

دانلود مقاله ماشینکاری الکتروشیمیایی (ECM)

جهت مشاهده [دانلود مقاله ماشینکاری الکتروشیمیایی \(ECM\)](#) به پایین همین صفحه مراجعه نمایید
تعداد صفحات : 29 صفحه

برای دریافت اینجا کلیک کنید

فرمت WORD قابل ویرایش



ماشینکاری الکتروشیمیایی (ECM)

ماشینکاری الکتروشیمیایی (ECM)

چکیده

در این پژوهش به مدلسازی روند ماشینکاری الکتروشیمیایی (Electro Chemical Machining)، که یکی از روشهای غیر سنتی و جدید ماشینکاری می باشد، پرداخته می شود. هدف از شبیه سازی این فرآیند کاهش هزینه های مربوط به مدلسازی و ساخت قالب های ماشینکاری، زمان و غیره می باشد. در این راستا، با بکارگیری رویکرد قدرتمند گسسته سازی با روش اجزاء محدود، مدلسازی انجام گرفته و معادلات حاکم بر فرآیند حل شده و فرسایش در هر گام زمانی برآورد می گردد. دستاوردها نشان از توانایی بسیار بالای این رویکرد در بازآفرینی رایانه ای این فرآیند دارد. دستاوردها، با ماشینکاری رایانه ای پره توربین نشان داده شده است.

واژه های کلیدی :

ماشینکاری الکتروشیمیایی- برش آندی- اجزاء محدود- ECM

مقدمه

ماشینکاری الکتروشیمیایی که گاهی اوقات با نام برشکاری کاتدی نیز از آن یاد می شود یکی از روشهای اخیر ماشینکاری، با توانایی بالا برای استفاده، پایه و اساس فرآیند جدید نمی باشد اما کاربرد فرآیند بعنوان یک ابزار فلزکاری بدیع می باشد. گسترش وسیع این فرآیند را می توان در راستای نیاز به ماشینکاری مواد سفت و سخت، افزایش یافتن هزینه تلاش و کوشش دستی و نیاز به پیکربندیهای ماشینکاری فرآیند از توانایی ماشینکاریهای مرسوم جستجو کرد.

یکی از برتریهای توانمند ECM در ماشینکاری سطحهای هندسی پیچیده سه بعدی می باشد، بگونه ای که اثر ابزار برش بر روی قطعه کار باقی نمی ماند. عمر زیاد ابزار کار از ویژگیهای بارز این روش می باشد، بطوریکه می توان قطعات خیلی زیادی را تنها با یک سری قالب ساخت. ماشینکاری فلزات و آلیاژها، بدون توجه مقاومت و سختی آنها، از دیگر تواناییهای قابل بیان این روش می باشد. هرچند این تواناییها را می توان مشترک با روش

Electric Discharge Machining, EDM

یافت اما سطح ماشینکاری شده عاری از تنش و پرداخت سطح بسیار بالا (۵ میکرون) جذابیت‌های اضافی این روش می‌باشد، [۱]. ناگفته نماند که نرخ ماشینکاری مواد سخت با ECM، در مقایسه با روش‌های مرسوم بیشتر است.

کاربردهای عملی ماشینکاری الکتروشیمیایی به تنهایی برای برداشت فلز از یک سطح بکار نمی‌رود بلکه می‌تواند برای پروفیل کردن یک قطعه نیز مورد استفاده قرار گیرد. بیشتر، پره‌های توربین گاز و بخار با این روش ماشینکاری می‌شوند و این تلاش نیز مدل‌سازی نمونه‌ای از این قطعات را نشان می‌دهد.

