

Usinage par électroérosion

par **Daniel KREMER**

Ingénieur des Arts et Métiers

Professeur à l'École nationale supérieure des arts et métiers

Bibliographie

Références

- [1] ALBINSKI (K.). – *The polarity of electrodes in electrodischarge machining*. Int. Symp. for Electro Machining, ISEM XI p. 95-103 (avr. 1995).
- [2] BENKIRANE (Y.). – *Contribution à l'étude du polissage assisté par ultrasons*. Thèse de Doctorat ENSAM (21 mai 1996).
- [3] BENKIRANE (Y.) et KREMER (D.). – *Ultrasonic flow polishing process*. International Journal of Forming Processes, vol. 4 (2000).
- [4] BRINKSMIEIER (E.), CAMMETT (J.T.), KÖNIG (W.), LESKOVER (P.), PETERS (J.) et TÖNSHOFF (H.K.). – *Residual stresses-measurement and causes in machining process*. Annals of the CIRP, vol. 31/2/1982 p. 491-510 (1982).
- [5] DAUW (D.F.). – *EDM machining through automation*. EDM Digest, vol. XI, n° 3, (1989).
- [6] DIBITONTO (D.D.), EUBANK (T.P.), PATEL (M.R.) et BARRUFET (M.A.). – *Theoretical models of the electrical discharge machining process*. J. Appl. Phys. vol. 66 (9), p. 4095-4111, (nov. 1989), vol. 73 (11), p. 7900-7909 (juin 1993).
- [7] HOSARI (B.). – *Étude de l'enlèvement de matière par électroérosion assistée par ultrasons*. Thèse de Docteur Ingénieur, ENSAM (juill. 1988).
- [8] KÖNIG (W.) et JÖRRES (L.). – *Electro-discharge polishing as a surface finishing process*. Proc. Int. Symp. for Electro-Machining ISEM 9, Nagoya, Japon p. 14-17 (1989).
- [9] KÖNIG (W.) et SIEBERS (F.J.). – *Influence of the working medium on the removal process in EDM sinking*. ASME PED, vol. 64 p. 649-658 (1993).
- [10] KOZAK (J.), RAJURKAR (K.P.) et WANG (S.Z.). – *Material removal in WEDM of PCD blanks*. Journal of Engineering for Industry, Trans. of the ASME, vol. 11 p. 363-369 (août 1994).
- [11] KREMER (D.). – *Étude de quelques procédés non conventionnels d'enlèvement de matière*. Habilitation à diriger les recherches, Univ. P. et M. Curie, Paris (nov. 1995).
- [12] KREMER (D.). – *Usinage par ultrasons*. Techniques de l'Ingénieur, BM 7 240, vol. BT2 (1998).
- [13] KRUTH (J.P.), STEVENS (L.), FROYEN (L.) et LAUWERS (B.). – *Study of the white layer of a surface machined by die-sinking electro-discharge machining*. Annals of the CIRP, vol. 44/1/95 p. 169-172 (1995).
- [14] KUBOTA (M.), TAMURA (Y.) et OKITA (T.). – *Electrocontact discharge dressing of metal bonded diamond grinding wheels using twin electrode system*. Proc. Int. Symp. for Electro-Machining ISEM 9, Nagoya, Japon p. 22-25 (1989).
- [15] KUNIEDA (M.) et YOSHIDA (M.). – *Electrical discharge machining in gas*. Annals of the CIRP, vol. 46/1/97 p. 143-146 (1997).
- [16] LEVY (G.N.) et WERTHEIM (R.). – *EDM machining of sintered carbide compacting dies*. Annals of the CIRP, vol. 37/1/1988 p. 175-178 (1988).
- [17] LHIAUBET (C.). – *Contribution à l'étude de l'enlèvement de matière consécutif à une décharge dans un diélectrique liquide. Modélisation des échanges thermiques*. Thèse de Doctorat d'Université, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay (1989).
- [18] LUCCA (D.A.) et GOCH (G.). – *Progress in assessing surface and subsurface integrity*. Annals of the CIRP, vol. 47/2/98 p. 669-693 (1998).
- [19] MARTIN (C.), CALES (B.), VIVIER (P.) et MATHIEU (P.). – *Electrical discharge machinable ceramic composites*. Materials Science and Engineering, vol. A109, p. 351-356 (1989).
