

Michał JUZEK¹, Grzegorz WOJNAR²

Opiekun naukowy: Grzegorz WOJNAR

AUTODESK INVENTOR JAKO NARZĘDZIE DO ANALIZY ŚŁADU WSPÓŁPRACY KÓŁ ZĘBATYCH PRZEKŁADNI O NIERÓWNOLEGLYCH OSIACH

Streszczenie: W niniejszej pracy przedstawiono możliwości wykorzystania oprogramowania Autodesk Inventor do utworzenia geometrycznego modelu przekładni zębatej walcowej oraz przeprowadzenia symulacji polegającej na analizie śladu współpracy zębów kół będących w przyporze. Uzyskane wyniki potwierdziły skuteczność zastosowania analizowanego oprogramowania w omawianym zakresie oraz wykazały różnice między analizowanymi sposobami mocowania koła zębatego na wale.

Słowa kluczowe: ślad współpracy zębów kół, nierównoległość osi przekładni

AUTODESK INVENTOR AS A TOOL FOR THE ANALYSIS OF CONTACT AREA OF COOPERATING TEETH IN CASE OF GEARBOX WITH NONPARALLEL AXES

Summary: This paper presents the possibilities of using Autodesk Inventor software to create a geometric model of a gearbox and to perform a simulation involving the analysis of a contact area of cooperating teeth. The obtained results confirmed the effectiveness of the application of the analyzed software in the discussed area and showed differences between the analyzed ways of gear fixing on gearbox's shaft.

Keywords: contact area of cooperating teeth, nonparallelism of gearbox's axes,

1. Wstęp

Dzięki rozwojowi oprogramowania komputerowego zmienia się sposób z jakim podchodzi się do projektowania oraz weryfikacji poprawności działania wielu maszyn i urządzeń. Coraz częściej odchodzi się od tworzenia, w trakcie procesu projektowania, wielu prototypów oraz przeprowadzania na nich licznych testów i badań. Wskazana ścieżka projektowania części maszyn coraz częściej zastępowana jest tworzeniem modeli w oprogramowaniu bazującym na środowisku CAD.

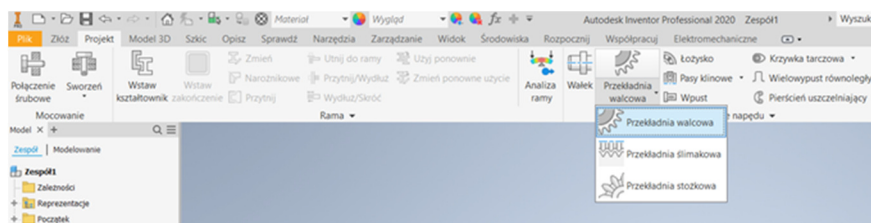
¹ Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, michal.juzek@polsl.pl

² Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, grzegorz.wojnar@polsl.pl

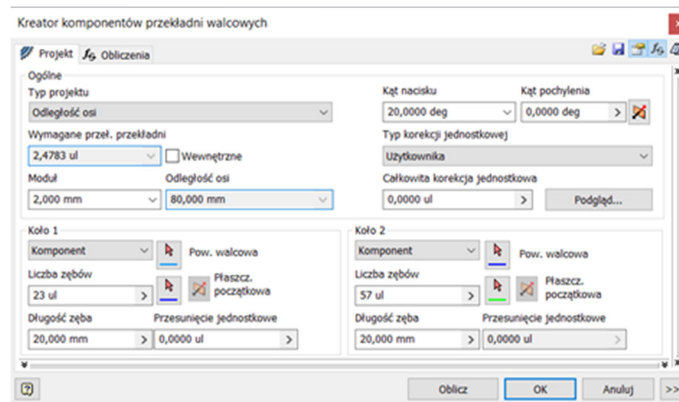
Dynamiczny rozwój tego typu oprogramowania oraz stałe ich udoskonalanie umożliwia nie tylko tworzenie projektowanie pojedynczych części maszyn, ale również tworzenie złoża, które po zaimplementowaniu wymaganych wiązań i relacji mogą tworzyć skomplikowane mechanizmy. Dzięki mnogości funkcji oraz możliwości programów CAD możliwe jest również prowadzenie symulacji pracy danego złoża w różnych warunkach pracy. Dokładność konstruowanych w środowisku CAD modeli jest na tyle zadowalająca, iż możliwe jest ich wykorzystanie do analizy wpływu niewielkich odchyłek geometrycznych ząbienia oraz innych elementów przekładni zębatej na np. powierzchnię śladu współpracy kół będących w ząbieniu. Przekładnie są powszechnie wykorzystywane w układach napędowych wielu środków transportu takich jak pojazdy samochodowe, statki wodne, statki powietrzne czy pojazdy szynowe[1-3]. W przypadku środków transportu przekładnie powinny wykazywać się wysoką niezawodnością oraz możliwie niskimi stratami mocy, ale również niską emisyjnością drgań i hałasu negatywnie oddziałujących na użytkowników. Zauważalne są także światowe tendencje do poszukiwania rozwiązań umożliwiających zmniejszenie wymiarów gabarytowych oraz masy przekładni przy zachowaniu możliwości pracy ze znacznymi obciążeniami, co może skutkować zwiększonymi odkształceniami elementów przekładni w trakcie jej pracy[4-6]. Fakt ten może się przyczynić do wystąpienia niepożądanych zjawisk jak np. nierównoległość i przekoszenie osi wałów przekładni oraz wynikających z nich zmian powierzchni styku współpracujących flank zębów skutkujących nierównomiernym rozkładem obciążenia na szerokości ząbienia. W sposób negatywny wpływa to na zużycie elementów przekładni oraz przyczynia się do jej zwiększonej emisyjności drganiowej. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki symulacji przeprowadzonej w oprogramowaniu Autodesk Inventor, której celem było sprawdzenie wpływu nierównoległości osi wałów walcowej przekładni zębatej na powierzchnię śladu współpracy zębów kół.

2. Przygotowanie modeli kół zębatych w programie Autodesk Inventor

Do stworzenia modeli kół zębatych wykorzystano znajdującą się w programie Autodesk Inventor funkcję kreatora przekładni zębatych, w tym przypadku wykorzystano opcję przekładni walcowej. Kreator przekładni zębatych umożliwia oraz ułatwia tworzenie modeli geometrycznych kół zębatych poprzez wprowadzenie wybranych ich parametrów takich jak moduł, liczba zębów, kąt przyproru itd.

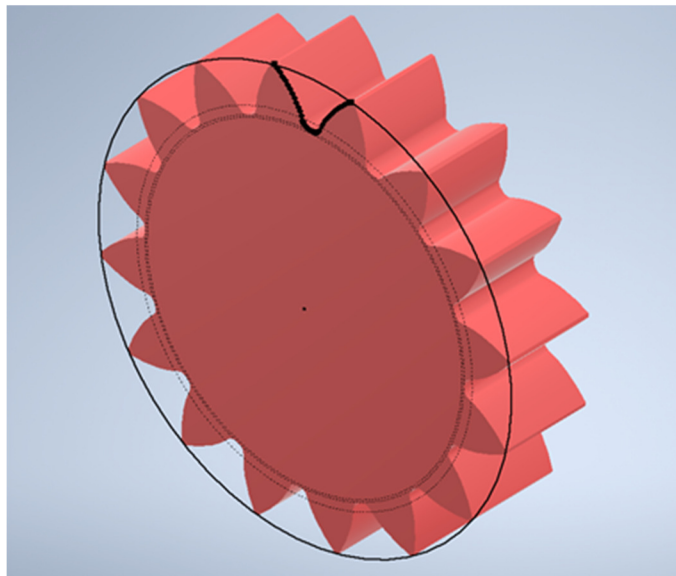


Rysunek 1. Umiejscowienie funkcji kreatora przekładni walcowej.



Rysunek 2. Przykładowe okno dialogowe kreatora przekładni zębatej.

