، به طوریکه فاصله بین الکترودها در ارتباط با مقادیر جریان و ولتاژ دائماً روی مقدار بهینه به طور خودکار تنظیم می گردد.

قابلیت ماشینکاری:

قابلیت ماشینکاری تقریبا مهمترین عامل در تعیین جنس الکترود است.دربعضی از شرایط ماشینکاری مس بیش از ۵ برابر ازماشینکاری گرافیت زمان می برد.چون مس تمایل به پوسته شدن ،ماسیدگی و پارگی دارد و نیازمند مقداری کار دست برای برداشتن پلیسه هامی باشد.از آنجاییکه مس تمایل به چسبندگی دارد،وقتیکه ماشینکاری ریب های باریک و قسمت های ظریف مدنظرباشد مس انتخاب خوبی نیست.

همچنین مس مقاومت خوبی درمقابل نیروهای ماشینکاری و حرارت حاصل از اصطکاک نداشته و درحمل و نقل نیزضربه پذیراست. اماگرافیت همانطورکه ذکرشد تا پنج برابر سریعترماشینکاری شده و نیازی به عملیات اضافی همچون پلیسه گیری ندارد.ضمن اینکه بخاطر داشتن جرم مخصوص بسیار پایین) سبک بوده و حمل و نقل آن راحت است.1.6-1.8(

نرخ براده برداری:

درعرف به سرعت براده برداری شناخته شده و منظوراز آن سرعت براده MPR برداری از قالب یا جسمی که بر روی آن ماشینکاری انجام می شود است.از آنجاییکه مس هدایت حرارتی بالایی دارد گرمای حاصل ازفرآیند اسپارک به سرعت درالکترود پخش می شود.درنتیجه دمای الکترود بالا رفته و مقاومت الکتریکی آن افزایش می یابد بهمین علت انرژی بیشتری برای اسپارک لازم است.ازطرف دیگر انتقال حرارت گرافیت پایین تر از مس بوده و درمقابل تغییرات مقاومت الکتریکی پایدارتراست.

درنتیجه انرژی لازم برای ایجاد جرقه اسپارک نسبت به مس کمتر است.

این اختلاف در انتقال حرارت یک مزیت گرافیت به مس است خصوصا هنگامیکه نرخ برداشت مواد زیادی مدنظرباشد.

خوردگی الکترود:

یکی از نگرانی های هراپراتور اسپارک خوردگی الکترود است ، زیرا خوردگی بیش از حد الکترود منجربه ساخت الکترود جایگزین میشود.باپارامترهای اسپارک مناسب میزان خوردگی گرافیت ۱ درصد عمق براده برداری بوده درصورتیکه این درصد برای مس بیشتر است.نقطه ذوب این دو ماده بازگوکننده میزان خوردگی آنها درعملیات اسپارک است.

نقطه ذوب مس ۱۰۰۰-۱۱۰۰ درجه می باشد که در رده فلزات درجه پایینی محسوب میشود.برای رسیدن به حداکثرسرعت براده برداری نیاز به افزایش آمپربوده و الکترود مسی بسادگی نمی تواند گرمای تولید شده را تحمل کند.گرافیت گرچه نقطه ذوب ندارد اما در ۳۵۰۰ درجه تصعید میشود و با این نقطه مقاومت در برابر حرارت بالا میتوان با آمپر و سرعت بیشتری براده برداری نمود.

کیفیت سطح:

اگرچه مس کیفیت سطح خوبی می دهد اما به تنهایی نمی تواند کاستی های عوامل تعیین کننده ای مانند زمان ماشینکاری راجبران کند.باگرافیت دانه ریز پرداخت سطح مشابه مس باسرعت بیشتر و خوردگی الکترود کمتر می توان بدست آورد.صافی سطح با الگوی اوربیتالی که نیازی به پولیش دستی ندارد به راحتی قابل حصول است.Ra7

علاوه بر مطالب ذکرشده از بحث مهم مالی نیز نمی توان بسادگی گذشت.

گرافیت دارای جرم مخصوص ۱/۷-۱/۵ (بسته به میزان فشردگی ذرات آن)و مس دارای جرم مخصوص ۹/۸ می باشد.

