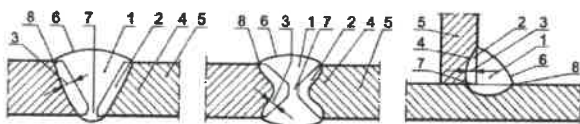


Połączenia spawane

Elementy spoiny



1 - spoina
2 - stopiony materiał rodzimy
3 - głębokość wtopienia
4 - strefa wpływu ciepła
5 - materiał rodzimy
6 - lico spoiny
7 - grań spoiny
8 - brzeg spoiny

Połączenia spawane

Wady i zalety

Zalety:

- Łatwość i szybkość wykonania
- Prosta konstrukcja: brak elementów dodatkowych, mała masa
- Możliwość pełnej automatyzacji

Wady:

- Problemy ze spawaniem niektórych materiałów
- Dodatkowe naprężenia i odkształcenia
- Konieczna wykwalifikowana kadra
- Konieczne specjalistyczne urządzenia

z up. BURMISTRZA
Józef Lewandowski
Zastępca Burmistrza



Połączenia spawane

Spawalność

Spawalność to, podatność materiału do tworzenia się złączy spawalniczych spełniających wymogi konstrukcyjne i technologiczne bez wykonywania dodatkowych zabiegów.

W przypadku metali żelaznych (stale, staliwa, żeliwa) spawalność zależy od zawartości węgla. Materiał jest dobrze spawalny gdy $C < 0.25\%$.

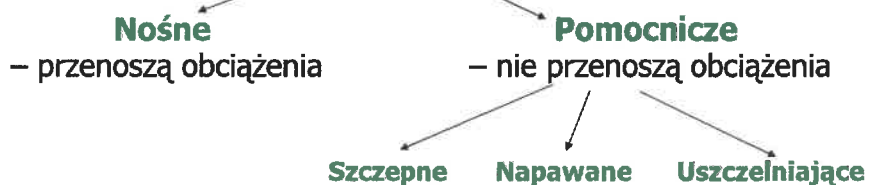
W przypadku metali kolorowych oraz tworzyw sztucznych głównym czynnikiem jest podatność na utlenianie w wysokich temperaturach. Stąd większość tych materiałów jest trudno spawalna i wymaga osłony gazowej.



Połączenia spawane

Rodzaje spoin

Ze względu na przeznaczenie:





Podstawy Konstrukcji Maszyn

Wykład 13

Połączenia spawane

Dr inż. Jacek Czarnigowski



Połączenia w konstrukcji maszyn

Połączenia

| | Rozłączne | Nierozłączne |
|--------------|---|--|
| Pośrednie | Kształtowe: - wpustowe, - klinowe, - kołkowe | Nitowe |
| Bezpośrednie | Kształtowe: - wielokątne, - wielowypustowe, - śrubowe. | Spawane Zgrzewane Klejone |



Połączenia spawane

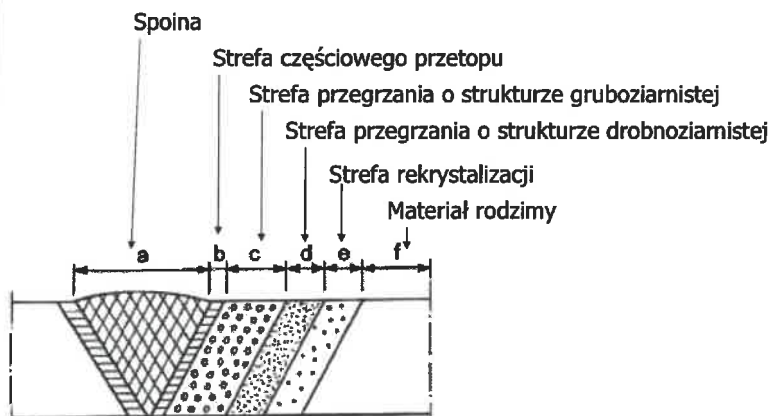
Złącze spawane jest połączeniem materiałów powstałym przez ich miejscowe stopienie.

