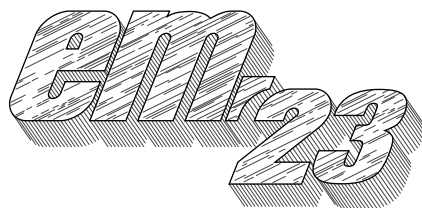


XIV International Conference Electromachining 2023



Editor

Tomasz Paczkowski, Natalia Konczal

Organizer

Bydgoszcz University of Science and Technology

Patronage

POLISH ACADEMY OF SCIENCES

Engineering Sciences

Committee on Surface Engineering, PAS - Poznań Branch

Financing

Ministry of Education and Science from the program



**Doskonała
Nauka**

Excellent Science - Support for scientific conferences

Bydgoszcz 9 ÷ 11 october 2023

Opracowanie redakcyjne i techniczne
mgr Dorota Ślachciak, mgr Patrycja Fereni-Morzyńska

© Copyright
Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Bydgoskiej
Bydgoszcz 2023

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany
ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych,
mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych
bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

Zamieszczone w zeszycie streszczenia nie podlegały recenzjom.

ISBN 978-83-66530-85-0

Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Bydgoskiej
Redaktor Naczelny
prof. dr hab. inż. Stanisław Mroziński
ul. Sucha 9B, 85-796 Bydgoszcz, tel. 52 3749482, 52 3749426
e-mail: wydawucz@pbs.edu.pl <https://wydawnictwa.pbs.edu.pl>

Wyd. I. Ark. aut. 5,6. Ark. druk. 7,4.
Zakład Małej Poligrafii PBŚ Bydgoszcz, ul. Sucha 9B

MIĘDZYNARODOWY KOMITET NAUKOWY

INTERNATIONAL SCIENCE COMMITTEE

Jerzy KOZAK, Lukaszewicz Research Network, PL – Chairman

Bogdan ANTOSZEWSKI, Kielce University of Technology, PL

Przemysław BORKOWSKI, Koszalin University of Technology, PL

Lucjan DĄBROWSKI, Warsaw University of Technology, PL

Piotr DOMANOWSKI, Bydgoszcz University of Science and Technology, PL

Jurek DUSZCZYK, Delft University of Technology, HL

Andrzej GOŁĄBCZAK, The State Academy of Applied Sciences in Włocławek, PL

Marcin GOŁĄBCZAK, Lodz University of Technology, PL

Jerzy JĘDRZEJEWSKI, Wroclaw University of Science and Technology, PL

Masanori KUNIEDA, University of Tokyo, JPN

Hubert LATOŚ, Bydgoszcz University of Science and Technology, PL

Tomasz LIPIŃSKI, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, PL

Marek MACKO, Kazimierz Wielki University, PL

Monika MADEJ, Kielce University of Technology, PL

Aleksandar MAKEDONSKI, Technical University of Sofia, BG

Mieczysław MARCINIAK, Warsaw University of Technology, PL

Joseph A. McGEOUGH, University of Edinburgh, UK

Peter Pavol MONKA, Technical University of Kosice, SK

Wataru NATSU, Tokyo University of Agriculture and Technology, JPN

Jerzy NAPIÓRKOWSKI, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, PL

Dariusz OZIMINA, Kielce University of Technology, PL

Tomasz PACZKOWSKI, Bydgoszcz University of Science and Technology, PL

Kamlakar P. RAJURKAR, University of Nebraska, USA

Norbert RADEK, Kielce University of Technology, PL

Joanna RADZIEJEWSKA, Warsaw University of Technology, PL

Adam RUSZAJ, Akademia Nauk Stosowanych w Nowym Sączu, PL

Jerzy SAWICKI, Bydgoszcz University of Science and Technology, PL

Anjali De SILVA, Glasgow Caledonian University, UK

Sebastian SKOCZYPIEC, Tadeusz Kosciuszko Cracow University of Technology, PL

Sławomir SPADŁO, Kielce University of Technology, PL

Rafał ŚWIERCZ, Warsaw University of Technology, PL

Viacheslav TARELNYK, Doctor of Technical Sciences, Ua

Günter WOLLENBERG, University of Magdeburg, GER

Tadeusz ZABOROWSKI, Polish Academy of Sciences Branch in Poznań, PL

Stanisław ZABORSKI, Wroclaw University of Science and Technology, PL

Jan ŻUREK, Poznan University of Technology, PL

KOMITET ORGANIZACYJNY

ORGANIZING COMMITTEE

Tomasz Paczkowski – Chairman
Piotr Domanowski – Organizational Secretary
Jarosław Zdrojewski – Committee Member
Piotr Szewczykowski – Committee Member
Artur Kościuszko – Committee Member
Helena Ciara – Committee Member
Natalia Konczal – Committee Member

Konferencja dofinansowana ze środków budżetu państwa
w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki pod nazwą:
Doskonała nauka/ wsparcie konferencji naukowych,
nr projektu DNK/SP/550660/2022,
kwota dofinansowania 124 487,00 zł,
całkowita wartość projektu 138 867,00 zł.

SPIS TREŚCI

WSTĘP	15
BIONICZNE INSPIRACJE W PROJEKTOWANIU PROCESÓW WYTWARZANIA PRZYROSTOWEGO, Adam Ruszaj	17
SZLIFOWANIE Z WYKORZYSTANIEM TARCZY WIELOGRANULACYJNYCH, Adrian Kopytowski, Rafał Świercz, Dorota Oniszczyk Świercz, Rafał Nowicki	19
WSPÓŁCZESNE KIERUNKI ROZWOJU OBRÓBK ELEKTROEROZYJNEJ W GAZIE, Agnieszka Żyra, Sebastian Skoczypiec	21
WIELOKRYTERIALNE METODY OPTIMALIZACJI PROCESU CIĘCIA STRUGĄ WODNO-ŚCIERNĄ, Aleksandra Radomska-Zalas	23
BADANIE ELEKTROCHEMICZNEGO OBCIĄGANIA I ELEKTROCHEMICZNEGO KSZTAŁTOWANIA ŚCIERNIC SUPERTWARDYCH, Andrzej Gołąbczak, Marcin Gołąbczak, Jerzy Kozak	25
WIELOKRYTERIALNA OPTIMALIZACJA PROCESU CIĘCIA STRUGĄ WODNO-ŚCIERNĄ (AWJ) Z WYKORZYSTANIEM METODY TODIM, Andrzej Perc	27
PORÓWNANIE WŁAŚCIWOŚCI WYŁADOWANIA JARZENIOWEGO W TRYBIE PULSOWYM NA MAGNETRONIE PLANARNYM I CYLINDRYCZNYM, Anna W. Oniszczyk, Wojciech Trzewiczyński, Wojciech Gajewski, Marek Betiuk, Aleksandra Mirońska, Piotr Domanowski	29
ZASTOSOWANIE NANOCZĄSTEK SREBRA W UKŁADACH DYSPERSYJNYCH, Anna Zalewska, Ireneusz Grubecki	31
WPLYW LASEROWEGO PROMIENIOWANIA PODCZERWONEGO NA MODYFIKACJĘ POWIERZCHNI POWŁOK DLC, Artur Kalinowski, Norbert Radek, Jacek Pietraszek, Piotr Sęk	33
OCENA WPLYWU ELEMENTÓW WZMACNIAJĄCYCH NA STRUKTURĘ, WŁAŚCIWOŚCI I DOKŁADNOŚĆ WYMIAROWĄ MODELI WYKONANYCH W DRUKU 3D, Artur Kościuszko, Dawid Marciniak, Mateusz Rojewski, Natalia Konczal	35

WPLYW SYMULANTU REGOLITU KSIĘŻYCOWEGO NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FUNKCJONALNE MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH STOSOWANYCH W TECHNOLOGII FFF, Damian Pietrusiak, Piotr Czyżewski, Dawid Marciniak, Mateusz Józefowicz, Marek Macko, Jakub Ciążela	37
OPTYMALIZACJA METOD I PROCESÓW DLA ROZWOJU PARAMETRÓW DMLM PRZY WYKORZYSTANIU CYFROWYCH NARZĘDZI WSPOMAGAJĄCYCH W EWALUACJI METALOGRAFICZNYCH STRUKTUR W STOPACH – NA PODSTAWIE PROJEKTU RPMA.01.02.00-14-B479/18 Z REGIONALNY PROGRAM OPERACYJNY WOJEWÓDZTWA MAZOWIECKIEGO, Damian Rączkowski, Tomasz Pokoniewski, Michał Bujak, Łukasz Ocypa, Dorota Szcześniak, Sebastian Szurlej, Paweł Żuk	39
WPLYW PARAMETRÓW OBRÓBKI ELEKTROEROZYJNEJ NA PARAMETRY STRUKTURY GEOMETRYCZNEJ POWIERZCHNI ELEMENTÓW WYKONANYCH ZE STALIWA L35GSM, Dominik Dudek, Sławomir Spadło, Kinga Pawłowska, Krzysztof Łakomiec	41
BADANIA PORÓWNAWCZE OBRÓBKI STRUMIENIOWO-ŚCIERNEJ STALIWA G20MN5 DLA RÓŻNYCH MEDIÓW ROBOCZYCH, Dominik Dudek, Sławomir Spadło, Piotr Przybysz, Krzysztof Łakomiec	43
WYBRANE ZAGADNIENIA ZASTOSOWANIA ELEKTROLITÓW NA BAZIE OZONU W OBRÓBCE ELEKTROCHEMICZNEJ, Dominik Wyszyński	45
WPLYW ENERGII WYŁADOWANIA ELEKTRYCZNEGO NA CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI CZĘŚCI WYKONANYCH W TECHNOLOGII DRUKU 3D, Dorota Oniszczyk-Świercz, Rafał Świercz, Adrian Kopytowski, Rafał Nowicki.....	47
ZASTOSOWANIE METAHEURYSTYCZNEGO ALGORYTMU OPTYMALIZACJI ALO W OBRÓBCE MARMURU STRUGĄ WODNO-ŚCIERNĄ, Elżbieta Kawecka	49
SELEKTYWNE TOPIENIE LASEROWE (SLM) BIOZGODNYCH MIESZANIN PROSZKÓW ORAZ KOMPOZYTÓW (MMC) OPARTYCH NA CP-TI, Grzegorz Skrabalak, Andrzej Stwora, Yulia Rumiantseva, Aleksandra Bętkowska, Karolina Chat-Wilk	51
OPTYMALNA TEMPERATURA STRUMIENIA ZASILAJĄCEGO REAKTOR ZE STAŁYM ZŁOŻEM IMMOBILIZOWANEGO ENZYMU: PRZYPADEK HYDROLIZY SACHAROZY PRZEZ INWERTAZĘ, Ireneusz Grubecki, Anna Zalewska	53

WPLYW OBRÓBKI WYKOŃCZENIOWEJ MIKROELEMENTÓW PO DRUKU 3D NA TEKSTURĘ POWIERZCHNI, Joanna Radziejewska, Michał Marczak, Piotr Maj, Anna Głowacka	55
BADANIE PROCESU WYTWARZANIA PRZYROSTOWEGO WYTWORÓW NAPEŁNIONYCH PROSZKIEM GUMOWYM, Kinga Majewska-Laks, Dawid Marciniak, Dariusz Sykutera	59
BADANIA WŁAŚCIWOŚCI SKRAWNYCH ŚCIERNIC SUPERTWARDYCH, Marcin Gołąbczak, Andrzej Gołąbczak, Michał Styp-Rekowski	61
BADANIE PROCESU MIKROTOCZENIA ELEKTROCHEMICZNEGO, Marcin Grabowski, Sebastian Skoczypiec, Adam Ruszaj, Karolina Furyk-Grabowska	63
ZASTOSOWANIE TECHNIKI BADAWCZEJ RECATEST DO OCENY JAKOŚCI STRUKTURALNEJ I MECHANICZNEJ WARSTW AZOTOWANYCH WYTWORZONYCH NA STALACH 20, 40 HM, Z WYKORZYSTANIEM STANOWISKA BADAWCZEGO RECALO2, Marek Betiuk, Piotr Domanowski, Sławomir Bujnowski, Aleksandra Mirońska, Weronika Goluch, Dariusz Grygiel	65
OCENA JAKOŚCI STRUKTURALNEJ I MECHANICZNEJ WARSTW AZOTOWANYCH NA STALACH KONSTRUKCYJNYCH Z WYKORZYSTANIEM PRECYZYJNEGO ZGŁADU SFERYCZNEGO W OBSZARZE ŚLADU ODCISKU HRC, Marek Betiuk, Piotr Domanowski, Sławomir Bujnowski, Aleksandra Mirońska, Weronika Goluch	67
WPLYW OBRÓBKI ELEKTOEROZYJNEJ GNIAZDA FORMUJĄCEGO NA STAN POWIERZCHNI NAPEŁNIONYCH WYPRASEK POLIMEROWYCH, Marek Bieliński, Piotr Czyżewski, Bartosz Nowinka, Joanna Chrapkowska	69
ASPEKTY TECHNOLOGII DRUKU 3D DMLS, Marek Macko, Zbigniew Szczepański, Andrzej Szczepańczyk, Paweł Cyprys, Adam Zabrowarny	71
ZASTOSOWANIE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W BADANIACH NAD OBRÓBKĄ MAGNETYCZNO-ŚCIERNĄ, Michał Marczak, Rafał Nowicki, Maciej Lato	73
ANALIZA STRUKTURY GEOMETRYCZNEJ POWIERZCHNI PO LASEROWYM CZYSZCZENIU POWŁOK LAKIERNICZYCH, Norbert Radek, Artur Kalinowski, Jacek Pietraszek, Agata Dudek, Jacek Świdorski	75

BADANIA WYTWARZANIA STRUKTUR LEKKICH W TECHNOLOGII FUSED FILAMENT FABRICATION, Piotr Czyżewski, Dawid Marciniak, Marek Bieliński, Yevhen Bevz	77
BADANIA WPLYWU PARAMETRÓW OBRÓBKII EDM NA STAN POWIERZCHNI WYPRASEK POLIMEROWYCH, Piotr Czyżewski, Mateusz Rojewski, Dawid Marciniak, Dariusz Sykutera	79
WPLYW PARAMETRÓW OBRÓBKII POWIERZCHNI GNIAZDA FORMUJĄCEGO NA EFEKTY ZNAKOWANIA LASEROWEGO, Piotr Czyżewski, Mateusz Rojewski, Piotr Szewczykowski, Bartosz Nowinka, Karolina Detmer	81
EFEKT WYŁADOWANIA HIPIMS NA WYTWARZANIE NANOWARSTW TLENKÓW METALI DO ZASTOSOWAŃ W PAMIĘCIACH TYPU RRAM, Piotr Różański, Robert Mroczynski, Wojciech Gajewski	83
WPLYW RÓŻNYCH SPOSOBÓW PODAWANIA CIECZY CHŁODZĄCO-SMARUJĄCEJ NA CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI STALI NC10 PO SZLIFOWANIU KONWENCJONALNYM I AEDG, Radosław Rosik, Robert Świącik	85
DOKŁADNOŚĆ DRUKU OFFSETOWEGO PRZY ZASTOSOWANIU MATRYCY Z WYMIENNYMI ELEMENTAMI Radosław Owsinski, Tomasz Paczkowski, Piotr Domanowski, Jarosław Zdrojewski	87
WPLYW RODZAJU ELEKTRODY GRAFITOWEJ NA PROCES EDM, Rafał Nowicki, Rafał Świercz, Adrian Kopytowski, Michał Marczak	89
WYKONYWANIE OTWORÓW W KOMPOZYCIE GFRP WIERCENIEM W ASPEKCIE ZJAWISK TOWARZYSZĄCYCH PROCESOWI, Robert Polasik	91
ZNACZENIE TECHNOLOGII PRZEMYSŁU 4.0 DLA ROZWOJU OBRÓBKII ELEKTROEROZYJNEJ, Sebastian Skoczypiec, Waldemar Małopolski	93
WARSTWA WIERZCHNIA CZĘŚCI OBRABIANYCH METODĄ WYSOKOCIŚNIENIOWEJ STRUGI WODNO-ŚCIERNEJ (AWJM), Sławomir Spadło, Libor Hlavac, Irena M. Hlavacova, Lucie Gembalová, Adam Štefek	95
WARSTWA WIERZCHNIA ELEMENTÓW STOPOWANYCH METODĄ ELEKTROISKROWĄ, Sławomir Spadło, Krzysztof Łakomicz, Dominik Dudek	97

BADANIE WPLYWU WARUNKÓW ZASILANIA NA EFEKTY WYŁADOWAŃ ELEKTRYCZNYCH W PROCESIE OBRÓBK ELEKTROEROZYJNEJ I STOPOWANIA POWIERZCHNI, Sławomir Spadło, Krzysztof Łakomicz, Joanna Duś-Spadło, Dominik Dudek	99
BADANIE WYBRANYCH ALGORYTMÓW METAHEURYSTYCZNYCH DO OPTIMALIZACJI PROCESU WYSOKOCIŚNIENIOWĄ STRUGĄ WODNO-ŚCIERNĄ – WSTĘPNE WYNIKI, Stanisław Rawicki, Jerzy Podhajcki	101
GAZ JAKO MEDIUM W OBRÓBCE ELEKTROEROZYJNEJ, Tadeusz Zaborowski	105
WPLYW PARAMETRÓW CIĘCIA STRUMIENIEM WODY NA JAKOŚĆ POWIERZCHNI BLACH GRUBYCH W GATUNKU STALI AISi 316L, Tomasz Lipiński	107
PORÓWNANIE WYBRANYCH CECH STRUKTURY GEOMETRYCZNEJ POWIERZCHNI ELEMENTÓW WYKONANYCH FREZOWANIEM ORAZ DRAŻNIEM, Tomasz Paczkowski, Robert Polasik	109
WPLYW PARAMETRÓW PROCESU SLM NA ODCHYŁKI WYMIAROWE PRODUKTU, Tomasz Zakrzewski, Jerzy Kozak	111
PLATFORMA WIBRACYJNA ZATACAJĄCO-ŚRUBOWA WSPÓLBIEŻNA – CHARAKTERYSTYKA WIBRACJI I RUCH MATERIAŁU ZIARNISTEGO NA PŁASZCZYŹNIE POZIOMEJ, Wojciech Poćwiardowski	113
ZASTOSOWANIE WOLFRAMOWYCH STOPÓW CIĘŻKICH NA ELEKTRODY DO OBRÓBK EDM, Zbigniew Gulbinowicz, Dorota Oniszczyk-Świercz, Olgierd Goroch, Paweł Skoczylas	115

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION	16
BIONIC INSPIRATIONS IN DESIGNING PROCESSES OF ADDITIVE MANUFACTURING, Adam Ruszaj	18
GRINDING WITH MULTIGRANULAR WHEEL, Adrian Kopytowski, Rafał Świercz, Dorota Oniszczyk Świercz, Rafał Nowicki	20
RECENT DEVELOPMENTS IN DRY ELECTRO DISCHARGE MACHINING, Agnieszka Żyra, Sebastian Skoczypiec	22
MULTI-CRITERIA METHODS IN THE OPTIMIZATION OF THE ABRASIVE WATERJET CUTTING PROCESS, Aleksandra Radomska-Zalas	24
STUDY OF ELECTROCHEMICAL DRESSING AND ELECTRODISCHARGE PROFILING OF SUPERHARD GRINDING WHEELS, Andrzej Gołąbczak, Marcin Gołąbczak, Jerzy Kozak	26
MULTIPLE CRITERIA OPTIMIZATION OF ABRASIVE WATER JET (AWJ) CUTTING USING TODIM APPROACH, Andrzej Perec	28
A COMPARISON OF THE GLOW DISCHARGE CHARACTERISTICS OF PLANAR AND CYLINDRICAL MAGNETRONS OPERATING IN PULSED DC MODES, Anna W. Oniszczyk, Wojciech Trzewiczyński, Wojciech Gajewski, Marek Betiuk, Aleksandra Mirońska, Piotr Domanowski	30
APPLICATION OF SILVER NANOPARTICLES IN PAINT DISPERSION SYSTEM, Anna Zalewska, Ireneusz Grubecki	32
THE EFFECT OF LASER INFRARED RADIATION ON THE SURFACE MODIFICATION OF DLC COATINGS, Artur Kalinowski, Norbert Radek, Jacek Pietraszek, Piotr Sęk	34
INFLUENCE OF REINFORCING ELEMENTS ON THE STRUCTURE, PROPERTIES AND DIMENSIONAL ACCURACY OF 3D PRINTING MODELS, Artur Kościuszko, Dawid Marciniak, Mateusz Rojewski, Natalia Konczal	36
THE INFLUENCE OF LUNAR REGOLITH SIMULANT SELECTED FUNCTIONAL PROPERTIES OF POLYMERIC MATERIALS USED IN FFF TECHNOLOGY, Damian Pietrusiak, Piotr Czyżewski, Dawid Marciniak, Mateusz Józefowicz, Marek Macko, Jakub Ciążęła	38

OPTIMIZATION METHODS AND PROCEDURES FOR DMLM PARAMETERS DEVELOPMENT PROCESS WITH DIGITAL TOOLS ASSISTED EVALUATION OF THE ALLOY METALLOGRAPHY STRUCTURE – BASED ON THE PROJECT RPMA.01.02.00-14-B479/18 FROM REGIONALNY PROGRAM OPERACYJNY WOJEWÓDZTWA MAZOWIECKIEGO, Damian Rączkowski, Tomasz Pokoniewski, Michał Bujak, Łukasz Ocypa, Dorota Szcześniak, Sebastian Szurlej, Paweł Żuk	40
INFLUENCE OF THE EDM PROCESS PARAMETERS ON THE SURFACE ROUGHNESS OF THE ELEMENTS MADE OF CAST STEEL L35GSM, Dominik Dudek, Sławomir Spadło, Kinga Pawłowska, Krzysztof Łakomiec	42
COMPARATIVE INVESTIGATIONS OF THE ABRASIVE BLASTING OF CAST STEEL G20MN5 USING DIFFERENT BLAST MEDIA, Dominik Dudek, Sławomir Spadło, Kinga Pawłowska, Krzysztof Łakomiec	44
SELECTED ASPECTS OF APPLICATION OF OZONE BASED ELECTROLYTE IN ELECTROCHEMICAL MACHINING, Dominik Wyszynski	46
INFLUENCE OF DISCHARGE ENERGY ON SURFACE ROUGHNESS OF SLM PART AFTER WIRE ELECTRICAL DISCHARGE FINISHING, Dorota Oniszczyk-Świercz, Rafał Świercz, Adrian Kopytowski, Rafał Nowicki	48
THE USING OF METAHEURISTIC OPTIMIZATION ALGORITHM IN ABRASIVE WATER JET MACHINING OF WHITE MARBLE, Elżbieta Kawecka	50
SELECTIVE LASER MELTING OF CP-Ti BASED BIO-COMPATIBLE POWDER MIXTURES AND METAL MATRIX COMPOSITES, Grzegorz Skrabalak, Andrzej Stwora, Yulia Rumiantseva, Aleksandra Bętkowska, Karolina Chat-Wilk	52
OPTIMAL FEED TEMPERATURE FOR AN IMMOBILIZED ENZYME FIXED-BED REACTOR: A CASE STUDY ON HYDROLYSIS OF SUCROSE BY INVERTASE, Ireneusz Grubecki, Anna Zalewska	54
INFLUENCE OF POST-PROCESSING ON SURFACE TEXTURE OF ADDITIVE MANUFACTURING MICRO-ELEMENTS, Joanna Radziejewska, Michał Marczak, Piotr Maj, Anna Głowacka	57

INVESTIGATION OF ELEMENTS FILLED WITH RUBBER POWDER IN ADDITIVE MANUFACTURING PROCESS, Kinga Majewska-Laks, Dawid Marciniak, Dariusz Sykutera	60
INVESTIGATIONS OF CUTTING ABILITY ASSESSMENT OF SUPERHARD GRINDING WHEELS, Marcin Gołabczak, Andrzej Gołabczak, Michał Styp-Rekowski	62
STUDY ON ELECTROCHEMICAL MICRO-TURNING PROCESS, Marcin Grabowski, Sebastian Skoczypiec, Adam Ruszaj, Karolina Furyk-Grabowska	64
APPLICATION THE RECASTEST TESTING TECHNIQUE TO EVALUATE STRUCTURAL AND MECHANICAL QUALITY OF NITRIDED LAYERS PRODUCED ON 20, 40 HM, STEELS USING THE RECALO2 TEST, Marek Betiuk, Piotr Domanowski, Sławomir Bujnowski, Aleksandra Mirońska, Weronika Goluch, Dariusz Grygiel	66
EVALUATION OF THE STRUCTURAL AND MECHANICAL QUALITY OF NITRIDED LAYERS ON STRUCTURAL STEELS WITH THE USE OF PRECISE METALLOGRAPHIC SPHERICAL MICROSECTION IN THE AREA OF THE HRC INDENTATION TRACE, Marek Betiuk, Piotr Domanowski, Sławomir Bujnowski, Aleksandra Mirońska, Weronika Goluch	68
INFLUENCE OF ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING OF THE }MOLDING CAVITY ON THE SURFACE CONDITION OF FILLED POLYMER MOLDINGS, Marek Bieliński, Piotr Czyżewski, Bartosz Nowinka, Joanna Chrapkowska	70
ASPECTS OF 3D PRINTING DMLS TECHNOLOGY, Marek Macko, Zbigniew Szczepański, Andrzej Szczepańczyk, Paweł Cyprys, Adam Zabrowarny	72
APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MAGNETIC-ABRASIVE MACHINING RESEARCH, Michał Marczak, Rafał Nowicki, Maciej Lato	74
ANALYSIS OF THE SURFACE GEOMETRIC STRUCTURE AFTER LASER CLEANING OF PAINT COATINGS, Norbert Radek, Artur Kalinowski, Jacek Pietraszek, Agata Dudek, Jacek Świdorski	76
STUDIES ON THE PRODUCTION OF LIGHTWEIGHT STRUCTURES IN THE FUSED FILAMENT FABRICATION TECHNOLOGY, Piotr Czyżewski, Dawid Marciniak, Marek Bieliński, Yevhen Bevz	78

STUDY OF THE EFFECT OF EDM PROCESSING PARAMETERS ON THE SURFACE CONDITION OF POLYMER MOLDINGS, Piotr Czyżewski, Mateusz Rojewski, Dawid Marciniak, Dariusz Sykutera	80
INFLUENCE OF FORMING CAVITY SURFACE TREATMENT PARAMETERS ON LASER MARKING EFFECTS, Piotr Czyżewski, Mateusz Rojewski, Piotr Szewczykowski, Bartosz Nowinka, Karolina Detmer	82
EFFECT OF HIPIMS DISCHARGE IN METAL OXIDE NANOCOATINGS FOR RESISTIVE RANDOM-ACCESS MEMORY APPLICATION, Piotr Różański, Robert Mroczyński, Wojciech Gajewski	84
EFFECT OF DIFFERENT COOLANT LUBRICANT SUPPLY METHODS ON SURFACE ROUGHNESS OF NC10 STEEL AFTER CONVENTIONAL AND AEDG GRINDING, Radosław Rosik, Robert Świąćik	86
THE ACCURACY OF OFFSET PRINTING USING A MATRIX WITH INTERCHANGEABLE ELEMENTS, Radosław Owsiański, Tomasz Paczkowski, Piotr Domanowski, Jarosław Zdrojewski	88
INFLUENCE OF THE TYPE OF GRAPHITE ELECTRODE ON THE EDM PROCESS, Rafał Nowicki, Rafał Świercz, Adrian Kopytowski, Michał Marczak	90
GFRP COMPOSITE DRILLING IN THE ASPECT OF PHENOMENA ACCOMPANYING THE PROCESS, Robert Polasik	92
IMPORTANCE OF INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES FOR DEVELOPMENT OF ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING, Sebastian Skoczypiec, Waldemar Małopolski	94
THE SUPERFICIAL LAYER OF PARTS MACHINED BY ABRASIVE WATER JET MACHINING (AWJM), Sławomir Spadło, Libor Hlavac, Irena M. Hlavacova, Lucie Gembalová, Adam Štefek	96
THE SUPERFICIAL LAYER OF PARTS ALLOYED BY ELECTRO-DISCHARGE METHODS, Sławomir Spadło, Krzysztof Łakomicz, Dominik Dudek	98
EXAMINATION OF SUPPLY CONDITIONS FOR THE EFFECTS OF ELECTRICAL DISCHARGES IN EDM MACHINING AND ALLOYING PROCESS, Sławomir Spadło, Krzysztof Łakomicz, Joanna Duś-Spadło, Dominik Dudek	100

INVESTIGATION OF SELECTED META-HEURISTIC ALGORITHM FOR OPTIMIZATION THE ABRASIVE WATER JET CUTTING PROCESS – PRELIMINARY RESULTS, Stanisław Rawicki, Jerzy Podhajecki	103
GAS AS A MEDIUM IN ELECTRO-EROSION TREATMENT, Tadeusz Zaborowski	106
INFLUENCE OF WATER JET CUTTING PARAMETERS ON THE SURFACE QUALITY OF AISi 316L THICK PLATES, Tomasz Lipiński	108
SELECTED SURFACE ROUGHNESS PARAMETERS ELEMENTS MADE BY MILLING AND ELECTROMACHINING COMPARISON, Tomasz Paczkowski, Robert Polasik	110
THE EFFECT OF OPERATING PARAMETERS OF SLM ON PRODUCT DIMENSIONAL DEVIATIONS, Tomasz Zakrzewski, Jerzy Kozak	112
ROLLING-CREW CONCURRENT VIBRATION PLATFORM – VIBRATION CHARACTERISTICS AND MO-TION OF GRANULAR MATERIAL IN THE HORIZONTAL PLANE, Wojciech Poćwiardowski	114
APPLIANCE OF TUNGSTEN HEAVY ALLOYS FOR EDM TOOL ELECTRODES, Zbigniew Gulbinowicz, Dorota Oniszczyk-Świercz, Olgierd Goroch, Paweł Skoczylas	116
NANOSTRUCTURE FORMATION DURING ELECTROSPARK ALLOYING, Oksana P. Gaponova, Viacheslav B. Tarelnyk, Bogdan Antoszewski, Nataliia V. Tarelnyk	117
ANALYSIS OF ELECTRO-SPARK ALLOYING METHODS USING ONE-COMPONENT SPECIAL TECHNOLOGICAL ENVIRONMENTS, Viacheslav B. Tarelnyk, Oksana P. Gaponova, Nataliia V. Tarelnyk, Czesław Kundera, Andriy V. Zahorulko	118

WSTĘP

Międzynarodowa Konferencja Electromachining (EM) jest organizowana cyklicznie, a obecna – EM'23 – jest jej czternastą edycją. Wymagania stawiane współczesnym urządzeniom technologicznym powodują, że w przemyśle stosuje się materiały konstrukcyjne coraz twardsze, o wysokiej wytrzymałości mechanicznej, bardziej odporne na korozję i działanie wysokich temperatur. Obróbka mechaniczna większości z nich jest utrudniona. Mogą być kształtowane z wykorzystaniem metod erozyjnych, np. obróbki elektrochemicznej, elektroerozyjnej, laserowej, plazmowej, elektronowej itp. oraz przyrostowych.

Udział tych metod obróbki w wytwarzaniu stale się powiększa. Wynika to z ich licznych cech, które nie mają w pewnych zastosowaniach technicznie lub ekonomicznie uzasadnionej alternatywy. Przykładem są chociażby technologie związane z mikro- i nanoobróbką. Sprawia to, że w praktyce przemysłowej są one często stosowane. Obróbki te są przedmiotem badań realizowanych w licznych ośrodkach: naukowych, naukowo-badawczych i przemysłowych, a rezultaty prowadzące do ich udoskonalień prezentowane są na wielu konferencjach o tematyce technologicznej. Cyklicznie organizowane konferencje EM (Electromachining) poświęcone są badaniom szeroko pojętych obróbek niekonwencjonalnych, zwanych też nietradycyjnymi.

