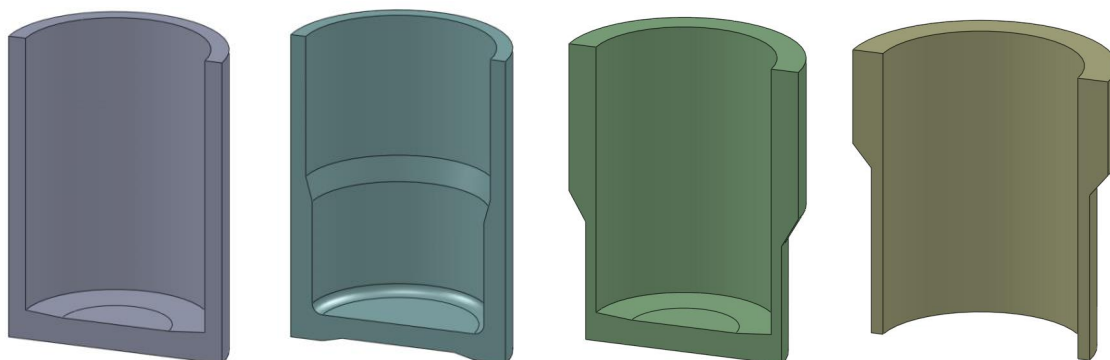


Projektowanie

## **TECHNOLOGIA KSZTAŁTOWANIA WYPRASEK NACZYNIOWYCH METODAMI OBRÓBKI PLASTYCZNEJ OBJĘTOŚCIOWEJ**

Materiały pomocnicze do projektowania



Wojciech Presz

**Uwaga! Dokument w fazie powstawania.  
Wersja 2014 r1**

**Do realizacji projektu konieczny jest dostęp do programu SolidWorks wersja edukacyjna.**

## Nowoczesne projektowanie

Rysunek techniczny powstał jako forma zapisu otaczającego nas świata przestrzennego za pomocą rysunków płaskich. Umieszczane na papierze były następnie podstawą procesu wytwarzania na kolejnych stanowiskach roboczych. Konstruktor w przypadku złożonych urządzeń zmuszony był rozrysowywać wiele przekrojów, tak by zauważyć przestrzenne kolizje elementów. Umieszczane na rysunkach wykonawczych wymiary musiały być sprawdzane przez kolejne osoby, które starały się zauważyć często zdarzające się pomyłki. Na rysunkach zaznaczano także, inne prócz kształtu cechy przedmiotów: materiał, obróbkę cieplną, chropowatość poszczególnych powierzchni, tolerancje wymiarów i kształtów itp. Cechy te wiązane były z określonymi miejscami poszczególnych rysunków i przez niedopatrzienia mogły nie być przenoszone na kolejne arkusze.

Obecnie, stosowane jest powszechnie projektowanie parametryczne 3D, którego podstawą jest tworzenie konstrukcji przestrzennych w przestrzeni matematycznej. Tak zapisane konstrukcje umożliwiają automatyczne lub choćby wizualne wykrywanie kolizji przestrzennych, a więc praktycznie eliminują pomyłki rysunkowe i nie wymagają sprawdzania pod tym kątem. Automatyczne wymiarowanie eliminuje błędy wymiarowania poszczególnych rysunków wykonawczych, a cechy są przyporządkowywane poszczególnym powierzchniom lub bryłom, co powoduje ich automatyczne przenoszenie do tworów zależnych. Parametryzacja wymiarów i budowanie zależności pomiędzy nimi powoduje łatwość wprowadzania zmian konstrukcyjnych, a pakiety obliczeniowe podają wymagane parametry konstrukcji lub jej części: objętość, powierzchnię, ciężar itp. Przestrzenny zapis elementów konstrukcji: (poszczególnych części) pozwala także na bezpośrednie generowanie kodów do maszyn lub centrów obróbkowych sterowanych numerycznie, co obecnie w niektórych wypadkach wręcz eliminuje konieczność powstawania tradycyjnych rysunków technicznych. Matematyczny zapis przestrzenny elementów pozwala także na bezpośrednie przenoszenie ich do programów obliczeniowych np. MES (metoda elementów skończonych) w celu obliczeń wytrzymałościowych.

## Sposób realizacji projektu

Projekt ma być realizowany w oparciu o edukacyjną wersję programu SolidWorks (2013/2014), w którym definiowane bryły posiadają łatwo zmienne parametry, co umożliwia proste wprowadzanie poprawek w trakcie procesu projektowania. Wybór akurat tego programu związany jest z jego powszechnością występowania i faktem, że posiada wymagane cechy. Nie oznacza natomiast jego wartościowania. Jest jednym z programów dobrze nadających się do nowoczesnego projektowania.

Wszystkie elementy oraz całość konstrukcji muszą być modelowane w przestrzeni i na tej podstawie sporządzane odpowiednie rysunki techniczne części. W trakcie projektowania Planu technologicznego (sekwencji kształtów procesu technologicznego) niezbędne jest obliczanie objętości kształtowanego materiału. Objętość ta obliczana (odczytywana) ma być za pomocą stosowanego programu.

**Niedopuszczalne jest tworzenie rysunków, które nie są odwzorowaniem modeli przestrzennych.**

## 1. Proces technologiczny

### Wprowadzenie

W obrębie tego zadania przewidziane jest zaprojektowanie procesu technologicznego prowadzącego do powstania jednego z wyrobów reprezentatywnych pokazanych na rys. 1. Wyroby te zaliczane są do grupy wyrobów kształtowanych objętościowo.

Pierwszą czynnością przed przystąpieniem do projektowania procesu technologicznego, jest zamodelowanie kształtu wyrobu według wymiarów podanych na stronie tytułowej, a następnie sporządzenie jego rysunku (odpowiedni zwymiarowany przekrój na płaszczyźnie rysunku z tabelką).

Procesy obróbki objętościowej rzadko prowadzą do uzyskania gotowego wyrobu. Najczęściej otrzymuje się wypraskę, która wymaga odpowiednich operacji dodatkowych takich jak obróbka (wyrównywanie) powierzchni swobodnych lub korygowanie wymiarów. Oznacza to, że końcowy kształt uzyskany w procesie technologicznym obróbki plastycznej różni się od kształtu wyrobu o odpowiednie naddatki technologiczne.

W następnym kroku projektowania należy więc kształt wyrobu odpowiednio zmodyfikować o naddatki i uzyskać kształt wypraski, która ma być końcowym efektem operacji plastycznego kształtowania.

Teraz na podstawie kształtu wypraski należy zaprojektować proces technologiczny składający się z następujących po sobie *operacji technologicznych*.

Operacja technologiczna związana jest z jednym stanowiskiem roboczym np. z prasą. Operacja może być prosta tzn. składać się z jednego zabiegu technologicznego lub złożona – składać się z kilku zabiegów technologicznych.

Zabieg technologiczny związany jest, z kolei, z kształtowaniem realizowanym pojedynczym narzędziem (lub ich parą np. stempel-matryca) w trakcie jednego ruchu roboczego maszyny.

Każda operacja technologiczna wymaga:

- zaprojektowania kształtu wejściowego do operacji oraz kształtu wyjściowego z niej,
- zaprojektowania narzędzi (np. stempel, matryca),
- zaprojektowania przyrządu umożliwiającego właściwą pracę narzędzi,
- doboru odpowiedniej maszyny (prasy).

### Plan postępowania

1. Rysunek techniczny wyrobu
2. Rysunek techniczny planu operacyjnego z umieszczonym na końcu wyrobem (na rysunku tym w miarę kolejnych faz procesu projektowania dodawane są kolejne kształty).
3. Analiza możliwości wykonania.
4. Obliczenie objętości materiału.
5. Ustalenie wymiarów wstępniaka i wrysowanie wstępniaka na początku planu operacyjnego.
6. Opracowanie procesu technologicznego (plan operacyjny)
7. Obliczenie sił i prac kształtowania w poszczególnych operacjach.
8. Rysunki narzędzi kształtujących.

9. Projekt przyrządu do wybranej operacji.
10. Dobór prasy do wybranej operacji.

Tablica 1. Klasy dokładności  
według ISO

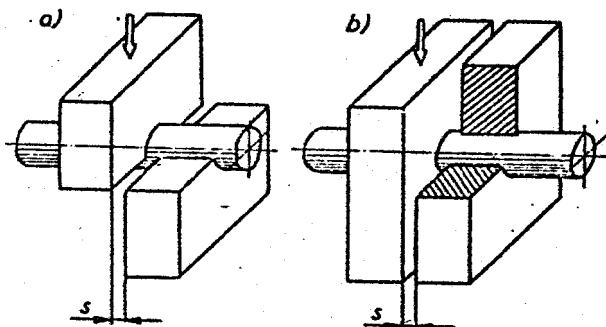
Metoda kształtowania												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Kucie matrycowe</b>												
<b>Wyciskanie na gorąco</b>						x	x	x	x	x	x	x
<b>Wyciskanie na zimno</b>			x	x	x	x	x	x				
<b>Wyciąganie</b>		x	x	x	x	x						
<b>Dogniatanie</b>			x	x	x	x	x	x				
<b>Matrycowanie</b>		x	x	x	x							
<b>Młotkowanie</b>		x	x	x	x	x	x					
<b>Toczenie</b>				x	x	x	x	x	x	x		
<b>Szlifowanie</b>	x	x	x	x								

Tablica 2. Najmniejsza opłacalna produkcja technologią obróbki plastycznej

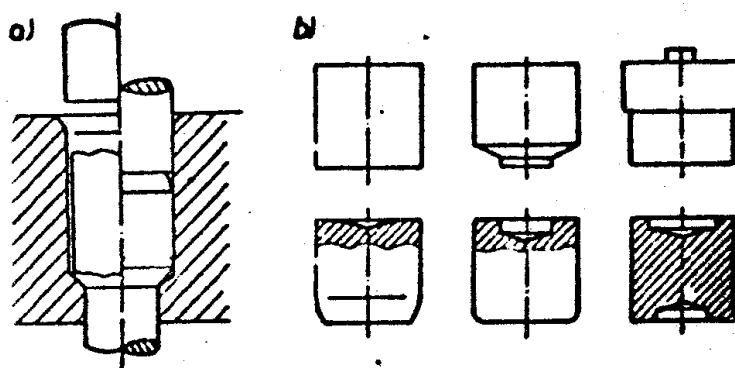
Masa wyrobu [kg]	Najmniejsza seria [szt.]	Rocznie [szt]
<b>do 0.5</b>	<b>10000</b>	<b>30000</b>
<b>0.5 - 1</b>	<b>5000</b>	<b>15000</b>
<b>1.0 - 3.0</b>	<b>3000</b>	<b>9000</b>
<b>ponad 3.0</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>

## Przygotowanie wstępniaka

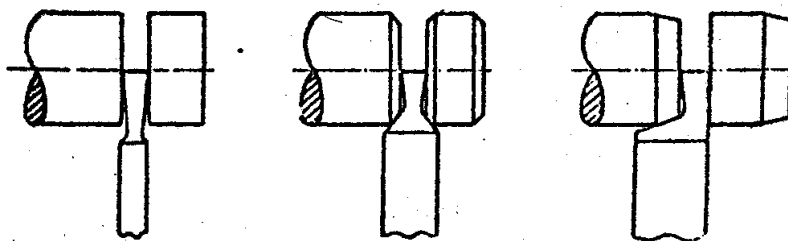
### Cięcie plastyczne



### Wstępne spęczanie



### Toczenie



Rys..1. Przykłady metod przygotowania wstępniaka

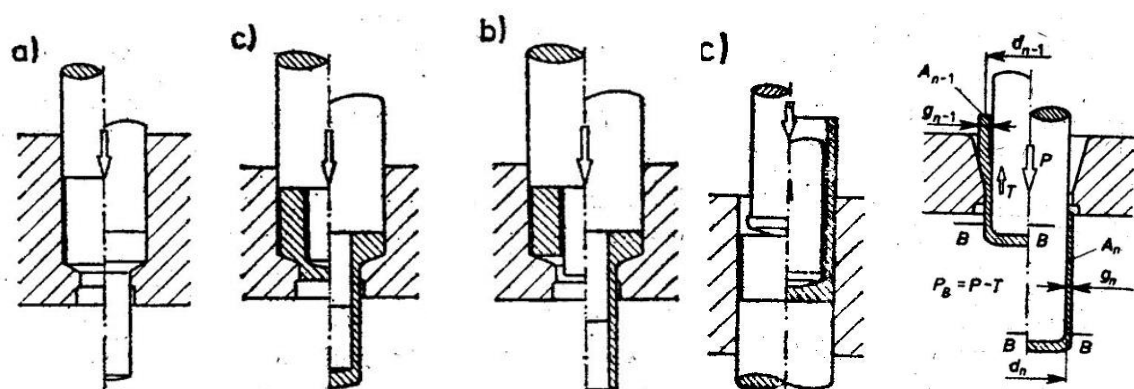
## Smarowanie

*Dotyczy wstępniaka oraz w razie potrzeby, (trudne warunki) kształtów pośrednich.*

Tablica 2. Smarowanie w procesach obróbki plastycznej objętościowej

Materiał obrabiany	Warstwa podsmarna	Smar
<p>Stale węglowe</p> <p>Stopy aluminium</p> <p>Stopy cynku</p>	<p>Powłoki fosforanowe: fosforany cynku (najczęściej), manganu lub żelaza</p>	<p>Mydła sodowe</p> <p>Dwusiarczek molibdenu</p> <p>Grafit</p>
<p>Stale nierdzewne</p> <p>Stopy niklu</p>	<p>Powłoki szczawianowe:</p>	<p>Mydła sodowe</p> <p>Dwusiarczek molibdenu</p> <p>Grafit</p>
<p>Stopy aluminium</p> <p>Stopy miedzi</p>		<p>Stearynian cynku</p> <p>Stearynian sodu</p> <p>Lanolina</p> <p>Oleje łoże</p>

**Zalecane parametry dotyczące realizacji procesów kształtowania na zimno przedmiotów osiowo-symetrycznych**



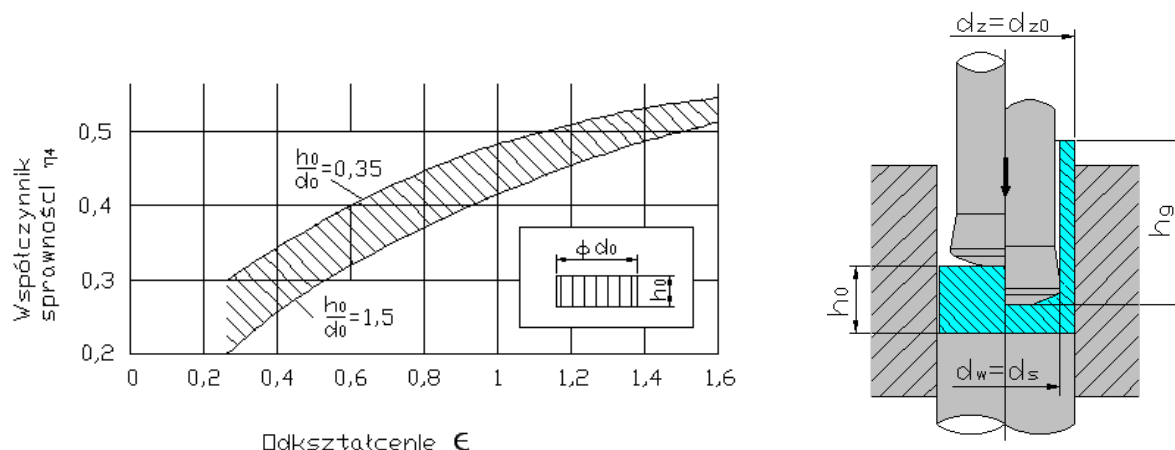
Rys. 2. Procesy kształtowania przedmiotów osiowo-symetrycznych- od lewej: a – wyciskanie współbieżne pręta, b- wyciskanie współbieżne naczyń, c – wyiskanie współbieżne tulei, d- wyciskanie przeciwbieżne naczyń, e- wyciąganie naczyń.



# Warunki ograniczające i sprawności procesów

## Wyciskanie przeciwbieżne

### Warunek 1: maksymalne odkształcenie



Rys. 3. Wpływ odkształcenia  $\varepsilon$  i względnej wysokości wstępniaka  $h_0/d_0$  na wartość współczynnika sprawności  $\eta_4$  procesu przeciwbieżnego wyciskania stalowych naczyń.

