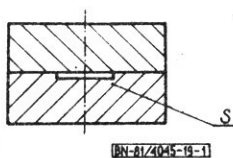


ODLEWNICTWO	NORMA BRANŻOWA	BN-81
	Odlewnicze formy ciśnieniowe	4045-19
	Zasady obliczania	Grupa katalogowa 0444

1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są obliczenia dotyczące projektowania i konstruowania form ciśnieniowych w celu zabezpieczenia ich przed rozwieraniem w czasie odlewania.

2. Formy bez bocznych rdzeni

a) Przy osiowym obciążeniu (rys. 1), siłę rozwarcia maszyny (F) w N lub w procentach oblicza się wg wzoru (1) lub (2)



Rys. 1

$$F = \frac{F_L}{S_L} \cdot S \quad (1)$$

w którym:

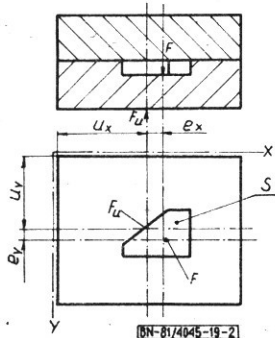
- F_L — siła prasowania maszyny, N,
- S_L — przekrój tłoka prasującego, cm^2 ,
- S — powierzchnia rzutu odlewu łącznie z wlewem i przelewem na powierzchni podziału, cm^2 .

$$\frac{F}{F_u} = \frac{1}{k_o} \cdot 100 \quad (2)$$

w którym:

- F_u — siła zwierania maszyny, N,
- k_o — współczynnik bezpieczeństwa form bez bocznych rdzeni.

b) Przy mimośrodowym obciążeniu (rys. 2), współczynnik bezpieczeństwa (k_o) oblicza się wg wzoru (3) i (4)



Rys. 2

$$k_o = \frac{\frac{F_u}{F}}{1 + \frac{e_x}{u_x}} \quad (3)$$

w którym:

- e_x — mimośrodkowość punktu przyłożenia siły F_u w stosunku do siły F w osi x, mm,
- u_x — odległość punktu przyłożenia siły F_u od krawędzi w osi x, mm.

$$k_o = \frac{\frac{F_u}{F}}{1 + \frac{e_y}{u_y}} \quad (4)$$

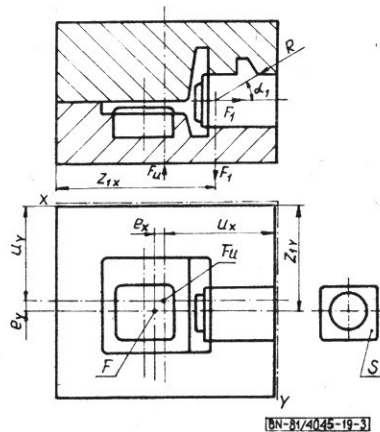
w którym:

- e_y — mimośrodkowość punktu przyłożenia siły F_u w stosunku do siły F w osi y, mm,
- u_y — odległość punktu przyłożenia siły F_u od krawędzi w osi y, mm.

Wartość k_o i e należy odczytać z nomogramu 1 (rys. I-3).

3. Formy z bocznymi rdzeniami

a) Dla form z jednym rdzeniem (rys. 3), obliczenia należy przeprowadzić wg wzorów (5) ÷ (7)



Rys. 3

Zgłoszona przez Instytut Odlewnictwa, Kraków
Ustanowiona przez Dyrektora Instytutu Odlewnictwa dnia 30 listopada 1981 r.
jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1982 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 3/1982 poz. 7)

$$F_u \cdot u_x > F \cdot (u_x + e_x) + F_1 \cdot Z_{1x} \quad (5)$$

w którym:

F_1 — siła rozwarcia maszyny powstająca pod wpływem ciśnienia metalu na boczne rdzenie, N,
 Z_{1x} — odległość punktu przyłożenia siły rozwarcia od krawędzi w osi, x, mm.

$$F_u \cdot u_y > F \cdot (u_y + e_y) + F_{S1} \cdot \operatorname{tg}\alpha_1 \cdot Z_{1y} \quad (6)$$

w którym:

F_{S1} — siła powstająca pod wpływem ciśnienia metalu na powierzchnię czołową bocznego rdzenia, N,
 Z_{1y} — odległość punktu przyłożenia siły rozwarcia od krawędzi w osi y, mm,
 α_1 — kąt oparcia boku suwaka rdzenia.

$$F_u \cdot u = k_c \cdot F \cdot [(u + e) + \frac{S_1}{S} \cdot \operatorname{tg}\alpha_1 \cdot Z_1] \quad (7)$$

w którym:

S_1 — rzut powierzchni czołowej odlewu na formującą część bocznego rdzenia, mm²,
 k_c — współczynnik bezpieczeństwa.