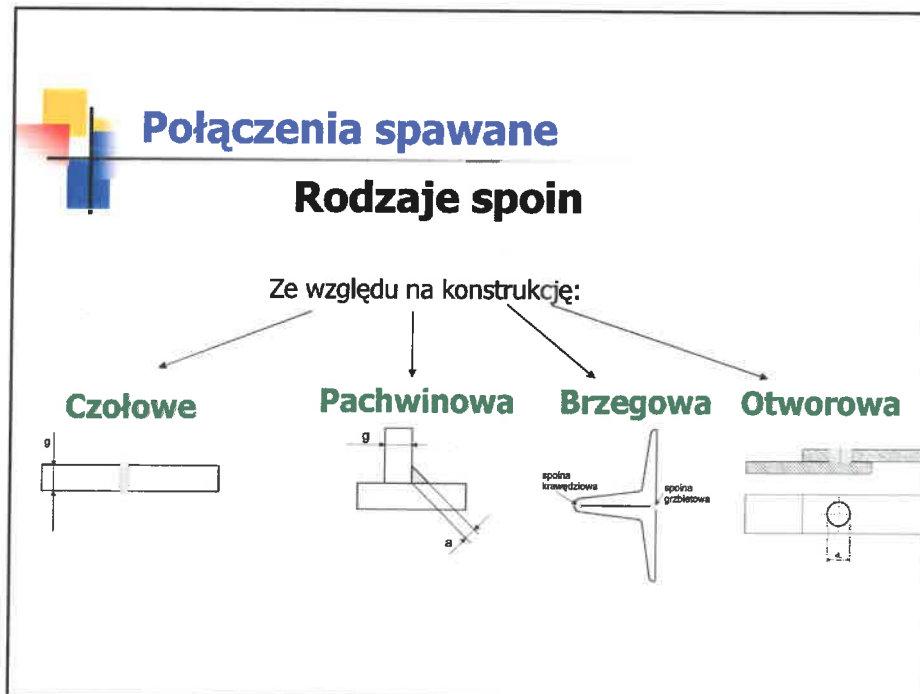
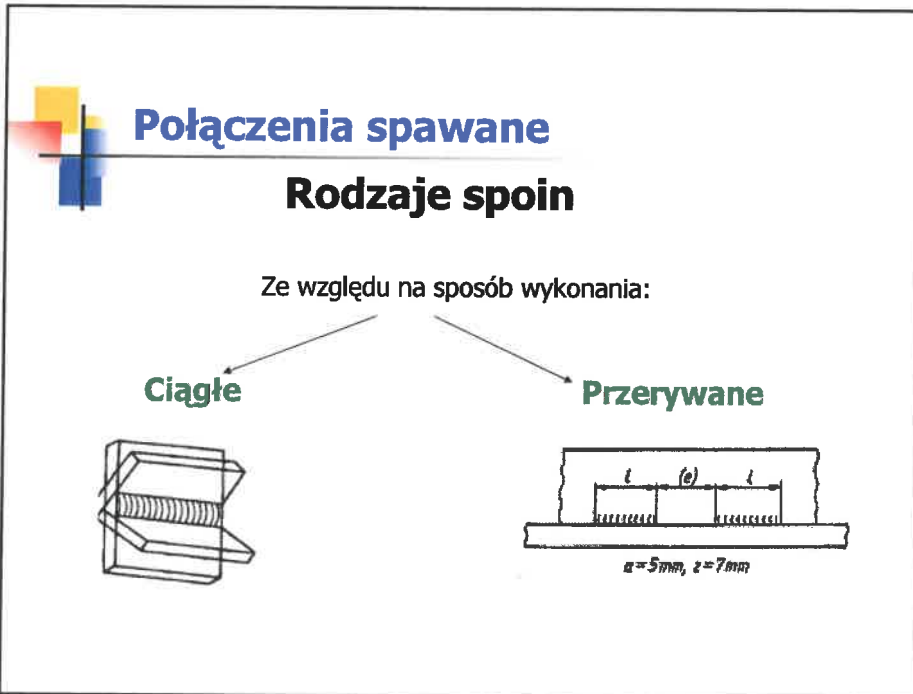
Występuje w procesie łączenia metali (głównie stali) oraz tworzyw sztucznych.



Połączenia spawane

Obszary spoiny



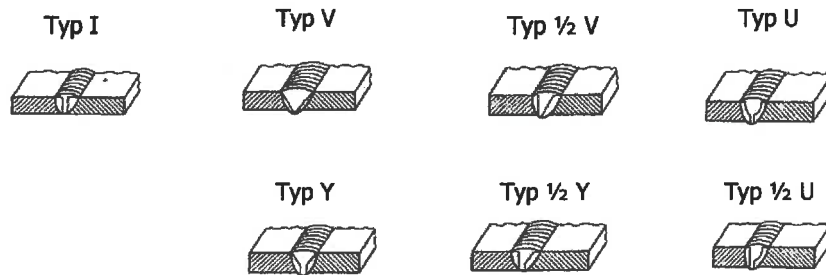


Połączenia spawane

Rodzaje spoin czołowych

Ze względu na kształt przygotowanych elementów do spawania:

Jednostronne (stosowane do spawania elementów cienkich < 10mm):

