

Modelowanie silnika gwiazdowego

Marek Dobrowolski, Zbigniew Budniak

Streszczenie

W artykule przedstawiono rys historyczny silników gwiazdowych. Możliwości współczesnych systemów CAD do komputerowego wspomagania projektowania pokazano na przykładzie opracowanego parametrycznego modelu bryłowego dziewięciocylindrowego silnika gwiazdowego.

Słowa kluczowe: modelowanie, CAD, silnik gwiazdowy, układ korbowo-tłokowy.

Wstęp

Postęp w rozwoju zintegrowanych systemów CAD/CAE do komputerowego wspomagania projektowania oraz obliczeń i analiz inżynierskich daje konstruktorowi doskonale narzędzie o niespotykanych dotąd możliwościach do kreowania i analizowania projektowanych maszyn i urządzeń oraz całych układów technicznych. Przykładem takiego układu są silniki gwiazdowe charakteryzujące się złożoną budową.

Silniki gwiazdowe są to silniki spalinowe, w których cylindry umieszczone są promieniowo na obwodzie koła, z centralnym wałem korbowym. Silnik gwiazdowy może zawierać od trzech do kilkunastu cylindrów. Silnik taki może mieć obieg zarówno dwusuwowy jak i czterosuwowy. W przypadku tego drugiego (ponad 90% konstrukcji) liczba cylindrów w danej gwieździe jest zawsze nieparzysta. Kilkunastocylindrowe silniki gwiazdowe budowane są w układzie podwójnej, a czasem i poczwórnej gwiazdy.

1. Silniki gwiazdowe

Krótki rys historyczny silników gwiazdowych:

- pierwszy silnik gwiazdowy, o mocy 52 KM przy 950 obrotach na minutę, został skonstruowany przez amerykańskiego inżyniera Charles Matthews Manly w roku 1901. Był to silnik benzynowy, pięciocylindrowy, chłodzony cieczą.
- pierwszy silnik gwiazdowy chłodzony powietrzem został opracowany około 1907 roku przez Jacoba Ellehammera i posiadał trzy cylindry.
- kolejnym krokiem w historii było rozwinięcie konstrukcji silników przez Alessandra Anzaniego, który opracował jednostki od trzycylindrowej (rys. 1) do dwudziestocylindrowej. Ten ostatni charakteryzował się mocą 200 KM.
- w 1917 roku został opracowany dziewięciocylindrowy silnik Salmson 9 (rys. 2), który uważany był za najbardziej udany z spośród wszystkich wczesnych koncepcji silników gwiazdowych,
- w 1920 roku spółki Bristol Aeroplane Company oraz Armstrong Siddeley wyprodukowały niezawodne, chłodzone powietrzem silniki gwiazdowe pozwalające na osiągnięcie większej mocy silnika przy obniżeniu jego wagi.
- silniki gwiazdowe znalazły swojego następcę, czyli silnik odrzutowy, który spełniał nowe funkcje i dawał nowe możliwości.



Rys. 1. Trzycylindrowego silnik gwiazdowy [1]



Rys. 2. Silnik gwiazdowy Salmson 9 [2]

Zaletą silników gwiazdowych jest: zwarta konstrukcja, skuteczność chłodzenia powietrzem, odporność na uszkodzenia bojowe, łatwość uzyskiwania dużej mocy, mają krótsze i sztywniejsze wały korbowe wywołujące mniej wibracji, mniejsze zużywanie się łożysk wału korbowego.

Z kolei wadą tych silników jest duża średnica utrudniająca zabudowę w lekkim płatowcu, zwiększony opór powietrza, utrudnione chłodzenie, otrzymywanie mniejszych mocy.

2. Modelowanie silnika gwiazdowego

Budowę silnika pokazano na przykładzie dziewięciocylindrowego silnika spalinowego jednorzędowego pokazanego na rys. 3. Konstrukcja silnika gwiazdowego, która znana jest od ponad stu lat, jest wbrew pozorom dosyć prosta. Jednym z głównych podzespołów jest gwiazdowy układ korbowo - tłokowy pokazany na rys. 4.



