ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1994

Seria: MECHANIKA z. 115 Nr kol. 1230

Waldemar OLEKSIUK
Instytut Konstrukcji Przyrządów
Precyzyjnych i Optycznych
Politechnika Warszawska

OBRÓBKA EWOLWENTOWYCH KÓŁ O NIESYMETRYCZNYCH ZĘBACH

Streszczenie. Rozważono technologie wykonania ewolwentowych kół zębatych o niesymetrycznych zębach. Przetestowano te technologie przez symulację komputerową, dającą możliwość analizowania różnych cech geometrycznych kół zębatych i różnych ustawień obrabiarki.

GENERATION OF ASYMMETRICAL INVOLUTE TOOTH PROFILE GEARS

Summary. Different processes of generation of asymmetrical tooth profile gears were discussed. Tests were carried out on these processes through computer simulation providing for comparison of different geometric features of the gears and different settings of the machine tool.

ОБРАБОТКА ЭВОЛЬВЕНТНЫХ КОЛЕС С НЕСИММЕТРИЧЕСКИМИ ЗУБЬЯМИ

Резюме. Обсуждено технологии изготовления эвольвентных зубчатых колес с несимметрическими зубьями. Проведено эти технологии методом компютерной симуляции, которая дает возможность проанализирования разных геометрических параметров колес и различных наладок станка.

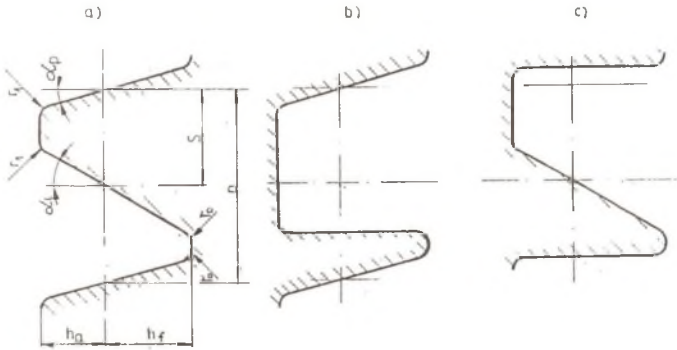
1. WSTĘP

Ewolwentowe koła o niesymetrycznych zębach (zarys odniesienia na rys.1a) mają możliwość różnicowania kątów zarysu boków zęba. Dzięki temu uzyskują pewne pozytywne cechy predystynujące je do specjalnych zastosowań w urządzeniach mechaniki precyzyjnej m.in.: do otrzymywania kół o bardzo małej liczbie zębów, do powiększania szerokości wierzchołka zęba, powiększania wskaźnika zazębienia czy tolerancji rozstawienia osi kół w przekładni, powiększania wytrzymałości zęba na wyłamanie, zmniejszania wahań momentów chwilowych [1]. Wykonawstwo takich kół jest jednak, zwłaszcza w jednostkowej produkcji, znacznie bardziej skomplikowane niż kół z uzębieniem znormalizowanym. Postanowiono zatem opracować technologię wykonywania takich kół, aby za pomocą jednego narzędzia (dla jednej wartości

modułu) można było wykonywać koła o dowolnie przyjmowanych kątach zarysu lewego i prawego boku zęba. Tylko przy istnieniu tak pomyślanej technologii, dostatecznie prostej i taniej, będzie możliwość powszechniejszego stosowania w praktyce omawianych kół.

2. PROPONOWANA TECHNOLOGIA WYKONANIA KÓŁ

Po rozważeniu wielu możliwych technologii wykonania niesymetrycznych kół uznałem, że najbardziej uniwersalna jest metoda obwiedniowo - podziałowa [2]. Polega ona na obwiedniowej obróbce jednego z boków zęba, a potem na obrocie koła o podziałkę kątową i obróbce boku następnego zęba. Narzędzie do tej obróbki ma kształt (rys.1b lub 1c) odpowiadający jednej z części, otrzymanej przez podział zarysu odniesienia na dwie dopełniające się części. Aby można było uzyskiwać dowolne kąty zarysu koła, również inne niż kąty zarysu narzędzia, obróbka musi być możliwa przy różnie przyjmowanych średnicach obróbczo-tocznych. W takiej jednak sytuacji przy narzędziu o kilku zębach, a więc o zdeterminowanej podziałce, otrzymalibyśmy nową (zwykle niepełną) liczbę zębów, co dyskwalifikowałoby omawianą możliwość obróbki. Pozostaje zatem koniecz-ność obróbki kół zębatych o niesymetrycznych zębach narzędziem o jednym zębie. Naj-prościej można wykonać to na strugarce Maaga lub Sunderlanda, przy czym koło po obrobieniu jednego boku obracane jest w płaszczyźnie obróbki o 180° i wtedy kształto-wany jest drugi bok zębów.



