

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich
17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**STRESZCZENIA
REFERATÓW**

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Michał BATSCH, e-mail: mbatsch@prz.edu.pl

Katedra Konstrukcji Maszyn, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika
Rzeszowska

Łukasz KOCHMAŃSKI, e-mail: l.kochmanski@prz.edu.pl

Katedra Konstrukcji Maszyn, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika
Rzeszowska

STEROWANIE WIZYJNE MAŁYM EDUKACYJNYM RÓWNOLEGLYM ROBOTEM SCARA

Streszczenie: W pracy przedstawiono małego edukacyjnego równoległego robota typu SCARA wytworzonego metodą druku 3D. Zaprezentowano jego konstrukcję oraz przykładowe ćwiczenia laboratoryjne obejmujące: kinematykę odwrotną, pozycjonowanie końcówki robota na podstawie algorytmu przetwarzania obrazu, wykrywanie obiektów czy wykorzystanie sieci neuronowych do klasyfikacji wadliwych wyrobów.

Słowa kluczowe: robot SCARA, system wizyjny, sieci neuronowe, przetwarzanie obrazów, klasyfikacja, wytwarzanie przyrostowe

VISION BASED CONTROL OF SMALL EDUCATIONAL PARALLEL SCARA ROBOT

Abstract: The paper presents a small educational parallel SCARA robot manufactured with 3D printing. Its construction was shown along with the sample laboratory exercises such as inverse kinematics, tip positioning based on image processing, object detection and the use of neural networks to fault parts classification tasks.

Keywords: SCARA robot, vision system, neural networks, image processing, classification, additive manufacturing

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Jacek BERNACZEK, e-mail: jacek.bernaczek@prz.edu.pl
Politechnika Rzeszowska

Mariusz DĘBSKI, e-mail: m.debski@prz.edu.pl
Politechnika Rzeszowska

ANALIZA WYBRANYCH PARAMETRÓW POLISTYRENU WYSOKOUDAROWEGO

Streszczenie: Przedmiotem publikacji są wybrane badania wytrzymałościowe termoplastycznie kształtowanego materiału HIPS. Opracowano konstrukcję CAD modeli testowych oraz numeryczne dane do procesu przyrostowego. Wytworzone techniką FFF próbki poddano testom wytrzymałościowym oraz opracowano analizę wyników badań.

Słowa kluczowe: technika przyrostowa FFF, badania wytrzymałościowe, polistyren wysokoudarowy HIPS

ANALYSIS OF SELECTED PARAMETERS OF HIGH-IMPACT POLYSTYRENE

Abstract: The subject of the publication are selected strength tests of thermoplastically formed HIPS material. CAD construction of test models and numerical data for the additive process were developed. Samples produced using the FFF technique were subjected to strength tests and an analysis of the test results was developed.

Keywords: FFF additive technique, strength tests, HIPS high-impact polystyrene

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**Aleksandra BOCHENEK¹, Dominik MALARA^{1,2}, Tomasz KOZIOR^{1,2},
Jerzy BOCHNIA², Michał NAWOTKA¹**

e-mail: aleksandra.bochenek@gum.gov.pl; dominik.malara@gum.gov.pl;
tkozior@tu.kielce.pl; jbochnia@tu.kielce.pl; michal.nawotka@gum.gov.pl

¹Zakład Technologii Cyfrowych, Laboratorium Informatyki Metrologicznej,
Główny Urząd Miar

²Katedra Metrologii i Niekonwencjonalnych Metod Wytwarzania, Wydział
Mechatroniki i Budowy Maszyn, Politechnika Świętokrzyska

ANALIZA METROLOGICZNA WYNIKÓW SKANOWANIA 3D DLA PRÓBKII Z NIEWIELKIMI OTWORAMI

Streszczenie: Celem artykułu jest przedstawienie wyzwań w skanowaniu 3D dla elementów zawierających małe otwory w płaskiej płaszczyźnie, dla próbek wykonanych metodą FFF/FDM. Próbki skanowano w pozycji poziomej i pionowej, z kilkoma kątami skanowania. Przeprowadzone badania wykazują różne zależności i ograniczeń skanowania 3D, takie jak głębokości skanowania otworów i kąta skanera.

Słowa kluczowe: druk 3D, skanowanie 3D, FFF/FDM

METROLOGICAL ANALYSIS OF 3D SCANNING RESULTS FOR SAMPLE WITH SLIGHT OPENINGS

Abstract: Main focus of this work is place at challenges in 3D scanning for various small openings in flat plane, manufactured with FFF/FDM method. Samples were scanned in horizontal and vertical position, with few different angles of scanning. Research points out several dependences and limitations of 3D scanning such as, dependency of the depth of the scanning of the holes and angle of the scanner.

Keywords: 3D printing, 3D scanning, FFF/FDM

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Jerzy BOCHNIA, e-mail: jbochnia@tu.kielce.pl

Politechnika Świętokrzyska

Tomasz KOZIOR, e-mail: tkozior@tu.kielce.pl

Politechnika Świętokrzyska

Jiri HAJNYS, e-mail: jiri.hajnys@vsb.cz

VSB–Technical University of Ostrava

**PROBLEMY METROLOGICZNE POMIARÓW
WYTRZYMAŁOŚCI NA ROZCIĄGANIE PRÓBEK
CIENKOŚCIENNYCH WYTWARZANYCH
TECHNOLOGIAMI DRUKU 3D**

Streszczenie: Wytrzymałość na rozciąganie próbek cienkościennych wytwarzanych drukiem 3D różni się od wytrzymałości próbek typu solid, czyli posiadających grubość powyżej 2 mm. W pracy omówiono wyniki testów wytrzymałości na rozciąganie kilku serii pomiarowych różnych próbek. Oszacowano niepewność pomiarów wytrzymałości dla pojedynczych próbek oraz dla wykonanych serii pomiarowych.

Słowa kluczowe: druk 3D, wytrzymałość na rozciąganie, próbki cienkościenne, niepewność pomiarów.

**METROLOGICAL PROBLEMS OF TENSILE STRENGTH
MEASUREMENTS OF THIN-WALLED SPECIMENS
MANUFACTURED BY 3D PRINTING TECHNOLOGIES**

Abstract: The tensile strength of thin-walled specimens produced by 3D printing differs from the strength of solid-type specimens, i.e. those with a thickness of over 2 mm. The paper discusses the results of tensile strength tests of several measurement series of different specimens. The uncertainty of strength measurements for individual samples and for the measurement series performed was estimated.

Keywords: 3D printing, tensile strength, thin-walled specimens, measurement uncertainty.

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Anna BUJARSKA, e-mail: abujarska@tu.kielce.pl

Paweł ZMARZŁY, e-mail: pzmarzl@tu.kielce.pl

Politechnika Świętokrzyska

**OCENA WPŁYWU ZAPISU PLIKU CYFROWEGO NA
WYNIK WYZNACZANIA OCHYLEK KSZTAŁTU MODELI
WYKONANYCH TECHNOLOGIĄ OSADZANIA
TOPLIWEGO MATERIAŁU**

Streszczenie: Jednym ze sposobów określenia dokładności wykonania elementów o zarysie cylindrycznym jest pomiar odchyłki walcowości. Taki pomiar może wykryć defekty, które powstają na skutek procesu druku 3D. Wiele badań pomija wpływ sposobu zapisów plików cyfrowych STL, na formowanie się błędów kształtu elementów cylindrycznych. Przeprowadzone badania wykazały, że sposób zapisu ma wpływ na wynik wyznaczenia odchyłki walcowości.

Słowa kluczowe: druk 3D, plik STL, odchyłka kształtu

**EVALUATION OF THE INFLUENCE OF DIGITAL FILE
RECORDING ON THE RESULT OF DETERMINING THE
SHAPE DIVISION OF MODELS MADE BY FUSED
DEPOSITION TECHNOLOGY**

Abstract: One method to determine the manufacturing accuracy of cylindrical shape components is to measure the cylindricity deviation. Such a measurement can detect defects that arise from the 3D printing process. Many studies have ignored the effect of the way STL digital files are written, on the formation of shape errors in cylindrical parts. Studies have shown that the method of recording influences the result of determining the cylindricity deviation.

Keywords: 3D printing, STL file, shape deviation

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Piotr CICHOSZ, e-mail: piotr.cichosz@proximo.aero
Proximo Aero Sp. z o.o.

Jacek BERNACZEK, e-mail: jacek.bernaczek@prz.edu.pl
Politechnika Rzeszowska

ANALIZA PROCESU WYTWARZANIA PROTOTYPU ZAWORU PALIWOWEGO

Streszczenie: Przedmiotem publikacji są badania w zakresie wytworzenia prototypu zaworu jednokierunkowego instalacji paliwowej. Opracowano konstrukcję zaworu CAD oraz przeprowadzono numeryczną analizę rozkładu naprężeń metodą elementów skończonych MES. Na podstawie wyników przedmiotowych badań wytworzono prototypy fizyczne zaworu techniką hybrydową RP/VC.

Słowa kluczowe: technika przyrostowa, odlewanie próżniowe, zawór instalacji paliwowej

ANALYSIS OF THE FUEL VALVE PROTOTYPE MANUFACTURING PROCESS

Abstract: The subject of the publication is research on the production of a prototype of a one-way valve for a fuel system. The CAD valve design was developed and a numerical analysis of the stress distribution was performed using the finite element method FEM. Based on the results of the research, physical prototypes of the valve were produced using the hybrid RP/VC technique.

Keywords: additive technology, vacuum casting, fuel system valve

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Dominik CIOK

Przemysław SIEMIŃSKI, e-mail: przemyslaw.sieminski@pw.edu.pl

**PORÓWNANIE KILKU METOD KALIBRACJI
REGULATORA PID STERUJĄCEGO GRZAŁKĄ
W GŁOWICY DRUKARKI 3D FDM/FFF**

Streszczenie: W pracy przedstawiono porównanie wyników kalibracji regulatora PID sterującego temperaturą grzałki dyszy drukarki 3D FDM/FFF, tak aby uzyskać najbardziej stabilną temperaturę bloku grzejnego i dyszy. Przetestowano metody: Zieglera-Nicholsa, Tyreusa-Luybena, oscylacji tłumionych, Pessena oraz standardowy „PID Tuning”.

Słowa kluczowe: druk 3D, FDM, FFF, kalibracja, PID, temperatura

**COMPARISON OF SEVERAL CALIBRATION METHODS
FOR THE PID TEMPERATURE CONTROLLER OF THE HEATER
IN FDM/FFF 3D PRINTER HEAD**

Abstract: The paper presents a comparison of calibration results of the PID temperature controller for the nozzle in FDM/FFF 3D printer head. Efforts were made to obtain the most stable temperature of the heating block and printing nozzle. The following methods were tested: Ziegler-Nichols, Tyreus-Luyben, damped oscillations, Pessen and standard "PID Tuning". The effectiveness of thermal insulation of the heating block was also checked. damped oscillation method.

Keywords: 3D printing, FDM, FFF, calibration, PID, temperature

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Adam CISOWSKI, e-mail: adam.cisowski.dokt@pw.edu.pl
Politechnika Warszawska, Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej
Michał KOWALIK, e-mail: mk@rebuild3dcp.com
REbuild sp. z o.o.

WPŁYW GEOMETRII PRZEKROJU NA KONCENTRACJĘ NAPRĘŻEŃ W ELEMENTACH BETONOWYCH DRUKOWANYCH 3D

Streszczenie: Przedstawione w pracy badania uproszczonych próbek drukowanych z betonu o różnych przekrojach wykazały, że geometria ścieżek istotnie wpływa na rozkład naprężeń na łączeniach warstw (koncentracje naprężeń). Badania zrealizowano w ramach projektu „Innowacyjny system wytwarzania zbrojonych wydruków 3DCP” współfinansowanego przez NCBiR - Ścieżka dla Mazowsza.

Słowa kluczowe: koncentracja naprężeń, karb, beton, druk 3D, 3DCP, MES, DIC

IMPACT OF CROSS-SECTION GEOMETRY ON STRESS CONCENTRATION IN 3D-PRINTED CONCRETE ELEMENTS

Abstract: Studies of simplified 3D printed concrete samples with different cross-sections showed that path geometry significantly affects stress distribution at layer joints (stress concentrations). The project was co-financed by NCBiR under the "Innovative system for producing reinforced 3DCP prints" Ścieżka dla Mazowsza.

Keywords: stress concentration, notch, concrete, 3D printing, 3DCP, FEM, DIC

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Mariusz DĘBSKI, e-mail: m.debski@prz.edu.pl

Bogdan KOZIK, e-mail: bogkozik@prz.edu.pl

Politechnika Rzeszowska

Piotr NIEŚLONY, e-mail: p.nieslony@po.edu.pl

Politechnika Opolska

ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCI PRÓBEK WYTWARZANYCH HYBRYDOWYMI METODAMI RAPID PROTOTYPING

Streszczenie: Przedmiotem artykułu są badania tomografii komputerowej oraz wytrzymałości na skręcanie próbek wytwarzanych hybrydowo. W publikacji przedstawiono wpływ technologii odlewania (próżniowego oraz atmosferycznego) na wytrzymałość modeli badawczych.

Słowa kluczowe: technologie przyrostowe, materiały polimerowe, tomografia komputerowa, badania wytrzymałościowe

STRENGTH ANALYSIS OF SAMPLES MANUFACTURED BY HYBRID RAPID PROTOTYPING METHODS

Abstract: The subject of the article is research on computed tomography and torsional strength of hybrid-manufactured samples. The publication presents the impact of casting technology (vacuum and atmospheric) on the strength of the test models.

