ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1989

Seria: MECHANIKA z. 91 Nr kol. 1026

XIII MIĘDZYNARODOWE KOLOKWIUM
"MODELE W PROJEKTOWANIU I KONSTRUOWANIU MASZYN"

13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
"MODELS IN DESIGNING AND CONSTRUCTIONS OF MACHINES"

25-28.04.1989 ZAKOPANE

Edward CHLEBUS

Instytut Technologii Budowy Maszyn
Politechnika Wrocławska

MODELOWANIE ZESPOŁU PROWADNICA-PROWADNIK METODĄ ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono sposób modelowania zespołu prowadnica-prowadnik obrabiarki z uwzględnieniem warstwy styku pomiędzy poszczególnymi powierzchniami listwy prowadnicy i prowadnika. Własności warstwy styku zamodelowano za pomocą elementów prętowych, zadając im parametry wynikające ze sprężystych własności zastępczej powierzchni styku. Gęstość podziału continuum sprężystego na elementy przyjęto na podstawie przykładu testowego. Do zamodelowania użyto elementów bryłowych, ośmiowęzłowych.

1. Wprowadzenie

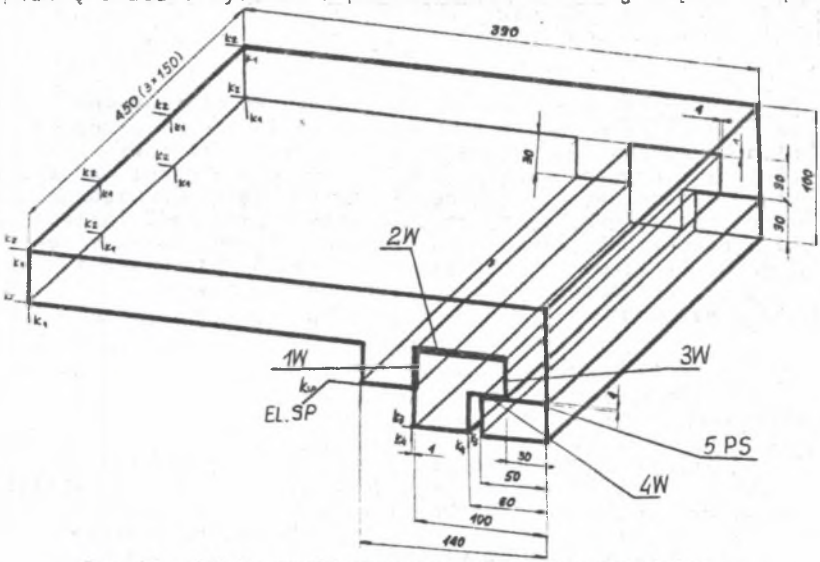
Najistotniejszą cechą obrabiarki, stanowiącą o jej eksploatacyjnych zaletach, jest utrzymywanie dokładności wymiarowo-kształtowej wytwarzanych na niej przedmiotów. Zależy ona od szeregu zmiennych czynników technologicznych, jak również od własności samej obrabiarki. Za podstawową własność obrabiarki uważa się jej podatność określaną między przedmiotem obrabianym i narzędziem. Podatność obrabiarki jest pochodną podatności wszystkich zespołów funkcjonalnych wchodzących w skład układu nośnego, leżących w strumieniu przepływu obciążeń. Współczesne metody analizy własności układów sprężystych pozwalają z dużą dokładnością ocenić podatność elementów korpusowych zespołu wrzecionowego czy też połączeń śrubowych [1, 2]. Największą trudność w identyfikacji własności podczas projektowania obrabiarki napotyka się w fazie kształtowania jej ruchów funkcjonalnych, a więc prowadnic. Można spotkać różne podejścia do rozwiązania tego zagadnienia. W pracach realizowanych w Politechnice Szczecińskiej [3, 4] próbowano rozwiązać to zagadnienie przy założeniu, że nie występują postaciowe odkształcenia listwy prowadnicy i listwy podchwytowej prowadnika. Przyjęto, że odkształcenia zachodzą jedynie w stykowej warstwie

tych elementów. Jest to zbyt duże uproszczenie, niemniej w analizie zagadnień dynamicznych osiągnięto obiecujące wyniki. Inne podejście prezentowane jest w pracach Wojciechowskiego [5, 6], gdzie autor, rozpatrując w płaskim stanie odkształcenia wycinek zespołu prowadnik-prowadnica, uwzględnia zarówno odkształcenia postaciowe, jak też zachodzące w warstwie styku, posługując się metodą analityczną.

