

BADANIE I ANALIZA ZMIAN SIŁY NACISKU PRZY WYCISKANIU PRZECIWBIEŻNYM WYPRASEK Z MIEDZI

THE EXAMINATION AND ANALYSIS OF THE CHANGE OF THE FORCE PRESSURE IN THE PROCESS OF BACKWARD CAN EXTRUSION OF COPPER DIE STAMPINGS

Przedstawiono wyniki badań doświadczalnych procesu wyciskania przeciwbieżnego miedzi na zimno dla materiału surowego i po obróbce cieplnej, którego celem była analiza zmian siły nacisku procesu wyciskania.

Słowa kluczowe: wyciskanie przeciwbieżne, wypraska.

Paper presents the results of the experimental research of the process of cold backward can extrusion of copper elements for material before and after heat treatment. The main goal of the research was analysis of the change of the force pressure during backward extrusion.

Keywords: backward can extrusion, die stamping.

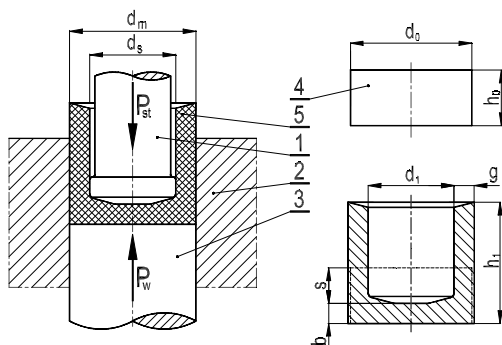
1. Wprowadzenie

Proces wyciskania przeciwbieżnego na zimno należy do złożonych procesów kształtowania plastycznego. Schemat procesu został przedstawiony na rysunku 1.

W wyniku nacisku stempla 1 na materiał 4 umieszczony w matrycy 2 następuje jego uplastycznienie i pierścieniowe płynięcie w wolną przestrzeń między stemplem a matrycą w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu roboczego stempla. Przemieszczenie materiału w dół ograniczone jest poprzez wypychacz 3. W rezultacie otrzymujemy wyrób zwany wypraską. Wielkość i kształt otrzymanego wyrobu zależy od objętości materiału wsadowego oraz kształtu i wymiarów stempla i matrycy.

Proces technologiczny wyciskania przeciwbieżnego jest uzależniony od następujących czynników [1, 2]:

- własności mechanicznych, kształtu i wymiarów materiału wsadowego,
- rodzaju i własności użytego smaru wpływającego na warunki tarcia pomiędzy kształtowanym materiałem a narzędziem,



Rys.1. Schemat wyciskania przeciwbieżnego detali typu kubek stemplem stożkowym: 1 - stemplem, 2 - matryca, 3 - wypychacz, 4 - materiał wsadowy, 5 - wypraska, P_{st} - siła nacisku stempla, P_w - siła oporu wypychacza, d_0 , h_0 - średnica i wysokość wstępnika, d_m , d_s - średnica matrycy oraz stempla, d_1 , h_1 , g , b - średnica wewnętrzna, wysokość, grubość ścianki bocznej oraz grubość denka wypraski, s - przemieszczenie stempla

- kinematyki ruchu stempla i kształtowanego materiału,
- wielkości i równomierności odkształceń,
- kształtu i wymiarów narzędzi roboczych.

Ograniczenia w stosowaniu tego procesu wynikają przede wszystkim z dużych nacisków jednostkowych wyciskania, które związane są z wytrzymałością stempla i matrycy oraz zapewnienia odpowiedniego smarowania.

Pomimo występujących trudności metoda ta pozwala na uzyskanie wyprasek o kształtach niemożliwych do uzyskania w innych procesach obróbki plastycznej przy znacznych efektach ekonomicznych.

2. Wyniki badań i ich analiza

Celem prowadzonych badań przedstawionych w pracy było wyznaczenie i porównanie wartości sił w zależności od przemieszczenia i kształtu stempla podczas procesu wyciskania przeciwbieżnego, miedzi w stanie surowym i po obróbce cieplnej, dla różnych wartości średnic części roboczych narzędzia.

Badania zostały wykonane na maszynie wytrzymałościowej ZD-100 o nacisku maks. 1MN przy użyciu stanowiska do wyciskania przeciwbieżnego. Do odczytu wartości sił nacisku stempla w funkcji przemieszczenia zostało dodatkowo użyte stanowisko do pomiaru sił i przemieszczeń POM-16. Odczyt z dwóch czujników indukcyjnych przemieszczenia poprzez wzmacniacz MPL-108 przetwarzający uzyskany sygnał pomiarowy na wartość napięcia uzależnionego od mierzonej wielkości, podawane jest do przetworznika analogowo - cyfrowego LC011-1612 w komputerze [4]. Wizualizacja danych następuje przy użyciu programu POMJC w postaci wykresów wartości sił w funkcji przemieszczenia.

