

MECHANIKA

CZASOPISMO TECHNICZNE
TECHNICAL TRANSACTIONS

MECHANICS

WYDAWNICTWO

POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1-M/2010

ZESZYT 7

ROK 107

ISSUE 7

YEAR 107

GRZEGORZ BUDZIK, MARIUSZ SOBOLAK, PIOTR STROJNY*

PŁYNNOŚĆ PRZENIESIENIA NAPĘDU W PRZEKŁADNI Z KOŁAMI TYPU BEVELOID

THE SMOOTHNESS OF TRANSMISSION IN BEVELOID GEAR

Streszczenie

Niniejszy artykuł porównuje przekładnie o typowym kształcie zęba z przekładniami o kołach typu Beveloid. Przedstawiono również sposób wyznaczania śladów styku w tego typu przekładniach.

Słowa kluczowe: Przekładnie, Beveloid

Abstract

This paper comprises of comparison between gear units with normal shaped teeth and gears with Beveloid shaped ones. There is also shown the method of finding the surface of action in this kind of gears.

Keywords: Gear unit, Beveloid

* Dr hab. inż. Grzegorz Budzik, prof. PRz, dr hab. inż. Mariusz Sobolak, prof. PRz, mgr inż. Piotr Strojny, Katedra Konstrukcji Maszyn, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska.

Oznaczenia

- δ_w – głębokość śladu styku współpracujących kół [mm]
 A_w – objętość wspólnego obszaru stykających się kół [mm³]

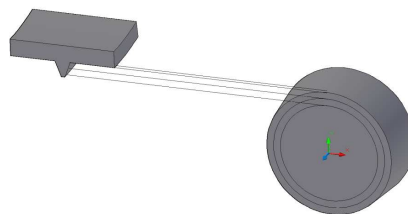
1. Wstęp

Przekładnie zębate stosowane w sprzęcie AGD często wykonywane są z tworzyw polimerowych. Stosowanie ich jest uzasadnione koniecznością zmiany prędkości obrotowych, co wymuszone jest charakterystykami współczesnych silników elektrycznych lub koniecznością użycia różnorodnych przystawek, wymagających innych prędkości obrotowych. Dodatkowo sprzęt taki pracuje okresowo i nie wymaga się od takich przekładni całkowitej sprawności. Są natomiast znacznie tańsze w produkcji od kół stalowych. Przemysł stosujący te przekładnie jest jednak konserwatywny. Przeważnie przekładnie takie projektowane są na wzór przekładni stalowych. Technologia wytwarzania takich kół pozwala na wykonanie geometrii, które są trudno osiągalne za pomocą klasycznych technik obróbki kół stalowych. Warto zatem poeksperymentować z innymi rodzajami uzębienia. W artykule przedstawiono przykładowe koła zębate o modyfikowanej linii zęba. Rozważana jest płynność przeniesienia napędu przez koła o modyfikowanej linii zęba typu Beveloid [1, 2, 3, 4, 5] i im pochodnych.

2. Modelowanie kół

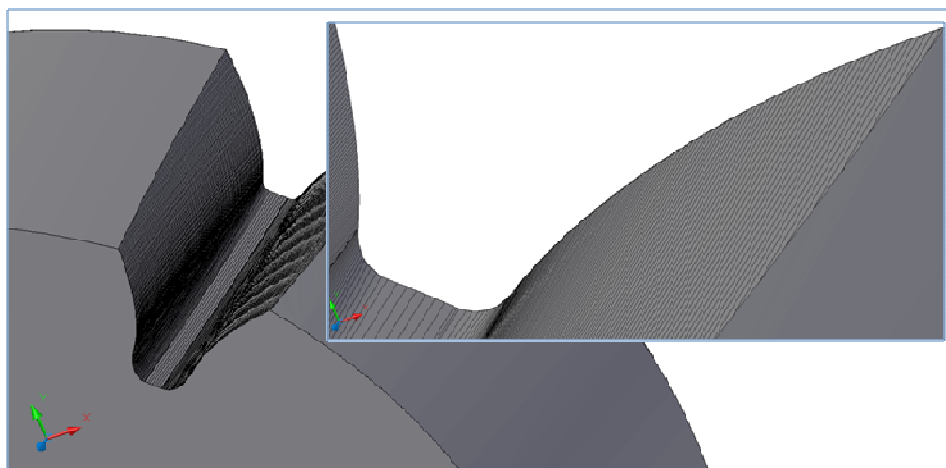
Koła wykonano na drodze bezpośredniej symulacji obróbki w środowisku CAD (rys. 1, 2) [6, 7, 8]. Zamodelowano różne rodzaje kół. Wykonano następujące pary kół zębatych:

- koła zębate walcowe o prostej linii zęba,
 - koła zębate walcowe o śrubowej linii zęba,
 - koła zębate o śrubowo-wypukłej linii zęba,
 - koła zębate o prostej linii zęba typu Beveloid,
 - koła zębate o śrubowej linii zęba typu Beveloid,
 - koła zębate o śrubowo-wypukłej linii zęba typu Beveloid.
- Odpowiednie rodzaje kół zestawiano w przekładnie o osiach równoległych.



