

Wykorzystanie systemów rapid prototyping do modelowania części samochodowych

Marta Kordowska, Wojciech Musiał, Konrad Stefanowicz

Streszczenie

W artykule przedstawiono stosowane obecnie w technice wytwarzania systemy rapid prototyping, które od kilku zaledwie lat stanowią nowy trend w realizacji projektów w przemyśle samochodowym. Wykorzystanie współczesnych technik szybkiego prototypowania i wykonywanie modeli zespołów i części samochodowych, możliwe jest dzięki mocno rozwiniętym i funkcjonującym od wielu lat technikom komputerowego wspomagania projektowania CAD/CAM.

Słowa kluczowe: szybkie prototypowanie, systemy CAD, drukowanie 3D, drukarki 3D.

Wstęp

Pojęcie rapid prototyping w polskim tłumaczeniu oznacza szybkie prototypowanie. Technika ta polega na tworzeniu metodą przyrostową, a więc warstwa po warstwie, określonych obiektów materialnych w przestrzeni trójwymiarowej, na podstawie wcześniej wykonanych modeli 3D przy wykorzystaniu oprogramowania CAD [1]. Metody szybkiego prototypowania, a dokładniej ich pierwsze rozwiązania pojawiły się w latach 80. XX wieku [2]. W tamtym czasie technologie te opierały się na nanoszeniu kolejnych warstw żywicy, przy wykorzystaniu światła ultrafioletowego, poszczególne warstwy bardzo szybko ulegały polimeryzacji, tzn. stereolitografii. Metoda ta jest nadal wykorzystywana na przykład do wytwarzania form silikonowych, które następnie są wykorzystywane do otrzymywania modeli woskowych. Z czasem powstały nowe technologie spajania warstw z innych materiałów np. ceramiki, polistyrenu, czy MMA [3].

Metody te od paru lat stają się coraz bardziej powszechne i ich dostępność jest większa, zarówno w jednostkach dydaktycznych jak i w przedsiębiorstwach produkcyjnych [1].

Nazwa rapid prototyping, która niewątpliwie jest najczęściej używana przy opisywaniu tej technologii jest nie do końca trafna, ponieważ sugeruje, że metody te ograniczają się do wykonywania prototypów określonych elementów [1]. Tak oczywiście nie jest, metody kształtowania przyrostowego są przeznaczone także do [1]:

1. Rapid tooling (RT) – tworzenie narzędzi.
2. Rapid manufacturing (RM) – tworzenie gotowych produktów.

1. Różnice pomiędzy wykonywaniem elementów metodami tradycyjnymi, a metodami rapid prototyping

Przez metody tradycyjne rozumiemy proces obróbki skrawaniem, który jest tradycyjnym podejściem do wykonywania części maszyn oraz powszechnie stosowanym. Polega na zdejmowaniu kolejnych warstw materiału z elementu wyjściowego. Technologia ta nosi również zamienną nazwę procesu ubytkowego. Obróbka skrawaniem polega na stopniowym nadawaniu określonego kształtu, dokładności oraz właściwości użytkowych obrabianemu elementowi. Kolejne

dochodzenie do końcowego kształtu, czyli określenie liczby różnych rodzajów obróbki (zgrubna, kształtująca, wykańczająca, bardzo dokładna) jest uzależnione od wymagań osoby konstruującej i dotyczy dokładności wymiarów, jak również chropowatości powierzchni. Półfabrykat charakteryzuje określony kształt oraz wymiar, który różni się od kształtu oraz wymiaru gotowego elementu, którego gabaryty są mniejsze od półfabrykatu. Różnica wymiarowa jest usuwana w postaci wiórów [4]. Do tego rodzaju procesów należą m.in. [4]:

- frezowanie,
- toczenie,
- szlifowanie,
- wiercenie.

