

IV KONFERENCJA NAUKOWA
SZYBKE PROTOTYPOWANIE



INDUSTRY 4.0 – Innowacyjne aplikacje dla przemysłu

Rzeszów, 23-24 września 2021 r.



MATERIAŁY KONFERENCYJNE



PATRONAT HONOROWY



Prezydent
Miasta
Rzeszowa



Marszałek
Województwa
Podkarpackiego



WYDZIAŁ
**BUDOWY MASZYN
I LOTNICTWA**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ



Katedra
Konstrukcji
Maszyn



Krajowy
Klaster
INDUSTRY 4.0



Centrum
Naukowo
Techniczne

PROSOLUTIONS



POLSKIE TOWARZYSTWO INFORMATYCZNE
ODDZIAŁ PODKARPACKI

**KURIER
RZESZOWSKI**
portal, gazeta **TVi**



**IV Krajowa Konferencja
Naukowa
Szybkie Prototypowanie**

**INDUSTRY 4.0 – Innowacyjne aplikacje dla
przemysłu**

Rzeszów, 23–24 września 2021

Materiały Konferencyjne

PROJEKT OKŁADKI

dr inż. Piotr POŁOWNIAK
mgr inż. Małgorzata GONTARZ

OPRACOWANIE I SKŁAD KOMPUTEROWY

dr inż. Paweł TUREK
mgr inż. Małgorzata GONTARZ

KOMITET ORGANIZACYJNY

Przewodniczący:

dr inż. Łukasz PRZESZŁOWSKI

Z-cy przewodniczącego:

dr hab. inż. Tomasz DZIUBEK, prof. PRz

dr inż. Paweł TUREK

Sekretarze:

dr inż. Paweł FUDALI

mgr inż. Mariusz DĘBSKI

Członkowie:

dr inż. Michał BATSCH

dr inż. Jacek BERNACZEK

mgr inż. Małgorzata GONTARZ

dr inż. Janusz KLUCZYŃSKI

mgr inż. Łukasz KOCHMAŃSKI

mgr inż. Mateusz PRZYTUŁA

dr inż. Joanna WOŹNIAK

dr inż. Dawid WYDRZYŃSKI

PATRONAT HONOROWY:

Prezydent Miasta Rzeszowa – Konrad FIJOŁEK

Marszałek Województwa Podkarpackiego – Władysław ORTYL

PATRONAT MERYTORYCZNY:

PRZEGLĄD MECHANICZNY – miesięcznik naukowo-techniczny

PRZEWODNICZĄCY

prof. dr hab. inż. Grzegorz BUDZIK – Politechnika Rzeszowska

WICEPRZEWODNICZĄCY

prof. dr hab. inż. Mariusz OLEKSY – Politechnika Rzeszowska
prof. dr hab. inż. Lucjan ŚNIEŻEK – Wojskowa Akademia Techniczna

CZŁONKOWIE KOMITETU NAUKOWEGO

prof. dr hab. inż. Józef GAWLIK - Politechnika Krakowska
prof. dr hab. Stanisław LEGUTKO – Politechnika Poznańska
prof. dr hab. inż. Thomas MATHIA
prof. dr hab. Jarosław SĘP – Politechnika Rzeszowska
prof. dr hab. inż. Michał WIECZOROWSKI – Politechnika Poznańska
dr hab. inż. Jerzy BOCHNIA, prof. Politechniki Świętokrzyskiej
dr hab. inż. Mariusz CYGNAR, prof. PWSZ Nowy Sącz
dr hab. inż. Tomasz DZIUBEK, prof. Politechniki Rzeszowskiej
dr hab. inż. Bartłomiej GAPIŃSKI, prof. Politechniki Poznańskiej
dr hab. inż. Damian GAŚIOREK, prof. PŚ
dr hab. inż. Marek IWANIEC, prof. Akademii Górniczo - Hutniczej
dr hab. inż. Jerzy JÓZWIK, prof. Politechniki Lubelskiej
dr hab. inż. Bogdan KOZIK, prof. Politechniki Rzeszowskiej
dr hab. inż. Grzegorz KRÓLCZYK, prof. Politechniki Opolskiej
dr hab. inż. Aleksander MAZURKOW, prof. Politechniki Rzeszowskiej
dr hab. inż. Adam MARCINIEC, prof. Politechniki Rzeszowskiej
dr hab. Mariusz RUSZEL, prof. Politechniki Rzeszowskiej
dr hab. inż. Leszek SKOCZYLAŚ, prof. Politechniki Rzeszowskiej
dr hab. inż. Mariusz SOBOLAK prof. Politechniki Rzeszowskiej
dr hab. inż. Andrzej TRYTEK, prof. Politechniki Rzeszowskiej
dr hab. inż. Grzegorz WOJNAR, prof. Politechniki Śląskiej
dr hab. inż. Szymon WOJCIECHOWSKI, prof. Politechniki Poznańskiej
dr inż. Michał BATSCH – Politechnika Rzeszowska
dr inż. Jacek BERNACZEK – Politechnika Rzeszowska
dr inż. Marek BOLANOWSKI, prof. Politechniki Rzeszowskiej
dr inż. Maciej CADER – PIAP
dr inż. Paweł GIL – Politechnika Rzeszowska
dr inż. Damian GOGOLEWSKI – Politechnika Świętokrzyska

IV Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie Prototypowanie
INDUSTRY 4.0 – Innowacyjne aplikacje dla przemysłu

dr inż. Roman GRYGORUK – Politechnika Warszawska
dr inż. Tomasz KOZIOR – Politechnika Świętokrzyska
dr inż. Marek MAGNISZEWSKI – Politechnika Rzeszowska
dr inż. Rafał OLIWA – Politechnika Rzeszowska
dr inż. Grzegorz PRZYDATEK, PWSZ Nowy Sącz
dr inż. Andrzej PASZKIEWICZ, prof. Politechniki Rzeszowskiej
dr inż. Jadwiga PISULA – Politechnika Rzeszowska
dr inż. Łukasz PRZESZŁOWSKI – Politechnika Rzeszowska
dr inż. Przemysław SIEMIŃSKI – Politechnika Warszawska
dr inż. Paweł TUREK – Politechnika Rzeszowska
dr inż. Dawid WYDRZYŃSKI – Politechnika Rzeszowska
dr inż. Małgorzata ZABORNIAK – Politechnika Rzeszowska
dr Dominik ZIMON, prof. Politechniki Rzeszowskiej
dr inż. Paweł ZMARZŁY – Politechnika Świętokrzyska
dr inż. Joanna WOŹNIAK – Politechnika Rzeszowska

PARTNERZY:

Krajowy Klaster INDUSTRY 4.0
Centrum Naukowo Techniczne
URBAN LAB
Kurier Rzeszowski
Polskie Towarzystwo Informatyczne
PROSOLUTIONS
infoSoftware POLSKA

Szanowni Państwo,

Krajowa Konferencja Naukowa Szybkie Prototypowanie jest organizowana już po raz czwarty w celu integracji środowisk naukowych przemysłowych oraz biznesowych związanych z nowoczesnymi technikami wytwarzania opartymi o systemy komputerowe.

Tematyka konferencji jest związana z inteligentnymi systemami produkcyjnymi SMART INDUSTRY oraz SMART MANUFACTURING oraz integracją tych systemów za pomocą systemów komputerowych i informatycznych struktur sieciowych opartych na idei INDUSTRY 4.0. Konferencja będzie platformą wymiany wiedzy pomiędzy przedstawicielami nauki, przemysłu oraz otoczenia społeczno-gospodarczego.

Nasze spotkanie może być okazją do pewnych podsumowań dwóch dekad technologii przyrostowych w polskiej nauce i przemyśle oraz do określenia kierunków rozwoju druku 3D w kontekście przemysłu przyszłości. W tym roku data konferencji jest związana ze szczególnym momentem zbiegającym się z dwudziestolecie prowadzenia badań nad technologiami przyrostowymi w Katedrze Konstrukcji Maszyn na Politechnice Rzeszowskiej.

Miejsce konferencji – URBAN LAB jest szczególnie istotne, ponieważ wskazuje potrzebę integracji wielu środowisk naukowych, przemysłowych i samorządowych w procesie wielopoziomowego rozwoju technologii w społeczeństwie opartym na wiedzy.

W tej edycji konferencji biorą jak zwykle udział przedstawiciele przemysłu, instytucji naukowych, szkolnictwa i edukacji oraz samorządu, dzięki temu zacieśnia się współpraca nauki z otoczeniem społeczno - gospodarczym.

Podjęliśmy się organizacji tegorocznej konferencji w trybie hybrydowym, co stanowi pewne wyzwania zarówno dla organizatorów jak i uczestników, ze względu na panującą obecnie sytuację epidemiczną na świecie. Realizacja konferencji w trybie hybrydowym pozwoli na bezpośrednie spotkania uczestników przy zachowaniu wszystkich standardów bezpieczeństwa oraz na spotkania w trybie zdalnym jako seminaria i prezentacje realizowane on-line.

W imieniu organizatorów i Komitetu Naukowego Konferencji dziękujemy wszystkim za udział w tym wydarzeniu jednocześnie zapraszając do kolejnych edycji Konferencji. Dziękujemy również Samorządowi Miasta Rzeszowa za możliwość przeprowadzenia konferencji w gościnnej przestrzeni URBAN LAB Rzeszów.

dr inż. Łukasz Przeszlowski

Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego

prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik

Przewodniczący Komitetu Naukowego

Dwie dekady druku 3D w Polsce

Technologie przyrostowe zagościły w Polsce pod koniec lat dziewięćdziesiątych XX wieku. Pierwsze wzmianki na ten temat można znaleźć w opracowaniach Wydawnictwa PLASTECH z roku 1996 i 1997 oraz późniejszych. Również pod koniec dwudziestego wieku pojawiły się w Polsce pierwsze systemy wytwarzania przyrostowego, w roku 1998 Firma Zelmer z Rzeszowa wdrożyła urządzenie stereolitograficzne SLA 3D Systems w kooperacji z dystrybutorem polskim WADIM PLAST. Pod koniec lat dziewięćdziesiątych XX wieku w Instytucie Odlewnictwa rozpoczęto prace badawcze z wykorzystaniem przyrostowego systemu LOM i również w tym okresie pojawiły się pierwsze publikacje naukowe oparte o badania w polskich ośrodkach.

Początek XX wieku zaowocował rozpoczęciem prac badawczych z użyciem technologii przyrostowych głównie systemu SLA 3D Systems w kilku ośrodkach akademickich w Polsce w roku 2001 na Politechnice Rzeszowskiej (Katedra Konstrukcji Maszyn), na Politechnice Warszawskiej, Politechnice Wrocławskiej i Politechnice Gdańskiej. Ośrodki te prowadziły pionierskie badania z zakresu technologii addytywnych, a Rzeszów jako jeden z pierwszych w Kraju wdrażał innowacje z zakresu druku 3D zarówno w obszarze naukowym jak i przemysłowym. W połowie pierwszej dekady dwudziestego pierwszego wieku rozpoczęły działalność pierwsze firmy technologiczne z obszaru technologii przyrostowych, należy tu wymienić Firmę PROSOLUTIONS, która rozpoczęła w roku 2004 jako pierwsza działalność w zakresie dystrybucji, serwisu oraz produkcji z zastosowaniem technologii FDM, jako przedstawiciel światowego potentata druku 3D firmy Stratasys. W tym okresie pojawiły się kolejne firmy, które rozwijały polski rynek technologii addytywnych, do których należą BIBUS MENOS czy CAR TECHNOLOGY. Nie był to łatwy czas zarówno dla rozwoju branży jak i prowadzenia badań naukowych czy wdrażania przemysłowego – drukarki 3D były relatywnie drogie, podobnie materiały eksploatacyjne i serwis, który często bazował na przedstawicielstwach zagranicznych. Pewien wzrost dynamiki branży można było zauważyć po połowie pierwszej dekady XXI wieku, kiedy w 2007 roku rozpoczęła działalność firma SOLVEERE. Fundusze Europejskie pozwoliły na zakup wielu drukarek 3D, szczególnie przez ośrodki akademickie i instytuty naukowe. W tym czasie gościły w Polsce przedstawicielstwa kilku światowych producentów drukarek 3D, jednak nie wszystkie dotrwały do dnia dzisiejszego. Należy tu dodać, że z powodzeniem próbę czasu na naszym rynku wytrzymała Firma Stratasys, która rozpoczęła jego eksplorację przy współpracy z solidnym partnerem biznesowym i technologicznym Firmą PROSOLUTIONS. Dzięki temu obecnie Stratasys zajmuje stabilne miejsce w Polsce i powiększyła sieć sprzedaży o inne przedstawicielstwa.

Ważnym okresem w rozwoju druku 3D w Polsce i na Świecie jest początek drugiej dekady XXI wieku. W tym czasie zaczęła wygasać ochrona patentowa wielu rozwiązań stosowanych w drukarkach 3D. Z tego względu rozwinął się rynek otwartych rozwiązań do produkcji tanich drukarek 3D, możliwych do konfiguracji w warunkach domowych. Na rynku chińskim pojawiły się firmy produkujące systemy przyrostowe, których ceny zakupu jak i stosowanych w nich materiałów eksploatacyjnych były zdecydowanie niższe niż rozwiązań produkowanych przez dotychczasowych potentatów branży. Trudno odnosić się do jakości tych urządzeń i dokładności wydruków, jednak w owym czasie pozwoliło to na przełamanie monopolu koncernów i szersze udostępnienie drukarek 3D

zarówno w obszarze nauki jak też przemysłu. Ważnym podmiotem w tym okresie była Firma SOLVEERE, będąca przedstawicielem chińskiego lidera rynku druku 3D Firmy Tiertime oraz ENVISIONTEC, a obecnie wykształcona z SOLVEERE Firma SONDASYS jest producentem polskich przemysłowych drukarek 3D pracujących w systemie SLS. Premiera drukarki Firmy SONDASYS odbyła się na Politechnice Rzeszowskiej na konferencji w roku 2017.

Druga połowa drugiej dekady XXI wieku to niezwykle dynamiczny rozwój branży w kilku obszarach, do których m.in. należą: rozwój tanich personalnych drukarek 3D, rozwój rozwiązań przemysłowych i sieciowych szczególnie w zakresie technologii przyrostowego spajania proszków metali. Oferta rozwiązań tego typu urządzeń przemysłowych jest bardzo szeroka, począwszy od maszyn kompaktowych typu Xact Metal, których polskim przedstawicielem jest PROSOLUTIONS, aż po 12 – laserowe systemy SLM Solutions do produkcji seryjnej, których polskim przedstawicielem jest Wadim Plast Sp. z o.o.

Rzeczywisty rozwój systemów zautomatyzowanych i rozwiązań sieciowych pozwala obecnie na włączenie drukarek 3D do struktury Przemysłu 4.0. W przedmiotowym okresie pojawili się polscy producenci maszyn pracujących w trybie przyrostowym, którzy mają potencjał do konkurowania ze światowymi liderami branży, można to również zauważyć na organizowanych corocznie na Targach Kieleckich Dniach Druku 3D.

Ostatni okres naznaczony został przez pandemię wirusa COVID-19 i tu należy dodać, że drukarki 3D pełniły ważne zadania, szczególnie w pierwszym okresie pandemii, kiedy społeczność użytkowników drukarek 3D włączyła się m.in. w produkcję personalnych środków prewencyjnych w walce z wirusem, typu przyłbice ochronne lub elementy doraźnych zabezpieczeń przeciw wirusowi. Przedmiotowy okres spowodował, że druk 3D jeszcze bardziej zintegrował się z systemami informatycznymi i przenika się w wielu miejscach z rzeczywistością wirtualną. Prowadzone są obecnie na Politechnice Rzeszowskiej badania nad zastosowaniem rzeczywistości wirtualnej i rzeczywistości rozszerzonej w obszarze druku 3D jako elementu procesu produkcyjnego i szkoleniowego.

Obecnie drukarki 3D znalazły się w naszym życiu w wielu miejscach, zaryzykowałbym stwierdzenie, że to właśnie one są motorem rewolucji przemysłowej. Edukacja w obszarze druku 3D rozpoczyna się już w wieku szkolnym, można zauważyć że w Mieście Rzeszowie, dzięki zaangażowaniu Prezydenta Miasta Konrada Fijołka i grupy inicjatywnej URBAN LAB powstało centrum programowania Minecraft i druku 3D, które prowadzi kształcenie dzieci już od szkoły podstawowej. Dwudziestoletnie działania pracowników naukowych Politechniki Rzeszowskiej, szczególnie Katedry Konstrukcji Maszyn, przedstawicieli przemysłu z podkarpacia oraz miejskich władz samorządowych spowodowały, że Rzeszów może zyskać status Miasta Lidera Druku 3D. Ważne zadanie w zakresie rozwoju nowoczesnych technologii i druku 3D spełnia obecnie umiejscowiony na Politechnice Rzeszowskiej Krajowy Klaster INDUSTRY 4.0, integrując nie tylko produkcyjne rozwiązania technologiczne, ale również systemy informatyczne w procesie rozwoju SMART MANUFACTURING i SMART CITY.

Jak ważne w naszym życiu są technologie przyrostowe mogą świadczyć stale zwiększające obszary zastosowań druku 3D do których zalicza się m.in.: inżynierię medyczną, technologie kosmiczne, przemysł spożywczy, przemysł energetyczny, przemysł obronny, przemysł elektromaszynowy i motoryzacyjny. Biorąc to pod uwagę

należy się zastanowić jakie cele należy stawiać przed instytucjami naukowymi, szkolnictwem wyższym w zakresie dalszego rozwoju technologii przyrostowych, a także edukacji dotyczącej zastosowań druku 3D w złożonej strukturze życia coraz bardziej uzależnionego od infrastruktury sieciowej i informatycznej.

Metody prototypowania to nie tylko procesy związane z produkcją, to również szeroki obszar inżynierii materiałowej, w tym materiałów kompozytowych stosowanych w szybkim wytwarzaniu wyrobów. Trudno sobie dzisiaj wyobrazić wytwarzanie funkcjonalnych elementów maszyn z zastosowaniem druku 3D bez materiałów kompozytowych, szczególnie na podstawie polimerowej. Szybkie prototypowanie stanowi więc szerokie interdyscyplinarne zagadnienie wymagające integracji wielu obszarów nauki i techniki.