Próba rozwiązania problemu w całej jego złożoności, z zastosowaniem metody elementów skończonych prezentowana jest w niniejszej pracy.

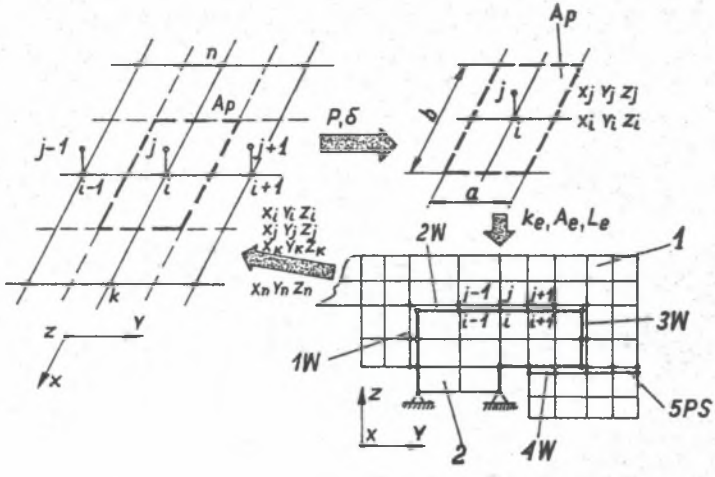
2. Modelowanie i obliczanie zespołu prowadnica-prowadnik

Metoda elementów skończonych jest odpowiednim narzędziem do tego celu, jednak głównym problemem jest zamodelowanie własności warstwy stykowej zespołu. Założono, że zespół prowadnica-prowadnik (dalej ZPP) jest symetryczny, a więc do zamodelowania przyjęto połowę układu. Rysunek 1 przedstawia szkic tej części zespołu.



Rys. 1. Szkic analizowanego zespołu prowadnica-prowadnik.
Fig. 1. Analysed system of movable sliding joint of machine tool.

Ruchowe powierzchnie styku oznaczono symbolami 1W...4W, zaś powierzchnię styku w połączeniu śrubowym listwy podchwytu do prowadnika oznaczono 5PS. Obciążenia wzdłużne, zorientowane zgodnie z kierunkiem wyznaczonym przez listwę prowadnicy, przenoszą elementy EL.SP, którym przypisano własności śruby pociągowej. Do obliczeń zastosowano system OK.MES. Continuum sprężyste ZPP modelowano przestrzennymi, ośmiowęzłowymi elementami o trzech stopniach swobody w każdym węźle. Zamodelowaną podstrukturę prowadnika 1, z zamodelowanym fragmentem listwy prowadnicy 2 (rys. 2) powiązano elementami prętowymi. Należało zatem wyznaczyć parametry sprężystych



Rys. 2. Modelowanie warstwy stykowej elementem prętowym.
Fig. 2. Bar-element in the modeling of contact.

elementów prętowych, aby odpowiadały one własnościom warstwy styku dla ustalonych obciążeń zewnętrznych. Można je wyznaczyć na podstawie przemieszczeń normalnych warstwy stykowej i zastępczego pola styku Ae, przypisanego każdemu z elementów prętowych (rys. 2). Normalne przemieszczenia stykowe dla przyjętego nacisku p = 10 MPa (jest to średnia wartość występująca w ślizgowych prowadnicach) wynosi:

$$\delta = \alpha \cdot p^m \qquad (1)$$

gdzie:

- δ - przemieszczenie normalne zachodzące w warstwie styku,
- α, m - współczynniki zależne od parametrów technologicznych stykających się powierzchni.

