

Podstawy Konstrukcji Maszyn

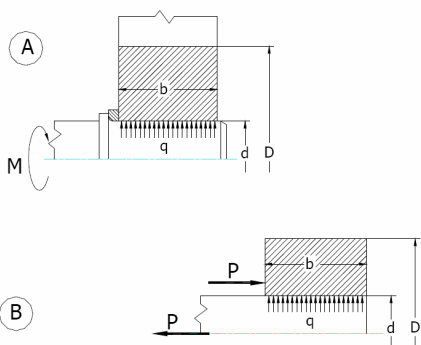
Wykład 13

Połączenia wciskowe

Dr inż. Jacek Czarnigowski

Połączenia wciskowe

Połączenie wciskowe jest rodzajem połączenia kształtowego bezpośredniego rozłącznego

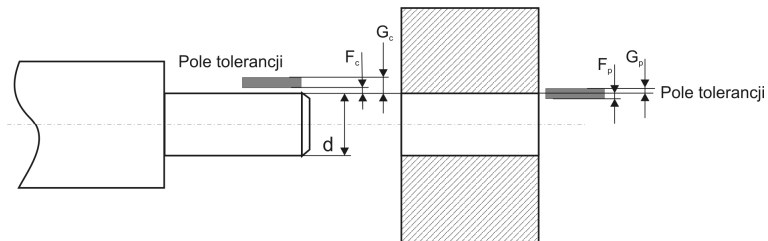


Nie ma elementu pośredniego

Połączenie odbywa się dzięki tarcii wywołanemu wzajemnym naciskiem powierzchni łączonych

Połączenia wciiskowe

Połączenie wciiskowe uzyskuje się poprzez odpowiednie wymiary elementów



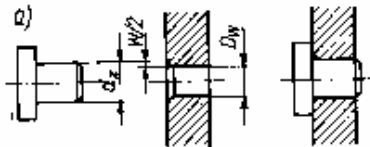
Walek jest większy niż otwór w piaście

Te różnice uzyskuje się dzięki odpowiedniemu doborowi pasowania (tolerancji wymiarowej obu elementów)

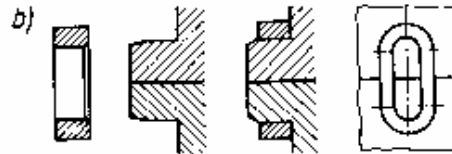
Połączenia wciiskowe

Rodzaje połączeń

Bezpośrednie



Pośrednie





Połączenia wciskowe

Sposoby montażu połączeń

Wtłaczane

Działanie poosiową siłą na element w celu nasunięcia jednego elementu na drugi

Skurczowe

Wykorzystuje rozszerzalność cieplną metali. Obniżenie temperatury wałka lub podniesienie temperatury piasty. Następnie połączenie obu elementów i wyrównanie temperatur.



Połączenia wciskowe

Cechy połączeń

Zalety:

- dokładna współosiowość
- brak elementów dodatkowych
- proste i tanie wykonanie
- duża obciążalność złącza (obciążenia zmienne i udarowe)
- brak karbu

Wady:

- konieczność zachowania dużych dokładności i małych chropowatości
- wrażliwość na temperaturę pracy przy różnych materiałach łączonych
- niebezpieczeństwo zatarcia przy montażu
- krawędziowe koncentracje naprężeń

