

Grzegorz CHOMKA, Jerzy CHUDY, Marian OLEŚKIEWICZ

ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCI POŁĄCZEŃ WPUSTOWYCH, WIELOWYPUSTOWYCH I WIELOKARBOWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę porównawczą wytrzymałości połączeń wpustowych, wielowypustowych i wielokarbowych jako złączy ruchowych i spoczynkowych. Obliczono moment, jaki może przenieść każde z tych połączeń dla tych samych warunków pracy oraz przeprowadzono analizy porównawcze uzyskanych wyników.

Słowa kluczowe: analiza wytrzymałościowa, połączenia wpustowe, połączenia wielowypustowe, połączenia wielokarbowe.

WSTĘP

Analiza współczesnych rozwiązań konstrukcyjnych transportu kołowego wskazuje na bardzo powszechne rozwiązania z zastosowaniem połączeń kształtowych wału i piasty w postaci połączeń wpustowych, wielowypustowych czy wielokarbowych. Mogą to być połączenia typu ruchowego lub spoczynkowego, pośredniego lub bezpośredniego. W każdym przypadku zależy to nie tylko od potrzeb konstrukcyjnych, ale też od zamysłu samego konstruktora wynikającego, z jednej strony z jego doświadczenia, z drugiej zaś z wyników obliczeń uwzględniających warunki pracy.

W połączeniach kształtowych bezpośrednich na powierzchniach styku wykonano występy i wgłębienia umożliwiające przeniesienia momentu obrotowego bez dodatkowych łączników zaś w pośrednich do powyższego celu niezbędny jest dodatkowy łącznik.

1. PODSTAWY TEORETYCZNE

Stosowane w praktyce postacie geometryczne połączeń kształtowych są zazwyczaj znormalizowane. Wymiary ich przekroju poprzecznego są tak dobrane by nośność połączenia wynikała przede wszystkim z granicznej odporności na naciski powierzchniowe. Ogólnie można powiedzieć, że przy projektowaniu połączeń kształtowych obowiązuje zasada wyboru najkorzystniejszej postaci konstrukcyjnej złącza ze względu na nośność i przenoszoną moc czy moment. W obliczeniach inżynierskich stosuje się uproszczone modele połączeń. Przyjmuje się pewną idealizację powierzchni nośnych połączenia. Gdy powierzchnie te nie są płaskie, do obliczeń przyjmuje się ich rzuty na powierzchnię przechodzącą przez oś łączników. Również szeregowo rozmieszczone powierzchnie nośne na obwodzie czopa, np. w połączeniach wielowypustowych lub wielokarbowych, traktuje się jako płaskie.

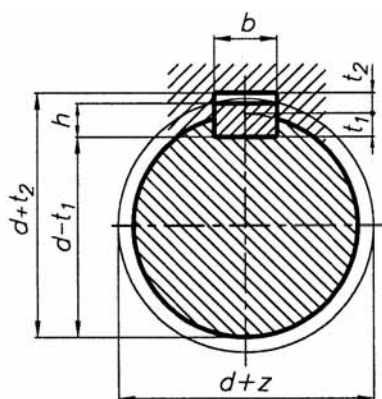
2. ANALIZA PORÓWNAWCZA WYTRZYMAŁOŚCI POŁĄCZEŃ KSZTAŁTOWYCH

Do obliczeń porównawczych przyjęto następujące założenia techniczne:

- parametrem porównawczym jest przenoszony moment skręcający M_s ,
- średnica obliczeniowa wałka $d = 50$ mm,
- czynna długość piasty koła w połączeniu $L_p = 70$ mm,
- czop i piasta utwardzona ($HRC \geq 45$),
- średnie warunki pracy (zmiennie obciążenia, minimalne drgania, przeciętne warunki smarowania oraz dokładności kształtu i gładkości powierzchni),
- dopuszczalne naciski powierzchniowe w połączeniach wpustowych, wielowypustowych i wielokarbowych wartości średnie wg tabeli,
- znormalizowane wielkości połączeń wpustowych wg PN-70/M-85005,
- znormalizowane wielkości w połączeniach wielowypustowych wg PN-ISO 14: 1994,
- znormalizowane wielkości w połączeniach wielokarbowych wg PN-68/M-85014.

