

# Konstrukcje metalowe

## Wykład XVIII

### Śruby

# Spis treści

Węzły i połączenia → #t / 3

Połączenia trzpieniowe → #t / 8

Wymagania techniczne → #t / 15

Nośność → #t / 42

Zagadnienia egzaminacyjne → #t / 96

# Węzły i połączenia

→ #14 / 5

## 1.4.2

### połączenie, złącze

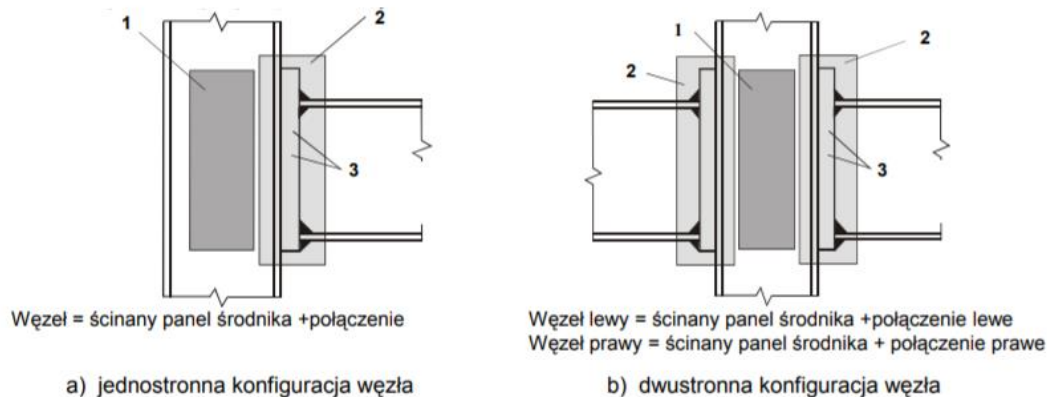
miejsce, w którym zbiegają się co najmniej dwa elementy. Na użytek projektowania przyjmuje się, że jest to zespół podstawowych części niezbędnych do przenoszenia sił wewnętrznych / momentów w tym miejscu..

EN 1993-1-8 1.4.2,  
1.4.4

## 1.4.4

### węzeł

strefa, w której połączone są wzajemnie co najmniej dwa elementy. Na użytek projektowania przyjmuje się, że jest to zespół wszystkich podstawowych części mających wpływ na sposób przenoszenia określonych sił wewnętrznych / momentów między połączonymi elementami. Węzeł belki ze słupem składa się z panelu środka oraz jednego połączenia (w węźle o jednostronnej konfiguracji) lub dwóch połączeń (w węźle o dwustronnej konfiguracji), patrz Rysunek 1.1.



1 ścinany panel środka  
2 połączenie  
3 części podstawowe (np. śruby, blachy czołowe)

Rys: EN 1993-1-8 Fig. 1.1

Połączenie: miejsce... ...zespół podstawowych części...

→ #14 / 6

Węzeł: **strefa**... ... zespół **wszystkich** podstawowych części ...

Węzły w konstrukcji stalowej zawsze składają się ze śrub lub spoin i dodatkowych blach (żebra, blachy węzłowe). W węzłach dochodzi do lokalnej koncentracji naprężeń i sił. Z tego powodu konieczne jest sprawdzenie lokalnego zachowania elementów węzła i krótkich odcinków przyległych elementów. W grę wchodzi specyficzne zjawiska o charakterze lokalnym.

W uproszczeniu: najważniejszymi częściami węzła są spoina i trzpień śruby. Z tego powodu można je nazwać „połączeniami” - w przeciwieństwie do „pozostałej części węzła”, czyli żeber, blach węzłowych i współpracujących części prętów.

Nośnością **połączenia** możemy nazwać nośność spoiny lub trzpienia śruby:

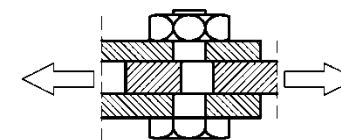
→ #14 / 12



Rys: researchgate.net

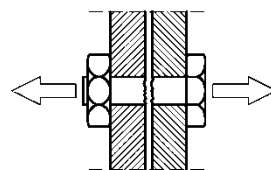


Rys: ceprofs.civil.tamu.edu



Rys: Autor

- przekroczenie naprężeń w spoinie;
- ścięcie trzpienia;
- rozerwanie trzpienia;



Rys: Autor



Рψσ: φοργεμαγ.χομ

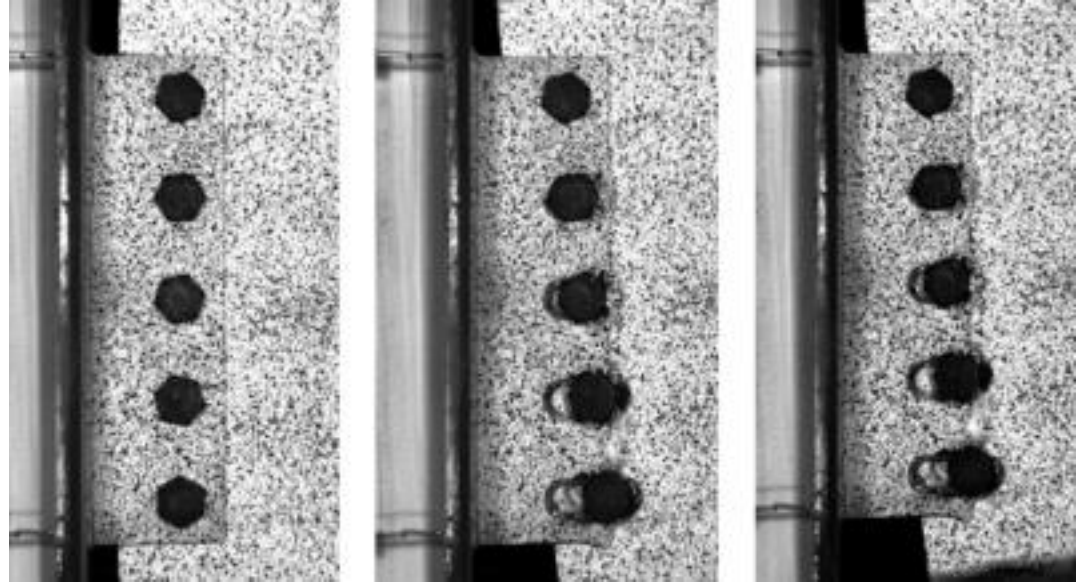
Zachowanie **węzła** można podzielić na dwie grupy:

- interakcje między blachami i elementami a połączeniami;
- interakcje blach i elementów między sobą

→ #14 / 13



Rys: ascelibrary.org

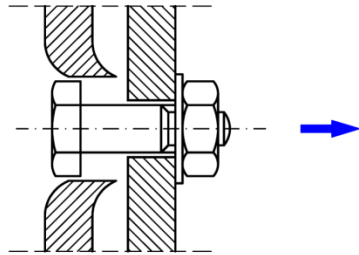


Rys: ascelibrary.org

Przykład oddziaływania między połączeniem a blachą: uplastycznienie w skutek docisku.  
Lokalna deformacja blachy dociskanej do trzpienia śruby.

## Inne przykłady oddziaływania między śrubą a blachą:

- przeciągnięcie łba śruby;
- lokalne zginanie blachy wokół śruby w strefie rozciąganej.



Rys: Autor



Rys: knkmpk.blogspot.com



Rys: Autor

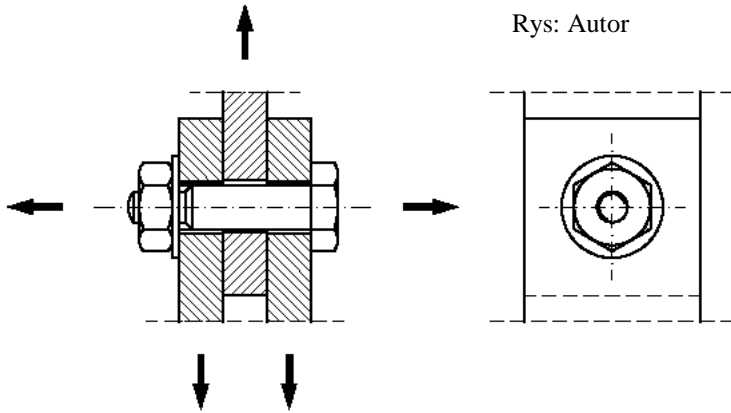
→ #14 / 14

# Połączenia trzpieniowe

→ #8 / 59

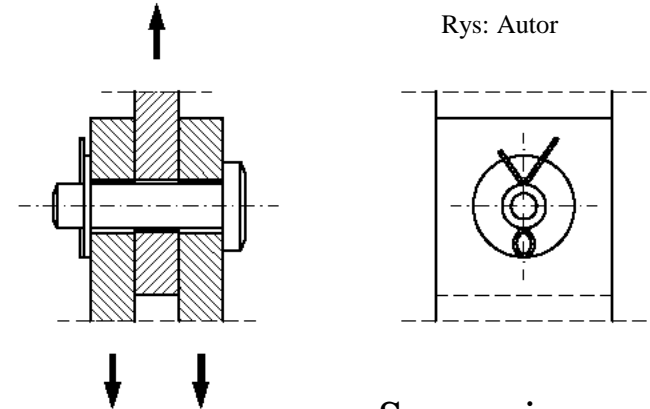


Rys: ventia.pl



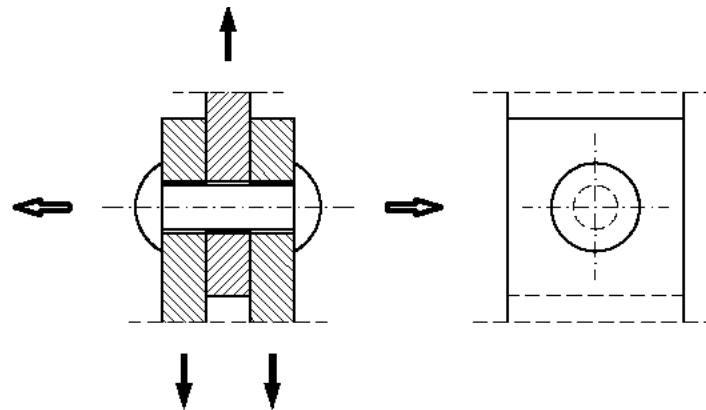
Rys: Autor

Śruby



Rys: Autor

Sworznie



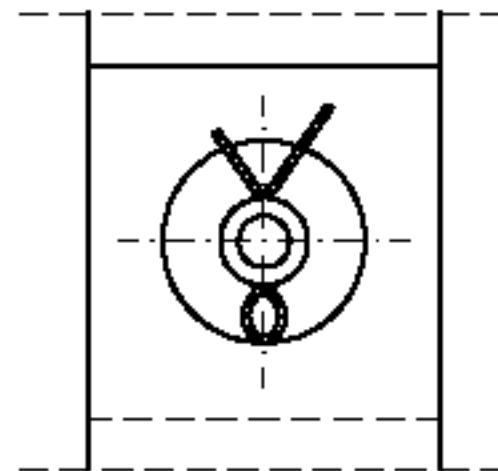
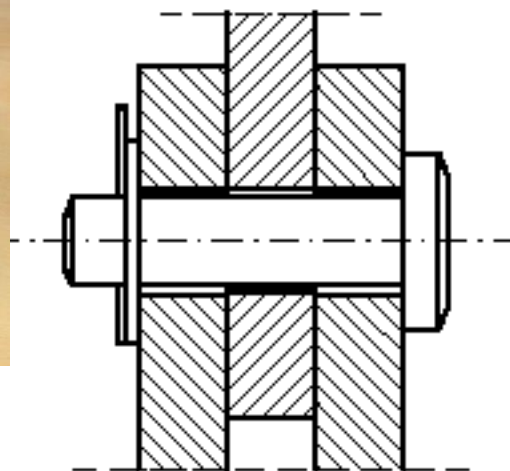
Rys: Autor

Nity

Sworzeń – okrągły trzpień z łbem; mocowanie – zawlecзка z drutu i podkładka



Rys: elgo-sruby.pl



Rys: Autor

Zawlecзка jest bardzo bardzo bardzo ... bardzo słabym elementem – sworznie nie przenoszą sił osiowych.



Rys: warszawa.naszemiasto.pl

Używane do konstrukcji tymczasowych:

Mostów saperskich  
Dźwigów składanych na placu budowy

Rys: demotywatory.pl

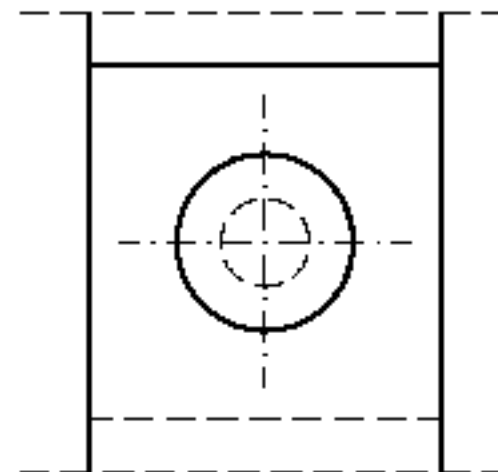
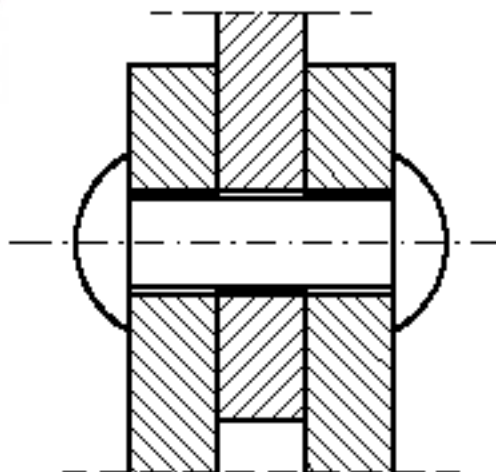


Nit – okrągły trzpień z łbem; mocowanie – deformacja na zimno końca trzpienia  
(zakucie nitu)



Rys: ferredo-poznan.com.pl

Rys: Autor





Rys: .pinterest.com

Używane przeszło 100 lat temu;  
współcześnie jedynie ze względów  
estetycznych.

Rys: mostypolskie.pl



Most im. Ignacego Mościckiego w Puławach  
foto: Katarzyna Janikowska

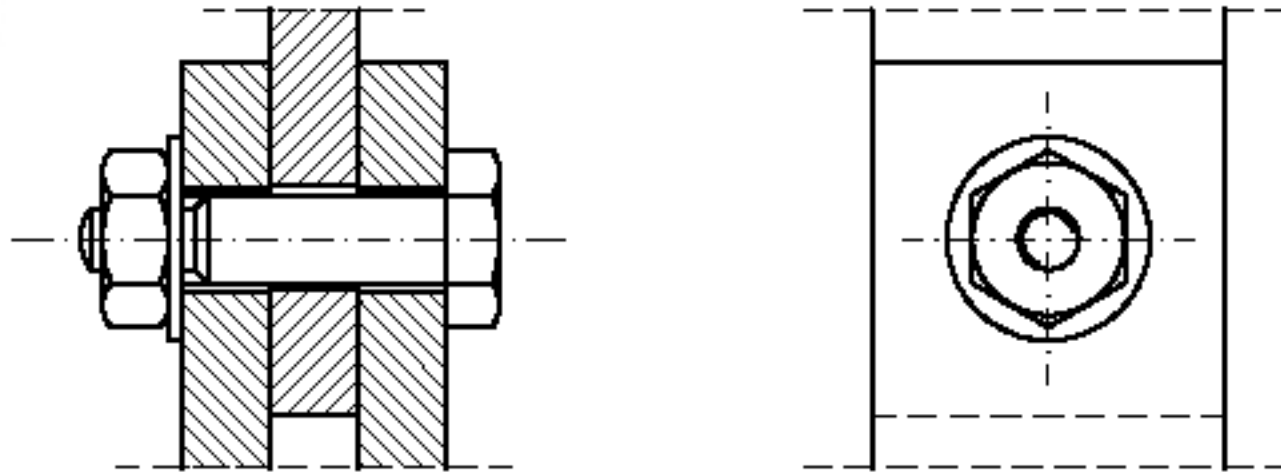
Rys: mbgrafikuje.pl

Śruba – nagwintowany trzpień okrągły z łbem; mocowanie – zakręcenie nakrętki.



Rys: ventia.pl

Rys: Autor



Obecnie przeszło 95% łączy trzpieniowych wykonywane jest na śruby.

Od pręta do sruby – obróbka na zimno i obróbka skrawaniem.



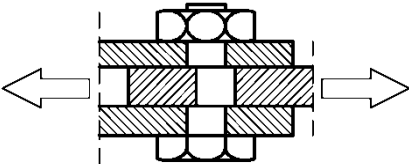
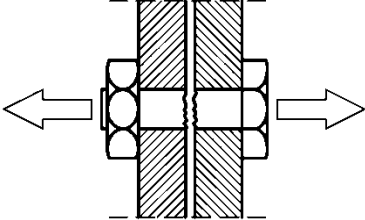
Rys: [wbisia.prz.edu.pl](http://wbisia.prz.edu.pl)

## Wymagania techniczne

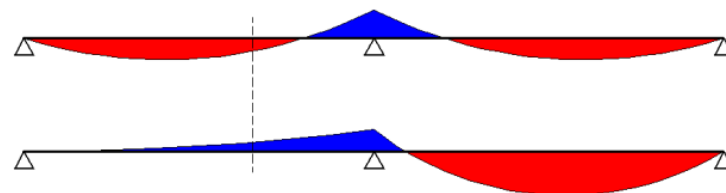
W każdym przypadku należy pamiętać o następujących wymaganiach:

- ◆ Musimy używać tylko śrub przeznaczonych dla konstrukcji metalowych;
- ◆ Śruby o średnicy mniejszej niż 16 mm są stosowane tylko jako łączniki między obudową a konstrukcją nośną;
- ◆ Gdy używamy różnych średnic śrub, średnice te nie mogą być zbyt zbliżone do siebie.