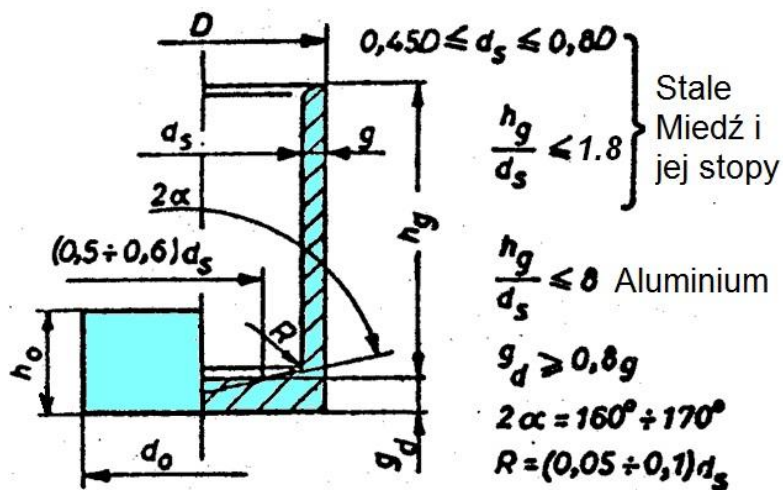
$$\varepsilon = \ln \frac{A_0}{A_0 - A_s} = \ln \frac{d_0^2}{d_0^2 - d_s^2} \quad (1)$$

Tablica.3. Orientacyjne wartości odkształcenia dla różnych materiałów możliwe do uzyskania w jednej operacji przeciwbieżnego wyciskania naczyń

Materiał	$\varepsilon_A$ %		Materiał	$\varepsilon_A$ %	
	max	min		max	min
Aluminium: AR1, AR2, A00, A0, A1, A2	98	10	Stale o szczególnie małej zawartości węgla: E04, E04A, E04J, E04JA	70	15
Stopy aluminium: PA1, PA2, PA11, PA38, PA4, PA 43	95	10	Stale niskowęglowe wyższej jakości: 08, 08YA, 10, 10YA, 15	65	20
Stopy aluminium: PA6, PA7, PA21, PA23, PA25, PA9	70	10	Stale węglowe wyższej jakości: 20, 25, 35, 35YA	65	20
Miedź: M1R, M1E, M2R, M2G, M3G, MOOB, MOB, MHDT	75	30	Stale stopowe: 15H, 20H, 16HG, 15HGM, 15 HN	60	20
Mosiądz: M90, M80, M70, M63, MN65	65	20			

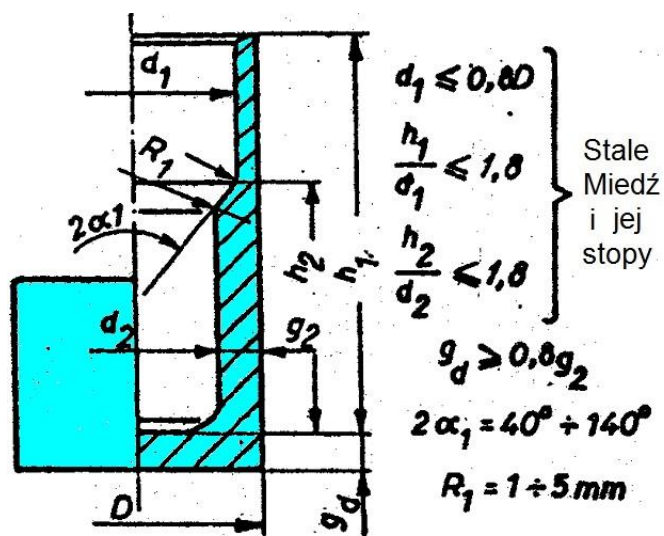
$$\varepsilon_A = \frac{\Delta A}{A_0} \cdot 100\% = \frac{A_0 - A_n}{A_0} \cdot 100\% = \frac{A_s}{A_0} \cdot 100\% = \left( \frac{d_s^2}{d_0^2} \right) \cdot 100\% \quad (2)$$

**Warunek 2: Zacieranie – powodujące przeciążenie narzędzi – ograniczenie względnej głębokości otworu**



Uwaga! Wymiary dna wypraski podane są orientacyjnie. Jego dokładny kształt odzwierciedla kształt czoła stempla.

Rys.4. Zalecana względna głębokość otworu



Rys.5. Zalecana względna głębokość otworu w wypadku stempla stopniowego

## Wyciskanie współbieżne

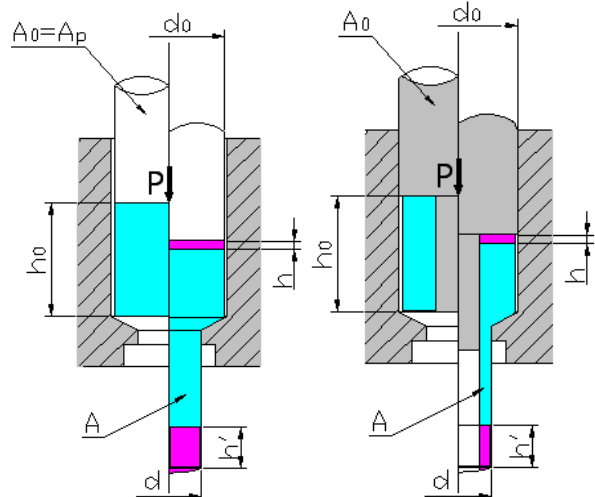
### Warunek 1: Maksymalne odkształcenie

Tablica 4. Przybliżone wartości współczynnika sprawności  $\eta_2$  dla współbieżnego wyciskania prętów i tulei za pomocą matrycy o kącie stożka roboczego  $2\alpha = 60^\circ$  i przy bardzo dobrym smarowaniu  $\mu \approx 0,03 \div 0,05\%$ .

Strain $\varepsilon$	Efficiency $\eta_2$		Strain $\varepsilon$	Efficiency $\eta_2$	
	$\frac{h_0}{d_0} = 1$	$\frac{h_0}{d_0} = 1^0$		$\frac{h_0}{d_0} = 1$	$\frac{h_0}{d_0} = 1^0$
0,4	0,54	0,46	1,4	0,75	0,63
0,6	0,61	0,52	1,6	0,77	0,65
0,8	0,67	0,56	1,8	0,78	0,66
1,0	0,71	0,59	2,0	0,79	0,67
1,2	0,73	0,61	2,2	0,80	0,68

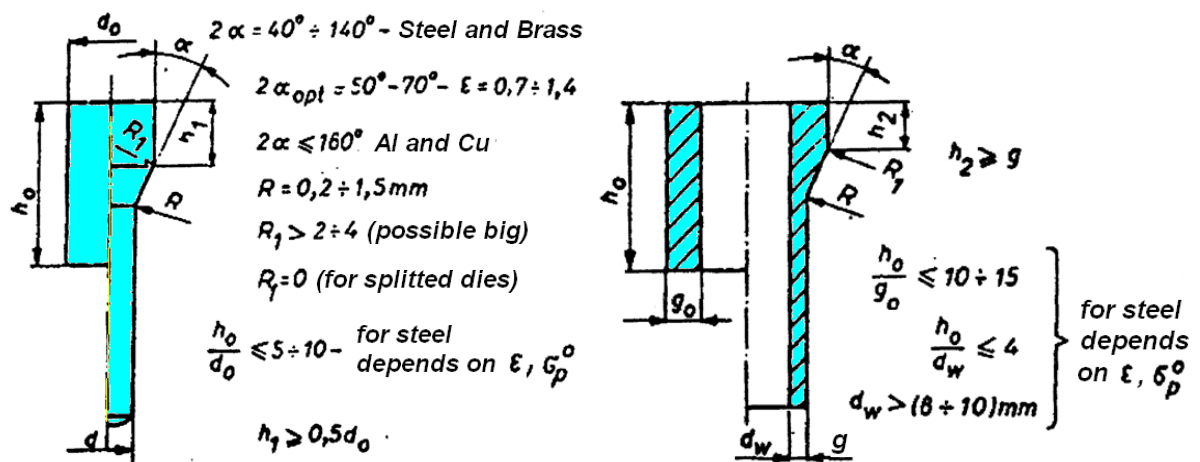
Tablica 5. Maksymalne odkształcenia ((3) i (4)) możliwe do uzyskania w jednej operacji wyciskania współbieżnego

Material	$\varepsilon_A$ %	$\varepsilon$	Material	$\varepsilon_A$ %	$\varepsilon$
<b>Aluminum:</b> AR1, AR2, A00, A0, A1, A2	98	3,9	<b>Mild steel:</b> E04, E04A, E04J, E04JA	75	1,4
<b>Aluminium alloy:</b> PA1, PA2, PA11, PA38, PA4, PA 43	95	3,0	<b>Low carbon steel:</b> 08, 08YA, 10, 10YA, 15	70	1,2
<b>Aluminum alloy:</b> PA6, PA7, PA21, PA23, PA25, PA9	70	1,2	<b>Low carbon steel:</b> 20, 25, 35, 35YA	60	0,9
<b>Copper:</b> M1R, M1E, M2R, M2G, M3G, MOOB, MOB, MHDT	80	1,6	<b>Alloy steel:</b> 15H, 20H, 16HG, 15HGM, 15 HN	55	0,8
<b>Brass:</b> M90, M80, M70, M63, MN65	70	1,2	<b>Alloy steel:</b> 30H, 40H, 35HN, 1H13, 1H18N9T	50	0,7



$$\varepsilon = \ln \frac{A_0}{A} \quad (3)$$

$$\varepsilon_A = \frac{A_0 - A}{A_0} \cdot 100\% \quad (4)$$



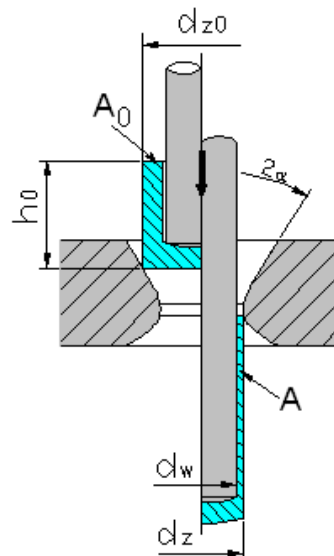
Rys.6. Zalecane wymiary narzędzi

## Wyciąganie

### Warunek 1: Maksymalne odkształcenie

Tablica 6. Odkształcenie (5,6) możliwe do uzyskania w jednej operacji

Material	$\varepsilon_A$ %	$\varepsilon$	Material	$\varepsilon_A$ %	$\varepsilon$
Aluminum: AR1, AR2, A00, A0, A1, A2	30	0,35	Mild steel: E04, E04A, E04J, E04JA	40	0,5
Aluminum alloy: PA1, PA2, PA11, PA38, PA4, PA 43	30	0,35	Low carbon steel: 08, 08YA, 10, 10YA, 15	35	0,43
Aluminum alloy: PA6, PA7, PA21, PA23, PA25, PA9	30	0,35	Low carbon steel: 20, 25, 35, 35YA	35	0,43
Copper: M1R, M1E, M2R, M2G, M3G, MOOB, MOB, MHD	40	0,5	Alloy steel: 15H, 20H, 16HG, 15HGM, 15 HN	30	0,35
Brass: M90, M80, M70, M63, MN65	35	0,43	Alloy steel: 30H, 40H, 35HN, 1H13, 1H18N9T	30	0,35



$$\varepsilon = \ln \frac{A_0}{A} = \ln \frac{d_0^2 - d_w^2}{d^2 - d_w^2} \quad (5)$$

$$\varepsilon_A = \frac{A_0 - A}{A_0} \cdot 100 = \left(1 - \frac{A}{A_0}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{d^2 - d_w^2}{d_0^2 - d_w^2}\right) \cdot 100 \quad (6)$$

**Sprawność**  $\eta_3$  zależy od wartości odkształcenia  $\varepsilon$ , kąta matrycy  $2\alpha$  oraz współczynnika tarcia  $\mu$ . Podobnie jak dla przepychania i wyciskania, zwiększenie wartości odkształcenia  $\varepsilon$  powoduje wzrost  $\eta_3$ .

Dla wyciągania stalowych naczyń o fosforanowanych i namydlanych powierzchniach współczynnik sprawności procesu wynosi:

**$\eta_3 = 0,35 \div 0,6$  – przy odkształceniu  $\varepsilon=0,15$**

**$\eta_3 = 0,6 \div 0,85$  – przy odkształceniu  $\varepsilon=0,5$**

Większe wartości  $\eta_3$  odpowiadają wyciąganiu przy optymalnym kącie  $/2\alpha_{opt}$ , dla którego siła wyciągania jest najmniejsza. Kąt ten zależy również od  $\varepsilon$ , a jego wartość wynosi:

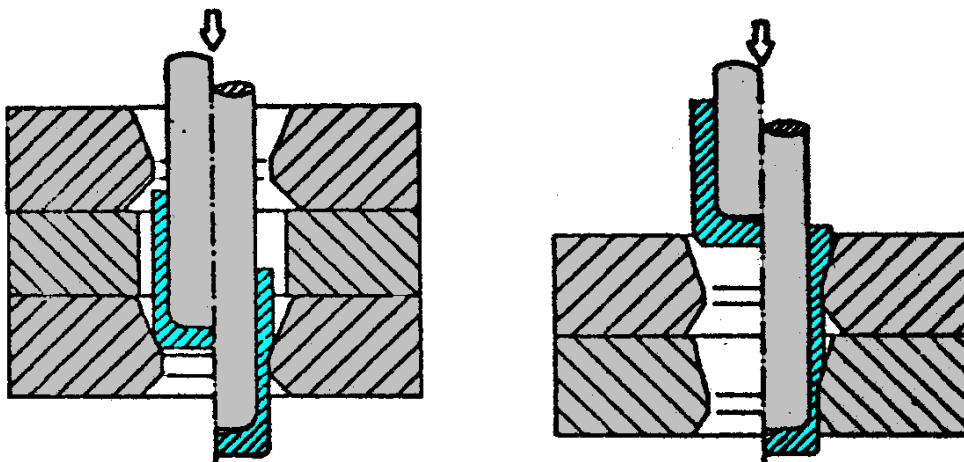
$/2\alpha_{opt} = 12^\circ$  -przy odkształceniu  $\varepsilon = 0,15$

$/2\alpha_{opt} = 30^\circ$  -przy odkształceniu  $\varepsilon = 0,5$

W praktyce może wystąpić konieczność przeprowadzenia procesu wyciągania przy kątach  $2\alpha > /2\alpha_{opt}$ . Dolne granice  $\eta_3$  odpowiadają w przybliżeniu dwukrotnemu powiększeniu kąta stożka roboczego matrycy.

Uwaga! W wypadku wyciągania innych materiałów niż stal przyjąć można te same wartości sprawności.

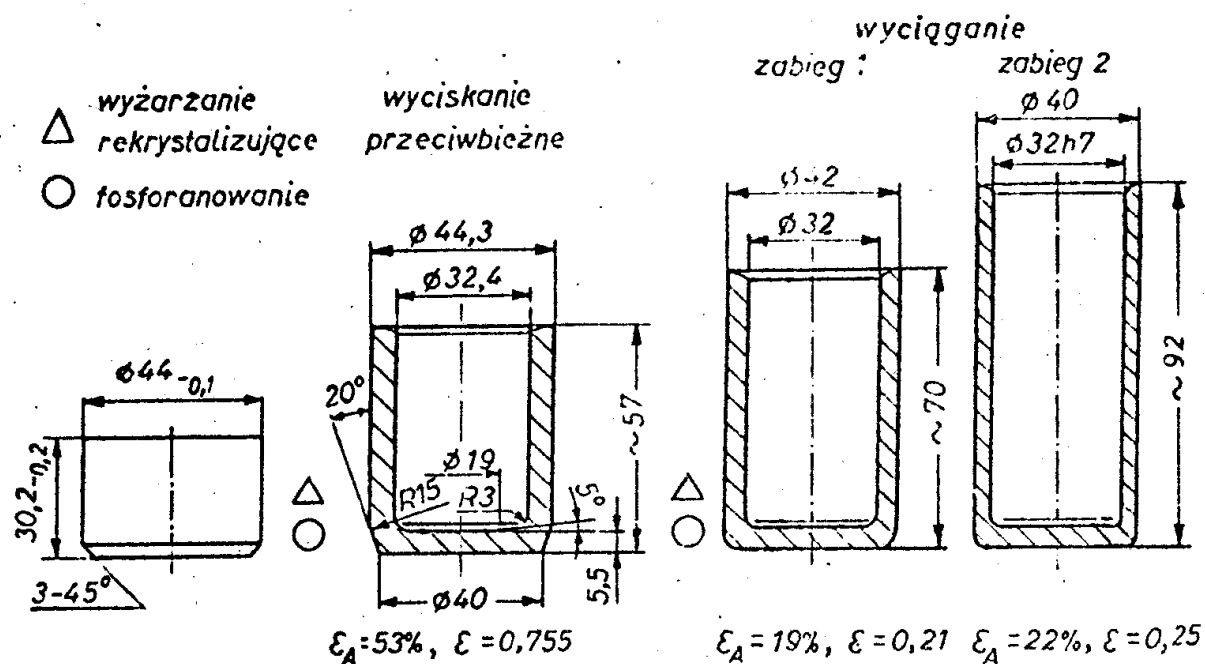
## Wyciąganie dwuzabiegowe



*Fig. 11. Two steps drawing processes.*

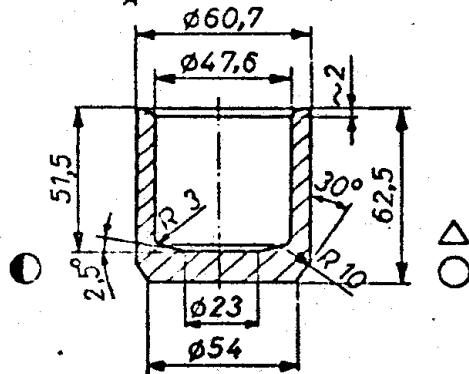
Większość materiałów w tablicy można kształtować w dwóch operacjach wyciągania bez zastosowania wyżarzania rekrytalizującego. Całkowite odkształcenie możliwe do uzyskania jest wówczas większe i np. dla stali niskowęglowej wynosi około  $\epsilon_A = 50\%$ ,  $\epsilon = 0,7$ . Stosuje się zwykle równy podział tego odkształcenia. Dobre wyniki uzyskuje się również, wtedy gdy w pierwszej operacji odkształcenie jest nieco większe – np. podział 0.4 i 0.3.