Kończąc to krótkie opracowanie, chciałem serdecznie podziękować za pomoc w udostępnieniu informacji związanych z ponad dwudziestoletnią historią technologii przyrostowych w Polsce i tu chciałem szczególnie podziękować Panom Zenonowi Narojkowi i Mariuszowi Ambroziakowi z Firmy WADIM PLAST, Mateuszowi Majewskiemu z Firmy PROSOLUTIONS oraz Maciejowi Patrzałkowi z Firmy SONDASYS. Mam świadomość, że nie zostały tu przedstawione różne fakty, z powodu braku dostępu do określonych informacji jak też z powodu ograniczonej objętości opracowania. Na dzień dzisiejszy, już jest trudno dotrzeć do faktów historycznych związanych w rozwojem druku 3D w Polsce, a dynamika rozwoju jest tak duża, że trudno ją opisać w tak krótkim wstępie. Jednocześnie zachęcam i proszę o uzupełnienie informacji i przesyłanie ich do mnie, być może uda nam się wspólnie utworzyć kronikę związaną z rozwojem branży druku 3D.

prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik

SPIS TREŚCI

Michał Batsch, Dawid Wydrzyński, Łukasz Przeszłowski, Łukasz Kochmański „Szybkie prototypowanie ruchomej platformy przejazdnej do prac budowlano-remontowych obiektów mostowych”.....	- 15 -
Jacek Bernaczek „Analiza wytrzymałościowa na skręcanie wybranych materiałów poliuretanowych odlewanych próżniowo w formach silikonowych”.....	- 16 -
Jacek Bernaczek, Rafał Depa, Małgorzata Przybek, Marek Nagnajewicz „Opracowanie konstrukcji filtra patronowego z przyrostowo wytwarzaną obręczą stabilizującą”... - 17 -	- 17 -
Jacek Bernaczek, Mariusz Dębski „Analiza wybranych właściwości wytrzymałościowych kompozytów termoplastycznych na osnowie polilaktydu”.....	- 18 -
Jacek Bernaczek, Gabriela Jabłońska, Marek Magniszewski, Mariusz Dębski „Analiza wytrzymałości na skręcanie tworzyw termoplastycznych przy zmianie wypełnienia modelu w procesie przyrostowym”.....	- 19 -
Jerzy Bochnia, Paweł Szczygieł „Analiza możliwości zastosowania żywicy fotoutwardzalnej MED 610 do wykonania technologii druku 3D elementów protezy dłoni”.....	- 20 -
Marek Bolanowski, Mateusz Salach, Andrzej Paszkiewicz, Grzegorz Budzik „Wykorzystanie technologii VR jako narzędzia do udostępniania specjalistych narzędzi laboratoryjnych”.....	- 21 -
Grzegorz Budzik, Tomasz Dziubek, Łukasz Przeszłowski, Łukasz Kochmański, Przemysław Poliński, Piotr Bąk „Wytwarzanie połączeń gwintowych z zastosowaniem technologii przyrostowych”.....	- 22 -
Grzegorz Budzik, Łukasz Przeszłowski „Mobilny system druku 3D do pracy warunkach polowych”.....	- 23 -
Grzegorz Budzik, Łukasz Przeszłowski „Kontrola procesu wytwarzania przyrostowego oparta o systemy zdalnie sterowane”.....	- 24 -
Grzegorz Budzik, Łukasz Przeszłowski, Dawid Wydrzyński, Leszek Pyziak, Łukasz Kochmański „Zastosowanie technologii przyrostowych do wytwarzania przyłbic ochronnych”.....	- 25 -
Grzegorz Budzik, Mateusz Przytuła, Andrzej Paszkiewicz, Przemysław Poliński, Piotr Bąk, Mateusz Kiełbicki „Analiza rozwiązań zdalnych aplikacji sterowania i monitoringu procesu druku 3D”.....	- 26 -
Grzegorz Budzik, Andrzej Trytek, Andrzej Paszkiewicz, Aleksander Mazurkow, Łukasz Przeszłowski, Mirosław Surowaniec, Janusz Czaja „Analiza zastosowania wybranych systemów wspomaganych komputerowo AM/VR w przemyśle zbrojeniowym”.....	- 27 -
Katarzyna Bulanda, Mariusz Oleksy, Rafał Oliwa, Dariusz Krajewski, Kamil Czech, Grzegorz Budzik „Materiały polimerowe na osnowie PET-G stosowane do wytwarzania przyrostowego w technologii MEM”.....	- 28 -
Maciej Cader, Piotr Falkowski, Grzegorz Fiuk, Wojciech Kiński, Bogumiła Wittels, Małgorzata Zaborniak „Analiza i modelowanie procesu produkcji addytywnej z materiału AlSi10Mg przy wykorzystaniu modułu Ansys Additive”.....	- 29 -
Maciej Cader, Bartosz Gapiński, Mateusz Płatek, Małgorzata Zaborniak „Analiza procesu odtworzenia geometrii koła zębatego wykonanego technologią MJF z zastosowaniem wybranych technik pomiarowych”.....	- 30 -

Joanna Cieplak, Mariusz Cieplak, Mateusz Przytuła „Projekt i wykonanie wentylatora wspomagającego oddychanie z wykorzystaniem technik CAD i RP”.....	- 31 -
Mariusz Dębski, Marek Magniszewski, Jacek Bernaczek, Łukasz Przeszłowski, Małgorzata Gontarz, Mateusz Kiełbicki „Wpływ orientacji części na wytrzymałość na skręcanie elementów maszyn wytwarzanych przyrostowo z materiałów polimerowych”.....	- 32 -
Tomasz Dziubek, Małgorzata Gontarz, Łukasz Przeszłowski, Grzegorz Budzik, Bartłomiej Drzał „Wytrzymałość na rozciąganie próbek wytwarzanych metodami FFF/MEM”.....	- 33 -
Damian Filip, Sławomir Snela, Paweł Turek, Łukasz Przeszłowski, Grzegorz Budzik, Mariusz Oleksy „Szybkie prototypowanie jako narzędzie wspomagające technologie medyczne”.....	- 34 -
Paweł Fudali, Sławomir Miechowicz, Wiesław Szaj „Prototyp mechanizmu obrotowego skanera”.....	- 35 -
Paweł Fudali, Sławomir Miechowicz, Wiesław Szaj „Prototyp urządzenia umożliwiającego zdalne sterowanie wózkiem dla osób niepełnosprawnych”.....	- 36 -
Damian Gogolewski, Mateusz Musiałek „Ocena możliwości zastosowania technologii przyrostowych do budowy funkcjonalnych implantów kostnych”.....	- 37 -
Roman Grygoruk, Jakub Piękoś „Technika przyrostowa w medycynie jako wyzwanie w strukturze Przemysłu 4.0”.....	- 38 -
Jerzy Józwik, Grzegorz Budzik, Paweł Turek, Damian Żelechowski, Mateusz Kiełbicki „Możliwości i zastosowanie druku 3D w procesie szybkiego prototypowania narzędzi technologicznych”.....	- 39 -
Janusz Kluczyński, Ireneusz Szachogłuchowicz, Janusz Torzewski, Lucjan Śnieżek, Krzysztof Grzelak, Jakub Łuszczek „Niskocyklowe zmęczenie polimerów PET-G i ABS wytwarzanych przyrostowo”.....	- 40 -
Rafał Kochański „Gra Minecraft: Education Edition jako platforma edukacyjna w zakresie programowania, modelowania 3D oraz projektowania przestrzeni miejskiej dla uczniów szkoły podstawowej”.....	- 41 -
Bogdan Kozik, Mariusz Dębski „Wpływ geometrii wypełnienia na właściwości wytrzymałościowe kompozytów polimerowych przetwarzanych przyrostowo”.....	- 42 -
Jakub Łuszczek, Łucjan Śnieżek, Krzysztof Grzelak, Janusz Kluczyński, Janusz Torzewski, Ireneusz Szachogłuchowicz „Wykorzystanie techniki przyrostowej SLM w procesach wytwarzania wybranych elementów maszyn ze stali stopowych”.....	- 43 -
Marek Magniszewski, Grzegorz Budzik „Nowoczesne techniki stosowane w procesie dydaktycznym wspomagające edukację techniczną”.....	- 44 -
Adam Marciniak, Grzegorz Budzik, Mariusz Dębski „Badania statycznej wytrzymałości kół zębatych wytwarzanych metodą druku 3D”.....	- 45 -
Piotr Mikulski „Potencjał wzrostu wydajności technologii FDM/FFF”.....	- 46 -
Mariusz Oleksy, Grzegorz Budzik, Józef Gawlik „Technologie przyrostowe jako element procesu produkcyjnego opartego o ideę Industry 4.0”.....	- 47 -
Mariusz Oleksy, Katarzyna Bulanda, Rafał Oliwa, Dariusz Krajewski, Kamil Czech, Grzegorz Budzik „Kompozyty polimerowe na podstawie PC/ABS stosowane w technologii szybkiego prototypowania”.....	- 48 -

Rafał Oliwa, Katarzyna Bulanda, Dariusz Krajewski, Kamil Czech, Mariusz Oleksy, Grzegorz Budzik „Kompozyty polimerowe stosowane w technologii druku 3D”.....	- 49 -
Jacek Pacana „Analiza błędów geometrycznych wynikających z zastosowania frezarki współrzędnościowej do pomiarów stykowych koła zębatego”.....	- 50 -
Andrzej Paszkiewicz, Grzegorz Budzik, Mariusz Dębski, Tomasz Dziubek, Wiesław Budzik, Piotr Cichosz, Mateusz Salach, Marek Bolanowski, Marek Magniszewski „Analiza zależności pomiędzy wirtualnym prototypowaniem a szybkim prototypowaniem obiektów dla przemysłu obronnego”.....	- 51 -
Jadwiga Pisula, Grzegorz Budzik, Mariusz Oleksy, Paweł Turek, Mariusz Cieplak „Badania trwałościowe par kół zębatych przekładni walcowej wykonanych metodami druku 3D”.....	- 52 -
Łukasz Przeszłowski, Grzegorz Budzik, Kinga Ciećko, Sebastian Dubiel, Karol Ferenc „Wpływ wybranych parametrów procesu przyrostowego FFF (Fused Filament Fabrication) na wytrzymałość modelu w badaniu statycznej próby rozciągania”.....	- 53 -
Mateusz Rudnik, Tomasz Koziar „Struktury komórkowe i kompozyty otrzymywane technologiami druku 3D”.....	- 54 -
Mariusz Ruszel, Grzegorz Budzik, Jarosław Gryz, Aneta Nowakowska-Krystman „Studium warunków eksploatacyjnych mobilnych sytemów druku 3D dla przemysłu energetycznego i obronnego”.....	- 55 -
Mariusz Sobolak, Piotr Połowniak „Badania kół zębatych o zarysie sinusoidalnym wytworzonych metodą FDM”.....	- 56 -
Piotr Sowa „Możliwości zastosowania rozwiązań VR w obszarze nowoczesnych systemów produkcyjnych”.....	- 57 -
Paweł Turek, Grzegorz Budzik, Łukasz Przeszłowski „Opracowanie procedury obróbki obrazów tomograficznych celem oceny dokładności wydruku modeli wykonanych z materiałów termoplastycznych”.....	- 58 -
Paweł Turek, Grzegorz Budzik, Łukasz Przeszłowski, Paweł Pakła, Bogumił Lewandowski, Sławomir Snela, Damian Filip „Zastosowanie druku 3D w procesie planowania zabiegów chirurgicznych”.....	- 59 -
Paweł Turek, Natalia Bukowska „Analiza dokładności wykonania ubytku kości jarzmowej techniką przyrostową FDM”.....	- 60 -
Paweł Turek, Natalia Skowron „Zastosowanie systemów komputerowo wspomagających projektowanie w procesach planowania zabiegów chirurgicznych w obrębie obszaru żuchwy”.....	- 61 -
Michał Wieczorowski, Grzegorz Budzik „Analiza struktury elementów wykonywanych z zastosowaniem metod przyrostowych”.....	- 62 -
Joanna Woźniak, Grzegorz Budzik, Mariusz Palak „Analiza rozwoju rynku personalnych drukarek 3D w kontekście koncepcji Smart City”.....	- 63 -
Ewelina Zaremba „Materiały wysokosprawne (PEEK) w Przemysle 4.0”.....	- 64 -
Magdalena Zieniuk „Prosolutions – pierwsza firma w Polsce sprzedająca i świadcząca usługi w technologii FDM”.....	- 65 -
Paweł Zmarzły, Wiktor Szot „Ocena możliwości zastosowania wybranych technologii przyrostowych do budowy modeli odlewniczych”.....	- 66 -

Damian Żelechowski, Grzegorz Budzik, Mateusz Majewski, Tomasz Dziubek, Łukasz Przeszłowski „Druk 3D z proszków metalicznych. Możliwości oferowane przez unikalne rozwiązania technologiczne firmy XACT METAL”.....	- 67 -
Grzegorz Wojnar, Michał Juzek „Modyfikacja budowy wewnętrznej koła zębatego i jej wpływ na częstotliwości modalne”.....	- 68 -
Grzegorz Pędzisz, Krzysztof Kuś „Skanery 3D firmy GOM oraz ogólnodostępne oprogramowanie do analizy geometrycznej i obróbki danych STL”.....	- 69 -
Piotr Dudek, Maciej Patrzalek „Możliwości redukcji kosztów z zastosowaniem technologii SLA i SLS”.....	- 70 -
Magdalena Zajdel, Henryk Majcherczyk, Mariusz Oleksy, Tadeusz Markowski, Bartłomiej Sobolewski, Jadwiga Pisula „Kompozytowe polimerowe koła zębate otrzymane metodą szybkiego prototypowania i wtrysku”.....	- 71 -
Łukasz Przeszłowski, Grzegorz Budzik, Jacek Bernaczek, Mariusz Dębski, Łukasz Kochmański „Baza laboratoryjna i edukacyjna KKM w zakresie druku 3D”.....	- 72 -
Adam Przepolski „Wydruki 3D z wysokotemperaturowych polimerów w zastosowaniach przemysłowych”.....	- 73 -
Sebastian Pietruszewski „Możliwości przemysłowych drukarek 3D technologii FFF oraz ich cechy”.....	- 74 -

SZYBKIE PROTOTYPOWANIE RUCHOMEJ PLATFORMY PRZEJEZDNEJ DO PRAC BUDOWLANO-REMONTOWYCH OBIEKTÓW MOSTOWYCH

RAPID PROTOTYPING OF MOBILE ELEVATING WORK PLATFORM FOR CONSTRUCTION AND MAINTENANCE OF BRIDGE STRUCTURES

MICHAŁ BATSCH, DAWID WYDRZYŃSKI, ŁUKASZ PRZESZŁOWSKI, ŁUKASZ KOCHMAŃSKI

Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

e-mail: mbatsch@prz.edu.pl

dwydrzynski@prz.edu.pl

lprzeszl@prz.edu.pl

l.kochmanski@prz.edu.pl

W pracy zaprezentowano proces szybkiego prototypowania demonstratora ruchomej platformy przejazdnej do prac budowlano-remontowych obiektów mostowych. Urządzenie to zostało zaprojektowane w Katedrze Konstrukcji Maszyn Politechniki Rzeszowskiej na zlecenie firmy Twister Sp. j. w ramach projektu nr POIR.02.03.02-18-0114/1 jako samojezdny pojazd sterowany przez operatora z kosza, którego ramię robocze pozwala na prowadzenie prac „pod” mostem, podczas gdy pojazd znajduje się na budowanym (remontowanym) obiekcie. Wytworzony w skali prototyp pozwolił na walidację kinematyki ramienia oraz układu kierowniczego.

Słowa kluczowe: szybkie prototypowanie, wytwarzanie przyrostowe, maszyny robocze, ruchoma platforma przejezdna.

Keywords: rapid prototyping, additive manufacturing, work machines, mobile elevating work platform.

ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCI NA SKRĘCANIE WYBRANYCH MATERIAŁÓW POLIURETANOWYCH ODLEWANYCH PRÓŻNIOWO W FORMACH SILIKONOWYCH

TORSIONAL STRENGTH ANALYSIS OF SELECTED POLYURETHANE MATERIALS VACUUM CAST IN SILICONE MOLDS

JACEK BERNACZEK

*Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza
e-mail: jacek.bernaczek@prz.edu.pl*

Publikacja obejmuje wyznaczenie oraz porównanie wytrzymałości na skręcanie modeli wytworzonych w procesie kształtowania próżniowego z wybranych żywic poliuretanowych. Opracowano i przyrostowo wytworzono zespolony model zestawu próbek wzorcowych zaopatrzonego w zintegrowany układ zalewowo – odpowietrzający. Na jego podstawie opracowano formę silikonową. Proces próżniowego odlewania przeprowadzono dla trzech materiałów poliuretanowych imitujących właściwościami mechanicznymi odpowiednio: polistyren, poliwęglan i ABS. Proces VC (ang. Vacuum Casting) oraz obróbkę termiczną dla poszczególnych zestawów próbek zrealizowano wg indywidualnych kart materiałowych opracowanych przez producenta poszczególnych żywic. Wytrzymałość na skręcanie modeli testowych wyznaczono z wykorzystaniem autorskiego stanowiska badawczego Katedry Konstrukcji Maszyn Politechniki Rzeszowskiej.

Słowa kluczowe: *wytrzymałość na skręcanie, żywice poliuretanowe, odlewanie próżniowe.*
Keywords: *torsional strength, polyurethane resins, vacuum casting.*

OPRACOWANIE KONSTRUKCJI FILTRA PATRONOWEGO Z PRZYROSTOWO WYTWARZANĄ OBRĘCZĄ STABILIZUJĄCĄ

DEVELOPMENT OF A CARTRIDGE FILTER DESIGN WITH AN INCREMENTALLY PRODUCED STABILIZING RIM

JACEK BERNACZEK¹, RAFAŁ DEPA², MAŁGORZATA PRZYBEK³, MAREK NAGNAJEWICZ⁴

¹*Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza*
^{2,3,4}*MIX Filters Sp. z o.o.*

e-mail: ¹jacek.bernaczek@prz.edu.pl

²r.depa@filtrydlaprzemyslu.pl

³m.przybek@filtrydlaprzemyslu.pl

⁴mareknagnajewicz@wp.pl

Publikacja dotyczy opracowania zaawansowanej konstrukcji filtra patronowego z przeznaczeniem m.in. do odpylni przemysłowych cechującej się zwiększoną wydajnością oraz funkcjonalnością. Przedmiotowa konstrukcja filtra obejmuje modyfikacje wymiarowo – kształtowe korpusu mające na celu zwiększenie wydajności i poprawę skuteczności pochłaniania zanieczyszczeń przemysłowych, w tym przede wszystkim pyłów. Opracowana została nowa konstrukcja korpusu filtra z uwzględnieniem założeń wytrzymałościowych, podstawowych zasad przepływów oraz bezpieczeństwa użytkowania. Nowa konstrukcja korpusu filtra charakteryzuje się zmodyfikowaną geometrią siatki zwiększającą głównie parametry przepływu, a tym samym wydajność filtra oraz zredukowaną masę. Opracowano nowy system wzmocnień o podwyższonych parametrach wytrzymałościowych – autorska koncepcja obręczy stabilizującej zapewniająca bezpieczeństwo dla plisowanego materiału filtrującego podczas serwisowej operacji oczyszczania tzw. przedmuchu, przy jednoczesnym zwiększeniu przepływu. Przedmiotowa obręcz stabilizująca przewidziana jest do wytwarzania w procesie przyrostowym z termoplastycznie kształtowanego poliwęglanu.

