

Jan KOSMOL, Janusz ŚLIWKA
Instytut Budowy Maszyn
Politechnika Śląska

KOMPUTEROWA WERYFIKACJA KONSTRUKCJI STOŁU OBROTOWEGO TOKARKI KARUZELOWEJ METODĄ ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono ocenę konstrukcji stołu obrotowego tokarki karuzelowej KCH 320/350 NM na podstawie obliczeń statycznych i dynamicznych metodą elementów skończonych (program O.K.MES/3). Zaproponowano zmianę konstrukcyjną.

THE COMPUTER VERIFICATION OF TURNTABLE CONSTRUCTION OF TURNING AND BORING LATHE OF FINITE ELEMENTS METHOD

Summary. In this article has been introduced estimation of turntable construction of turning and boring lathe KCH 320/350 NM on the ground of static and dynamic calculation result of finite elements method (computer program O.K.MES/3). The construction change were offered.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ОБОРОТНОГО СТОЛА КАРУСЕЛЬНОГО СТАНКА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Резюме. В статье помещена оценка конструкции стола карусельного станка **KCH 320/350 NM** на основании результатов статических и динамических вычислений методом конечных элементов (компьютерная программа **O.K. MES/3**). Предложено конструкционные смены.

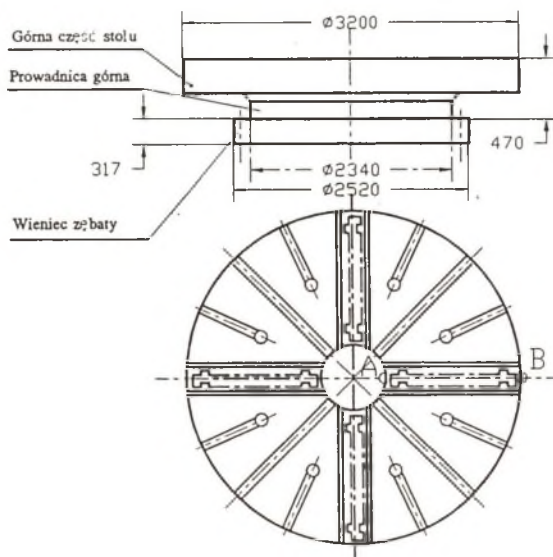
1. WSTĘP

Stoły obrotowe tokarek karuzelowych w powszechnej praktyce konstrukcyjnej nie były dotychczas obliczane sztywnościowo. Przy ich konstruowaniu opierano się zazwyczaj na doświadczeniu i intuicji konstruktora. Tak wykonane stoły spełniały swoje zadanie lecz należy sądzić, że odbiegają one od konstrukcji optymalnej. Ze względu na specyfikę kształtu stoły bardzo trudno jest obliczać sztywnościowo metodami konwencjonalnymi (np. metoda Mohra) natomiast badania modelowe są zazwyczaj kosztowne i czasochłonne.

Podjęto się oceny stołu tokarki karuzelowej KCH 320/350 NM produkcji F.O. "RAFAMET" za pomocą metody elementów skończonych w zastosowaniu na komputer klasy PC. Do tego celu posłużono się programem komputerowym O.K. MES/3.

2. OPIS MODELOWANEJ KONSTRUKCJI

Stół obrotowy składa się z trzech części: górnej, prowadnicy górnej oraz wienca zębatego (patrz Rys.1). Górna część stołu oraz prowadnica górna są odlewami z żeliwa maszynowego ZL 300 i ZL 250, wieniec zębaty wykonany jest ze stali stopowej 34 HNM. Górna część stołu jest płytą o średnicy 3200 mm. Od dołu płyta ta jest wzmocniona dwunastoma żebrami rozmieszczonymi promieniowo co 30 stopni oraz żebrami obwodowymi. Dodatkowo płytę stołu wzmocniają małe żebra rozmieszczone pomiędzy żebrami promieniowymi co 15 stopni na średnicy od 2340 mm do 3200 mm. Od dołu żebra połączone są ściankami. Wysokość tej części wynosi 470 mm. Górna część stołu ma masę około 10 ton.



Rys.1. Stół obrotowy
Fig.1. Rotate table

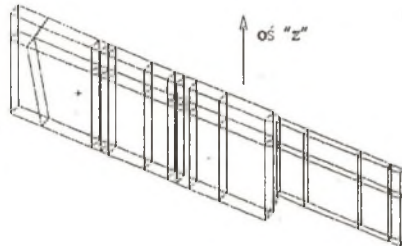
Prowadnica górna zbudowana jest podobnie jak opisany powyżej element. Jej średnica wynosi 2300 mm, wysokość 317 mm a masa około 3 tony. Na prowadnicy górnej znajduje się wieniec zębaty, od którego napędzany jest stół. Jest to pierścien z naciętym uzębieniem

zewnątrznym, o średnicy zewnętrznej 2520 mm i wysokości 228 mm. Masa jego wynosi 1,8 tony.

