

100 lecie CLOOS – Ślęza 2019

**RACJONALNE STOSOWANIE SPOIN
PACHWINOWYCH I CZOŁOWO PACHWINOWYCH
W KONSTRUKCJACH SPAWANYCH**

Wojsyk Kwiryn, Kudła Krzysztof
POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA

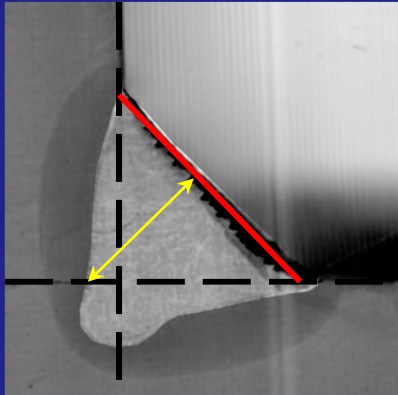
Motto:

„Przy określaniu nośności obliczeniowej spoiny pachwinowej z głębokim przetopem można uwzględniać dodatkową grubość spoiny (...) jeżeli wymagana głębokość wtopienia może być regularnie uzyskiwana”.

[EUROKOD 3]

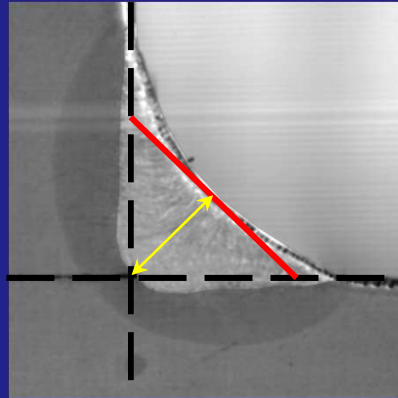
MAG Puls, 82%Ar+18%CO₂

$E_s = 1,19 \text{ kJ/mm}$



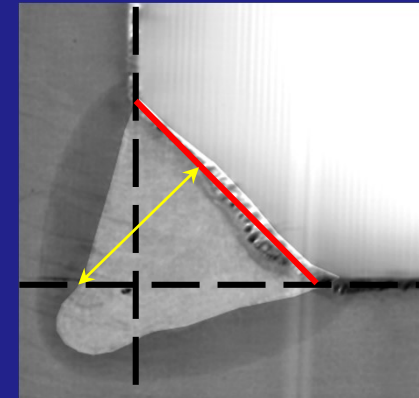
$d_e = 1,2 \text{ mm}; V_e = 9,7 \text{ m/min}; \text{PA}$

$E_s = 1,10 \text{ kJ/mm}$



$d_e = 1,2 \text{ mm}; 9,7 \text{ m/min}; \text{PA } 30^\circ$

$E_s = 1,21 \text{ kJ/mm}$



$d_e = 1,6 \text{ mm}; V_e = 5,3 \text{ m/min}; \text{PA}$

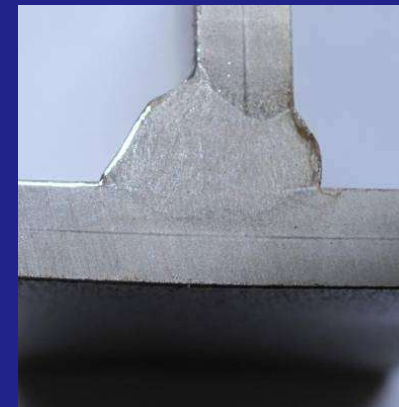
RapidWeld (Cloos), 82%Ar+18%CO₂

$E_s = 1,51 \text{ kJ/mm}$



$d_e = 1,2 \text{ mm}$
 $V_e = 12,5 \text{ m/min}$
 ukosowanie 30°
 próg 0 mm
 1 ścieg
 PB
 $t = 8/10 \text{ mm}$

$E_s = 1,50 \text{ kJ/mm}$



$d_e = 1,2 \text{ mm};$
 $V_e = 12,5 \text{ m/min};$
 brak ukosowania
 próg 0 mm
 1 ścieg
 PB
 $t = 6/6 \text{ mm}$

Spoiny czołowe

- Praktycznie zawsze mają grubość materiałów łączonych, ewentualnie cieńszego z nich (wyjątkowo, przez niektóre normy tolerowane są spoiny cieńsze – z niepełnym przetopem).
- Powyżej pewnej, charakterystycznej dla konkretnej metody spawania grubości, złącza muszą być zestawione z materiałów ukosowanych.
- Powinny posiadać płaskie lub nieznacznie wypukłe lico
- Nie powiększają objętości konstrukcji.
- Przeznaczone są do przenoszenia obciążeń głównych.

