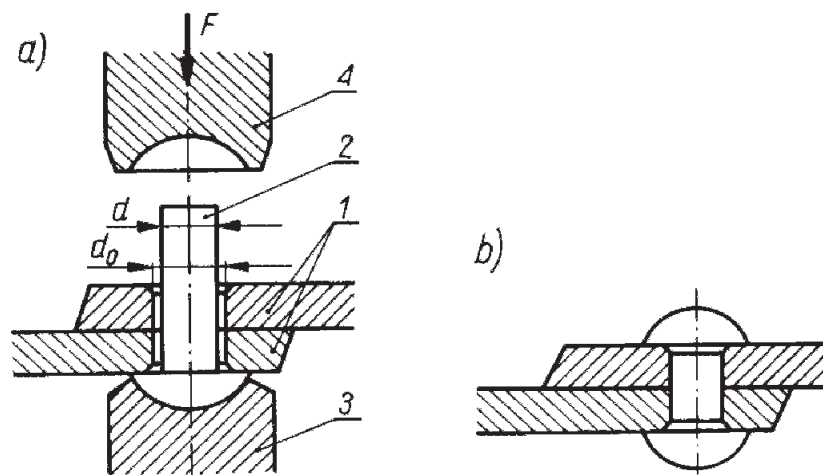


2. Połączenia nitowe

2.1 Charakterystyka i rodzaje połączeń nitowych

Połączenia nitowe – nierozłączne pośrednie.



Rys.2.1 Wykonanie połączenia nitowego: a) zamykanie nitu, b) połączenie nitowe
1 – części łączone, 2 – nit, 3 – wspornik, 4 - zakuwnik

Nitowanie na zimno i gorąco – temperatura podgrzania nitu 700°C – nitowanie maszynowe.
1000 - 1100°C – nitowanie ręczne.

Proces kończymy przy temperaturze 500°C.

Na gorąco – $d \geq 10$ [mm]

Na zimno – $d \leq 8$ [mm]

Średnice otworów pod nity (d_0):

$d_0 = d + 1$ – nitowanie na gorąco

$d_0 = d + (0,1 \div 0,2)$ – nitowanie na zimno

Wady połączeń nitowych:

- bardzo ograniczone możliwości konstrukcyjne;
- osłabiają przekroje zasadnicze ;
- znaczna robocizna;
- trudność uzyskania szczelności połączenia;
- duże koszty nakładowe.

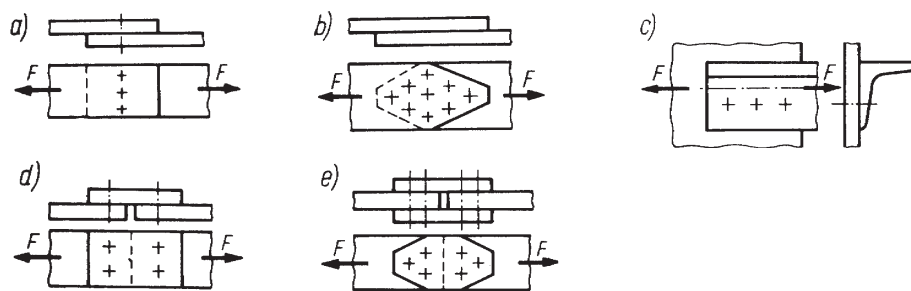
Zalety:

- łączymy materiały trudno spawalne;
- przenoszą duże drgania;
- tradycja;
- wytrzymałość przy niskich temperaturach.

Rodzaje połączeń nitowych:

- mocne (konstrukcje stalowe, duże obciążenia);
- szczelne (zbiorniki niskociśnieniowe);
- mocno – szczelne (zbiorniki wysokociśnieniowe);
- nieznacznie obciążone (drobne konstrukcje).

