
WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Aleksander GWIAZDA*, Marek SZAFRANIEC

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* aleksander.gwiazda@polsl.pl

PORÓWNANIE OBCIĄŻEŃ UKŁADÓW KORBOWYCH W RÓŻNYCH TYPAH SILNIKÓW TŁOKOWYCH

Streszczenie: Układy korbowe stanowią zasadniczy element silników tłokowych. Charakterystyka ich pracy decyduje bezpośrednio o charakterystyce pracy całego silnika. W związku z tym w niniejszym opracowaniu przedstawiono analizę obciążeń układów korbowych w różnych typach silników. Wskazano także na wady i zalety każdego z omawianych rozwiązań, które należy ocenić gdyż wpływają na zakres jego wykorzystania.

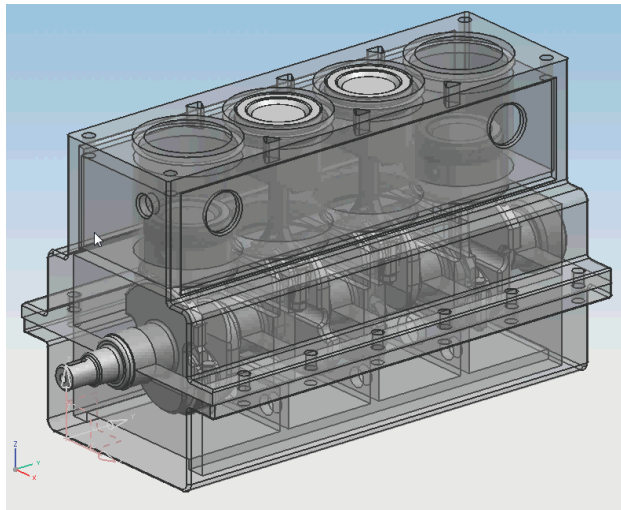
1. Wstęp

Analiza obciążeń układów korbowych prowadzona była z wykorzystaniem zaawansowanego środowiska graficznego NX Unigraphics. W tym celu zamodelowano wybrane typy silników tłokowych i przeprowadzono analizę MES odnośnie do obciążeń poszczególnych węzłów konstrukcyjnych badanych układów korbowych oraz analizę kinematyczną w celu określenia przebiegu prędkości i przyspieszeń ruchu tłoka. Najbardziej pożądanym układem jest taki, w którym różnice wektorów przyspieszeń oraz prędkości są jak najmniejsze [1]. Z drugiej strony konstruktorzy dążą do zmiany powiązania pomiędzy położeniem tłoka a położeniem wykorbienia korbowodu [2]. Element ten także brano pod uwagę w trakcie badań.

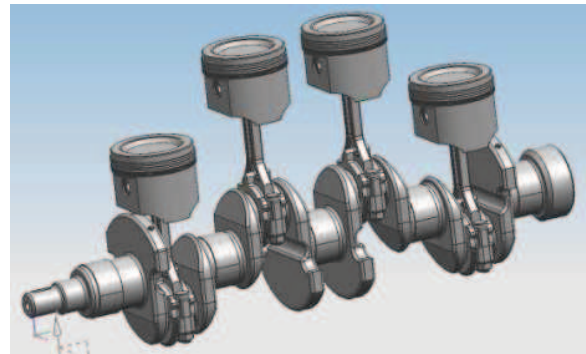
Analizując różne typy silników tłokowych, do analizy wybrano następujące ich rodzaje: silnik rzędowy, silnik w układzie bokser, silnik widlasty oraz silnik w układzie MDI. Odpowiadają one podstawowym typom stosowanym w pojazdach samochodowych. Silniki te różnią się między sobą przede wszystkim charakterystyką pracy układu korbowego.

2. Modelowanie i analiza układu korbowego w silniku rzędowym

Silnik rzędowy jest najczęściej wykorzystywany jako napęd pojazdów samochodowych [3]. Poniżej przedstawiono model czterocylindrowego silnika rzędowego (rys. 1). Układ korbowy tego silnika prezentuje rys. 2. Cechą charakterystyczną tego typu silnika jest powstawanie znacznych naprężeń na korbowodach wskutek zbiegu punktu zapłonu z punktem przeszywnienia układu korbowego (oś korbowodu i wykorbienia wału korbowego położone są w jednej linii). Tym samym największa siła działa przy zerowym ramieniu momentu.

