

Gięcie

Wstęp – cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest:

- Wyznaczenie charakterystyki gięcia materiału ułatwiającej obliczanie momentu gnącego,
- Wyznaczenie przebiegu siły wyginania pod kątem 90° w tłoczniku gnącym,
- Określenie wartości sprężynowania po gięciu.

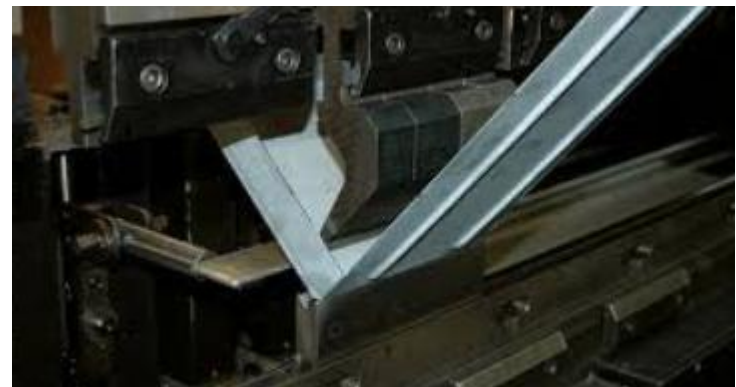


Rodzaje gięcia, definicja procesu

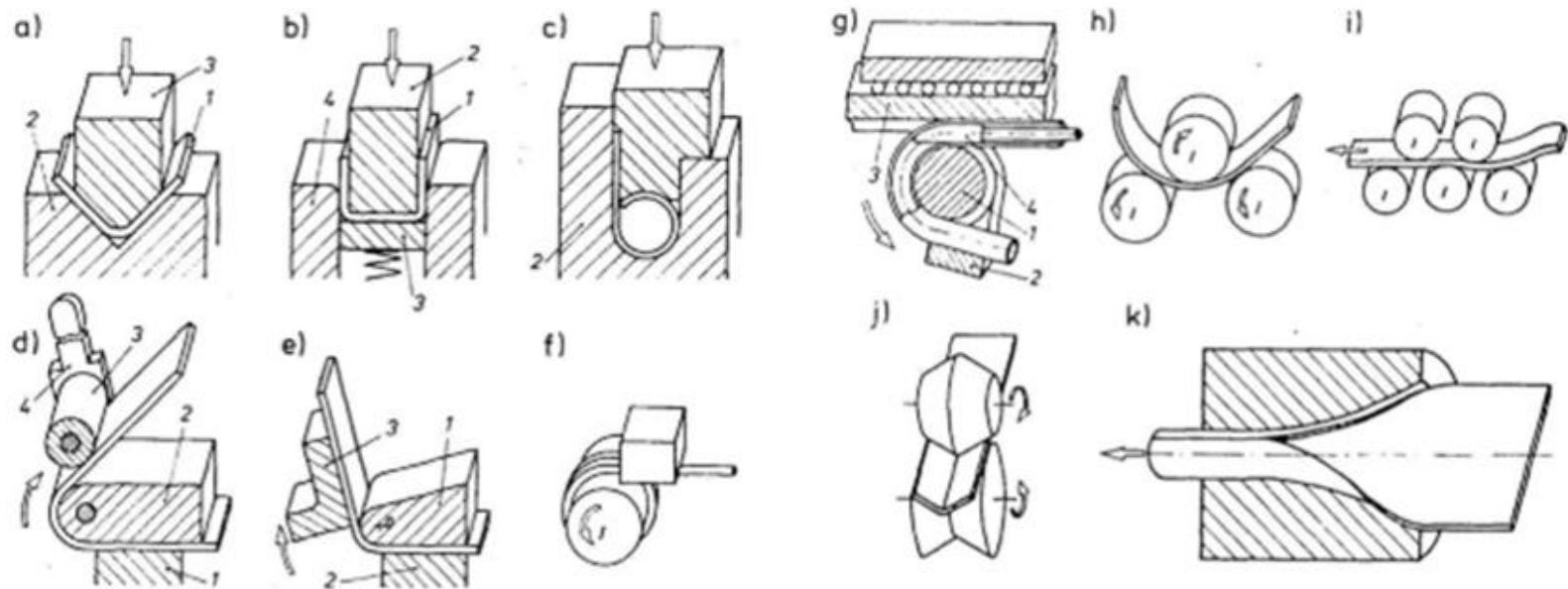
Gięcie jest procesem kształtowania przedmiotów o powierzchniach rozwijalnych, w którym zachowana zostaje prostoliniowość tworzących, a zmiana krzywizny giętego materiału zachodzi w jednej płaszczyźnie. W zależności od rodzaju ruchu narzędzi rozróżnia się:

- gięcie na prasach - narzędzie wykonuje ruch prostoliniowo-zwrotny,
- gięcie przez walcowanie,
- gięcie przez przeciąganie (przepychanie).