۲- فرآیند ECM

میشل فارادی دریافت که اگر دو الکتروود در داخل مایعی رسانا قرار بگیرند و به آنها جریان مستقیم اعمال گردد روکشی از ذرات فلز آند بر روی سطح فلز کاتد بوجود خواهد آمد. این فرآیند، در صنعت، سالها بانام آبکاری انجام می‌گیرد. با تغییرات ویژه‌ای، ECM دگرگون شده آبکاری می‌باشد. فرآیند ECM از ابزار و یا الکتروودی که پیشتر شکل داده شده است استفاده می‌کند. از این دیدگاه که در ماشینکاری، مواد از روی قطعه‌کار برداشته می‌شود کاتد ابزار و آند قطعه‌کار می‌باشد. همچنین الکترولیتی در فاصله کوچک تامین شده بین قطعه‌کار و ابزار پمپ می‌شود، شکل ۱،

شکل ۱- طرحواره ماشینکاری الکتروشیمیایی

شکل ۱ اجزای پایه‌ای فرآیند را که شامل ابزار، قطعه‌کار، الکترولیت و منبع تغذیه می‌باشد، نشان می‌دهد. ECM فرآیندی پویا می‌باشد بگونه‌ای که در آن ابزار با نرخ ثابت به سوی قطعه‌کار حرکت کرده و همچنین مرز قطعه‌کار پیوسته فرسایش یافته و تغییر می‌کند و این روند تا به دست آمدن شکل نهایی محصول تکرار می‌گردد.

هنگام بازآفرینی رایانه‌ای در هر تکرار چگالی جریان محاسبه شده و بر اساس آن مقدار فرسایش سطح برآورد گشته و مرز سطح تغییر می‌کند.

۳- تئوری حاکم در شکل‌دهی با ECM

تئوری ECM و حل مدل‌های دو یا سه بعدی آن ساده نمی‌باشد و تنها روش‌های عددی است که می‌تواند معادلات دیفرانسیل را برای هندسه‌های پیچیده بازگشایی کرده و پاسخ آنرا بدست آورد که در این شبیه سازی نیز استفاده شده است. اما حل تحلیلی و دقیق بعضی مدل ساده یک‌بعدی ممکن می‌باشد که جهت تفهیم بهتر نحوه مدل‌سازی در زیر به آن پرداخته می‌شود. نخست ساده سازی‌هایی برای حل مدل یک‌بعدی ساده بصورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

۱- ابزار و قطعه‌کار دارای رسانایی بالا در قیاس با محلول الکترولیت می‌باشند و همچنین سطح ابزار و سطح کار هم پتانسیل هستند.

۲- ولتاژ وابسته به واکنش الکتروشیمیایی در الکتروودها صفر است از این رو قانون اهم مستقیماً بکار می‌رود.

۳- خواص سیستم یکنواخت بوده و به جهت بستگی ندارد.

۴- جریان الکترولیت تاثیر مهمی بر رسانایی ویژه الکترولیت ندارد و این مقدار در عملیات ECM ثابت باقی می‌ماند.

۵- کل جریان برای براده برداری بکار می‌رود.

در این شرایط نرخ تغییر فاصله بین ابزار و قطعه‌کار، نسبت به سطح ابزار از قانون فارادی بدست می‌آید

[۲-۳]:

که در آن وزن اتمی، ظرفیت یون حل شده، ثابت فارادی، چگالی فلز آند، قطعه کار، سرعت پیشروی ابزار و شدت جریان است. شدت جریان از قانون اهم به شکل زیر بدست می‌آید:

(۲)

در معادله بالا رسانایی الکترولیت و اختلاف پتانسیل است. با قرار دادن در معادله ۲، معادله ۳ حاصل می‌شود:

(۳)

و در حل معادله فوق دو حالت عملی را می‌توان بررسی کرد که در ادامه آورده شده‌اند.

الف) سرعت پیشروی ابزار صفر

پاسخ برای در مدت زمان بصورت زیر به دست می‌آید:

(۴)

که در آن فاصله ماشینکاری اولیه است. همانگونه که دیده می‌شود فاصله دهنه با ریشه دوم زمان به صورت نامحدود زیاد می‌شود، شکل ۲ (الف). این حالت اغلب در پلیسه‌گیری با ECM به کار می‌رود که در آن ناهمواریهای سطح در چند ثانیه برداشته شده و نیازی به حرکت مکانیکی الکتروود نیست.

ب) سرعت پیشروی ثابت

ابزار با سرعت ثابتی به طرف قطعه کار حرکت می‌کند. پاسخ معادله ۳ به شکل بدست می‌آید:

(۵)

توجه شود که فاصله دهنه‌ها به یک مقدار پایدار نزدیک می‌شود.

