

Stefan Joniak

Politechnika Poznańska

Bolesław Ochodek

Wyższa Oficerska Szkoła Samochodowa w Pile

ROZKŁAD SIŁ NA OBWODZIE POŁĄCZENIA WIELOWYPUSTOWEGO  
W ZŁOŻONYM STANIE OBCIĄŻENIA

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono specyficzne rozkłady sił wypadkowych o kierunku stycznym i normalnym do czynnej powierzchni wypustów w równoległym połączeniu wielowypustowym, poddanym działaniu złożonego stanu obciążenia. Wykazano, że obwodowa nierównomierność rozkładu obciążenia zależy od wzajemnego stosunku składowych pochodzących od zginania i skręcania.

## 1. WSTĘP

W publikacjach poświęconych obciążeniom w połączeniach wielowypustowych - jak na przykład [1,2] - przyjmuje się, że w złożonym stanie obciążenia na wypusty wału w dowolnym przekroju poprzecznym działają:

-siła wypadkowa  $F_w$   
 $z' \leq z$

$$F_w = \sum_{i=1}^z (F_{oin} \sin \alpha_i + Q_{in} + T_{fin} \cos \alpha_i) \quad (1)$$

-moment wypadkowy  $M_w$   
 $z' \leq z$

$$M_w = \frac{1}{z} \sum_{i=1}^z F_{oin} d_{sr} \quad (2)$$

gdzie:  $F_{oin}$  -siła obwodowa przenoszona przez i-tą parę w przekroju  $x=x_n$ ,

$Q_{in}$  -składowa siły  $Q$ , przy czym  $Q_{in} = Q/z = \text{const}$ ,

$T_{fin}$  -siły tarcia występujące pomiędzy bocznymi powierzchniami i-tej pary wypustów w przekroju  $x = x_n$ ,

$d_{sr}$  - średnia średnica połączenia,

$z'$  - liczba wypustów rzeczywiście przenoszących obciążenie w zadanych warunkach obciążenia i przy istniejących błędach wykonawczych,

$z$  - całkowita liczba wypustów.

Analiza wyników badań empirycznych, przeprowadzonych przy użyciu specjalnych siłomierzy, wykazała zbyt daleko idące uproszczenia w warunku (1), szczególnie dotyczy to braku przesłanek do przyjmowania założenia, że  $Q = \sum Q_{in}$  przy  $Q_{in} = \text{const}$  oraz sposobu sumowania sił tarcia  $T_{fin} \cos \alpha_1$  z pominięciem ich natury. Przyjęto więc układ sił bardziej adekwatny do wyników pomiarów. Dla połączenia, jak na rysunku 1, siły obciążające poszczególne wypusty 1Q wypustowego połączenia zobrazowano na rysunku 1.

## 2. ROZKŁAD SIŁ W POŁĄCZENIU WIELOWYPUSTOWYM

W każdej i-tej parze wypustów i w każdej z płaszczyzn  $x=x_n$  na wypusty wału po ich stronie czynnej działają siły:

$-T'_{fin} = \mu F_{oin}$  - siły tarcia pochodzące od sił obwodowych,

$-T''_{fin} = \mu Q_{in} \cos \alpha_1$  - siły tarcia pochodzące od składowej siły Q,

$-T_{fin} = T'_{fin} + T''_{fin}$  - wypadkowa siła tarcia,

$-Q_{in}$  - składowe siły Q, przy czym  $\sum Q_{in} = Q$ , lecz  $Q_{in} \neq \text{const}$ ,

$-F_{oin} = \frac{2 M_s}{z d_{sr}}$  - siła obwodowa.

Dla tak przyjętego układu sił obwodowych uzyskuje się odmienny niż w warunku (1) sposób sumowania sił tarcia

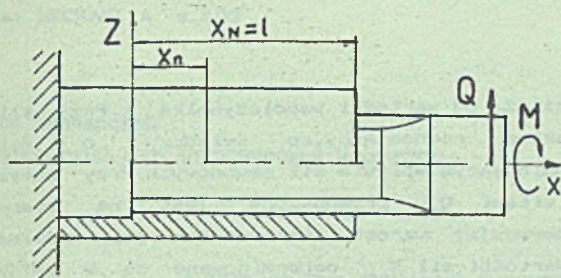
$$z' \leq z$$

$$T_{fin} = \mu \left[ \sum_{i=1} F_{oin} + (Q_{1n} + Q_{2n} - Q_{4n} - Q_{5n}) \cos \alpha_j \right], j=1,2,4,5, (3)$$

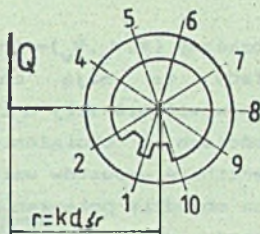
uwzględniający nie tylko kierunki, ale także realne zwroty tych sił na poszczególnych wypustach wału. Dla ścisłości rozważań należy dodać, że na rysunku 2a dokonano schematyzacji nie uwzględniającej przesunięcia punktów przyłożenia sił  $Q_{in}$  w stronę naroży wypustów. Podjęte próby modelowania obciążenia wypustów doprowadziły do spostrzeżenia, że najlepszą zgodność z wynikami pomiarów uzyskuje się w przypadku wyznaczania sił wypadkowych  $W = W_u + W_v$  na każdej parze wypustów, przy przyjęciu prostokątnego układu współrzędnych o początku na wysokości średniego promienia połączenia po stronie czynnej każdego z wypustów i osiach u, v, przy czym osie  $u_1$  są zwrócone w stronę środka połączenia, zaś osie  $v_1$ , normalne do  $u_1$ , są zwrócone zgodnie z kierunkiem przenoszenia momentu obrotowego.