<https://www.youtube.com/watch?v=ngW7gRaGgWc>



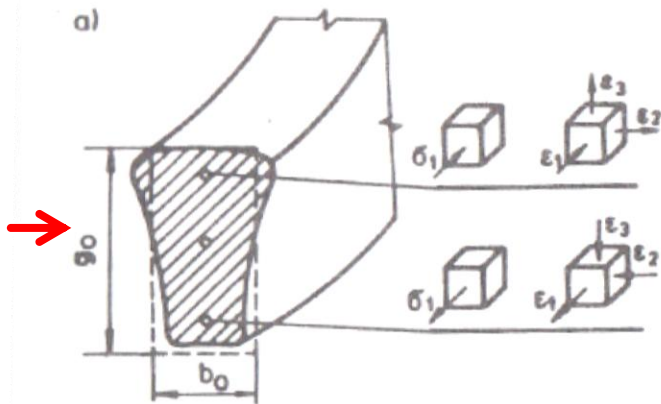
Sposoby gięcia



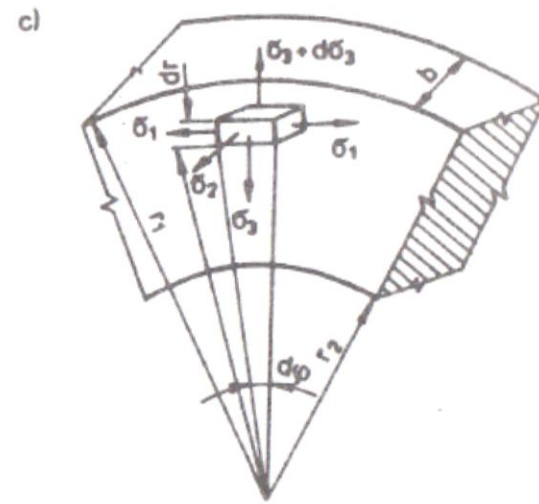
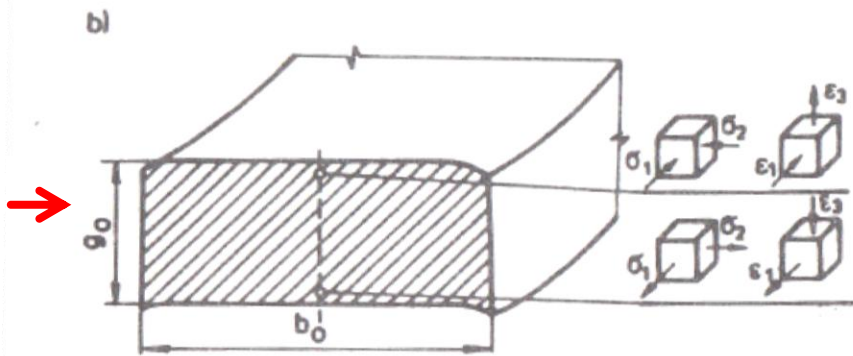
Rys. 7.1. Sposoby gięcia: a) wyginanie, b) zaginanie, c) zwijanie, d) owijanie prętów, e) gięcie na zaginarkach, f) zwijanie sprężyn na trzpieniu, g) owijanie rur, h) gięcie blachy za pomocą trzech walców, i) prostowanie blachy, j) wzdłużne walcowanie kształtowników, k) gięcie przez przeciąganie

Stan naprężeń

Pasy wąskie



Pasy szerokie



Rys. 3.13. Klasyfikacja procesów gięcia ze względu na stan naprężeń: a) gięcie o małej krzywiznie pasów wąskich, b) gięcie o małej krzywiznie pasów szerokich, c) gięcie o dużej krzywiznie

Przebieg procesu gięcia -faza odkształceń sprężystych

Przebieg procesu gięcia

W procesie gięcia wyróżnia się następujące fazy:

1. Fazę odkształceń sprężystych materiału, dla której w skrajnych punktach przekroju poprzecznego wartość naprężeń i odkształceń wynosi odpowiednio:

$$\varphi_1 \approx \varepsilon_1 = \pm \frac{g}{2\rho}; \quad \sigma_1 = \pm E \frac{g}{2\rho} \quad (3.4)$$