b) Dla form z wieloma bocznymi suwakami dla poszczególnych osi (x, y), obliczenia przeprowadza się wg wzorów (8) i (9)

$$\frac{1}{k_{cx}} = \frac{u_x + e_x}{\frac{F_u}{F} \cdot u_x} + \frac{\frac{S_1}{S} \cdot \operatorname{tg}\alpha_1 \cdot Z_{1x}}{\frac{F_u}{F} \cdot u_x} + \frac{\frac{S_2}{S} \cdot \operatorname{tg}\alpha_2 \cdot Z_{2x}}{\frac{F_u}{F} \cdot u_x} + \dots + \frac{\frac{S_i}{S} \cdot \operatorname{tg}\alpha_i \cdot Z_{ix}}{\frac{F_u}{F} \cdot u_x} \quad (8)$$

w którym:

indeksy 1 ÷ i dotyczą poszczególnych suwaków.

$$\frac{1}{k_{cy}} = \frac{u_y + e_y}{\frac{F_u}{F} \cdot u_y} + \frac{\frac{S_1}{S} \cdot \operatorname{tg}\alpha_1 \cdot Z_{1y}}{\frac{F_u}{F} \cdot u_y} + \frac{\frac{S_2}{S} \cdot \operatorname{tg}\alpha_2 \cdot Z_{2y}}{\frac{F_u}{F} \cdot u_y} + \dots + \frac{\frac{S_i}{S} \cdot \operatorname{tg}\alpha_i \cdot Z_{iy}}{\frac{F_u}{F} \cdot u_y} \quad (9)$$

4. Obliczanie wg nomogramów 1 i 2 (rys. I-3, I-4a i I-4b), przy stosowaniu wzorów związanych z siłą zwiernania maszyny:

$$k_o = \frac{F_u}{F} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{e}{u}\right)} \quad (10)$$

$$k_i = \frac{\frac{S_i}{S} \cdot \operatorname{tg}\alpha_i \cdot Z_i}{\frac{F_u}{F} \cdot u} \quad (11)$$

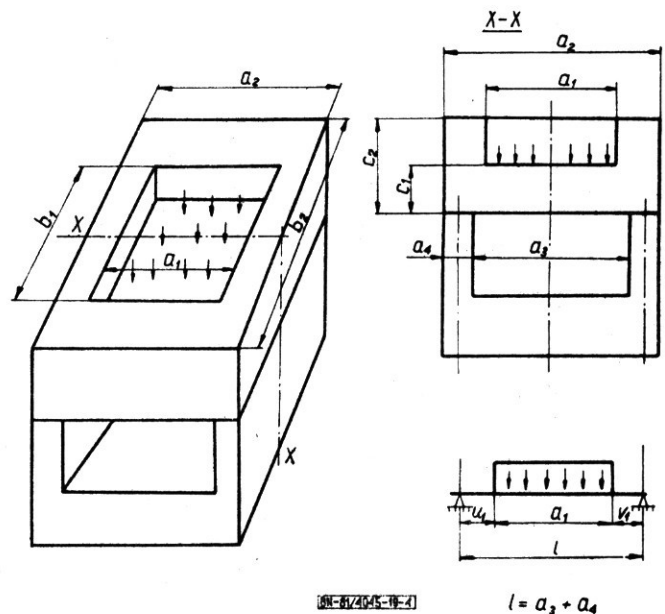
$$k_c = k_o + k_i \quad (12)$$

Współczynnik (η) uwzględniający siłę zwiernania maszyny określa się wg równości:

$$\eta = \frac{1}{k_c} = \frac{1}{k_o} + \frac{1}{k_i} \quad (13)$$

$$\eta_{\max} \leq 0,9$$

5. Obliczenia wytrzymałościowe budowy formy — wg rys. 4.



Rys. 4

a) Maksymalne naprężenie normalne (σ_{\max}) w MPa obliczyć wg wzoru

$$\sigma_{\max} = \frac{M_o \max}{W_o} \quad (14)$$

w którym:

$M_o \max$ — maksymalny moment gnący, Nmm,
 W_o — wskaźnik wytrzymałości przekroju, mm³.

b) Maksymalne naprężenie ścinające (τ_{\max}) w MPa obliczyć wg wzoru

$$\tau_{\max} = \frac{T \cdot e^2}{2} \quad (15)$$

w którym:

T — siła ścinająca, N.

c) Naprężenie zredukowane (σ_{zred}) w MPa obliczyć wg wzoru

$$\sigma_{zred} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (16)$$

$$\sigma_{zred} \leq \sigma_{dop}$$

w którym:

σ_{dop} — naprężenie dopuszczalne, MPa.

d) Maksymalny moment gnący ($M_{o\max}$) w Nm obliczyć wg wzorów (17) i (18)

$$M_{o\max} = \frac{F_u}{l} \cdot \left(v_1 + \frac{a_1}{2} \right) \cdot \left[u_1 + \frac{1}{2} \cdot \left(v_1 + \frac{a_1}{2} \right) \cdot \frac{a_1}{l} \right] \quad (17)$$

w którym:

a_1 — szerokość wkładki formy, mm,

u_1, v_1 — odległość między wkładką formy i osiami podstawy mostka, mm,

l — długość belki nośnej, mm.

