

SYMPOZJON "MODELOWANIE W MECHANICE"

POLSKIE TOWARZYSTWO MECHANIKI TEORETYCZNEJ I STOSOWANEJ

Beskid Śląski, 1990

Tadeusz Tyrlik, Marian Wiercigroch, Krzysztof Tytkowski

INSTYTUT BUDOWY MASZYN

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

## JEDNO-I WIELOSKŁADOWE WSKAŹNIKI SZTYWNOŚCI OBRABIAREK

Streszczenie : W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych dotyczące wskaźników jedno i wieloskładowej sztywności statycznej w postaci wskaźników liczbowych, funkcji płaskich i przestrzennych ujawniających nieliniowości i dysypację energii w układzie nośnym obrabiarki.

1. Wstęp

Przedstawiony artykuł jest kontynuacją tematu prezentowanego na poprzednim Sympozjonie "Modelowanie w Mechanice" [1], gdzie zdefiniowano pojęcia sztywności jedno i wieloskładowej, omówiono metodykę badawczą oraz podano wstępne wyniki badań.

Natomiast w niniejszej pracy zamieszczono wyniki kompleksowych badań nad strukturą nośną obrabiarki, analizę mechanizmów przemieszczeń poszczególnych zespołów oraz graficzną reprezentację w odkształconym układzie nośnym. W/w analiza posłużyła do identyfikacji członu o najniższym wskaźniku sztywności względnej oraz budowy modelu wyjaśniającego mechanizm przemieszczeń tego zespołu. Dostarczyła ona także cennych estymat służących do budowy modelu dynamicznego układu OUPN (Obrabiarka-Uchwyt-Przedmiot Obrabiany-Narzędzie).

Badania eksperymentalne dotyczące wyznaczania wskaźników sztywności powinny uwzględniać wpływ wszystkich istotnych parametrów w zakresie ich zmienności występujących w trakcie różnych zmian położenia zespołów obra-

biarek. Badaną obrabiarkę charakteryzuje m.in. wysuwane wrzeciono, przemieszczany po pionowych prowadnicach stojaka wrzeciennik oraz krzyżowo-obrotowy stół. W takim przypadku wskaźniki sztywności statycznej określonego zespołu (np. wrzeciennika) będą się zmieniały wraz z wysuwem wrzeciona, wysokością położenia wrzeciennika czy też asymetrii położenia stołu. Będą to więc wskaźniki o charakterze parametrycznym.

Uwzględniając dodatkowo nieliniowości układu nośnego, których źródłem jest sztywność połączeń prowadnicowych i stałych - wskaźnik sztywności opisany jest funkcją

$${}^i c_{\zeta, \eta} = f(F, L, H, A) \quad (1)$$

gdzie :

${}^i c_{\zeta, \eta}$  - sztywność statyczna w j-tym punkcie i-tego zespołu w kierunku  $\zeta$  przy obciążeniu w kierunku  $\eta$ ,

F - siła obciążająca końcówkę wrzeciona,

L - wysuw wrzeciona,

H - wysokość położenia osi wrzeciona nad płaszczyzną stołu,

A - asymetria położenia stołu względem osi obrabiarki.

## 2. Sztywność jednoskładowa i wieloskładowa

Jednoskładową sztywnością statyczną określa się zdolność przeciwstawiania się jednej ze składowych siły skrawania, natomiast wieloskładową - wypadkowej siły skrawania w wybranym kierunku.

Sztywnością globalną jest funkcja wielu zmiennych określająca wskaźniki sztywności bezwzględnej zespołu, grupy zespołów lub całej obrabiarki odnosząc rejestrowane przemieszczenia w stosunku do niezależnej bazy pomiarowej.

Sztywnością lokalną jest funkcja wielu zmiennych określająca wskaźniki sztywności względnej pomiędzy sąsiednimi lub wskazanymi elementami lub zespołami obrabiarki.

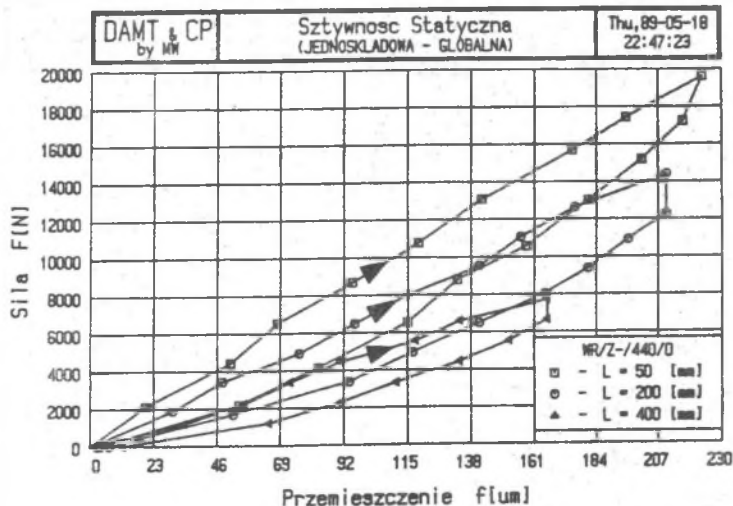
Badania sztywności statycznej jednoskładowej i wieloskładowej przeprowadzono w 110 seriach pomiarowych grupując je w cztery sekcje - tzn. dotyczące sztywności zespołów : wrzeciona - wrzeciennika, stojaka, stołu krzyżowo-obrotowego oraz sztywności wieloskładowej. W rezultacie uzyskano bazę danych umożliwiającą obliczenie wskaźników sztywności.