## Kategoria połączenia śrubowego i obciążenie

					
Kategoria	A	B	C	D	E
Rodzaj obciążenia	Statyczne i aerodynamiczne bez zmiany zwrotu momentu zginającego	Statyczne i aerodynamiczne ze zmianą zwrotu momentu zginającego	Dynamiczne	Statyczne, aerodynamiczne	Dynamiczne
Rodzaj śruby	„zwykłe”	sprężające		„zwykłe”	sprężające

Zmiana zwrotu momentu zginającego w różnych kombinacjach obciążeń



Rys: Autor

Śruba:

Symbol:

M16 → d = 16mm

Kategoria	Klasa	Średnica
A, D	4.6, 4.8	d = 16 mm
	5.6, 5.8, 6.8	d = 20 - 24 mm
	8.8, 10.9	d ≥ 24 mm
B	8.8, 10.9	d ≥ 24 mm
C, E		

Klasa: X.Y

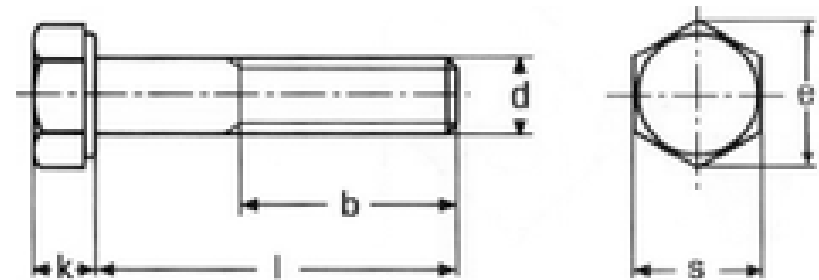
$$X = f_{ub} / 100 \rightarrow f_{ub} = 100 X$$

$$Y = 10 f_{yb} / f_{ub} \rightarrow f_{yb} = 10 X Y$$

Klasa: 4.8

$$f_{ub} = 400 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 320 \text{ MPa}$$



Rys: Autor

Tradycyjnie (zgodnie ze starą normą PN B 03200), używane  
były śruby o wybranych średnicach

M 5 M 6 M 8 M 10 M 12 M 16 M 20 M 22 M 24 M 27 M 30 M 33

M 36 M 39 M 42 M 45 M 48 M 52

M 56 M 64 M 72 M 80 M 90 M 100 M 110 M 125 M 140 M 160

Zalecane

Niezalecane

Rzadko używane / nie produkowane

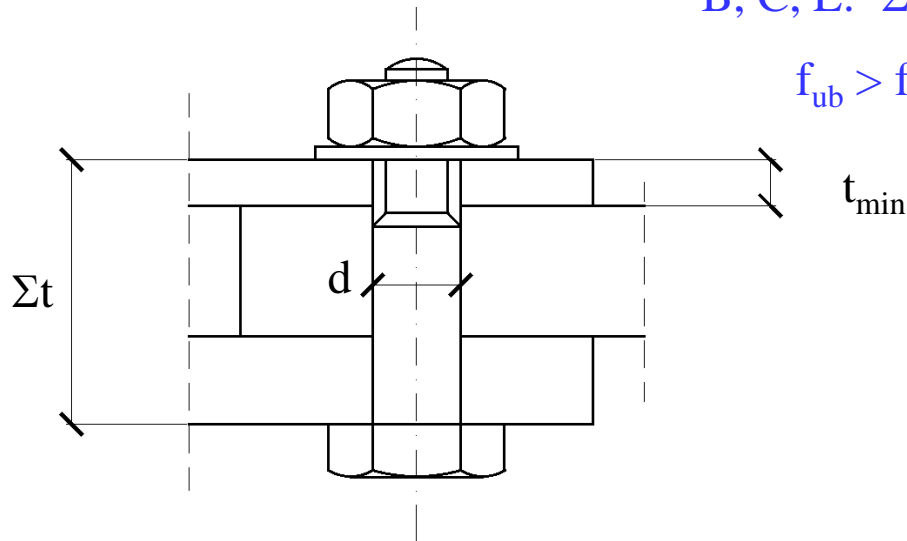
# Zalecenie: średnica śruby w funkcji grubości łączonych elementów

$$1,5 t_{\min} \leq d \leq 2,5 t_{\min}$$

$$A, D: \Sigma t \leq 5d$$

$$B, C, E: \Sigma t \leq 8d$$

$$f_{ub} > f_u$$



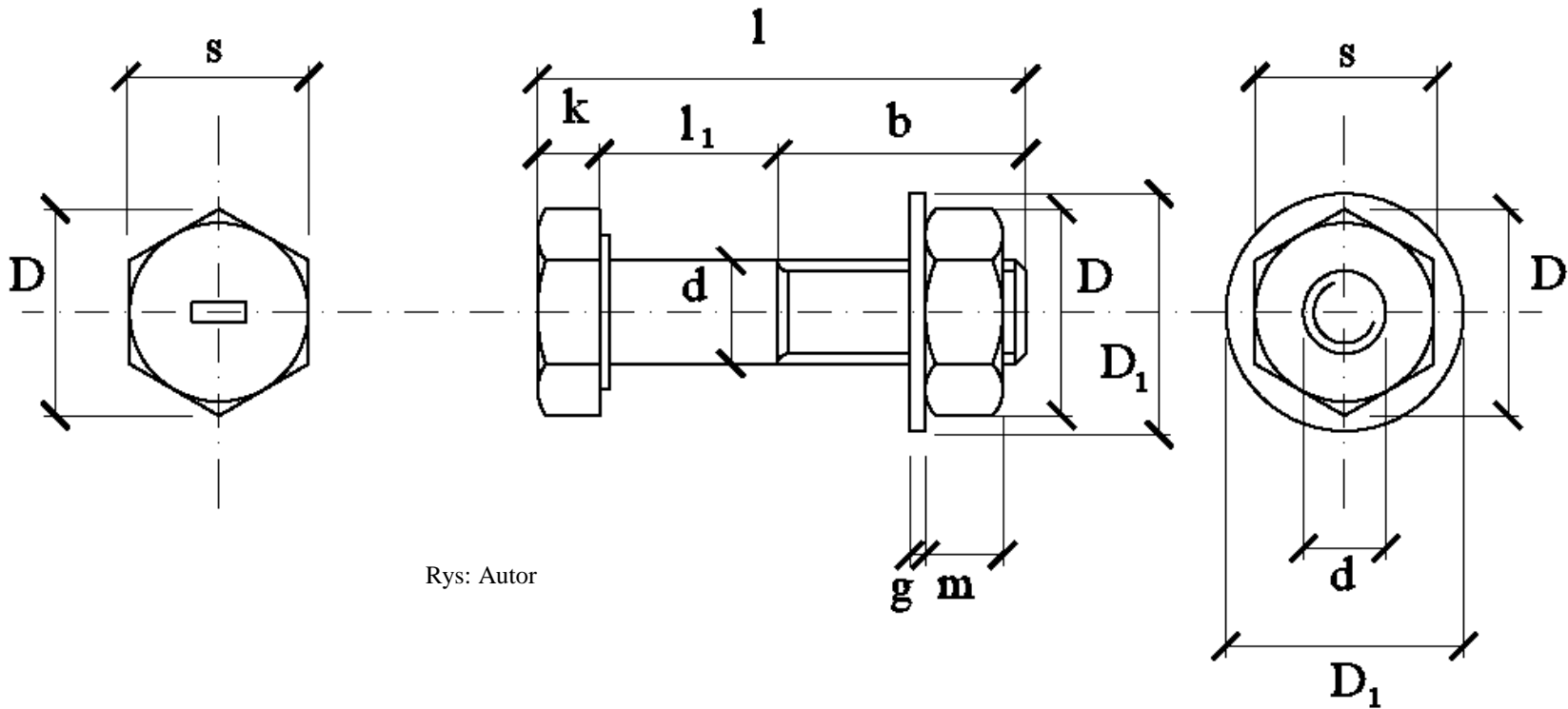
Rys: Autor

Zalecany typ śruby do połączeń kategorii  
A: SB z nagwintowaną częścią  
trzcienia według to EN 4014



Rys: wikipedia

## Wymiary śruby

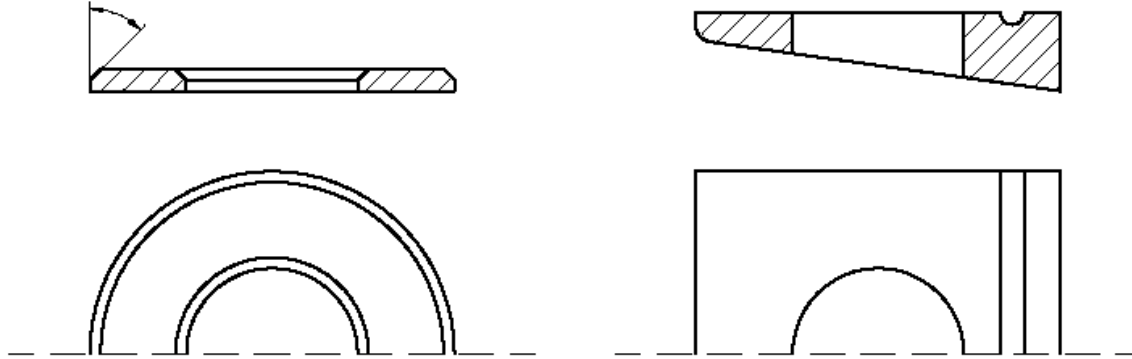


Rys: Autor

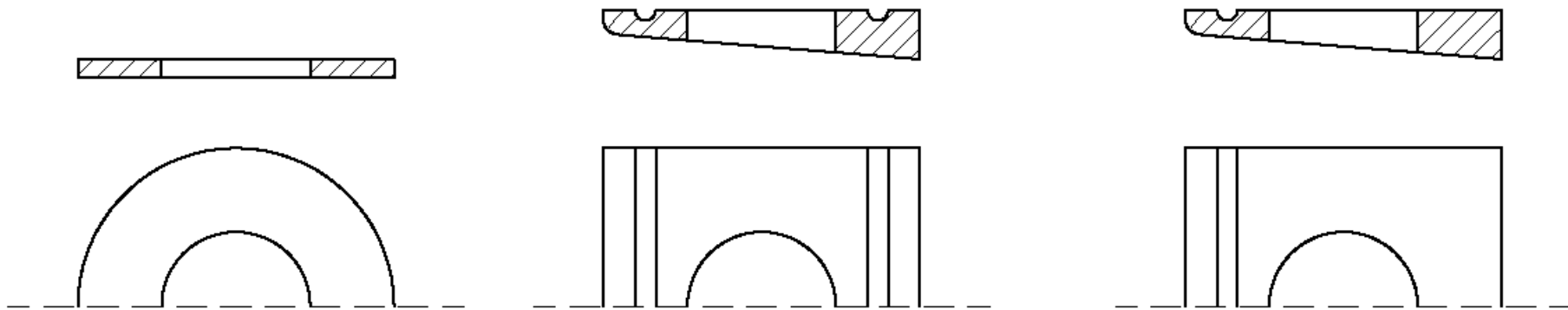
# Podkładki

Rys: Autor

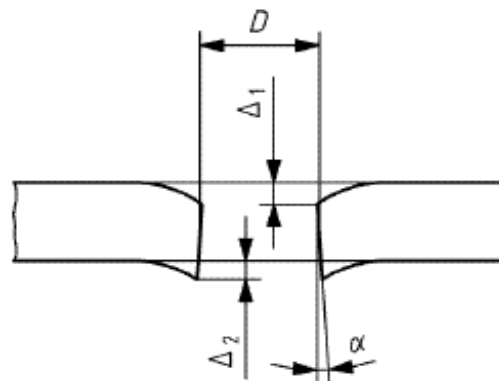
Dla IPN



Dla ceowników  
ekonomicznych



Dla  
ceowników

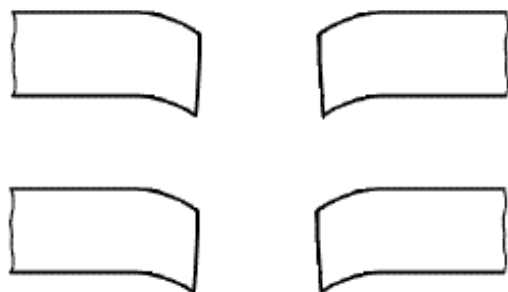


EN 1090-2 fig. 1.

$$D = (d_{\min} + d_{\max}) / 2$$

$$\max (\Delta_1 ; \Delta_2) \leq \max (D / 10 ; 1 \text{ mm})$$

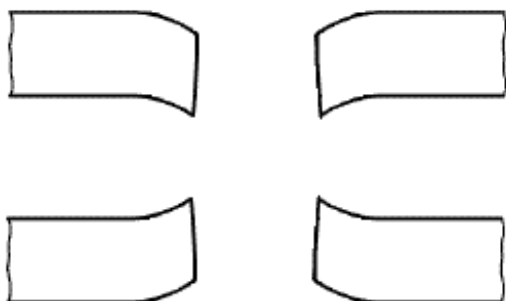
$$\alpha \leq 4^\circ = 7\%$$



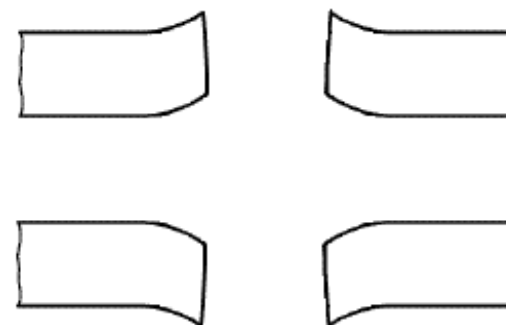
Dobrze

Przy połączeniu no nakładki z półką, środniaka z przykładką – deformacje powinny być w tym samym kierunku.

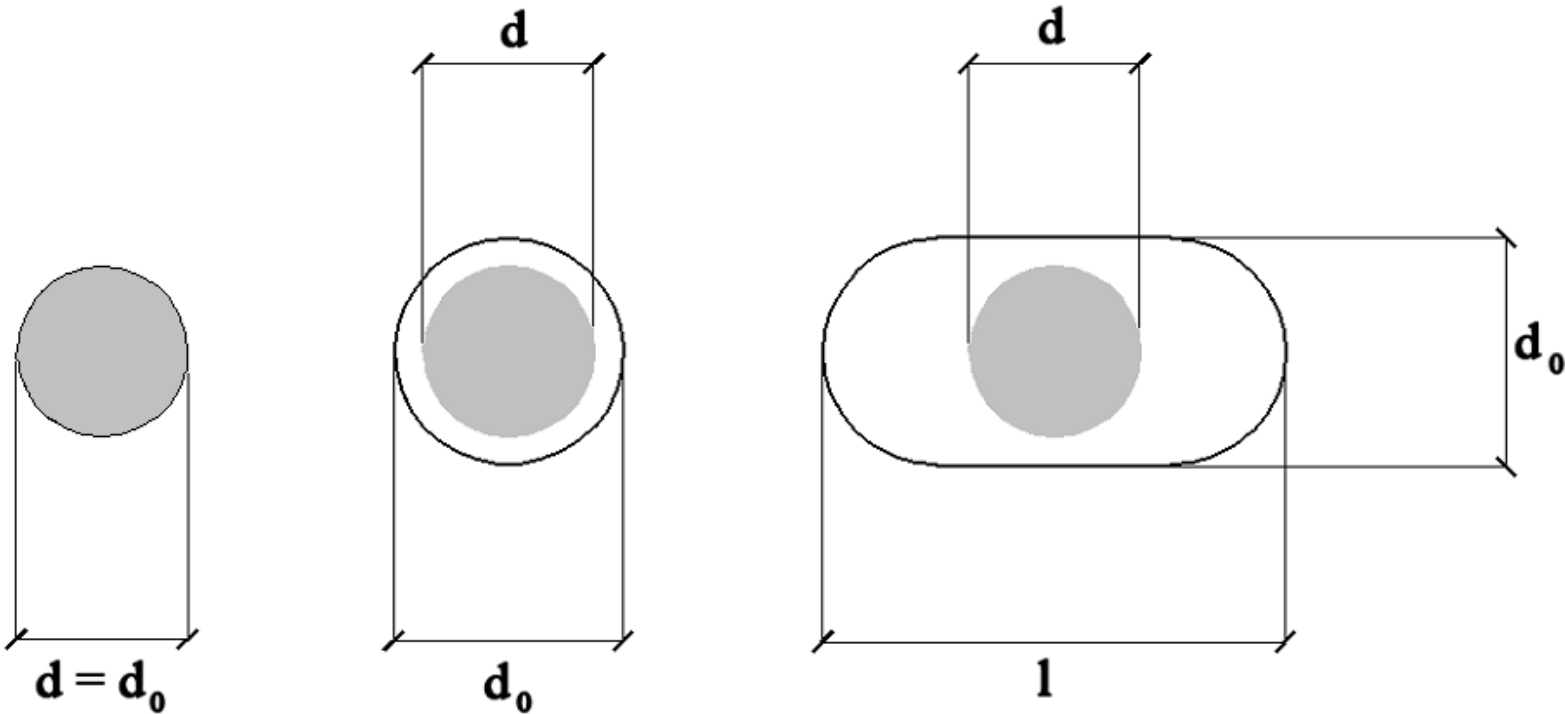
Rys: Autor



Źle



## Wymiary otworów



Śruby pasowane

Otworki okrągłe

Otworki owalne

$$d_0 - d = \quad l - d = \quad [\text{mm}]$$

Śruby i sworznie:		M 12, M 14	M16, M 18, M 20, M 22	M 24	M 27, M 30 ...
Śruby pasowane		0			
Otwory okrągłe		1 (0,5) 2	2 (1,5)		3 (2,5)
Otwory okrągłe powiększone		3	4	6	8
Otwory owalne krótkie	$d_0$	1 2	2		3
	1	4	6	8	10
Otwory owalne długie	$d_0$	1 2	2		3
	1	1,5 d			

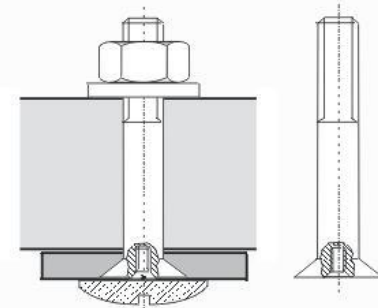
EN 1090-2 tab 11

(maszty, wieże)

śruby z łbem pograżonym

Nity – odrębne specyfikacje

Rys: zeglarstwo.sail-ho.pl



Średnice otworów na śruby zależą od klas jakości wykonania:

- A – śruby dokładne (pasowane);
- B – śruby średniodokładne;
- C – śruby zgrubne.