Spoiny pachwinowe

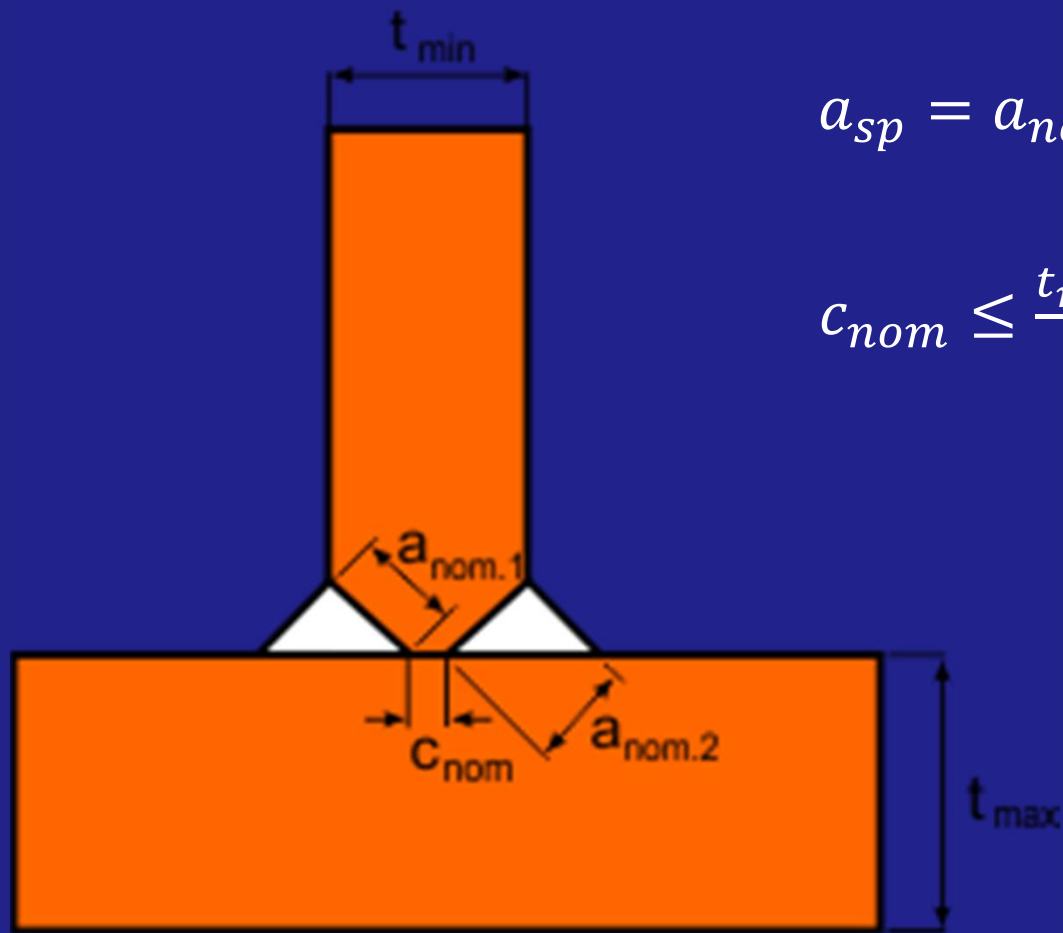
- Prawidłowo zaprojektowane i wykonane nigdy nie osiągają grubości łączonych materiałów, mieszcząc się w granicach (powyżej 3mm):
 $a_{sp} > 0,2 t_{max}$,
 $a_{sp} \leq 0,7 t_{min}$ dla spoin jednostronnych,
 $a_{sp} \leq 0,5 t_{min}$ dla spoin dwustronnych
- Nie wymagają ukosowania materiałów spawanych.
- Wypukłe lico jest zawsze niekorzystne, zarówno ze względów wytrzymałościowych, jak i ekonomicznych. Najkorzystniejsze jest lico wklęsłe
- Zwiększają objętość konstrukcji.
- Przeznaczone raczej do łączenia elementów słabiej obciążonych i nie poddanych obciążeniom wibracyjnym