gdzie: g - grubość giętego pasma,

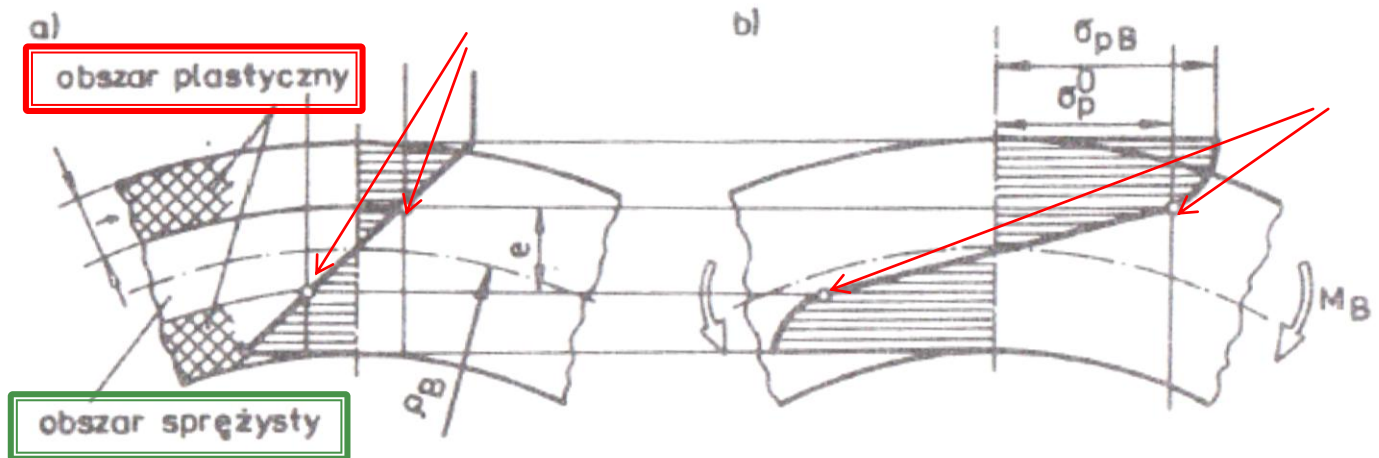
ρ - promień gięcia,

E - moduł Younga.

Rozkład naprężeń i odkształceń na przekroju pasma jest liniowy. Faza gięcia sprężystego kończy się z chwilą, gdy w skrajnych włóknach naprężenia osiągną wartość naprężeń uplastyczniających σ_p^0 .

Faza odkształceń plastycznych

- Zakrzywianie
- owijanie
- dotłaczanie

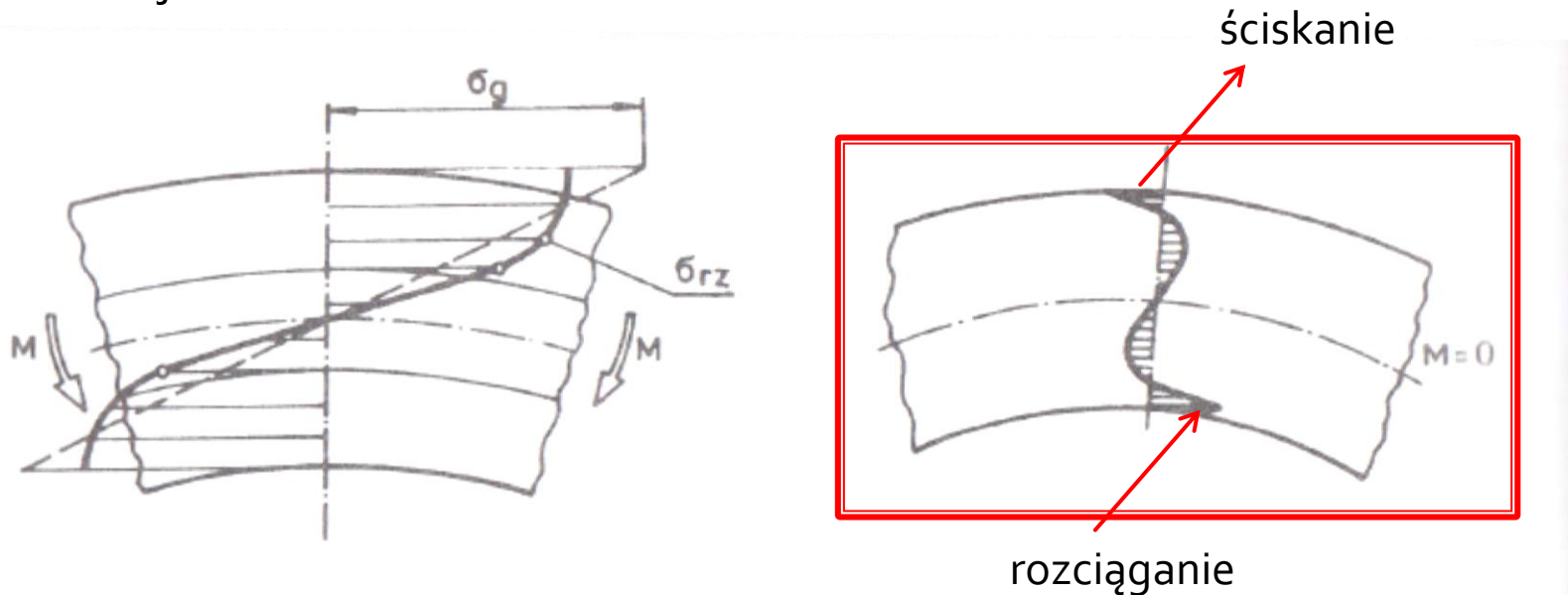


Rys. 3.14. Rozkład odkształceń - a) i naprężeń - b) na przekroju giętego pasma w fazie odkształceń plastycznych

2. Faza odkształceń plastycznych; przy dalszym zwiększaniu krzywizny, już w zakresie odkształceń plastycznych zachowany zostaje w przybliżeniu prostoliniowy rozkład odkształceń przy czym w obu warstwach zewnętrznych o grubości f odkształcenie osiowe przekracza wartość graniczną ϕ_p , wobec czego warstwy te znajdują się w stanie plastycznym, podczas gdy leżące między nimi warstwa o grubości e jest jeszcze w stanie sprężystym.

