

Wpływ kąta pochylenia linii zęba na wytrzymałość kół zębatych wykonanych metodą MEM

Influence of helix angle on strength of toothed gears made by MEM

BOGDAN KOZIK
ANDRZEJ ŁĄCZEK *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.12.554

W artykule przedstawiono etapy tworzenia modelu 3D-CAD oraz możliwości ustawienia parametrów drukarki INSPIRE D290 (opartej na technologii MEM) do wytwarzania modeli fizycznych. Zaprezentowano również stanowisko do badań kół zębatych wykonanych metodami szybkiego prototypowania, a także wyniki przeprowadzonych badań kół wykonanych z polimeru ABS B601.

SŁOWA KLUCZOWE: szybkie prototypowanie, koła zębate, stanowisko badawcze

The paper presents stages of creating a 3D-CAD model and possibilities for setting parameters of the printer INSPIRE D290 (based on MEM technology) to produce physical models. It also presents a stand for testing gears made by means of rapid prototyping methods and results of testing gears made of ABS polymer B601.

KEYWORDS: rapid prototyping, toothed gears, test stand

Zastosowanie technik Rapid Prototyping pozwala na znaczne skrócenie czasu wykonania prototypu. Metody RP wspomagane dodatkowo systemami CAD dają duże możliwości przy wytwarzaniu prototypów w wielu dziedzinach techniki [1–3, 5, 6]. Dużą efektywnością charakteryzują się metody RP podczas tworzenia wszelkiego rodzaju prototypów przekładni zębatych [4, 7]. Dzięki ich zastosowaniu można łatwo modelować geometrię kół zębatych (modyfikując ich parametry) bez potrzeby wykonywania bardzo drogiej form wtryskowych.

Przygotowanie modeli

Modele CAD kół zębatych, o takich parametrach, jak:

- liczba zębów koła napędzającego $z_1 = 27$,
 - liczba zębów koła napędzanego $z_2 = 53$,
 - moduł $m = 2$ mm,
 - czynna szerokość wieńców $b = 10$ mm,
 - kąty pochylenia linii zęba $\beta_1 = 10^\circ$, $\beta_2 = 15^\circ$, $\beta_3 = 20^\circ$,
- wykonano w programie Autodesk Inventor.

W kolejnym etapie pracy model 3D-CAD przekonwertowano do pliku STL. Podczas eksportu dokonano odpowiednich ustawień, co pozwoliło dokładnie odwzorować model i odpowiednio dobrać wielkość pliku. Do wykonania kół zębatych wykorzystano drukarkę INSPIRE D290 (<http://3dprintingsystems.com>) opartą na technologii MEM (Melted and Extruded Manufacturing) (rys. 1).

Drukarka posiada rozbudowaną aplikację umożliwiającą dobór parametrów wydruku. Po wczytaniu do aplikacji drukarki pliku STL użytkownik może wybrać jedno z kilku zdefiniowanych fabrycznie ustawień lub ręcznie zdefinio-

wać poszczególne parametry, takie jak: liczba warstw obwiedniowych, gęstość wypełnienia modelu, średnica nitki półpłynnego polimeru.

a)



b)



Rys. 1. Drukarka INSPIRE D290: a) widok ogólny stanowiska, b) widok komory roboczej (z drukowanym kołem napędzanym)

Koła do badań wykonano z polimeru ABS B601 z następującymi parametrami druku:

- liczba warstw konturu: 1 (jedna dodatkowa warstwa obwiedniowa),
- gęstość wypełnienia: 4 (drukowana co czwarta linia wypełnienia),
- grubość pojedynczej warstwy: 0,2 mm.

* Dr inż. Bogdan Kozik (bogkozik@prz.edu.pl), mgr inż. Andrzej Łączek (alaczek@prz.edu.pl) – Politechnika Rzeszowska

Przeprowadzenie badań i analiza wyników

Stanowisko badawcze (rys. 2), napędzane trójfazowym silnikiem elektrycznym o mocy 0,75 kW, zaprojektowano w układzie otwartym. Sterowanie realizowano jednofazowym falownikiem zapewniającym pełną kontrolę parametrów silnika. Obciążenie na stanowisku generowano elektromagnetycznym hamulcem proszkowym. Moment obciążający przekładnię uzależniony był od prądu zasilania.



Rys. 2. Stanowisko badawcze kół zębatach

Stanowisko wyposażono w czujniki momentu obrotowego i rejestrator parametrów RMC-M. Moduł RMC-M jest samodzielnym urządzeniem pomiarowym umożliwiającym rejestrację parametrów prowadzonych badań. Służy do pomiarów i rejestracji momentu obrotowego, prędkości obrotowej oraz siły. Do współpracy z modułem rejestratora przeznaczona jest aplikacja RMC-M umożliwiająca przeprowadzenie rejestracji danych. Ponadto umożliwia kalibrację, ustalenie parametrów procesu oraz wizualizację danych pomiarowych.

