

# 1. POŁĄCZENIA SPAWANE

(1)

**Spawaniem** → narzwy łączenie metali polegające na przetopieniu brzości sąsiadujących elem. przy równoczesnym wprowadzeniu materiału dodatkowego.

- (a) drutu spawalniczego (spawanie gazowe)
- (b) elektrody

**Spoina** → łącze powstałe z materiału stopionego podczas spawania  
**Spoino** → dodatkowy metal doprowadzony przy spawaniu  
**Stopiwo** → metal otrzymany ze spoina

W procesie zgrzewania elem. w miejscu styku doprowadza się do stanu plastycznego (ciężkiego) i dociska do siebie wskutek czego zachodzi przepięgnięcie między cząsteczkowe.

## 7. Metody spawania

- (a) spawanie elektryczne (Tukowe lub elektrodułowe), w którym źródłem ciepła jest tuk elektryczny.
- (b) spawanie gazowe, w którym źródłem ciepła jest reakcja chemiczna spalania gazów

Inne metody spawania: (a) elektronowe (b) plazmowe (c) laserowe → nie stosowane w konstr. bud.

## AD. (a) SPAWANIE TUKOWE

- najcz. spawanie tukowe elektrodami otulonymi
- spaw. tukowe krytym pod termikiem
- spaw. tukowe w osłonie gazów ochronnych

Spaw. tukowe jest uniwersalną formą spawania konstrukcji, źródłem ciepła jest tuk elektryczny łączący się między elektrodą a elementem łączonym.

Spawanie tukiem krytym lub w osłonie gazów ochronnych (CO<sub>2</sub>, argon, lub hel)

# 2. ELEKTRODY

(2)

Do spawania można używać elektrod:  
 - topiwych  
 - nietopiwych (węglowych lub wolframowych)  
 W budowlanstwie stosuje się elektrody topiwej otulone, składają się one z rdzenia i otuliny. Otulina narodzi się na drut poprzez naprosowanie.

Ze względu na grubość otuliny:  
 - cienko otulone - średnio otulone - grubo otulone  
 Na wymiar elektrody uważa się średnicę rdzenia elektrody. Przekładają się elektrody o wymiarach:  
 $\phi 2,0 \text{ mm} \rightarrow l = 250 \text{ mm}$   
 $\phi 2,5 \text{ mm}, \phi 4,0 \text{ mm}, \phi 5,0 \text{ mm}, \phi 6,0 \text{ mm} \rightarrow l = 450 \text{ mm}$

## Klasyfikacja elektrod

Jawie litery z 3 cyfry np. ER.1.46  
 E - elektroda  
 R - rodzaj otuliny (A - kwasna, B - zasadowa, R - rutylowa, C - rutylowa, O - utleniająca, V - inne)  
 1 - kolejny typ elektrody danego rodzaju otuliny  
 46 - wytrzymałość na rozciąganie stopiwa w kg/mm<sup>2</sup>  
**Barwne oznaczenia elektrod**  
 - białe - EA.1.42, - fioletowe - EB.1.46  
 - różowa - ER.1.46, - czarna - ER.3.46

## Zastosowanie elektrod

- (a) elektrody kwasne - do stali niskowęglowych o dobrej spawalności
- (b) " zasadowe - do spawania grubych przekrojów, do spawania stali węglowych i niskostopowych o normalnej i podwyższonej zaw. węgla trudnospawalnych
- (c) elektrody rutylowe - nadają się do spawania prądem stałym i zmiennym we wszystkich pozycjach.

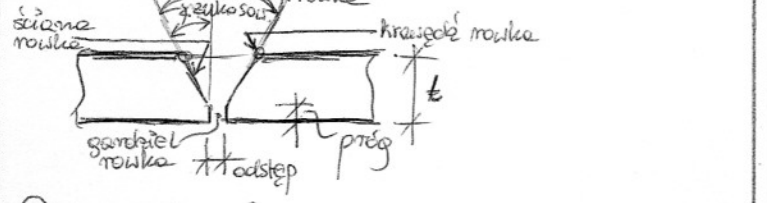
# II. PRZYGOTOWANIE ELEMENTÓW DO SPAWANIA

(3)

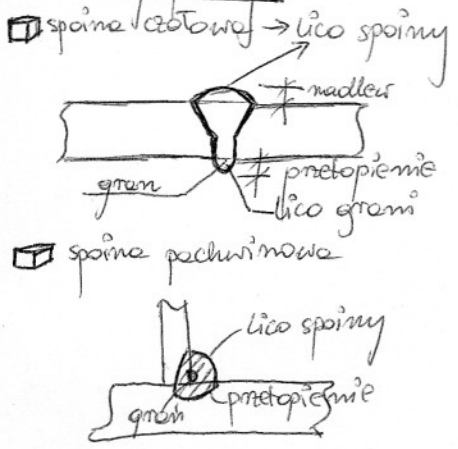
- przygotowanie brzości do spawania (kształt)
- czyszczenie brzości
- właściwe ułożenie brzości

Kształty brzości muszą zapewnić wykonanie spoiny na całej grubości. Sposób ich przygotow. zależy od grubości łączonych części. Często brzości muszą być zkrusowane za pomocą ciecioręcznego lub mechanicznego.

