

Formarea suprafețelor cu profil complex prin electroeroziune cu fir

Student:

Profir Dumitru

Conducător:

conf.univ., dr. Gordelenco Pavel

Chișinău - 2023

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova

Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi
Departamentul Ingineria Fabricației

Admis la susținere
Șef de departament:
conf.univ., dr. hab. Sergiu Mazuru

”___,” _____ 2023

Formarea suprafețelor cu profil complex prin electroeroziune cu fir

Teză de master

Programul

Ingineria Produsului și a Proceselor în Construcția de Mașini

Student:

Profir Dumitru

Conducător:

conf.univ., dr. Gordelenco Pavel

Rezumat

PROFIR DUMITRU. Formarea suprafețelor cu profil complex prin electroeroziune cu fir. Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea de Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi; Departamentul Ingineria Fabricației; 2022. Teză de master: pag. 45, desene-27, surse bibliografice - 76.

În lucrare este analizat procesul de prelucrare prin WEDM și de asigurare a calității la fabricarea suprafețelor cu profil complex. Implementarea procesului pentru producție de unicat și producția de serie în depinde de repetabilitatea proprietăților de rugozitate a suprafețelor ale pieselor. Trebuie efectuate cercetări practice de capacitate atât a procesului WEDM cât și a utilajului WEDM pentru un răspuns adecvat beneficiarilor industriali.

Prin tehnici de proiectare parametrică a fost definită o familie de parametri ce se potrivesc diferitelor mașini pentru WEDM și pentru a satisface nevoile mai multor clienți. Performanța proceselor WEDM poate fi cu succes stabilită prin testarea criteriilor: posibilitatea de generare a formei piesei, precizia, rugozitatea, distorsionări, rezistența mecanică etc.

Summary

PROFIR DUMITRU. Formation of complex profile's surfaces by wire EDM. Technical University of Moldova, Faculty of Mechanical Engineering, Industrial Engineering and Transports; Department of Manufacturing Engineering, 2022. Master thesis: page 45; drawings -27, bibliographic sources-76.

The paper analyzes the process of WEDM processing and quality assurance in the manufacture of surfaces with a complex profile. The implementation of the process for one-of-a-kind production and series production depends on the repeatability of the surface roughness properties of the parts. Practical capacity studies of both the WEDM process and the WEDM machine must be carried out for an adequate response to the industrial beneficiaries.

Through parametric design techniques, a family of parameters has been defined to suit different WEDM machines and to meet the needs of several customers. The performance of WEDM processes can be successfully established by testing the criteria: the possibility of generating the shape of the piece, precision, roughness, distortions, mechanical resistance, etc.

Cuvinte cheie. Prelucrare prin WEDM, suprafețe cu profil complex, rugozitate, tehnici de proiectare parametrică.

Keywords. |WEDM processing, surfaces with a complex profile, roughness, parametric design techniques.

	Cuprins	pag
Introducere		7
Analiza bibliografica		8
Parametrii procesului WEDM		11
Precizii, toleranțe și rugozitatea		14
Traseul firului		16
Materiale comune de sârmă		16
Analiza patentelor inventiilor tehnologiilor pe tema cercetata tendintele		21
Parametrii tehnici a utilajului.		24
Caracteristicile de bază a mașinilor unelte cu fir WEDM		24
Comparatia utilajelor analogice		31
Tehnologia utilizata la Grip Engineering . Studiu de caz		34
Concluzii		44
Bibliografie		45

Introducere

Prelucrarea prin electroeroziune cu fir (WEDM din engleză Wire electrical discharge machining) este un proces de prelucrare termică specializat, capabil să prelucreze cu precizie piesele cu duritate variabilă sau forme complexe, care au muchii ascuțite care sunt foarte dificil de prelucrat prin procesele de prelucrare principale. Această tehnologie practică a procesului WEDM se bazează pe fenomenul convențional de producere a scânteilor EDM (Electrical discharge machining) utilizând tehnica larg acceptată fără contact de îndepărtare a materialului. De la introducerea procesului, WEDM a evoluat de la un mijloc simplu de fabricare a sculelor și matrițelor la cea mai bună alternativă de a produce piese la scară mică cu cel mai înalt grad de precizie dimensională și calitate a finisajului suprafeței. Această lucrare trece în revistă vasta gamă de lucrări de cercetare efectuate de la procesul EDM până la dezvoltarea WEDM pe diferiți parametri de răspuns la proces, cum ar fi rata de îndepărtare a materialului (MRR), rugozitatea suprafeței (Ra), Kerf (lățimea tăierii), raportul de uzură a firului (WWR) și factorii de integritate a suprafeței.