Spoiny czołowe

- Ich przekrój poprzeczny jest zdefiniowany grubością elementów, a jego zmniejszenie jest możliwe poprzez stosowanie metod z wykorzystaniem łuku o dużej gęstości mocy
- Łatwość kontroli nieniszczącej oraz możliwość uzyskiwania grani spoin o wysokich parametrach wytrzymałościowych (wyjątkiem są spoiny czołowe oz niepełnym przetopem).
- Długość spoiny zawsze równa długości materiałów łączonych.

Spoiny pachwinowe

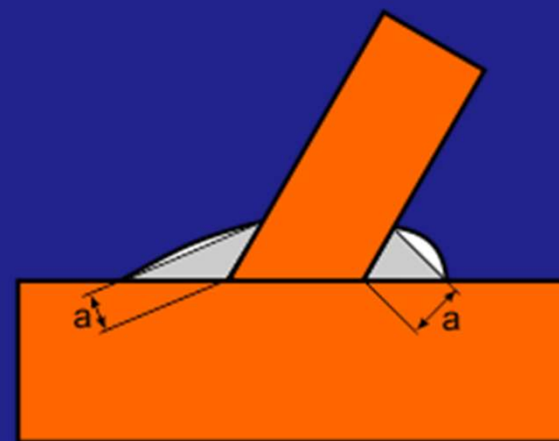
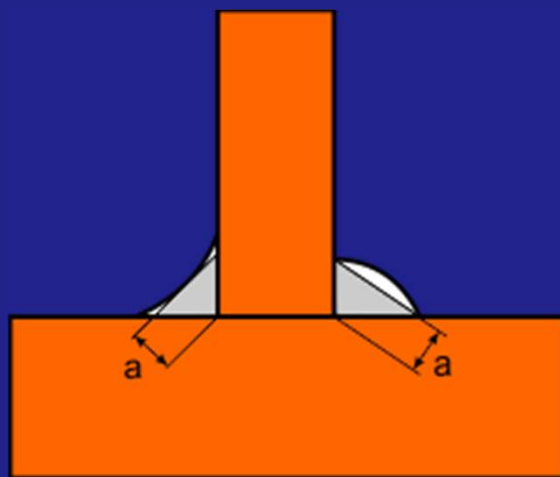
- Mogą być powiększone „do wewnątrz” pod warunkiem dokumentowania tego faktu. Wykorzystując głębokowtapiające metody spawania można powiększyć grubość spoin pachwinowych.
- Zarówno w przypadku spoin jedno- jak i dwustronnych istnieje ograniczona możliwość kontroli istnienia i jakości przetopu, co może prowadzić do obecności w grani karbów i inicjatorów pęknięć
- Obliczeniowa długość spoiny nie jest sztywno związana z długością elementów. Istnieją ścięgi przerywane. Długość pojedynczych odcinków spoin pachwinowych zawarta jest między $6a_{sp}$ a $150a_{sp}$ (a_{sp} – obliczeniowa grubość spoiny) jednak nie mniej niż 30 mm. Powyżej $150a_{sp}$ lub 1,7m spoiny mają mniejszą wytrzymałość obliczeniową.



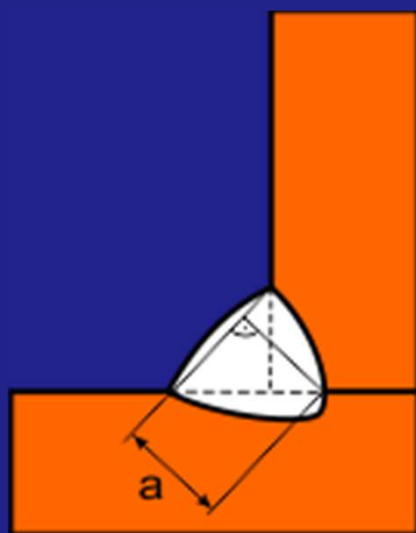
$$a_{sp} = a_{nom1} + a_{nom2} \geq t_{min}$$