Keywords: additive technologies, polymer materials, computed tomography, strength tests

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Tomasz DZIUBEK, Bartłomiej SOBOLEWSKI, Wiktor GUZY
e-mail: tdziubek@prz.edu.pl; b_sobolewski@prz.edu.pl,
Politechnika Rzeszowska, Katedra Konstrukcji Maszyn

ANALIZA WYBRANYCH PARAMETRÓW PRACY WIRNIKÓW WENTYLATORA OSIOWEGO WYKONANEGO Z ZASTOSOWANIEM TECHNOLOGII ADDYTYWNEJ

Streszczenie: W pracy przedstawiono analizę wybranych parametrów pracy 5 wariantów geometrii wirników wentylatora osiowego. Na opracowanym autorskim stanowisku badawczym porównano kolejno prędkość powietrza generowaną przez wirnik, głośność, a także kształt strugi powietrza. Badane wirniki wykonane zostały z zastosowaniem przyrostowej techniki FFF.

Słowa kluczowe: wirnik, 3D-CAD, druk 3D, technologia FFF

ANALYSIS OF SELECTED PARAMETERS OF AXIAL FAN IMPELLERS MANUFACTURED WITH THE USE OF ADDITIVE TECHNOLOGY

Abstract: The paper presents an analysis of selected operating parameters of 5 variants of axial fan impeller geometry. The air velocity generated by the impeller, noise level, and air stream shape were compared on the developed original test stand. The tested impellers were made using the incremental FFF technique.

Keywords: impeller, 3D-CAD, 3D print, FFF technology

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Aleksy FIGURSKI, e-mail: aleksy.figurski.dokt@pw.edu.pl

Michał KOWALIK, e-mail: michal.kowalik@pw.edu.pl

Politechnika Warszawska

Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej

MECHANIZMY PODATNE WYTWARZANE PRZY UŻYCIU METOD PRZYROSTOWYCH

Streszczenie: Praca dotyczy wykorzystania tworzyw sztucznych w szybkim prototypowaniu mechanizmów podatnych z użyciem metod przyrostowych. Omówiono kluczowe materiały, zalety oraz wyzwania, a także potencjał optymalizacji i innowacji w projektowaniu nowoczesnych rozwiązań inżynierskich.

Słowa kluczowe: druk 3d, mechanizmy podatne, tworzywa sztuczne

COMPLIANT MECHANISMS PRODUCED WITH THE USE OF ADDITIVE MANUFACTURING METHODS

Abstract: The research concerns the use of plastics in the rapid prototyping of compliant mechanisms using additive manufacturing methods. It discusses key materials, advantages, and challenges, as well as the potential for optimization and innovation in designing modern engineering solutions.

Keywords: 3D printing, compliant mechanism, plastics

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**Paweł FUDALI, Patrycja JAGIEŁOWICZ, Adam KALINA,
Piotr POŁOWNIAK, Mariusz SOBOLAK, Waldemar WITKOWSKI,**
e-mail: pfudali@prz.edu.pl; pejagielowicz@prz.edu.pl; akalina@prz.edu.pl;
piotr@prz.edu.pl; msobolak@prz.edu.pl; wwitkowski@prz.edu.pl
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza,
Katedra Konstrukcji Maszyn

POMIAR ŚLADU STYKU PRZEKŁADNI O SINUSOIDALNYM ZARYSIE Z UŻYCIEM FOLII DO POMIARU NACISKÓW

Streszczenie: Głównym celem przedstawionych badań było sprawdzenie możliwości wykorzystania folii naciskowych do pomiaru powierzchni styku zazębiających się sinusoidalnych kół zębatych drukowanych w technologii 3D. Badania obejmowały między innymi: analizę styku zębów (CAD); analizę styku zębów z obciążeniem (MES); przeprowadzenie eksperymentów na stanowisku badawczym dla kilku typów folii do pomiaru ciśnienia; przygotowanie programu do analizy obrazu próbek.

Słowa kluczowe: Ślad styku, przekładnia zębata, szybkie prototypowanie, folia naciskowa

MEASUREMENT OF THE CONTACT SURFACE AREA OF SINUSOIDAL GEARS BY USING PRESSURE MEASUREMENT FILMS

Abstract: The main goal of the presented research was to check the possibility of using Prescale pressure measurement film to measure the contact area of meshing 3D printed sinusoidal gears. The research included among others: Tooth Contact Analysis (CAD); Loaded Tooth Contact Analysis (FEM); Conducting experiments for several types of pressure measurement films on the test stand; Preparing a program for image of samples analysis.

Keywords: contact trace, gear, rapid prototyping, surface profiler film

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Bartosz GAPIŃSKI, e-mail: bartosz.gapinski@put.poznan.pl
Politechnika Poznańska

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA MICRO-CT DO OCENY WYDRUKÓW 3D

Streszczenie: Tematyka publikacji dotyczy możliwości zastosowania niemedycznej tomografii komputerowej do oceny elementów wykonanych technikami przyrostowymi. Jednym z kluczowych aspektów, oprócz kontroli wymiarów geometrycznych m.in. przestrzeni zamkniętych, jest ocena nierówności powierzchni będących efektem procesu wytwarzania przyrostowego. Dotyczy to zarówno odchyłek kształtu, jak i topografii powierzchni. Jednym z najbardziej istotnych aspektów jest możliwość oceny powierzchni typu re-entrant powstających m.in. podczas laserowego spiekania proszków metali. Rzeczywisty zarys takiej struktury możliwy jest do zobrazowania jedynie przy zastosowaniu mikrotomografów komputerowych.

Publikacja dofinansowana ze środków budżetu państwa w ramach programu Ministra Nauki pod nazwą „Wiarygodność pomiarów nierówności powierzchni na micro-CT (Tomo-Surf)”, nr projektu PM-II/SP/0103/2024/02, kwota dofinansowania: 798 540,16 zł, całkowita wartość projektu: 798 540,16 zł.

Słowa kluczowe: micro-CT, druk 3D, nierówności powierzchni, powierzchnie typu re-entrant

POSSIBILITIES OF USING MICRO-CT TO EVALUATE 3D PRINTED SAMPLES

Abstract: The focus of this publication is on the potential application of non-medical computed tomography for evaluating components produced through additive manufacturing techniques. A key aspect, in addition to assessing the geometrical dimensions of features such as confined spaces, is the evaluation of surface irregularities that result from the 3D printing process. This includes both form deviations and surface topography. One of the most important aspects is the ability to assess re-entrant surfaces that form, for example, during the laser sintering of metal powders. The actual geometry of such structures can only be visualized and measured using computed microtomography (micro-CT).

Publication co-financed from the state budget under the program of the Minister of Science called "Reliability of surface roughness measurements on micro-CT" project number PM-II/SP/0103/2024/02, amount of funding PLN 798 540.16 ; total value of the project PLN 798 540.16

Keywords: micro-CT, 3D printing, surface irregularities, re-entrant surface

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Dominik GŁĄB, e-mail: dominik.glab@asp.waw.pl
Akademia Sztuk Pięknych w Warszawie, Wydział Wzornictwa

ZAAWANSOWANE MODELOWANIE POWIERZCHNI KLASY A: OD KRZYWYCH G3 DO PROTOTYPÓW 3D

Streszczenie: Powierzchnie klasy A są kluczowe w projektowaniu produktów, szczególnie w motoryzacji, RTV, AGD i opakowaniach. Muszą być wolne od defektów, cechować się płynnością i doskonałym odbiciem światła. Programy CAD umożliwiają tworzenie precyzyjnych powierzchni z krzywymi wyższego rzędu, a druk 3D wspiera szybkie prototypowanie, co pozwala na weryfikację formy i ergonomii przed produkcją masową.

Słowa kluczowe: powierzchnie klasy A, modelowanie 3D, ciągłość G3, CAD, druk 3D, szybkie prototypowanie, estetyka przemysłowa, krzywe wyższego rzędu, ergonomia produktu

ADVANCED CLASS A SURFACE MODELING: FROM G3 CURVES TO 3D PROTOTYPES

Abstract: Class A surfaces are crucial in product design, especially in the automotive, electronics, home appliances, and packaging industries. These surfaces must be free of defects, characterized by smoothness, and exhibit excellent light reflection. CAD programs enable the creation of precise surfaces using higher-order curves, while 3D printing supports rapid prototyping, allowing verification of form and ergonomics before mass production.

Keywords: class A surfaces, 3D modelling, G3 continuity, CAD, 3D printing, Rapid prototyping, industrial aesthetics, higher-order curves, product ergonomics

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Tomasz DZIUBEK, e-mail: tdziubek@prz.edu.pl
Bartłomiej SOBOLEWSKI, e-mail: b_sobolewski@prz.edu.pl
Małgorzata GONTARZ-KULISIEWICZ, e-mail: m.gontarz@prz.edu.pl
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza,
al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

WPŁYW GĘSTOŚCI STRUKTURY WEWNĘTRZNEJ NA DOKŁADNOŚĆ GEOMETRYCZNĄ PRÓBEK WYKONANYCH Z WYBRANYCH MATERIAŁÓW PROTOTYPOWYCH

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki pomiarów węższej części kształtki używanej do próby jednokierunkowego rozciągania, wykonanej w technologii FFF z sześciu materiałów prototypowych (ABS, PLA, HABS, PC/ABS, UniHIPS, S&S). Badano wpływ zastosowanej gęstości struktury wewnętrznej w zależności od materiału na dokładność geometryczną próbek.

Słowa kluczowe: technologia MEX, technologia FFF, struktura wewnętrzna, dokładność geometryczna

THE EFFECT OF THE DENSITY OF THE INTERNAL STRUCTURE ON THE GEOMETRIC ACCURACY OF SAMPLES MADE FROM SELECTED PROTOTYPE MATERIALS

Abstract: The paper presents the measurement results of the narrower part of the sample used for the unidirectional tensile test, made using FFF technology from six prototype materials (ABS, PLA, HABS, PC/ABS, UniHIPS, S&S). The influence of the applied density of the internal structure, depending on the material, on the geometric accuracy of the samples was examined.

Keywords: MEX technology, FFF technology, internal structure, geometric accuracy

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Roman GRYGORUK¹, e-mail: roman.grygoruk@pw.edu.pl, **Joanna KOLMAS²**,
Ewa BEDNARCZYK¹, **Łukasz PAJCHEL²**, **Mariusz FABIJAŃSKI¹**

¹Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Technologiczny,

²Warszawski Uniwersytet Medyczny, Wydział Farmaceutyczny,
Katedra i Zakład Chemii Farmaceutycznej i Biomateriałów

TECHNOLOGICZNE ASPEKTY WYTWARZANIA STRUKTUR CIENKOŚCIENNYCH OPARTYCH O MIESZANKI PA-HA W PROCESIE SLS

Streszczenie: W pracy przedstawiono technologiczne aspekty wytwarzania struktur cienkościennych opartych na mieszance proszku poliamidu PA2201 z hydroksyapatytem w procesie przyrostowego spiekania wiązką lasera - SLS. Analizie poddane zostały struktury powstające w wyniku spiekania jednej lub dwóch warstw nanoszonego proszku.

Słowa kluczowe: spiekanie laserowe, poliamid, hydroksyapatyt,

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF MANUFACTURING THIN-WALLED STRUCTURES BASED ON PA-HA MIXTURE IN SLS PROCESS

Abstract: The paper presents the technological aspects of manufacturing thin-walled structures based on a mixture of polyamide PA2201 powder with hydroxyapatite in the process of additive laser beam sintering - SLS. The structures formed by sintering one or two layers of the coated powder were analyzed.

Keywords: laser sintering, polyamide, hydroxyapatite

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**Katarzyna GRZYWACZ-DANIELEWICZ, Grzegorz BUDZIK,
Małgorzata ZABORNIAK**

e-mail: d617@stud.prz.edu.pl; gbudzik@prz.edu.pl; mzab@prz.edu.pl
Politechnika Rzeszowska, Katedra Konstrukcji Maszyn

ANALIZA TECHNOLOGII PRZYROSTOWYCH W OPRACOWANIU SPERSONALIZOWANYCH ORTEZ NADGARSTKA

Streszczenie: Praca przedstawia metodologię projektowania spersonalizowanej ortozy nadgarstka. Dane obrazowe uzyskano przy użyciu fotogrametrii oraz skanowania 3D, następnie w oparciu o narzędzia inżynierii odwrotnej wykonano model 3D-CAD stabilizatora. Ortezę wytworzono przy użyciu drukarki 3D metodą FFF, z materiału PLA.

Słowa kluczowe: orteza, druk 3D, fotogrametria, skanowanie 3D

ANALYSIS OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF PERSONALIZED WRIST BRACES

Abstract: The work presents a methodology for designing a personalized wrist brace. Image data was obtained using photogrammetry and 3D scanning, then a 3D-CAD model of the stabilizer was created based on reverse engineering tools. The orthosis was manufactured using a 3D printer using the FFF method, from PLA material.

Keywords: ortesis, 3D printing, photogrammetry, 3D scanning

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Józef JANCZURA, e-mail: janczurajozef@gmail.com,
Grzegorz BUDZIK, e-mail: gbudzik@prz.edu.pl,
Mariusz DĘBSKI, e-mail: m.debski@prz.edu.pl,
Politechnika Rzeszowska

WPŁYW OBRÓBKII CIEPLNEJ NA WYTRZYMAŁOŚĆ PRÓBEK WYTWARZANYCH METODĄ POLYJET

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań próbek wykonanych technologią PolyJet z materiału Digital ABS Plus. W publikacji omówiono również sposób wykonania elementów poddanych badaniom, proces obróbki cieplnej, a także zmiany właściwości materiału w wyniku tej obróbki.