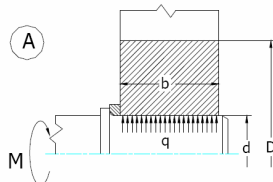
Połączenia wciiskowe

d = 50.0 mm		Podstawowy otwór, H				Podstawowy wałek, h							
IT5 = 3 μm		T _w				T _w							
IT6 = 16 μm		T _o				T _o							
IT7 = 25 μm		0				0							
IT8 = 39 μm		0				0							
Symbol pasowania	ES	EI	es	ei	T _o	T _w	W _{min}	W _{max}	W _{sr}	W _{min} /d	W _{max} /d	W _{sr} /d	
	μm				μm			μm			‰		
bardzo lekko wtłaczane	P7 / h6	-17	-42	0	-16	25	16	1	42	21.5	0.02	0.84	0.43
	P6 / h5	-21	-37	0	-3	16	3	18	37	27.5	0.36	0.74	0.55
	H7 / p6	25	0	41	25	25	16	0	41	20.5	0.00	0.82	0.41
	H6 / p5	16	0	28	25	16	3	9	28	18.5	0.18	0.56	0.37
lekko wtłaczane	R7 / h6	-25	-50	0	-16	25	16	9	50	29.5	0.18	1.00	0.59
	H7 / r6	25	0	50	34	25	16	9	50	29.5	0.18	1.00	0.59
	H6 / r5	16	0	37	34	16	3	18	37	27.5	0.36	0.74	0.55
wtłaczane (zwykle)	S7 / h6	-34	-59	0	-16	25	16	18	59	38.5	0.36	1.18	0.77
	H8 / s7	39	0	68	43	39	25	4	68	36	0.08	1.36	0.72
	H6 / s5	16	0	46	43	16	3	27	46	36.5	0.54	0.92	0.73
	H7 / s6	25	0	59	43	25	16	18	59	38.5	0.36	1.18	0.77
	H7 / s7	25	0	68	43	25	25	18	68	43	0.36	1.36	0.86
mocno wtłaczane	T7 / h6	-45	-70	0	-16	25	16	29	70	49.5	0.58	1.40	0.99
	H7 / t6	25	0	70	54	25	16	29	70	49.5	0.58	1.40	0.99
bardzo mocno wtłaczane	U8 / h7	-70	-109	0	-25	39	25	45	109	77	0.90	2.18	1.54
	H7 / u7	25	0	95	70	25	25	45	95	70	0.90	2.18	1.40
	H8 / u8	39	0	109	70	39	39	31	109	70	0.62	2.18	1.40
*	H8 / x8	39	0	136	97	39	39	58	136	97	1.16	2.72	1.94
*	H8 / z8	39	0	175	136	39	39	97	175	136	1.94	3.50	2.72

Połączenia wciiskowe

Nośność połączeń

Obciążenie momentem



$$M_s \leq M_T$$

$$M_T = T_s \cdot \frac{d}{2} = \mu \cdot p \cdot A \cdot \frac{d}{2} = \frac{1}{2} \cdot p \cdot \pi \cdot d^2 \cdot l \cdot \mu$$

Siła tarcia

Współczynnik tarcia

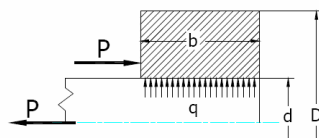
Pole styku elementów

Nacisk między powierzchniami

Połączenia wciiskowe

Nośność połączeń

Obciążenie siłą wzdłużną



$$P \leq T_p$$

$$T_p = \mu \cdot p \cdot A = p \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot \mu$$

Połączenia wciiskowe

Nośność połączeń

Obciążenie złożone

$$T \geq P_{wyp} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot M_s}{d}\right)^2 + P^2}$$

$$T = \mu \cdot p \cdot A = p \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot \mu$$



Połączenia wciskowe

Nośność połączeń

Współczynnik tarcia

Materiały łączone	Połączenie wtłaczane	Połączenie skurczowe
Stal/stal	0,08	0,14
Stal/żeliwo	0,08	0,08
Stal/stopy miedzi	0,05	0,06
Stal/tworzywa sztuczne	0,3	-----



Połączenia wciskowe

Nośność połączeń

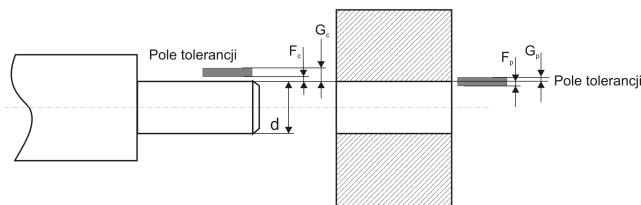
Zatem aby przenieść obciążenie konieczne jest uzyskanie odpowiedniego nacisku między powierzchniami

$$p_{wym} = \frac{T}{\pi \cdot d \cdot l \cdot \mu}$$

Połączenia wciiskowe

Wcisk wymagany

Aby uzyskać taki nacisk konieczne jest uzyskanie odpowiedniej różnicy wymiarów między wałkiem a piastą.