- [20] MASAKI (T.), KAWATA (K.), SATO (T.), MIZUTANI (T.), YONEMOTI (K.), SHIBUYA (A.) et MASUZAWA (T.). – *Micro electro-discharge machining*. Proc. Int. Symp. for Electromachining ISEM 9, Nagoya, Japon p. 26-29 (1989).
- [21] MASUI (K.), DEMISZU (K.), SATO (T.) et SONE (T.). – *Surface modification of tool steels by alloying method using EDM process*. Proc. Int. Symp. for Electromachining ISEM 11, Lausanne, Suisse p. 419-426 (1995).
- [22] MOHRI (N.), SUZUKI (M.), FURUYA (M.), SAITO (N.) et KOBAYASHI (A.). – *Electrode wear process in electrical discharge machining*. Annals of the CIRP, vol. 44/1/95 p. 165-168 (1995).
- [23] MOHRI (N.), YAMADA (H.), FURUTANI (K.), NARIKIYO (T.) et MAGARA (T.). – *System identification of wire electrical discharge machining*. Annals of the CIRP, vol. 47/1/98 p. 173-176 (1998).
- [24] NAKAMURA (M.), KANAYAMA (K.), HIRAI (Y.), ITTO (S.) et KUBO (K.). – *Surface damage in electro-conductive structural ceramics caused during electro-discharge machining EDM*. Proc. Int. Symp. for Electromachining ISEM 9, Nagoya, Japon p. 271-274 (1989).
- [25] NARUMYA (H.), MOHRI (N.), SAITO (M.), OOTAKE (H.), TSUNEKAWA (H.), TAKAWASHI (T.) et KOBAYASHI (K.). – *EDM by powder suspended working fluid*. Proc. of Int. Symp. for Electro-Machining ISEM 9, Nagoya, Japon p. 5-8 (1989).
- [26] OBARA (H.), IWATA (Y.) et OHSUMI (T.). – *An attempt to detect wire temperature during wire EDM*. Int. Symp. for Electro Machining, ISEM XI p. 67-73 (avr. 1995).
- [27] PETROFES (N.F.) et GADALLA (A.M.). – *Electrical discharge machining of advanced ceramics*. Ceramic Bulletin, vol. 67, n° 6 p. 1048 (1988).
- [28] RAJURKAR (K.P.), PENDIT (S.M.) et VENKATAPATHY (B.R.). – *Experimental and theoretical investigation of EDM debris*. Proceedings of the 12th NAMRC, Manufacturing SME Transactions p. 241-246 (1984).
- [29] RAJURKAR (K.P.), WANG (W.M.) et ZHAO (W.S.). – *WEDM-adaptive control with a multiple input model for identification of workpiece height*. Annals of the CIRP, vol. 46/1/97 p. 147-150 (1997).
- [30] REBELO (J.C.), DIAS MORAO (A.), KREMER (D.) et LEBRUN (J.L.). – *Influence of pulse energy on the surface integrity of martensitic steels*. Journal of Materials Processing Technology, vol. 84 p. 90-96 (1998).
- [31] REDA (M.R.). – *Fundamental of the EDM process*. EDM Digest, vol. 5 n° 5 p. 8-9 (1983).
- [32] RHOADES (L.J.), CLOUSER (H.) et SCELLIER (A.). – *Usinage par extrusion de pâte abrasive*. Techniques de l'Ingénieur, B 7 235, vol. BT2 (1994).
- [33] SCHUMACHER (B.M.). – *EDMing precision workpieces with excellent surface quality*. EDM Digest p. 12-18 (sept-oct. 1983).
- [34] SNOEYS (R.), DAUW (D.) et JENNES (M.). – *Survey of EDM adaptive control and detection systems*. Annals of the CIRP, vol. 31/2/1982 p. 483-489 (1982).
- [35] SPUR (G.) et SCHÖNBECK (J.). – *Anode erosion in wire-EDM – A theoretical model*. Annals of the CIRP, vol. 42/1/93 p. 253-256 (1993).
- [36] SUZUKI (Y.) et KISHI (M.). – *Improvement of surface roughness in wire EDM*. Proc. Int. Symp. for Electro-Machining ISEM 9, Nagoya, Japon p. 80-83 (1989).
- [37] TANIMURA (T.), ISUZUGAWA (K.), FUJITA (I.), IWAMOTO (A.) et KAMITAMI (T.). – *Development of EDM in the mist*. Proc. Int. Symp. for Electro-Machining ISEM 9, Nagoya, Japon p. 313-316 (1989).
- [38] TARIQ-JILANIL (S.) et PANDEY (P.C.). – *An analysis of surface erosion in electrical discharge machining*. Wear 1984, p. 275-284.

