Archive of SID

پیش بینی صافی سطح قطعات تنگستن کاربایدی (WC-٪۱۰CO) درفرایند EDM با استفاده ازالگوریتم فازی

محمد رضا شبگرد[۱]، گوهر رنجبری[۲]

چکیده

با توجه به محدودهٔ وسیع پارامترهای تنظیمی در فرایند EDM و مشکلات مربوط به اندازه‌گیری عملی پارامترهای خروجی لزوم پیش‌بینی آنها به ازای تمامی متغیرهای ورودی کاملاً ضروری می‌باشد. هدف این مقاله پیش‌بینی زبری سطح[۱] (Ra) قطعه کار تنگستن کاربایدی (WC-٪۱۰CO) بر اساس پارامترهای ورودی فرایند EDM (شدت جریان جرقه (I)، زمان روشنی پالس (Ti)) با استفاده از الگوریتم فازی می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، مدل فازی، انتخاب دقیق و آسان پارامترهای ورودی را میسر می‌سازد و به کاهش زبری سطح و هزینه‌های ماشینکاری کمک می‌کند. نتایج حاصل از ارزیابی، دقت بالای ۹۰٪ را برای مدل ارائه شده تایید می‌نماید.

کلمات کلیدی: ماشینکاری تخلیه الکتریکی- مدلسازی فازی - زبری سطح

۱- مقدمه

در چند دهه اخیر جهت ماشینکاری مواد سخت[۲] که ماشینکاری آنها توسط روشهای سنتی مشکل است، فرایند EDM به عنوان مناسب‌ترین فرایند پیشنهاد و به کار گرفته شده است. تنگستن کارباید (WC-٪۱۰CO) ماده‌ای بسیار سخت (۱۳۰۰-۱۸۰۰HV) است که در صنایع قالب سازی و ساخت ابزارهای برشی و ابزارهای EDM در مقیاس میکرو و نانو بطور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در زمینه کاربردهای EDM در صنعت تحقیقات زیادی انجام شده است. لی و لی [۱] سلامتی سطح قطعات تنگستن کاربایدی در فرایند EDM را مطالعه کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که یک لایه آسیب دیدهٔ آشکار در سطح قطعات تنگستن کاربایدی ماشینکاری شده به روش EDM وجود دارد که بوسیله میکروترک‌ها قابل شناسایی است و با افزایش شدت جریان و مدت زمان روشنی پالس، عمق لایه‌ٔآسیب دیده و طول و عرض میکرو ترک‌ها افزایش می‌یابد. تزنگ و چن [۲] نیز یک مدل فازی بر مبنای روش تاگوچی برای مدلسازی و بهینه سازی ماشینکاری فولاد SKD11 در فرایند EDM ارائه نموده و به این نتیجه رسیده‌اند که مدت زمان روشنی پالس، شدت جریان و سیکل وظیفه بیشترین تاثیر راروی پارامترهای خروجی در این فرایند دارند. لین و همکاران [۳] برای کنترل دقت در برش قطعات تنگستن کاربایدی به روش وایرکات (Wire-EDM) از یک استراتژی کنترل برمبنای منطق فازی استفاده کرده‌اند.

۱- استادیار گروه مهندسی ساخت و تولید دانشگاه تبریز mrshabgard@yahoo.com

۲- مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد هادیشهر granjbary@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

با استفاده از این کنترلر چند متغیره، خطای ماشینکاری گوشه‌ها در عملیات خشن کاری به کمتر از ۵۰٪ آن در ماشینکاری معمولی می‌رسد و زمان ماشینکاری ۱۰٪ افزایش می‌یابد.

در این تحقیق از نرخ پیشروی، ضخامت قطعه کار و زاویه گوشه‌ها بعنوان پارامترهای ورودی و درصد کاهش نرخ پیشروی بعنوان پارامتر خروجی استفاده شده است. به منظور مدلسازی ارتباط بین پارامترهای ورودی و خروجی در فرایند EDM، بیلماز و همکاران [٤] یک مدل سادهٔ فازی جهت انتخاب پارامترهای ماشینکاری فولاد ابزار AISI 4340 ارائه داده و بهترین سطوح پارامترهای ورودی را برای پرداخت کاری و خشن کاری بدست آورده‌اند.

