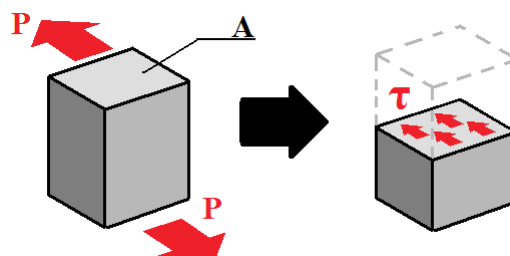


II. Ścinanie techniczne

Szczególnym stanem naprężenia, z jakim często spotkać się można w procesie projektowania jest stan czystego ścinania. Z reguły rozkład naprężeń ścinających w przekroju elementów ścinanych jest złożony i nieliniowy. Dla potrzeb praktyki projektowej przyjmuje się rozwiązania przybliżone – tzw. **ścinanie techniczne** – w którym rozkład naprężeń jest równomierny w całym rozpatrywanym przekroju. Miarą tego naprężenia jest średnie naprężenie ścinające:

$$\tau = \frac{P}{A} < k_s$$

k_s – naprężenie graniczne
 P – siła ścinająca
 A – pole przekroju ścinanego



POŁĄCZENIA (śrubowe, nitowe, na trzpień, itp.)

Połączenia śrubowe mogą ulec zniszczeniu w wyniku:

- **ścięcia śruby (nit, trzpienia, ...)**
- **uplastycznienia wskutek docisku**
- **zerwania blachy osłabionej otworami**

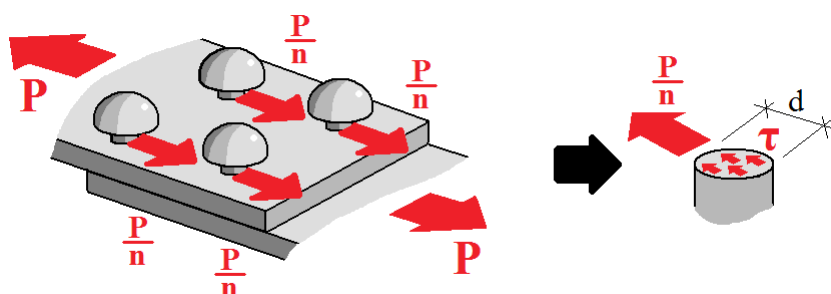
Wszystkie poniższe wzory mają charakter przybliżony – szczegółowe zasady projektowania połączeń śrubowych zamieszczone są w odpowiednich normach!

POŁĄCZENIA OBCIĄŻONE SIŁĄ OSIOWĄ

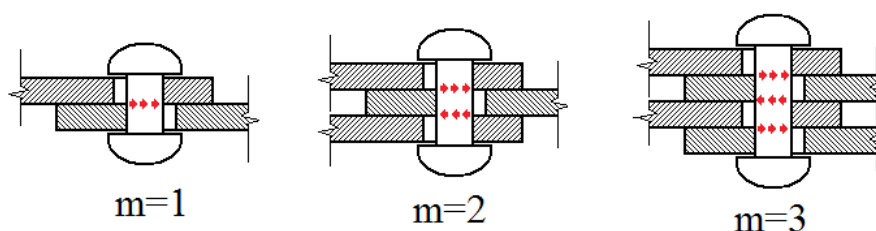
Ścięcie śruby

Podstawowym mechanizmem zniszczenia połączenia śrubowego jest **ścięcie śruby**. Poniżej podany jest wzór określający średnie naprężenie w przekroju śruby w układzie n śrub o średnicy d ścinanych w m płaszczyznach siłą P , przy czym zakłada się równomierny rozkład siły na wszystkie śruby i na wszystkie płaszczyzny ścinania:

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{\frac{P}{n}}{\frac{m \cdot \pi d^2}{4}} = \frac{4P}{m \cdot n \cdot \pi d^2} < k_s$$



Graniczne naprężenie na ścinanie k_s przyjmuje się jako równe $(0,6 \div 0,8)k_r$ (dla materiałów ciągliwych) lub $(0,8 \div 1,1)k_r$ (dla materiałów kruchych), gdzie k_r jest granicznym naprężeniem przy rozciąganiu jednoosiowym. Liczba płaszczyzn ścinania m określana jest w następujący sposób:



Uplastycznienie wskutek docisku

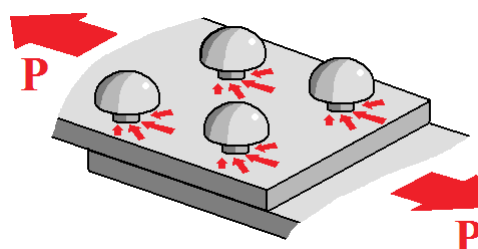
Możliwe jest również zniszczenie (uszkodzenie, utrata funkcjonalności) połączenia śrubowego wskutek **uplastycznienia się blachy pod wpływem docisku śruby do blachy**.

$$\sigma_d = \frac{P}{A_d} < k_d$$

k_d – graniczne naprężenie na docisk
 P – siła ścinająca
 A_d – rzut powierzchni docisku na płaszczyznę prostopadłą do kierunku siły

Rzut powierzchni docisku na płaszczyznę prostopadłą do kierunku działania siły ścinającej jest równy sumarycznej powierzchni docisku dla każdej śruby. Przy n śrubach o średnicy d i przy blachach o grubości g_i , wzór przyjmuje postać:

$$\sigma_d = \frac{P_i}{n d g_i} < k_d$$

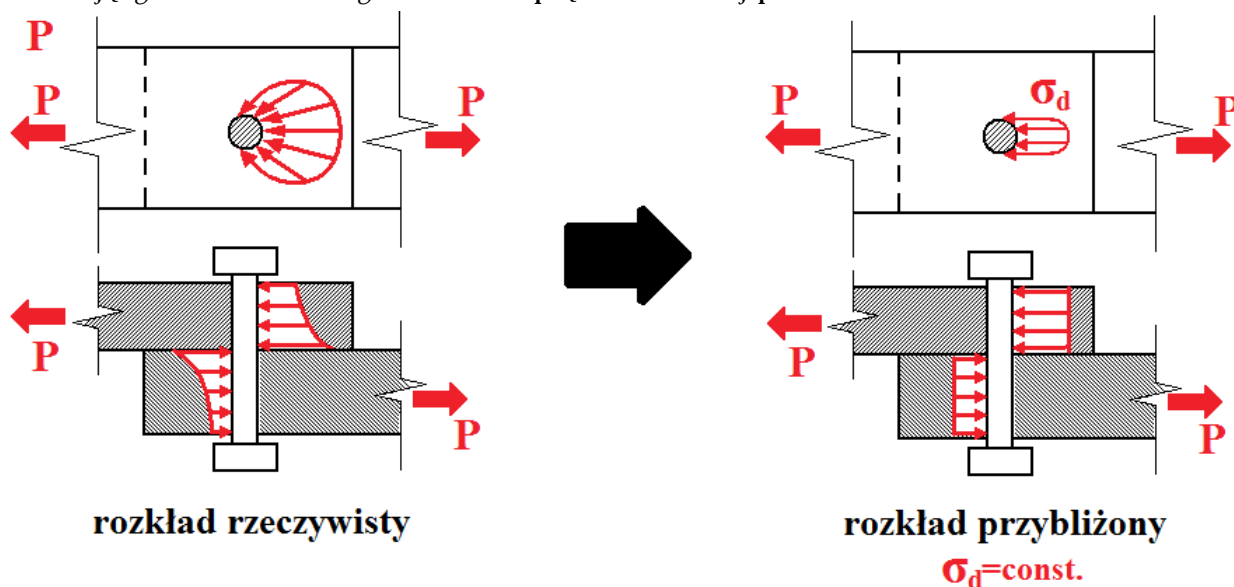


przy czym P_i jest siłą przypadającą na i -tą blachę (przy łączeniu większej ilości blach, siły te mogą być różne) – sprawdzić należy każdą blachę. Jeśli wszystkie blachy obciążone są tą samą siłą P , wtedy wzór powyższy przyjmuje postać:

$$\sigma_d = \frac{P}{n d g_{min}} < k_d$$

gdzie g_{min} jest grubością najcieńszej blachy. Graniczne naprężenie na docisk przyjmuje się jako równe $(2 \div 2,5)k_c$, gdzie k_c jest granicznym naprężeniem przy jednoosiowym ściskaniu. Dużo większa wytrzymałość na docisk spowodowana jest faktem, że w blasze generuje się stan naprężenia o bardzo dużej składowej hydrostatycznej (równomierne, wszechstronne ściskanie), która istotnie zwiększa spójność materiału.