# Przykłady procesów

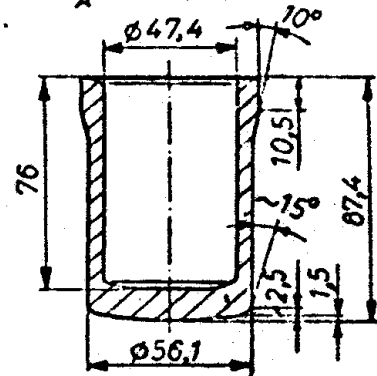


Rys.3.70. Przebieg kształtowania cylindra amortyzatora

- wyciskanie przeciwbieżne  
 $\epsilon_A = 61,5\%$ ,  $\epsilon = 0,95$

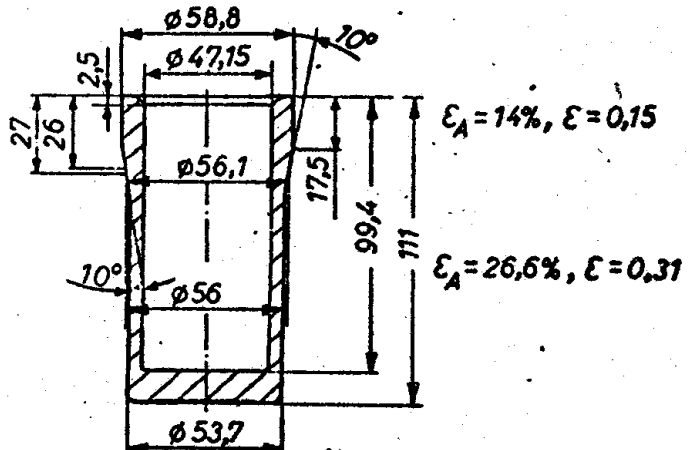
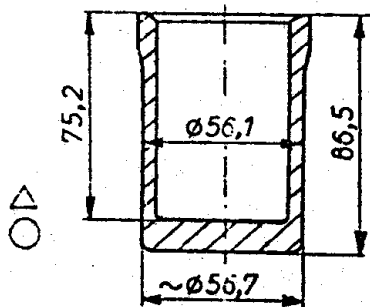


wyciąganie  
 $\varepsilon_A = 36,5\%$ ,  $\varepsilon = 0,45$



### wyciąganie dwuzabiegowe

*prostowanie dna*

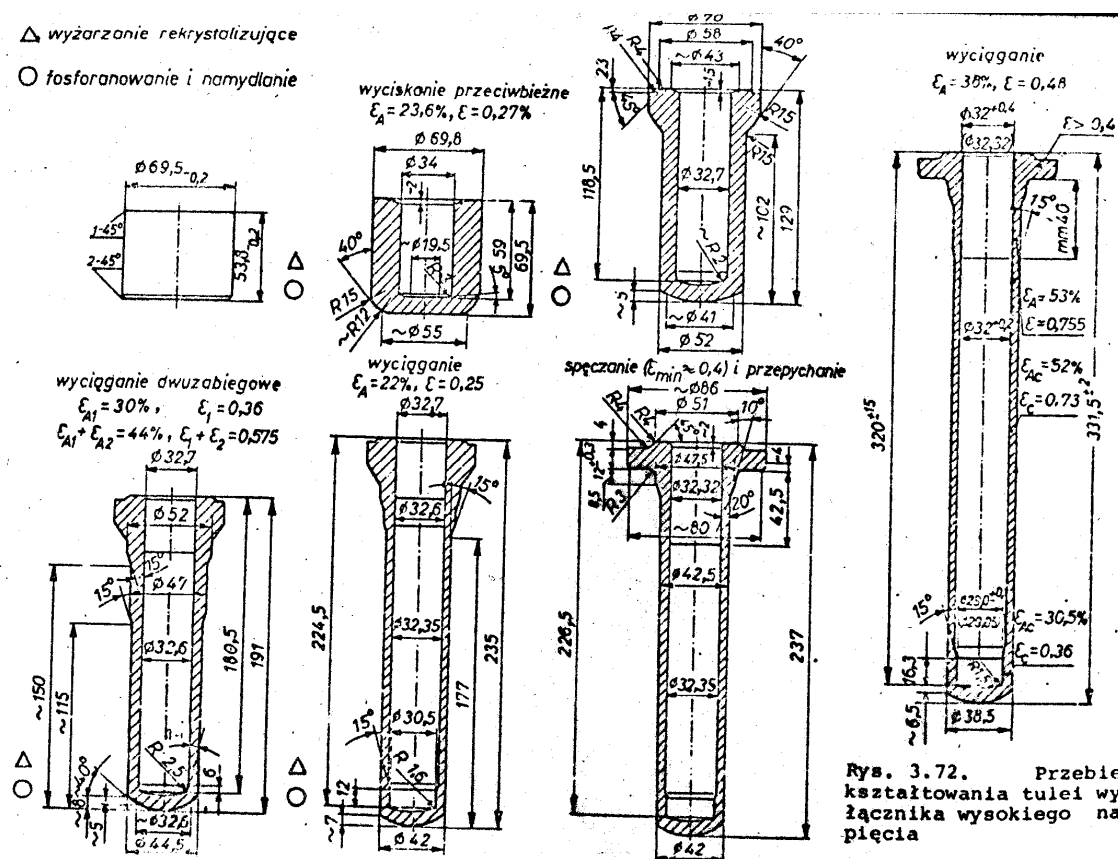


PROiT-2014-bryly-r2.doc



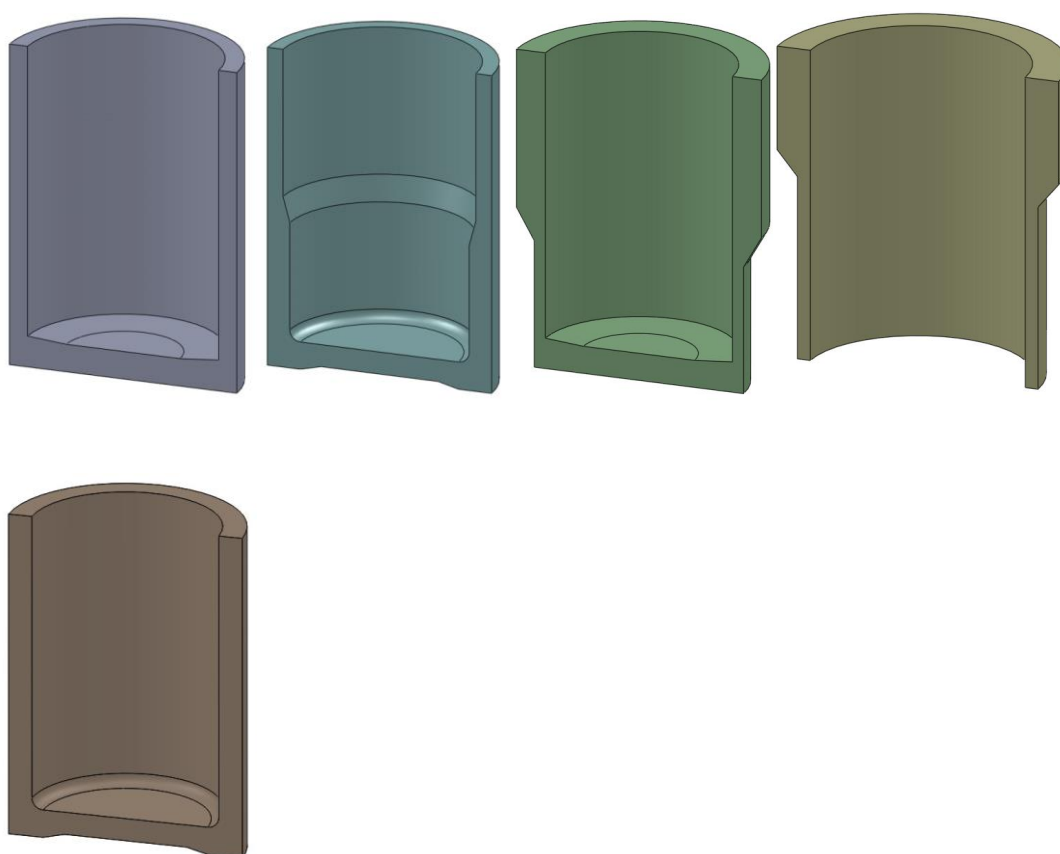
△ wyżarzanie rekrytalizujące

○ fosforanowanie i namydlenie



# Projektowanie procesu

## Wypraski naczyniowe



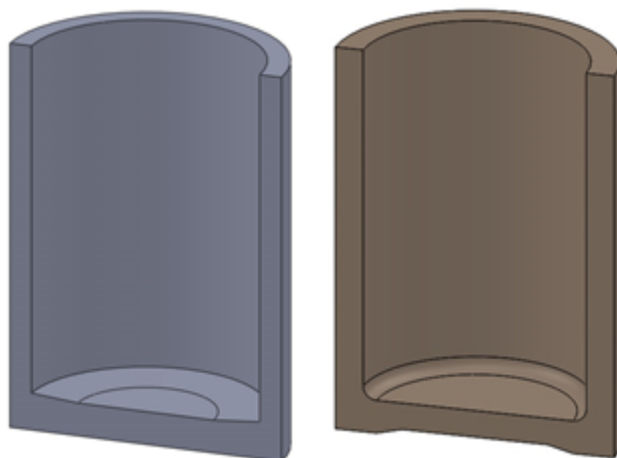
## Plan postępowania

1. Rysunek techniczny wyrobu
2. Analiza możliwości wykonania (sekwencja operacji)
3. Rysunek techniczny wypraski (z naddatkami)
4. Obliczenie objętości materiału
5. Ustalenie wymiarów wstępniaka
6. Opracowanie procesu technologicznego
7. Obliczenie sił kształtowania
8. Rysunki narzędzi kształtujących
9. Projekt przyrządu do wybranej operacji

## Warunki ograniczające

1. Dopuszczalne naciski (stempel, matryca) wyciskanie
2. Dopuszczalne odkształcenia w jednej operacji – obciążenie narzędzi
3. Pękanie – lokalizacja odkształceń – procesy wciągania
4. Zacieranie (głębokość otworu) – wyciskanie

## WN1      Sekwencja operacji



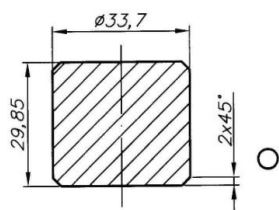
WN1

WN1d

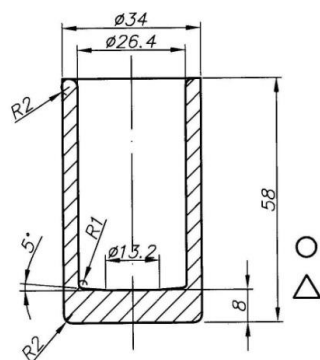
1. Wyciskanie przeciwbieżne : średnica wewnętrzna taka jak w wyrobie z uwzględnieniem luzu ok. 0.2 mm.
2. Wyciąganie (1 lub kilka) ścianki, aż do wymaganej wielkości.

W wersji WN1d dodatkowo: Prostowanie dna.

Wyciskanie przeciwbieżne naczyń				
Liczba wyprasek	Nacisk na stempel		przy l/d [MPa]	
	1	2	3	4
do 1000	2800	2600	2300	1900
1000 do 3000	2600	2400	2100	1700
3000 do 5000	2300	2150	1900	1600
5000 do 10000	2000	1900	1700	1500
10000 do 20000	1700	1600	1500	1350
20000 do 40000	1500	1450	1300	1200

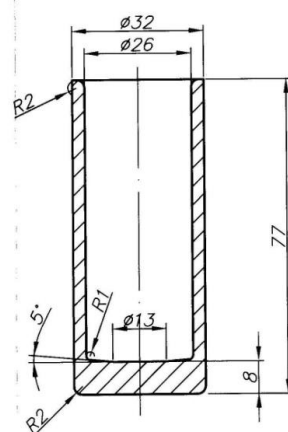


WSTĘPNIAK



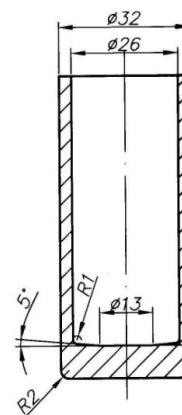
WYCISKANIE  
PRZECIEBIEŻNE

$\varepsilon=61\%$   
 $P=649 \text{ kN}$



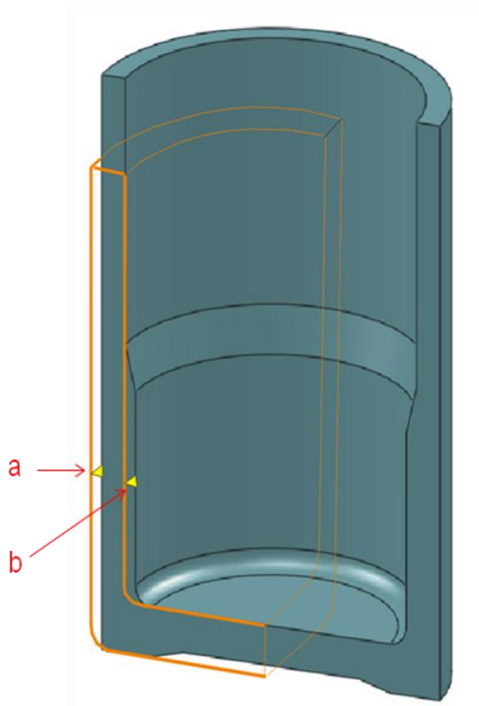
WYCIĄGANIE

$\varepsilon=22\%$   
 $P=90,15 \text{ kN}$



WYRÓB

# WN2      Sekwencja operacji



1. Wyciskanie przeciwbieżne : średnica wewnętrzna taka jak średnica większa wyrobu z uwzględnieniem luzu ok. 0.2 mm.

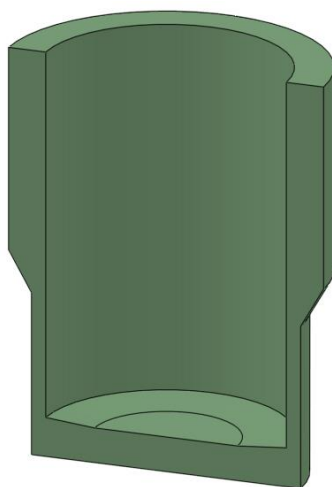
2. Obciskanie z wyciąganiem, do średnicy wewnętrznej przy założeniu **równości** pola przekroju (prostopadłego do osi) przestrzeni obciskanej oraz pola przekroju ścianki ponad grubość ścianki cieńszej.

**Uwaga! Ze względu na konieczność docisnięcia materiału do stempla pole a powinno być nieco większe niż pole b.**

3. Prostowanie dna

4. Wyrównanie obrzeża



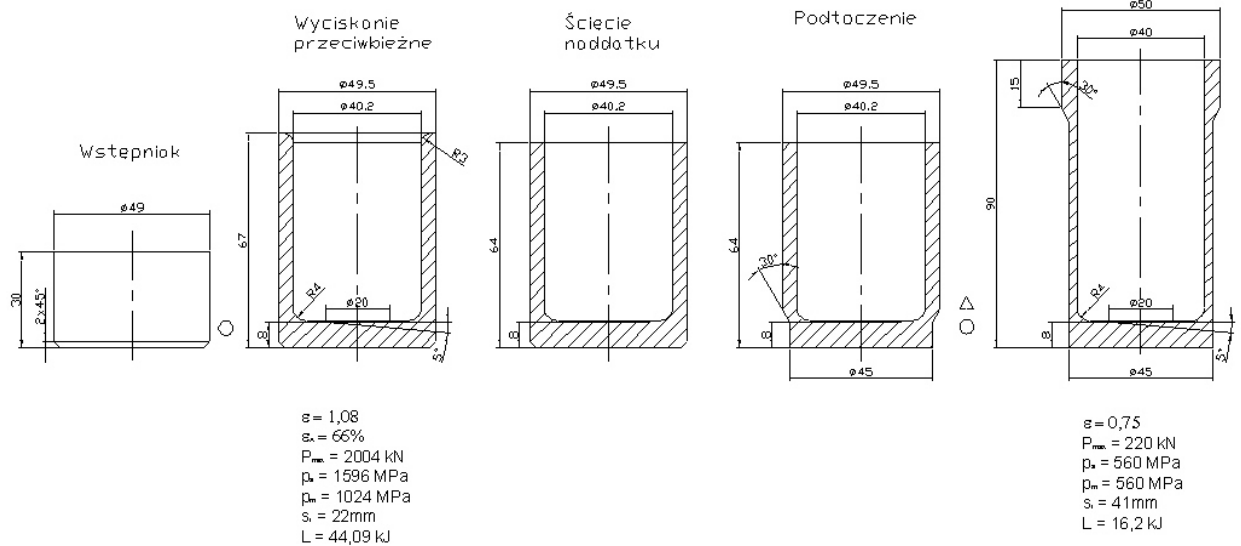


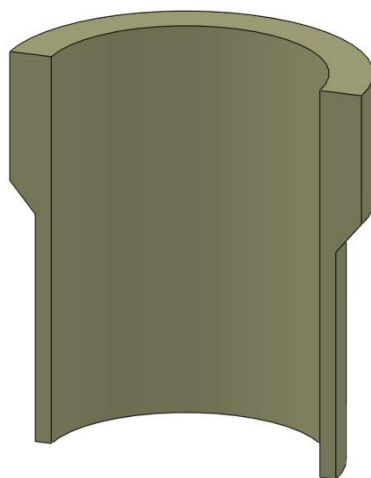
1. Wyciskanie przeciwbieżne : średnica wewnętrzna taka jak w wyrobie z uwzględnieniem luzu ok. 0.2 mm.
2. Wyrównanie obrzeża
3. Podtaczanie
4. Prostowanie dna
- 5 Wyciskanie współbieżne nieprzelotowe -1/kilka (lub wyciąganie nieprzelotowe ścianki), aż do wymaganej wielkości.