Klasa	Średnica trzpienia	Otwory	Uwagi
A	Średnica mniejsza o 0,2-0,3 mm od średnicy otworu; najwyższa jakość wykonania	Wykonywane w wytwórni o średnicy mniejszej niż docelowa i rozwiercane do docelowej na placu budowy	Najdroższe, rzadko stosowane, jedynie w przypadkach gdy istotne jest ograniczenie przemieszczeń w styku
B	Średnica taka sama w obu klasach, przy czym dokładność wykonania (akceptowane odchyłki i imperfekcje) jest dla C niższa	Wykonywane w wytwórni o średnicy docelowej	Najczęściej używane, stosowane w każdej sytuacji
C			Używane w połączeniach słabo obciążonych i bez istotnego znaczenia konstrukcyjnego; najtańsze

Śruby w konstrukcjach stalowych opisane są przez dwie normy

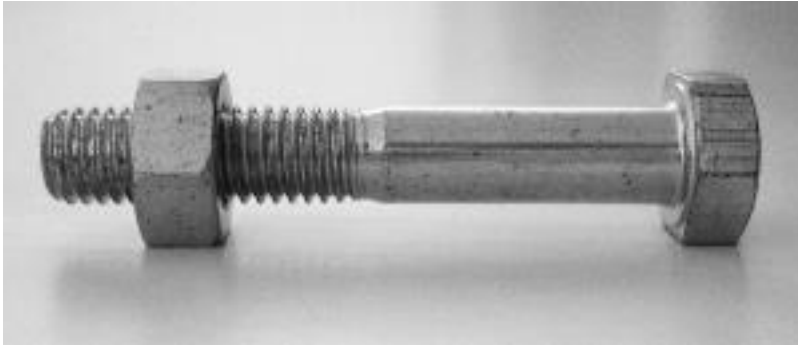
EN 14 399

EN 15 048

Kategoria	A	B	C	D	E
Norma	EN 15 048	EN 14 399	EN 14 399	EN 15 048	EN 14 399
System	SB	HV	HV	SB	HR

System SB jest zalecany do połączeń śrubowych A i D, gdzie można stosować „normalne” śruby. W przypadku połączeń B, C i E stosuje się odmienny typ śrub, śruby sprężane. Generalnie HR i HV pochodzą ze starych norm krajowych różnych krajów (Francji i Niemiec) i różnią się nieznacznie wymiarami. Główna różnica dotyczy długości części nagwintowanej trzpienia śruby.

Śruby można podzielić na dwa rodzaje: z gwintem na części długości trzpienia oraz z gwintem na całej długości trzpienia.



Rys: wikipedia



Rys: parkersteel.co.uk

### Zalecenie

Kategoria	A	B	C	D	E
Gwint	część	część	część	całość	całość

Wymiary śrub dla obu rodzajów mogą się nieznacznie różnić

## Zestaw śrubowy to śruba, nakrętka i podkładka

Kategoria		A	B	C	D	E
Norma główna		EN 15 048	EN 14 399		EN 15 048	EN 14 399
Śruba	Jakość A	EN ISO 4014	EN 14 399-8		EN ISO 4017	Niezalecane
	Jakość B		EN 14 399-4			EN 14 399-3
	Jakość C		Niezalecane			Niezalecane
Nakrętka		EN ISO 4032	EN ISO 4033		EN ISO 4032	EN ISO 4033
Podkładka		EN 14399-5	EN 14399-6		EN 14399-5	EN 14399-6

# Śruby i podkładki

## Zalecenie



Rys: parkersteel.co.uk

Kategorie A i D: jedna podkładka pod nakrętką

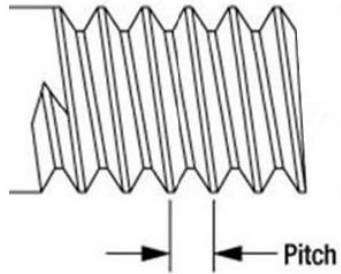


Rys: fxaball.co.uk

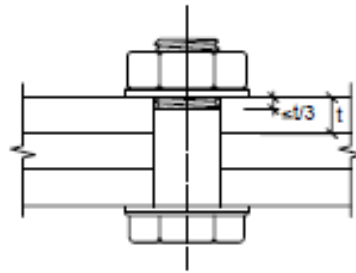
Kategorie B, C i E: dwie podkładki, pod łbem i nakrętką

# Skok (pitch) śruby i położenie nakrętki

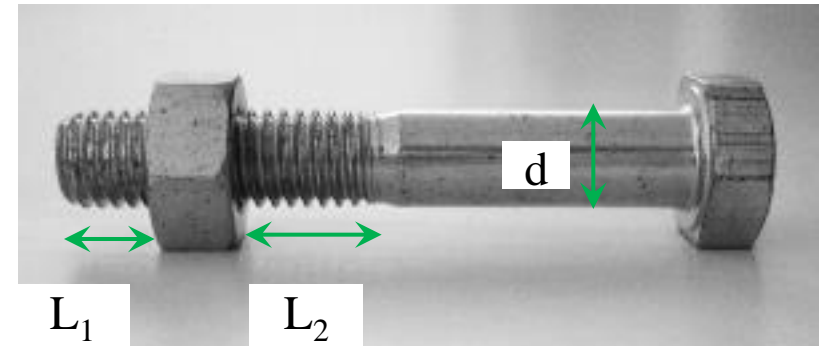
## Zalecenia



Rys: u-bolts-r-us.co.uk



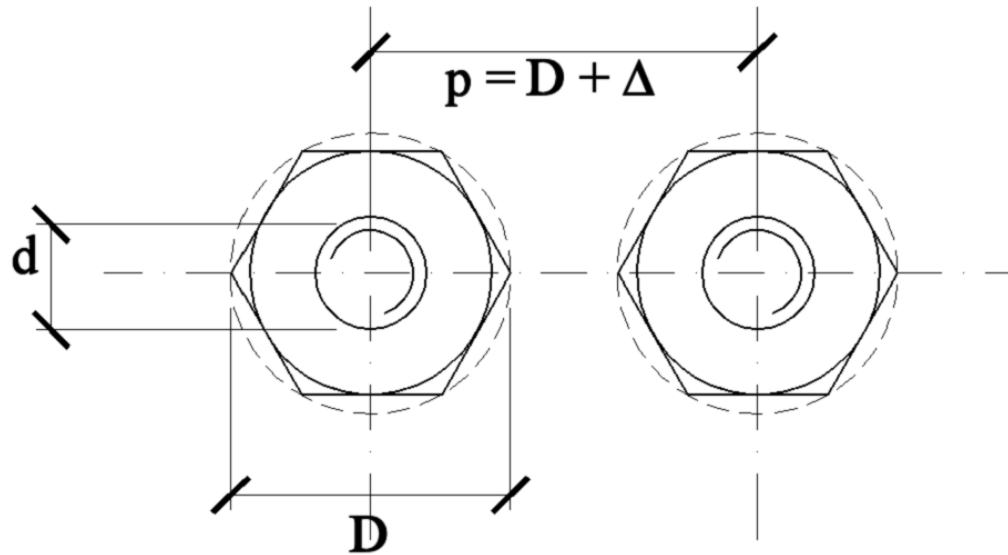
Rys: EN 1993-1-8 fig. 3.2



Rys: wikipedia

Kategorie		A	D	B, C, E
L <sub>1</sub>	min	1P		2P, zaokrąglone do wielokrotności 5 mm
	max	d		d
L <sub>2</sub>	min	1P	Nie stosowane	4P
	max	1/3 grubości blachy zewnętrznej		

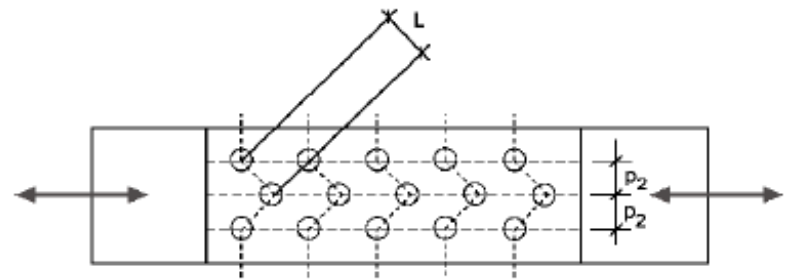
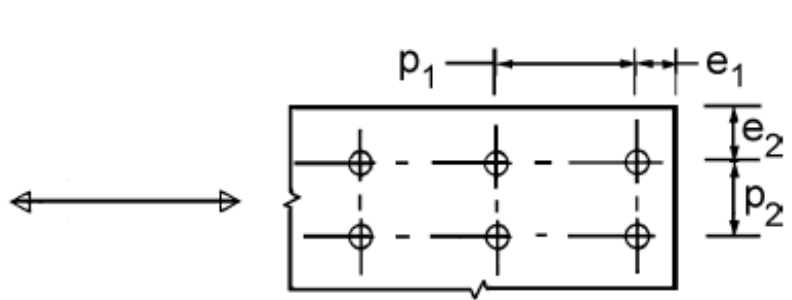
## Odległość między śrubami



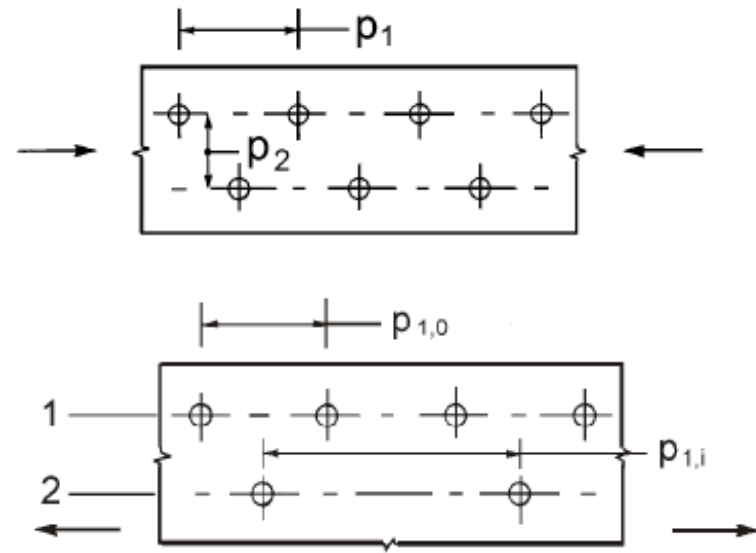
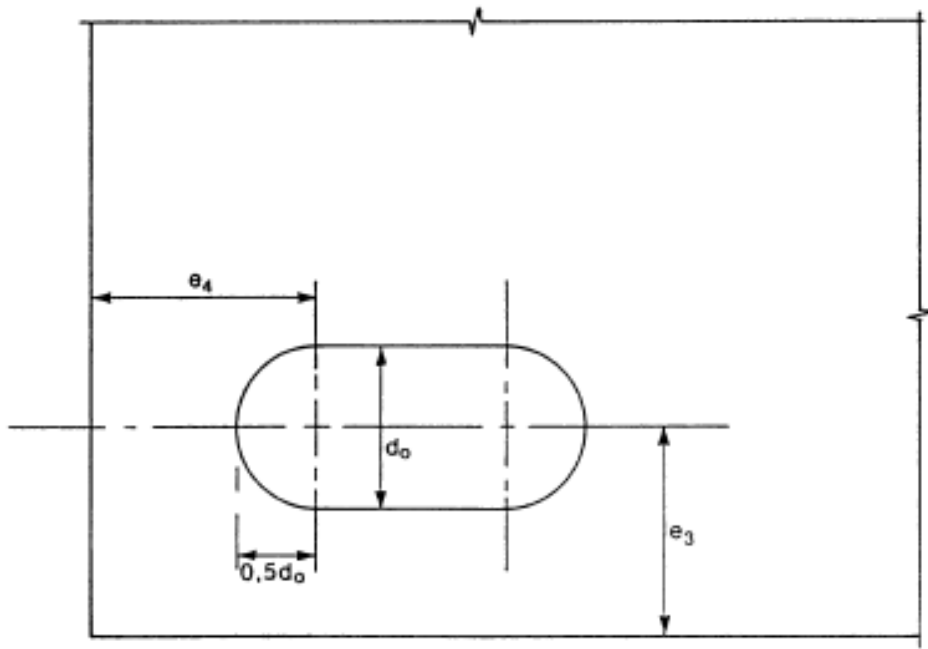
Rys: Autor

M 12 - M 48:  $D / d = 1,75 - 1,85 \rightarrow p \geq 1,9 d$

Zalecenie:  $p = 2,5 d + 5 \text{ mm}$



Wytyczne według EN 1993-1-8 rys 3.1



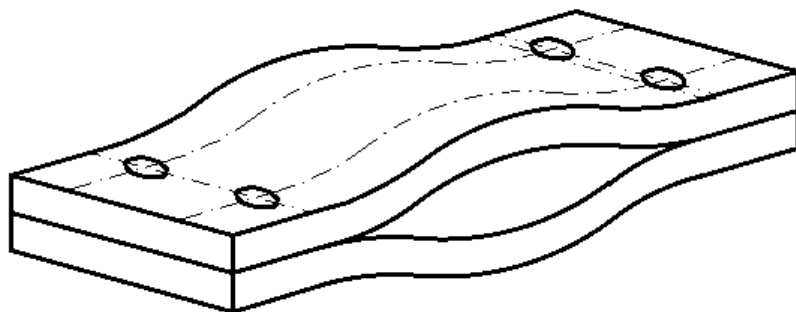
EN 1993-1-8 tab 3.3

Wymiar	Minimalnie	Maksymalnie		
		Stal zwykła		Stal nierdzewna
		Narażona na wpływy atmosferyczne i korozję	Nie narażona	
$e_1$	$1,2 d_0$	$4 t_{e, \min} + 40 \text{ mm}$		$\max(8 t_{e, \min} ; 125 \text{ mm})$
$e_2$	$1,2 d_0$	$4 t_{e, \min} + 40 \text{ mm}$		$\max(8 t_{e, \min} ; 125 \text{ mm})$
$e_3$	$1,5 d_0$			
$e_4$	$1,5 d_0$			
$p_1$	$2,2 d_0$	$\min(14 t_{e, \min} ; 200 \text{ mm})$	$\min(14 t_{e, \min} ; 200 \text{ mm})$	$\min(14 t_{\min} ; 175 \text{ mm})$
$p_{1,0}$		$\min(14 t_{e, \min} ; 200 \text{ mm})$		
$p_{1,i}$		$\min(14 t_{e, \min} ; 200 \text{ mm})$		
$p_2$	$2,4 d_0$ $(1,2 d_0 \text{ and } L \geq 2,4 d_0)$	$\min(14 t_{e, \min} ; 200 \text{ mm})$	$\min(14 t_{e, \min} ; 200 \text{ mm})$	$\min(14 t_{\min} ; 175 \text{ mm})$

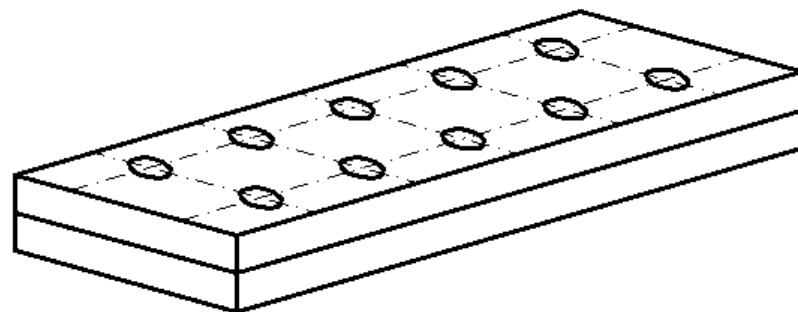
Minimalna odległość: zapobieganie problemom zbyt małej odległości między łbami / nakrętkami śrub (kolizja geometryczna), zapobieganie pękaniu blachy między otworami na śruby podczas wiercenia.

Odległość maksymalna: zależy od rodzaju stali („normalna” / nierdzewna) i ekspozycji na wpływy korozji.

W świecie rzeczywistym nie ma idealnych płaskich płyt. Imperfekcje mogą powodować powstanie szczelin między płytami.



Rys: Autor

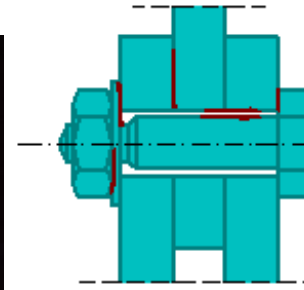


W przypadku dużej odległości między śrubami w szczelinach między płytami może wystąpić korozja szczelinowa.

Duża liczba śrub sprawia, że płyty są silnie dociskane, eliminują szczeliny między płytami i zapobiegają korozji szczelinowej.

## Szczelinowa

Rys: epq.science.cmu.ac.th



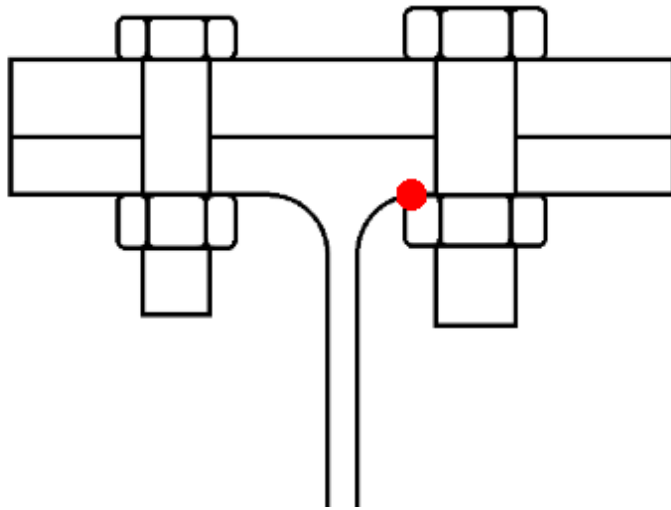
Rys: Autor

Ograniczona cyrkulacja powietrza i ograniczony dostęp tlenu, nierównomierne rozmieszczenie trudno i łatwo rozpuszczalnych soli na powierzchni szczeliny, zwiększona agresywność środowiska wewnątrz szczeliny

Kontaktowa (bimetaliczna; dwa różne metale lub dwa różne stopy): ogniwo galwaniczne w przypadku obecności wody / elektrolitu



Rys: wikipedia



Rys: Autor

Dodatkowe problemy: współpraca pomiędzy śrubą a elementem

Zbyt duża średnica śruby = kolizja nakrętki z przekrojem. Śruba nie może być całkowicie dokręcona.

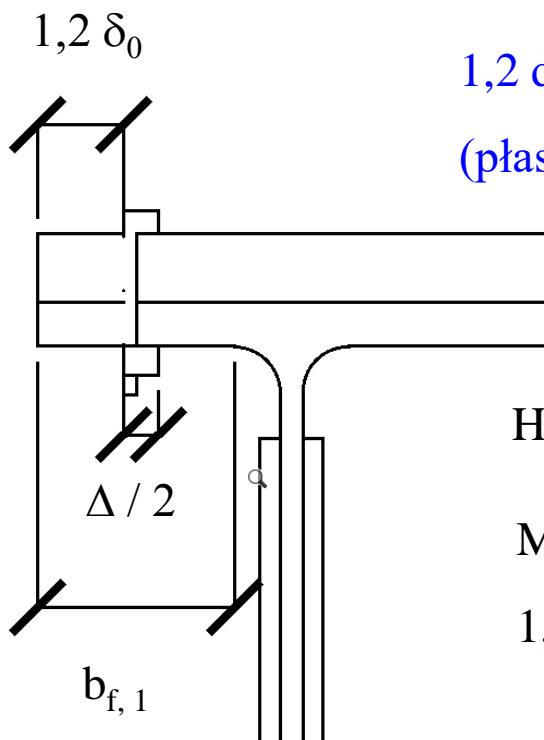
Nośność na poślizg = 0

Nośność węzła mniejsza niż według wzorów w EN 1993-1-8

Prawdopodobieństwo zginania trzpienia śruby = nośność na ścinanie mniejsza niż według wzorów w EN 1993-1-8.