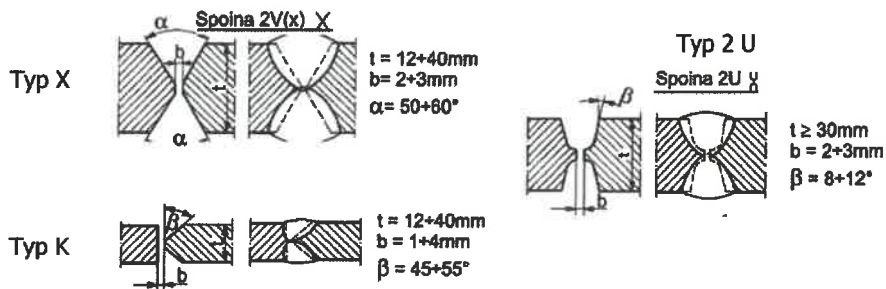


Połączenia spawane

Rodzaje spoin czołowych

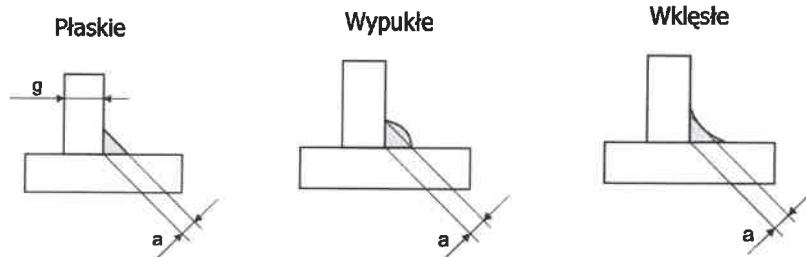
Ze względu na kształt przygotowanych elementów do spawania:

Dwustronne (stosowane do spawania elementów grubych > 10mm):



Połączenia spawane

Rodzaje spoin pachwinowych



Połączenia spawane

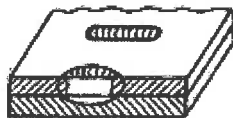
Rodzaje spoin brzegowych



Połączenia spawane

Rodzaje spoin otworowych

Otworowa



Punktowa



Liniowa

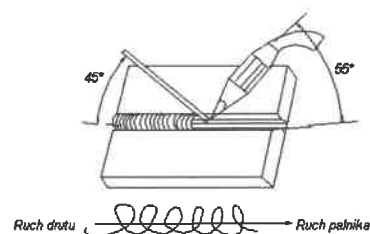


Połączenia spawane

Metody spawania:

Spawanie gazowe

Źródłem ciepła do przetopienia elementów jest płomień spalania acetyleny (temperatura do 3200°C). Konieczne jest dostarczenie dodatkowego spoiwa.



Połączenia spawane

Metody spawania:

Spawanie elektryczne

Źródłem ciepła jest łuk elektryczny (temperatura do 3500°C). Spoiwo może stanowić element elektrody lub być dostarczane dodatkowo.

Spawanie łukiem swobodnym

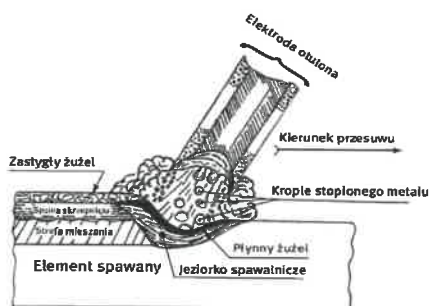
Spawanie łukiem krytym

Spawanie w osłonie gazowej

Połączenia spawane

Metody spawania:

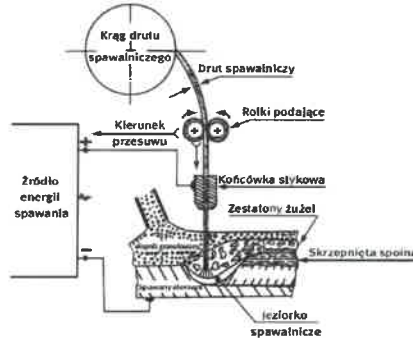
Spawanie łukiem swobodnym – łuk jarzy się między elementem a elektrodą. Często stosuje się elektrody otulone.



Połączenia spawane

Metody spawania:

Spawanie łukiem krytym – łuk jarzy się między elementem a elektrodą ale jest „schowany” pod warstwą topnika.



Połączenia spawane

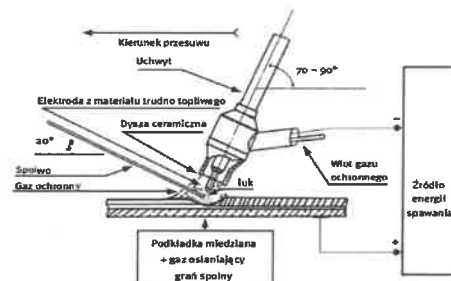
Metody spawania:

Spawanie w osłonie gazowej – łuk jarzy się między elementem a elektrodą w osłonie gazów wypływających z dyszy. Elektroda nie zawsze jest spoiwem.