Przy:

$$u_1 = v_1 = \frac{l - a_1}{2}$$

$$M_{o\max} = \frac{F_u}{8} \cdot (2l - a_1) \quad (18)$$

e) Szytywność budowy (y) w mm obliczyć wg wzorów (19) ÷ (23)

$$y = y_M + y_T \quad (19)$$

w którym:

y_M — przesunięcie wywołane momentem, mm,

y_T — przesunięcie wywołane siłami ścinającymi, mm.

$$y_M = \frac{F_u}{48 \cdot E \cdot I} \cdot \left[l^3 - \frac{a_1^3}{2} \cdot \left(l - \frac{a_1}{4} \right) \right] \quad (20)$$

w którym:

E — moduł sprężystości podłużnej, MPa,

I — moment bezwładności powierzchni, m⁴.

$$y_T = \frac{F_u}{4 \cdot G \cdot S} \cdot \left(l - \frac{a_1}{2} \right) \quad (21)$$

w którym:

G — moduł sprężystości poprzecznej, MPa, przy założeniu: $a_1 = l$

$$y = \frac{5}{384} \cdot \frac{F_u \cdot l^3}{E \cdot I} + \frac{\beta \cdot F_u \cdot l}{8 \cdot G \cdot S} \quad (22)$$

$$y_{\max} \leq y_{dop} < 0,1$$

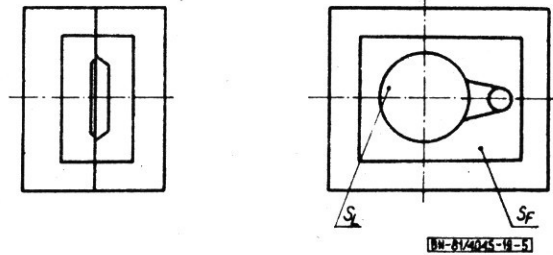
w którym:

β — współczynnik uwzględniający rozłożenie naprężeń ścinających.

$$\varphi = \frac{F_u}{48 \cdot E \cdot I} \cdot (3l^2 - a_1^2) + \frac{\beta \cdot F_u}{2G \cdot S} \quad (23)$$

w którym φ — kąt ugięcia belki.

f) Ciśnienie na powierzchni podziału formy (rys. 5) obliczyć wg wzorów (24) i (25)



Rys. 5

$$\sigma_{il_1} = \frac{F_u}{S_F} \quad (24)$$

$$\sigma_{il_1} < 50 \text{ MPa}$$

w którym:

σ_{il_1} — naprężenie na stycznych powierzchniach części głównych przy zwieraniu formy (bez odlewania), MPa,

S_F — powierzchnia styczna części głównych (wkładki) przy zwieraniu formy, mm².

$$\sigma_{il_2} = \frac{F_u - F}{S_F} \quad (25)$$

w którym σ_{il_2} — naprężenie na stycznych powierzchniach części głównych (przy odlewaniu), MPa.

$$\sigma_{il_2} = 0,4P_L < 25 \text{ MPa}$$

w którym P_L — ciśnienie ciekłego metalu przy prasowaniu, MPa.

K O N I E C

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Instytut Odlewnictwa, Kraków.

2. Normy międzynarodowe

PCSN temat 534/78 Formy tlakové lici. Směrnice pro výpočty

3. Zakres zgodności normy z dokumentami międzynarodowymi.

Norma jest całkowicie zgodna z normą PCSN temat 534/78.

4. Autorzy projektu normy — mgr inż. Maria Ptaszek, mgr inż.

Zygmunt Smoleń — Instytut Odlewnictwa, mgr inż. Zbigniew Strojny

— Zakład Doświadczalny Instytutu Odlewnictwa.

5. Przykłady obliczeń

a) Skontrolowanie wielkości siły zwierania formy bez bocznych rdzeni (rys. 1), mając dane:

$F_L = 160 \text{ kN}$ (maszyna CLOO 160-16),

$k_o = 1,1$,

$S = 145 \text{ cm}^2$,

średnica tłoka prasującego $D = 50 \text{ mm}$

$$S_L = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$F_u = \frac{F_L}{S_L} \cdot S \cdot k_o = \frac{F_L}{\pi \cdot D^2} \cdot S \cdot k_o =$$

$$= \frac{4 \cdot F_L \cdot S \cdot k_o}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 160 \cdot 145 \cdot 1,1}{3,14 \cdot 5^2} = 1300 \text{ kN}$$

$$F = \frac{F_L}{S_L} \cdot S = \frac{4 \cdot 160 \cdot 145}{3,14 \cdot 5^2} = 1182 \text{ kN}$$

Siła zwierania maszyny CLOO 160·16 wynosi 1600 kN

$$k_o = \frac{F_u}{F} = \frac{1600}{1182} = 1,35$$

b) Skontrolowanie siły zwierania formy bez bocznych rdzeni (rys. 2), mając dane:

$F_u = 2500 \text{ kN}$ (maszyna CLOO 250·36)

$F_L = 360 \text{ kN}$

średnica tłoka prasującego $D = 90 \text{ mm}$

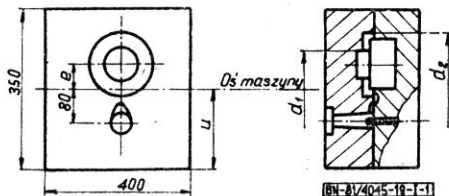
$d_1 = 100 \text{ mm}$

$d_2 = 200 \text{ mm}$

$e = 50 \text{ mm}$ (rys. I-1)

$u = 180 \text{ mm}$ (rys. I-1)

wymiary formy $400 \times 360 \text{ mm}$



Rys. I-1

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot (d_2^2 - d_1^2) = \frac{3,14}{4} \cdot (20^2 - 10^2) = 235 \text{ cm}^2$$

Zakładając na układ wlewowy i przelew 10 % S

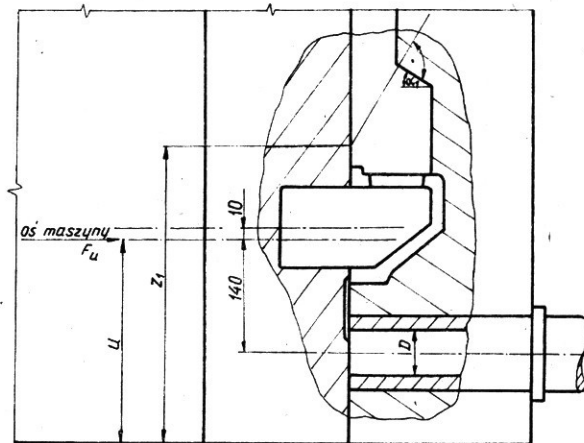
$$S = 235 + 25 = 260 \text{ cm}^2$$

$$F = \frac{F_L}{\pi \cdot D^2} \cdot S = \frac{4 \cdot F_L \cdot S}{\pi \cdot D^2} =$$

$$= \frac{4 \cdot 360 \cdot 260}{3,14 \cdot 9^2} = 1471 \text{ kN}$$

$$k_o = \frac{\frac{F_u}{F}}{1 + \frac{e}{u}} = \frac{\frac{2500}{1471}}{1 + \frac{5}{18}} = \frac{1,69}{1,28} = 1,3$$

c) Sprawdzenie wielkości siły zwierania formy z jednym rdzeniem bocznym (rys. 3 i rys. I-2), mając dane:



BN-81/4045-19-1-2

Rys. I-2

$F_L = 250 \text{ kN}$ (maszyna CLOO 250 · 25)

$F_u = 2500 \text{ kN}$

średnica tłoka prasującego $D = 70 \text{ mm}$

powierzchnia odlewu w płaszczyźnie podziału = 250 cm^2

powierzchnia układu wlewowego = 50 cm^2

$S = 300 \text{ cm}^2$

$S_1 = 40 \text{ cm}^2$

$Z_1 = 365 \text{ mm}$

$\alpha_1 = 20^\circ$

$u = 240 \text{ mm}$

$e = 10 \text{ mm}$

$$F = \frac{F_L}{\pi \cdot D^2} \cdot S = \frac{4 \cdot 250 \cdot 300}{3,14 \cdot 7^2} = 1949 \text{ kN}$$

$$F_u \cdot u = k_c \cdot F \cdot [(u + e) + \frac{S_1}{S} \cdot \text{tg} \alpha_1 \cdot Z_1]$$

$$k_c = \frac{F_u \cdot u}{F \cdot [(u + e) + \frac{S_1}{S} \cdot \text{tg} \alpha_1 \cdot Z_1]} =$$

$$= \frac{2500 \cdot 24}{1949 \cdot [(24 + 1) + \frac{40}{300} \cdot 0,3640 \cdot 36,5]} = 1,15$$

$$\eta = \frac{1}{k_c} = \frac{1}{1,15} = 0,87$$

Obliczenie współczynnika k_c przy użyciu nomogramu 1 i 2 (rys. I-3, I-4a i I-4b)

$$\frac{F_u}{F} = \frac{2500}{1949} = 1,28$$

$$\frac{S_1}{S} = \frac{40}{300} = 0,133$$

wg nomogramu 1 (rys. I-3) $k_o = 1,23$

wg nomogramu 2 (rys. I-4a i I-4b) $k_1 = 18$

$$\eta = \frac{1}{k_c} = \frac{1}{k_o} + \frac{1}{k_1} = 0,813 + 0,056 = 0,87$$

Rozwiązanie graficzne odpowiada obliczeniom.

