

Rapid Tooling – technologie szybkiego wytwarzania narzędzi i serii prototypowych

Rapid Tooling – techniques of rapid production tools and prototype series

PAWEŁ ROCZNIK
DAMIAN OPOZDA
KONRAD KORDAS
TOMASZ BORATYŃSKI *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.12.542

W artykule zaprezentowano wybrane wyniki prac badawczych dotyczących technologii Rapid Tooling (RT). Konwencjonalne technologie wytwarzania, stanowiące bezpośrednią konkurencję dla RT, poprzez niezliczone aplikacje i ciągły rozwój znacząco poprawiły swoje najważniejsze parametry technologiczne. Niemniej jednak aplikacyjność technologii RT jest silnie zaznaczona w produkcji jednostkowej i małoseryjnej. Szczególnie w takich dziedzinach, jak medycyna, przemysł lotniczy i kosmiczny, a także w trakcie realizacji prac badawczo-rozwojowych. Aby zapewnić konkurencyjność technologii RT, istotne są ciągły rozwój, eliminowanie ograniczeń i poszukiwanie nowych aplikacji przemysłowych. Najbardziej wymagające rozwoju kierunki to: poprawa jakości powierzchni, poprawa dokładności wymiarowo-kształtowej wyrobów, a także zwiększenie trwałości wytworzonych narzędzi RT.

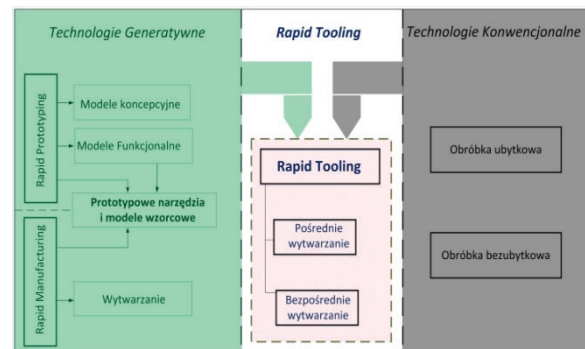
SŁOWA KLUCZOWE: Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Rapid Casting, Vacuum Casting, Metal Part Casting

The article presents selected results of research on Rapid Tooling technology (RT). Conventional manufacturing technologies, which directly compete with RT, have radically improved their technological parameters by numerous applications and continuous development. Unit and small-scale production is the area of applications where Rapid Tooling is particularly gaining popularity, especially in R&D applications, medicine, aviation and space industry. In order to ensure competitiveness of RT technologies continuous development, elimination of limitations and searching of new areas of industrial applications are required. The most challenging development areas include: improvement of the surface quality, improvement of the size and shape accuracy of the product, and enhancement of the manufactured RT tools durability.

KEYWORDS: Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Rapid Casting, Vacuum Casting, Metal Part Casting

Niedługo po pojawieniu się pierwszych aplikacyjnych przykładów Rapid Prototyping (RP) wytwórcy zdali sobie sprawę, iż korzystne może być zastosowanie nowego podejścia wytwarzania oprzyrządowania, którego produkcja jest czasochłonna i kosztowna. We wczesnych latach 90. XX w. technika Rapid Tooling opierała się głównie na różnego rodzaju procesach formowania, w których wykorzystywane były modele wzorcowe (*master models*) wytworzone za pomocą RP.

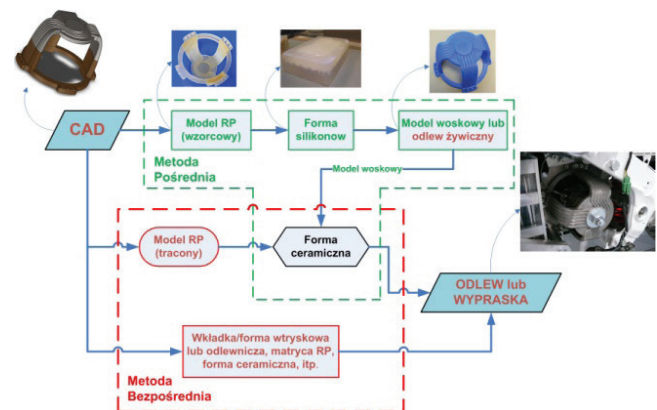
Można uznać, że w pewnym sensie rozwój RT przyczynił się do zwiększonego zainteresowania procesami, które do tego momentu należały do zapomnianych [1]. Na rys. 1 zaprezentowano ogólny schemat pokazujący ideę wytwarzania Rapid Tooling.