TIG – elektroda wolframowa gaz obojętny (Argon)

MAG – elektroda ze spoiny gaz aktywny (CO₂)

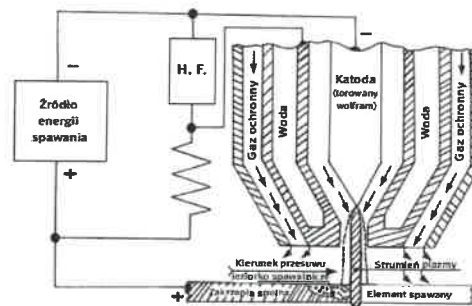


MIG – elektroda ze spoiny gaz obojętny (Argon)

Połączenia spawane

Metody spawania:

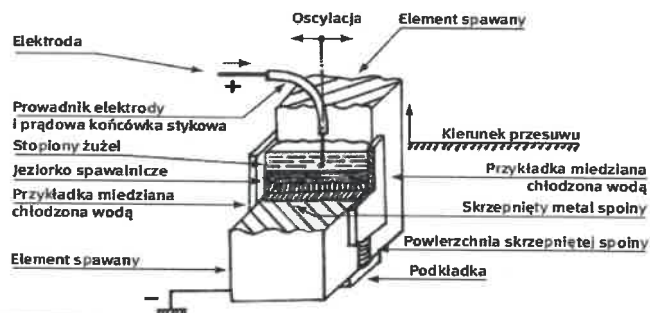
Spawanie plazmowe – łuk jarzy się między dwoma elektrodami w celu utworzenia plazmy która w osłonie gazów wypływających z dyszy rozgrzewa elementy łączone. Spoiwo jest dostarczane oddzielnie.



Połączenia spawane

Metody spawania:

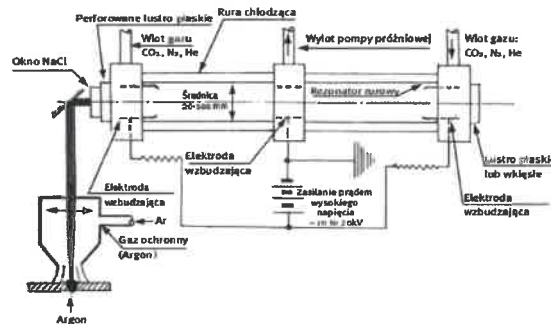
Spawanie elektrożuźlowe – łuk jarzy się między elektrodą a elementem łączonym tylko na początku spawania. Potem elektroda zanurzana jest w jeziorce stopionego metalu a przepływ prądu grzeje ten obszar „rezystancyjnie”. Przeznaczone dla łączenia pionowych grubych elementów.



Połączenia spawane

Metody spawania:

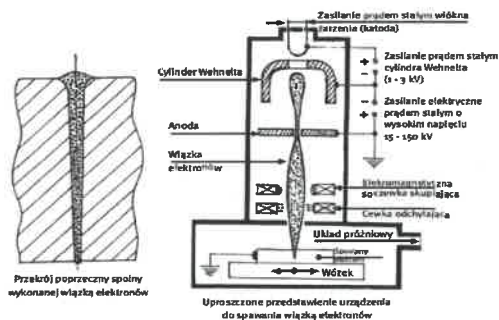
Spawanie laserowe – podobne do spawania plazmowego. Źródłem ciepła jest promień lasera. Spawanie odbywa się w osłonie gazu obojętnego (Argon).



Połączenia spawane

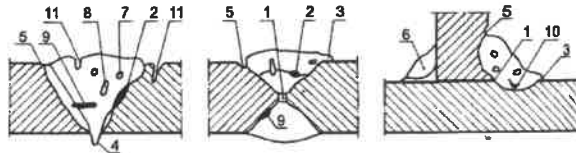
Metody spawania:

Spawanie elektronowe – energię dostarcza skoncentrowana wiązka elektronów. Można wykonać głębokie i wąskie spoiny (20:1) z szybkością 20m/min. Spawanie odbywa się w próżni co eliminuje zanieczyszczenie jeziora spawalniczego.



Połączenia spawane

Wady spoin



- 1 – brak przetopu grani
- 2 – brak wtopienia spoiwa w metal rodzimy
- 3 – nawis wynikający z nieprzetopienia krawędzi metalu
- 4 – wyciek stopiwa po stronie grani
- 5 – podtopienie w formie karbu
- 6 – kratery na powierzchni spoiny
- 7,8 – pęcherze gazowe
- 9 – wtrącenia żużłowe
- 10,11 – pęknięcia

Połączenia spawane

Naprężenia w spoinach

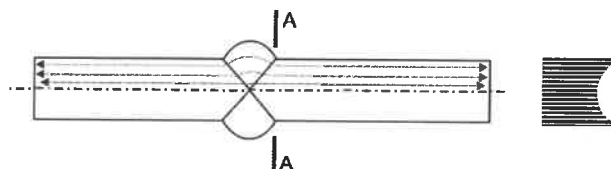
W spoinach występuje spiętrzenie naprężeń wynikające z:

Karbu mechanicznego (lokalna zmiana kształtu przedmiotu)

Karbu strukturalnego (lokalna zmiana struktury materiału)

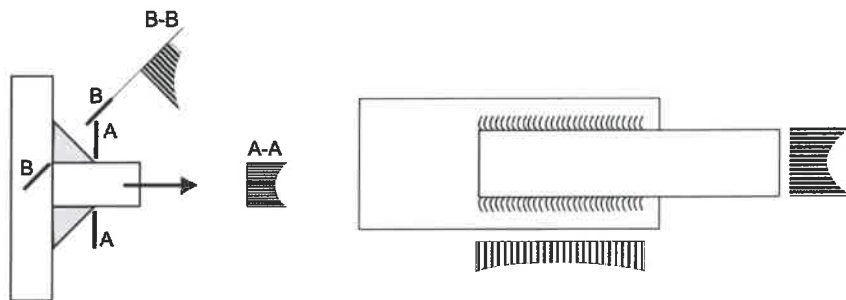
Wad spawalniczych

Dodatkowe naprężenia spawalnicze



Połączenia spawane

Naprężenia w spoinach

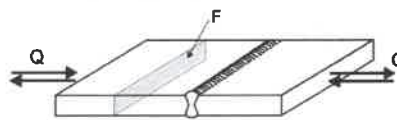


Połączenia spawane

Naprężenia w spoinach czołowych

Spoina czołowa pracuje tak jak materiał rodzimy

Rozciąganie, ściskanie



$$\sigma_r' = \frac{Q}{F} \leq k_r'$$

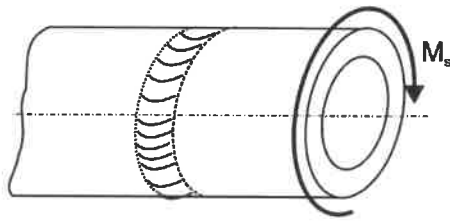
$$\sigma_c' = \frac{Q}{F} \leq k_c'$$

Pole spoiny = polu przekroju elementów łączonych

Połączenia spawane

Napężenia w spoinach czołowych

Skręcanie



$$\tau_s' = \frac{M_s}{W_o} \leq k_s'$$

Wskaźnik przekroju = wskaźnik przekroju elementów łączonych

Połączenia spawane

Napężenia w spoinach czołowych

Napężenia zastępcze

Obliczane są z hipotezy Hubera

$$\sigma_z' = \sqrt{\sigma_w'^2 + 3 \cdot \tau_w'^2} \leq k_x'$$

$$\tau_z' = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot \sigma_w'^2 + \tau_w'^2} \leq k_x'$$

Wypadkowe
napężenia
normalne

Wypadkowe
napężenia
styczne

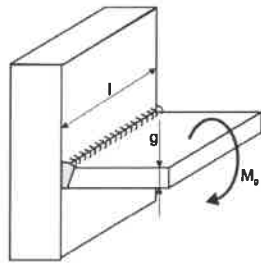
Napężenia dopuszczalne
na przeważające
obciążenie



Połączenia spawane

Naprężenia w spoinach czołowych

Zginanie



$$\sigma_g' = \frac{M_g}{W_x} \leq k_g'$$

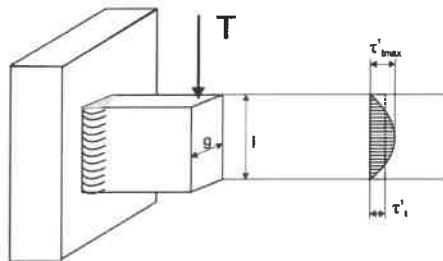
Wskaźnik przekroju = wskaźnikowi przekroju elementów łączonych



Połączenia spawane

Naprężenia w spoinach czołowych

Ścinanie



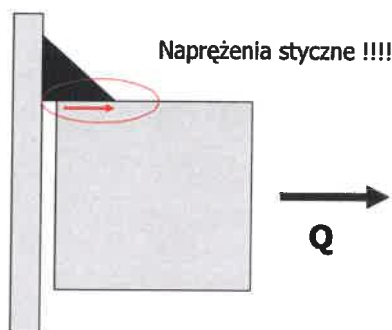
$$\tau_i' = \frac{T}{F} \leq k_i'$$

Pole przekroju = pole przekroju elementów łączonych

Połączenia spawane

Napężenia w spoinach pachwinowych

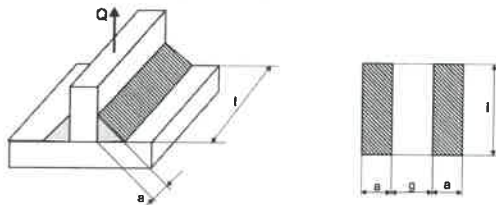
Spoina czołowa pracuje tylko na ścinanie