3. MODEL OBLICZENIOWY

Do budowy modelu użyto pięciu rodzajów elementów skończonych do zamodelowania poszczególnych partii stołu, i tak :

- a) element płytowo powłokowy - powierzchnia robocza stołu oraz ścianki odlewu,
- b) element bryłowy - żebra promieniowe i obwodowe oraz wieniec zębaty,
- c) element belkowy - obrzeża otworów w dolnej części prowadnicy górnej,
- d) element sprężyny - łożysko wzdłużne.



Rys.2. Żebro promieniowe - górna część
Fig.2. Radial rib - top piece

Dokładny opis użytych elementów znajduje się w pracy [2]. Całość stołu obrotowego podzielona została na 35 grup elementów. Na rys.2 przedstawiono górną część żebra promieniowego. Na przykład wszystkie żebra promieniowe górnej części stołu opisane są poprzez sześć grup elementów.

Otrzymano model o następujących wielkościach charakterystycznych:

- 1.Liczba węzłów: 2312,
- 2.Liczba elementów typu bryła: 696,
- 3.Liczba elementów typu płytowo-powłokowy: 1212,
- 4.Liczba elementów typu belka: 72,
- 5.Liczba elementów typu sprężyna: 96.

W celu obliczenia sztywności statycznej tak otrzymany model należało obciążyć. Największy wpływ na stan odkształcenia stołów obrotowych tokarek karuzelowych oprócz ciężaru przedmiotu obrabianego, który ma decydujące znaczenie, ma również siła pochodząca od uchwytu czteroszczękowego. W obliczeniach pominięto wpływ sił skrawania. Krok taki można umotywić tym, że siły skrawania mają dużo mniejsze wartości w porównaniu z siłami masowymi i osiągają maksyma w przypadku obróbki zgrubnej (dla takiej obróbki małe znaczenie mają niedokładności spowodowane niewielkimi odkształceniami stołu).

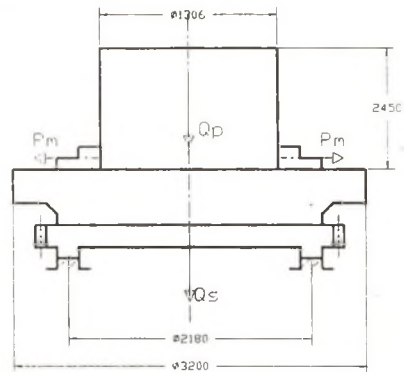
Przygotowano pięć wariantów obciążenia modelu. W ramach każdego wariantu rozróżniono trzy przypadki. Przykładowo przedstawiony zostanie tylko wariant III jako dający największe odkształcenia powierzchni roboczej stołu.

Przypadki obciążeń w ramach wariantu III:

Przypadek 1 - ciężar własny stołu Q_s oraz ciężar przedmiotu obrabianego Q_p o średnicy 1306 mm i wysokości 2450 mm (ciężar przedmiotu obrabianego około 30 ton tj. maksymalny dopuszczalny).

Przypadek 2 - obciążenie siłami P_m od uchwytu 4-szczękowego dla takiego samego przedmiotu obrabianego ($P_m = 0,08$ [MN]/szczękę).

Przypadek 3 - suma obciążeń z przypadków 1 i 2 (patrz rys.3).



Rys.3. Wariant obciążenia III
Fig.3. Alternative duty III

4. ANALIZA UZYSKANYCH WYNIKÓW OBLICZEŃ

4.1. Odształcenia statyczne

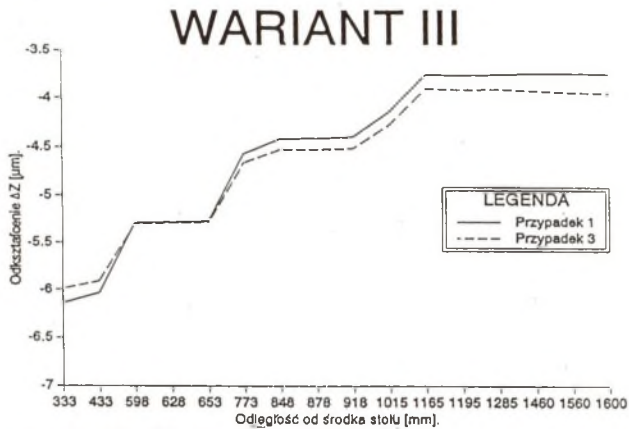
Najistotniejszymi ze względu na dokładność obrabianego przedmiotu są odkształcenia górnej tarczy stołu (roboczej powierzchni stołu) w osi "Z", która dla przedmiotu obrabianego jest powierzchnią bazową. Zdefiniujemy odkształcenie ΔZ . Jest to odchylenie zarysu powierzchni roboczej stołu od zarysu idealnego w kierunku osi "Z". Na rys.4 pokazano zależność odkształcenia ΔZ od odległości od środka stołu na odcinku AB (patrz rys.1) dla interesującego nas wariantu. Należy stwierdzić, że nawet w tym przypadku odkształcenia powierzchni roboczej stołu mieszczą się w granicach odkształceń, które nie mają większego wpływu na dokładność obróbki.

