

Walcowanie

Walcowanie wstęp

Walcowanie należy do najbardziej wydajnych procesów technologicznych przeróbki plastycznej, w którym wytwarza się około 90% półwyrobów i wyrobów stalowych oraz znaczną liczbę wyrobów z metali kolorowych. Przykładem półwyrobów walcowanych mogą być:

- **blachy,**
- **pręty,**
- **kształtowniki.**

Natomiast wyrobów walcowanych:

- **narzędzia,**
- **złącza gwintowe,**
- **dźwignie,**
- **łopatki turbin.**

Walcowanie może się odbywać **na zimno lub na gorąco.**



Walcowanie wstęp

Uwzględniając rodzaj ruchu walcowanego materiału, ruchu narzędzi, kształtu i ustawienia walców, proces walcowania można podzielić na:

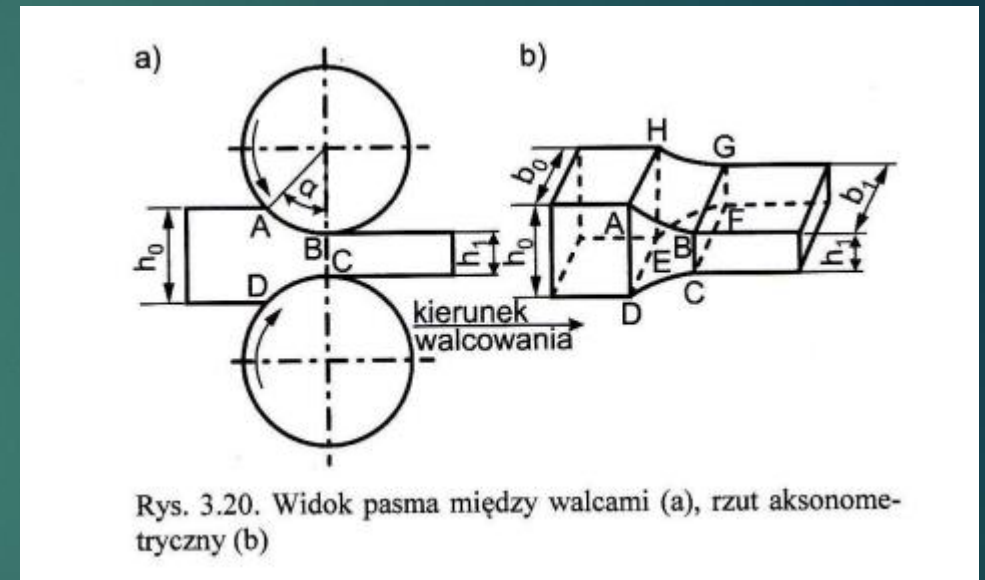
- **Walcowanie wzdłużne** do wytwarzania blach i kształtowników,
- **walcowanie poprzeczne** do wytwarzania śrub, kół zębatach,
- **walcowanie skośne** do wytwarzania tulei, kul,
- **walcowanie okresowe** do wytwarzania przedkuwek, **walcowanie specjalne.**



Innowacyjne
walcarki CNC

Okształcenie

Okształcenie plastyczne podczas walcowania wzdłużnego odbywa się w wyniku przechodzenia metalu przez szczelinę między walcami obracającymi się w przeciwnych kierunkach. Wskutek walcowania następuje zmiana wymiarów oraz postaci walcowanego pasma



W wyniku walcowania następuje:

- zmniejszenie wysokości pasma z początkowej h_0 do końcowej h_1 ,
- zwiększenie długości pasma z początkowej l_0 do końcowej l_1 ,
- zwiększenie szerokości pasma z początkowej b_0 do końcowej b_1 .

