

Spęszczanie walców w procesie kucia swobodnego

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie wybranych parametrów procesu kucia swobodnego:

- wartości odkształceń i nacisków w kolejnych uderzeniach bijaka młota,
- stopnia wykorzystania energii młota,
- wpływu prędkości odkształcenia na wartość nacisków jednostkowych,
- przybliżonej wartości współczynnika tarcia.

Wstęp

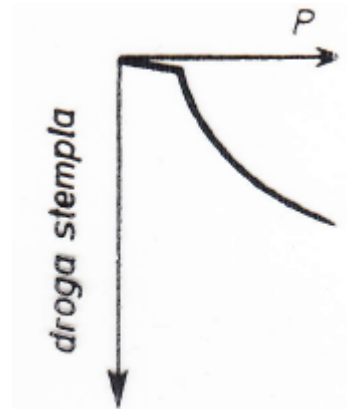
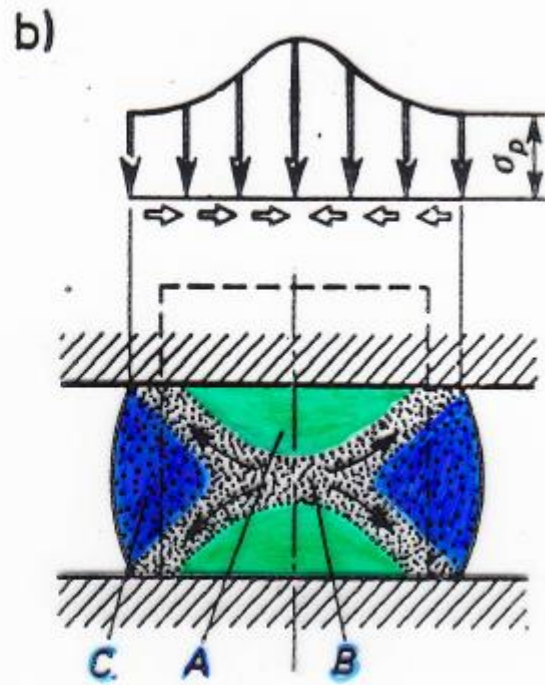
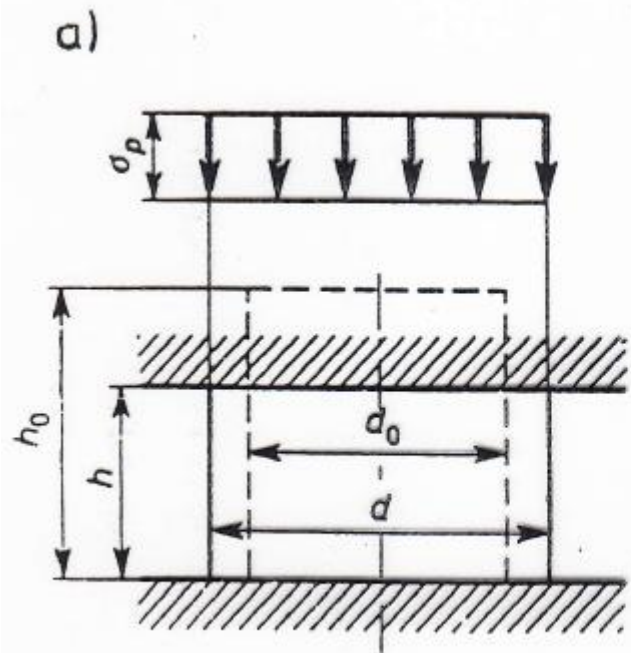
W praktyce mamy dwa zasadnicze sposoby spęczania: spęczanie swobodne i spęczanie w matrycy. Podczas spęczania swobodnego w kierunku działania siły następuje zmniejszenie wymiaru materiału, a w pozostałych kierunkach materiał przemieszcza się swobodnie.

Najprostszym sposobem spęczania jest ściskanie krótkich odcinków pręta między dwiema płytami o równoległych powierzchniach roboczych. Przebieg procesu zależy od wymiarów materiału i tarcia na powierzchni styku materiału z narzędziem. W procesie swobodnego spęczania tarcie powoduje, że materiał odkształca się nierównomiernie, nierównomierny jest również rozkład nacisków jednostkowych na powierzchni spęczanego materiału.