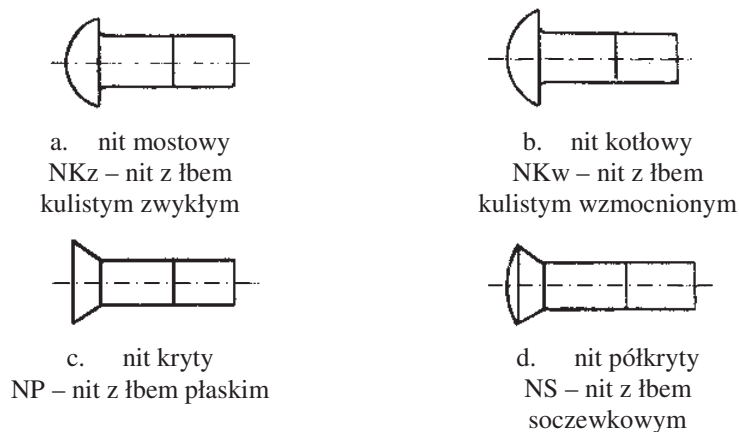
Ze względów konstrukcyjnych połączenia nitowe dzielimy na *zakładkowe i nakładkowe* (jedno lub dwustronne). Szereg nitów – *szew nitowy* (szwy jednorzędowe lub wielorzędowe).



Rys.2.2 Połączenia nitowe: a) zakładkowe – szew jednorzędowy, b), c) zakładkowe – szew wielorzędowy, d) nakładkowe jednostronne – szew jednorzędowy, e) nakładkowe dwustronne – szew dwurzędowy

Rodzaje nitów:

- nity normalne $d > 10$ [mm];
- nity drobne $d < 10$ [mm].

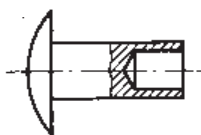


Rys. 2.3 Nity normalne

Nit z łbem kulistym zwykłym (**NKz**) – we wszelkich konstrukcjach nie wymagających szczelności.
NKw – w konstrukcjach ciśnieniowych (**w** – wzmocniony).
NP, NS – wykorzystywane są, gdy wymagana jest mniej lub więcej gładka powierzchnia .

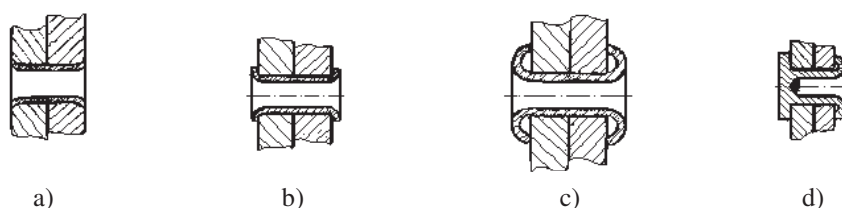
Nity drobne:

- nity drążone;



Rys. 2.4 Nit drążony

- nity rurkowe.



Rys. 2.5 Nity rurkowe: a) bez kołnierza, b) z kołnierzem, c) z wywinięciem brzegów, d) półrurkowy

Materiały na nity – powinny być plastyczne – stal miękka o zawartości C = 0,1 ÷ 0,2 (~~St2N, St3N~~ - odpowiednio ~~St2S, St3S~~).

Zalecane średnice nitów (wg PN) wynoszą : 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16;

Średnice niezalecane: 3,5; 14; 18; 22; 27; 33[mm].

$$l = l_1 + l_0 \quad l_0 = (1,3 \div 1,8)d$$

gdzie:

l_0 – naddatek na zakuwkę;

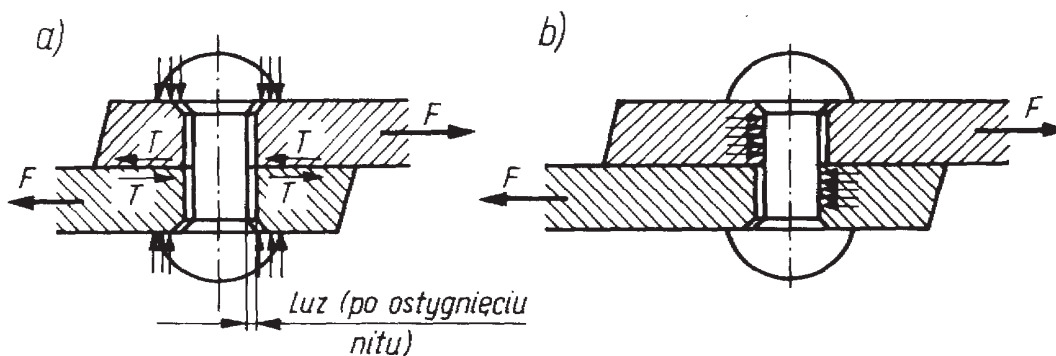
l_1 – łączna grubość łączonych części.