## Plan operacyjny

- △ Wyżarzanie rekrytalizujące
- Fosforowanie i namydlenie w roztworze mydła sodowego



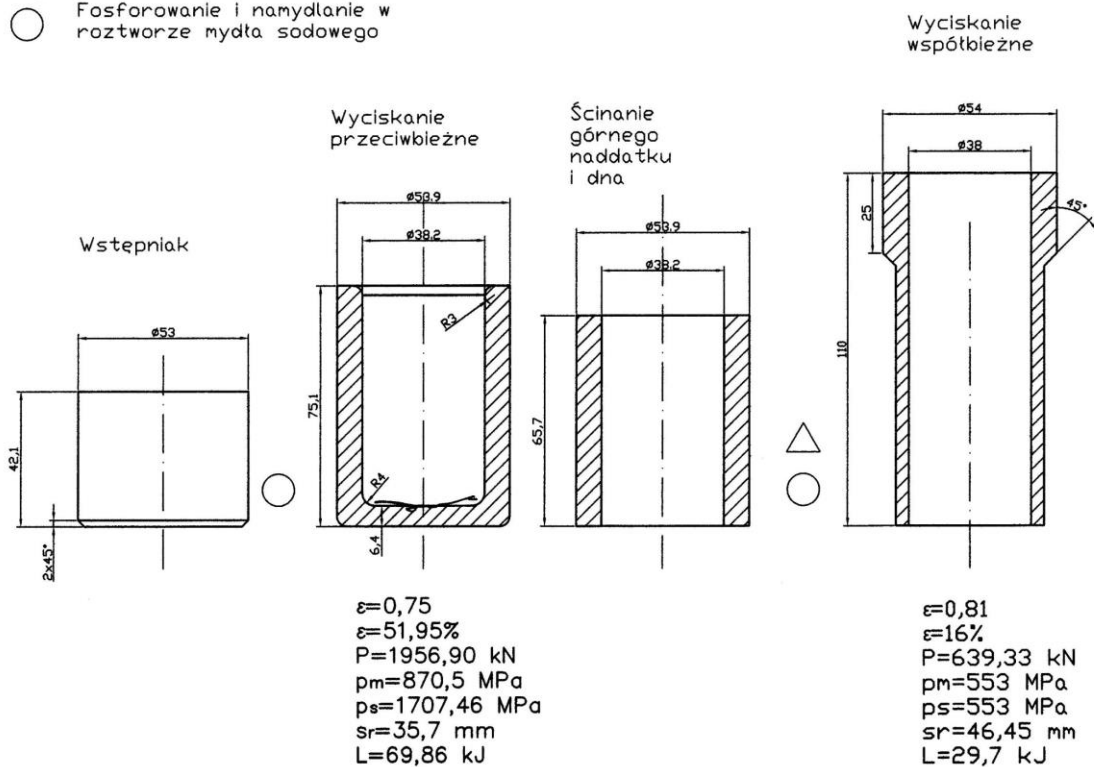


1. Wyciskanie przeciwbieżne : średnica wewnętrzna taka jak w wyrobie z uwzględnieniem luzu ok. 0.2 mm.
2. Wyrównanie obrzeża
3. Odcinanie dna
4. Wyciskanie współbieżne nieprzelotowe -1/lkilka (lub wyciąganie nieprzelotowe ścianki), aż do wymaganej wielkości.
5. Wyrównanie obrzeża

△ Wyżarzanie  
rekrytalizujące

○ Fosforowanie i namydlenie w  
roztworze mydła sodowego

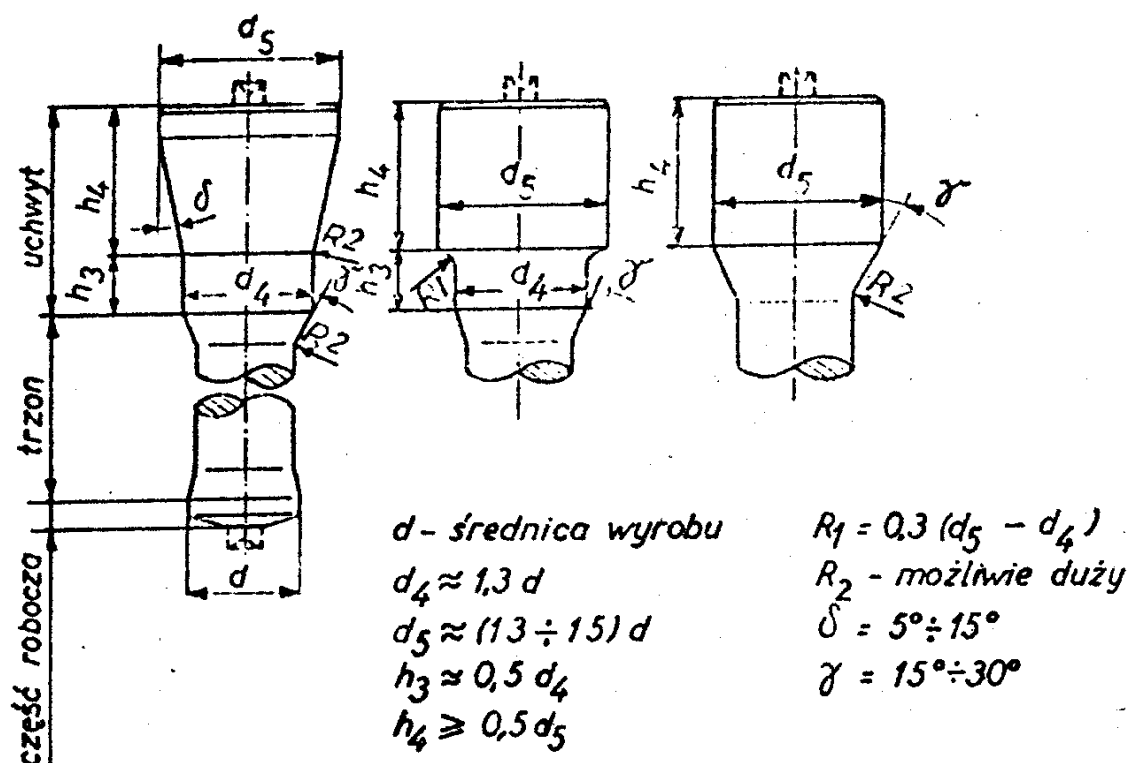
## Plan operacyjny



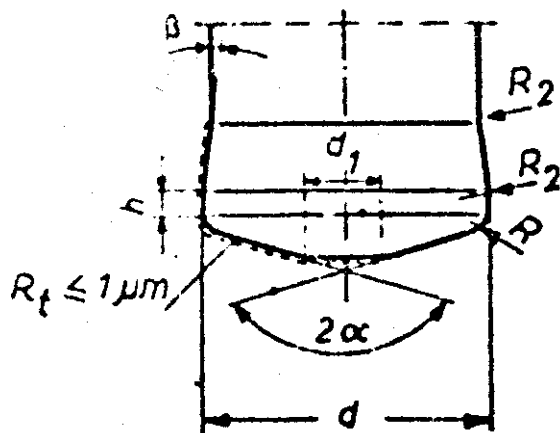
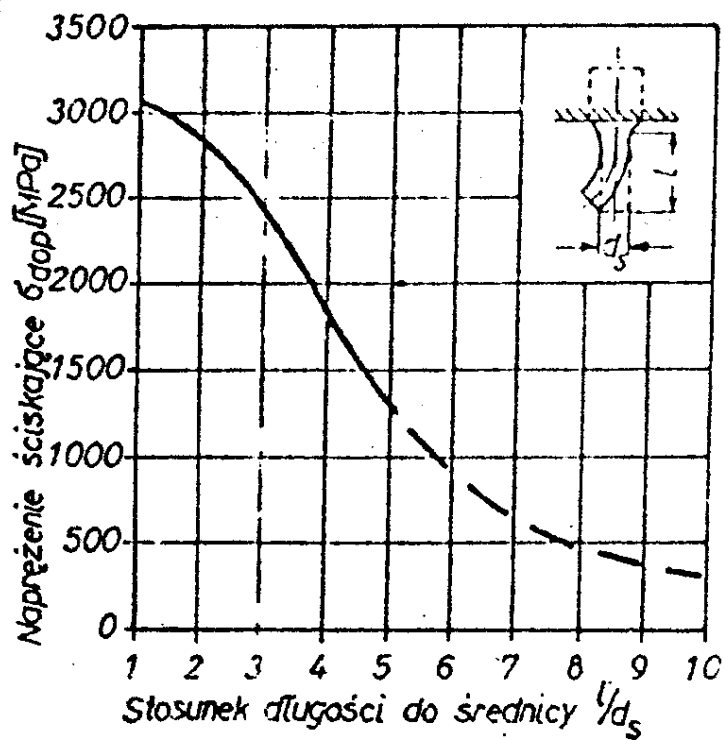
**Uwaga! Na rysunku brakuje operacji wyrównania obrzeża. Ostatni kształt jest kształtem po wyrównaniu, to znaczy, że nie ma kształtu po wyciskaniu współbieżnym.**

# Konstrukcja narzędzi

## Konstrukcja stempli



Rys.3.78. Zalecane kształty uchwytovej części stempla



$$d_1 = d - (2R + 0,2d \div 0,3d)$$

$$h = (0,3 \div 0,7) \sqrt{d}$$

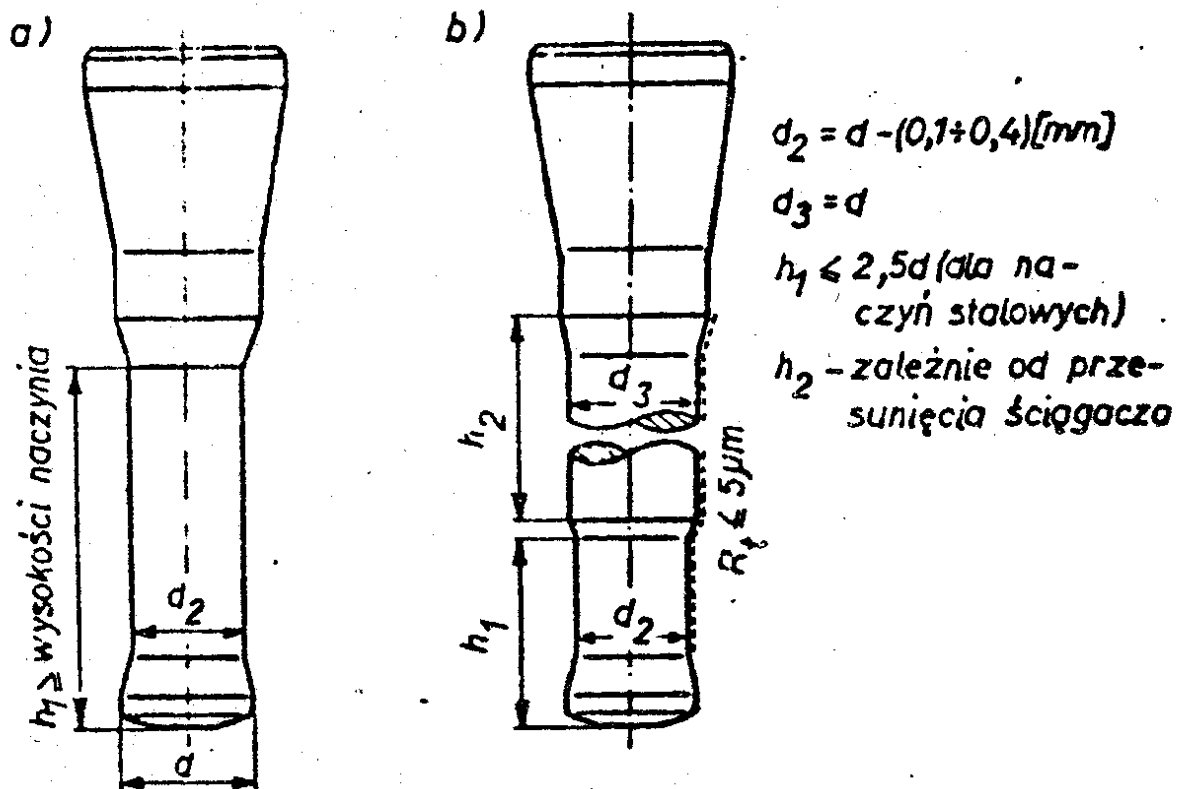
$$R = (0,05 \div 0,10) d$$

$$R_2 =$$

$$2\alpha = 160^\circ \div 170^\circ$$

$$\beta = 4^\circ \div 5^\circ$$

Rys.3.79. Zalecany kształt czołowej części stempla do wyciskania naczyń



Rys.3.80. Konstrukcja trzonowej części stempli do przeciwbieżnego wyciskania naczyń: a/ stempel pracujący bez ściągacza, b/ stempel współpracujący ze ściągaczem

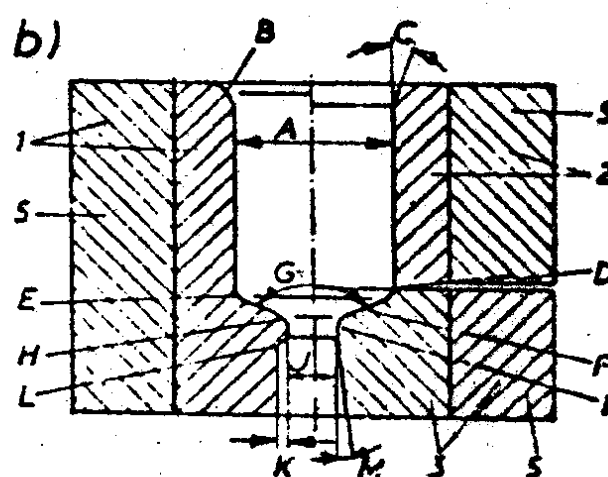
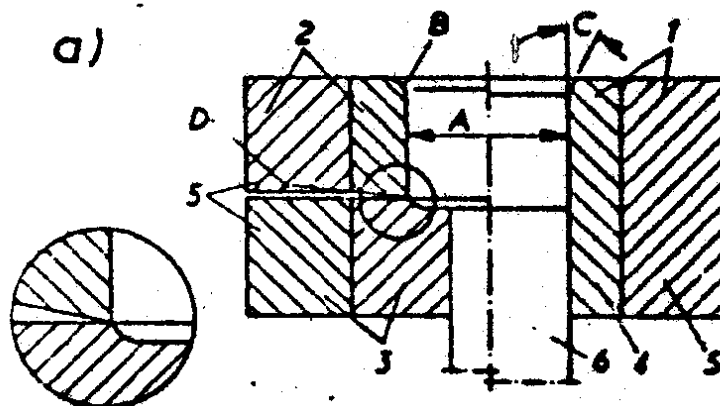
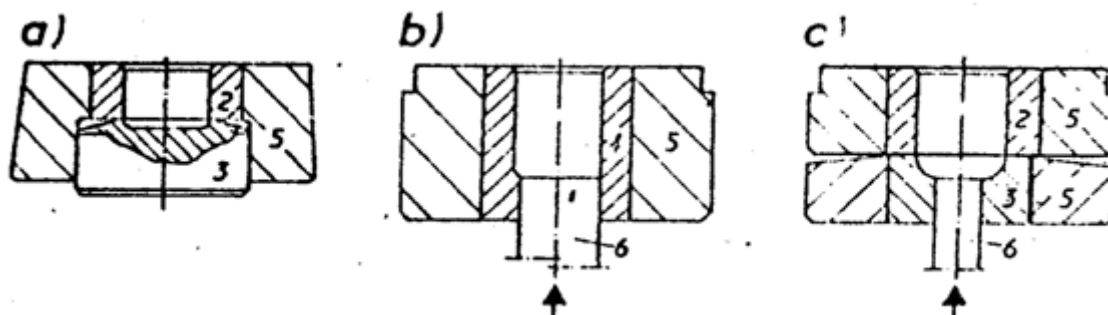
Tablica 3.22. Stale zalecane na stemple i trzpienie do wyciskania

Przeznaczenie x/ nie	Wymagania	Stal			Napężenia dopuszczalne [MPa]	Zalecana twardość [HRC]	Średnica równoważna dla gwarancji właściwości
		Rodzaj	Znak	Norma			
SN	Największa wytrzymałość i odporność na ścieranie	szybkotnąca kobaltowa	SK8M	PN-77 H-85022	2500 ściskanie	63÷65	80
SN SW T	Duża wytrzymałość i odporność na ścieranie	szybkotnąca wolframowa	SW7M	"	2400 ściskanie	62÷64	80
SN SW T	Duża wytrzymałość i średnia odporność na ścieranie	narzędziowa chromowa	H12M /NCWV/	BN-63 0644-02	2200 ściskanie	60÷62	120
SN SW T	Duża wytrzymałość i średnia odporność na ścieranie	"	NC11 NC10	PN-69 H-85023	2000 ściskanie	60÷62	-
T	Duża wytrzymałość na rozciąganie, małe opory tarcia	narzędziowa do pracy na gorąco	WCL azotow.	PN-77 H-85-021	1500 rozciąganie	azotow. 1200HV	-
x/ SN - stemple do przeciwbieżnego wyciskania naczyń SW - stemple do współbieżnego wyciskania tulei, naczyń i przedmiotów pełnych T - trzpienie do współbieżnego wyciskania tulei i naczyń							

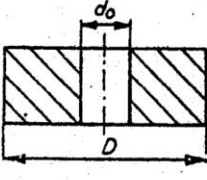
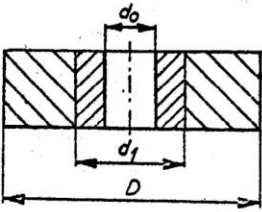
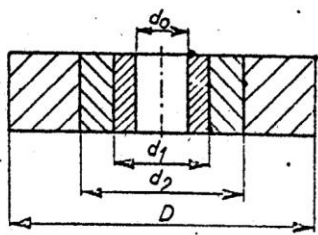




# Konstrukcja matryc



Tablica 3. 23. Przybliżone wymiary matryc w zależności od nacisków jednostkowych działających na ich powierzchnie wewnętrzne