(۶)

این حالت ECM که در آن فاصله تعادلی بدست می‌آید به طور گسترده در تولید مجدد شکل کاتد ابزار روی قطعه کار بکار می‌رود. نمایش شماتیک حل معادله ۵ در شکل ۲ (ب) مشاهده می‌شود.

شکل ۲- تغییرات فاصله دهانه با مدت زمان ماشینکاری الف) سرعت پیشروی الکتروود صفر ب) سرعت پیشروی ثابت

در حالت‌های دو و سه بعدی با هندسه پیچیده و مرزهای منحنی معادله ۲ برقرار نمی‌باشد. این عدم برقراری به سبب توزیع غیر یکنواخت پتانسیل الکتریکی در الکترولیت می‌باشد. از این رو برای بدست آوردن میدان شدت جریان باید از رابطه زیر استفاده کرد [۴]:

(۷)

که در آن پتانسیل از حل معادله لاپلاس، معادله ۸، در هر نقطه از الکترولیت به دست می‌آید.

(۸)

و در آخر قانون فارادی:

(۹)

برای محاسبه سرعت پیشروی آند به کار می‌رود.

روشهای مختلفی از جمله روش کاملاً تحلیلی، روش گرافیکی- قیاسی و غیره برای حل این معادلات به کار رفته است. به علت پیچیدگی مساله شکل‌دهی در ECM، بکارگیری این روشهای در مسایل عملی مشکل است. بدون شك روشهای عددی کامپیوتری عملی‌ترین راه حلها را پیشنهاد می‌دهند و شاید بهره‌جویی هنرمندان از آنها تا اندازه‌ای زیاد طراحی تجربی و مرسوم ابزار را به دست تاریخ پسپارد.

۴- اجزاء محدود ECM

روش اجزاء محدود رویکردی توانمند برای تحلیل عددی طیف وسیعی از مسایل مهندسی می‌باشد. تحلیل تنش و تغییر شکل سازه‌های بزرگ و پیچیده، بررسی مسایل انتقال حرارت و جریان سیال و غیره پهنه‌های گسترده برای حضور اجزای محدود می‌باشد [۵].

همانگونه که پیشتر اشاره شد اغلب در مسایل دو بعدی برای بدست آوردن شدت جریان باید از روشهای عددی کمک گرفت. در این تلاش روش اجزاء محدود برای این منظور انتخاب شده است. و همچنین برای برپایی معادلات اجزاء محدود از ANSYS کمک گرفته شده است و با رویکردی برگرفته از آنالوژی میان معادلات حرارت و مغناطیس از المان PLANE 55 که المانی حرارتی می باشد [۶] برای مدل سازی الکترولیت استفاده شده است. در روند اجرای برنامه شدت جریان د

ر میدان الکترولیت به دست آمده و با استفاده از اصل فارادی مقدار خوردگی فلز قطعه کار محاسبه شده سپس مرزهای قطعه کار جابجا شده و میدان هندسی الکترولیت با توجه به این جابجایی دوباره ساخته و با المان یاد شده دوباره مش بندی می شود و دوباره تحلیل تا انتها ادامه میابد . شکل ۲ ابزار کار، قطعه کار، هندسه میدان الکترولیت و مش بندی الکترولیت نمونه اجرا شده را نشان می دهد.

شکل ۳- مدل هندسی اولیه ساخته شده (بالا)، مش بندی الکترولیت (پایین)
شایان ذکر است که نرم افزار ANSYS تنها برای حل معادله های حاکم بکار گرفته شده است و برای شبیه سازی روند فرآیند ECM برنامه جداگانه ای با نام ECMSIM نوشته شده است. این برنامه نوشته شده شامل ۱۴ فایل به زبان پایه برنامه Ansys میباشد . جهت رویت بعضی از فایل ها و نحوه ارتباط آنها با یکدیگر و همچنین وظیفه هر یک از این فایلها در این شبیه سازی میتوانند به مرجع ۴ مراجعه کنید.