همچنین تحقیقات زیادی در زمینه ترکیب فرایند EDM و USM انجام گرفته است. لین و همکاران [۵] تاثیر متغیرهای ورودی (نوع دی الکتریک، سایز ساینده، غلظت مواد ساینده در دی الکتریک، شدت جریان و زمان روشنی پالس) بر روی نرخ براده برداری، فرسایش نسبی ابزار، زبری سطح و ضخامت لایه منجمد شده recast را در ماشینکاری آلیاژ تیتانیم (Ti-6AL-4V) بررسی کرده اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد نرخ براده برداری، صافی سطح و بازده ماشینکاری در فرایند ترکیبی US/EDM به علت شستشوی بهتر گپ بیشتر از EDM است. همچنین عبدالله و شبگرد[٦] جهت غلبه بر مشکلات فنی در ماشینکاری تنگستن کارباید (WC-٪۱۰CO)ترکیب فرایند EDM و USMرا به عنوان بهترین و مطلوب‌ترین گزینه از میان روش‌های متعدد براده برداری پیشنهاد داده‌اند.

در این مقاله توسط الگوریتم فازی ارتباط بین پارامترهای ورودی (شدت جریان، زمان روشنی پالس و ارتعاش ابزار) و پارامتر خروجی (زبری سطح) در ماشینکاری تنگستن کارباید (WC-٪۱۰CO) با ابزار مسی مدلسازی شده است و نتایج آزمایش‌های تجربی دقت بالای ۹۰٪ را تائید می‌نمایند.

۲- مواد و روشها:

آزمایش‌ها توسط ماشین اسپارک مدل DECKEL-DE20 CENTER انجام شده و زبری سطح قطعات ماشینکاری شده توسط زبری سنج Mahr-pertormether M2 اندازه‌گیری شده است. جنس ابزار مس خالص فورج شده می‌باشد. دانسیتهٔ قطعه کار و ابزار مسی به ترتیب (kg/m³)۱٤۰۰ و (kg/m³) ۸۹۳۳ می‌باشد. برخی از خواص فیزیکی و مکانیکی قطعه کارو سایر شرایط آزمایش در جداول ۱و۲ آورده شده است.

جدول (۱): مشخصات قطعه‌کار تنگستن کارباید (WC-٪۱۰CO)

Nominal composition (by weight)	90% wc- 10%co
Grain size	Fine
ISO range	K15-k30
Hardness (HV)	1300- 1800
Density (Kg/m^3)	14600
Transverse strength(MPa)	3100
Compressive strength (MPa)	5170
Modulus of elasticity (GPa)	620

جدول (۲): متغیرهای فرایند و شرایط آزمایش

Open circuit voltage (V)	120
Gap average voltage (V)	40
Work piece shape (mm)	Ø10 dia. & 6.5 thickness Ø24
Tool diameter (mm)	Positive
Tool polarity	Kerosene 85%
Dielectric	transformeroil15%
Pulse-on times (µs)	1, 5, 10, 20 and 30
Pulse-off time (µs)	10
Pulse currents (Amp.)	11, 18, 25, 32 and 39
Type of flushing	Normal submerge

تعداد آزمایشهای بعمل آمده در فرایند EDM، ۲۵ عدد می‌باشد که بصورت فول فاکتوریل انجام شده است. همچنین تعداد ۱۰ عدد آزمایش جهت ارزیابی مدل در نظر گرفته شده است.