$$c_{nom} \leq \frac{t_{min}}{5} \quad \text{i} \quad c_{nom} \leq 3mm$$

Efektywny pełny przetop w złączy teowym
ze spoiną czołową wg EUROKODU 3



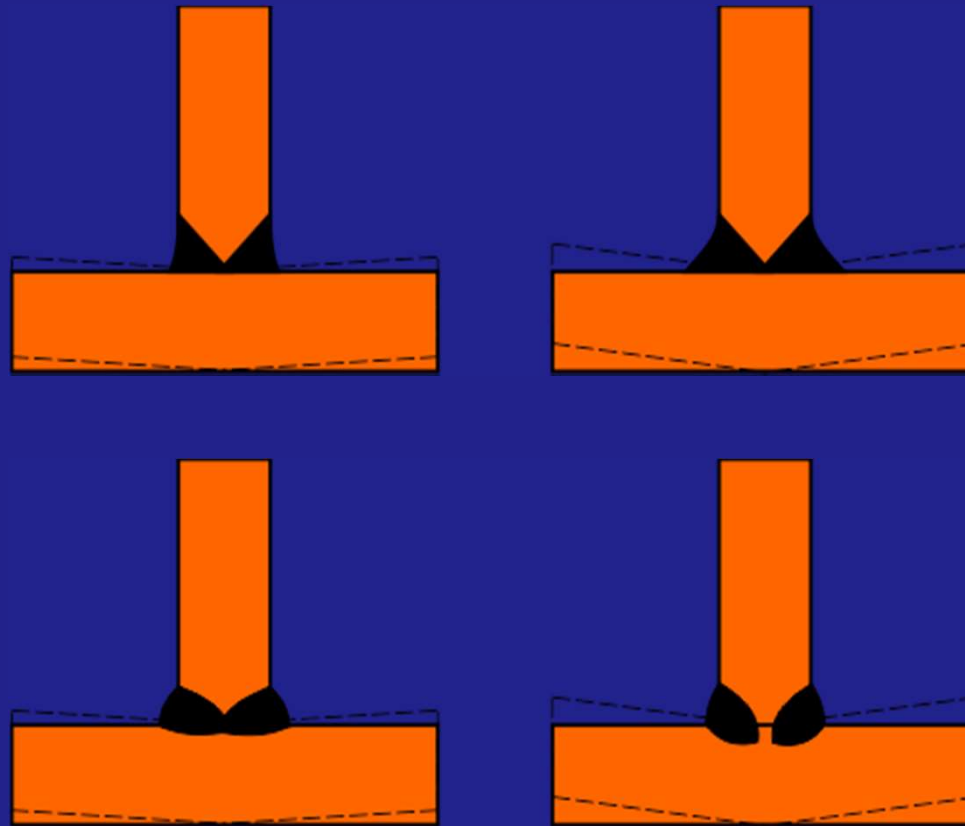
Grubość spoin pachwinowych



Grubość spoiny pachwinowej z głębokim przetopem