## (a) Element rowka do spawania

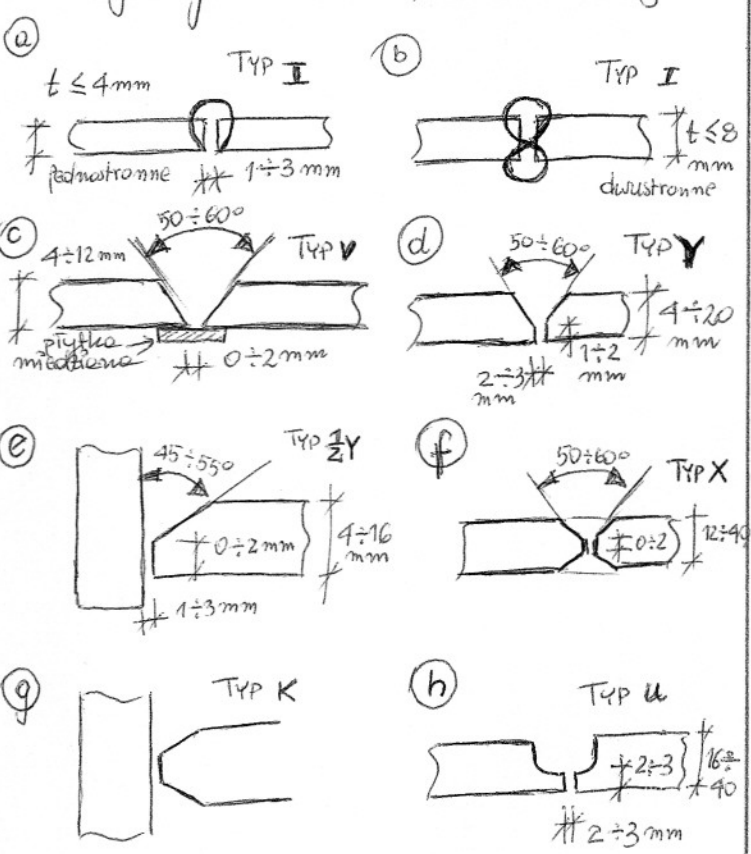


## (b) Elementy spoiny



# 1. Przykłady rowków do spawania tukowego

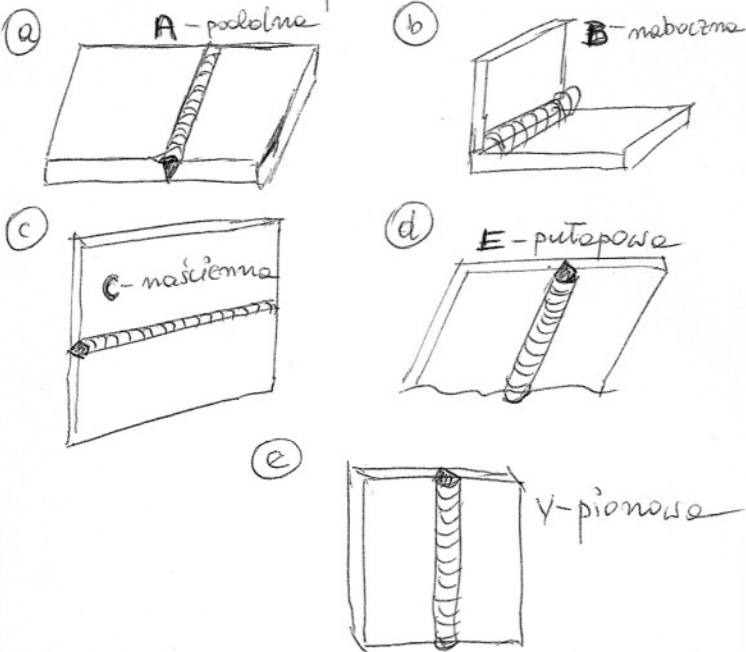
(4)



## 2. Pozyce spawenie

(5)

ta pozycje spawenie przyjmuje sie polozenie osi podloznej i osi poprzecznej spoiny w stosunku do poziomu.



Oznaczenie potocz. spawenego powinno zawierac:

- 1) znaki umowny spoiny np. A, V, Y
- 2) wymiar charakterystyczny przekroju poprzecznego spoiny
- 3) wymiar charakteru przekroju ukladowego
- 4) ksztalt lub
- 4) ksztalt i lic spoiny
- itp.

## III. Wymagania i zalecenia konstrukcyjne (dotycajace potoczni spawenych)

(6)

1. Zalecenie ogolne:

- (a) ograniczyc do min. liczbe potoczni montazowych
- (b) zapewnic dostep niezbedny do wykonania spoiny



- (c) unikac skupienia spoin (krzywowania spoin)
- (d) unikac stosowania spoin w dwustronnych narozach ksztaltownikow walcowanych



- (e) unikac stosowania spoin w strefie zginatu



- (f) nie stosowac spoin o gr. w.kszej niz to wynika z obi.

$$Asp = a \cdot b \leftarrow \text{dl. spoiny}$$

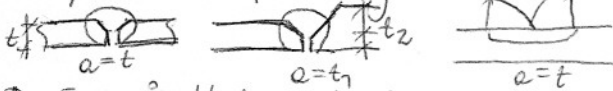
$$\text{gr. spoiny}$$

## 2. Ustalanie wymiarow obl. spoin

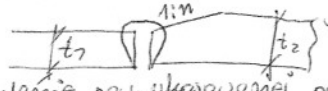
(7)

### (a) Spoiny czotowe

- gr. obliczeniowa spoiny przyjmuje sie = grubosci cieńszej zlozonych czesci  $t$



Przy łazczeniu blach o róznych grubosciach nalezy wykonac zakosowanie blachy grubszej

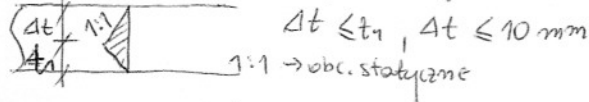


Naklony pow. ukosowanej powinno wynosic:

1:1 przy obc. statycznych

1:4 " " dynamicznych

- ukosowanie spoiny z polyleniem



### (b) Spoiny packwinowe

- gr. obliczeniowa spoiny packwinowej przyjmuje sie = wysokosci trójkata spawanego  $a$  przy dlugosci spoiny (wys wprowadzona z granic spoiny)



### (c) Spoiny przerywane

(8)

sa stosowane w potoczniach, w ktorych dlugosc łazczonych elementow znacznie przekracza dlugosc obl. spoin.

np. spoiny łazczonych belek w pasadach

Kiedy nie nalezy stosowac spoin przerywanych

- w przypadku obc. dynamicznych
- w elem. bezpośrednio narazonych na korozje atmosferyczna lub chemiczna
- w strefach skokowej zmiany sztywnosci elementu z uwaga na koncentracje naprezien
- w miejscach jednoczesnego wystepowania znacznych naprezien stycznymi i normalnymi

#### IV. OBLICZANIE POŁĄCZEŃ SPAWANYCH

(9)

Wymiarowanie połączeń spawanych polega na rachunkowym określeniu wymiarów spoin lub spr. nośności połączenia o przyjętych wymiarach metody wymiarowania

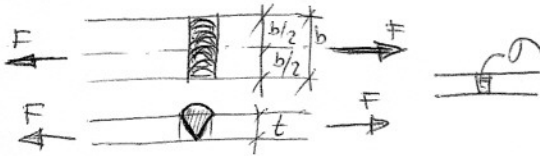
- wg siły działającej na połączenie
- wg nośności elementu

##### a) POŁĄCZENIA NA SPAINY CZOŁOWE

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\alpha_{\perp}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\alpha_{\parallel}}\right)^2} \leq f_d$$

$\sigma, \tau$  - naprężenia w przekroju obliczeniowym połączenia  
 $\alpha_{\perp}, \alpha_{\parallel}$  - współcz. wytrzymał. obl. spoiny

##### a') Połączenie obc. osiowo



gdzie  $\tau = 0$

$$\sigma \leq \alpha_{\perp} \cdot f_d$$

$$\sigma = \frac{F}{A_{sp}} = \frac{F}{b \cdot t}$$

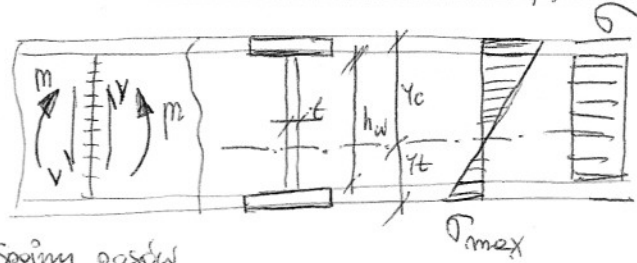
$$\sigma_{max} = \sigma_{sr} = \sigma$$

$$\nu = \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_{max}} = 1 \Rightarrow \alpha_{\perp} = 1 - 0,15 \cdot \nu = 0,85$$

wytrzymałość spoiny jest o 15% < od wytrzymał. materiału

#### b) Połączenie obc. momentem i siłą poprzeczną

(10)



Spoiny pasów  
 $\tau = 0 \Rightarrow \sigma \leq \alpha_{\perp} \cdot f_d$

- spoina pasa ściśniętego  $\alpha_{\perp} = 1$
- spoina pasa rozciągającego  
 $\nu = 1,0 \Rightarrow \alpha_{\perp} = 1 - 0,15 \cdot \nu = 1 - 0,15 \cdot 1 = 0,85$

$$\sigma_{max} = \frac{m \cdot y}{I_x} \leq \alpha_{\perp} \cdot f_d = 0,85 f_d$$

- spoina środkowa

$$\sigma_1 = \frac{m_{max}}{I_x}, \tau = \frac{V}{A_{r,sp}} = \frac{V}{t \cdot h_w}, \sigma_{sr} = \nu \cdot \sigma_1 \Rightarrow \nu = \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_1}$$

$$\alpha_{\perp} = 1 - 0,15 \cdot \nu \quad \sqrt{\left(\frac{\sigma_1}{\alpha_{\perp}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\alpha_{\parallel}}\right)^2} \leq f_d$$

#### Nośność połączeń zalcadkowych przy obc. osiowym

(11)

można spr. w sposób

$$\tau_F = \frac{F}{\epsilon a \cdot l} \leq \alpha_{\parallel} \cdot f_d$$

#### Nośność połączeń zalcadkowych przy obc. siłą F i momentem $M_0$ można sprawdzić:

wg wzoru normowego

$$\tau = \sqrt{(\tau_m + \tau_F \cdot \cos \theta)^2 + (\tau_F \cdot \sin \theta)^2} \leq \alpha_{\parallel} \cdot f_d$$

$\tau$  - naprężenie wypadkowe

$$\tau_F = \frac{F}{\epsilon a \cdot l} \text{ - naprężenie wypadkowe od siły } F$$

$$\tau_m = \frac{M_0 \cdot r}{I_0} \text{ - naprężenie od momentu}$$

$I_0 = I_x + I_y$  - biegunowy moment bezwładności figury utworzonej przez ulc. przekroju obliczeniowego spoiny na płaszczyzn. styku.