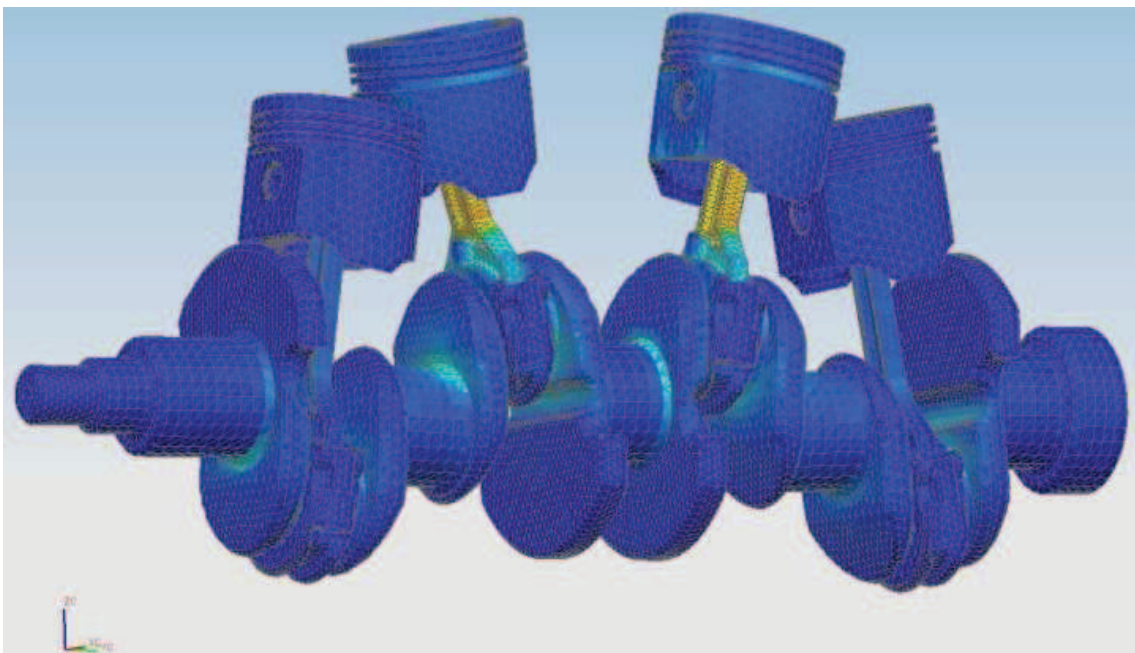


Rys.1. Wirtualny model silnika rzędownego
Fig.1. Virtual model of a line engine



Rys.2. Wirtualny model układu korbownego
Fig.2. Virtual model of a crank system

Poniżej przedstawiono (rys. 3) wynik analizy MES badanego silnika rzędownego. Najwyższe naprężenia, o czym wspomniano uprzednio, wystąpiły w obrębie korbownodu.

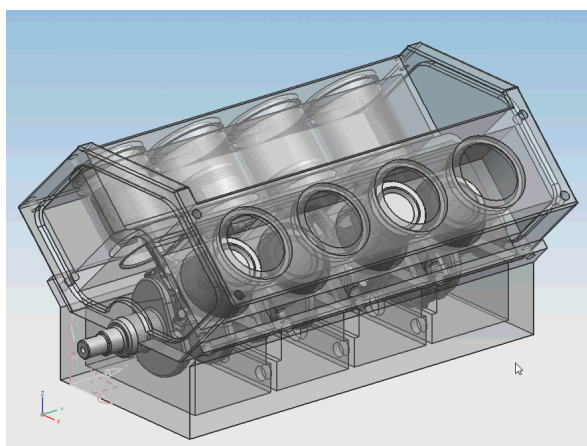


Rys.3. Analiza MES układu korbownego silnika rzędownego
Fig.3. MES analysis of the crank system of line engine

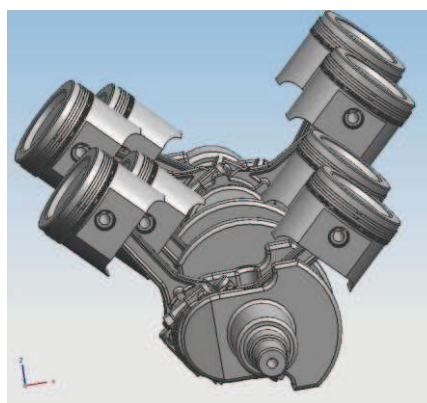
Przeprowadzona analiza potwierdziła wspomniane wady silnika rzędownego. Stąd, aby uniknąć problemu przesztynienia, wprowadzono koło zamachowe, którego moment pozwala układowi korbownemu minąć martwy punkt.