Naprężenia własne

3. Faza powrotnych odkształceń sprężystych; po całkowitym zdjęciu obciążenia w zgiętym paśmie pozostają naprężenia własne pierwszego rodzaju.



Rys. 3.15. Sposób wyznaczania naprężeń własnych pierwszego rodzaju na przekroju giętego pasma

Sprężynowanie

Sprężynowanie po gięciu

W biernej fazie procesu gięcia, gdy wartość momentu gnącego zmaleje do zera, krzywizna materiału $1/\rho$ zmniejszy się do wartości $1/\rho_s$ (rys. 3.16), którą można wyznaczyć ze wzoru:

$$\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_s} = \frac{M}{EI}$$

Dla pasów wąskich (3.5)

gdzie I - osiowy moment bezwładności przekroju poprzecznego.

$$\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_s} = \frac{M(1 - \nu^2)}{EI}$$

Dla pasów szerokich (3.6)

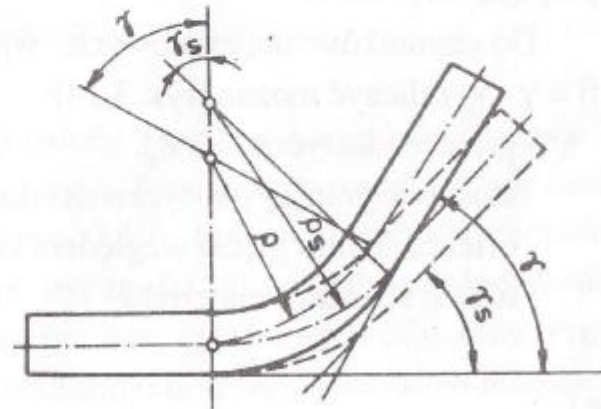
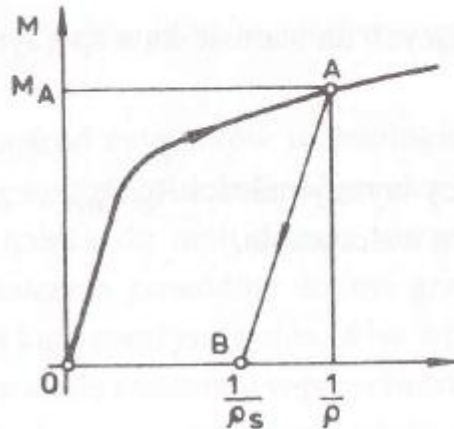
gdzie ν - liczba Poissona.

Schemat sprężynowania

Niejednokrotnie wartość sprężynowania po gięciu określa się w mierze kątowej, wykorzystując zależność $\gamma = l/\rho$:

Zależność między kątem gięcia a promieniem gięcia

$$\beta = \gamma - \gamma_s = \frac{M(1 - \nu^2)}{EI} \quad (3.7)$$



Rys. 3.16. Schemat sprężynowania po gięciu

Współczynnik sprężynowania K

Innym miernikiem wartości sprężystych odkształceń powrotnych jest tzw. współczynnik sprężynowania:

$$K = \frac{\rho}{\rho_s} = 1 - \frac{M\rho}{EI}$$

(3.8)

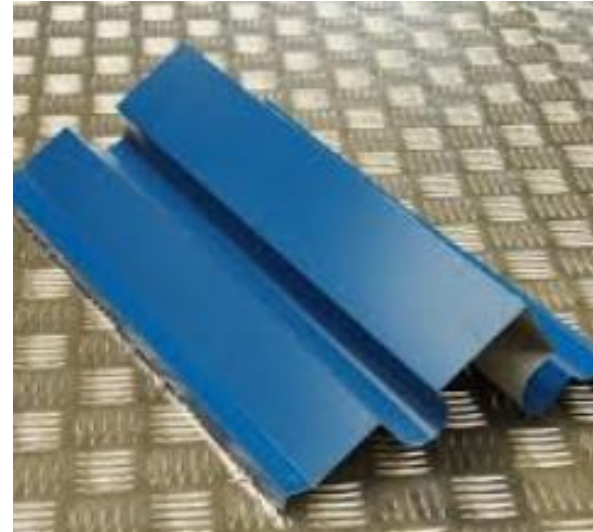
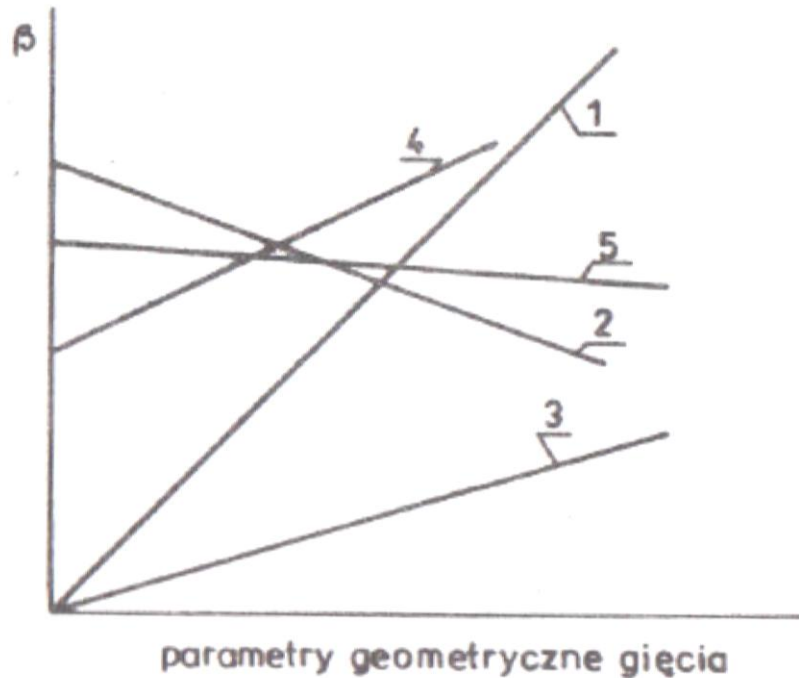
Czynniki wpływające na zjawisko sprężynowania