Połączenia wciiskowe

Wcisk wymagany

Zgodnie z wzorami Lamégo opisującymi odkształcenia elementów tworzących połączenie wciiskowe:

$$p = \frac{W}{d \cdot \kappa}$$

gdzie:

$$\kappa = \frac{\delta_c - \nu_c}{E_c} + \frac{\delta_p + \nu_p}{E_p}$$

Wałek (czop) **Piasta**

ν – liczba Poissona
 E – moduł Younga

$$\delta = \frac{1+x^2}{1-x^2} \quad x = \frac{d_w}{d_z} \quad \begin{array}{l} \text{Średnica wewnętrzna} \\ \text{Średnica zewnętrzna} \end{array}$$

Połączenia wciskowe

Wcisk wymagany

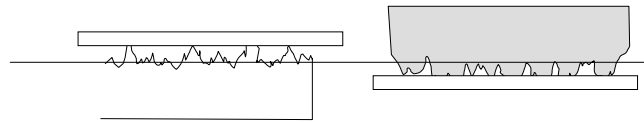
Zatem aby uzyskać wymagany nacisk konieczne jest uzyskanie odpowiedniego wcisku:

$$W_{wym} = p_{wym} \cdot d \cdot \left(\frac{\delta_c - \nu_c}{E_c} + \frac{\delta_p + \nu_p}{E_p} \right)$$

Połączenia wciskowe

Montażowe zmniejszenie wcisku

W przypadku złącza właczanego następuje zmniejszenie wcisku wynikające z odkształcenia plastycznego wierzchołków nierówności czopa i tulei:



$$\Delta W = a \cdot (R_{zc} + R_{zp})$$

$a = 0,8 \div 1,2$ Średnie wysokości chropowatości czopa i pasty

Połączenia wciiskowe

Wcisk wymagany minimalny

Zatem po uwzględnieniu tego zjawiska należy dobrać wcisk:

$$W_{\min} = W_{wym} + \Delta W$$

Na podstawie tego wcisku dobiera się pasowanie (tolerancje wymiarowe obu elementów)

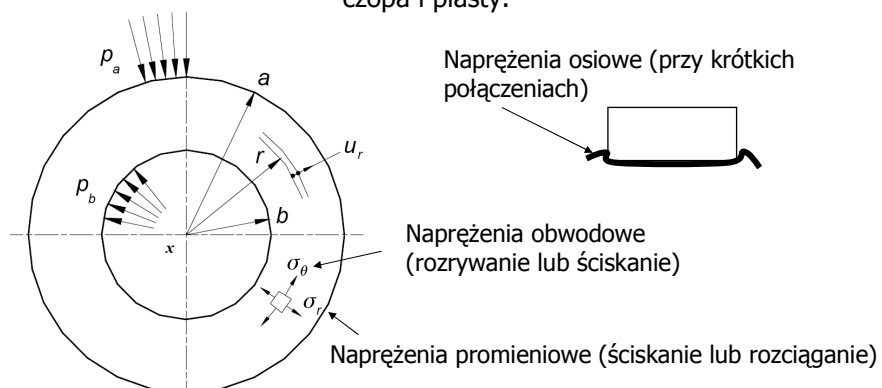
UWAGA! Dla połączenia skurczowego:

$$\Delta W = 0$$

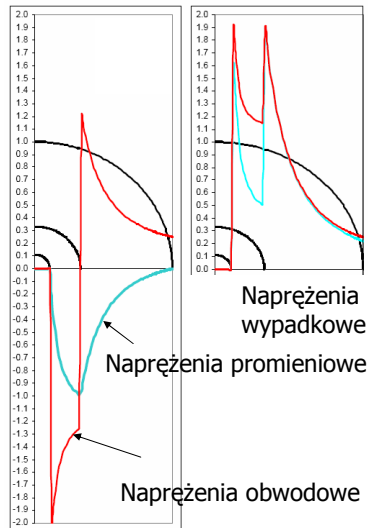
Połączenia wciiskowe

Obciążenie elementów

Nacisk występujący w połączeniu jest przenoszony przez cały przedmiot. Wynika to między innymi z odkształcenia powierzchni czopa i piasty.