3. Modelowanie i analiza układu korbowego w silniku w układzie V

Silnik w układzie V wykazuje kilka zalet w porównaniu z silnikiem rzędownym. Po pierwsze jest to bardziej zwarta konstrukcja (rys. 4), gdyż tłoki znajdują się obok siebie [4]. Współpracują one z tym samym wykorbieniem parami (rys. 5). Po drugie, w przypadku tego silnika, inne jest usytuowanie tłoka w stosunku do położenia korbowodu w chwili zapłonu.

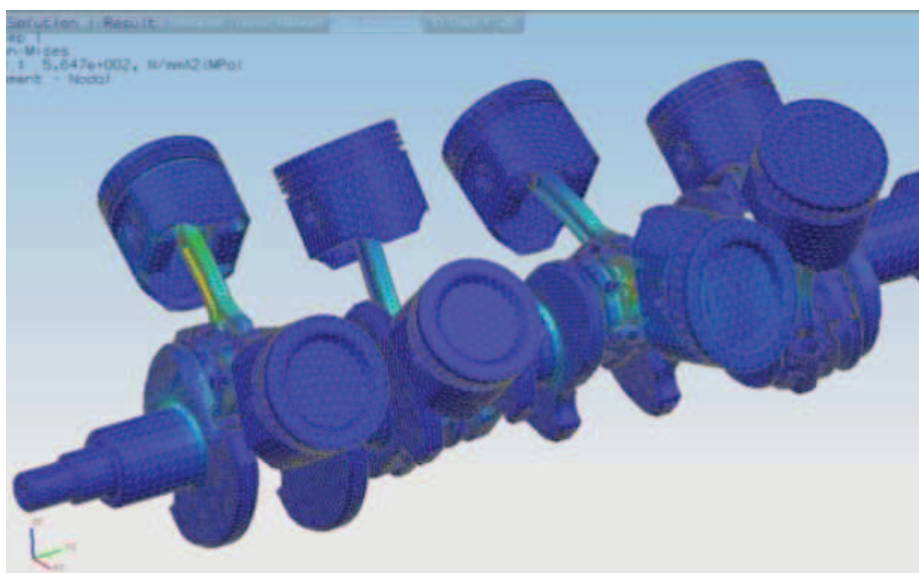


Rys.4. Wirtualny model silnika w układzie V
Fig.4. Virtual model of a V engine



Rys.5. Wirtualny model układu korbowego
Fig.5. Virtual model of a crank system

Poniżej (rys. 6) przedstawiono wyniki analizy MES układu korbowego tego silnika. Badania wskazały, iż uzyskiwane w korbowodach naprężenia są zdecydowanie niższe.

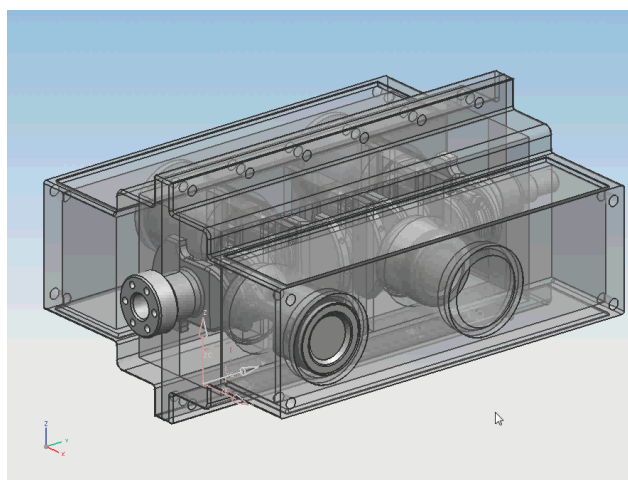


Rys.6. Analiza MES układu korbowego silnika w układzie V
Fig.6. MES analysis of the crank system of V engine

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że ze względów wytrzymałościowych oraz charakterystyki pracy silnik widlasty jest zdecydowanie lepszym rozwiązaniem niż silnik rzędowny. Wadą tego rozwiązania są wyższe koszty wytwarzania.

4. Modelowanie i analiza układu korbowego w silniku w układzie bokser

Silnik typu bokser można określić jako rozwinięcie silnika typu V. W silniku tym tłoki położone są naprzeciw siebie (rys. 7). Jednakże tłoki połączone są z oddzielnymi wykorbieniami tłoka (rys. 8). Silnik ten charakteryzuje się dobrą kulturą pracy, jednakże w nim także występuje problem przesztynienia układu korbowego [4].