Odształcenie w walcowaniu

Odształcenie prostopadłościennego pasma o wymiarach początkowych h_0 , b_0 , l_0 , które zmieniają się do wymiarów końcowych h_1 , b_1 , l_1 można wyrazić za pomocą czterech grup wskaźników, do których należą:

1) odkształcenie bezwzględne

- gniot bezwzględny

$$\Delta h = h_1 - h_0$$

- poszerzenie bezwzględne

$$\Delta b = b_1 - b_0$$

- wydłużenie bezwzględne

$$\Delta l = l_1 - l_0$$

- bezwzględna zmiana przekroju

$$\Delta S = S_0 - S_1$$

2) odkształcenie względne

- gniot względny

$$\varepsilon_h = \frac{h_1 - h_0}{h_0}$$

- poszerzenie względne

$$\varepsilon_b = \frac{b_1 - b_0}{b_0}$$

- wydłużenie względne

$$\varepsilon_l = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$$

- względny ubytek przekroju

$$\varepsilon_S = \frac{S_0 - S_1}{S_0}$$

3) współczynniki odkształcenia

- współczynnik gniotu

$$\gamma = \frac{h_1}{h_0}$$

- współczynnik poszerzenia

$$\beta = \frac{b_1}{b_0}$$

- współczynnik wydłużenia

$$\lambda = \frac{l_1}{l_0}$$

4) odkształcenie rzeczywiste (logarytmiczne)

- gniot rzeczywisty

$$\varphi_h = \ln \frac{h_1}{h_0}$$

- poszerzenie rzeczywiste

$$\varphi_b = \ln \frac{b_1}{b_0}$$

- wydłużenie rzeczywiste

$$\varphi_l = \ln \frac{l_1}{l_0}$$

Zasada stałej objętości

$$V_0 = V_1 = h_0 \cdot b_0 \cdot l_0 = h_1 \cdot b_1 \cdot l_1$$

to można napisać, że:

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{h_1 \cdot b_1 \cdot l_1}{h_0 \cdot b_0 \cdot l_0} = \gamma \cdot \beta \cdot \lambda = 1$$

$$\ln(\gamma \cdot \beta \cdot \lambda) = \ln \gamma + \ln \beta + \ln \lambda = \varphi_h + \varphi_b + \varphi_l = \ln 1 = 0$$

Współczynnik wydłużenia λ

Podczas walcowania blach wysokość pasma jest znacznie mniejsza niż jego szerokość, co powoduje, że siły spójności materiału nie dopuszczają do jego znaczącego poszerzenia i wydłużanie następuje głównie na skutek zmniejszenia wysokości pasma (płaski stan odkształcenia). Odkształcenie podczas walcowania można scharakteryzować dwoma podstawowymi współczynnikami:

- gniotem względnym ε_h , czyli stosunkiem gniotu bezwzględnego do wysokości początkowej pasma, według pierwszego ze wzorów (3.46),
- współczynnikiem wydłużenia λ wyrażonym trzecim równaniem ze wzorów (3.47).

Gdy oznaczymy powierzchnię przekroju poprzecznego pasma przed walcowaniem $S_0 = h_0 b_0$, a po walcowaniu $S_1 = h_1 b_1$, wówczas z warunku stałej objętości otrzyma się nową postać wzoru na współczynnik wydłużenia:

$$\lambda = \frac{l_1}{l_0} = \frac{S_0}{S_1} \quad (3.52)$$

$$\varepsilon_h = \frac{h_1 - h_0}{h_0}$$

Wydłużenie całkowite

Jeżeli walcowanie pasma odbywa się w kilku przepustach, to wydłużenie całkowite wynosi:

$$\frac{S_0}{S_n} = \frac{S_0}{S_1} \cdot \frac{S_1}{S_2} \cdot \frac{S_2}{S_3} \cdot \dots \cdot \frac{S_{n-1}}{S_n} = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \dots \cdot \lambda_n \quad (3.53)$$

Po założeniu, z pewnym przybliżeniem, że wydłużenia w poszczególnych przepustach są równe, otrzymuje się:

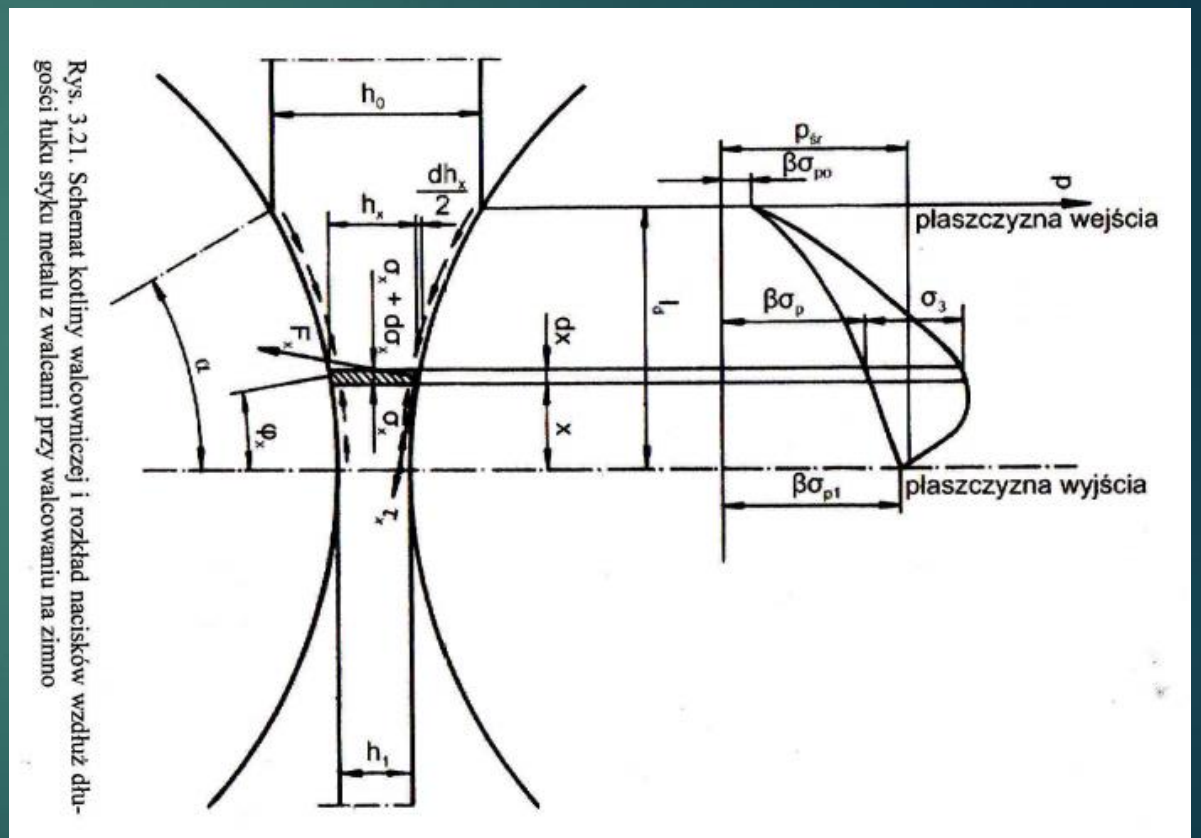
$$\lambda_{sr} = \sqrt[n]{\frac{S_0}{S_n}} \quad (3.54)$$

Wartości średnich wydłużeń w przepuście są różne dla różnych sposobów walcowania. Wyrażenie (3.54) przedstawia się często w następującej postaci:

$$n = \frac{\ln S_0 - \ln S_n}{\ln \lambda_{sr}} \quad (3.55)$$

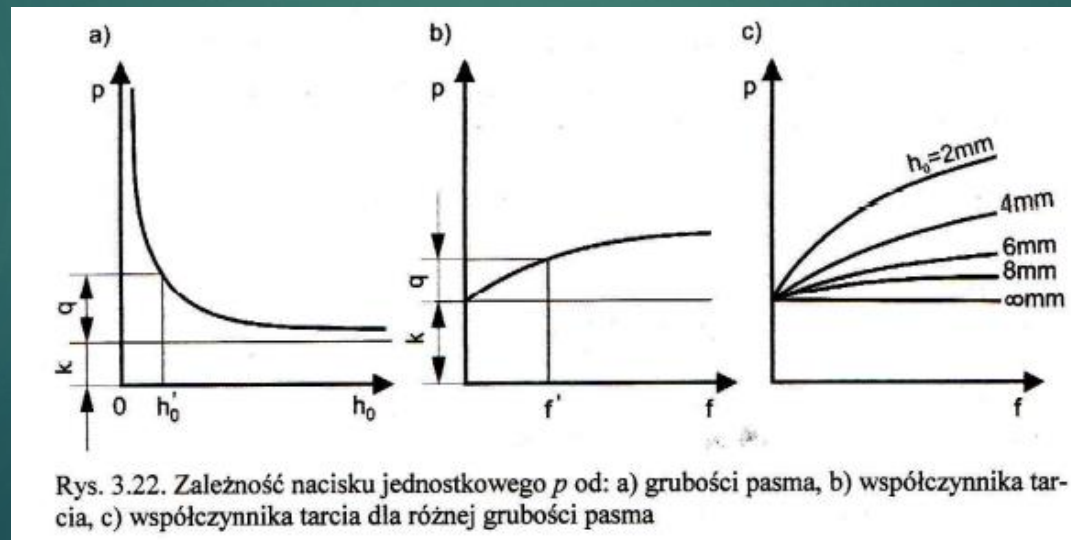
Zależność ta pozwala określić liczbę przepustów niezbędnych do otrzymania końcowego przekroju S_n , jeżeli jest znane wydłużenie średnie.