<https://www.youtube.com/watch?v=Fs28fxQkVbl>

https://www.youtube.com/watch?time_continue=4&v=mDDUA8octKo&feature=emb_logo

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

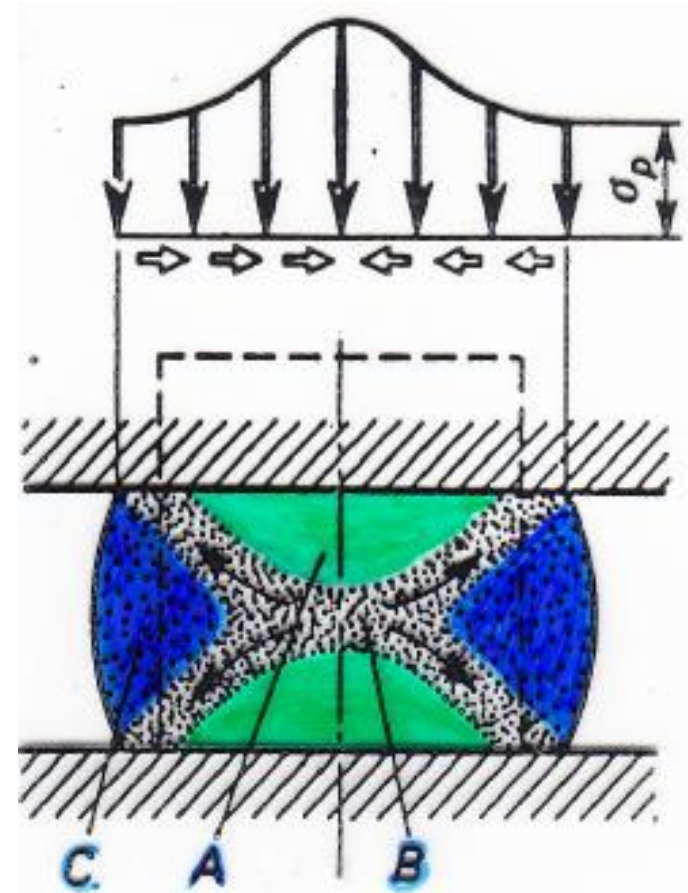


Wpływ tarcia

A - dwa stożki przylegające podstawami do obu powierzchni narzędzia. W obszarze tym materiał przemieszcza się razem z narzędziem, nie doznając odkształceń plastycznych.

B – obszar intensywnego plastycznego płynięcia, znajdujący się pomiędzy obu wymienionymi stożkami. W obszarze tym następuje przemieszczenie się cząstek materiału na zewnątrz zgodnie ze strzałkami pokazanymi na rysunku.

C – zewnętrzny pierścień, który opasuje obszar „B”. Pod wpływem rozciągającego działania stożków „A” występuje w nim znaczne obwodowe naprężenie rozciągające.



Wady wyrobów spęczanych

$$h_o \geq 1.5d_o$$

a)



b)



Wady wyrobów spęczanych: a) wyboczenie, b) pęknięcie

Dopuszczalne odkształcenie na zimno, na gorąco

Tablica 5.6. Dopuszczalne odkształcenia dla spęczania na zimno

Materiał	$\varepsilon = \ln \frac{h_0}{h}$	$\varepsilon_n = \left(1 - \frac{h}{h_0}\right) \cdot 100 \%$	$\left(\frac{d}{d_0}\right)_{\max}$
Stal 10, 15	1,75 ÷ 2,0	84 ÷ 86	2,4 ÷ 2,7
Stal 25	1,38	75	2,0
Stal 55, 40H	1,18	69	1,8
Stal 16HG, 2H13	1,38 ÷ 1,58	75 ÷ 79	2,0 ÷ 2,2
Stal ŁH15	1,28	72	1,9
Stal NC6	0,94	61	1,6
Al, Cu	1,98 ÷ 2,20	86 ÷ 89	2,7 ÷ 3,0

Podczas spęczania **na gorąco zjawisko pęknięcia na ogół nie występuje**. Nie jest ono więc przyczyną ograniczenia zakresu stosowanych odkształceń.