Charakter obwodowej nierównomierności rozkładu sił  $W_u, W_v$  oraz W pokazano na rysunku 2b, przy czym wykresy normowano do wartości średniej siły obwodowej. Rozkłady  $(W, W_u, W_v) = f(z)$  sporządzono dla różnych relacji zachodzących pomiędzy M i Q, poprzez dobór różnych wartości współczynnika k w zależności geometrycznej  $r = k d_{sr}$  (rys. 1).

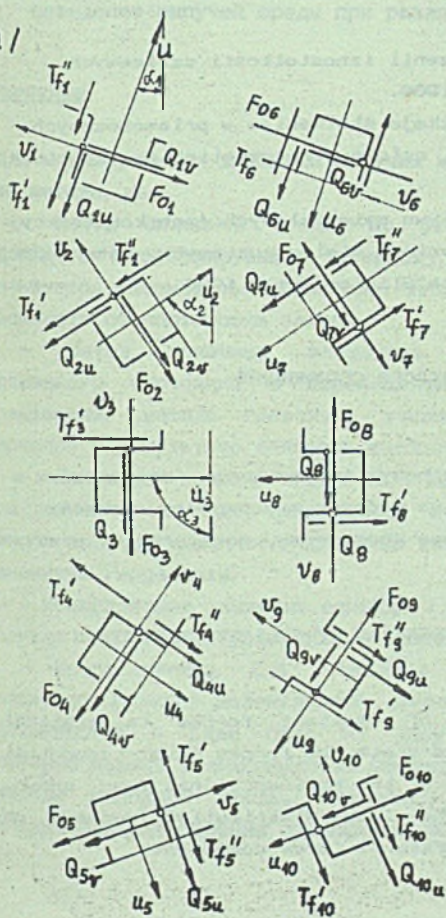




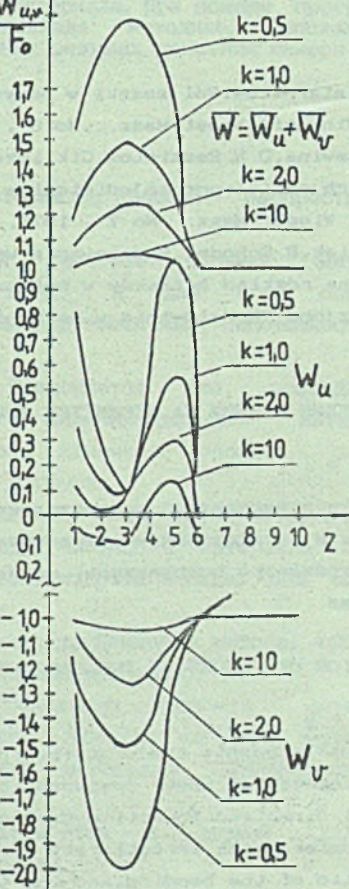
Rys.1



a/



b/  $\frac{W_{ux}}{F_0}$



Rys.1

Fig.1

## 3. WNIOSKI

Rozkłady  $(W_u, W_v) = f(z)$  zależą od wartości współczynnika  $k$ . Przy  $k > 10$  rozkłady te mają charakter równomierny, co świadczy o małym istotnym wpływie siły  $Q$  i dominującym wpływie sił obwodowych. Przy małych wartościach  $k$  obciążenie siłami  $Q_{in}$  przenoszone jest na bierne powierzchnie wypustów wału, powodując wzrost nierównomierności rozkładu sił na obwodzie połączenia. Wartości sił  $W_{in}$  determinowane są w każdym przekroju  $x = x_n$  wartością współczynnika wzdłużnej nierównomierności rozkładu nacisków stykowych  $K(x)$  [3].

## LITERATURA

- [1] I. J. Tatarnikow, Rol smazki w powyszeniu iznostoikosti szlicewych sojedinenij, Wiest. Masz. ,No 6 , 1968.
- [2] Z. M. Lewina, D. N. Reszietow, Cikliczeskoje skolzenije w priamobocznych zubjach szlicewogo sojedinenija i uslownyj rascziotich na iznostoikost. Wiest. Masz. .No 7 . 1974.
- [3] S. Joniak, B. Ochodek, Modelowanie wpływu materiałowych cech konstrukcyjnych na rozkład nacisków w połączeniach wielowypustowych. Mater. 28 Sympozjonu "Modelowanie w mechanice" Gliwice-Wisła 1989

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИИ НА ПЕРИМЕТРЕ ШЛИЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ

## Р е з ю м е

В работе представлено распределения результирующих сил действующих в нормальных и касательных направлениях на рабочих поверхностях шлицев.

Рассматривается неподвижное, шлицевое соединение, подвергающее действию сложных сил.

## DISTRIBUTION OF FORCES AT THE CIRCUMFERENTIAL OF SPLINED CONNECTION

## S u m m a r y

The paper presents the distribution of resultant forces in statical splined connection under composed load state. The forces have tangential and normal direction to active surface of the splines. It has been shown, that circumferential irregularity of the load distribution depends on mutual ratio of the bending, and the torsional force components.