Określenie sił występujących w procesie walcowania jest potrzebne zarówno do konstruowania urządzeń, jak i do opracowywania technologii walcowania. Znajomość tych sił pozwala na maksymalne wykorzystanie mocy zainstalowanych napędów walcowniczych. Aby obliczyć wartości sił potrzebnych do plastycznego odkształcenia materiału w procesie walcowania, należy znać wartość nacisków jednostkowych wzdłuż długości kotliny walcowniczej. Rozkład tych nacisków wzdłuż długości rzutu łuku styku „ l_d ” przy walcowaniu na zimno przedstawiono na rys. Na rysunku widać, że nacisk „ p ” jest zmienny wzdłuż długości kotliny walcowniczej.



Największe naprężenie $\sigma_1=p$ jest nazywane naciskiem jednostkowym (lub w uproszczeniu naciskiem). Można zatem stwierdzić, że nacisk w stanie plastycznym jest sumą oporu plastycznego k i trzeciego naprężenia głównego, zwanego niekiedy oporem płynięcia q . Opór płynięcia dość istotnie wpływa na zmiany nacisku jednostkowego p . Na podstawie wielu badań i obserwacji można stwierdzić że:

- Im cieńsze pasmo walcowane tym opór płynięcia q jest większy i większy jest jego udział w całym nacisku p .
- im większy jest współczynnik tarcia, przy pozostałych warunkach stałych, tym opór płynięcia q jest większy i większy jest jego udział w całym nacisku p ,
- gdy grubość pasma jest coraz mniejsza, przy innych warunkach stałych, wówczas większy współczynnik tarcia powoduje większy opór płynięcia q i jego większy udział w całym nacisku p .



Rys. 3.22. Zależność nacisku jednostkowego p od: a) grubości pasma, b) współczynnika tarcia, c) współczynnika tarcia dla różnej grubości pasma

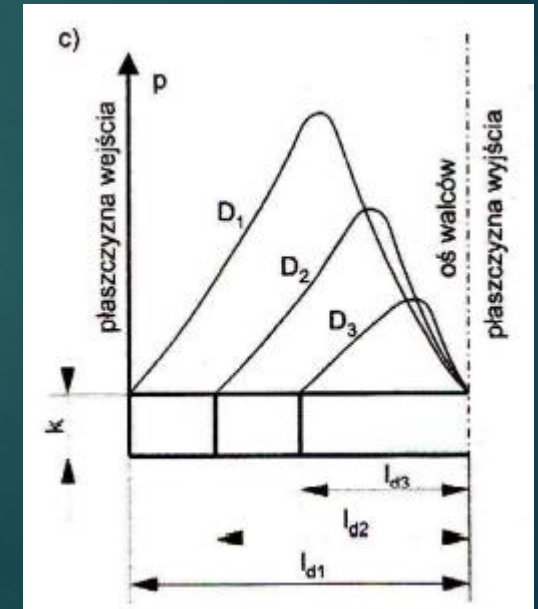
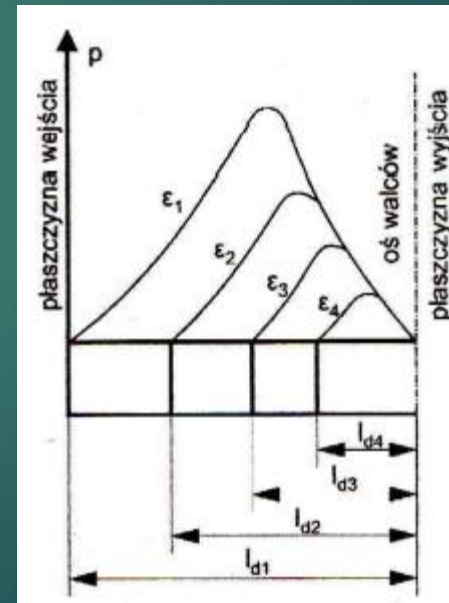
Siła w procesie walcowania