در روند برنامه باید شرط تعادل پیش از شرط خاتمه گنجانده شود. به دیگر سخن، نخست قطعه کار باید به صورت شکل نهایی، اما بزرگتر از آن، تغییر یابد و سپس این ساختار پایا تا اندازه خواسته شده، پایان فرآیند، کوچک شود.

شرط تعادل و خوردگی ثابت را می توان با کمک شکل ۴ به دست آورد. همانگونه که از شکل برمی آید جهت جریان بر سطح قطعه کار عمود در نظر گرفته شده است و این پنداشت ناشی از هدایت بالای فلز در قیاس با الکترولیت می باشد. از اینرو برای برپایی معادله نرخ فرسایش می توان رابطه ۱۰ را بکار گرفت.

(۱۰)

که در آن نرخ فرسایش و اندازه جریان عمود بر سطح می باشد. با این نرخ و گذر زمان عمق خوردگی، در راستای عمود بر سطح از رابطه ۱۱ به دست می آید.

(۱۱)

شکل ۴- طرحواره حرکت ابزار، جهت جریان و راستای خوردگی قطعه کار
با توجه به شکل ۵ می توان نوشت:

(۱۲)

و در آن خوردگی در راستای پیشروی ابزار می باشد.

زمانی که تعادل ایجاد می شود، با وجود ادامه خوردگی، می بایست شکل قطعه کار ثابت بماند. از اینرو جابجایی ابزار و خوردگی قطعه کار در جهت حرکت ابزار در تمامی نقاط سطح قطعه کار باید یکی باشد، این راهنمایی برای بدست آوردن رابطه تعادل می باشد. بنابر این می توان نوشت:

(۱۳)

با ساده سازی، رابطه تعادل بصورت زیر به دست می آید.

(۱۴)

۵- شبیه سازی پره توربین

در این بخش مدل سازی روند ماشینکاری با برنامه نوشته شده (ECMSIM) ، نشان داده می شود. در شکل ۲

مدل هندسی قالب پره که همان ابزار کار می‌باشد و همچنین قطعه اولیه با شکل اختیاری نه چندان منظم آورده شده است. مراحل ماشینکاری پره در چند گام زمانی مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است.

شکل ۵- مراحل مختلف ماشینکاری پره با روش ECM به کمک برنامه شبیه سازی نوشته شده همانگونه که پیشتر گفته شد توزیع پتانسیل و جریان در میدانهای با مرزهای منحنی، پیچیده می‌باشد. شکل ۶ بیانگر این گفته در یک گام زمانی برای این مدل در خروجی برنامه در محیط ANSYS می‌باشد. لازم به توضیح است که این شکلها و در پی آن نتایج حاصل از تحلیل در گامهای زمانی مختلف به دلیل یکسان نبودن شکل همسان نخواهند بود.

شکل ۶- توزیع پتانسیل در الکترولیت (بالا)، توزیع جریان در الکترولیت (پایین)

علل نیاز به فرایندهای پیشرفته ماشینکاری AMPs

صنایع پیشرفته تکنولوژیکی نظیر هوانوردی، راکتورهای هسته‌ای، خودروسازی و... همواره به موادی نیاز دارند که از نسبت «استحکام به وزن» بالایی برخوردار باشند (آلیاژهای مقاوم در برابر دماهای بالا).

صنایع پیشرفته تکنولوژیکی نظیر هوانوردی، راکتورهای هسته‌ای، خودروسازی و... همواره به موادی نیاز دارند که از نسبت «استحکام به وزن» بالایی برخوردار باشند (آلیاژهای مقاوم در برابر دماهای بالا). پژوهشگران علم مواد نیز موادی را به وجود می‌آورند که دارای استحکام، سختی و چقرمگی بالاتر و همچنین خواص متنوع دیگر باشند. این امر، به رشد و توسعه جنس ابزار برش بهتر منجر شده و از کاهش بهره‌وری پیشگیری می‌کند.