Na rys.1 przedstawiono wykresy porównawcze jednoskładowej sztywności globalnej wrzeciona roboczego dla różnych wartości parametru L. Natomiast wpływ kierunku obciążenia układu nośnego na kształt charakterystyk ujmuje rys.2.

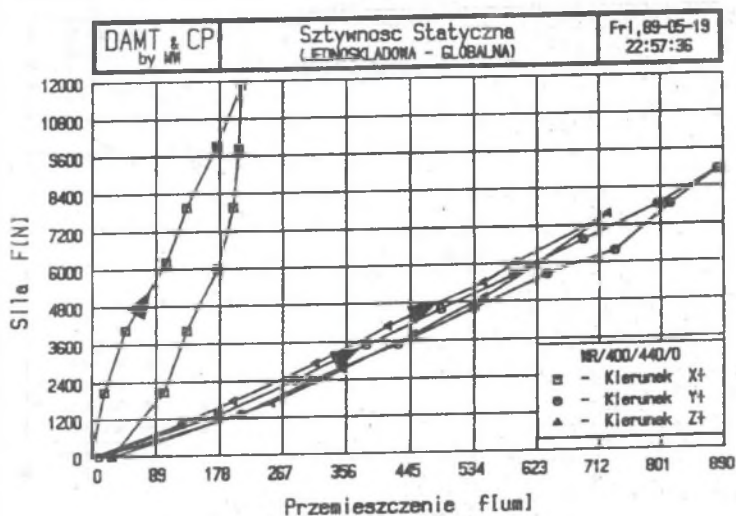
Wykresy sztywności wieloskładowej wrzeciennika (rys.3) oraz stołu

(rys.4) wskazują na występowanie dużych nieliniowości w układzie nośnym obrabiarki, których źródłem są interakcje wywołane poprzez jednoczesne działanie składowych obciążających przestrzenny układ [2].