$\theta$  - kąt między wektorami naprężeń stycznych  $\tau_F, \tau_m$  w rozpatrywanym punkcie spoiny

##### b) wg sposobu tradycyjnego

$$\tau = \sqrt{(\tau_{Fx} + \tau_{mx})^2 + (\tau_{Fy} + \tau_{my})^2} \leq \alpha_{\perp} \cdot f_d$$

$$\tau_{Fx} = \frac{F_x}{\epsilon a \cdot l}, \quad \tau_{Fy} = \frac{F_y}{\epsilon a \cdot l}$$

$$\tau_{mx} = \frac{M_0 \cdot y}{I_0}, \quad \tau_{my} = \frac{M_0 \cdot x}{I_0}$$

#### Nośność połączeń teowych

(12)

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\alpha_{\perp}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\alpha_{\parallel}}\right)^2} \leq f_d$$

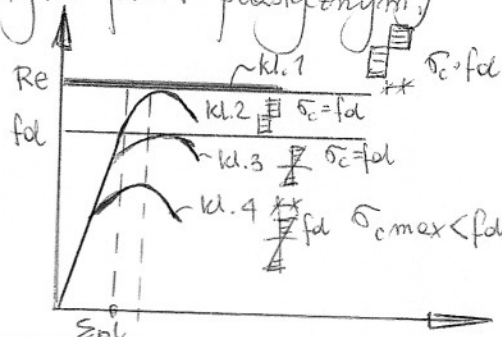
$\sigma, \tau$  - naprężenia w przekroju utworzonym przez ulc. przekroju obliczeniowego spoin na płaszczyźnie styku.

$\alpha_{\perp}, \alpha_{\parallel}$  - współczynniki wytrzymałości dla spoin pakuśnikowych

#### V. PROJEKTOWANIE ELEMENTÓW STALOWYCH.

1. klasy przekrojów elementów stalowych  
 Norma wprowadza podział przekrojów elementów stal. na 4 klasy w zależności od stopnia odporności ścianek składowych elementu na miejscową utratę stateczności.

Ścianki mogą utracić stateczność miejscową pod wpływem naprężeń ściskających co stanie się sprężystym fak. i plastycznym.



• Klasa 1 - tzw. przekroje plastycznie sitywne. Przekroje kl. 1 mogą osiągnąć nośność uogólnionego przekroju plastycznego i przy pełnym uplastycznieniu przy zginaniu wykazują zdolność do obrotu, co zapewnia plastyczną redystrybucję mom. zginających.

• Klasa 2 - tzw. przekroje plastyczne półsitywne. Przekroje kl. 2 mogą osiągnąć nośność przekroju plastycznego, ale w skutek miejscowej niestaczejności plastycznej mają ograniczoną zdolność do obrotu, co umożliwia redystrybucję plast. mom. zginaj.

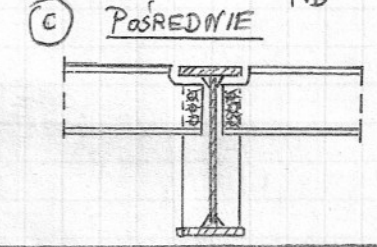
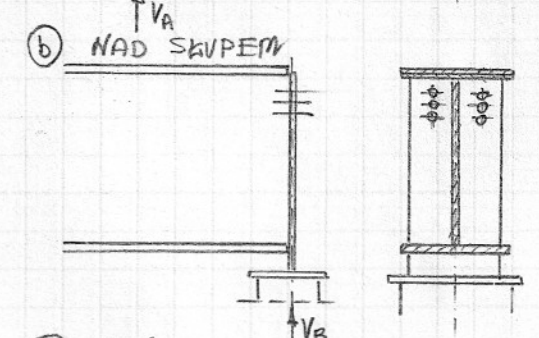
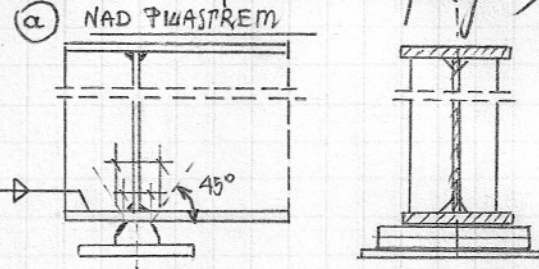
• Klasa 3 - przekroje sprężyste sitywne. Nośność przekroju tej klasy jest ograniczona początkiem uplastycznienia strefy ścisłkowej.  $\sigma_{c,max} \leq f_d$

• Klasa 4 - przekroje sprężyste półsitywne. Przekroje klasy 4 są możliwe np. miejscowy utratej stateczności, w stanie spręż. tracą nośność wskutek niestaczejności miejscowej ścianek przy max. napręż. ścisłkowej lub średnich naprężeniach ścinających  $< f_d$   
 $\sigma_{c,max} \leq f_d$ ,  $\tau_{st} \leq f_{dv} = 0,58 f_d$

Klasę przekroju, czyli stopień odporności ścianki na miejscowy obrót stateczności zależy od:  
 - smukłości ścianki  $b/t$   
 - od rozkładu napr. na szer. ścianki  
 - sposobu podparcia ścianki na jej brzegach  
 - rodzaju stali  
 O klasie całego przekroju decyduje ścianka o najmniejszej klasie.

V. ZAKRES STOSOWANIA ŻEBER POPRZECZ. (14)

Poprzeczne żeberka usztywniające stosuje się na podporach podciąggu (nad pilastrem i nad stępem) i w miejscach dotężeń zębem (belki stropowych).