Słowa kluczowe: technologie przyrostowe, obróbka cieplna, technologia PolyJet, właściwości wytrzymałościowe

EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE STRENGTH OF SAMPLES MANUFACTURED BY THE POLYJET METHOD

Abstract: The article presents the results of tests on samples made using PolyJet technology from Digital ABS Plus material. The publication also discusses the method of making the elements subjected to tests, the heat treatment process, and changes in the material properties as a result of this treatment.

Keywords: additive technologies, heat treatment, PolyJet technology, strength properties

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Hubert JANIEC, e-mail: hubiteam00@gmail.com
Patrycja PAJĄK, e-mail: 177461@stud.prz.edu.pl
Joanna PATER, e-mail: 177462@stud.prz.edu.pl
Konrad KIJ, e-mail: konradkij1@gmail.com
Michał JUDA, e-mail: 166841@stud.prz.edu.pl
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

**POSTER PREZENTUJĄCY WYNIKI WSPÓŁPRACY
KOŁA NAUKOWEGO SZYBKIEGO
PROTOTYPOWANIA I WZORNICTWA
PRZEMYSŁOWEGO Z TEATREM MASKA
W RZESZOWIE**

Streszczenie: Tematem postera jest przedstawienie ostatniej współpracy koła naukowego RPCAM PRZ z Teatrem Maska w Rzeszowie. Celem współpracy było opracowanie przez członków koła elementów scenografii sztuki pod tytułem „Pinok.IO”.

Słowa kluczowe: RPCAM PRZ, metody RP, druk 3D, Politechnika Rzeszowska, koło naukowe, działalność studencka, Katedra Konstrukcji Maszyn, Teatr Maska

**POSTER PRESENTING THE RESULTS OF COOPERATION OF
THE SCIENCE CLUB OF RAPID PROTOTYPING AND
INDUSTRIAL DESIGN WITH THEATER MASKA IN RZESZÓW**

Abstract: The subject of the post is to present the recent cooperation of the RPCAM PRZ science club with the Maska Theater in Rzeszow. The purpose of the cooperation was to develop elements of the scenography of the play entitled “Pinok.IO” by members of the club.

Keywords: RPCAM PRZ, RP methods, 3D printing, Rzeszow University of Technology, science club, student activities, Department of Mechanical Engineering, "Maska" Theatre

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Katarzyna JASIK, e-mail: katarzyna.jasik@wat.edu.pl
Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Mechanicznej
Instytut Robotów i Konstrukcji Maszyn

DOBÓR PARAMETRÓW WYTWARZANIA PRZYROSTOWEGO STALI 17-4 PH METODĄ MEX

Streszczenie:

W pracy przedstawiono wyniki doboru parametrów wytwarzania przyrostowego elementów ze stali 17-4 PH wykonanych w technice MEX. Na podstawie zawartego przeglądu literatury przedstawiono wnioski uzasadniające podjętą tematykę. Przedstawione zostały również wstępne wyniki badań obejmujące stworzenie macierzy parametrów, wytworzenie elementów modelowych i ich podstawowe analizy strukturalne, umożliwiające wybór określonych parametrów wytwarzania, które pozwolą na dalsze badania aplikacyjności stali 17-4 PH wytwarzanej przyrostowo techniką MEX.

Słowa kluczowe: stal 17-4 PH, wytwarzanie przyrostowe, druk 3D, MEX, parametry procesu

SELECTION OF ADDITIVE MANUFACTURING PARAMETERS FOR 17-4 PH STEEL USING THE MEX METHOD

Abstract: The paper presents the results of parameter selection for additive manufacturing of 17-4 PH steel components using the MEX technique. Based on a comprehensive literature review, the conclusions justify the chosen research topic. Preliminary research results are also presented, including the creation of a parameter matrix, the production of model elements, and their basic structural analyses. These analyses enable the selection of specific manufacturing parameters that will allow for further studies on the applicability of 17-4 PH steel produced additively using the MEX technique.

Keywords: 17-4 PH steel, additive manufacturing, 3D printing, MEX, process parameters

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Jerzy JÓZWIK

e-mail: j.jozwik@pollub.pl

Polska Unia Metrologiczna, Politechnika Lubelska

POLSKA UNIA METROLOGICZNA INTEGRATOREM METROLOGII W POLSCE

Streszczenie: Polska Unia Metrologiczna (PUM) została powołana z inicjatywy Ministerstwa Edukacji i Nauki. Na podstawie zlecenia Ministra z dnia 30.08.2021r. Politechnika Lubelska zobowiązała się do wykonania zadania pn.: „Utworzenie i koordynowanie działalności Polskiej Unii Metrologicznej (PUM)”. Głównym celem jej utworzenia było sieciowanie i pozycjonowanie działań w obszarze polskiej metrologii, wyznaczanie kierunków badań i rozwoju oraz pro-mocja innowacji, wsparcie rozwoju kadr, organizacja forów, konferencji i kongresów. Pierwsza edycja Zadania zaplanowana była na lata 2021-2023. To właśnie w tym czasie do PUM dołączyło 40 jednostek stowarzyszonych. Nowa edycja programu Polska Unia Metrologiczna zaplanowana na lata 2024-2026 to kontynuacja dotychczasowych kluczowych założeń i nowe projekty odpowiadające potrzebom środowiska. Na podstawie zlecenia Ministra Nauki Politechnika Lubelska zobowiązała się do wykonania zadania pn. „Wzmocnienie i gruntowanie działalności Polskiej Unii Metrologicznej (PUM) w Polsce” polegającego na zwiększeniu poziomu aktywności uczniów szkół ponadpodstawowych, studentów, towarzystw i stowarzyszeń, otoczenia społeczno-biznesowego i przedsiębiorców w obszarze metrologii. Zgodnie z założeniami nowego zadania Polska Unia Metrologiczna swoimi działaniami dąży do zwiększenia dostępności do informacji o posiadanym przez jednostki naukowe i możliwym do wykorzystania dla wszystkich grup docelowych zapleczu badawczym poprzez opracowanie i wdrożenie Kiosku Usług Metrologicznych. Jest to forma udostępnienia usług badawczych z wykorzystaniem stworzonej w poprzedniej edycji programu – Bazy Infrastruktury Metrologicznej. BIM będzie stanowiło jądro nowego systemu usług. Dzięki temu Kiosk Usług Metrologicznych będzie oferował najnowszą kluczową infrastrukturę metrologiczną. Budowa Kiosku Usług Metrologicznych pozwoli na efektywny przepływ informacji o posiadanym i możliwym do wykorzystania zapleczu badawczym. PUM organizuje – na wyraźną prośbę metrologów - dwie międzynarodowe konferencje metrologiczne „New Trends of Metrology” oraz Kongres Gospodarczy „Metrologia Przyszłości”. Konferencja będzie nawiązywać do cieszącej się dużym zainteresowaniem konferencji „New Trends in Metrology 2022”. Z kolei kolejny już Kongres Gospodarczy z pewnością przyczyni się do zainicjowania współpracy i promowaniu doktoratów wdrożeniowych, a także stworzy możliwości zdobywania przez doktorantów praktycznego doświadczenia w przedsiębiorstwach przemysłowych, w tym również przy wykorzystaniu potencjału laboratoryjnego Głównego Urzędu Miar. Ponadto zaplanowane są minimum trzy edycje Warsztatów Metrologicznych dla młodych pracowników nauki oraz studentów i uczniów szkół ponadpodstawowych z wykorzystaniem infrastruktury metrologicznej Głównego Urzędu Miar oraz laboratoriów wiodących ośrodków naukowych. Polska Unia Metrologiczna dąży, aby informacje o istotnej roli metrologii dla rozwoju i funkcjonowania współczesnego świata dotarła do jak najszerzego grona odbiorców.

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

W realizacji powyższego celu kluczowa jest obecność przedstawicieli PUM na różnego rodzaju piknikach naukowych, eventach związanych z tematyką metrologiczną oraz współorganizowanie konkursu wiedzy metrologicznej dla uczniów szkół ponadpodstawowych. PUM przewiduje również organizację mobilnych laboratoriów metrologicznych, które pozwolą na wykorzystywanie narzędzi pomiarowych i zwiększy dostęp do nowoczesnych metod dydaktyczno-badawczych. Mobilne Laboratoria Metrologiczne będą bazowały na walizkowych zestawach pomiarowych, które zostaną wyposażone w sprzęt pomiarowy łatwy do przemieszczania i realizacji pokazów oraz ćwiczeń w szkołach i organizacjach zajmujących się kształceniem młodzieży. Głównym zadaniem Mobilnych Laboratoriów Metrologicznych jest docieranie do szkół ponadpodstawowych i jednostek kształcenia młodzieży o ograniczonym dostępie do aparatury pomiarowej i badawczej (w tym m.in. z obszarów wiejskich i małych miasteczek) oraz rozbudzanie wśród młodzieży zainteresowania metrologią, kształtowanie świadomości metrologicznej oraz techniczne ukierunkowywanie dalszego rozwoju edukacyjnego. Planowana jest również współorganizacja konkursów wiedzy o metrologii METROLIGA w szczególności wiedzy o „metrologii na zielono”. Podsumowując, wymienione powyżej pięć głównych działań, które zostaną zrealizowane w obecnej edycji Zadania są ambitnymi pomysłami, których realizacja gwarantuje zaistnienie metrologii w świadomości społeczeństwa oraz zapewni lepszą integrację środowiska metrologicznego i ułatwi mu codzienną współpracę.

Słowa kluczowe: metrologia, Polska Unia Metrologiczna, infrastruktura metrologiczna, promocja, transfer wiedzy

POLISH METROLOGICAL UNION AS AN INTEGRATOR OF METROLOGY IN POLAND

Keywords: metrology, Polish Metrological Union, metrological infrastructure, promotion, knowledge transfer

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Konrad KIJ, e-mail: konradkij1@gmail.com
Hubert JANIEC, e-mail: hubiteam00@gmail.com
Michał JUDA, e-mail: 166841@stud.prz.edu.pl
Patrycja PAJĄK, e-mail: 177461@stud.prz.edu.pl
Joanna PATER, e-mail: 177462@stud.prz.edu.pl
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

PREZENTACJA DZIAŁALNOŚCI KOŁA NAUKOWEGO SZYBKIEGO PROTOTYPOWANIA I WZORNICTWA PRZEMYSŁOWEGO RPCAM PRZ

Streszczenie: W pracy przedstawiono projekty i działalność koła z okresu roku akademickiego 2023/2024. Prezentacja poruszać będzie problemy z jakimi członkowie koła spotkali się podczas tworzenia projektów oraz nakreśli działalność koła i jego osiągnięcia w ubiegłym roku akademickim, jak i nakreśli w jakim kierunku będzie rozwijać się koło naukowe w nadchodzącym roku akademickim.

Słowa kluczowe: RPCAM PRZ, metody RP, druk 3D, Politechnika Rzeszowska, koło naukowe, działalność studencka, Katedra Konstrukcji Maszyn

PRESENTATION OF THE ACTIVITIES OF THE SCIENCE CLUB OF RAPID PROTOTYPING AND INDUSTRIAL DESIGN RPCAM PRZ

Abstract: The paper will present the club's projects and activities from the 2023/2024 academic year. The presentation will touch on the problems that the members of the club encountered during the creation of the projects and outline the club's activities and achievements in the past academic year, as well as outline in what direction the club will develop in the upcoming academic year.

Keywords: RPCAM PRZ, RP methods, 3D printing, Rzeszow University of Technology, science club, student activities, Department of Mechanical Engineering

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Konrad KIJ, Konradkij1@gmail.com
Hubert JANIEC, hubiteam00@gmail.com
Dawid GIERULA, 166833@stud.prz.edu.pl
Joanna PATER, 177462@stud.prz.edu.pl
Patrycja PAJĄK, 177461@stud.prz.edu.pl

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

**PROJEKT RADIATORA WYKONANEGO
ADDYTYWNIEM NA POTRZEBY KONKURSU – „2024
ASME K-16/IEEE EPS HEAT SINK DESIGN
COMPETITION”**

Streszczenie: Na plakacie przedstawiono pracę członków koła naukowego RPCAM PRz nad projektem radiatora wykonanego w technologii addytywnej. Geometria została przeanalizowana z użyciem oprogramowania Ansys Fluent.

Słowa kluczowe: RPCAM PRz, druk 3D, Politechnika Rzeszowska, koło naukowe, działalność studencka, Katedra Konstrukcji Maszyn, konkurs

**RADIATOR DESIGN MADE ADDITIVELY FOR THE „2024 ASME
K-16/IEEE EPS HEAT SINK DESIGN COMPETITION”
COMPETITION**

Abstract: The poster presents the work of members of the RPCAM PRz science club on the design of a heat sink made using additive technology. The geometry was analysed using Ansys Fluent software.

Keywords: RPCAM PRz, 3D printing, Rzeszow University of Technology, science club, student activities, Department of Mechanical Engineering, competition

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Agnieszka KLIMEK, Lucjan ŚNIEŻEK, Janusz KLUCZYŃSKI,
e-mail: agnieszka.klimek@wat.edu.pl; lucjan.sniezek@wat.edu.pl;
janusz.kluczynski@wat.edu.pl
Instytut Robotów i Konstrukcji Maszyn, Wydział Inżynierii Mechanicznej,
Wojskowa Akademia Techniczna

WYKORZYSTANIE UCZENIA MASZYNOWEGO W CELU PROGNOZOWANIA POROWATOŚCI ELEMENTÓW ZE STALI 42CRMO4 WYTWORZONYCH PRZYROSTOWĄ TECHNIKĄ PBF-LB/M

Streszczenie: W pracy przedstawiono wykorzystanie nadzorowanego uczenia maszynowego - algorytmu RFR (Random Forest Regression) - do prognozowania porowatości elementów ze stali 42CrMo4 wytworzonych z wykorzystaniem techniki PBF-LB/M w zależności od parametrów wytwarzania elementu (moc lasera, prędkość naświetlania, odległość ścieżek).