Zwiększa się również znaczenie badań mających na celu ich doskonalenie. Stąd potrzeba wymiany informacji naukowej i doświadczeń praktycznych w tych obszarach.

W niniejszym zeszycie zamieszczono streszczenia referatów przygotowane na EM'23 przez autorów z ośrodków naukowych i naukowo-badawczych – zarówno krajowych, jak i zagranicznych. Poruszana problematyka referatów wpisuje się w tematykę konferencji i dotyczy sfery konstrukcyjnej, technologicznej i eksploatacyjnej.

XIV edycja konferencji odbędzie się w Bydgoszczy, w Hotelu Mercure. Hotel Mercure to jeden z niewielu obiektów na terenie Bydgoszczy, który może pochwalić się bliskim położeniem Starego Rynku, Opery Nova, Młynów Rothera i innych ważnych punktów w centrum miasta oraz sąsiedztwem rzeki Brdy.

Autorom prac zawartych w tym zeszycie składamy serdeczne podziękowania za trud włożony w ich opracowanie

Zamieszczone w zeszycie streszczenia nie podlegały recenzjom i zostały umieszczone w formie przygotowanej przez ich autorów.

INTRODUCTION

The International Electromachining (EM) Conference is organized periodically, and the current one – EM'23 – is its fourteenth edition. The demands placed on modern technological equipment mean that the industry uses increasingly harder construction materials with high mechanical strength, more resistant to corrosion and high temperatures. Machining of most of them is difficult. They can be shaped using erosive methods, e.g. electrochemical, electroerosion, laser, plasma, electron, etc. and incremental processing. The share of these processing methods in production is constantly increasing. This is due to the numerous features of these methods, which in some applications do not have a technically or economically justified alternative. An example is, technologies related to micro and nano processing. As a result, they are often used in industrial practice. These treatments are the subject of research carried out in numerous centers: scientific, scientific-research and industrial, and the results leading to their improvement are presented at many technological conferences. Periodically organized EM (Electromachining) conferences are devoted to research in the broad sense of unconventional machining, also known as non-traditional.

The importance of research aimed at improving them is also increasing. Hence the need to exchange scientific information and practical experience in these areas. This issue contains abstracts of papers prepared for EM'23 by the authors of scientific and research centers – both domestic and foreign. The issues raised in the papers are in line with the theme of the conference and concern the construction, technological and operational spheres.

The 14th edition of the conference will be held in Bydgoszcz, at the Mercure Hotel. The Mercure Hotel is one of the few facilities in Bydgoszcz that boasts a close proximity to the Old Market Square, Opera Nova, Rother's Mills and other important points in the city center and the vicinity of the Brda River.

We would like to thank the authors of the papers included in this issue for their efforts invested in their development.

The summaries included in the issue were not reviewed and were placed in the form prepared by their authors.

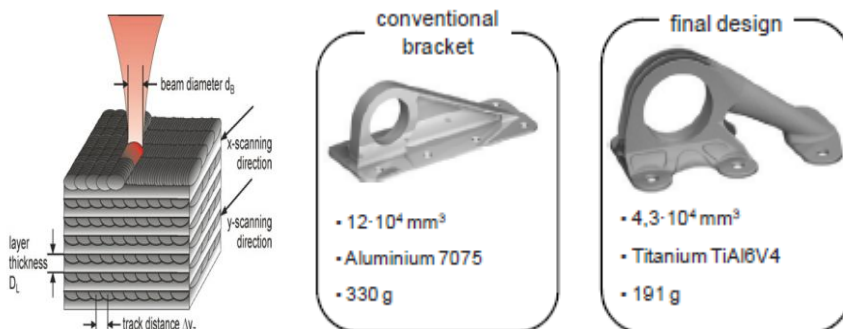
BIONICZNE INSPIRACJE W PROJEKTOWANIU PROCESÓW WYTWARZANIA PRZYROSTOWEGO

Adam Ruszaj

*Akademia Nauk Stosowanych w Nowym Sączu, Wydział Nauk Inżynieryjnych,
ul. Zamenchofa 1a, 33-300 Nowy Sącz, Polska,
aruszaj@ans-ns.edu.pl*

Streszczenie

Bionika jest nauką, która bada w NATURZE zasady projektowania i wytwarzania obiektów (czyli: zwierząt, roślin czy struktur materiałów). Warto podkreślić, że w NATURZE wszystkie procesy wytwarzania organizmów zwierząt lub roślin są procesami przyrostowymi. Innymi słowy są one wytwarzane przez dodawanie atomów lub cząstek. Podobne zasady są stosowane w rozwiązywaniu wielu problemów naszej cywilizacji, na przykład zasady techniki wojennej czy zasady wytwarzania. Poniżej zostały zaprezentowane przykłady zasad BIONICZNYCH w przypadku wytwarzania przyrostowego, gdy stosowane jest Selektywne Spiekanie Laserowe Proszków (SLS). Z rysunków wynika, że różnice pomiędzy konwencjonalnym a końcowym bionicznym kształtem hamulca mogą być istotne. Przejawia się to również w jakości pracy hamulca.



Na rysunku przedstawiono schemat realizacji procesu SLS oraz kształty elementów w przypadku wytwarzania ubytkowego (konwencjonalnego) oraz finalny – bioniczny kształt elementu hamulca w przypadku wytwarzania przyrostowego. Zasady powyższe zaprezentowano i przedyskutowano również w przypadku rozwiązywania innych technicznych problemów; głównie dla przemysłu lotniczego, samochodowego i medycznego. Wprowadzenie do merytorycznej dyskusji zostało przedstawione w polecanej książce: „Bionika. Wiedza przyrodnicza dla inżynierów” (A. Samek, Kraków: Wydawnictwa AGH, 2010).

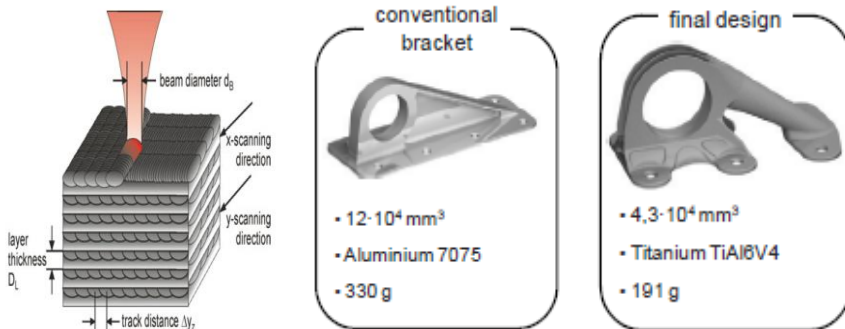
BIONIC INSPIRATIONS IN DESIGNING PROCESSES OF ADDITIVE MANUFACTURING

Adam Ruszaj

*Academy of Applied Sciences, Faculty of Mechanical Engineering,
1a Zamenchofa St., 33-300 Nowy Sącz, Poland,
aruszaj@ans-ns.edu.pl*

Abstract

Bionic is a science which is investigated in the NATURE principles of designing and manufacturing objects (animals, plants or materials structures). It is worth to underline that in the NATURE all manufacturing processes of animal or plant body are additive. In other way they are created by adding atoms or particles. Similar principles are applied in solving many problems of our society for instance, war principles, technical or manufacturing principles, Below there have been presented some application of the BIONIC principles in case of additive manufacturing processes when Selective Laser Powder Sintering (SLS) is applied. From these pictures the differences in the shape of the conventional and final bracket bionic design can be also seen. Change of the brake shape has influence on quality of the brake work.



The principles of SLS manufacturing process and schemes of the removal (conventional) and additive manufacturing of the final bionic shape of the bracket are above presented. These principles application for solving the other technical problems have been also presented and discuss. The directions of further investigations and application will also be presented. The aircraft, car and medical industry will be mainly taken into account. The introduction for above problems discussion has been presented in the book: „Bionika. Wiedza przyrodnicza dla inżynierów” (A. Samek, Kraków: Editor AGH, 2010).

SZLIFOWANIE Z WYKORZYSTANIEM TARCZY WIELOGRANULACYJNYCH

**Adrian Kopytowski*, Rafał Świercz,
Dorota Oniszczuk-Świercz, Rafał Nowicki**

*Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Instytut Technik Wytwarzania, ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa, Polska,*

**adrian.kopytowski@pw.edu.pl*

Streszczenie

Szlifowanie jest jedną z podstawowych operacji wykańczających, która ułatwia uzyskanie dokładności wymiarowej przedmiotu obrabianego. Proces szlifowania ma duży wpływ na właściwości obrabianej powierzchni, dzięki czemu może ona efektywnie współpracować z inną, przenosić obciążenia i wykazywać właściwości tribologiczne. Obróbka wykańczająca jest jednym z ostatnich etapów procesu produkcyjnego. Podczas produkcji przedmiotu zajmuje często blisko 70% czasu. Intensywny rozwój metalurgii umożliwia tworzenie coraz to nowych materiałów, co powoduje konieczność stworzenia nowych technologii wykańczania powierzchni tych materiałów. W związku z tym prowadzone są intensywne badania mające na celu dalsze doskonalenie procesu szlifowania.

Realizowane jest to poprzez optymalizację parametrów technologicznych, dobór i odpowiednie chłodzenie strefy obróbki lub narzędzia, budowę nowych typów narzędzi ściernych oraz modelowanie samego procesu. Szczególnie istotne to jest podczas obróbki trudnoskrawalnych materiałów, takich jak Inconel 625. W procesie tym typowe rozwiązania technologiczne nie zawsze umożliwiają uzyskanie pożądaných właściwości topografii powierzchni. W związku z tym zaproponowano nowy typ ściernicy.

Zaproponowane narzędzie zawiera ziarna ściernie o różnej wielkości, co powoduje powstawanie mniejszych uszkodzeń powierzchni obrabianej. Wykorzystanie w jednej tarczy ziaren o granulacji 80 μm , 100 μm i 120 μm prowadzi również do usprawnienia procesu wytwarzania. W artykule przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych procesu szlifowania powierzchni Inconelu 625 ściernicami jedno- i wieloziarnistymi. Przeanalizowano wpływ rodzaju narzędzia i parametrów wejściowych na topografię powierzchni Inconelu 625. Na koniec wyznaczono modele regresji opisujące korelację pomiędzy parametrami wejściowymi a parametrem chropowatości powierzchni.

GRINDING WITH MULTIGRANULAR WHEEL

Adrian Kopytowski*, **Rafał Świercz**,
Dorota Oniszczyk-Świercz, **Rafał Nowicki**

*Institute of Manufacturing Technologies, Faculty of Mechanical and Industrial Engineering,
Warsaw University of Technology, Nowowiejska 24, 00-665 Warsaw, Poland,*

**adrian.kopytowski@pw.edu.pl*

Abstract

Grinding is one of basic finishing operations, which allows high dimensional accuracy of workpiece. It has a strong impact on the properties of the machined surface. Well conducted grinding process allows effective interactions of workpiece with other surface, carrying transfer loads and presence of tribological properties. Finishing operations are one of the last stages of the manufacturing process. During the production of an object, it often takes nearly 70% of the manufacturing time. Intensive development of metallurgy makes it possible to create more and more new materials, which necessitates the creation of new technologies for finishing the surfaces of these materials. Therefore, intensive research is being conducted to further improve the grinding process.

Enhancement of grinding process includes optimization of technological parameters, selection of coolant and appropriate cooling of the machining zone or tool, construction of new types of abrasive tools and modeling of the process itself. This is especially important when machining difficult-to-machine materials, such as Inconel 625. In this case, typical technological solutions do not always allow to obtain the desired surface topography properties. Therefore, a new type of grinding wheel has been proposed.

This tool is composed of grains of different sizes, which results in less damage to the working surface. The use of 80 μm , 100 μm and 120 μm grains also leads to an improved manufacturing process. This paper presents the results of an experimental study of the grinding process of Inconel 625 with a conventional and multigranular grinding wheels. The effect of tool type and input parameters on the surface topography of Inconel 625 were analysed. Finally, a regression models describing the correlation between input parameters and surface roughness parameter were established.

WSPÓŁCZESNE KIERUNKI ROZWOJU OBRÓBK ELEKTROEROZYJNEJ W GAZIE

Agnieszka Żyra*, Sebastian Skoczypiec

*Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii i Automatykacji Produkcji,
Al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków, Polska,*

**agnieszka.zyra@pk.edu.pl*

Streszczenie

We współczesnym świecie we wszystkich gałęziach przemysłu dynamicznie wzrasta wykorzystanie materiałów należących do grupy materiałów trudnoskrawalnych. Konieczność obróbki małych, cienkościennych elementów, z zachowaniem bardzo dobrej dokładności wymiarowo-kształtowej oraz odpowiedniej chropowatości powierzchni, implikuje wykorzystanie metod alternatywnych do konwencjonalnych metod obróbki. Obróbka elektroerozyjna (EDM) jest niewątpliwie jedną z najpowszechniej wykorzystywanych obróbek niekonwencjonalnych w zastosowaniach przemysłowych, pozwalających na kształtowanie materiałów będących przewodnikami lub półprzewodnikami. Obróbka EDM w literaturze opisywana jest w różnych wariantach – w zależności od geometrii elektrody roboczej: obróbka wgłębna i wycinanie elektroerozyjne oraz w różnych wariantach kinematycznych obróbki wgłębnej – w zależności od trajektorii ruchu elektrody roboczej, takich jak: drążenie, wiercenie, frezowanie. Obróbka EDM prowadzona może być z wykorzystaniem różnych substancji dielektrycznych (ciekłych, gazowych), z zastosowaniem wspomaganie procesu, tzw. hybrydyzacja. Niewątpliwą zaletą obróbki EDM jest dokładność wymiarowo-kształtowa, którą można osiągnąć podczas procesu. Do wad można zaliczyć niską wydajność właściwą, wysokie względne zużycie elektrody roboczej czy też naprężenia termiczne występujące w warstwie wierzchniej po obróbce. Pomimo wielu zalet jedną największych wad obróbki EDM jest negatywny wpływ na środowisko naturalne przy obróbce w dielektrykach ciekłych, a w szczególności w przypadku stosowania najpowszechniej wykorzystywanych dielektryków węglowodorowych.

W literaturze przedmiotu coraz częściej podkreślana jest możliwość wykorzystania bardziej przyjaznych środowisku dielektryków. Można wskazać kilka rozwiązań i modyfikacji procesu obróbki EDM, które zredukują powstawanie toksycznych cząsteczek, oparów i gazów. Jednym z nich jest obróbka elektroerozyjna w gazie. Podczas tego procesu wykorzystuje się dielektryki obojętne dla środowiska. Do tej grupy należą dielektryki gazowe, takie jak powietrze, tlen, azot, argon czy dwutlenek węgla.

Uznając obróbkę EDM w gazie oraz EDM w gazie z modyfikacjami jako interesujące i obiecujące metody, w pracy przedstawiono aktualny stan wiedzy oraz przyszłe kierunki rozwoju obróbki EDM w gazie.

RECENT DEVELOPMENTS IN DRY ELECTRO DISCHARGE MACHINING

Agnieszka Żyra*, Sebastian Skoczypiec

*Cracow University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering,
Chair of Production Engineering, Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków, Poland,*

**agnieszka.zyra@pk.edu.pl*

Abstract

Nowadays, the usage of materials belonging to the group of hard to machine alloys is increasing rapidly. The possibility of application of these materials for a variety of technological purposes, but also the need to machine very small, thin-walled components with very good dimensional and shape accuracy and adequate surface roughness, implies the application of alternative methods to conventional machining methods. Electro discharge machining (EDM) is undoubtedly one of the most widely used non-conventional machining methods in all industrial applications, which enables to shape materials that are conductors or semiconductors. EDM is described in the literature in different variants, depending on the geometry of the working electrode: drilling, EDM cutting, and in different kinematic variants, depending on the trajectory of the working electrode movement, such as hollowing, drilling, milling. EDM machining can be carried out using different dielectric substances (liquid, gas), also process assisted (so-called hybridization). The major advantage of EDM is the dimensional and form accuracy that can be achieved during the process. Disadvantages include the low machining efficiency, the high working electrode wear, as well as the thermal stresses that occur in the surface layer after machining. Despite its many advantages, the main drawbacks of EDM are the negative environmental impact as well as the adverse effects on operator health, when machining in liquid dielectrics, particularly when using the most commonly used hydrocarbon dielectrics.

In the literature, it can be observed that the emphasis is also placed into improving the EDM process while using more environmentally friendly dielectrics. There are few possible alternatives and process modifications to conduct EDM process, reducing the generation of toxic particles, fumes and gases, among which dry EDM can be highlighted. During the process an environmentally neutral dielectrics may be used. These include gaseous dielectrics such as air, oxygen, nitrogen, argon or carbon dioxide.

Considering the dry and near-dry EDM processes as an interesting and promising methods, in this paper, the current state of the art and future directions of development of dry and near dry EDM has been presented.

WIELOKRYTERIALNE METODY OPTIMALIZACJI PROCESU CIĘCIA STRUGĄ WODNO-ŚCIERNĄ

Aleksandra Radomska-Zalas

*Akademia im. Jakuba z Paradyża, Wydział Techniczny,
ul. Teatralna 25,66-400 Gorzów Wielkopolski, Polska,
aradomska-zalas@ajp.edu.pl*

Streszczenie

Jednym z ważnych problemów badawczych w kontekście procesu cięcia strumieniem ściernym jest optymalizacja tego procesu. Ostatnio do rozwiązywania takich problemów coraz częściej wykorzystuje się metody uczenia maszynowego. Jednak wybór odpowiedniej metody optymalizacji jest bardzo trudny i może wpłynąć na jakość całego procesu. Aby sprostać temu trudnemu zadaniu, zbadano skuteczność różnych metod optymalizacyjnych we wspomaganie optymalizacji procesu cięcia strumieniem wody ściernej. Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań nad zastosowaniem metod wielokryterialnych w autorskim systemie informatycznym wspomagającym optymalizację zaawansowanego procesu produkcyjnego na przykładzie cięcia strumieniem wody pod wysokim ciśnieniem elementów wykonanych z mikrostopów stali 27MnSiVS6 przy użyciu ścierniwa Garnet Barton HPX80.

Wyniki uzyskane z testów potwierdzają wcześniejsze obserwacje, że zastosowanie metod wielokryterialnych ma wpływ na kluczowe parametry kontrolne procesu skrawania AWJ. Główna różnica pozostaje w wydajności, najczęściej określanej jako maksymalna głębokość skrawania. Badania potwierdziły również wyższą efektywność obróbki stali narzędziowej metodą AWJ z użyciem ścierniwa pochodzącego z recyklingu, podobnie jak przy skrawaniu aluminium. Wśród metod MCDA stosowanych w kontekście paradygmatu zrównoważonej oceny wariantów decyzyjnych na szczególną uwagę zasługuje metoda PROMETHEE. Wykorzystując sześć różnych funkcji preferencji, PROMETHEE pozwala rozwiązywać problem decyzyjny z wyższym i niższym stopniem kompensacji kryteriów pod warunkiem spełnienia określonych warunków przez model preferencji. Należy również zauważyć, że zastosowanie progów w PROMETHEE pozwala na uwzględnienie niepewności preferencji w problemie decyzyjnym w odniesieniu do np. wagi parametrów procesu. Dodatkowo PROMETHEE umożliwia wykonanie analizy wrażliwości na zmiany wag kryteriów oraz zmiany danych wejściowych, co daje możliwość analizy niezawodności i odporności rozwiązania.

MULTI-CRITERIA METHODS IN THE OPTIMIZATION OF THE ABRASIVE WATERJET CUTTING PROCESS

Aleksandra Radomska-Zalas

*The Jacob of Paradies University, Technical Department,
Teatralna 25, 66-400 Gorzów Wielkopolski, Poland,
aradomska-zalas@ajp.edu.pl*

Abstract

One of the important research problems in the context of the abrasive stream cutting process is the optimization of this process. Recently, machine learning methods have been increasingly used to solve such problems. However, choosing the right optimization method is very difficult and can affect the quality of the entire process. To meet this difficult task, the article investigates the effectiveness of various optimization methods in helping to optimize the abrasive water jet cutting process. The aim of the article is to present the results of research on the use of multi-criteria methods in the proprietary IT system supporting the optimization of an advanced production process on the example of high-pressure water jet cutting of elements made of 27MnSiVS6 steel microalloys using the Garnet Barton HPX80 abrasive.

The results obtained from the tests confirm previous observations that the use of multi-criteria methods affects the key control parameters of the AWJ cutting process. The main difference remains in productivity, most commonly referred to as maximum depth of cut. The research also confirmed the higher efficiency of tool steel machining using the AWJ method with the use of recycled abrasive, similar to aluminum machining. Among the MCDA methods used in the context of the balanced assessment paradigm of decision variants, the PROMETHEE method deserves special attention. Using six different preference functions, PROMETHEE allows solving a decision problem with higher and lower degree of criteria compensation, provided that certain conditions are met by the preference model. It should also be noted that the use of thresholds in PROMETHEE allows the uncertainty of preferences to be taken into account in the decision problem in relation to, for example, the weight of process parameters. In addition, PROMETHEE allows you to perform sensitivity analysis to changes in criteria weights and changes in input data, which gives you the opportunity to analyze the reliability and robustness of the solution.

BADANIE ELEKTROCHEMICZNEGO OBCIĄGANIA I ELEKTROCHEMICZNEGO KSZTAŁTOWANIA ŚCIERNIC SUPERTWARDYCH

Andrzej Gołąbczak^{1*}, Marcin Gołąbczak², Jerzy Kozak³

¹ Państwowa Akademia Nauk Stosowanych we Włocławku,
Wydział Nauk Inżynieryjno-Technicznych, ul. 3 Maja 17,
90-924 Włocławek, Polska

² Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, ul. Stefanowskiego 1/15,
90-924 Łódź, Polska

³ Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa, Al. Krakowska 110/114,
02-256 Warszawa, Polska

*andrzej.golabczak@pans.wloclawek.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań procesów elektrochemicznego obciążania i hybrydowego profilowania ściernic ze ścierniw supertwardych spojonych spoiwem metalowym. Proces elektrochemicznego obciążania ściernic realizowany jest anodowym rozpuszczaniem metalowego spoiwa przy udziale prądu przemiennego i w obecności elektrolitów o niskim stężeniu związków chemicznych. Proces profilowania ściernic realizowano natomiast hybrydowym systemem elektrochemicznego i elektroerozyjnego obciążania za pomocą innowacyjnej elektrody segmentowej. W artykule zamieszczono opis stanowisk badawczych do realizacji tych procesów, analizę teoretyczną oraz wyniki modelowania i badań eksperymentalnych. Podano opracowane zależności matematyczne między technologicznymi parametrami tych procesów obciążania i profilowania ściernic a grubością usuwanej warstwy ścierniej, stanem makro- i mikrogeometrii czynnej powierzchni ściernicy (CPS) oraz zużyciem elektrod. W zakończeniu sformułowano wnioski o znaczeniu poznawczym i użytkowym.

Andrzej Gołąbczak jest profesorem Państwowej Akademii Nauk Stosowanych we Włocławku. Jego zainteresowania badawcze obejmują technologię maszyn, w szczególności obróbkę erozyjną oraz inżynierię produkcji.

Marcin Gołąbczak jest profesorem uczelni i kierownikiem Zakładu Technologii Maszyn Politechniki Łódzkiej oraz członkiem organizacji CIRP. Jego zainteresowania badawcze obejmują technologię maszyn oraz inżynierię powierzchni.

Jerzy Kozak jest profesorem zwyczajnym Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa w Warszawie. Jego zainteresowania badawcze obejmują techniki wytwarzania, w szczególności obróbki erozyjne i technologie przyrostowe.

STUDY OF ELECTROCHEMICAL DRESSING AND ELECTRODISCHARGE PROFILING OF SUPERHARD GRINDING WHEELS

Andrzej Gołąbczak^{1*}, Marcin Gołąbczak², Jerzy Kozak³

¹ *State Academy of Applied Sciences in Wloclawek,
Faculty of Engineering and Technical Sciences,
3 Maja 17 Str., 90-924 Wloclawek, Poland*

² *Lodz University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering,
Stefanowskiego 1/15 Str., 90-924 Lodz, Poland*

³ *Lukasiewicz Research Network – Institute of Aviation,
Al. Krakowska 110/114, Str., 02-256 Warsaw, Poland*

**andrzej.golabczak@pans.wloclawek.pl*

Abstract

The article presents the results of research on the processes of electrochemical dressing and hybrid profiling of grinding wheels made of superhard abrasives bonded with a metal binder. The process of electrochemical dressing of grinding wheels is carried out by anodic dissolution of the metal binder, with the participation of alternating current and in the presence of electrolytes with a low concentration of chemical compounds. The process of profiling the grinding wheels was carried out with a hybrid system of electrochemical and electroerosive dressing using an innovative segment electrode. The article contains a description of research stands for the implementation of these processes, theoretical analysis and the results of modeling and experimental research. The elaborated mathematical relationships between the technological parameters of these grinding wheel dressing and profiling processes and the thickness of the removed abrasive layer, the state of the macro- and microgeometry of the cutting surface of the grinding wheel (CSGW) and the wear of the electrodes are given. In conclusion, conclusions of cognitive and utilitarian significance were formulated.

Andrzej Gołąbczak is a full professor at the State Academy of Applied Sciences in Wloclawek. His research interests include machine technology, in particular erosion machining and production engineering.

Marcin Gołąbczak is a professor and head of the Department of Production Engineering at the Lodz University of Technology and a member of the CIRP organization. His research interests include machine technology and surface engineering.

Jerzy Kozak is a full professor at the Institute of Aviation at the Warsaw University of Technology. His research interests include manufacturing techniques, in particular erosion machining and additive technology.

WIELOKRYTERIALNA OPTIMALIZACJA PROCESU CIĘCIA STRGĄ WODNO-ŚCIERNĄ (AWJ) Z WYKORZYSTANIEM METODY TODIM

Andrzej Percec

*Akademia im. Jakuba z Paradyża, Wydział Techniczny,
Teatralna 25, 66-400 Gorzów Wielkopolski, Polska
aperec@ajp.edu.pl*

Streszczenie

Celem badań był dobór optymalnych parametrów do cięcia stopowej stali konstrukcyjnej przeznaczonej do pracy w podwyższonej temperaturze z wykorzystaniem obróbki strumieniem wody ściernej (AWJ). Wybór optymalnych parametrów przeprowadzono z wykorzystaniem interaktywnej wielokryterialnej metody decyzyjnej (TODIM). Jako parametry sterujące procesem wybrano ciśnienie, masowe natężenie przepływu ścierniwa oraz posuw. Jako parametry odpowiedzi dla każdego przebiegu eksperymentalnego zmierzono głębokość cięcia h_{\max} , chropowatość powierzchni bocznej oraz kąt nachylenia przeciętego rowka δ (rys. 1). Do szczegółowych eksperymentów wybrano trzy poziomy każdego parametru kontrolnego. Stosując tę metodę, znaleziono najlepszy zestaw parametrów kontrolnych, dla którego uzyskano maksymalną głębokość cięcia oraz minimalną chropowatości i kąt pochylenia δ . Metoda TODIM została zaimplementowana w następujących krokach:

1. Utworzenie macierzy decyzyjnej.
2. Normalizacja macierzy decyzyjnej.
3. Oszacowanie względnej wagi kryteriów.
4. Obliczenie stopnia dominacji alternatywy.
5. Oszacowanie ogólnego stopnia dominacji wariantu.
6. Ranking i wybór najlepszego rozwiązania.

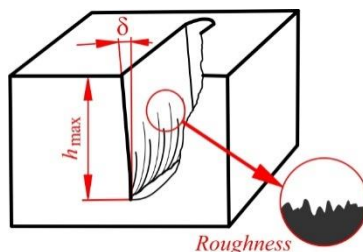


Fig. 1. Szczegóły przeciętego rowka

Jako materiał do cięcia zastosowano stal chromowo-niklowo-molibdenową 18CrNiMo7-6. W efekcie badań uzyskano następujący zestaw parametrów kontrolnych: ciśnienie 400 MPa, posuw 50 mm/min i wydatek ścierniwa 350 g/min, przy którym głębokość skrawania wynosi 8,71 mm, kąt δ 3,47° zaś chropowatość Squ 2,46.

MULTIPLE CRITERIA OPTIMIZATION OF ABRASIVE WATER JET (AWJ) CUTTING USING TODIM APPROACH

Andrzej Perec

*The Jacob of Paradies University, Faculty of Technology,
Teatralna 25, 66-400 Gorzów Wielkopolski, Poland
aperec@ajp.edu.pl*

Abstract

Optimization of abrasive waterjet (AWJ) machining is desirable due to more control parameters compared to traditional treatment techniques. The purpose of the paper is to select optimal parameters for cutting alloy structural steel for operation at elevated temperatures using abrasive waterjet (AWJ) processing. Selection of optimal parameters was carried out using the interactive multi-criteria decision-making method (TODIM). Abrasive flow rate pressure and traverse speed was selected as the process control parameters, were considered for evaluation. Meanwhile, depth of cut (h_{\max}), side surface roughness and angle of inclination (δ) of the cut kerf (Fig. 1) were measured as response parameters for each experimental run. Three levels of each control parameter were selected for detailed experiments. Using the TODIM method, the best combination of process parameters was found in which maximization of depth of cut and minimization of roughness and inclination angle were achieved. The TODIM method is implemented in the following steps:

1. Formulation of initial decision matrix
2. Normalization of Decision Matrix.
3. Estimation of Relative Weight Criteria
4. Calculation of the Dominance degree of the alternative
5. Estimation of the Overall dominance degree of alternative
6. Rank and Selection of the best solution

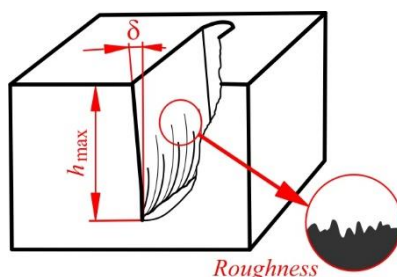


Fig. 1. Cut kerf properties details

As cut material the chromium-nickel-molybdenum steel (18CrNiMo7-6) for medium to high core strength engineering applications was used. In the effect of research is the achieved following set of control parameters: pressure 400 MPa, traverse speed 50 mm/min and abrasive mass flow 350 g/min, at which the cutting depth is 8.7 mm, δ angle is 3.7° and roughness of Squ is 2.46.

PORÓWNANIE WŁAŚCIWOŚCI WYŁADOWANIA JARZENIOWEGO W TRYBIE PULSOWYM NA MAGNETRONIE PLANARNYM I CYLINDRYCZNYM

**Anna W. Oniszczyk^{1*}, Wojciech Trzewiczyński¹, Wojciech Gajewski¹,
Marek Betiuk², Aleksandra Mirońska², Piotr Domanowski³**

¹ TRUMPF Huettinger Sp. z o.o, ul. Marecka 47, 05-220 Zielonka, Polska

² Sieć Badawcza Łukasiewicz – Warszawski Instytut Technologiczny,
ul. Racjonalizacji 6/8, 02- 673 Warszawa, Polska

³ Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Katedra Techniki Wytwarzania,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska

*anna.oniszczyk@trumpf.com

Streszczenie

Magnetrony cylindryczne są źródłami plazmy nierównowagowej generowanej na zewnętrznej lub wewnętrznej powierzchni katod cylindrycznych i w przestrzeniach z nimi graniczących. Multitoroidalna geometria plazmy generowana na zewnętrznej powierzchni katod cylindrycznych pozwala na osadzanie powłok na powierzchniach niedostępnych dla standardowych magnetronów płaskich, takich jak wnętrza rur. Wyładowanie jarzeniowe opisywane jest często poprzez charakterystykę prądowo-napięciową w postaci $I = nV^q$. Zaproponowano, że wykładnik q jest wskaźnikiem skuteczności pułapkowania magnetycznego elektronów w wyładowaniu magnetronowym. Zastosowanie magnetronu w ograniczonej przestrzeni (takiej jak wnętrze rury ferromagnetycznej) może znacząco wpłynąć na pole magnetyczne, a tym samym na uwięzienie elektronów. W artykule przedstawiono badanie charakterystyki I-V w trybie pulsowym wyładowania magnetronu cylindrycznego z multitoroidalną geometrią plazmy na targacie Cr w atmosferze Ar w otwartej przestrzeni ograniczonej przez rurę stalową A570 Gr. 36. Wyznaczono parametr q funkcji wykładniczej $I_d(U_d)$ opisującej przebiegi prądowo-napięciowe. Badanie potwierdza, że rodzaj wyładowania i otoczenie magnetronowe znacząco wpływają na wartość q . Charakterystyka I-V magnetronu cylindrycznego w przestrzeni otwartej została porównana z wyładowaniem na magnetronie planarnym.