Natomiast przez metody szybkiego prototypowania rozumie się nową i do końca jeszcze nieupowszechnioną metodę, ukazującą nowe spojrzenie na dotychczasowe tworzenie modeli 3D. Elementy przestrzenne powstają poprzez dodawanie kolejnych warstw materiału, a dodatkowym walorem tego typu metod jest umożliwienie opracowywania zupełnie dowolnych geometrii 3D, ponieważ wyraźnie mniejsze stają się ograniczenia związane z podejściem narzędzia skrawającego i jego ewentualnej kolizji z uchwytem, czy elementem obrabianym, nieistotnym jest również problem z prawidłowym zamocowaniem przedmiotu w uchwycie obrabiarki. Te rozwiązania mają szczególnie istotne znaczenie przy zastosowaniu metod prototypowania z wykorzystaniem proszków metalicznych [1, 5].

2. Kierunki rozwoju rapid prototyping

Metody szybkiego prototypowania mają na celu wykonanie modeli 3D zaprojektowanych w systemach CAD, bez potrzeby używania narzędzi obróbkowych lub gotowych (przygotowywanych) form [6]:

1. Modeli o skomplikowanych kształtach.
2. Modeli wzorcowych.
3. Części prototypowych.
4. Prototypowego oprzyrządowania.

Model trójwymiarowy wykonany w wirtualnym środowisku programu komputerowego powinien być zapisany w jednym z wybranych interfejsów (STL, STEP, SEC, itp.), tym sposobem zostaje przekształcony na odpowiedni format (plik), co powoduje jego podział (równoległy lub prostopadły) na kolejne warstwy w zależności od kierunku wytwarzania. Warstwy te są odczytywane w systemach szybkiego prototypowania jak 2D – opis warstwowego tworzenia modelu fizycznego. Dzięki zastosowaniu metod rapid prototyping jest możliwe szybkie wykonanie rzeczywistych modeli o złożonych kształtach zarówno zewnętrznych, jak i wewnętrznych. Stosowanie systemów rapid prototyping umożliwia uzyskanie następujących zalet modelu 3D:

1. Wymagana jakość wydruku.
2. Możliwość szybkiego eliminowania błędów i zastosowanie modyfikacji.
3. Oszczędność czasu oraz kosztów.

Rozwój metod szybkiego prototypowania pozwolił na wyodrębnienie kolejnych kierunków, mowa tu o rapid manufacturing, czyli szybkim wytwarzaniu, co obecnie stanowi odrębną grupę metod i polega na tworzeniu wyrobów w produkcji masowej. Istnieje również grupa rapid tooling, której celem jest wytwarzanie narzędzi oraz form, znajduje zastosowanie w tworzeniu elementów prototypowych, a także podseryjnych [1, 7, 8, 9].

Zachodzi konieczność zintegrowania metod szybkiego prototypowania z innymi technologiami wytwarzania, tylko wówczas można w sposób skuteczny korzystać z jego zalet. Każdy element tego procesu jest niezwykle ważny i powinien być przemyślany, ponieważ każdy etap wpływa na jakość gotowego wyrobu. Przykładem może być selektywne spiekanie laserowe (SLS), charakteryzuje się ono możliwością wyboru pomiędzy wieloma materiałami które mogą być zastosowane. Poszczególne rodzaje proszku mają wpływ zarówno na parametry jak i na właściwości mechaniczne końcowego elementu. W celu uzyskania optymalnej jakości wykonanego druku 3D zapoznanie się ze skutkiem końcowego spiekania, a także przetwarzania należy dołączyć do fazy planowania oraz wykonywania projektu modelu fizycznego [10].

Badania idą w stronę wytwarzania produktów o małej wielkości, które charakteryzują się złożonością zarówno budowy i funkcji. Tego typu produkty inżynierowie starają się wytwarzać przy wykorzystywaniu metod rapid prototyping. Elementy te są niezwykle wymagające, ponieważ mogą posiadać wiele skomplikowanych szczegółów, małych otworów, a ponadto wymagają uzyskania powierzchni o małej chropowatości. Spełnienie tak wielu warunków wymusza stosowanie do wydruku drukarek o wysokiej rozdzielczości drukowania 3D. Wychodząc naprzeciw temu zapotrzebowaniu metody stereolitograficzne pozwalają uzyskać dużą rozdzielczość, co pozwala wykonywać elementy o precyzyjnych kształtach [11]. Wyzwaniem dla inżynierów zajmujących się technikami szybkiego prototypowania pozostaje wykonywanie wydruków z tworzyw metalowych, ale i ten obszar zaczyna się wypełniać stosując znaną metodę selektywnego spiekania laserowego (SLS) metali, prowadzone próby obejmują również świat w mikro skali [12].