Rys. 1. Symulacja nacinania kół zębatych metodą bezpośredniej symulacji CAD

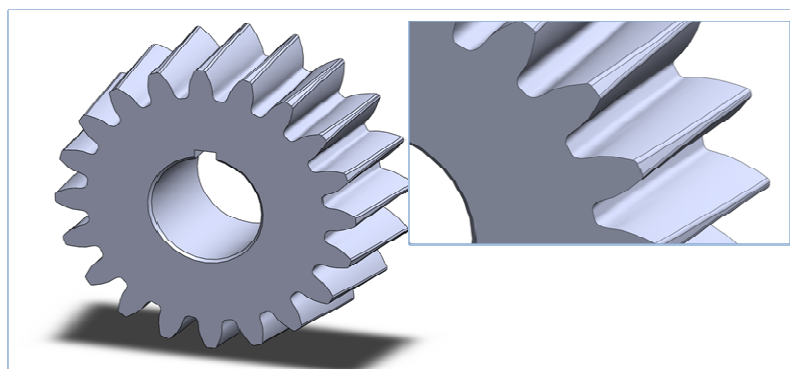
Fig. 1. Simulation of gears cutting by direct method CAD simulation



Rys. 2. Przykładowy wręb międzyzębny otrzymany w wyniku symulacji obróbki

Fig. 2. Example tooth face created by machining simulation

Jak widać na rys. 2, otrzymane w wyniku obróbki powierzchnie noszą ślady obróbki. W celu dalszych analiz powierzchnie boczne zębów opisano gładkimi powierzchniami trzeciego stopnia (rys. 3).

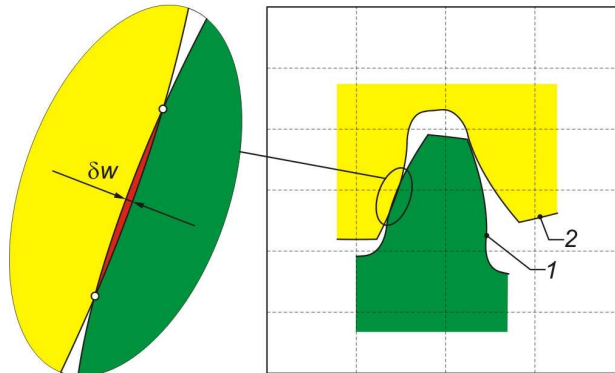


Rys. 3. Koło zębate z powierzchniami bocznymi zębów opisanymi powierzchniami trzeciego stopnia

Fig. 3. Gears with teeth faces described by third degree surfaces

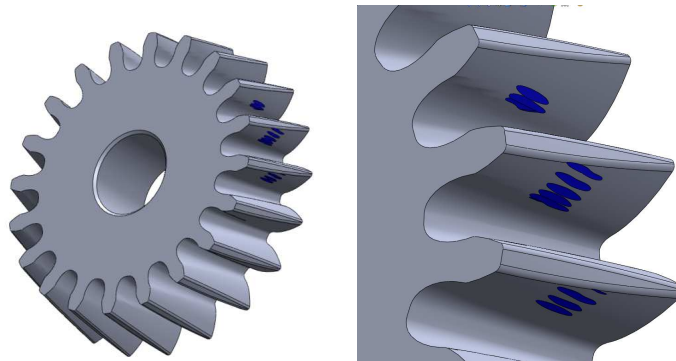
3. Otrzymywanie śladów styku

Analizowano ślad styku powstający w każdej z rozpatrywanych przekładni. Do wyznaczenia śladu styku zastosowano metodę bezpośrednią CAD [6]. Koła zestawiano w odpowiednie przekładnie, doprowadzano do ustawień zerowych, po czym jedno z kół obracano tak, aby uzyskać przecięcie reprezentujących je brył na zadaną głębokość δ_w (rys. 4).

Rys. 4. Wgłębienie powierzchni zębów na głębokość δ_w Fig. 4. Cavity surface teeth on δ_w depth

Wgłębienie powierzchni na zadaną głębokość powoduje powstanie pewnej wspólnej objętości A_w [6]. Ponieważ jest to twór płatkowy, objętość jest proporcjonalna do pola powierzchni powstałej bryły.

W taki sposób można z dużą dokładnością przybliżyć obszar styku, czyli linię odpowiadającą jednakowej odległości między stykającymi się powierzchniami. Pozwala to na uzyskanie śladu styku analogicznego do tego, który powstaje w metodzie tuszowania, przy założeniu, że głębokość δ_w jest równa grubości warstwy tuszu (rys. 5).



