

Wykorzystanie technik szybkiego prototypowania przy budowie bolidu

Rapid prototyping techniques for the race car building process

PIOTR STROJNY*

Prezentowano zalety stosowania technik szybkiego prototypowania do przygotowania modelu bolidu na potrzeby interdyscyplinarnego projektu Formuła Student. Pokazano, jak wykorzystać techniki szybkiego prototypowania do tworzenia elementów funkcjonalnych pojazdu.

SŁOWA KLUCZOWE: szybkie prototypowanie, bolid, Formuła Student

Presented are advantages which are inherent to rapid prototyping methods intended for implementation of the race car prototype in the interdisciplinary project Formula Student. It is explained how the RP techniques should be used to create functional units of a race car.

KEYWORDS: rapid prototyping, race car, Formula Student

Techniki szybkiego prototypowania (RP) są od wielu lat wykorzystywane do tworzenia modeli fizycznych. Główną zaletą tych metod jest możliwość szybkiego i stosunkowo taniego otrzymania modelu danego urządzenia [4, 5] w skali 1:1 (np. modeli urządzeń AGD), zwiększonego lub zmniejszonego (np. modeli samochodów). W ten sposób mogą być wykonywane monolityczne bryły, pozwalające ocenić wizualnie powstające urządzenie, lub złożenia, przydatne w ocenie funkcjonalnej.

Opisano sposób wykorzystania technik RP do wykonania modelu samochodu sportowego (bolidu) biorącego udział w zawodach klasy Formuła Student. Wykonano model fizyczny całego pojazdu w skali 1:10. Część zeskalowanych podzespołów i komponentów (np. silniki czy układ różnicowy) wykonano w uproszczeniu jako pełne bryły. Wynikało to z jednej strony z ograniczenia minimalnej grubości drukowanych elementów, a z drugiej – z braku konieczności weryfikacji poprawności ich działania, ponieważ były to nowe, gotowe elementy. Techniki RP posłużyły również do wykonania części komponentów funkcjonalnych, stanowiących rzeczywiste elementy bolidu.

Projekt Formuła Student

Formuła Student jest jednym z najbardziej prestiżowych projektów studenckich na świecie. Obejmuje zaprojektowanie i wykonanie sportowego samochodu (bolidu), który następnie bierze udział w międzynarodowych zawodach drużyn studenckich. Wymagania związane z bezpieczeństwem i konstrukcją bolidu są ujęte w regulaminie zawodów [8, 9].

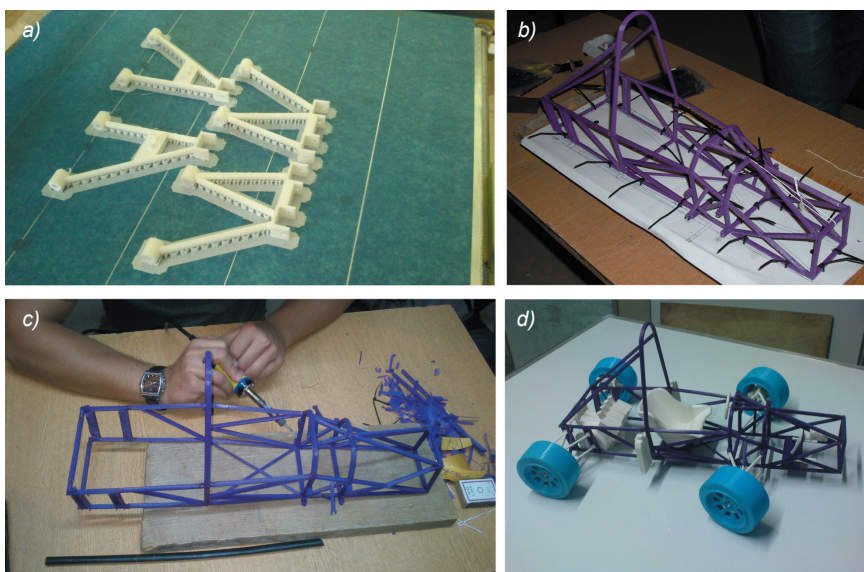
* Mgr inż. Piotr Strojny (pstrojny@prz.edu.pl) – Katedra Konstrukcji Maszyn, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej

Model fizyczny bolidu wykonany technikami RP

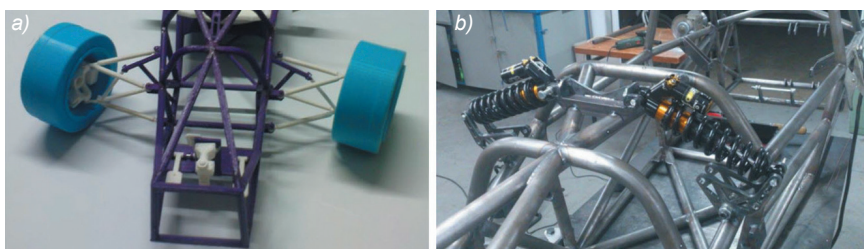
W celu uniknięcia błędów montażowych i kolizyjnych po zaprojektowaniu bolidu w systemie CAD [1+3] wykonano model fizyczny w skali 1:10 (rys. 1), technikami RP, technologią FDM (*Fused Deposition Modeling*). Model zawierał wszystkie komponenty mające wejść w skład rzeczywistego pojazdu. Łączenie części zajęło ośmiuosobowemu zespołowi ok. 15 h. Po złożeniu modelu (mającego stopnie swobody zbliżone do rzeczywistego bolidu) okazało się, że jego zawieszenie nie spełnia założonych wymagań, w wyniku czego podjęto decyzję o zmianie układu zawieszenia.

Układ przedniego zawieszenia wykonany metodą RP oraz układ, jaki zastosowano finalnie w bolidzie, przedstawia rys. 2. Główna zmiana polegała na umieszczeniu amortyzatorów u góry ramy, pod zupełnie innym kątem niż w modelu RP, oraz zastosowaniu układu krzywkowego.

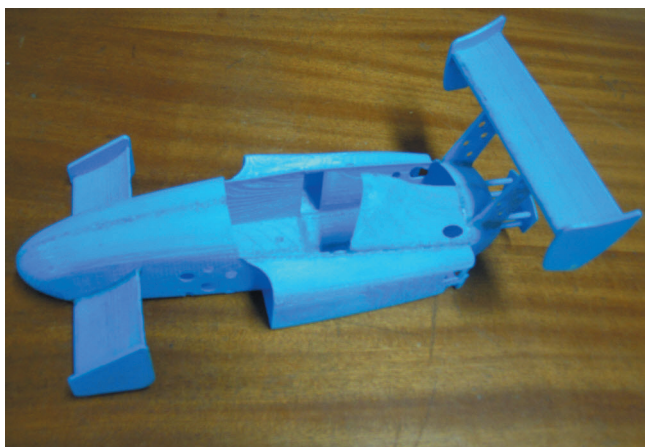
Dodatkowo model wykonany technikami RP pokazał trudności w montażu układu napędowego: wystąpiła kolizja elementów ramy z półosiami układu napędowego. Konsekwencją tego była częściowa zmiana kształtu ramy bolidu. Model fizyczny pozwolił również na oszacowanie miejsca wewnątrz pojazdu, co zaowocowało zmianą układu fotela dla kierowcy.