Do badań procesu wyciskania przeciwbieżnego użyto krążków w kształcie walca z miedzi M1E o średnicy zewnętrznej $d_0 = 24,9 \text{ mm}$, oraz wysokości $h_0 = 16 \text{ mm}$. W tabeli 1 zostały przedstawione własności mechaniczne materiału użytego do badań. Jako pierwsze materiału surowego, a następnie po obróbce cieplnej.

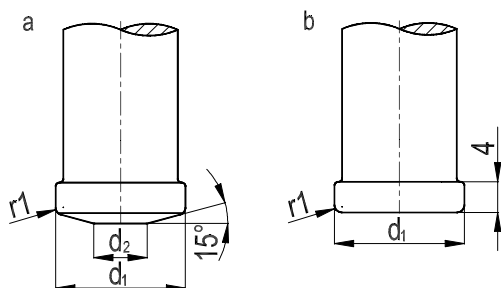
Celem wyżarzania normalizującego w temp. 400°C i czasie 1h było uzyskanie jednorodnej drobnoziarnistej struktury polepszającej własności plastyczne wpływające na zmniejszenie oporów odkształcenia plastycznego przy wyciskaniu przeciwbieżnym. War-

Tablica 1. Własności mechaniczne badanej miedzi

Materiał	R _m [MPa]	A [%]	A _{11,3} [%]	Z [%]	HB	HB	HV	HV
1	2	3	4	5	6	7	8	9
M1E	322	14,4	7,5	70,4	72,4	89,7	101	107
M1E	316	18	8,6	72,4	68,8	69	93,8	96

tości w kolumnach 2 - 5 zostały otrzymane w wyniku statycznej próby rozciągania natomiast wartości 6 - 9 w wyniku pomiaru twardości metodą Brinella i Rockwella. Ze względu na sposób otrzymywania prętów w procesie ciągnięcia, z których zostały przygotowane próbki twardość materiałów została określona w dwóch punktach na przekroju poprzecznym pręta: w części centralnej (dane w kolumnach 6, 8) i na obrzeżu (kolumny 7, 9), gdzie nastąpiło silniejsze umocnienie materiału.

Pierwszy etap badań doświadczalnych polegał na wykonaniu procesu wyciskania przeciwbieżnego z miedzi przy wykorzystaniu stempli stożkowych o średnicy d₁: 15 mm, 16 mm, 17 mm, 18 mm, 19 mm, 20 mm oraz przy użyciu stempla płaskiego o średnicy części roboczej 20mm dla materiału przed i po obróbce cieplnej. Średnica matrycy d_m = 25 mm. Kształty i wymiary wykorzystanych stempli zostały przedstawione na rysunku 2.



Rys. 2. Rodzaje stempli wykorzystywanych do wyciskania: a - stempel stożkowy, b - stempel płaski

W wyniku przeprowadzonego procesu wyciskania otrzymano zależności sił wyciskania w funkcji przemieszczeń dla różnych wartości odkształceń ε, które w postaci krzywych zostały przedstawione na rysunku 3 i 4.

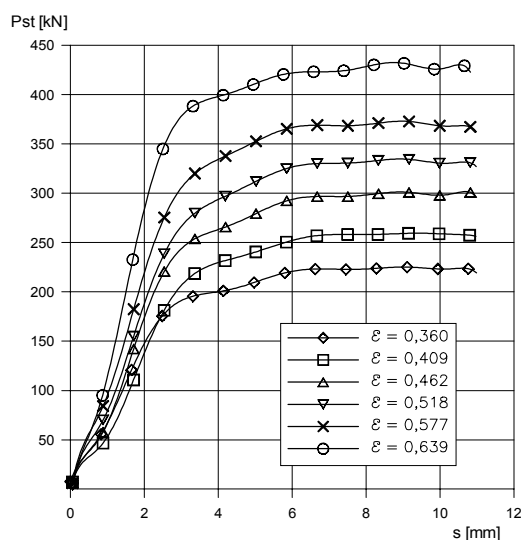
Wartość odkształcenia została obliczona na podstawie następującej zależności:

$$\varepsilon = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \quad (1)$$

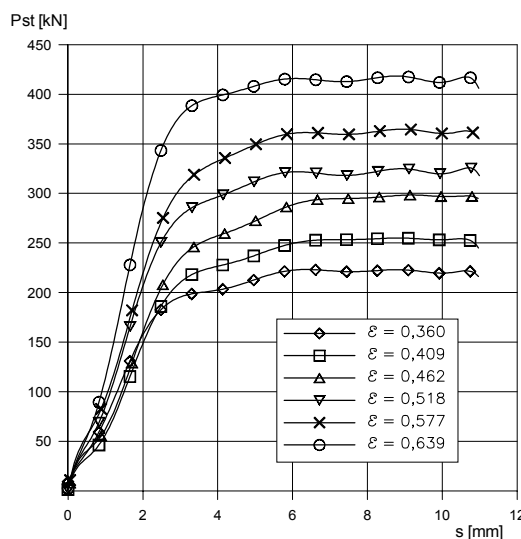
gdzie: A₀ – pole powierzchni przekroju poprzecznego wstępniaka, A₁ – pole powierzchni przekroju poprzecznego części ukształtowanej wypraski.