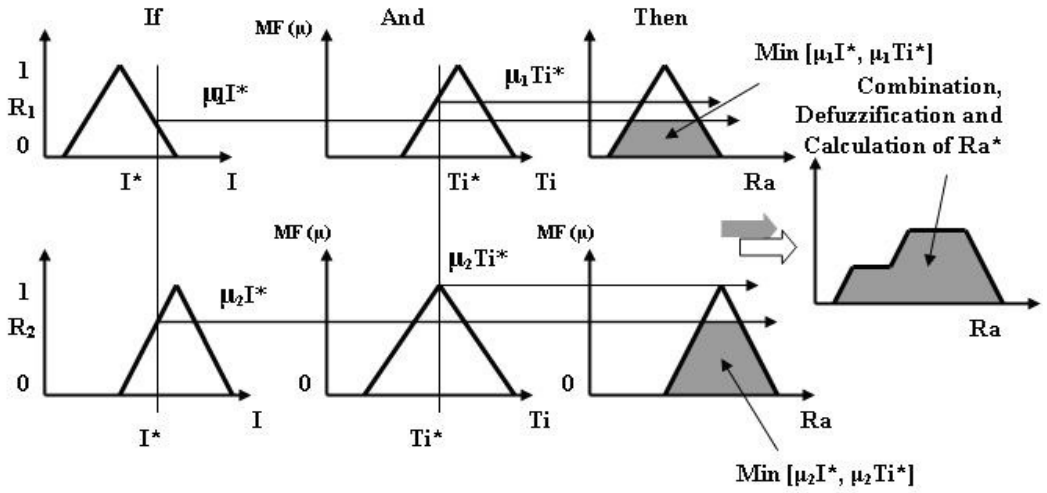
۳- مدل فازی

در این مقاله از مدل فازی جهت پیش بینی زبری سطح در فرایند EDM استفاده شده است. تشکیل توابع عضویت (فازی سازی)، انتخاب شکل صحیح توابع عضویت، تعریف قوانین هوشمند فازی و انتخاب روش فازی زدایی (تبدیل مقادیر فازی به مقادیر قطعی) مراحل اصلی ایجاد مدل فازی می‌باشند. در این مقاله از سیستم فازی ساز و غیر فازی ساز ممدانی[۳] استفاده شده است. در این روش بعد از اینکه سیستم فازی هرکدام از متغیرهای ورودی را به تابع عضویت

www.SID.ir

Archive of SID

مربوطه نسبت داد و قوانین شرطی را بر روی آنها اعمال ساخت، عبارات شرطی چند گانه توسط عملگر AND به همدیگر مربوط شده و از بین توابع عضویت ورودی در هر کدام از قوانین، کمترین مقدار بر روی تابع عضویت خروجی اعمال می‌شود. سطح زیر این تابع بعنوان خروجی سیستم فازی باید به مقدار قطعی (غیر فازی) تبدیل گردد. این کار فازی زدایی (Defuzzification) نامیده می‌شود. در این مقاله از روش مرکز سطح جهت فازی زدایی استفاده شده است. در شکل ۱ تمامی مراحل مربوط به مدلسازی زبری سطح توسط روش ممدانی نشان داده شده است.



شکل (۱): مدلسازی زبری سطح به روش ممدانی و مرکز سطح

٤- بحث و بررسی :

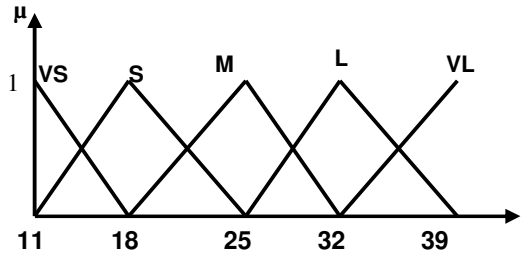
در شکل‌های ۲ تا ۵ توابع عضویت (μ) شدت جریان جرقه، زمان روشنی پالس و زبری سطح نشان داده شده است. مطابق شکل‌های مذکور، تعداد مجموعه‌های فازی برای پارامترهای شدت جریان، زمان روشنی پالس و زبری سطح در فرایند EDM بترتیب برابر با ۵، ۳، ٤ در نظر گرفته شده است. در این فرایند، به ترتیب VS، S، M، L و VL به معنای خیلی کوچک، کوچک، متوسط، بزرگ و خیلی بزرگ می‌باشد. در این تحقیق ۱۵ قانون برای تمامی آزمایشها نوشته شده است.

روش استنتاج فازی مطابق شکل ۱ بدین ترتیب است که ابتدا دو متغیر ورودی فازی سازی شده و قوانین نوشته شده بر روی آنها اعمال می‌شود. سپس با استفاده از روش مرکز سطح، مقادیر قطعی توابع عضویت متغیر خروجی به دست می‌آیند. به عنوان نمونه قوانین فازی به کار رفته برای زبری سطح در فرایند EDM و نمایش گرافیکی مدل فازی بدست آمده برای آزمایش ١٤ در این فرایند، به ترتیب در جدول ۳ و شکل ۵ نشان داده شده است. در شکل ۵ مکان مثلثها مجموعه‌های فازی معین برای هر ورودی و خروجی را نشان می‌دهند. در این آزمایش مقدار جریان برابر ۲۵ آمپر است که به مجموعه فازی متوسط (M) تعلق دارد. مدت زمان روشنی پالس نیز برابر ۲۰ μs است که مطابق با مجموعهٔ فازی متوسط (M) و بزرگ (L) می‌باشد. با اعمال قوانین فازی نوشته شده همانگونه که در شکل ۵ نشان داده شده است، زبری سطح به مجموعه (L) تعلق دارد.