Również odkształcenia powierzchni roboczej spowodowane siłami od uchwytu 4-szczękowego nie mają wpływu na dokładność obróbki na stole. Ich wartości są na tyle małe (maksymalnie nie przekraczają $1 \mu\text{m}$), że można je pominąć. Na uwagę zasługuje fakt, że w większości przypadków odkształcenia te odejmują się od odkształceń spowodowanych ciężarem własnym stołu i przedmiotu obrabianego. Opierając się na powyższym stwierdzeniu można wnioskować, że ewentualne zwiększanie siły zacisku uchwytu 4-szczękowego nie wpłynie niekorzystnie na odkształcenie przypadkowe stołu obrotowego, a w większości przypadków je zmniejszy.

Interesujący jest również wpływ prowadnicy górnej na sztywność stołu. Wpływ ten jest niewielki, mniejszy lub porównywalny z wpływem podatności łożyska wzdłużnego.

4.2. Właściwości dynamiczne

W wyniku iteracji podprzestrzennej otrzymano pierwsze pięć częstości drgań własnych: $f_1 = 495$ Hz, $f_2 = 666$ Hz, $f_3 = 669$ Hz, $f_4 = 800$ Hz, $f_5 = 824$ Hz.

Rys.4. Odształcenie ΔZ - Wariant IIIFig.4. Deformation ΔZ - Alternative III

Z analizy dynamicznej wynika że stół obrotowy jest konstrukcją poprawną, o czym świadczyć może wysoka (około 10 razy większa od belki suportowej [1]) pierwsza częstość drgań własnych.

5. PODSUMOWANIE

Obliczenia wykazały, że stół obrotowy jest konstrukcją spełniającą wymogi sztywnościowe. Szczególną uwagę należy zwrócić na zasadność zastosowania prowadnicy górnej jako osobnego elementu.

Dalsze ewentualne prace nad modelem stołu powinny iść w kierunku uwzględnienia podatności połączenia górnej części stołu z prowadnicą górną oraz dokładnego uwzględnienia podatności łożyska wzdłużnego, którego podatność ma znaczący wpływ na podatność układu wrzeciona roboczego (stół + łożyskowanie).

LITERATURA

- [1] K. Grajek: "Obliczenia statyczne i dynamiczne belki suportowej tokarki karuzelowej KCH 320N" - Raport: TZ-A2/131-1/93/NB Gliwice 1993 r. (praca nie publikowana)
- [2] Praca zbiorowa: "O.K. MES/3 Instrukcja" Wyd.1. Oprogramowanie komputerów Warszawa 1991 r.
- [3] PN-82/M-55655. Tokarki karuzelowe jednoosobowe i dwuosobowe. Sprawianie dokładności.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jerzy Honczarenko

Wpłynęło do redakcji w grudniu 1993r.

Abstract

The turntables of turning and boring lathes are those elements which weren't stiffly evaluated calculation. During their construction one have been based on intuition and experience of the constructor. The tables are great disk elements from several to several hundred tons.

In the article is talk of turntable of the turning and boring lathe KCH 320/350 NM production of Machine Tools Works "RAFAMET". The mass of the table is about 15 tons. Optymalization of such construction can bring effects in form of saving raw materials and bring positive influence on dynamics of the whole machine tool.

The model of the table was created using to that finite elements of type: lump/block/, plated-covered, balk, spring. On the picture Fig.1 we see one of the radial ribs consisting of elements of block type.

From the recounted different variants of loadings was taken out that one, that gave the highest deformation of turntable working surface (see Fig.2).

On the ground of result analysis of static calculations one can include that the turntable is an element of the element of the considerable stiffness having not great influence on precision of treatment (the highest deformation of the working surface amounts circa 6-7 μm in comparison with other machine tool units. Since the influence of the higher guide on stiffness of turntable is not large (see Fig.3) one can stipulate modification of construction, consisting in omission of the higher guide as separate element and doing equal table.

In addition one can notice that the forces from the four jaw chuck in majority of cases bring about diminuation of resultant deformation of turntable working surface.

Within the dynamic analysis were evaluated the first five frequencies. One can perceive that in this form dominates the movment of turntable working surface along the vertical axle, by the way the same working surfaee deforms very insignificantly.

From dynamic analysis results that, the turntable is a correct construction that can manifest the high first frequency (circa 10 times greater from the crossrail of the machine tool).

The farther works at the table model should go in direction of regard the workability of union the higher part of the table with the higher guide and taking precise in consideration workability of the longituinal bearing, workability of which has a considerable influence on workability of the working spindle (table + bearing).