A COMPARISON OF THE GLOW DISCHARGE CHARACTERISTICS OF PLANAR AND CYLINDRICAL MAGNETRONS OPERATING IN PULSED DC MODES

Anna W. Oniszczyk^{1*}, Wojciech Trzewiczyński¹, Gajewski Wojciech¹, Marek Betiuk², Aleksandra Mirońska², Piotr Domanowski³

¹ TRUMPF Huettinger Sp. z o.o, ul. Marecka 47, 05-220 Zielonka, Poland

² Łukasiewicz Research Network – Warsaw Institute of Technology, ul. Racjonalizacji 6/8, 02- 673 Warszawa, Poland

³ Bydgoszcz University of Science and Technology, Department of Production Engineering, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland

*anna.oniszczyk@trumpf.com

Abstract

Cylindrical magnetrons are sources of non-equilibrium plasma generated on the outer or inner surface of cylindrical cathodes. Multi-toroidal plasma geometry generated on the outer surface of cylindrical cathodes allows to deposit coatings on surfaces inaccessible to standard planar magnetrons like the interiors of pipes. Magnetron discharges are often described by current-voltage characteristics of the form $I = nV^q$. It has been suggested that the exponent q provides an index to the effectiveness of the magnetic electron confinement in a magnetron discharge. An application of a magnetron in a confined space (as inside of a ferromagnetic pipe) can significantly influence the magnetic field and thus the electron confinement. In this work we examined the I-V characteristics pulsed DC discharge of Cr cylindrical magnetron with multi-toroidal plasma geometry in Ar atmosphere in open and space confined by a A570 Gr. 36 steel pipe. The q parameter of the exponential function $I_d(U_d)$ describing current-voltage waveforms was determined. The study confirms that the type of discharge and magnetron surroundings significantly affects the value of q . For various discharge modes, the I-V characteristics of the cylindrical magnetron in open space were compared with discharge on a planar magnetron.

ZASTOSOWANIE NANOCZĄSTEK SREBRA W UKŁADACH DYSPERSYJNYCH

Anna Zalewska^{1*}, Ireneusz Grubecki²

*Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich,
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, ul. Seminaryjna 3,
85-326 Bydgoszcz, Polska*

¹ *Zakład Technologii Polimerów i Powłok Ochronnych*

² *Zakład Inżynierii Chemicznej i Bioprosesowej*

**anna.zalewska@pbs.edu.pl*

Streszczenie

W ostatnich latach materiały o rozmiarach nanometrycznych stały się obiektem zainteresowania naukowców ze względu na możliwości wykorzystania w różnych gałęziach przemysłu, w tym między innymi w przemyśle farb i lakierów. Firmy szukają coraz to nowych rozwiązań i patentów, aby powłoki były głównie przyjazne dla środowiska oraz nieszkodliwe dla człowieka. Bardzo często naukowcy sięgają po nanometale bądź ich tlenki z racji tego, iż w skali nano charakteryzują się one odmiennymi właściwościami.

Celem badań było otrzymanie nanocząstek srebra poprzez redukcję azotanu(V) i wprowadzenie ich do kompozycji lakierowej.

Zbadano stabilność oraz wielkość cząstek układów dyspersyjnych zawierających nanosrebro. Stwierdzono, że dodatek nanosrebra w ilości 2% wag. najlepiej stabilizuje układ.

Z analizy rozkładu wielkości cząstek wynika, że w badanych układach rozkład przebiega symetrycznie i podlega rozkładowi normalnemu Gaussa. Dodatek nanosrebra skutkuje większym rozdrobnieniem cząstek w układzie dyspersyjnym.

Podjęte działania mające na celu ocenę właściwości termicznych błon uzyskanych z kompozycji lakierowej wykazały, że wzrost zawartości nanosrebra w układzie przesunął zakres temperatury błonowania w kierunku wyższych wartości. Błona staje się twarda i mniej elastyczna.

W wyniku analizy derywatograficznej stwierdzono, że temperatury maksymalne piku efektu egzotermicznego przyjmują wyższe wartości dla układów po dodaniu nanosrebra.

Wykazano, że wprowadzenie nanosrebra do kompozycji lakierowej wpływa korzystnie na jej stabilność wyrażoną jako rozproszenie wsteczne oraz współczynnik TSI, jak i właściwości uzyskanych błon.

APPLICATION OF SILVER NANOPARTICLES IN PAINT DISPERSION SYSTEM

Anna Zalewska^{1*}, Ireneusz Grubecki²

*Bydgoszcz University of Science and Technology,
Faculty of Chemical Technology and Engineering, 3 Seminaryjna Street,
85-326 Bydgoszcz, Poland*

¹ *Department of Polymer Technology and Protective Coatings*

² *Department of Chemical and Biochemical Engineering*

**anna.zalewska@pbs.edu.pl*

Abstract

In recent years, materials of nanometric size have become the object of interest of scientists, due to the possibilities of use them in various industries, including the paint and varnish industry. Companies are looking for new solutions and patents to make coatings mainly environmentally friendly as well as harmless to people. Very often, scientists use nanometals or their oxides, because they are characterized by different properties at the nano-scale.

The aim of the study was to obtain silver nanoparticles by reducing silver nitrate and their addition to the paint composition. The stability and size of particles of dispersion systems containing nanosilver have been examined. It was found that the nanosilver content in the amount of 2% (w/w) exerts a positive influence on the stability.

More detailed analysis has shown that the dispersion system under consideration undergoes the normal distribution.

More amount of nanosilver makes the particles smaller.

The studies of the thermal properties of the membranes obtained from the paint composition showed that the increase in the nanosilver content in the system shifts the range of the film temperature towards higher values. Consequently, the membrane becomes the harder and less flexible.

Derywotography analysis has indicated that the maximal temperatures of the exothermic effect – after addition of nanosilver particles – lead to higher temperature values in the systems.

It was shown that the addition of nanosilver into the varnish composition has a beneficial effect both on its stability (backscattering, turbiscan stability index) and the properties of the membranes formed.

WPLYW LASEROWEGO PROMIENIOWANIA PODCZERWONEGO NA MODYFIKACJĘ POWIERZCHNI POWŁOK DLC

**Artur Kalinowski^{1*}, Norbert Radek¹,
Jacek Pietraszek², Piotr Sęk¹**

¹ Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn,
Al. 1000-lecia P.P. 7, 25-314 Kielce, Polska

² Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Al. Jana Pawła II 37,
31-864 Kraków, Polska

*akalinowski@tu.kielce.pl

Streszczenie

Poprawa wydajności części maszyn może być osiągnięta poprzez zastosowanie zaawansowanych materiałów inżynierskich, jak i powłok. Pozwala to na zwiększoną ochronę przed korozją, ścieraniem i erozją. Powłoki DLC znane są ze swoich dobrych właściwości mechanicznych. Stosuje się je w celu zmniejszenia tarcia ślizgowego i odporności na zużycie elementów, zapobiegania nadmiernemu zużyciu i zwiększenia trwałości. Mają szeroki zakres zastosowań – od rynku odlewniczego, motoryzacyjnego, zastosowań w optyce, aż po zastosowania dekoracyjne. Ponadto wykazują wysoką odporność na promieniowanie UV, co czyni je wysoce efektywną metodą przeciwdziałania przedwczesnemu starzeniu się powlekanych elementów.

Chociaż wiele badań wykazało, że powłoki DLC są transparentne dla widma światła widzialnego i podczerwonego oraz absorbują głównie fale elektromagnetyczne w paśmie UV, to przedstawione w artykule badania wykazały, że modyfikacja powierzchni za pomocą IR jest możliwa poprzez zastosowanie wysoko skoncentrowanej wiązki laserowej (o długości fali 1062 nm).

Jednym z rodzajów modyfikacji powierzchni jest tworzenie tekstury. Poprzez tworzenie tekstur na powierzchni, takich jak mikrorowki, można modyfikować powierzchnię styku i chropowatość powierzchni, co skutkuje mniejszym tarciem pomiędzy teksturowanymi częściami. Teksturę powierzchni można również wykorzystać do polepszenia dystrybucji środków smarnych. Poprzez zastosowanie określonych wzorów tekstury produkty zużycia mogą być przechowywane lub kierowane i doprowadzane.

Zbadano wpływ laserowego promieniowania podczerwonego na modyfikację powierzchni powłok DLC. Autorzy wykazali, że promieniowanie laserowe powodowało zmiany w strukturze i składzie powłok (tekstura), co skutkowało poprawą właściwości eksploatacyjnych. Zaobserwowali również, że określone parametry obróbki laserowej pozwoliły wytworzyć mikrorowki bez całkowitego usunięcia cienkiej (ok. 4 μm) powłoki DLC. Badanie dostarcza wglądu w potencjalne zastosowanie laserowej modyfikacji powierzchni jako metody poprawy właściwości powłok DLC.

THE EFFECT OF LASER INFRARED RADIATION ON THE SURFACE MODIFICATION OF DLC COATINGS

**Artur Kalinowski^{1*}, Norbert Radek¹,
Jacek Pietraszek², Piotr Sęk¹**

¹ *Kielce University of Technology, Faculty of Mechatronics and Mechanical Engineering,
Al. 1000-lecia P.P. 7, 25-314 Kielce, Poland*

² *Cracow University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering,
Al. Jana Pawła II 37, 31-864 Cracow, Poland*

**akalinowski@tu.kielce.pl*

Abstract

Enhancing the performance of machine parts can be achieved through the application of advanced engineering materials or protective coatings. This helps to protect against corrosion, abrasion and erosion. DLC coatings, which stands for Diamond-Like Carbon coatings, are known for their good mechanical properties. They are applied to reduce the sliding friction and wear resistance of components, prevent excessive wear and increase durability. They have wide range of applications. From molding industries, automotive, optics up to decorative purposes. Furthermore, DLC demonstrates high resistance to UV light, making it a highly effective method to counteract the premature aging of coated components.

Although many studies showed that DLC coatings are transparent to the visible and infrared light spectrum and absorbing mainly electromagnetic waves in UV spectrum, this study showed that modification of the surface with IR is possible by applying highly concentrated laser beam (with a wavelength of 1062 nm).

One of the type of surface modification is creating a texture. By creating textures on the surface, such as micro-grooves or dimples, the contact area and surface roughness can be modified, resulting in lower friction between textured parts. Surface texture can also be used to enhance the retention and distribution of lubricants during machining processes. By incorporating specific texture patterns, such as channels on the workpiece surface, wear products can be stored or directed and guided away.

The paper investigates the impact of laser infrared radiation on the surface modification of DLC coatings. The authors found that laser radiation caused changes in the structure and composition of the coatings (texture), resulting in improved surface properties. They also observed that certain laser fluency, wave-form, frequency and laser head scanning speed led to creating a relevant depth of the groove without completely removing the thin (approx. 4 μm) DLC coating. The study provides insights into the potential use of laser surface modification as a method for improving the properties of DLC coatings.

OCENA WPŁYWU ELEMENTÓW WZMACNIAJĄCYCH NA STRUKTURĘ, WŁAŚCIWOŚCI I DOKŁADNOŚĆ WYMIAROWĄ MODELI WYKONANYCH W DRUKU 3D

**Artur Kościuszko, Dawid Marciniak,
Mateusz Rojewski*, Natalia Konczal**

*Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7,
85-796 Bydgoszcz
mateusz.rojewski@pbs.eud.pl

Streszczenie

Drukowanie 3D w technologii FDM (ang. *Fused Deposition Modeling*) jest najpopularniejszą techniką wytwarzania przyrostowego stosowaną w przemyśle. Na przestrzeni ostatnich lat opisywana technologia rozwija się w bardzo szybkim tempie z uwagi na wiele zalet, którymi się charakteryzuje. Niektóre z nich to stosunkowo niski koszt wytwarzania modelu oraz możliwość stosowania tych samych tworzyw termoplastycznych, które znajdują zastosowanie w formowaniu wtryskowym. Z drugiej strony, jedną z głównych wad opisywanej metody jest uzyskanie gorszych właściwości mechanicznych wytworów w porównaniu z wypraskami wtryskowymi. W celu zapewnienia odpowiedniej wytrzymałości detali wskazane jest zastosowanie jednej z technik ich wzmocnienia. Najpopularniejsze z nich to odpowiedni dobór materiału, kierunek i sposób układania warstw, gęstość wypełnienia oraz projektowanie dodatkowych wzmocnień lokalnych na powierzchni wydruków.

Celem badań była ocena wpływu zmiany geometrii modeli drukowanych poprzez lokalne wzmocnienie na powierzchni struktury zewnętrznej na ich właściwości mechaniczne oraz dokładność wymiarową. Badaniom poddano wydruki w kształcie teownika, które charakteryzowały się zmienną wysokością wzmocnienia wynoszącą odpowiednio 1, 3 i 5 mm. Próbkę cechowały się jednakową długością i takim samym polem przekroju z uwagi na modyfikację grubości podstawy. Sposób ułożenia ścieżki wydruku był taki sam dla wszystkich modeli. W ramach programu badawczego dokonano oceny wpływu geometrii i struktury na właściwości mechaniczne wyznaczone w statycznej próbie zginania. Dodatkowo, zweryfikowano masę wydrukowanych próbek, analizowano strukturę wytworów pod kątem dokładności ich wypełnienia oraz oceniono zgodność geometrii wydruku z modelem CAD.

Stwierdzono, iż najwyższą wytrzymałością na zginanie charakteryzuje się próbka o wysokości żeberka 5 mm. Jednakże wykazano, że pomimo tego, iż układana objętość modeli była taka sama, to masa poszczególnych rodzajów próbek różniła się między sobą nawet o ponad 10%.

INFLUENCE OF REINFORCING ELEMENTS ON THE STRUCTURE, PROPERTIES AND DIMENSIONAL ACCURACY OF 3D PRINTING MODELS

**Artur Kościuszko, Dawid Marciniak,
Mateusz Rojewski*, Natalia Konczal**

*Bydgoszcz University of Science and Technology,
Department of Manufacturing Techniques, Al. prof. S. Kaliskiego 7,
85-796 Bydgoszcz Poland*

**mateusz.rojewski@pbs.edu.pl*

Abstract

3D printing in FDM (Fused Deposition Modeling) technology is the industry's most popular additive manufacturing technique. In recent years, the described technology has been developing at a very fast pace due to the many advantages it has. Some of these are the relatively low cost of producing models and the ability to use the same thermoplastics that are used in injection molding. On the other hand, one of the main disadvantages of the described method is obtaining inferior mechanical properties of products compared to the injection molding process. In order to ensure the appropriate strength of the samples, it is advisable to use one of the techniques to strengthen them. The most popular of them are the appropriate selection of material, the direction and method of layering, the density of filling and the design of additional local reinforcements on the surface of 3d prints.

The aim of the research was to assess the effect of changing the geometry of printed models by local reinforcement on their external surface structure on mechanical properties and dimensional accuracy. T-shaped samples were tested, which were characterized by a variable reinforcement height of 1, 3 and 5 mm, respectively. The samples had the same length and the same cross-sectional area due to the modification of the base thickness. The way of layering the print path was the same for all models. During the tests, the influence of geometry and structure on the mechanical properties determined in the static bending test was assessed. In addition, the weight of the printed samples was verified, the structure of the products was analyzed in terms of the accuracy of their filling, and the compatibility of the samples geometry with the CAD model was assessed.

It was indicated that the highest bending strength was found in a sample with a reinforcement height of 5 mm. However, it was shown that despite the fact that the assumed volume of the models was the same, the weight of individual types of samples differed even by more than 10%.

WPLYW SYMULANTU REGOLITU KSIĘŻYCOWEGO NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FUNKCJONALNE MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH STOSOWANYCH W TECHNOLOGII FFF

**Damian Pietrusiak¹, Piotr Czyżewski^{2*}, Dawid Marciniak²,
Mateusz Józefowicz³, Marek Macko⁴, Jakub Ciążela⁵**

¹ Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny,
Katedra Konstrukcji i Badań Maszyn, ul. Łukasiewicza 7/9,
50-371 Wrocław, Polska

² Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Katedra Technik Wytwarzania,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska

³ Europejska Fundacja Kosmiczna,
ul. Grodzka 42/1, 31-044 Kraków, Polska

⁴ Uniwersytet Kazimierza Wielkiego Wydział Mechatroniczny,
ul. J.K. Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz, Polska

⁵ Polska Akademia Nauk, Instytut Nauk Geologicznych,
ul. Podwale 75, 50-449 Wrocław, Polska

*p.czyzewski@pbs.edu.pl

Streszczenie

Eksploatacja przestrzeni kosmicznej ze względu na ograniczenia transportowe wiąże się z poszukiwaniem rozwiązań zastosowania materiałów i surowców zastanych na miejscu. Pozwala to na ograniczenie masy wysyłanej w przestrzeń kosmiczną oraz daje możliwość weryfikacji aplikacyjności.

Celem badań była próba wykorzystania symulanta regolitu księżycowego jako napelniacza w surowcu wykorzystywanym w technologii drukowania 3D. Charakterystyka jakościowa i ilościowa symulanta ma bezpośredni wpływ na możliwości przetwarzania z postaci sypkiej do postaci filamentu, który pozwoli na wytworzenie obiektów rzeczywistych. Wytworzone próbki zostały wykorzystane do analizy struktury oraz podstawowych właściwości mechanicznych.



Rys. 1. Etapy wytwarzania filamentu napelnionego regolitem: a) suszenie regolitu, b) wytwarzanie granulatu, c) wytłaczanie gotowego filamentu

THE INFLUENCE OF LUNAR REGOLITH SIMULANT SELECTED FUNCTIONAL PROPERTIES OF POLYMERIC MATERIALS USED IN FFF TECHNOLOGY

**Damian Pietrusiak¹, Piotr Czyżewski^{2*}, Dawid Marciniak²,
Mateusz Józefowicz³, Marek Macko⁴, Jakub Ciążela⁵**

¹ *Wroclaw University of Science and Technology,
Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Design and Research,
ul. Łukasiewicza 7/9, 50-371 Wrocław, Poland*

² *Bydgoszcz University of Science and Technology,
Faculty of Mechanical Engineering, Department of Manufacturing Techniques,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland*

³ *European Space Foundation,
ul. Grodzka 42/1, 31-044 Kraków, Poland*

⁴ *Kazimierz Wielki University, Faculty of Mechatronics,
ul. J.K. Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz, Poland*

⁵ *Polish Academy of Sciences, Institute of Geological Sciences,
ul. Podwale 75, 50-449 Wrocław, Poland*

**p.czyzewski@pbs.edu.pl*

Abstract

Space exploration, due to transportation limitations, seeks solutions to the use of materials and raw materials found in situ. This allows reducing the mass sent into space and provides an opportunity to verify applicability.

The purpose of this research was to try to use a lunar regolith simulant as a filler in a raw material used in 3D printing technology. The qualitative and quantitative characteristics of the simulant have a direct impact on the possibility of processing from bulk to filament form to produce real objects. The fabricated samples were used to analyze the structure and basic mechanical properties.



Fig. 1. Steps in the manufacture of regolith-filled filament: a) drying of regolith, b) manufacture of pellets, c) extrusion of finished filament

OPTIMALIZACJA METOD I PROCESÓW DLA ROZWOJU PARAMETRÓW DMLM PRZY WYKORZYSTANIU CYFROWYCH NARZĘDZI WSPOMAGAJĄCYCH W EWALUACJI METALOGRAFICZNYCH STRUKTUR W STOPACH – NA PODSTAWIE PROJEKTU RPMA.01.02.00-14-B479/18 Z REGIONALNY PROGRAM OPERACYJNY WOJEWÓDZTWA MAZOWIECKIEGO

**Damian Rączkowski^{1*}, Tomasz Pokoniewski¹, Michał Bujak²,
Łukasz Ocypa², Dorota Szcześniak², Sebastian Szurlej², Paweł Żuk²**

¹ Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa,
Al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa, Polska

² General Electric Company Polska sp. z o.o.,
Al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa, Polska

*damian.raczkowski@ge.com

Streszczenie

Metody przyrostowe są coraz częściej wykorzystywane w produkcji związanej z przemysłem lotniczym. Wśród różnych technologii jedną z najpopularniejszych jest DMLM (ang. *Direct Metal Laser Melting*), pozwala ona na produkcję złożonych części z minimalną stratą materiału bazowego. Każdy stop wymaga opracowania nowych zestawów parametrów zdefiniowanych dla określonego typu geometrii. Oprócz opracowania podstawowych parametrów, takich jak prędkość lasera, moc lasera, wielkość plamki lasera, odstęp między ścieżkami, konieczne jest również zbadanie interakcji między nimi. Rozwój parametrów jest wieloetapowym procesem iteracyjnym, który można podzielić na następujące kroki: przygotowanie projektu wydruku, proces drukowania, obróbka końcowa oraz ewaluacja próbek. Etapy te często składają się z powtarzalnych i nierzadko subiektywnych zadań, które mają duży potencjał do automatyzacji. W artykule skoncentrowano się na tworzeniu narzędzi cyfrowych, które asystują użytkownikom w ostatnim kroku – ocenie próbki, głównie w przypadku zadań ilościowej analizy obrazu, takich jak wstępne przetwarzanie obrazu lub badanie porowatości (poziom ogólny, maksymalny rozmiar anomalii, ocena defektów podpowierzchniowych). W porównaniu z ręczną charakteryzacją metalograficzną, która jest często czasochłonna i zależy od subiektywnej oceny inżyniera, narzędzia cyfrowe mogą znacznie skrócić czas analizy, dostarczyć pełniejsze dane i ustandaryzować wyniki. Zaobserwowano, że wykorzystanie narzędzi cyfrowych na każdym etapie opracowywania parametrów skróciło czas o około 80% w porównaniu z poprzednim procesem.

OPTIMIZATION METHODS AND PROCEDURES FOR DMLM PARAMETERS DEVELOPMENT PROCESS WITH DIGITAL TOOLS ASSISTED EVALUATION OF THE ALLOY METALLOGRAPHY STRUCTURE – BASED ON THE PROJECT RPMA.01.02.00-14-B479/18 FROM REGIONALNY PROGRAM OPERACYJNY WOJEWÓDZTWA MAZOWIECKIEGO

**Damian Rączkowski^{1*}, Tomasz Pokoniewski¹, Michał Bujak²,
Łukasz Ocyra², Dorota Szcześniak², Sebastian Szurlej², Paweł Żuk²**

¹ *Lukasiewicz Research Network – Institute of Aviation,
Krakowska 110/114, 02-256 Warsaw, Poland*

² *General Electric Company Polska sp. z o.o.,
Krakowska 110/114, 02-256 Warsaw, Poland*

**damian.raczkowski@ge.com*

Abstract

Additive manufacturing is a production technique increasingly used in the aerospace industry. Between different methods one of the most popular is Direct Metal Laser Melting (DMLM), which provides opportunity to produce complex parts with minor waste of parent alloy. Every alloy requires developing a new parameter set defined for a specific type of geometry. Besides developing basic parameters such as laser speed, laser power, laser spot size, trace spacing it is also necessary to investigate interactions between them. Development of the parameters is a multistage iterative process, which can be divided into following steps: build preparation, printing process, build post processing, and sample evaluation. Those steps often consist of excessive, repetitive, and occasionally subjective tasks that can benefit from automation. This paper focuses on creating digital tools to assist users in the last step – sample evaluation, mainly for quantitative image analysis tasks such as image pre-processing, or porosity testing (overall level, maximum anomaly size, subsurface defects assessment). Compared to manual metallographic characterization, which is often time-consuming and depends on the subjective judgment of the engineer, digital tools can significantly reduce the analysis time, provide more complete data and standardize the results. It was observed that the usage of the digital tools through every step of the parameters development reduced time by around 80% compared to the previous process.

WPLYW PARAMETRÓW OBRÓBKI ELEKTROEROZYJNEJ NA PARAMETRY STRUKTURY GEOMETRYCZNEJ POWIERZCHNI ELEMENTÓW WYKONANYCH ZE STALIWA L35GSM

**Dominik Dudek¹, Sławomir Spadło^{1*},
Kinga Pawłowska¹, Krzysztof Łakomicz²**

¹ Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn,
Al. Tysiąclecia P.P. 7, 25-314 Kielce, Polska

² Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa. Polska

*sspadlo@tu.kielce.pl

Streszczenie

Artykuł dotyczy oceny wpływu parametrów obróbki elektroerozyjnej na chropowatość powierzchni elementów wykonanych ze staliwa. W procesie obróbki elektroerozyjnej usuwanie mikroobjętości materiału następuje w wyniku periodycznych wyładowań iskrowych. Wyładowania zachodzą między elektrodą roboczą a przedmiotem obrabianym. Proces obróbki przebieg w ośrodku roboczym o właściwościach dielektrycznych. Materiałem użytym do badań było staliwo L35GSM, trudno obrabialne konwencjonalnymi technikami obróbki. Staliwo L35GSM charakteryzuje się wysoką odpornością na ścieranie. Do określenia składu chemicznego badanego materiału wykorzystano emisyjny spektrometr iskrowy Q4 Tasman. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem obrabiarki BP 93L wyposażonej w generator elektroniczny. Jako dielektryka użyto nafty kosmetycznej. Badania przeprowadzono, przyjmując jako parametry zmienne amplitudę prądu (I_w) w zakresie od 15 A do 35 oraz czas impulsu w zakresie od 100 μ s do 300 μ s oraz czas przerwy w przedziale od 20 μ s do 100 μ s. Badania przeprowadzono według planu eksperymentalnego trójczynnikaowego, trójpoziomowego. Obróbkę statystyczną wyników badań przeprowadzono według standardowych procedur z wykorzystaniem program Statistica 10. Dokonano analizy wpływu parametrów obróbki elektroerozyjnej na chropowatości powierzchni 2D oraz topografię 3D.

INFLUENCE OF THE EDM PROCESS PARAMETERS ON THE SURFACE ROUGHNESS OF THE ELEMENTS MADE OF CAST STEEL L35GSM

**Dominik Dudek¹, Sławomir Spadło^{1*},
Kinga Pawłowska¹, Krzysztof Łakomicz²**

¹ *Kielce University of Technology, Faculty of Mechatronics and Mechanical Engineering,
Al. Tysiąclecia P.P. 7, 25-314 Kielce, Poland*

² *Warsaw University of Technology, Mechanical and Industrial Engineering,
ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa, Poland*

**sspadlo@tu.kielce.pl*

Abstract

This paper deals with the Influence of the EDM process parameters on the surface roughness of the elements made of cast steel. In the EDM (Electrical Discharge Machining) process, the removal of microvolumes of material occurs as a result of periodic spark discharges. Spark discharges take place between the working electrode and the workpiece. The entire process takes place in a working medium with dielectric properties. The material used for the experiment was cast steel L35GSM, which is a difficult-to-cut material. L35GSM cast steel is characterized by high abrasion resistance. To determine the chemical composition of the tested cast steel, the Q4 Tasman – emission spark spectrometer was used. The research was carried out using a BP 93L machine equipped with an electronic generator. As a dielectric, cosmetic kerosene was used. The tests were carried out assuming as variable parameters the amplitude of current (I_w) in the range from 15 A to 35 and the pulse time in the range from 100 μ s to 300 μ s, and the break time of the pause time in the range from 20 μ s to 100 μ s. The research was carried out according to an experimental three-factor, three-level plan. Statistical processing of test results was carried out according to standard procedures using the Statistica 10 program. An analysis of the influence of EDM parameters on 2D surface roughness and 3D topography was carried out

BADANIA PORÓWNAWCZE OBRÓBK STRUMIENIOWO-ŚCIERNEJ STALIWA G20Mn5 DLA RÓŻNYCH MEDIÓW ROBOCZYCH

**Dominik Dudek¹, Sławomir Spadło^{1*},
Piotr Przybysz², Krzysztof Łakomicz³**

¹ Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn,
Al. Tysiąclecia P.P. 7, 25-314 Kielce, Polska

² Absolwent Politechniki Świętokrzyskiej

³ Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa, Polska

*sspadlo@tu.kielce.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań obróbki strumieniowo-ścierniej staliwa G20Mn5 z wykorzystaniem różnych mediów roboczych (piasku kwarcowego, korundu oraz elektrokorundu). Obróbka strumieniowo-ścierna stosowana jest między innymi jako obróbka wstępna powierzchni po procesie odlewania, odkuwania w celu poprawy estetyki przedmiotu, a także przed nanoszeniem powłok lakierniczych, galwanicznych itp. W procesie obróbki w celu usunięcia nadmiaru obróbkowego wykorzystywana jest energia kinetyczna ziaren ściernych uderzających o powierzchnię przedmiotu obrabianego. Czynnikiem nadającym energię kinetyczną ziarnom ściernym jest zwykle sprężone powietrze. Proces realizowany jest w urządzeniach typu komorowego, kabinowego, niekiedy w przypadku prowadzenia procesu na mokro – w otwartej przestrzeni. Efekty technologiczne obróbki zależą od parametrów realizacji procesu. Jednym z istotnych czynników determinujących warunki obróbki są właściwości ziaren ściernych stosowanych do obróbki (rodzaj materiału ściernego, granulacja). Badania przeprowadzono na próbkach wykonanych ze staliwa trudno ścieralnego G20Mn5. Skład chemiczny badanego materiału określono za pomocą spektrometru Q4 Tasmán. Badania porównawcze obróbki, dla różnych rodzajów ścierniw, przeprowadzono w takich samych warunkach (ciśnienie robocze, odległość tryskacza). Pomiary chropowatości wykonano za pomocą profilometru optycznego Talysurf CCI Lite. Analizie poddano wyniki badań parametrów chropowatości 2D i 3D uzyskane po obróbce strumieniowo-ścierniej.

COMPARATIVE INVESTIGATIONS OF THE ABRASIVE BLASTING OF CAST STEEL G20Mn5 USING DIFFERENT BLAST MEDIA

**Dominik Dudek¹, Sławomir Spadlo^{1*},
Piotr Przybysz², Krzysztof Łakomicz³**

¹ *Kielce University of Technology, Faculty of Mechatronics and Mechanical Engineering,
Al. Tysiąclecia P.P. 7, 25-314 Kielce, Poland*

² *Graduate Kielce University of Technology*

³ *Warsaw University of Technology, Mechanical and Industrial Engineering,
ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa, Poland*

**spadlo@tu.kielce.pl*

Abstract

The article presents the results of research on abrasive blasting of G20Mn5 cast steel using various working media (quartz sand, corundum and Brown Fused Alumina). Abrasive blasting is used, among others, as a pre-treatment of the surface after the casting process, forging to improve the aesthetics of the object, as well as before applying varnish and galvanic coatings, etc. In the machining process, in order to remove the machining allowance, the kinetic energy of abrasive grains hitting the surface of the workpiece is used. The factor that gives kinetic energy to abrasive grains is usually compressed air. The process is carried out in chamber and cabin type devices, sometimes in the case of wet process, in open space. The technological effects of machining depend on the parameters of the process. One of the important factors determining the processing conditions are the properties of abrasive grains used for the machining (type of abrasive, granulation). The research was carried out on samples made of G20Mn5 wear-resistant cast steel. The chemical composition of the tested material was determined using the Q4 Tasman spectrometer. Comparative treatment tests, for different types of abrasives, were carried out under the same conditions (working pressure, sprinkler distance). Roughness measurements were made with the Talysurf CCI Lite optical profilometer. The results of 2D and 3D roughness parameters obtained after abrasive blasting were analyzed.