Dodatkowo: wystarczająco dużo miejsca na półce



$$1,2 d_0 + D / 2 + 5 \text{ mm} \leq b_{f,1}$$

(płaska część półki)

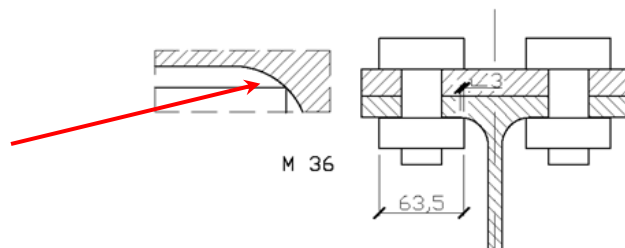
$$\text{HEA 650: } b_{f,1} = (300 - 2 \cdot 27 - 13,5) / 2 = 116 \text{ mm}$$

$$\text{M24: } 1,2 d_0 = 31,2 \text{ mm} \quad ; \quad D / 2 = 20,8 \text{ mm}$$

$$1,2 d_0 + D / 2 + 5 \text{ mm} = 57 \text{ mm} \leq b_{f,1} \quad \text{OK}$$

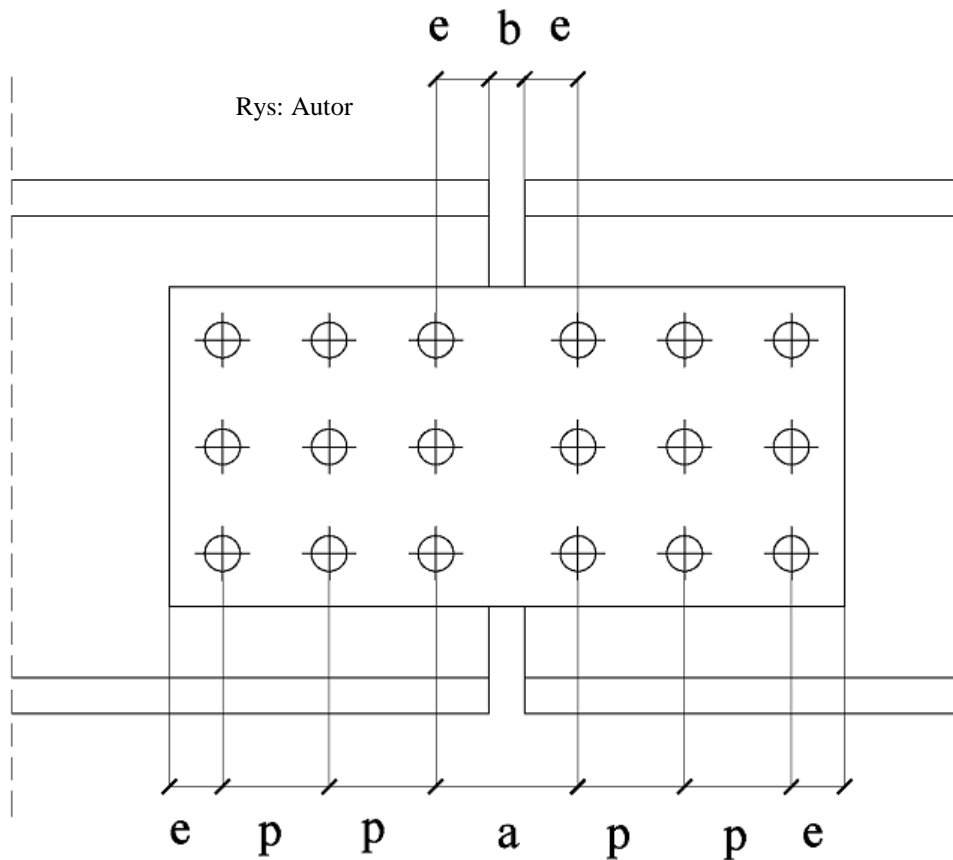
Rys: Autor

W przeciwnym wypadku istnieje ryzyko, że nakrętka zablokuje się na okrągłej części między półką a środkiem i nie będziemy mogli dokręcić śruby.



Rys: Autor

Szczelina b pomiędzy dwoma częściami dwuteownika (10 - 20 mm) -  
skompensowanie imperfekcji połączenia podpory



Odległości dla średnika i  
przyładek.

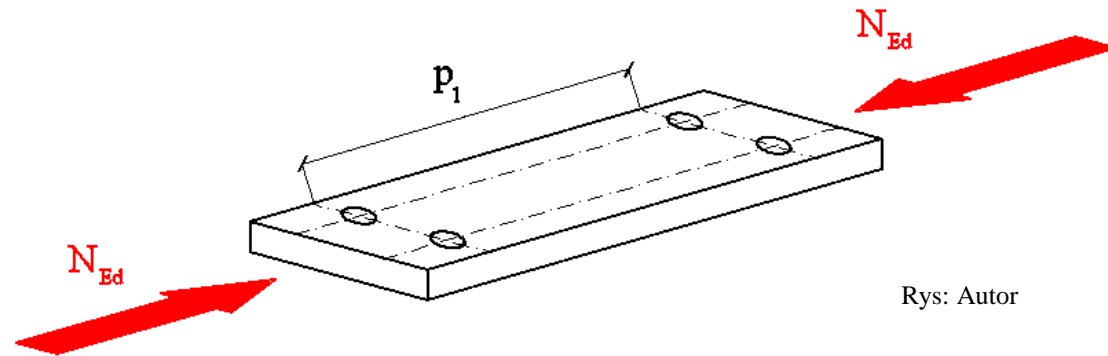


$$a = \max (2 e + b ; p)$$

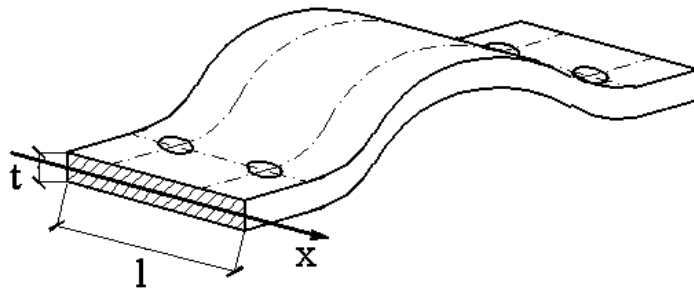
a – nie może być większe niż max odległość wg. #t / 34

Nie jest zalecana zbyt duża odległość między śrubami ( $p_1$ ) równoległe do kierunku działania siły.

$p_1 / t \geq 9\varepsilon$  w przypadku siły ściskającej  $\rightarrow$  lokalna utrata stateczności przez blachę (EN 1993-1-8 tab. 3.3)



Rys: Autor



$$N_{Ed} / (\chi_x N_{Rd}) \leq 1,0$$

$$N_{Rd} = A f_y$$

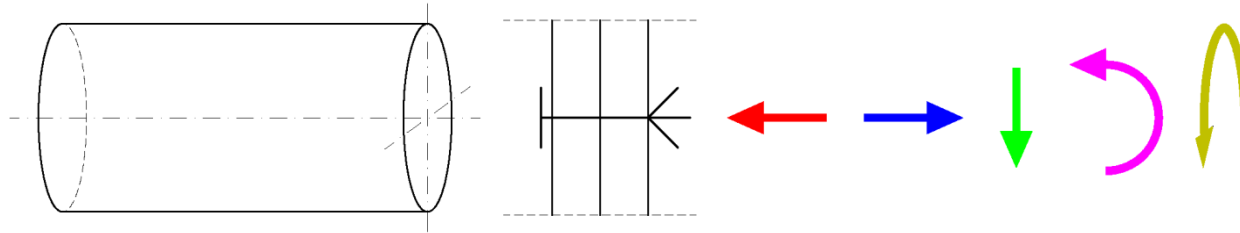
$$A = t \cdot l \quad ; \quad J_x = l \cdot t^3 / 12 \quad ;$$

$$i_x = \sqrt{(J_x / A)} = t / (2 \sqrt{3})$$

$$L_{cr} = 0,6 p_1$$

$$\chi_x = \chi_x (L_{cr} \quad ; \quad i_x \quad ; \quad c)$$

## Nośność



Rys: Autor

Trzpień – długi cylinder o podstawie kołowej, czasem (w przypadku śrub) nagwintowany.

Istnieje kilka typów obciążenia, które może być przyłożone do trzpienia, oraz kombinacje tych obciążeń. Dla różnych typów łączników używamy różnych wzorów (śruba - nit - swożeń).

Oprócz nośności samego trzpienia, w grę wchodzi wiele interakcji między trzpieniem a blachą / przekrojem elementu.

Rodzaj:	Nośność elementu łączącego (spoiny, trzpienie)	Węzły		
		Sztynność	Nośność	
			Interakcja elementu łączącego z innymi częściami węzła	Interakcja pozostałych części węzła między sobą
Spawane	EN 1993-1-8 rozdział 4 (spoiny) <u>Wykład #16, 17</u>	EN 1993-1-8 rozdział 5 i 6 <u>Wykład #14 i #15</u>	Brak	EN 1992-1-1 rozdział 6 EN 1993-1-5 rozdział 5 i 9 EN 1993-1-8 rozdział 4, 6 i 7 EN 1995-1-5 rozdział 9 <u>Wykład #19, 20, 21</u>
Śrubowe	EN 1993-1-8 rozdział 3 (trzpień) <u>Wykład #18</u>		EN 1993-1-8 rozdział 3 i 6 <u>Wykład #18, 19, 21</u>	EN 1993-1-8 rozdział 4 i 6 <u>Wykład #18, 19, 20, 21</u>

Styk śrubowy			Połączenie (→ #t / 41)		Pozostała część węzła(→ #t / 41)
			Nośność na ścinanie	Nośność na rozciąganie	Różne rodzaje interakcji
Ścinanie	„zwykłe”	A	✓		✓
	sprężające	B	✓		✓
		C			
Rozciąganie	„zwykłe”	D	(✓)	✓	✓
	sprężające	E		✓	✓

Wytrzymałość na ścinanie i rozciąganie są ważne dla różnych kategorii połączeń.

(✓) – czasami istotna, więcej informacji → wyk #19

EN 1993-1-8 tab. 3.2

## Interakcje między trzpieniem i elementem

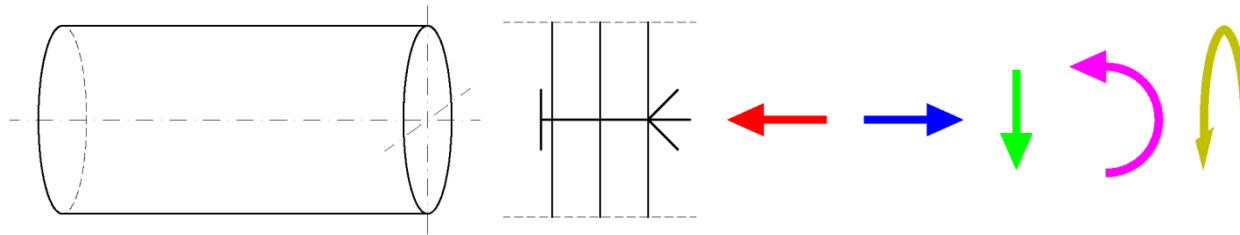
Styk śrubowy			Docisk	Ścinanie blachy stopowej	Przeciąganie	Efekt dźwigni	Zginanie półki / blachy	Rozciąganie środka
			→ #t / 62-76	→ wyk #20	→ #t / 95	→ wyk #19	→ wyk #19	→ wyk #19
Ścinanie	„zwykłe”	A	✓	✓				
	sprężające	B	✓		✓			
		C	✓		✓			
Rozciąganie	„zwykłe”	D	(✓)		✓	✓	✓	✓
	sprężające	E	(✓)		✓	✓	✓	✓






## Interakcje między trzpieniem i elementem

Styk śrubowy			Przekrój osłabiony			Utrata stateczności	Poślizg			
			„Klasyczny” przekrój netto	Rozzerwanie blokowe	L			→ #t / 77-87	→ #t / 41	→ #t / 88-93
Ścinanie	„zwykłe”	A	✓	✓	✓	✓				
	sprężające	B	✓	✓	✓	✓	✓			
		C	✓	✓	✓	✓	✓			
Rozciąganie	„zwykłe”	D	(✓)	(✓)		(✓)				
	sprężające	E	(✓)	(✓)		(✓)	(✓)			

# Nośność trzpienia

Rys: Autor



						
Śruby	Przez kontakt (docisk) blach	Liczenie nosności	Liczenie nosności	Zniszczenie	Tylko podczas dokręcania nakrętki	
Nity	Przez kontakt (docisk) blach	Liczenie nosności	Liczenie nosności	Zniszczenie	Nie występuje	
Sworznie	Przez kontakt (docisk) blach	Zniszczenie	Liczenie nosności	Liczenie nosności	Nie występuje	



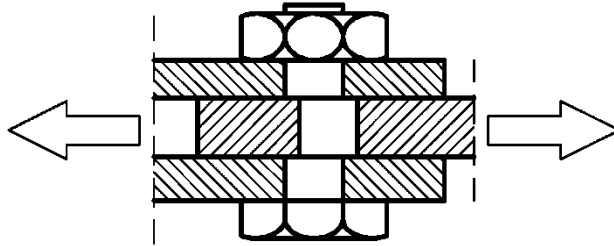
Rys: ceprofs.civil.tamu.edu

Dla połączeń śrubowych, nośność łącznika =  
nośność trzpienia śruby.



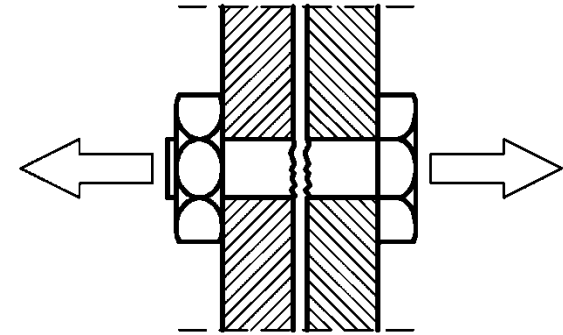
Rys: forgemag.com

W ogólności istnieją dwa mechanizmy  
zniszczenia trzpienia:



Ścinanie  
(siłą ścinającą)




Rys: Autor



Rozerwanie  
(siłą rozciągającą)

Dla sworzni analizujemy ścinanie i zginanie.

Czarna część pokazana jest wprost w EN 1993-1-8 tab 3.4 lub 3.10. **Część czerwona** omówiona jest w innych częściach EN.

	 $F_{t,Rd}$	 $F_{v,Rd, total}$	 $M_{Rd}$
Śruby	$k_2 f_{ub} A_s / \gamma_{M2}$ → #t / 50	$n \beta_{12-14} \beta_{Lf} \beta_p \alpha_v f_{ub} A_{(s)} / \gamma_{M2}$ → #t / 51-56	
Nity	$0,6 f_{ur} A_0 / \gamma_{M2}$ → #t / 57	$n \beta_{Lf} \beta_p 0,6 f_{ur} A_0 / \gamma_{M2}$ → #t / 58	
Sworznie		$n \beta_{Lf} 0,6 f_{up} A / \gamma_{M2}$ → #t / 59	$1,5 f_{up} W / \gamma_{M0}$ („zwykłe” sworznie) $0,8 f_{up} W / \gamma_{M6,ser}$ (sworznie wymienne) → #t / 60-61

## Śruba rozciągana

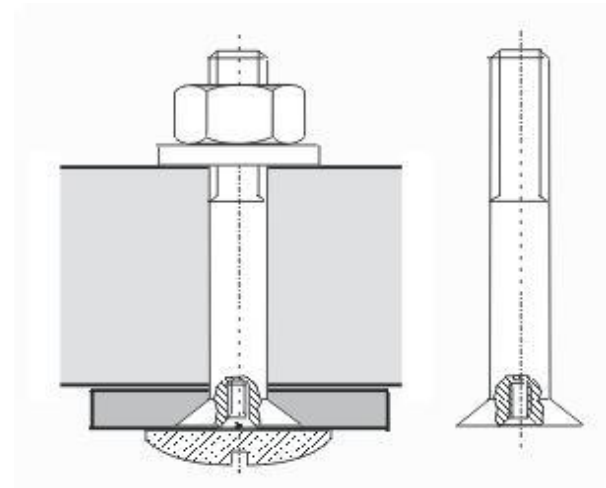
$$F_{t,Rd} = k_2 f_{ub} A_s / \gamma_{M2}$$

$k_2 = 0,90$  (lub  $0,63$  dla śrub z łbem wpuszczanym)

$f_{ub}$  – zależy od klasy śruby  $\rightarrow \#t / 17$

$A_s$  – pole przekroju nagwintowanej części rdzenia

$\gamma_{M2} = 1,25$



Rys: zeglarstwo.sail-ho.pl

## Śruba ścinana

$$F_{v,Rd, total} = n \beta_{12-14} \beta_{Lf} \beta_p \alpha_v f_{ub} A_{(s)} / \gamma_{M2}$$

$n$  – liczba płaszczyzn ścinania → #t / 52

$\beta_{12-14}$  – współczynnik dla śrub M12 i M14 → #t / 53

$\beta_{Lf}$  – współczynnik dla długich styków → #t / 54-55

$\beta_p$  – współczynnik dla przekładek → #t / 53

$\alpha_v$  – współczynnik ścinania → #t / 53

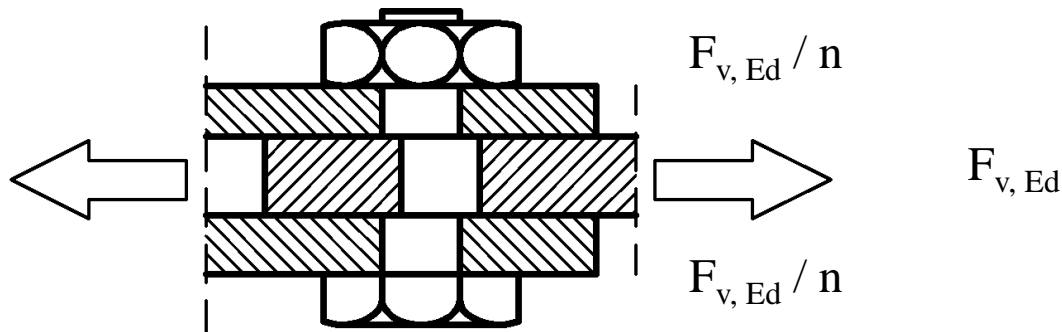
$f_{ub}$  - zależy od klasy śruby → #t / 17

$A_{(s)}$  – pole przekroju trzpienia w części nagwintowanej lub nienagwintowanej → #t / 56

$\gamma_{M2} = 1,25$

## Liczba płaszczyzn ścinania

Siła ścinająca rozkłada się równomiernie na wszystkie płaszczyzny ścinania. Dla każdej z nich obciążenie nie może być większe od nośności.