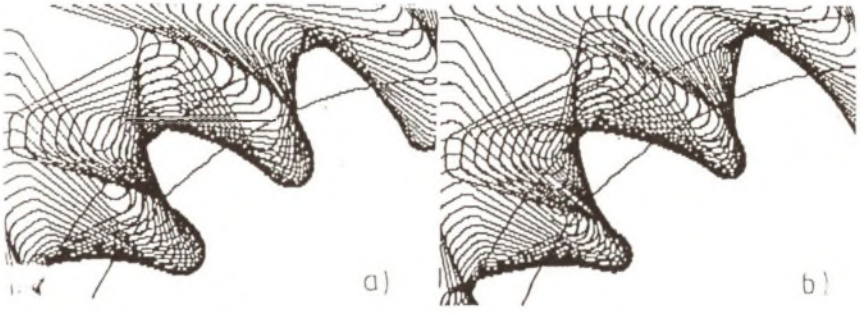
Rys.1. Zarys odniesienia niesymetrycznego uzębienia i kształt narzędzia wynikający z podziału zarysu odniesienia na dwie uzupełniające się części

Fig.1. Reference profile of asymmetrical tooth profile gear and shape of the generating tool as resulting from splitting of the reference profile into two complementary sections

3. SYMULACJA OBRÓBKI NIESYMETRYCZNYCH KÓŁ ZĘBATYCH

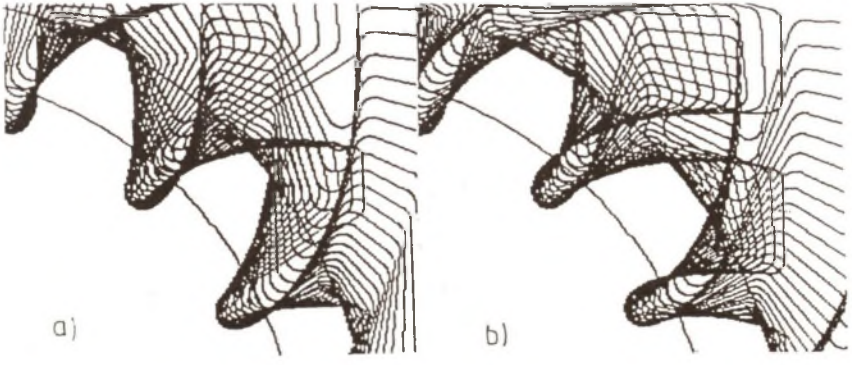
Aby sprawdzić poprawność teoretycznych dociekań co do oryginalnego, dotychczas nie stosowanego sposobu obróbki omawianych kół, został opracowany komputerowy program [2] do symulacji obróbki obwiedniowej. Program umożliwia zmiany nas-

tępujących wielkości: modułu - m, liczby zębów koła - z, wysokości głowy zęba - h_a, wysokości stopy zęba - h_f, promienia zaokrąglenia głowy narzędzia - r_0, promienia zaokrąglenia stopy narzędzia - r_1, kąta zarysu lewego boku zęba - α_l, kąta zarysu prawego boku zęba - α_p, grubości zęba na średnicy podziałowej - S, współczynnika przesunięcia zarysu - x, promienia koła obróbczo-tocznego - R, kroku kątowego narzędzia - ψ oraz podziałki rysunku. Korzystając z tego programu sprawdzono możliwość obróbki obwiedniowej oddzielnie jednego i drugiego boku zęba oraz uzyskiwanie, dzięki przyjmowaniu różnych kół obróbczo-tocznych, zmiennych wartości kątów zarysu obu boków. Zweryfikowano również szereg przewidywanych skutków przyjęcia niesymetrycznego zarysu np: otrzymywanie zębników o bardzo małej liczbie zębów, obniżenie wysokości głów czy podcinanie niepracującego boku zęba, możliwość podwyższenia wysokości głowy zęba lub szerokości wierzchołka. Przykładowe obrazy takiej symulacji przedstawiono na rys. 2 i 3.