Rys. 1. Model fizyczny wykonany technikami RP: a) model na etapie druku; b) rozmieszczenie przestrzenne elementów ramy w celu ich połączenia; c) spajanie modelu ramy w jedną bryłę; d) kompletny model



Rys. 2. Układ przedniego zawieszenia bolidu: a) wykonany technikami RP; b) rzeczywisty

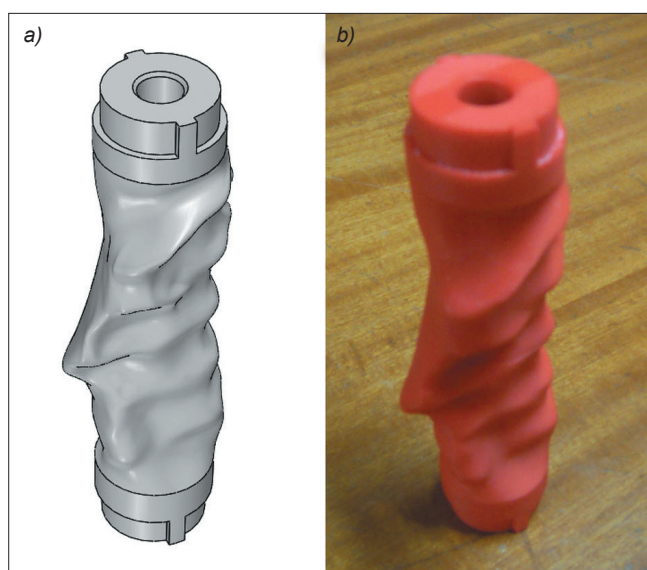


Rys. 3. Model poszycia wykonany technikami RP

Osobno, w skali 1:12, wydrukowane zostało poszycie bolidu (rys. 3); model poszycia posłużył do oceny wizualnej maszyny.

Modele funkcjonalne bolidu wykonane technikami RP

Do wytworzenia uchwytów do kierownicy wykorzystano dwie techniki: inżynierię odwrotną oraz metody RP. Najpierw odcisnięto w glinie modelarskiej dłoń głównego kierowcy w specjalnej rękawicy. Za pomocą przestrzennego skanera 3D zeskanowano odcisk. Uzyskaną chmurę punktów obrabiono w systemie SolidWorks. Utworzono model uogólniony, mogący pasować do dłoni pozostałych kierowców, w wyniku czego otrzymano uniwersalny model CAD uchwytu. Kolejnym krokiem było wydrukowanie uchwytu na drukarce 3D metodą FDM (rys. 4). Dzięki połączeniu dwóch metod – inżynierii

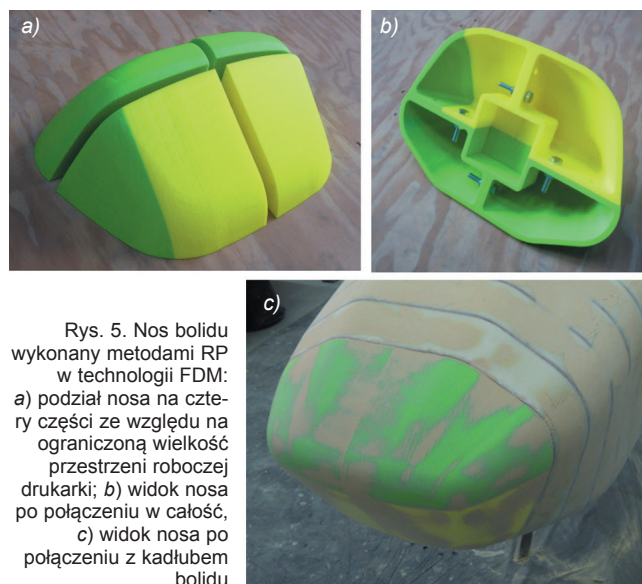


Rys. 4. Uchwyt do kierownicy bolidu: a) model wirtualny otrzymany po zeskanowaniu i obróbieniu w systemie CAD; b) model rzeczywisty wydrukowany na drukarce 3D metodą FDM