Rys: Autor

$$F_{v, Ed} / n \leq F_{v, Rd} \rightarrow F_{v, Ed} \leq n F_{v, Rd}$$

EN 1993-1-8 tab. 3.4

$\alpha_v$  :

A = A <sub>s</sub>			A = A			
4.6	5.6	8.8	4.8	5.8	6.8	10.9
0,6			0,5			

EN 1993-1-8 tab. 3.4

$\beta_{12-14}$  :

$d_0 - d =$

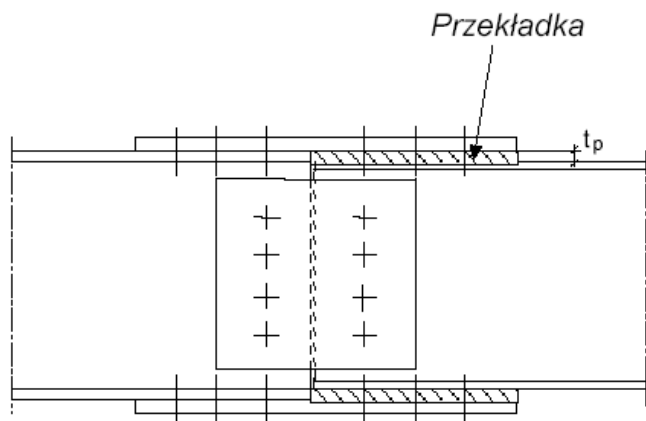
2 mm					1 mm	
4.8	5.8	6.8	8.8	10.9	4.6	5.6
0,85					1,00	

EN 1993-1-8 p.3.6.1.(5)

Jeśli grubość / wysokość elementów nie jest taka sama:

$$3 t_p \geq d \rightarrow \beta_p = \min [ 9 d / (8 d + 3 t_p) ; 1,0 ]$$

EN 1993-1-8 (3.3)



Rys: EN 1993-1-8 fig 3.4

Warunek 1:  $\sqrt{[(\sigma_{\perp})^2 + 3(\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)]} \leq \beta_{LW} f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$

Warunek 2:  $\sigma_{\perp} \leq 0,9 \beta_{LW} f_u / \gamma_{M2}$

Wartość  $\beta_{LW}$  dla różnych rodzajów spoiny:

→ #17 / 69

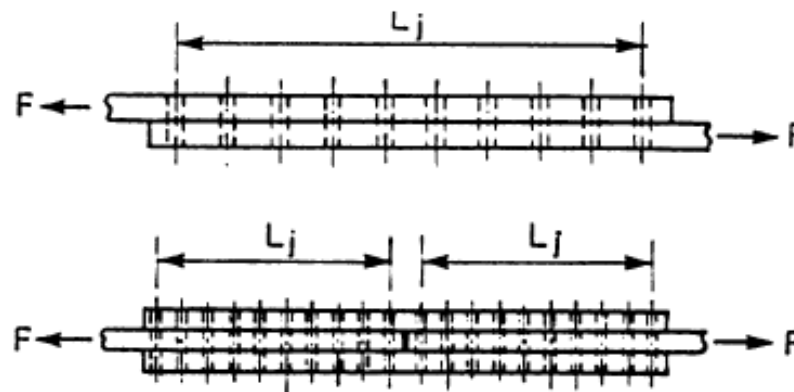
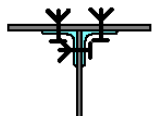
Długość spoiny:	0 - ∞		
Pomiędzy półką a środkiem w dwuteownikach spawanych	1,0		
Długość spoiny:	L < 1,700 m	1,700 m < L < 8,500 m	L > 8,500 m
Pomiędzy żebrami poprzecznymi i belką w dwuteownikach spawanych	1,0	1,1 - L / 17	0,6
Długość spoiny:	L < 150 a	150 a < L < 900 a	L > 900 a
Wszystkie pozostałe przypadki	1,0	1,2 - 0,2 L / (150 a)	0,0

EN 1993-1-8 (4.9), (4.10)

Analogicznie, istnieje pojęcie długich styków śrubowych:

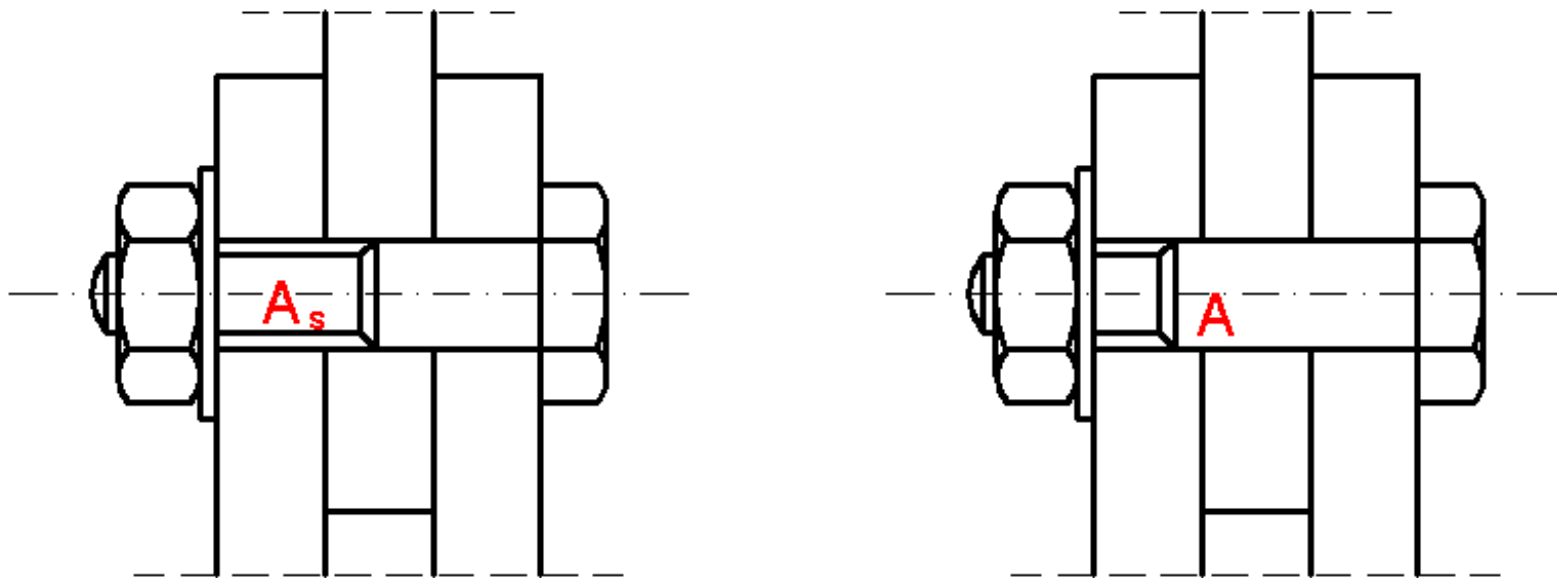
Rys: EN 1993-1-8 fig. 3.7

Рψσ: Ауτορ



$\beta_{Lf}$  :

	$L_j \leq 15 d$	$15 d \leq L_j \leq 65 d$	$L_j \geq 65 d$
Gdy siła rozkłada się równomiernie po całym złączeniu (np. między pasem a środkiem)	1,00		
Wszystkie inne przypadki	1,00	$1 - (L_j - 15 d) / (200 d)$	0,75



Rys: Autor

Proporcje między długością trzpienia, długością części nagwintowanej i grubością blach określają, czy ścinanie nastąpi w części nagwintowanej czy nienagwintowanej.

## Nit rozciągany

$$F_{t,Rd} = 0,6 f_{ur} A_0 / \gamma_{M2}$$

$f_{ur}$  – wytrzymałość nitu na rozciąganie (według Norm Krajowych)

$A_0$  – pole otworu na nit

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

## Nit ścinany

$$F_{v,Rd, total} = n \beta_{Lf} \beta_p 0,6 f_{ur} A_0 / \gamma_{M2}$$

$n$  – liczba płaszczyzn ścinania  $\rightarrow \#t / 52$

$\beta_{Lf}$  – współczynnik dla długich styków  $\rightarrow \#t / 54-55$

$\beta_p$  – współczynnik dla przekładek  $\rightarrow \#t / 53$

$f_{ur}$  – wytrzymałość nitu na rozciąganie (według Norm Krajowych)

$A_0$  – pole otworu na nit

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

## Sworzeń ścinany

$$F_{v,Rd, total} = n \beta_{Lf} 0,6 f_{up} A / \gamma_{M2}$$

$n$  – liczba płaszczyzn ścinania → #t / 52

$\beta_{Lf}$  – współczynnik dla długich styków → #t / 54-55

$f_{up}$  - wytrzymałość sworznia na rozciąganie (według Norm Krajowych)

$A$  – pole przekroju sworznia

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

## Sworzeń zginany

$$M_{Rd} = 1,5 f_{up} W_{el} / \gamma_{M0}$$

(sworzeń „zwykły”)

$$M_{Rd,ser} = 0,8 f_{up} W_{el} / \gamma_{M6,ser}$$

(sworzeń wymienialny)

$f_{up}$  - wytrzymałość sworznia na rozciąganie (według Norm Krajowych)

$W_{el}$  - wskaźnik wytrzymałości przekroju sworznia

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$\gamma_{M6,ser} = 1,00$$

Nie jest jasne, co oznacza sworzeń wymienialny – w opozycji do „zwykłego”, niewymienialnego. Na pewno w podporach przegubowych zastosowane są sworznie „zwykłe”.

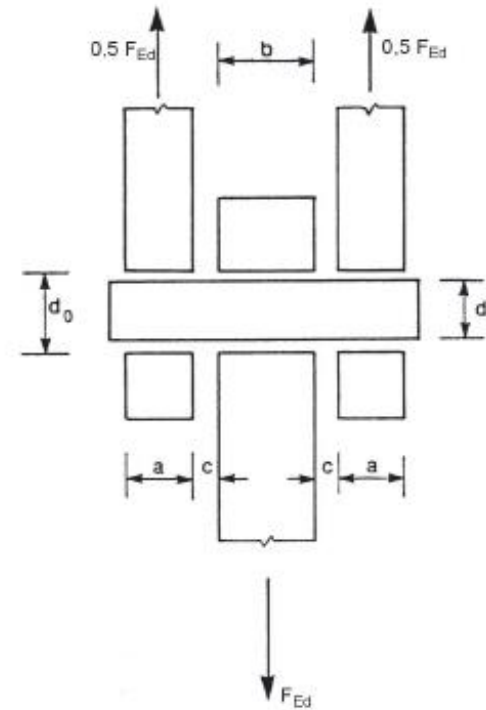
Moment zginający, przyłożony do sworznia, jest wynikiem wyłącznie luzów między elementami, a nie rozwiązań konstrukcyjnych przenoszących momenty zginające.

EN 1993-1-8 tab 3.10, fig. 3.11:

$$M_{Ed} = F_{Ed} (b + 4c + 2a) / 8$$

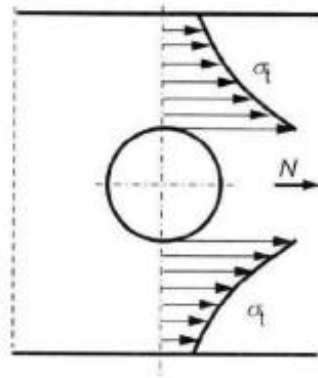
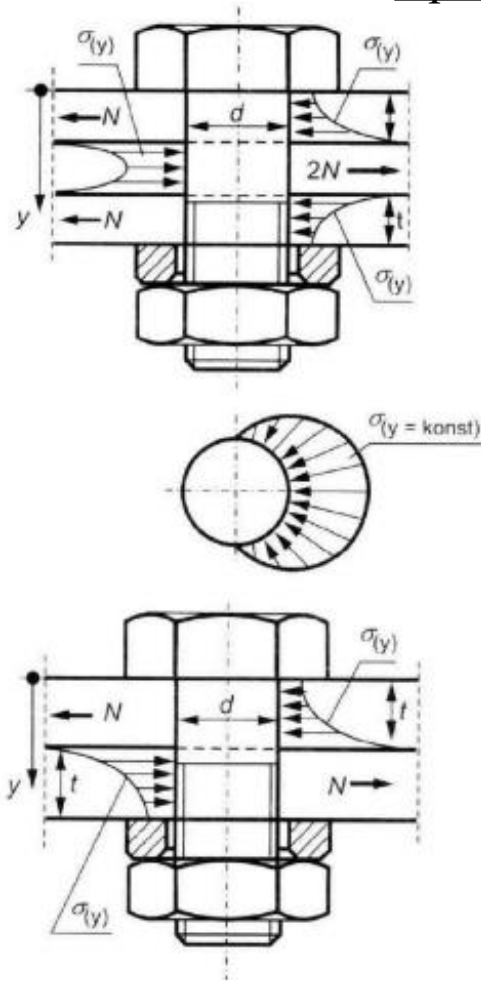
Przy równoczesnym działaniu siły ścinającej i momentu zginającego:

$$(M_{Ed} / M_{Rd})^2 + (F_{v,Ed} / F_{v,Rd})^2 \leq 1,0$$



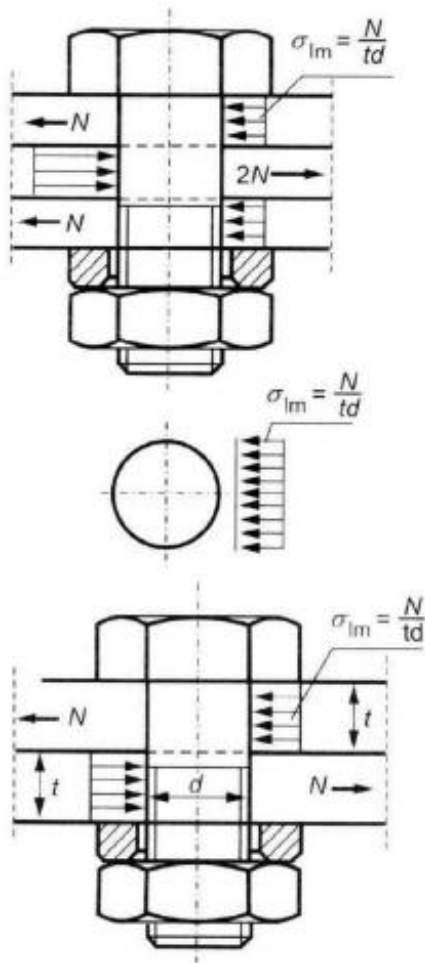
Rys: EN 1993-1-8 fig. 3.11

## Uplastycznienie ścianki otworu na skutek **docisku** do trzpienia śruby



Mamy do czynienia z silnie nieliniowym rozkładem naprężeń wokół otworu.

Rys: A. Biegus, Projektowanie konstrukcji stalowych według Eurokodów, Politechnika Wroclawska

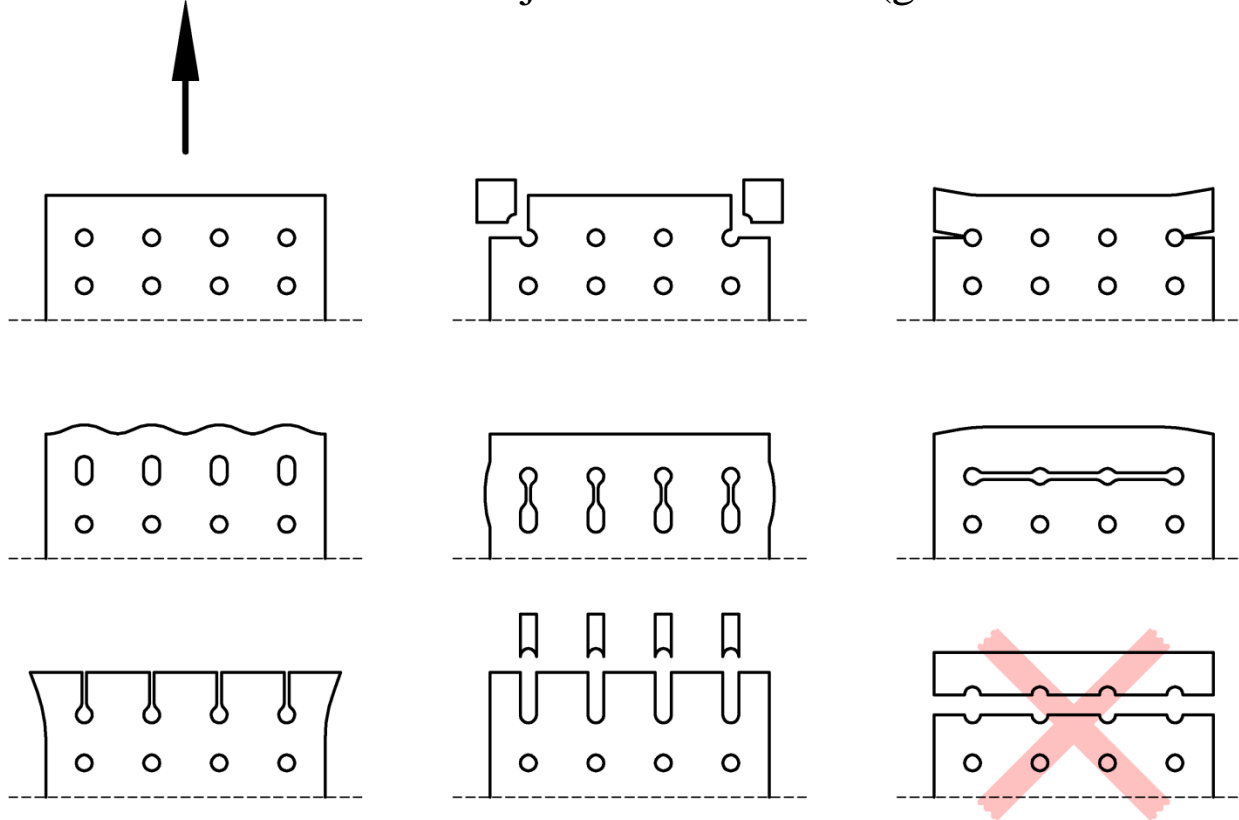


W modelu obliczeniowym przyjmujemy uproszczony, zlinearyzowany rozkład naprężeń.