W warunkach walcowania nacisk ma tendencje wzrostowe, jeśli zwiększa się współczynnik tarcia, długość łuku styku l_d oraz gniot. Nacisk zwiększa się również, gdy zmniejsza się grubość pasma. W praktyce przy obliczaniu wartości sił i nacisku metalu na walce potrzebna jest nie wartość nacisku jednostkowego p w poszczególnych punktach kotliny walcowniczej, lecz średnia wartość nacisku p_s . Całkowita siła nacisku metalu na walce jest wówczas obliczana ze wzoru:

$$F = p_{sr} S_d$$

gdzie:

$S_d = l_d b_{sr}$ – rzut powierzchni styku na płaszczyznę poziomą,
 b_{sr} – średnia szerokość walcowanego pasma.



Siła w procesie walcowania

W przypadku walcowania wzdłużnego na zimno wartość średnich nacisków jednostkowych można obliczać ze wzorów:

- według Celikowa

$$p_{\text{sr}} = \frac{k_1}{m} \left[\left(\frac{k_0}{k_1} \right)^{\frac{h_0}{h_0+h_1}} e^m - \frac{k_0}{k_1} \left(\frac{h_0}{h_0+h_1} \right) - \frac{h_1}{h_0+h_1} \right] \quad (3.61)$$

gdzie $m = 2 \mu l_d / (h_0 + h_1)$,

Siła w procesie walcowania

- według Korolewa

$$p_{sr} = \frac{k_0 + k_1}{\varepsilon \delta} \left[\left(\frac{1}{1 - \varepsilon} \right)^{\frac{\delta - 1}{2}} - \left(1 - \frac{\varepsilon}{2} \right) \right] \quad (3.62)$$

gdzie:

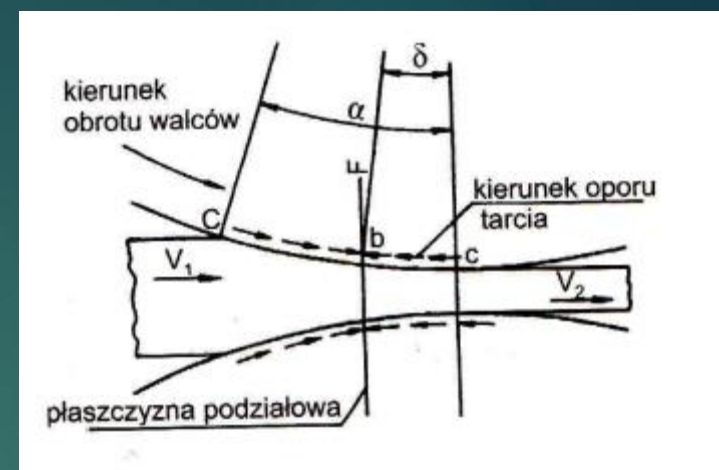
$$\delta = 2\mu(R/\Delta h)^{0,5}.$$

Długość łuku styku w procesie walcowania między walcami o takich samych średnicach:

$$l_d = \sqrt{R\Delta h - \frac{(\Delta h)^2}{4}} \approx \sqrt{R\Delta h} \quad (3.63)$$

W obydwu wzorach $k_{0,1} = 1,15\sigma_{0,1}$, a z kolei $\sigma_{0,1}$ oznacza odpowiednio naprężenie uplastyczniające przed i za przepustem.