در فرایندهای ماشینکاری سنتی، افزایش سختی جنس قطعه کار، باعث کاهش سرعت برش اقتصادی می‌شود. دستیابی به جنس ابزاری سخت و مقاوم که بتواند موادی نظیر تیتانیوم، فولاد زنگ‌نزن، نیمونیک‌ها و دیگر آلیاژهای مشابه با مقاومت حرارتی و استحکام بالا (۲) [HSTR]، کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف، استنلیت‌ها (آلیاژهایی با پایه کبالت)، سرامیک‌ها و آلیاژهایی را که ماشینکاری آنها مشکل است، در سرعت‌های برش اقتصادی برش بزند، دیگر امکان‌پذیر نیست. تولید شکل‌های پیچیده در چنین موادی با استفاده از روش‌های سنتی، بسیار مشکل است. نیازهای دیگر که در سطحی بالاتر قرار

می‌گیرند، عبارتند از: پرداخت بهتر، مقادیر کمتر ترانس‌ها، نرخ تولید بالاتر، شکل‌های پیچیده، انتقال اتوماتیک داده‌ها و ساخت در مقیاس‌های بسیار کوچک (مینیاتوری). ایجاد سوراخ (با زوایای ورودی کم، غیردایره‌ای، با اندازه‌های میکرونی، نسبت ابعادی زیاد، تعداد زیادی سوراخ ریز در یک قطعه کار، سوراخ‌های منحنی شکل، سوراخ بدون پلیسه و...) در موادی که سخت ماشینکاری می‌شوند، موارد دیگری است که فرایندهایی مناسب را می‌طلبد. ویژگی‌های یادشده، عموماً در محصولات مورد نیاز هستند که در صنایعی نظیر هوافضا، راکتورهای هسته‌ای، موشک‌ها، توربین‌ها، خودروها و... استفاده می‌شوند. برای

پاسخگویی به این نیازها، انواع دیگر از فرایندهای ماشینکاری با عنوان فرایندهای غیرسنتی یا به بیانی صحیح‌تر، فرایندهای پیشرفته ماشینکاری، رشد و توسعه یافته‌اند.

براساس آنچه گفته شد، نیاز به ماشین‌های ابزار و فرایندهایی که بتوانند به دقت و سهولت هرچه بیشتر شکل‌های پیچیده و دقیق را در موادی با کمترین قابلیت ماشینکاری ایجاد کنند، بشدت احساس می‌شود.

شکل ۱: نمایی از یک ماشین واترجت (WJM)

علاوه بر این، ماشین‌های ابزار باید به سادگی قابل انطباق با اتوماسیون باشند. برای دستیابی به این مهم، تاکنون تعدادی از فرایندهای برداشت ماده، با هدف استفاده به صورت تجاری، توسعه داده شده‌اند. از آنجا که

در این روش‌ها، از ابزار سنتی برای بریدن مواد استفاده نمی‌شود، آنها را غیرقراردادی [۳] نیز

می‌نامند. در این فرایند برای برداشت ماده از قطعه کار از انرژی به صورت مستقیم استفاده می‌شود. دامنه کاربرد فرایندهای جدید ماشینکاری توسط خواص قطعه کار، مانند هدایت الکتریکی و حرارتی، دمای ذوب، معادل الکتروشیمیایی و... تعیین می‌شود. بعضی از این روش‌های جدید می‌توانند نقاطی از قطعات کار را ماشینکاری کنند که دسترسی به آنها با روش‌های قراردادی ماشینکاری، امکان‌پذیر نیست. استفاده از این روش‌ها در کارگاه‌ها، افزایش اجتناب‌ناپذیر و

مطلوبی داشته است. اهمیت این فرایندها با توجه به انجام ماشینکاری دقیق و یا فوق دقیق، بسیار بیشتر می‌شود. «تانی کوچی» به این نتیجه رسید که دقت‌های بالا را نمی‌توان با روش‌های قراردادی ماشینکاری به دست آورد زیرا در آنها، ماده به شکل براده برداشته می‌شود. با این وجود، چنین دقت‌هایی را می‌توان با استفاده از برخی روش‌های پیشرفته ماشینکاری به دست آورد که در آنها، ماده به شکل اتم‌های جدا یا مولکول‌های جدا و یا گروهی از اتم‌ها و مولکول‌ها، برداشته می‌شود.