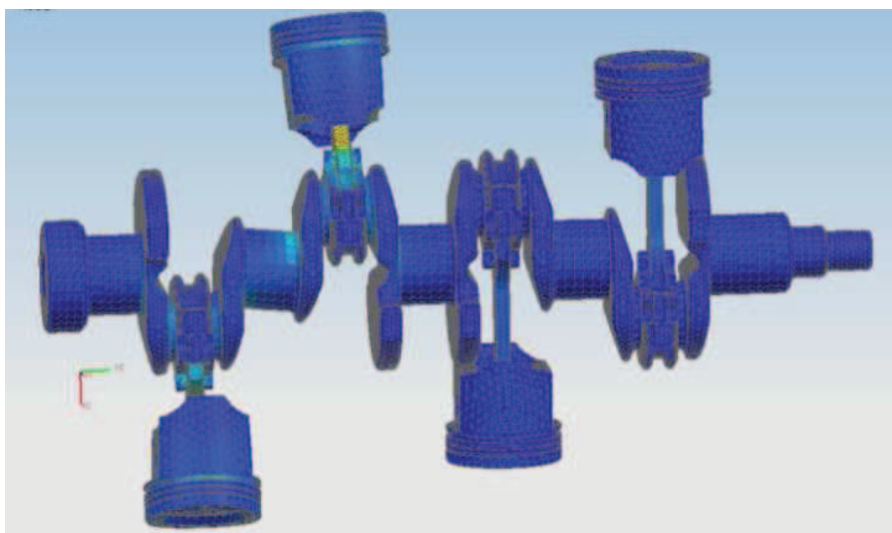


Rys.7. Wirtualny model silnika typu bokser
Fig.7. Virtual model of a boxer engine



Rys.8. Wirtualny model układu korbowego
Fig.8. Virtual model of a crank system

Analiza wytrzymałościowa korbowodów wskazała, iż podobnie jak w przypadku silnika rzędowego, również w tym występują duże naprężenia w punkcie martwym (rys. 9).

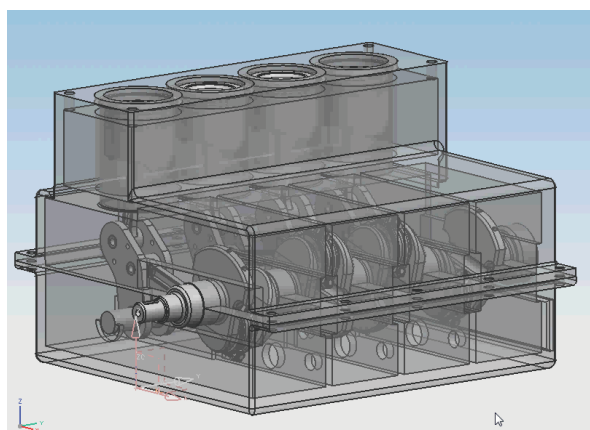


Rys.9. Analiza MES układu korbowego silnika w układzie bokser
Fig.9. MES analysis of the crank system of boxer engine

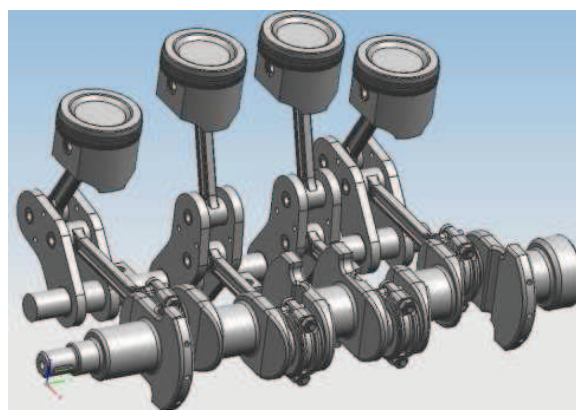
Podsumowując stwierdzić należy, że silnik typu bokser wykazuje typowe wady silnika rzędowego, będąc jednocześnie bardziej złożonym pod względem konstrukcyjnym (na przykład w silniku tym występuje konieczność stosowania dwóch głowic).

5. Modelowanie i analiza układu korbowego w silniku w układzie MDI

Silnik w układzie MDI jest oryginalnym rozwiązaniem francuskiego przedsiębiorstwa Motor Development International, przeznaczonym do zasilania sprężonym powietrzem [5, 6]. Stąd poszukiwanie rozwiązań konstrukcyjnych gwarantujących jak najlepsze charakterystyki pracy. Silnik ten przedstawiono na rys. 10, a jego układ korbowy na rys. 11.