Rys. 5. Przykładowy ślad styku pokazany na jednym z kół wyznaczony w kilku wzajemnych położeniach kół

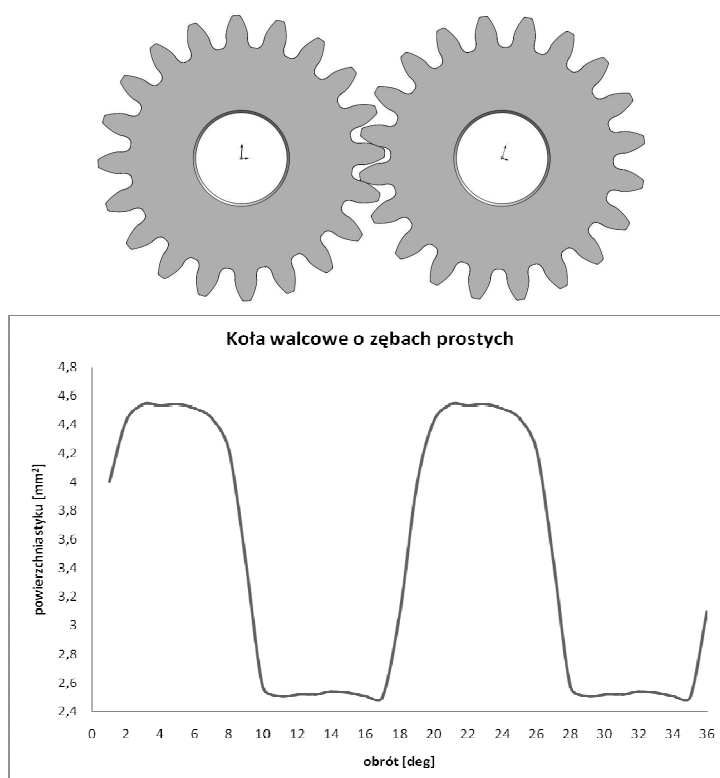
Fig. 5. The examples of contact characteristics shown on one of the gears determined in few positions

4. Analiza śladu styku w rozważanych przekładniach

Poniżej przedstawiono wyniki zmian śladu styku w funkcji obrotu kół dla wszystkich rozważanych przekładni.

4.1. Koła zębate walcowe o prostej linii zęba

Na rys. 6 pokazano przekładnię zestawioną z kół zębatych walcowych o prostej linii zęba. Pokazano także wykres zmian pola styku w funkcji obrotu kół. Widać wyraźnie, że koło cechuje się dużą zmiennością przyporu, w kontakcie jest jedna lub dwie pary zębów, stąd na wykresie pojawiają się gwałtowne skoki.

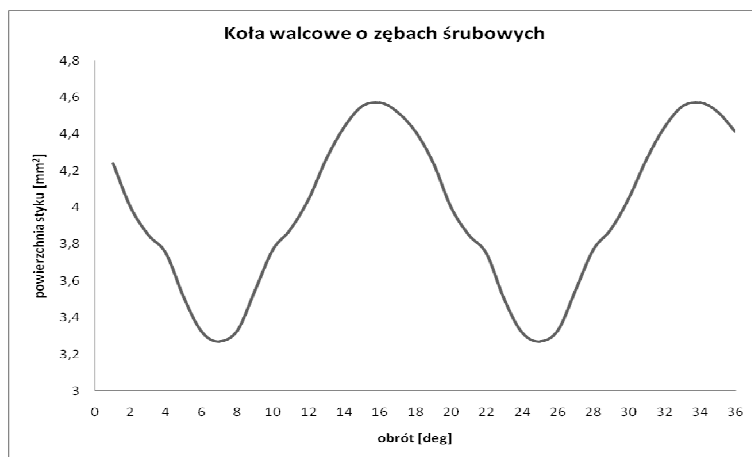
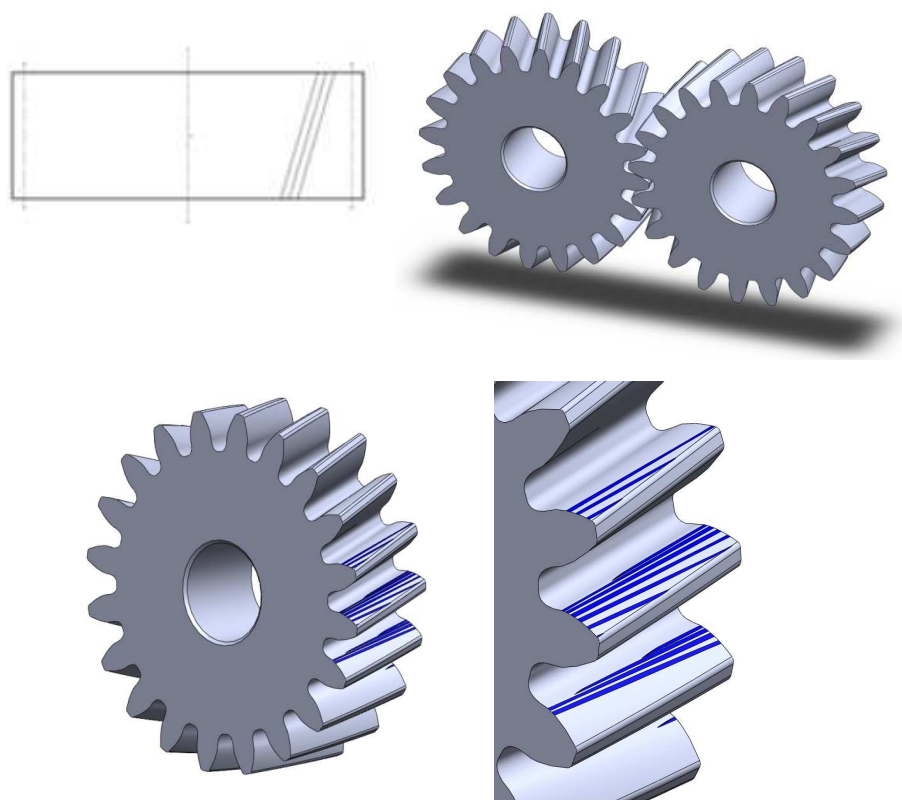