Słowa kluczowe: *filtr patronowy, korpus filtra, obręcz stabilizująca, wytwarzanie przyrostowe.*
Keywords: *cartridge filter, filter body, stabilizing rim, additive manufacturing.*

ANALIZA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH KOMPOZYTÓW TERMOPLASTYCZNYCH NA OSNOWIE POLILAKTYDU

ANALYSIS OF SELECTED STRENGTH PROPERTIES OF THERMOPLASTIC COMPOSITES BASED ON POLYLACTIDE

JACEK BERNACZEK, MARIUSZ DĘBSKI

*Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza
e-mail: jacek.bernaczek@prz.edu.pl, m.debski@prz.edu.pl*

Publikacja prezentuje analizę wytrzymałości na zginanie i rozciąganie przetwarzanych przyrostowo kompozytów termoplastycznych na osnowie polilaktydu – PLA. Opracowano metodykę badań w oparciu o założenia dla statycznej próby rozciągania oraz trzypunktowego zginania. Przygotowano modele 3D-CAD standardowych próbek badawczych oraz przeprowadzono obróbkę danych CAD/STL/RP na potrzeby procesu FFF. Wytworzono modele z termoplastycznego materiału PLA z kompozytowymi dodatkami ze stopów metali – miedzi, brązu i stali oraz modele referencyjne ze standardowego polilaktydu. Przedmiotowe modele testowe wytworzono z wykorzystaniem aparatury Original Prusa i3 MK3. Zrealizowano badania wytrzymałościowe, a otrzymane wyniki poddano opracowaniu i analizie. Pozyskana w procesie badawczym wiedza umożliwi określenie wpływu dodatków kompozytowych na podstawowe parametry wytrzymałościowe oraz adekwatne określenie obszaru aplikacji dla wytwarzanych elementów z przedmiotowych tworzyw.

Słowa kluczowe: wytrzymałość na rozciąganie i zginanie, wytwarzanie przyrostowe, termoplastyczne materiały kompozytowe, polilaktyd.

Keywords: tensile and flexural strength, additive manufacturing, thermoplastic composite materials, polylactide.

**ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCI NA SKRĘCANIE TWORZYW
TERMOPLASTYCZNYCH PRZY ZMIANIE WYPEŁNIENIA MODELU
W PROCESIE PRZYROSTOWYM**

**ANALYSIS OF THE TORSIONAL STRENGTH OF THERMOPLASTICS WHEN
CHANGING THE FILLING OF THE MODEL IN AN INCREMENTAL PROCESS**

JACEK BERNACZEK, GABRIELA JABŁOŃSKA, MAREK MAGNISZEWSKI, MARIUSZ DĘBSKI

*Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza
e-mail: jacek.bernaczek@prz.edu.pl, gjablonska96@gmail.com, magniszewski@prz.edu.pl,
m.debski@prz.edu.pl*

Publikacja obejmuje analizę wytrzymałości na skręcanie termoplastycznych tworzyw przetwarzanych przyrostowo – ABS i PLA. Opracowano metodologię badawczą opartą o założenia literaturowe dla statycznej próby skręcania oraz skonstruowane w tym celu autorskie stanowisko badawcze. Przeprowadzono obróbkę danych numerycznych na potrzeby procesu modelowania tworzywem termoplastycznym, która obejmowała konstrukcję CAD modelu badawczego – próbki, proces tesselacji – opisu powierzchni odpowiednio zdefiniowaną siatką trójkątów oraz opracowano procedurę wykonawczą dla maszyny przyrostowej – tzw. g-code w dedykowanym oprogramowaniu Slic3r Prusa Edition. Modele – próbki badawcze o wybranym stopniu wypełnienia 30, 60 i 90% dla każdego z materiałów wytworzono z wykorzystaniem aparatury Original Prusa i3 MK3 techniką FFF (ang. Fused Filament Fabrication). Zrealizowano badania wytrzymałości na skręcanie, a otrzymane wyniki poddano opracowaniu i analizie. Pozyskana w procesie badawczym wiedza umożliwi adekwatne określenie obszaru zastosowań dla części poddawanych obciążeniu momentem skręcającym wytwarzanych przyrostowo z termoplastycznych tworzyw polimerowych.

Słowa kluczowe: *wytrzymałość na skręcanie, wytwarzanie przyrostowe, modelowanie tworzywem termoplastycznym, wypełnienie modelu.*

Keywords: *torsional strength, additive manufacturing, thermoplastic modeling, model filling.*

ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA ŻYWICY FOTOUTWARDZALNEJ MED 610 DO WYKONANIA TECHNOLOGIĄ DRUKU 3D ELEMENTÓW PROTEZY DŁONI

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USING THE MED 610 PHOTOCURABLE RESIN FOR 3D PRINTING OF HAND PROSTHESIS COMPONENTS

JERZY BOCHNIA¹, PAWEŁ SZCZYGIEL²

¹Katedra Technologii Mechanicznej i Metrologii, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

²Szkoła Doktorska, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

e-mail: ¹jbochnia@tu.kielce.pl

²pszczygiel@tu.kielce.pl

W pracy przedstawiono wyniki badań właściwości mechanicznych żywicy fotoutwardzalnej MED 610 stosowanej w technologii druku 3D PolyJet Matrix (PJM). Wykonano odwzorowanie gipsowe zdrowej i uszkodzonej dłoni pacjenta oraz metodą inżynierii odwrotnej wykonano wirtualne modele 3D, zapisane w plikach .stl. Wykonano technologią PJM elementy protezy z materiału MED 610. Opisano wyniki wstępnych testów obciążeń mechanicznych elementów protezy i porównano je z przeprowadzonymi symulacjami komputerowymi.

Słowa kluczowe: żywica fotoutwardzalna, druk 3D, inżynieria odwrotna, elementy protezy.

Keywords: photo-curable resin, 3D printing, reverse engineering, prosthesis components.

WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII VR JAKO NARZĘDZIA DO UDOSTĘPNIANIA SPECJALISTYCH NARZĘDZI LABORATORYJNYCH

USING VR TECHNOLOGY AS A TOOL FOR SHARING SPECIALIZED LABORATORY TOOLS

MAREK BOLANOWSKI¹, MATEUSZ SALACH¹, ANDRZEJ PASZKIEWICZ¹, GRZEGORZ BUDZIK²

¹Politechnika Rzeszowska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

²Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

e-mail: marekb@prz.edu.pl, m.salach@prz.edu.pl, andrzejp@prz.edu.pl, gbudzik@prz.edu.pl

Współczesne stanowiska laboratoryjne mają coraz częściej unikalny i mocno specjalistyczny charakter, który umożliwia realizację wąskiej grupy badań lub eksperymentów. Efektywne wykorzystanie takich zasobów wyłącznie w obrębie jednej uczelni, ośrodka badawczego lub firmy może być nieefektywne i nieuzasadnione ekonomicznie. Autorzy w pracy przedstawili analizę możliwości wykorzystania VR jako technologii umożliwiającej zdalne wykorzystanie specjalistycznych stanowisk badawczych oraz ich dzierżawę i współdzielenie. Zaproponowane rozwiązania mogą zostać wykorzystane w ramach współpracy rozproszonych zespołów badawczych, jak również w procesie kształcenia studentów i inżynierów.

Słowa kluczowe: Przemysł 4.0, wirtualna rzeczywistość.

Keywords: Industry 4.0, Virtual Reality.

WYTWARZANIE POŁĄCZEŃ GWINTOWYCH Z ZASTOSOWANIEM TECHNOLOGII PRZYROSTOWYCH

MANUFACTURING THREADED JOINTS WITH THE APPLICATION INCREMENTAL TECHNOLOGIES

GRZEGORZ BUDZIK¹, TOMASZ DZIUBEK¹, ŁUKASZ PRZESZŁOWSKI¹, ŁUKASZ KOCHMAŃSKI¹,
PRZEMYSŁAW POLIŃSKI², PIOTR BĄK³

¹Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

²Szkoła Doktorska Nauk Inżynieryjno-Technicznych na Politechnice Rzeszowskiej

³Studia Doktoranckie na Politechnice Rzeszowskiej

e-mail: gbudzik@prz.edu.pl, tdziubek@prz.edu.pl, lprzeszl@prz.edu.pl, l.kochmański@prz.edu.pl,
przemek.polinski1@gmail.com, piotr.bak@yasa-motors.com

W artykule przedstawiono sposób projektowania i wytwarzania elementów połączeń gwintowych z zastosowaniem systemu 3D-CAD oraz technologii przyrostowych. Modelowanie 3D-CAD w połączeniu z drukiem 3D otwiera nowe możliwości projektowania połączeń gwintowych. W większości wypadków połączenia gwintowe oparte są o znormalizowane zasady projektowania oraz stosowania złącznych elementów znormalizowanych, dzięki temu połączenia tego typu należą do relatywnie tanich i szeroko stosowanych. Artykuł opisuje sposób modelowania z zastosowaniem systemu CATIA standardowego połączenia gwintowego w układzie metrycznym na przykładzie śruby i nakrętki M10. Sam sposób wytwarzania elementów połączenia z zastosowaniem druku 3D niesie ze sobą pewne trudności technologiczne, które należy wyeliminować na etapie opracowywania modelu 3D-CAD oraz 3D-STL. Problemy dotyczą doboru pasowania elementów połączenia w zależności od zastosowanej technologii przyrostowej oraz ułożenia elementów podczas wytwarzania względem układu współrzędnych drukarki 3D.

Słowa kluczowe: wytwarzanie przyrostowe, druk 3D, połączenie gwintowe, modelowanie 3D-CAD.

Keywords: additive manufacturing, 3D printing, threaded connection, 3D-CAD modeling.

MOBILNY SYSTEM DRUKU 3D DO PRACY WARUNKACH POLOWYCH

MOBILE 3D PRINTING SYSTEM FOR FIELD WORKING

GRZEGORZ BUDZIK, ŁUKASZ PRZESZŁOWSKI

*Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza
e-mail: gbudzik@prz.edu.pl, lprzeszl@prz.edu.pl*

W artykule przedstawiony jest mobilny system przyrostowego wytwarzania, który przeznaczony jest do samodzielnej pracy poza normalnym zapleczem produkcyjnym i może stanowić istotne uzupełnienie serwisu lub systemu naprawczego w trudnych warunkach polowych np. do zastosowań wojskowych. Rozwiązanie ma charakter uniwersalny, może stanowić element wyposażenia laboratoryjnego, linii produkcyjnej oraz system samodzielnej pracy dla branży energetycznej, transportowej czy ratowniczej. Mobilny system druku 3D może stanowić wyposażenie polowych fabryk czy warsztatów w celu uzupełnienia zaplecza wytwórczego dla przedsiębiorstw i służb mundurowych, w tym dla wojska jako element wsparcia polowego systemu napraw i produkcji części zamiennych w warunkach odcięcia od standardowych dostaw.

Słowa kluczowe: wytwarzanie przyrostowe, druk 3D, systemy CAx, system mobilny.

Keywords: additive manufacturing, 3D printing, CAx systems, mobile system.

KONTROLA PROCESU WYTWARZANIA PRZYROSTOWEGO OPARTA O SYSTEMY ZDALNIE STEROWANE

CONTROL OF THE ADDITIVE MANUFACTURING PROCESS BASED ON REMOTE CONTROLLED SYSTEMS

GRZEGORZ BUDZIK, ŁUKASZ PRZESZŁOWSKI

*Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza
e-mail: gbudzik@prz.edu.pl, lprzeszl@prz.edu.pl*

Artykuł przedstawia możliwości zdalnej kontroli i nadzorowania procesu produkcyjnego opartego o sieciowe systemy komputerowe przeznaczone do wytwarzania przyrostowego. W procesach produkcyjnych technologie przyrostowe stanowią obecnie ważny element systemu produkcyjnego, do którego należy stosować odpowiednie procedury kontroli jakości w celu uzyskania wyrobów o założonych przez konstruktorów parametrach. W produkcji wykorzystującej technologie przyrostowe znaczna część procesu jest realizowana w przestrzeni programowej, dzięki temu możliwe jest wykorzystywanie struktur sieciowych do modelowania 3D-CAD obróbki danych i kontroli jakości modeli numerycznych na poszczególnych etapach przygotowania. Finalnie wyrób wytwarzany jest z zastosowaniem drukarki 3D, gdzie kontrola procesu wymaga stosowania dodatkowych systemów i aplikacji, które pozwalają na bieżący monitoring z wykorzystaniem zdalnych procedur.

Słowa kluczowe: wytwarzanie przyrostowe, druk 3D, systemy CAx, zdalna kontrola procesu.
Keywords: additive manufacturing, 3D printing, CAx systems, remote process control.

ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII PRZYROSTOWYCH DO WYTWARZANIA PRZYŁBIC OCHRONNYCH

APPLICATION OF INCREMENTAL TECHNOLOGIES FOR THE MANUFACTURE OF PROTECTIVE VISORS

GRZEGORZ BUDZIK¹, ŁUKASZ PRZESZŁOWSKI¹, DAWID WYDRZYŃSKI¹, LESZEK PYZIAK²,
ŁUKASZ KOCHMAŃSKI¹

¹Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

²Zakład Optyki Stosowanej, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

e-mail: gbudzik@prz.edu.pl, lprzeszl@prz.edu.pl, dwydrzynski@prz.edu.pl, l.pyziak@prz.edu.pl,
l.kochmański@prz.edu.pl.

Artykuł przedstawia możliwości zastosowania technologii przyrostowych do wytwarzania przyłbic ochronnych stosowanych do bezpośredniego zabezpieczenia osób pracujących w służbach medycznych, służbach mundurowych, edukacji oraz innych zawodach narażonych bezpośrednio na zagrożenie czynnikami mogącymi powodować przenoszenie wirusów drogą kropelkową. Przedstawione w artykule prototypy funkcjonalne przyłbic zostały wykonane metodami hybrydowymi z zastosowaniem elementów konstrukcyjnych wytworzonych metodą druku 3D oraz szyby poliwęglanowej, które została wycięta przy użyciu plotera laserowego. Przyłbica wyposażona jest w gumę mocującą ją na głowie użytkownika z możliwością regulacji jej naciągu, w zależności od obwodu głowy. Konstrukcja przyłbicy umożliwia jej szybki montaż, który może być zrealizowany bezpośrednio podczas procesu wytwarzania, ale również może być dostarczana jako zestaw do samodzielnego montażu przez użytkownika.

Słowa kluczowe: wytwarzanie przyrostowe, druk 3D, przyłbice ochronne.

Keywords: additive manufacturing, 3D printing, protective visors.

ANALIZA ROZWIĄZAŃ ZDALNYCH APLIKACJI STEROWANIA I MONITORINGU PROCESU DRUKU 3D

ANALYSIS OF SOLUTIONS FOR REMOTE CONTROL AND MONITORING OF THE 3D PRINTING PROCESS

GRZEGORZ BUDZIK¹, MATEUSZ PRZYTUŁA², ANDRZEJ PASZKIEWICZ³, PRZEMYSŁAW
POLIŃSKI², PIOTR BĄK⁴, MATEUSZ KIEŁBICKI²

¹Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

²Szkoła Doktorska Nauk Inżynieryjno-Technicznych na Politechnice Rzeszowskiej

³Zakład Systemów Złożonych, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

⁴Studia Doktoranckie na Politechnice Rzeszowskiej

e-mail: gbudzik@prz.edu.pl, m.przytula@prz.edu.pl, andrzej.paszkievicz@prz.edu.pl,
przemek.polinski1@gmail.com, piotr.bak@yasa-motors.com, mateusz.kielbicki@gmail.com

Artykuł przedstawia analizę możliwości stosowania zdalnych aplikacji do monitoringu i sterowania procesem druku 3D. Opisane zostały rozwiązania programowane i konstrukcyjne, stosowane obecnie w systemach wytwarzania przyrostowego. Przedstawiono możliwości implementacji modułów pozwalających na przebrojenie typowych drukarek 3D w urządzenia mające możliwość prowadzenia wybranych operacji w sposób zdalny. Przeprowadzono również rozważania nad rozwojem procesów automatyzacji zdalnego sterowania systemami druku 3D.

Słowa kluczowe: druk 3D, sterowanie procesami przyrostowymi, Przemysł 4.0, zdalna kontrola.
Keywords: 3D printing, control of additive processes, Industry 4.0, remote control.

ANALIZA ZASTOSOWANIA WYBRANYCH SYSTEMÓW WSPOMAGANYCH KOMPUTEROWO AM/VR W PRZEMYSŁE ZBROJENIOWYM

APPLICATION ANALYSIS OF SELECTED COMPUTER SUPPORTED SYSTEMS AM/VR IN THE ARMS INDUSTRY

GRZEGORZ BUDZIK¹, ANDRZEJ TRYTEK², ANDRZEJ PASZKIEWICZ³, ALEKSANDER
MAZURKOW¹, ŁUKASZ PRZESZŁOWSKI¹,
MIROŚLAW SUROWANIEC⁴, JANUSZ CZAJA⁴

¹Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

²Politechnika Rzeszowska, Wydział Mechaniczno-Technologiczny
ul. Kwiatkowskiego 4, 37-450 Stalowa Wola

³Politechnika Rzeszowska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki
Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

⁴Huta Stalowa Wola S.A. ul. gen. Tadeusza Kasprzyckiego 8, 37-450 Stalowa Wola

e-mail: gbudzik@prz.edu.pl, trytek@prz.edu.pl, andrzej.paszkievicz@prz.edu.pl, almaz@prz.edu.pl,
lprzeszl@prz.edu.pl, m.surowanie1@prz.edu.pl, j.czaja@hsw.pl

Opracowanie przedstawia analizę możliwości zastosowania wybranych systemów wspomaganych komputerowo opartych o procesy przyrostowe i wirtualną rzeczywistość w przemyśle zbrojeniowym. Zidentyfikowane zostały trendy aplikacji systemów AM i VR w procesach produkcyjnych w obszarach wykorzystujących obecnie rozwiązania konwencjonalne. Na podstawie przeprowadzonej analizy opracowano koncepcję i założenia do metodyki wdrażania innowacyjnych systemów AM i VR zarówno w procesach wytwarzania jak też aplikacjach szkoleniowych kadry inżyniersko – technicznej oraz personelu technicznego.