Słowa kluczowe: porowatość, uczenie maszynowe, las losowy, stapianie w łożu proszkowym

APPLICATION OF MACHINE LEARNING TO PREDICT POROSITY OF 42CRMO4 STEEL COMPONENTS MANUFACTURED BY PBF-LB/M TECHNIQUE

Abstract: The paper presents the application of supervised machine learning algorithm – RFR (Random Forest Regression) to predict porosity of 42CrMo4 steel components manufactured by PBF-LB/M technique depends on process parameters as laser power, scanning speed and hatch distance.

Keywords: porosity, machine learning, random forest, powder bed fusion

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**Janusz KLUCZYŃSKI, Ireneusz SZACHOGŁUCHOWICZ,
Jakub ŁUSZCZEK, Lucjan ŚNIEŻEK, Krzysztof GRZELAK, Janusz
TORZEWSKI, Katarzyna JASIK, Janusz MIERZYŃSKI, Marta LIPIŃSKA**

e-mail: janusz.kluczynski@wat.edu.pl

Instytut Robotów i Konstrukcji Maszyn, Wydział Inżynierii Mechanicznej,
Wojskowa Akademia Techniczna, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

**WYNIKI BADAŃ WSTĘPNYCH DWUELEMENTOWYCH,
ZOPTYMALIZOWANYCH TOPOLOGICZNIE KÓŁ
ZĘBATYCH WYTWORZONYCH
Z WYKORZYSTANIEM TECHNIKI SLM I POŁĄCZEŃ
KSZTAŁTOWO-WCISKOWYCH Z LASEROWO
UTWARDZANYMI ŚCIEŻKAMI**

Streszczenie: W niniejszej pracy przedstawiono wstępne wyniki badań strukturalnych i wytrzymałościowych połączeń kształtowo-wciskowych z laserowo utwardzonymi ścieżkami wykorzystanych do wykonania kół zębatych składających się z konwencjonalnie wytworzonego wieńca zębatego i przyrostowo wytworzonej piasty.

Słowa kluczowe: wytwarzanie przyrostowe, selektywne stapianie laserowe, koła zębate, połączenia kształtowo - wciskowe

**PRELIMINARY RESEARCH RESULTS OF MODULAR,
TOPOLOGICALLY OPTIMIZED GEAR WHEELS PRODUCED
VIA SLM TECHNOLOGY AND FORM-FITTING LASER-
STRENGTHENED CONNECTIONS**

Abstract: This study presents preliminary results of structural and strength analyses of form-fitting connections with laser-strengthened paths, used in the production of gears comprising a conventionally manufactured gear rim and an additively manufactured hub.

Keywords: Additive Manufacturing, Selective Laser Melting, gears, form-fitting connections

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Rafał KOCHAŃSKI, e-mail: rkochanski@edu.erzeszow.pl
Szkoła Podstawowa nr 25 w Rzeszowie,
Zespół Szkół Muzycznych nr 2 w Rzeszowie, Centrum Młodzieży w Rzeszowie

**DRUK 3D JAKO NARZĘDZIE ROZWIJANIA
KREATYWNOŚCI I MYŚLENIA PRZESTRZENNEGO
W EDUKACJI WCZESNOSZKOLNEJ.**

Streszczenie: W pracy przedstawiono jak druk 3D w szkołach podstawowych wspiera rozwój kreatywności i myślenia przestrzennego uczniów, jak Minecraft Education i Tinkercad, można wykorzystać do tworzenia modeli 3D oraz jak innowacyjne metody nauki wprowadzają młodych w świat nowoczesnych technologii.

Słowa kluczowe: druk 3d, Minecraft Education, Tinkercad

**3D PRINTING AS A TOOL FOR DEVELOPING CREATIVITY AND
SPATIAL THINKING IN EARLY SCHOOL EDUCATION**

Abstract: The paper presents how 3D printing in primary schools supports the development of students' creativity and spatial thinking, how Minecraft Education and Tinkercad can be used for creating 3D models, and how innovative learning methods introduce young students to the world of modern technologies.

Keywords: 3D printing, Minecraft Education, Tinkercad

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Michał KOWALIK,

e-mail: michal.kowalik@pw.edu.pl

Mateusz PAPIS,

e-mail: mateusz.papis@pw.edu.pl

Politechnika Warszawska

Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej

OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA DRUKU 3D NA POTRZEBY OSÓB NIEWIDOMYCH I NIEDOWIDZĄCYCH

Streszczenie: Praca przedstawia wyniki badań nad możliwością zastosowania technik wytwarzania przyrostowego w odtwarzaniu obiektów dziedzictwa narodowego na potrzeby osób niewidomych i niedowidzących. Projekt „Poprawa dostępności do kultury oraz aktywizacja osób niepełnosprawnych i wykluczonych społecznie” jest współfinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Gospostrateg VI / 0022/2021

Słowa kluczowe: druk 3D, FMD, SLA, dostępność

INVESTIGATING THE FEASIBILITY OF USING 3D PRINTING FOR VISUALLY IMPAIRED PEOPLE

Abstract:

The paper presents the results of a study on the feasibility of using incremental manufacturing techniques in the reproduction of national heritage objects with a focus on the needs of blind and visually impaired people. The project is co-financed by the National Center for Research and Development under the project entitled "Improving access to culture and activation of disabled and socially excluded people" Gospostrateg VI / 0022/2021

Keywords: 3D printing, FMD, SLA, accessibility

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Natalia KOWALSKA, e-mail: nkowska@tu.kielce.pl
Sławomir BŁASIAK, e-mail: sblasiak@tu.kielce.pl
Michał SKRZYNIARZ, e-mail: mskrzyniarz@tu.kielce.pl
Wiktor SZOT, e-mail: wszot@tu.kielce.pl
Paweł SZCZYGIEŁ, e-mail: pszczygiel@tu.kielce.pl
Mateusz RUDNIK, e-mail: mrudnik@tu.kielce.pl
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach,
Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

OBRÓBKA WYKOŃCZENIOWA CIECZĄ FERROMAGNETYCZNĄ ELEMENTÓW WYTWARZANYCH W TECHNOLOGII MEX

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczącego wpływu obróbki cieczą o właściwościach ferromagnetycznych ze ścierniwem na chropowatość powierzchni próbek wydrukowanych w technologii MEX. Próbkę zostały wydrukowane z materiału TPU 95A. W badaniu wykorzystano ścierniwo składające się z: żelaza karbonylowego oraz węgliku krzemu.

Słowa kluczowe: MEX, TPU, obróbka wykończeniowa, chropowatość powierzchni

FERROMAGNETIC LIQUID FINISHING OF MEX COMPONENTS

Abstract: This paper presents the results of a study on the effect of treating ferromagnetic liquid with an abrasive on the surface roughness of MEX-printed samples. The samples were printed from TPU 95A material. The abrasive used in the study consisted of: carbonyl iron and silicon carbide.

Keywords: MEX, TPU, finishing, surface roughness

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Bogdan KOZIK, e-mail: bogkozik@prz.edu.pl,
Mariusz DĘBSKI, e-mail: m.debski@prz.edu.pl,
Jadwiga PISULA, e-mail: jpisula@prz.edu.pl
Politechnika Rzeszowska

PRÓBY TRWAŁOŚCIOWE PAR KÓŁ ZĘBATYCH WYKONANYCH METODAMI RAPID PROTOTYPING

Streszczenie: Artykuł przedstawia wyniki badań trwałościowych par kół zębatach wykonanych metodami szybkiego prototypowania. Na modele badawcze kół do badań stanowiskowych zastosowano kopolimer ABS oraz poliuretan PU 5286.

Słowa kluczowe: szybkie prototypowanie, materiały polimerowe, badania trwałościowe

DURABILITY TESTS OF GEAR PAIRS MADE BY RAPID PROTOTYPING METHODS

Abstract: The article presents the results of durability tests of pairs of gears made using rapid prototyping methods. The research models of gears for bench tests were made of ABS copolymer and PU 5286 polyurethane.

Keywords: rapid prototyping, polymer materials, durability tests

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Tomasz KOZIOR, e-mail: tkoziior@tu.kielce.pl

Politechnika Świętokrzyska

Jerzy BOCHNIA, e-mail: jbochnia@tu.kielce.pl

Politechnika Świętokrzyska

Jiri HAJNYS, e-mail: jiri.hajnys@vsb.cz

VSB–Technical University of Ostrava

ANALIZA POMIARÓW POWIERZCHNI KSZTAŁTOWANYCH Z WYKORZYSTANIEM DRUKU 3D

Streszczenie: Technologiczna warstwa wierzchnia w procesie drukowania 3D na bazie proszków metali przy użyciu technologii laserowych PBF wykazuje wyraźne różnice w zależności od użytego materiału. W pracy przedstawiono wady wytwarzanych powierzchni w zależności od zastosowanych parametrów technologicznych, a także omówiono problemy pomiarowe głównie urządzeń optycznych.

Słowa kluczowe: druk 3D, morfologia powierzchni, pomiary metrologiczne powierzchni

ANALYSIS OF MEASUREMENTS OF SURFACES SHAPED USING 3D PRINTING

Abstract: The technological surface in 3D printing process based on metal powders using PBF laser technologies shows differences depending on the material used. The paper presents defects of the manufactured surfaces depending on the technological parameters, and discusses measurement problems mainly of optical devices.

Keywords: 3D printing, surface morphology, metrological surface measurements

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**Jolanta KRÓLCZYK, Grzegorz BUDZIK, Michał WIECZOROWSKI,
Piotr NIEŚŁONY, Grzegorz KRÓLCZYK, Lidia MARCINIAK-PODSADNA,
Bartosz GAPIŃSKI, Mariusz DĘBSKI, Łukasz PRZESZŁOWSKI**

e-mail: j.krolczyk@po.edu.pl; gbudzik@prz.edu.pl,
michal.wieczorowski@put.poznan.pl; p.nieslony@po.edu.pl; g.krolczyk@po.edu.pl;
lidia.marciniak-podsadna@put.poznan.pl; bartosz.gapinski@put.poznan.pl;
m.debski@prz.edu.pl; lprzeszl@prz.edu.pl

Politechnika Opolska
Politechnika Rzeszowska
Politechnika Poznańska

WYTWARZANIE STRUKTUR SZKIELETOWYCH METODĄ DRUKU 3D

Streszczenie: Tematyka publikacji dotyczy metodyki projektowania i wytwarzania struktur szkieletowych metodą druku 3D. W procesie projektowania zostały wzięte pod uwagę materiały stosowane w technologiach przyrostowych, a także sposób budowy modelu ze względu na grubość nakładanych warstw. Analizie poddano również same procesy przyrostowe w odniesieniu do pomiarów geometrycznych konstrukcji, jak też w zakresie specyfiki budowy warstw modelu badawczego.

Publikacja dofinansowana ze środków budżetu państwa w ramach programu Ministra Nauki pod nazwą „Metodologia pomiaru oraz analizy geometrii struktur szkieletowych i skorupowych obiektów wytwarzanych przyrostowo” nr projektu PM-II/SP/0085/2024/02, kwota dofinansowania 949 553,80 zł, całkowita wartość projektu 949 553,80 zł.

Słowa kluczowe: technologie przyrostowe, struktury szkieletowe

MANUFACTURING SKELETAL STRUCTURES BY 3D PRINTING METHOD

Abstract: The subject of the publication concerns the methodology of designing and manufacturing skeletal structures using the 3D printing method. In the design process, the materials used in additive technologies were analyzed, as well as the method of building the model due to the thickness of the applied layers. The incremental processes themselves were also analyzed in relation to the geometric measurements of the structure as well as in the scope of the specificity of the construction of the layers of the research model.



VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Publication co-financed from the state budget under the program of the Minister of Science called "Methodology of measurement and analysis of the geometry of skeletal and shell structures of additively manufactured objects" project number PM-II/SP/0085/2024/02, amount of funding PLN 949,553.80, total value of the project PLN 949,553.80.

Keywords: additive manufacturing, skeletal structures



VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Agnieszka ŁAGODA, e-mail: a.lagoda@po.edu.pl
Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny

ATOMIZACJA ULTRADŹWIĘKOWA ODPADÓW NA PRZYKŁADZIE STALI MS1

Streszczenie: W pracy wykorzystano atomizację ultradźwiękową. Stopiona stal MS1 spadając na sonotrodę i wibrując z odpowiednią częstotliwością, rozbijana była na cząstki. Proces pozwolił na recykling odpadów z druku 3D, przekształcając je ponownie w proszek gotowy do kolejnych wydruków. Z 8 kg odpadów uzyskano 4 kg czystego proszku i zbadano jego własności.

Słowa kluczowe: atomizacja ultradźwiękowa, stal maraging MS1, druk 3D, recykling

ULTRASONIC ATOMIZATION OF MS1 STEEL WASTE

Abstract: Ultrasonic atomization was used in the study. Molten MS1 steel, upon falling onto a sonotrode and vibrating at the appropriate frequency, was pulverized. The process enabled the recycling of 3D printing waste, converting it back into powder ready for further prints. From 8 kg of waste, 4 kg of pure powder was obtained and its properties were examined.