Obliczoną długość zaokrąglić w górę do wartości znormalizowanych. Przy ustalaniu średnic nitów preferować średnice zalecane (PN – 70/M – 85952).

Przykład oznaczenia nitu z łbem płaskim o średnicy $d=19$ [mm] i długości $l=55$ [mm]

NIT NP 19 x 55 – PN-70/M-82954

2.2 Układ sił i naprężeń w połączeniach nitowych



Rys.2.6 Rozkład sił w połączeniu nitowym zamykanym na gorąco.

Proces nitowania na gorąco kończony jest przy temp. nita $> 500^{\circ}\text{C}$. Podczas stygnięcia nitu następuje jego skurcz wzdłużny. W trzonie powstają naprężenia rozciągające wywołujące silny docisk blach przez łeb i zakuwkę nitu. Jednocześnie powstaje między otworami w blachach a nitem niewielki luz na wskutek skurczu poprzecznego.

Obciążamy złącze siły F (rys.2.6a). Między blachami powstanie siła tarcia T przenosząca całe obciążenie. W przypadku, gdy $F > T$ wystąpi poślizg blach w ramach luzu poprzecznego (rys.2.6b). W tym przypadku obciążenie będzie częściowo przenoszone przez siły tarcia, a częściowo przez nit (nity), który będzie ścinany i narażony na naciski powierzchniowe.

Przy obliczeniach wytrzymałościowych połączeń nitowych realizowanych na gorąco przyjmujemy tzw. **umowne dopuszczalne naprężenia ścinające (k_n)** – uwzględniają one wpływ sił tarcia.

W obliczeniach wytrzymałościowych połączeń nitowych realizowanych na zimno do obliczeń przyjmujemy **dopuszczalne naprężenie ścinające k_t** (siły tarcia są pomijane).

Wartości naprężeń dopuszczalnych, stosowane przy obliczaniu połączeń nitowych (w MPa) Tablica 2.1

Materiał nitów	Nitowanie			
	na zimno		na gorąco	
	k_t	k_o	k_n	k_o
St3N (St3S)	75	średnio	110	średnio
St4N (St4S)	85	$\sim 2,5k_t$	125	$\sim 2,5k_n$

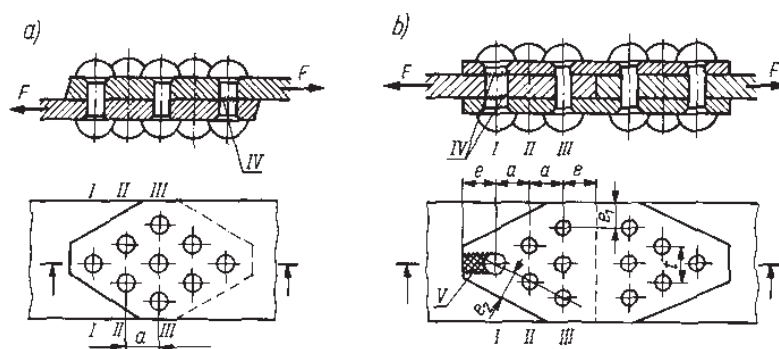
Uwagi: 1. Wartości k_t przyjęto wg tbl.1 (patrz załączniki)
 2. Wartości naprężeń dopuszczalnych na rozciąganie k_t dla materiału blach przyjąć wg tbl.1 (załączniki).

Połączenia nitowe mocne

Rozróżniamy:

- połączenia pasów blach (rozciąganie);
- połączenia kształtowników w kratownicach (rozciąganie lub ściskanie);
- połączenia blach z kształtownikami w blachownicach (momenty zginające, rozciąganie lub ściskanie).