Przemieszczenie w osi elementu prętowego wyznacza się z zależności:

$$\delta = \frac{F \cdot L}{E \cdot A_e} \qquad (2)$$

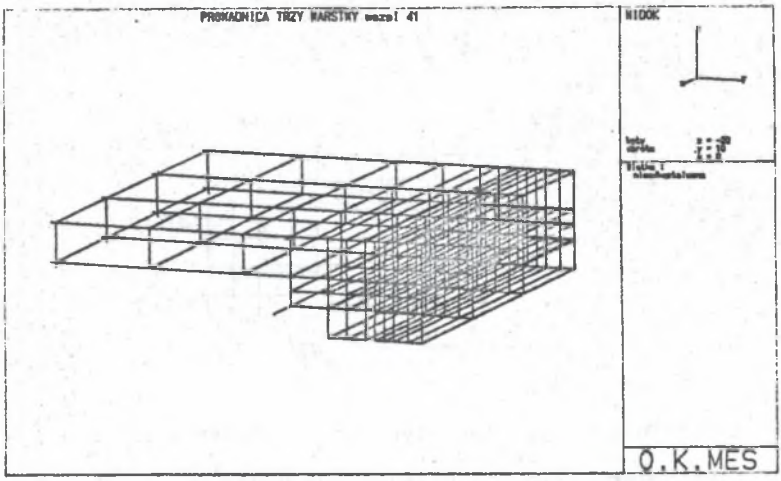
gdzie:

- F - siła zewnętrzna równa $F = p \cdot A_p$,
- L - długość elementu,
- A_e - pole przekroju poprzecznego,
- E - moduł Younga.

Podstawiając wyznaczoną z (1) wartość „δ" do równania (2), można wyznaczyć równoważne dla tych przemieszczeń, zastępcze pole elementu prętowego A_e (przy znanej długości L) dla zastępczego obcią-

żenia elementu wynikającego z nacisków na powierzchni A_p prowadnicy.

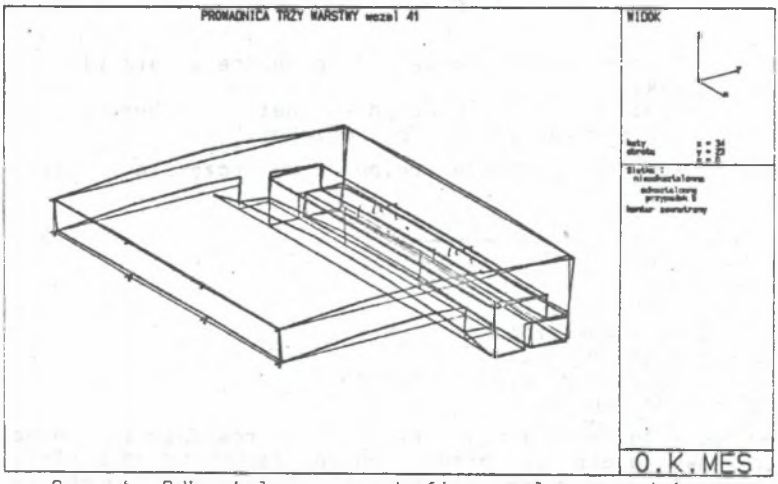
Zgodnie z powyższym zamodelowano przedstawioną na rys. 1 połowę ZPP. Model obliczeniowy zamieszczono na rys. 3.



Rys. 3. Model obliczeniowy.
Fig. 3. Computational model.

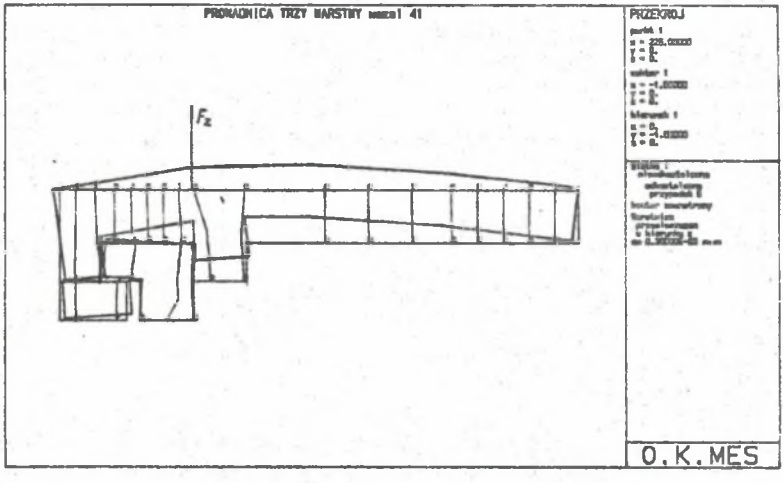
Liczył on 274 węzły, przy czym zawierał 99 elementów bryłowych i 78 elementów prętowych, a więc w sumie posiadał 822 stopnie swobody. Obliczenia przeprowadzono na mikrokomputerze kompatybilnym z IBM PC/AT.