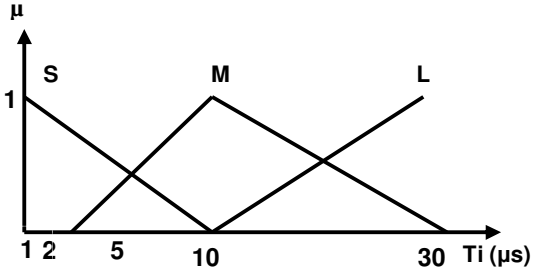
از ترکیب نواحی تاریک نشان داده شده در شکل ۵ مقدار زبری سطح برای قطعه کار مربوط به آزمایش ١٤، ۲/۵۲ حاصل می‌شود که با نتیجه تجربی زبری سطح مربوط به قطعه کار فوق (۲/۵) با دقت ۹۹/۲٪ مطابقت دارد.

www.SID.ir

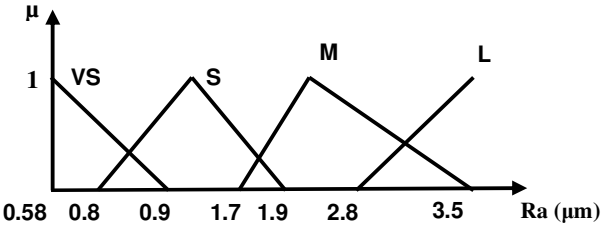
Archive of SID



شکل (۲): توابع عضویت شدت جریان



شکل (۳): توابع عضویت زمان روشنی پالس

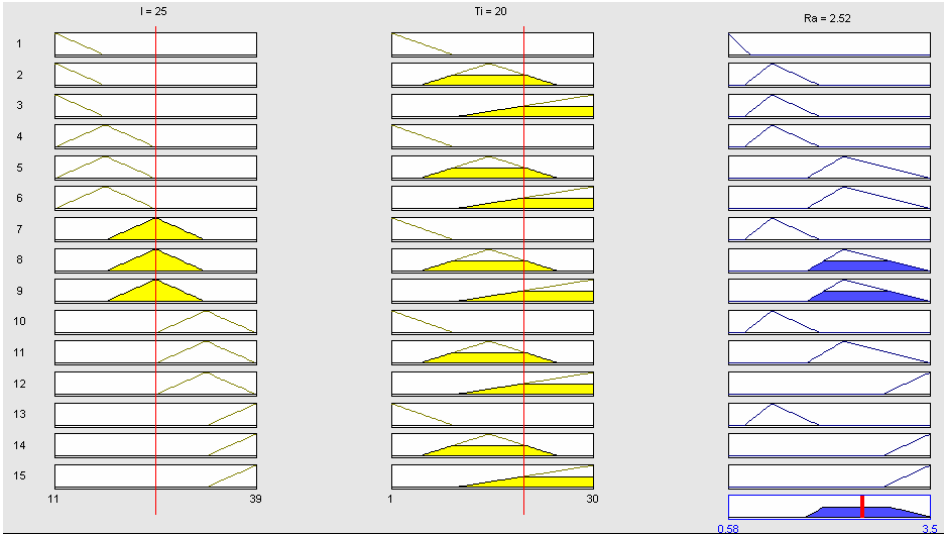


شکل (۴): توابع عضویت زبری سطح در فرایند EDM

نتایج حاصل از مدل سازی در جدول ٤ نشان داده شده است. مطابقت عالی نتایج حاصل از مدل با نتایج مربوط به تست‌های ارزیابی نشان می‌دهند که این مدل با دقت بالای ۹۰٪ ارتباط بین ورودی‌های فرایند (شدت جریان، زمان روشنی پالس) و خروجی فرایند (زبری سطح) را پیش بینی می‌نماید. شکل ٦ نیز سطوح فازی را در فرایند EDM نشان می‌دهند. این شکل به خوبی با نتایج تجربی سازگار است. به گونه‌ای که در تحلیل فرایندها می‌توان از این سطوح استفاده نمود.