Objaśnienie zastosowania nomogramu 1 (rys. I-3):

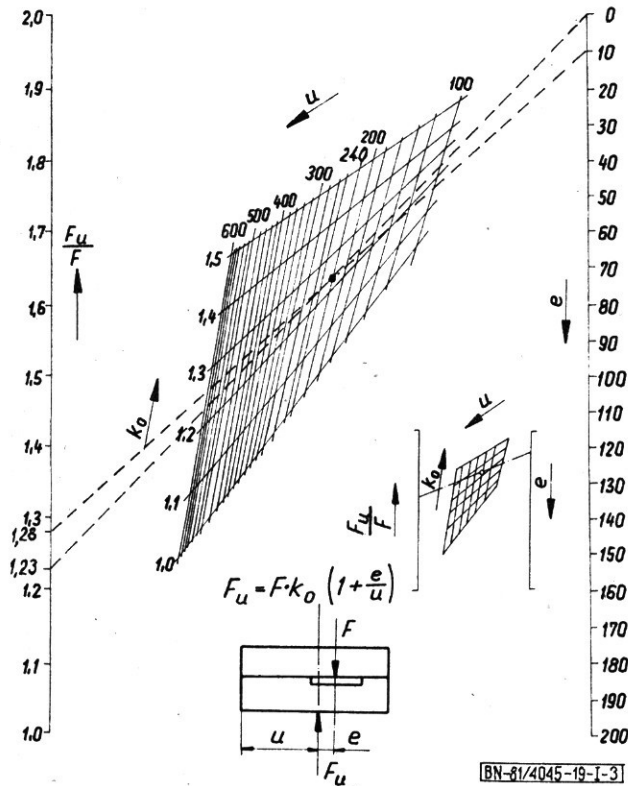
- przez obliczenie ustala się stosunek F_u/F ,
- linia łącząca wartość F_u/F na osi F_u/F (1,28) z wartością e na osi e (10) przecina prostą wartości u na osi u (240). Połączenie tego punktu przecięcia z wartością 0 na osi e przecina skraj siatki dla wartości u przy wartości $k_o = 1,23$ (wartość k_o można odczytać również na podziałce F_u/F).

Objaśnienie zastosowania nomogramu 2 (rys. I-4a i I-4b):

- nomogram 2 składa się z dwóch części: kalki (rys. I-4a) i podkładu (rys. I-4b),
- na kalki w prawej części należy znaleźć i oznaczyć punkt przecięcia prostych dla wartości S_i/S i Z_i/S_i ($S = 0,133$ i $Z_i = 345$),
- na podkładzie należy znaleźć i oznaczyć punkt przecięcia prostych dla wartości F_u/F i u/F_u ($F = 1,28$ i $u = 240$),
- przyłożyć kalkę tak, aby punkt przecięcia na kalki pokrył się

Nomogram 1

Wyznaczenie współczynnika k_o



Rys. I-3

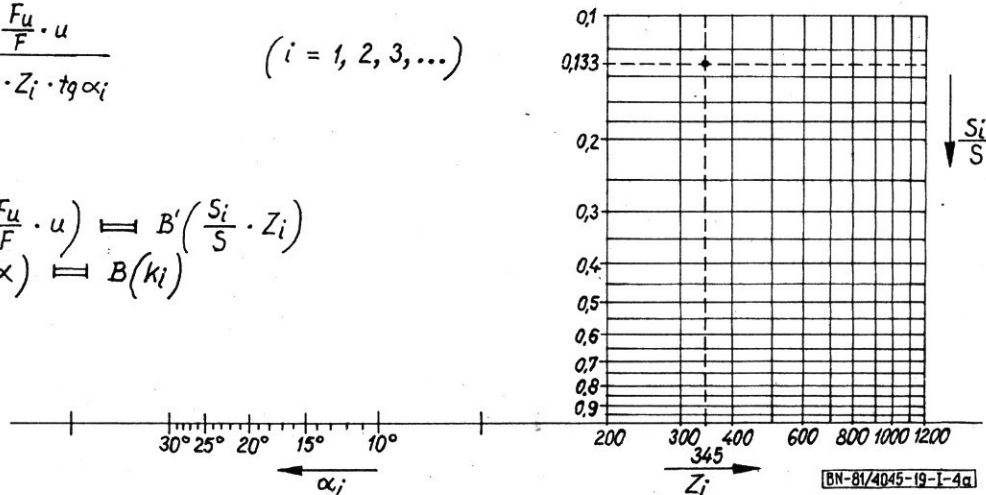
Nomogram 2 - kalka

Wyznaczenie współczynnika k_i dla form z bocznymi rdzeniami

$$k_i = \frac{\frac{F_u}{F} \cdot u}{\frac{S_i}{S} \cdot Z_i \cdot \tan \alpha_i} \quad (i = 1, 2, 3, \dots)$$