WYBRANE ZAGADNIENIA ZASTOSOWANIA ELEKTROLITÓW NA BAZIE OZONU W OBRÓBCE ELEKTROCHEMICZNEJ

Dominik Wyszynski

*Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny,
Al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków, Polska
dominik.wyszynski@pk.edu.pl*

Streszczenie

Obróbka elektrochemiczna (ECM) to metoda produkcji wykorzystująca zasady elektrolizy do kształtowania, cięcia lub usuwania materiału przedmiotu obrabianego. Polega ona na zastosowaniu elektrolitu, który jest roztworem przewodzącym, ułatwiającym przepływ prądu elektrycznego pomiędzy przedmiotem obrabianym a elektrodą. Rola tanich i przyjaznych dla środowiska elektrolitów w tej metodzie ma kluczowe znaczenie dla sprostania wyzwaniom związanym z opłacalnością, zrównoważonym rozwojem i wydajnością procesów produkcyjnych. Tanie i łatwo dostępne elektrolity mogą obniżyć koszty procesu wytwarzania, czyniąc go bardziej opłacalnym w różnych zastosowaniach. Mogą również poprawić konkurencyjność metody ECM w porównaniu z innymi metodami obróbki. Wraz z rosnącymi obawami o wpływ procesów produkcji na środowisko zastosowanie przyjaznych dla środowiska elektrolitów w ECM stało się priorytetem. Elektrolity, które są nietoksyczne, ulegają biodegradacji i nie zawierają materiałów niebezpiecznych, mogą pomóc zmniejszać wpływ procesu ECM na środowisko. Mogą przyczynić się do ograniczenia wytwarzania szkodliwych odpadów, zmniejszyć ryzyko związane z użytkowaniem i ich utylizacją oraz przyczynić się do bardziej zrównoważonego podejścia do produkcji. Właściwości elektrolitu mogą wpływać na wydajność procesu ECM, w tym szybkość usuwania materiału i wykończenie powierzchni. Tanie i przyjazne dla środowiska elektrolity o odpowiednich właściwościach elektrochemicznych, jak m.in. wysoka przewodność, mogą zwiększyć efektywność procesu ECM. Mogą umożliwić wyższą wydajność procesu, zmniejszyć podatność na korozję elementów obrabiarki i wpłynąć na polepszenie jakości powierzchni, a w efekcie na lepszą jakość produktu. Podsumowując, tanie i przyjazne dla środowiska elektrolity odgrywają kluczową rolę w rozwiązywaniu problemów metody ECM związanych z opłacalnością, zrównoważonym rozwojem i wydajnością procesów. Może się to przyczynić poprzez zrównoważony wpływ na środowisko – do dalszego rozwoju metody ECM i szerszego zastosowania tego procesu obróbki elektrochemicznej.

SELECTED ASPECTS OF APPLICATION OF OZONE BASED ELECTROLYTE IN ELECTROCHEMICAL MACHINING

Dominik Wyszynski

*Cracow University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering,
Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków, Poland
dominik.wyszynski@pk.edu.pl*

Summary

Electrochemical machining (ECM) is a manufacturing process that utilizes the principles of electrolysis to shape, cut, or remove material from a workpiece. It involves the use of an electrolyte, which is a conductive solution that facilitates the transfer of electric current between the workpiece and the electrode. The role of cheap and environmentally friendly electrolytes in ECM is crucial for addressing challenges related to cost-effectiveness, sustainability, and process efficiency. Electrolytes can significantly impact the overall cost of ECM. Cheap electrolytes, which are affordable and readily available, can reduce the cost of the ECM process, making it more economically viable for various applications. Cost-effective electrolytes can help lower the production costs and improve the competitiveness of ECM in comparison to other machining methods. With growing concerns about environmental sustainability, the use of environmentally friendly electrolytes in ECM has become a priority. Electrolytes that are non-toxic, biodegradable, and do not contain hazardous materials can help reduce the environmental impact of the ECM process. They can minimize the generation of harmful waste, lower the risks associated with handling and disposal, and contribute to a more sustainable manufacturing approach. The performance of the ECM process, including the material removal rate (MRR) and surface finish, can be influenced by the properties of the electrolyte. Cheap and environmentally friendly electrolytes that have appropriate electrochemical properties, such as high conductivity can enhance the efficiency of the ECM process. They can enable higher MRR, lower machine body corrosion, and better surface quality, resulting in improved productivity and product quality. In summary, cheap and environmentally friendly electrolytes play a critical role in addressing challenges in ECM related to cost-effectiveness, sustainability, and process efficiency. They can help make ECM more economically viable, environmentally sustainable, and technically efficient, contributing to the advancement and wider adoption of this electrochemical machining process.

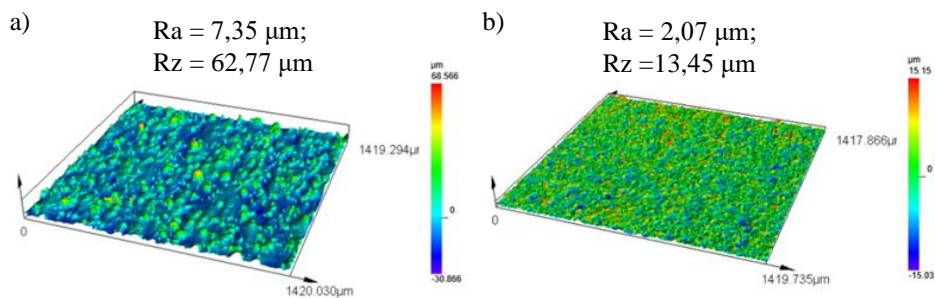
WPLYW ENERGII WYLADOWANIA ELEKTRYCZNEGO NA CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI CZĘŚCI WYKONANYCH W TECHNOLOGII DRUKU 3D

Dorota Oniszcuk-Świercz*, **Rafał Świercz**,
Adrian Kopytowski, **Rafał Nowicki**

*Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Instytut Technik Wytwarzania, Al. Niepodległości 222, 00-661 Warszawa, Polska
dorota.swiercz@pw.edu.pl

Streszczenie

Znaczący rozwój technologii selektywnego topienia laserowego (SLM) pozwala na wytwarzanie części o złożonych kształtach. Ostateczny stan powierzchni części wykonanych w technologii SLM wpływa na wytrzymałość zmęczeniową i właściwości tribologiczne. W pracy zaproponowano wycinanie elektroerozyjne (WEDM) jako technologię obróbki wykończeniowej części stopu tytanu wytworzonych za pomocą technologii SLM. Badania doświadczalne wykonano na wycinarce Charmilles Robofil 440. Badano wpływ energii wyładowania WEDM na parametry chropowatości powierzchni, tj. średnią arytmetyczną odchylenia (R_a), maksymalną głębokość doliny profilu (R_v), maksymalną wysokość szczytu profilu (R_p) oraz wysokość chropowatości (R_z). Analiza parametrów chropowatości wskazuje na znaczące zmniejszenie wysokości nierówności i zwiększenie jednorodności powierzchni po obróbce WEDM. Dla najniższej energii wyładowania osiągnięto 4-krotne zmniejszenie chropowatości R_a do $2,07 \mu\text{m}$. Zaobserwowano istotny związek między energią wyładowania a parametrami opisującymi wysokość nierówności. Uzyskane wyniki sugerują, że obróbka WEDM może istotnie poprawić chropowatość powierzchni po procesie SLM.



Rys. 1. Struktura geometryczna powierzchni Ti6Al4V:
a) SLM; b) po obróbce WEDM, $E = 0,22 \text{ mJ}$

INFLUENCE OF DISCHARGE ENERGY ON SURFACE ROUGHNESS OF SLM PART AFTER WIRE ELECTRICAL DISCHARGE FINISHING

**Dorota Oniszczyk-Świercz*, Rafał Świercz,
Adrian Kopytowski, Rafał Nowicki**

*Warsaw University of Technology, Faculty of Mechanical and Industrial Engineering,
Institute of Manufacturing Technology, Niepodległości 222, 00-661 Warsaw, Poland
dorota.swiercz@pw.edu.pl

Abstract

The significant development of selective laser melting (SLM) technology in recent years allows the building of complex shape parts. The final state of the surface integrity of parts made in the SLM technology affects the fatigue strength and tribological properties. In this work, wire electrical discharge machining (WEDM) was proposed as finishing technology. Experimental studies on the finishing process of titanium alloy parts manufactured using SLM technology were conducted using the Charmilles Robofil 440. Experimental investigation of the influence of WEDM discharge energy on the surface roughness parameters arithmetic means deviation (Ra), maximum profile valley depth (Rv), maximum profile peak height (Rp), and roughness height (Rz) were provided. The analysis of roughness parameters indicates a significant reduction in the height of unevenness and an increase in surface uniformity after WEDM treatment. For the lowest discharge energy, a 4-fold decrease in Ra roughness to $2.07 \mu\text{m}$ was achieved. A significant relationship between the energy of the discharge and parameters describing the height of unevenness was observed. However, in the case of peak height, the smallest change in the parameter was noted. The obtained results suggest that electrical discharge cutting can significantly enhance surface roughness following the SLM process.

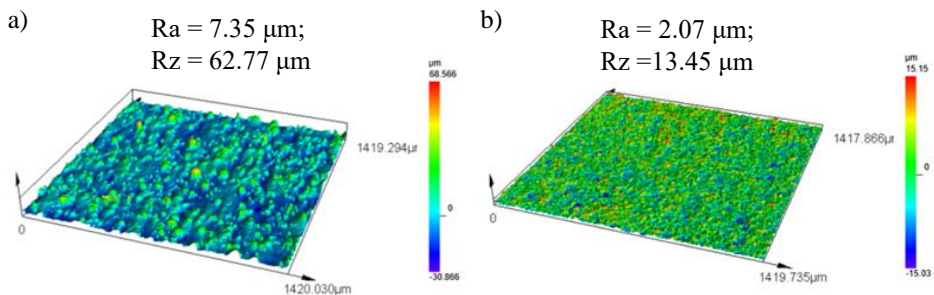


Fig. 1. The surface texture of Ti6Al4V alloy:
a) SLM; b) after WEDM, $E = 0.22 \text{ mJ}$

ZASTOSOWANIE METAHEURYSTYCZNEGO ALGORYTMU OPTIMALIZACJI ALO W OBRÓBCE MARMURU STRUGĄ WODNO-ŚCIERNĄ

Elżbieta Kawecka

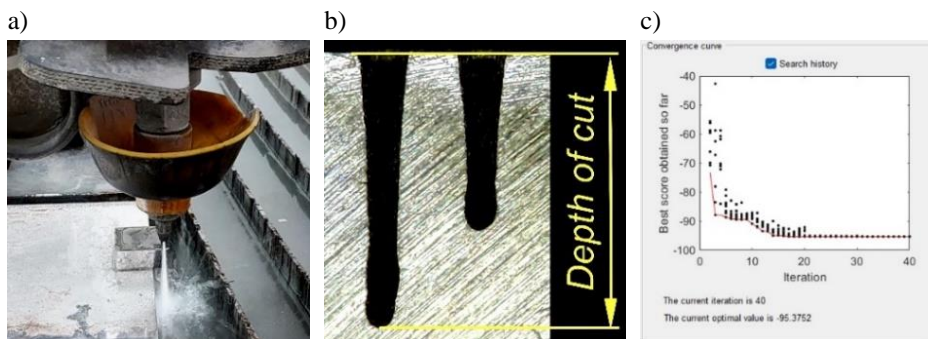
Akademia im. Jakuba z Paradyża, Wydział Techniczny,
ul. Teatralna 25, 66-400 Gorzów Wlkp., Polska
ekawecka@ajp.edu.pl

Streszczenie

Zaawansowane procesy produkcyjne charakteryzuje wiele parametrów kontrolnych, które w istotny sposób wpływają na osiągnięcie oczekiwanych wskaźników wydajnościowych i jakościowych. Dlatego też w celu ustalenia najlepszych parametrów kontrolnych stosuje się metody optymalizacyjne.

W artykule zaprezentowano badania jednego z intensywnie rozwijających się procesów, jakim jest technologia wysokociśnieniowej strugi wodno-ściernej. Jest ona w istocie wykorzystaniem narzędzia tnącego w postaci strugi wody pod wysokim ciśnieniem z ziarnami ściernymi w celu obróbki różnych materiałów.

Do optymalizacji parametrów procesu cięcia strugą wodno-ścierną można użyć algorytmów metaheurystycznych, stworzonych na bazie obserwacji zachowań społecznych zwierząt. W przeprowadzonych badaniach zastosowano metodę optymalizacji *Ant Lion Optimization* (ALO), czyli mrówkolwa, euroazjatyckiego owada podobnego do ważki do przecinania marmuru.



Rys. 1. Cięcie strugą wodno-ścierną: a) widok procesu, b) głębokość cięcia, c) krzywa zbieżności procesu optymalizacji

Efektem optymalizacji jest określenie następujących parametrów kontrolnych: ciśnienie 400 MPa, posuw 2 mm/s i koncentracja ścierniwa 20%, przy których osiągnięto największą głębokość cięcia, równą 95,38 mm. Wynik ten odbiega od rzeczywistej wartości głębokości cięcia jedynie o 0,65%, co potwierdza zasadność zastosowania takiej metody optymalizacji.

THE USING OF METAHEURISTIC OPTIMIZATION ALGORITHM IN ABRASIVE WATER JET MACHINING OF WHITE MARBLE

Elżbieta Kawecka

*The Jacob of Paradies University, Faculty of Technology,
Teatralna 25, 66-400 Gorzów Wlkp., Poland
ekawecka@ajp.edu.pl*

Abstract

Advanced production processes are characterized by many control parameters that significantly affect the achievement of the expected performance and quality indicators. Therefore, optimization methods can be used to determine appropriate control parameters. The paper presents the research of one of the developing technologies, which is the high-pressure abrasive water jet (AWJ). It is in fact the use of a jet of abrasive and water under high pressure as the cutting tool for machining various materials.

Among the various methods of determining the best control parameters excellent results can be obtained using metaheuristic optimization methods. These methods mimic the social behavior of different animals. In this study used the Ant Lion Optimization (ALO) method, Eurasian insect similar to the dragonfly to optimize the abrasive water jet cutting of marble.

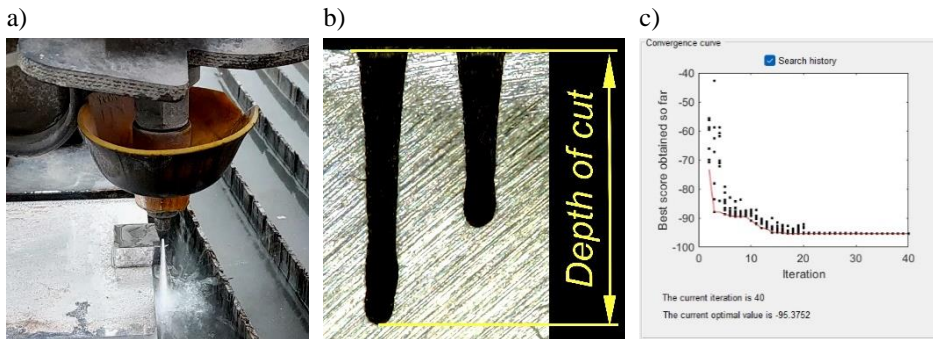


Fig. 1. Abrasive water jet cutting: a) view of the process, b) depth of cut, c) convergence curve of the optimization process

In the effect of optimization research is the achieved following set of control parameters: pressure 400 MPa, feed rate 2 mm/s and abrasive concentration of 20%, at which the cutting depth equal of 95.38 mm was achieved. This result differs from the value of the real cutting depth specified in the tests by 0.65%, which confirms the validity of using such an optimization method.

SELEKTYWNE TOPIENIE LASEROWE (SLM) BIOZGODNYCH MIESZANIN PROSZKÓW ORAZ KOMPOZYTÓW (MMC) OPARTYCH NA CP-Ti

**Grzegorz Skrabalak*, Andrzej Stwora, Yulia Rumiantseva,
Aleksandra Bętkowska, Karolina Chat-Wilk**





*Sieć Badawcza Łukasiewicz – Krakowski Instytut Technologiczny,
ul. Zakopiańska 73, 30-418 Kraków, Polska*

**grzegorz.skrabalak@kit.lukasiewicz.gov.pl*

Streszczenie

Artykuł przedstawia wyniki eksperymentów mających na celu opracowanie materiałów i metody ich formowania do zastosowań medycznych. Selekttywne topienie laserowe (SLM) przy użyciu przygotowanych mieszanek proszkowych (CP-Ti + 3,5% Mo) pozwala na przygotowanie funkcjonalnych części o dobrych właściwościach mechanicznych poprzez aplikację procesu stopowania w trakcie wytwarzania elementu. Zastosowanie dodatku, w postaci proszku Mo, o 10-krotnie mniejszej średnicy niż proszek CP-Ti, w celu przygotowania mieszaniny, umożliwiło budowę biokompatybilnych części o zwiększonej o około 10-15% wytrzymałości na rozciąganie w porównaniu z elementami wykonanymi z CP-Ti. Opisany materiał o wytrzymałości na rozciąganie powyżej 850 MPa, w przypadku mieszaniny Ti-3,5%Mo, może stanowić alternatywę dla powszechnie stosowanego stopu Ti6Al4V. Mechaniczne mieszanie proszków i stopowanie w trakcie procesu SLM może stanowić alternatywną metodę przygotowywania materiałów dla potrzeb wytwarzania przyrostowego wykorzystującego wiązkę laserową.

Tabela 1. Wyniki testów wytrzymałości na rozciąganie materiałów wytwarzanych za pomocą technologii selektywnego topienia laserowego (SLM)

Materiał	kierunek budowania	Elementy bezpośrednio po SLM		SLM + odpężanie (2 godz. w temp. 650°C)	
		R _m [MPa]	A _t [%]	R _m [MPa]	A _t [%]
CP-Ti		736,2	6,1	712,4	7,7
		612,2	12,4	595,9	6,4
Ti + 3,5% Mo		860,1	3,3	814,4	7,6
		780,5	2,6	743,2	8,4

SELECTIVE LASER MELTING OF CP-Ti BASED BIO-COMPATIBLE POWDER MIXTURES AND METAL MATRIX COMPOSITES

Grzegorz Skrabalak*, Andrzej Stwora, Yulia Rumiantseva,
Aleksandra Bętkowska, Karolina Chat-Wilk





*Lukasiewicz Research Network – Krakow Institute of Technology,
ul. Zakopiańska 73, 30-418 Kraków, POLAND*

**grzegorz.skrabalak@kit.lukasiewicz.gov.pl*

Abstract

The paper presents results of experiments aiming at development of materials and method of shaping them for the needs of medical applications. Selective Laser Melting (SLM) of prepared powder mixtures (CP-Ti + 3.5% of Mo) makes it possible to prepare functional parts with good mechanical properties via in-situ alloying process. Application of 10 times smaller Mo powder to the mixture with CP-Ti allowed to build biocompatible parts with increased tensile strength by appr. 10-15% comparing to the CP-Ti (Table 1). Achieved materials with tensile strength of Ti-3.5%Mo mixture above 850 MPa, may be alternative to the commonly used Ti6Al4V alloys. Mechanical mixing of powders and SLM in-situ alloying proved to be alternative for preparation (atomization) of alloy powders for the needs of laser based additive manufacturing processes.

Table 1. Results of tensile strength tests of SLM^{ed} materials

Material	Sample orientation	As built		Heat treated (2 hours at 650°C)	
		R _m [MPa]	A _t [%]	R _m [MPa]	A _t [%]
<i>CP-Ti</i>		736.2	6.1	712.4	7.7
		612.2	12.4	595.9	6.4
<i>Ti + 3.5% Mo</i>		860.1	3.3	814.4	7.6
		780.5	2.6	743.2	8.4

OPTYMALNA TEMPERATURA STRUMIENIA ZASILAJĄCEGO REAKTOR ZE STAŁYM ZŁOŻEM IMMOBILIZOWANEGO ENZYMU: PRZYPADEK HYDROLIZY SACHAROZY PRZEZ INWERTAZĘ

Ireneusz Grubecki^{1*}, Anna Zalewska²

*Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich,
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, ul. Seminaryjna 3,
85-326 Bydgoszcz, Polska*

¹ *Zakład Inżynierii Chemicznej i Bioprosesowej*

² *Zakład Technologii Polimerów i Powłok Ochronnych*

**ireneusz.grubecki@pbs.edu.pl*

Streszczenie

Reaktory ze złożem stałym są siłą napędową w przemyśle biochemicznym z powodu ich efektywności, niskich kosztów, prostej konstrukcji. Te bioreaktory są szeroko stosowane, ponieważ pracują w obecności immobilizowanych enzymów zapewniających łatwą separację produktu, zwiększoną stabilność chemiczną, termiczną i operacyjną enzymów, ochronę przed szkodliwym działaniem środowiska oraz lepszą kontrolę procesu. Jednak podczas pracy z unieruchomionymi enzymami, niezależnie od zastosowanej metody immo-bilizacji, należy spodziewać się występowania zewnętrznych i wewnętrznych oporów dyfuzyjnych. Tak więc projektowanie i optymalizacja takich reaktorów nie jest łatwym zadaniem i często wiąże się z nieodłącznym kompromisem między różnymi i sprzecznymi wskaźnikami. W każdym reaktorze ze złożem stacjonarnym, zwłaszcza w bioreaktorze do hydrolizy sacharozy ze stałym złożem inwertazy, można wskazać pewną wartość temperatury strumienia zasilającego, dla której średnia konwersja substratu osiąga maksimum lub jest najwyższa. Ta strategia temperaturowa – przy stałym natężeniu przepływu i ograniczeniach temperaturowych – zapewnia kompromis pomiędzy szybkością reakcji oraz szybkością dezaktywacji biokatalizatora.

W obliczeniach rozważono bioreaktor ze złożem immobilizowanego enzymu, opisany równaniami bilansu masy i energii, jak również równaniem szybkości dezaktywacji enzymu.

Optymalną temperaturę zasilania maksymalizującą w czasie przeciętną konwersję sacharozy oszacowano stosując MATLAB Optimization Toolbox. W procedurze optymalizacji wykorzystano MATLAB PDE Toolbox, by rozwiązać układ nieliniowych, różniczkowych równań cząstkowych.

Symulacja wykazała, że optymalna wartość temperatury zasilania jest silnie uwarunkowana stężeniem sacharozy w strumieniu zasilającym, natężeniem przepływu, wiekiem biokatalizatora, a także zjawiskiem oporów transportu masy wyrażonych globalnym współczynnikiem efektywności biokatalizatora.

OPTIMAL FEED TEMPERATURE FOR AN IMMOBILIZED ENZYME FIXED-BED REACTOR: A CASE STUDY ON HYDROLYSIS OF SUCROSE BY INVERTASE

Ireneusz Grubecki^{1*}, Anna Zalewska²

*Bydgoszcz University of Science and Technology,
Faculty of Chemical Technology and Engineering, 3 Seminaryjna Street,
85-326 Bydgoszcz, Poland*

¹ *Department of Chemical and Biochemical Engineering*

² *Department of Polymer Technology and Protective Coating*

**ireneusz.grubecki@pbs.edu.pl*

Abstract

Fixed-bed reactors are important workhorses in biochemical industry because of their efficiency, low cost, and type of construction, operation, and maintenance. These (bio)reactors are widely employed since they work with immobilized enzymes ensuring an easy product separation, increased thermal, chemical and operational stability of enzymes, protection against harmful environmental (mechanical or chemical) stress, and a better process control. However, when working with immobilized enzymes internal and/or external diffusional resistances are likely to occur regardless the method of immobilization used. Thus, design and optimization of such reactors are not an easy task and often involve an inherent trade-off between different and conflicting objective.

This work shows that in any fixed-bed reactor, especially in a bioreactor for sucrose hydrolysis with fixed-bed of immobilized invertase, a certain value of the feed temperature can be indicated for which the time-average substrate conversion attains the maximum or is the highest. This temperature strategy – under a constant feed flow rate and temperature constraints – provides a compromise between the rate of reaction and that of (bio)catalyst deactivation.

In calculations, convection-diffusion-reaction immobilized enzyme fixed-bed bioreactor described by a coupled mass and energy balances as well as kinetic equation for rate of enzyme deactivation was taken into consideration.

The optimal feed temperature maximizing the time-averaged hydrogen peroxide conversion was obtained using constrained non-linear minimization with MATLAB Optimization Toolbox. In optimization procedure, the MATLAB Partial Differential Equation Toolbox was employed.

Simulation has shown, that the optimal feed temperature is strongly dependent on sucrose feed concentration, feed flow rate, biocatalyst age, and mass-transfer limitations expressed by biocatalyst effectiveness factor.

WPLYW OBRÓBKI WYKOŃCZENIOWEJ MIKROELEMENTÓW PO DRUKU 3D NA TEKSTURĘ POWIERZCHNI

Joanna Radziejewska^{1*}, Michał Marczak²,
Piotr Maj³, Anna Głowacka⁴

Politechnika Warszawska

^{1,2} *Wydział Mechaniczny Technologiczny, ul. Narbutta 85,
02-524 Warszawa, Polska*

³ *Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141,
02-507 Warszawa, Polska*

⁴ *Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych, ul. Narbutta 84,
02-507 Warszawa, Polska*

**joanna.radziejewska@pw.edu.pl*

Streszczenie

Analizowano wpływ obróbek wykończeniowych: cieplnej oraz ściernej na stan warstwy wierzchniej mikroelementów po druku metodą Laser Powder Bed Fusion –LPBF. Przeprowadzono badania obróbki wykończeniowej wibracyjnej w wygładzarkach pojemnikowych mikroelementów o grubości 0,8 mm bezpośrednio po druku oraz obróbce cieplnej: przesycaaniu i starzeniu w atmosferze powietrza i argonu. Badania chropowatości powierzchni wykazały, że po druku chropowatość wynosi około $Sa = 5,5 \mu\text{m}$. Duże nierówności chropowatości spowodowane są obecnością silnie związanych cząstek proszku z podłożem. Obróbka cieplna nieznacznie obniża wysokości chropowatości (Sa , Sz) w wyniku tworzenia się ciągłej warstwy tlenkowej o grubości od kilku do kilkunastu mikrometrów, co powoduje zmniejszenie wielkość wgłębień. Redukcja chropowatości jest większa w przypadku elementów poddanych obróbce cieplej w powietrzu $Sa = 4,6 \mu\text{m}$ niż w argonie $Sa = 5,2 \mu\text{m}$. Obróbka ścierna w wygładzarce pojemnikowej wibracyjnej z zastosowaniem różnych elementów ściernych: kulek metalowych, kulek ceramicznych oraz ceramiki spowodowała wygładzenie powierzchni; jednocześnie nie stwierdzono zmian wymiarowych elementów. Najkorzystniejsze efekty uzyskano po czterech godzinach procesu przy zastosowaniu kulek ceramicznych i metalowych. Zmniejszenie chropowatości wynikało głównie z usunięcia z powierzchni cząstek proszku. Największą redukcję wysokości chropowatości uzyskano dla elementów po obróbce cieplej w powietrzu i obróbce ściernej z zastosowaniem kulek ceramicznych $Sa = 2,8 \mu\text{m}$. Stwierdzono, że proces usuwania materiału był najintensywniejszy w pierwszych dwóch godzinach obróbki niezależnie od rodzaju użytego ścierniwa i stanu wyjściowego materiału elementów. Przedłużanie procesu z czterech do ośmiu godzin nie spowodowało istotnych zmian chropowatości powierzchni. Badania mikrostruktury materiału wykazały, że warstwa wierzchnia wolna jest od wad typu pęknięcia czy pory. Zaobserwowano mikropęknięcia cieplne w środku próbek

zarówno bezpośrednio po druku, jak po i obróbce cieplnej w powietrzu i argonie. Obróbka ścierna nie wprowadziła zmian mikrostruktury materiału. Badania wytrzymałości na rozciąganie wykazały, że obróbka cieplna w znaczący sposób podnosi wytrzymałość na rozciąganie przy jednoczesnym spadku plastyczności w stosunku do próbek bezpośrednio po druku. Wytrzymałość na rozciąganie dla próbek bezpośrednio po druku wynosiła $R_m = 1155$ MPa, natomiast po obróbce cieplnej $R_m = 1536$ MPa. Uzyskane wartości są zgodne z wynikami producenta. Nie stwierdzono istotnego wpływu obróbki wykończeniowej ścierniej na wytrzymałość materiału.

INFLUENCE OF POST-PROCESSING ON SURFACE TEXTURE OF ADDITIVE MANUFACTURING MICRO-ELEMENTS

Joanna Radziejewska^{1*}, Michał Marczak²,
Piotr Maj³, Anna Głowacka⁴

Warsaw University of Technology

^{1,2} *Institute of Manufacturing Technology, 85 Narbutta Str,
02-524 Warsaw, Poland*

³ *Faculty of Materials Science and Engineering, Wołoska 141 Str,
02-507, Warsaw, Poland,*

⁴ *Faculty of Automotive and Construction Machinery Engineering, 84 Narbutta Str,
02-524 Warsaw Poland*

**joanna.radziejewska@pw.edu.pl*

Abstract

The study was aimed to analyze the impact of post-processing, specifically thermal and abrasive treatments, on the surface integrity of microelements made of Inconel 939 using the Laser Powder Bed Fusion (LPBF) method. The tests involved vibratory finishing treatment in container smoothing machines for microelements with a thickness of 0.8 mm after printing and subsequent heat treatment, including solution treatment and aging in both air and argon atmospheres. Surface roughness tests revealed that the roughness after printing was approximately $S_a = 5.5 \mu\text{m}$. The presence of strongly bonded powder particles with the substrate led to significant irregularities in the roughness. However, heat treatment slightly reduced the roughness height (S_a , S_z) by forming a continuous oxide layer with a thickness ranging from several to several micrometers, thereby reducing the size of the roughness valleys. The reduction in roughness was more pronounced in elements subjected to heat treatment in air ($S_a = 4.6 \mu\text{m}$) compared to those treated in an argon atmosphere ($S_a = 5.2 \mu\text{m}$). Abrasive treatment using various abrasive elements, such as metal balls, ceramic balls, and ceramics, resulted in surface smoothing without causing any dimensional changes to the elements. The best results were obtained after a four-hour finishing process using ceramic and metal balls. The reduction in roughness primarily stemmed from the removal of powder particles from the surface. The most significant reduction in roughness height was achieved when elements underwent heat treatment in air and subsequent abrasive treatment using ceramic balls ($S_a = 2.8 \mu\text{m}$). The material removal process was found to be most intensive during the initial two hours of machining, regardless of the type of abrasive used or the initial state of the component material. Extending the process from four to eight hours did not yield significant changes in surface roughness. Microstructure examination revealed that the surface layer was free from defects such as cracks or pores. Thermal microcracks were observed in the middle of the samples after both LPBF printing

and subsequent heat treatment in air and argon. However, the abrasive treatment did not affect the microstructure of the material. Tensile strength tests demonstrated that heat treatment significantly increased tensile strength while reducing plasticity compared to samples immediately after printing. The tensile strength of the samples after printing was measured as $R_m = 1155 \text{ MPa}$, whereas after heat treatment in an argon atmosphere, it reached $R_m = 1536 \text{ MP}$.

