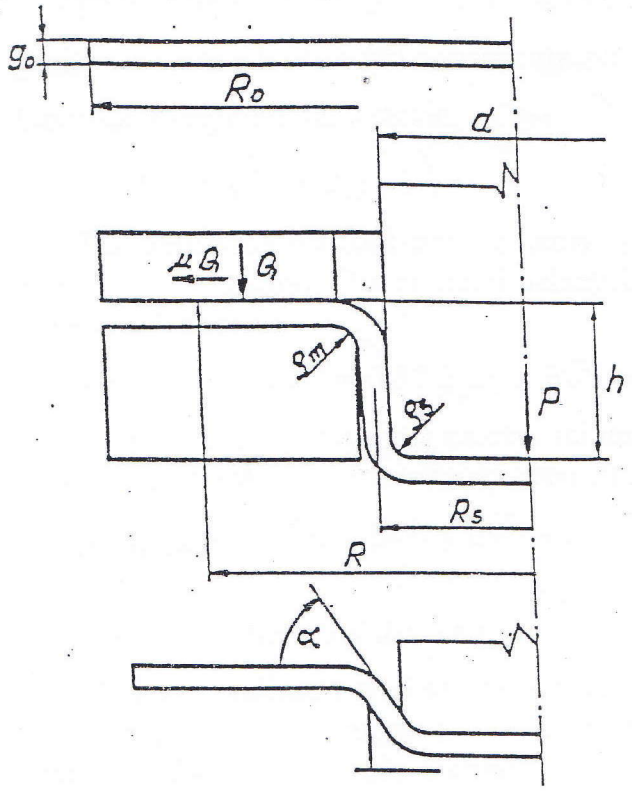
OBLICZENIA WYBRANYCH PARAMETRÓW PROCESU TŁOCZENIA

1. Obliczenia geometrii wsadu.

Przy założeniu, że podczas kształtowania blachy nie dochodzi do zmian jej grubości oraz przy wykorzystaniu zasady stałej objętości należy obliczyć wartość średnicy początkowej krążka D_o.



Rys.1. Schemat procesu wytłaczania

2. Obliczenia granicznej wartości współczynnika odkształcenia.

Podstawowym wskaźnikiem wielkości odkształcenia w procesach tłoczenia jest współczynnik odkształcenia:

$$\beta_c = D_o/d \qquad (1)$$

gdzie: D_o - średnica krążka wyjściowego,
d - średnica wytłoczki (rys.1).

Szereg czynników materiałowych i technologicznych powoduje, że wartość współczynnika β nie może być przyjmowana dowolnie. Graniczną wartość współczynnika odkształcenia β_{gr} można obliczyć według następujących zależności:

$$\beta_{gr} = \beta_{Materiał} * \beta_{Geometria\ Wsadu} * \beta_{Geometria\ Narzędzi} * \beta_{Tarcie} \qquad (2)$$

Czynnik uwzględniający właściwości materiału:

$$\beta_m = (1{,}56 + 0{,}12 * r)\,(1 + 0{,}08 * n)\,(1{,}05 - 0{,}09\ R_e/R_m) \qquad (3)$$

gdzie: r - współczynnik anizotropii normalnej,
n - wykładnik krzywej umocnienia,
R_e/R_m - stosunek granicy plastyczności do granicy wytrzymałości.

Czynnik uwzględniający geometrię wsadu:

a) dla wytłoczki bez kołnierza:

$$\beta gw = 1{,}5 * (d/g_o)^{-0{,}1} \quad (4)$$

b) dla wytłoczki z kołnierzem:

$$\beta gw = 0{,}65 + 18 * (g_o/D_o) + 0{,}15 * (D_{koł}/(d+2 * g_o))^{1/2} \quad (5)$$

Czynnik uwzględniający geometrię narzędzi:

$$\beta gn = (1{,}08 - 0{,}57/\rho_{rn}) * (1{,}02 - 0{,}19/\rho_s) \quad (6)$$

gdzie: we wzorach (4) ÷ (6) oznaczenia symboli wg rys.1.

Czynnik uwzględniający tarcie:

$$\beta_t = 2 * \exp(0{,}1 - \mu_1) - 1 \quad (7)$$

Tak obliczoną wartość przyjmujemy jako dopuszczalną dla pierwszej operacji tłoczenia (wytłaczania). Dla operacji dalszych (operacji przetłaczania) obowiązują następujące zależności:

$$\beta(1) = \beta_{gr}; \quad \beta(2) = 0{,}67\ \beta_{gr}; \quad \beta(3) = 0{,}64\ \beta_{gr}; \quad \beta(4) = 0{,}62\ \beta_{gr} \quad (8)$$

Na podstawie powyższej zależności można obliczyć ilość operacji niezbędnych do wykonania wytłoczki o założonej geometrii:

$$\beta_{całkowite} \leq \beta(1) * \beta(2) * \beta(3) * \ldots\ldots \quad (9)$$

3. Obliczenia wielkości docisku.

Podczas realizacji większości procesów wytłaczania konieczne jest stosowanie dociskacza, ażeby zapobiegać fałdowaniu się kołnierza. Wartość nacisku jednostkowego można obliczyć wg wzoru Siebla:

$$q = 0{,}00225 * \{(\beta_{gr} - 1)^2 + 0{,}01 * \beta/2 * d/g_o\} * C * (n/e)^n \quad (10)$$

gdzie: C, n - parametry krzywej umocnienia.