Prelucrarea prin electroeroziune cu fir (WEDM) este un proces de îndepărtare a materialului netradițional acceptat pe scară largă, utilizat pentru fabricarea componentelor cu forme și profile complicate. Este considerată o adaptare unică a procesului EDM convențional, care utilizează un electrod pentru a inițializa procesul de aprindere.

WEDM a fost introdus pentru prima dată în industria de producție la sfârșitul anilor 1960.

Dezvoltarea procesului a fost rezultatul căutării unei tehnici de înlocuire a electrodului prelucrat utilizat în EDM. În 1974, DH Dulebohn a aplicat sistemul de urmărire a liniilor optice pentru a controla automat forma componentei care urmează să fie prelucrată prin procesul WEDM [1]. Până în 1975, popularitatea sa a crescut rapid, deoarece procesul și capacitățile sale erau mai bine înțelese de industrie [2]. Abia spre sfârșitul anilor 1970, când sistemul de control numeric computerizat (CNC) a fost inițiat în WEDM, a adus o evoluție majoră a procesului de prelucrare. Ca rezultat, capacitățile largi ale procesului WEDM au fost exploatate pe scară largă pentru orice prelucrare prin orificiu transversant datorită sârmei, care trebuie să treacă prin piesa de prelucrat.

Prima mașină WEDM a funcționat pur și simplu, fără nici o complicație, iar opțiunile de sârmă au fost limitate doar la cupru și alamă. Au fost efectuate mai multe cercetări asupra WEDM timpurie pentru a modifica viteza de tăiere și capacitățile generale. În ultimele decenii, mulți s-au făcut

încercări de tehnologie Wire EDM pentru a satisface diverse cerințe de fabricație, în special în industria matrițelor și matrițelor de precizie. Eficiența și productivitatea EDM cu sârmă au fost îmbunătățite prin progresul în diferite aspecte ale WEDM, cum ar fi calitatea, acuratețea, precizia și funcționarea. Aplicațiile obișnuite ale WEDM includ fabricarea sculelor și matrițelor de ștanțare și extrudare, dispozitive de fixare și calibre, prototipuri, piese de aeronave și medicale și unelte pentru formarea roții de șlefuit.

Poate prelucra orice este conductiv de electricitate, indiferent de duritate, de la materiale relativ obișnuite, cum ar fi oțel de scule, aluminiu, cupru și grafit, până la aliaje exotice din era spațială, inclusiv hastalloy, inconel, titan, carbură, diamante policristaline compacte și ceramică conductoare. Sârma nu atinge piesa de prelucrat, astfel încât nu există nici o presiune fizică asupra piesei de prelucrat în comparație cu roțile de șlefuit și frezele. Cantitatea de presiune de prindere necesară pentru a ține piesele mici, subțiri și fragile este minimă, prevenind deteriorarea sau deformarea piesei de prelucrat.