Keywords: ultrasonic atomization, MS1 maraging steel, 3D printing, recycling

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Jakub ŁUSZCZEK, Lucjan ŚNIEŻEK, Krzysztof GRZELAK,
e-mail: jakub.luszczek@wat.edu.pl; lucjan.sniezek@wat.edu.pl;
krzysztof.grzelak@wat.edu.pl

Instytut Robotów i Konstrukcji Maszyn, Wydział Inżynierii Mechanicznej,
Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego,
ul. Gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

**BADANIE PRZEBIEGU ZUŻYCIA ZMĘCZENIOWEGO
POWIERZCHNI BOCZNYCH ZĘBÓW KÓŁ ZĘBATYCH
WYTWARZANYCH KONWENCJONALNIE
I PRZYROSTOWO ZE STALI 21NICRMO2**

Streszczenie: W pracy przedstawiono porównawczą analizę wyników zużycia zmęczeniowego powierzchni bocznych zębów kół zębatych wytworzonych techniką SLM i konwencjonalnie (obróbka obwiedniowa) ze stali 21NiCrMo2. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem stanowiska laboratoryjnego pracującego w układzie mocy krążącej.

Słowa kluczowe: trwałość stykowa, koła zębate, SLM, 21NiCrMo2

**INVESTIGATION OF THE FATIGUE WEAR PROGRESSION ON
THE FLANK SURFACES OF GEARS MANUFACTURED
CONVENTIONALLY AND ADDITIVELY FROM 21NICRMO2
STEEL**

Abstract: The study presents a comparative analysis of fatigue wear on the flank surfaces of gear teeth manufactured using the SLM method and conventional hobbing from 21NiCrMo2 steel. The tests were conducted using a laboratory setup operating in a circulating power system.

Keywords: contact fatigue, gears, SLM, 21NiCrMo2

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**Marek MAGNISZEWSKI, Grzegorz BUDZIK, Danuta RAK,
Łukasz PRZESZŁOWSKI, Łukasz KOCHMAŃSKI**

e-mail: magniszewski@prz.edu.pl; gbudzik@prz.edu.pl;
danuta_projektyiskolenia@wp.pl; lprzeszl@prz.edu.pl; l.kochmanski@prz.edu.pl

Politechnika Rzeszowska
3DR studio projektowo szkoleniowe Danuta Rak

**ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII PRZYROSTOWYCH
DO WYTWARZANIA ELEMENTÓW BEZZAŁOGOWYCH STATKÓW
POWIETRZNYCH**

Streszczenie: Artykuł przedstawia możliwości zastosowanie technologii przyrostowych do wytwarzania elementów konstrukcyjnych bezzałogowych statków powietrznych. Opisano wyniki badań elementów nośnych dronów w zakresie wytrzymałości statycznej.

Słowa kluczowe: technologie przyrostowe, statki powietrzne

**APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES
FOR MANUFACTURING ELEMENTS
OF UNMANNED AIRCRAFT**

Abstract: The article presents the possibilities of using additive technologies for manufacturing structural elements of unmanned aerial vehicles. The results of tests of load-bearing elements of drones in terms of static strength are described.

Keywords: additive manufacturing, unmanned aircraft

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**Dominik MALARA^{1,2}, Aleksandra BOCHENEK¹,
Tomasz KOZIOR^{1,2}, Michał NAWOTKA¹**

e-mail: dominik.malara@gum.gov.pl; aleksandra.bochenek@gum.gov.pl;
tkozior@tu.kielce.pl; michal.nawotka@gum.gov.pl

¹Zakład Technologii Cyfrowych, Laboratorium Informatyki Metrologicznej,
Główny Urząd Miar

²Katedra Metrologii i Niekonwencjonalnych Metod Wytwarzania, Wydział
Mechatroniki i Budowy Maszyn, Politechnika Świętokrzyska

OCENA STRUKTURY GEOMETRYCZNEJ POWIERZCHNI MODELI WYKONANYCH W TECHNOLOGII SLS

Streszczenie Celem badań było porównanie wyników badań struktury geometrycznej powierzchni modeli wytwarzanych technologią Selektynego Spiekania Laserowego. Badania zostały przeprowadzone z wykorzystaniem trzech różnych systemów pomiarowych takich jak: Różnicowania Ogniskowego, Interferometrii, Konfokalnej i metody stykowej.

Słowa kluczowe: Druk 3D, topografia powierzchni, Selektynne Spiekanie Laserowe

SURFACE STRUCTURE ASSESSMENT OF SLS-MODELS

Abstract: The aim of the research was to compare the results of geometric structure measurements of the surfaces of models produced by Selective Laser Sintering technology. The research was carried out using three different measurement systems such as Focus Variation, Interferometry, Confocal and the stylus method.

Keywords: 3D printing, surface topography, Selective Laser Sintering

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Dariusz MIKA¹, Jerzy JÓZWIK²

e-mail: dmika@panschelm.edu.pl; j.jozwik@pollub.pl

¹Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Chełmie

²Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny

SZYBKIE PROTOTYPOWANIE I TECHNOLOGIE PRZYROSTOWE W ZASTOSOWANIACH INŻYNIERSKICH I MEDYCZNYCH

Streszczenie: Wymagania dotyczące precyzyjnej produkcji są kluczem do zapewnienia jakości i niezawodności części inżynierskich i implantów biomedycznych. Technika stapiania proszku umożliwia tworzenie złożonych i silnie spersonalizowanych implantów dostosowanych do potrzeb pacjenta z wysokim stopniem precyzji. Technologia ta rewolucjonizuje przemysł biomedyczny, torując drogę nowej erze medycyny spersonalizowanej. Omówiono druk 3D metodą stapiania proszku i jego zastosowanie w dziedzinie biomedycyny oraz wielu innych zastosowaniach inżynierskich. Podano obszary, w których druk 3D metodą stapiania proszku został pomyślnie wdrożony, gdzie wymagane są precyzyjne komponenty, np. wkręty, implanty i „rusztowania” dla inżynierii tkankowej. Omówiono zalety i ograniczenia stosowania drukowania 3D metodą stapiania proszku pod względem precyzji, personalizacji i opłacalności. Podkreślono wyzwania i perspektywy technologii drukowania 3D metodą stapiania proszku.

Słowa kluczowe: druk 3D, szybkie prototypowanie, zastosowania inżynierskie, zastosowania biomedyczne; produkcja addytywna; implanty; produkcja precyzyjna

RAPID PROTOTYPING AND ADDITIVE TECHNOLOGIES IN ENGINEERING AND MEDICAL APPLICATIONS

Abstract: The requirements for precise manufacturing are key to ensuring the quality and reliability of engineering parts and biomedical implants. Powder fusion technology is a solution that enables the creation of complex and highly personalized implants tailored to the patient's needs with a high degree of precision. This technology is revolutionizing the biomedical industry, paving the way for a new era of personalized medicine. This review discusses powder fusion 3D printing and its application in the field of biomedicine and many other engineering applications. It provides an overview of the areas where powder fusion 3D printing has been successfully implemented, where precision components are required, e.g. screws, implants,

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

and "scaffolds" for tissue engineering. It also discusses the advantages and limitations of powder fusion 3D printing technology in terms of precision, personalization, and cost-effectiveness. It highlights the current challenges and prospects of powder fusion 3D printing technology.

Keywords: 3D printing, rapid prototyping, engineering applications, biomedical applications; additive manufacturing; implants; precision manufacturing

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Mateusz MUSIAŁEK, Jerzy BOCHNIA, Tomasz KOZIÓR,
e-mail: mmusialek@tu.kielce.pl; jbochnia@tu.kielce.pl; tkoziór@tu.kielce.pl;

ANALIZA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH PRÓBEK CIENKOŚCIENNYCH WYTWARZANYCH W TECHNOLOGII FDM

Streszczenie: W pracy szczegółowo przeanalizowano wpływ najważniejszych parametrów technologicznych druku 3D na wytrzymałość na zginanie próbek wykonanych z polimerów PLA i ABS, z wykorzystaniem technologii FDM. Przeprowadzone badania objęły szeroki zakres próbek o różnorodnych grubościach, w tym zarówno grubościach niestandardowych, jak i znormalizowanych, co pozwoliło na precyzyjną ocenę, jak zmiany w grubości nakładanej warstwy wpływają na właściwości mechaniczne badanych materiałów. Ze względu na swoje unikalne cechy, takie jak niska masa, wysoka wytrzymałość i wszechstronność zastosowania, cienkościenne elementy polimerowe są szeroko stosowane w różnych sektorach przemysłu, od motoryzacji po lotnictwo i medycynę. W szczególności ABS, znany z doskonałych właściwości konstrukcyjnych, jest powszechnie używany w produkcji elementów wymagających wysokiej odporności na obciążenia mechaniczne. Technologie przyrostowe, takie jak FDM, stanowią innowacyjne podejście do produkcji, umożliwiając szybkie i efektywne tworzenie skomplikowanych modeli z zachowaniem precyzji geometrycznej, co jest kluczowe dla elementów cienkościennych. Analiza wyników badań dostarcza cennych informacji na temat optymalizacji procesu drukowania 3D, przyczyniając się do dalszego rozwoju inżynierii mechanicznej i wzrostu efektywności w produkcji elementów cienkościennych, które są coraz częściej stosowane w nowoczesnych konstrukcjach inżynierskich. Wnioski z tych badań mogą być kluczowe dla doskonalenia metod projektowania i wytwarzania w branży, wpływając na przyszłe standardy i praktyki w zakresie technologii druku 3D.

Słowa kluczowe: elementy cienkościenne, druk 3D, FDM

ANALYSIS OF MECHANICAL PROPERTIES OF THIN-WALLED SAMPLES MANUFACTURED BY FDM TECHNOLOGY

Abstract: The paper provides a detailed analysis of the influence of the most important technological parameters of 3D printing on the bending strength of samples made of PLA and ABS polymers using FDM technology. The conducted studies covered a wide range of samples

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

with various thicknesses, including both non-standard and standardized thicknesses, which allowed for a precise assessment of how changes in the thickness of the applied layer affect the mechanical properties of the tested materials. Due to their unique features, such as low weight, high strength and versatility of application, thin-walled polymer elements are widely used in various industrial sectors, from automotive to aviation and medicine. In particular, ABS, known for its excellent structural properties, is commonly used in the production of elements requiring high resistance to mechanical loads. Additive technologies such as FDM are an innovative approach to production, enabling fast and efficient creation of complex models while maintaining geometric precision, which is crucial for thin-walled elements. The analysis of the research results provides valuable information on the optimization of the 3D printing process, contributing to the further development of mechanical engineering and increasing the efficiency in the production of thin-walled elements, which are increasingly used in modern engineering structures. The conclusions from this research can be crucial for improving design and manufacturing methods in the industry, influencing future standards and practices in the field of 3D printing technology.

Keywords: thin-walled elements, 3D printing, FDM

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**Piotr NIEŚLONY, Grzegorz BUDZIK, Mariusz DĘBSKI
Michał WIECZOROWSKI, Jolanta KRÓLCZYK
Lidia MARCINIAK-PODSADNA, Grzegorz KRÓLCZYK, Bartosz GAPIŃSKI,
Łukasz PRZESZŁOWSKI**

e-mail: p.nieslony@po.edu.pl; gbudzik@prz.edu.pl; m.debski@prz.edu.pl,
michal.wieczorowski@put.poznan.pl; j.krolczyk@po.edu.pl;
lidia.marciniak-podsadna@put.poznan.pl; g.krolczyk@po.edu.pl;
bartosz.gapinski@put.poznan.pl; lprzeszl@prz.edu.pl

Politechnika Opolska
Politechnika Rzeszowska
Politechnika Poznańska

**MOŻLIWOŚCI POMIARU STRUKTUR CIENKOŚCIENNYCH WYTWARZANYCH
PRZYROSTOWO**

Streszczenie: Tematyka artykułu dotyczy analizy możliwości pomiaru struktur cienkościennych wytwarzanych przyrostowo. W celu doboru metod pomiarowych wykonano specjalne próbki o przekroju zamkniętym w kształcie okręgu i kwadratu przy założeniu różnych grubości ścianek. Analizie poddano sposoby pomiaru struktury geometrycznej powierzchni zewnętrznych i wewnętrznych dla różnych metod druku 3D. Publikacja dofinansowana ze środków budżetu państwa w ramach programu Ministra Nauki pod nazwą „Metodologia pomiaru oraz analizy geometrii struktur szkieletowych i skorupowych obiektów wytwarzanych przyrostowo” nr projektu PM-II/SP/0085/2024/02, kwota dofinansowania 949 553,80 zł, całkowita wartość projektu 949 553,80 zł.

Słowa kluczowe: technologie addytywne, pomiary geometryczne

**MEASUREMENT POSSIBILITIES OF ADDITIVELY MANUFACTURED THIN-
WALLED STRUCTURES**

Abstract: The subject of the article concerns the analysis of the possibilities of measuring thin-walled structures manufactured additively. In order to select measurement methods, special samples with a closed cross-section in the shape of a circle and a square were made, assuming different wall thicknesses. The methods of measuring the geometric structure of external and internal surfaces for different 3D printing methods were analyzed.



VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Publication co-financed from the state budget under the program of the Minister of Science called "Methodology of measurement and analysis of the geometry of skeletal and shell structures of additively manufactured objects" project number PM-II/SP/0085/2024/02, amount of funding PLN 949,553.80, total value of the project PLN 949,553.80.