VI. WYSOKOŚĆ BLACHOWNICY - warunki konstrukcyjne (15)

1. WARUNKI KONSTRUKCYJNE (blachownice-pasy) przyjęcie wymiarów przekroju

- (a) grubość środnika  $t_w \geq 6 \text{ mm}$ ,  $t_w = \frac{h}{\lambda_w}$
  - (b) optymalna smukłość środnika  $\lambda_w$
- | RODZAJ STALI | $\lambda_{w,opt} = \frac{h}{t_w}$ |
|--------------|-----------------------------------|
| St 3S        | 140 ÷ 150                         |
| St 4V        | 135 ÷ 145                         |
| 18G2A        | 120 ÷ 130                         |

(c) szerokość pasa  $b = (\frac{1}{5} \div \frac{1}{4}) h$   
 (d) wysokość środnika  $h_{opt} = (10 \div 12) \cdot \sqrt{\lambda_{w,opt} \cdot W_{potrz}} =$   
 $W_{potrz} \rightarrow$  potrzebny wskaźnik zginania

(e) grubość pasa (z warunków nośności belki)  
 $t_f = \frac{1}{b \cdot h} (W_{potrz} - \frac{t_w \cdot h^2}{6}) =$

VII. Nośność blachownic - przekroje zginane (16)

1.0. Potrzebny wskaźnik zginania  $W_{potrz}$ .  
 > gdy duża smukłość środnika => nośność obliczeniowa przekroju przy zginaniu =  $M_R = \psi \cdot W_c \cdot f_d$

$f_d \rightarrow$  wytrzymałość obl. stali  
 $W \rightarrow$  wskaźnik wytrzymałości przekroju  
 $\psi \rightarrow$  współczynnik redukcyjny nośności obl. przekroju, uwzględniający wpływ niestaczejności miejscowej ścianki (środnika) przekroju.  
 Potrzebny wskaźnik zginania przekroju określa się z warunków:

- (a) - max. nośności belki  $\frac{M_{max}}{\psi_c \cdot M_R} \leq 1$
  - (b) - nośności przekroju  $M_R = \psi \cdot W_c \cdot f_d$
- $\psi_c \rightarrow$  współczynnik zwichnięcia  
 $\psi_p \rightarrow$  współczynnik niestaczejności

Nośność blachownic - przekroje ścinane  
 $A_v = h \cdot t_w =$  (pole części przekroju czynnej przy ścinaniu)

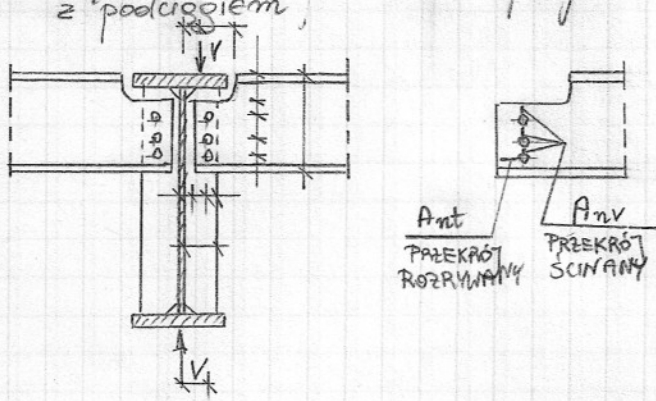
$V_R = 0,58 \cdot \gamma_{pv} \cdot A_v \cdot f_d$   
 • warunek nośności podciąggu przy ścinaniu  
 $V_{max} = \dots < V_R = \dots$

• gdy siła poprzeczna  $V > V_0 = 0,3 \cdot V_R \Rightarrow$  redukcja nośności obl. przekroju przy zginaniu z uwagi na wpływ siły poprzecznej  
 • nośność obliczeniowa zredukowana  
 $M_{R,V} = M_R \cdot [1 - \frac{J_v}{J} \cdot (\frac{V}{V_R})^2] = J_v \rightarrow$  moment bezład. całego przekroju  
 $J_v \rightarrow$  środek

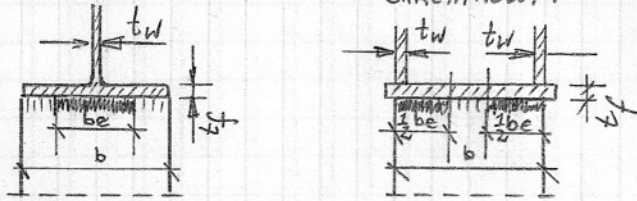
### VIII. Potażenia belek

(17)

1. Potażenie śrubowe żebier stropowycla z podciąganiem



2. Potażenia spawane belek ze słupami DWUTEOWY SKRZYNKOWY



### X. KLASY PRZEKROJÓW

(19)

- od czego zależą?

KLASA PRZEKROJU — tj. stopień odporności elementu na miejscową utratę stateczności.

ZALEŻY od:

1. warunków podparcia
2. rozkładu naprężeń
3. smukłości ścianek ( $\frac{b}{t}$ )

**KLASA 1.** Przekroje klasy 1 mogą osiągnąć nośność uogólnionego przekroju plastycznego, a w stanie pełnego uplastycznienia przy zginaniu wykazują zdolność do obrotu.

**KLASA 2.** Przekroje klasy 2 mogą osiągnąć nośność uogólnionego przekroju plastycznego, lecz wskutek miejscowej niestateczności plastycznej wykazują ograniczoną zdolność do obrotu.

**KLASA 3.** Przekroje klasy 3 charakteryzują się tym że ich nośność jest warunkowana początkiem uplastycznienia strefy ściskanej ( $\sigma_c \max \leq f_d$ )

**KLASA 4.** Przekroje klasy 4 tracą nośność przy największych naprężeniach ściskających (lub średnich ściskających) mniejszych niż granice plastyczności.

### IX. STATECZNOŚĆ MIEJSCOWA PRZY ŚCINANIU

(18)

Dotyczy pełnościennych elementów konstrukcji, w których występują ścianki płaskie, wraz z ich miejscową utratą stateczności (kształtowniki o przekroju klasy 4 i środki kształtowników spawanych, obciążone siłą skupioną). W przypadku elementów obciążonych statycznie można uwzględnić w obl. stan medkretyczny ścianek i towarzyszący mu wzrost nośności obliczeniowej przekroju.