Wielkość odkształceń vs rodzaj spoiny

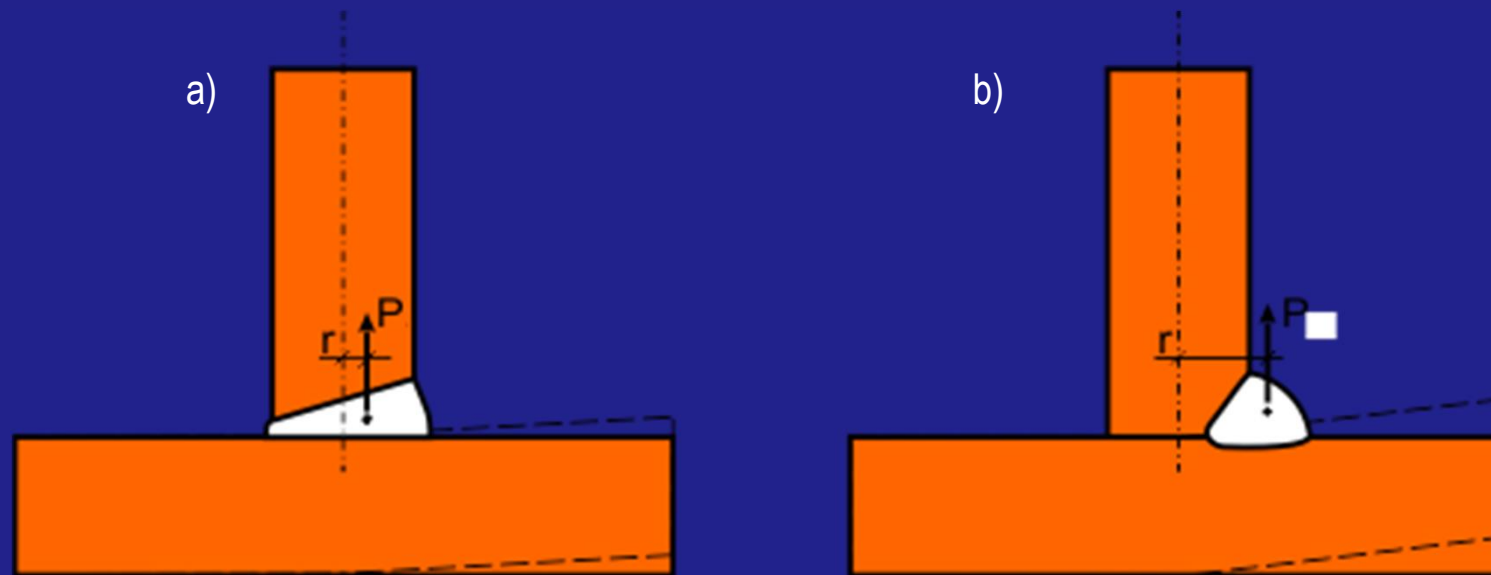
100 lecie Cloos - Ślęza 2019



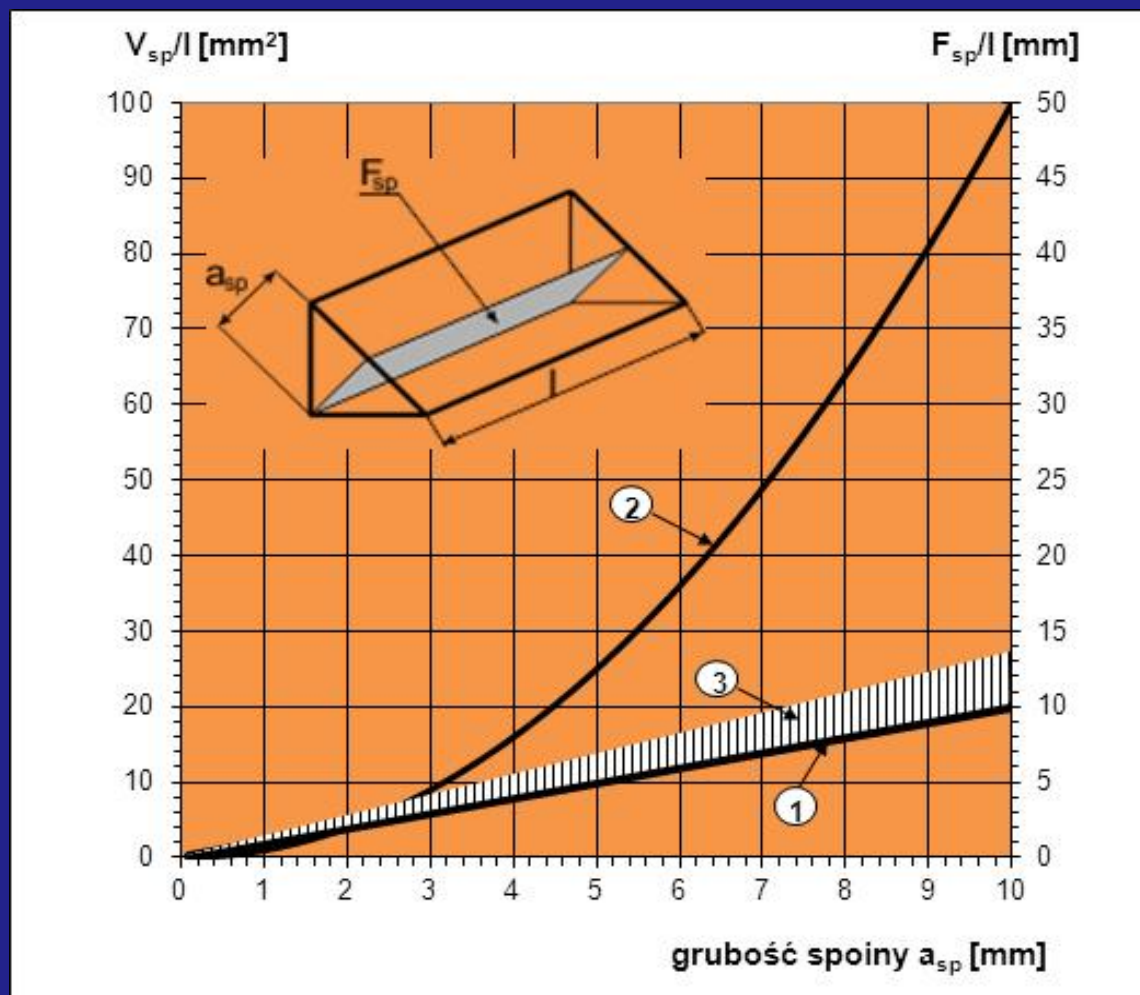
Odkształcenia kątowe w złączach teowych łączonych różnego typu spoinami