Słowa kluczowe: wytwarzanie przyrostowe, wirtualna rzeczywistość.

Keywords: Additive Manufacturing, Virtual Reality.

MATERIAŁY POLIMEROWE NA OSNOWIE PET-G STOSOWANE DO WYTWARZANIA PRZYROSTOWEGO W TECHNOLOGII MEM

POLYMER MATERIALS BASED ON PET-G USED FOR ADDITIVE MANUFACTURING IN THE MEM TECHNOLOGY

KATARZYNA BULANDA¹, MARIUSZ OLEKSY¹, RAFAŁ OLIWA¹, DARIUSZ KRAJEWSKI¹, KAMIL
CZECH², GRZEGORZ BUDZIK³

¹Katedra Kompozytów Polimerowych, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

²Szkoła Doktorska Nauk Inżynieryjno-Technicznych, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

³Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

e-mail: k.bulanda@prz.edu.pl, molek@prz.edu.pl, oliwa@prz.edu.pl, d.krajewski@prz.edu.pl

d516@stud.prz.edu.pl

gbudzik@prz.edu.pl

W ramach pracy otrzymano kompozyty polimerowe stosowane w technologii szybkiego prototypowania, szczególnie w technologii Melted and Extruded Manufacturing (MEM). Zbadano wpływ modyfikowanych napełniaczy na właściwości kompozytów na osnowie poli(tereftalanu etylenu) modyfikowanego glikolem (PET-G). Zbadano między innymi właściwości reologiczne - *MFR*, mechaniczne – *twardość*, *udarność*, *wytrzymałość przy statycznym rozciąganiu*, strukturalne - *SEM* oraz fizykochemiczne – *TGA*, *DSC*. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że zarówno ilość, jak i rodzaj napełniacza zasadniczo wpływa na zbadane w ramach pracy właściwości użytkowe kompozytów.

Słowa kluczowe: MEM, wytwarzanie przyrostowe, tworzywa termoplastyczne, poli(tereftalan etylenu).

Keywords: MEM, additive manufacturing, thermoplastic polymer, poly(ethylene terephthalate).

**ANALIZA I MODELOWANIE
PROCESU PRODUKCJI ADDYTYWNEJ Z MATERIAŁU ALSI10MG
PRZY WYKORZYSTANIU MODUŁU ANSYS ADDITIVE**

**ANALYSIS AND MODELING OF THE ADDITIVE PRODUCTION BASED ON
ALSI10MG MATERIAL
BY USE THE ANSYS ADDITIVE MODULE**

MACIEJ CADER¹, PIOTR FALKOWSKI¹, GRZEGORZ FIUK¹, WOJCIECH KIŃSKI¹, BOGUMIŁA WITTELS¹, MAŁGORZATA ZABORNIAK²

¹Sieć Badawcza Łukasiewicz - Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP

²Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

e-mail: maciej.cader@piap.lukasiewicz.gov.pl

piotr.falkowski@piap.lukasiewicz.gov.pl

fiuk.grz@gmail.com

wojciech.kinski@piap.lukasiewicz.gov.pl

bogumila.wittels@piap.lukasiewicz.gov.pl

mzab@prz.edu.pl

W pracy przedstawiono wyniki modelowania procesu produkcji przyrostowej obiektów przestrzennych z materiału AlSi10Mg. Modelowanie wykonano przy wykorzystaniu modułu ANSYS Additive. Badania przeprowadzono w środowisku symulacyjnym oraz w laboratorium, na obiektach rzeczywistych. W badaniach dokonano również wstępnej oceny mikrostruktury. W środowisku symulacyjnym skupiono się na jej predykcji, a w badaniach laboratoryjnych na wyznaczeniu charakterystycznych wielkości fizycznych.

Słowa kluczowe: modelowanie procesu, analiza dokładności, obliczenia MES, mikrostruktura.

Keywords: process modeling, accuracy analysis, FEM analysis, microstructure.

**ANALIZA PROCESU ODTWORZENIA GEOMETRII KOŁA
ZĘBATEGO WYKONANEGO TECHNOLOGIĄ MJF
Z ZASTOSOWANIEM WYBRANYCH TECHNIK POMIAROWYCH**

**THE ANALYSIS OF THE PROCESS OF RECONSTRUCTION THE GEOMETRY
OF THE GEAR
MADE WITH THE MJF TECHNOLOGY WITH APPLICATION OF SELECTED
MEASUREMENT TECHNIQUES**

MACIEJ CADER¹, BARTOSZ GAPIŃSKI², MATEUSZ PŁATEK³, MAŁGORZATA ZABORNIAK³

¹*Sieć Badawcza Łukasiewicz - Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP*

²*Instytut Technologii Mechanicznej, Politechnika Poznańska*

³*Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza*

e-mail: maciej.cader@piap.lukasiewicz.gov.pl

bartosz.gapinski@put.poznan.pl

mzab@prz.edu.pl

Współcześnie dostępne technologie, zarówno dyskretyzacji geometrii jak i wytwarzania przyrostowego dają możliwość doboru optymalnych technik w zależności od stawianych wymogów dokładności wykonania. W ramach przeprowadzonych badań dokonano analiz odtworzenia geometrii koła zębatego wydrukowanego w technologii Multi Jet Fusion. Do analiz odtworzenia zastosowano skaner 3D oraz przemysłowy tomograf komputerowy. Dokonano procesu odtworzenia geometrii koła zębatego na podstawie danych uzyskanych w wyniku pomiaru oraz przeprowadzono analizy dokładności odtworzenia geometrii w oparciu o model nominalny 3D-CAD.

Słowa kluczowe: *bezstykowe metody pomiarowe, analiza dokładności.*

Keywords: *contactless measuring methods, accuracy analysis.*

**PROJEKT I WYKONANIE WENTYLATORA WSPOMAGAJĄCEGO
ODDYCHANIE Z WYKORZYSTANIEM TECHNIK CAD I RP**

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF A FAN SUPPORTING BREATHING
PROCESS USING CAD AND RP TECHNIQUES**

JOANNA CIEPLAK, MARIUSZ CIEPLAK, MATEUSZ PRZYTUŁA

*Szkoła Doktorska Nauk Inżynieryjno-Technicznych na Politechnice Rzeszowskiej
e-mail: m.cieplak@ccmetal.pl, m.przytula@prz.edu.pl*

W artykule przedstawiono projekt budowy prototypu wentylatora wspomagającego proces oddychania. Na etapie projektowania wykorzystano oprogramowanie typu CAD. W procesie wytwarzania poszczególnych elementów składowych mechanizmu skorzystano z technologii druku 3D. Konstrukcja ukierunkowana na wykorzystanie ogólnodostępnych komponentów.

Słowa kluczowe: wentylator awaryjny, szybkie prototypowanie, druk 3D, techniki przyrostowe.
Keywords: emergency ventilator project, Rapid Prototyping, 3D printing, additive techniques.

**WPŁYW ORIENTACJI CZĘŚCI NA WYTRZYMAŁOŚĆ NA SKRĘCANIE
ELEMENTÓW MASZYN WYTWARZANYCH PRZYROSTOWO
Z MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH**

**INFLUENCE OF PARTS ORIENTATION ON TORSION STRENGTH OF
MACHINE ELEMENTS MADE OF POLYMERIC MATERIALS BY 3D PRINTING**

MARIUSZ DĘBSKI¹, MAREK MAGNISZEWSKI², JACEK BERNACZEK¹, ŁUKASZ PRZESZŁOWSKI¹,
MAŁGORZATA GONTARZ¹, MATEUSZ KIEŁBICKI³

¹Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

²Zakład Systemów Zarządzania i Logistyki, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

³Szkoła Doktorska Nauk Inżynieryjno-Technicznych na Politechnice Rzeszowskiej
e-mail: ¹m.debski@prz.edu.pl

Istotnym parametrem wpływającym na wytrzymałość wytwarzanych elementów z materiałów polimerowych w technologii modelowania uplastycznionym tworzywem (FFF) jest wpływ orientacji części w komorze urządzenia. Wytrzymałość obniża się w kierunkach obciążeń zbliżonych do kierunku budowanego modelu. W artykule przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań próbek wykonanych z materiałów polimerowych. Do przeprowadzenia statycznej próby skręcania wykorzystano zaprojektowane autorskie stanowisko badawcze. Przeprowadzono serię badań skręcania kształtek połączeń wielowypustowych otrzymanych w dwóch różnych wariantach orientacji części na platformie roboczej urządzenia – poziomej oraz pionowej. Na podstawie uzyskanych rezultatów badań zaobserwowano wyraźny wpływ orientacji modelu w komorze roboczej urządzenia oraz rodzaju materiału polimerowego na odporność na skręcanie badanych elementów maszyn.

Słowa kluczowe: odporność na skręcanie, materiały polimerowe, technologie przyrostowe.
Keywords: torsional resistance, polymeric materials, incremental technologies.

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ROZCIĄGANIE PRÓBEK WYTWARZANYCH METODAMI FFF/MEM

TENSILE STRENGTH OF SAMPLES MANUFACTURED BY FFF/MEM METHODS

TOMASZ DZIUBEK¹, MAŁGORZATA GONTARZ², ŁUKASZ PRZESZŁOWSKI³, GRZEGORZ
BUDZIK⁴, BARTŁOMIEJ DRZAŁ⁵

^{1,2,3,4}Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

⁵Pratt & Whitney Rzeszów S.A.

e-mail: ¹tdziubek@prz.edu.pl

²m.gontarz@prz.edu.pl

³lprzeszl@prz.edu.pl

⁴gbudzik@prz.edu.pl

⁵drzal.bartlomiej@gmail.com

Artykuł przedstawia wyniki analizy wytrzymałościowej próbek znormalizowanych o różnym stopniu wypełnienia wytworzonych w technologiach przyrostowych FFF/MEM z wybranych materiałów polimerowych: ABS, PLA, HABS, PC/ABS, UniHIPS i S&S. Na podstawie zebranych wyników po wykonanej próbie statycznego rozciągania przeprowadzono analizę wybranych materiałów pod względem ich wytrzymałości w zależności od stopnia wypełnienia próbki. Dokonano również porównania maksymalnego naprężenia rozciągającego oraz maksymalnego obciążenia w zależności od rodzaju materiału i gęstości wypełnienia detali. Ponadto wykonano, opracowano i opisano zdjęcia przełomów wybranych detali po wykonanej próbie wytrzymałościowej. Na podstawie przeprowadzonej analizy sporządzono wnioski porównujące wpływ gęstości wypełnienia na wytrzymałość detali.

Słowa kluczowe: wytrzymałość na rozciąganie, metody FFF/MEM, gęstość wypełnienia, druk 3D.
Keywords: tensile strength, FFF/MEM methods, filling density, 3D printing.

SZYBKIE PROTOTYPOWANIE JAKO NARZĘDZIE WSPOMAGAJĄCEGO TECHNOLOGIE MEDYCZNE

RAPID PROTOTYPING AS A TOOL SUPPORTING MEDICAL TECHNOLOGIES

DAMIAN FILIP¹, SŁAWOMIR SNELA¹, PAWEŁ TUREK²
ŁUKASZ PRZESZŁOWSKI², GRZEGORZ BUDZIK², MARIUSZ OLEKSY²

¹Uniwersytet Rzeszowski, Al. Tadeusza Rejtana 16C, 35-310 Rzeszów,

²Politechnika Rzeszowska, Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

e-mail: damian.a.filip@gmail.com, ssnela@poczta.onet.pl.pl, pturek@prz.edu.pl, lprzeszl@prz.edu.pl,
gbudzik@prz.edu.pl, molek@prz.edu.pl

Szeroko pojęta medycyna wykorzystuje obecnie wiele osiągnięć w zakresie technologii. Jednym z takich przykładów jest zastosowanie szybkiego prototypowania, w tym druku 3D, jako narzędzi wspomagających na różnych etapach diagnozy medycznej i leczenia. Aplikacja druku 3D w obszarze medycyny wymaga jednak współpracy na wielu płaszczyznach do których należą diagnostyka i obrazowanie medyczne, przetwarzanie danych w celu uzyskania trójwymiarowych obiektów możliwych do wykorzystania w analizie modelowej jak też do wytwarzania modeli fizycznych stosowanych w planowaniu operacji. Jednym z przykładów współpracy środowisk medycznych i technicznych jest działalność Klastra TECHNOMED, który stanowi platformę do wspólnych działań m.in. pracowników naukowych z Uniwersytetu Rzeszowskiego i Politechniki Rzeszowskiej

Słowa kluczowe: szybkie prototypowanie, druk 3D, technologie medyczne.

Keywords: Rapid Prototyping, 3D printing, medical technologies.

PROTOTYP MECHANIZMU OBROTOWEGO SKANERA

PROTOTYPE OF SCANNER ROTATION MECHANISM

PAWEŁ FUDALI, SŁAWOMIR MIECHOWICZ, WIESŁAW SZAJ

Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

e-mail: pfudali@prz.edu.pl

smiechow@prz.edu.pl

wszaj@prz.edu.pl

Układ skanujący RPLidar pozwala skanować przestrzeń, wykonując obrót wokół jednej osi. Jest to niewystarczające do wygenerowania mapy 3D. W celu rozszerzenia funkcjonalności skanera zaprojektowano mechanizm pozwalający na dodatkowy obrót całego modułu skanującego wokół osi poziomej. W pracy zaprezentowano autorskie rozwiązanie mechanizmu obrotowego skanera 2D zapewniającego uzyskanie obrazu 3D otoczenia. Wykonano prototyp funkcjonalny urządzenia z wykorzystaniem metod szybkiego prototypowania. Prototyp poddano badaniom pozwalającym zweryfikować przyjęte założenia projektowe.

Słowa kluczowe: *szybkie prototypowanie, mechanizm skanujący.*

Keywords: *Rapid Prototyping, scanning mechanism.*

PROTOTYP URZĄDZENIA UMOŻLIWIAJĄCEGO ZDALNE STEROWANIE WÓZKIEM DLA OSÓB NIEPEŁNOSPRAWNYCH

PROTOTYPE OF THE DEVICE ENABLING THE REMOTE CONTROL OF THE WHEELCHAIR FOR THE DISABLED

PAWEŁ FUDALI, SŁAWOMIR MIECHOWICZ, WIESŁAW SZAJ

Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza
e-mail: pfudali@prz.edu.pl
smiechow@prz.edu.pl
wszaj@prz.edu.pl

Niewielka część elektrycznych wózków dla osób niepełnosprawnych ma możliwość sterowania zdalnego. W ramach prac badawczych zaprojektowano mechanizm, który można zamontować na drążku sterowniczym takiego wózka. Urządzenie umożliwia odbiór sygnałów sterujących, a następnie przekazuje je w sposób mechaniczny na joystick, nie ingerując w układy elektroniczne wózka. W celu weryfikacji przyjętych założeń wykonano prototyp funkcjonalny urządzenia z wykorzystaniem metod szybkiego prototypowania, a następnie poddano je badaniom. Przeprowadzone testy potwierdziły skuteczność przedstawionego rozwiązania.

Słowa kluczowe: szybkie prototypowanie, wózek dla osób niepełnosprawnych.

Keywords: Rapid Prototyping, wheelchair for the disabled.

OCENA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII PRZYROSTOWYCH DO BUDOWY FUNKCJONALNYCH IMPLANTÓW KOSTNYCH

AN EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF USING ADDITIVE TECHNOLOGY TO BUILD FUNCTIONAL BONE IMPLANTS

DAMIAN GOGOLEWSKI¹, MATEUSZ MUSIAŁEK²

Katedra Technologii Mechanicznej i Metrologii, Politechnika Świętokrzyska

e-mail: ¹dgogolewski@tu.kielce.pl

²mmusialek@tu.kielce.pl

Dynamiczny rozwój technik przyrostowych determinuje możliwość wykorzystania ich w coraz szerszym spektrum zastosowań. Możliwość szybkiego oraz precyzyjnego wytworzenia spersonalizowanych elementów, o określonych właściwościach czy wymiarach, które są dedykowane dla konkretnego użytkownika skutkuje symbiozą nowoczesnych technik wytwarzania oraz przemysłu medycznego. Rozwój technik przyrostowych opartych na proszkach metali, w szczególności tytanu, idealnie wpisuje się w te realia. Implanty mające stanowić zamiennik kości, wyróżniać się muszą nie tylko wysoką wytrzymałością, ale również możliwością przenoszenia dużych obciążeń przy zoptymalizowanej wadze. Ponadto kluczową kwestią jest ocena możliwości odwzorowania tekstury powierzchni określonej w oprogramowaniu CAD, gdyż w bezpośredni sposób przekłada się ona na możliwość zagnieżdżenia się w implancie tkanki człowieka. W pracy analiza możliwości stosowania wybranych technologii przyrostowych została przeprowadzona na przykładzie implantu stawu biodrowego.

Słowa kluczowe: *technologie przyrostowe, implant, medycyna, tytan.*

Keywords: *additive technology, implant, medicine, titanium.*

TECHNIKA PRZYROSTOWA W MEDYCYNIE JAKO WYZWANIE W STRUKTURZE PRZEMYSŁU 4.0

ADDITIVE MANUFACTURING IN MEDICINE AS A CHALLENGE IN THE STRUCTURE OF INDUSTRY 4.0

ROMAN GRYGORUK¹, JAKUB PIĘKOŚ²

¹Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Mechaniki i Poligrafii, Zakład Konstrukcji Maszyn i Inżynierii Biomedycznej Katedra Konstrukcji Maszyn

²MedDev Engineering Jakub Piękoś, Warszawa
e-mail: ¹roman.grygoruk@pw.edu.pl

Technika przyrostowa rozumiana jako warstwowe nakładanie materiału tworzące trójwymiarowe struktury wchodzi w kanon technik wytwarzania i zaczyna nabierać nowego, szczególnego znaczenia w wielu obszarach. Jednym z tych obszarów jest szeroko rozumiana medycyna, a szczególnie ważnym z punktu widzenia inżynierii mechanicznej i biomedycznej jest obszar urazów tkanek twardych. Dotychczasowe działania związane z zastosowaniem poszczególnych technologii przyrostowych w tym zakresie dotyczą wytwarzania personalizowanych implantów, endoprotez czy też protez zewnętrznych. Analiza literaturowa oraz doświadczenia własne autorów wskazują na szereg problemów, które w strukturze Przemysłu 4.0 powinny być - będą przedmiotem badań. Dalszy rozwój techniki przyrostowej w medycynie będzie podyktowany przełamaniami barier procesowych, materiałowych jak i biologicznych związanych z biointegracją implantu tak pod względem biologicznym jak i mechanicznym ze szczególnym naciskiem na granicę kość-implant.

