

NUMERIC CALCULATION PROCESS OF EXPRESSION SPRINGY PISTON'S RING FROM STEEL TAPE

Andrzej Kaźmierczak, Ernest Oźga, Wojciech Zablocki

*Wroclaw University of Technology,
Institute of Machine Design and Operation
I. Łukaszczyka 7/9, 50-371 Wrocław
e-mail: andrzej.kaźmierczak@pwr.wroc.pl, ernest.ozga@pwr.wroc.pl
wojciech.zablocki@pwr.wroc.pl*

Abstract

In article shortened description of technology was introduced forming of elements of springy multiple oil rings of combustions' engines and numeric model used to calculation of deformations and loads in tape. In calculation, theoretical model of nonlinear inelastic material was applied, with bilinear isotropic hardening model. Results of calculations were shown.

In particularly springy element of oil ring type Hastings, forming device of springy elements type Hastings, set of two element for forming device of springy Hastings ring, view of one elements expression part device type Hastings, diagram of folding device, geometrical model of folding device, finite element model of folding device, graph of load function, view of deformed tape model, contours view notes stresses in fragment of tape are presented in the paper.

Presenting research are result of realization of one of topics of the purpose project concerning implementation of prototype technology of piston rings of combustion engines accomplished by FPT "Prime" S.A. and the Wroclaw University of Technology.

Keywords: *Combustion engine, piston ring, steel tape, expression*

OBLICZENIA NUMERYCZNE PROCESU TŁOCZENIA ELEMENTU SPRĘŻYSTEGO WIELOCZĘŚCIOWEGO PIERŚCIENIA TŁOKOWEGO Z TAŚMY STALOWEJ

Streszczenie

W artykule przedstawiono skrócony opis technologii formowania elementów sprężystych wieloczęściowych pierścieni olejowych silników spalinowych oraz model numeryczny tego procesu wykorzystywany do obliczania odkształceń i obciążeń w taśmie. W obliczeniach zastosowano teoretyczny model materiału sprężysto – plastycznego bilinearny, z modelem kinematycznego umocnienia. Pokazano wyniki przykładowych obliczeń.

W szczególności w artykule przedstawiono element sprężysty typu Hastings pierścienia olejowego, Urządzenie do tłoczenia elementów sprężystych typu Hastings, zespół dwóch tłoczników urządzenia do tłoczenia elementów sprężystych typu Hastings, zbliżenie części roboczej jednego z tłoczników urządzenia do tłoczenia elementów sprężystych typu Hastings, rysunek fałdownika, schemat geometryczny fałdownika, model dyskretny fałdownika, przebieg funkcji obciążenia, widok odkształconego modelu fragmentu taśmy, warstwice naprężeń węzłowych modelu fragmentu taśmy.

Prezentowane badania są efektem realizacji jednego z zadań projektu celowego dotyczącego wdrożenia technologii prototypowych pierścieni tłokowych silników spalinowych realizowanego przez FPT "Prima" S.A. oraz Politechnikę Wrocławską.

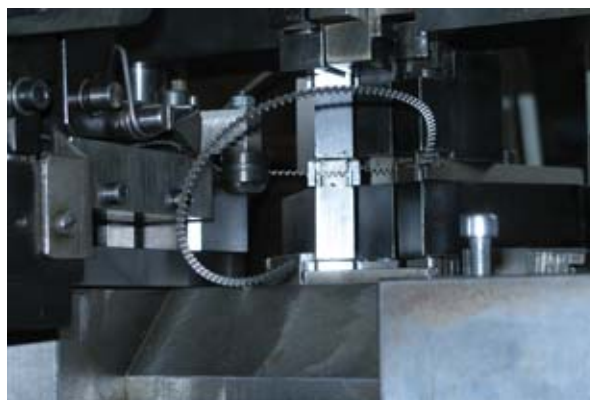
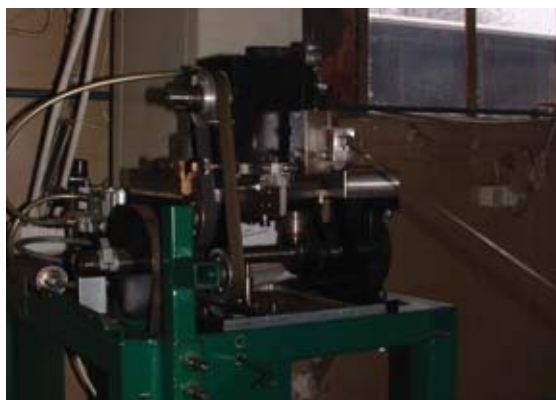
Słowa kluczowe: *silnik spalinowy, pierścień tłokowy, taśma stalowa, zwijanie*