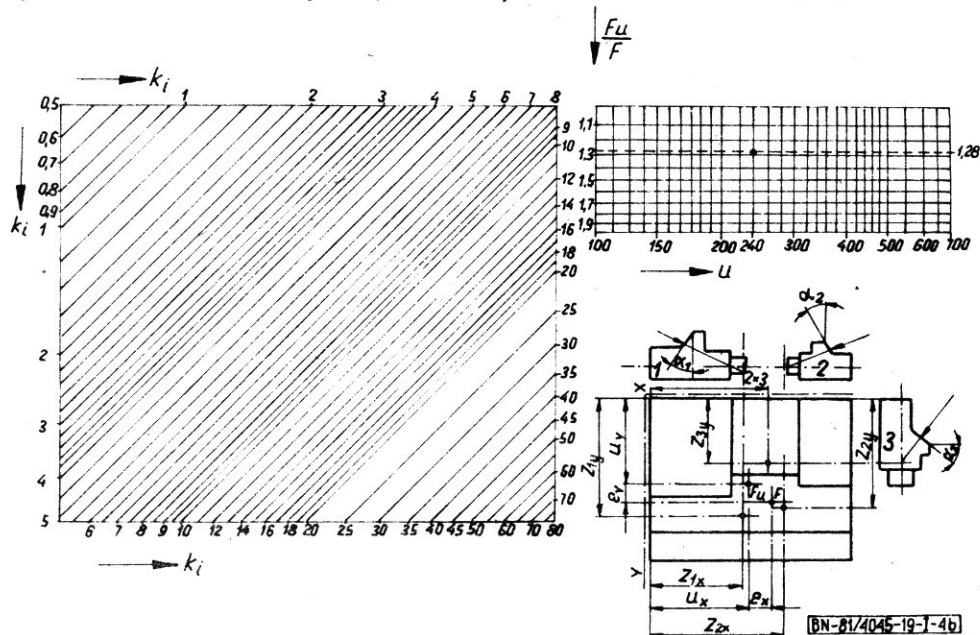
$$B\left(\frac{F_u}{F} \cdot u\right) \Leftrightarrow B'\left(\frac{S_i}{S} \cdot Z_i\right)$$

$$B'(\alpha) \Leftrightarrow B(k_i)$$



Rys. I-4a

Nomogram 2 - podkład

Wyznaczenie współczynnika k_i dla form z bocznymi rdzeniami

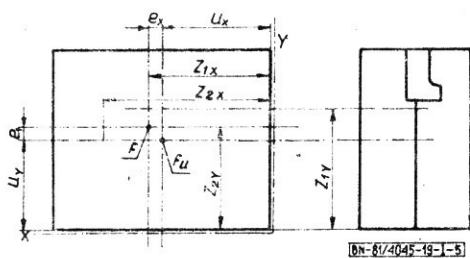
Rys. I-4b

z punktem przecięcia na podkładzie (proste na obu wykresach muszą być do siebie równoległe).

— dla kąta α_1 oznaczonego w lewej części kalki (np. 20°) odczytuje się przez kalkę na podkładzie w lewej części wartość k_i (dla $\alpha_1 = 20^\circ$, $k_i = 18$) — w tym przypadku $\alpha_2 = \alpha_1$.

— mając ustalone wartości k_0 i k_i oblicza się η .

d) Sprawdzenie formy z dwoma bocznymi rdzeniami (rys. I-5), mając dane:



Rys. I-5

$$F_i = 360 \text{ kN (maszyna CLOO 400} \cdot 36)$$

$$F_u = 4000 \text{ kN}$$

$$D = 70 \text{ mm}$$

$$S = 250 \text{ cm}^2$$

$$S_1 = 40 \text{ cm}^2$$

$$S_2 = 25 \text{ cm}^2$$

$$Z_{1x} = 280 \text{ mm}$$

$$Z_{1y} = 365 \text{ mm}$$

$$Z_{2x} = 420 \text{ mm}$$

$$Z_{2y} = 250 \text{ mm}$$

$$u_x = 265 \text{ mm}$$

$$u_y = 240 \text{ mm}$$

$$e_x = 15 \text{ mm}$$

$$e_y = 10 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 20^\circ$$

$$F = \frac{F_L}{S_L} \cdot S = \frac{F_L}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} \cdot S =$$

$$= \frac{4 \cdot 360 \cdot 250}{3,14 \cdot 7^2} = 2340 \text{ kN}$$

$$F_u \cdot u_x = k_{cx} \cdot F \cdot [(u_x + e_x + \frac{S_1}{S} \cdot \text{tg} \alpha_1 \cdot Z_{1x} + \frac{S_2}{S} \cdot \text{tg} \alpha_2 \cdot Z_{2x})]$$

$$k_{cx} = \frac{F_u \cdot u_x}{F \cdot [(u_x + e_x + \frac{S_1}{S} \cdot \text{tg} \alpha_1 \cdot Z_{1x} + \frac{S_2}{S} \cdot \text{tg} \alpha_2 \cdot Z_{2x})]} =$$

$$= \frac{4000 \cdot 26,5}{2340 \cdot [(26,5 + 1,5 + \frac{40}{250} \cdot 0,3640 \cdot 28 + \frac{25}{250} \cdot 0,3640 \cdot 42)]} = 1,45$$