Bibliografie

1. www.ijera.com
2. <https://edmprecision.com/advantages-and-disadvantages-edm/>
3. <https://www.manufacturingguide.com/en/wire-edm>
4. <https://edmproud.com/>
5. <https://ro.scribd.com/document/333546750/Referat-Prelucrarea-Prin-Electroeroziune>
6. <https://www.fanuc.eu/ro/ro/aplica%C5%A3ii/t%C4%83iere-cu-fir-edm>
7. <https://grip.de/>
8. Zahoor, S.; Azam, H.A.; Mughal, M.P.; Ahmed, N.; Rehman, M.; Hussain, A. WEDM of Complex Profile of IN718: Multi-Objective GA-Based Optimization of Surface Roughness, Dimensional Deviation, and Cutting Speed. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2021, 114, 2289–2307. [CrossRef].
9. Bombiński, S.; Kossakowska, J.; Nejman, M.; Haber, R.E.; Castaño, F.; Fularski, R. Needs, Requirements and a Concept of a Tool Condition Monitoring System for the Aerospace Industry. *Sensors* 2021, 21, 5086. [CrossRef] [PubMed].
10. Welling, D. Results of Surface Integrity and Fatigue Study of Wire-EDM Compared to Broaching and Grinding for Demanding Jet Engine Components Made of Inconel 718. *Procedia CIRP* 2014, 13, 339–344. [CrossRef].
11. Aggarwal, V.; Khangura, S.S.; Garg, R.K. Parametric Modeling and Optimization for Wire Electrical Discharge Machining of Inconel 718 Using Response Surface Methodology. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2015, 79, 31–47. [CrossRef].
12. Ahmed, A.; Tanjilul, M.; Rahman, M.; Kumar, A.S. Ultrafast Drilling of Inconel 718 Using Hybrid EDM with Different Electrode Materials. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2020, 106, 2281–2294. [CrossRef].
13. ONA EDM. ONAareEDM Wire EDM as a Future Alternative to Firtree Prof.
14. Bostan I., Mazuru S., Casian M., Method of axial adjustment for precessional transmissions. *MATEC Web of Conferences* 178:06024, . DOI: [10.1051/mateconf/201817806024](https://doi.org/10.1051/mateconf/201817806024), 2017.
15. Mazuru S., Scaticailov S. , Stingaci I. Grinding of the gears with high depth processing. *MATEC Web of Conferences* 112:01019. DOI: [10.1051/mateconf/201711201019](https://doi.org/10.1051/mateconf/201711201019), 2017.
16. Mazuru S., Scaticailov S. , Casian M. The processing accuracy of the gear. *MATEC Web of Conferences* 112:01026. DOI: [10.1051/mateconf/201711201026](https://doi.org/10.1051/mateconf/201711201026), 2017.

17. Roman Somnic, Sergiu Mazuru. Analiza importanței și structura industriei constructoare de mașini. Tehnica UTM. 2013 pp. 378-380.
18. Mazuru Sergiu, Casian M and Scaticailov S 2017 Adv. Mat. Res. 112 01026
19. Vlase A Mazuru Sergiu, and Scaticailov S 2014 Tehnologii de prelucrare pe mașini de danturat (Chișinău: Tehnica-UTM)
20. Bostan I., Mazuru Sergiu Aprecierea calității organelor de mașini la etapa de pregătire tehnologică a producției. Buletinul Institutului Politehnic Iași tomul LIV Fascicula Vc Iași 749–752
21. Mazuru S 2010 Mechanism of training component kinematics error gears in operation technology hardening chemical – heat (Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași Tomul LVI (LX) Fasc 2a)
22. Bostan I, Mazuru S. Vaculenco M and Scaticailov S Issues technology manufacturing precessional gears with nonstandard profile generating IX international congress “Machines Technologies Materials 2012” Varna Bulgaria Vol I.
23. Iașchevici Vadim, Mazuru, Sergiu. Mechanisms for stimulating innovation and technology transfer in the Republic of Moldova. Revista ”Intellectus” nr. 3/2014.
24. Sergiu Mazuru, Bazele proiectării dispozitivelor: Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău: Tehnica-UTM, 2001. – 182 p.
25. Sergiu Mazuru. Bearing capacity of precessional transmissions with gear change . Thesis for: Doctor degree..1996, UTM. DOI: 10.13140/RG.2.2.36211.35366.
26. Chereches T, Lixandru P., Mazuru S., Cosovschi P.and Dragnea D. Numerical Simulation of Plastic Deformation Process of the Glass Mold Parts. Applied Mechanics and Materials Vol. 657 (2014) pp 126-132.
27. Stanislav DUER, Radoslav DUER, Sergiu MAZURU. "Determination of the expert knowledge base on the basis of a functional and diagnostic analysis of a technical object" . Neconventional Tehnologies revive volume XX no.2/2016 (2016). Timisoara Romania pp . 23-29, ISSN: 2359-8646;
28. Trifan N., Bostan I., Mazuru S. Metode constructive de asigurare a calității pieselor de tip roată dințată. Buletinul institutului politehnic Iași, tomul LIV, Fascicula Vc, Iași, 2004, p. 757 – 760,
29. Stroncea A., Mazuru S. Componentele unui sistem complex de activități inovatoare. Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare. Vol. 5. Materialele Conferinței internaționale, U.T.M., Chișinău, 2005, p. 542,
30. Bostan. I., Mazuru S. Повышение нагрузочной способности зубчатых колес технологической комбинированной обработкой. Машиностроение и техносфера XXI века Том 5. Donetsk, 2006.