Słowa kluczowe: *implant, wytrzymałość kości, struktura kości.*

Keywords: *implant, bone strength, bone structure.*

**MOŻLIWOŚCI I ZASTOSOWANIE DRUKU 3D
W PROCESIE SZYBKIEGO PROTOTYPOWANIA
NARZĘDZI TECHNOLOGICZNYCH**

**THE POSSIBILITIES AND APPLICATIONS OF 3D PRINTING
IN THE RAPID TOOLING PROCESS OF TECHNOLOGICAL TOOLS**

JERZY JÓZWIK¹, GRZEGORZ BUDZIK², PAWEŁ TUREK²,
DAMIAN ŻELECHOWSKI³, MATEUSZ KIEŁBICKI⁴

¹Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin

²Politechnika Rzeszowska, Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

³Prosolutions Majewscy Sp.J., ul. Andrzeja Sołtana 7, 05-400 Otwock

⁴Szkoła Doktorska Nauk Inżynieryjno-Technicznych na Politechnice Rzeszowskiej

e-mail: j.jozwik@pollub.pl, gbudzik@prz.edu.pl, pturek@prz.edu.pl,
damian.zelechowski@prosolutions.pl, mateusz.kielbicki@gmail.com

W pracy przedstawiono możliwości i zastosowanie wybranych technik druku 3D jako procesu szybkiego wytwarzania narzędzi technologicznych. Zaprezentowano wybrane wyniki prac badawczych dotyczących technologii Rapid Tooling (RT) ze szczególnym uwzględnieniem form odlewniczych i wtryskowych. Wyniki prac badawczych zestawiono w odniesieniu do konwencjonalnych technologii wytwarzania. Analizie poddano metodę druku 3D opartą o proces PolyJet, która umożliwia wytwarzanie narzędzi wykorzystywanych w różnych technologiach (m.in. do wytwarzania form odlewniczych dla przetwarzania materiałów niskotopliwych (typu wosk odlewniczy) oraz form wtryskowych). Proces projektowania i wytwarzania tego typu narzędzi technologicznych uwzględnia specyfikę procesu przyrostowego, właściwości przetwarzanych materiałów oraz odporność na zużycie gniazda formy. W pracy wykazano konkurencyjne cechy technologii RT, szczególnie w odniesieniu do produkcji jednostkowej i małoseryjnej. Wskazano kierunki rozwoju oraz praktyczne wytyczne eliminowania ograniczeń związanych z poprawą jakości powierzchni, poprawą dokładności wymiarowo-kształtowej wyrobów, a także zwiększaniem trwałości narzędzi wytworzonych w technologii RT.

Słowa kluczowe: druk 3D, technologie przyrostowe, Rapid Tooling.

Keywords: 3D printing, Additive Manufacturing, Rapid Tooling.

NISKOCYKLOWE ZMĘCZENIE POLIMERÓW PET-G I ABS WYTWARZANYCH PRZYROSTOWO

LOW CYCLE FATIGUE OF PET-G AND ABS POLYMERIC PARTS OBTAINED BY ADDITIVE MANUFACTURING

JANUSZ KLUCZYŃSKI, IRENEUSZ SZACHOGŁUCHOWICZ,
JANUSZ TORZEWSKI, LUCJAN ŚNIEŻEK, KRZYSZTOF GRZELAK, JAKUB ŁUSZCZEK

*Institut Robotów i Konstrukcji Maszyn, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Wojskowa Akademia
Techniczna*

*e-mail: janusz.kluczynski@wat.edu.pl
ireneusz.szachogluchowicz@wat.edu.pl
janusz.torzewski@wat.edu.pl
lucjan.sniezek@wat.edu.pl
krzysztof.grzelak@wat.edu.pl
jakub.luszczek@wat.edu.pl*

W pracy przedstawiono wyniki badań z zakresu niskocyklowej wytrzymałości zmęczeniowej elementów modelowych wytworzonych przyrostowo przy użyciu techniki ekstrudowania uplastycznionych termoplastów PET-G i ABS. Uzyskane wyniki w formie wykresów zmęczeniowych i analizy zarejestrowanych pętli histerezy uzupełniono o analizy przelomów zmęczeniowych. Na podstawie przeprowadzonych badań zaobserwowano dużą skłonność elementów modelowych wytworzonych z PET-G do cyklicznego osłabienia pomimo wyższych amplitud naprężeń zarejestrowanych dla tego materiału – w porównaniu do ABS, gdzie amplitudy naprężeń miały o 20% niższą wartość. Dodatkowe obserwacje przelomów zmęczeniowych wykazały quasi-kruchy charakter pękania próbek wytworzonych z PET-G z lokalnymi cechami pękania kruchego.

Słowa kluczowe: wytwarzanie przyrostowe, polimery, niskocyklowe zmęczenie.

Keywords: additive manufacturing, polymers, low cycle fatigue.

**GRA MINECRAFT: EDUCATION EDITION JAKO PLATFORMA EDUKACYJNA
W ZAKRESIE PROGRAMOWANIA, MODELOWANIA 3D ORAZ
PROJEKTOWANIA PRZESTRZENI MIEJSKIEJ DLA UCZNIÓW SZKOŁY
PODSTAWOWEJ.**

**MINECRAFT: EDUCATION EDITION AS AN EDUCATIONAL PLATFORM FOR
PROGRAMMING, 3D MODELING AND CITY DESIGN FOR PRIMARY
SCHOOL STUDENTS**

RAFAŁ KOCHAŃSKI

*Szkoła Podstawowa nr 25 w Rzeszowie, Zespół Szkół Muzycznych nr 2 w Rzeszowie, Młodzieżowy Dom Kultury w Rzeszowie
e-mail: rkochanski@edu.erzeszow.pl*

O wyjątkowości Minecraft świadczy to, że gra uczy budowania, a nie niszczenia. Rozwija kreatywność, uczy współpracy, zwiększa możliwości intelektualne i poznawcze dzieci. Może pomagać w przyswajaniu wiedzy szkolnej zwłaszcza z zakresu przedmiotów ścisłych i nauk przyrodniczych. Wymaga myślenia przestrzennego i umiejętności strategicznego rozumowania. Popularna rozrywka może wiele nauczyć. Jako platforma edukacyjna w powiązaniu z nakładkami programowymi daje możliwość nauki programowania, budowania skomplikowanych systemów, układów urbanistycznych, a nawet komponowania muzyki. Z uwagi na bardzo dużą popularność zajęć realizowanych w ramach programu „Moja przygoda z Minecraft” Wydział Edukacji Urzędu Miasta Rzeszowa wystąpił z inicjatywą utworzenia Centrum Minecraft i druku 3D w Rzeszowie.

Słowa kluczowe: *Minecraft, programowanie, modelowanie 3D, druk 3D.*

Keywords: *Minecraft, programming, 3D modeling, 3D printing.*

**WPŁYW GEOMETRII WYPEŁNIENIA NA WŁAŚCIWOŚCI
WYTRZYMAŁOŚCIOWE KOMPOZYTÓW POLIMEROWYCH
PRZETWARZANYCH PRZYROSTOWO**

**INFLUENCE OF FILLING GEOMETRY ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS
OF ADDITIVELY MANUFACTURED POLYMER COMPOSITES**

BOGDAN KOZIK, MARIUSZ DĘBSKI

*Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza
e-mail: bogkozik@prz.edu.pl, m.debski@prz.edu.pl*

Metoda ekstruzji warstwowej jest obecnie, obok polimeryzacji żywic światło utwardzalnych i spieku proszków z poliamidów, najczęściej wykorzystywaną metodą przyrostową bazującą na tworzywach polimerowych. Ważnym parametrem wpływającym na właściwości wytrzymałościowe tego procesu jest geometria wypełnienia wytwarzanego modelu. W artykule przedstawiono wyniki badań wytrzymałościowych w postaci statycznej próby rozciągania, zginania oraz skręcania. Próbkę do badań wykonano przy użyciu drukarki 3D Prusa i3 MK3, metodą modelowania uplastycznionym tworzywem (FFF) z kopolimeru ABS, polilaktydu oraz jego modyfikowanej odmiany. Badaniom poddane zostały próbki o trzech różnych konfiguracjach wypełnienia w zależności od kąta orientacji ułożenia ekstrudowanych ścieżek (liniowe, naprzemienne ułożenie ścieżek pod kątami 45° i 135° oraz 0° i 90°). W pracy przedstawiono analizę właściwości wytrzymałościowych polilaktydu oraz ich porównanie z właściwościami mechanicznymi materiału ABS.

Słowa kluczowe: *właściwości wytrzymałościowe, materiały polimerowe, technologie przyrostowe.*

Keywords: *strength properties, polymeric materials, incremental technologies.*

**WYKORZYSTANIE TECHNIKI PRZYROSTOWEJ SLM
W PROCESACH WYTWARZANIA WYBRANYCH ELEMENTÓW MASZYN
ZE STALI STOPOWYCH**

**LEVERAGING THE SLM ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE
MANUFACTURING OF SELECTED MACHINE ELEMENTS
MADE OF ALLOY STEELS**

JAKUB ŁUSZCZEK, LUCJAN ŚNIEZEK, KRZYSZTOF GRZELAK, JANUSZ KLUCZYŃSKI, JANUSZ TORZEWSKI, IRENEUSZ SZACHOGŁUCHOWICZ

Institut Robotów i Konstrukcji Maszyn, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Wojskowa Akademia Techniczna

e-mail: jakub.luszczek@wat.edu.pl

lucjan.sniezek@wat.edu.pl

krzysztof.grzelak@wat.edu.pl

janusz.kluczynski@wat.edu.pl

janusz.torzewski@wat.edu.pl

ireneusz.szachogluchowicz@wat.edu.pl

Przedstawione wyniki badań dotyczą wytrzymałości zmęczeniowej kół zębatach wytworzonych techniką przyrostową SLM. W pierwszym etapie badaniom wytrzymałościowym poddano serie modelowych kół-próbek wytworzonych z oferowanych na rynku stali stopowych (stal maraging M300 oraz stali H13). Wyniki wskazują na relatywnie małą trwałość zmęczeniową na zginanie u podstawy zęba w stanie zarówno przed jak i po przeprowadzonych dodatkowych obróbkach cieplnych. Ponadto przeprowadzone pomiary zarysu zębów potwierdziły konieczność wprowadzenie dodatkowej obróbki mechanicznej wieńców zębatach, w celu osiągnięcia odpowiednich wartości tolerancji wymiarów. W pracy zawarto również wyniki pilotażowych badań dotyczących zastosowania w procesie wytwarzania techniką SLM stali 20HNM, wykorzystywanej w konwencjonalnym procesie produkcyjnym kół zębatach. Wyniki te obejmują dobór parametrów wytwarzania oraz właściwości mechaniczne umożliwiające wstępną ocenę zdolności aplikacyjnych stali 20HNM do przyrostowego wytwarzania rozpatrywanych kół zębatach.

Słowa kluczowe: *techniki przyrostowe, koła zębata, selektywne topienie laserem, skrzynia biegów.*

Keywords: *additive manufacturing, gear wheel, Selective Laser Melting, mechanical transmission system.*

NOWOCZESNE TECHNIKI STOSOWANE W PROCESIE DYDAKTYCZNYM WSPOMAGAJĄCE EDUKACJĘ TECHNICZNĄ

MODERN TECHNIQUES APPLIED IN THE TEACHING PROCESS TO SUPPORT TECHNICAL EDUCATION

MAREK MAGNISZEWSKI, GRZEGORZ BUDZIK

*Politechnika Rzeszowska, Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów
e-mail: magniszewski@prz.edu.pl, gbudzik@prz.edu.pl*

Publikacja dotyczy przeglądu nowoczesnych technik wspomagających proces dydaktyczny w zakresie obszarów inżynierskich i technicznych. Rozważania te dotyczą zarówno E-zasobów dla szkolnictwa technicznego na różnym poziomie kształcenia zamieszczonych na zintegrowanych platformach edukacyjnych, programów ułatwiających zdalne nauczanie, a także poruszaniu się w wirtualnej rzeczywistości odzwierciedlającej stanowiska pracy przyszłych absolwentów uczelni technicznych i szkół zawodowych. W publikacji dokonano analizy wykorzystania technologii wspomaganych komputerowo do prowadzenia przedmiotów w kształceniu umiejętności praktycznych w obszarach technologii wspomaganych komputerowo, w tym również druku 3D. Stosowanie tych technik opartych o platformy zdalne może być uzupełnieniem procesu kształcenia na różnych poziomach w tym również dodatkowych umiejętności zawodowych (DUZ) i kursów umiejętności zawodowych (KUZ) wchodzących do edukacji szkolnictwa zawodowego.

Słowa kluczowe: *druk 3D, systemy wspomagane komputerowo, platformy zdalne, kursy umiejętności zawodowych.*

Keywords: *3D printing, computer aided systems, remote platforms, vocational skills courses.*

BADANIA STATYCZNEJ WYTRZYMAŁOŚCI KÓŁ ZĘBATYCH WYTWARZANYCH METODĄ DRUKU 3D

TESTS OF STATIC STRENGTH OF GEAR PAIRS MADE BY 3D PRINTING

ADAM MARCINIEC, GRZEGORZ BUDZIK, MARIUSZ DĘBSKI

*Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów
e-mail: amarc@prz.edu.pl, gbudzik@prz.edu.pl, m.debski@prz.edu.pl*

Artykuł przedstawia proces badania statycznej wytrzymałości kół zębatach wytwarzanych wybranymi metodami druku 3D z materiałów polimerowych. Do badań zastosowano specjalnie skonstruowane stanowisko, które zapewnia możliwość montażu pary kół zębatach i obciążenia ich momentem skręcającym. Wymuszenie momentu skręcającego realizowane jest za pomocą silnika elektrycznego i przekładni ślimakowych. Koło zdawcze zostało połączone z momentomierzem podłączonym do czujnika momentu przekazującego sygnał do komputera. Taka konstrukcja stanowiska zapewnia możliwość ciągłej rejestracji wyników tzn. momentu skręcającego w funkcji kąta obrotu wału wymuszającego obciążenie. Badaniom poddano trzy rodzaje par kół zębatach wytworzonych w procesie druku 3D metodą PolyJet, FDM oraz FFF. Analizie poddano zarówno wytrzymałość statyczną jak również sposób odpowiedzi przekładni na przyłożone obciążenia.

Słowa kluczowe: druk 3D, koła zębata, wytrzymałość statyczna.

Keywords: 3D printing, gears, static strength.

POTENCJAŁ WZROSTU WYDAJNOŚCI TECHNOLOGII FDM/FFF

POTENTIAL TO INCREASE THE EFFICIENCY OF FDM/FFF TECHNOLOGY

PIOTR MIKULSKI

*BIBUS MENOS Sp. z o.o.
e-mail: pmi@bibusmenos.pl*

Technologia Fused Filemanet Fabrication jest obecnie najpopularniejszą i najbardziej dostępną metodą druku 3D. Mimo wielu zalet tego rozwiązania jest to jednocześnie jedna z najmniej produktywnych technologii szybkiego prototypowania. Dotychczas wzrost prędkości odbywał się głównie kosztem wzrostu grubości warstwy i obniżeniem jakości powierzchni. Istnieje jednak znaczny potencjał do wzrostu wydajności technologii FDM/FFF poprzez gruntowną analizę fizycznych ograniczeń tej metody. Analiza wpływu współczesnych rozwiązań technicznych w odniesieniu do procesów fizycznych zachodzących podczas selektywnego nakładania materiałów termoplastycznych otwiera nowe możliwości na wzrost wydajności kolejnych generacji urządzeń korzystających z fundamentalnych założeń technologii FDM/FFF.

Słowa kluczowe: FFF, wzrost wydajności.

Keywords: FFF, efficiency increase.

TECHNOLOGIE PRZYROSTOWE JAKO ELEMENT PROCESU PRODUKCYJNEGO OPARTEGO O IDEĘ INDUSTRY 4.0

ADDITIVE TECHNOLOGIES AS AN ELEMENT OF THE PRODUCTION PROCESS BASED ON THE IDEA OF INDUSTRY 4.0

MARIUSZ OLEKSY¹, GRZEGORZ BUDZIK², JÓZEF GAWLIK³

¹Politechnika Rzeszowska, Wydział Chemiczny, Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

²Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

³Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków

e-mail: ¹molek@prz.edu.pl, ²gbudzik@prz.edu.pl, ³jozef.gawlik@pk.edu.pl

Idea INDUSTRY 4.0 jest pewnego rodzaju integratorem procesów technologicznych i systemów zarządzania produkcją wykorzystującym rozwiązania sieciowe. Technologie przyrostowe stanowią ważny element w strukturze INDUSTRY 4.0, który może być wykorzystywany na różnych etapach procesu produkcyjnego. W początkowym etapie projektowania i przygotowania produkcji druk 3D wykorzystuje się do wykonywania modeli wizualnych i prototypów. Wiele technologii przyrostowych funkcjonuje jako samodzielne gniazda produkcyjne służące do wytwarzania gotowych wyrobów. Procesy druku 3D są oparte na przygotowaniu, przetwarzaniu i przesyłaniu danych numerycznych, z tego względu stanowią naturalne uzupełnienie procesów produkcyjnych w nowoczesnych przedsiębiorstwach opartych o strukturę INDUSTRY 4.0.

Słowa kluczowe: INDUSTRY 4.0, druk 3D, technologie przyrostowe.

Keywords: INDUSTRY 4.0, 3D Printing, Additive Manufacturing.