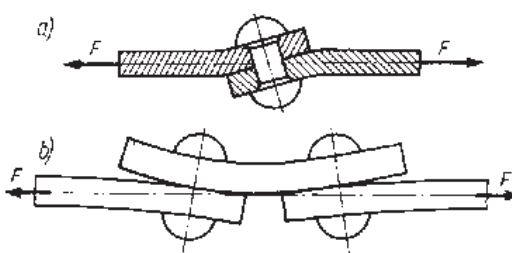
Obliczanie wytrzymałości połączeń nitowych mocnych:



Rys.2.7 Wymiary połączeń nitowych i przekroje narażone na zniszczenie: a) szew zakładkowy, b) szew dwunakładkowy.

Połączenia nitowe mogą ulec zniszczeniu w wyniku:

- ścięcia nitu (**IV**);
- owalizacji otworów nitowych lub nitów;
- rozerwanie blachy w przekroju osłabionym (**I – I, II – II, III – III**);
- wyrwania nitów z blachy w wyniku ścięcia blachy (**V**);
- zginanie blach w połączeniach zakładkowych i nakładkowych jednostronnych



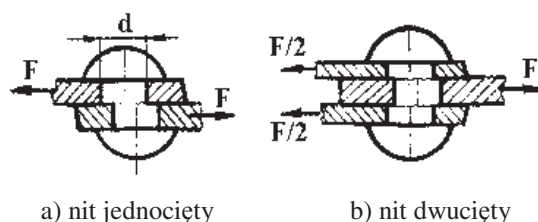
- wyboczenie prętów ściskanych (kratownice);
- oderwanie łba nitów (nitowanie poniżej temp. 500°C).

W celu uproszczenia obliczeń zakładamy, że:

- obciążenia rozkładają się równomiernie na wszystkie nity;
- nity obliczamy na czyste ścinanie;
- w połączeniach nitowanych na gorąco przyjmujemy k_n bez względu na rodzaj obciążenia.

Połączenia nitowe obliczamy z dwóch warunków wytrzymałościowych:

1. Na ścinanie



Rys. 2.8 a - b) Schemat do obliczania nita na ścinanie

$$\tau = \frac{F}{\frac{\pi d_0^2}{4} \cdot m \cdot n} \leq k_n \text{ lub } k_t \quad [\text{I}]$$

gdzie:

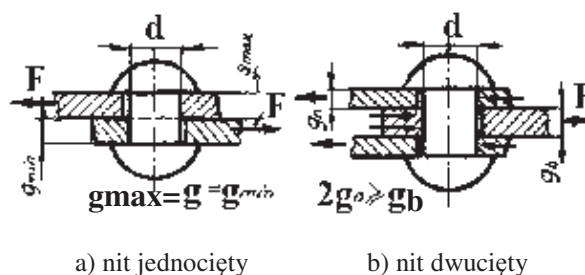
k_n – dopuszczalne naprężenia ścinające;

F - siła zewnętrzna;

m – liczba ścinanych przekrojów w jednym nicie;

n – liczba nitów (w połączeniach zakładkowych – wszystkie nity, w połączeniach nakładkowych – nity łączące jeden z pasów z nakładkami).

2. Na naciski powierzchniowe



Rys.2.9 a-b) Schemat do obliczania nita na naciski powierzchniowe

$$p = \frac{F}{n \cdot g \cdot d_0} \leq k_0 \quad [\text{II}]$$

gdzie:

g – grubość blachy (dla nitów jednociętych – grubość blachy cieńszej, a dla dwuciętych – blachy grubszej);

$g \cdot d_0$ – przyjmuje się jako pole nacisku nitu na ściankę otworu.

k_0 – dopuszczalny nacisk powierzchniowy (wg tbl.2.1)