3. Rodzaje stosowanych metod szybkiego prototypowania

Obecnie w technice stosuje się sześć technik rapid prototyping, należą do nich [1,13,14]:

1. Fused Deposition Modeling (FDM) – polega na tworzeniu modeli przez wytłoczone osadzenie warstw

materiału stopionego przy użyciu techniki numerycznego sterowania.

2. Stereolithography (SL) – jest to lokalne utwardzanie warstw ciekłego fotopolimeru, przy pomocy wiązki lasera.
3. Laminated Object Manufacturing (LOM) – jest to technika laserowego wycinania obrysu modelu oraz jego sklejanie do poprzedzającej warstwy tworzywa.
4. Selective Laser Sintering (SLS) – polega na warstwowym sklejanu proszków, przez spiekanie ich przy zastosowaniu wiązki lasera.
5. Three Dimensional Printing (3DP) – metoda ta polega na sklejanu zastosowanego proszku przy pomocy lepiszcza techniką drukowania z zastosowaniem dwóch głowic.
6. Jetted Photopolymer (JP) – polega na nanoszeniu fotopolimeru przy wykorzystaniu głowic drukujących.

W artykule do wykonywania modeli części oraz zespołów samochodowych zostanie zastosowana metoda 3DP, a więc elementy zostaną wydrukowane przy zastosowaniu drukarki drukującej przestrzennie. Przy wykonywaniu modeli techniką druku 3D szybkość wydruku określa się jako doskonałą, dokładność i wykończenie powierzchni ocenia się jako dość dobrą. Do podstawowych zalet zalicza się szybkość, cenę oraz możliwość doboru różnych kolorów, do wad małą dokładność oraz niską jakość powierzchni. Metoda ta jest najczęściej stosowana do tworzenia modeli koncepcyjnych elementów przeznaczonych do testowania, modeli architektonicznych, wzorniczych oraz na modele odlewów.

4. Rodzaje materiałów stosowanych w druku 3D

Podstawowe tworzywa stosowane obecnie w drukarkach 3D [2]:

1. PLA.
2. ABS.
3. PVA.
4. Nylon.
5. Laywood (kompozyt powstały z połączenia plastiku i drewna – materiał drewnopodobny).
6. Laybrick (kompozyt plastiku i gipsu).
7. Żywiec.
8. Guma.
9. Czekolada.
10. Metal.
11. Beton.
12. Papier.
13. Grafen (faza badań).

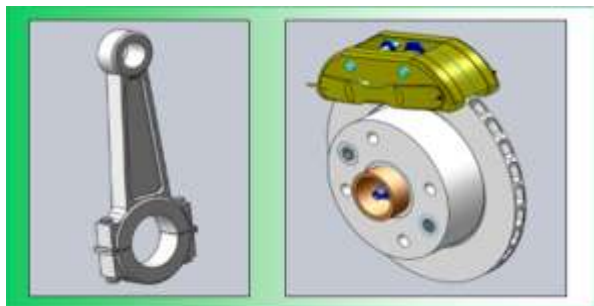
Do wykonania części samochodowych został użyty materiał ABS.