BADANIE PROCESU WYTWARZANIA PRZYROSTOWEGO WYTWORÓW NAPEŁNIONYCH PROSZKIEM GUMOWYM

Kinga Majewska-Laks*, Dawid Marciniak, Dariusz Sykutera

*Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Katedra Techniki Wytwarzania,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska
kinga.majewska-laks@pbs.edu.pl

Streszczenie

Obecne badania naukowe z obszaru zastosowań proszku gumowego skupiają się na wykorzystaniu go w materiałach budowlanych oraz w tworzywach sztucznych. Najczęściej wybieraną osnową ze względu na dostępność i właściwości są polimery z grupy poliolefin. Do tej grupy należy polipropylen. Jest to tworzywo semikrystaliczne, charakteryzujące się stosunkowo dużą wartością skurczu przetwórczego. Ze względów ekonomicznych, środowiskowych oraz aby zniwelować skurcz przetwórczy, do polipropylenu dodaje się różnego rodzaju napełniacze. A w ostatnich latach w badaniach naukowych zastosowanie znajdują surowce odpadowe z różnych gałęzi przemysłu, m.in. trociny, krzemionka i coraz częściej sproszkowana guma.

Technologie addytywne umożliwiają wykorzystanie proszku gumowego do druku wieloma metodami, najpopularniejszą z nich jest metoda Fused Filament Fabrication. Dodatek proszku gumowego jako napełniacza w materiałach do druku 3D znajduje także zastosowanie w branży budowlanej, w której nowością jest druk 3D betonu. Pozwala on na swobodę projektowania i oszczędność surowców, a odpowiednia optymalizacja procesu umożliwia redukcję odpadów nawet o 60% w porównaniu z tradycyjną metodą produkcji. Dodatek GTR poprawia właściwości termoizolacyjne, lecz pogarsza wytrzymałość mechaniczną. Mimo to materiał ten znajduje zastosowanie w budownictwie przy lekkich konstrukcjach betonowych.

Badane cechy wytrzymałościowe we wszystkich przeprowadzonych badaniach obniżyły się po dodaniu 20% proszku gumowego, czego można było spodziewać się po analizie literaturowej. Moduł Younga obniżył się o ok. 306 MPa, co stanowi 27%. Wytrzymałość na rozciąganie po dodaniu GTR spadła o ok. 20% w stosunku do litych próbek. Wartość modułu zginania dla próbek PP/20GTR jest o 316,5 MPa mniejsza od wartości dla próbek PP. Badanie udurowienia wykazało spadek tego parametru o niecałe 15% po dodaniu proszku gumowego.

INVESTIGATION OF ELEMENTS FILLED WITH RUBBER POWDER IN ADDITIVE MANUFACTURING PROCESS

Kinga Majewska-Laks*, Dawid Marciniak, Dariusz Sykutera

*Bydgoszcz University of Science and Technology,
Faculty of Mechanical Engineering, Department of Manufacturing Techniques,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland
kinga.majewska-laks@pbs.edu.pl

Abstract

Current scientific research in the area of rubber powder applications focuses on its use in construction materials and polymer plastics. The most commonly chosen matrix due to its availability and properties are polymers from the polyolefin group. Polypropylene belongs to this group. It is a semicrystalline plastic, characterized by a relatively high value of processing shrinkage. For economic and environmental reasons, and to compensate for processing shrinkage, various types of fillers are added to polypropylene. And in recent years, waste raw materials from various industries, including sawdust, silica and, increasingly, powdered rubber, have been used in research.

Additive technologies allow the use of rubber powder for printing by a number of methods, the most popular being Fused Filament Fabrication. The addition of rubber powder as a filler in 3D printing materials is also used in the construction industry, where 3D printing of concrete is a novelty. It allows freedom of design and saves on raw materials, and proper optimization of the process can reduce waste by up to 60% compared to the traditional production method. The addition of GTR improves thermal insulation properties, but degrades mechanical strength. Nevertheless, the material is used in construction for lightweight concrete structures.

The strength characteristics tested, for all the tests conducted, decreased after the addition of 20% rubber powder, as would be expected from the literature analysis. Young's modulus decreased by about 306 MPa, or 27%. Tensile strength decreased by about 20% after the addition of GTR compared to solid specimens. The bending modulus value for PP/20GTR samples is 316.5 MPa lower than that of PP samples. Impact test, showed a decrease of less than 15% in this parameter after the addition of rubber powder.

BADANIA WŁAŚCIWOŚCI SKRAWNYCH ŚCIERNIC SUPERTWARDYCH

Marcin Gołąbczak^{1*}, Andrzej Gołąbczak², Michał Styp-Rekowski³

¹ Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny,
ul. Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź, Polska

² Państwowa Akademia Nauk Stosowanych we Włocławku,
Wydział Nauk Inżynieryjno-Technicznych, ul. 3 Maja 17,
90-924 Włocławek, Polska

³ Bydgoska Szkoła Wyższa,
ul. Unii Lubelskiej 4C, 85-059 Bydgoszcz, Polska

*marcin.golabczak@p.lodz.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań oceny zużycia promieniowego i zdolności skrawania ściernic supertwardych wykonanych z materiałów ściernych z syntetycznego diamentu (SD) po długotrwałych badaniach szlifowania konwencjonalnego próbek ze stopu tytanu oraz po obróbce elektroerozyjnej ściernic za pomocą elektrody stacjonarnej. Zdolność skrawania ściernic supertwardych oceniono metodą mikroskopową na podstawie liczby ziaren ściernych powierzchni skrawającej ściernicy (CPS) oraz metody szlifowania wzorca zewnętrznego (próbki ze stopu tytanu z termoparą), która posłużyła do określenia temperatury szlifowania – Θ_t i względnej wydajności szlifowania – Q_v . Przeprowadzone badania potwierdziły, że w długotrwałych testach szlifowania supertwarde ściernice diamentowe w wyniku zużycia tracą swoje właściwości skrawające. Wykazano, że wraz z postępującym zużyciem ściernicy następuje znaczne zmniejszenie liczby ziaren ściernych na CPS, wzrost temperatury szlifowania oraz spadek względnej wydajności szlifowania. Skuteczną metodą regeneracji utraconych właściwości skrawnych supertwardych ściernic diamentowych jest zastosowanie obciążania elektroerozyjnego z elektrodą stacjonarną.

Andrzej Gołąbczak jest profesorem Państwowej Akademii Nauk Stosowanych we Włocławku. Jego zainteresowania badawcze obejmują technologię maszyn, w szczególności obróbki erozyjne oraz inżynierię produkcji.

Marcin Gołąbczak jest profesorem uczelni i kierownikiem Zakładu Technologii Politechniki Łódzkiej, członkiem organizacji CIRP. Jego zainteresowania badawcze obejmują technologię maszyn oraz inżynierię powierzchni.

Michał Styp-Rekowski jest profesorem Bydgoskiej Szkoły Wyższej i redaktorem czasopisma naukowego „Obróbka Metalu”. Jego zainteresowania badawcze obejmują zagadnienia technologiczne dotyczące obróbki elementów wielkogabarytowych.

INVESTIGATIONS OF CUTTING ABILITY ASSESSMENT OF SUPERHARD GRINDING WHEELS

Marcin Gołabczak^{1*}, Andrzej Gołabczak², Michał Styp-Rekowski³

¹ *Lodz University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering,
Stefanowskiego 1/15 Str., 90-924 Łódź, Poland*

² *State Academy of Applied Sciences in Włocławek,
Faculty of Engineering and Technical Sciences, 3 Maja 17 Str.,
90-924 Włocławek, Poland*

³ *University of Bydgoszcz,
Unii Lubelskiej 4C Str., 85-059 Bydgoszcz, Poland*

**marcin.golabczak@p.lodz.pl*

Abstract

In the paper the results of research on the evaluation of radial wear and the cutting ability of superhard grinding wheels made of synthetic diamond (SD) abrasives after long-term conventional grinding tests of titanium alloy samples and after electrodischarge dressing of grinding wheels using a stationary electrode were presented. The cutting ability of the superhard grinding wheels was assessed using the microscopic method on the basis of the number of abrasive grains of the cutting surface of grinding wheel (CSGW) and the method of grinding of the external tester (titanium alloy sample with thermocouple), which was used to determine the grinding temperature – Θ , and the relative volumetric grinding efficiency – Q_v . The conducted research confirmed that in long-term grinding tests superhard diamond grinding wheels lose their cutting properties as a result of their wear. Investigations have shown that with the progressive wear of the grinding wheel, there is a significant reduction of the number of abrasive grits on the CSGW, an increase of the grinding temperature and a decrease of the relative grinding efficiency. An effective method of regenerating the lost cutting abilities of diamond superhard grinding wheels is the use of electrodischarge dressing with a stationary electrode.

Marcin Gołabczak is a professor and head of the Department of Production Engineering at the Lodz University of Technology and a member of the CIRP organization. His research interests include machine technology and surface engineering.

Andrzej Gołabczak is a full professor at the State Academy of Applied Sciences in Włocławek. His research interests include machine technology, in particular erosion machining and production engineering.

Michał Styp-Rekowski is a full professor at the University of Bydgoszcz and editor of “Metalworking” scientific journal. His research interests include technological issues regarding the processing of large-size elements.

BADANIE PROCESU MIKROTOCZENIA ELEKTROCHEMICZNEGO

**Marcin Grabowski^{1*}, Sebastian Skoczypiec¹,
Adam Ruszaj², Karolina Furyk-Grabowska³**

¹ *Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny,
ul. Jana Pawła II 37, 31-864, Kraków, Polska*

² *Akademia Nauk Stosowanych, Wydział Nauk Inżynierskich,
ul. Zamenhofska 1a, 33-300 Nowy Sącz, Polska*

³ *Uniwersytet Rolniczy, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki,
ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków, Polska*

**marcin.grabowski@pk.edu.pl*

Streszczenie

W obróbce ECM mechanizm usuwania nadmiaru obróbkowego oparty jest na prawach Faradaya. W procesie mikrotoczenia elektrochemicznego przedmiot obrabiany zamocowany jest we wrzecionie podpiętym do dodatniego bieguna źródła napięcia (anody), natomiast narzędzie podłączone jest do ujemnego bieguna źródła napięcia. Szczelina międzyelektrodowa wypełniona jest elektrolitem, a prąd płynący między elektrodami powstaje w wyniku reakcji elektrochemicznych. Jedną z tych reakcji jest utlenianie materiału anodowego (roztwarzanie anodowe). Główne zalety procesu mikroobróbki ECM to możliwość kształtowania materiałów niezależnie od ich twardości, brak zużycia narzędzia roboczego oraz brak kontaktu mechanicznego pomiędzy przedmiotem obrabianym a elektrodą (znikome oddziaływania mechaniczne wynikające jedynie z ciśnienia elektrolitu). Badania mikroobróbki elektrochemicznej przeprowadzono w celu określenia podstawowych zależności pomiędzy parametrami procesu (tj. napięciem międzyelektrodowym, posuwem narzędzia, prędkością przedmiotu obrabianego) a parametrami technologicznymi, takimi jak wydajność, grubość usuwanego nadmiaru, chropowatość powierzchni. Badania przeprowadzono zgodnie z teorią eksperymentu poprzez zastosowanie planu badawczego o charakterze rotacyjno-uniformalnym. Czynnikiem wejściowym były: napięcie międzyelektrodowe, posuw, prędkość przedmiotu obrabianego ω_{po} . Czynnikiem wyjściowym były: grubość usuwanego nadmiaru a , wydajność obróbki V_w , chropowatość R_a i R_z . Z badań wynika, że proces mikrotoczenia elektrochemicznego znacząco zmniejsza chropowatość powierzchni (średnia wartość uzyskana podczas badania $R_a = 0,082 \mu m$). Proces mikrotoczenia elektrochemicznego może być rozważany jako racjonalna alternatywa dla mikrotoczenia mechanicznego, szczególnie w operacjach wytwarzania smukłych części, które są trudne do wykonania w konwencjonalnej obróbce ze względu na interakcję przedmiot–narzędzie (siły obróbki). Obróbka ECM pozwala na uzyskanie wysokiej jakości warstwy wierzchniej, a przy odpowiednim doborze parametrów daje możliwość wyeliminowania operacji wykańczających.

STUDY ON ELECTROCHEMICAL MICRO-TURNING PROCESS

**Marcin Grabowski^{1*}, Sebastian Skoczypiec¹,
Adam Ruszaj², Karolina Furyk-Grabowska³**

¹ *Cracow University of Technology, Faculty of Production Engineering,
Jana Pawła II 37, 31-864, Kraków, Poland*

² *University of Applied Sciences in Nowy Sącz, Faculty of Engineering Sciences,
Zamenhofa 1a, 33-300 Nowy Sącz, Poland*

³ *University of Agriculture in Krakow, Faculty of Production and Power Engineering,
Balicka 116B, 30-149 Krakow, Poland*

**marcin.grabowski@pk.edu.pl*

Abstract

In electrochemical machining, the mechanism of removing material is based on Faraday's laws. In electrochemical micro-turning the workpiece rotates in spindle head and is connected to the positive end of the voltage source (anode) while the tool is connected to the negative end of the power supplier. The inter-electrode gap is filled with electrolyte and current flowing between the electrodes is due to electrochemical reactions. One of these reactions is oxidation of the anode material (anodic dissolution). The main advantages of the ECM micro-turning process are the ability to shape materials regardless of their hardness, the lack of wear on the working tool, and no mechanical contact between the workpiece and electrode tool (negligible mechanical interactions resulting only from electrolyte pressure). The study of electrochemical micro-turning was carried out to determine the basic relationships between process parameters (i.e. inter-electrode voltage, tool feed rate, workpiece speed) and technological parameters such as efficiency, thickness of the removed allowance, surface roughness. The study was carried out according to the theory of experiment by application of a rotal-uniform research plan. The input factors were: interelectrode voltage, feed rate f , workpiece speed ω_{po} . The output factors were: thickness of the removed allowance a , machining efficiency V_w , roughness R_a and R_z . The test shows, that with electrochemical turning surface roughness can be significantly decreased (average value of the surface roughness obtained during test $R_a = 0.082 \mu\text{m}$). The electrochemical micro-turning process can be considered as a rational alternative to mechanical micro-turning, especially in operations for manufacturing slender/high aspect ratio parts, which are difficult to manufacture in conventional machining due workpiece-tool interaction (forces causing bending). Electrochemical machining makes it possible to obtain a high-quality surface layer and with the right choice of parameters, offers the possibility of eliminating finishing operations.

ZASTOSOWANIE TECHNIKI BADAWCZEJ RECATEST DO OCENY JAKOŚCI STRUKTURALNEJ I MECHANICZNEJ WARSTW AZOTOWANYCH WYTWORZONYCH NA STALACH 20, 40 HM, Z WYKORZYSTANIEM STANOWISKA BADAWCZEGO RECALO2

Marek Betiuk^{1*}, Piotr Domanowski², Sławomir Bujnowski², Aleksandra Mirońska¹, Weronika Goluch¹, Dariusz Grygiel¹

¹ Sieć Badawcza Łukasiewicz – Warszawski Instytut Technologiczny, ul. Racjonalizacji 6/8, 02- 673 Warszawa, Polska

² Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Katedra Technik Wytwarzania, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska

*marek.betiuk@wit.lukasiewocz.gov.edu

Streszczenie

W pracy przedstawiono cykl badań materiałowych stali konstrukcyjnych 20, 40 HM poddanych procesowi regulowanego azotowania gazowego. Stale te w obrębie swojego gatunku istotnie różnicuje grubość warstwy azotków i głębokość strefy azotowania wewnętrznego. W opisie strukturalnym warstw azotowanych zastosowano analizę metalograficzną, w tym na mikrozglądzie sferycznym (PN EN-1071-2:2004), uzupełnioną pomiarami twardości profilowej z wyznaczeniem ich grubości $HV0,5$ $g = r + 50$, $g = 400$ HV0.5. Jakość mechaniczną systemu WW oceniano na podstawie badań techniką testu rysy wgłębnikiem Rockwella przy narastającym obciążeniu do 200 N (ASTM C1624, ISO 20502 i ISO EN 1071). Zastosowanie autorskiej techniki Recatest stanowiącej połączenie dwóch testów materiałowych rysy i zglądu sferycznego pozwoliło precyzyjnie opisać zachowanie mechaniczne struktur warstwy azotowanej z podaniem ilościowych parametrów odkształczanych struktur w obrębie rysy, np. zmiana głębokości rysy związana z obciążeniem, grubość materiału warstwy azotków wgniatanych pod dnem rysy i inne. Dane te różnicuje wielkość siły nacisku przesuwanego penetratora Rockwella, gatunek materiału azotowanego i struktura warstwy azotowanej, a zwłaszcza grubość azotków żelaza. W pracy przedstawiono istotne cechy konstrukcyjne stanowiska badawczego Recalo2 w zestawieniu do innych rozwiązań spotykanych na rynku światowym.

APPLICATION THE RECASTEST TESTING TECHNIQUE TO EVALUATE STRUCTURAL AND MECHANICAL QUALITY OF NITRIDED LAYERS PRODUCED ON 20, 40 HM, STEELS USING THE RECALO2 TEST

**Marek Betiuk^{1*}, Piotr Domanowski², Sławomir Bujnowski²,
Aleksandra Mirońska¹, Weronika Goluch¹, Dariusz Grygiel¹**

¹ *Lukasiewicz Research Network – Warsaw Institute of Technology,
ul. Racjonalizacji 6/8, 02- 673 Warszawa, Poland*

² *Bydgoszcz University of Sciences and Technology,
Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Engineering,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland*

**marek.betiuk@wit.lukasiewicz.gov.edu*

Abstract

The paper presents a series of material tests for structural steels 20, 40 HM subjected to the process of controlled gas nitriding. Within their grade, these steels are significantly differentiated by the thickness of the nitride layer and the depth of the internal nitriding zone. In the structural description of the nitrided layers, a metallographic analysis was used, including a spherical microsection (PN EN-1071-2:2004) supplemented with measurements of profile hardness with determination of their thickness $HV0.5\ g = r + 50$, $g = 400\ HV0.5$. The mechanical quality of the WW system was assessed on the basis of tests using the Rockwell indenter test technique with an increasing load of up to 200 N (ASTM C1624, ISO 20502 and ISO EN 1071). The use of the proprietary Recatest technique, which is a combination of two material tests of a scratch and a spherical micro-section, allowed to precisely describe the mechanical behavior of the structures of the nitrided layer with quantitative parameters of the deformed structures within the scratch, e.g. change in the depth of the scratch related to the load, thickness of the material of the nitride layer dented under the bottom of the scratch, and others. These data are differentiated by the size of the pressure force of the moving Rockwell penetrator, the grade of the nitrided material and the structure of the nitrided layer, and especially the thickness of the iron nitrides. The paper presents the essential design features of the Recalo2 test stand in comparison to other solutions found on the global market.

OCENA JAKOŚCI STRUKTURALNEJ I MECHANICZNEJ WARSTW AZOTOWANYCH NA STALACH KONSTRUKCYJNYCH Z WYKORZYSTANIEM PRECYZYJNEGO ZGŁADU SFERYCZNEGO W OBSZARZE ŚLADU ODCISKU HRC

Marek Betiuk^{1*}, Piotr Domanowski², Sławomir Bujnowski²,
Aleksandra Mirońska¹, Weronika Goluch¹

¹ Sieć Badawcza Łukasiewicz – Warszawski Instytut Technologiczny,
ul. Racjonalizacji 6/8, 02- 673 Warszawa, Polska

² Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Katedra Technik Wytwarzania,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska

*marek.betiuk@wit.lukasiewocz.gov.edu

Streszczenie

W pracy przedstawiono cykl badań materiałowych oceny jakości strukturalnej i mechanicznej warstw azotowanych otrzymanych na czterech gatunkach stali konstrukcyjnych 20, 45, 38 HMJ, 40 HM. Ocenę jakości strukturalnej warstw dokonano w zestawieniach porównawczych obrazów metalograficznych ządów poprzecznych i zgładów sferycznych. Ocenie podlegała grubość warstwy azotków żelaza i strefy azotowania wewnętrznego. W opisie strukturalnym wykorzystano analizy metalograficzne i pomiary twardości profilowej przy kryterium HV 0,5 $g = r + 50$, $g = 400$ HV0.5. Jakość mechaniczną systemu WW oceniano na podstawie analizy obrazów SEM charakteru pęknięć lub ich braku wokół powstałych w obrębie śladu odcisku HRC. W pracy zaproponowano udoskonalenie tej metody przez wprowadzenie obrazowania pęknięć na powierzchni zgładu sferycznego lokowanego przestrzeni odcisku HRC. Preryjny zgład sferyczny otrzymywano z wykorzystaniem nowoczesnego autorskiego stanowiska badawczego Recalo2. W pracy przedstawiono charakterystyki techniczne stanowiska Recalo2 i wskazano dalsze kierunki jego doskonalenia technicznego.

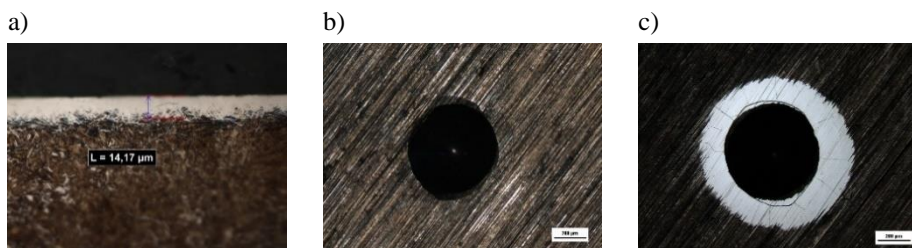


Fig. 1. Warstwa na azotowana na stali 38HMJ: a – struktura warstwy, b – odcisk HRC, c – metalograficzny mikrozgład sferyczny

EVALUATION OF THE STRUCTURAL AND MECHANICAL QUALITY OF NITRIDED LAYERS ON STRUCTURAL STEELS WITH THE USE OF PRECISE METALLOGRAPHIC SPHERICAL MICROSECTION IN THE AREA OF THE HRC INDENTATION TRACE

Marek Betiuk^{1*}, Piotr Domanowski², Sławomir Bujnowski², Aleksandra Mirońska¹, Weronika Goluch¹

¹ *Lukasiewicz Research Network – Warsaw Institute of Technology, ul. Racjonalizacji 6/8, 02- 673 Warszawa, Poland*

² *Bydgoszcz University of Sciences and Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Engineering, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland*

**marek.betiuk@wit.lukasiewocz.gov.edu*

Abstract

The paper presents a series of material tests for the assessment of structural and mechanical quality of nitrided layers obtained on four grades of structural steels: 20, 45, 38 HMJ, 40 HM. The assessment of the structural quality of the layers was made in the comparisons of metallographic images of cross-sections and spherical sections. The thickness of the iron nitride layer and the internal nitriding zone were assessed. In the structural description, metallographic analyzes and measurements of profile hardness were used with the criterion HV 0.5 $g = r + 50$, $g = 400$ HV0.5. The mechanical quality of the WW system was assessed on the basis of the analysis of SEM images of the nature of cracks or their absence around the ones formed within the HRC indentation. The paper proposes an improvement of this method by introducing the imaging of cracks on the surface of a spherical microsection located in the HRC indentation space. The prairie spherical microsection was obtained using a modern proprietary Recalo2 research station. The paper presents the technical characteristics of the Recalo2 stand and indicates further directions for its technical improvement

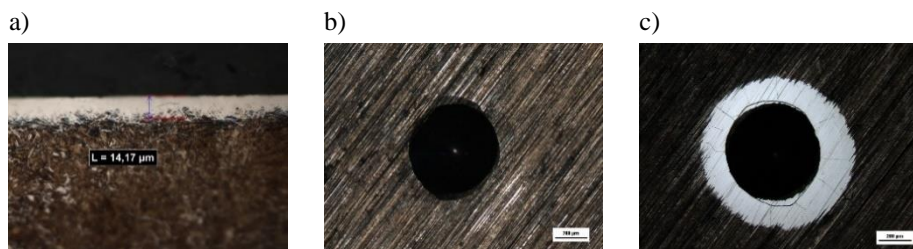


Fig. 1. Nitrided layer on 38HMJ steel: a – layer structure b – HRC imprint, c – metallographic spherical microsection of HRC

WPLYW OBRÓBKİ ELEKTROEROZYJNEJ GNIAZDA FORMUJĄCEGO NA STAN POWIERZCHNI NAPEŁNIONYCH WYPRASEK POLIMEROWYCH

**Marek Bieliński, Piotr Czyżewski,
Bartosz Nowinka, Joanna Chrapkowska***

*Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Katedra Technik Wytwarzania,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska*

**joanna.chrapkowska@pbs.edu.pl*

Streszczenie

W celu uzyskania pożądanej chropowatości powierzchni wypraski wtryskowej kształtuje się powierzchnię gniazda formującego poprzez dobór odpowiednich procesów technologicznych oraz parametrów obróbki. Jednakże na chropowatość wyrobu z tworzywa sztucznego istotny wpływ ma również szereg innych czynników, takich jak: parametry procesowe, rodzaj tworzywa polimerowego, materiał wykonania gniazda formującego oraz konstrukcja formy wtryskowej. W dotychczasowych badaniach szeroko opisano wpływ parametrów procesowych czy stanu powierzchni gniazda formującego na chropowatość wyprasek. Badania te dotyczą jednak gniazd formujących o niskich chropowatościach, uzyskanych w wyniku procesów frezowania, szlifowania oraz honowania. Podejrzewa się natomiast, że parametry procesowe wpływają w odmienny sposób na odwzorowanie gniazda formującego przez tworzywo dla powierzchni o niskich chropowatościach niż w przypadku skomplikowanych powierzchni o wysokich chropowatościach, uzyskanych np. w procesie obróbki elektroerozyjnej. Celem przeprowadzonych badań było określenie zależności pomiędzy poziomem napełnienia poliamidu włóknem szklanym, temperaturą formy wtryskowej oraz materiałem wykonania i chropowatością powierzchni gniazda formującego, uzyskanej w procesie elektrodrażenia. Wykazano istotny wpływ chropowatości powierzchni gniazda formującego na zdolność materiału polimerowego do jej odwzorowania w procesie wtryskiwania. Dodatkowo odkryto odmienny wpływ temperatury formy wtryskowej na chropowatość wyprasek w przypadku gniazd formujących o niskich chropowatościach ($Sa < 9 \mu m$) niż w przypadku powierzchni gniazda o wyższej chropowatości ($Sa > 14 \mu m$). Nie stwierdzono jednoznacznej tendencji opisującej wpływ zawartości włókien szklanych na chropowatość powierzchni poliamidowych wyprasek wtryskowych.

INFLUENCE OF ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING OF THE MOLDING CAVITY ON THE SURFACE CONDITION OF FILLED POLYMER MOLDINGS

**Marek Bieliński, Piotr Czyżewski,
Bartosz Nowinka, Joanna Chrapkowska***

*Bydgoszcz University of Science and Technology,
Faculty of Mechanical Engineering, Department of Manufacturing Techniques,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland*

**joanna.chrapkowska@pbs.edu.pl*

Abstract

In order to obtain the desired surface roughness of the injection molding, the surface of the mold cavity is shaped by selecting appropriate technological processes and machining parameters. However, the roughness of a plastic product is also significantly affected by a number of other factors, such as: process parameters, type of polymer material, material of the mold cavity and construction of the injection mold. The influence of process parameters or the surface condition of the molding cavity on the roughness of molded parts was extensively described in scientific literature. However, mainly cavities with low roughness, obtained as a result of milling, grinding and honing processes were concerned. It is suspected, that the reflection of the molding cavity by the material is affected by the process parameters in a different way for surfaces with low roughness than in the case of complex surfaces with high roughness, obtained e.g. in the process of electrical discharge machining. The purpose of the conducted research was to determine the relationship between the material and temperature of the injection mold, the roughness of the surface of the molding cavity, obtained in the EDM process and the level of polyamide filling with glass fiber. As a result of the conducted research, a significant influence of the surface roughness of the mold cavity on the ability of the polymer material to reproduce it in the injection process was discovered. In addition, a different effect of the injection mold temperature on the roughness of molded parts was found in the case of molding cavities with low roughness ($S_a < 9 \mu\text{m}$) than in the case of cavities with higher roughness ($S_a > 14 \mu\text{m}$). No unequivocal tendency was found describing the influence of the content of glass fibers on the surface roughness of polyamide injection mouldings.

ASPEKTY TECHNOLOGII DRUKU 3D DMLS

**Marek Macko^{1*}, Zbigniew Szczepański¹, Andrzej Szczepańczyk¹,
Paweł Cyprys², Adam Zabrowarny^{1,3}**

¹ Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy,
Wydział Mechatroniki, ul. Kopernika 1, 85-074 Bydgoszcz, Polska

² Sieć Badawcza Łukasiewicz,
Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników,
ul. Skłodowskiej-Curie 55, 87-100 Toruń, Polska

³ PARTNER Systems Sp. z o.o.,
ul. Jerzego z Dąbrowy 5d, 77-300 Człuchów, Polska

*mackomar@ukw.edu.pl

Streszczenie

Technologie druku 3D, zwłaszcza technologie proszkowe, rozwijają się niezwykle szybko. Technologia DMLS oferuje ogromne możliwości geometrycznego kształtowania różnorodnych artefaktów o dobrych właściwościach mechanicznych. W artykule zaprezentowano wybrane możliwości wykorzystania tej technologii do produkcji części o złożonych kształtach. Wskazano zalety i wady technologii DMLS w kontekście różnych elementów konstrukcyjnych.

W badaniach wykorzystano drukarkę ORLAS CREATOR, która posiada obszar roboczy na poziomie średnicy 100 mm i osi Z o wysokości 100 mm. Wysokość drukowanej warstwy to zakres 20–100 μm . Do druku 3D wykorzystywany jest laser Yb Fibre Laser o mocy 250 W. Średnica wiązki to min. 40 μm , a prędkość skanowania wynosi od 20 m/s do 6 m/s. Dzięki opracowaniu przyjaznego dla użytkownika interfejsu do obsługi drukarki 3D do metali (reaktywnych i niereaktywnych) ORLAS CREATOR możliwe były ingerencje w parametry druku w celu weryfikacji jakości gotowych wydruków.

Zastosowano tutaj nowoczesne technologie, w tym wyświetlacz o wysokiej rozdzielczości, ekran dotykowy, technologie bezprzewodowe i przetwarzanie w chmurze. Interfejs użytkownika umożliwia monitorowanie wszystkich parametrów procesu, kontrolowanie ich i modyfikowanie – nawet podczas drukowania komponentu. Zaprezentowano wyniki badań wskazujące na parametry wydrukowanych elementów pod względem jakości powierzchni oraz właściwości wytrzymałościowych.



Rys. 1. DMLS printer view
– Orlas Creator

ASPECTS OF 3D PRINTING DMLS TECHNOLOGY

Marek Macko^{1*}, Zbigniew Szczepański¹, Andrzej Szczepańczyk¹,
Paweł Cyprys², Adam Zabrowarny^{1,3}

¹ *Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz,
Faculty of Mechatronics, Kopernika 1, 85-074 Bydgoszcz, Poland*

² *Lukasiewicz Research Network,
Institute for Engineering Polymer Materials and Dyes,
Skłodowskiej-Curie 55, 87-100 Toruń, Poland*

³ *PARTNER Systems Sp. z o.o.,
Jerzego z Dąbrowy 5d, 77-300 Człuchów, Poland*

**mackomar@ukw.edu.pl*

Abstract

3D printing technologies, especially powder technologies, are developing extremely fast. DMLS technology offers a great opportunity to geometrically shape a variety of artifacts with good mechanical properties. The paper presents selected possibilities of using this technology to produce parts with complex shapes. Advantages and disadvantages of DMLS technology in the context of various structural components are indicated.