Racjonalnym jest założenie, że połączenie nitowe ulegnie zniszczeniu w wyniku zniszczeniu nitów (koszt naprawy niższy). Wobec powyższego porównując oba warunki wytrzymałościowe zakładamy, że wytrzymałość nitów na ścinanie powinna być mniejsza niż wytrzymałość blach i nitów na naciski powierzchniowe. Warunek ten przyjmie postać.

$$\frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \cdot m \cdot n \cdot k_n \leq n \cdot g \cdot d_0 \cdot k_0 \quad \text{[III]}$$

Wprowadzamy $k_0 = 2,5k_n$ (wg tbl. 2.1) i otrzymujemy warunek:

$$\frac{d_0}{g} \leq \frac{3,2}{m} \quad \text{[IV]}$$

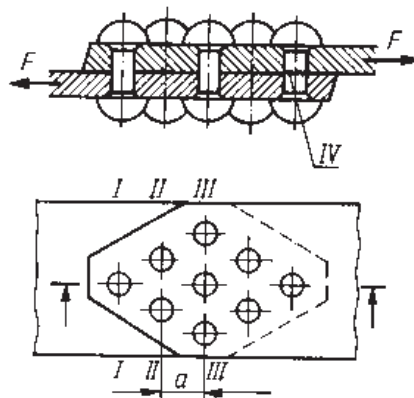
Dla nitów jednociętych $m = 1$, stąd warunek [IV] przyjmie postać $d \leq 3,2g$, dla nitów dwuciętych $m = 2$ – stąd $d_0 \leq 1,6g$. Jeżeli zależność [IV] jest spełniona wówczas nity obliczamy z warunku na ścinanie.

W praktyce przyjmujemy $d = 2g$. Dla tego warunku nity oblicza się:

1. Na ścinanie – dla nitów jednociętych.
2. Na naciski powierzchniowe – dla nitów dwuciętych ($d_0 \geq 1,6g$).

Gdy nie spełnimy zależności $d \approx 2g$ lub przyjmować będziemy k_0 różne od $k_0 = 2,5 k_n$ obowiązkowo należy sprawdzić warunek [III] lub obliczyć liczbę nitów (n) z warunków [I] i [III].

Elementy nitowane obliczamy z warunku na rozciąganie



Rys. 2.10

$$\sigma_r = \frac{F}{S} \leq k_r$$

$$S = b \cdot g - d_0 \cdot g \cdot n_1 = g (b - d_0 \cdot n_1)$$

$$\sigma_r = \frac{F}{g(b - n_1 \cdot d_0)} \leq k_r \quad \text{[V]}$$

gdzie:

- b** – szerokość blachy [mm];
- g** – grubość blachy [mm];
- n₁** – liczba nitów w przekroju;
- k_r** – dla materiału blachy lub nakładek.

W połączeniu (rys.2.10) najbardziej na zniszczenie narażony jest przekrój blachy **I – I**, dla nakładek **III – III**.

Uwaga: dla blach przekrój **I – I** obciążenie **F**; **II – II** obciążenie **5/6F**; **III – III** **3/6F**. Dla nakładek przekrój **III – III** obciążenie **F**; **II – II** **3/6F**; **I – I** na **1/6F**.

2.3 Konstruowanie połączeń nitowych mocnych

Rozstawienie nitów takie, które nie powoduje znacznego osłabienia blach. Spełnimy te warunki przyjmując zależności wymiarowe wg wytycznych.

Rozmieszczenie nitów w połączeniach mocnych

Tablica 2.2

Wymiar		Symbol wymiaru	Wartość wymiaru
Podziałka:	połączenie zakładkowe	t	(3 ÷ 5)d
	połączenie nakładkowe		(4 ÷ 7)d
Odległość rzędów nitów		a	(0,6 ÷ 0,8)t lub (2 ÷ 3)d
Odległość skrajnych nitów od krawędzi	blach	e	(1,5 ÷ 2,5)d
	nakładek	e₁	(1,5 ÷ 2,5)d
Odległość krawędzi ścięć od osi nitów		e₂	(1,5 ÷ 2)d

Ponadto:

- grubość nakładek jednostronnych: **g_n ≥ 1,1g**
- dla dwustronnych: **g_n ≥ 0,65g**
- w skrajnym rzędzie umieszczać tylko jeden nit;
- szwy wielorzędowe max – pięć rzędów lub pięć nitów w kierunku działania F;
- każdy element – min dwa nity;
- naroża pasów i nakładek ścinamy ukośnie;
- nie poleca się połączeń zakładkowych i nakładkowych jednostronnych – dodatkowo są zginane.