برای پی بردن به این مسئله که کدامیک از این مواد جهت ساخت الکترود اسپارک بصرفه ترمی باشند این مطلب را با ذکریک مثال توضیح می دهیم:فرض را براین 100x50x50قرار می دهیم که برای ساخت یک الکترود به یک بلوکه با ابعاد میلیمتر نیاز داریم:

وزن بلوکه مس 100x50x50x8.9/1000x1000=2.225 kg

وزن بلوکه گرافیت100x50x50x1.6/1000x1000=0.4 kg

تا اینجای کار همه چیز به نفع گرافیت پیش می رود.یک بلوکه بسیار سبک و قابلیت حمل و نقل آسان.ولی وقتی قیمت هرکیلو از این مواد را در اعداد بدست آمده ضرب کنیم داریم:

(قیمت هرکیلو از مواد بطور میانگین درنظرگرفته شده است)

2.225x60000=133500 Rlsمس

0.4x400000=160000 Rls گرافیت

دراینجا به اختلافی جزئی خواهیم رسید که ممکن است نظرها را نسبت به گرافیت کمی به گمراهی بکشاند اما وقتی هزینه های ماشینکاری را CNC(درصورت استفاده از پیمانکار ارائه دهنده خدمات مثلا فرز) و یا حداقل زمان ماشینکاری (درصورت ساخت الکترود توسط خود شما)را در این معادله دخیل کنیم به اختلاف زمانی شاید تا ۴ برابر در ماشینکاری بر روی مس برسیم.

این مطلب را با ذکر یک مثال دیگر پی میگیریم.

وبامیانگین اجرت ساعتی ده CNCساخت الکترود (فرضا با استفاده از فرز هزارتومان) بر روی بلوکه های مثال قبل:

3x100000=300000Rl گرافیت 12x100000=1200000 Rlsمس

دراینجا می بینیم که اختلاف بسیار زیادی بین این دو ایجاد شده و گرافیت با حداکثر امتیاز بر سکوی نخست می نشیند!! ضمن اینکه با توجه به ماندگاری و خوردگی کمتر الکترودهای گرافیتی نیاز به الکترود جدید حداقل به میزان ۱۵-۱۰ درصد کاهش می یابد که بنوعی صرفه اقتصادی محسوب می شود.

حال پس از پرداختن به مزیت های گرافیت بد نیست به ایرادات جزئی آن نیز اشاراتی داشته باشیم:

تنوع گرافیت جامد بسیار زیاد بوده و هرنوعی از آن را نمی توان درجهت ساخت الکترود اسپارک استفاده نمود.

امکان تشخیص گرافیت مناسب جهت ساخت الکترود بسیار مشکل بوده و دراغلب موارد فقط با ماشینکاری و اسپارک چند نمونه از آن می توان به کیفیت آن پی برد.

ماشینکاری بر روی گرافیت با توجه به شکنندگی جزئی آن درابتدا کمی مشکل بوده،لیکن با رسیدن به سرعت دوران و پیشروی مناسب به سادگی کار باآن پی خواهید برد.(هرچند که هرجنس جدیدی اعم از انواع فولاد،مس،آلومنیوم،برنج و .... نیز نیاز به تجربه و تعویض ابزار،پیشروی و سرعت دوران برای رسیدن به حالت ایده آل دارد.

:موتور اسپارک

liner motor) موضوع دیگری که باید در مورد آن توضیح داده شود موتور خطی(می باشد . موتورهای خطی اساسا مانند یک موتور معمولی دوار هستند که از یک طرف در طول بریده شده باشد و آن را به صورت مسطح (گسترده) درآوریم. این موتورها کاربردهای زیادی دارند مثلا برای باز کردن درها ، حرکت تسمه های نقاله ، جرثقیل های سقفی ، سیستم های قفل و ترمز و کلاچ ها . اما در اینجا بحث در m/min) مورد موتورهای خطی است که از سرعت بسیار بالای (۳۶ برخوردار هستند که در ماشینهای اسپارک استفاده شده اند و نسبت به همه موارد فوق از دقت و حساسیت فوق العاده ای باید برخوردار باشند .