1. Technologia elementów sprężystych pierścieni olejowych

Elementy sprężyste wieloczęściowych pierścieni olejowych powstają z taśmy stalowej w jednym przejściu. To znaczy, że podawana taśma stalowa jest zarówno zwijana w zwijkę, jak i jest jej nadawany odpowiedni kształt. Na rysunku 1 przedstawiono gotowy element sprężysty typu Hastings. Elementy sprężyste wykonuje się na urządzeniu własnej produkcji przedstawionym na rys. 2. Elementami wykonawczymi jest zespół fałdownika i tłoczników przedstawiony na rys. 2. Szczegółowo przedstawiono dwa przeciwległe tłoczniaki na rys. 3. Tłoczniaki te poruszane hydraulicznie kształtują przesuwaną się o jeden skok taśmę.



Rys. 1. Element sprężysty typu Hastings pierścienia olejowego
Fig.1. Springy element of oil ring type Hastings



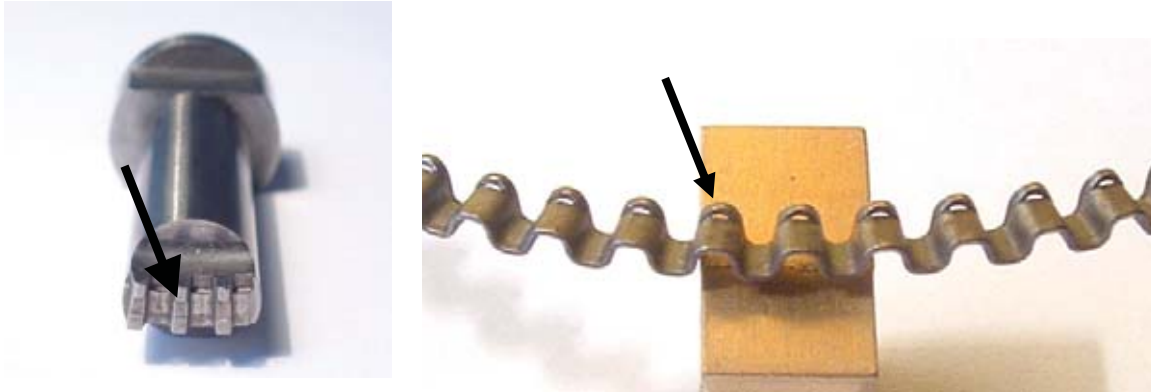
Rys. 2. Urządzenie do tłoczenia elementów sprężystych typu Hastings
Fig.2. Forming device of springy elements type Hastings



Rys. 3. Zespół dwóch tłoczników urządzenia do tłoczenia elementów sprężystych typu Hastings
Fig.3. Set of two elements for forming device of springy Hastings ring

Na rys. 4 przedstawiono zbliżenie elementu sprężystego typu Hastings z zaznaczonym przetłoczeniem zapobiegającym przemieszczaniu się horyzontalnemu lamelki pierścienia olejowego. Przetłoczenie to jest zarówno w górnej, jak i w dolnej części elementu sprężystego. Działanie zespołu tłoczącego składa się z następujących etapów:

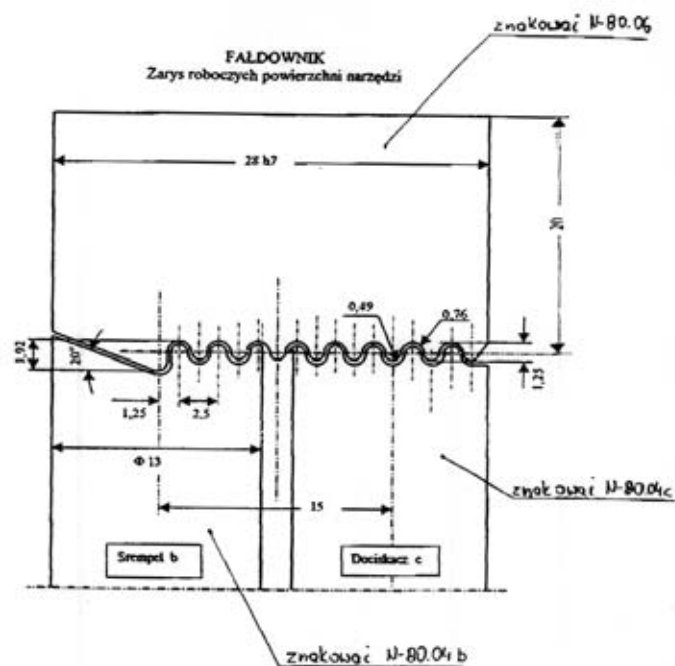
- w pierwszym etapie taśmę nadawany jest kształt falisty w zespole fałdownika (rys. 3),
- następnie tak ukształtowanej taśmę nadawane jest w zespole stempel – matryca przetłoczenie wzdłuż wewnętrznej średnicy pierścienia; przetłoczenie wykonywane jest stopniowo podczas przejścia co jeden skok sfałdowanej taśmy przez zespół tłoczników (rys. 4).



Rys. 4. Zbliżenie części roboczej jednego z tłoczników urządzenia do tłoczenia elementów sprężystych typu Hastings
Fig.4. View of one elements expression part device type Hastings

2. Obliczenia numeryczne tłoczenia elementu typu Hastings

Modelowanie numeryczne procesu kształtowania pierścienia typu Hastings obejmowało zadanie odwzorowania fałdowania taśmy stalowej w fałdowniku urządzenia. Model fałdownika opracowano na podstawie rysunku 5.



Rys. 5. Rysunek fałdownika
Fig.5. Diagram of folding device

Element sprężysty wykonywany jest z taśmy stalowej (stal OH18N9 wg PN-66/H-86020, zamienniki: 11RM20 AISI 201, ASL 804 JIS SUS304) o wymiarach przekroju 2.50 x 0.3 mm. Podstawowe charakterystyki materiałowe stali zamieszczono w tabeli 1., w której podano również dane niezbędne dla opracowania modelu materiałowego.

Tab. 1. Charakterystyki materiałowe [4]
 Tab.1. Material characteristics [4]

Wielkość	Oznaczenie	Wartość	Jednostki
Moduł sprężystości wzdłużnej Younga	E_x	2.06e5	MPa
Gęstość	ρ	7850	kg/m ³
Ułamek Poissona	ν	0.3	
Wytrzymałość na rozciąganie	R_m	760 - 970	MPa
Granica sprężystości	R_e	310 - 480	MPa
Granica sprężystości do obliczeń	σ_v	310	MPa
Moduł sprężystości styczny	E_T	4500	MPa

Narzędziem analizy był moduł LSDyna [1], bazujący na algorytmach metody elementów skończonych [5, 6] w rozwiązywaniu procesów dynamicznych, również w zakresie nieliniowości geometrycznej i materiałowej.

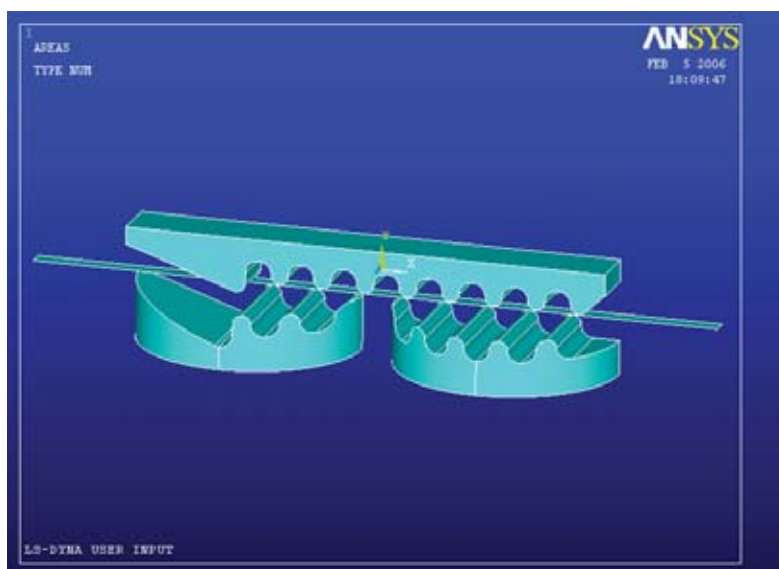
W numerycznym modelowaniu kształtowania taśmy pierścienia sprężystego przyjęto następujące założenia:

- zastosowano algorytm typu *explicit* (jawny) [2, 3] do rozwiązania równań dynamiki konstrukcji z zakresie nieliniowym,
- przyjęto nieliniowy model materiału sprężysto - plastycznego bilinearny, z modelem kinematycznego umocnienia (Bilinear Kinematic Hardening),
- w odwzorowaniu wykorzystano symetrię układu kształtującego, modelując połowę szerokości taśmy i narzędzi.

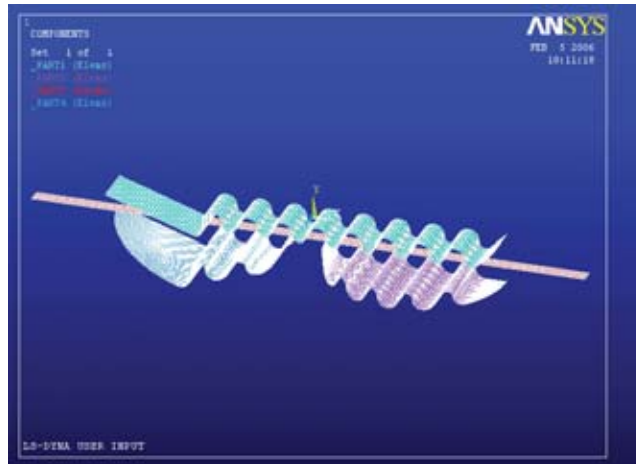
W modelu dyskretnym zastosowano dwa typy elementów skończonych:

- nieodkształcalne (RIGID) elementy powłokowe typu SHELL163 – do odwzorowania kształtu powierzchni matrycy, stempla oraz dociskacza,
- powłokowe elementy SHELL164 z bilinearnym modelem sprężysto-plastycznego odkształcenia plastycznego z umocnieniem kinematycznym (Bilinear Kinematic) – do odwzorowania fałdowanej taśmy pierścienia sprężystego; charakterystyki bilinearnego modelu materiałowego podano w tabeli 1.

Schemat geometryczny modelu pokazano na rys. 6., natomiast model dyskretny, przy budowie którego wykorzystano symetrię urządzenia, na rys. 7. W budowie modelu zastosowano 7216 elementów o 8056 węzłach, w tym 3216 elementów SHELL RIGID do odwzorowania kształtu narzędzi.

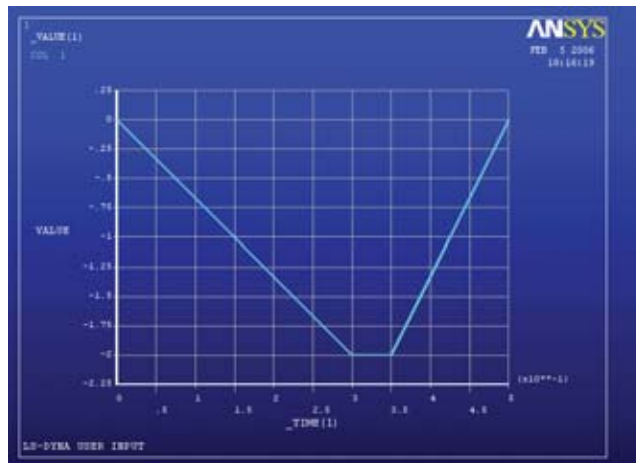


Rys. 6. Schemat geometryczny faldownika
 Fig.6. Geometrical model of folding device



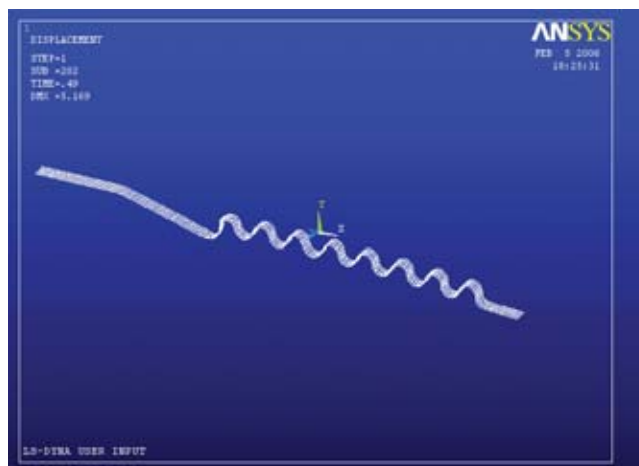
Rys. 7. Model dyskretny faldownika
Fig.7. Finite element model of folding device

W modelu obciążenia odwzorowano skok stempla i dociskacza opisany funkcją pionowego przemieszczenia zgodnie z przebiegiem pokazanym na rys. 8.