Siła w procesie

Pomijając tarcie, siłę spęczania można określić ze wzoru:

$$P = S \sigma_{pk} = S_0 \frac{h_0}{h} \sigma_{pk}$$

Gdzie:

S_0 - przekrój początkowy próbki

S – przekrój próbki po odkształceniu

σ_{pk} - naprężenie uplastyczniające w końcowej fazie spęczania

h_0, h – wysokość próbki przed i po odkształceniu

Wyznaczanie współczynnika tarcia

Do najbardziej rozpowszechnionych metod wyznaczania współczynnika tarcia w procesach kucia należą metody oparte na spęczaniu walca lub pierścieni. Do najstarszej grupy zalicza się metodę opartą na pomiarze kąta tarcia poprzez spęczanie próbek między kowadłami stożkowymi. Pomiar polega na doborze stożkowego kowadła o takim kącie α , aby spęczana próbka zachowała kształt walca (brak beczkowatości). Wadą tej metody jest konieczność użycia dużej liczby kowadeł o różnych kątach stożka.

Inną metodą, opartą na pomiarze beczkowatości, jest metoda spęczania walca. Istota metody polega na spęczaniu walcowej próbki między dwoma płaskimi płytami. Wartość współczynnika tarcia wyznacza się ze wzoru:

$$\mu = \frac{6,25(\delta + 2\delta^2)}{1 - \varepsilon} * \left(\frac{d_0}{h_0}\right)^{1,5}$$



Gdzie:

$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0}$ - odkształcenie względne

$\delta = (D_z - D_w) / D_w$ – beczkowatość próbki po odkształceniu

D_z i D_w – odpowiednio największa i najmniejsza średnica odkształconej próbki

Kucie swobodne na młocie opadowym

Najczęściej stosowaną operacją kucia swobodnego jest spęczanie. Takie operacje, jak wydłużanie lub poszerzanie mogą być również uważane za szereg następujących po sobie niewielkich częściowych spęczeń.

Przy kuciu swobodnym na młocie opadowym energię uderzenia określa się ze wzoru:

$$E = H_{rz} G k \quad (4.27)$$

gdzie: $H_{rz} = H - h_0$ - rzeczywista wysokość spadania bijaka młota,

H - wysokość uniesienia bijaka,

h_0 - początkowa wysokość odkształcanej próbki,

G - ciężar bijaka młota,

k - współczynnik uwzględniający straty energii na skutek tarcia bijaka w prowadnicach oraz przekazania pewnej części energii szabocie i fundamentowi.

Objętość przesunięta

$$V_p = V_0 \ln \frac{h_{n-1}}{h_n}$$

gdzie: V_0 - objętość próbki,

h_{n-1} , h_n - wysokość próbki po kolejnych uderzeniach bijaka.

V_p - tzw. objętość przesunięta,

Siły nacisku

Gdy zna się energię uderzenia młota, wówczas można obliczyć wartość sił nacisku na metal z zależności:

$$P = \frac{E}{\Delta h_n} \quad (4.30)$$

Średni nacisk jednostkowy bijaka na metal

$$q_{\text{śr}} = \frac{4 P}{\pi d_n^2} \quad (4.31)$$

gdzie d_n - średnica próbki po n -tym uderzeniu liczona z zasady stałej objętości,

Prędkość odkształcenia

Prędkość odkształcenia przy kuciu swobodnym na młocie opadowym określa się według zależności:

$$\dot{\phi} = \frac{v}{2 h_n} \quad (4.38)$$

gdzie $v = (2 g H_{rz})^{0.5}$ - prędkość spadania bijaka w momencie zetknięcia się z materiałem.

Realizacja ćwiczenia

Ćwiczenie zostanie zrealizowane na laboratoryjnym młocie opadowym Instron 9440.

Dane charakterystyczne młota:

- Ciężar bijaka (dla bieżącego ćwiczenia) $G=10,754$ kg,
- wysokość spadania bijaka (dla bieżącego ćwiczenia) $H_{\max}=300$ mm,
- sprawność $k=0,99$.

Zasadniczymi elementami roboczymi laboratoryjnego młota opadowego są bijak i kowadło. Bijak podnoszony jest do góry w prowadnicach automatycznie na zadaną wysokość.