فرایندهای پیشرفته ماشینکاری را می‌توان به سه گروه اصلی: ماشینکاری مکانیکی، ترموالکتریکی و الکتروشیمیایی طبقه‌بندی کرد (شکل ۲). هیچ یک از این فرایندها، تحت تمام شرایط و حالات ماشینکاری، بهترین روش نیستند. بعضی از آنها فقط برای مواد هادی الکتریسته استفاده می‌شوند و از برخی دیگر می‌توان برای مواد رسانا و غیررسانای الکتریسته، استفاده کرد. عملکرد بعضی از این روش‌ها در ماشینکاری موادی مانند آلومینیم که هدایت حرارتی بسیار بالایی دارد، چندان مناسب نیست. همچنین، هر کدام از فرایندها، ویژگی‌های منحصر بفرد خود را دارند. بنابراین، انتخاب فرایند ماشینکاری مناسب برای وضعیتی خاص (یا نیازهای محصول) بسیار مهم است.

شکل ۲: طبقه‌بندی روش‌های پیشرفته ماشینکاری

• فرایندهای پیشرفته ماشینکاری

روش‌های پیشرفته ماشینکاری مکانیکی، نظیر: ماشینکاری با جت ذرات ساینده یا جت سایشی (AJM)، ماشینکاری فراصوتی (USM)، ماشینکاری با جت آب (WJM)، با موفقیت‌های محدودی توسعه داده شده‌اند. در این فرایندها، از انرژی جنبشی (K.E) ذرات ساینده یا جت آب، برای برداشت ماده از قطعه کار استفاده

می‌شود. ماشینکاری با استفاده از جت آب و ذرات ساینده (AWJM) نیز از انرژی جنبشی (K.E) ذرات ساینده همراه با جت آب، استفاده می‌کند. پرداخت کاری با استفاده از ذرات ساینده مغناطیسی (MAF) روش دیگری است که در آن، از برس ساینده مغناطیسی برای کاهش ناهمواری‌های موجود بر سطوحی که قبلاً ماشینکاری شده‌اند، استفاده می‌شود. بتازگی، فرایند پرداخت کاری جدیدی به نام ماشینکاری با جریان ذرات ساینده (AFM) گسترش یافته است. با این وجود،

عملکرد این روش‌ها به سختی، استحکام و دیگر خواص فیزیکی و مکانیکی قطعه کار بستگی دارد. نکته موردنیاز، توسعه روشی (روش‌هایی) است که عملکرد آن مستقل از خصوصیات فیزیکی، متالورژیکی و مکانیکی قطعه کار باشد. روش‌های ترموالکتریکی قادرند بر برخی موانع غلبه کنند. بنابراین، از فرایندهای ترموالکتریکی و همچنین فرایندهای الکتروشیمیایی، بیشتر و بیشتر در صنایع فلزکاری استفاده می‌شود.

شکل ۳

در روش‌های ترموالکتریکی، انرژی یا به صورت گرما (ماشینکاری با قوس پلازما-PAM) یا به صورت نور (ماشینکاری با اشعه لیزر-LBM) و یا بمباران الکترونی (ماشینکاری با اشعه الکترونی-EBM) تأمین می‌شود. در این شیوه، انرژی بر محدوده‌ای کوچک از قطعه کار متمرکز شده که منجر به ذوب، یا ذوب همراه با تبخیر

می‌شود. PAM، به عنوان فرایند ماشینکاری خشن، شناخته شده است. LBM و EBM برای ایجاد برش‌ها و سوراخ‌های دقیق و ظریف، مناسب هستند.

ماشینکاری با تخلیه الکتریکی (EDM) قادر به ماشینکاری اقتصادی و با دقت بالای مواد است. از این روش، به طوری گسترده برای ماشینکاری مواد سخت و چقرمه، اما هادی الکتریسیته استفاده می‌شود. با این وجود، فرایند یادشده در مواردی که پرداخت سطح خیلی خوب، صدمه کم به سطح ماشینکاری شده و نرخ برداشت ماده (MRR) زیاد مورد نیاز است، مناسب نیست. بنابراین، حتی فرایندهای پیشرفته ماشینکاری (AMPS) مکانیکی و ترموالکتریکی نیز، راه‌حلی رضایت‌بخش برای برطرف کردن برخی مشکلات ماشینکاری موادی که ماشینکاری آنها مشکل است، ارائه نمی‌دهند.