31. Mazuru S. Contribuții la studiul stratul superficial în urma rectificării danturii (partea I.) Buletinul institutului politehnic Iași, Tomul LII, Fascicula Va, Secția Construcția de Mașini, Iași 2006.
32. Pavel Cosovschi, Eugen Pèreu,. Punching of conic gear wheels în several stamps. Buletinul institutului politehnic Iași, Tomul LII, Fascicula Vb, Secția Construcția de Secția Construcția de Mașini, Iași, 2006.
33. Alexei Toca, Ivan Rusica, O. Marinescu, Mazuru S. Fenomena and effects of errors compensation on conditions of the sizes machining accuracy. In Cul. The 32ST INTERNATIONALLY ATTENDED SCIENTIFIC CONFERENCE „MODERN TEHNOLOGIES IN THE XXI CENTURY”, Bucharest 01-02 novambre 2007, p. 168-171
40. Bostan I., Mazuru S. Aprecierea calității organelor de mașini la etapa de pregătire tehnologică a producției. Buletinul Institutului Politehnic Iași tomul LIV Fascicula Vc Iași 749–752
41. Roman Somnic, Sergiu Mazuru. Analiza importanței și structura industriei constructoare de mașini. Tehnica UTM. 2013 pp. 378-380.
42. Mazuru Sergiu, Casian M. and Scaticailov S Adv. Mat. Res. 112 01026, 2017.
43. Vlase A., Mazuru Sergiu, and Scaticailov S Tehnologii de prelucrare pe mașini de danturat (Chișinău: Tehnica-UTM) 2014.
44. Scaticailov S. and Mazuru Sergiu Tehnologii și procedee de danturare a roților dințate Univ. Tehn A Moldovei (Chișinău: Tehnica-UTM) 2018.
45. Mazuru S. Mechanism of training component kinematics error gears in operation technology hardening chemical – heat (Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași Tomul LVI (LX) Fasc 2a) 2010.
46. Bostan I, Mazuru S and Botnari V 2011 Cinetic process of teeth grinding (The 15 th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Innovation Vadul lui Voda Moldova România
47. Bostan I, Mazuru S. Vaculenco M and Scaticailov S Issues technology manufacturing precessional gears with nonstandard profile generating IX international congress “Machines Technologies Materials 2012” Varna Bulgaria Vol I.
48. Sergiu Mazuru. Technological processes generating non-standard profiles of precessional gear. Thesis for: Doctor of Technical Sciences. 2019, UTM. DOI:10.13140/RG.2.2.19477.76005
49. Iațhevici Vadim, Mazuru, Sergiu. Mechanisms for stimulating innovation and technology transfer in the Republic of Moldova. Revista ”Intellectus” nr. 3/2014.
50. Sergiu Mazuru, Bazele proiectării dispozitivelor: Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău: Tehnica-UTM, 2001. – 182 p.
51. Sergiu Mazuru. Bearing capacity of precessional transmissions with gear change . Thesis for: Doctor degree..1996, UTM. DOI: 10.13140/RG.2.2.36211.35366.
52. Slătineanu L., Coteață M., Pop N., Mazuru S., Coelho A., Beșliu I. Impact phenomena at the abrasive jet machining. Nonconventional technologies Review , nr. 1, 2009, p.96-99.