KOMPOZYTY POLIMEROWE NA OSNOWIE PC/ABS STOSOWANE W TECHNOLOGII SZYBKIEGO PROTOTYPOWANIA

POLYMER COMPOSITES BASED ON PC/ABS USED IN THE RAPID PROTOTYPING TECHNOLOGY

MARIUSZ OLEKSY¹, KATARZYNA BULANDA¹, RAFAŁ OLIWA¹, DARIUSZ KRAJEWSKI¹, KAMIL CZECH², GRZEGORZ BUDZIK³

¹Katedra Kompozytów Polimerowych, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

²Szkoła Doktorska Nauk Inżynieryjno-Technicznych, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

³Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

e-mail: molek@prz.edu.pl, k.bulanda@prz.edu.pl, oliwa@prz.edu.pl, d.krajewski@prz.edu.pl

d516@stud.prz.edu.pl

gbudzik@prz.edu.pl

W ramach pracy otrzymano kompozyty polimerowe dedykowane technologii szybkiego prototypowania. Zbadano między innymi wpływ modyfikowanych napełniaczy na właściwości kompozytów na osnowie poliwęglanu (PC)/kopolimeru akrylonitryl-butadien-styren (ABS). Otrzymane kompozyty posłużyły do produkcji filamentu z wykorzystaniem autorskiej linii technologicznej. Kształtki do badań właściwości użytkowych uzyskano z wykorzystaniem techniki druku 3D i wtryskiwania do formy. Zbadano między innymi właściwości reologiczne - *MFR*, mechaniczne – *twardość*, *udarność*, *wytrzymałość przy statycznym rozciąganiu*, strukturalne - *SEM* oraz fizykochemiczne – *TGA*, *DSC*.

Słowa kluczowe: szybkie prototypowanie, druk 3D, tworzywa termoplastyczne, blendy, PC/ABS.

Keywords: rapid prototyping, 3D printing, thermoplastic polymers, blends, PC/ABS.

KOMPOZYTY POLIMEROWE STOSOWANE W TECHNOLOGII DRUKU 3D

POLYMER COMPOSITES USED IN 3D PRINTING TECHNOLOGY

RAFAŁ OLIWA¹, KATARZYNA BULANDA¹, DARIUSZ KRAJEWSKI¹, KAMIL CZECH², MARIUSZ OLEKSY¹, GRZEGORZ BUDZIK³

¹Katedra Kompozytów Polimerowych, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

²Szkoła Doktorska Nauk Inżynieryjno-Technicznych na Politechnice Rzeszowskiej

³Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

e-mail: oliwa@prz.edu.pl, k.bulanda@prz.edu.pl, d.krajewski@prz.edu.pl,

molek@prz.edu.pl,

d516@stud.prz.edu.pl,

gbudzik@prz.edu.pl

Przeprowadzono badania nad otrzymaniem kompozytów na osnowie polilaktydu (PLA) z dodatkiem niemodyfikowanego i modyfikowanego powierzchniowo hydroksyapatytu przeznaczonych do wytwarzania filamentów do druku 3D. W tym celu: (1) otrzymano mieszanki PLA z dodatkiem 1-3% mas. napełniacza, (2) wytworzono filamenty na bazie opracowanych mieszanek, (3) wytworzono metodą druku 3D próbki do badań w postaci mini wiosełek. Dla tak otrzymanych materiałów zbadano wpływ zastosowanej modyfikacji oraz zawartości napełniaczy na ich właściwości użytkowe. Przeprowadzono następujące badania: twardość metodą Rockwella, udarność z karbem według Charpy'ego oraz wytrzymałość na rozciąganie. Oznaczono również masowy wskaźnik szybkości płynięcia oraz przeprowadzono analizę termogravimetryczną i zbadano strukturę kruchych przełomów.

Słowa kluczowe: polilaktyd, kompozyty polimerowe, druk 3D, hydroksyapatyt.

Keywords: polylactide, polymer composites, 3D printing, hydroxyapatite.

**ANALIZA BŁĘDÓW GEOMETRYCZNYCH WYNIKAJĄCYCH
Z ZASTOSOWANIA FREZARKI WSPÓŁRZĘDNOŚCIOWEJ DO POMIARÓW
STYKOWYCH KOŁA ZĘBATEGO**

**ANALYSIS OF GEOMETRICAL ERRORS RESULTING
FROM A COORDINATE MILLING MACHINE FOR CONTACT MEASUREMENT
OF A GEAR WHEEL**

JACEK PACANA

*Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza
e-mail: pacanaj@prz.edu.pl*

Zastosowanie frezarki współrzędnościowej do pomiarów stykowych jest możliwe po wyposażeniu jej w odpowiednią głowicę. Jednak ponieważ nie jest to rozwiązanie standardowe należy liczyć się z pewnymi ograniczeniami i trudnościami przy przeprowadzaniu procesu digitalizacji, oraz przy współpracy z programami nadzorującymi przebieg procesu pomiarowego. W przeprowadzonym eksperymencie, do pomiarów koła zębatego, wykorzystano frezarkę Roland MDX-40, wyposażoną w głowicę pomiarową ZSC-1. Głowica ta umożliwia przeprowadzanie pomiarów stykowych z dokładnością, wynoszącą 0,04 mm, a mała średnica końcówki pomiarowej pozwala na pomiary elementów o małych gabarytach. Jednak głowica ma kształt stożka co powoduje błędne odwzorowanie mierzonej geometrii przy pomiarach głębiej położonych powierzchni pionowych. Przeprowadzona analiza ukazuje charakter powtarzających się błędów i wskazuje sposoby ich wyeliminowania, zarówno poprzez zastosowanie odpowiednich rozwiązań technicznych bezpośrednio na frezarce jak również w programach CAD.

Słowa kluczowe: koło zębate, inżynieria odwrotna, pomiary stykowe.

Keywords: gearwheel, reverse engineering, contact measurements.

**ANALIZA ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY WIRTUALNYM PROTOTYPOWANIEM
A SZYBKIM PROTOTYPOWANIEM OBIEKTÓW
DLA PRZEMYSŁU OBRONNEGO**

**ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN VIRTUAL PROTOTYPING
AND FAST PROTOTYPING OF OBJECTS
FOR THE DEFENSE INDUSTRY**

ANDRZEJ PASZKIEWICZ¹, GRZEGORZ BUDZIK¹, MARIUSZ DĘBSKI²
TOMASZ DZIUBEK², WIESŁAW BUDZIK², PIOTR CICHOSZ³
MATEUSZ SALACH¹, MAREK BOLANOWSKI¹, MAREK MAGNISZEWSKI¹

¹Politechnika Rzeszowska, Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

²WB-GRAF, Rzeszów, ³Proximo AERO, pl. Jana Kilińskiego 2, 35-005 Rzeszów

e-mail: andrzejp@prz.edu.pl, gbudzik@prz.edu.pl, m.debski@prz.edu.pl, tdziubek@prz.edu.pl,
wbiker@wp.pl, piotr.cichosz@proximo.aero, m.salach@prz.edu.pl, marekb@prz.edu.pl,
magniszewski@prz.edu.pl

Publikacja dotyczy analizy zależności pomiędzy wirtualnym prototypowaniem i szybkim prototypowaniem obiektów dla przemysłu obronnego. Rozważanie dotyczą zarówno obiektów, które mogą być stosowane w scenariuszach przeznaczonych dla rzeczywistości wirtualnej jak również obiektów, które są przeznaczone do wytworzenia jako elementy maszyn z zastopowaniem technologii wspomaganym komputerowo w tym druku 3D. W przypadku wszystkich obiektów należy określić wymagania dotyczące parametrów geometrycznych w odniesieniu do środowiska programowego. Dla rzeczywistości wirtualnej często nie uwzględnia się szczegółowych wymiarów stosowanych dla rzeczywistych wyrobów. Podejście to nie wyklucza jednak możliwości zwiększenia dokładności obiektów, które docelowo mogą być wytwarzane przyrostowo.

Słowa kluczowe: wirtualne prototypowanie, szybkie prototypowanie.

Keywords: Virtual Prototyping, Rapid Prototyping.

BADANIA TRWAŁOŚCIOWE PAR KÓŁ ZĘBATYCH PRZEKŁADNI WALCOWEJ WYKONANYCH METODAMI DRUKU 3D

DURABILITY TESTS OF GEAR PAIRS MADE BY 3D PRINTING METHODS

JADWIGA PISULA¹, GRZEGORZ BUDZIK¹, MARIUSZ OLEKSY¹
PAWEŁ TUREK¹, MARIUSZ CIEPLAK²

¹Politechnika Rzeszowska, Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

²CC Metal, ul. Graniczna 1, 38-100 Strzyżów

e-mail: jpisula@prz.edu.pl, gbudzik@prz.edu.pl, molek@prz.edu.pl, pturek@prz.edu.pl,
m.cieplak@interia.eu

Publikacja przedstawia wyniki badań trwałościowych par kół zębatach wytwarzanych wybranymi metodami druku 3D z materiałów polimerowych. Do wykonania modeli 3D-CAD kół zębatach wykorzystano model matematyczny uzębienia otrzymywanego w procesie obróbki obwodniowej narzędziem typu zębatkowego o profilu A definiowanym wg normy ISO 53:1998. Opracowano w ten sposób zarysy wrębu dla obu kół z założoną dokładnością. Modele numeryczne były podstawą do wykonania geometrycznych modeli 3D-CAD. Prototypy badawcze wytworzono z zastosowaniem drukarek 3D na podstawie formatu STL wyeksportowanego z modeli wzorcowych. Badania trwałościowe zostały wykonane na specjalnie skonstruowanym stanowisku. Koła po zakończeniu prób trwałościowych poddano analizie zużycia uzębienia.

Słowa kluczowe: druk 3D, koła zębata, badania trwałościowe.

Keywords: 3D printing, gears, durability tests.

**WPŁYW WYBRANYCH PARAMETRÓW PROCESU PRZYROSTOWEGO FFF
(FUSED FILAMENT FABRICATION) NA WYTRZYMAŁOŚĆ MODELU
W BADANIU STATYCZNEJ PRÓBY ROZCIĄGANIA**

**IMPACT OF SELECTED PARAMETERS OF THE ADDITIVE MANUFACTURING
FFF (FUSED FILAMENT FABRICATION) PROCESS ON THE MODEL
STRENGTH IN STATIC TENSILE TESTING**

ŁUKASZ PRZESZŁOWSKI¹, GRZEGORZ BUDZIK¹, KINGA CIEĆKO², SEBASTIAN DUBIEL²,
KAROL FERENC²

¹*Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza*

²*Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza*

e-mail: lprzeszl@prz.edu.pl, gbudzik@prz.edu.pl

Artykuł przedstawia wyniki badań statycznej próby rozciągania, które określają wpływ wybranych parametrów procesu przyrostowego w technologii FFF (Fused Filament Fabrication) na wytrzymałość modelu. Parametry jakimi sterowano to: szerokość warstwy wypełniającej, liczba obrysów zewnętrznych oraz parametr całkowitego wypełnienia co określoną liczbę warstw. Badania wykonano z wykorzystaniem urządzenia testującego Instron 3367. Na końcu przedstawiono wyniki w postaci wykresów oraz sformułowano wnioski.

Słowa kluczowe: szybkie prototypowanie, polimery termoplastyczne, druk 3D, statyczna próba rozciągania.

Keywords: rapid prototyping, thermoplastic polymer, 3D printing, static tensile testing.

STRUKTURY KOMÓRKOWE I KOMPOZYTY OTRZYMYWANE TECHNOLOGIAMI DRUKU 3D

CELL STRUCTURES AND COMPOSITES OBTAINED WITH 3D PRINTING TECHNOLOGIES

MATEUSZ RUDNIK¹, TOMASZ KOZIOR¹

Katedra Technologii Mechanicznej i Metrologii, Politechnika Świętokrzyska

e-mail: ¹mrudnik@tu.kielce.pl

¹tkozior@tu.kielce.pl

Trwająca rewolucja przemysłowa 4.0 w bardzo dużym stopniu wpływa na rozwój nowoczesnych technologii wytwarzania. Szczególnie widoczny jest wyraźny wzrost w przypadku technologii druku 3D, gdzie występuje duży rozwój w dziedzinie chemii materiałów oraz możliwości technologicznych produkcji. W związku z tym w przypadku druku 3D bardzo często zaczynamy mówić o nowym pojęciu nazywanym drukiem 4D. Wszystkie te cechy sprawiają, że coraz częściej technologie addytywne wykorzystywane są do budowy modeli kompozytowych bądź przez stosowanie materiałów kompozytowych, bądź przez łączenie technologii na przykład addytywnych z electrospinning. Taki rodzaj kompozytów otwiera nowe możliwości produkcji na przykład modeli o budowie struktur komórkowych i zastosowaniach medycznych oraz funkcjach umożliwiających filtrację. W związku z tym przedstawiona tematyka dotyczy przeglądu nowoczesnych technologii druku 3D pozwalających na wytwarzanie kompozytowych modeli takich jak struktury komórkowe, umożliwiające proces filtracji.

Słowa kluczowe: druk 3D, struktury komórkowe, electrospinning.

Keywords: 3D printing, cell structures, electrospinning.

STUDIUM WARUNKÓW EKSPLOATACYJNYCH MOBILNYCH SYTEMÓW DRUKU 3D DLA PRZEMUSŁU ENERGETYCZNEGO I OBRONNEGO

STUDY OF OPERATING CONDITIONS FOR MOBILE 3D PRINTING SYSTEMS FOR THE ENERGY AND DEFENSE INDUSTRIES

MARIUSZ RUSZEL¹, GRZEGORZ BUDZIK¹, JAROSŁAW GRYZ²,
ANETA NOWAKOWSKA – KRYSTMAN²

¹Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

²Akademia Sztuki Wojennej, Al. gen. Antoniego Chruściela "Montera" 103, 00-910 Warszawa

e-mail: mruszel@prz.edu.pl, gbudzik@prz.edu.pl, j.gryz@akademia.mil.pl, a.krystman@akademia.mil.pl

Opracowanie dotyczy rozważań nad warunkami eksploatacyjnymi, które mogą zaistnieć podczas eksploatacji mobilnych systemów druku 3D dedykowanych dla przemysłu energetycznego i obronnego. Autorzy poddali analizie zapotrzebowanie na systemy wytwarzania przyrostowego, które mogą być eksploatowane w warunkach polowych jako samodzielne jednostki techniczne. Przeprowadzono syntezę rozwiązań drukarek 3D, które mogą być eksploatowane w trudnych warunkach, zmiennym klimacie oraz z zastosowaniem różnych źródeł energii. Na podstawie analizy opracowano wstępne założenia techniczne dla aplikacji tego typu rozwiązań.

Słowa kluczowe: druk 3D, przemysł energetyczny, przemysł obronny.

Keywords: 3D printing, energy industries, defense industries.

BADANIA KÓŁ ZĘBATYCH O ZARYSIE SINUSOIDALNYM WYTWORZONYCH METODĄ FDM

SINUSOIDAL PROFILE GEAR WHEEL TESTS MADE BY THE FDM METHOD

MARIUSZ SOBOLAK, PIOTR POŁOWNIAK

*Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza
e-mail: msobolak@prz.edu.pl
piotrp@prz.edu.pl*

Znaczna część kół zębatach wykonywana jest z tworzyw polimerowych. Przy projektowaniu takich kół, a w zasadzie całych przekładni często na etapie projektowania koła takie do wstępnych badań wykonywane są z wykorzystaniem metod szybkiego prototypowania, ponieważ mogą one być badane na zasadzie podobieństwa modelowego do kół wykonywanych następnie w matrycach. Takie podejście umożliwia badanie kół o różnych zarysach. Zostaną przedstawione wyniki porównawczych badań kół o zarysie ewolwentowym i sinusoidalnym wytworzonych metodą FDM. Wstępne badania wskazują pewną przewagę zarysu sinusoidalnego nad ewolwentowym.

Słowa kluczowe: koło o zarysie sinusoidalnym, FDM.

Keywords: sinusoidal gear profile, FDM.

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA ROZWIĄZAŃ VR W OBSZARZE NOWOCZESNYCH SYSTEMÓW PRODUKCYJNYCH

POSSIBILITIES OF USING VR SOLUTIONS IN THE AREA OF MODERN PRODUCTION SYSTEMS

PIOTR SOWA

*InfoSoftware Polska Sp. z o.o. ul. Przemysłowa 5A, 38-457 Szczepańcowa, Polska
e-mail: psowa@infosoftware.pl*

Opracowanie przedstawia możliwości wykorzystania rozwiązań VR we współczesnych systemach produkcyjnych wykorzystywanych przez małe i średnie przedsiębiorstwa. Rozwiązania tej klasy mogą być stosowane zarówno na etapie projektowania nowych elementów w zakresie ich wizualizacji oraz umiejscowienia w symulowanych warunkach wdrożeniowych. Zastosowanie technik VR może być szczególnie użyteczne w procesie produkcji krótkoseryjnej na etapie wizualizacji prototypów oraz nadzorowania ich wytwarzania. W ramach artykułu przedstawiono analizę dostępnych rozwiązań VR oraz przedstawiono kryteria ich doboru w odniesieniu do celów produkcyjnych z uwzględnieniem aspektów kosztowych.

Słowa kluczowe: *Przemysł 4.0, wirtualna rzeczywistość.*

Keywords: *Industry 4.0, Virtual Reality.*

**OPRACOWANIE PROCEDURY OBRÓBKI OBRAZÓW TOMOGRAFICZNYCH
CELEM OCENY DOKŁADNOŚCI WYDRUKU MODELI WYKONANYCH
Z MATERIAŁÓW TERMOPLASTYCZNYCH**

**DEVELOPING OF A PROCEDURE FOR PROCESSING TOMOGRAPHIC
IMAGES TO ANALYSE THE ACCURACY OF MANUFACTURED
THERMOPLASTIC MODELS USING 3D PRINTING METHODS**

PAWEŁ TUREK¹, GRZEGORZ BUDZIK², ŁUKASZ PRZESZŁOWSKI²

¹Katedra Techniki Wytwarzania i Automatykacji, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

²Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

e-mail: pturek@prz.edu.pl, gbudzik@prz.edu.pl, lprzeszl@prz.edu.pl

W pierwszym etapie badań zamodelowano geometrię modelu w środowisku CATIA V5R26. Kolejny etap procesu polegał na wydrukowaniu modeli przy użyciu techniki FDM (zastosowane materiały: ABS-M30 oraz PC-10) oraz MEM (zastosowane materiały: PLA oraz PET). Następnie przeprowadzono proces pomiarowy wydrukowanych modeli z materiałów termoplastycznych przy zastosowaniu tomograficznego systemu pomiarowego. W procesie rekonstrukcji geometrii modeli z obrazów 2D, wdrożono procedurę składającą się z 4 etapów: cyfrowej filtracji i interpolacji danych, segmentacji metodą grupowania danych (ang. clustering) i rekonstrukcji geometrii metodą aktywnego konturu (ang. active contour). Proces weryfikacji poprawności i precyzji wykonania modeli, przeprowadzono w oprogramowaniu Focus Inspection oraz GOM Inspect. Najmniejsze błędy odwzorowania kształtu geometrii uzyskano dla modelu wykonanego z materiału ABS-M30 (odchyłka średnia wyniosła -0,021 mm, a odchylenie standardowe 0,154 mm).