شکل ۴

ماشینکاری شیمیایی (ChM) فرایند حکاکی یا کنده‌کاری شیمیایی [۴] است، که به دلیل MRR بسیار پایین و مشکلات موجود در یافتن محلول شیمیایی مناسب برای حکاکی قطعه کار، کاربردهایی بسیار محدود دارد. از سوی دیگر، ماشینکاری الکتروشیمیایی (ECM) کاربردهایی بسیار گسترده دارد. این فرایند در واقع فرایند حل شدن کنترل شده «آند» با MRR بالا است که به هیچ یک از خواص فیزیکی و مکانیکی قطعه کار بستگی ندارد، اما قطعه کار باید از نظر الکتریکی رسانا باشد. در این روش سایش ابزار، تنش‌های پسماند و صدمه حرارتی در قطعه کار ایجاد نمی‌شود و لبه‌های ماشینکاری شده نیز فاقد پلیسه هستند. با این وجود، اکثر فرایندهای پیشرفته ماشینکاری نمی‌توانند به طور کامل جایگزین فرایندهای قراردادی ماشینکاری شوند. ماشینکاری بیوشیمیایی (BM) فرایندی در حال پیشرفت است که به منظور ماشینکاری پلاستیک‌های تجزیه‌پذیر [۵] به کار می‌رود و کاربردهایی بسیار محدود دارد.

بهترین عوامل به هنگام انتخاب یک فرایند، عبارتند از: قابلیت فرایند، عوامل فیزیکی، شکلی که باید ماشینکاری شود، خواص جنس قطعه کار، و مقرون به صرفه بودن فرایند.

• فرایندهای مختلط (ترکیبی)

به منظور افزایش توانمندی‌های فرایندهای ماشینکاری، دو و یا بیش از دو فرایند ماشینکاری با یکدیگر ترکیب می‌شوند تا از مزایای هر یک، بتوان بهره برد. مثلاً، سنگ‌زنی قراردادی یا معمولی، پرداخت سطح خوب و مقادیر تلرانس پایینی دارد، اما قطعات ماشینکاری شده توسط آن، دارای پلیسه، منطقه متأثر از حرارت و تنش‌های پسماند هستند. از آنجا که قطعات ماشینکاری شده به روش الکتروشیمیایی، فاقد چنین عیوبی هستند، فرایندی مختلط به نام سنگ‌زنی

الکتروشیمیایی (ECG) رشد و توسعه داده شده است. به همین ترتیب، فرایندهای مختلط دیگری نظیر ماشینکاری الکتروشیمیایی جرقه‌ای (۶) [ECSM]، ماشینکاری الکتروشیمیایی قوسی (۷) [ECAM]، سنگ‌زنی سایشی با تخلیه الکتریکی (۸) [EDAG] و ... نیز ایجاد شده‌اند.

ماشینکاری الکتروشیمیایی (ECM):

الکترولیز به طور موفقیت آمیزی در فرایندهای آبکاری برقی، شکل دهی برقی و پرداختکاری برقی بکار گرفته شده است. فرایند برداشت ماده توسط تجزیه یا حل شدن شیمیایی از سال ۱۷۸۰ میلادی کشف شده است، اما در طی چند دهه گذشته این روش بهتر مورد استفاده قرار گرفته است. این فرایند همچنین به عنوان فرایند شکل دهی الکتروشیمیایی غیر تماسی نیز شناخته می‌شود. مشخصه قابل توجه الکترولیز این است که انرژی الکتریکی برای تولید واکنش شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین، فرایند ماشینکاری راکه بر اساس این اصل استوار است به عنوان ماشینکاری شیمیایی می‌شناسند. این فرایند بر

اساس قوانین تجزیه الکتریکی فاراده عمل میکند. در ECM اختلاف پتانسیل الکتریکی DC کمی (۲۵-۵) ولت به دو الکترود یا به عبارت دیگر به کاتد و آندی (آند قطعه کار است و کاتد ابزار) که در الکترولیت قرار دارند اعمال میشود انتقال الکترونها بین یونها و الکترودها مدار الکتریکی را کامل میسازد. فلز به صورت اتم های منفرد از سطح آند جدا میشود و در الکترولیت به صورت یونهای مثبت ظاهر میشود. در ماشینکاری الکتروشیمیایی فلز جدا شده به صورت هیدروکسیدهای فلزی جامد رسوب کرده ظاهر میشود.