Rys. 1. Idea Rapid Tooling

Podział technologii RT pokazano na rys. 2. RT bazuje na dwóch metodach:

- pośredniej, gdzie narzędzie wytwarzane jest na podstawie wzorca wytworzonego przy pomocy RP,
- bezpośredniej, gdzie pomijane są etapy pośrednie, a model wytworzony przy pomocy RP służy jako model tracony lub jako narzędzie formujące odlew lub wypraskę.



Rys. 2. Podział technologii Rapid Tooling

Analizując technologie RT oparte na odlewaniu stopów metali, które funkcjonują pod terminem Rapid Casting (RC), można zauważyć, że na modele tracone wykorzystuje się nie tylko wosk, ale również inne materiały, takie jak polimery czy papier [2]. Wybór rodzaju procesu wpływa bezpośrednio na czas i koszt wykonania wyrobu oraz na dokładność wymiarową i geometryczną.

* Mgr inż. Paweł Rocznik (pawel.roczniak@pwr.edu.pl), mgr inż. Damian Opozda, mgr inż. Konrad Kordas, dr inż. Tomasz Boratyński – Katedra Technologii Laserowych, Automatyzacji i Organizacji Produkcji Politechniki Wrocławskiej

Problematyka technologii Rapid Tooling

Zaprezentowane wyniki są częścią badań, których celem jest opracowanie uniwersalnych procedur, które będą stosowane przez użytkownika podczas planowania wytwarzania opartego na technologii Rapid Tooling. Możliwość wytwarzania pożądaných struktur geometrycznych należy niewątpliwie do aspektów wpływających na powodzenie procesu. Dla poprawnej identyfikacji ograniczeń badania przeprowadzono w oparciu o jeden typ modelu, w którym zawarto trzy typy prymitywów geometrycznych. Analizowane przypadki to (rys. 3):

- graniczna minimalna grubość ścianki,
- graniczny minimalny wymiar szczeliny,
- graniczna minimalna średnica otworu.

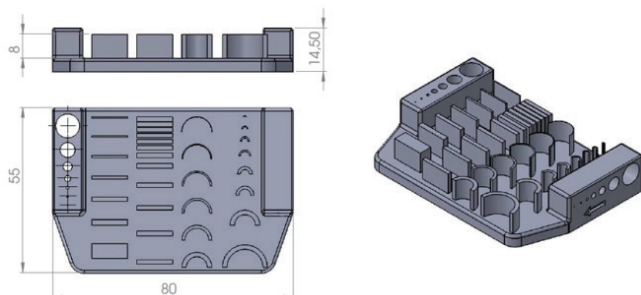
Przebieg badań i wyniki

Z uwagi na specyfikę procesów opartych na generatywnej budowie modeli konieczne było zastosowanie zmiennej orientacji modelu na platformie roboczej maszyny (rys. 4).

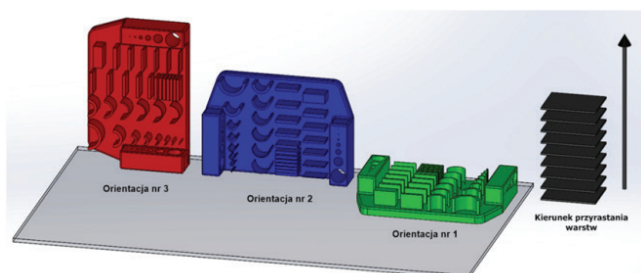
W badaniach wykorzystano technologie generatywne, które stosowane są podczas wytwarzania bazującego na pośredniej i bezpośredniej metodzie RT. Omawiane technologie różnią się rodzajem zastosowanego materiału, sposobem jego przetwarzania, a także grubością zastosowanej warstwy. Najważniejsze parametry badanych technologii to:

- PolyJet (PJ), materiał żywica fotoutwardzalna, grubość warstwy 16 μm , system Eden 350,
- Drop on Demand Jet (DoDJet), materiał wosk syntetyczny, grubość warstwy 12,7 μm , system SolidScape T76+,
- Selective Laser Sintering (SLS), materiał polistyren, grubość warstwy 100 μm , system Formiga P110,
- Fused Deposition Modeling (FDM), materiał ABS, grubość warstwy 178 μm , system Dimension Elite.

Zastosowana obróbka poprocesowa, była standardową, przewidzianą dla danej technologii.



Rys. 3. Główne wymiary gabarytowe modelu



Rys. 4. Typy orientacji modelu na platformie roboczej

Analizę modeli przeprowadzono za pomocą metod Rapid Inspection – tomografia komputerowa (CT), której proces wyglądał następująco: import modelu, dopasowanie zdigitalizowanego modelu wyrobu do modelu cyfrowego, porównanie nałożonych na siebie modeli, analiza i raport [3]. Każdą z wytworzonych struktur przyporządkowywano do trzech stanów/grup (rys. 5):

| Niepowodzenie | Defekt | Powodzenie |
|-----------------------|---|--|
| Ścianka nieuforzowana | Wykrzywienie ścianki, odchylenie od pionu | Poprawna struktura i geometria ścianki |

Rys. 5. Przykład porównania dla struktury cienkościennej

TABLICA. Zbiornicze wyniki eksperymentu

| Technologia → | PJ | | | | | | | | SLS | | | | | | | | FDM | | | | | | | | DoD | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|----|-----|---|----|-----|---|----|----------------------------|---|----|-----|---|----|-----|---|----------------------------|-----|---|----|-----|---|----|-----|----------------------------|----|-----|--|--|--|--|--|
| wymiar [mm] → | orientacja na platformie ↓ | | | | | | | | orientacja na platformie ↓ | | | | | | | | orientacja na platformie ↓ | | | | | | | | orientacja na platformie ↓ | | | | | | | |
| Ścianki | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | | | | | |
| Szczeliny | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | | | | | |
| Półokręgi | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | | | | | |
| Otwory | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | | | | | |

Kryterium przyporządkowania do danej grupy była nie tylko możliwość wytworzenia danej struktury, ale również otrzymana dokładność wymiarowa. Dla każdej z grup ustalono tolerancje wymiarowe, które mogą się różnić w zależności od aplikacji. Wyniki, które otrzymano w eksperymencie, umieszczono w zbiorczej tabeli.

Podsumowanie

Zaprezentowane badania i otrzymane wyniki, będące częścią szerszych prac, pozwalają użytkownikowi w intuicyjny sposób uzyskać informację na temat możliwości danej technologii, a także mogą się przyczynić do wspomaganego planowania procesów RT. Jak pokazały badania, można zauważyć znaczące różnice nie tylko pomiędzy technologiami, ale także w obrębie tej samej technologii, przy różnej orientacji na platformie roboczej maszyn. Główny problem technologiczny, z jakim się spotkano, to trudność usunięcia materiału podporowego lub niesbezpiecznego proszku z trudno dostępnych miejsc.

Praca została wykonana w ramach projektu: „Badania Technologii Przyrostowych i Procesów Hybrydizacji dla potrzeb rozwoju innowacyjnej produkcji lotniczej”, współfinansowanego ze środków NCBiR (INNOLOT/II/6/NCBR/2013).

LITERATURA

1. Grimm T. „User's Guide to Rapid Prototyping”. Dearborn, Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 2004.
2. Chhabra i Singh. „Rapid casting solutions: a review”. *Rapid Prototyping Journal* (2011): pp. 328–350.
3. Oczko K. Cena I. „Rapid Inspection – metody pomiarowo-kontrolne adekwatne do rapid-technologii”. *Mechanik* (2008): s. 165–176. ■