Kąt chwytu α

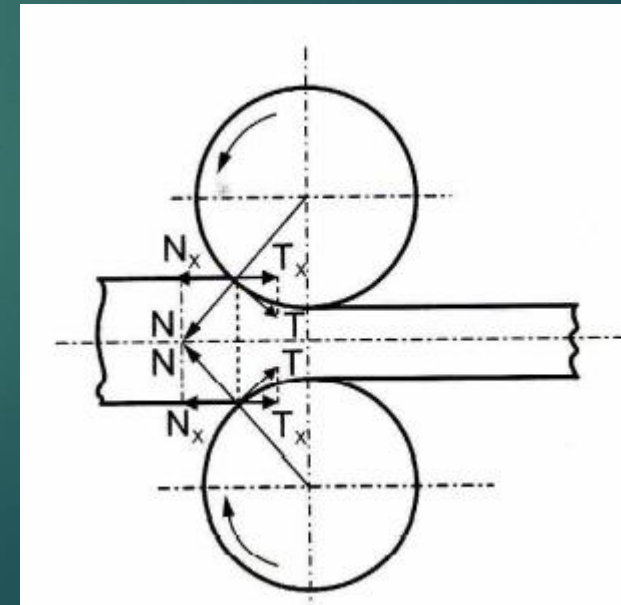


Jak wynika ze schematu, przy zetknięciu metalu z walcem działa siła normalna N pochodząca od nacisku walców i skierowana promieniowo. Siła tarcia T jest natomiast skierowana stycznie. **Chwyt metalu przez walce jest możliwy wówczas, gdy składowa pozioma siły normalnej będzie równa lub mniejsza od składowej poziomej siły tarcia:**

$$2N_x \leq 2T_x$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l_d}{R - \frac{\Delta h}{2}}$$

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha_{\max} = \frac{\sqrt{R \Delta h_{\max}}}{R - \frac{\Delta h_{\max}}{2}}$$



Przebieg ćwiczenia

1. Zmierzyć suwmiarką grubość h_0 , szerokość b_0 i długość l_0 próbek. Wyniki notować w tabeli.
2. Ustawić odpowiedni odstęp między walcami, uruchomić program rejestrujący. Przeprowadzić pierwsze walcowanie.
3. Zmierzyć wymiary próbek po pierwszym przepuście.
4. Ustawić odstęp między walcami, uruchomić program rejestrujący. Przeprowadzić drugie walcowanie.
5. Zmierzyć wymiary próbek po drugim przepuście.
6. Podobnie wykonać trzeci przepust. Zmierzyć wymiary próbek po trzecim przepuście. Wyniki notować w tabeli.



Tabela z wynikami pomiarów

Materiał	Numer przepustu	Wymiary próbek, mm						Wskazania miernika siły, Pmax, kN
		Przed walcowaniem			Po walcowaniu			
		h0	b0	l0	h	b	l	
Al.	1	2,02	29,97	249	1,44	30,15	340	29
	2	1,44	30,15	340	1,06	30,28	470	19
	3	1,06	30,28	470	0,65	30,48	770	18
M63	1	2,02	30,05	249	1,56	30,26	318,5	110
	2	1,56	30,26	318,5	1,17	30,44	408	80
	3	1,17	30,44	408	0,82	30,72	583	47
Cu	1	1,98	30	250	1,52	30,27	319	75
	2	1,52	30,27	319	1,14	30,62	420	55
	3	1,14	30,62	420	0,73	30,72	640	40

Sprawozdanie

Imię i nazwisko:

Data:

Rok:

Grupa:

Temat ćwiczenia:

Walcowanie

1. Wstęp teoretyczny (krótka informacja na temat procesu walcowania).
2. Przebieg ćwiczenia w punktach.
3. Tabela z wynikami.
4. Obliczenia.
5. Tabela z wynikami obliczeń.
6. Wnioski. (Która z zależności do wyznaczania nacisków średnich i sił w procesie walcowania dla poszczególnych materiałów jest dokładniejsza).

Pytania sprawdzające

1. Odmiany procesu walcowania i wyroby.
2. Jak policzyć w walcowaniu odkształcenie względne, bezwzględne, współczynnik odkształcenia i odkształcenie rzeczywiste.
3. Co to jest gniot bezwzględny i gniot względny.
4. Co to jest współczynnik gniotu.
5. Co to jest współczynnik wydłużenia.
6. Jak policzyć wydłużenie całkowite w kilku przepustach.
7. Jaka jest zależność między grubością pasma i oporem płynięcia.
8. Jaka jest zależność między współczynnikiem tarcia i oporem płynięcia.
9. Jakie znasz zależności służące do obliczania średnich nacisków jednostkowych w walcowaniu.