Czynniki wpływające na zjawisko sprężynowania po gięciu można podzielić na trzy grupy:

- Czynniki geometryczne,
- Czynniki materiałowe,
- Czynniki technologiczne.

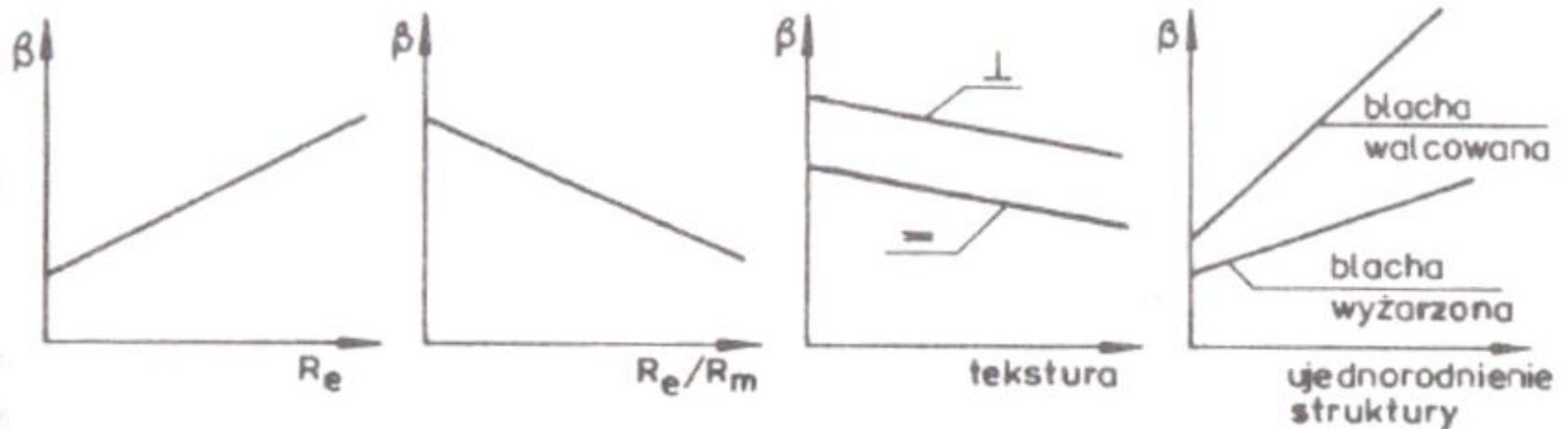


Czynniki geometryczne



Rys. 3.17. Wpływ czynników geometrycznych: promienia gięcia ρ (1), grubości g (2), względnego promienia gięcia ρ/g (3), odległości pomiędzy podporami w (4), szerokości pasma (5) na wartość kąta sprężynowania po gięciu