5. Praktyczne wykonanie wydruku 3D przykładowych części samochodów

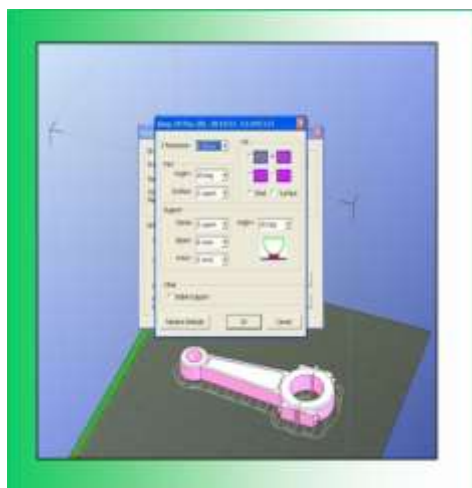
Proces drukowania części 3D został zrealizowany za pomocą drukarki UPI3D V Solveere po uprzednim przygotowaniu plików CAD wykonanych w programie SolidWorks do standardu (zapisu plików wykonawczych w postaci STL) (rys. 1).

Oprogramowanie współpracujące z drukarką 3D Upx.xx setup.exe umożliwia modyfikację plików do wielkości dostosowanej do obszaru roboczego drukarki 3D. Program umożliwia również swobodne orientowanie modelu 3D na stole roboczym co w konsekwencji pozwala na optymalne drukowanie szczególnie modeli obrotowych. Program zarządzający drukowaniem umożliwia nastawienie parametrów roboczych procesu wydruku 3D. Dostępnych jest kilka trybów

jakości wydruku z możliwością określenia struktury i gęstości prowadzenia ścieżek ruchu głowicy drukarki 3D (rys. 2).

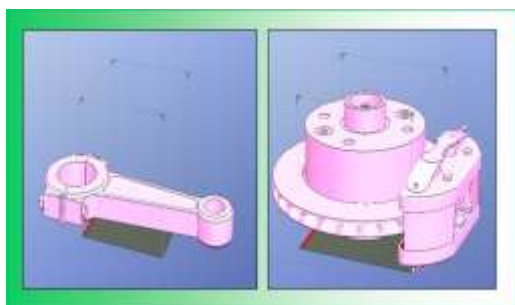


Rys. 1. Wybrane części samochodowe wykonane jako modele CAD

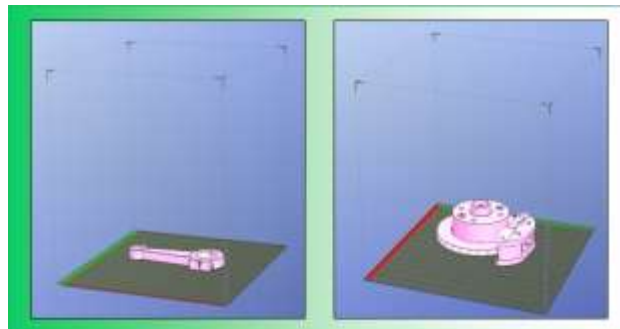


Rys. 2. Dobór parametrów drukowania determinujący jego jakość

Aby zrealizować proces drukowania modelu wykonanego w dowolnym systemie CAD, konieczne jest zapisanie go do formatu STL. Tak przygotowany model może być następnie wczytany do programu sterującego procesem drukowania. Przed rozpoczęciem drukowania najczęściej konieczne jest dostosowanie modelu do obszaru roboczego drukowania (rys. 3 i 4).



Rys.3. Umieszczenie modeli 3D CAD w obszarze roboczym drukarki



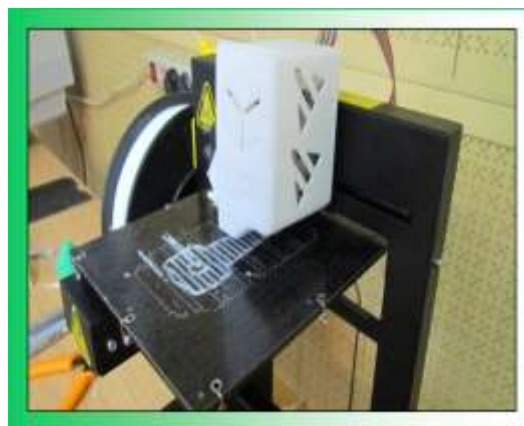
Rys. 4. Dostosowanie modelu do odpowiedniej skali umożliwiającej realizację wydruku

Aby proces drukowania odbywał się prawidłowo wskazane jest inicjalizowanie drukarki wraz z wstępnym podgrzaniem stołu roboczego (rys. 5).