Rys.2. Wycinki kół zębatych (m = 1 mm, z = 16, α_l = 15°, α_p = 30°) różniących się jedynie średnicą koła obróbczo-tocznego; a) 2R = 8 mm, b) 2R = 7,5 mm

Fig.2. Sectors of gears (m = 1 mm, z = 16, α_l = 15°, α_p = 30°) with the profiles generated from different operating-generating diameters; a) 2R = 8 mm, b) 2R = 7,5 mm



Rys.3. Wycinki kół (m = 1mm, z = 16) obrabianych narzędziami o dopełniających się kształtach: a) α_l = 0°, α_p = 30°, b) α_l = 15°, α_p = 0°

Fig.3. Sectors of gears (m = 1mm, z = 16) with the profiles generated by means of tools of complementary shapes: α_l = 0°, α_p = 30°, b) α_l = 15°, α_p = 0°

4.ZAKOŃCZENIE

Przeprowadzone rozważania teoretyczne dotyczące możliwości wykonywania ewolwentowych kół o niesymetrycznych zębach zostały przetestowane przy użyciu symulacyjnego programu komputerowego. Niezbędność takiego działania wynikała ze stosunkowo dużej komplikacji tych rozważań i z potrzeby udokumentowania wyboru metody wykonywania powyższych kół. Dzięki temu, bez większych obaw o końcowy efekt, zlecono wykonanie modeli kół według zaproponowej technologii. Koła te zostały wykonane i przebadane z punktu widzenia spodziewanego kształtu zębów oraz dokładności ich wykonania i działania w zmontowanej przekładni. Na podstawie oględzin i badań można było stwierdzić, że koła spełniają pokładane oczekiwania. Poza tym uzyskano dodatkowe informacje co do dokładności wykonanych kół i ich kosztów. Zaproponowana metoda obróbki dotychczas nie była stosowana głównie dlatego, że koła o niesymetrycznych zębach też są nowym elementem konstrukcyjnym w urządzeniach mechaniki precyzyjnej. Należy sądzić, iż opracowanie i rozpowszechnienie jej pozwoli na zastosowanie takiej obróbki, szczególnie w przypadku, gdy zachodzi potrzeba wykonania małej liczby kół lub nawet pojedyńczego koła.

LITERATURA

[1] Oleksiuk W.: Fine module pitch meshings having different tooth profile angles on leading and trailling sides of the tooth. Archiwum Budowy Maszyn, Vol.XL, 1993, 1,ss.55-66.

[2] Sprawozdanie z projektu badawczego KBN Nr. 7 7049 91 02 pt: Drobnomodułowe ewolwentowe przekładnie zębate o niesymetrycznym uzębieniu. Instytut Konstrukcji Przyrz. Precyz. i Opt. PW, 1993.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jan Darlewski

Wpłynęło do Redakcji w grudniu 1993 r.

Abstract

Different pressure angles can be obtained in asymmetrical involute tooth profiles based on the reference profile (see Fig.1a) resulting in certain positive features being added to such gears, which make them preferable for special applications in high precision mechanisms [1]. However, to generate an asymmetrical tooth profile gear requires more exertions, than it does with standard profiles. Thus, efforts were made to invent a method by which one tool (with respect to one module pitch) could be used to generate arbitrarily selected different tooth profiles on the opposite tooth flanks. Out of several, the pitch-by-pitch generation has been regarded as the most convenient method [2]. This method consists in pitch-by-pitch generation of one selected flank only of all teeth in the gear. The tool used for this work has one tooth, the shape of which (Fig.1a,b) results from splitting of the reference profile into two complementary sections. It is positive that if different pressure angles in a gear (including those different from the tool angle) were to be obtained, it should be possible to generate the teeth flanks from different operating-generating diameters. With one flank of all teeth generated, the gear must be turned over by 180 deg. and the work

continued on the opposite flank.

Theoretical speculations on generation of asymmetrical tooth profiles were verified by means of the gear generation process simulating computer programme. The programme provides for alteration of any geometric parameter of a tooth profile. It has also been used to verify a number of facts presumed in the theoretical conduct such as for example: generation of pinions with extremely low number of teeth, addendum reduction conditions, cutter interference in the non-working flank, tip thickness increase or addendum increase limits. For examples of the simulation results see Figs. 2 and 3.