Wielkość odkształceń vs rodzaj spoiny

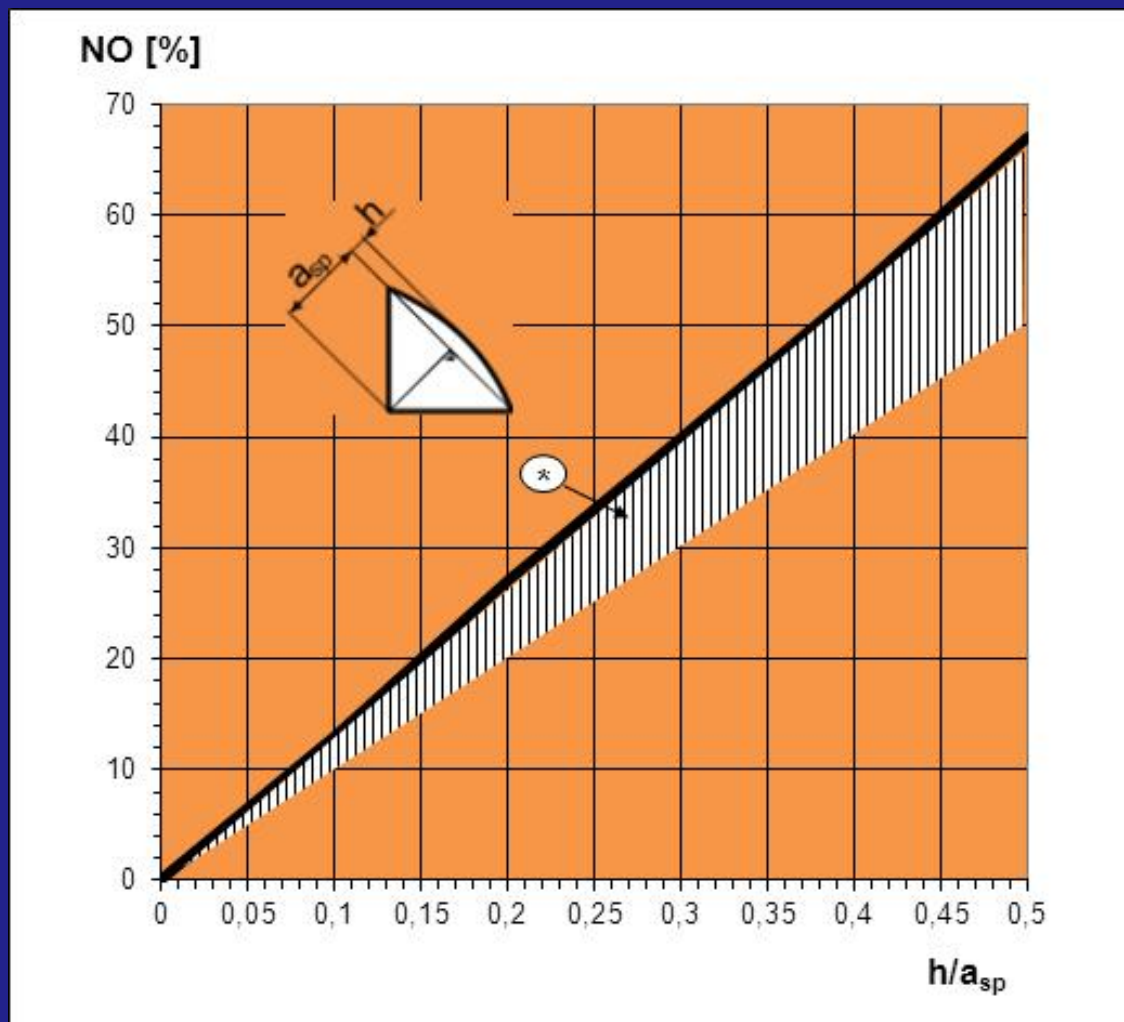
100 lecie Cloos - Ślęza 2019



Odształcenia kątowe w złączach teowych łączonych spoiną a) czołową, b) pachwinową