Młot opadowy

Instron 9440

- Simple Set Up
- Simple Test Procedures
- Smart Defaults (Bluehill)
- Quicker Testing



Młot opadowy- dane techniczne



INSTRON®

9440

Energy range	J	0.3 - 405
	ft-lb	0.22 - 299
Impact velocity	m/s	0.77 - 4.65
	ft/s	2.53 - 15.3
Drop height	m	0.03 - 1.10
	in	1.18 - 43.3
Mass range¹	kg	1.00 - 37.5
	lbs	2.2 - 82.7
Mass increments	kg	0.5
	lbs	1.1
Force transducers	kN	0.45 to 90
	lbs	101 to 22000
Machine dimensions (w x d x h)	mm	985 x 610 x 2620
	in	38.7 x 24 x 103
With thermostatic chamber (w x d x h)	mm	985 x 695 x 2620
	in	38.7 x 27.4 x 103
Test area dimensions (w x d x h)	mm	490 x 450 x 565
	in	19.3 x 17.7 x 22.2

Przebieg ćwiczenia

Do badań zostaną użyte próbki z aluminium w kształcie walca o wymiarach: $h_0=10$ mm, $d_0=8$ mm.

W czasie ćwiczeń należy:

1. Zmierzyć suwmiarką wysokość i średnicę próbki. Wyniki notować w tabeli.
2. Uruchomić urządzenie.
3. Położyć próbkę na kowadle, zamknąć komorę urządzenia.
4. Uruchomić odpowiedni program badawczy.
5. Po uderzeniu próbkę wyjąć z komory urządzenia, zmierzyć wysokość i dwie średnice: średnicę maksymalną D_z oraz minimalną D_w .
6. Cykl powtórzyć trzykrotnie. Po kolejnych uderzeniach mierząc tylko wysokość próbki. Wyniki notować w tabeli.
7. Pomiar przeprowadzić dla trzech różnych wysokości spadania bijaka.



Wyniki

H-wysokość spadania
bijaka
d₀, - średnica początkowa
próbki
h₀, -wysokość
początkowa próbki
D_w, - średnica
wewnętrzna próbki po
pierwszym uderzeniu
D_z, - średnica zewnętrzna
próbki po pierwszym
uderzeniu

Ciężar bijaka G=107,54 N

H, mm	d ₀ , mm	h ₀ , mm	D _w , mm	D _z , mm
100	7,9	10,79	8,38	9
Nr uderzenia	0	1	2	3
wysokość, mm	10,79	8,66	7,48	6,6
H, mm	d ₀ , mm	h ₀ , mm	D _w , mm	D _z , mm
200	7,9	10,76	8,89	9,87
Nr uderzenia	0	1	2	3
wysokość, mm	10,76	7,39	5,76	4,73
H, mm	d ₀ , mm	h ₀ , mm	D _w , mm	D _z , mm
300	7,9	10,79	9,45	10,57
Nr uderzenia	0	1	2	3
wysokość, mm	10,79	6,39	4,62	3,65

Opracowanie wyników

1. Obliczyć wartość współczynnika tarcia według zależności:

$$\mu = \frac{6,25(\delta + 2\delta^2)}{1 - \varepsilon} * \left(\frac{d_0}{h_0}\right)^{1,5}$$

2. Na podstawie wyników pomiarów wyznaczyć wartości:
 - energii uderzenia bijaka E,
 - prędkości odkształcenia $\dot{\phi}$,
 - objętości przesuniętej, V_p

Wyniki notować w tabeli.

Wysokość spadania bijaka H=....	Energia uderzenia E=.....		
Numer uderzenia bijaka	1	2	3
V_p			
$\dot{\phi}$			

3. Wykonać wykresy zależności:
 - objętości przesuniętej V_p od kolejnych uderzeń młota.

Pytania sprawdzające

1. Wady wyrobów spęczanych.
2. Metoda wyznaczania współczynnika tarcia przy pomocy pomiaru beczkowatości.
3. Strefy na przekroju poprzecznym wyrobu spęczanego.
4. Spęczanie z tarcie i w warunkach idealnych – rozkład naprężeń.
5. Przybliżona wartość współczynnika tarcia dla pary aluminium – stal w niniejszym ćwiczeniu.
6. Zależność między siłą a przemieszczeniem dla procesu spęczania.
7. Czy każde kolejne uderzenie młota opadowego jest tak samo skuteczne?
8. Jeśli tak/nie to dlaczego?