Połączenia spawane

Napężenia w spoinach pachwinowych

Rozciąganie, ściskanie



$$\tau_r' = \frac{Q}{F} \leq k_t'$$

$$\tau_c' = \frac{Q}{F} \leq k_t'$$

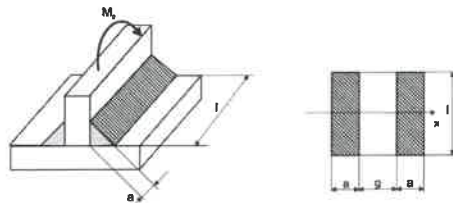
Pole spoiny = pole obrysu przedmiotu – grubość „ramki” = a



Połączenia spawane

Naprężenia w spoinach pachwinowych

Zginanie



$$\tau_g' = \frac{M_g}{W_x} \leq k_t'$$

Wskaźnik spoiny = wskaźnik obrysu przedmiotu – grubość „ramki” = a



Połączenia spawane

Naprężenia w spoinach pachwinowych

Ścinanie

$$\tau_t' = \frac{Q}{F} \leq k_t'$$

Pole spoiny = pole obrysu przedmiotu – grubość „ramki” = a



Połączenia spawane

Naprężenia w spoinach pachwinowych

Skęćanie

$$\tau_s' = \frac{M_s}{W_o} \leq k_t'$$



Wskaźnik spoiny = wskaźnik obrysu przedmiotu – grubość „ramki” = a



Połączenia spawane

Naprężenia w spoinach pachwinowych

Naprężenia wypadkowe = wypadkowa geometryczna naprężeń

$$\tau_z' = \sqrt{\tau_x'^2 + \tau_y'^2 + \tau_z'^2} \leq k_t'$$



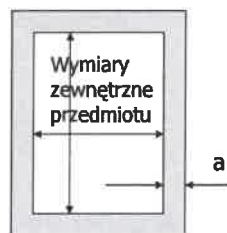
Zawsze naprężenia na ścianie

Połączenia spawane

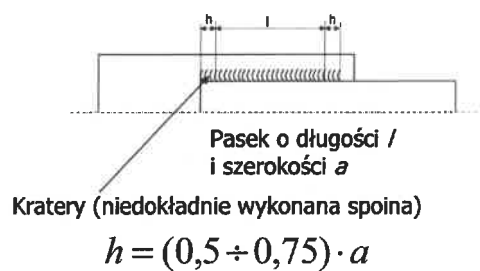
Napężenia w spoinach pachwinowych

Wymiary spoin pachwinowych:

Spoina dookólna:



Spoina częściowa:



Połączenia spawane

Napężenia dopuszczalne

Spoina powinna być wykonana tym samym materiałem co łączone elementy.

Napężenia dopuszczalne obliczane są na podstawie wytrzymałości materiału rodzimego.

Obciążenia stałe: $k_x' = s \cdot k_r$

Rozciąganie $s = 0,8$

Ściskanie, zginanie $s = 1,0$

Ścinanie, skręcanie $s = 0,6$

Połączenia spawane

Naprężenia dopuszczalne

Obciążenia zmienne:

$$k_x' = m \cdot s \cdot k_r$$

m – współczynnik wpływu zmienności

$$m = \frac{1}{\beta \cdot \frac{R_e}{2 \cdot Z_{rc}} + 0,5 - R \cdot \left(\beta \cdot \frac{R_e}{2 \cdot Z_{rc}} - 0,5 \right)}$$

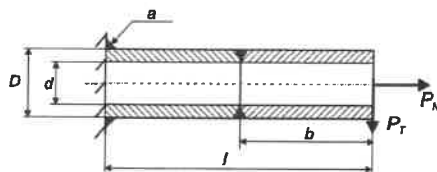
β – współczynnik działania karbu

R – współczynnik amplitudy cyklu

Przykład 14.1

Połączenia spawane

Obliczyć naprężenia maksymalne w spoinach konstrukcji przedstawionej na rysunku:

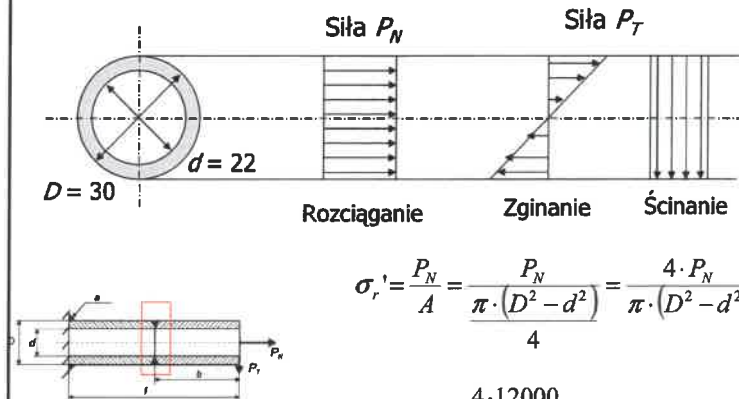


$D = 30 \text{ mm}$
 $d = 22 \text{ mm}$
 $a = 4 \text{ mm}$
 $b = 75 \text{ mm}$
 $l = 150 \text{ mm}$