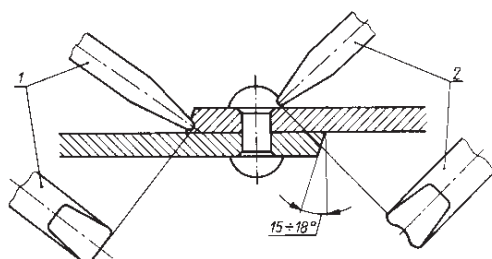
2.4 Połączenia nitowe szczelne i mocno szczelne

Połączenia szczelne – zbiorniki otwarte, zbiorniki zamknięte, o niskich ciśnieniach, rurowe.

Połączenia mocno – szczelne – zbiorniki ciśnieniowe oraz wielkie zbiorniki.

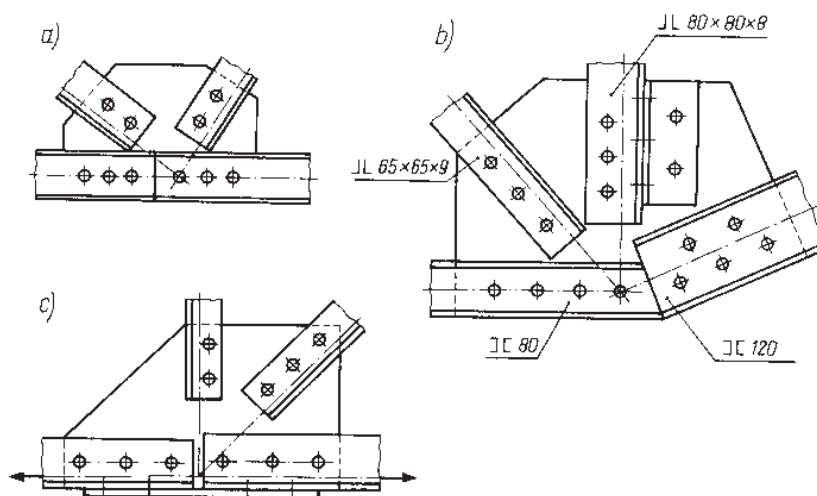
W połączeniach nitowych szczelnych (do 5 mm) nitowanych na zimno wprowadzamy między blachy **szczeliwo** (uszczelki). Przy nitowaniu na gorąco zapewnienie szczelności połączeń nitowych – mniejsze **t** i **a**, **k_n** przyjmują 45 ÷ 70 MPa.

Zwiększamy pewność szczelności przez **doszczelnienie** krawędzi blach i łbów nitów.



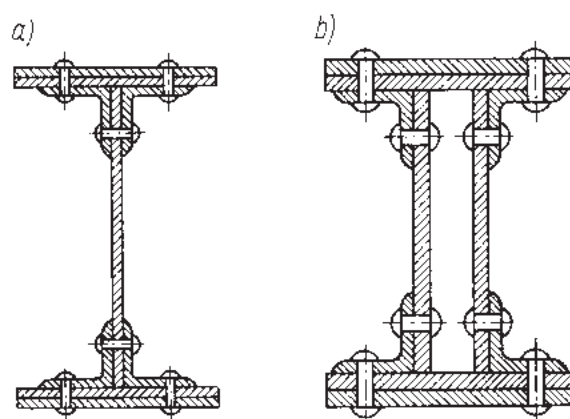
Rys.2.11 Doszczelnianie szwu nitowego

Kratownice – układy kratowe w konstrukcjach budowlanych, w budowie suwnic, żurawi lub fragmenty konstrukcji nośnej. Pręty kratownic wykonujemy z kształtowników łączonych w węzłach za pomocą blach węzłowych.