The ORLAS CREATOR printer was used in the study, which has a working area of $\varnothing 100$ mm in diameter and a Z-axis of 100 mm in height. The height of the printed layer is a range of 20–100 μm . A 250 W Yb Fibre Laser is used for 3D printing. The beam diameter is min. 40 μm , and the scanning speed ranges from 20 m/s to 6 m/s. Thanks to the development of a user-friendly interface to operate the 3D printer for metals (reactive and non-reactive) ORLAS CREATOR, it was possible to interfere with the printing parameters to verify the quality of finished prints. Cutting-edge technologies were used here, including a high-resolution display, touch screen, wireless technologies and cloud computing. The user interface allows all process parameters to be monitored, controlled and modified – even while the component is being printed. Test results indicating the performance of printed components in terms of surface quality and strength properties were presented.



Fig. 1. DMLS printer view
– Orlas Creator

ZASTOSOWANIE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W BADANIACH NAD OBRÓBKĄ MAGNETYCZNO-ŚCIERNĄ

Michał Marczak*, Rafał Nowicki, Maciej Lato

*Politechnika Warszawska,
Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Technik Wytwarzania,
ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa, Polska
michal.marczak@pw.edu.pl

Streszczenie

W artykule omówiono możliwości zastosowania sztucznej inteligencji (AI) w badaniach naukowych dotyczących magnetyczno-ściernej obróbki powierzchniowej. Autorzy podkreślają, że AI może przyspieszyć niektóre etapy badań, co przekłada się na obniżenie kosztów. Przykładem wykorzystania AI jest oprogramowanie OpenAI o nazwie ChatGPT, które pomaga w różnych aspektach tworzenia studium naukowego, począwszy od wyboru tematu, przeglądu literatury, opracowania metodologii badawczej, analizy wyników i wyciągnięcia wniosków.

Przedstawiono rozwój AI od połowy XX wieku, kiedy to naukowcy zaczęli badać ideę maszyn naśladowujących ludzkie myślenie. Współcześnie AI jest szeroko stosowana w wielu dziedzinach, od rozpoznawania obrazów i mowy, po autonomiczne pojazdy i systemy rekomendacyjne dla stron internetowych.

Autorzy omówili sposób skutecznego komunikowania się ze sztuczną inteligencją oraz powstające problemy, a także różne etapy badania naukowego, w których można wykorzystać AI – na przykładzie badań dotyczących magnetyczno-ściernej obróbki powierzchniowej. Te etapy obejmują: teoretyczne podstawy procesu, określenie celu badania, przegląd literatury, wybór metod i technik badawczych, analizę i interpretację uzyskanych wyników oraz dyskusję i wyciągnięcie wniosków.

Scharakteryzowano różne wtyczki dla ChatGPT, które mogą być przydatne w pisaniu prac akademickich, takie jak wtyczka Wolfram, wtyczka Science, Consensus.app, Elicit.org i Scite.ai.

W podsumowaniu stwierdzono, że rozwój sztucznej inteligencji będzie równie fundamentalny jak rozwój mikroprocesora, komputera osobistego, Internetu i telefonu komórkowego. W ciągu najbliższych pięciu do dziesięciu lat oprogramowanie oparte na sztucznej inteligencji prawdopodobnie zrewolucjonizuje sposób, w jaki ludzie studiują.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MAGNETIC-ABRASIVE MACHINING RESEARCH

Michał Marczak*, Rafał Nowicki, Maciej Lato

*Warsaw University of Technology,
Faculty of Mechanical and Industrial Engineering, Institute of Manufacturing Technology,
Narbutta Street 85, 02-524 Warsaw, Poland
michal.marczak@pw.edu.pl

Abstract

The article considers the potential application of artificial intelligence (AI) in research on magnetic-abrasive finishing. The authors point out that AI can speed up certain research steps, which has the effect of reducing costs. An example of the use of AI is OpenAI's Chat GPT software, which helps with various aspects of creating a scientific study, from selecting a topic, reviewing the literature, developing a research methodology, analyzing results and drawing conclusions.

The authors discuss the development of AI since the mid-20th century, when scientists began exploring the idea of machines that mimic human thinking. Today, AI is widely used in many fields, from image and speech recognition to autonomous vehicles and website recommendation systems.

The authors discuss how to effectively communicate with artificial intelligence and the problems that arise. The article also outlines the various stages of scientific research in which AI can be used, using the example of research on magnetic-abrasive finishing. These stages include: the theoretical basis of the process, defining the purpose of the study, reviewing the literature, selecting research methods and techniques, analyzing and interpreting the results obtained, and discussing and drawing conclusions.

The authors also discuss various plug-ins for ChatGPT that can be useful in writing academic papers, such as the Wolfram plug-in, the Science plug-in, Consensus.app, Elicit.org and Scite.ai.

In conclusion, the authors state that the development of artificial intelligence will be as fundamental as the development of the microprocessor, the personal computer, the Internet and the cell phone. In the next five to ten years, software based on artificial intelligence is likely to revolutionize the way people study.

ANALIZA STRUKTURY GEOMETRYCZNEJ POWIERZCHNI PO LASEROWYM CZYSZCZENIU POWŁOK LAKIERNICZYCH

Norbert Radek^{1*}, Artur Kalinowski¹, Jacek Pietraszek²,
Agata Dudek³, Jacek Świdorski¹

¹ Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn,
Al. 1000-lecia P.P. 7, 25-314 Kielce, Polska

² Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Al. Jana Pawła II 37,
31-864 Kraków, Polska

³ Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałowych,
Al. Armii Krajowej 19, 42-200 Częstochowa, Polska

**norrad@tu.kielce.pl*

Streszczenie

Wysokie właściwości użytkowe elementów współczesnych uzyskuje się między innymi poprzez użycie nowych materiałów konstrukcyjnych, a także stosowanie warstw ochronnych, zapewniających możliwie najlepszą odporność na korozję, zużycie ścierne i erozyjne, wysoką wytrzymałość zmęczeniową itd. Wykorzystanie nowych materiałów konstrukcyjnych (głównie stali stopowych) jest drogie, co znacznie podnosi koszt wyrobu, ale jest wskazane, gdy w całym elemencie występują duże obciążenia.

Wytwarzanie warstw ochronnych na częściach maszyn jest uzasadnione ekonomicznie w przypadku zużycia ich fragmentów lub warstwy powierzchniowej oraz wtedy, gdy od warstwy powierzchniowej wymagane są inne cechy niż od rdzenia.

Najczęściej warstwy powierzchniowe wytwarza się na przedmiotach przed rozpoczęciem ich eksploatacji – są to technologiczne warstwy powierzchniowe (TWP). W wielu przypadkach w trakcie eksploatacji tworzą się na przedmiotach eksploatacyjne warstwy powierzchniowe (EWP).

Liczne ośrodki naukowe na całym świecie prowadzą badania nad laserową modyfikacją powierzchni. Kontrolując parametry lasera, takie jak ilość mocy, prędkość skanowania, czas trwania impulsu, możliwe jest tworzenie powłok o różnych właściwościach powierzchni, w tym geometrii powierzchni, mikro-twardości, stanach naprężeń czy odporności na zużycie.

W pracy analizowano wpływ wybranych parametrów obróbki laserowej na usuwanie powłok lakierniczych stosowanych na potrzeby specjalnego użycia uzbrojenia i sprzętu wojskowego. Sterując parametrami obróbki laserowej, tj. gęstością mocy, prędkością posuwu, częstotliwością i czasem trwania impulsu, dobrano najlepsze warunki obróbki, przy których następuje usuwanie powłok maskujących. W celu oczyszczenia powierzchni przeprowadzono laboratoryjne badania usuwania powłoki lakierniczej techniką czyszczenia warstwy wierzchniej przy użyciu lasera pikosekundowego TruMicro 5325c z promieniowaniem UV (343 nm). Wykonano ponadto pomiary twardości oraz badania odporności korozyjnej i przyczepności metodą odrywania wg PN-EN ISO 4624:2004 ww. powłok.

ANALYSIS OF THE SURFACE GEOMETRIC STRUCTURE AFTER LASER CLEANING OF PAINT COATINGS

**Norbert Radek^{1*}, Artur Kalinowski¹, Jacek Pietraszek²,
Agata Dudek³, Jacek Świdorski¹**

¹ *Kielce University of Technology, Faculty of Mechatronics and Mechanical Engineering,
Al. 1000-lecia P.P. 7, 25-314 Kielce, Poland*

² *Cracow University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering,
Al. Jana Pawła II 37, 31-864 Cracow, Poland*

³ *Czestochowa University of Technology,
Faculty of Production Engineering and Materials Technology,
Al. Armii Krajowej 19, 42-200 Czestochowa, Poland*

**norrad@tu.kielce.pl*

Abstract

By applying new engineering materials or protective coatings, it is possible to improve the functional properties of machine parts so that they are resistant to corrosion, abrasion and erosion, and possess high fatigue strength. The new materials, for instance, alloy steels, are usually costly, which is undesirable, because the higher the cost of the material, the higher the price of a finished product. However, if an element is to be subjected to high loads, then strength rather than cost is a primary factor.

Applying protective coatings to machine parts is economically justifiable if the wear is local or if the coating material is expected to display properties different from those of the substrate. Most surface layers are technological surface layers (TSLs) – they are produced before objects are used. Functional surface layers (FSLs), on the other hand, are applied during maintenance.

Numerous research centres all over the world are being involved in the studies of laser surface modification. By controlling laser parameters such as the amount of power, scanning speed, and pulse duration, it is possible to form coatings with different surface properties, including surface geometry, microhardness, stress states or resistance to wear.

The paper analyzes the influence of selected parameters of laser processing on the removal of paint coatings used for the purpose of special use of armaments and military equipment. By controlling the laser processing parameters, i.e. power density, feed rate, pulse frequency and duration, the best processing conditions were selected at which masking coatings were removed. In order to clean the surface, laboratory tests were carried out to remove the paint coating using the surface layer cleaning technique using a picosecond laser TruMicro 5325c with UV radiation (343 nm). As part of the tests, hardness measurements were also performed, as well as corrosion resistance and adhesion tests using the peeling method according to PN-EN ISO 4624:2004 for the above-mentioned coatings.

BADANIA WYTWARZANIA STRUKTUR LEKKICH W TECHNOLOGII FUSED FILAMENT FABRICATION

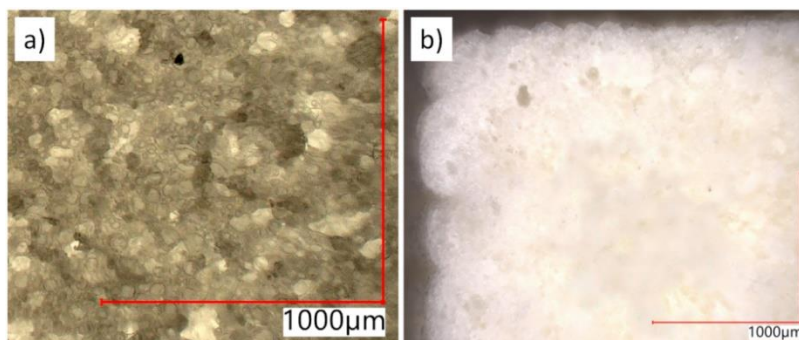
Piotr Czyżewski*, Dawid Marciniak, Marek Bieliński, Yevhen Bevz

*Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Katedra Technik Wytwarzania,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska
p.czyzewski@pbs.edu.pl

Streszczenie

Rozwój technologii drukowania 3D wykorzystujących termoplastyczne tworzywa polimerowe wymusza ciągłe modyfikowanie i udoskonalanie w obszarze inżynierii materiałowej, konstrukcji maszyn oraz procesu technologicznego, jak również prac postprocesowych. Technologia Fused Filament Fabrication (FFF) oraz jej odpowiedniki bazujące na wykorzystywaniu drutu z tworzywa polimerowego – dzięki ich uniwersalności – są obecnie stosowane w szybkim prototypowaniu, wytwarzaniu obiektów funkcjonalnych oraz produktów używanych w przemyśle motoryzacyjnym, lotniczym, medycznym, farmaceutycznym, opakowaniowym oraz ich automatyzacji.

W artykule przedstawiono badania wytwarzania struktur lekkich z wykorzystaniem materiału lightweight polylactic acid (PLA-LW). Powiązanie cech geometrycznych wytwarzanych elementów z parametrami odpowiedzialnymi za budowanie i konstytuowanie wewnętrznej struktury stanowi wyzwanie dla uzyskania funkcjonalnego wytworu użytkowego. Korzystny dobór parametrów wytwarzania pozwolił na znaczne zredukowanie gęstości w odniesieniu do struktury litej. Wytworzona struktura porowata (rys. 1) charakteryzuje się korzystnymi parametrami mechanicznymi. Przedstawiono również możliwości praktycznego zastosowania filamentu porowatego w konstrukcji lekkich obiektów latających typu dron.



Rys. 1. Struktura porowata PLA-LW uzyskana w technologii FFF: a) widok porów na pojedynczej warstwie, b) widok struktury porowatej w przekroju próbki

STUDIES ON THE PRODUCTION OF LIGHTWEIGHT STRUCTURES IN THE FUSED FILAMENT FABRICATION TECHNOLOGY

Piotr Czyżewski*, Dawid Marciniak,
Marek Bieliński, Yevhen Bevz

*Bydgoszcz University of Science and Technology,
Faculty of Mechanical Engineering, Department of Manufacturing Techniques,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland*

**p.czyzewski@pbs.edu.pl*

Abstract

The development of 3D printing technologies using thermoplastic polymers forces continuous modification and improvement in the area of materials engineering, machine construction and technological process as well as post-processing. The universality of the Fused Filament Fabrication (FFF) technology and its counterparts using polymer plastic wire is currently used in rapid prototyping, manufacturing functional objects and products used in the automotive, aviation, medical, pharmaceutical, packaging industries and their automation.

The article presents research on the production of lightweight structures using the lightweight polylactic acid (PLA-LW) material. Combining the geometric features of the manufactured elements with the parameters responsible for building and constituting the internal structure is a challenge to obtain a functional utility product. The favorable selection of production parameters allowed for a significant reduction in density in relation to the solid structure. The produced porous structure (Fig. 1) is characterized by favorable mechanical parameters. Possibilities of practical application of porous filament in the construction of lightweight drone-type flying objects were also presented.

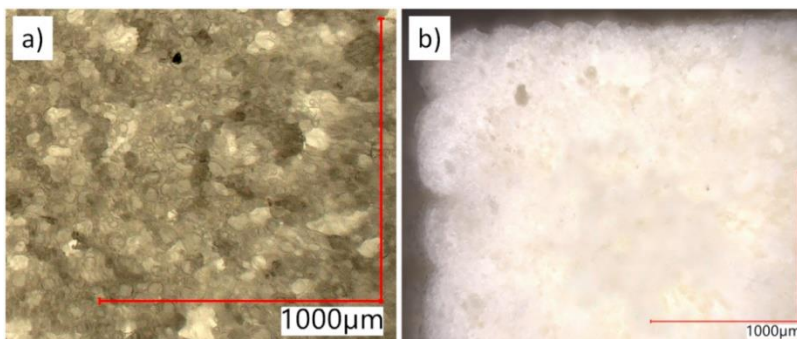


Fig. 1. PLA-LW porous structure obtained in the FFF technology: a) view of pores on a single layer, b) view of the porous structure in the cross-section of the sample

BADANIA WPLYWU PARAMETRÓW OBRÓBKI EDM NA STAN POWIERZCHNI WYPRASEK POLIMEROWYCH

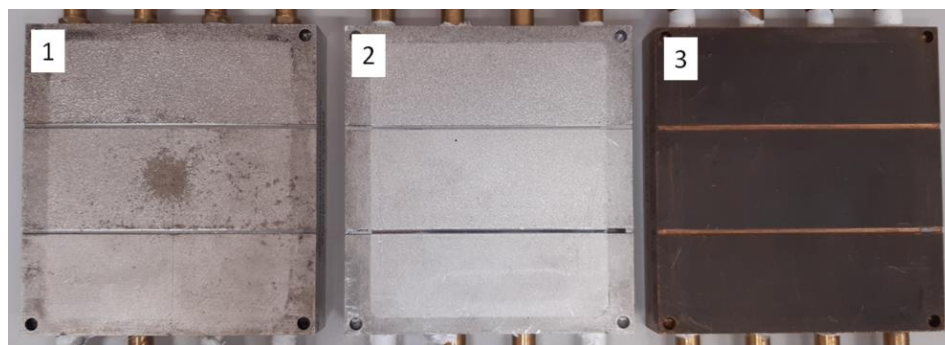
**Piotr Czyżewski*, Mateusz Rojewski,
Dawid Marciniak, Dariusz Sykutera**

*Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Katedra Technik Wytwarzania,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska
p.czyzewski@pbs.edu.pl

Streszczenie

Kształtowanie stanu powierzchni na wypraskach polimerowych wytwarzanych w technologii wtryskiwania odbywa się poprzez przygotowanie powierzchni elementów gniazda formującego w formie wtryskowej. Dobór parametrów procesu wtryskiwania ma również wpływ na stan i jakość wykończenia powierzchni wytworów polimerowych.

W artykule przedstawiono badania związane z oznaczaniem wpływu obróbki EDM (ang. Electrical Discharge Machining) na stan powierzchni elementów gniazda formującego wraz z korelacją z wybranymi parametrami procesu wtryskiwania. W badaniach wykorzystano trzy materiały stosowane w konstrukcji elementów formujących form wtryskowych. Materiały te z uwagi na właściwości fizyko-mechaniczne mają zróżnicowaną zdolność do odprowadzania ciepła z gniazda formującego. Do oceny stanu powierzchni wykorzystano elementy formujące oraz wypraski polimerowe. Próbkę polimerową zostały wytworzone z polipropylenu, który charakteryzuje się szerokim oknem przetwórczym, w tym temperaturą formy. Na rysunku 1 przedstawiono elementy formujące z wytworzonymi powierzchniami wykorzystane w badaniach do kształtowania geometrii gniazda formującego, charakteryzujące się odmiennym stanem wykończenia powierzchni.



Rys. 1. Wkładki formujące charakteryzujące się odmiennym stanem wykończenia powierzchni: 1 – stal, 2 – aluminium, 3 – brąz berylowy

STUDY OF THE EFFECT OF EDM PROCESSING PARAMETERS ON THE SURFACE CONDITION OF POLYMER MOLDINGS

Piotr Czyżewski*, Mateusz Rojewski,
Dawid Marciniak, Dariusz Sykutera

*Bydgoszcz University of Science and Technology,
Faculty of Mechanical Engineering, Department of Manufacturing Techniques,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland*

**p.czyzewski@pbs.edu.pl*

Abstract

Forming the surface condition on polymer moldings produced by injection molding technology is done by preparing the surface of the molding cavity components in the injection mold. The choice of injection molding process parameters also affects the condition and quality of the surface finish of polymer products

This paper presents a study related to the determination of the effect of EDM (Electrical Discharge Machining) on the condition of the cavity surface of molding cavity components, along with a correlation with selected parameters of the injection molding process. Three materials used in the construction of injection molding cavity molding elements were used in the study. These materials, due to their physical-mechanical properties, have different abilities to dissipate heat from the molding cavity. Molding parts and polymer moldings were used to evaluate the surface condition. The polymer samples were made of polypropylene, which has a wide processing window including mold temperature. Figure 1 shows the molding parts with manufactured surfaces used in the study to shape the geometry of the molding cavity characterized by different surface condition.

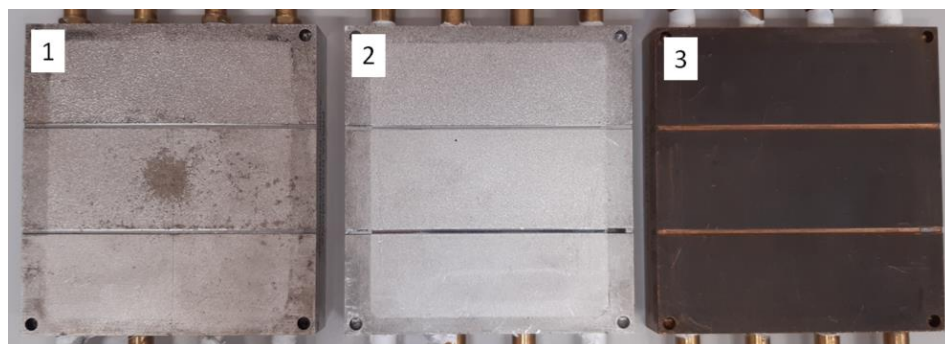


Fig. 1. Moulding inserts characterized by different surface finish:
1 – steel, 2 – aluminum, 3 – beryllium bronze

WPLYW PARAMETRÓW OBRÓBKII POWIERZCHNI GNIAZDA FORMUJĄCEGO NA EFEKTY ZNAKOWANIA LASEROWEGO

Piotr Czyżewski^{1*}, Mateusz Rojewski¹, Piotr Szewczykowski,
Bartosz Nowinka, Karolina Detmer

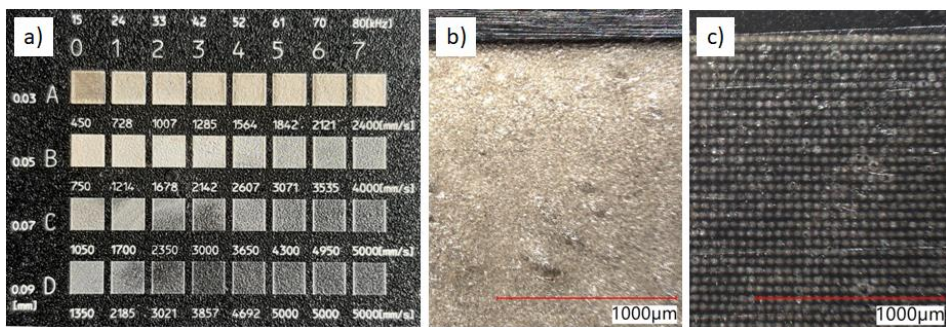
¹ Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Katedra Technik Wytwarzania,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska

*p.czyzewski@pbs.edu.pl

Streszczenie

Wzrost wymagań ekotechnologicznych w procesach wytwarzania prowadzi do działań zmniejszających ślad węglowy. Wprowadzenie znaków graficznych na wypraskach polimerowych ma wpływ na stosowanie technologii zgodnych z wytycznymi gospodarki obiegu zamkniętego. Wykorzystywanie dodatków LMA (ang. Laser Marking Additives) pozwala na precyzyjne i kontrastowe znakowanie wyprasek polimerowych. Dodatkowe efekty można uzyskać dzięki modyfikacjom stanu powierzchni lub parametrów przetwórczych procesu wtryskiwania.

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu wybranej obróbki powierzchni gniazd formujących na efekty znakowania laserowego powierzchni wyprasek. W badaniach wykorzystano wypraski polipropylenowe zmodyfikowane dodatkiem pozwalającym na uzyskanie kontrastowego znaku graficznego (określono zmianę stanu powierzchni oraz barwy). Wykorzystanie wiązki lasera do modyfikacji powierzchni pozwala na dobór paramaterów (rys. 1) w celu uzyskania korzystnych efektów jasnych na ciemnym tle.



Rys. 1. Znakowanie laserowe powierzchni wyprasek polipropylenowych:
a) wybrane parametry procesowe lasera, b) efekt spieniania powierzchni,
matryca oddziaływania impulsów lasera

INFLUENCE OF FORMING CAVITY SURFACE TREATMENT PARAMETERS ON LASER MARKING EFFECTS

Piotr Czyżewski^{1*}, Mateusz Rojewski¹, Piotr Szewczykowski,
Bartosz Nowinka, Karolina Detmer

¹ Bydgoszcz University of Science and Technology,
Faculty of Mechanical Engineering, Department of Manufacturing Techniques,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland

*p.czyzewski@pbs.edu.pl

Abstract

The increase in eco-technological requirements in manufacturing processes is leading to measures to reduce the carbon footprint. Methods of introducing graphic marks on polymer moldings are leading to the use of technologies in line with the guidelines of the closed-loop economy. The use of Laser Marking Additives (LMA) allows for precise and high-contrast marking of polymer moldings. Additional effects can be achieved by modifying the surface condition or processing parameters of the injection molding process.

The article presents the results of a study of the effect of selected surface treatment of molding cavities on the effects of laser marking of the surface of moldings. The study used polypropylene moldings modified with an additive that allows obtaining a contrasting boundary mark (the change in surface condition and color was determined). The use of a laser beam for surface modification allows the selection of parameters (Fig. 1) to achieve favorable light-on-dark effects.

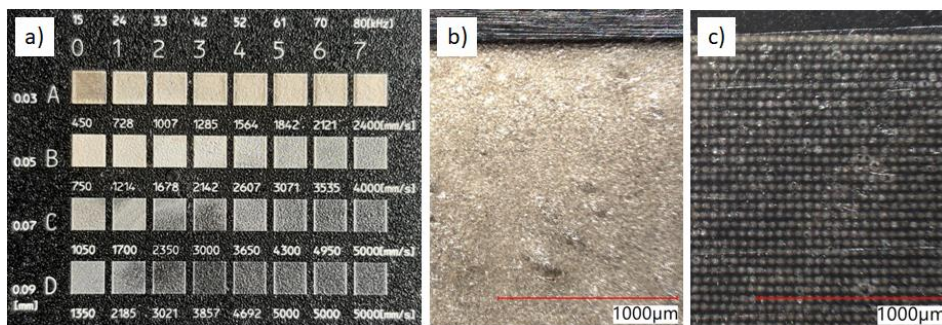


Fig. 1. Laser marking of the surface of polypropylene moldings:
a) selected laser process parameters, b) surface foaming effect,
laser pulse interaction matrix

EFEKT WYŁADOWANIA HIPIMS NA WYTWARZANIE NANOWARSTW TLENKÓW METALI DO ZASTOSOWAŃ W PAMIĘCIACH TYPU RRAM

Piotr Różański^{1,2*}, Robert Mroczyński², Wojciech Gajewski¹

¹ TRUMPF Huettinger Sp. z o.o.,

ul. Marecka 47, 05-220 Zielonka, Polska

² Politechnika Warszawska, Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki,

ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, Polska

*piotr.rozanski@trumpf.com

Streszczenie

Prezentowana praca poświęcona jest technologii i charakteryzacji cienkich warstw wytwarzanych metodą reaktywnego rozpylania magnetronowego przy wykorzystaniu wyładowania typu HIPIMS (High Power Impulse Magnetron Sputtering).

Tlenki metali, takie jak tlenek cyrkonu (ZrO_x), tlenek tytanu (TiO_x) czy tlenek hafnu (HfO_x), pełnią ważne funkcje w różnych strukturach nowoczesnych urządzeń elektronicznych i fonicznych. W pracy przedstawiono badania wzajemnych zależności pomiędzy parametrami wejściowymi procesu wytwarzania a parametrami wyjściowymi w celu uzyskania ultracienkich warstw dla struktur MIM (Metal-Insulator-Metal), które są podstawą pamięci typu RRAM (Resistive Random Access Memory).

W pierwszej części pracy omówiono właściwości optyczne warstw osadzonych metodą HIPIMS i porównano je z właściwościami warstw osadzonych przy użyciu typowych procesów pulsującego DC. Scharakteryzowano warstwy tlenków metali pod względem grubości, współczynnika załamania światła i współczynnika odbicia. Rezystywne właściwości przełączania struktur MIM z wykorzystaniem tlenków metali zależą od obecności wakancji tlenowych w wykonanej warstwie. W celu sprawdzenia stoichiometrii warstw tlenków zostały wykonane struktury MIS (Metal-Insulator-Semiconductor). Przeprowadzono analizę otrzymanych charakterystyk elektrycznych. W ostatniej części pracy wybrane procesy zostały wykorzystane do wytworzenia układów MIM. Uzyskane wyniki charakteryzacji elektrycznej wykonanych struktur zostaną opisane wraz z wnioskami dotyczącymi możliwości zastosowania badanych warstw w układach RRAM.

EFFECT OF HIPIMS DISCHARGE IN METAL OXIDE NANOCOATINGS FOR RESISTIVE RANDOM-ACCESS MEMORY APPLICATION

Piotr Różański^{1,2*}, Robert Mroczyński², Wojciech Gajewski¹

¹ TRUMPF Huettinger Sp. z o.o. Marecka 47,
05-220 Zielonka, Poland

² Warsaw University of Technology, Institute of Microelectronics and Optoelectronics,
Koszykowa 75, 00-662 Warsaw, Poland

*piotr.rozanski@trumpf.com

Abstract

The paper is devoted to the technology and characterization of thin films fabricated by reactive magnetron sputtering using HIPIMS discharge. The metal oxides and nitrides, such as zirconium oxide (ZrOx), titanium oxide (TiOx) or titanium nitride (TiN) play important functions in various structures for novel electronic and photonic devices. The aim of this work is to determine dependences between the input parameters of the fabrication process and the properties of the obtained materials in order to obtain ultrathin layers for the application of the MIM (Metal-Insulator-Metal) structures. Those structures are the basis of resistive random-access memory (RRAM) devices.

In the first part of this work, the optical properties of layers deposited by HIPIMS were examined and compared to the layers deposited using a typical pulsed-DC processes. Several oxide materials were characterized in terms of thickness, refractive indices, transmittance, and reflectance in the UV-VIS range. The resistive switching properties of the MIM structures with the employed oxide materials depend on the presence of oxygen vacancies in the layer bulk. In order to monitor the stoichiometry of the oxide layers, MIS (Metal-Insulator-Semiconductor) structures are fabricated. The analysis of the obtained electrical characteristics was performed. In the last part of this work, selected processes were used to fabricate MIM devices. The results of the electrical characterization of the fabricated test structures will be described indicating concluding remarks on the feasibility of applying the studied structures in RRAM devices.

WPLYW RÓŻNYCH SPOSOBÓW PODAWANIA CIECZY CHŁODZĄCO-SMARUJĄCEJ NA CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI STALI NC10 PO SZLIFOWANIU KONWENCJONALNYM I AEDG

Radosław Rosik^{1*}, Robert Świącik²

¹ Politechnika Łódzka, Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyna,
ul. Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź, Polska

² robertswiecik@gmial.com

*radoslaw.rosik@p.lodz.pl

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych wpływu wybranych parametrów elektrycznych oraz różnych sposobów podawania cieczy chłodząco-smarującej podczas procesu szlifowania AEDG na parametry chropowatości powierzchni hartowanej stali NC10 oraz zmian wartości składowych sił szlifowania w porównaniu ze szlifowaniem konwencjonalnym.

Zakres prezentowanych badań obejmował próby wglębnego szlifowania płaszczyzn metodą konwencjonalną (CG) i elektroerozyjną (AEGD) w obecności wody destylowanej (metoda zalewowa) oraz z udziałem płynu chłodząco-smarującego Ecolubric E200L podawanego z minimalnym wydatkiem (metoda MQL).

Wyniki badań potwierdziły, że skuteczność usuwania nadmiaru obróbkowego (zmniejszenie siły stycznej szlifowania) zależy od warunków elektrycznych procesu AEDG. Najmniejsze wartości siły stycznej szlifowania procesu AEDG uzyskano w warunkach stosowania dużego natężenia i napięcia prądu dla obu porównywanych metod doprowadzenia dielektryka. Ten fakt potwierdza istotny udział procesu elektroerozyjnego w usuwaniu nadmiaru obróbkowego. Większość nadmiaru obróbkowego usuwana jest właśnie w wyniku erozji elektrycznej niż przy udziale ziaren ściernych CPS.

Zastosowanie metody MQL w procesach szlifowania AEDG prowadzi do uzyskiwania znacznie korzystniejszych wartości chropowatości powierzchni niż w metodzie zalewowej. Ma to szczególne znaczenie, gdyż ilość czynnika smarowego w metodzie MQL jest znacznie mniejsza niż w tradycyjnej metodzie zalewowej. Im mniejsza ilość czynnika chłodzącego dostarczona do strefy obróbki, tym mniejsza ilość wydzielających się oparów, gazów itp., co z kolei przekłada się na bezpieczeństwo obróbki elektroerozyjnej.