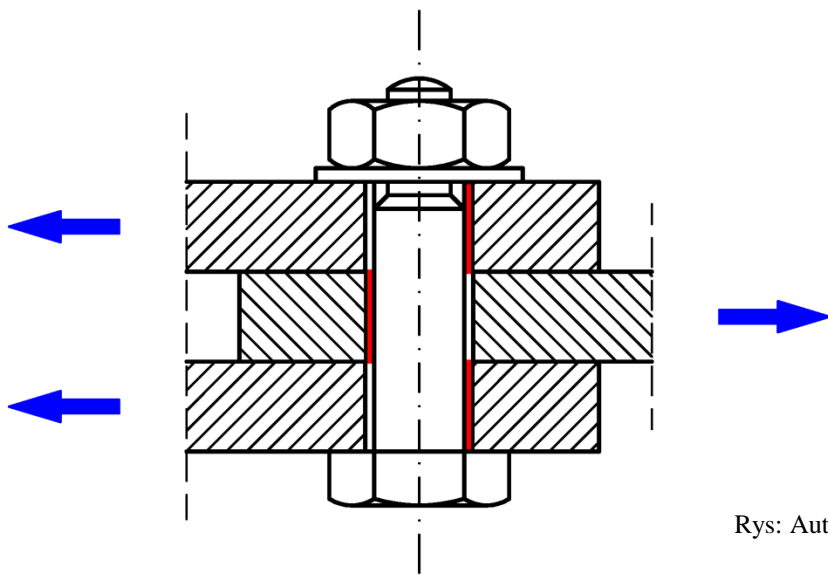
Rys: A. Biegus, Projektowanie konstrukcji stalowych według Eurokodów, Politechnika Wroclawska

## Nośność na docisk trzpienia śruby do krawędzi otworu

Lokalna deformacja lub zniszczenie (globalna = rozerwanie blokowe)



Rys: Autor



$$F_{b,Rd} = \beta_b k_1 \alpha_b f_u d t_{\min} / \gamma_{M2}$$

Rys: Autor

EN 1993-1-8 tab 3.4, **część czerwona** jest podana poniżej tabeli.

$\beta_b$  – parametr kształtu otworu → #t / 66

$k_1$  – parametr opisujący zjawiska prostopadłe do kierunku siły → #t / 67

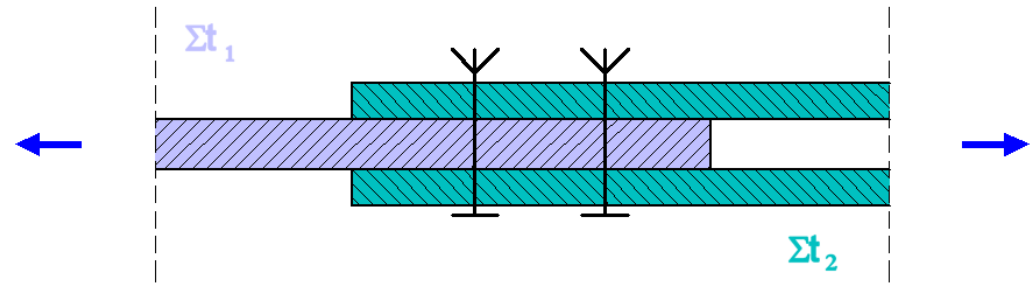
$\alpha_b$  – parametr opisujący zjawiska równoległe do kierunku siły → #t / 66, 67

$f_u$  – granica wytrzymałości dla blachy

$d$  – średnica śruby

$t_{\min}$  – najmniejsza sumaryczna grubość blach → #t / 66

$$\gamma_{M2} = 1,25$$



Rys: Autor

$$\alpha_b = \min (\alpha_d ; f_{ub} / f_u ; 1,0)$$

$$t_{min} = \min (\Sigma t_1 ; \Sigma t_2)$$

Celowo: bez oporu, pozwalając na swobodę ruch wzdłuż osi otworu. Pozwala to belce obracać się, jak w idealnym przegubie. Dopiero po przesunięciu się śruby, może ona ewentualnie zetknąć się z płytą. Wówczas współczynnik dla powiększonego otworu okrągłego można przyjąć jako 0,8 (aby uniknąć uszkodzenia płytki).

	$\beta_b$	
Śruby pasowane	1,0	
Otwory okrągłe normalne		
Otwory okrągłe powiększone	0,8	
Otwory owalne	0,6	

EN 1993-1-8 tab 3.4

$k_1$  – parametr opisujący zjawiska prostopadłe do kierunku siły

$\alpha_b$  – parametr opisujący zjawiska równoległe do kierunku siły

$$\alpha_b = \min(\alpha_d; f_{ub} / f_u; 1,0)$$

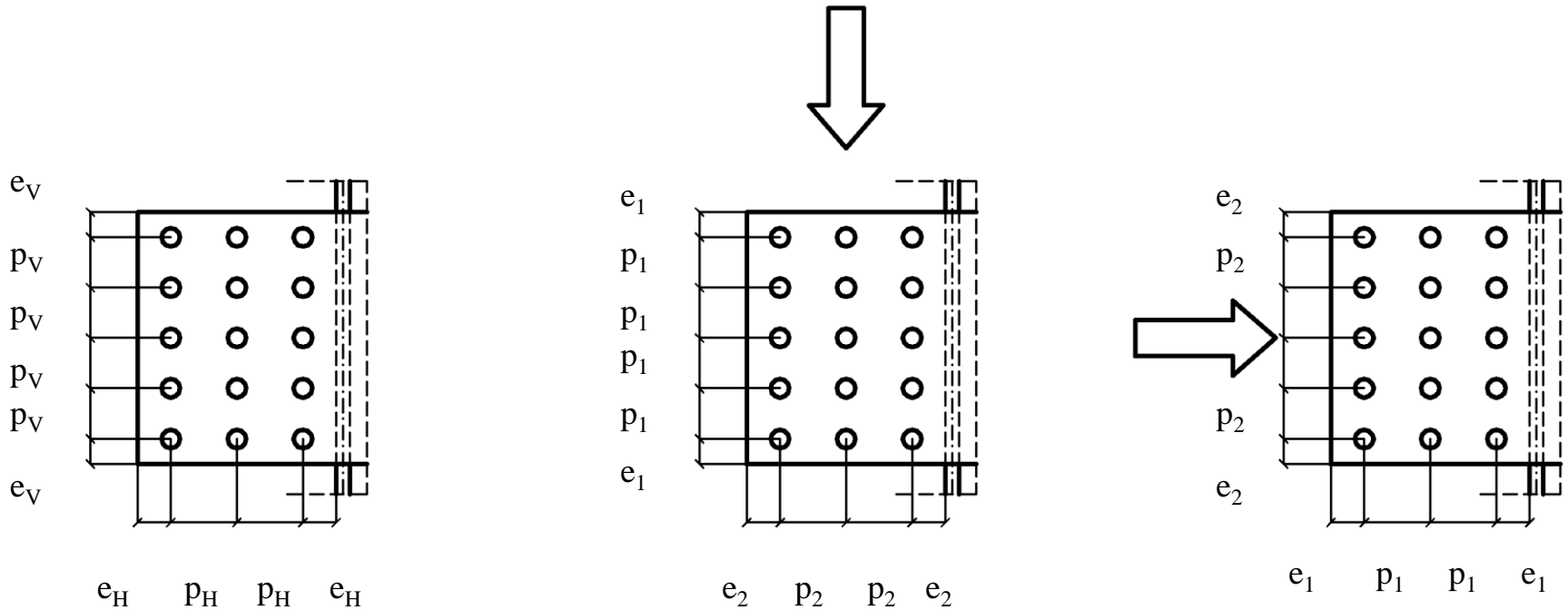
EN 1993-1-8 tab 3.4

$d_0$  – średnica otworu

	$k_1$
	Kierunek prostopadły
Pośrednia	$\min(1,4 p_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5)$
Skrajna	$\min(2,8 e_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5)$

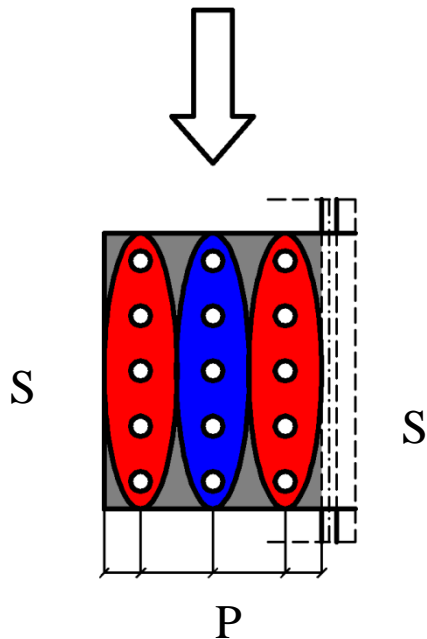
	$\alpha_d$
	Kierunek równoległy
Pośrednia	$p_1 / 3d_0 - 0,25$
Skrajna	$e_1 / 3d_0$

Indeksy 1 i 2 w symbolach  $e_1$   $e_2$   $p_1$   $p_2$  oznaczają NIE kierunki poziomy i pionowy, ale zawsze kierunek równoległy (1) i prostopadły (2) do kierunku działania siły:

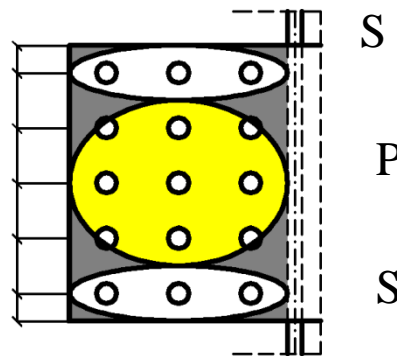


Rys: Autor

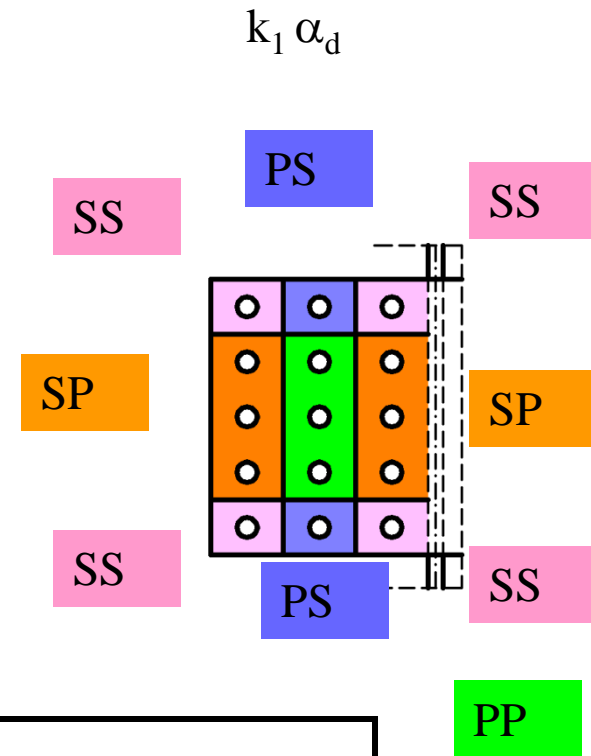
	$k_1 \perp$	Uwagi
<b>Pośrednia</b>	$\min(1,4 p_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5)$	Sąsiednie śruby z obu stron $\perp$ do siły
<b>Skrajna</b>	$\min(2,8 e_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5)$	Sąsiednie śruby z jednej strony $\perp$ do siły



EN 1993-1-8 tab 3.4

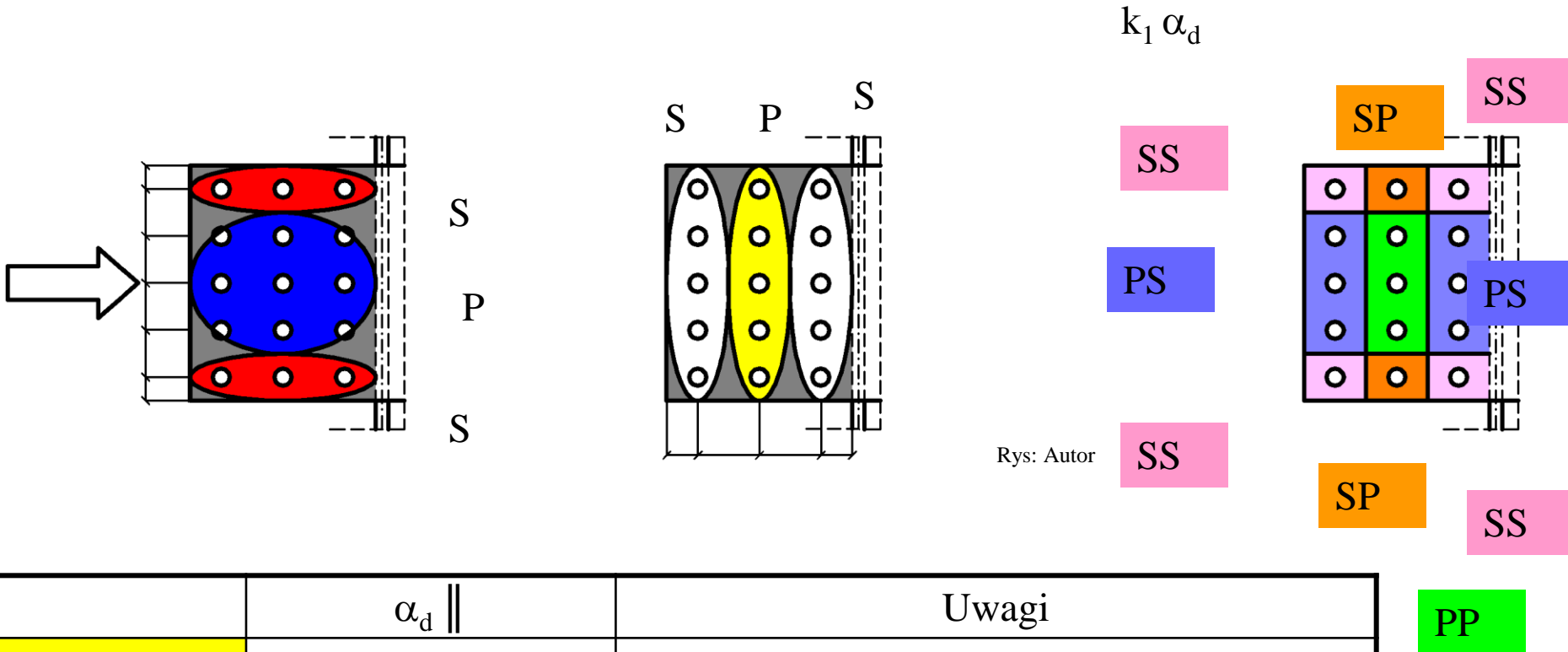


Rys: Autor



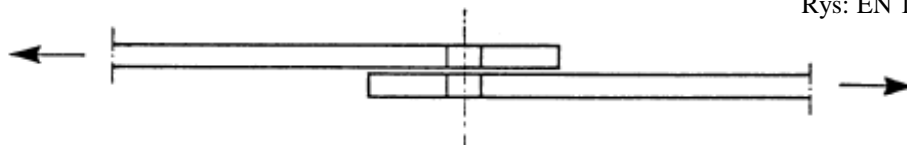
	$\alpha_d \parallel$	Uwagi
<b>Pośrednia</b>	$p_1 / 3d_0 - 0,25$	Sąsiednie śruby z obu stron $\parallel$ do siły
<b>Skrajna</b>	$e_1 / 3d_0$	Sąsiednie śruby z jednej strony $\parallel$ do siły

	$k_1 \perp$	Uwagi
<b>Pośrednia</b>	$\min(1,4 p_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5)$	Sąsiednie śruby z <b>obu stron</b> $\perp$ do siły
<b>Skrajna</b>	$\min(2,8 e_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5)$	Sąsiednie śruby z <b>jednej strony</b> $\perp$ do siły



	$\alpha_d \parallel$	Uwagi
<b>Pośrednia</b>	$p_1 / 3d_0 - 0,25$	Sąsiednie śruby z <b>obu stron</b> $\parallel$ do siły
<b>Skrajna</b>	$e_1 / 3d_0$	Sąsiednie śruby z <b>jednej strony</b> $\parallel$ do siły

Odrębne regulacje dla połączenia na jeden rząd śrub (EN 1993-1-8 (3.2)):

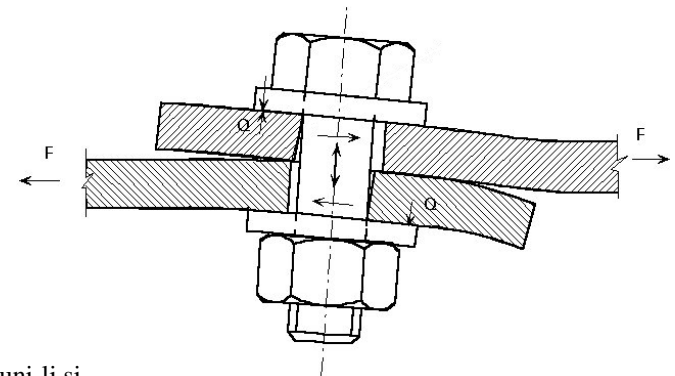


Rys: EN 1993-1-8 fig. 3.3

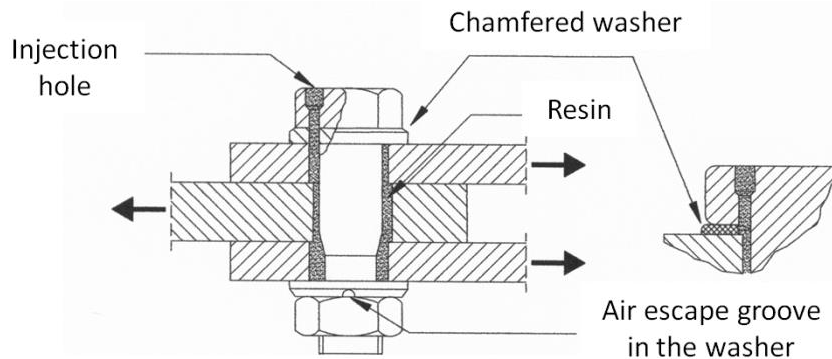
$$F_{b,Rd} = \min [ \beta_b k_1 \alpha_b f_u d t_{\min} / \gamma_{M2} ; \beta_b 1,5 f_u d t_{\min} / \gamma_{M2} ] =$$

$$= \min (k_1 \alpha_b ; 1,5) \cdot \beta_b f_u d t_{\min} / \gamma_{M2}$$

Symbole według #t / 65



Rys: fgg.uni-lj.si



śrub wklejanych:

EN 1993-1-8 (3.4)

