

**I Krajowa Konferencja Naukowa**  
**Szybkie prototypowanie**  
**Modelowanie - Wytwarzanie - Pomiary**  
 Rzeszów - Pstrągowa, 16 - 18 września 2015



Organizatorzy:



CENTRUM NAUKOWO TECHNICZNE

KLASTER SZYBKIEGO PROTOTYPOWANIA  
RAPIDROM

## Drukowanie 3d- innowacje, na których możesz polegać

### 3D-Printing – Innovation You can count on

**PATRYCJA BRZESKOT**  
**ERYK WĄSEK**  
**ŁUKASZ ZATORSKI**

Materialise z siedzibą w Leuven w Belgii od 1990 r jest dostawcą zaawansowanych usług druku 3D w wielu dziedzinach. Opierają się one na rewolucyjnych technologiach takich jak: Stereolitografia, Spiekanie laserowe, FDM czy Odlewanie próżniowe. W firmie działa ponad 140 maszyn, drukujących około 500.000 części rocznie co sprawia, że jest ona jedną z największych fabryk druku 3D na świecie.

**SŁOWA KLUCZOWE:** drukowanie 3d, spiekanie laserowe, Materialise, DMLS, przyrost, produkcja addytywna

*Materialise with HQ in Leuven in Belgium since 1990 it has been a provider of advanced 3d services in many different areas. They are based on revolutionary technologies like : Stereolithography, Laser Sintering, FDM or Vacuum Casting. In our company more than 140 machines works printing around 500.000 parts for a year, making our firm one of the biggest 3d printing factory in the world.*

**KEYWORDS:** 3d printing, laser sintering, Materialise, DMLS, Additive

Proces wytwarzania trójwymiarowych, fizycznych obiektów na podstawie modelu komputerowego to drukowanie przestrzenne, tzw. drukowanie 3D. Początkowo była to jedna z metod szybkiego prototypowania używana do budowania form i samych prototypów jednak rozwój technologii, wpływający na osiąganie lepszej dokładności otrzymywanych wydruków, spowodował, że stała się metodą otrzymywania gotowych obiektów cechujących się bardzo dobrymi właściwościami.

Jedną z głównych branż odnoszących korzyści z rozwoju w dziedzinie druku 3d stał się przemysł lotniczy. Wynika to z faktu, że jest pionierem w stosowaniu najnowszych osią-

gnięć technologicznych, ale przede wszystkim, z oferowanych przez technologię możliwości.

Ograniczenia środowiskowe, konkurencyjne warunki rynkowe oraz wysokie koszty produkcji zmuszają do ciągłego szukania rozwiązań, a takim może stać się posiadająca wiele zalet produkcja addytywna. Krótki czas produkcji, brak konieczności dodatkowego oprzyrządowania, oszczędność materiału, opłacalność – to argumenty, które bardzo mocno przemawiają za wyborem technologii druku 3d i wprowadzeniem w strategię produkcyjną w przemyśle lotniczym i kosmicznym.

Każda z technologii przynosi bardzo wiele możliwości rozwiązań. Funkcjonalne elementy drukowane z tworzyw sztucznych już stały się częściami wchodzącymi w skład wyposażenia.

Rewolucję natomiast wywołała technologia DMLS (bezpośrednie spiekanie laserowe metali) zwana również selektywnym topieniem laserowym i jest to obecnie najczęściej stosowana w produkcji komponentów lotniczych i kosmicznych technologia drukowania 3D.

Główną zaletą technologii drukowania w trójwymiarze jest oczywiście całkowicie dowolna, niczym nieograniczona geometria, która pozwala na otrzymywanie wcześniej nieosiągalnych kształtów.

Istotny wpływ na korzyść wykorzystywania technologii druku 3D jest możliwość redukcji wagi. Ma to odbicie w mniejszej ilości zużycia paliwa, emisji CO<sub>2</sub> i idącym za tym znacznym obniżeniu kosztów.