$P_N = 12 \text{ kN}$
 $P_T = 2 \text{ kN}$
 $k_r = 200 \text{ MPa}$

Przykład 14.1 Połączenia spawane

Spoina czołowa

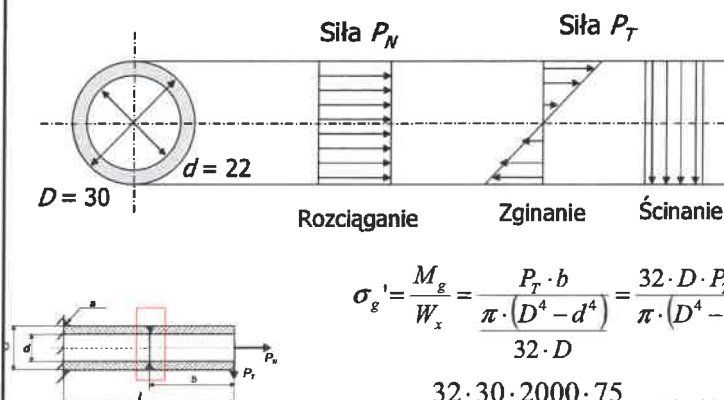


$$\sigma_r' = \frac{P_N}{A} = \frac{P_N}{\pi \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{4 \cdot P_N}{\pi \cdot (D^2 - d^2)}$$

$$\sigma_r' = \frac{4 \cdot 12000}{\pi \cdot (30^2 - 22^2)} = 36,72 \text{ MPa}$$

Przykład 14.1 Połączenia spawane

Spoina czołowa

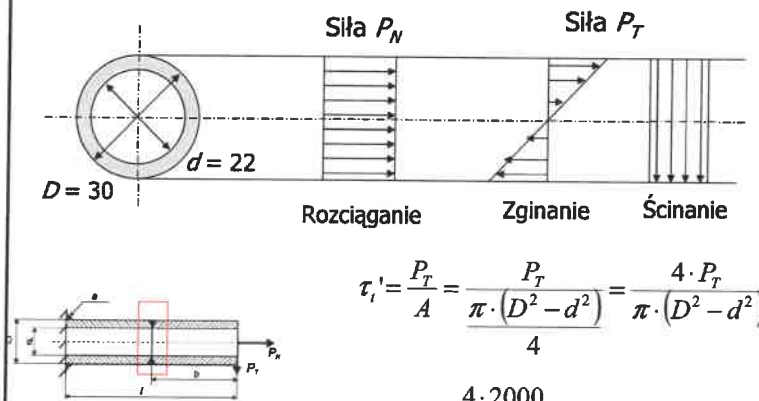


$$\sigma_g' = \frac{M_g}{W_x} = \frac{P_T \cdot b}{\pi \cdot (D^4 - d^4)} = \frac{32 \cdot D \cdot P_T \cdot b}{\pi \cdot (D^4 - d^4)}$$

$$\sigma_g' = \frac{32 \cdot 30 \cdot 2000 \cdot 75}{\pi \cdot (30^4 - 22^4)} = 79,61 \text{ MPa}$$