Keywords: additive manufacturing, geometric measurements



VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**Mariusz OLEKSY¹, Kacper KROCZEK², Katarzyna BULANDA¹,
Rafał OLIVA¹, Marek POTOCZEK³, Grzegorz BUDZIK⁴, Paweł TUREK⁵,
Łukasz PRZESZŁOWSKI⁴, Tomasz DZIUBEK⁴, Łukasz URAM⁶**
e-mail: molek@prz.edu.pl; d554@stu.prz.edu.pl; k.bulanda@prz.edu.pl;
oliwa@prz.edu.pl; potoczek@prz.edu.pl; gbudzik@prz.edu.pl;
pturek@prz.edu.pl; lprzeszl@prz.edu.pl; tdziubek@prz.edu.pl;
luram@prz.edu.pl

¹Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Katedra Kompozytów Polimerowych, al. Powstańców Warszawy 6, Rzeszów

²Szkoła Doktorska Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza, al. Powstańców Warszawy 12, Rzeszów

³Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Katedra Technologii i Materiałoznawstwa Chemicznego, al. Powstańców Warszawy 6, Rzeszów

⁴Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Katedra Konstrukcji Maszyn, al. Powstańców Warszawy 8, Rzeszów

⁵Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Katedra Techniki Wytwarzania i Automatykacji, ul. W. Pola 2, budynek C, Rzeszów

⁶Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Katedra Chemii Nieorganicznej i Analitycznej, al. Powstańców Warszawy 6, Rzeszów

MATERIAŁY POLIMEROWE DO ZASTOSOWAŃ MEDYCZYNYCH

Streszczenie: Implanty polimerowe wytwarzane metodą druku 3D są coraz częściej stosowane w medycynie. Dzięki tej nowoczesnej technologii można produkować implanty o bardzo precyzyjnych kształtach, co pozwala na ich lepsze dopasowanie do anatomicznych warunków pacjenta. Niniejsza praca dotyczy wykorzystania kompozytów na podstawie wybranych polimerów z dodatkiem wytypowanych napełniaczy do zastosowań w chirurgii szczękowej, neurochirurgii i urologii.

Słowa kluczowe: druk 3D, kompozyty polimerowe, implanty, medycyna

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

POLYMER MATERIALS FOR MEDICAL APPLICATIONS

Abstract: Polymer implants manufactured using 3D printing are increasingly used in medicine. This modern technology allows for the production of implants with very precise shapes, which allows for their better adjustment to the patient's anatomical conditions. This work concerns the use of composites based on selected polymers with the addition of selected fillers for applications in maxillofacial surgery, neurosurgery and urology.

Keywords: 3D printing, polymer composites, implants, medicine

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Jacek PACANA, e-mail: pacanaj@prz.edu.pl
Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa,
Katedra Konstrukcji Maszyn

DOKŁADNOŚĆ WYMIAROWA KÓŁ ZĘBATYCH DLA PRZEKŁADNI FALOWEJ WYTWORZONYCH METODĄ MEM

Streszczenie: W pracy przedstawiono proces kontroli podstawowych parametrów geometrycznych dla koła podatnego i koła sztywnego przekładni falowej wykonanych metodą przyrostową MEM. Zaprezentowano także bardziej szczegółową kontrolę zarysów drobnomodułowych zębów, których wykonanie metodami druku 3D jest szczególnie trudne.

Słowa kluczowe: MEM, druk 3D, przekładnia falowa

DIMENSIONAL ACCURACY OF GEARS FOR HARMONIC DRIVE MANUFACTURED BY THE MEM INCREMENTAL METHOD

Abstract: The paper presents the process of checking the basic geometric parameters of the flexspline and the circular spline of the harmonic drive, made using the MEM incremental method. A more detailed inspection of the profiles of small-modulus teeth, which are difficult to make using 3D printing methods, was also presented.

Keywords: MEM, 3D printing, harmonic drive

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**Andrzej PASZKIEWICZ, Grzegorz BUDZIK,
Mateusz PRZYTUŁA**

e-mail: andrzej.paszkievicz@prz.edu.pl; gbudzik@prz.edu.pl; mateusz.przytula@vp.pl
Politechnika Rzeszowska, CC METAL

**AUTOMATYZACJA PRE I POST-PROCESINGU
W DRUKU 3D**

Streszczenie: Praca przedstawia wybrane aspekty automatyzacji pre – post-procesingu w zakresie druku 3D opartego o technologię wytłaczania materiałów polimerowych. Prace badawcze zostały wykonane z użyciem robota współpracującego i specjalnie zaprojektowanego gniazda produkcyjnego.

Słowa kluczowe: druk 3D, automatyzacja procesu

**PRE AND POST-PROCESSING AUTOMATION
IN 3D PRINTING**

Abstract: The paper presents selected aspects of pre- and post-processing automation in the field of 3D printing based on polymer extrusion technology. The research work was carried out using a collaborative robot and a specially designed production cell.

Keywords: 3D printing, process automation

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Andrzej PAWLAK, e-mail: andrzej.p.pawlak@pwr.edu.pl
Katedra Technologii Laserowych, Automatykacji i Organizacji Produkcji,
Wydział Mechaniczny, Politechnika Wrońska

PROJEKTOWANIE WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁOWYCH PRODUKTÓW WYTWARZANYCH W TECHNIKACH PRZYROSTOWYCH.

Streszczenie: W pracy przedstawione zostaną różnice właściwości materiałów metalicznych przetwarzanych w technikach przyrostowych, oraz opracowane sposoby ich niwelowania, tak aby dopasować je do ich aplikacji. Omówiona zostanie m.in. istota doboru parametrów obróbki cieplnej, modyfikacje proszków i użycie struktur przestrzennych, celem osiągnięcia pożądanych właściwości.

Słowa kluczowe: PBF-LB, własności materiałowe, obróbka poprocesowa, proszek metaliczny.

TAILORING MATERIAL PROPERTIES OF PARTS MADE WITH ADDITIVE MANUFACTURING

Abstract: This paper presents the differences in material properties of metallic parts processed via Additive Manufacturing and methods for mitigating these differences to suit specific applications. It highlights the importance of heat treatment parameters, powder modifications, and lattice structures in achieving desired properties.

Keywords: PBF-LB, material properties, postprocessing, metallic powder

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Jadwiga PISULA¹, e-mail: jpisula@prz.edu.pl,
Grzegorz BUDZIK¹, e-mail: gbudzik@prz.edu.pl,
Bogdan KOZIK¹, e-mail: bogkozik@prz.edu.pl,
Mariusz CIEPLAK², e-mail: m.cieplak@ccmetal.pl,
¹Politechnika Rzeszowska, ²CC METAL

BADANIA TRWAŁOŚCIOWE FOTOPOLIMEROWYCH WALCOWYCH PRZEKŁADNI ZĘBATYCH

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań trwałościowych modeli badawczych walcowych przekładni zębatach. Koła zębata zostały wykonane z materiałów fotopolimerowych z zastosowaniem technologii przyrostowych PolyJet oraz DLP (Digital Light Processing). W publikacji przedstawiono wyniki dotyczące trwałości modeli badawczych.

Słowa kluczowe: PolyJet, DLP, materiały fotopolimerowe, badania trwałościowe przekładni

DURABILITY TESTS OF PHOTOPOLYMER SPUR GEARS

Abstract: The article presents the results of durability tests of research models of spur gears. The gears were made of photopolymer materials using PolyJet and DLP (Digital Light Processing) additive technologies. The publication presents results regarding the durability of research models.

Keywords: PolyJet, DLP, photopolymer materials, durability tests of the gears

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Grzegorz BUDZIK, Joann WOŹNIAK, Danuta RAK

e-mail: gbudzik@prz.edu.pl; j.wozniak@prz.edu.pl;

danuta_projektyiskolenia@wp.pl

Politechnika Rzeszowska, 3DR studio projektowo szkoleniowe Danuta Rak

**EKSPERTYZA OBSZARU
SPOŁECZNO-GOSPODARCZEGO RZESZOWA
W ZAKRESIE DRUKU 3D**

Streszczenie: Przeprowadzona ekspertyza dotyczy wpływu druku 3D na rozwój kompetencji uczniów oraz na rozpoznanie opinii uczniów, kadry pedagogicznej, rodziców i opiekunów na temat zastosowania druku 3D w dydaktyce. Analiza wyników badań pozwoliła na identyfikację mocnych i słabych stron zajęć dydaktycznych z wykorzystaniem druku 3D. Badania pozwoliły na opracowanie wytycznych w zakresie kierunków rozwoju procesu dydaktycznego.

Słowa kluczowe: druk 3D, edukacja szkolna, otoczenie społeczne

**EXPERTISE OF THE SOCIO-ECONOMIC
AREA OF RZESZÓW IN THE FIELD OF 3D PRINTING**

Abstract: The conducted expert opinion concerns the impact of 3D printing on the development of students' competences and on the recognition of the opinions of students, teaching staff, parents and guardians on the use of 3D printing in teaching. The analysis of the research results allowed for the identification of the strengths and weaknesses of didactic classes using 3D printing. The research allowed for the development of guidelines on the directions of development of the teaching process.

Keywords: 3D printing, school education, social environment

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Mateusz RUDNIK, e-mail: mrudnik@tu.kielce.pl
Paweł SZCZYGIEŁ, e-mail: pszczygiel@tu.kielce.pl
Wiktor SZOT, e-mail: wszot@tu.kielce.pl
Natalia KOWALSKA, e-mail: nkowalska@tu.kielce.pl
Politechnika Świętokrzyska

PRZEGLĄD I OCENA FRAKTALI W KONSTRUKCJACH CODZIENNEGO UŻYTKU WYKONANYCH ZA POMOCĄ TECHNOLOGII MEX

Streszczenie: W pracy przedstawiono przegląd i ocenę zastosowania fraktali w konstrukcjach codziennego użytku wykonanych za pomocą technologii MEX. Omówiono właściwości fraktali, ich wpływ na wytrzymałość i funkcjonalność oraz możliwości optymalizacji konstrukcji przy użyciu druku 3D, podkreślając potencjał tej technologii w inżynierii.

Słowa kluczowe: Fraktale, konstrukcje użytkowe, technologia MEX, wytrzymałość, druk 3D, optymalizacja

REVIEW AND EVALUATION OF FRACTALS IN EVERYDAY STRUCTURES MANUFACTURED BY MEX TECHNOLOGY

Abstract: The paper presents a review and evaluation of fractals in everyday constructions manufactured by using MEX technology. It discusses the properties of fractals, their impact on strength and functionality, and the potential for optimizing constructions with 3D printing, emphasizing the potential of this technology in engineering.

Keywords: Fractals, utility structures, MEX technology strength, 3D printing, optimization

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Tadeusz SANOCKI, Marek SANOCKI, Agnieszka SANOCKA,
Henryk MAJCHERCZYK, Magdalena ZAJDEL, Monika STĄCEL,
e-mail: tsanocki@splast.com.pl; msanocki@splast.com.pl;
asanocka@splast.com.pl; hmajcherczyk@splast.com.pl;
mazajdel@splast.com.pl; mstacel@splast.com.pl
Splast Sp. z o.o., ul. Lotników 13, Krosno

**OPRACOWANIE TECHNOLOGII PRODUKCJI DETALI
Z MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH
O ULEPSZONYCH WŁAŚCIWOŚCIACH
WIZUALNYCH I MECHANICZNYCH**

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań realizowanych w ramach projektu POIR.01.01.01-00-0760/18 Opracowanie nowej technologii produkcji detali z materiałów polimerowych o zasadniczo ulepszonych właściwościach mechanicznych oraz wizualnych. Opracowano wielowarstwowe kompozyty polimerowe z naniesioną powłoką w postaci folii lub lakieru bez dodatkowej aktywacji powierzchni.

Słowa kluczowe: kompozyty wielowarstwowe, zdobienie kompozytów

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING
COMPOSITE PARTS WITH IMPROVED VISUAL
AND MECHANICAL PROPERTIES**

Abstract: The paper presents the results of research carried out under the project POIR.01.01.01-00-0760/18 Development of a new technology for the production of details from polymeric materials with essentially improved mechanical and visual properties. Multilayer polymer composites with an applied coating in the form of a film or varnish without additional surface activation were developed.

Keywords: multilayer composites, composite decoration

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**Tadeusz SANOCKI¹, Marek SANOCKI¹, Agnieszka SANOCKA¹,
Henryk MAJCHERCZYK¹, Magdalena ZAJDEL¹, Monika STĄCEL¹,
Katarzyna BULANDA², Rafał OLIWA², Mariusz OLEKSY²**

e-mail: tsanocki@splast.com.pl; msanocki@splast.com.pl;
asanocka@splast.com.pl; hmajcherczyk@splast.com.pl;
mazajdel@splast.com.pl; mstacel@splast.com.pl; k.bulanda@prz.edu.pl;
oliwa@prz.edu.pl; molek@prz.edu.pl;

¹Splast Sp. z o.o., ul. Lotników 13, Krosno

²Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Katedra Kompozytów
Polimerowych, al. Powstańców Warszawy 6, Rzeszów

OPRACOWANIE TECHNOLOGII DETALI Z MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH O ULEPSZONYCH WŁAŚCIWOŚCIACH WIZUALNYCH I MECHANICZNYCH – ANALIZA WŁAŚCIWOŚCI TERMICZNYCH I ODPORNOŚCI STARZENIOWEJ

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań realizowanych w ramach projektu POIR.01.01.01-00-0760/18 Opracowanie nowej technologii produkcji detali z materiałów polimerowych o zasadniczo ulepszonych właściwościach mechanicznych oraz wizualnych. Określono wpływ rodzaju włókna i osnowy polimerowej na właściwości termiczne i odporność na starzenie wytworzonych kompozytów.

Słowa kluczowe: kompozyty, polimery termoplastyczne, właściwości termiczne, odporność na starzenie

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**DEVELOPMENT OF COMPOSITE MATERIALS
TECHNOLOGY FOR PARTS WITH IMPROVED VISUAL AND
MECHANICAL PROPERTIES – THERMAL PROPERTIES
AND AGEING RESISTANCE**

Abstract: The paper presents the results of research carried out under the project POIR.01.01.01-00-0760/18 Development of a new technology for the production of details from polymeric materials with essentially improved mechanical and visual properties. The influence of the type of fibre and polymer matrix on the thermal properties and ageing resistance of the produced composites was determined.