Rys. 6. Przekładnia z kołami zębatymi walcowymi o zębach prostych

Fig. 6. Spur gear

4.2. Koła zębate walcowe o śrubowej linii zęba

Na rys. 7 pokazano przekładnię zestawioną z kół zębatych walcowych o śrubowej linii zęba oraz wykres zmian pola styku w funkcji obrotu kół. Zastosowano tu koła obrabiane w układzie E – P (ewolwenta – prosta), co powoduje powstawanie liniowego śladu styku. Także w tym przypadku wyraźnie widać wahania przyporu.

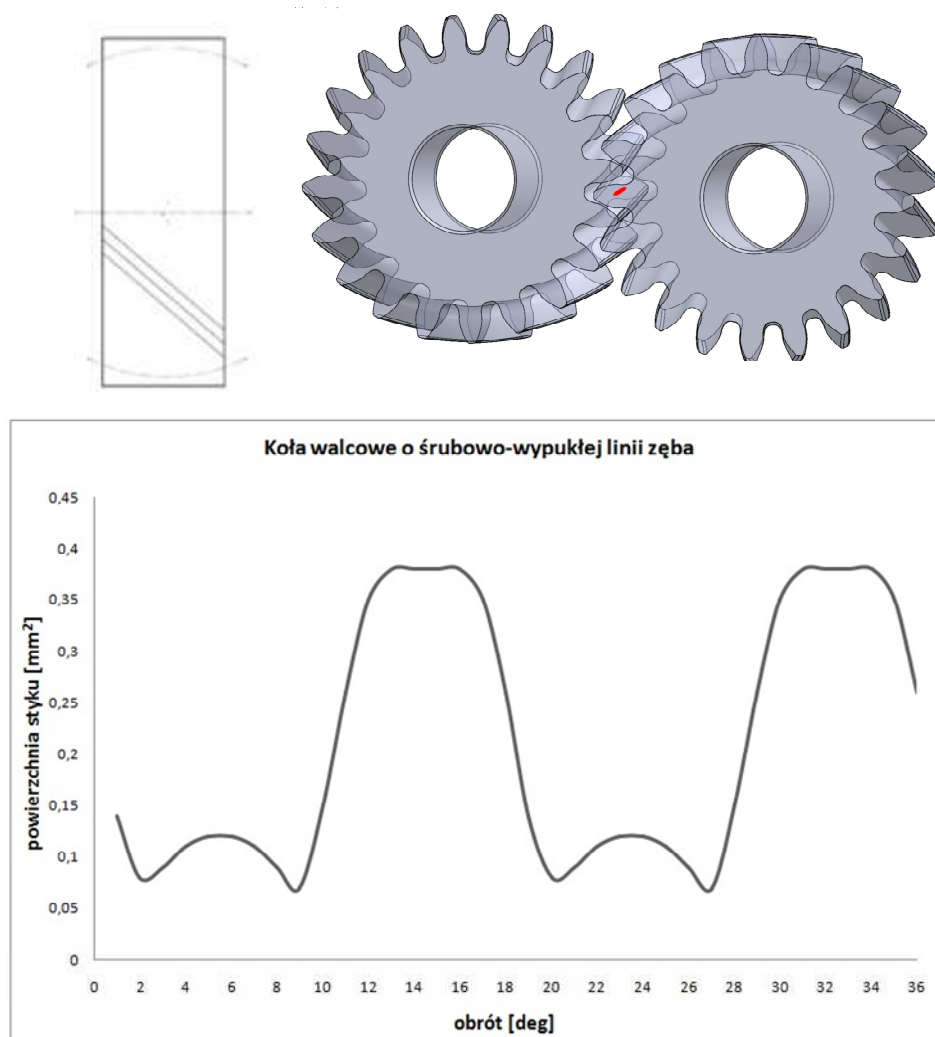


Rys. 7. Przekładnia z kołami zębatymi walcowymi o śrubowej linii zęba

Fig. 7. Crossed helical gear

4.3. Koła zębate o śrubowo-wypukłej linii zęba