Rodzaj matrycy	Matryca jednolita	Matryca dwupierscieniowa	Matryca trzypierscieniowa
Schemat			
Jednostkowy nacisk wewnętrzny	$p \leq 1000 \text{ MPa}$	$p = 1000 \div 1600 \text{ MPa}$	$p = 1600 \div 2000 \text{ MPa}$
Średnica zewnętrzna matrycy w mm	$D = /3,5 \div 5/ d_0$	$D = /4 \div 6/ d_0$	$D = /4 \div 6/ d_0$
Średnica podziału matrycy w mm		$d_1 \approx 0,9 \sqrt{D \cdot d_0}$	$d_1 = /1,6 \div 1,8/ d_0$ $d_2 = /2,5 \div 3,2/ d_0$

**Uwaga! Kąt pochylenia tworzącej stożka wkładki matrycowej przyjmuje się: 0.5-1 stopnia (od dołu szerzej).**

Tablica 3.24. Stale zalecane na matryce do wyciskania

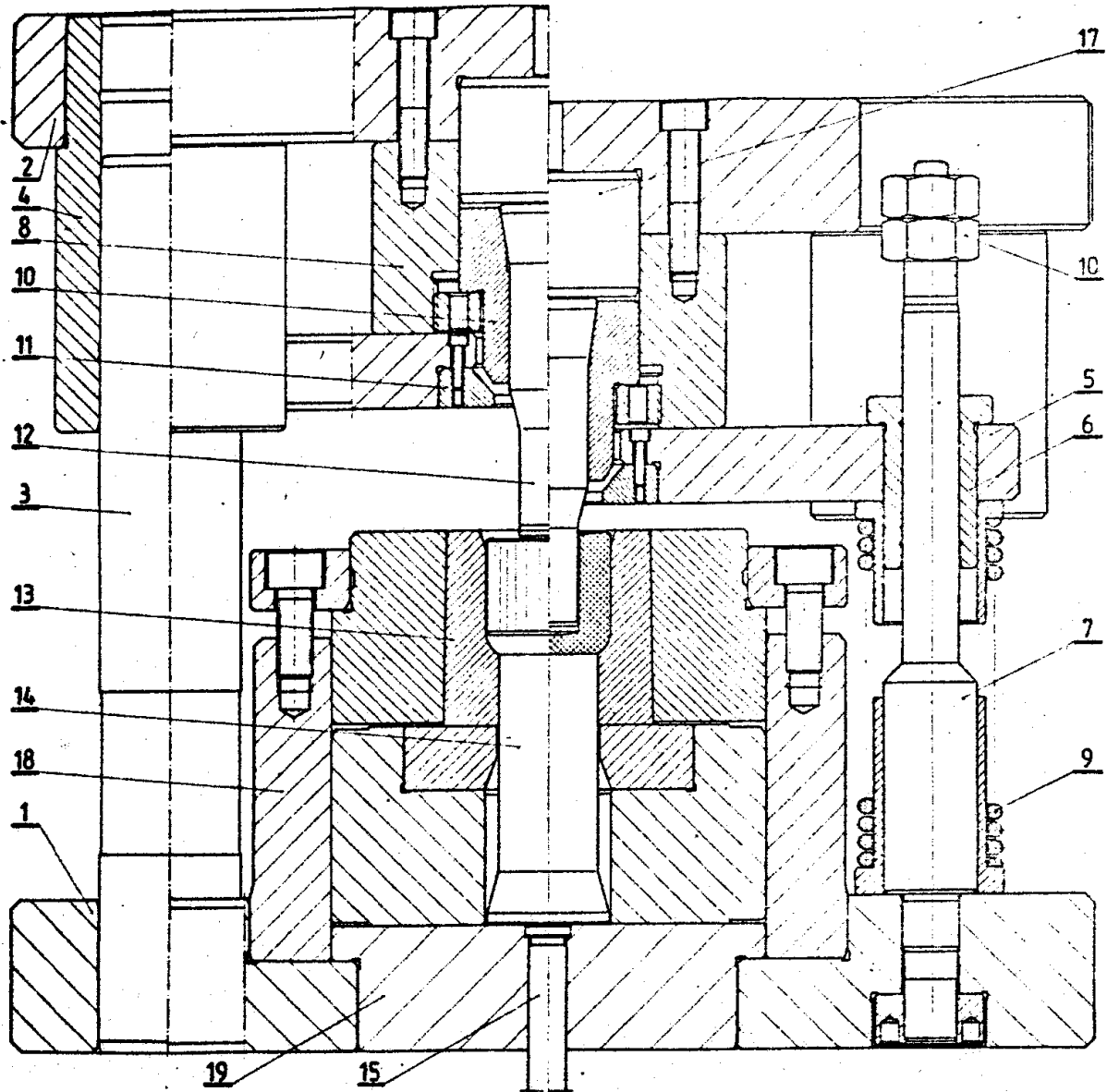
Przeznaczenie	Wymagania	Stal			Napężenia dopuszczalne [MPa]	Zalecana twardość [HRC]	Średnica równoważna dla gwarancji właściwości
		Rodzaj	Znak	Norma			
pierścienie robocze	Największa wytrzymałość i odporność na ścieranie	szybkotnąca kobaltowa	SK8M	PN-77 H-85022	2500 ściskanie	63-65	100
	Duża wytrzymałość i odporność na ścieranie	szybkotnąca wolframowa	SW7M	"-"	2400 ściskanie	62-64	100
	Duża wytrzymałość i średnia odporność na ścieranie	narzędziowa chromowa	H12M /NCW/	BN-63 0644-02	2200 ściskanie	60-62	160
	Duża wytrzymałość i średnia odporność na ścieranie	" - "	NC11 NC10	PN-69 H-85023	2000 ściskanie	60-62	-
pierścienie wzmacniające	Duża wytrzymałość na rozciąganie	chromowo-manganowo-krzemowa	35HGS	PN-72 H-84030	1200 rozciąganie	44-50	-
	" - "	sprężynowa chromowo-krzemowa	50HSA	PN-65 H-84032	1100 rozciąganie	44-50	-
	" - "	chromowo-molibdenowa	40HM	PN-72 H-84030	1100 rozciąganie	270-330 [HB]	100
	Bardzo duża wytrzymałość na rozciąganie	chromowo-niklowo-molibdenowo-wanadowa	45HNMF	PN-72 H-84030	1400 rozciąganie	270-330 [HB]	100
	Bardzo duża wytrzymałość na rozciąganie	narzędziowa do pracy na gorąco	WNL	PN-60 H-85021	1300 rozciąganie	40-45	-



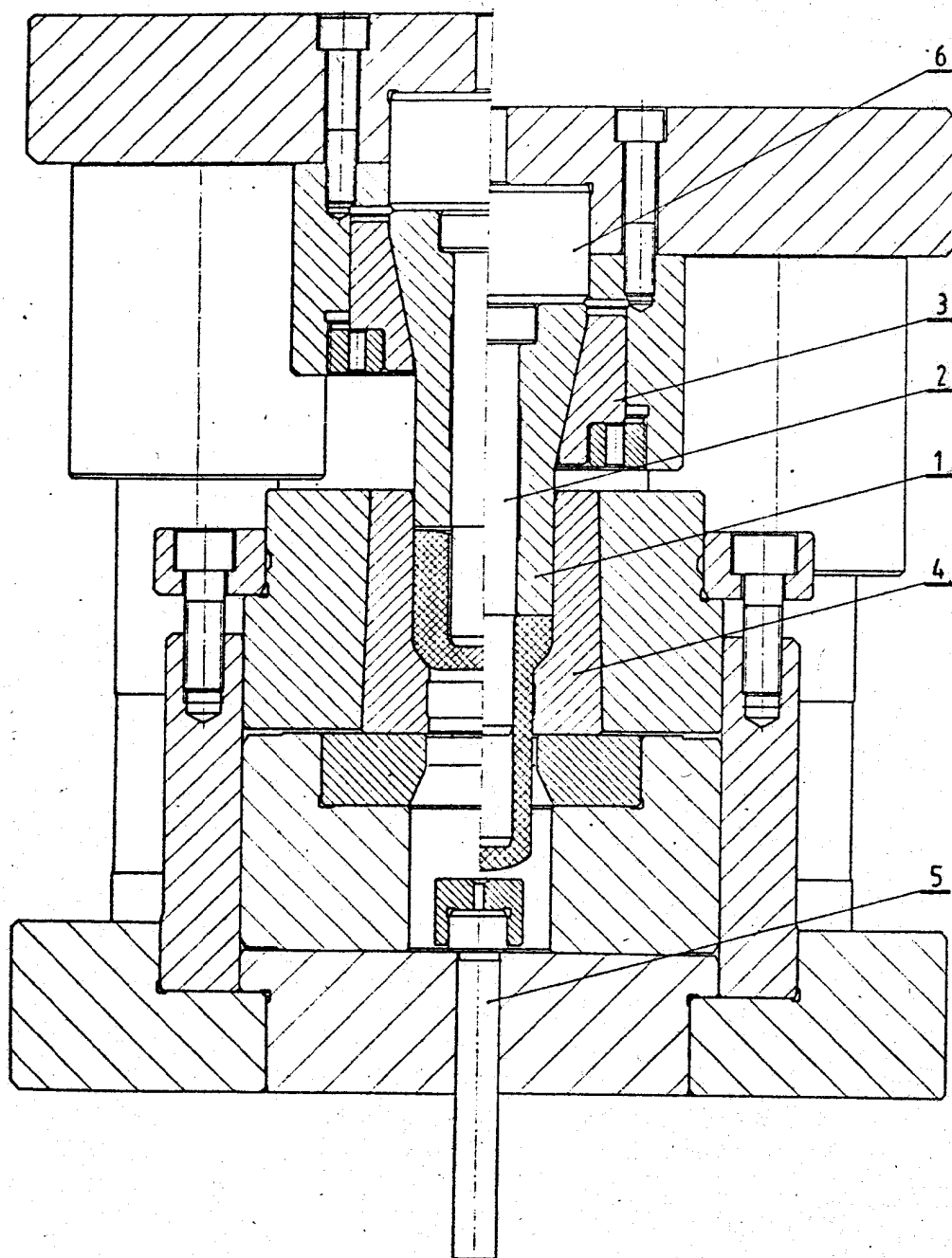
trudne do przewidzenia zmiany jej wymiarów. Po montażu następuje więc korekta ostatecznym szlifowaniem.

### Konstrukcja przyrządów

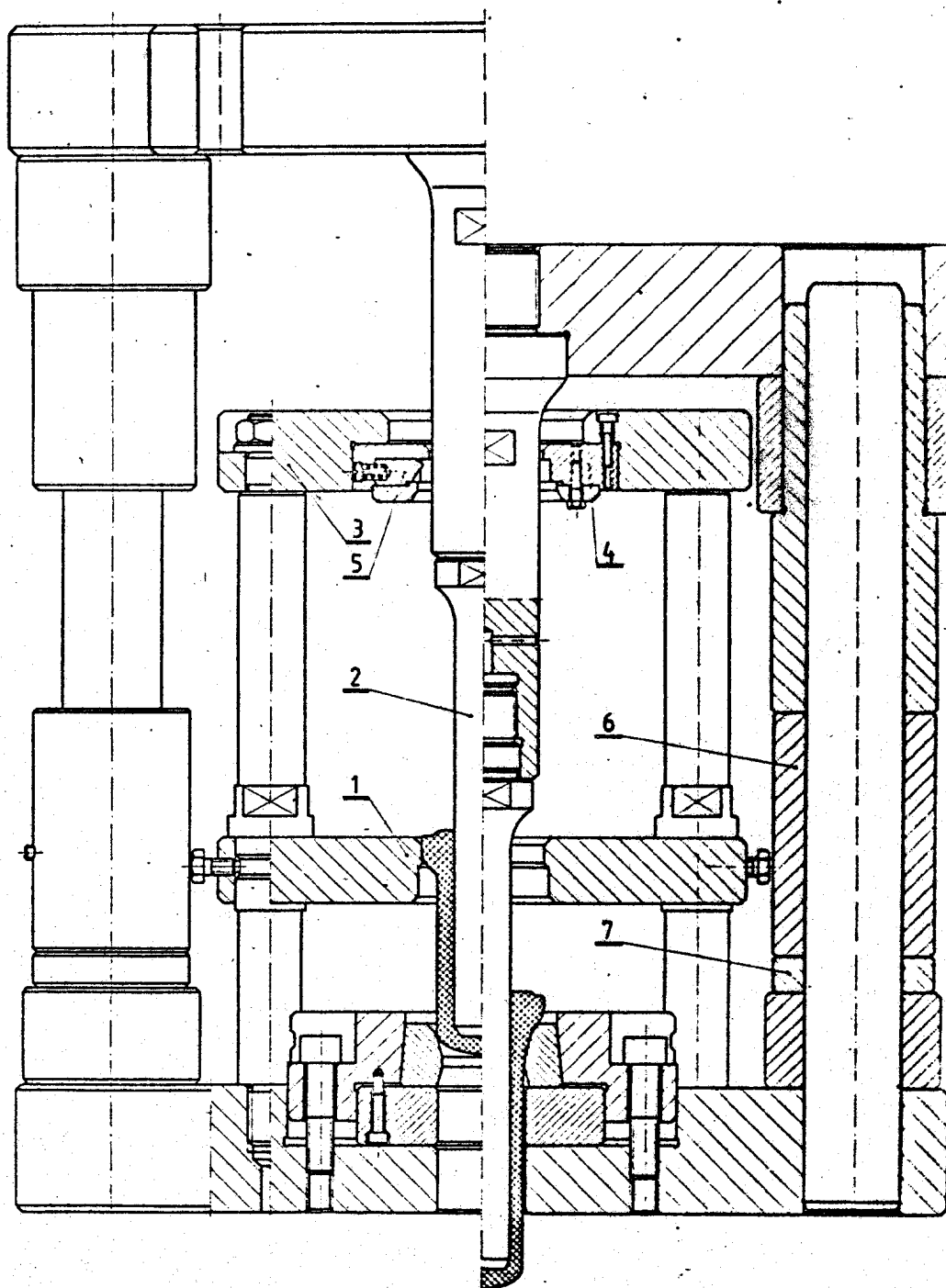
152



Rys. 3.95. Przyrząd na prasę mechaniczną do przeciwbieżnego wyciskania naczynia /opis w tekście/



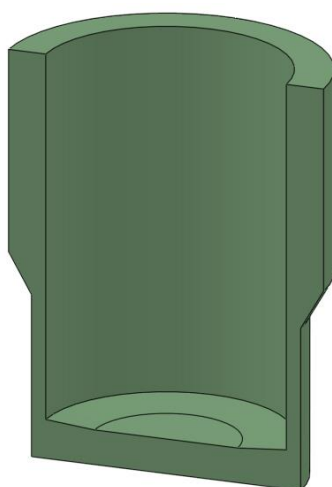
Rys. 3.96. Przyrząd na prasę mechaniczną do współbieżnego wyciskania tulei z dnem /opis w tekście/



Rys. 3.102. Przyrząd na prasę hydrauliczną bez wypychacza do nieprzelotowego wyciągania naczyń z kołnierzem /opis w tekście/

# Przykładowy projekt

## Wypraska typ WN3



## 1 Dane wstępne

Wyrób – wypraska naczyniowa

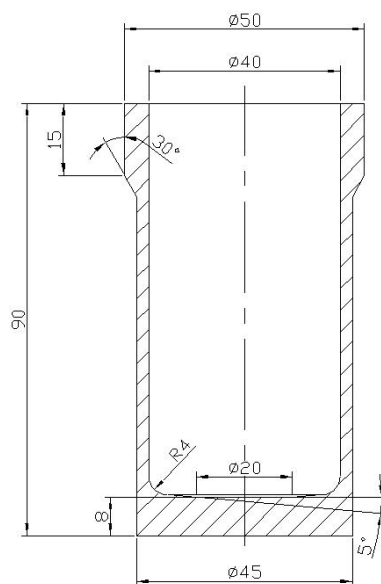
Typ wypraski – WN 3

- Średnica zewnętrzna w części kołnierza –  $d_1=50$  mm
- Średnica zewnętrzna wypraski -  $d_2 = 45$ mm
- Średnica wewnętrzna wypraski -  $d_3 = 40$ mm
- Wysokość całkowita wypraski –  $h_1 = 90$  mm
- Wysokość kołnierza –  $h_2 = 15$ mm
- Grubość dna –  $g = 8$ mm

Materiał S10C (stal niskowęglowa)

Stal S10C charakteryzuje się krzywą umocnienia:  $\sigma_p=580 \cdot \varepsilon^{0,28}$

### 1.1 Rysunek gotowego wyrobu



Rys. 2. Rysunek wykonawczy wypraski naczyniowej

### 1.2 Dobranie procesów technologicznych

Aby uzyskać gotowy wyrób należało rozważyć zastosowanie procesu wyciskania przeciwbieznego naczynia, a następnie proces wyciskania współbieżnego. Naczynie otrzymane w procesie wyciskania przeciwbieznego powinno mieć średnicę wewnętrzną  $d_w$  równą średnicy wewnętrznej gotowego wyrobu (z zachowaniem luzu dla wykonania operacji wyciskania współbieżnego), a średnicą zewnętrzną równą średnicy zewnętrznej kołnierza wyrobu (pomniejszonej o luz umożliwiający włożenie do matrycy w przyrządzie do wyciskania współbieżnego)



## 2 Założenia do projektu procesu plastycznego kształtowania na zimno

W celu zaprojektowania procesu kształtowania plastycznego obliczono objętość gotowego wyrobu, wysokość wstępniaka, oraz dobrano najmniejszą liczbę operacji.