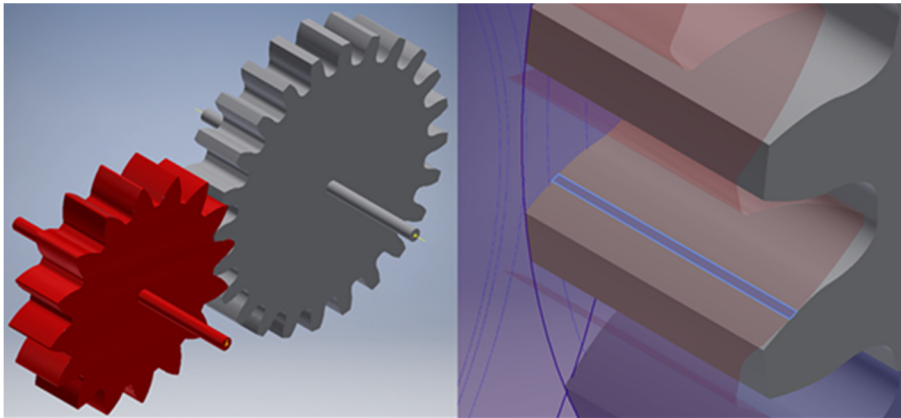
Po wprowadzeniu pożądaných parametrów kół zębatach oprogramowanie tworzy model geometryczny koła zębata. Zarys zazębienia powstałego w ten sposób koła jest znacznie uproszczony. W celu uzyskania dokładniejszego zarysu zęba koła należy użyć funkcji „Eksportuj zarys zęba”. Program utworzy nowy plik wraz z walcem o grubości równej szerokości koła oraz jednym wrębem, którego geometria odpowiada flankom sąsiadujących zębatach. W celu uzyskania zarysu pełnego koła zębatach należy użyć polecenia Szyk kołowy oraz powielić istniejący wręb o liczbę zębatach koła. Tak uzyskane koło zębatach z dokładniejszym zarysem zazębienia przedstawiono na rysunku nr 3.



Rysunek 3. Pełny model geometryczny koła zębatach.

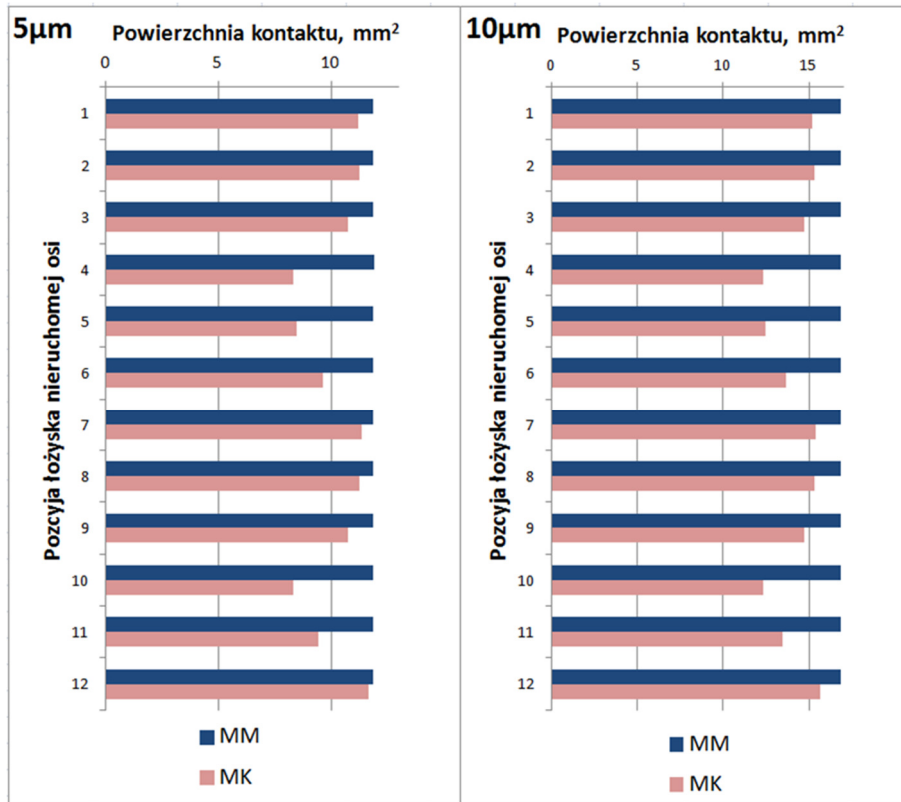
3. Analiza śladu współpracy z wykorzystaniem utworzonego modelu przekładni