از این موتورها بجای سیستم های Aϕ35L و AM35Lدر اسپارک های مدل هیدرولیکی و پیچی استفاده می شود . در سال ۱۹۹۶ کار کردن بر روی موتورهای خطی ، برای استفاده در اسپارک آغاز شد. مزایای موتورهای خطی در پارامترهایی نظیر سرعت و تنظیم است .
علاوه بر آن ، این کار جدید یک ضد حمله است که هدف قرار داده است

(زمان اسپارک کاری روی قالب ها را که با مراکز ماشین کاری

high speed machining centerسرعت بالا

کاهش می یافت(توضیح اینکه: قبل از اسپارک کاری با عملیات براده برداری توسط high speed machining center

زمان اسپارک کاری روی قالب ها را کاهش میداده اند) .

سنتر ماشین های یاد شده بسیار دقیق و سریع می باشند که قادرند روی فلزات سخت کار کنند و کیفیت سطحی که ایجاد میکنند در حدی است که نیاز به پرداخت کاری را برطرف میکنند . به هر ترتیب ، اسپارک های مجهز به موتورهای خطی قادرند سریعتر ، دقیق تر و عمیق تر از سایر اسپارک ها که موتور خطی ندارند براده برداری کنند .

: برای مثال یک اسپارک که با موتور خطی کار می کند
را در ۲ ساعت وچهل دقیقه براده mm) به عمق ۷۰cavityمیتواند یک حفره (برداری کند در حالی که در همان شرایط از لحاظ ابعاد الکترود و سایر پارامترها mm، ماشینهای مرسوم و قدیمی با صرف زمانی به اندازة ۲ ساعت تا عمق ۴۰ براده برداری میکنند .

را حرکت می دهند Zدر کل موتورهای خطی در اسپارک به قدری سریع محور که میتوان چنین تصور کرد که ماشین کاری حفره های عمیق نیازی به زمان شستشو ندارند .

) نه تنها سرعت و دقت را SMCموتورهای خطی همراه با کنترل کننده های (۰۰۰۱/۰ و تعداد mmبا دقتی به اندازة AM35Lمهیا میسازند (مثلا در مدل کورس ۱۴۴۰ کورس در دقیقه) بلکه آنها دارای حرکت آرام و یکنواختی بوده وارتعاشات را کاهش داده و باعث خفه نمودن صداها میشوند .

) استفاده نمی کنند ball screwعلاوه بر تمام موارد فوق ، آنها از پیچ ساچمه ای (
و در عمل لقی پیچ و مهره حذف می شود . فایده دیگر این است که چون در استفاده
از موتورهای خطی هیچ گشتاوری اعمال نمیگردد و چرخش محور وجود ندارد ،
بنابراین سازندگان (این نوع اسپارک) با مشکلاتی که سازندگان سایر ماشینهای ابزار
با آنها روبرو هستند مواجه نمی شوند .

اما نکته قابل توجه این استکه دستیابی به حرکت خطی آسان نیست .
برای این منظور باید سیستم تعادل محور عمودی را تکامل بخشید بنحوی که
بزرگ مغناطیسی بوجودآمده را تحمل کرده که برای این امر لازم است نیروی
که محور عمودی و ستون صلبیت زیادی داشته باشند و بتوانند در برابر گرما و
تغییر شکل یافتن در اثر حرارت تولید شده توسط موتور خطی مقاومت کند ،

- ضمنا باید ستون به نحوی ساخته شود که ارتعاشات به وجود آمده در اثر شتاب
- را جذب کند . تمام مشکلات فوق را با طراحی یک هد جدید حل Zزیاد محور
- می کنیم.

- یک میز ثابت دارد که هد آن بر روی یک پل متحرک AM35Lماشین اسپارک مدل
- را هم حرکت Y و X موتورهای خطی محور Zقرار گرفته است و علاوه بر محور
- ماشین از نوعی سرامیک استفاده شده است که ساختمان Zمی دهند . در محور
- دستگاه را سبک تر ساخته و کاملا صلب و پایدار در مقابل حرارت می باشد .