Trzeba zwrócić uwagę, że rozwiązanie powyższe jest tylko rozwiązaniem przybliżonym, zakładającym równomierny rozkład naprężeń na całej powierzchni docisku:



Zerwanie blachy

Zniszczenie połączenia może nastąpić również wskutek **zerwania bądź uplastycznienia blachy** obciążonej siłą ścinającą połączenie. Siła ta jest siłą rozciągającą bądź ściskającą blachę. Maksymalne naprężenie występować będzie w przekroju o najmniejszym polu powierzchni – przekrój blachy musi być pomniejszony o otwory na śruby:

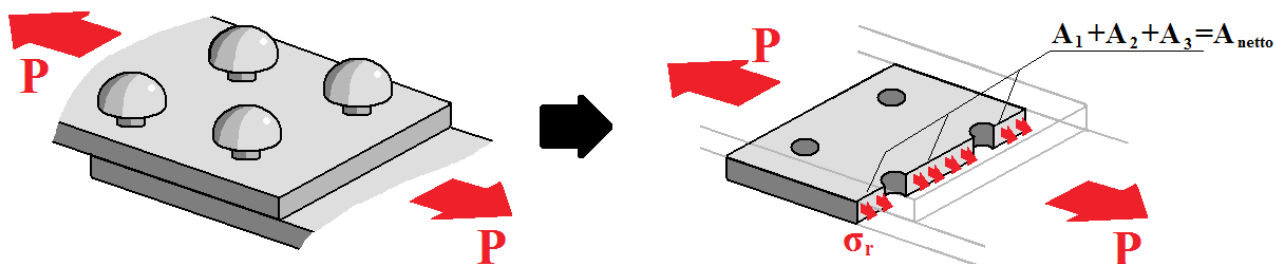
$$\sigma_r = \frac{P}{A_{netto}} = \frac{P_i}{g(b - n_i d)} < k_r$$