2.1. Obliczenia momentów skręcających dla poszczególnych rozwiązań konstrukcyjnych

2.1.1. Połączenia wpustowe



Rys. 1. Główne wymiary połączenia wpustowego

Źródło: Opracowanie własne.

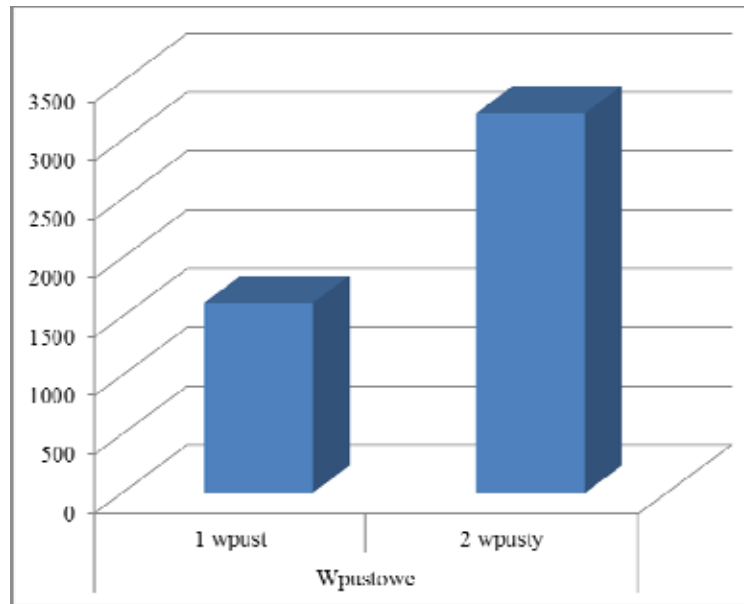
Dla średnicy $d_{nom} = 50$ mm dobrano wymiary wpustu: $b \times h = 14 \times 9$, $t_1 = 5,5$ mm, $t_2 = 3,8$ mm jak i jego długość wynoszącą $l = (0,75 \div 0,8) L_p = 56$ mm. Przenoszony moment wyliczony jest z następującego warunku na naciski powierzchniowe:

$$M_s \leq \frac{p_{dop} \cdot d_{nom} \cdot z \cdot t_1 \cdot l_o}{2}$$

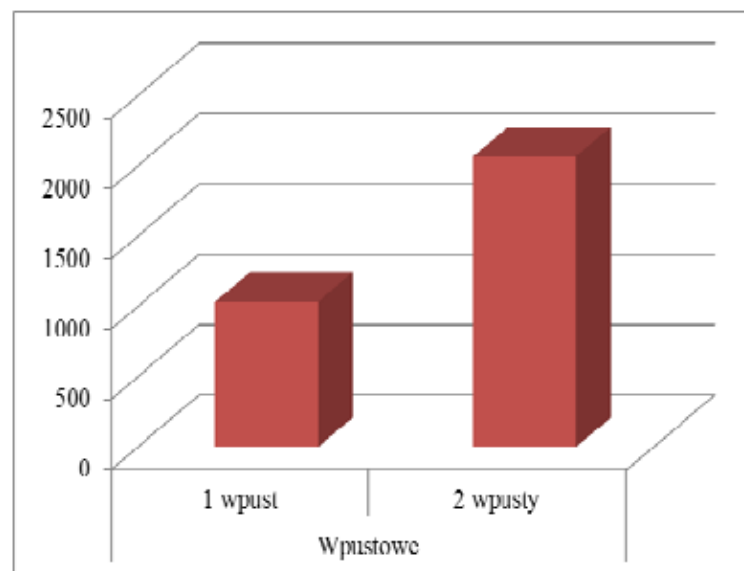
gdzie: liczba wpustów $z = 1$ lub 2 .

Zestawienie wyników obliczeń ilustrują wykresy zamieszczone na rys. 2. Najwyższe wartości momentu, przekraczające 3200 Nm, przeniesie połączenie spoczynkowe z dwoma wpustami. Połączenia ruchowe wykazują znacznie niższe możliwości przeniesienia momentu ze względu tylko na niższe własności wytrzymałościowe, ale też ze względu na konieczny luz w połączeniu jak i praktyczną konieczność przykręcania wpustów co dodatkowo osłabia wał.

a)