Właściwości mechaniczne proszków metalowych zapewniają bardzo dobrą wytrzymałość i odporność na wysokie temperatury, a także korozję, która często jest zagrożeniem dla silników lotniczych. Poza tym generuje małe ilości odpadów, co sprawia, że technologia jest przyjazna środowisku oraz pozwala wiele zaoszczędzić.

\* Patrycja Brzeskot (patrycja.brzeskot@materialise.com), Eryk Wąsek (eryk.wasek@materialise.com), Łukasz Zatorski (lukasz.zatorski@materialise.com)

Materiałami wykorzystywanymi w branży kosmiczno- lotniczej są Titanium Ti6Al4V i Inconel 718.

Titanium Ti6Al4V, znany również jako TA6V lub Ti64. Głównymi cechami tego materiału są wytrzymałość i niski wskaźnik wagowy. Wydruki z tytanu posiadają bardzo wysoką odporność na zmęczenie, pękanie, korozję i pełzanie. Utwardzanie precypitacyjne poprzez rozpuszczanie, hartowania i utwardzanie przez starzenie sprawia, że zwiększa się granica plastyczności, nośności i wytrzymałości na ścinanie. Niska prędkość cięcia, wysoką prędkość posuwu, duże ilości chłodziwa, ostre narzędzia metal staje się łatwo obrabialny. Prócz przemysłu lotniczego czy kosmicznego znajduje szerokie zastosowanie w produkcji implantów medycznych ze względu na biokompatybilność.

Drugim powszechnie wykorzystywanym materiałem w tej technologii jest Inconel 718.

Superstop, bazujący na niklu, zawierający chrom (Cr), molibden (Mo) oraz niob (Nb). Molibden reagujący z Niobem wzmacnia właściwości wytrzymałościowe na rozciąganie, zrywanie, pełzanie bez konieczności obróbki termicznej. Główną zaletą tego materiału, jest to, że zachowuje wytrzymałość nawet w kontakcie z wysoką temperaturą poprzez wytworzenie stabilnej warstwy tlenkowej, która zabezpiecza jego powierzchnię. Inconel 718 wykazuje najlepsze właściwości mechaniczne i chemiczne w zakresie temperatur od poziomu kriogenicznego do 700°C (1300F). Metal odporny na korozję i utlenianie, w szczególności na pęknięcia korozyjne spowodowane chlorkami siarkowymi i siarczkami oraz wodę, występujące w silnikach odrzutowych. Kolejną istotną cechą tego metalu jest spawalność i skrawalność. Może być spawany w stanie odprężonym jak i utwardzonym (poprzez starzenie) wykazując wysoką odporność na pękanie starzeniowe.

Wszystkie te cechy stawiają wyżej wymienione materiały bardzo wysoko w produkowaniu gotowych elementów w procesie wytwarzania addytywnego i czyni z nich najodpowiedniejsze metale do produkcji nisko i wysokotemperaturowych łączników, tarcz, piast, rozpórek, uszczelek, łopatek sprężarek, elementów strukturalnych, skomplikowanych detali silników turbinowych, łopat wirników, kaset, pierścieni, elementów układów wydechowych.

Przewiduje się, iż rynek części drukowanych w ciągu następnego dziesięciolecia przekroczy 2 miliardy \$. Tak gwałtowna ekspansja produkcji addytywnej w przemyśle kosmicznym czy też lotniczym stawia technologię drukowania 3d przed walką z wyzwaniami, ale wydaje się jeszcze bardziej obiecująca.

Produkowanie małych części samolotowych przestało być wystarczalne. Firma Boeing, która już posiada w Boeing 787 Dreamliner ok. 30 wydrukowanych części, co samo w sobie stanowi rekord branżowy widzi przyszłość w drukowaniu bardzo dużych elementów takich jak całe skrzydła samolotowe. Na dzień dzisiejszy techniki drukowania 3D ograniczyły się do tworzenia tylko niektórych elementów. Zwiększeniu wymiarów towarzyszy ryzyko nagromadzenia naprężeń wewnętrznych, co powoduje odkształcenia. Wytwarzanie bardziej odpornych elementów jest możliwe dzięki firmie BAE Systems, która opracowała technikę wielokrotnego uderzania za pomocą narzędzia ultradźwiękowego po wytworzeniu każdej warstwy, dzięki czemu niweluje naprężenia działające na element, otwierając tym samym drogę do drukowania większych części.