P_i – siła przenoszona przez i – ty rząd śrub

g – grubość blachy

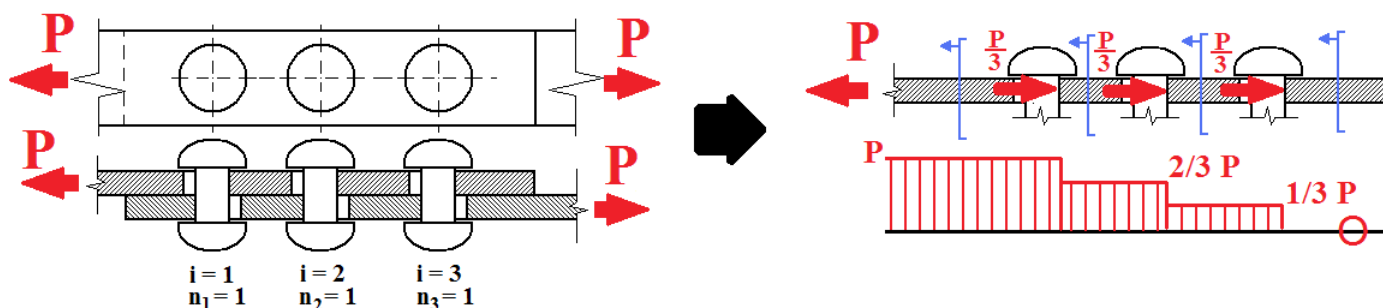
b – szerokość blachy

n_i – liczba śrub w i – tym rzędzie

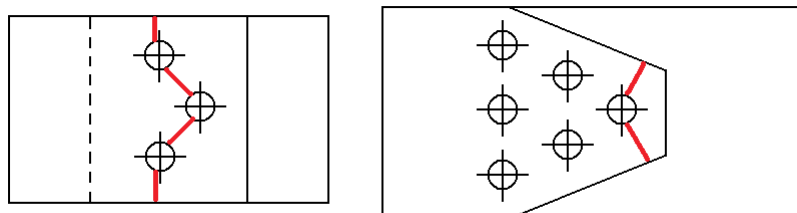


Siła, która rozciąga lub ściska przekrój blachy za i -tym rzędem śrub jest równa sile całkowitej P pomniejszonej o sumę wszystkich sił przenoszonych przez śruby znajdujące się we wszystkich wcześniejszych rzędach.

$$P_i = \frac{P}{n} \sum_{k=1}^{i-1} n_k \quad n = n_1 + n_2 + \dots - \text{suma wszystkich śrub}$$



W szczególnych przypadkach (zmienna geometria blachy, bardziej złożone rozmieszczenie śrub) blacha może ulec uplastycznieniu również w przekrojach nie będących prostopadłymi do rzędu śrub i do kierunku obciążenia wskutek działania **sił ścinających w blasze**. Norma przewiduje osobne obliczenia uwzględniające odległość krawędzi blachy od śruby.



POŁĄCZENIA OBCIĄŻONE MOMENTEM

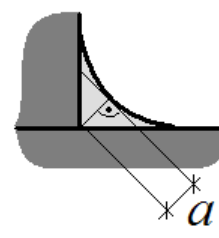
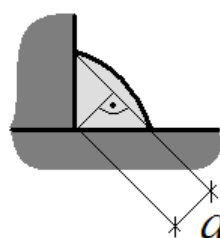
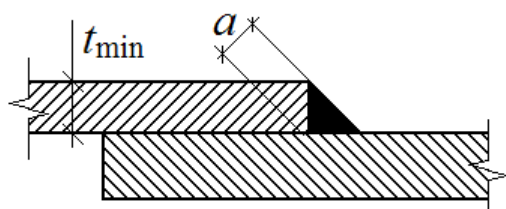
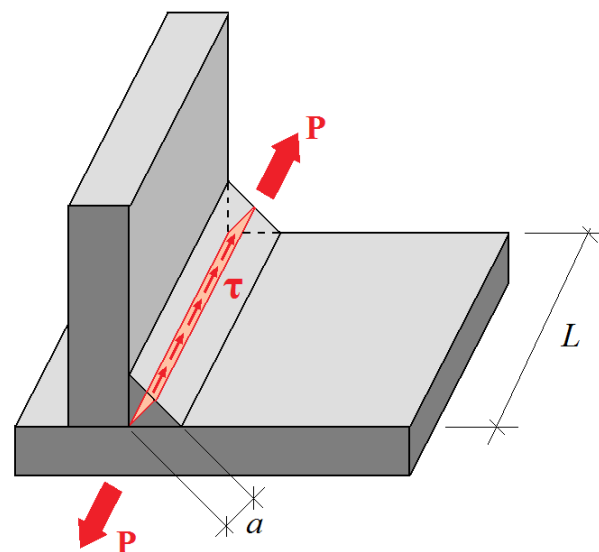
POŁĄCZENIA SPAWANE

Przyjmuje się, że spoina ścinana ma stały rozkład naprężeń ścinających na całej płaszczyźnie ścinania - za płaszczyznę tą uznaje się najmniejszą z możliwych płaszczyzn ścicia, tj. płaszczyznę wyznaczoną przez linię równoległą do osi spoiny oraz wysokość trójkąta wpisanego w jej przekrój, wyprowadzoną z grani spoiny.

Warunek nośności:

$$\tau = \frac{P}{a \cdot L} < k_s$$

Obliczeniowa grubość spoiny: $a_{max} = \frac{t_{min}}{\sqrt{2}} \approx 0,7 t_{min}$



Szczegółowe wymagania i zasady doboru obliczeniowej grubości i rzeczywistej długości spoin znajdują się w odpowiednich normach.