Rysunek 8 pokazuje przekładnię zestawioną z kół zębatych walcowych o śrubowo-wypukłej linii zęba oraz wykres zmian pola styku w funkcji obrotu kół.

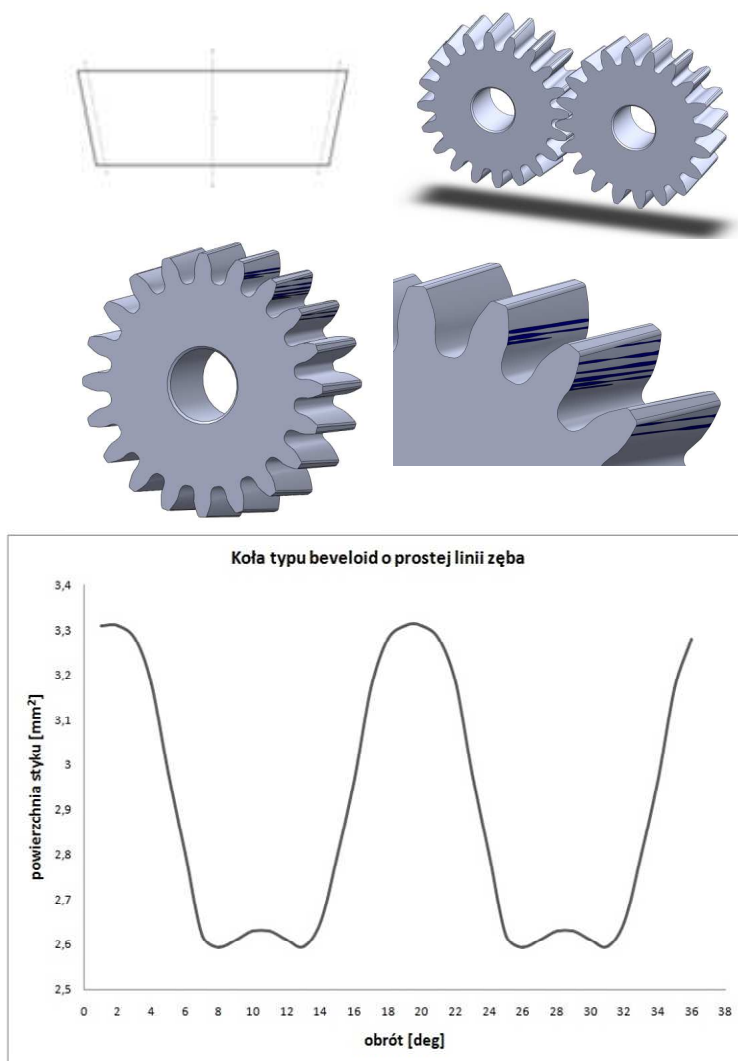


Rys. 8. Przekładnia z kołami zębatymi walcowymi o śrubowo-wypukłej linii zęba

Fig. 8. Helical gear with convex leading edge

4.4. Koła zębate o prostej linii zęba typu Beveloid

Rysunek 9 pokazuje przekładnię zestawioną z kół zębatach o linii zęba typu Beveloid oraz wykres zmian pola styku w funkcji obrotu kół. Przekładnia typu Beveloid utworzona jest z dwu kół stożkowych, tworzących przekładnię o osiach równoległych. Także w tym przypadku wyraźnie widoczne są wahania przyporu.