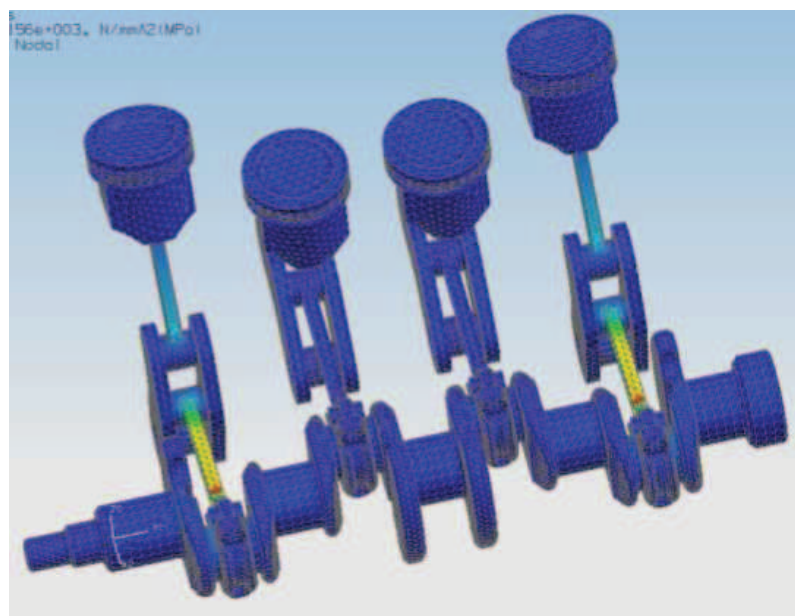


Rys.10. Wirtualny model silnika typu MDI
Fig.10. Virtual model of a MDI engine



Rys.11. Wirtualny model układu korbowego
Fig.11. Virtual model of a crank system

W układzie tym wystąpiły mniejsze naprężenia na korbowodach, jednakże kosztem wzrostu naprężeń dźwigni pośredniczących, które przenoszą siłę wybuchu mieszanki na wał korbowy. Z drugiej strony wprowadzenie tych dźwigni wyeliminowało problem przeszywania układu korbowego.



Rys.12. Analiza MES układu korbowego silnika w układzie MDI
Fig.12. MES analysis of the crank system of MDI engine

Analizując wyniki badań odnoszące się do silnika typu MDI, należy zwrócić uwagę na wyższą kulturę pracy i bardziej korzystny układ przenoszenia siły wybuchu mieszanki na wał korbowy silnika. Jednakże złożoność tej konstrukcji powoduje generowanie wyższych kosztów wytwarzania [7].

6. Podsumowanie

Przeprowadzone badania porównawcze pozwoliły na wskazanie, iż pod względem rozkładu naprężeń najbardziej korzystnym rozwiązaniem jest silnik widlasty. Jest on też rozwiązaniem konstrukcyjnym najbardziej zwartym. Natomiast ze względu na charakterystykę pracy, a zwłaszcza charakterystykę przenoszenia siły generowanej przez czynnik roboczy, najlepiej wypada silnik typu MDI.

Biorąc pod uwagę maksymalne prędkości tłoków, najlepszy okazał się również silnik widlasty wykazujący się ich najmniejszą wartością przy tej samej prędkości wału korbowego. Najgorzej w tym zakresie wypadły: silnik rzędowy i silnik typu MDI. Natomiast pod względem przyspieszeń tłoka najkorzystniejszy układ charakteryzuje silnik widlasty oraz silnik typu MDI.

Prowadzona analiza pokazała, że konstrukcja silników tłokowych podlega ciągle ewolucji. Nowe rozwiązania, które pojawiają się w tym zakresie, pozwalają wyeliminować istotne wady obecnie stosowanych rozwiązań.

Literatura

1. Luft S.: Podstawy budowy silników. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 2006.
2. Rychter T., Teodorczyk A.: Teoria silników tłokowych. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 2006.
3. Ubysz A.: Współczesne silniki spalinowe. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2003.
4. Wajand J., Wajand J.: Tłokowe silniki spalinowe średnio- i szybkoobrotowe. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 2005.
5. www.mdi.lu/moteurs.php. (stan na: 23.05.2011).
6. www.greencar.com/articles/trends-air-powered-cars.php. (stan na: 23.05.2011).
7. <http://spectrum.ieee.org/energy/environment/deflating-the-air-car/0>. (stan na: 23.05.2011).

COMPARISON OF LOADS OF CRANK SYSTEMS OF DIFFERENT TYPES OF PISTON ENGINES

Summary: Crank systems are the essential part of piston engines. Their operating characteristics directly determine the characteristics of work of the whole engine. Therefore, this study presents an analysis of crankshaft system loads in different types of engines. It also shows the advantages and disadvantages of each of these solutions that should be assessed, because they affect the extent of its use.