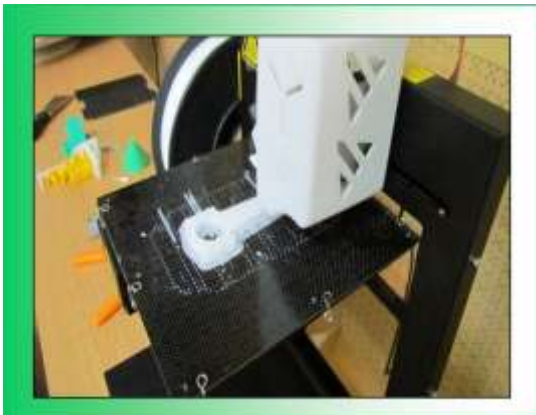
Rys.5. Inicjalizacja wydruku oraz podgrzewanie stołu roboczego

Dzięki temu drukowany model dobrze przywiera do podłoża. Po ustawieniu opcji drukowania drukarka wykonuje zadanie a program uzupełnia model o elementy podtrzymujące strukturę modelu w obszarze drukowania (rys. 6).

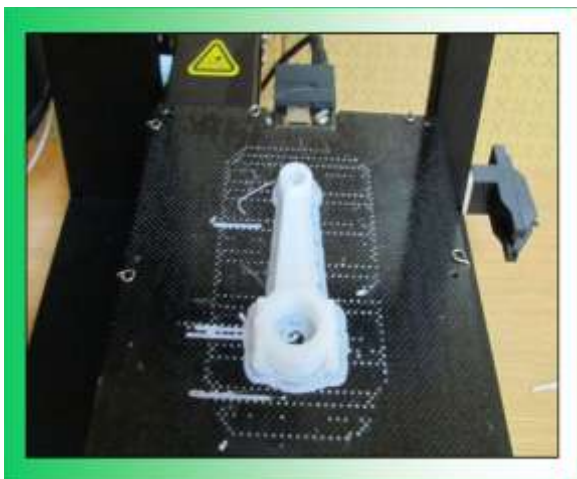


Rys. 6. Drukowanie modelu z uwzględnieniem elementów podtrzymujących strukturę modelu drukowanego

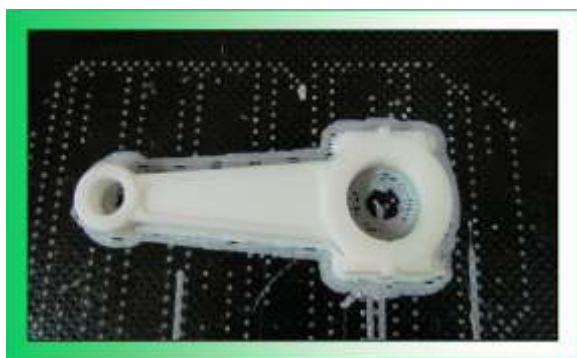
Na rysunkach 7-9 przedstawiono etapy drukowania korbowodu.



Rys. 7. Kolejne warstwy materiału (ABS) nakładane na drukowany model



Rys. 8. Wykonanie korbowodu na drukarce 3D



Rys. 9. Model gotowy do demontażu ze stołu drukarki

Zastosowana drukarka charakteryzuje się stosunkowo nie wielkim obszarem drukowania jednak dzięki możliwości stosowania tworzywa sztucznego jako czynnika drukującego (materiał ABS) jest niezwykle tania w eksploatacji. Na rysunkach przedstawiono efekty drukowania tarczy hamulcowej wraz z hamulcem (rys. 10 i 11).