الکترولیتهای مورد استفاده در ECM حاوی اسیدها یا در حالت کلی تر، نمکهای قلیایی محلول در آب میباشند. وقتی که الکترولیت با سرعت زیاد در حد فاصل بین دو الکترود حرکت میکند چندین کار را انجام میدهد. این الکترولیت محصولات واکنش الکتروشیمیایی رارقیق میکند و آنها را از این فاصله خارج میسازد، حرارت را با سرعت بیشتر و به مقدار زیادتری منتقل میکند و تمرکز یونها را بر روی سطح الکترود محدود میکند تا نرخ های ماشینکاری بیشتری حاصل شود. دبی حجمی الکترولیت بر اساس سرعت جریان الکترولیت ، فاصله بین دو الکترود و سایز قطعه ای که ماشینکاری میشود تعیین میگردد. خواص الکترولیت

(ترکیب، غلظت، مقدار PH، دما و غلظت عناصر خارجی) همراه با شکل ابزار به دلیل اینکه متغیرهای مهمی هستند که شکل قطعه ماشینکاری شده (پروفیل آند) را تعیین میکنند باید دقیقاً کنترل شوند. انتخاب الکترولیت بسیار مهم است. اغلب از کلرید سدیم (نمک معمولی) به عنوان ماده ای که ارزان و به راحتی موجود میباشد استفاده میشود. به منظور حفظ MRR مطلوب لازم است الکترولیت تحت فشار بالایی به فاصله بین دو الکترود پمپاژ گردد. بنابراین، شکلی که قرار است درآند ایجاد شود به عوامل زیادی بستگی دارد اما این عوامل را میتوان فقط به چگالی شدت جریان و شکل کاتد محدود کرد.

ماشین ابزار ECM شامل چهار زیر سیستم اصلی میشود:

- ۱- مولد قدرت
- ۲- سیستم تغذیه و تمیز کردن الکترولیت
- ۳- سیستم ابزار و تغذیه آن
- ۴- قطعه کار و سیستم نگهداری آن

نمای شماتیک ماشین ابزار ECM را در شکل زیر مشاهده میکنید:

۱- مولد قدرت:

در حین فرآیند ECM یک جریان مستقیم بالا (ممکن است تا $40000A$ نیز باشد) و یک اختلاف پتانسیل الکتریکی پایین (در حدود $5-25V$) در حد فاصل بین دو الکترود مطلوب است تا کنون بالاترین چگالی جریان بدست آمده در حدود $20000A/CM^2$ بوده است. بنابراین جریان متناوب سه فاز به کمک یک رکتیفایر و یک ترانس به یک جریان بالای مستقیم با ولتاژ پایین تبدیل میشود. رکتیفایرهای کنترل شده سیلیکونی (SCR) به خاطر عکس العمل سریع در برابر تغییرات به وجود آمده در حین فرآیند و کوچک بودن ، جهت انجام عمل یکسوکنندگی و همچنین تنظیم ولتاژ، مورد استفاده قرار میگیرند.

برای دریافت اینها کلیک کنید

- [مقاله در مورد شب بلبا با شب چله](#)
- [کارآفرینی تولید بتن آماده](#)
- [مقاله در مورد بررسی تاثیر موسیقی بر بهداشت روانی جوانان](#)

از این سایت ها نیز دیدن نمایید

- [ترنس لاین ، مرجع مقالات تخصصی فارسی ایران](#)
- [گت پیپر ، منبع مقالات انگلیسی و فارسی](#)
- [دانش رسان ، بیش از 1.5 میلیون مقاله فارسی](#)