Badanie każdej z par kół odbywało się w trzydziestominutowych etapach pracy, przy prędkości 1200 obr/min



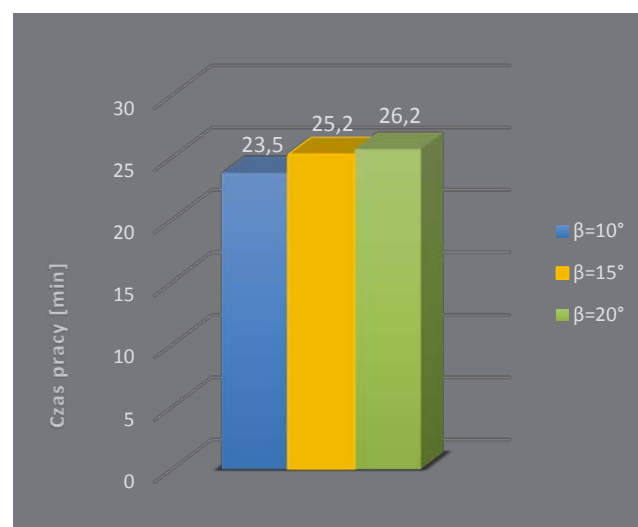
Rys. 3. Para kół zębatach po zakończonym teście (wyłamywany ząb koła napędzającego)

na wale wejściowym przekładni, aż do chwili uszkodzenia jednego z kół przekładni (rys. 3).

Pierwszy etap pracy przekładni to docieranie, które odbywało się bez obciążenia przekładni. Kolejne cykle pracy odbywały się z wysterowanym hamulcem obciążającym przekładnię na odpowiednią wartość momentu obrotowego, począwszy od wartości obciążenia 2 Nm. W każdym kolejnym etapie pracy obciążenie zwiększano o 1 Nm – do wartości 5 lub 6 Nm w zależności od próby.

Częstotliwość, z jaką dane z rejestratora były zapisywane w aplikacji komputera, to 10 pomiarów na sekundę, co daje bardzo dobre rezultaty i pozwala z dużą dokładnością śledzić zmiany w przebiegu badania.

Wyniki testów wytrzymałościowych przedstawiono na rys. 4 w postaci średniej ważonej czasu pracy danego rodzaju pary kół zębatach, z uwzględnieniem wszystkich prób.



Rys. 4. Wykres średniej ważonej czasu pracy w funkcji obciążenia dla różnych wartości kąta pochylenia linii zęba

Podsumowanie

Na podstawie średniej ważonej z otrzymanych wyników badań dla każdej grupy pary kół można zaobserwować, że kąt pochylenia linii zęba w walcowych kołach zębatach o zębach śrubowych wykonanych metodą MEM z tworzywa ABS ma wpływ na ich wytrzymałość. Wraz ze wzrostem wartości kąta pochylenia linii zęba β czas pracy kół zębatach jest dłuższy, a zatem wytrzymałość jest większa, co jest zgodne z obliczeniami.

LITERATURA

- Budzik G. „Metody szybkiego prototypowania”. *Metale & Nowe Technologie*, styczeń–luty (2011): s. 78–80.
- Budzik G. „Synteza i analiza metod projektowania i wytwarzania prototypów elementów o skomplikowanych kształtach na przykładzie wirników turbosprężarek”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2007.
- Budzik G., Pisula J., Dziubek T., Sobolewski B., Zaborniak M. „Zastosowanie systemów CAD/CP/CMM w procesie projektowania kół zębatach walcowych o zębach prostych”. *Mechanik* nr 12 (2011): s. 988.
- Budzik G., Sobolak M., Kozik B., Sobolewski B. „A demonstrative prototype of aeronautical dual-power path gear unit”. *Journal of KONES Powertrain and Transport*. Vol. 18, No. 4 (2011): pp. 41–46.
- Gebhard A. „Rapid Prototyping”. Munich: Carl Hanser Verlag, 2006.
- Liou W. „Rapid Prototyping and engineering applications – a toolbox for prototype development”. 1st Edn on. New York: CRC Press Taylor and Francis Group, 2008.
- Markowski T., Budzik G., Kozik B., Sobolewski B. „Analiza możliwości wytwarzania kół zębatach o małych modułach technologią FDM”. *Mechanik* nr 2 (2014).