Rys. 10. Wydrukowany model tarczy hamulcowej wraz z podporami powstałymi na etapie drukowania



Rys. 11. Wydrukowany model tarczy hamulcowej wraz z podporami powstałymi na etapie drukowania

Podsumowanie

Uzyskane modele w procesie wydruku muszą być poddane oczyszczeniu poprzez usunięcie podpór podtrzymujących co wymaga dużej wprawy i odpowiednich narzędzi modelarskich. Wydrukowane podpory są z tego samego materiału co model właściwy jednak charakteryzują się znacznie mniejszą gęstością. Dzięki temu możliwe jest stosunkowo łatwe ich usunięcie po realizacji procesu drukowania. Zastosowany materiał do wydruku (tworzywo ABS) jest wytrzymałym materiałem konstrukcyjnym stosowanym od wielu lat w konstrukcjach mechanicznych i elektromechanicznych jak również w osprzęcie elektronicznym (elementy magnetowidów, magnetofonów, kaset video). Jest elementem wielu urządzeń codziennego użytku w tym sprzętu AGD. Dlatego nadaje się do realizacji wydruków 3D a następnie budowy modeli w celu określenia ich przydatności ergonomicznej jak i kinematycznej. Drukarka tego typu może również umożliwiać modelowanie karoserii pojazdów w tym autobusów w odpowiedniej skali w tym przypadku np.1:43 ze względu na ograniczony obszar drukowania.

Bibliografia

- Miecieli Miroslaw „Techniki szybkiego prototypowania – rapid prototyping”. Plik utworzony w Acrobat Page Maker 2010-02-01.
- http://pl.wikipedia.org/wiki/Rapid_prototyping
- Stroda Wendelin „Technologia drukowania przestrzennego w odlewnictwie”. Projektowanie i konstrukcje inżynierskie 5/2013.
- Feld Mieczysław „Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn” Wydawnictwo Naukowe – Techniczne Warszawa 2009.
- Pham D.T., Gault R.S. „A comparison of rapid prototyping technologies” International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 38, Issues 10–11, October 1998, Pages 1257–1287.
- Werner Andrzej „Instrukcja do zajęć laboratoryjnych – Techniki szybkiego prototypowania w projektowaniu i wytwarzaniu części maszyn” Plik PDF, Białystok 2010.
- Karapatis N.P., van Griethuysen J.P.S., Glardon R., „Direct rapid tooling: a review of current research” 10.1108/13552549810210248 (Permanent URL), publisher MCB UP Ltd.
- Santos E.C., Shiomi M., Osakada K., Laoui T., „Rapid manufacturing of metal components by laser forming” International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 46, Issues 12–13, October 2006, Pages 1459–1468.
- Radstok E. „Rapid tooling” Technical paper, DOI: 10.1108/13552549910295488 (Permanent URL), publisher MCB UP Ltd.
- Gibson I., Dongping S. „Material properties and fabrication parameters in selective laser sintering process” Technical paper, DOI: 10.1108/13552549710191836 (Permanent URL), publisher: MCB UP Ltd.
- Bertsch A., Bernhard P., Vogt C., Renaud P., „Rapid prototyping of small size objects” General review, DOI:10.1108/13552540010373362 (Permanent URL), publisher: MCB UP Ltd.
- Agarwala M., Bourell D., Beaman J., Marcus H., Barlow J. „Direct selective laser sintering of metals”, technical paper, DOI:10.1108/13552549510078113 (Permanent URL), publisher: MCB UP Ltd.
- Miecieli M.: Analiza wybranych metod szybkiego prototypowania. PW IPIB, Warszawa 2007.
- Miecieli M.: Rapid prototyping – metody i możliwości zastosowania w inżynierii biomedycznej. AGH, Kraków 2009.

The use of rapid prototyping systems for the elaboration of models of car parts

Abstract

The article presents the technique currently used in the production of rapid prototyping systems, which have only a few years represent a new trend in the implementation of projects in the automotive industry. The use of modern techniques for rapid prototyping and implementation of models of assemblies and auto parts, is possible thanks to the highly developed and functioning for many years, the techniques of computer-aided design CAD / CAM.

Key words: rapid prototyping, CAD systems, 3D printing, 3D printer.

Autorzy:

Mgr inż. **Marta Kordowska** – Politechnika Koszalińska

Dr inż. **Wojciech Musiał** – Politechnika Koszalińska

Mgr inż. **Konrad Stefanowicz** – Politechnika Koszalińska