Drugą grupę graficznej reprezentacji wyników pomiarów sztywności wie-

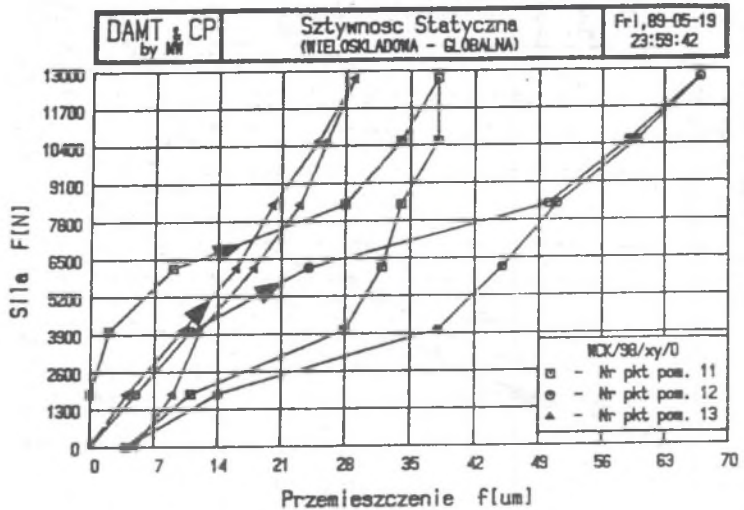


Rys.1. Sztynność jednoskładowa WR dla różnych L

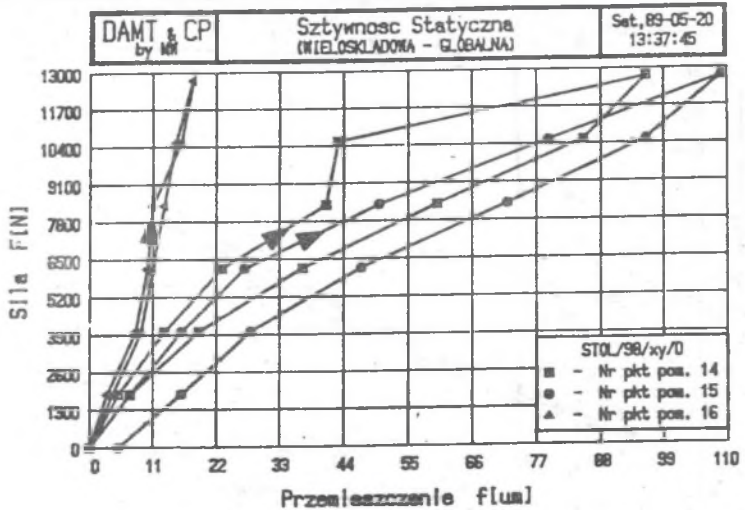


Rys.2. Sztynność jednoskładowa WR dla różnych kierunków obciążenia

łóskładowej stanowią wykresy przestrzenne funkcji  $F = \phi(f, \psi)$  ( $f$ -przemieszczenie,  $\psi$ -kąt przestrzennej konfiguracji siły obciążającej układ). W pracy zamieszczono jedynie przykładowy wykres. Występujące maksima lokalne umożliwiają określenie kierunków o uprzywielejowanej dokładności obrabiarki [3].



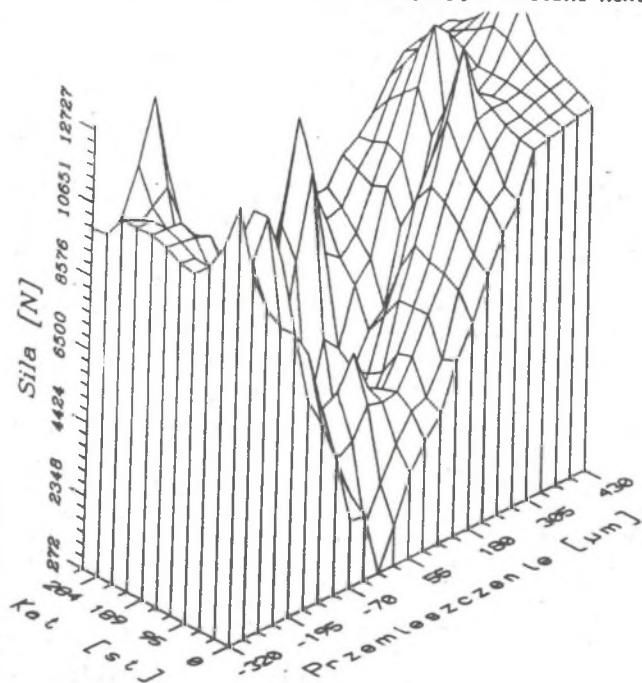
Rys. 3. Szywność wieloskładowa wrzeciennika



Rys. 4. Szywność wieloskładowa stołu krzyżowo obrotowego

## 3. Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań eksperymentalnych oraz wykonanej analizy wyników pomiarów i obliczeń sformułowano następujące wnioski końcowe [2,3] :



Rys.5. Sztywność wieloskładowa WR

- 1<sup>o</sup> duża rozbieżność wartości wskaźników sztywności globalnej i lokalnej co w poważnym stopniu może wpłynąć na dokładność obróbki (szczególnie wrzeciennik i stojak),
- 2<sup>o</sup> znaczna nieliniowość charakterystyk zespołów przesuwnych świadczy o niskich wartościach napęd wstępnych,
- 3<sup>o</sup> bardzo niska sztywność stojaka oraz kształt odkształcenia w funkcji wysokości wskazują na równoczesne odchylenie się i jego przesuwanie,
- 4<sup>o</sup> cykliczna zmienność sztywności globalnej w kierunku promieniowym w funkcji kąta  $\psi$  (rys.5),
- 5<sup>o</sup> sztywności jednoskładowe w prostopadłych kierunkach nie podlegają zasadzie superpozycji podatności.

## LITERATURA

- [1] Tyrlik T., Wierciogroch M : Proc. Symposium "Modelling in Mechanic", pp 154-159, Gliwice-Wisła 1989.
- [2] Praca NB-110/RMT-1/88 pt. "Analiza właściwości statycznych i dynamicznych wiertarko-frezarek dla budowy autonomicznych stacji obróbkowych", spr. z I etapu, Gliwice 1988.
- [3] Wierciogroch M : Komputerowo wspomagana ocena właściwości statycznych i dynamicznych obrabiarek na przykładzie wiertarko-frezarki WFM 100 CNC, rozprawa doktorska, Gliwice 1989.

## ОДНО И МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖЕСТКОСТИ СТАНКА

## Резюме

В работе представлены результаты экспериментального исследования показателей одно и многокомпонентной статичной жесткости станка в виде числовых показателей, плоских и пространственных функций, обнаруживающих нелинейность и диссипацию энергии в несущей конструкции станка.

## SINGLE AND MULTIAXIAL INDEX OF STIFFNESS OF MACHINE TOOLS

## Summary

In the article the results of experimental determining of a single and multiaxial static stiffness as number factors, two and three dimensional function which show nonlinearities and dissipation of energy in the MChWT (Machine Tool - Chuck - Workpiece - Tool) system are presented.