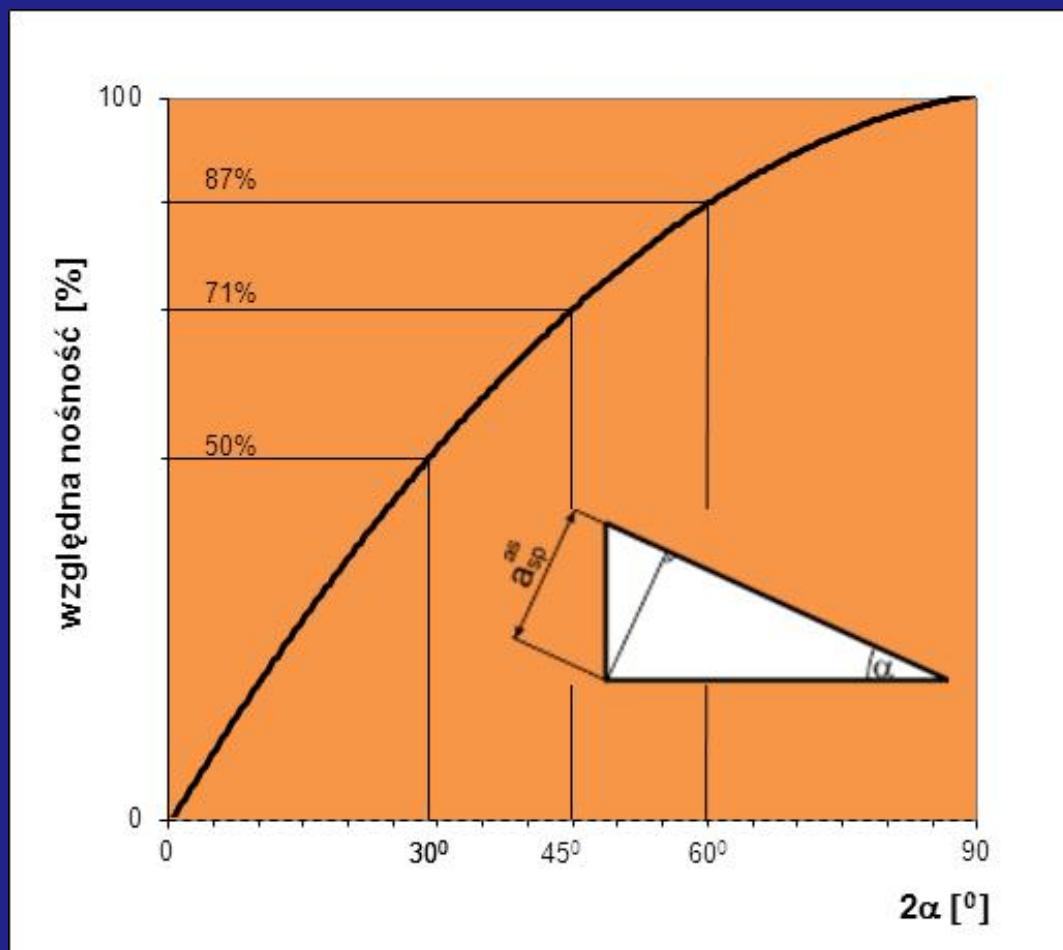


Zróznicowanie wzrostu wytrzymałości (1) i objętości (2) symetrycznej spoiny pachwinowej o płaskim licu. (3) – obszar możliwego wzrostu wytrzymałości dzięki uwzględnieniu zwiększonego wtopienia dopuszczonego normą



Udział nieczynnej (nieużytecznej) objętości spoiny w zależności od stosunku $\frac{h}{a_{sp}}$

* obszar pod prostą oznacza, że istnieje możliwość uzyskania korzystniejszej proporcji, jeżeli zastosowane i potwierdzone technologicznie zostaną głębokowtapiające metody spawania.



Względna nośność spoiny asymetrycznej w stosunku do symetrycznej

Uwarunkowania stosowania spoin pachwinowych w konstrukcjach spawanych

- Minimalizować ilość i objętość spoin.
- Nie umieszczać spoin w miejscach najbardziej wytężonych.
- Stosować spoiny czołowe, a dopiero w dalszej kolejności spoiny pachwinowe.
- Stosować żebra wsporcze i przepony dla odciążenia spoin.
- Spoiny pachwinowe powinny być symetryczne, cienkie i długie (zamiast grubych i krótkich) o płaskim lub wklęsłym licu.
- Długość obliczeniową spoin pachwinowych należy zawierać między $6a_{sp}$ lub 30mm a $150a_{sp}$ (1) lub 1,7m (2). Powyżej tych długości niezbędne jest stosowanie wytrzymałościowych współczynników korekcyjnych:

$$\beta_1 = 1,2 - \frac{0,2l_{sp}}{150a_{sp}} \leq 1,0 \quad (1)$$

$$\beta_2 = 1,1 - \frac{l_{sp}}{17} \leq 1,0 \text{ oraz } \geq 0,6 \quad l_{sp} [m] \quad (2)$$

Uwarunkowania stosowania spoin pachwinowych w konstrukcjach spawanych