Keywords: composites, thermoplastic polymers, thermal properties, ageing resistance

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**Tadeusz SANOCKI¹, Marek SANOCKI¹, Agnieszka SANOCKA¹,
Henryk MAJCHERCZYK¹, Magdalena ZAJDEL¹, Monika STĄCEL¹,
Rafał OLIWA², Mariusz OLEKSY², Katarzyna BULANDA²**

e-mail: tsanocki@splast.com.pl; msanocki@splast.com.pl;
asanocka@splast.com.pl; hmajcherczyk@splast.com.pl;
mazajdel@splast.com.pl; mstacel@splast.com.pl; molek@prz.edu.pl;
oliwa@prz.edu.pl; k.bulanda@prz.edu.pl

¹Splast Sp. z o.o., ul. Lotników 13, Krosno.

²Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Katedra Kompozytów
Polimerowych, al. Powstańców Warszawy 6, Rzeszów.

**OPRACOWANIE TECHNOLOGII DETALI
Z MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH
O ULEPSZONYCH WŁAŚCIWOŚCIACH WIZUALNYCH
I MECHANICZNYCH - ANALIZA
STRUKTURALNA**

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań realizowanych w ramach projektu POIR.01.01.01-00-0760/18 Opracowanie nowej technologii produkcji detali z materiałów polimerowych o zasadniczo ulepszonych właściwościach mechanicznych oraz wizualnych. Określono wpływ rodzaju włókna i osnowy polimerowej na strukturę wytworzonych kompozytów.

Słowa kluczowe: kompozyty, polimery termoplastyczne, skaningowa mikroskopia elektronowa, mikrostruktura

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**DEVELOPMENT OF COMPOSITE MATERIALS TECHNOLOGY
FOR PARTS WITH IMPROVED VISUAL AND MECHANICAL
PROPERTIES – STRUCTURAL ANALYSIS**

Abstract: The paper presents the results of research carried out under the project POIR.01.01.01-00-0760/18 Development of a new technology for the production of details from polymeric materials with essentially improved mechanical and visual properties. The influence of the type of fibre and polymer matrix on the structure of the obtained composites was determined.

Keywords: composites, thermoplastic polymers, scanning electron microscopy, microstructure

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Bartłomiej SARZYŃSKI

e-mail: bartlomiej.sarzynski@wat.edu.pl

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Mechanicznej
Instytut Robotów i Konstrukcji Maszyn, Zakład Techniki Wytwarzania

WYTWARZANIE PRZYROSTOWE TECHNIKĄ SLM STOŻKOWYCH POŁĄCZEŃ WTŁACZANYCH ZE STALI 42CRMO4 ZE STREFAMI LASEROWEGO WZMOCNIENIA

Streszczenie: W pracy przedstawiono proces wytworzenia elementów modelowych stożkowego połączenia wtłaczanego ze stali 42CrMo4 z wykorzystaniem techniki SLM. W pierwszym etapie prac dokonano doboru parametrów wytwarzania przyrostowego techniką SLM pod kątem najniższej porowatości. Następnie przeprowadzono objętościową obróbkę cieplną próbek badawczych oraz wykonano ścieżki laserowego wzmocnienia. Dokonano pomiarów mikrotwardości materiału rodzimego i wzmocnionego laserowo oraz przeprowadzono analizę jego struktury.

Słowa kluczowe: 42CrMo4, SLM, mikrotwardość, porowatość, struktura

ADDITIVE MANUFACTURING OF CONICAL INTERFERENCE-FIT JOINTS FROM 42CRMO4 STEEL WITH LASER-HARDENED ZONES USING THE SLM TECHNIQUE

Abstract: The paper presents the process of manufacturing model components of a conical interference-fit joint made from 42CrMo4 steel using the Selective Laser Melting (SLM) technique. In the initial stage of the work, manufacturing parameters were selected for the SLM technique, with a focus on achieving the lowest possible porosity. Subsequently, volumetric heat treatment of the test samples was performed, and laser strengthening paths were applied. Measurements of microhardness were conducted on both the base material and the laser-strengthened material, followed by an analysis of their microstructure.

Keywords: 42CrMo4, SLM, microhardness, porosity, structure

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Jakub BATOG, Przemysław SIEMIŃSKI
e-mail: przemyslaw.sieminski@pw.edu.pl

Zastosowanie cyfrowej korelacji obrazu do analizy polimerowych struktur przekładkowych z rdzeniami wykonanymi drukiem 3D FDM/FFF

Streszczenie: W pracy przedstawiono analizę polimerowych struktur przekładkowych (sandwich) z rdzeniami o różnych komórkach heksagonalnych. Rdzenie wykonano drukiem 3D FDM/FFF z termoplastów: PLA, PETG, ABS, PCTG. Przeprowadzono próbę trzypunktowego ich zginania bez i ze wzmocnieniem laminatem z tkaniny z włókna węglowego o osnowie z żywicy epoksydowej. Do analizy odkształceń użyto cyfrową korelację obrazu (DIC).

Słowa kluczowe: druk 3D, struktury przekładkowe, DIC, trzypunktowe zginanie

Application of Digital Image Correlation to the Analysis of FDM/FFF 3D Printed Polymer Core Sandwich Structures

Abstract: The paper presents an analysis of polymer sandwich structures with cores of different hexagonal cells. The cores were made using 3D FDM/FFF printing from thermoplastics: PLA, PETG, ABS, PCTG. A three-point bending test was performed without and with reinforcement of a laminate made of carbon fiber fabric with an epoxy resin matrix. Digital image correlation was used to analyze the deformations.

Keywords: 3D printing, sandwich structures, DIC, three-point bending

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Mariusz SOBOLAK, e-mail: msobolak@prz.edu.pl, **Piotr POŁOWNIAK**,
e-mail: piotr@prz.edu.pl, Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

MOŻLIWOŚĆ ZWIĘKSZENIA TRWAŁOŚCI KÓŁ ZĘBATYCH Z TWORZYW POLIMEROWYCH WYKONYWANYCH METODAMI DRUKU 3D

Streszczenie: Duża część rynku kół zębatach to koła wykonywane z tworzyw polimerowych. Znaleźć można je między innymi w przemyśle motoryzacyjnym, sprzętu AGD. Takie koła zębata wykonywane są najczęściej metodą wtrysku w matrycach. W przypadku produkcji jednostkowej nieopłacalne jest wykonywanie matryc w celu wytworzenia koła. Najczęściej koła takie obecnie wytwarzane są obróbką mechaniczną lub wykonywane metodami szybkiego prototypowania – wydruku 3D. Istnieje potencjalna możliwość zwiększenia trwałości kół wykonywanych metodą wydruku 3D z tworzyw polimerowych poprzez oddziaływanie na nie termiczne strumieniem gorącego powietrza. Wstępne badania wskazują na zwiększenie trwałości kół poddanych takiemu zabiegowi o minimum 20%.

Słowa kluczowe: polimerowe koło zębata, trwałość kół zębatach

POSSIBILITY OF INCREASING THE DURABILITY OF GEARS MADE OF POLYMER MATERIALS BY 3D PRINTING METHODS

Abstract: A large part of the gear wheel market consists of wheels made of polymer materials. They can be found in the automotive industry and household appliances, among others. Such gear wheels are most often made using the injection method in molds. In the case of individual production, it is unprofitable to make molds to produce a gear wheel. Most often, such gears are currently manufactured by mechanical processing or made using rapid prototyping methods - 3D printing. There is a potential possibility of increasing the durability of gears made by 3D printing from polymer materials by thermally affecting them with a stream of hot air. Initial studies indicate an increase in the durability of gears subjected to such a procedure by at least 20%.

Keywords: polymer gear, gear durability

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**Bartłomiej SOBOLEWSKI, Tomasz DZIUBEK,
Konrad GUZY**

e-mail: b_sobolewski@prz.edu.pl; tdziubek@prz.edu.pl,
Politechnika Rzeszowska, Katedra Konstrukcji Maszyn

ANALIZA WYBRANYCH PARAMETRÓW PRACY POMPY ODŚRODKOWEJ WYTWORZONEJ METODĄ FFF

Streszczenie: W pracy przedstawiono analizę wybranych parametrów pracy trzech wariantów konstrukcyjnych wirników pompy promieniowej. Badane wirniki wykonano z zastosowaniem przyrostowej techniki FFF. Badania doświadczalne, polegające na wyznaczeniu charakterystyk wydajnościowych, przeprowadzono na zaprojektowanym w tym celu stanowisku badawczym.

Słowa kluczowe: pompa promieniowa, 3D-CAD, druk 3D, technologia FFF

ANALYSIS OF SELECTED OPERATING PARAMETERS OF A CENTRIFUGAL PUMP MANUFACTURED BY THE FFF METHOD

Abstract: The paper presents an analysis of selected operating parameters of three design variants of radial pump rotors. The tested rotors were made using the incremental FFF technique. Experimental tests involving the determination of performance characteristics were carried out on a test stand designed for this purpose.

Keywords: radial pump, 3D-CAD, 3D printing, FFF technology

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Paweł SZCZYGIEŁ, e-mail: pszczygiel@tu.kielce.pl
Wiktor SZOT, e-mail: wszot@tu.kielce.pl
Natalia KOWALSKA, e-mail: nkowalska@tu.kielce.pl
Mateusz RUDNIK, e-mail: mrudnik@tu.kielce.pl
Politechnika Świętokrzyska

WPŁYW PARAMETRÓW DRUKU 3D W TECHNOLOGII FDM NA RELAKSACJĘ NAPRĘŻEŃ PRZY ŚCISKANIU: ANALIZA EKSPERYMENTALNA

Streszczenie: W badaniu przeanalizowano wpływ różnych parametrów druku 3D w technologii Fused Deposition Modeling na relaksację naprężeń przy ściskaniu, wykorzystując biokompatybilny materiał PLACTIVE. Do analizy zastosowano metodę Taguchi. Parametrami zmiennymi w eksperymencie były: wysokość warstwy, *Shell* (liczba konturów), temperatura dyszy, orientacja (kierunek wydruku), *Overlap* (pokrywanie). Wyniki pozwoliły określić wpływ parametrów druku na moduły sprężystości i współczynniki lepkości dynamicznej.

Słowa kluczowe: druk 3D, relaksacja naprężeń, ściskanie

THE IMPACT OF 3D PRINTING PARAMETERS IN FDM TECHNOLOGY ON STRESS RELAXATION UNDER COMPRESSION: AN EXPERIMENTAL ANALYSIS

Abstract: The study analyzed the impact of various 3D printing parameters in Fused Deposition Modeling on stress relaxation under compression, using the biocompatible material PLACTIVE. The Taguchi method was applied for the analysis. The variable parameters in the experiment included layer height, shell (number of contours), nozzle temperature, print orientation, and overlap. The results allowed for the determination of the influence of printing parameters on the elastic moduli and dynamic viscosity coefficients

Keywords: 3D printing, stress relaxation, compression

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Wiktor SZOT, e-mail: wszot@tu.kielce.pl,
Politechnika Świętokrzyska;

Paweł ZMARZŁY, pzmarzly@tu.kielce.pl
Politechnika Świętokrzyska;

Mateusz RUDNIK, e-mail: mrudnik@tu.kielce.pl,
Politechnika Świętokrzyska;

Paweł SZCZYGIEŁ, e-mail: pszczygiel@tu.kielce.pl,
Politechnika Świętokrzyska;

Natalia KOWALSKA, e-mail: nkowalska@tu.kielce.pl,
Politechnika Świętokrzyska.

OCENA RELAKSACJI NAPRĘŻEŃ MATERIAŁU PA2200 WYTWORZONEGO TECHNOLOGIĄ SLS

Streszczenie:

W pracy przedstawiono badania dotyczące oceny relaksacji naprężeń materiału PA2200 wytworzonego technologią selektywnego spiekania proszków (SLS). Do oceny zjawiska relaksacji naprężeń zastosowano model pięcioparametrowy Maxwella-Wiecherta. Próbkę do badań to wiosełka opracowane na podstawie normy ISO 527, a parametry technologiczne druku 3D to: wysokość warstwy $L_t = 0,1 \text{ mm}$, gęstość energii $E_d = 0,056 \frac{\text{J}}{\text{mm}^2}$ i $E_d = 0,076 \frac{\text{J}}{\text{mm}^2}$, orientacja wydruku $P_d = 0^\circ$, $P_d = 45^\circ$, $P_d = 90^\circ$. Łączna liczba próbek wytworzonych to 60 sztuk. Próbkę te poddano naprężeniom rozciągającym oraz zastosowano te same wartości: prędkości, stałe zadane odkształcenie i czas podczas przeprowadzania testów relaksacji naprężeń.

Przeprowadzone badania pokazały wpływ gęstości energii na właściwości reologiczne oraz wykryto anizotropię tych właściwości ze względu na orientację wydruku. Stwierdzono, że pięcioparametrowy model Maxwella-Wiecherta silnie dopasowuje się do krzywych eksperymentalnych. Wyniki badań mogą zostać wykorzystane przez konstruktorów do modelowania elementów wytwarzanych technologią SLS z materiału PA2200.