جدول (۳): قوانین فازی زبری سطح در فرایند EDM

Ti I	S	M	L
VS	VS	S	S
S	S	M	M
M	S	M	M
L	S	M	L
VL	S	L	L



شکل (۵): نمایش گرافیکی استنتاج فازی برای آزمایش ١٤، جهت پیش بینی زبری سطح در فرایند EDM (I شدت جریان(A)، Tiزمان روشنی پالس(μs)، و R_a زبری سطح می‌باشد.)

www.SID.ir

Archive of SID

۵- نتیجه گیری:

در این مقاله یک سیستم هوشمند فازی جهت انتخاب زبری سطح در فرایند EDM معرفی شده است. نتایج بدست آمده از آزمایش‌ها و مدل فازی نشان می‌دهند در ماشینکاری تنگستن کارباید (WC-٪۱۰CO):

در فرایند EDM، مقدار زبری سطح با افزایش زمان روشنی پالس افزایش می‌یابد.

با استفاده از سطوح فازی به آسانی می‌توان روابط حاکم بر فرایندها را تحلیل نمود.

۳- مقایسهٔ نتایج بدست آمده از مدلهای مربوط به زبری سطح و نتایج تجربی مربوط به ارزیابی آنها، دقت بالای ۹۰٪ را تائید می‌نماید.

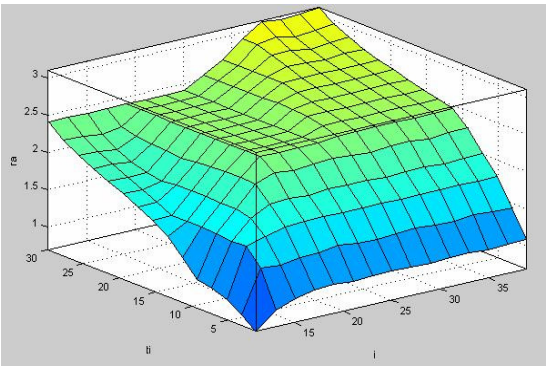
٤- روش مدلسازی فازی می‌تواند به عنوان یک روش اقتصادی و موفق جهت پیش بینی نتایج خروجی فرایند EDM بر اساس پارامترهای ورودی فرایند به کار گرفته شود و سبب بهینه سازی فرایند گردد.

پی نوشت:

1- Surface roughness
2- Hard material
3- Mamdani

جدول (٤): قسمتی از نتایج مربوط به مدل فازی جهت پیش بینی زبری سطح

شمارهٔ آزمایش	ورودی [I (A) Ti(µs)]	نتایج تجربی زبری سطح Ra(µm)	نتایج خروجی مدل فازی Ra(µm)	دقت
۱۰	[۱۸ ۳۰]	۲/٦۸۵	۲/٤۸	٪۹۲/۳٦
۱٤	[۲۵ ۲۰]	۲/۵	۲/۵۲	٪۹۹/۲
۱٦	[۳۲ ۱]	۱/۳۲۹	۱/۳	٪۹۷/۸۱
۱۸	[۳۲ ۱۰]	۲/٤۲۵	۲/۵۲	٪۹٦/۰۸
۲۵	[۳۹ ۳۰]	۳/٤۲	۳/۲۸	٪۹۵/۹



شکل (٦): سطوح فازی زبری سطح در فرایند EDM

مراجع:

1- Lee,S., Li,X., “study of the surface integrity of the machined workpiece in the EDM of tungsten carbide” "Journal of material processing Technology".,No.139,pp.315-321,2003.
2- Tzeng,Y., Chen.F,“Multi-objective optimization of high-speed electrical discharge machining process using a Taguchi fuzzy-based approach.”," Journal of Materials and design", No.28,pp.1159-1168,2007.

www.SID.ir

Archive of SID

3- Lin.T., Chung, I., Huang. Sh., “Improvement of mchining accuracy by fuzzy logic at corner parts for Wire-EDM”, "Fuzzy sets and systems" No.122 ,pp. 499-511,2001.
4- Yilmaz.O., Eyercioglu,O., Gindy,N., “A user-friendly fuzzy- base system for the selection of electro discharge machining process parameters", "Journal of material processing Technology",No.172.pp.363-371,2006.
5- Lin.y.Ch., Yan.B.H ., Chang.Y.S.“ Machining characteristics of titanium alloy (Ti-6Al-4V) using a combination process of EDM with USM”," Journal of material processing Technology.",No. 104,pp.171-177, 2000.
6- Abdollah, A., shabgard,M.R,“effect of ultrasonic vibration of tool on Electrical Discharge Machining of Tungsten Carbide(WC-Co) ”,Proc of 1st conf.TICME,Tehran,pp.1-16,2005

www.SID.ir