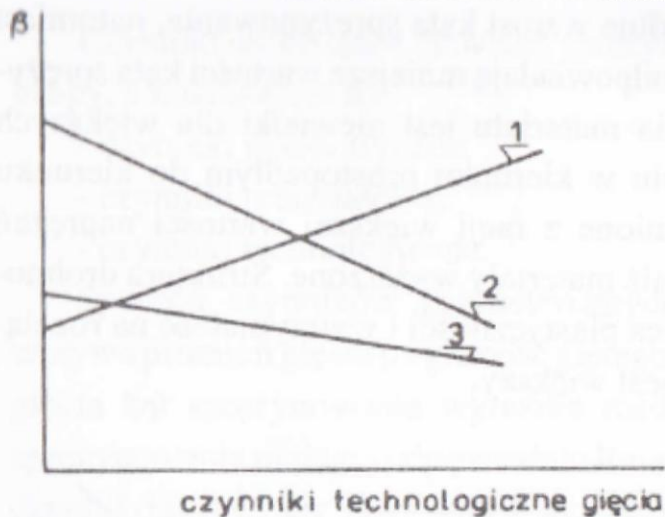
Czynniki materiałowe



Rys. 3.18. Wpływ czynników materiałowych na wartość kąta sprężynowania

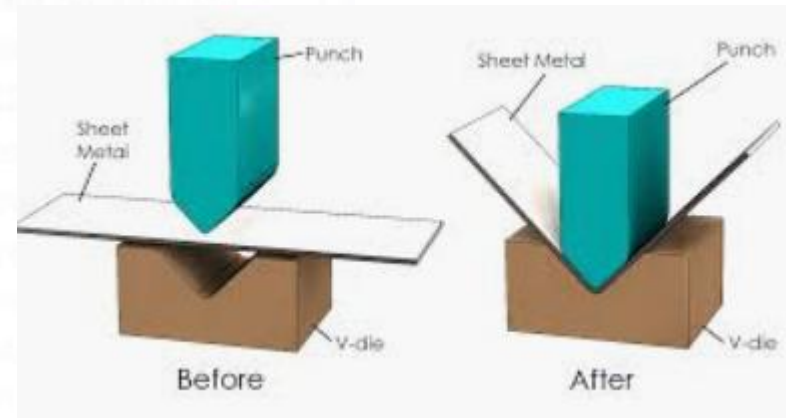
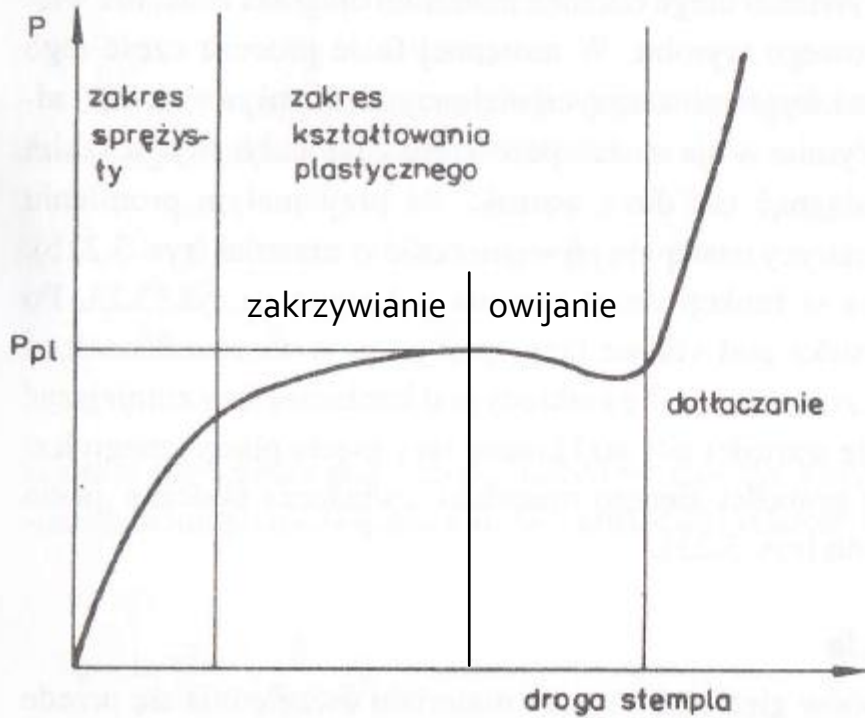
Czynniki technologiczne

Spośród czynników technologicznych należy wyróżnić takie, które w sposób istotny wpływają na wartość granicy plastyczności. **Temperatura i prędkość** odkształcenia należą do nich przede wszystkim (rys. 3.19). Ponieważ wzrost prędkości odkształcenia powoduje wzrost granicy plastyczności, to powoduje jednocześnie wzrost kąta sprężynowania, więc wpływ temperatury ma charakter odwrotny. Przetrzywanie materiału w przyrządzie pod obciążeniem sprzyja procesowi relaksacji naprężeń, tym samym powoduje zmniejszenie kąta sprężynowania. Zależności przedstawione na rys. 3.17-3.19 mają jedynie charakter jakościowy, a nie ilościowy.



Rys. 3.19. Wpływ niektórych czynników technologicznych na wartość kąta sprężynowania po gięciu: 1 - prędkość, 2 - czas, 3 - temperatura gięcia