- آهن رباهای موتور در دو طرف ستون سرامیکی جاسازی شده اند و ستون ثابت
-) که این سیم پیچ در واقع یک منبع تولید گرما coilتشکیل شده از یک سیم پیچ (
میباشد.

- با توجه به گرمای تولید شده ، از کشوی سرامیکی استفاده می کنیم که بتواند تغییر شکل های حرارتی را به حداقل رسانیده و صلابت هد را ثابت نگه دارد .
- در این کشوی سرامیکی با یک سیستم خنک کننده ، دما در حد رضایت بخشی هنگامیکه Zنگه داشته می شود و برای جلوگیری از پایین افتادن محور نیروهای مغناطیسی وجود ندارند یک سیلندر هوایی وزن هد و الکترود را تحمل میکند .
- بسیار سریع است و حرکت و Z AM35L توضیح میدهیم که کار محور جهش های فوق العاده سریعی دارد .

نشان می دهند که الکترود با چه SMC Servo Controlمانیتورهای سرعتی به منظور براده برداری به طرف پایین حرکت میکنند و شرایط براده برداری را سریعتر از مدل های قبلی تنظیم میکنند . این حرکت عمودی فوق العاده سریع الکترود (۳۶ N) همراه با ۳۰۰۰ mm/sec = ۶۰۰ m/minنیرو درون حفره تلاطمی به وجود می آورد که براده های جدا شده از سطح براده برداری شده را بدون شستشوی آنها به حرکت در میآورد و از حفره خارج می کند .

البته عدم شستشو به این معنی است که ماشین می تواند بدون نیاز به تنظیم کردن شیلنگ شستشو توسط اپراتور کار خود را ادامه دهد.

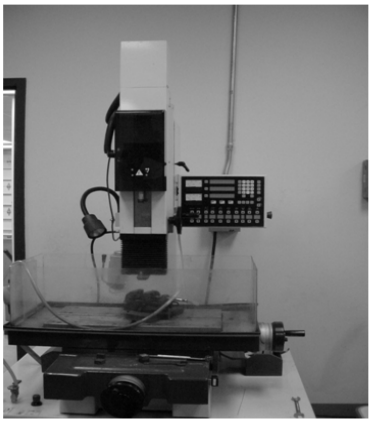
موتور پیچ ساچمه ای را بر ball screw در سیستمهای Positioningتنظیم طبق فرمان منتقل شده از سیستم کنترل می چرخاند . یک مدل آنالوگ به دیجیتال) تعیین میکند که موتور باید به چه اندازه ای دوران کند تا الکترود encoder( ) هدایت کند . sparkingمسی را به موقعیت لازم جهت جرقه زنی (سیستم ذکر شده برای فرمان دادن و اندازه گیری خیلی پیچیده است و مسلما

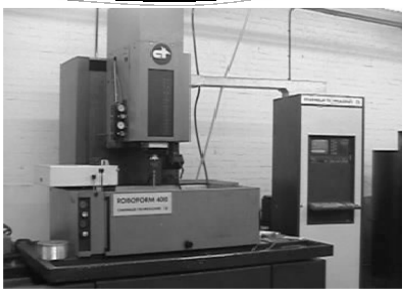
جریان اطلاعات بر دقت ماشین کاری تاثیر گذار خواهد بود .

را Zاما در موتورهای خطی موتورخودش (مستقیما بدون واسطه پیچ) محور حرکت میدهد .

بنابراین فاصله ای که باید طی شود توسط مقیاس گر خطی اندازه گیری شده و فورا و مستقیما به موتور میرسد . در ادامه مگوییم که این مکانیسم ساده یک پیشنهاد و دستاورد عالی با عکس العمل سریع و دارای قدرت مانور زیادی است AM35Lکه با دقت و سرعت موجود در این روش سازگار است . ماشین های از مقیاس گرهای شیشه ای نصب شده بر روی بدنه ستون استفاده می کنند که فقط برای تنظیم بینهایت دقیق ، طرح و برنامه ریزی شده اند .

نمونه هایی از دستگاههای تخلیه الکتریکی





Video Menu