W celu określenia zmian powierzchni styku współpracujących zębów będących skutkiem nierównoległości osi przekładni utworzono model geometryczny badanej przekładni w oprogramowaniu CAD z wykorzystaniem wcześniej wygenerowanych kół. Utworzony model umożliwił symulację pracy zazębienia dla wybranych położen łożyska wału przekładni. Symulację wykonano dla dwóch analizowanych sposobów osadzenia koła zębatego (mocowania klasycznego i mocowania wahliwego) oraz dla wybranych wartości spłaszczenia zęba wynoszących $5\mu\text{m}$ i $10\mu\text{m}$ oddających pracę przekładni pod różnym obciążeniem.



Rysunek 4. Utworzony model przekładni zębatej w oprogramowaniu Autodesk Inventor.

Wyniki uzyskane po przeprowadzeniu symulacji w oprogramowaniu CAD przedstawiono na rysunku nr 5. Powierzchnię styku współpracujących zębów przedstawiono w funkcji położenia łożyska wału przekładni.



Rysunek 5. Powierzchnia śladu współpracy zębów kół w funkcji położenia łożyska wału dla mocowania klasycznego MK oraz mocowania modyfikowanego MM; spłaszczenie zęba równe 5µm oraz 10 µm.

4. Wnioski

Oprogramowanie Autodesk Inventor z powodzeniem znajduje zastosowanie w procesie symulacji pracy przekładni zębatej. Zawarte w nim funkcje umożliwiają z zachowaniem zadowalającej dokładności określenie śladu współpracy kół zębatach dla różnych przypadków położenia wzajemnego kół, nawet tych niekonwencjonalnych jak w przypadku niniejszego artykułu.

Analiza uzyskanych podczas symulacji wyników wykazała znaczny wpływ nierównoległości osi wałów przekładni na powierzchnię styku współpracujących zębów kół. W przypadku klasycznego osadzenia koła zębatego różnicę powierzchni śladu współpracy wynosiły do kilkudziesięciu procent między wybranymi pozycjami osi wału. Zastosowanie zmodyfikowanego osadzenia koła wykazuje możliwość niwelowania negatywnego wpływu nierównoległości osi wałów przekładni, a różnica uzyskanych wartości powierzchni styku w zależności od pozycji łożyska wału nie przekraczała jednego procenta.

LITERATURA

1. ŁAZARZ B.: Zidentyfikowany model dynamiczny przekładni zębatej jako podstawa projektowania., Wydawnictwo i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji, Katowice-Radom 2001.
2. WILK A., ŁAZARZ B., MADEJ H.: Wibroaktywność przekładni zębatych. Wpływ cech konstrukcyjnych i zużycia elementów na wibroaktywność układów napędowych z przekładniami zębatymi., Wydawnictwo Naukowe Instytut Technologii Eksploatacji, Katowice-Radom 2009.
3. MADEJ H.: Minimalizacja aktywności wibroakustycznej korpusów przekładni zębatych., Wydawnictwo i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji, Katowice-Radom 2003.
4. SHUTING Li.: Effects of machining errors, assembly errors and tooth modifications on loading capacity, load-sharing ratio and transmission error of a pair of spur gears., Mechanism and Machine Theory 2007, Vol.42, 698–726.
5. RISTIVOJEVIĆ M., LAZOVIĆ T., VENCL A., Studying the load carrying capacity of spur gear tooth flanks., Mechanism and Machine Theory 2013, Vol.59, 125–137.
6. GUO Y., LAMBERT S., WALLEN R., ERRICHELLO R., KELLER J.: Theoretical and experimental study on gear-coupling contact and loads considering misalignment, torque, and friction influences., Mechanism and Machine Theory 2016, Vol. 98, 242–262.