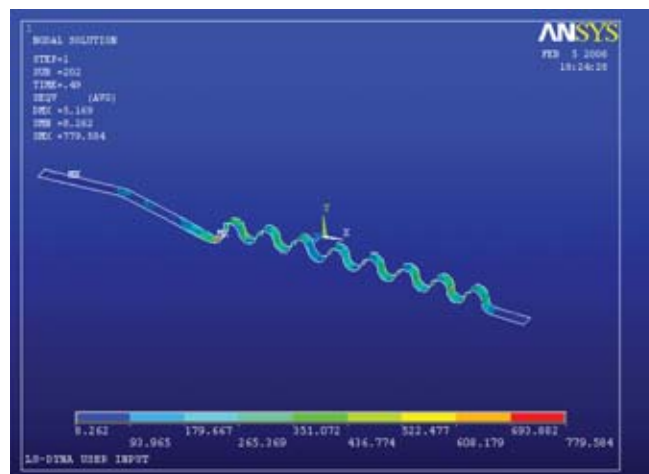


Rys. 8. Przebieg funkcji obciążenia
Fig.8. Graph of load function

W wyniku obliczeń uzyskano pofałdowanie taśmy, stanowiące punkt początkowy dalszego kształtowania wrębu w zespole stempel – matryca. Odkształcenie taśmy (widoczna połowa szerokości) w tym kroku obliczeń pokazano na rys. 9., natomiast rozkład naprężeń węzłowych na rys. 10.



Rys. 9. Widok odkształconego modelu fragmentu taśmy
Fig.9. View of deformed tape model



Rys. 10. Warstwice naprężeń węzłowych modelu fragmentu taśmy
Fig.10. Contours view notes stresses in fragment of tape

3. Podsumowanie

Symulacje numeryczne procesu technologicznego pozwoliły wstępnie ocenić wpływ parametrów procesu na końcowy produkt. Na uzyskanie zadowalającej zgodności obliczeniowej geometrii elementu sprężystego wieloczęściowego pierścienia tłokowego z taśmy stalowej z pomiarem wpływa zastosowany w obliczeniach model własności materiałowych. W obliczeniach zastosowano teoretyczny model materiału sprężysto-plastycznego bilinearny, z modelem kinematycznego umocnienia. Dokładniejsze odwzorowanie własności materiałowych (w modelu teoretycznym materiału opisane krzywą charakteryzującą zależność naprężenia – odkształcenia), czyli zastosowanie modelu multilinearnego, pozwoli uzyskać większą dokładność obliczeniowego odwzorowania.

Podziękowanie

Prezentowane badania są efektem realizacji jednego z zadań projektu celowego nr 6 T07 2003 C/06276 pt.: „Wdrożenie technologii prototypowych pierścieni tłokowych silników spalinowych” realizowanego w latach 2004 – 2005 przez FPT „Prima” S.A. oraz Politechnikę Wrocławską, współfinansowanego przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji.

4. Literatura

- [1] Ansys LSDyna, Users Guide v.7.1.
- [2] Belytschko T., Tsay C.S., *Explicit Algorithms for Nonlinear Dynamics of Shells*, AMD-48, ASME 209-231, 1981.
- [3] Iluk A., Karliński J., *Jawne całkowanie równań ruchu w nieliniowej dynamice konstrukcji*, Systems JoTSS, vol. 6, 2000.
- [4] Joh. Pengg, AG. Thörl, Steinmark T., Technical Specification.
- [5] Rusiński E., Czmochoński J., Smolnicki T., *Zaawansowana metoda elementów skończonych w konstrukcjach nośnych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2000.
- [6] Zienkiewicz O.G., Taylor R.L., *The Finite Element Method*. Fourth Edition, McGraw – Hill Book Company, 1991.