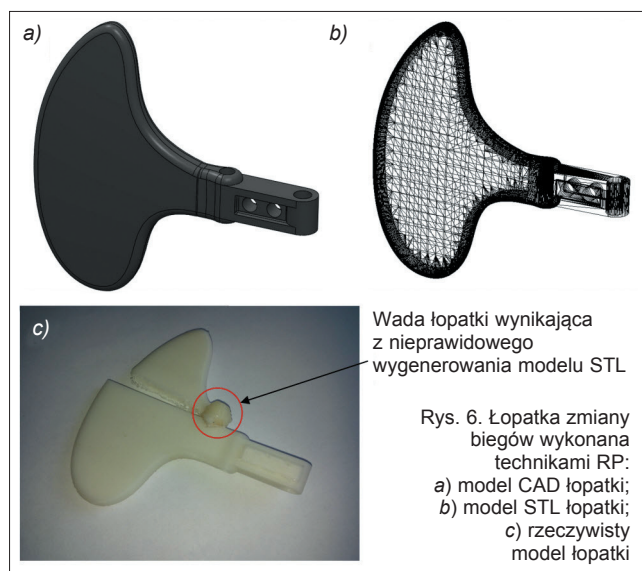
inżynierii odwrotnej i RP – udało się uzyskać w pełni funkcjonalny model uchwytu do kierownicy [6, 7].

Metody RP wykorzystano także do wykonania fragmentu poszycia. Ze względu na złożony kształt nosa bolidu podjęto decyzję o jego wydrukowaniu na drukarce 3D i scaleniu z kopytem kadłuba (rys. 5). Dzięki temu uzyskano zamierzony kształt do wykonania form.

Te same metody posłużyły do wykonania łopatek zmiany biegów, znajdujących się przy kierownicy bolidu (rys. 6). Złożony kształt łopatek udało się uzyskać, drukując je na drukarce 3D metodą FDM, która jednocześnie zapewniła uzyskanie wymaganej wytrzymałości tych elementów.



Rys. 5. Nos bolidu wykonany metodami RP w technologii FDM: a) podział nosa na cztery części ze względu na ograniczoną wielkość przestrzeni roboczej drukarki; b) widok nosa po połączeniu w całość; c) widok nosa po połączeniu z kadłubem bolidu



Wada łopátki wynikająca z nieprawidłowego wygenerowania modelu STL

Rys. 6. Łopátka zmiany biegów wykonana technikami RP: a) model CAD łopátki; b) model STL łopátki; c) rzeczywisty model łopátki

Wnioski

Wykorzystanie metod RP przy budowie bolidu startującego w zawodach Formuły Student przyniosło wiele korzyści. Udało się usunąć część błędów, co pozwoliło na uniknięcie niepotrzebnych kosztów. Inną zaletą stosowania tych metod było skrócenie czasu wykonywania bolidu, dzięki wyeliminowaniu komplikacji i konieczności zmian w już zbudowanym pojeździe. Nie bez znaczenia był fakt, że część komponentów udało się wykonać metodami RP, co również zredukowało wydatki.

LITERATURA

1. Kęska P. „SolidWorks 2013 Modelowanie części”. CADvantage, 2013.
2. Kęska P. „SolidWorks 2013 Konstrukcje spawane, arkusze blach, projektowanie w kontekście złożenia”. CADvantage, 2013.
3. Lombard M. „SolidWorks Bible”. Crosspoint Boulevard: Wiley Publishing Inc., 2010.
4. Cader M., Zboiński M., Budzik G. „Technologie wytwarzania przyrostowego w praktyce”. *Mechanik* 86 (2013).
5. Kai Chua Chee, Kochan D., Zhaokui D. „Rapid prototyping issues in the 21st Century”. *Computers in Industry* 39 (1999).
6. Hylewski D., Dyrbuś G., Kaźmierczak M., Kolka A., Kosmol J. „Laboratorium z Inżynierii Odwrotnej (Reverse Engineering)”. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2010.
7. Wyleżoł M. „Inżynieria odwrotna w doskonaleniu konstrukcji”. *Modelowanie Inżynierskie* 32 (2006): s. 485-490.
8. <http://www.imeche.org> (dostęp 22.07.2014).
9. <http://www.formulastudent.pl> (dostęp 22.07.2014).