Całkowita siła docisku obliczana jest z zależności:

$$Q = \pi/4 * \{(D_o)^2 - (d + 2 * \rho_m)^2\} * q \quad (11)$$

4. Obliczenia siły wytłaczania.

Wartość całkowitej siły potrzebnej do ukształtowania wytłoczki jest sumą siły niezbędnej do uplastycznienia materiału P_{id}, siły gięcia na promieniu matrycy P_{gn}, sił tarcia na powierzchniach kontaktu kołnierza z matrycą i dociskaczem P_{tk} oraz tarcia na promieniu matrycy P_{tm}. W obliczeniach przyjmuje się trzy różne wartości współczynnika tarcia: μ_1 - tarcie na powierzchni kołnierza, μ_2 - na promieniu matrycy, μ_s - na powierzchni stempla.

$$P = (P_{id} + P_{gn} + P_{tk} + P_{tm}) * \sin\alpha \quad (12)$$

gdzie: α - kąt jaki tworzy ścianka wytłoczki z kierunkiem działania siły.

W początkowej fazie procesu przyjmuje się:

$$\sin\alpha = h/(\rho_m + \rho_s + g) \tag{13}$$

Dla $h > \rho_m + \rho_s + g \Rightarrow \sin\alpha = 1$.

Wartość poszczególnych sił cząstkowych oblicza się wg zależności:

$$P_{id} = 2\pi * C * R_s * g * \{\ln(R_o/R)\}^n * \ln(R/R_s) \tag{14}$$

$$P_{gn} = \pi * C * g^2 * (R_s/\rho_m) * \{(g/2)/\rho_m) + \ln(R_o/R)\}^n \tag{15}$$

gdzie: $g = g_o * \exp\{0,5*\ln(R_o/R)\}$ (16)

$$P_{tk} = Q * \mu_1 \tag{17}$$

$$P_{tm} = \{\exp(\pi/2 * \mu_2 - 1)\} * (P_{id} + P_{TK}) \tag{18}$$

Podczas obliczeń należy określić przebieg siły wytłaczania w funkcji drogi stempla (oraz wartość siły maksymalnej P_{max}) przy zastosowaniu uproszczonej zależność wysokości wytłoczki h od "bieżącego" promienia R:

$$h = \{(R_o)^2 - R^2\}/(2 * R_s) \tag{19}$$

5. Obliczania wartości siły zrywającej.

Wartość siły zrywającej określa zależność:

$$P_{zr} = 2\pi * R_s * g_o * \{1 - g_o/(2 * \rho_s) + \mu_s * h/(2 * R_s)\} * R_m \tag{20}$$

gdzie: R_m - wytrzymałość na rozciąganie.

Ażeby nie nastąpiło zerwanie wytłoczki musi być spełniona zależność:

$$P_{max} < P_{zr} \tag{21}$$

6. Zadania do wykonania

- Obliczyć średnicę krążka wyjściowego z uwzględnieniem naddatków.
- Dobrać warunki smarowania oraz niezbędne wyżarzanie międzyoperacyjne tak, by uzyskać optymalną ilość operacji tłoczenia.
- Określić geometrię oraz wykonać rysunki wytłoczek pośrednich.
- Wyznaczyć przebieg siły w funkcji stempla dla I-szej operacji (wytłaczania) oraz sprawdzić warunek wytrzymałościowy.
- Obliczyć siłę potrzebną do wykrojenia krążka wyjściowego z arkusza blachy.
- Zaproponować typ prasy do realizacji procesu wykrawania oraz wytłaczania.

Zestaw danych do projektu z wytłaczania

A. Wartości współczynnika tarcia:

$\mu_1 = 0.08$ - smar - Mo_2S + olej,

$\mu_1 = 0.10$ - smar - olej maszynowy,

$\mu_1 = 0.05$ - smar - folia PE,

$\mu_1 = 0.20$ - bez smarowania,

$\mu_2 = 2 * \mu_1$,

$\mu_s = 0.10$.

B. Parametry materiałowe:

Materiał	Granica plastycz. R_e MPa	Granica wytrzym. R_m MPa	Wykładnik krzywej umocnienia n	Współczynnik umocnienia C MPa	Współczynnik anizotropii normalnej r
Blachy stalowe różnych kategorii tłoczności					
Stal USB	170	270	0,24	465	1,9
Stal SSB	170	270	0,23	470	1,7
Stal SB	180	270	0,22	460	1,6
Stal B	190	265	0,22	470	1,4
Stal G	190	260	0,20	490	1,3
Stal T	200	285	0,18	520	1,1
Blachy z metali nieżelaznych					
Aluminium	45	80	0,22	160	1,1
Mosiądz	110	310	0,48	710	0,8
Miedź	80	230	0,30	390	0,9
Tytan	360	450	0,14	660	2,6