Rys.2.12 Przykłady połączeń kształtowników w węzłach kratownic

Blachownice – konstrukcja składająca się z pasów, środników i kątowników – tworzą belki stosowane jako konstrukcje nośne.

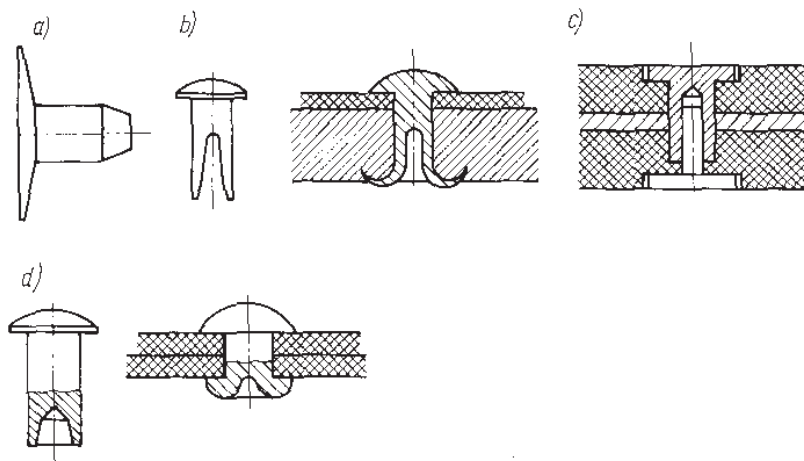


Rys.2.13 Przekroje blachownic: a) płaskiej, b) skrzynkowej

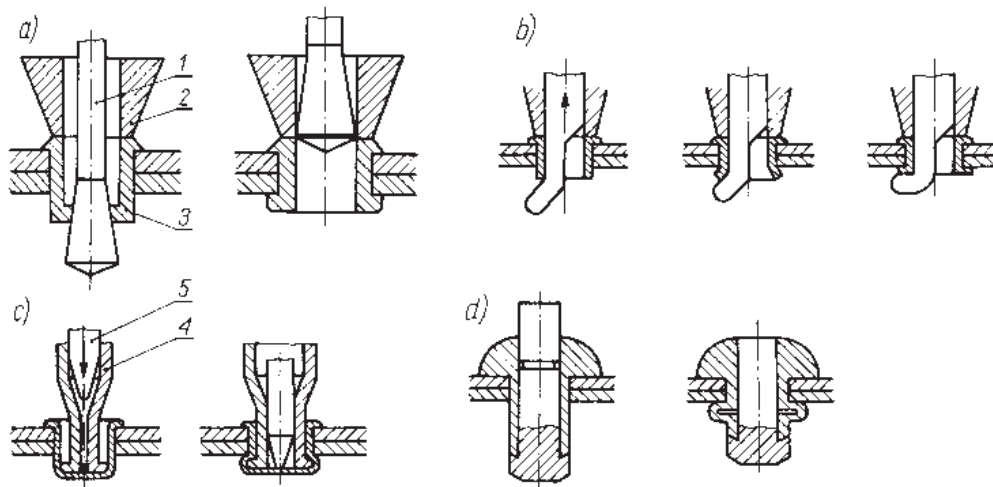
Nity specjalne:

1. Nity kadłubowe, okrętowe (wzmocniony łeb stożkowy + stożkowy trzonek).
2. Nity drobne pełne 0,6 ÷ 1,6 mm .

3. Nity drobne rurkowe.
4. Nity pasowe.
5. Nity rozwidlone.
6. Nity dwuczęściowe – do tworzyw sztucznych lub drewna
7. Nity płytko otworowe.
8. Nity zamykane jednostronnie (miedź, mosiądz, monel lub stopy lekkie).(rys.2.15)



Rys.2.14 Nity specjalne: a) pasowy, b) rozwidlony, c) dwuczęściowy, d) płytkootworowy



Rys.2.15 Nitowanie z jednostronnym zamykaniem sposobem: a) Choberta, b) Brequeta, c) Junkersa, d) Hucka