Przykładowe wyniki obliczeń, w postaci odkształconego konturu modelu obliczeniowego zamieszczono na rys. 4.



Rys. 4. Odkształcony przekrój zespołu prowadnicowego.
Fig. 4. Deformed contour of analysed movable sliding joint.

Jest to rysunek poglądowy obrazujący rozkład odkształceń przy zadanym obciążeniu zewnętrznym, rozłożonym wzdłuż prowadnika. Przemieszczenia w poszczególnych przekrojach prowadnika można wyznaczyć na podstawie rysunków, z których przykładowy zamieszczono na rys. 5.



Rys. 5. Odkształcony przekrój zespołu prowadnicowego.
Fig. 5. Deformed profile of movable sliding joint.

Przedstawia on szkic przekroju po konturze modelu obliczeniowego z naniesionymi warstwami przemieszczeń. Na rysunku widoczny jest złożony stan odkształceń postaciowych zarówno listwy prowadnicy, jak też podchwytu prowadnika. Wskazuje to na możliwość uwzględniania sprężystych własności elementów konstrukcyjnych ZPP oraz warstwy styku poszczególnych powierzchni połączenia ruchowego i śrubowego.

3. Podsumowanie

Zamieszczone przykłady wskazują na możliwość modelowania i obliczania własności połączeń ruchowych, do jakich należy ZPP. Szczególną uwagę należy skupić na poprawnym zamodelowaniu warstw kontaktowych z uwzględnieniem zarówno nieliniowości styku, jak też rzeczywistego rozkładu nacisków na powierzchniach styku w zależności od obciążeń zewnętrznych. Wyznaczenie wartości nacisków i przemieszczeń na poszczególnych powierzchniach styku wymaga jednak czasochłonnych obliczeń dla różnych obciążeń z równoczesną modyfikacją modelu obliczeniowego.

LITERATURA

[1] Praca zbiorowa pod redakcją J.KOCHA - Obliczanie i badania korpusów obrabiarek, Prace Naukowe Instytutu Technologii Budowy Maszyn Politechniki Wrocławskiej Nr 28, Seria: Monografie nr 4, Wrocław 1984.

[2] J.KOCH, J.ILCZYSZYN, J.KRZYŻANOWSKI - Wrzeciona obrabiarek, WNT Warszawa 1982.

[3] K.GRUDZIŃSKI - Metodyka analitycznego wyznaczania stanu obciążenia prowadnic i przemieszczeń elementów zespołów ruchów przesuwnych obrabiarek. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej Nr 127, Szczecin 1979.

[4] S.BERCZYŃSKI, G.SZWENGIER, W.BIEDUNKIEWICZ - Komputerowe wspomaganie projektowania połączeń prowadnicowych - pakiet programów PROWA. V Konferencja "Metody i środki projektowania automatycznego" Warszawa 1985.

[5] J.WOJCIECHOWSKI - Metoda obliczania przemieszczeń i stanu obciążenia połączeń prowadnicowych ślizgowych, Mechanik nr 2/88.

[6] J.WOJCIECHOWSKI - Odkształcenia postaciowe ślizgowych prowadnic prostokątnych, Mechanik nr 3/88.

MODELLING OF THE UNIT SHEAR-GUIDE WITH THE METHOD OF FINITE ELEMENTS

S u m m a r y

The paper presents the way of modelling of the unit shear-guide of the machine tool taking into consideration the contact layer between separate surfaces of the shear and guide blades. The properties of the contact layers were modeeled by means of rod element giving them parameters resulting from the elastic properties of the substitute contact layer. The density of elastic (spring) continuum division into the elements was adopted on the basis of the experimental example. The octanodal solid elements were used for modelling.

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЛОКА НАПРАВЛЯЮЩАЯ-НАПРАВИТЕЛЬ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Р е з ю м е

В работе представлен способ моделирования блока направляющая-направитель станка с учетом контактного слоя между отдельными поверхностями планки направляющей и напоавителя. Свойства слоев контакта моделировалось с помощью стержневых элементов, принимая их параметры, вытекающие из упругих свойств эквивалентной поверхности контакта. Плотность деления упругой континуальной среды на элементы принято на основе тестированного примера. Для моделирования принято протяженные восьмиузловые элементы.

Recenzent: dr inż. J. Kapłanek

Wpłynęło do Redakcji 21.XIII.1988 r.