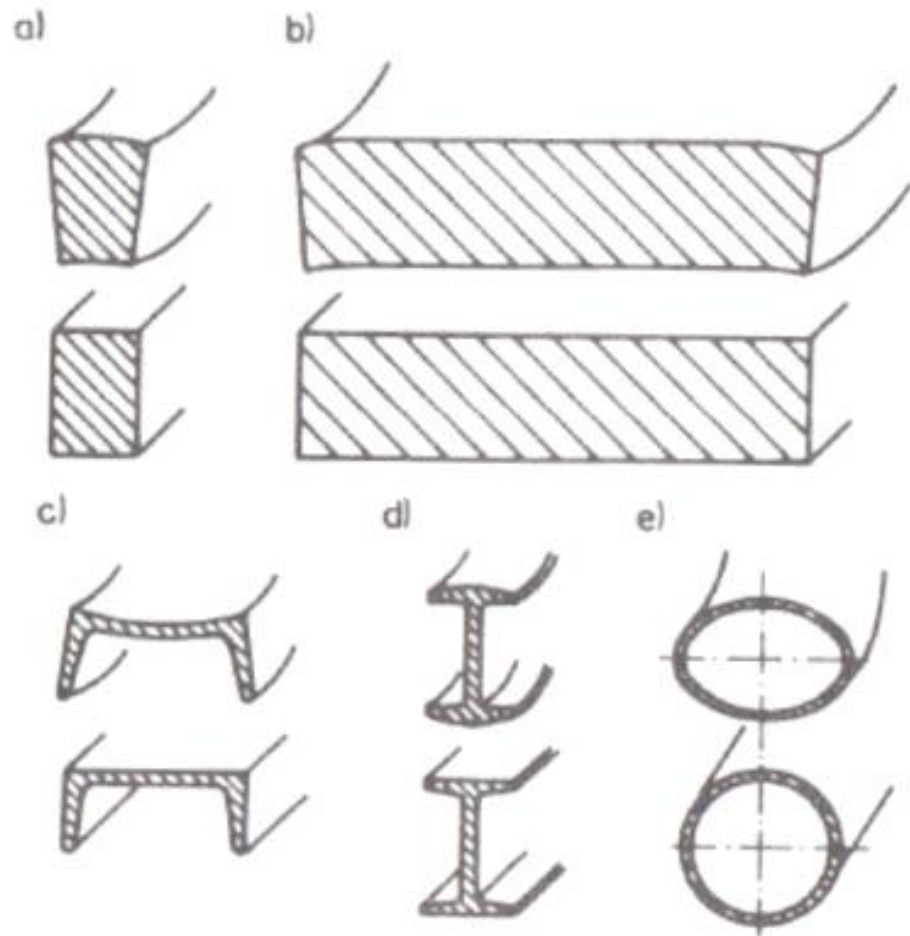
Parametry siłowe procesu wyginania



Rys. 3.23. Przebieg siły wyginania w funkcji drogi stempla

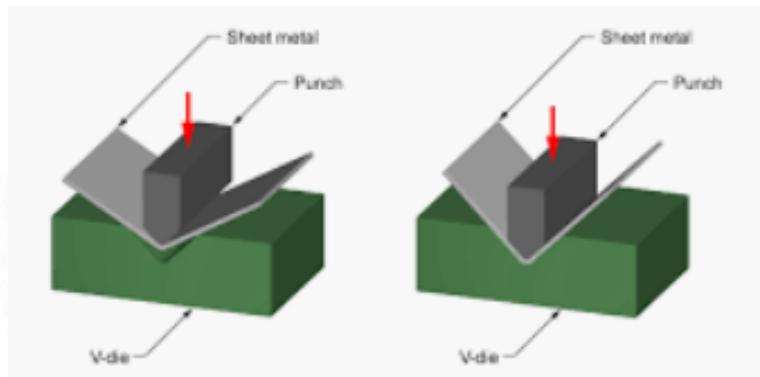
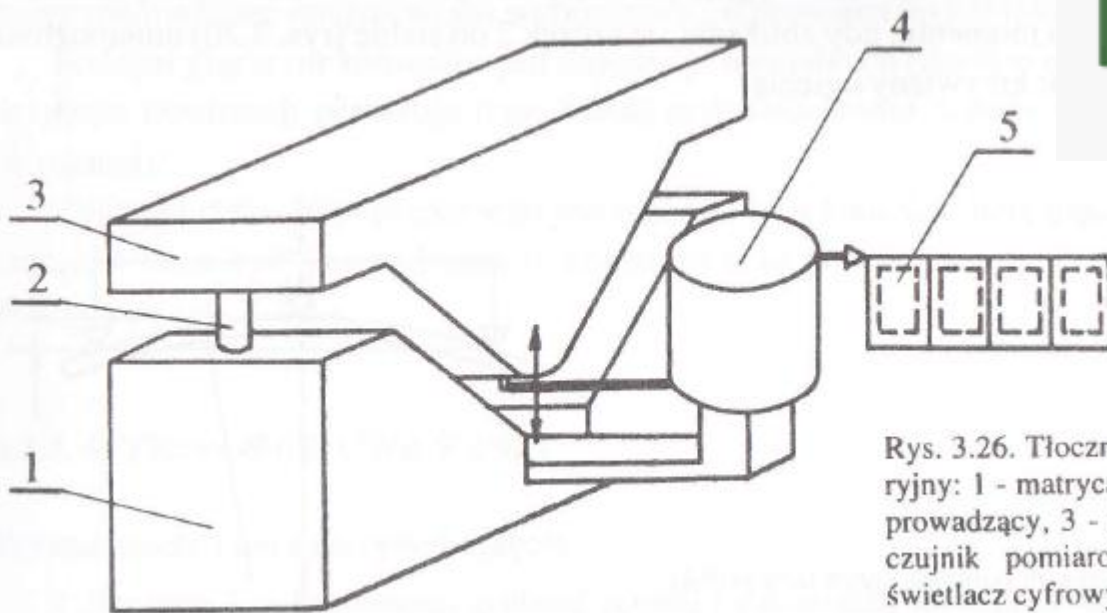
Ograniczenia procesu gięcia

- Skłonność materiału do pęknięcia,
- Położenie linii gięcia w stosunku do kierunku walcowania,
- Jakość powierzchni giętego materiału.