EFFECT OF DIFFERENT COOLANT LUBRICANT SUPPLY METHODS ON SURFACE ROUGHNESS OF NC10 STEEL AFTER CONVENTIONAL AND AEDG GRINDING

Radosław Rosik^{1*}, Robert Świącik²

¹ Lodz University of Technology, Institute of Machine Tools and Production Engineering, 90-537 Lodz, Stefanowskiego Street 1/15, Poland

² robertswiecik@gmail.com

*radoslaw.rosik@p.lodz.pl

Abstract

This paper presents the results of an experimental study of the effects of selected electrical parameters and different ways of feeding the cutting fluid during the AEDG grinding process on the surface roughness parameters of hardened NC10 steel and the changes in the components of grinding forces in comparison with conventional grinding.

The scope of the presented research included tests of plunge grinding of planes by conventional (CG) and electro-erosion (AEGD) methods in the presence of distilled water (flooded method) and with Ecolubric E200L cutting fluid fed at a minimum rate (MQL method).

The results confirmed that the efficiency of removing machining allowance (reducing the grinding tangential force) depends on the electrical conditions of the AEDG process. The smallest values of the tangential grinding force of the AEDG process were obtained under conditions of applying high current and voltage for both compared dielectric feed methods. This fact confirms the significant contribution of the AEDG process to the removal of machining allowance. Most of the machining allowance is removed just by electrical erosion than by the participation of abrasive grains.

The use of the MQL method in AEDG grinding processes leads to much more favourable surface roughness values than in the flooding method. This is particularly important because the amount of lubricant in the MQL method is much smaller than in the traditional flooding method. The smaller the amount of cooling medium delivered to the machining zone, the smaller the amount of vapors, gases, etc. emitted, which in turn translates into safety in EDM machining.

DOKŁADNOŚĆ DRUKU OFFSETOWEGO PRZY ZASTOSOWANIU MATRYCY Z WYMIENNYMI ELEMENTAMI

Radosław Owsiański^{1*}, Tomasz Paczkowski²,
Piotr Domanowski², Jarosław Zdrojewski³

¹ *Beniamin spółka z ograniczoną odpowiedzialnością spółka komandytowa, ul. Wspólna 4, 86-005 Ciele, Polska*

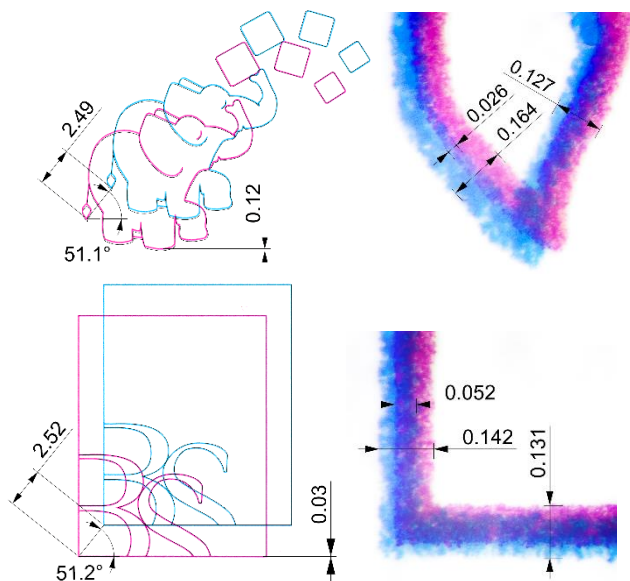
² *Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska*

³ *Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Wydział Telekomunikacji, Informatyki i Elektrotechniki, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska*

*radoslaw.owsinski@beniamin.com.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań dokładności druku offsetowego z wykorzystaniem wymiennych elementów. Badania dokładności druku odniesione zostały do dokładności wykonania wymiennych elementów oraz matrycy, w których są osadzone. Analizę wektora przesunięcia dla korekty druku oraz dokładność druku dla wybranych elementów wymiennego płaszcza drukującego przedstawiono na rys. 1. W publikacji przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych.



Rys. 1. Wartości wektora wraz z kątem przesunięcia oraz dokładność druku dla wybranych próbek

THE ACCURACY OF OFFSET PRINTING USING A MATRIX WITH INTERCHANGEABLE ELEMENTS

Radosław Owsiański^{1*}, Tomasz Paczkowski²,
Piotr Domanowski², Jarosław Zdrojewski³

¹ *Beniamin spółka z ograniczoną odpowiedzialnością spółka komandytowa, ul. Wspólna 4, 86-005 Ciele, Poland*

² *Bydgoszcz University of Science and Technology, Department of Manufacturing Techniques, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland*

³ *Bydgoszcz University of Science and Technology, Department of Digital Technology, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland*

**radoslaw.owsinski@beniamin.com.pl*

Abstract

The article presents the results of research on the accuracy of offset printing using interchangeable elements. The accuracy of printing was related to the precision of manufacturing interchangeable elements and the matrix in which they are embedded. The analysis of the displacement vector for print correction and the printing accuracy for selected components of the interchangeable printing blanket are presented in Fig. 1. The publication presents the results of experimental research.

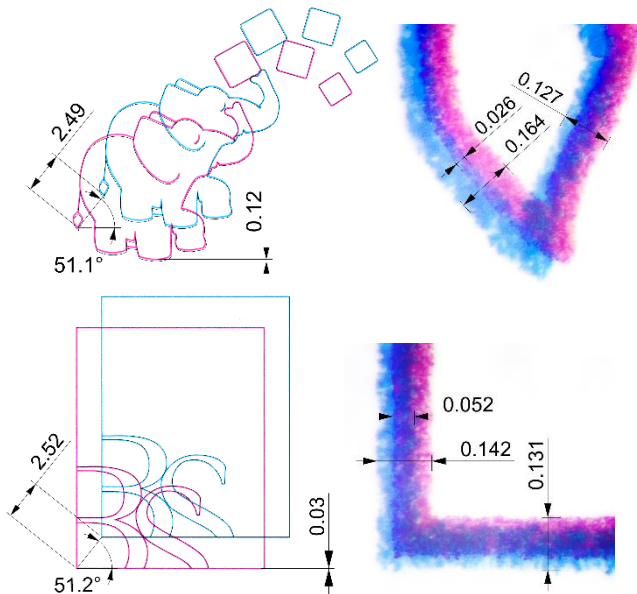


Fig. 1. Vector values along with the angle of displacement and printing accuracy for selected samples

WPLYW RODZAJU ELEKTRODY GRAFITOWEJ NA PROCES EDM

**Rafał Nowicki*, Rafał Świercz,
Adrian Kopytowski, Michał Marczak**

*Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Instytut Technik Wytwarzania, Al. Niepodległości 222,
00-663 Warszawa, Polska
rafal.nowicki1@pw.edu.pl

Streszczenie

Właściwości fizyczne materiałów wykorzystywanych na elektrody robocze w obróbce elektroerozyjnej mają bezpośredni wpływ na wskaźniki technologiczne oraz stan warstwy wierzchniej przedmiotu obrabianego. W artykule przedstawiono przegląd literatury związany z zastosowaniem elektrod grafitowych o różnej wielkości ziarna w procesie EDM.

We wstępie opisano szczegółowo zjawiska fizyczne zachodzące w szczelinie międzyelektrodowej w trakcie wyładowań elektrycznych oraz ich wpływ na mechanizm erozji przedmiotu obrabianego i elektrody roboczej. Wymieniono oraz scharakteryzowano podstawowe właściwości fizyczne materiałów wykorzystywanych na elektrody robocze. Dokonano szczegółowej analizy artykułów na temat wpływu wielkości ziarna elektrod grafitowych oraz parametrów elektrycznych na wydajność usuwania materiału, względne zużycie elektrody roboczej oraz stan warstwy wierzchniej przedmiotu po obróbce.

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury sformułowano wniośki o charakterze poznawczym i użytkowym. Stwierdzono, że głównymi właściwościami fizycznymi determinującymi wskaźniki technologiczne obróbki elektroerozyjnej są wielkość ziarna elektrod grafitowych oraz ich przewodność elektryczna. Połączenie obu tych czynników determinuje wydajność oraz stabilność procesu elektroerozji. Mechanizm zużycia elektrody grafitowej może być opisany przez sublimację oraz mechaniczne odrywanie się ziaren grafitu od elektrody w wyniku oddziaływania wysokoenergetycznych wyładowań elektrycznych. Elektrody grafitowe gruboziarniste są rekomendowane do obróbki zgrubnej przy polaryzacji prostej, a elektrody grafitowe drobnoziarniste do obróbki wykończeniowej. Elektrody grafitowe o mniejszym ziarnie oraz wysokiej gęstości pozornej charakteryzują się niskimi wskaźnikami zużycia. W warunkach obróbki wykończeniowej wykorzystanie elektrody grafitowej drobnoziarnistej umożliwia uzyskanie niskiej chropowatości powierzchni przedmiotu. Przy polaryzacji odwróconej obróbka elektroerozyjna elektrodami grafitowymi zapewnia wysoką wydajność usuwania materiału, przy jednocześnie wysokich wskaźnikach zużycia narzędzia.

INFLUENCE OF THE TYPE OF GRAPHITE ELECTRODE ON THE EDM PROCESS

Rafał Nowicki*, **Rafał Świercz**,
Adrian Kopytowski, **Michał Marczak**

*Warsaw University of Technology, Faculty of Mechanical and Industrial Engineering,
Institute of Manufacturing Technology, Niepodległości 222,
00-663 Warsaw, Poland*

**rafal.nowicki1@pw.edu.pl*

Abstract

The physical properties of the materials used for the tool electrodes considerably influence the technological indicators and surface texture integrity of a workpiece. The article presents a literature review on using graphite electrodes with different grain sizes in the EDM process.

The introduction describes in detail the physical phenomena occurring in the sparking gap during electrical discharges and their impact on the erosion mechanism of the workpiece and the tool electrode. The basic physical properties of materials used for tool electrodes are listed and characterized. A detailed analysis of articles was performed about the impact of the grain size of graphite electrodes and electrical parameters on the material removal efficiency, relative tool wear rate, and surface texture integrity after machining.

Based on the literature review, conclusions of a cognitive and utilitarian nature were formulated. It was found that the main physical properties determining technological indicators of electrical discharge machining are the grain size of graphite electrodes and their electrical conductivity. Combining these two factors determines the efficiency and stability of the EDM process. The mechanism of graphite electrode wear can be described by sublimation and mechanical detachment of graphite grains from the tool due to high-energy electric discharges. Coarse-grained graphite electrodes are recommended for roughing with positive polarity, and fine-grained graphite electrodes for finishing. Low tool wear rates characterize graphite electrodes with smaller grains and high apparent density. In the conditions of finishing machining, using a fine-grained graphite electrode makes it possible to obtain a low surface roughness of the workpiece. With negative polarity, EDM with graphite electrodes provides high material removal and tool wear rates.

WYKONYWANIE OTWORÓW W KOMPOZYCIE GFRP WIERCENIEM W ASPEKCIE ZJAWISK TOWARZYSZĄCYCH PROCESOWI

Robert Polasik

*Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Katedra Technik Wytwarzania,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska
robert.polasik@pbs.edu.pl*

Streszczenie

Wykonywanie otworów w materiałach kompozytowych włóknistych wierceniem generuje rozmaite problemy, zarówno związane z uwarunkowaniami technologicznymi jak i z uszkodzeniami otworów wskutek niewłaściwie prowadzonego procesu. Istotnym aspektem procesu wiercenia w kompozytowych materiałach włóknistych jest energia procesu. Z uwagi na właściwości materiału obrabianego należy zatem dążyć do minimalizacji generowania ciepła aby nie uszkodzić powierzchni obrobionej.

Przeprowadzono eksperyment planowany, obróbce poddano kompozyt GFRP. Zastosowano zróżnicowane parametry wiercenia oraz narzędzia (o stałej średnicy). Mierzono siły z zastosowaniem toru pomiarowego, opartego o komponenty siłomierza Kistler 9257B. Próby wykonano na centrum obróbkowym DMG DMU50. Obserwacje optyczne wykonano z zastosowaniem mikroskopu stereoskopowego Keyence VHX-7000.

W wyniku przeprowadzonego eksperymentu określono siły generowane w procesie wiercenia, które są czynnikiem bezpośrednio kształtującym energię generowaną w układzie, w zależności od zastosowanych warunków obróbki. Dodatkowo poddano obserwacjom narzędzia zastosowane podczas eksperymentu (rys. 1).



Rys. 1. Początkowa postać zużycia ściernego głównej krawędzi skrawającej

GFRP COMPOSITE DRILLING IN THE ASPECT OF PHENOMENA ACCOMPANYING THE PROCESS

Robert Polasik

*Bydgoszcz University of Science and Technology,
Faculty of Mechanical Engineering, Department of Manufacturing Techniques,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland
robert.polasik@pbs.edu.pl*

Abstract

Making holes in fibrous composite materials by drilling generates various problems, both related to technological conditions and damage to holes as a result of an improperly conducted process. An important aspect of the drilling process in composite fibrous materials is the energy of the process, resulting from the applied cutting parameters. Due to the properties of the workpiece material, it is therefore necessary to minimize heat generation so as not to damage the machined surface.

A planned experiment was carried out, the GFRP composite was processed. Different drilling parameters and different tools (of constant diameter) were used. Forces were measured using a measuring track based on the components of the Kistler 9257B force gauge. Test were carried out on a DMG DMU50 5-axis machining center. Optical analysis of the drills was performed using a Keyence VHX-7000 digital stereoscopic microscope.

As a result of the experiment, the forces generated in the drilling process were determined, which are a factor that directly affects the energy generated in the system, depending on the applied machining conditions. In addition, the tools used during the experiment were observed (Fig. 1).

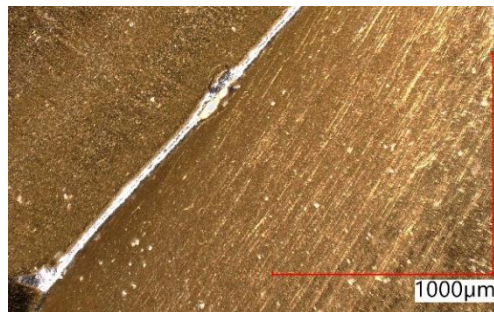


Fig. 1. Initial form of abrasive wear of the main cutting edge

ZNACZENIE TECHNOLOGII PRZEMYSŁU 4.0 DLA ROZWOJU OBRÓBKII ELEKTROEROZYJNEJ

Sebastian Skoczypiec*, Waldemar Małopolski

*Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki,
Wydział Mechaniczny, Katedra Automatykacji i Inżynierii Produkcji,
Al. Jana Pawła II 37, 31-864, Kraków, Polska
sebastian.skoczypiec@pk.edu.pl

Streszczenie

Technologie Przemysłu 4.0 rewolucjonizują sposób, w jaki wytwarzane są produkty. Nowoczesne systemy produkcyjne wiążą się z zastosowaniem zaawansowanych sensorów, ze zwiększonym stopniem automatyzacji i robotyzacji oraz z zastosowaniem oprogramowania zbierającego i analizującego duże zbiory danych. Tendencje te znajdują również odzwierciedlenie w ostatnich innowacjach w dziedzinie obróbki elektroerozyjnej (EDM). Współczesne obrabiarki EDM to w 80 procentach czysta elektronika i komputery, co czyni je predestynowanymi do wdrażania rozwiązań typowych dla Przemysłu 4.0. Warto również podkreślić, że proces EDM jest bardzo skomplikowany do monitorowania i kontrolowania. Szacuje się, że w trakcie pracy obrabiarki około 20 parametrów musi być kontrolowanych w czasie rzeczywistym, a to znacznie przekracza możliwości operatora.

Należy wymienić następujące korzyści związane z zastosowaniem technologii Przemysłu 4.0 w EDM: skrócenie czasów realizacji zlecenia (skrócenie czasów pomocniczych i przygotowawczo zakończyeniowych), zwiększenie wydajności, poprawa powtarzalności, zmniejszenie incydentów spowodowanych błędami ludzkimi, odciążenie operatora, poprawa jakości produkowanych elektrod i części, zwiększenie elastyczność produkcji.

Ostatnie postępy w EDM związane są m.in. z następującymi obszarami: wzrost automatyzacji i robotyzacji procesu, analiza danych w czasie rzeczywistym, sterowanie adaptacyjne i zastosowanie sztucznej inteligencji, wykorzystanie zaawansowanych sensorów (zwłaszcza systemów wizyjnych), poprawa komunikacji człowiek-maszyna (tj. zastosowanie technologii asystenta głosowego), IoT oraz zastosowanie wytwarzania przyrostowego do kształtowania elektrod. Wszystkie wymienione powyżej i szczegółowo omówione w artykule innowacje powodują, że wykorzystanie obrabiarek EDM wzrasta nawet do 90%, a EDM staje się coraz szybszą i wydajniejszą technologią oraz zwiększa się liczba godzin obróbki bezobsługowej.

IMPORTANCE OF INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES FOR DEVELOPMENT OF ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING

Sebastian Skoczypiec*, Waldemar Malopolski

*Tadeusz Kosciuszko Cracow University of Technology,
Faculty of Mechanical Engineering, Chair of Production Engineering,
Jana Pawla II 37, 31-864, Krakow, Poland
sebastian.skoczypiec@pk.edu.pl

Abstract

Technologies of Industry 4.0 are revolutionizing the way companies manufacture their products. Modern manufacturing systems are connected with application of advanced sensors, increased automatization, embedded software and robotics that collect and analyze data and allow for better decision making. These trends are also reflected in recent innovations in the field of electrical discharge machining (EDM). EDM machines are actually 80 percent pure electronics and computers, which makes them predestined for Industry 4.0. It is worth also underlining, that EDM process is very complex to monitor and control. It is estimated that during machine tool operation about 20 parameters need to be controlled in real time, and this is beyond the capabilities of a human operator.

The following benefits connected with application of technologies of Industry 4.0 in EDM should be underlined: reduction of lead times (reduction of non-productive machine tool downtime, more efficient management and increase availability of production resources), increase productivity, improve process repeatability, reduce incidents due to human errors, free up operator time, improve the quality of manufactured parts and electrodes, increase flexibility in production.

One can state that recent progress in EDM are connected with following areas: increase of automatization and robotization of the process, real time data analysis, adaptive control and application of artificial intelligence, use of advanced sensors (especially machine vision systems), improvement of communication between machine tool and operator (i.e. voice-operated assistant technology), IoT and application of additive manufacturing to shaping electrodes. All listed above and detailed discussed in the paper innovations cause, that EDM equipment utilization increase up to 90% and EDM becoming faster and more efficient technology and amount of unattended machining hours increases.

WARSTWA WIERZCHNIA CZĘŚCI OBRABIANYCH METODĄ WYSOKOCIŚNIENIOWEJ STRUGI WODNO-ŚCIERNEJ (AWJM)

**Sławomir Spadło^{1*}, Libor Hlavac², Irena M. Hlavacova²,
Lucie Gembalová³, Adam Štefek²**

¹ *Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn,
Al. Tysiąclecia P.P. 7, 25-314 Kielce, Polska*

² *VSB–Technical University of Ostrava Department of Physics,
Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Ostrava,
17. listopadu 2172/15, 70800 Ostrava–Poruba, Czechy*

³ *Institute of Clean Technologies for Mining and Utilization of Raw Materials
for Energy Use, Faculty of Mining and Geology, Ostrava, 17. listopadu 2172/15,
70800 Ostrava–Poruba, Czechy*

**sspadlo@tu.kielce.pl*

Streszczenie

W publikacji omówiono badania warstwy wierzchniej konstytuowanej w procesie przecinania metodą wysokociśnieniowej strugi wodno-ścierniej (AWJM). Publikowane dotychczas wyniki nie potwierdziły występowania istotnego wzrostu temperatury w strefie cięcia. Artykuł poświęcony jest nowemu spojrzeniu na wyniki starszych opublikowanych badań zmian temperatury w strefie skrawania metodą AWJM. Prowadzone badania dotyczyły zmian mikrostruktury materiału w warstwie wierzchniej w wyniku oddziaływań wysokociśnieniowego strumienia wodno-ściernego. Siły oddziaływania ziaren ściernych z powierzchnią obrabianą, powstające w procesie mikroskrawania, w połączeniu z ich dużą prędkością ruchu powodują wytwarzanie znacznych ilości ciepła w strefie obróbki. Proces wymiany ciepła odbywa się w warunkach nieustalonych, a znaczna ilość lokalnie dostarczanego ciepła przyczynia się do lokalnego wzrostu temperatury przecinanego materiału. Zaobserwowane odkształcenie plastyczne w obszarze materiału potwierdza występowanie silnych oddziaływań mechanicznych ziaren ściernych z przecinaną powierzchnią. Przedstawiono wyniki obserwacji mikroskopowych mikrostruktury metalograficznej na zglądach prostopadłych do ścian bocznych wyciętych metodą AWJM. Analiza zmian mikrostruktury potwierdziła wpływy termiczne na materiał przecinany.

THE SUPERFICIAL LAYER OF PARTS MACHINED BY ABRASIVE WATER JET MACHINING (AWJM)

**Slawomir Spadlo^{1*}, Libor Hlavac², Irena M. Hlavacova²,
Lucie Gembalová³, Adam Štefek²**

¹ *Kielce University of Technology, Faculty of Mechatronics and Mechanical Engineering,
Al. Tysiąclecia P.P. 7, 25-314 Kielce, Poland*

² *VSB–Technical University of Ostrava Department of Physics,
Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Ostrava, 17. listopadu
2172/15, 70800 Ostrava–Poruba, Czech Republic*

³ *Institute of Clean Technologies for Mining and Utilization of Raw Materials
for Energy Use, Faculty of Mining and Geology, Ostrava, 17. listopadu 2172/15,
70800 Ostrava–Poruba, Czech Republic*

**sspadlo@tu.kielce.pl*

Abstract

The aim of the research was to investigate properties of superficial layer produced by the Abrasive Water Jet Machining (AWJM). The results published so far have not confirmed the occurrence of significant temperature changes in the cutting zone. This paper is devoted to new look at the results of older published studies on temperature changes in the cutting zone using the AWJM method. The conducted research concerned on material changes in the surface layer of the influence of the high pressure water-abrasive jet. The forces of interaction of abrasive grains with the surface of machined material generated in the process of micro-cutting in combination with their high speed of movement cause the release of significant amounts of heat.

The heat transfer process takes place under transient conditions, and a significant amount of locally supplied heat contributes to a local increase on the temperature of the material being cut. The observed plastic deformation in the material area confirms the occurrence of strong mechanical interactions of abrasive grains with the cut surface. The light microscopy observations of the metallographic microstructure cross-section of side walls cut by the AWJM are presented. Analysis of microstructure changes confirmed thermal influences on cutting material.

WARSTWA WIERZCHNIA ELEMENTÓW STOPOWANYCH METODĄ ELEKTROISKROWĄ

Sławomir Spadło^{1*}, Krzysztof Łakomicz², Dominik Dudek¹

¹ Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn,
Al. Tysiąclecia P.P. 7, 25-314 Kielce, Polska

² Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa, Polska

*sspadlo@tu.kielce.pl

Streszczenie

Do modyfikacji warstwy wierzchniej materiału stosowane są różne metody oddziaływań fizycznych. W pracy przedstawiono studium procesu stopowania powierzchni z zastosowaniem wyładowań elektrycznych z wykorzystaniem elektrody wibracyjnej. Głównymi czynnikami wpływającymi na budowę warstwy powierzchniowej w procesie stopowania jest stapianie mikroobjętości powierzchni przedmiotu obrabianego i elektrody roboczej, przenoszenie masy z anody na katodę oraz mieszanie materiałów anody i katody w jeziorce mikrokrateru. Warstwa wierzchnia utworzona po stopowaniu z zastosowaniem wyładowań elektrycznych charakteryzuje się znacznym udziałem materiału anodowego w konstytuowanej warstwie wierzchniej. Podczas wyładowania elektrycznego część materiału anodowego ulega stopieniu, a następnie przenoszeniu do katody. Czynnikiem towarzyszącym procesowi topnienia są procesy dyfuzji, szybkie nagrzewanie i chłodzenie materiału, przejścia fazowe oraz zmiany w strukturze metalograficznej warstw przylegających do miejsca powstawania krateru. Zmodyfikowana warstwa powierzchni o ulepszonych właściwościach osiągała grubość do 90 mikrometrów. Ponownie zestalony materiał na powierzchni obrabianego przedmiotu zawiera około 50% pierwiastków stopowych. Dla typowych parametrów stopowania uzyskana chropowatość Sa wynosi około 3,5 μm . Struktura geometryczna powierzchni powstająca w wyniku stopowania z zastosowaniem wyładowań elektrycznych jest podobna do uzyskanej w procesie EDM.

THE SUPERFICIAL LAYER OF PARTS ALLOYED BY ELECTRO-DISCHARGE METHODS

Sławomir Spadło^{1*}, Krzysztof Łakomicz², Dominik Dudek¹

¹ *Kielce University of Technology, Faculty of Mechatronics and Mechanical Engineering,
Al. Tysiąclecia P.P. 7, 25-314 Kielce, Poland*

² *Warsaw University of Technology, Mechanical and Industrial Engineering,
ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa, Poland*

**sspadlo@tu.kielce.pl*

Abstract

Various methods can be used to modify the surface of material with alloy materials. The paper presents a brief study of electro-discharge alloying process of surface with using vibrating rod electrode. The main factors affecting the constitution of the surface layer in the alloying process are melting the surface of the workpiece and the working electrode, mass transfer from anode to cathode, mixing anode and cathode materials in the alloy lake. The surface layer created after electro-discharge alloying is featured with a considerable share of the anode material. During a electrical discharge, some anode material is melting and transported to the cathode. The factors accompanying the melting process are diffusion processes, rapid heating and cooling of the material, phase transitions and changes in the structure of the layers adjacent to the crater formation site. The modified surfaces layer with an improved properties was till 90 micrometers in thickness. The resolidified material at the workpiece surface contains about 50% of the alloying elements. For typical alloying parameters, obtained roughness Sa is approximately 3.5 μm . The geometric structure of the surface resulting from electric discharge alloying is similar to that obtained by EDM.

BADANIE WPLYWU WARUNKÓW ZASILANIA NA EFEKTY WYŁADOWAŃ ELEKTRYCZNYCH W PROCESIE OBRÓBKI ELEKTROEROZYJNEJ I STOPOWANIA POWIERZCHNI

**Sławomir Spadło^{1*}, Krzysztof Łakomicz²,
Joanna Duś-Spadło¹, Dominik Dudek¹**

¹ *Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn,
Al. Tysiąclecia P.P. 7, 25-314 Kielce, Polska*

² *Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa, Polska*

**sspadlo@tu.kielce.pl*

Streszczenie

W procesie obróbki elektroerozyjnej oraz w procesach stopowania z wykorzystaniem wyładowań elektrycznych ważnym czynnikiem wpływającym na ich efekty jest sposób zasilania układu elektrod. Parametry oraz sposób zasilania oraz warunki panujące w szczelinie elektrody znacząco wpływają na przebiegi napięcia i prądu w szczelinie roboczej. Autorzy przedstawili warunki powstawania kraterów erozyjnych jako skutki pojedynczych efektów wyładowań elektrycznych. Geometria kraterów jest oceniana za pomocą SEM, mikroskopii świetlnej oraz konfokalnej. Wymiary liniowe, powierzchniowe oraz objętości poszczególnych kraterów określone zostały za pomocą pomiarów profilometrycznych. Artykuł zawiera opis badań oraz przykłady uzyskanych kraterów w procesie obróbki elektroerozyjnej oraz stopowania powierzchni z wykorzystaniem wyładowań elektrycznych.

EXAMINATION OF SUPPLY CONDITIONS FOR THE EFFECTS OF ELECTRICAL DISCHARGES IN EDM MACHINING AND ALLOYING PROCESS

**Sławomir Spadło^{1*}, Krzysztof Łakomicz²,
Joanna Duś-Spadło¹, Dominik Dudek¹**

¹ *Kielce University of Technology, Faculty of Mechatronics and Mechanical Engineering,
Al. Tysiąclecia P.P. 7, 25-314 Kielce, Poland*

² *Warsaw University of Technology, Mechanical and Industrial Engineering,
Narbutta 85, 02-524 Warszawa, Poland*

**sspadlo@tu.kielce.pl*

Abstract

In the process of EDM machining and alloying processes using electrical discharges, the method of supplying the electrode system is an important element. The method of power supply and the conditions prevailing in the electrode gap significantly affect the waveforms of voltage and current in the gap. The authors presented the conditions for the constitution of erosion craters as the effects of single discharges. The geometry of craters is assessed by SEM, light and confocal microscopy, while the dimensions and volumes of individual craters are determined by profilometric measurements. The article contains a description of research and examples of research results created during alloying with the use of electric discharges.

BADANIE WYBRANYCH ALGORYTMÓW METAHEURYSTYCZNYCH DO OPTIMALIZACJI PROCESU WYSOKOCIŚNIENIOWĄ STRUGĄ WODNO-ŚCIERNĄ – WSTĘPNE WYNIKI

Stanisław Rawicki*, Jerzy Podhajecki

*Akademia im. Jakuba z Paradyża, Wydział Techniczny,
ul. Chopina 52, Gorzów Wielkopolski, Polska
stanislaw.rawicki@ajp.edu.pl

Streszczenie

W pracy przedstawiono skuteczność dwóch algorytmów, a mianowicie symulowanego wyżarzania (SA) i optymalizacji Grey Wolf (GWO), w optymalizacji procesu cięcia wysokociśnieniową strugą wodno-ścierną. Celem optymalizacji było uzyskanie maksymalnej grubości cięcia poprzez dokładne określenie optymalnych parametrów procesu cięcia wodą i ścierniwem, w tym średnicy dyszy, stężenia ścierniwa i prędkości posuwu. Funkcja celu dla optymalizacji została wprowadzona przy użyciu metody powierzchni odpowiedzi. Wyniki podkreślają potencjalną użyteczność algorytmów SA i GWO w skutecznym rozwiązywaniu problemów optymalizacyjnych w kontekście procesów cięcia strumieniem wody.

Zaawansowane procesy produkcyjne, takie jak cięcie strumieniem wody, są definiowane przez szereg parametrów kontrolnych: średnice dyszy, stężenie ścierniwa i prędkość posuwu. Optymalizacja tych parametrów jest niezbędna dla wydajnego i efektywnego cięcia. Problemy optymalizacyjne są często opisywane za pomocą funkcji celu $f(x)$, gdzie x jest wektorem zmiennych projektowych w przestrzeni D-wymiarowej, podlegającym ograniczeniom równości i nierówności $h_i(x) = 0$ i $g_j(x) \leq 0$. Celem jest minimalizacja lub maksymalizacja funkcji celu, dzięki czemu algorytmy optymalizacyjne są kluczowymi narzędziami do zwiększania wydajności produkcji przemysłowej.

Algorytmy optymalizacji dzielą się na dwie kategorie: dokładne i przybliżone. Metody dokładne, takie jak programowanie dynamiczne i wyszukiwanie A^* , konstruują drzewo rozwiązań, dzieląc złożone problemy na prostsze podproblemy w celu znalezienia optymalnego rozwiązania. Jednakże, mogą być one kosztowne obliczeniowo i mniej odpowiednie dla problemów wielowymiarowych.

Metody przybliżone, takie jak metody gradientowe i metaheurystyczne, oferują większą elastyczność. Metody oparte na gradiencie wykorzystują informacje o gradiencie do decydowania o kierunku każdego kroku, co jest idealne dla problemów z różniczkowalnymi i jednomodalnymi funkcjami celu. Ich zastosowanie może być jednak ograniczone w scenariuszach z dużą liczbą zmiennych, lokalnymi wartościami optymalnymi i nieciągłymi lub nierozróżnialnymi funkcjami celu.

Metaheurystyki, stochastyczne metody optymalizacji, takie jak symulowane wyżarzanie (SA) i optymalizacja metodą szarego wilka (GWO), wykorzystują losowość do eksploracji przestrzeni rozwiązań, dzięki czemu idealnie nadają się do złożonych problemów z funkcjami multimodalnymi, nierozróżnialnymi funkcjami celu lub dużą liczbą zmiennych. Jednakże, ze względu na ich stochastyczną naturę, wyniki mogą się różnić w zależności od przebiegu.