- Nie wolno przekraczać granicznych grubości spoin pachwinowych wynoszących odpowiednio
 $a_{sp} \leq 0,7t_{min}$ dla spoin jednostronnych
 $a_{sp} \leq 0,5t_{min}$ dla spoin dwustronnych oraz $a_{sp} \geq 0,2t_{max}$.
- Nie układać spoin pachwinowych w narożach konstrukcji, stosując ścięcia żeber tak, by spoiny nie zbliżały się na odległość mniejszą niż 30 mm. Unikać wielokierunkowej zbieżności spoin.
- Zmniejszać ilość spoin wykonywanych w pozycjach przymusowych i na montażu.
- Rozmieszczać spoiny pachwinowe w ten sposób, by nie powodowały rozrywania materiałów (blach i profili walcowanych) na ich grubości.
- Wykonując spoiny wielowarstwowe, unikać zapalania łuku w tych samych miejscach „nad sobą”.
- Nie zapalać łuku pozarowkowo.

Uwarunkowania stosowania spoin pachwinowych w konstrukcjach spawanych

- Unikać spawania w pobliżu naroży, wewnętrznych łuków kształtowników walcowanych na gorąco, krawędzi, gwintów, powierzchni dokładnie obrabianych cieplnie i cieplnochemicznie.
- Unikać (z nielicznymi wyjątkami) stosowania jakichkolwiek elementów pośredniczących takich jak nakładki i wstawki czy łączniki.
- Stosować metody głębokowtapiające zarówno do wykonywania spoin czołowych, jak i pachwinowych.
- O ile to możliwe, stosować ściegi przerywane.
- Umieszczać spoiny w miejscach technologicznie łatwo dostępnych.
- Umieszczać spoiny w punktach, osiach obojętnych lub w ich pobliżu.

Dziękuję za uwagę