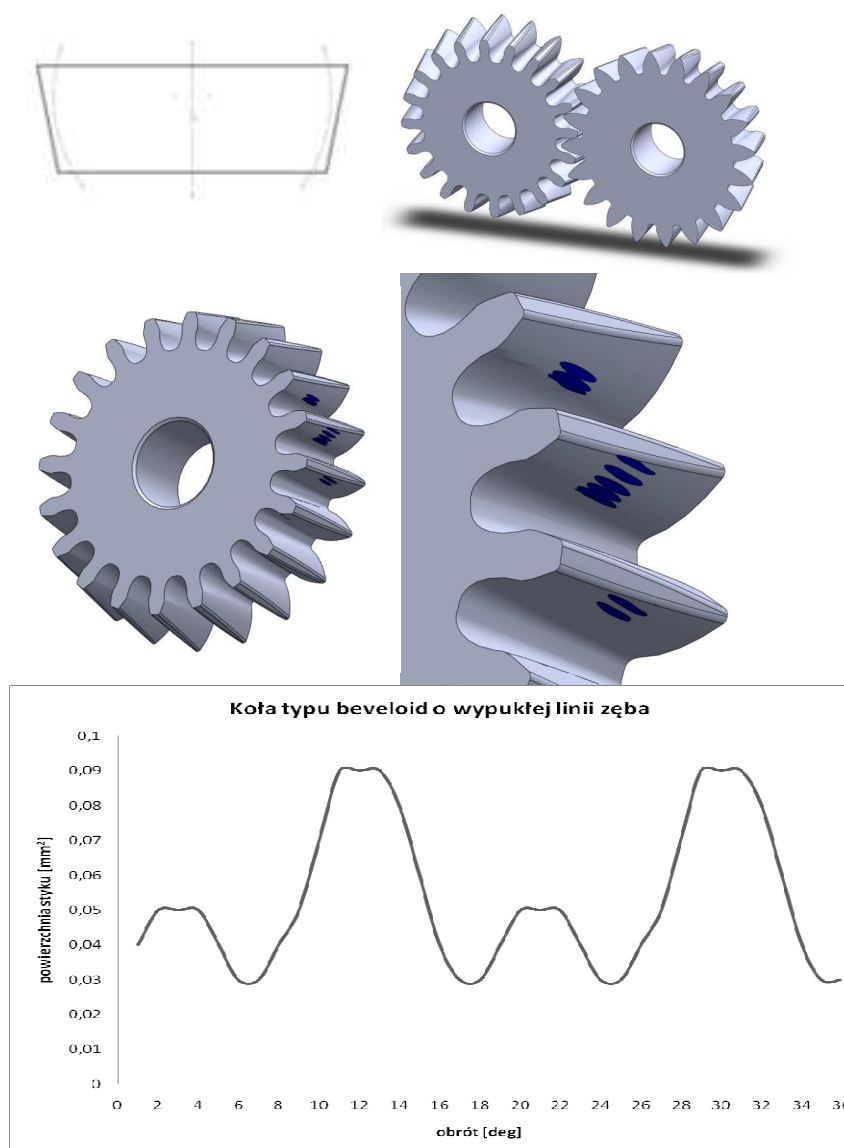


Rys. 9. Przekładnia z kołami zębatymi o linii zęba typu Beveloid

Fig. 9. Gear with Beveloid leading edge

4.5. Koła zębate o wypukłej linii zęba typu Beveloid

Na rys. 10 pokazano przekładnię zestawioną z kół zębatych o wypukłej linii zęba typu Beveloid oraz wykres zmian pola styku w funkcji obrotu kół.