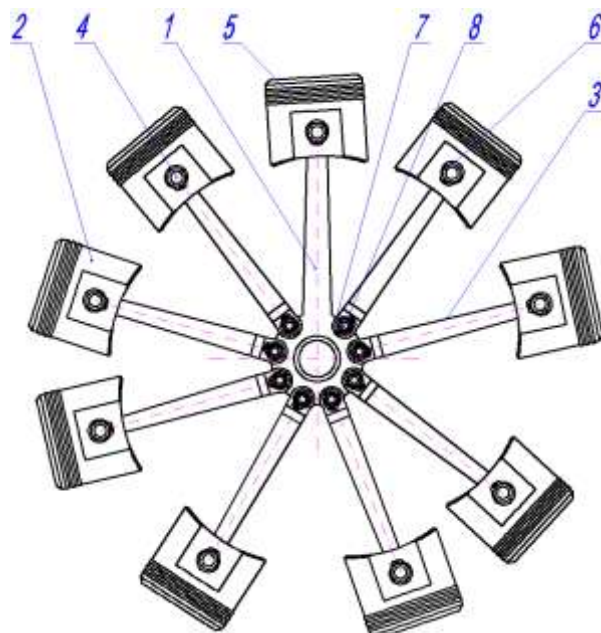
Rys. 3. Budowa silnika gwiazdowego: 1 - tłok, 2 - pierścień tłokowy, 3 - sworzeń tłokowy, 4 - korbowód, 5 - wał korbowy, 6 - cylinder, 7 - głowica, 8 - pokrywa głowicy - kanał dolotowy, 9 - pokrywa głowicy - kanał wylotowy, 10 - świeca zapłonowa, 11 - popychacz zaworu wydechowego, 12 - popychacz zaworu dolotowego, 13 - pokrywa tylna silnika, 14 - pokrywa przednia silnika. **Źródło:** opracowanie własne

Poszczególne układy korbowo - tłokowe są rozmieszczone promieniowo wokół wału korbowego. Niektóre zastosowane w tym typie jednostki napędowej rozwiązania stosowane są również w silniku typu V, a także typu X. Koncepcja budowy silnika spowodowała, że stosowany w nim wał jest pojedynczą piastą, do której mocowany jest główny korbowód (rys. 5).

Krótki wał uniemożliwia zamocowanie na nim bezpośrednio wszystkich korbowodów, dlatego zastosowano jeden korbowód główny, do którego są zamocowane pozostałe korbowody zwane korbowodami przyczepnymi (rys. 6). Pokazany na rysunku układ korbowy zamienia ruch posuwisto zwrotny tłoka na ruch obrotowy wału korbowego.

Tego typu rozwiązanie, pokazane na rys. 5, wymagane jest także dla uzyskania poprawnej pracy korbowodów i uniknięcia ich kolizji. Wał i korbowód główny montowane są ze sobą na dwa sposoby, gdy korbowód jest jednocześnie stosuje się wał dwu lub trzy częściowy, w przypadku gdy wał jest

jednoczęściowy, wtedy korbowód główny składa się z dwóch części.



Rys. 4. Schemat układu korbowo - tłokowego: 1 - korbowód główny, 2 - tłok, 3 - korbowód przyczepny, 4 - sworzeń tłokowy, 5 - pierścień uszczelniający, 6 - pierścień osadczy tłokowy, 7 - pierścień osadczy stopy korbowodu przyczepnego, 8 - sworzeń stopy korbowodu przyczepnego **Źródło:** Opracowanie własne



Rys. 5. Układ: wał korbowy połączony z korbowodem głównym i z korbowodami przyczepnymi. **Źródło:** Opracowanie własne.

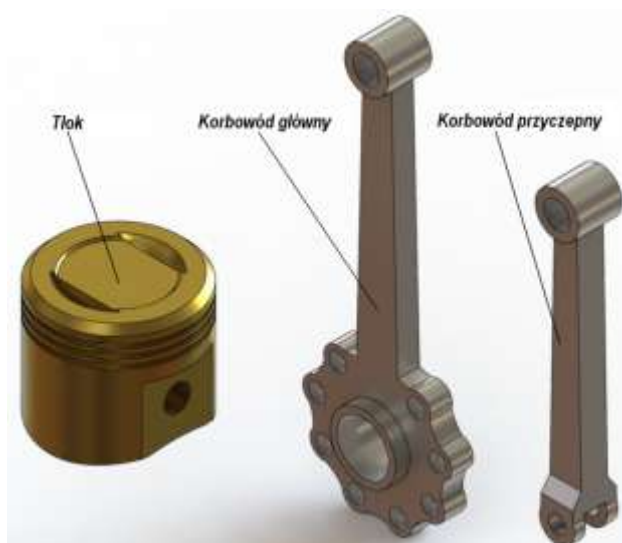
Zamodelowany silnik gwiazdowy posiada moc $N = 57$ kW i przenosi maksymalny moment obrotowy $M_o = 106$ Nm. Prędkość obrotowa n zawiera się w przedziale od 3000 do 6000 obr/min, a pojemność skokowa $V_{ss} = 1,160$ dm³.