Słowa kluczowe: szybkie prototypowanie, system tomograficzny, współrzędnościowe techniki pomiarowe, dokładność.

Keywords: rapid prototyping, tomography system, coordinate measuring technique, accuracy.

ZASTOSOWANIE DRUKU 3D W PROCESIE PLANOWANIA ZABIEGÓW CHIRURGICZNYCH

APPLICATION OF 3D PRINTING IN THE PROCESS OF SURGICAL PLANNING

PAWEŁ TUREK¹, GRZEGORZ BUDZIK², ŁUKASZ PRZESZŁOWSKI², PAWEŁ PAKLA³, BOGUMIŁ
LEWANDOWSKI³, SŁAWOMIR SNELA⁴, DAMIAN FILIP⁴

¹Katedra Technik Wytwarzania i Automatyzacji, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

²Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

³Kliniczny Szpital Wojewódzki Nr 1 im. Fryderyka Szopena w Rzeszowie, Klinika Chirurgii
Twarzowo - Szczękowej.

⁴Kliniczny Szpital Wojewódzki Nr 2 im. Świętej Jadwigi Królowej w Rzeszowie, Klinika Ortopedii
i traumatologii narządu ruchu dzieci i dorosłych.

e-mail: pturek@prz.edu.pl, gbudzik@prz.edu.pl, lprzeszl@prz.edu.pl, pawel.pakla@gmail.com,
boglewandowski@wp.pl, ssnela@poczta.onet.pl, damian.a.filip@gmail.com

W artykule przedstawiono możliwości zastosowania technik RE/CAD/3D w procesie wsparcia chirurgów podczas przeprowadzania zabiegów ortopedycznych oraz odtwarzających ciągłość geometrii żuchwy. W pierwszym etapie przedstawiono proces rekonstrukcji geometrii żuchwy przy użyciu oprogramowania 3D-Slicer 4.8.1. Dane DICOM uzyskano w wyniku pomiarów przeprowadzonych na pacjencie przy użyciu tomografu wielorzędowego. W procesie segmentacji struktur, zastosowano metodę region growing. Gotowe modele trójwymiarowe struktur anatomicznych zapisano do formatu .stl. Następnie modele wydrukowano techniką przyrostową MEM. Modele następnie zastosowano w procesie dogięcia płytki chirurgicznej oraz planowania umiejscowienia implantu stawu biodrowego oraz kolanowego przed samym zabiegiem. Dzięki zastosowaniu modeli, chirurdzy lepiej przygotowali się do zabiegu. Zminimalizowano także wystąpienie komplikacji śródoperacyjnych u pacjentów.

Słowa kluczowe: techniki przyrostowe, żuchwa, planowanie zabiegu chirurgicznego.

Keywords: additive manufacturing, mandible, surgical planning.

ANALIZA DOKŁADNOŚCI WYKONANIA UBYTKU KOŚCI JARZMOWEJ TECHNIKĄ PRZYROSTOWĄ FDM

ANALYSIS OF THE ACCURACY OF A ZYGOMATIC BONE DEFECT MANUFACTURED USING THE ADDITIVE FDM TECHNOLOGY

PAWEŁ TUREK¹, NATALIA BUKOWSKA²

¹*Katedra Techniki Wytwarzania i Automatyzacji, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza*

²*Hutchinson*

e-mail: pturek@prz.edu.pl, nbukowska18@gmail.com

W artykule zweryfikowano dokładność wykonania uzupełnienia ubytku części kości jarzmowej przy użyciu współrzędnościowego systemu pomiarowego oświetlającego obiekt światłem laserowym. W pierwszym etapie przedstawiono proces rekonstrukcji 3D geometrii kości jarzmowej przy użyciu oprogramowania 3D-Slicer 4.8.1. Kolejny etap procesu polegał na zamodelowaniu uzupełnienia ubytku części kości jarzmowej. Proces ten przeprowadzono w środowisku CATIA V5R26. Efektem końcowym tego etapu uzyskano trójwymiarowy model reprezentujący uzupełnienie ubytku części kości jarzmowej. Następnie model wykonano metodą przyrostową FDM. Proces weryfikacji błędów wykonania geometrii modelu przeprowadzono przy użyciu ramienia pomiarowego MCA II z zamontowaną głowicą laserową MMDx100.

Słowa kluczowe: *szybkie prototypowanie, system tomograficzny, kość jarzmowa, dokładność.*

Keywords: *rapid prototyping, tomography system, zygomatic bone, accuracy.*

**ZASTOSOWANIE SYSTEMÓW KOMPUTEROWO WSPOMAGAJĄCYCH
PROJEKTOWANIE W PROCESACH PLANOWANIA ZABIEGÓW
CHIRURGICZNYCH W OBRĘBIE OBSZARU ŻUCHWY**

**APPLICATION OF COMPUTER AIDED DESIGN SYSTEMS IN THE PROCESS
OF SURGICAL PLANNING IN THE MANDIBULAR AREA**

PAWEŁ TUREK¹, NATALIA SKOWRON²

¹*Katedra Technik Wytwarzania i Automatykacji, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza*

²*CCIG Group sp.z.o.o*

e-mail: pturek@prz.edu.pl, nataliaskowron@o2.pl

Artykuł przedstawia obecne możliwości w zakresie projektowania oraz wytwarzania modeli struktur anatomicznych, szablonów chirurgicznych oraz implantów pod kątem planowania zabiegów chirurgicznych w obrębie obszaru żuchwy. W pierwszym etapie przedstawiono proces rekonstrukcji 3D geometrii żuchwy przy użyciu oprogramowania 3D-Slicer 4.8.1. Kolejny etap procesu polegał na cyfrowym odtworzeniu ciągłości geometrii żuchwy w miejscu wystąpienia złamania. Proces ten przeprowadzono w środowisku Meshmixer. Następnie zamodelowano geometrię płytek chirurgicznych w oprogramowaniu CATIA V5R2. Ostatni etap polegał na wykonaniu metodą przyrostową FDM, modelu struktury anatomicznej żuchwy sprzed wystąpienia urazu oraz płytek chirurgicznych, które posłużyły do planowania zabiegu otwarcia ciągłości geometrii żuchwy w miejscu wystąpienia złamania.

Słowa kluczowe: *szybkie prototypowanie, żuchwa, inżynieria rekonstrukcyjna, planowanie zabiegów chirurgicznych, komputerowo wspomagane projektowanie.*

Keywords: *rapid prototyping, mandible, reverse engineering, preoperative planning, computer aided design.*

ANALIZA STRUKTURY ELEMENTÓW WYKONYWANYCH Z ZASTOSOWANIEM METOD PRZYROSTOWYCH

ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF ELEMENTS MADE WITH THE USE OF INCREMENTAL METHODS

MICHAŁ WIECZOROWSKI¹, GRZEGORZ BUDZIK²

¹*Institut Technologii Mechanicznej, Politechnika Poznańska*

²*Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza*

e-mail: michal.wieczorowski@put.poznan.pl

gbudzik@prz.edu.pl

Artykuł przedstawia możliwości wykonywania struktur wewnętrznych z zastosowaniem metod przyrostowych. Metody druku 3D pozwalają na relatywnie dowolne kształtowanie struktur wewnętrznych i zewnętrznych wyrobów. Struktura zewnętrzna, a właściwie geometria wyrobu jest w dużej mierze zależna od projektanta, który zakłada określone funkcjonalności. W procesie projektowania należy brać pod uwagę wytrzymałość mechaniczną elementów. Dla większości produkowanych obecnie wyrobów analiza wytrzymałościowa jest realizowana dla konstrukcji wytwarzanych z litego materiału. Technologie przyrostowe pozwalają na równoczesne kształtowanie struktury wewnętrznej na etapie modelowania 3D-CAD jak również w samym procesie przyrostowym. Biorąc to pod uwagę proces projektowania wyrobów wytwarzanych przyrostowo powinien brać pod uwagę analizę struktury wewnętrznej i zewnętrznej, które można uzyskać określoną metodą druku 3D. Przedstawiony materiał dotyczy analizy wybranych czynników procesowych, które mają wpływ zarówno na dokładność jak i wytrzymałość wyrobów.

Słowa kluczowe: *druk 3D, technologie przyrostowe, struktura wydruku 3D.*

Keywords: *3D printing, Additive Manufacturing, 3D print structure.*

ANALIZA ROZWOJU RYNKU PERSONALNYCH DRUKAREK 3D W KONTEKŚCIE KONCEPCJI SMART CITY

ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF THE PERSONAL 3D PRINTERS MARKET IN THE CONTEXT OF THE SMART CITY CONCEPT

JOANNA WOŹNIAK¹, GRZEGORZ BUDZIK¹, MARIUSZ PALAK²

¹Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

²Uniwersytet Rzeszowski, al. Tadeusza Rejtana 16C, 35-310 Rzeszów

e-mail: j.wozniak@prz.edu.pl, gbudzik@prz.edu.pl, palak@univ.rzeszow.pl

Artykuł przedstawia próbę analizy rynku personalnych drukarek 3D użytkowanych w warunkach domowych, w sektorze mikroprzedsiębiorstw, małych przedsiębiorstw oraz edukacji. W ostatnich latach dynamika rozwoju tego typu rozwiązań jest bardzo duża i może być pewnym elementem rewolucji przemysłowej wkraczającej w obszar domowy. Powoduje to określone zmiany w społecznym odbiorze środków produkcji o relatywnie wysokiej skali informatyzacji. Dostęp do tego typu rozwiązań wymaga jednak zmian społecznych opartych na wiedzy oraz dostosowania struktur edukacyjnych do rozwiązań typu SMART CITY.

Słowa kluczowe: druk 3D, Smart City, personalne drukarki 3D.

Keywords: 3D printing, Smart City, personal 3D printers.

MATERIAŁY WYSOKOSPRAWNE (PEEK) W PRZEMYSŁE 4.0

HIGH-PERFORMANCE MATERIALS (PEEK) IN INDUSTRY 4.0

EWELINA ZAREMBA¹

Sygnis New Technologies Sp. z o.o.
e-mail: ¹ewelina.zaremba@sygnis.pl

Wysokosprawne materiały termoplastyczne (PEEK) wykorzystywane w tradycyjnych metodach wytwórczych (obróbka skrawaniem, wtrysk) z początkiem istnienia technologii przyrostowych stanowiły dla nich wyzwanie. Drukarki 3D wymagały materiałów dedykowanych, jednak wraz z rozwojem tego obszaru na rynku pojawiły się technologie druku 3D wpisujące się dokładnie w koncepcję Przemysłu 4.0 - Apium P220 to przykład zaawansowanego stanowiska wytwórczego ze zintegrowanym systemem kontroli jakości, który umożliwia przetwarzanie materiałów analogicznych do skrawanych prefabrykatów czy wtryskiwanych granulatów.

Słowa kluczowe: *Przemysł 4.0, PEEK, kontrola jakości, nowe technologie.*

Keywords: *Industry 4.0, PEEK, quality control, new technologies.*

**PROSOLUTIONS – PIERWSZA FIRMA W POLSCE SPRZEDAJĄCA
I ŚWIADCZĄCA USŁUGI W TECHNOLOGII FDM**

**PROSOLUTIONS - THE FIRST COMPANY IN POLAND SELLING AND
PROVIDING SERVICES IN THE FDM TECHNOLOGY**

MAGDALENA ZIENIUK

*PROSOLUTIONS Majewscy Spółka Jawna
e-mail: magdalena.zieniuk@prosolutions.pl*

Firma PROSOLUTIONS nieprzerwanie od 16 lat jest zaufanym partnerem światowego lidera w dziedzinie systemów wytwarzania przyrostowego – firmy Stratasys. Jako pionierzy na rynku druku 3D oferujemy kompleksowe rozwiązania od wdrożenia poszczególnych rozwiązań, poprzez dostawy materiałów eksploatacyjnych oraz serwis urządzeń. Aby sprostać oczekiwaniom rynku na przestrzeni lat stale rozszerzamy zakres naszej oferty, zarówno w zakresie dostępnych aplikacji związanych z wytwarzaniem przyrostowym, jak i technologii druku 3D oraz świadczonych przez nas usług. Wraz z ciągłym rozwojem firma PROSOLUTIONS stale powiększa swój wachlarz produktów. W ostatnim czasie nasza oferta została rozszerzona między innymi o dodatkową technologię druku – PBF firmy Xact Metal, jak również o linię produktów MakerBot, które stanowią niskobudżetową alternatywę dla flagowych rozwiązań firmy Stratasys. Szeroki zakres oferowanych usług, technologii i produktów pozwala nam wdrożyć optymalne rozwiązania w każdej gałęzi przemysłu i wspierać działalność naszych partnerów na najwyższym światowym poziomie.

Słowa kluczowe: wytwarzanie przyrostowe, technologia FDM, PROSOLUTIONS, Stratasys, MakerBot.

Keywords: additive manufacturing, FDM technology, PROSOLUTIONS, Stratasys, MakerBot.

OCENA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA WYBRANYCH TECHNOLOGII PRZYROSTOWYCH DO BUDOWY MODELI ODLEWNICZYCH

AN ANALYSIS OF APPLICATION POSSIBILITIES OF THE SELECTED ADDITIVE TECHNOLOGIES TO FABRICATION OF CASTING PATTERNS

PAWEŁ ZMARZŁY¹, WIKTOR SZOT²

Katedra Technologii Mechanicznej i Metrologii, Politechnika Świętokrzyska

e-mail: ¹pzmazly@tu.kielce.pl

²wszot@tu.kielce.pl

Ze względu na to, że druk 3D pozwala ograniczyć koszty oraz czas produkcji modeli prototypowych, może on być również zastosowany w odlewnictwie. Druk 3D w odlewnictwie wykorzystuje się głównie na etapie wytwarzania modeli odlewniczych, ponieważ tradycyjne metody ich produkcji są skomplikowane, czasochłonne, kosztowne i wymagającym specjalistycznej wiedzy. W związku z tym, zaprezentowano wstępny zarys badań mających na celu ocenę możliwości zastosowania technologii przyrostowych (SLS, PolyJet Matrix, FDM) do szybkiego wytwarzania modeli odlewniczych. Do badań zaprojektowano specjalny model badawczy, którego kształt odpowiada typowym modelom odlewniczym. Ponadto przeprowadzono szczegółowy przegląd literatury dotyczący zastosowania technologii przyrostowych w odlewnictwie.

Słowa kluczowe: *technologie przyrostowe, model odlewniczy, SLS, PJM, FDM.*

Keywords: *additive technologies, foundry pattern, SLS, PJM, FDM.*

DRUK 3D Z PROSZKÓW METALICZNYCH. MOŻLIWOŚCI OFEROWANE PRZEZ UNIKALNE ROZWIĄZANIE TECHNOLOGICZNE FIRMY XACT METAL

3D PRINTING FROM METALLIC POWDERS. OPPORTUNITIES OFFERED BY XACT METAL'S UNIQUE TECHNOLOGY SOLUTION

DAMIAN ŻELECHOWSKI¹, GRZEGORZ BUDZIK², MATEUSZ MAJEWSKI³, TOMASZ DZIUBEK⁴, ŁUKASZ PRZESZŁOWSKI⁵

PROSOLUTIONS Majewscy Spółka Jawna

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

e-mail: ¹damian.zelechowski@prosolutions.pl, ²gbudzik@prz.edu.pl,

³mateusz.majewski@prosolutions.pl, ⁴tdziubek@prz.edu.pl, ⁵lprzeszl@prz.edu.pl

Według Raportu Wohlersa, od 2016 roku został odnotowany znaczny wzrost firm produkcyjnych z obszaru wytwarzania przyrostowego, wykorzystujących tworzywa metaliczne. Istnieje wiele rozwiązań technologicznych pozwalających na wykorzystanie metali w procesie przyrostowym. Należy do nich zaliczyć m.in.: metody opierające się na stosowaniu lepiszcza (Metal Binder Jetting), metody wykorzystujące metalowe pręty (Single Pass Jetting), metody typu Direct Deposition, czy metody wytwarzania w złożu proszkowym, które obecnie stanowią największą grupę we wskazanym obszarze. Od niedawna na rynku drukarek 3D wykorzystujących proszki metaliczne pojawiła się również firma XACT METAL, która jest przykładem firmy łamiącej pewne standardy dla maszyn do addytywnego wytwarzania w metalu. Zastosowane rozwiązania techniczne w urządzeniu XM200C pozwalają na prowadzenie procesu wytwarzania w stałych warunkach cieplnych, a przez to uzyskanie wysokiej jednorodności mikrostruktury wytwarzanych detali w całej ich objętości. Dodatkowo uniknięcie stosowania skomplikowanego i kosztownego rozwiązania z głowicą galwo i soczewkami typu F-tetha, sprawia, że cena urządzenia XM200C jest dużo bardziej przystępna przy wdrożeniu rozwiązania technologicznego i jego dalszej eksploatacji.

Słowa kluczowe: druk 3D z metali, wytwarzanie w złożu proszkowym.

Keywords: metal 3D printing, powder bed fusion.

**MODYFIKACJA BUDOWY WEWNĘTRZNEJ
KOŁA ZĘBATEGO I JEJ WPŁYW
NA CZĘSTOTLIWOŚCI MODALNE**

**MODIFICATION OF THE INTERNAL STRUCTURE OF
TOOTHED WHEEL AND INFLUENCE
ON MODAL FREQUENCIES**

GRZEGORZ WOJNAR¹, MICHAŁ JUZEK²

*Katedra Transportu Drogowego, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Politechnika Śląska
e-mail: ¹grzegorz.wojnar@polsl.pl
²michal.juzek@polsl.pl*

Obecnie projektując przekładnie zębate jedyne kryterium nie polega na spełnieniu warunków wytrzymałościowych zazębienia, wałów itd. oraz uzyskaniu wymaganej trwałości łożyskowania, gdyż odbiorcy wymagają również zapewnienia odpowiedniego komfortu użytkowania układu napędowego. W celu obniżenia aktywności drganiowej i hałasu generowanego przez przekładnie zębate stosuje się szereg modyfikacji. Jednym z najbardziej efektywnych sposobów redukcji drgań przekładni zębatych jest ich ograniczenie już w strefie zazębienia. Pozwala na to m. in. zastosowanie koła zębatego przedstawionego w zgłoszeniu patentowym autorów streszczenia (P.435585). W ramach niniejszej pracy wykorzystując oprogramowanie Autodesk Nastran wyznaczono częstotliwości i postacie modalne stalowego koła zębatego oraz kół posiadających łącznik podatny wykonany z gumy oraz poliuretanu, a także przeanalizowano inne warianty tego koła wyposażone w pierścienie boczne wpływające na sztywność łącznika podatnego.