Rys: researchgate.net

$$F_{b,Rd, resin} = k_t k_s d t_{b, resin} \beta f_{b, resin} / \gamma_{M4}$$

$k_t$  – współczynnik stanu granicznego → #t / 73

$k_s$  – współczynnik kształtu otworu → #t / 73

$d$  – średnica śruby

$t_{b, resin}$  – efektywna grubość żywicy → #t / 74

$\beta$  – współczynnik grubości blach → #t / 74

$f_{b, resin}$  – wytrzymałość żywicy → informacja od producenta

$$\gamma_{M4} = 1,0$$

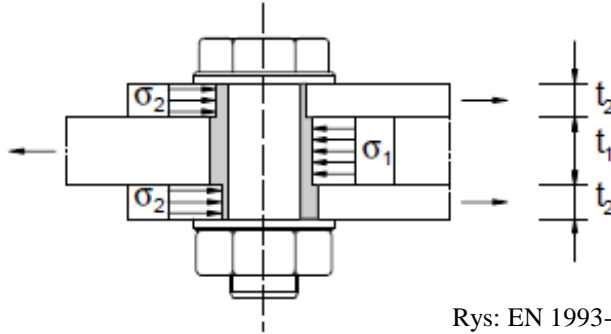
	ULS	SLS
$k_t$	1,2	1,0

EN 1993-1-8 3.6.2.2.(5)

	$k_s$
Śruby pasowane	Brak miejsca na żywicę
Otwory okrągłe normalne	1,0
Otwory okrągłe powiększone	1,0 - 0,1 ( $d_0 - d$ )
Otwory owalne	1,0 - 0,05 ( $1 - d_0$ )

$l ; d_0 ; d$  [mm]

EN 1993-1-8 3.6.2.2.(5)

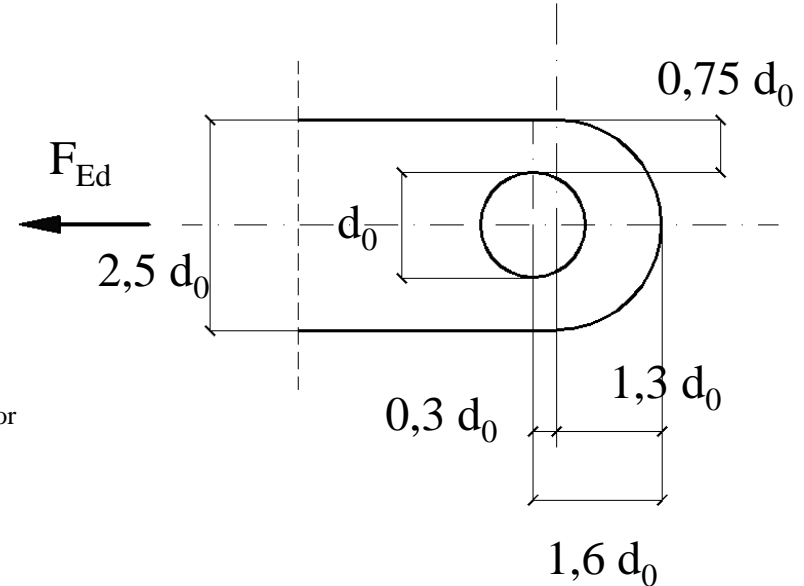
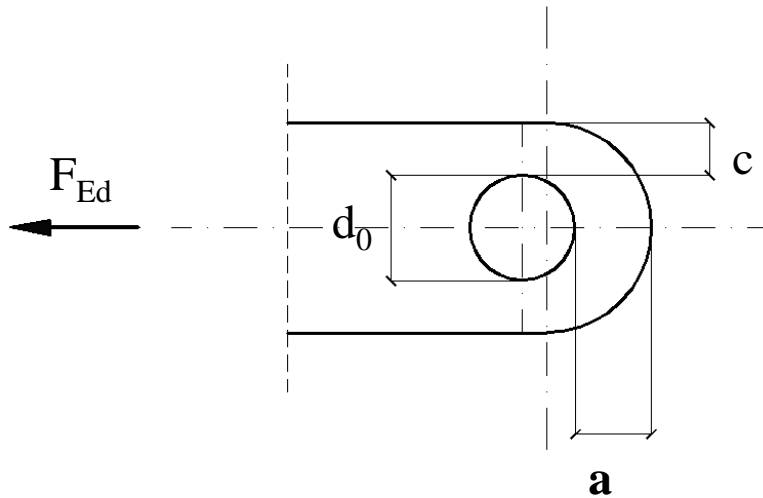


Rys: EN 1993-1-8 fig 3.5

	$\beta$	$t_{b, resin}$
$t_1 / t_2 \leq 1,0$	1,33	min ( $t_1$ ; 1,5d)
$1,0 \leq t_1 / t_2 \leq 2,0$	$1,66 - 0,33 (t_1 / t_2)$	
$t_1 / t_2 \geq 2,0$	1,0	min ( $2t_2$ ; 1,5d)

EN 1993-1-8 tab 3.5

Swoźnie  
Geometria połączeń  
EN 1993-1-8 tab 3.9



Rys: Autor

Jeśli dana jest grubość blachy:

$$a \geq [F_{Ed} \gamma_{M0} / (2 t f_y)] + 2 d_0 / 3$$

$$c \geq [F_{Ed} \gamma_{M0} / (2 t f_y)] + d_0 / 3$$

Jeśli dana jest geometria blachy:

$$t \geq 0,7 \sqrt{[F_{Ed} \gamma_{M0} / f_y]}$$

$$d_0 \leq 2,5 t$$

Docisk dla swożni  
EN 1993-1-8 3.13.2

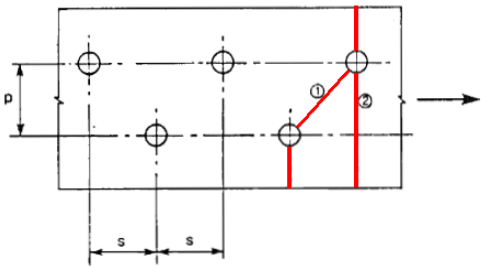
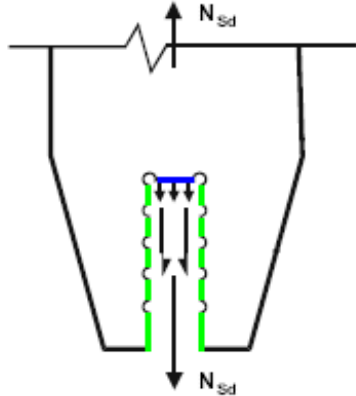
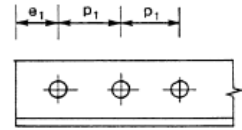
$$\sigma_{h, Ed} / f_{h, Rd} \leq 1,0$$

$$\sigma_{h, Ed} = 0,591 \sqrt{[E F_{Ed, ser} (d_0 - d) / (d^2 t)]}$$

$$f_{h, Rd} = 2,5 f_y / \gamma_{M6, ser}$$

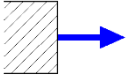

# Powierzchnia netto

## Przekrój z uwzględnieniem otworów na śruby

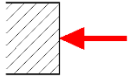
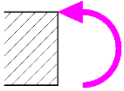
„Klasyczna” powierzchnia netto	Rozerwanie blokowe	Kątowniki
 <p>Rys: EN 1993-1-8 fig. 3.1</p>	 <p>Rys: EN 1993-1-8 fig. 3.8</p>	 <p>Rys: EN 1993-1-8 fig. 3.9</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ prosta lub prawie prosta linia rozerwania;</li> <li>◆ dowolny przekrój (oprócz kątownika)</li> <li>◆ dowolne obciążenie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ linia łamana;</li> <li>◆ elementy płaskie / blachy;</li> <li>◆ tylko jedna siła;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ dodatkowe reguły dla kątowników;</li> <li>◆ siła osiowa;</li> </ul>

## „Klasyczna” powierzchnia netto

EN 1993-1-1 rozdział 6

Obciążenie	Kategoria styku	Śruby pasowane	Otwory okrągłe normalne	Otwory okrągłe powiększone	Otwory owalne
	A, B	$N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} f_u / \gamma_{M2} \quad (\text{zalecane: } N_{u,Rd} > A f_y / \gamma_{M0})$			
	C	$N_{net,Rd} = A_{net} f_y / \gamma_{M0}$			
	A, B, C	Można pominąć istnienie otworów			

Rys: Autor

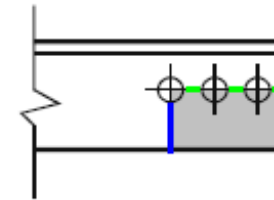
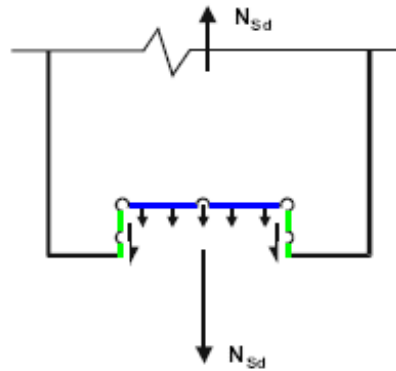
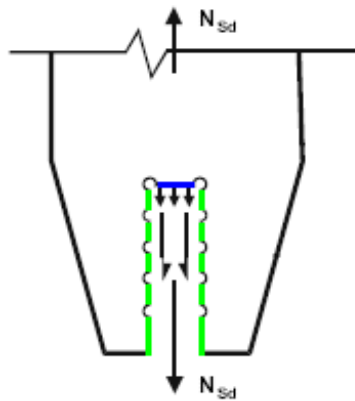
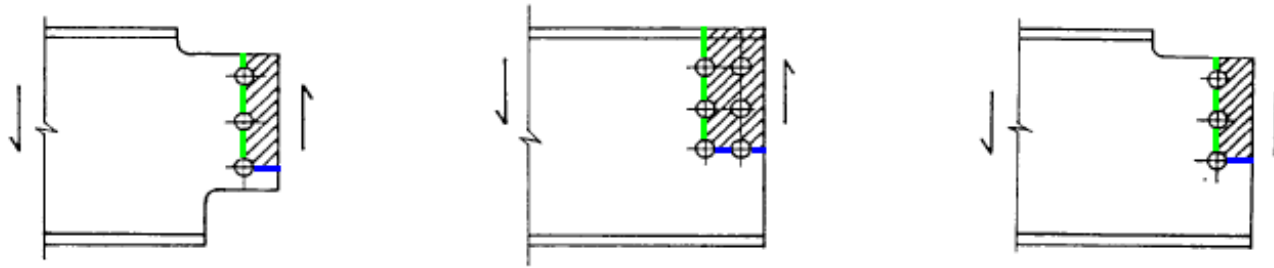
Obciążenie	Kategoria styku	Śruby pasowane	Otwory okrągłe normalne	Otwory okrągłe powiększone	Otwory owalne
	A, B, C	Można pominąć istnienie otworów			
	A, B, C	Można pominąć istnienie otworów		Jeśli $0,9 A_{\text{comp, net}} f_u / \gamma_{M2} \geq A_{\text{comp}} f_y / \gamma_{M0}$ można pominąć istnienie otworów	

Rys: Autor

Brak informacji w Eurokodzie. Rozwiązanie niezalecane / zakazane

# Rozerwanie blokowe

EN 1993-1-8 3.10.2

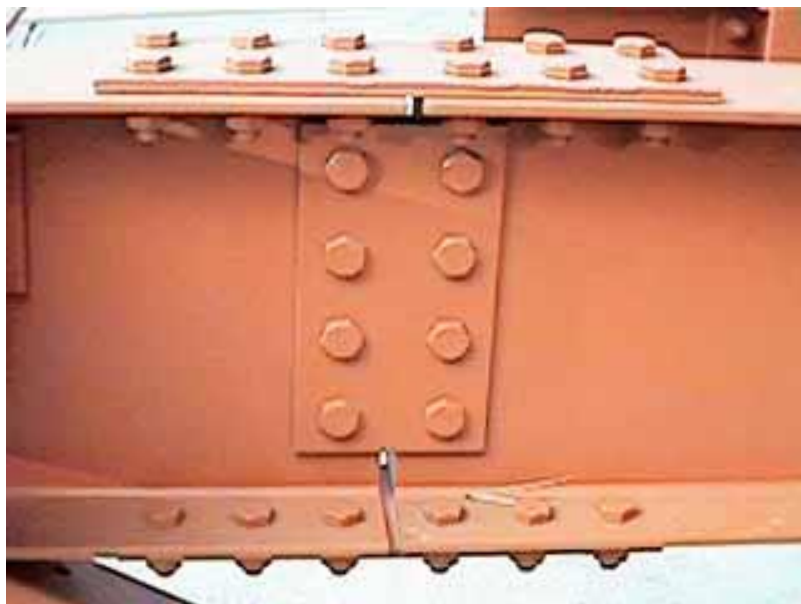


Rys: EN 1993-1-8 fig. 3.8

$$V_{\text{eff}, 1, R_d} = f_u A_{nt} / \gamma_{M2} + f_y A_{nv} / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) \quad | \quad 0,5 f_u A_{nt} / \gamma_{M2} + f_y A_{nv} / (\sqrt{3} \gamma_{M0})$$

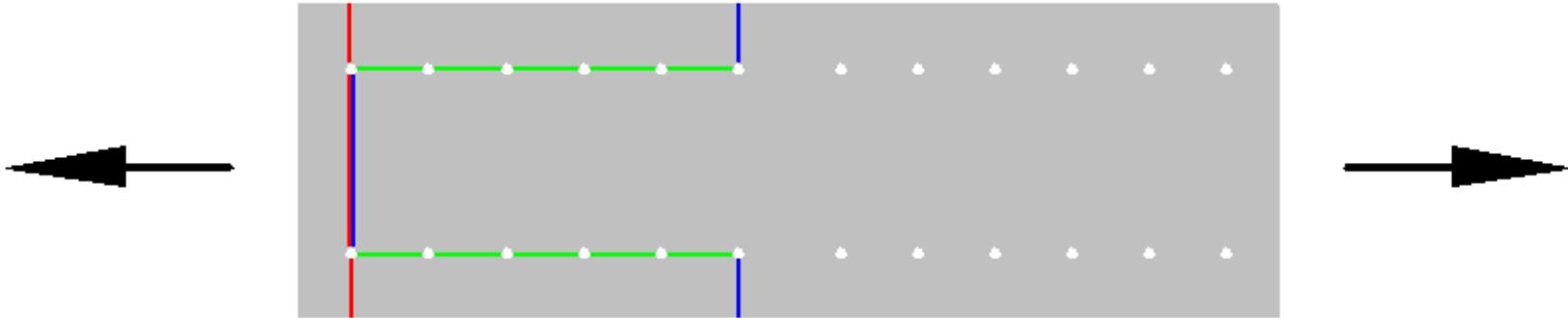
$$\gamma_{M0} = 1,00; \quad \gamma_{M2} = 1,25$$

Rys: amsd.co.uk



Przykład obliczenia powierzchni netto: półka,  
nakładka, środek, przykładka

Rys: Autor



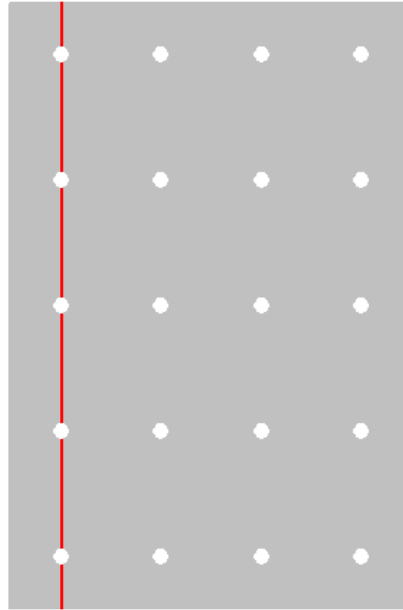
Nakładka, działa tylko siła osiowa. Zgodnie z #t / 80 powinniśmy policzyć rozerwanie blokowe (część rozciągana i część ścinana), ale najmniejsze pole powierzchni mamy dla czerwonego przekroju. W zależności od kategorii styku (A, B lub C) obliczamy

$$N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} f_u / \gamma_{M2}$$

lub

$$N_{net,Rd} = A_{net} f_y / \gamma_{M0}$$

Rys: Autor



Przykładka, moment zginający, siła ścinająca i czasami siła osiowa.

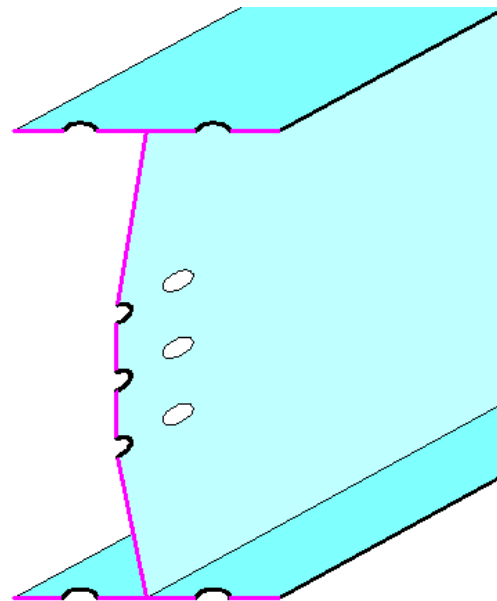
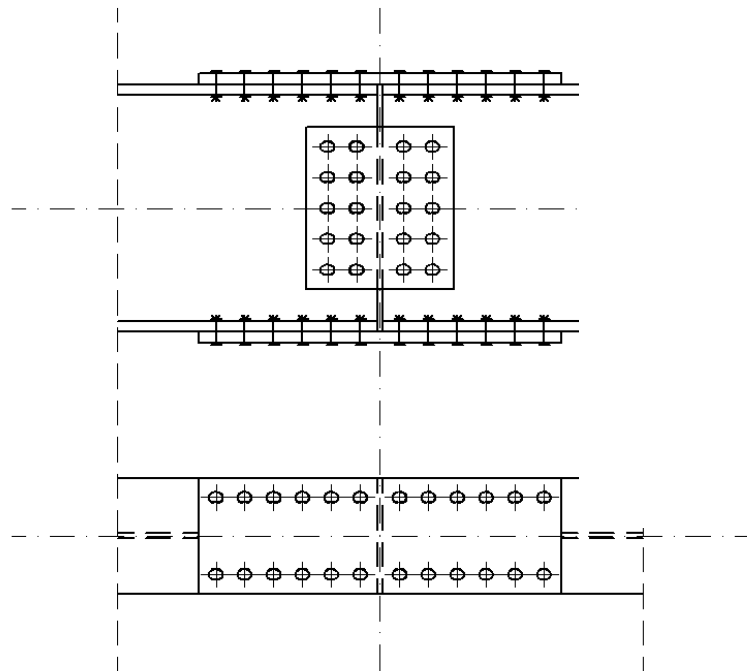
$$\sigma(N_{fp}) = N_{fp} / A_{netto}$$

$$\sigma(M_{fp}) = M_{fp} / W_{netto}$$

$$\tau(V_{fp}) = V_{fp} / A_{total}$$

$$\sqrt{\{ [\sigma(N_{fp}) + \sigma(M_{fp})]^2 + 3[\tau(V_{fp})]^2 \}} \leq f_y$$

Środek + półki – jednolity przekrój dwuteownika, a nie osobne blachy.