Słowa kluczowe: druk 3D, relaksacja naprężeń, SLS, PA2200, model Maxwella-Wiecherta

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**ASSESSMENT OF THE STRESS RELAXATION
IN PA2200 MATERIAL MANUFACTURED WITH SLS
TECHNOLOGY**

Abstract:

This paper presents a study on the stress relaxation evaluation of PA2200 material produced by selective laser sintering (SLS) technology. The five-parameter Maxwell-Wiechert model was used to evaluate the stress relaxation phenomenon. The test samples were paddles developed based on ISO 527, and technological parameters of 3D printing are: layer height $L_t = 0.1 \text{ mm}$ energy density $E_d = 0.056 \frac{\text{J}}{\text{mm}^2}$, $E_d = 0.076 \frac{\text{J}}{\text{mm}^2}$, print orientation $P_d = 0^\circ$, $P_d = 45^\circ$, $P_d = 90^\circ$. The total number of specimens produced was 60 pieces. These specimens were subjected to tensile stresses and used the same values: velocity, constant set strain and time when performing stress relaxation tests.

The tests carried out showed the influence of energy density on the rheological properties and detected anisotropies of these properties due to the orientation of the print. The five-parameter Maxwell-Wiechert model was found to strongly fit the experimental curves. The results of the study can be used by constructors to model components manufactured using SLS technology from the PA2200 material.

Keywords: 3D printing, stress relaxation, SLS, PA2200, Maxwell-Wiechert model

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**Paweł TUREK¹, Grzegorz BUDZIK¹, Bogumił LEWANDOWSKI²,
Łukasz PRZESZŁOWSKI¹, Paweł PAKLA², Tomasz DZIUBEK¹,
Małgorzata ZABORNIAK¹, Michał BAŁUSZYŃSKI²**

e-mail: pturek@prz.edu.pl

¹Politechnika Rzeszowska, ²Uniwersytet Rzeszowski

PLANOWANIE ZABIEGÓW CHIRURGICZNYCH W OBRĘBIE OBSZARU TWARZOCZASZKI W OPARCIU O MODELE WYKONANE TECHNIKAMI PRZYROSTOWYMI

Streszczenie: W pracy przedstawiono badania na wyselekcjonowanej grupie pacjentów, którzy wymagali interwencji chirurgicznej w obrębie obszaru żuchwy, oczodołu oraz sklepienia czaszki. W oparciu o udostępnione dane, opracowano procedurę modelowania oraz wytwarzania techniką druku 3D modeli struktur anatomicznych na potrzebę planowania zabiegów.

Słowa kluczowe: druk 3D, planowanie zabiegów chirurgicznych, inżynieria rekonstrukcyjna, modelowanie CAD

PLANNING OF SURGICAL PROCEDURES IN THE CRANIOFACIAL REGION BASED ON MODELS MANUFACTURED USING ADDITIVE METHODS

Abstract: This paper presents a study of a selected group of patients who required surgical intervention in the mandibular area, orbit and cranial vault. Based on the available data, a procedure was developed for modelling and manufacturing models of anatomical structures for surgery planning.

Keywords: 3D printing, surgical planning, reverse engineering, CAD modelling

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Dawid URBAŃSKI,

e-mail: dawid.urbanski.dokt@pw.edu.pl

Politechnika Warszawska, Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej

Michał KOWALIK,

e-mail: mk@rebuild3dcp.com, REbuild sp. z o.o.

OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA SPIENIONEGO POLISTYRENU W PROCESIE DRUKU 3D

Streszczenie: Praca przedstawia przekrojowy opis badań, których celem było opracowanie procesu spieniania i formowania polistyrenu, w sposób możliwy do wykorzystania w wielkogabarytowym druku 3D. Zaprezentowano również udane próby druku 3D przy pomocy omawianej technologii oraz porównano rezultaty ze znanymi metodami druku 3D. Prace były prowadzone w ramach projektu „Innowacyjny system produkcji kastomowych, wielkogabarytowych elementów spełniający założenia gospodarki o obiegu zamkniętym” współfinansowanym przez BCBiR.

Słowa kluczowe: druk przestrzenny, druk 3D, druk wielkogabarytowy, polimery spienione, spieniony polistyren, wytłaczanie, XPS, EPS, PS

ASSESSING THE FEASIBILITY OF USING FOAMED POLYSTYRENE IN THE 3D PRINTING PROCESS

Abstract: The paper presents a summary of research aimed at developing a process of foaming and molding polystyrene in a way that can be used for large-scale 3D printing. Successful attempts at 3D printing using the discussed technology are also presented, and the results are compared with known 3D printing methods. The project „Innovative system for the production of caste-sized, large-scale components meeting the assumptions of a closed-loop economy” was co-financed by NCBiR.

Keywords: 3D printing, large size printing, foamed polymers, foamed polystyrene, extrusion, XPS, EPS, PS

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**Małgorzata ZABORNIAK, Tomasz DZIUBEK,
Łukasz KOCHMAŃSKI, Bartłomiej SOBOLEWSKI**

e-mail: mzab@prz.edu.pl; t.dziubek@prz.edu.pl; l.kochmanski@prz.edu.pl;
b_sobolewski@prz.edu.pl

Politechnika Rzeszowska, Katedra Konstrukcji Maszyn

ANALIZA PROCESU MODELOWANIA 3D-CAD I PROTOTYPOWANIA POŁĄCZEŃ GWINTOWYCH

Streszczenie: Przedstawiono sposób projektowania i wytwarzania elementów połączeń gwintowych śruba-nakrętka z zastosowaniem systemu 3D-CAD oraz technologii PolyJet, FFF oraz SLA. W części badawczej wykonane zostały badania wytrzymałościowe złączą gwintowego na skręcanie oraz pomiary zarysu gwintu.

Słowa kluczowe: elementy gwintowane, polimery, wytrzymałość na skręcanie, pomiary profilu gwintu

ANALYSIS OF THE 3D-CAD MODELING PROCESS AND PROTOTYPING OF THREADED CONNECTIONS

Abstract: The method of designing and manufacturing screw-nut threaded connection elements using the 3D-CAD system and PolyJet, FFF and SLA technologies is presented. In the research part, torsional strength tests of the threaded joint and measurements of the thread profile were performed.

Keywords: threaded elements, polymers, torsion strength, thread profile measurements

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**Małgorzata ZABORNIAK¹, Katarzyna GRZYWACZ-DANIELEWICZ¹,
Janusz KLUCZYŃSKI², Krzysztof KUŚ³, Paweł TUREK¹**

e-mail: mzab@prz.edu.pl

¹Politechnika Rzeszowska, ²Wojskowa Akademia Techniczna, ³ZEISS Polska

ANALIZA WPŁYWU PROCESU STERYLIZACJI PARĄ WODNĄ NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE WYBRANYCH MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH DO ZASTOSOWAŃ W INŻYNIERII MEDYCZNEJ

Streszczenie: Przedstawiono wpływ procesu sterylizacji parą wodną na materiały polimerowe PEEK oraz MED610. Przeprowadzone badania miały na celu sprawdzenie wpływu procesu sterylizacji parą wodną, przeprowadzonego w temperaturze 121°C i 134°C na wybrane właściwości opracowanych próbek.

Słowa kluczowe: technologie addytywne, sterylizacja, badania wytrzymałościowe

ANALYSIS OF THE IMPACT OF STEAM STERILIZATION PROCESS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF SELECTED POLYMER MATERIALS FOR APPLICATIONS IN MEDICAL ENGINEERING

Abstract: The influence of the steam sterilization process on PEEK and MED610 polymer materials is presented. The tests carried out were aimed at checking the impact of the steam sterilization process, carried out at temperatures of 121°C and 134°C, on selected properties of the developed samples.

Keywords: additive technologies, sterilization, strength testing

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Daniel ZIELIŃSKI, daniel.zielinski@asp.waw.pl
Akademia Sztuk Pięknych w Warszawie

CAC (COMPUTER AIDED CRAFT) W PRAKTYCE

Streszczenie: W prezentacji przedstawiona zostanie wizja rozwoju nowego typu wytwórczości (rzemiosło 3.0) opartego o ekonomiczne urządzenia i technologie CAM (druk 3D, obróbka ubytkowa CNC, laser) połączone z kunsztem pracy ręcznej. Zostaną zaprezentowane eksperymenty, projekty oraz wdrożenia autora w dziedzinie sztuki, zegarków i biżuterii.

Słowa kluczowe: design, wzornictwo, sztuka, rzemiosło 3.0, zegarki, biżuteria, druk 3D, MSLA, CNC, laser

CAC (COMPUTER AIDED CRAFT) IN PRACTICE

Abstract: The presentation will present a vision of the development of a new type of manufacturing (craft 3.0) based on economical machines and CAM technologies (3D printing, CNC machining, CNC laser) combined with the craftsmanship of manual work. The author's experiments, projects and implementations in the field of art, watches and jewelry will be presented.

Keywords: design, art, craft 3.0, watches, jewellery, 3D print, MSLA, laser

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Krzysztof ŻABA¹, e-mail: krzyzaba@agh.edu.pl

Łukasz KUCZEK¹, e-mail: lukasz.kuczek@agh.edu.pl

Maciej BALCERZAK¹, e-mail: balcerzak@agh.edu.pl

Ilona RÓŻYCKA¹, e-mail: rozycka@agh.edu.pl

Marcel WIEWIORA², e-mail: marcel.wiewiora@erko.pl

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

²ERKO sp. z o.o. sp.k. Oddział w Czeluńnicy, Czeluńnica 80, 38-204 Czeluńnica

**BADANIA PROCESU WYTWARZANIA NARZĘDZI
Z WARSTWĄ ROBOCZĄ ZE STALI M300
WYTWORZONĄ METODĄ L-PBF DO OBRÓBK
PLASTYCZNEJ BLACH**

Streszczenie: W referacie przedstawiono wyniki badań procesu wytwarzania narzędzi, z warstwą roboczą uzyskaną w technologii druku 3D, metodą DMLS ze stali narzędziowej M300 wykonanej na podłożu stalowym, przeznaczonych do kształtowania plastycznej blach. W pierwszym etapie wykonano modelowe kształtki, metodą DMLS, stosując zróżnicowane parametry druku, w tym moc lasera, odległość między liniami skanowania, grubość warstwy, prędkość i typ skanowania. Dodatkowo kształtki poddano procesom obróbki cieplnej i HIP a także laserowego nagniatania i przetapiania powierzchni. W kolejnym etapie wykorzystano płytę z nagwintowanym otworem oraz nagwintowane walce stalowe, które wkręcono do płyty i wykonano na ich powierzchni warstwy ze stali M300 o grubości 0,5-6mm, metodą DMLS, stosując wytypowane, optymalne parametry druku 3D. Uzyskane elementy narzędzi z warstwami roboczymi ze stali M300 poddano analogicznym badaniom, jakim zostały poddane kształtki. Następnie wykonano porównawcze, laboratoryjne i przemysłowe próby kształtowania blach z zastosowaniem narzędzi konwencjonalnych oraz z warstwami uzyskanymi metodą DMLS.

Słowa kluczowe: narzędzia z warstwą z druku 3D, DMLS, stal M300, mikrostruktura, porowatość, właściwości mechaniczne, odporność na zużycie, kształtowanie blach

VII Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

**RESEARCH ON THE MANUFACTURING PROCESS OF TOOLS
WITH A L-PBF MARAGING STEEL WORKING LAYER FOR
SHEET METAL FORMING**

Abstract: The paper presents the results of research on the tool manufacturing process with a working layer obtained in 3D printing technology, using the L-PBF method, from M300 tool steel made on a steel substrate, intended for plastic forming of sheet metal. In the first stage, model shapes were made using the L-PBF method, using various printing parameters, including laser power, distance between scanning lines, layer thickness, scanning speed and type. Additionally, the shapes were subjected to heat treatment and HIP, as well as laser burnishing and surface remelting. In the next stage, a plate with a threaded hole and threaded steel rolls were used, which were screwed into the plate and layers of M300 steel with a thickness of 0.5-6 mm were made on their surface, using the L-PBF method, using selected, optimal 3D printing parameters. The obtained tool elements with working layers made of M300 steel were subjected to similar tests to those of the fittings. Then, comparative laboratory and industrial tests of sheet metal forming were performed using conventional tools and with layers obtained using the L-PBF method.

Keywords: tools with a 3D printed layer, L-PBF, steel M300, microstructure, porosity, mechanical properties, wear resistance, sheets forming

VII Krajowa Konferencja Naukowa
**Szybkie Prototypowanie - Druk 3D & 4D
w zastosowaniach inżynierskich**

17 - 18 października 2024 r., Rzeszów

Łukasz ŻYŁKA, e-mail: zylka@prz.edu.pl
Marcin PŁODZIEN, e-mail: plodzien@prz.edu.pl
Robert BABIARZ, e-mail: robertb@prz.edu.pl
SEGER Cutting Tools Ozga Mikuszewski Sp. j.

ZASTOSOWANIE NAPAWANIA LASEROWEGO DO WYTWARZANIA NARZĘDZI SKRAWAJĄCYCH

Streszczenie: W pracy przedstawiono zastosowanie napawania laserowego do wytwarzania narzędzi skrawających. Przebadano rozkłady twardości napawanych warstw o różnej grubości. Opracowano technologię napawania stali szybko tnących. Wykonano testowe modele narzędzi skrawających. Przeprowadzono próby skrawania wykonanymi narzędziami.

Słowa kluczowe: napawanie laserowe, narzędzia skrawające, stal szybko tnąca

THE USE OF LASER CLADDING FOR THE MANUFACTURE OF CUTTING TOOLS

Abstract: This paper presents the application of laser cladding process for the manufacture of cutting tools. The hardness distributions of cladded layers of different thicknesses were studied. A cladding technology for high-speed steels was developed. Test models of cutting tools were made. Cutting tests were carried out with the manufactured tools.

Keywords: laser cladding, cutting tools, high-speed steel