Ponadto firma General Electric (GE) ogłosiła niedawno inwestycję w wysokości 50 milionów \$ na trójwymiarowe

drukowanie dysz paliwowych do silników odrzutowych LEAP następnej generacji. Prócz dysz opracowuje również drukowane elementy do silnika GE9X, największego na świecie silnika odrzutowego przeznaczzonego dla długodystansowego samolotu pasażerskiego Boeinga 777X. Nadzieja na rozwój technologii pozwala myśleć o tworzeniu prototypów do badań odstępów, kątów, tolerancji bez konieczności inwestowania w obróbkę CNC. Niektóre firmy już rozpoczęły współpracę nad opracowaniem modelu silnika turbośmigłowego w pełnej skali, wykonanego w technologii drukowania 3D, prezentując tym przyszłe możliwości wykorzystania technologii w zakresie rozwoju elementów silników odrzutowych.

Wiemy, że następny pojazd eksploracji kosmicznej NASA zawiera około 70 części drukowanych techniką 3D, jednakże są one opracowywane na ziemi, co drastycznie wydłuża czas i koszt zaopatrzenia. Wydruk części na żądanie bezpośrednio w kosmosie oznaczałaby znaczącą redukcję kosztów i cykli planowania niezbędnych do wysłania rakiety w kosmos z niezbędnymi częściami zamiennymi i narzędziami. Grupy takie jak Made in Space i Lunar Buildings aktualnie badają możliwość drukowania 3D części na żądanie w przestrzeni kosmicznej. We współpracy z NASA, Made in Space przeprowadza próby drukowania 3D w nieważkości, w Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, co pozwoliłoby astronautom na drukowanie narzędzi i części w miarę potrzeb.

Jakiś czas temu wspomniana wcześniej firma BAE Systems przedstawiła 2 040 koncepcji inżynierii samolotowej obejmujących pokładowe drukowanie 3D w celu opracowania bezałogowych statków latających (UAV). Koncepcja wyjaśnia, w jaki sposób pojazd bada katastrofę i melduje się w centrum kontroli misji, gdzie niezbędne dane inżynierskie, przesyłane są do pokładowych drukarek celem wydruku bezałogowych statków powietrznych zgodnie z wymaganiami scenariusza katastrofy. Na końcu te wydrukowane trójwymiarowo UAV przeprowadzą operacje ratunkowe lub będą monitorować sytuację. W badania nad tym projektem firma zainwestowała sporo pieniędzy, mimo iż kształtuje się on dopiero w wersji teoretycznej i koncepcyjnej.

Eksplorację drukowania 3D, jako usługi dla szybkiego prototypowania wstępnego planuje NASA. Jak powiedział Tom Sonderstrom, CEO ds. informatyki w Laboratorium Napędów Odrzutowych NASA "Drukowanie 3D ułatwia uchwycenie pewnych wyobrażeń o koncepcjach misji. Możemy zobaczyć, co wyobrażają sobie inni". Za pomocą 3DPaaS, inżynierowie mogliby opracowywać oceny środowiska i tworzyć alternatywne koncepcje projektowe.

Wskutek nieustających poszukiwań lżejszych i wytrzymalszych komponentów, przemysł lotniczy i kosmiczny istotnie przyczynia się do rozwoju najnowocześniejszych technik i niezawodnych technologii produkcyjnych. Obecnie Wytwarzanie Addytywne oferuje sprawdzone rozwiązania mogące sprostać wyzwaniom tej wymagającej branży. Dzięki certyfikowanym dostawcom takim jak Materialise, macie pod ręką idealnego sparing partnera.

"Przemysł lotniczy i kosmiczny skupiał się na technologiach zwiększenia wydajności samolotów, od kiedy tylko pierwsze maszyny wzbily się w powietrze. Wytwarzanie addytywne ostatnio stało się jedną z najbardziej obiecujących metod osiągnięcia tego celu" stwierdził Michael Hayes, Operations Analyst at Boeing Commercial Airplanes.