- [39] VAN DIJCK (F.). – *Physico-mathematical analysis of the electro-discharge machining process*. Ph. D. Thesis, Catholic University, Leuven (1973).
- [40] WECK (M.) et DEHMER (J.M.). – *Analysis and adaptive control of EDM sinking process using the ignition delay time and fall time as parameter*. Annals of the CIRP, vol. 41/1/92 p. 243-246 (1992).
- [41] WILKINS (C.). – *EDMing polycrystalline diamond*. EDM Today p. 19-22 (sept./oct. 1994).
- [42] YU (Z.I.), MASUZAWA (T.) et FUJINO (M.). – *Micro-EDM for three-dimensional cavities – Development of uniform wear method*. Annals of the CIRP, vol. 47/1/98 p. 169-172 (1998).
- [43] ZAMBRANO (J.). – *Contribution à l'étude de l'électroérosion. Influence de la pression*

hydrostatique du liquide diélectrique sur l'enlèvement de métal aux électrodes. Thèse de Docteur-Ingénieur, ENSAM (sept. 1985).

- [44] AGIE. – *Expérience of the best*. http://www.agie.com/français/lite_f.html.
- [45] Charmilles Technologies. – *Electroérosion*. <http://charmilles.com/fr/edmfy.shtml>.
- [46] SARIX. – *La micro-électroérosion*. http://www.sarix.ch/menu_f.html.
- [47] Forschungszentrum Karlsruhe – Institut für Mikrostrukturtechnik. *Microstructures by Micro Electrical Discharge Machining* <http://www.fzk.de/imt/eerodier.htm>.

Ouvrages

Guide des usinages par électroérosion et électrochimie. Publications du CETIM, CETIM-ENIMS (1980).

Advanced methods of machining. Éd. McGeough (J.A.) Chapman and Hall (1988).

Machining data handbook. Éd. Metcut Research Associates (1980).

Machining hard materials. Éd. William (R.), Publié par SME (1980).

Conférences

CIRP Collège International pour l'étude scientifique des techniques de production mécanique, groupe E : techniques d'usinage non conventionnelles (annuel).

ISEM International symposium for electromachining (trisanuel).

Non Traditional Symposium. Organisé par SME, Orlando (nov. 1991).

EDM symposium and exhibition. Organisé par EDM Digest, USA (1982).

Principaux fournisseurs de machines d'usinage par électroérosion et leurs représentants en France

Machines de reproduction de forme par défonçage et de perçage

AEG Elotherm (D) repr : Val de Loire Machines Outils
 AGIE (CH) repr : AGIE France
 AMCHEN (GB) repr : Omnitechnique
 ARD (ROC) repr : Omnitechnique
 Charmilles Technologies (CH) repr : Charmilles Technologies France
 Cormac (I) repr : Rosilio Machines Outils
 Ingersoll Maschinen und Werkzeuge GmbH (D) repr : Mac'Sys
 Makino (J) repr : Makino France
 Mecaprob Engineering (F)
 Mitsubishi Electric (J) repr : Mac'Sys
 ONA (E) repr : ONA Electroerosion France
 Raycon (USA) repr : Omnitechnique
 SKM (ROC) repr : Mark'Techno
 Sodick (J) repr : Celada France

Machines de découpe par fil

AGIE (CH) repr : Agie France
 ARD (ROC) repr : Omnitechnique

Brother (J) repr : Halbronn Frères
 Charmilles Technologies (CH) repr : Charmilles Technologies France
 Corisma (ROC) repr : Mecaprob Engineering
 Fanuc (J) repr : L'Usinage Électrique
 Herbert Walter (D) repr : Mecaprob Engineering
 Hitachi (J) repr : Halbronn Frères
 Makino (J) repr : Makino France
 Mecaprob Engineering (F)
 Mitsubishi Electric (J) repr : Mac'Sys
 ONA (E) repr : ONA Electroerosion France
 Seibu (J) repr : Machines Outils
 Sodick (J) repr : Celada France

Autres machines (perçage rapide, désintégration de tarauds, accessoires)

CMEF (F) : désintegrateur de tarauds
 EDM Services (F) : accessoires
 EROWA (CH-F) : accessoires
 Novotec (F) : perçage rapide, accessoires
 System R (Suède-F) : accessoires

Nota : ROC = Republic of China

Caractéristiques principales de machines

Machines de reproduction de forme par défonçage

Courses (mm) :
 axe X : de 250 à 2 700
 axe Y : de 100 à 1 000 (axes asservis)
 axe Z : de 160 à 700
 Masse maximale de la pièce : de 200 à 20 000 kg
 Générateur : intensité maximale de 25 à 800 A
 Options :
 axes complémentaires (1 ou 2 axes rotatifs),
 magasin d'électrodes et changeur d'électrodes.

Machines de découpe par fil

Courses :
 axe X : de 100 à 1 200
 axe Y : de 100 à 1 000
 axe Z : de 30 à 500
 Masse maximale de la pièce : de 10 à 4 000 kg
 Générateur : intensité maximale de 6 à 30 A
 Inclinaison de fil : de 0 jusqu'à 45°
 Axes programmables : jusqu'à 6
 Options :
 perçage de trous pour enfiler le fil,
 systèmes de coupe et enfilage de fil automatiques.