Rys: Autor

$$\sigma(N_{fp}) = N_{fp} / A_{netto}$$

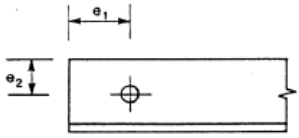
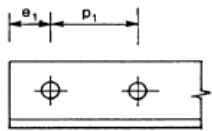
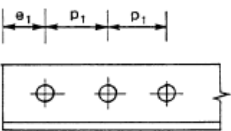
$$\sigma(M_{fp}) = M_{fp} / W_{netto}$$

$$\tau(V_{fp}) = V_{fp} / (h_w t_w)$$

$$\sqrt{\{ [\sigma(N_{fp}) + \sigma(M_{fp})]^2 + 3[\tau(V_{fp})]^2 \}} \leq f_y$$

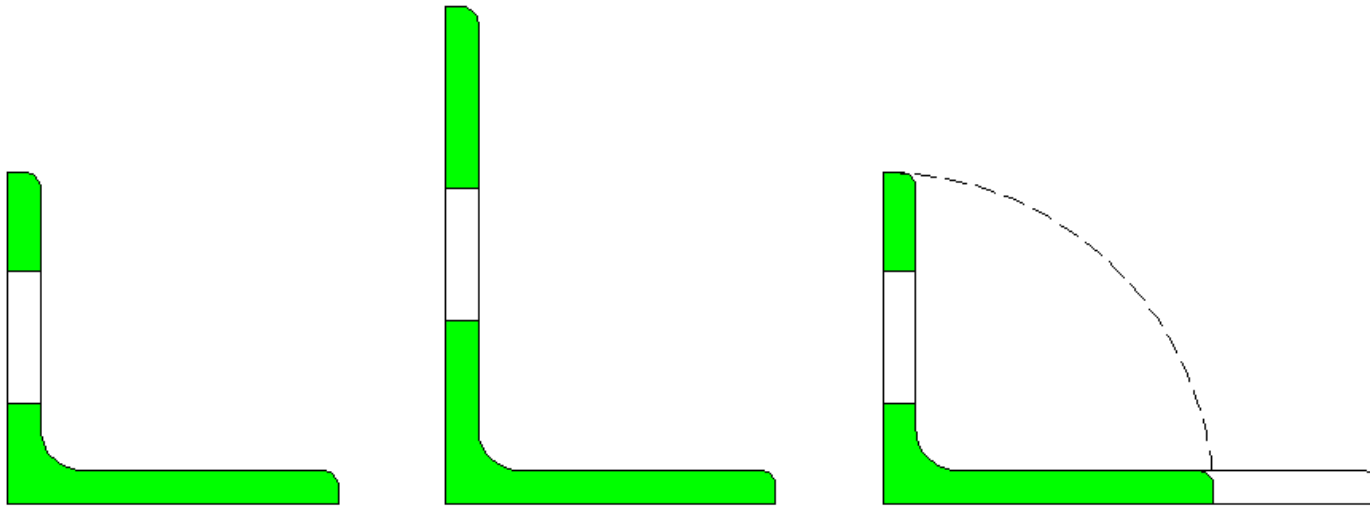
# Kątowniki (tylko siła osiowa)

## EN 1993-1-8 3.10.3

	$N_{u,Rd} =$	$\beta$		
		$p_1 / d_0 \leq 2,5$	$2,5 < p_1 / d_0 < 5,0$	$p_1 / d_0 \geq 5,0$
	$2 (e_1 - 0,5 d_0) t f_u / \gamma_{M2}$			
	$\beta A_{net} f_u / \gamma_{M2}$	0,4	$0,4 + 0,12 (p_1 / d_0 - 2,5)$	0,7
		0,5	$0,5 + 0,08 (p_1 / d_0 - 2,5)$	0,7

Rys: EN 1993-1-8 fig. 3.9

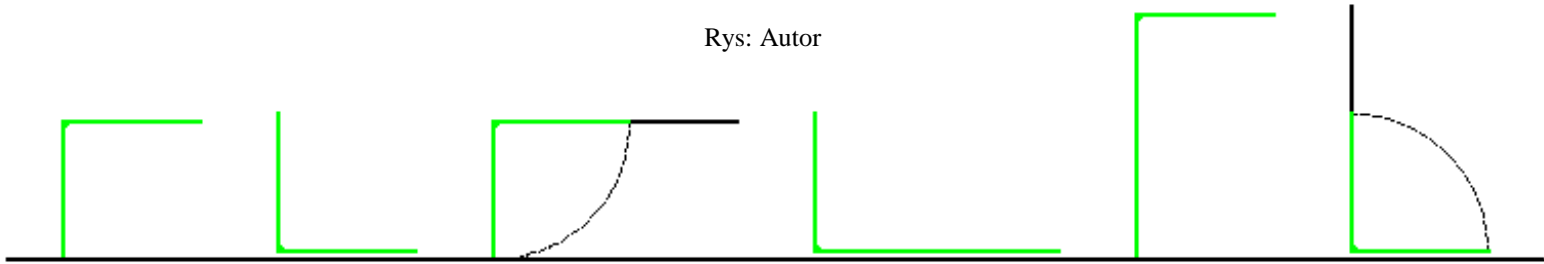
Rys: Autor



A<sub>net</sub>

## Kątownik przyspawany – reguły dodatkowe analogicznie do śrub

Rys: Autor

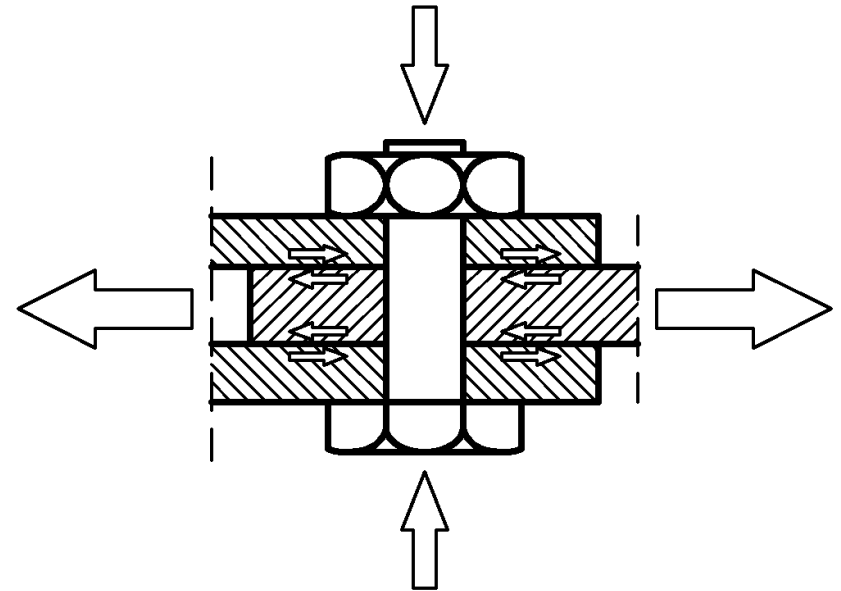
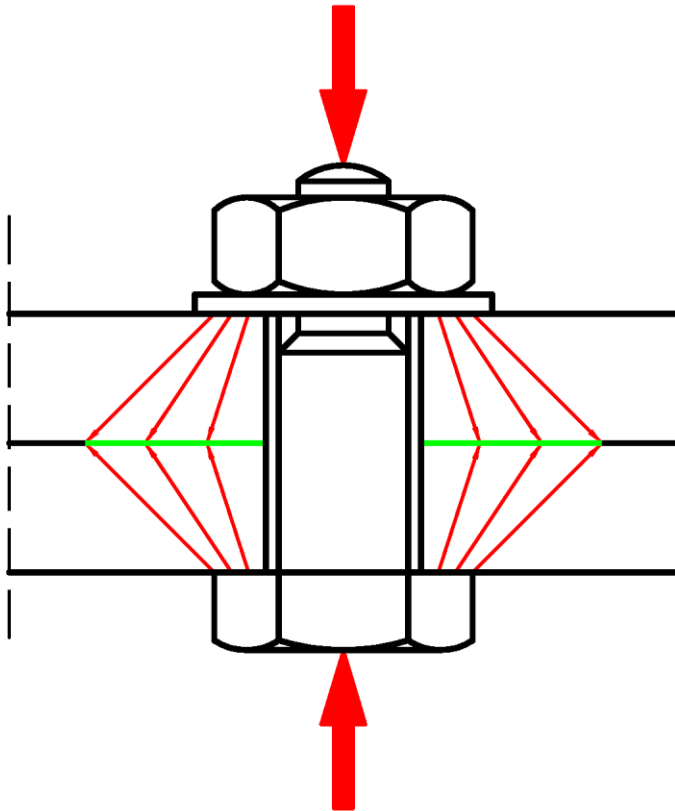


Nośność kątownika przyspawanego jedną półką:

$$N_{Rd} = A_{\text{eff}} f_y / \gamma_{M1}$$

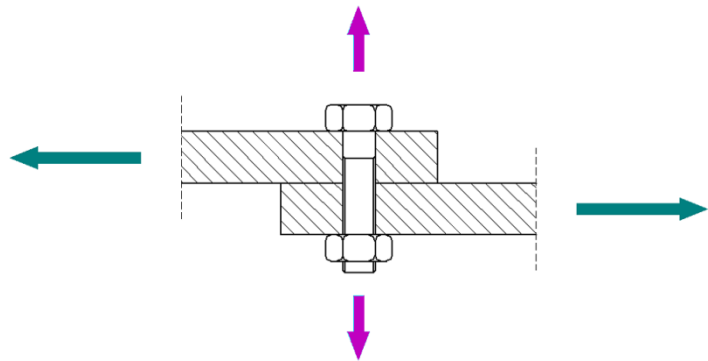
## Nośność na poślizg

Śruby sprężające – specjalny typ połączenia; siła sprężająca powoduje tarcie między blachami; obciążenie zewnętrzne nie może być większe od siły tarcia.



Rys: Autor

Kategoria	$F_{s,Rd}$		Warunek
	$F_{t,Ed} = 0$	$F_{t,Ed} \neq 0$	
B	$k_s n \mu F_{p,C} / \gamma_{M3}$	$k_s n \mu [F_{p,C} - 0,8 F_{t,Ed, ser} (q_k)] / \gamma_{M3,ser}$	$F_{Ed} (q_k) / F_{s,Rd} \leq 1,0$
C		$k_s n \mu [F_{p,C} - 0,8 F_{t,Ed} (q)] / \gamma_{M3}$	$F_{Ed} (q) / F_{s,Rd} \leq 1,0$



Rys: Autor

$k_s$  – współczynnik kształtu otworu → #t / 90

$n$  – ilość płaszczyzn tarcia

$\mu$  – współczynnik tarcia → #t / 91






$F_{p,C}$  – siła sprężająca → #t / 90

$\gamma_{M3} = 1,25$      $\gamma_{M3,ser} = 1,10$

$$F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s / \gamma_{M7}$$

EN 1993-1-8 (3.1)

Rys: Autor

Otwory		Siła	$k_s$
Okrągłe	Śruby pasowane		1,0
	Normalne		1,0
	Powiększone		0,85
Owalne	Krótkie		0,76
			0,85
	Długie		0,63
			0,70

EN 1993-1-8 tab. 3.6

EN 1993-1-8 tab. 3.7

EN 1090-2 tab 18

Klasa powierzchni ciernej	Współczynnik tarcia $\mu$	Przygotowanie powierzchni
A	0,5	Powierzchnia śrutowana lub piaskowana, bez wżerów, z usunięciem luźnej rdzy;
B	0,4	Powierzchnia śrutowana lub piaskowana: <ul style="list-style-type: none"><li>◆ metalizowanie natryskowe stopami aluminium lub cynku;</li><li>◆ malowanie farbą alkiokrzemionowo-cynkową o grubości 50 <math>\mu\text{m}</math> - 80 <math>\mu\text{m}</math>;</li></ul>
C	0,3	Powierzchnia oczyszczona szczotkami drucianymi lub płomieniowo, z usunięciem luźnej rdzy;
D	0,2	Powierzchnia po walcowaniu;

Klasa powierzchni ciernej  $\neq$  Kategoria styku

Klucz dynamometryczny dla śrub sprężających – znamy wartość wprowadzanej do konstrukcji siły sprężającej.



Rys: narzedzia.pl

# Moment dokręcenia dla śrub sprężających

$$M_r = k_m d F_{p,C}$$

EN 1090-2 8.5.2

$k_m = 0,15 \sim 0,18$  według EN 14 399

Kto określa nośność śrub?



Facet z kluczem



Projektant



Metalurg



Technik

Rys: home.jtan.com

Niefortunnie, trzy różne rzeczy oznaczono takimi samymi symbolami:

- Kategorie połączeń śrubowych: A, B, C, D, E ( $\rightarrow \#t / 16$ );
- Klasy jakości śrub: A, B, C ( $\rightarrow \#t / 26$ );
- Klasy powierzchni ciernej: A, B, C, D ( $\rightarrow \#t / 91$ ).

Kategoria	Jakość	Tarcie
<b>A</b> („normalny”, ścinany)	Zalecana <b>B</b> , dopuszczalna <b>C</b> tylko dla klas śrub nie wyższych niż 5.6	Bez znaczenia dla tej kategorii
<b>B</b> (częściowo sprężony, ścinany)	Zalecana <b>A</b> , dopuszczalna <b>B</b>	<b>A, B, C, D</b> – decyzja projektanta
<b>C</b> (sprężony, ścinany)		
<b>D</b> („normalny”, rozciągany)	Zalecana <b>B</b> , dopuszczalna <b>C</b> tylko dla klas śrub nie wyższych niż 5.6	Bez znaczenia dla tej kategorii
<b>E</b> (sprężony, rozciągany)	Zalecana <b>B</b>	<b>A, B, C, D</b> – decyzja projektanta

## Przeciąganie łba śruby

Zbyt duża siła osiowa (obciążenie zewnętrzne lub siła sprężająca) może zniszczyć zbyt cienką blachę.

$$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_u / \gamma_{M2}$$

$$d_m = (D + s) / 2$$

$t_p$  – grubość blachy

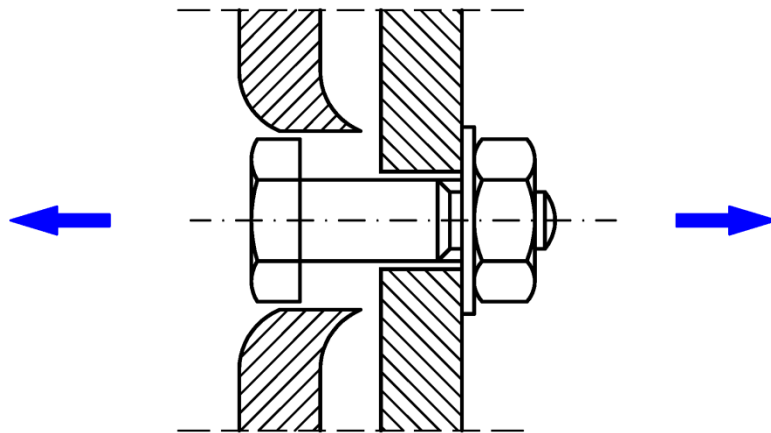
$f_u$  – wytrzymałość blachy

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

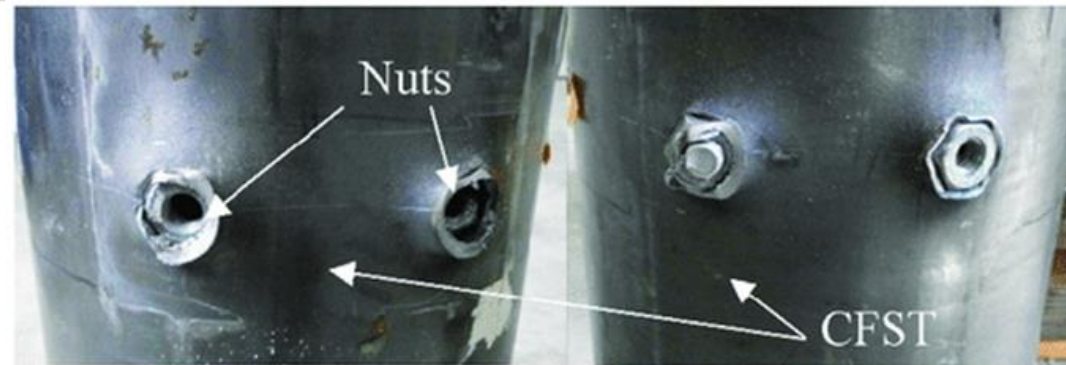
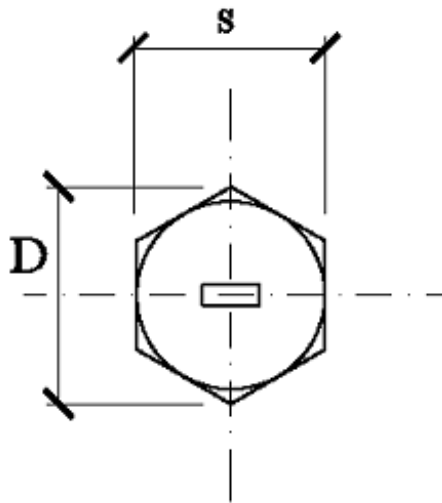
Kategorie B, C, E → sprawdzenie:  $F_{p,C} / B_{\pi,P\delta} \leq 1,0$

Kategorie D, E → sprawdzenie: obciążenie osiowe /  $B_{p,Rd} \leq 1,0$

EN 1993-1-8 tab. 3.4



Rys: Autor



Rys: Moment Resisting Connection with Curved Endplates: Behaviour Study, A. Mudrow & all

## Zagadnienia egzaminacyjne

Podobieństwa i różnice kategorii połączeń śrubowych A, B, C

Parametry ważne dla nośności połączeń śrubowych A, B, C

Zależność między kategorią połączenia, klasą jakości śruby i klasą powierzchni  
ciernej

Dziękuję za uwagę

© 2025 dr inż. Tomasz Michałowski

[tmichal@usk.pk.edu.pl](mailto:tmichal@usk.pk.edu.pl)