### 2.1 Obliczanie objętości wypraski

#### 2.1.1 Obliczanie objętości gotowego wyrobu (V)

Obliczono objętość gotowego wyrobu (na podstawie modelu 3d)

$$V = \underline{46478 \text{ mm}^3}$$

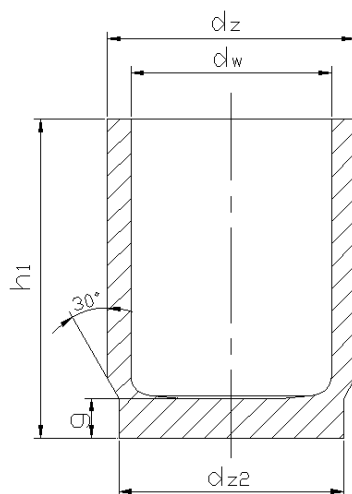
#### 2.1.2 Obliczanie objętości wypraski z której ukształtowano gotowy wyrób ( $V_{\text{wypraski 1}}$ )

Z uwagi na zachodzący proces wyżarzania rekrytalizacyjnego i straty na utlenianie powiększono objętość materiału, z którego zostanie ukształtowany wyrób o 5%.

$$V_{\text{wypraski 1}} = 1,05 V = \underline{48802 \text{ mm}^3}$$

#### 2.1.3 Obliczanie wysokości wypraski uzyskanej w procesie wyciskania przeciwbieznego ( $h_g$ )

Wypraska uzyskana w procesie technologicznym zostaje poddana operacjom ścięcia naddatku wypraski oraz podtoczenia. Poniżej przedstawiono rysunek wypraski poddanej tym operacjom, z której zostanie wykonany wyrób gotowy. Wymiary jej obliczono z warunku stałej objętości.



Rysunek 3. Rysunek wypraski przygotowanej do wyciskania współbieżnego.

W celu obliczenia wysokości wypraski założono wartości  $d_z$  i  $d_w$ , które powinny odpowiadać wymiarom gotowej wypraski w części kołnierzowej, z zachowaniem niezbędnych luzów dla wykonania wyciskania współbieżnego:

$$d_z = 49,5 \text{ mm}$$

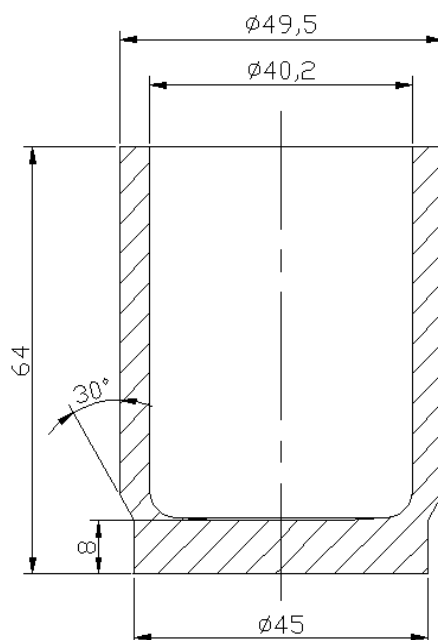
$$d_w = 40,2 \text{ mm}$$

$$d_{z2} = 45 \text{ mm}$$

$$g = 8 \text{ mm}$$

Z warunku stałości objętości obliczono wysokość wypraski:

Wysokość wypraski wynosi:  $h_g = \underline{56 \text{ mm}}$



Rysunek 4. Rysunek wypraski przygotowanej do operacji wyciskania współbieżnego.

### 2.1.3 Obliczanie objętości wypraski uzyskanej w wyniku wyciskania przeciwbieżnego ( $V_{\text{wypraski2}}$ )

Ponieważ w wyniku procesu wyciskania przeciwbieżnego materiał wypływa do góry powstaje nierówna górna powierzchnia wyrobu, założono operacje planowania nierównej powierzchni.

Obliczono objętość naddatku, zakładając wysokość naddatku równą 3mm.

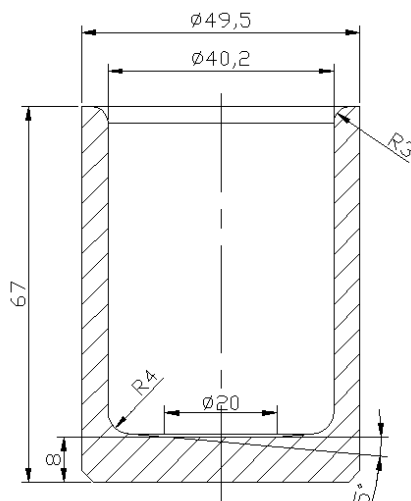
$$V_{\text{naddatku}} = \underline{1966 \text{ mm}^3}$$

Aby wypraskę uzyskaną w operacji wyciskania przeciwbieżnego dalej kształtować w procesie wyciskania współbieżnego należy podtoczyć ją tak, aby możliwe było poprawne ułożenie w matrycy.

Obliczono objętość podtoczonego naddatku:

$$V_{\text{podtoczenia}} = \underline{5902 \text{ mm}^3}$$

Poniżej pokazano rysunek wypraski uzyskanej w wyniku operacji wyciskania przeciwbieżnego, przed operacjami usunięcia naddatku i podtoczenia.



Rysunek 5. Wypraska uzyskana w wyniku procesu wyciskania przeciwbieżnego wraz z naddatkami.

Objętość powyższej wypraski wynosi:

$$V_{\text{wypraski2}} = \underline{\underline{56670 \text{ mm}^3}}$$

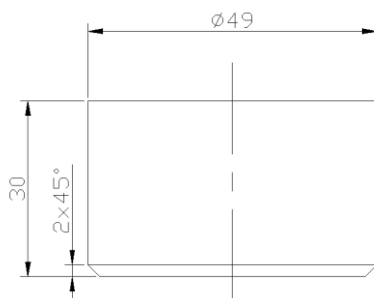
### 2.1.3 Obliczanie wysokości wstępniaka ( $h_0$ )

Założono średnicę wstępniaka z uwzględnieniem luzu na włożenie do matrycy:

$d_0 = 49 \text{ mm}$  oraz jednostronną fazę 2-45.

Obliczono wysokość wstępniaka z warunku stałej objętości:

$$V_w = V_{\text{wypraski2}} \quad h_0 = 30 \text{ mm}$$



Rysunek 6. Wstępniak.

## 2.2 Dobór liczby operacji

Aby uzyskać wymagany wyrób należy zastosować operacje wyciskania przeciwbieżnego, ścięcia naddatku, podtoczenia oraz wyciskania współbieżnego. Poniżej rozpatrzono warunki wykonania operacji wyciskania przeciwbieżnego i współbieżnego.

### 2.1.3 Operacja wyciskania przeciwbieżnego

Aby wypraska została wykonana w jednej operacji musi być spełniony warunek względnej

głębokości gniazda wypraski:  $\frac{h_g}{d_s} \leq 1,8$

$$\frac{h_g}{d_s} = \frac{56}{40,2} = 1,39$$

Warunek został spełniony.

Ponadto odkształcenie względne procesu nie może przekroczyć wartości dopuszczalnych

$$\varepsilon_{Aproc} \leq \varepsilon_{Adop}$$

$$\varepsilon_A = \frac{d_s^2}{d_0^2} \cdot 100 = \frac{40,2^2}{49,5^2} \cdot 100 = 66\% < \varepsilon_{Adop} = 70\%$$

Warunek został spełniony. Wypraska zostanie wykonana w jednej operacji.

### 2.1.3 Operacja wyciskania współbieżnego

Aby wypraska mogła być wykonana w jednej operacji musi być spełniony następujący

warunek:  $\varepsilon_{proc} \leq \varepsilon_{dop}$

$$\varepsilon_{proc} = \ln \frac{d_{z0}^2 - d_{w0}^2}{d_z^2 - d_w^2} = \ln \frac{50^2 - 40^2}{45^2 - 40,2^2} = 0,75$$

$$\varepsilon_{dop} = 1,2$$

Warunek został spełniony

## 3 Obliczenia do poszczególnych operacji

W kolejnej części projektu wykonano obliczenia odkształcenia plastycznego, wartości sił kształtowania, jednostkowych nacisków oraz pracy plastycznego odkształcenia dla przewidywanych operacji.

### 3.1 Operacja wyciskania przeciwbieżnego

#### 3.1.1 Obliczenie odkształcenia plastycznego

Odkształcenie w mierze logarytmicznej:

$$\varepsilon_{procesu} = \ln \frac{d_0^2}{d_0^2 - d_s^2} = \ln \frac{49,5^2}{49,5^2 - 40,2^2} = \ln 2,9 = 1,08$$

#### 3.1.2 Obliczenie siły kształtowania (P)

$$P = A_p \frac{W}{\eta}$$

W – praca jednostkowa odkształcenia plastycznego

$\eta$  - sprawność procesu

$A_p$  – przekrój wypychacza (na niego działa siła)

$A_p = A_0$  – dla operacji wyciskania przeciwbieżnego

gdzie  $A_0$  – przekrój otworu matrycy

$$A_0 = \frac{\pi}{4} \cdot d_0^2 = \frac{\pi}{4} \cdot 49,5^2 = 1924 \text{ mm}^2$$

$$w = \frac{c}{1+n} \cdot \varepsilon^{n+1} = \frac{580}{1+0,28} \cdot 1,08^{0,28+1} = 500 \left[ \frac{\text{Nmm}}{\text{mm}^3} \right]$$

Uwzględniając  $\varepsilon = 1,08$

Na podstawie wykresu z [1] :

$$\eta = 0,48;$$

$$\frac{h_0}{d_0} = \frac{30}{49} = 0,61$$

Siła w operacji wyciskania przeciwbieżnego będzie równa:

$$P = 1924 \cdot \frac{500}{0,48} = 2004167 [\text{N}] = 2004 [\text{kN}]$$

### 3.1.3 Obliczenie nacisków na matrycę ( $p_m$ ) i na stempel ( $p_s$ )

#### Obliczenie nacisków na matrycę ( $p_m$ )

$$p_m = \frac{W}{\eta} = \frac{500}{0,48} = 1042 \text{ MPa}$$

Ponieważ  $p_m > 1000$  – stosujemy jeden pierścień wzmacniający [1]

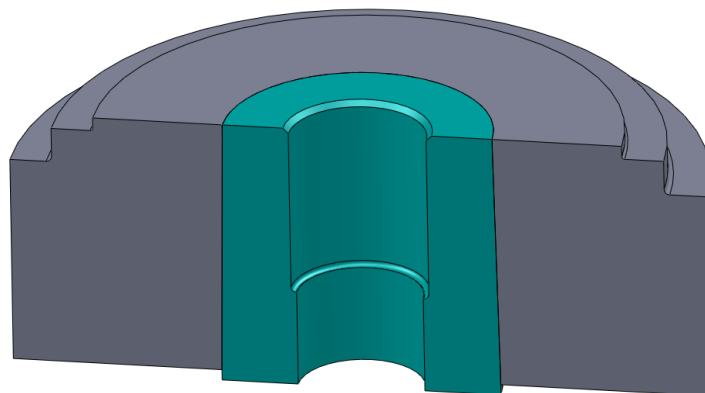
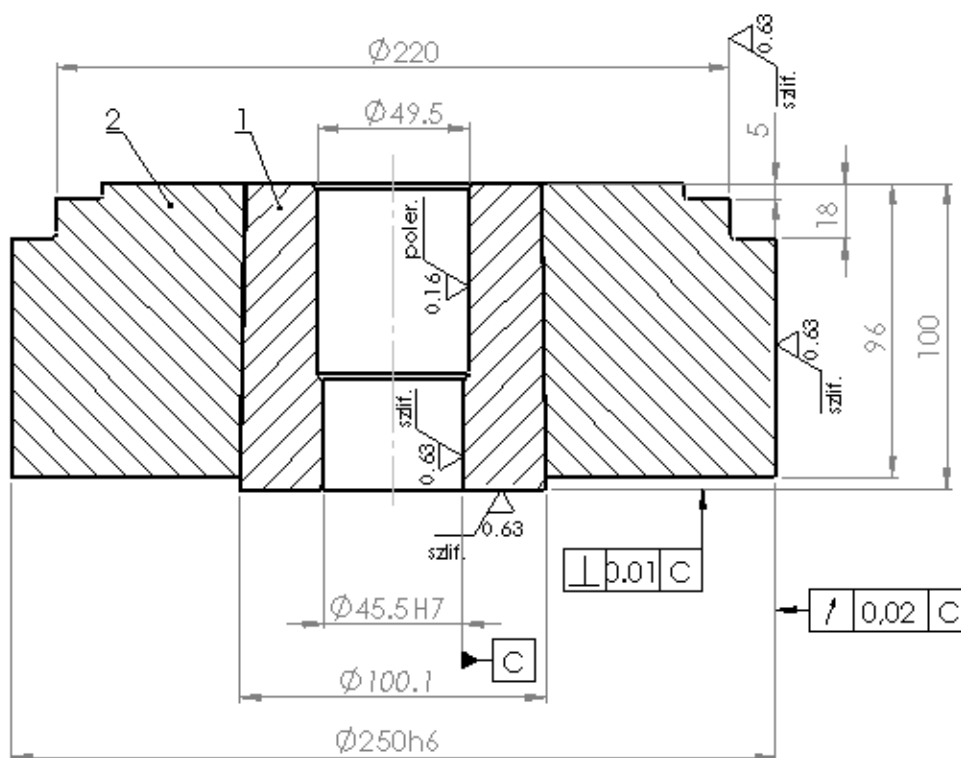
$$D = (4 \div 6) d_0$$

$$D = (198 \div 294) \text{ mm}$$

Założono w przyrządzie gniazdo pod matrycę o średnicy 250 mm

Następnie obliczono średnicę podziałową między pierścieniem roboczym i wzmacniającym:

$$d_1 = 0,9 \sqrt{D \cdot d_0} = 99,6 \approx 100 [\text{mm}]$$



Rysunek 7. Matryca do wyciskania przeciwbieżnego.

### **Obliczenie nacisków na stempel ( $p_s$ )**

Z warunku równowagi sił:

$$p_s = p_m \frac{d_0^2}{d_s^2} = 1042 \frac{49,5^2}{40^2} = 1596 \text{ MPa}$$

gdzie  $p_{sdop} = 1600$  MPa przy wykonywaniu 20 000 sztuk wyrobu (z uwzględnieniem wytrzymałości zmęczeniowej stempla)

## **3.2 Operacja wyciskania współbieżnego**

### **3.2.1 Obliczenie odkształcenia plastycznego**

Odkształcenie w mierze logarytmicznej:

$$\varepsilon_{proc} = 0,75$$

### **3.2.2 Obliczenie siły kształtowania (P) w opercji wyciskania współbieżnego.**

$$P = A_p \frac{W}{\eta}$$

Przekrój na który działa siła :

$$A_p = \frac{\pi}{4} (d_z^2 - d_w^2) = \frac{\pi}{4} (50^2 - 40^2) = 707 \text{ mm}^2$$

$$w = \frac{c}{1+n} \cdot \varepsilon^{n+1} = \frac{580}{1+0,28} \cdot 0,75^{0,28+1} = 313,6 \left[ \frac{\text{Nmm}}{\text{mm}^3} \right]$$

$$\eta = 0,56$$

$$P = 707 \cdot \frac{313,6}{0,56} = 396 \text{ kN}$$

### **3.2.3 Obliczenie nacisków na matrycę ( $p_m$ ) i na stempel ( $p_s$ )**

Dla wyciskania współbieżnego  $p_m = p_s$

Obliczenie nacisków na matrycę:

$$p_m = \frac{W}{\eta} = \frac{313,6}{0,56} = 560 \text{ MPa}$$

$$p_m = p_s = 560 \text{ MPa}$$

## **3.3 Obliczenie pracy całkowitej**

Pracę obliczono ze wzoru:

$$L = P \odot s_r$$

### **3.3.1 Obliczenie pracy przy wyciskaniu przeciwbieżnym**

Do obliczenia pracy wyznaczono wielkość skoku roboczego:

$$s_r = h_0 - g_d = 30 - 8 = 22 \text{ mm}$$

$$L = 2004167 \odot 22 = 44092 \text{ J} = 44,09 \text{ kJ}$$

### **3.3.1 Obliczenie pracy przy wyciskaniu współbieżnym**

$$s_r = h - h_1 = 56 - 15 = 41 \text{ mm}$$

$$L = 396\,000 \odot 41 = 16236 \text{ J} = 16,236 \text{ kJ}$$

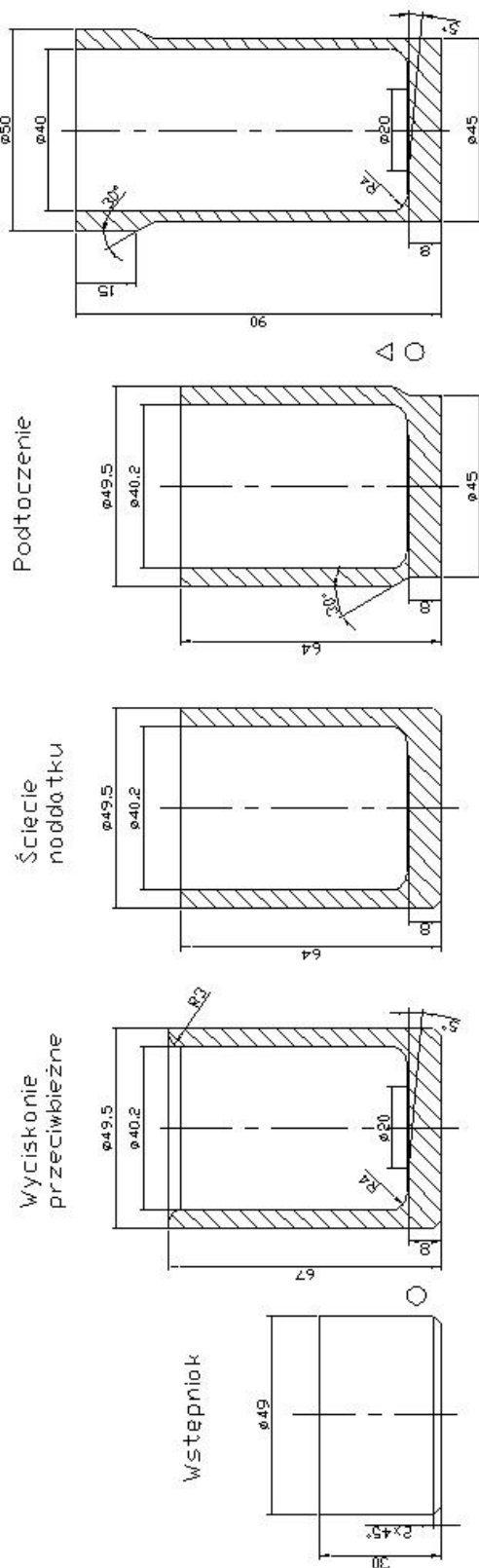
## **3.4 Plan operacyjny**

## Plan operacyjny

△ Wyżarzanie  
rekrystalizujące

○ Fosforowanie i namydlenie w  
roztworze mydła sodowego

Wyciskanie  
współbieżne



$\varepsilon = 1,08$   
 $\alpha = 66\%$   
 $P_{max} = 2004 \text{ kN}$   
 $p_a = 1596 \text{ MPa}$   
 $p_m = 1024 \text{ MPa}$   
 $s = 22 \text{ mm}$   
 $L = 44,09 \text{ kJ}$