#### • ŚCIANKI ŚCINANE

Nośność obliczeniowa przekroju przy ścinaniu siłą poprzeczną  $V$  jest określona wzorem

$$V_R = 0,58 \varphi_{pr} \cdot A_v \cdot f_d$$

$\varphi_{pr}$  → współczynnik niestateczności przy ścinaniu

$$\varphi_{pr} = \sqrt{1/\bar{\lambda}_p}, \text{ lecz } \varphi_{pr} \leq 1 \text{ dla } \bar{\lambda}_p \leq 5$$

$\bar{\lambda}_p$  → smukłość względna

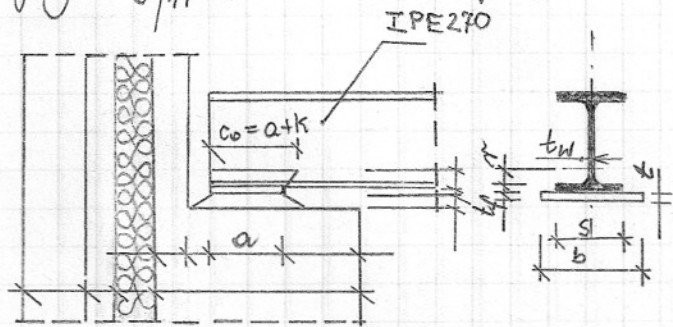
$A_v$  → pole przekroju czynnego przy ścinaniu

### XI. Konstrukcja podparcia belek

(20)

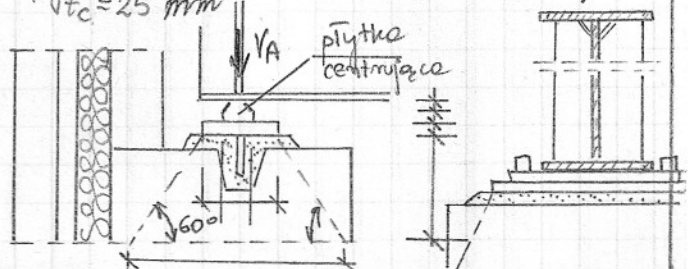
1.0. Oparcie żebne na murze

Mur z cegły ceramicznej pełnej o średniej wytrzymałości 15 MPa i zaprawy cementowej gęstości 5 MPa.



2.0. Oparcie podciąg na murze (na pilastrze)

- a) w obszarze oparcia podciągów nadbudowano ścianę = pilaster, szer. 38 cm x 77 cm dt.
- b) pod blachą oparcie = blok betonowy z betonu B 15 o gr. 25 cm, na całej dt. pilastrowi
- c) płyta centryczna o szer.  $c = 80$  mm i gr.  $t_c = 25$  mm



## XII. ZASADY PROJEKTOWANIA SŁUPÓW (21)

1. Zestawia się obciążenia obliczeniowe
2. Określa się <sup>odr.</sup> wybożenia
3. Przyjmuje się przekrój i spr. nośność
4. Wariant I - słup jednogateńowy
5. Wariant II - " dwugateńowy
6. Obl. się przewężki
7. Konstruuje się podstawę słupa
8. Konstruuje się głowicę słupa

## XIII. TYPY POŁĄCZEŃ (30)

W nowoczesnych konstr. stalowych stosuje się następujące rodzaje połączeń:

- a) połączenia typu sworzeniowego:
  - na mity - zwykłe i pasowane
  - na sworniel montażowe
- b) połączenia siernie sprężone, śrubami wysokiej wytrzymałości
- c) połączenia dociskowe sprężane śrubami wysokiej wytrzymałości
- d) połączenia spawane i zgrzewane
- e) połączenia specjalne, np. połączenia klejone kombinowane (klej + śruby wzdłużnie i poprzecznie), połączenia dociskowe (obciążenie przekazywane przez docisk miejscowy)
- f) połączenia elementów lekkiej budowy ścian i dachów:
  - na kołki wstrzeliwane
  - na śruby samooprężające
  - na mity jednostronne


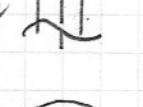

## XIV. PODZIAŁ POŁĄCZEŃ KONSTRUKCYJNYCH (31)

- a) połączenia podstawowych części (kształtowniki, blachy) w elementy konstrukcyjne (blachownicę, kratownicę)
- b) połączenia warstwowe gdy  $d_{el}$  elementu konstr. jest większa od  $d_{op}$ si handlowych gotowych wyrobów hutniczych.
- c) połączenia montażowe - połączenia elementów wysyłkowych uzyskanych z podziału konstrukcji na części o wymiarach i ciężarze dostosowanych do urządzeń transportowych i montażowych oraz skrajnie przewożonych.

## XV. PODZIAŁ Z UWAGI NA ROZBIERALNOŚĆ (32)

- a) połączenia nierozbieralne - mity, spawane, zgrzewane, klejone, na kołki wstrzeliwane
- b) połączenia rozbieralne - na śruby zwykłe, na śruby sprężające, na sworniel

XVI. TYPY NIŹÓW W ZALEŻNOŚCI OD KSZTAŁTU GŁA (33)

- (a) niży z łbem kulistym 
- (b) niży z łbem kulistym wzmocnionym 
- (c) niży z łbem płaskim 
- (d) niży z łbem soczewkowym 
- (e) niży z łbem trapezowym 