Rys. 3.24. Zmiany kształtu przekroju poprzecznego przedmiotów wywołane gięciem plastycznym

Tłocznik laboratoryjny



Rys. 3.26. Tłocznik laboratoryjny: 1 - matryca, 2 - słupek prowadzący, 3 - stempel, 4 - czujnik pomiarowy, 5 - wyświetlacz cyfrowy

Przebieg ćwiczenia

Wyginanie pod kątem 90°

1. Zmierzyć mikrometrem grubość próbki i suwmiarką jej szerokość. Wyniki zanotować w tab. 3.6.
2. Nastawić dynamometr maszyny wytrzymałościowej na zakres 10 kN, wyzerować wskazania dynamometru.
3. Ułożyć próbkę na matrycy tłoczniaka i docisnąć siłą około 50 N. Wyzerować wskazania czujnika umieszczonego w tłoczniaku (rys. 3.26).
4. Przesunąć uchwyt maszyny wytrzymałościowej około $u = 3$ mm, odczytać wartość siły gnącej P i wskazanie czujnika f_g .
5. Odciążyć próbkę i odczytać wartość strzałki ugięcia f_s .
6. Giąć kilkakrotnie, zwiększając kolejno przesuw uchwyty maszyny wytrzymałościowej o $u = 3$ mm, notować wartość siły i ugięcia próbki obciążonej i po odciążeniu.
7. Po wygięciu o kąt 90° dotłoczyć próbkę do matrycy siłą P_d dwa razy większą od siły kształtowania plastycznego P_p .
8. Wyjąć próbkę z przyrządu i zmierzyć kąt wygięcia.

Tabela z wynikami eksperymentu

Materiał: Mosiądz		Wymiary próbki: $g_0=2,02\text{mm}$, $b_0=40,11\text{mm}$
Wymiary tłoczniaka gnącego: $r_s=10\text{mm}$, $r_m=5\text{mm}$, $w=60\text{mm}$		
Strzałka ugięcia próbki		Siła gięcia P [N]
Pod obciążeniem f_g [mm]	Po odciążeniu f_s [mm]	
3,14	1,4	787,2
6,23	4,26	892,0
9,07	6,31	910,3
12,04	9,68	901,8
15,13	12,53	890,6
18,28	15,34	855,3
27,19	24,16	2568,0

Materiał: Aluminium		Wymiary próbki: $g_0=2,01\text{mm}$, $b_0=39,96\text{mm}$
Wymiary tłoczniaka gnącego: $r_s=10\text{mm}$, $r_m=5\text{mm}$, $w=60\text{mm}$		
Strzałka ugięcia próbki		Siła gięcia P [N]
Pod obciążeniem f_g [mm]	Po odciążeniu f_s [mm]	
3,48	2,43	278,6
6,00	4,94	324,8
9,13	7,98	333,6
12,07	10,79	345,1
15,06	13,68	344,4
18,18	16,62	328,6
27,19	25,23	420,9

Opracowanie wyników

1. Na podstawie wyników pomiarów obliczyć:

- wartości kątów gięcia γ_g i γ_s według zależności

$$\gamma = \text{arc tg } \frac{2f}{w}$$

- wartość współczynnika sprężynowania według zależności

$$K = \gamma_s / \gamma_g$$

Wyniki notować w tab. 3.8.

2. Sporządzić wykresy zależności:

- Siły gięcia P od kąta gięcia γ_g ,
- Współczynnika sprężynowania K od $1/\gamma_s$,
- Siły gięcia P od przemieszczenia stempla $u=fg$ (charakterystyka gięcia).

Tabela z wynikami obliczeń

Tabela 3.8

Lp.	Kąt wygięcia próbki		Współczynnik sprężynowania K	Siła gięcia P N
	pod obciążeniem γ_g	odciążonej γ_s		

Pytania sprawdzające

1. Podział sposobów gięcia, schematy procesów gięcia.
2. Schemat gięcia pasów wąskich i szerokich o małej krzywiznie.
3. Schemat wyginania na prasie..
4. Od czego zależy sprężynowanie po gięciu, wymienić czynniki.
5. Rozkład naprężeń i odkształceń na przekroju giętego pasma w różnych fazach gięcia, gięcie plastyczne, odciążenie.
6. Zależność między siłą a przemieszczeniem stempla dla wyginania na prasie.
7. Co to jest współczynnik sprężynowania K ?
8. Jakie są ograniczenia procesu gięcia?