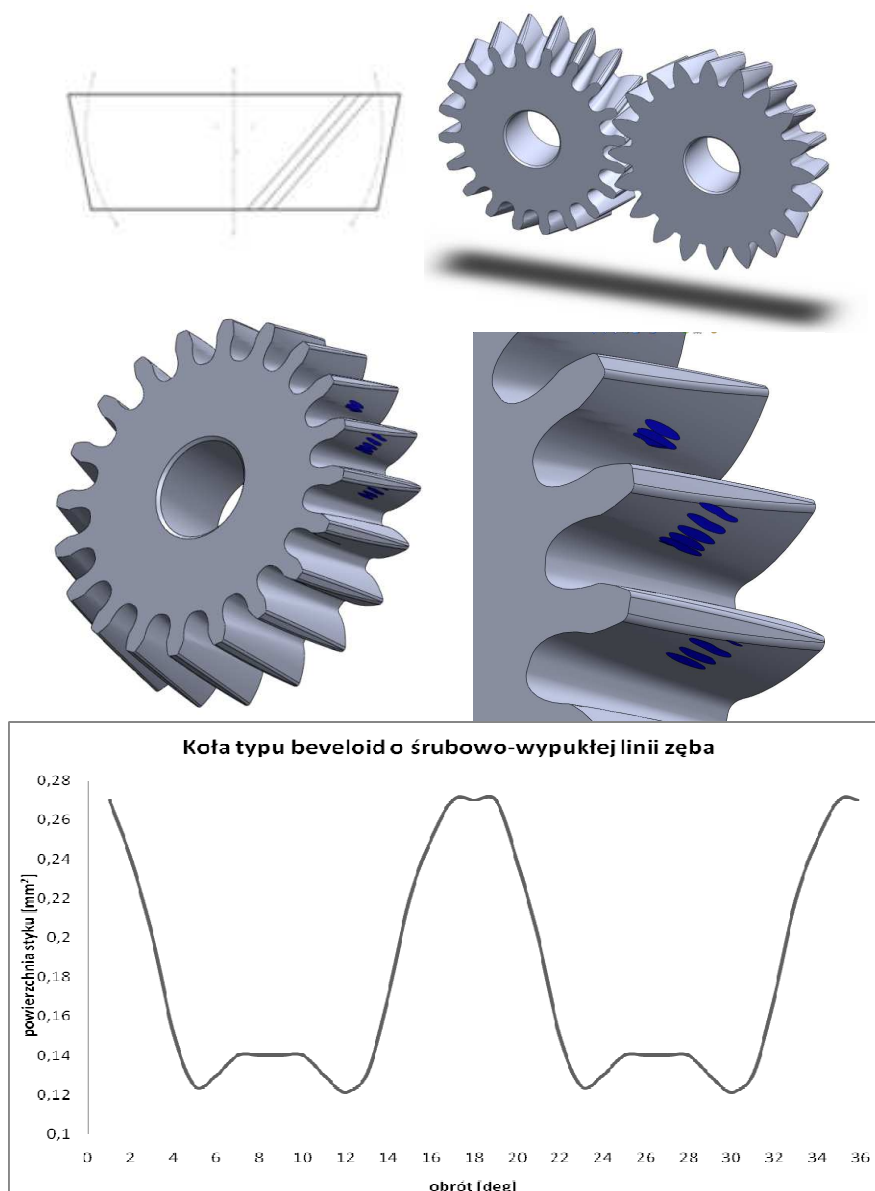


Rys. 10. Przekładnia z kołami zębatymi o wypukłej linii zęba typu Beveloid

Fig. 10. Gear with curved Beveloid leading edge

4.6. Koła zębate o śrubowo-wypukłej linii zęba typu Beveloid

Rysunek 11 pokazuje przekładnię zestawioną z kół zębatach o śrubowo-wypukłej linii zęba typu Beveloid oraz wykres zmian pola styku w funkcji obrotu kół.



Rys. 11. Przekładnia z kołami zębatymi o śrubowo-wypukłej linii zęba typu Beveloid

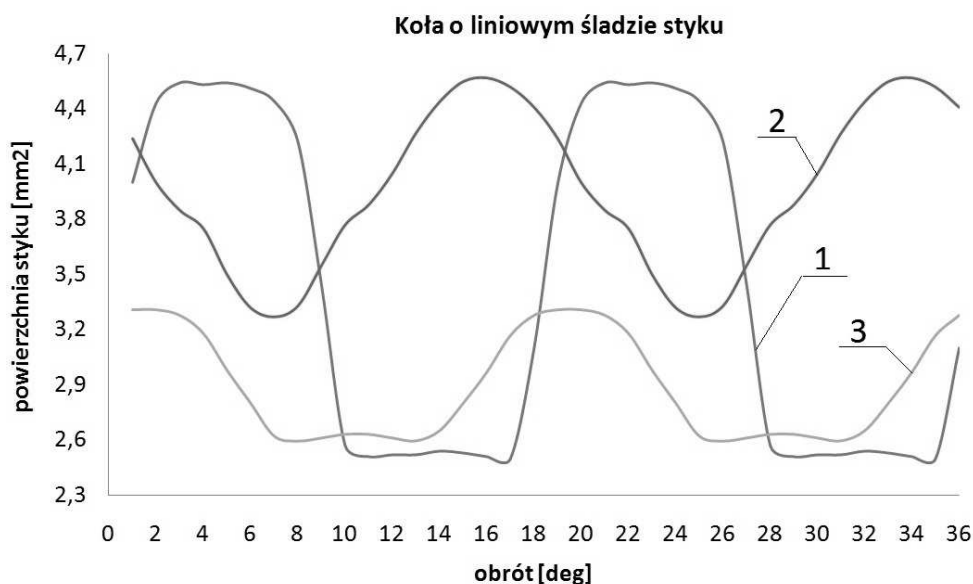
Fig. 11. Helical gear with curved Beveloid leading edge

5. Wnioski

W omawianych przekładniach można wyróżnić dwie grupy:

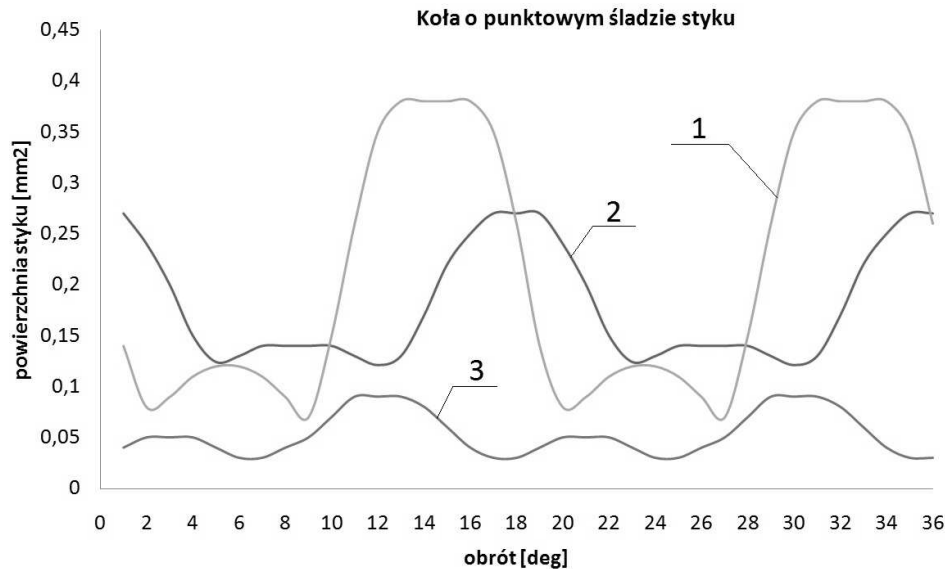
- z liniowym śladem styku (koła walcowe o zębach prostych, koła walcowe o zębach śrubowych E – P, koła typu Beveloid o prostej linii zęba),
- z punktowym śladem styku (koła walcowe o śrubowo-wypukłej linii zęba, koła typu Beveloid o wypukłej linii zęba, koła typu Beveloid o śrubowo-wypukłej linii zęba).

Na rysunkach 12 i 13 zestawiono wykresy zmian pola śladu styku w funkcji obrotu kół w przekładni. Jak widać wśród uzębień z liniowym śladem styku, najmniejsze wahania wykazuje przekładnia z kołami typu Beveloid o zębach prostych. W drugiej grupie, wśród przekładni z punktowym śladem styku, najmniejsze wahania występują dla kół typu Beveloid o wypukłej linii zęba.



Rys. 12. 1 – Koła walcowe o zębach prostych, 2 – Koła walcowe o śrubowej linii zęba, 3 – Koła typu Beveloid o zębach prostych

Fig. 12. 1 – Spur gear, 2 – Crossed helical gear, 3 – Gear with Beveloid leading edge



Rys. 13. 1 – Koła walcowe o śrubowo-wypukłej linii zęba, 2 – Koła typu Beveloid o śrubowo-wypukłej linii zęba, 3 – Koła typu Beveloid o wypukłej linii zęba

Fig. 13. 1 – Helical gear with convex leading edge, 2 – Helical gear with curved Beveloid leading edge, 3 – Gear with curved Beveloid leading edge

Należy spodziewać się, iż koła takie będą pracowały płynniej z uwagi na najmniejsze zmiany pola śladu styku. Podczas pracy takiej przekładni liczba przyporu nie zmienia się w tak dużym stopniu jak na przykład dla kół walcowych o prostej linii zęba. W przekładni takiej w mniejszym stopniu będą powstawały drgania skrętne spowodowane nierównomiernością przeniesienia napędu.

Przekładnie takie należy jeszcze przebadac doświadczalnie, co będzie kierunkiem dalszych prac.

Artykuł został opracowany dzięki dofinansowaniu w ramach projektu badawczo-rozwojowego NR 03 0004 04/2008.

Literatura

- [1] Brecher C., Röthlingshöfer T., Gorgels C., *Manufacturing simulation of beveloid gears for the use in a general tooth contact analysis software*, MACHINE TOOL, German Academic Society for Production Engineering (WGP) 2008.
- [2] Chia-Chang L., Chung-Biau T., *Contact characteristics of beveloid gears*, Pergamon, Department of Mechanical Engineering, National Chiao Tung University, Hsinchu, 30010, Taiwan, November 2001.

- [3] Chung-Biau T., Chia-Chang L., *Tooth Undercutting of Beveloid Gears*, Department of Mechanical Engineering National Chiao Tung University Hsinchu, Taiwan 300, R.O.C.
- [4] Guixian L., Lixiao Wen J., Zhang X., Liu Y., *Meshing theory and simulation of noninvolute beveloid gears*, Mechanism and Machine Theory, School of Mechanical and Electrical Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China CSCE Department, University of Arkansas, Fayetteville, AR, USA, February 2004.
- [5] Innocenti C., *Analysis of meshing of beveloid gears*, Pergamon, Department of Mechanical Engineering, University of Bologna, May 1995.
- [6] Sobolak M., *Analiza i synteza współpracy powierzchni kół zębatych metodami dyskretnymi*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2006.
- [7] Sobolak M., *Bezpośrednia numeryczna symulacja kształtowania uzębienia kół przekładni stożkowych typu Gleason o kołowo-lukowej linii zęba*, Archives of Mechanical Technology and Automatization, Poznań 2001, s. 187-195.
- [8] Sobolak M., *Metody numeryczne (dyskretna i bezpośrednia) symulacji kształtowania uzębienia kół przekładni stożkowych typu Gleason o kołowo-lukowej linii zęba*, Gears G2001, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Mechanika, z. 57, Rzeszów 2001, s. 291-300.