$\varepsilon = 0,75$   
 $P_{max} = 220 \text{ kN}$   
 $p_a = 560 \text{ MPa}$   
 $p_m = 560 \text{ MPa}$   
 $s = 41 \text{ mm}$   
 $L = 16,2 \text{ kJ}$

Rys.8 Plan operacyjny

### 3 Technologiczny schemat realizacji wyciskania przeciwbieżnego

#### 4.1 Rysunek narzędzia : matrycy i stempla

W celu zaprojektowania stempla przyjęto następujące założenia [1]:

$h_1 \geq$  wysokości naczynia

$h_1 \geq 67$  mm

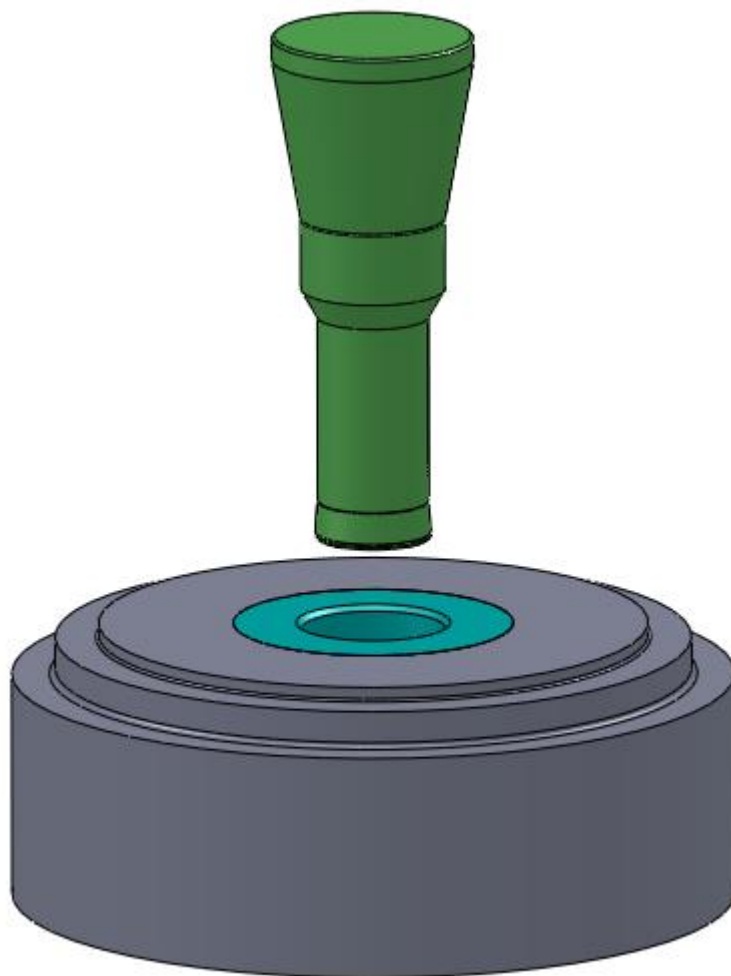
przyjęto:

$h_1 = 80$  mm

$d_s$  – średnica stempla

$d_s = 40$  mm

Dane do narysowania matrycy zostały obliczone w punkcie 3.1.3.



*Rys.9. Konstrukcja stempla i matrycy*

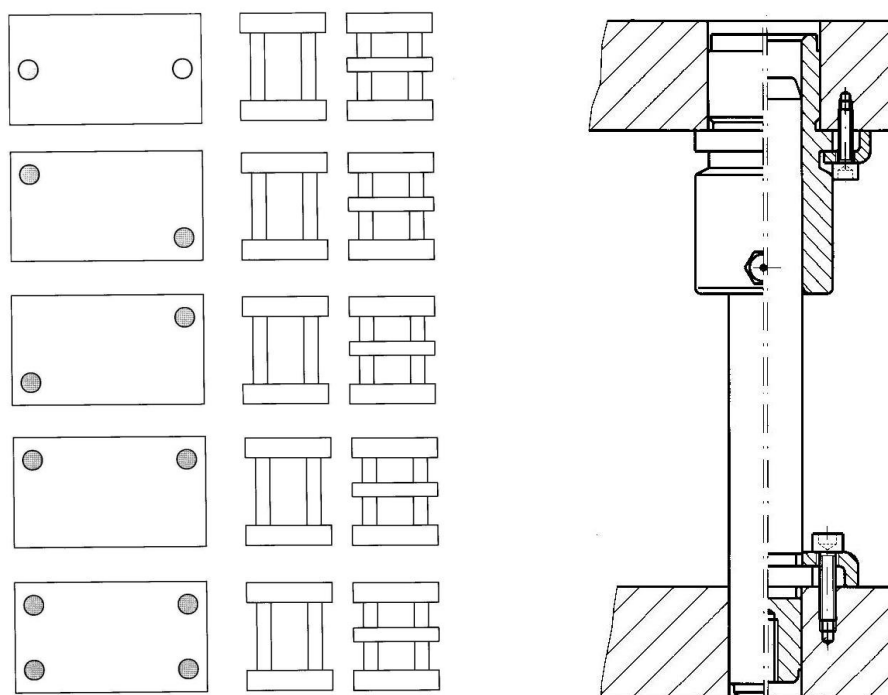






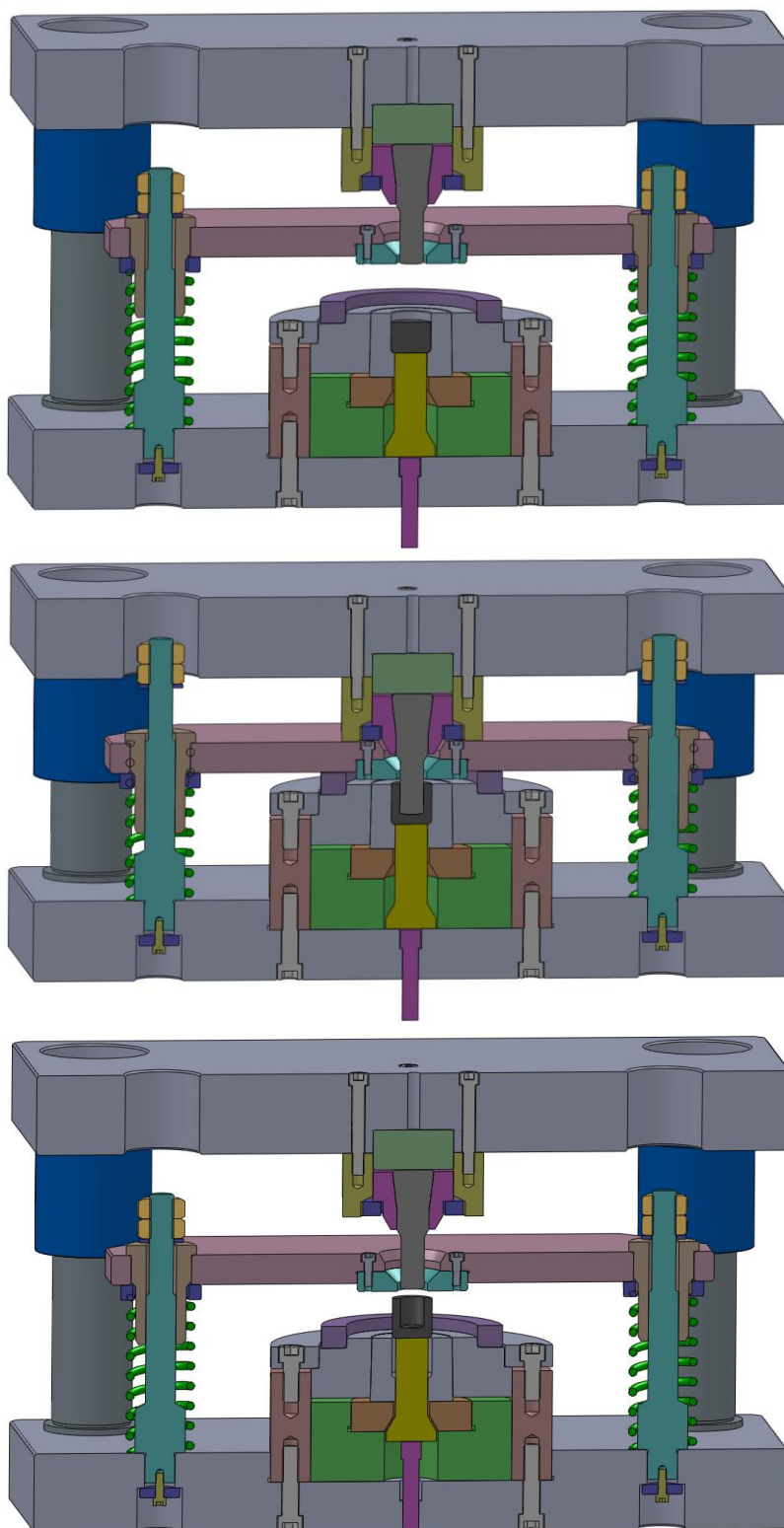
## Projektowanie przyrządu

Przyrządy służą do posadowienia narzędzi, i wzajemnego ich pozycjonowania w trakcie realizacji operacji. Najczęściej składa się je, odpowiednio do potrzeb z dostępnych na rynku elementów. Przyrząd składa z płyty dolnej, w której mocowana jest matryca i wypychacz, płyty górnej, w której mocowany jest stempel oraz płyty ściągacza, w której mocowany jest ściągacz. Wzajemne pozycjonowanie płyt zapewniają słupy i prowadnice. Ilość słupów i rodzaj ich prowadzenia zależy od prowadzonego procesu, dostępnej maszyny itp. Przykłady płyt oferowanych przez jednego z producentów oraz jednego ze sposobów prowadzenia pokazane są na rys. 1.



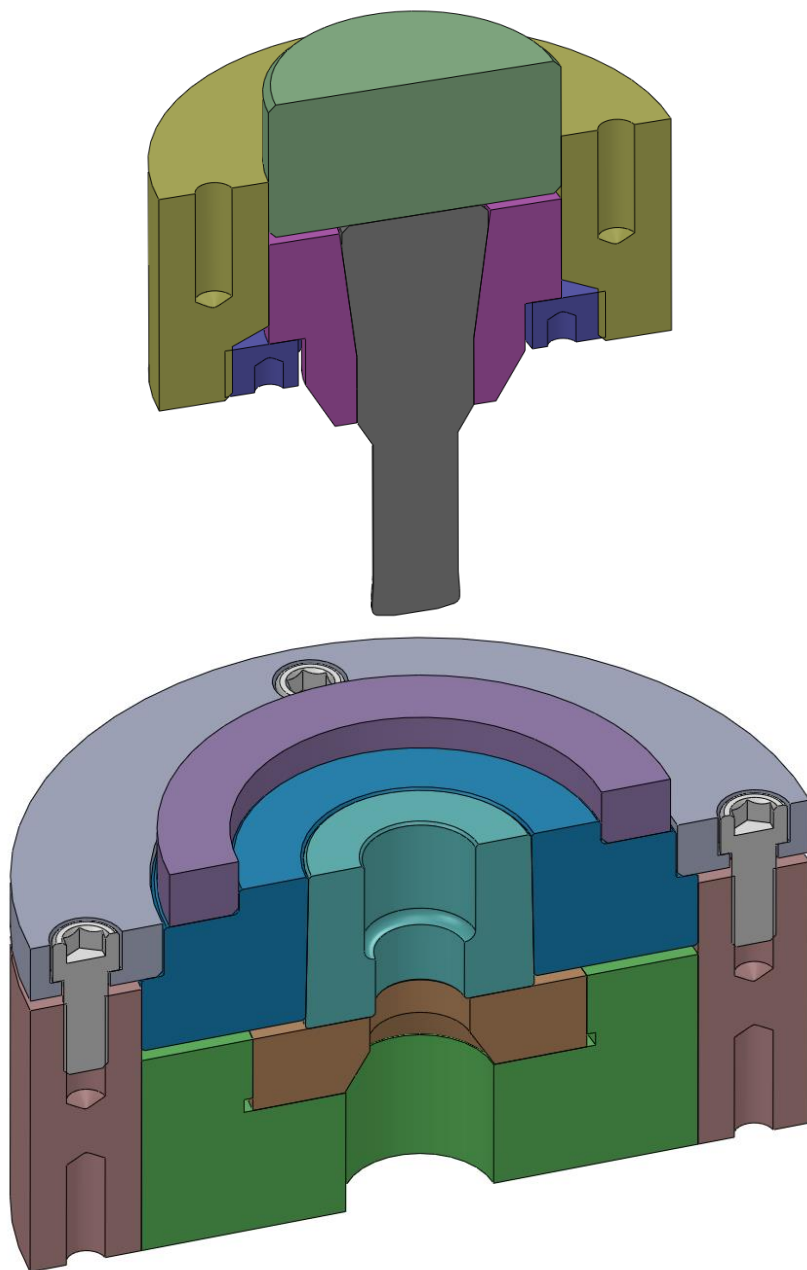
Rys. 12. Przykłady płyt i jeden ze sposobów ich wzajemnego prowadzenia

W projekcie należy zaprojektować (model 3d) przyrząd będący miejscem posadowienia narzędzi: stempla i matrycy oraz zapewniający wzajemne ich pozycjonowanie. W przyrządzie tym ma być realizowana operacja wyciskania przeciwbieżnego naczynia. Przebieg tej operacji oraz obowiązująca konstrukcja przyrządu pokazuje rys. 2.



*Rys.13. Operacja wyciskania przeciwbieżnego naczynia: załadowanie wstępniaka (górne położenia suwaka prasy), wyciśnięcie naczynia (dolne położenie suwaka prasy), wycofanie stempla z jednoczesnym wypchnięciem naczynia z matrycy i zepchnięciem naczynia ze stempla*

W sposób dokładny (tak jak do wykonania) mają być zaprojektowane narzędzia oraz ich posadowienia. Oznacza to, zaprojektowanie wszystkich elementów włącznie ze śrubami, kołkami, podkładkami itp. Poszczególne części mają mieć podcięcia obróbkowe, fazy, promienie, gwinty itp. Na rys. 3 pokazane są posadowienia, których wszystkie części mają być zaprojektowane szczegółowo (3d – do wykonania).

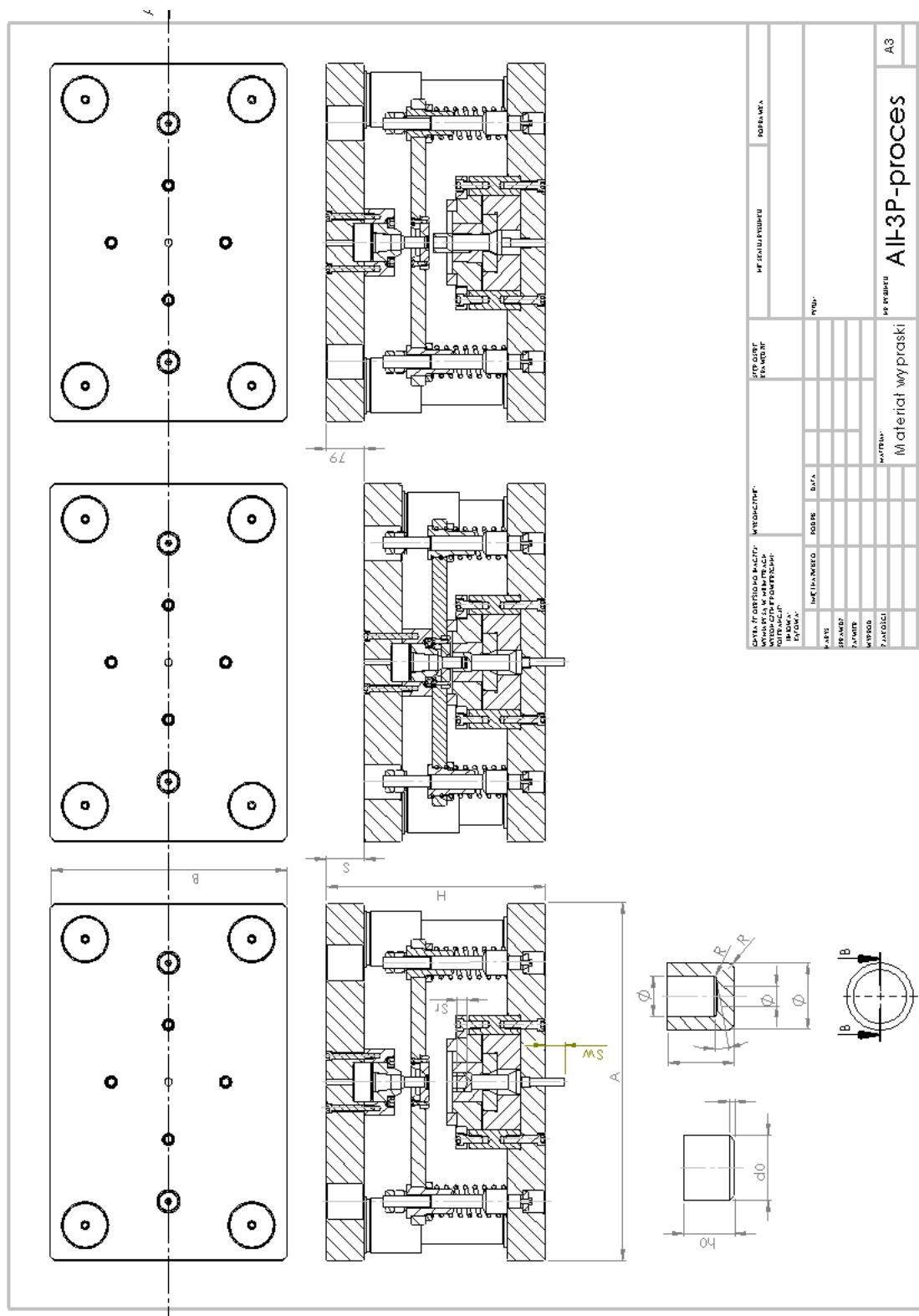


*Rys. 14. Posadowienia stempla i matrycy (obowiązuje konstrukcja dokładna – śruby, podcięcia, fazy)*

Przyrząd, w którym umieszczone mają być posadowienia z narzędziami należy otrzymać od prowadzącego w formie złożenia 3d umożliwiającego realizację ruchów roboczych, kolizji itp.