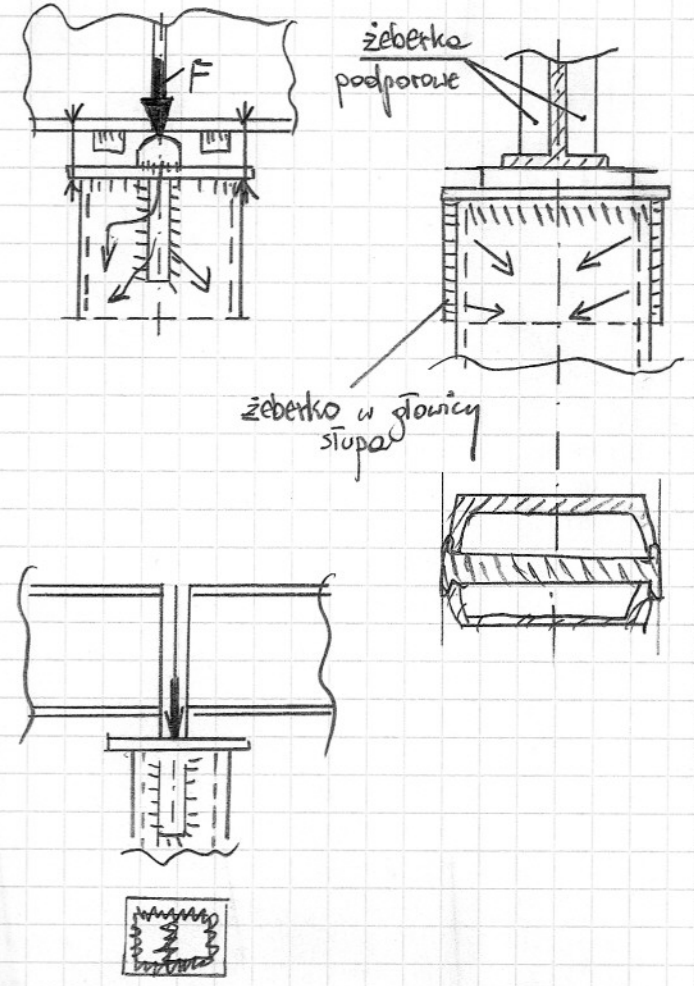
XVII. ZASTOSOWANIE NIŹÓW

- Niży o śr.  $d = 4,6,8$  mm tylko do konstrukcji cienkościennych i do wyrobów slusarskich. Zakuwane są na zimno.
- Niży o śr.  $d = 11 \div 29$  mm stosow. w stalowych konstrukcjach budowlanych
- Niży o śr.  $d > 28$  mm stosowane tylko w mostownictwie

Niży w połączeniu powinny pracować na ścinanie, nie powinny pracować na rozciąganie.

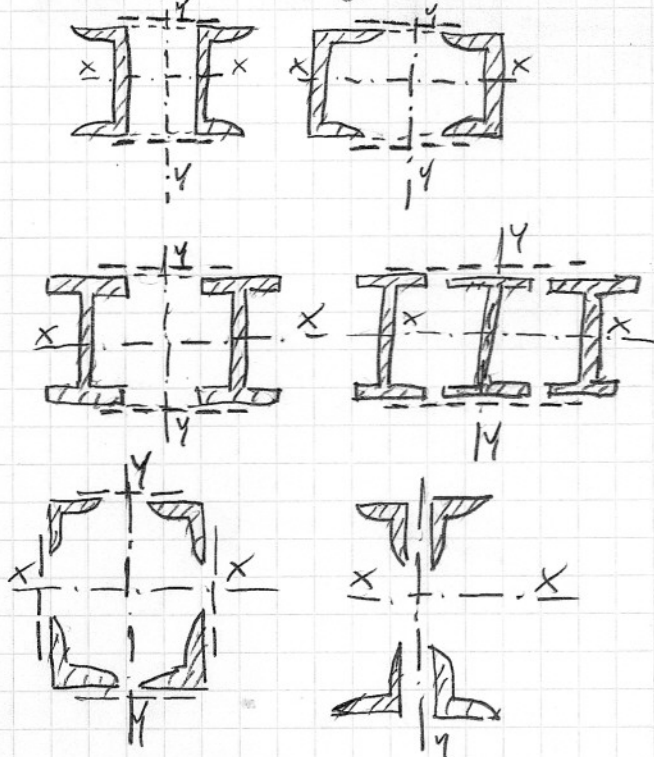
ŚREDNICA OTWORU [mm]	≤ 11	13	17	21	23	25	> 28
OZNACZENIE	$\oplus^{11}$	$\oplus^{13}$	$\oplus^{17}$	$\oplus^{21}$	$\oplus^{23}$	$\oplus^{25}$	$\oplus^{28}$

XVIII. GŁOWICE SKUPÓW (34)



XIX. PODZIAŁ SKUPÓW POD WZGLĘDEM STATYCZNYM (35)

SKUPY NIELOGARITMOWE:



XX. Wyznaczenie smukłości porównawczej (36)

Przy wymiarowaniu w śłupie  $\lambda_p$  względem osi materialowej

$$\lambda_p = 84 \cdot \sqrt{\frac{215}{fd}}$$

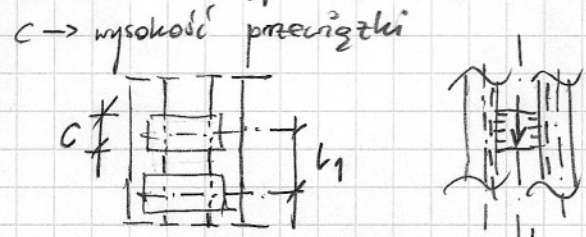
Smukłość postaciowa  $\lambda_1$

$$\lambda_1 = \frac{l_1}{i_{\min}}$$

# XXI. Dobór przekrojek

37

- 1) Przekroje należy rozmieszczać tak aby w środku elementu nie było przekrojów
- 2) Smukłości pojedynczej gałęzi między przekrojami jest równa najmniejszej
 