Jako firma Materialise jesteśmy długotrwałym partnerem produkcyjnym dla przemysłu lotniczego i kosmicznego. W Materialise wytwarzamy elementy najwyższej jakości

z użyciem technik drukowania 3D. Przez 25 lat przesuwaliśmy granice w tej dziedzinie, skutkiem czego jest powstanie jednego z największych i najnowocześniejszych zakładów drukowania 3D.

Najbardziej udane projekty produkcji addytywnej to te, w których Państwa wiedza spotyka się z naszymi kompetencjami. Dążymy do współpracy opartej na wzajemnym zaufaniu, z długofalowymi perspektywami dla zaangażowanych spółek. Oferujemy asortyment usług mających na celu określenie najlepszych zastosowań drukowania 3D w państwa spółce, poczynając od warsztatów do wspólnych projektów i ukierunkowanych sesji konsultacyjnych.

Wytwarzanie Addytywne daje swobodę projektowania bardzo złożonych elementów, co czyni z niego znakomite narzędzie mogące spełnić Państwa najbardziej nawet ambitne wymagania. Zespół inżynierów projektowych Materialise to liderzy w swojej dziedzinie, znający wszelkie tajniki Produkcji Addytywnej. Wraz z naszymi wiodącymi rozwiązaniami programowymi, pomożemy państwu w stworzeniu superlekkich konstrukcji, komponentów zoptymalizowanych topologicznie, oraz zaprojektowanych części gotowych do wydruku 3D.

Nasz park maszynowy obejmuje ponad 120 drukarek, pracujących we wszystkich popularnych technologiach produkcji addytywnej.

Prototypy muszą nie tylko jak najdokładniej odpowiadać końcowemu odpowiednikowi, zawsze też muszą być gotowe na wczoraj. Im szybciej klient zobaczy koncepcję, tym szybciej można porozmawiać o interesach. Dzięki dużej wydajności i szerokiemu wachlarzowi technologii dla tworzyw sztucznych i metali, możemy szybko reagować i zawsze być w gotowości. Dzięki opracowanym przez nas i opatentowanym maszynom Mammoth, nawet rozmiar nie gra roli. Oferujemy możliwości drukowania części o wymiarach do 2100 x 700 x 800 mm, technologia ta pozwala tworzyć dokładne prototypy dużych elementów wewnątrz, takich jak drzwi, fotele i stoły.

Jako dostawca dla firm lotniczych i kosmicznych, musimy przestrzegać norm branżowych. Materialise posiada certyfikat EN9100 i jeden z najnowocześniejszych i najlepiej rozwiniętych zakładów produkcji addytywnej na świecie. W procesie produkcji lotniczej i kosmicznej wykorzystuje się dedykowane procedury spełniające państwa wymagania w zakresie identyfikowalności i kontroli jakości. Jako organizacja produkcyjna z certyfikatem EASA Part 21G, możemy dostarczać części z Formularzem 1.

Drukowanie 3D rewolucjonizuje tradycyjny proces produkcji – w którym objętość surowca redukowana jest w drodze ścinania lub wiercenia – przez dodawanie warstw substancji, często polimeru lub metalu, celem wytworzenia końcowego przedmiotu. Metoda ta wymaga od użytkownika jedynie pobrania projektu do drukarki. Ponieważ proces ten zużywa mniej materiałów, umożliwia firmom zaoszczędzenie pieniędzy oraz bieżącą produkcję części, zgodnie z technologiami branżowymi.

W miarę jak drukarki maleją i stają się tańsze, przemysł obronny i lotniczy mogą dzięki tej technologii osiągać ogromne oszczędności. Według ekspertów, stosując bardziej zaawansowane drukarki i substancje na bazie metali, firmy chcą produkować elementy trudne do wytworzenia, takie jak wsporniki i narzędzia dla wielomilionowych programów produkcyjnych, poczynając od satelitów do myśliwców.