## 4.2 Ruch narzędzia dla operacji wyciskania przeciwbieżnego

Podstawą do wyznaczenia niezbędnych do ustawienia prasy ruchów procesu jest symulacja pracy przyrządu w przestrzeni programu. Zapisem skrajnych położeń przyrządu jest rysunek zbiorczy (rys.4). Na nim zaznacza się poszukiwane wymiary to znaczy: gabaryty przyrządu w górnym położeniu (H, A, B), skok prasy (S), ruch roboczy (Sr), ruch wypychacza (Sw).



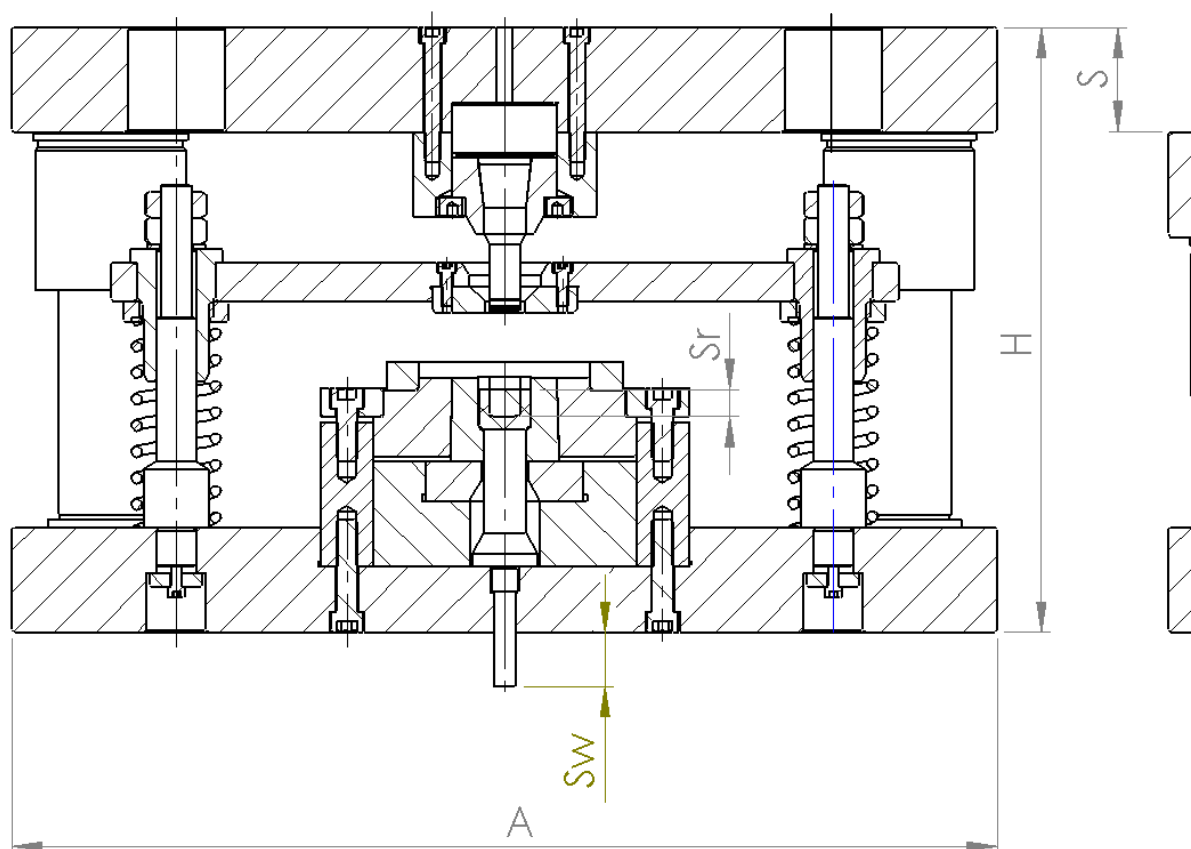
*Rys.15. Proces wyciskania przeciwbieżnego*

#### 4.2.1 Wyznaczenie skoku prasy dla operacji wyciskania przeciwbieżnego

Skok prasy wyznaczony z symulacji ruchów przyrządu rys.4.

$S = 128 \text{ mm}$ . Skok prasy.

$S_r = 22 \text{ mm}$ . Skok roboczy, w czasie którego występuje siła procesu - konieczny do wyznaczenia pracy procesu).



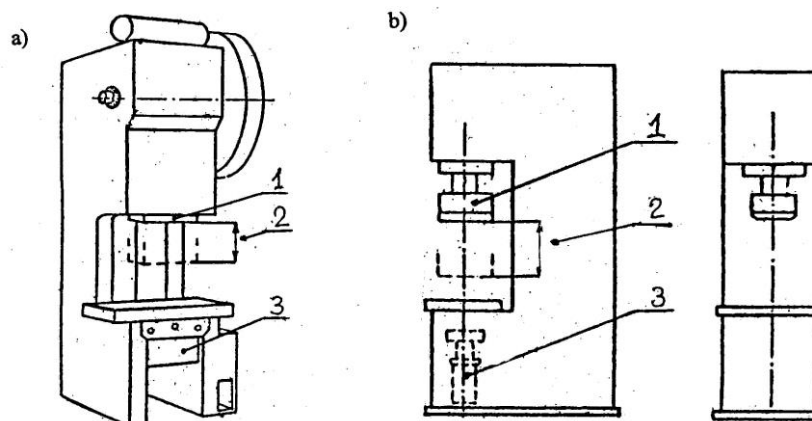
*Rys.16. Wyznaczenie ruchów narzędzi*

#### 4.2.2 Wyznaczenie skoku wypychacza dla operacji wyciskania przeciwbieżnego

Skok wypychacza maszyny musi być wystarczająco duży, aby usunąć wypraskę z przyrządu, rys.5. W przypadku wyciskania przeciwbieżnego wynosi on:

$s_w = 64 \text{ mm}$

## Dobór prasy



Rys. 17. Prasa wysięgowa z poduszką: a) mimośrodowa, b) hydrauliczna, 1-suwak, 2-skok suwaka, 3-poduszka

Tablica 12a. Parametry wybranych pras mimośrodowych

Wielkość	Symb.	Jedn.	Typ prasy						
			PMS10 C	PMS16 C	PMS25 C	PMS40 C	PMS63 C	PMS10 0D	PMS16 0B
Nacisk nominalny	$P_n$	kN	100	160	250	400	630	1000	1600
Wysięg	W	mm	160	180	220	250	280	315	400
Skok nastawny suwaka	S	mm	6-70	6-80	8-90	8-100	8-110	10-110	20-140
Liczba skoków	$n_s$	1/min	160;180	140;165	80;115; 145	60;90; 120	65;85; 110	60	40
Odl. suwaka od stołu dla $R=0$ i $S_{max}$	O	mm	270	220	250	280	315	305	440
Nastawność suwaka	R	mm	56	63	70	80	90	85	120
Wymiary stołu	BxL	mm	430x315	500x355	630x450	710x500	800x560	900x620	1140x760
Średnica otworu w stole	D/D <sub>1</sub>	mm	140/160	160/180	200/220	220/250	250/280	325/365	450/490
Grubość płyty mocującej	H	Mm	56	63	70	80	90	100	125
Średn. otw. w płycie mocuj.	D2	Mm	60	80	100	110	120	180	250
Średnica otw. W suwaku	d	mm	25	32	32	40	40	50	50
Praca użyteczna	Ruch poj.	kGm	40	45			230	240	1200
	Ruch ciągly	kGm	45	20			120	120	660
wypychacz	Nacisk	kN	10	16	16		63	49	160
	Skok	mm	30	35			50	50	75



+*Tablica 12b - Parametry wybranych pras hydraulicznych*

Wielkość	Wiel.	Jedn.	Model prasy PYE S/1-M						
			10	25	40	63	100	160	250
Nacisk	Pn		100	250	400	630	1000	1600	2500
Siła powrotu	Pp		21	50	85	100	200	340	380
Prędkość stempla		Mm/s	110	115	110	63	320	200	210
Odjazd			42	32	26	18	14	9	9
Średnia Dojazd			450	450	450	380	200	125	110
Skok	S	Mm	400	500	500	500	500	500	500
Wysięg		Mm	250	360	360	360	360	360	360
Wys. Zabudowy		Mm	630	800	800	800	800	800	800
Wym. Stołu [A x B]	A	Mm	500	630	630	750	750	900	900
	B	Mm	400	500	500	560	560	630	630
Kanały T stołu		Mm	18	18	22	22	22	22	28
Śr. Otwóru stołu C		Mm	140	180	200	200	200	200	200
Wys. Stołu od podłoża		Mm	710	710	710	710	710	800	800
Wym. Suwaka [D x E]	D	Mm	360	450	450	530	530	750	750
	E	Mm	280	360	360	400	400	450	450
Otw. cent. w suwaku	d	Mm	25	32	40	40	50	50	65
Kanały T w suwaku	K	Mm	-	18	22	22	22	22	28
Podłączenie		kW	5,25	8,75	12,6	12,6	16,6	16,6	20,1
Masa własna		Kg	1300	2200	3150	4100	5040	7000	8000
Gabaryty prasy		Mm	1000	1000	1100	1150	1150	1250	1250
Szerokość		Mm	1260	1550	1750	1850	1850	2200	2200
Głębokość		Mm	2300	2650	2800	2950	3100	3450	3450
Wysokość		Mm	2300	2650	2800	2950	3100	3450	3450

*Tablica 13 a. Zalecane materiały na matryce i pierścienie wzmacniające*

Narzędzie	Charakterystyka obciążenia	Wymagania	Zalecana stal narzędziowa			Granica plastyczności $R_{0,2}$ ( $R_e$ ) MPa	Zalecana twardość HRC (HB)	Średnica równoważ. dla gwarancji własności mm	Wskaźnik porównawczy własności <sup>1)</sup>		
			rodzaj	znak	norma				odporność na ścieranie	ciągliwość	skrawalność
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Matryce	Duże naprężenia rozciągające i silne ścieranie	Najwyższa wytrzymałość i odporność na ścieranie	Szybkotnąca kobaltowa	SK8M	PN-77 H-85022	2450 ściskanie	63-65	100	9	3	5
		Dobra wytrzymałość i odporność na ścieranie	Szybkotnąca wolframowa	SW7M		2350 ściskanie	62-64	100	8	4	5
		Dobra wytrzymałość i średnia odporność na ścieranie	Chromowa odporna na korozję i żaroodporna	H12M	BN-63 0644-02	2150 ściskanie	60-62	160	7	5	5
		Dobra wytrzymałość i średnia odporność na ścieranie	Narzędziowa do pracy na zimno	NC10	PN-69 H-85023	2000 ściskanie	60-62		6	5	5
		Najwyższa wytrzymałość na rozciąganie. Średnia rozszerzalność cieplna	Narzędziowa na gorąco	WCL	PN-77 H-85021	1350 rozciąg.	380-450 (HB)		—	10	10
		Dobra wytrzymałość na rozciąganie. Mała rozszerzalność cieplna	Chromowo-manganowo-krzemowa	35MGS	PN-72 H-84030	1200 rozciąg.	440-500 (HB)		—	4	5
		Duża wytrzymałość na rozciąganie. Mała rozszerzalność cieplna	Sprężynowa chromowo-krzemowa	50HSA	PN-65 H-84032	1100 rozciąg.	440-500 (HB)		—	4	5
		Duża wytrzymałość na rozciąganie. Duża rozszerzalność cieplna	Chromowo-molibdenowa	40HM	PN-72 H-84030	1100 rozciąg.	270-330 (HB)	100	—	4	6
		Najwyższa wytrzymałość na rozciąganie. Duża rozszerzalność cieplna	Chromowo-ni-klowo-molibdenowo-wanadowa	45 HNMF	PN-72 H-84030	1390 rozciąg.	270-330 (HB)	250	—	4	6

<sup>1)</sup> Wskaźnik szacunkowy, wyrażony w umownej skali 1 do 10, gdzie 10 oznacza najlepsze własności.

Tablica 13 b. Zalecane materiały na części tłoczników.

Nazwa części przyrządu	Zalecane gatunki stali			Zalecana twardość HRC	Rodzaj obciążenia	
	rodzaj	znak	norma			
Wypychacz	szybkotnąca kobaltowa szybkotnąca wolframowa chromowa, odp. na korozję	SK8M- SW7M H12M	PN-77/H-82022 PN-77/H-82022 BN-63/0644-02	63-65 62-64 60-62	duże obciążenia ściskające oraz ew wybocżające	
	narzędziowa do prasy na zimno narzędziowa do prasy na zimno narzędziowa do prasy na zimno	NC6 NCLV NZ2	PN-77/H-85023 PN-77/H-85023 PN-77/H-85023	60-62 58-62 56-58	niższe naprężenie ściskające	
Kotek wypychacza	narzędziowa do prasy na zimno narzędziowa do prasy na zimno stopowa konstrukcyjna	NC6 NZ2 40H	PN-77/H-85023 PN-77/H-85023 PN-72/H-84030	60-62 56-58 56-58	obciążenia wybocza- jące	
Spychacz	Płytki	konstrukcyjna zwykłej jakości konstrukcyjna zwykłej jakości konstrukcyjna wyższej jakości konstrukcyjna wyższej jakości	St5 St6 45 55	PN-72/H-84020 PN-72/H-84020 PN-75/H-84019 PN-75/H-84019	42-46 48-52	obciążenia zgina- jące
	Wkładka pierście- niowa lub szczęki	konstrukcyjna wyższej jakości narzędziowa do pracy na zimno narzędziowa do pracy na zimno	55 NC6 NZ2	PN-75/H-84019 PN-77/H-85023 PN-77/H-85023	54-58 60-62 56-58	odporność na ście- ranie
Przekładka	narzędziowa do pracy na zimno narzędziowa do pracy na zimno chromowa, odporna na korozję narzędziowa do pracy na zimno	NC6 NC11 H12M NCLV	PN-77/H-85023 PN-77/H-85023 BN-63/0644-02 PN-77/H-85023	60-62 60-62 60-62 58-62	duże obciążenia ściskające	
Obudowa płyty: głowicowa i podstawowa	konstrukcyjna zwykłej jakości konstrukcyjna zwykłej jakości konstrukcyjna zwykłej jakości konstrukcyjna wyższej jakości konstrukcyjna wyższej jakości staliwo węglowe konstrukcyjne staliwo węglowe konstrukcyjne	St5 St6 St4S 45 55 L50II L60II	PN-72/H-84020 PN-72/H-84020 PN-72/H-84020 PN-75/H-84019 PN-75/H-84019 PN-71/H-83152 PN-71/H-83152	42-46 48-52 38-42 46-50	obciążenia ściskające i rozciągające	
Części mocujące	nakrętki specjalne	konstrukcyjna wyższej jakości konstrukcyjna wyższej jakości narzędziowa do prasy na zimno	45 55 NZ2	PN-75/H-84019 PN-75/H-84019 PN-77/H-85023	42-46 48-52 56-58	obciążenia rozciąga- jące
	tuleje gwintowane	konstrukcyjna wyższej jakości narzędziowa do pracy na zimno narzędziowa do pracy na zimno	55 NC6 NZ2	PN-75/H-84019 PN-77/H-85023 PN-77/H-85023	48-52 56-58 54-56	obciążenia rozciąga- jące
	tuleja stemplowa (ustalająca)	konstrukcyjna wyższej jakości narzędziowa do pracy na zimno narzędziowa do pracy na zimno narzędziowa do pracy na gorąco	55 NC6 NZ2 WCL	PN-75/H-84019 PN-77/H-85023 PN-77/H-85023 PN-77/H-85021	48-52 60-62 56-58 58-60	obciążenia rozciąga- jące
	wkładka klinowa (do ustalania matrycy)	konstrukcyjna wyższej jakości narzędziowa do pracy na gorąco	55 WCL	PN-75/H-84019 PN-77/H-85021	48-52 50-54	obciążenia rozciąga- jące
	pierścienie (obsady) do mocowania płyt	konstrukcyjna zwykłej jakości konstrukcyjna wyższej jakości	St5 55	PN-72/H-84020 PN-75/H-84019	48-52	obciążenia rozciąga- jące
Stopy	stopowa konstrukcyjna	20H	PN-72/H-84030	58-62 nawęgl.		
Tuleje prowadzące (dużych wymiarów)				52-56 nawęgl.		