Ostatnie badania nad algorytmami inspirowanymi biologią zintensyfikowały się ze względu na ich zdolność do radzenia sobie ze złożonymi, multimodalnymi problemami, co czyni je cennymi narzędziami do zadań optymalizacji globalnej. Jednym z takich przykładów jest GWO, metaheurystyczny algorytm inspirowany hierarchią przywództwa i zachowaniami łowieckimi szarych wilków. Pomimo obiecujących wyników ważne jest, aby ocenić skuteczność i dokładność tych algorytmów w rzeczywistych zastosowaniach.

Badanie przypadku z wykorzystaniem oprogramowania MATLAB Simulink demonstruje skuteczność wybranych algorytmów do optymalizacji parametrów w procesie cięcia wysokociśnieniową strugą wodno-ścierną. Funkcja kosztu uzyskana jest przy użyciu metody powierzchni odpowiedzi (RSM). Na podstawie porównania wyników symulacji z wcześniejszymi wynikami można stwierdzić, że wybrane algorytmy mają dobrą skuteczność w rozwiązywaniu problemu optymalizacji parametrów procesu cięcia materiałów strumieniem wody. Na podstawie analizy wyników stwierdzono, że optymalna kombinacja wybranych parametrów zapewnia uzyskanie największej głębokości cięcia. Analizując wyniki symulacji i optymalizując kombinacje parametrów dla największej głębokości cięcia, wykazano, że zarówno algorytm SA, jak i GWO działają z podobną skutecznością, zapewniając dobre podstawy do dalszych badań ich efektywności.

INVESTIGATION OF SELECTED META-HEURISTIC ALGORITHM FOR OPTIMIZATION THE ABRASIVE WATER JET CUTTING PROCESS – PRELIMINARY RESULTS

Stanisław Rawicki*, Jerzy Podhajecki

*The Jacob of Paradies University, Faculty of Technology,
Chopina 52, Gorzów Wielkopolski, Poland
stanislaw.rawicki@ajp.edu.pl

Abstract

The aim of this study is to present the effectiveness of two algorithms, namely Simulated Annealing (SA) and Grey Wolf Optimization (GWO), in the optimization of the water-abrasive cutting process. The aim was to maximize the thickness of the cut by accurately predicting the optimum parameters of the water-abrasive cutting process, including the nozzle diameter, the concentration of the abrasive and the feed rate. The objective function for the optimization has been derived using the Response Surface methodology. The results highlight the potential utility of the SA and GWO algorithms in the effective solution of optimization problems in the context of waterjet cutting processes.

Advanced production processes such as water-abrasive cutting are defined by numerous control parameters like nozzle diameter, abrasive concentration, and feed speed. Optimizing these parameters is essential for efficient and effective cutting. Optimization problems are often modeled using an objective function $f(x)$, wherein x is a design variable vector in a D -dimensional space, subject to equality and inequality constraints $h_i(x) = 0$ and $g_j(x) \leq 0$. The goal is to minimize or maximize the objective function, making optimization algorithms key tools for enhancing industrial production efficiency.

Optimization algorithms fall into two categories: exact and approximate. Exact methods such as dynamic programming and A* search construct a solution tree, breaking down complex problems into simpler sub-problems to find the optimal solution. However, they can be computationally expensive and less suited for high-dimensional problems.

Approximate methods like gradient descent and metaheuristics offer flexibility. Gradient-based methods use gradient information to decide each step's direction, ideal for problems with differentiable and unimodal objective functions. But their application might be limited in scenarios with large numbers of variables, local optima, and non-continuous or non-differentiable objective functions.

Metaheuristics, stochastic optimization methods like Simulated Annealing (SA) and Grey Wolf Optimization (GWO), use randomness to explore the solution space, making them ideal for complex problems with multimodal functions, non-differentiable objective functions, or a large number of variables. However, due to their stochastic nature, results may vary between runs.

Recent research in bio-inspired algorithms has surged due to their ability to handle complex, multimodal problems, making them valuable tools for global optimization tasks. One such example is the GWO, a metaheuristic algorithm inspired by the leadership hierarchy and hunting behavior of grey wolves. Despite the promising results, it is important to evaluate the efficiency and accuracy of these algorithms in the real-world applications.

Case study utilizing MATLAB's Simulink software demonstrates the effectiveness of the selected algorithms for optimizing parameters in the water jet cutting process. The cost function obtained using the response surface methodology (RSM) method. Based on the comparison of the simulation results and previous results, it can be concluded that the selected algorithms have good efficiency for solving the problem of optimizing parameters for the process of cutting materials with a water jet. Based on the analysis of the results, it was found that the optimal combination of parameters cuts for achievement greatest depth of cutting. By analyzing the simulation results and optimizing the parameter combinations for the greatest cutting depth, it is shown that both SA and GWO algorithms perform similarly well, providing a solid foundation for further efficiency studies.

GAZ JAKO MEDIUM W OBRÓBCE ELEKTROEROZYJNEJ

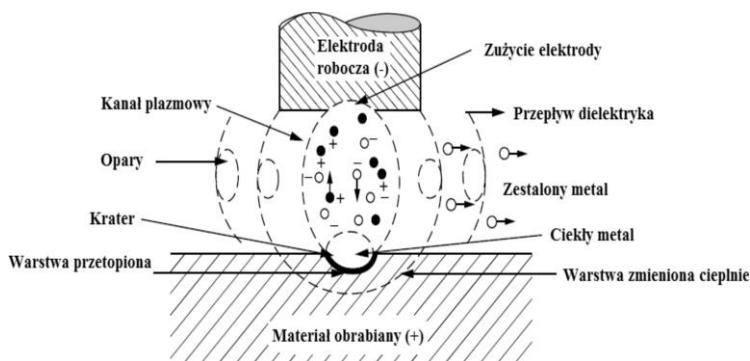
Tadeusz Zaborowski

*Instytut Badań i Ekspertyz Naukowych,
ul. Górczyńska 21, 66-400 Gorzów Wielkopolski, Polska
tazab@sukurs2.pl*

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań nad zastosowaniem gazów (argonu, helu i azotu) w elektroerozyjnej obróbce materiałów. Zwrócono uwagę na duże znaczenie wilgotności tych gazów i ich szkodliwości w procesach obróbki.

Obróbka elektroerozyjna stanowi ważny element procesów obróbki ubytkowej. Wymaga ona zatem szczególnej analizy procesu oraz zachowania bezpieczeństwa (rys. 1).



Rys. 1. Przebieg procesu EDM

Jest to dlatego ważne, gdyż w procesie obróbki elektroerozyjnej stosuje się takie gazy, jak: argon, hel, azot.

W analizie gazu najważniejszy jest pomiar wilgotności, który pozwala określić zawartość pary wodnej w komorze gazowej. W gazach dominujący charakter mają zjawiska adsorpcji, absorpcji i desorpcji. Jeżeli powierzchnie materiałów konstrukcji zbiorników gazu charakteryzują się znacznie większą wilgotnością niż sam gaz, proces dążenia do równowagi spowoduje dalsze zwiększenie wilgotności gazu.

GAS AS A MEDIUM IN ELECTRO-EROSION TREATMENT

Tadeusz Zaborowski

*Institute of Research and Scientific Expertise,
Górczyńska 21, 66-400 Gorzów Wielkopolski, Poland
tazab@sukurs2.pl*

Abstract

The paper presents the results of research on the use of gases (argon, helium, and nitrogen) in electro-discharge machining of materials. Attention was drawn to the importance of the humidity of these gases and their harmfulness in the processes of this treatment. The fact is that electrical discharge machining is an important element of removal machining processes. Therefore, it requires a special analysis of the process and safety (Fig. 1).

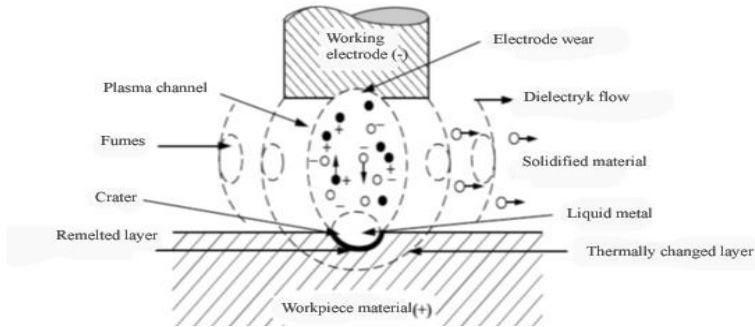


Fig. 1. EDM process

This is important because the following gases are used in the EDM process: argon, helium, nitrogen. In gas analysis, the most important is the measurement of humidity, which allows to determine the content of water vapor in the gas chamber. In gases, the phenomena of adsorption, absorption and desorption are dominant. If the surfaces of the materials in the construction of the gas tanks are much more humid than the gas itself, the balancing process will further increase the humidity of the gas.

WPLYW PARAMETRÓW CIĘCIA STRUMIENIEM WODY NA JAKOŚĆ POWIERZCHNI BLACH GRUBYCH W GATUNKU STALI AISi 316L

Tomasz Lipiński

*Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych,
ul. Oczapowskiego 11, 10-957 Olsztyn, Polska
tomekl@uwm.edu.pl*

Streszczenie

Stale odporne na korozję ciągle zyskują na popularności. Wzrost zainteresowania nimi wynika głównie z możliwości szerokiego zastosowania w przemyśle, jak również estetycznego wyglądu. Najczęściej stosowane są chromowo-niklowe stale odporne na korozję o mikrostrukturze austenitycznej. Do tej grupy należy stal z dodatkiem molibdenu w gatunku AISi 316L, wykorzystywana jest zazwyczaj w przemyśle: spożywczym, chemicznym, farmaceutycznym itp. Pomimo ulepszonej podatności na skrawanie należy do stali stosunkowo trudno poddających się cięciu. Trudność w obróbce skrawaniem wynika z jej wysokiego wydłużenia przekraczającego 40%, przy wytrzymałości na rozciąganie powyżej 520 MPa i twardości poniżej 215 HB.

Stal ta przygotowywana jest do produkcji poprzez cięcie na gilotynie, lasem, plazmą lub strumieniem wody. Blachy grube zazwyczaj cięte są w procesie plazmowym lub wodnym. Jakość powierzchni po procesie cięcia jest bardzo istotnym parametrem. Powierzchnia cięcia nie tylko powinna mieć walory estetyczne, ale również zapewniać odpowiednie parametry eksploatacyjne, np. gładkość powierzchni niezbędną do utrzymania wymaganych warunków sanitarnych. Przesłanka ta była powodem podjęcia badań zmierzających do wyjaśnienia, jak parametry cięcia strumieniem wody wpływają na jakość powierzchni blach grubych ze w gatunku stali AISi 316L. Badania przeprowadzono na blachach o grubości 12 i 25 mm. Dla tych grubości stali zostały wyznaczone maksymalne prędkości cięcia. W programie badań zastosowano prędkości wynoszące: 10, 30, 50, 70 i 90% maksymalnej prędkości cięcia. Wszystkie powierzchnie cięcia przewidziane do badań wykonano w kierunku prostopadłym do kierunku walcowania blach. Badaniom poddano powierzchnie otrzymane przy ustalonej prędkości cięcia. Przeprowadzono analizę jakości powierzchni dla każdej prędkości cięcia poprzez określenie parametrów geometrycznych. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że dla każdej grubości materiału można wyznaczyć optymalną prędkość cięcia, która nie powoduje minimalizacji odchyłki prostopadłości powierzchni cięcia w odniesieniu do powierzchni blachy.

INFLUENCE OF WATER JET CUTTING PARAMETERS ON THE SURFACE QUALITY OF AISi 316L THICK PLATES

Tomasz Lipiński

*University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Faculty of Technical Sciences,
Oczapowskiego 11 10-957 Olsztyn, Poland
tomekl@uwm.edu.pl*

Abstract

Corrosion resistant steels are constantly gaining in popularity. The increased interest in these steels results mainly from the possibility of wide application in industry as well as aesthetic appearance. The most commonly used are chromium-nickel corrosion-resistant steels with an austenitic microstructure. This group includes steel with the addition of molybdenum in the AISi 316L grade, which is usually used in the following industries: food, chemical, pharmaceutical, etc. This steel, despite its improved machinability, is relatively difficult to cut. The difficulty in machining this steel is due to its high elongation exceeding 40%, with tensile strength above 520 MPa and hardness below 215 HB.

This steel is prepared for production by cutting on a guillotine, laser, plasma or water jet. Heavy plates are usually cut in a plasma or water process. The quality of the surface after the cutting process is a very important parameter. The cutting surface should not only have aesthetic values, but also ensure appropriate operational parameters, e.g. surface smoothness necessary to maintain the required sanitary conditions. This premise was the reason for undertaking research aimed at explaining how the parameters of water jet cutting affect the surface quality of thick plates made of AISi 316L steel grade. The tests were carried out on sheets with a thickness of 12 and 25 mm. Maximum cutting speeds have been determined for these steel thicknesses. The following speeds were used in the test program: 10, 30, 50, 70 and 90% of the maximum cutting speed. All cutting surfaces intended for testing were made in the direction perpendicular to the direction of sheet rolling. Surfaces obtained at a fixed cutting speed were tested (sections necessary for the acceleration and deceleration of the process were omitted in the tests). An analysis of the surface quality was carried out for each cutting speed by determining the geometric parameters. As a result of the tests, it was found that for each material thickness, the optimum cutting speed can be determined, which does not minimize the deviation of the perpendicularity of the cutting surface in relation to the sheet surface.

PORÓWNANIE WYBRANYCH CECH STRUKTURY GEOMETRYCZNEJ POWIERZCHNI ELEMENTÓW WYKONANYCH FREZOWANIEM ORAZ DRAŻNIEM

Tomasz Paczkowski, Robert Polasik*

*Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Katedra Technik Wytwarzania,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska
robert.polasik@pbs.edu.pl

Streszczenie

Właściwości warstwy wierzchniej (WW) zależą między innymi od zjawisk zachodzących w trakcie jej konstytuowania. Są one odmienne w zależności od zastosowanej techniki wytwarzania. Odpowiednio dobrane parametry obróbki umożliwiają utworzenie warstwy wierzchniej o wymaganych właściwościach. W pracy przedstawiono metodykę, wyniki i analizę badań eksperymentalnych obróbki elektrochemicznej (ECM) z elektrodą drgającą oraz obróbki skrawaniem na sucho, mających na celu określenie wpływu zastosowanych parametrów na wybrane cechy struktury geometrycznej powierzchni (SGP). Dokonano porównania tych cech dla przedmiotów wykonanych z zastosowaniem obu technik.

Koncepcję badań obróbki oparto o model cybernetyczny, w którym wyróżniono zbiory czynników badanych, stałych, zakłócających i wynikowych. Badaniom poddano próbki wykonane ze stali stopowej do pracy na gorąco o oznaczeniu 2312, ulepszone cieplnie do twardości 35 HRC (wg PN-76/H-84030). Próbki obrabiano elektrochemicznie, a także frezowaniem.

W wyniku przeprowadzonego eksperymentu uzyskano powierzchnie o zbliżonych wartościach wybranych parametrów chropowatości, zarówno 2D, jak i 3D. Stwierdzono znaczne różnice w kierunkowości śladów poobróbkowych. Struktura powierzchni po obróbce frezowaniem, przy zastosowaniu odpowiednich warunków, może charakteryzować się wartościami parametrów ją opisujących, zbliżonych do tych uzyskiwanych po obróbce ECM. Uzyskiwane rezultaty uzależnione są zarówno od geometrii narzędzia, jak i posuwu – i w mniejszym stopniu prędkości skrawania.

Często ważniejszym parametrem od chropowatości powierzchni jest kształt nierówności i jednorodność obrobionej powierzchni. Cechą charakterystyczną obróbki ECM jest niewprowadzanie do warstwy wierzchniej własnych naprężeń wewnętrznych oraz zmian strukturalnych. Podczas obróbki ECM mogą wystąpić nadtrawienia na granicach ziaren, co może powodować obniżenie wytrzymałości na obciążenia cykliczne.

SELECTED SURFACE ROUGHNESS PARAMETERS ELEMENTS MADE BY MILLING AND ELECTROMACHINING COMPARISON

Tomasz Paczkowski, Robert Polasik*

*Bydgoszcz University of Science and Technology,
Faculty of Mechanical Engineering, Department of Manufacturing Techniques,
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland
robert.polasik@pbs.edu.pl

Abstract

The properties of the upper surface layer depend, among others, on the phenomena occurring during its constitution. They are different, depending on the manufacturing technique. Appropriately selected machining parameters make it possible to create a surface layer with the required properties (e.g. surface roughness parameters values). The paper presents the methodology, results and analysis of experimental studies of electrochemical machining (ECM) with a vibrating electrode and dry milling, aimed at determining the impact of the applied parameters on selected features of the surface roughness parameters. A comparison of these features was made for objects made using both techniques.

The concept of machining research was based on a cybernetic model, in which sets of tested, constant, disruptive and resultant factors were distinguished. The samples, made of alloy steel with the designation 2312, heat-treated to a hardness of 35 HRC (according to PN-76/H-84030), were tested. Samples were electrochemically treated and also milled.

As a result of the experiment, surfaces with similar values of selected roughness parameters, both 2D and 3D, were obtained. Significant differences in the directionality of post-machining marks were found. The surface structure after milling treatment, when appropriate conditions are applied, can be characterized by values of surface roughness parameters describing it, similar to those obtained after ECM machining. The results obtained depend on both the tool geometry and the feed rate and, to a lesser extent, the cutting speed.

Often a more important parameter than surface roughness is the shape of the unevenness and uniformity of the machined surface. A characteristic feature of ECM machining is that it does not introduce its own internal stresses and structural changes to the surface layer. Grit boundary etching can occur during ECM machining, which can result in reduced cyclical strength.

WPLYW PARAMETRÓW PROCESU SLM NA ODCHYLEKI WYMIAROWE PRODUKTU

Tomasz Zakrzewski^{1*}, Jerzy Kozak²

¹ *General Electric, Al. Krakowska 110/114, Warszawa 02-256, Polska*

² *Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa,
Al. Krakowska 110/114, Warszawa 02-256, Polska*

**tomasz.zakrzewski1979@gmail.com*

Streszczenie

Technologia przyrostowa (AM) wykorzystująca selektywne topienie laserowe (SLM) jest szeroko stosowana do wytwarzania części o skomplikowanych kształtach, wykonanych ze stopów metali, kompozytów i ceramiki. Jednym z głównych problemów SLM jest zapewnienie dokładności wymiarowej. W pracy przedstawiono badanie wpływu wybranych parametrów procesu SLM, takich jak moc lasera, prędkość skanowania, odległość między ścieżkami, grubość warstwy proszku oraz objętościowa gęstość energii na dokładność wymiarową wyrobu. Model matematyczny otrzymano na podstawie analizy wymiarowej opisującej zależność parametrów procesu SLM od odchylek wymiarowych wyrobu. Symulację komputerową procesu SLM przeprowadzono z wykorzystaniem oprogramowania COMSOL Multiphysics®. Teoretyczne wyniki zweryfikowano eksperymentalnie na stopach Cr-Co.

Jerzy Kozak jest profesorem zwyczajnym Instytutu Lotnictwa i emerytowanym profesorem Politechniki Warszawskiej. Jego zainteresowania badawcze obejmują techniki wytwarzania, w szczególności obróbki erozyjne oraz technologię przyrostową.

Tomasz Zakrzewski jest doktorem nauk technicznych i starszym inżynierem w GE Aerospace Polska. Jego zainteresowania badawcze obejmują techniki wytwarzania przyrostowego.

THE EFFECT OF OPERATING PARAMETERS OF SLM ON PRODUCT DIMENSIONAL DEVIATIONS

Tomasz Zakrzewski^{1*}, Jerzy Kozak²

¹ *General Electric, Krakowska 110/114, Warsaw 02-256, Poland*

² *Łukasiewicz Research Network – Institute of Aviation,
Krakowska 110/114, Warsaw 02-256, Poland*

**tomasz.zakrzewski1979@gmail.com*

Abstract

Additive technology (AM) using selective laser melting (SLM) is widely used to produce parts with complex shapes made of metal alloys, composites and ceramics. One of the main problems of SLM is ensuring dimensional accuracy. The paper presents the study of the influence of selected parameters of the SLM process, such as laser power, scanning speed, distance between tracks, powder layer thickness and volumetric energy density on the dimensional accuracy of the product. Mathematical model was obtained based on a dimensional analysis describing the dependence of the SLM process parameters on the dimensional deviations of the product. Computer simulation of the SLM process was carried out using COMSOL Multiphysics® software. Theoretical results were verified experimentally on Cr-Co alloys.

Jerzy Kozak is a full professor at the Institute of Aviation and emeritus professor at the Warsaw University of Technology. His research interests include manufacturing techniques, in particular erosion machining and additive technology.

Tomasz Zakrzewski is a PhD, Staff Engineer at the GE Aerospace Poland. His research interests include manufacturing techniques, in particular additive technology.

ROLLING-CREW CONCURRENT VIBRATION PLATFORM – VIBRATION CHARACTERISTICS AND MOTION OF GRANULAR MATERIAL IN THE HORIZONTAL PLANE

Wojciech Poćwiardowski

Bydgoszcz University of Science and Technology,
Faculty of Chemical Technology and Engineering,
3 Seminaryjna Street, 85-326 Bydgoszcz, Poland
wojciech.pocwiardowski@pbs.edu.pl

Abstract

The paper presents the characteristics of the rolling-screw vibration system with two vibrators. Theoretical dependencies for this drive causing circumferential vibrations on the OXY plane and vertical vibrations on the OZ axis were discussed. The phenomenon of self-synchronization occurring in this system has been described. The dependence of the peripheral velocity of the material on the size of the throw was determined.

The dynamics of the work of the rolling-screw vibration platform with two vibrators, working in a concurrent system, is influenced by the value of the force forcing the vibrations and the angle of inclination of the vibrators in relation to the horizontal.

The obtained results will allow to undertake optimization studies of the operation of the vibrating platform and to find its further applications, which will allow for the full use of the potential of the rolling-screw vibrating device in the industry.

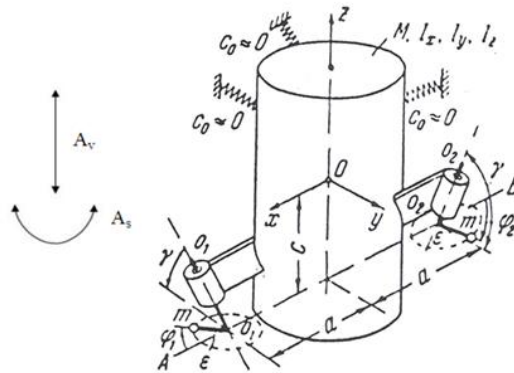


Fig. 1. Dynamic scheme of operation of a rolling-screw system driven by two synchronized rotary electro-vibrators

ZASTOSOWANIE WOLFRAMOWYCH STOPÓW CIĘŻKICH NA ELEKTRODY DO OBRÓBKI EDM

Zbigniew Gulbinowicz*, Dorota Oniszczyk-Świercz,
Olgierd Goroch, Paweł Skoczylas

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa, Polska
*zbigniew.gulbinowicz@pw.edu.pl

Streszczenie

W pracy przedstawiono technologię wytwarzania WSC metodą spiekania proszków z udziałem fazy ciekłej. Proces technologiczny wytwarzania stopów obejmuje mieszanie proszków W, Ni, Fe i innych w mieszalnikach bębnowych. Wymieszane proszki są zagęszczane na prasie kątowej, a następnie spiekane w piecu w atmosferze wodoru w temperaturze ok. 1500°C. Zależnie od wymaganych właściwości użytkowych zastosowano obróbkę cieplną i obróbkę plastyczną na zimno.

Na potrzeby eksperymentu obróbki EDM wyżej wymienioną metodą wytworzono trzy spieki różniące się składem chemicznym.

Tabela 1. Skład chemiczny elektrod roboczych

Próbka	A	B	C
W [%]	90,8	96,2	98,2
Ni [%]	6,2	2,8	1,4
Fe [%]	1,2	0,8	0,4
Co [%]	1,8	0,2	0
Gęstość [g/cm ³]	17,40	18,44	18,53

Następnie przeprowadzono eksperyment planowany do wyznaczenia wpływu parametrów obróbki elektroerozyjnej na wskaźniki obróbki EDM dla wytworzonych elektrod wolframowych. Po badaniach wstępnych stwierdzono, że parametrem zmiennym będzie natężenie prądu I , a stałymi czas trwania impulsu t_i oraz czas przerwy między impulsami t_p . Niezmienna była również głębokość drążenia wynosząca 0,3 mm. Obróbka została przeprowadzona z wykorzystaniem wodnego roztworu nafty za pomocą trzech elektrod różniących się składem chemicznym. Obrabianym materiałem był Inconel718. Otrzymane wyniki względnego zużycia elektrody roboczej mieściły się w zakresie od 0 do 10,84%, wydajność usuwania materiału od 1,8 do 43,5 mm³/min, a zużycie elektrody od 0 do 3,8 mm³/min, chropowatości R_a od 3,48 μm do 9,88 μm.

APPLIANCE OF TUNGSTEN HEAVY ALLOYS FOR EDM TOOL ELECTRODES

Zbigniew Gulbinowicz*, Dorota Oniszczyk-Świercz,
Olgiard Goroch, Paweł Skoczylas

*Warsaw University of Technology, Faculty of Mechanical and Industrial Engineering,
ul. Narbutta 85, 02-524 Warsaw, Poland*

**zbignew.gulbinowicz@pw.edu.pl*

Abstract

The paper presents the technology of WSC production by powder sintering with the use of a liquid phase. The technological process of alloy production includes mixing W, Ni, Fe and other powders in drum mixers. The mixed powders are pressed on a hydraulic press machine, and then they are sintered in a furnace at a temperature of approx. 1500°C in a hydrogen atmosphere. Depending on the required performance properties, heat treatment and plastic processing have been applied. For the purposes of the EDM machining experiment, three alloys with different chemical composition were produced using the above-mentioned method.

Table 1. Composition of tool

Sample	A	B	C
W [%]	90.8	96.2	98.2
Ni [%]	6.2	2.8	1.4
Fe [%]	1.2	0.8	0.4
Co [%]	1.8	0.2	0
Density [g/cm ³]	17.40	18.44	18.53

Next planned experiment was carried out to determine the influence of EDM machining parameters on the machining characteristics for different tungsten tool electrodes. After preliminary tests, it was found that the current I will be the variable parameter, and the pulse duration t_i and the time interval between pulses t_p will be constant. The drilling depth of 0.3 mm was also fixed. The treatment was carried out with the use of an aqueous kerosene solution using three tool electrodes with different chemical composition. Inconel718 was the machining material. The study showed that the relative wear of the tool electrode was in range from 0 to 10.84%, material removal rate MRR – from 1.8 to 43.5 mm³/min, tool wear rate – from 0 to 3.6 mm³/min and the roughness R_a was in range from 3.48 μm. to 9.88 μm.

NANOSTRUCTURE FORMATION DURING ELECTROSPARK ALLOYING

Oksana P. Gaponova^{1*}, Viacheslav B. Tarelnyk²,
Bogdan Antoszewski³, Nataliia V. Tarelnyk²

¹ Sumy State University, Applied Material Science and Technology of Constructional Materials Department, Rymkogo-Korsakova st., 2, 40007 Sumy, Ukraine

² Sumy National Agrarian University, Technical Service Department, H. Kondratiieva Str., 160, 40021 Sumy, Ukraine

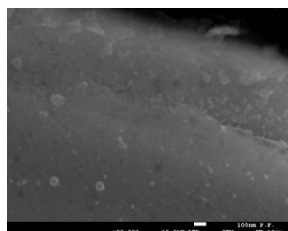
³ Kielce University of Technology, Faculty of Mechatronics and Mechanical Engineering, Laser Research Centre, Al. Tysiąclecia P.P. 7, Kielce, 25-314, Poland

*gaponova@pmtkm.sumdu.edu.ua

Abstract

There have been considered the features of the coating structure formation in the course of the ESA processing the Armco iron by the Mo-electrode with the use of the special processing media (SPM) composition with carbon nanotubes. The influence on the ESA regimes and the composition of the SPM on the microstructure and hardness of the coatings has been considered. The microstructures after the ESA studied. In the course of processing the Armco iron, with an increase in the discharge energy, the thickness and the continuity of the coating increases. In the microstructures, the nanoscale phases of 40 to 60 nm are detected (Fig. 1), and they are evenly distributed in the coatings. Adding the ARKEMA nanotubes provides an increase in hardness from 446 HV to 608 HV. Because of the ESA process, the coatings with a uniform distribution of molybdenum are formed. Carbon, apparently in the form of the carbon nanotubes, is concentrated on the surfaces of the samples being processed, regardless of the discharge energy during the ESA process. Their introduction to the SPM helps to increase hardness and continuity. The addition of nanotubes has a positive effect on the quality of coatings.

a)



b)



Fig. 1. The microstructures of the coatings on the Armco iron samples after the ESA process, the Mo- SPM -Mo coating obtained at $W_p = 0.52$ J, the – SPM is the multi-walled ARKEMA carbon nanotubes (0.2%) in the epoxy resin of Epoxy 510 type without a curing agent: at the magnification of: a – 50,000 times, b – 100,000 times

ANALYSIS OF ELECTRO-SPARK ALLOYING METHODS USING ONE-COMPONENT SPECIAL TECHNOLOGICAL ENVIRONMENTS

Viacheslav B. Tarelnyk¹, Oksana P. Gaponova^{2*}, Nataliia V. Tarelnyk¹,
Czesław Kundera³, Andriy V. Zahorulko⁴

¹ Sumy National Agrarian University, Technical Service Department,
H. Kondratiieva Str., 160, 40021 Sumy, Ukraine

² Sumy State University, Applied Material Science and Technology of Constructional
Materials Department, Rymskogo-Korsakova st., 2, 40007 Sumy, Ukraine

³ Kielce University of Technology, Faculty of Mechatronics and Mechanical Engineering,
Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, Poland

⁴ Sumy State University, Volodymyr Martsynkovskyy Computational Mechanics
Department, 2, Rymskogo-Korsakova st., 40007 Sumy, Ukraine

*gaponova@pmtkm.sumdu.edu.ua

Abstract

The paper presents an analysis of various technologies (aluminizing, cementation, nitriding, nitrocementation) of improving the quality parameters of the surface layers of parts, which were carried out by the method of electrospark alloying (ESA) and by additional saturation of surfaces with alloying elements from special technological environments (STE). During aluminizing as the discharge energy (Wp) increases, the thickness, microhardness of the "white" layer and the transition zone, the continuity and roughness of the surface increased. The layer consists of intermetallics of iron and aluminum, free aluminum. To reduce the roughness of the surface layer and to obtain continuous coatings, it is recommended to perform the ESA process with the same electrode (aluminum), but to do it at the lower modes. A comparative analysis of the quality parameters of the layer after traditional cementation – ESA with a carbon electrode (CESA) and the proposed one showed that after surface treatment according to the proposed technology, the surface roughness decreases. At the same time, the continuity of the doped layer increases to 100%, the depth of the carbon diffusion zone increases to 80 μm, as well as the microhardness of the "white" layer and its thickness, up to 9932 MPa and up to 230 μm, respectively. The analysis of the features of the structure formation of the surface layers of the carbon steels after the nitriding and nitrocarburizing processes by the ESA method with the use of the SPM has shown that the structures of the layers obtained consist of the three areas, namely the "white" layer, the diffusion zone, and the base metal. As the discharge energy increases, the thickness and microhardness of the "white" layer and the diffusion zone, as well as the roughness and the continuity of the surface, increase.