Połączenia wciskowe



Napężenia

Piasta – powierzchnia styku:

Napężenia promieniowe:

$$\sigma_r = -\frac{p \cdot \delta_p}{1 - \delta_p} \cdot \left(\frac{d_z^2}{d_w^2} - 1 \right)$$

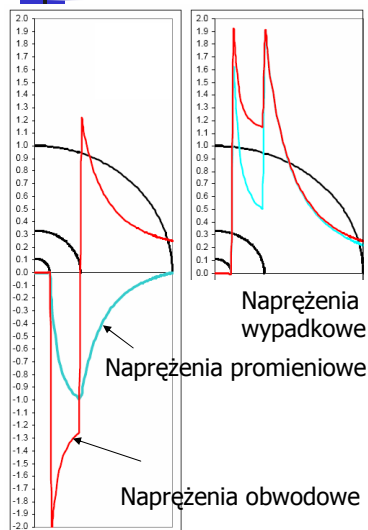
Napężenia obwodowe:

$$\sigma_\theta = \frac{p \cdot \delta_p}{1 - \delta_p} \cdot \left(\frac{d_z^2}{d_w^2} + 1 \right)$$

Napężenia osiowe:

$$\sigma_x = -2\nu_p \frac{p \cdot \delta_p}{1 - \delta_p}$$

Połączenia wciskowe



Napężenia

Piasta – powierzchnia zewnętrzna:

Napężenia promieniowe:

$$\sigma_r = 0$$

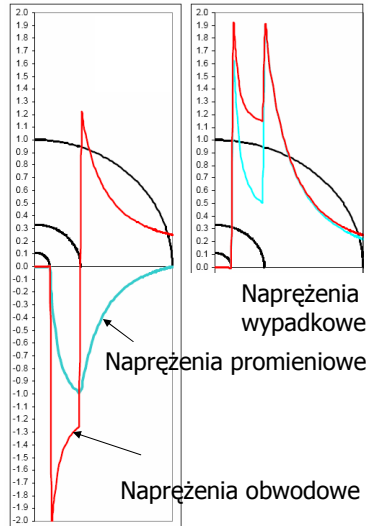
Napężenia obwodowe:

$$\sigma_\theta = \frac{2 \cdot p \cdot \delta_p}{1 - \delta_p}$$

Napężenia osiowe:

$$\sigma_x = -2\nu_p \frac{p \cdot \delta_p}{1 - \delta_p}$$

Połączenia wciskowe



Napężenia

Czop – powierzchnia styku:

Napężenia promieniowe:

$$\sigma_r = -\frac{p}{1-\delta_c^2} \cdot \left(1 - \frac{d_w^2}{d_z^2}\right)$$

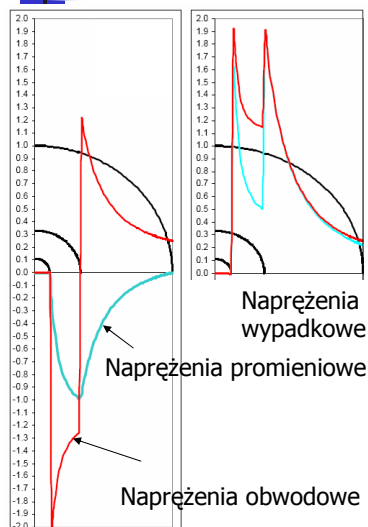
Napężenia obwodowe:

$$\sigma_\theta = -\frac{p}{1-\delta_c^2} \cdot \left(1 + \frac{d_w^2}{d_z^2}\right)$$

Napężenia osiowe:

$$\sigma_x = -2\nu_c \frac{p}{1-\delta_c^2}$$

Połączenia wciskowe



Napężenia

Czop – powierzchnia wewnętrzna:

Napężenia promieniowe:

$$\sigma_r = 0$$

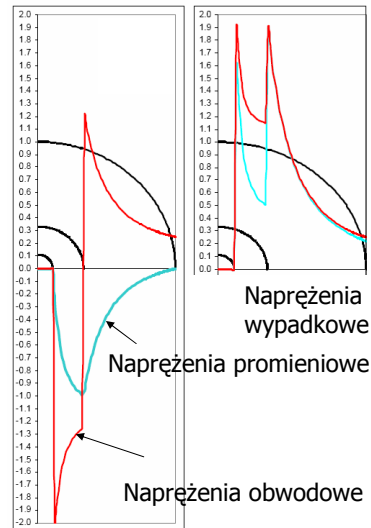
Napężenia obwodowe:

$$\sigma_\theta = -\frac{2 \cdot p}{1-\delta_c^2}$$

Napężenia osiowe:

$$\sigma_x = -2\nu_c \frac{p}{1-\delta_c^2}$$

Połączenia wciskowe



Napężenie wypadkowe

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{(\sigma_r - \sigma_\theta)^2 + (\sigma_r - \sigma_x)^2 + (\sigma_\theta - \sigma_x)^2}$$

Napężenia te obliczane są dla rzeczywistego wcisku jeżeli znana jest konkretna konstrukcja, lub przy projektowaniu dla najgorszego przypadku – wcisk maksymalny.

Połączenia wciskowe

Wcisk maksymalny

Zestawienie największego wałka (czopa) i najmniejszego otworu piasty.

Dodatkowo konieczne jest uwzględnienie spadku wcisku podczas montażu:

$$W_{w \max} = W_{\max} - \Delta W$$



Połączenia wciskowe

Nacisk maksymalny

Do obliczeń wykorzystuje się nacisk maksymalny obliczony z proporcji:

$$p_{\max} = \frac{W_{w \max}}{W_{wym}} \cdot p_{wym}$$



Połączenia wciskowe

Nacisk maksymalny

Do obliczeń wykorzystuje się nacisk maksymalny obliczony z proporcji:

$$p_{\max} = \frac{W_{w \max}}{W_{wym}} \cdot p_{wym}$$



Połączenia wciskowe

Napężenia dopuszczalne

Dla czopów drażzonych wykonanych ze stali lub staliwa:

$$k_o = \frac{2 \cdot R_e}{\sqrt{3} \cdot (\delta_c + 1)}$$

Dla czopów drażzonych wykonanych z żeliwa:

$$k_o = \frac{k_c}{\delta_c + 1}$$

Dla czopów pełnych stalowych lub staliwnych:

$$k_o = R_e$$

Dla czopów pełnych żeliwnych:

$$k_o = R_e$$



Połączenia wciskowe

Napężenia dopuszczalne

Dla piast wykonanych ze stali lub staliwa:

$$k_o = \frac{R_e}{\sqrt{\delta_p^2 + \delta_p + 1}}$$

Dla piast wykonanych z żeliwa:

$$k_o = \frac{k_r}{\delta_p + \nu_p}$$

Połączenia wciskowe

Siła montażu i demontażu

$$P_w = p_{\max} \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot \mu_w$$

Materiały łączone	Montaż	Demontaż
Stal/stal	0,06 - 0,22	0,08 - 0,20
Stal/żeliwo	0,06 - 0,14	0,09 - 0,17
Stal/stopy miedzi	0,05 - 0,10	0,04 - 0,10
Stal/tworzywa sztuczne	0,5	0,3

Połączenia wciskowe

Różnica temperatur do montażu skurczowego

$$\Delta T = \frac{W_{\max} + S}{d \cdot \alpha_T}$$

← Luz montażowy
 ← Współczynnik rozszerzalności cieplnej

Materiał	Współczynnik rozszerzalności cieplnej [1/Kx10 ⁻⁶]
Stal	11
Żeliwo	10
Stopy miedzi	16 - 18
Stopy aluminium	23