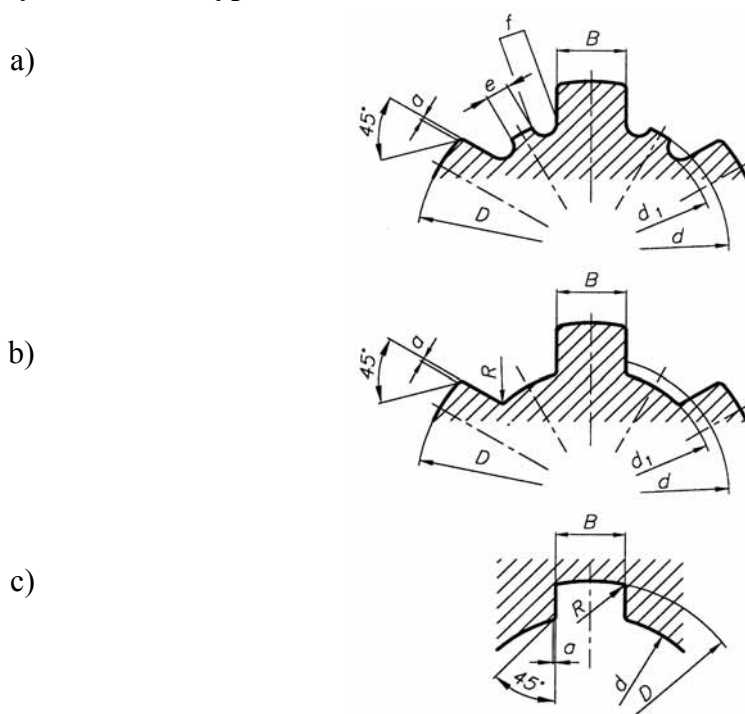


b)



Rys. 2. Wartości momentu M_s przenieszonego przez połączenie wpustowe a) obciążeniu spoczynkowym b) przy obciążeniu ruchowym

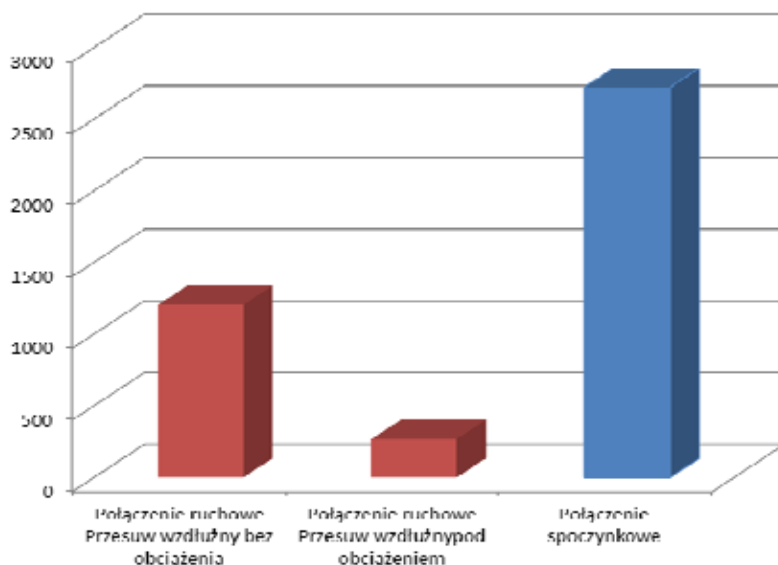
2.1.2. Połączenia wielowypustowe



Rys. 3. Główne wymiary połączeń wielowypustowych równoległych: a) wałka dla osiowania na średnicy d , b) wałka dla osiowania na średnicy D lub bokach wypustów B , c) zarys otworu