Modelowanie konstrukcji przeprowadzono w programie SolidWorks. Jest to program z dziedziny komputerowego wspomaganego projektowania CAD, przeznaczony do modelowania elementów i zespołów mechanicznych. Oprócz wielu zalet projektowych program ten wyposażony jest w różnego rodzaju funkcje wspomagające wizualizację modelu. Przykłady fotorealistycznych widoków wybranych części i podzespołów silnika gwiazdowego pokazano na rys. 5 - 7.

Pokazany na rys. 6 układ korbowo - tłokowy składa się z korbowału głównego, do którego przy pomocy sworzni i pierścieni osadycznych połączone korbowały przyczepne i tłoki. Wybrane elementy tego układu przedstawiono na rys. 7.

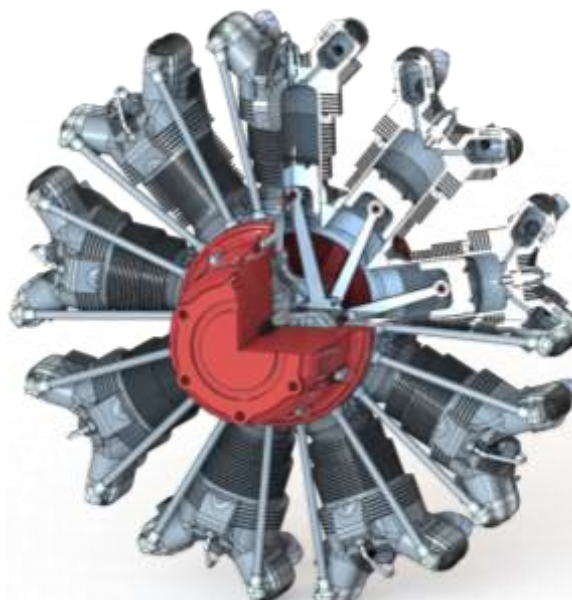


Rys. 6. Gwiazdowy układ korbowo - tłokowy
Źródło: opracowanie własne



Rys. 7. Elementy gwiazdowego podzespołu korbowo - tłokowego. Źródło: opracowanie własne

Końcowy widok modelu dziewięciocylindrowego silnika gwiazdowego pokazano na rys. 8.



Rys. 8. Fotorealistyczny widok dziewięciocylindrowego silnika gwiazdowego. Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

Współczesne systemy do komputerowego wspomaganego projektowania CAD pozwalają na modelowanie złożonych parametrycznych modeli bryłowych części i złożeń. Zaprezentowany w artykule przykład dziewięciocylindrowego silnika gwiazdowego, w programie SolidWorks, dobrze ilustruje jego budowę i zasadę działania. Opracowane modele bryłowe można wykorzystać do innych celów, między innymi do przeprowadzenia obliczeń i analiz inżynierskich.

Utworzone modele silnika gwiazdowego wykorzystano do symulacji ruchu [3].

Bibliografia

1. <http://commons.wikimedia.org>
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Anzani_3_cylinder_fan_engines#cite_ref - Flight_Oct09A_3 - 1
3. Budniak Z., Dobrowolski M.: *Symulacja ruchu silników gwiazdowych*. Autobusy - Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe 2014, nr 6, p.p.

Modeling radial engine

Abstract

The article presents use of the capabilities of modern simulation system CAD/CAE for modeling and kinematic analysis of the radial engine.

Key words: modeling, CAD, radial engine, crank piston mechanism.

Autorzy:

Marek Dobrowolski - Wydział Mechaniczny Politechniki Koszalińskiej

Dr inż. **Zbigniew Budniak** - Wydział Mechaniczny Politechniki Koszalińskiej