$$\eta = \frac{1}{k_{cx}} = 0,69$$

$$F_u \cdot u_y = k_{cy} \cdot F \cdot [(u_y + e_y + \frac{S_1}{S} \cdot \text{tg} \alpha_1 \cdot Z_{1y} + \frac{S_2}{S} \cdot \text{tg} \alpha_2 \cdot Z_{2y})]$$

$$k_{cy} = \frac{F_u \cdot u_y}{F \cdot [(u_y + e_y + \frac{S_1}{S} \cdot \text{tg} \alpha_1 \cdot Z_{1y} + \frac{S_2}{S} \cdot \text{tg} \alpha_2 \cdot Z_{2y})]} =$$

$$= \frac{4000 \cdot 24}{2340 \cdot [(24 + 1 + \frac{40}{250} \cdot 0,3640 \cdot 36,5 + \frac{25}{250} \cdot 0,3640 \cdot 25)]} = 1,46$$

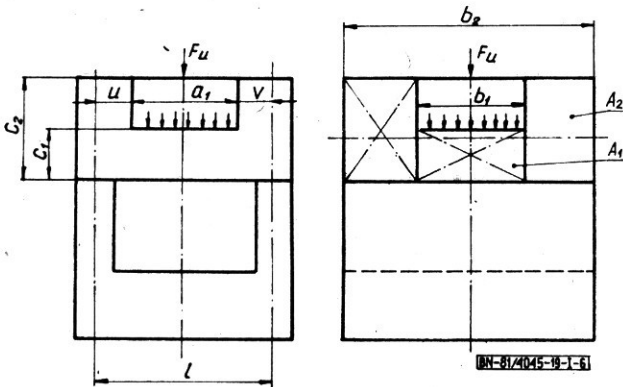
$$\eta = \frac{1}{k_{cy}} = 0,685$$

Sprawdzenie obliczeń z nomogramem 1 i 2:

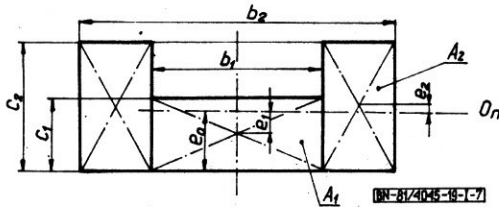
$$\frac{F_u}{F} = \frac{4000}{2340} = 1,7$$

$$\frac{1}{k_c} = \frac{1}{k_o} + \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} = \frac{1}{1,61} + \frac{1}{26} + \frac{1}{30} = 0,69$$

e) Obliczenie momentu bezwładności powierzchni rzutowanej na neutralną oś O_n (rys. I-6 i I-7), mając dane:



Rys. I-6



Rys. I-7

- $F_u = 2500 \text{ kN}$
- $l = 420 \text{ mm}$
- $a_1 = 380 \text{ mm}$
- $b_1 = 340 \text{ mm}$
- $b_2 = 560 \text{ mm}$
- $c_1 = 70 \text{ mm}$
- $c_2 = 160 \text{ mm}$

$$(b_2 - b_1) \cdot c_2 \cdot \frac{c_2}{2} + b_1 \cdot c_1 \cdot \frac{c_1}{2} = [(b_2 - b_1) \cdot c_2 + b_1 \cdot c_1] \cdot e_o$$

$$e_o = \frac{(b_2 - b_1) \cdot c_2^2 + b_1 \cdot c_1^2}{2 \cdot [(b_2 - b_1) \cdot c_2 + b_1 \cdot c_1]} = \frac{220 \cdot 160^2 + 340 \cdot 70^2}{2 \cdot [220 \cdot 160 + 340 \cdot 70]} = 62 \text{ mm}$$

$$e_1 = e_o - \frac{c_1}{2} = 62 - 35 = 27 \text{ mm}$$

$$e_2 = \frac{c_2}{2} - e_o = 80 - 62 = 18 \text{ mm}$$

$$I_1 = \frac{1}{12} \cdot b_1 \cdot c_1^3 = \frac{1}{12} \cdot 34 \cdot 7^3 = 972 \text{ cm}^4$$

$$I_2 = \frac{1}{12} \cdot (b_2 - b_1) \cdot c_2^3 = \frac{1}{12} \cdot (56 - 34) \cdot 16^3 = 7509 \text{ cm}^4$$

$$A_1 = b_1 \cdot c_1 = 34 \cdot 7 = 238 \text{ cm}^2$$

$$2A_2 = (b_2 - b_1) \cdot c_2 = (53 - 34) \cdot 16 = 352 \text{ cm}^2$$

$$I = I_1 + A_1 \cdot e_1^2 + I_2 + 2A_2 \cdot e_2^2 = 972 + 238 \cdot 2,7^2 + 7509 + 352 \cdot 1,8^2 = 11356 \text{ cm}^4$$

f) Obliczenie wskaźnika wytrzymałości przekroju:

$$W_o = \frac{I}{c_2 - e} = \frac{11356}{16 - 6,2} = 1159 \text{ cm}^3$$

g) Obliczenie reakcji podpór wg rys. I-8

$$R_u = \frac{F_u}{l} \cdot (v_1 + \frac{a_1}{2})$$

$$R_v = \frac{F_u}{l} \cdot (u_1 + \frac{a_1}{2})$$

$$T = R_u \text{ jeżeli } 0 \leq x \leq u_1$$

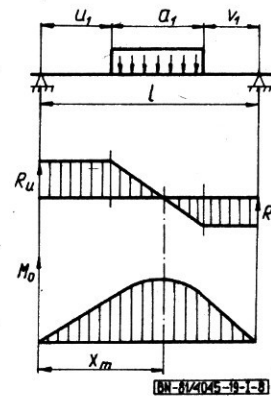
$$T = R_u - q \cdot (x - u) \text{ jeżeli } u_1 \leq x \leq u_1 + a_1$$

$$T = R_v \text{ jeżeli } u_1 + a_1 \leq x \leq l$$

$$M = R_u \cdot x \text{ jeżeli } 0 \leq x \leq u_1$$

$$M = R_u \cdot x - \frac{1}{2} q \cdot (x - u)^2 \text{ jeżeli } u_1 \leq x \leq u_1 + a_1$$

$$M = R_u \cdot x - q \cdot u_1 \cdot (x - u_1 - \frac{a_1}{2})^2 \text{ jeżeli } u_1 + a_1 \leq x \leq l$$



Rys. I-8

$$M_{o \max} = \frac{F_u}{8} \cdot (2 \cdot l - a_1) =$$

$$= \frac{2500}{8} \cdot (2 \cdot 420 - 380) = 143,75 \text{ MNmm}$$

h) Obliczenie największego naprężenia w budowie

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{o \max}}{W_o} = \frac{1437500}{11590} = 124 \text{ MPa}$$

i) Obliczenie sztywności obudowy

$$y_M = \frac{F_u}{48 \cdot E \cdot \tau} \cdot \left[l^3 - \frac{a_1^2}{2} \cdot \left(l - \frac{a_1}{4} \right) \right] =$$

$$= \frac{2500 \cdot 10^{-4}}{480 \cdot 2100 \cdot 11356} \cdot 420^3 - 190^2 \cdot (420 - 95) =$$

$$= 0,136 \text{ mm}$$

Z obliczeń wynika, że obudowa powinna być podparta.

$$S = (b_2 - b_1) \cdot c_2 + b_1 \cdot c_1 = (560 - 340) \cdot 160 + 340 \cdot 70 =$$

$$= 59000 \text{ mm}^2$$

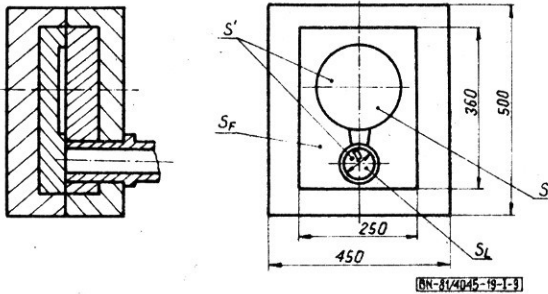
$$y_T = \frac{\beta \cdot F_u}{4 \cdot G \cdot S} \cdot \left(l - \frac{a_1}{2} \right) =$$

$$= \frac{1,2 \cdot 25}{4 \cdot 88 \cdot 59000} \cdot (420 - 190) = 0,033 \text{ mm}$$

$$y = y_M + y_T = 0,136 + 0,033 = 0,17 \text{ mm}$$

Z obliczeń wynika, że obudowa powinna być podparta w środkowej części.

j) Obliczenie σ_{H1} i σ_{H2} (rys. 1-9), mając dane:



Rys. 1-9

$$F_L = 250 \text{ kN (maszyna CLOO 250 \cdot 25)}$$

$$F_u = 2500 \text{ kN}$$

$$a_1 = 250 \text{ mm}$$

$$a_2 = 450 \text{ mm}$$

$$b_1 = 360 \text{ mm}$$

$$b_2 = 500 \text{ mm}$$

$$d_1 = 150 \text{ mm}$$

$$D = 60 \text{ mm}$$

$$S' = S + S_L = \frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 + D^2) =$$

$$= \frac{3,14}{4} \cdot (15^2 + 6^2) = 205 \text{ cm}^2$$

$$S_F = (a_1 \cdot b_1) - S' = (25 \cdot 36) - 205 = 695 \text{ cm}^2$$

$$P_L = \frac{F_L}{S_L} = \frac{0,25}{0,0283} = 88,4 \text{ MPa}$$

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 + D^2) \cdot P_L =$$

$$= \frac{3,14}{4} \cdot 261 \cdot 10^{-4} \cdot 88,4 = 1,811 \text{ MN}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{F_u}{S_F} = \frac{2,5}{0,0695} = 36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{F_u - F}{S_F} = \frac{2,5 - 1,81}{0,0695} = \frac{0,69}{0,0695} = 10 \text{ MPa}$$