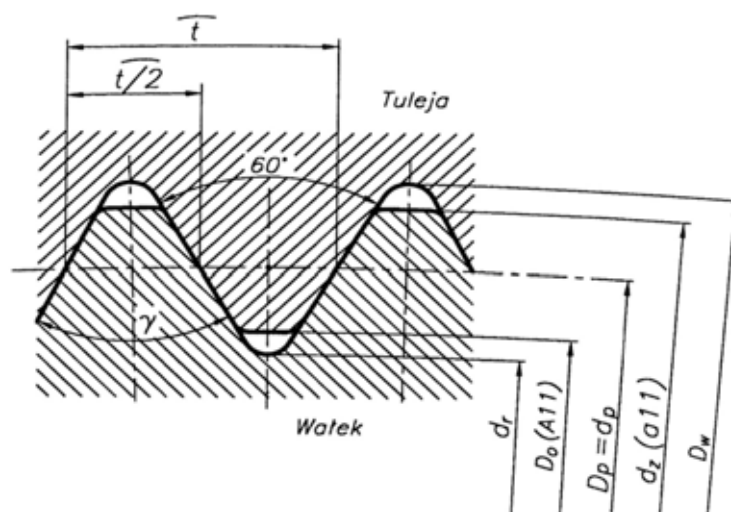
Dla tej samej $d_{nom} = 50$ mm, dobrano następujące wielkości połączenia, $d = 42$ mm, $D = 48$ mm, $B = 8$ mm, liczba wypustów $n = 8$, wysokość rzutu bocznej powierzchni wielowypustu na płaszczyznę przechodzącą przez oś złącza $h = 3$, średnia średnica $d_{sr} = 45$. Czynna długość wielowypustu uwzględniająca sfazowania wynosi $l_o = 66$ mm. Wartość przenieszonego momentu wylicza się ze wzoru uwzględniającego współczynnik φ obrazujący procentowe wykorzystanie wypustów w pracy złącza.

$$M_s \leq \frac{p_{dop} \cdot d_{sr} \cdot n \cdot h \cdot l_o \cdot \varphi}{2}$$



Rys. 4. Wartości momentu M_s przenieszonego przez połączenie wielowypustowe

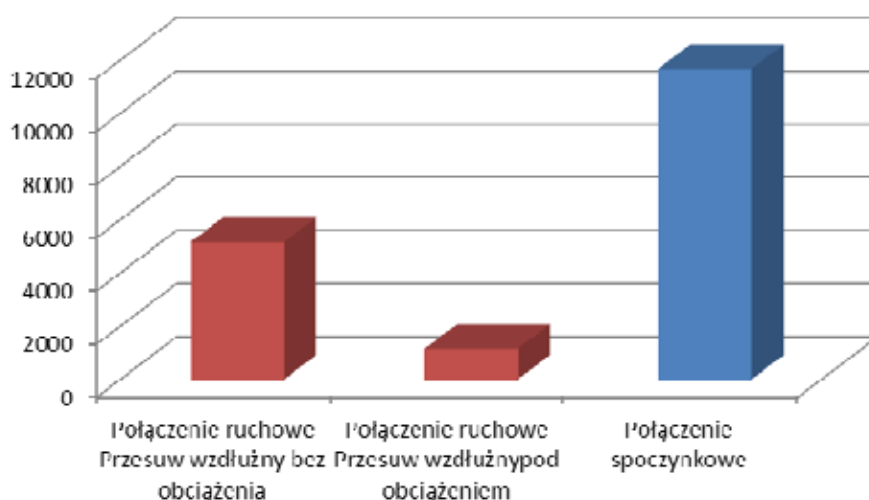
2.1.3. Połączenia wielokarbowe



Rys. 5. Główne wymiary połączenia wielokarbowego

Dla średnicy $d_{nom} = 50$ mm, dobieramy następujące wartości połączenia $d_p = D_p = 47,5$ mm, $z = 39$, $d_z = 50$ mm, $D_0 = 45$ mm, $\gamma = 50^\circ 46' 09''$, czynna długość wielokarbu uwzględniająca sfazowania 66 mm.

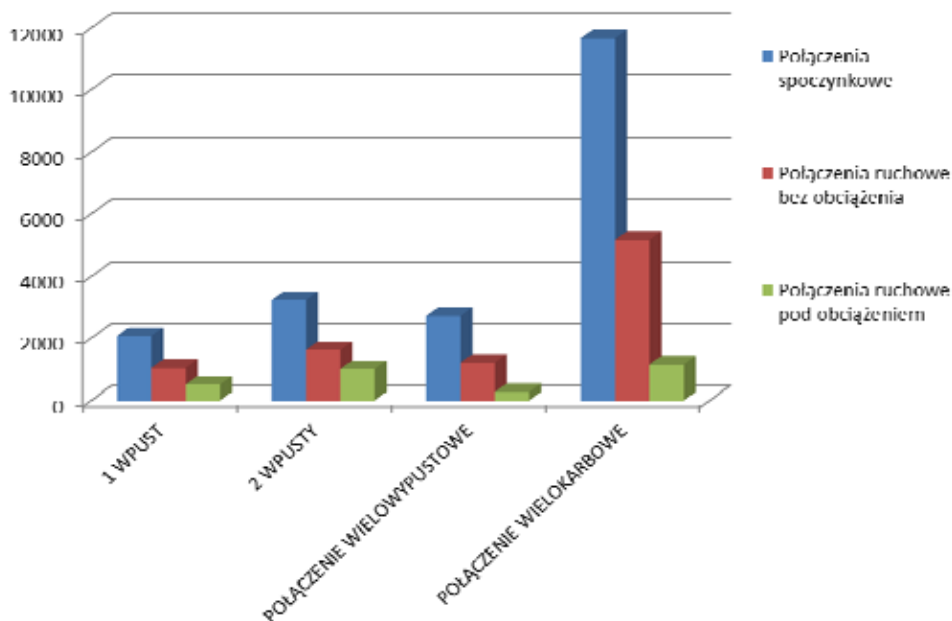
$$M_s \leq \frac{P_{dop} \cdot d_{sr} \cdot z \cdot h \cdot l_o \cdot \varphi}{2}$$