53. Casian M. and Mazuru S. *Theoretical and experimental aspects concerning elastic behavior in the grinding technological system*, Advanced Materials Research, Vol. 1036 (2014) pp 286-291.
54. Casian M. and Mazuru S., *A study concerning the workpiece profile after grinding process of precessional gear wheels*, Advanced Materials Research, Vol. 1036 (2014) pp 292-297.
55. Chereches T, Lixandru P., Mazuru S., Cosovschi P. and Dragnea D. Numerical Simulation of Plastic Deformation Process of the Glass Mold Parts. Applied Mechanics and Materials Vol. 657 (2014) pp 126-132.
56. Bostan I., Mazuru S. Vaculenco M and Scaticailov S Processes generating non-standard profiles variable convex- concav of precessional gear. Journal of Engineering Sciences and Innovation. Volume 5, Issue 2 / 2020, pp. 111-122.
57. Slatineanu L., Toca A., Mazuru S., Dodun O., & Coteata M. Theoretical Model of the Surface Roughness at the End Milling with Circular Tips Annals of DAAAM for 2008 & Proceedings of the 19th International DAAAM Symposium, , Editor B. Katalinic, Published by DAAAM International, Vienna, Austria 2008, pp.1273-1274.
58. Bostan I., Mazuru Sergiu. Influence of the grinding parametrs on the characteristics of gears teeth outerlayer. First part. Proceedings of The 13th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Inovation IASI & Chisinau ModTech 2009.
59. Bostan I., Mazuru Sergiu. Influence of the grinding parametrs on the characteristics of gears teeth outerlayer. Second part. Proceedings of The 13th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Inovation IASI & Chisinau ModTech 2009.
60. Mazuru S. System reliability and optimization processing parametrs for its accuracy of elements. First part. The 14th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Innovation. ModTech 2010, 20-22 May, 2010 Slănic Moldova Romania.
61. Mazuru S. Mechanism of training component kinematics error gears in operation tehnology hardening chemical – heat. Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași Tomul LVI (LX). Fasc. 2a 2010
62. Slătineanu, L., Gonçalves-Coelho, A., Coteață, M., Uliuliuc, D., Grigoraș (Beșliu), I., Mazuru, S. Teaching students the basics of designing experimental research equipment. ICAD 2011. Proceedings of the 6th International Conference on Axiomatic Design. Editor: Mary Kathryn Thompson, KAIST, Daejeon, Republic of Korea, pag. 195-203.
63. Mazuru S. Оценка уровня надежности обработки и оптимизации параметров точности элементов технологических систем. In Cul. Трудов XIII conferinței tehnico-științifice internaționale „Техносфера XXI века”, Donețk, 2007, volumul 2, p.183-186.
64. Mardari Alexandru, Mazuru Sergiu. *Procedeu de presare umedă a pulberilor metalice*. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 452, 2016.04.20, 2017.03.31.
65. Mardari Alexandru, Mazuru Sergiu. *Formă de presarea pulberilor metalice*. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 676, 2013.09.30, 2014.04.30.
66. Botnari V., Mazuru S. Perie circulară cu pereți din metal. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 494. 2012.03.31 . B24D31/10.

67. Bostan I., Mazuru S., Vaculenco M. Dispozitiv de măsurare a forțelor dezvoltate de un mecanism. Brevet nr.2920 MD. I.Cl.: G01 L3/16. Publ. 2004.02.20, BOPI nr.11/2005.
68. Bostan I., Mazuru S. Dispozitiv de moletare a profilelor dințate pe semifabricate inelare. Brevet nr.2704 MD. I.Cl.: B21 H5/00, 1/06. Publ. 2004.11.30, BOPI nr.11/2004.
69. Bostan I., Mazuru S., Vaculenco M. Procedeu de prelucrare prin electroeroziune a suprafețelor roților dințate ale transmisiei presecionale. Brevet nr.2609 MD. I.Cl.: B23 H1/00. Publ. 2004.02.29, BOPI nr.2/2004.
70. Bostan Ion, Mazuru Sergiu, Scaticailov Serghei, Casian Maxim. Transmisie precesională. Brevet de invenție de scurtă durată nr. 1116, BOPI Nr. 1/2017.
71. Bostan Ion, Mazuru Sergiu, Scaticailov Serghei, Casian Maxim, Procedeu de reglare a jocului axial in angrenajul conic, Brevet de invenție de scurtă durată B.I. 1217. BOPI nr. 12/2017.
72. Bostan Ion, Mazuru Sergiu, Scaticailov Serghei, Casian Maxim, Roată-satelit, Brevet de invenție de scurtă durată B.I. 4731. BOPI nr. 3/2019.
73. Bostan Ion, Mazuru Sergiu, Scaticailov Serghei, Casian Maxim. Procedeu de prelucrare a dinților angrenajului precesional. Brevet de invenție B.I. 4700. BOPI nr. 07/2020.
74. Topala Pavel, Mazuru Sergiu, Cosovschi Pavel . Procedeu de durificare a suprafețelor metalice. B.I. 4184. BOPI nr. 11/2012.
75. Botnari Vlad, Mazuru Sergiu, Mazuru Alexandru. Sculă abrazivă. B.I. 622. BOPI nr. 05/2011. scurtă durată. Int. CI: B24D5/06, B24D5/14.
76. Mazuru S Mechanism of training component kinematics error gears in operation technology hardening chemical – heat (Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași Tomul LVI (LX) Fasc 2a) 2010