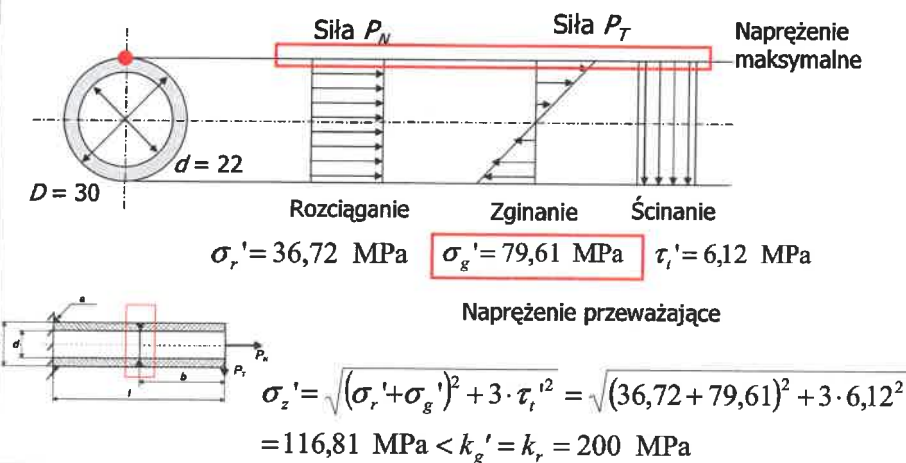
Przykład 14.1 Połączenia spawane

Spoina czołowa



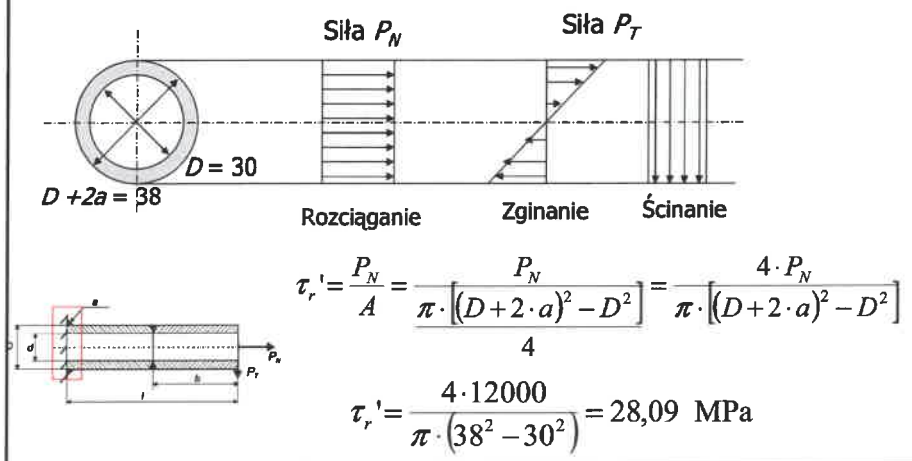
Przykład 14.1 Połączenia spawane

Spoina czołowa



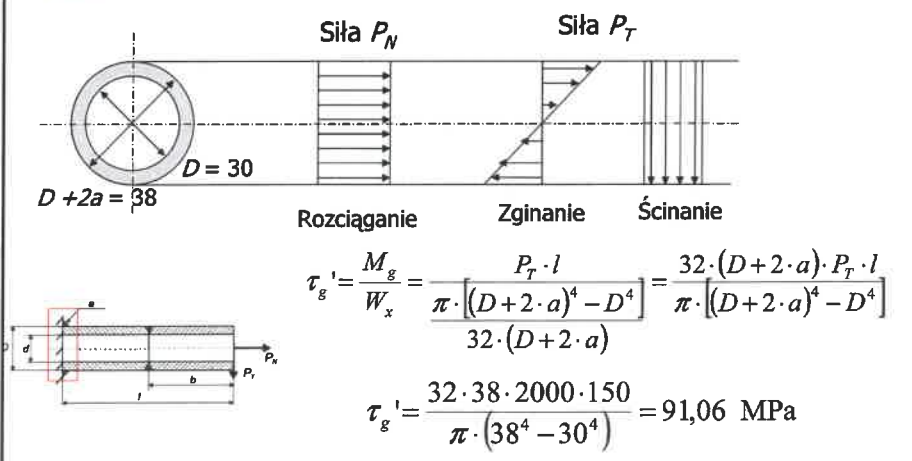
Przykład 14.1 Połączenia spawane

Spoina pachwinowa



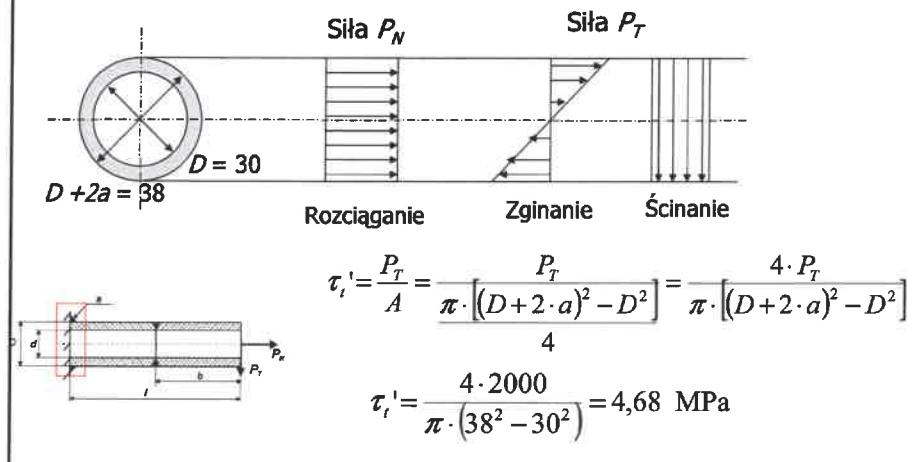
Przykład 14.1 Połączenia spawane

Spoina pachwinowa



Przykład 14.1 Połączenia spawane

Spoina pachwinowa



Przykład 14.1 Połączenia spawane

Spoina czołowa