Rys. 6. Wartości momentu M_s przenieszonego przez połączenie wielokarbowe

2.2. Analiza porównawcza wytrzymałości połączeń ruchowych i spoczynkowych

Zestawienie porównawcze obliczeń wytrzymałościowych, zobrazowane na rys. 7, dla omawianych wcześniej połączeń kształtowych ukazuje jednoznaczną przewagę połączeń wielokarbowych w zakresie przenoszenia obciążeń spoczynkowych. Takie też jest ich najczęstsze zastosowanie. Zaskakująco niskie są wartości przenoszonych momentów przez połączenie wielowypustowe kilkakrotnie niższe od wielokarbowych a porównywalne do wpustowych z dwoma wpustami. Przyczyną takiego stanu może być fakt, że dla średnicy nominalnej 50 mm, wymiary znormalizowane wielowypustu serii średniej wynoszą 48/42 co zmniejsza ramię działania i tym samym przenoszony moment.



Rys. 7. Zestawienie zbiorcze wartości momentu M_s przenoszonego przez różne typy połączeń

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych analiz można przedstawić następujące wnioski:

- w każdym przypadku połączenia kształtowe typu spoczynkowego mają większą wytrzymałość niż ruchowe;
- spośród przeanalizowanych połączeń wyraźnie najwyższą wartość M_s przenosi spoczynkowe połączenie wielokarbowe;
- najslabszym połączeniem jest ruchowe połączenie wielowypustowe i wielokarbowe przesuwne pod obciążeniem;
- dla połączeń wpustowych decydujące znaczenie ma liczba wpustów;
- w połączeniach wielowypustowych i wielokarbowych na ostateczną wytrzymałość wpływa w istotny sposób współczynnik uwzględniający ich procentowy udział w przenoszeniu obciążenia.

Podsumowując można stwierdzić, że do połączeń spoczynkowych najkorzystniej jest stosować połączenia wielokarbowe lub wpustowe, przy czym ze względu na centrowanie najlepiej dwuwypustowe. Do połączeń ruchowych ze względów eksploatacyjnych najkorzystniejsze wydają się połączenia wielowypustowe, trwałe o dobrych cechach użytkowych.

BIBLIOGRAFIA

1. Baturin A.T., *Detali maszyn*. Wyd. Maszynostrojenie, Moskwa 1970.
2. Dietrich M., *Podstawy Konstrukcji Maszyn*. PWN, Warszawa 1988.
3. Osiński Z., *Podstawy Konstrukcji Maszyn*. PWN, Warszawa 1999.
4. Skoć A., Spalek J., *Podstawy Konstrukcji Maszyn*. WNT, Warszawa 2006.

STRENGTH ANALYSIS JOINTS OF KEY, SPLINED AND SERRATION TYPE

Abstract

The article presents the comparative analysis of the key splined and serration type joints as the movable and stationary joints. The moments that each of these joints is capable of transferring for the same operating conditions has been calculated. The analysis of results obtained has been made.

Słowa kluczowe: strength analysis, keyway connection, splined connection, multicrimp connection.

Autorzy:

dr inż. **Grzegorz Chomka** – Politechnika Koszalińska

dr inż. **Jerzy Chudy** – Politechnika Koszalińska

doc. dr inż. **Marian Oleśkiewicz** – Politechnika Koszalińska