$$\lambda_1 = \frac{l_1}{i_{\min}} \leq 0,8 \lambda_{\max}$$
- 3) Dł. wybożenia pojedynczej gałęzi - odd. w osi osi przekrojów też nie więcej niż
 
$$l_1 - c + 100 \text{ mm}$$



min wysokość przekroju  $c \geq 100 \text{ mm}$

min wysokość przekroju skrajnej  $C_{skr} \geq 1,5c$

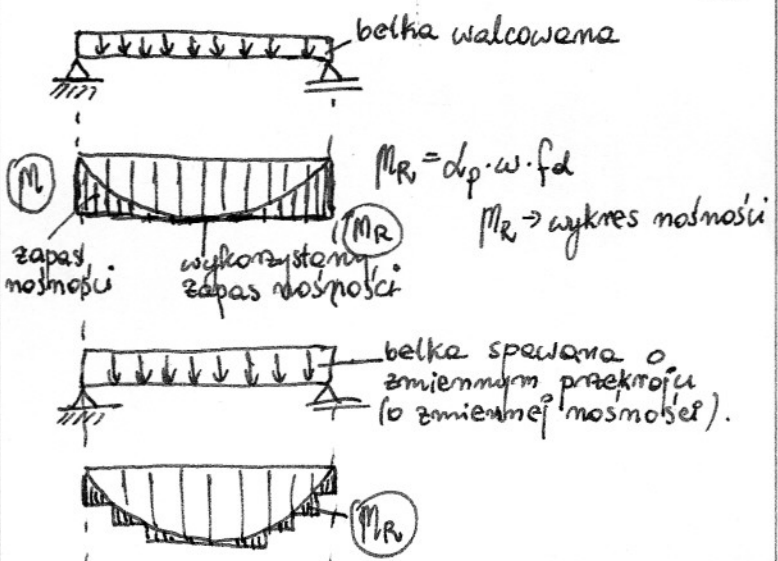
dł. przekroju  $b \geq 0,75c$

$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W} = \frac{N}{\varphi \cdot A}$  - ster.  $c \geq 100 \text{ mm}$

Przekroje mają na celu wyeliminowanie obciążenia  $c \geq 1,5c$  postr. p. skraj.  $c \geq 0,75b$

# I. BLACHOWNICE

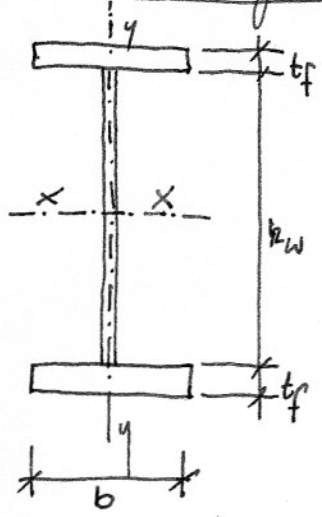
1



Dla rozpiętości  $l > 8 \text{ m}$  stos. belek walcowanych jest już nieoptycalne. Należy projektować wtedy belki złożone z blach o specjalnie dobr. wymiarach. Belki takie nazywamy blachownicami.

# 1. DOBÓR PRZEKROJU BLACHOWNICY

2



$\frac{h}{l} \approx \frac{1}{6} \div \frac{1}{25}$

$\Rightarrow$  z warunków ugięcia (sztywności)

$\rightarrow u_{gr} = \left( \frac{1}{150} \div \frac{1}{350} \right) l$  - belki stropów i pomastów

$\rightarrow u_{gr} = \left( \frac{1}{400} \div \frac{1}{600} \right) l$  - belki podsuwnicowe

Ekonomiczna wysokość blachownicy wynosi ok.

$h \approx k \cdot \sqrt{\frac{W_{potrzebne}}{t_w}}$  lub  $h \approx k \cdot \sqrt{\lambda_w \cdot W_{potrzebne}}$

gdzie:  $k = 1,0 \div 1,3$  - współczynnik

$W_{potrzebne} \rightarrow$  potrzebny wskaźnik opierania belki

$\lambda_w = \frac{h_w}{t_w} \rightarrow$  smukłość środnika

# 2. GRUBOŚĆ ŚRODNIKA

3

- $\rightarrow$  przyjmuje się z uwagi na:
- a) nieprzekroczenie nośności b. przy ścinaniu
  - b) gr. środnika  $t_w \geq 7 \text{ mm}$  - dla belek naczyniowych na wpływ atmosferyczny  $t_w \geq 6 \text{ mm}$  dla belek betonowych
  - c) dla belek oinitowanych gr. środnika wpływa na nośność nitów.
  - d) gr. środnika wpływa na rozstaw żeber usztywn.
- Środnik należy proj. o jak najmniejszej gr., tak żeby należały do przekroju klasy 4. Ekonom. smukłość środnika wynosi:
- $\rightarrow$  dla stali S235 -  $\lambda_w = 140 \div 150$
  - $\rightarrow$  dla stali S275 -  $\lambda_w = 110 \div 120$

# 3. PASY

- a) Szer. pasa:  $b \approx \frac{1}{4} h$  ( $h \rightarrow$  wys. belki) ( $\frac{1}{5} \div \frac{1}{3} h$ )
- b) Grubość pasów  $t_f \leq 3,5 t_w$  - ze względu na grubość spoin łączących pas ze środnikiem.

Potrzebna gr. pasa możemy wyliczyć z war. wytrzymałości

$$t_f = \frac{1}{b \cdot h} \left( W_{potrzebne} - \frac{t_w \cdot h^3}{6} \right)$$
 - ważne dla przekroju klasy 3, gdy  $\psi = 1$

- dla przekroju klasy 4 ( $\psi < 1$ ), grubość zwiększyć o 10% i 20%