Słowa kluczowe: koła zębate, obniżenie drgań,
Keywords: toothed gear, reduction of vibration.

**SKANERY 3D FIRMY GOM ORAZ OGÓLNODOSTĘPNE
OPROGRAMOWANIE DO ANALIZY GEOMETRYCZNEJ
I OBRÓBKİ DANYCH STL**

**GOM 3D SCANNERS AND FREELY AVAILABLE SOFTWARE
FOR GEOMETRIC ANALYSIS AND STL DATA PROCESSING**

GRZEGORZ PĘDZISZ¹, KRZYSZTOF KUŚ¹

¹Lenso Sp. zo.o.

e-mail: g.pedzisz@lenso.com.pl, k.kus@lenso.com.pl.

Prezentacja obejmuje tematykę skanerów 3D firmy GOM oraz dedykowane oprogramowanie do obróbki danych w formacie stl. Przedstawiony optyczny skaner 3D, GOM Scan 1 przeznaczony jest do precyzyjnych pomiarów w wielu aplikacjach. Uwzględniono najistotniejsze dane dotyczące prezentowanego urządzenia. Omówiono możliwości ogólnodostępnego oprogramowania do analizy danych otrzymanych w wyniku skanowania 3D. Oprogramowanie GOM Inspect Suite przeznaczone jest do rozwiązywania prostych i złożonych zadań kontrolnych. Dzięki modułowości GOM Suite wszystkie niezbędne narzędzia do kontroli jakości czy analiz statycznych i dynamicznych są w jednym miejscu.

Słowa kluczowe: skanowanie 3D, skaner 3D, oprogramowanie GOM Inspect Suite, obróbka danych.

Keywords: 3D scanning, 3D scanner, GOM Inspect Suite software, data processing.

MOŻLIWOŚCI REDUKCJI KOSZTÓW Z ZASTOSOWANIEM TECHNOLOGII SLA I SLS

SLA AND SLS TECHNOLOGY COST REDUCTION POSSIBILITIES

PIOTR DUDEK, MACIEJ PATRZAŁEK¹

Solveere sp. z o. o.

e-mail: ¹mpatrzalek@solveere.pl

Od 20 lat technologie druku 3D pozwalają na optymalizację kosztów i czasu produkcji w każdej dziedzinie przemysłu. Firmy z całego świata starają się zoptymalizować proces wytwarzania addytywnego, aby był on bardziej dostępny dla średnich i małych przedsiębiorstw. To jest powód, dla którego firma Solveere rozpoczęła proces badawczo-rozwojowy nad stworzeniem hybrydowej drukarki 3D z wykorzystaniem technologii SLA i SLS.

Słowa kluczowe: *SLA, SLS, redukcja kosztów, firma Solveere sp. z o. o.*

Keywords: *SLA, SLS, cost reduction, Solveere sp. z o. o. company.*

KOMPOZYTOWE POLIMEROWE KOŁA ZĘBATE OTRZYMANE METODĄ SZYBKIEGO PROTOTYPOWANIA I WTRYSKU

COMPOSITE POLYMER GEARS OBTAINED BY THE METHOD OF RADIP PROTOTYPING AND INJECTION

MAGDALENA ZAJDEL¹, HENRYK MAJCHERCZYK¹, MARIUSZ OLEKSY², TADEUSZ
MARKOWSKI³, BARTŁOMIEJ SOBOLEWSKI³, JADWIGA PISULA³

¹SPLAST Sp. z o.o., Lotników 13, 38-400 Krosno

²Katedra Kompozytów Polimerowych, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

³Katedra Konstrukcji Maszyn, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

e-mail: ¹d471@stud.prz.edu.pl, hmajcherczyk@splast.com.pl

²molek@prz.edu.pl

³tmarkow@prz.edu.pl, b_sobolewski@prz.edu.pl, jpisula@prz.edu.pl

Zastosowanie polimerowych przekładni zębatach w branży przemysłu maszynowego uzależnione jest od ich właściwości użytkowych. Przekładnie polimerowe mają w licznych aspektach przewagę nad metalowymi odpowiednikami. Cechują się szeregiem zalet ekonomicznych oraz użytkowych. Przez kombinację odpowiednio dobranych napełniaczy, nanonapełniaczy lub innych modyfikatorów można ekstremalnie zmienić własności niemal każdego podstawowego polimeru. Należy jednak pamiętać, że własności materiałów polimerowych wyraźnie różnią się od materiałów metalicznych. Znaczącą zaletą polimerowych przekładni zębatach jest zdolność do pracy bez zewnętrznego smarowania, szybka i stosunkowo tania produkcja oraz zdolność tłumienia umiarkowanych wstrząsów i uderzeń.

Słowa kluczowe: koła zębata, technologie szybkiego prototypowania i wtrysku, materiały polimerowe, włókno szklane.

Keywords: gears, rapid prototyping and injection technologies, polymer materials, fiberglass.

BAZA LABORATORYJNA I EDUKACYJNA KKM W ZAKRESIE DRUKU 3D

LABORATORY AND EDUCATIONAL BASE KKM IN THE FIELD OF 3D PRINTING

ŁUKASZ PRZESŁOWSKI¹, GRZEGORZ BUDZIK¹, JACEK BERNACZEK¹, MARIUSZ DĘBSKI¹,
ŁUKASZ KOCHMAŃSKI¹

¹Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

e-mail: lprzeszl@prz.edu.pl, gbudzik@prz.edu.pl, jbernacz@prz.edu.pl, m.debski@prz.edu.pl,
l.kochmanski@prz.edu.pl

Opracowanie przedstawia bazę laboratoryjną oraz edukacyjną Katedry Konstrukcji Maszyn w zakresie druku 3D. Stały rozwój i zwiększanie dostępności do metod przyrostowych w KKM pozwala studentom oraz doktorantom na realizację projektów i prac dyplomowych z zakresu metod przyrostowych. Mogą oni nie tylko wykonywać modele koncepcyjne lecz również badać m.in. ich funkcjonalność jak również przeprowadzać badania materiałowe.

Studenci podczas zajęć zdobywają wiedzę z zakresu metod addytywnych od powstania modelu w przestrzeni wirtualnej 3D CAD do wykonania w wybranej metodzie przyrostowej gotowego modelu. Dodatkowo przedstawia się im specyfikę wybranych procesów przyrostowych omawiając materiał, budowę urządzenia przyrostowego i sposób powstawania modelu w przestrzeni roboczej maszyny.

Słowa kluczowe: druk 3D, metody przyrostowe, edukacja, laboratoria RP, drukarki 3D, systemy CAD.

Keywords: 3D printing, incremental methods, education, RP laboratories, 3D printers, CAD systems.

WYDRUKI 3D Z WYSOKOTEMPERATUROWYCH POLIMERÓW W ZASTOSOWANIACH PRZEMYSŁOWYCH

3D PRINTS FROM HIGH-TEMPERATURE POLYMERS IN INDUSTRIAL APPLICATIONS

ADAM PRZEPOLSKI

3DGence

e-mail: adam.przepolski@3dgence.com

Możliwości zastosowania produkcji addytywnej w gałęziach przemysłu, w których wykorzystywane są wysokowytrzymałe materiały polimerowe. Wdrożenia rozwiązań i części produkowanych przy użyciu druku 3D w aplikacjach dotychczas opartych na konwencjonalnych technologiach wytwarzania oraz na częściach wykonanych ze stopów metali. Perspektywy rozwoju przedsiębiorstw chcących mieć realny wpływ na zwiększenie efektywności produkcji i innowacyjność, poprzez zastosowanie materiałów o podwyższonej odporności na różnorodne czynniki środowiskowe i obciążenia. Wpływ wykorzystania wysoce zaawansowanych inżynierskich materiałów podporowych na dokładność wymiarową wydruków oraz ich powtarzalność.

Słowa kluczowe: druk 3D, wysokotemperaturowe polimery, przemysłowy druk 3D.

Keywords: 3D printing, high-temperature polymers, industrial 3D printing.

MOŻLIWOŚCI PRZEMYSŁOWYCH DRUKAREK 3D TECHNOLOGII FFF ORAZ ICH CECHY

THE CAPABILITIES OF INDUSTRIAL FFF TECHNOLOGY 3D PRINTERS AND THEIR FEATURES

SEBASTIAN PIETRUSZEWSKI

3DGence

e-mail: sebastian.pietruszewski@3dgence.com

Aplikacje przemysłowych drukarek 3D pracujących w technologii FFF/FDM. Przykłady zastosowań materiałów kompozytowych oraz materiałów wysokowytrzymałych. Wpływ wykorzystania materiału podporowego na dokładność wymiarową wydruków. Analiza porównawcza kosztów wykorzystania technologii addytywnej w porównaniu z technologiami ubytkowymi. Cechy przemysłowych drukarek 3D takie jak, grzana komora druku, układ ekstruzji klasy przemysłowej, filtry powietrza i inne systemy bezpieczeństwa. Wpływ cech urządzenia na jakość i dokładność wydruku.

Słowa kluczowe: druk 3D, materiały kompozytowe, przemysłowe drukarki 3D, materiały podporowe w druku 3D.

Keywords: 3D printing, composite materials, industrial 3D printers, 3D printing support materials.

PRECYZJA Z PASJĄ

LENSO



PRECYZYJNE OPTYCZNE MASZYNY POMIAROWE

LENSO jest wyłącznym dystrybutorem optycznych systemów pomiarowych firmy GOM w Polsce. Doświadczony i kompetentny zespół inżynierów zapewnia pomoc przy doborze odpowiedniego systemu pomiarowego, prezentację maszyn, wdrożenia i support. Systemy firmy GOM są z powodzeniem stosowane w działach kontroli jakości, rozwoju i produkcji na całym świecie, głównie w motoryzacji, przemyśle lotniczym oraz jednostkach badawczych. LENSO współpracuje także z firmą ZEISS w zakresie wdrażania na polski rynek oprogramowania do inżynierii odwrotnej i korekcji narzędzi, jakim jest ZEISS Reverse Engineering (ZRE). LENSO jest ponadto właścicielem marek metrologicznych: 3D Team, świadczącej usługi w obszarze pomiarów 3D w kontroli jakości i inżynierii odwrotnej dla przemysłu, oraz 3D Tool, dostarczającej rozwiązań z zakresu oprzyrządowania kontrolno-pomiarowego.



UMÓW SIĘ NA PREZENTACJĘ
SYSTEMU POMIAROWEGO GOM

WWW.LENSO.COM.PL

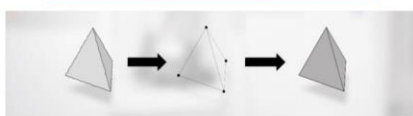
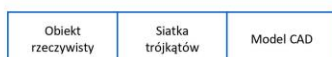
gom | CERTIFIED
a ZEISS company PARTNER



ZEISS Reverse Engineering



Reverse Engineering



- **Zadanie:** Generowanie modelu CAD na podstawie zeskanowanych danych – siatki wielokątów lub chmury punktów,
- Szeroki zestaw narzędzi do przetwarzania siatek wielokątów i chmur punktów,
- **Wysoce precyzyjna rekonstrukcja standardowych geometrii i powierzchni swobodnych,**
- Narzędzia służące do analizy m. in. **analiza odchyłek,**
- **Eksport modeli CAD** w popularnych formatach.

Tool correction

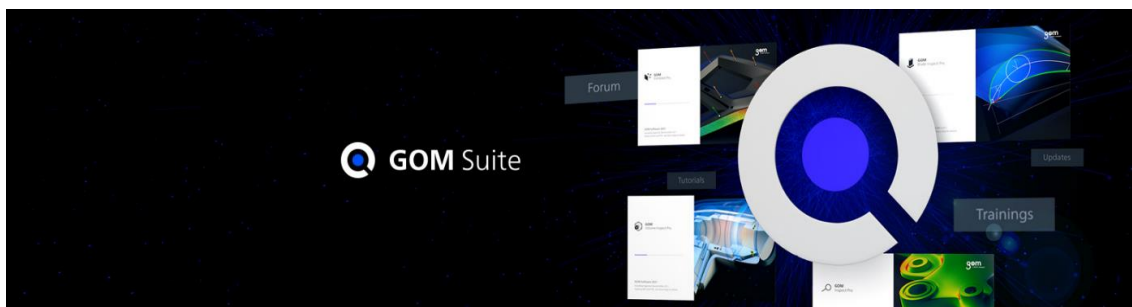


- **Zadanie:** Łatwa i szybka optymalizacja narzędzia,
- **Bazowanie** modeli CAD i danych aktualnych,
- **Analiza:** Porównanie danych nominalnych i aktualnych,
- **Odwroćenie odchyłek** i przeniesienie ich na model CAD formy narzędzia,
- **Generowanie** powierzchni CAD po korekcie i **porównanie** z modelem CAD narzędzia,
- **Zmniejszenie liczby potrzebnych iteracji** i szybsze rozpoczęcie produkcji.



Lenso Sp. z o.o.
ul. Madalińskiego 3
61-509 Poznań

+48 515 013 918
+48 61 894 78 93
www.lenso.com.pl



Rozpocznij kontrolę danych 3D z GOM Inspect Suite, aby rozwiązać proste i złożone zadania kontrolne. Kompletnie rozwiązanie dla zapewnienia jakości. Jedna platforma z dostępem do wszystkich usług i wariantów oprogramowania GOM.

Dzięki modularności GOM Suite wszystkie niezbędne narzędzia do kontroli jakości czy analiz statycznych i dynamicznych są w jednym miejscu. Konkretnie moduły zostały opracowane pod konkretne potrzeby aplikacyjne. Ty decydujesz, z którego wariantu korzystasz:

- GOM Inspect
- GOM Volume Inspect
- GOM Blade Inspect
- GOM Correlate



GOM Inspect pozwala na wykonywanie prostych oraz złożonych zadań w trakcie całego procesu inspekcji – od skanowania części, edycji siatki, importu CAD, obliczeń GD&T do analiz trendu, cyfrowego montażu czy własnej inspekcji. Wersja bezpłatna (podstawowa) oprogramowania zawiera funkcjonalności: import formatów CAD, import stl i siatki trójkątów, poligonizacja, przetwarzanie siatki, podstawową inspekcję 3D, raportowanie.

Każdy moduł dostępny jest w wersji bezpłatnej (podstawowej) lub profesjonalnej. Zawsze możesz przetestować oprogramowanie GOM Suite pobierając wersję bezpłatną (podstawową) za darmo!



Sygnis is a leading provider of 3D printing technology

and a distributor of scientific equipment on the Polish market
with a strong focus on 3D micro-fabrication, precision engineering and nanofabrication.

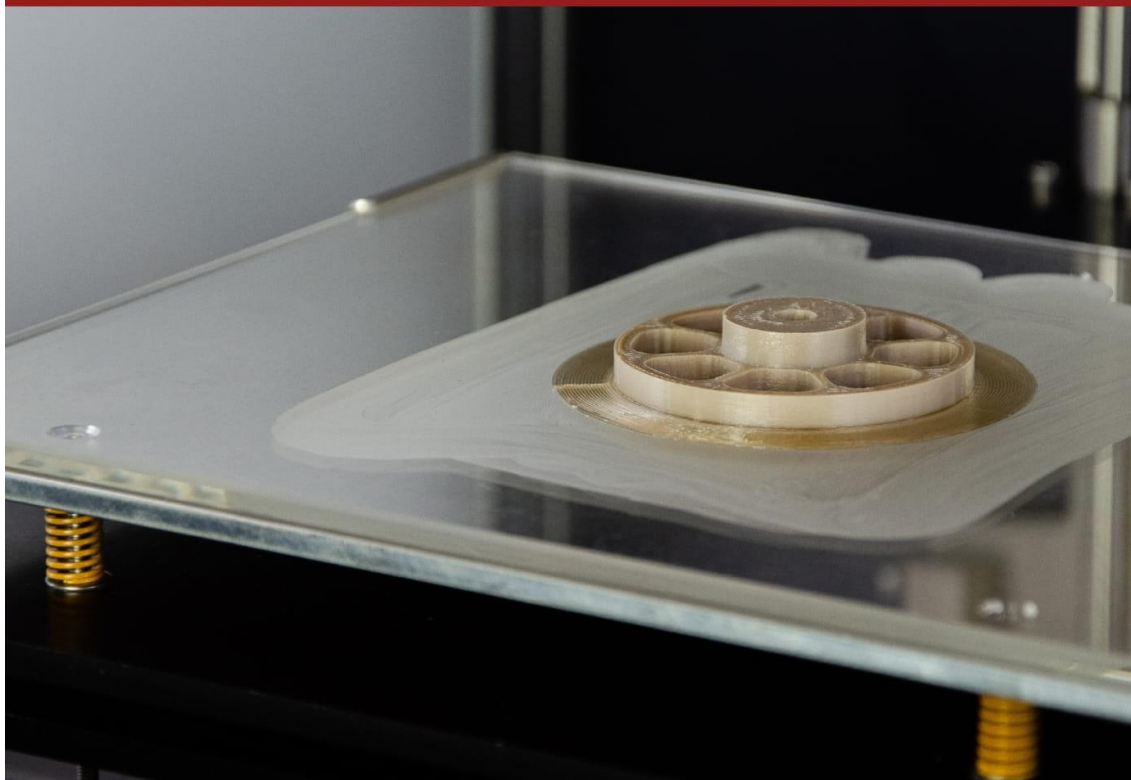




SPECIAL PURPOSE POLYMERS

HIGH PERFORMANCE MATERIALS

3D printer Apium P220



Żwirki i Wigury 101 St.
02-089 Warsaw
VAT: PL5272752308

ewelina.zaremba@sygnis.pl
+48 664 836 325
www.sygnis.pl