Zarówno na wykresie 3 i 4 widoczny jest wyraźny wzrost sił wyciskania związany ze wzrostem stopnia odkształcenia plastycznego ε od 0,360 ÷ 0,639 dla kolejnych średnic części roboczych stempli stożkowych co związane jest ze wzrostem powierzchni nacisku stempla na wyciskany materiał.

Wykres przedstawiony na rysunku 5 ma na celu porównanie sił wyciskania dla materiału surowego i po obróbce cieplnej. W przypadku materiału po obróbce cieplnej występuje 8,2% spadek wartości sił wyciskania w stosunku do przebiegu siłowego



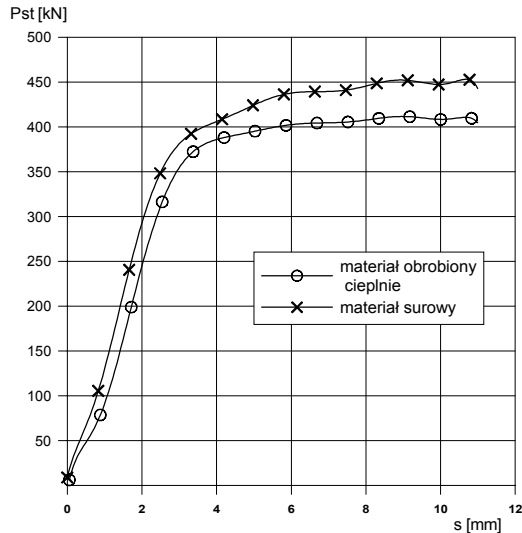
Rys. 3. Przebieg siły wyciskania w funkcji przemieszczenia dla różnych stopni odkształcenia, materiał surowy



Rys. 4. Przebieg siły wyciskania w funkcji przemieszczenia dla różnych stopni odkształcenia, materiał po obróbce cieplnej

dla materiału surowego, co wynika z 23% spadku twardości zmierzanej metodą Brinella oraz 10,3% spadku twardości uzyskanej metodą Rockwella.

W pierwszej fazie spęczania wstępniaka związanej z niewielką różnicą materiału wsadowego i matrycy następuje wyraźny wzrost sił wyciskania dla stempla płaskiego co związane jest z większą powierzchnią nacisku stempla na materiał w stosunku do powierzchni początkowej nacisku stempla stożkowego stanowiącej tylko 25% powierzchni stempla płaskiego. Natomiast po osiągnięciu maksimum wartość siły nieznacznie spada co związane jest ustabilizo-

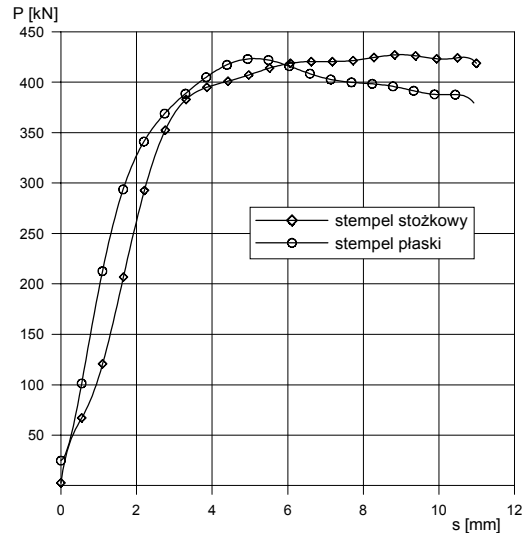


Rys. 5. Przebieg siły wyciskania w funkcji przemieszczenia dla stempli stożkowych o średnicy części roboczej $d_1 = 20 \text{ mm}$ ($\epsilon = 0,639$), dla miedzi M1E przed i po obróbce cieplnej

waniem się procesu pierścieniowego formowania się powierzchni bocznej wypraski. Po przemieszczeniu się stempla o wartość 6 mm widoczny jest wzrost siły wyciskania dla stempla stożkowego w drugiej fazie wyciskania w stosunku do stempla płaskiego. Wyjaśnienie tego zjawiska tkwi w wartości pola powierzchni całkowitego nacisku stempla stożkowego na kształtowany materiał, której łączna wartość dla średnicy części roboczej $d_1 = 20 \text{ mm}$ jest o 2,6% większa w stosunku do powierzchni części roboczej stempla płaskiego. Wzrost powierzchni nacisku narzędzia związany jest wzrostem siły tarcia pomiędzy czołową powierzchnią stempla a materiałem wyjaśnia wzrost wartości siły nacisku dla stempla stożkowego w zasadniczej fazie pierścieniowego formowania się wypraski. Końcowa faza procesu związana ze zbliżaniem się stempla do grubości denka odpowiadającej grubości ścianki wypraski w obu przypadkach zaznaczona jest delikatnym spadkiem siły wyciskania.

4. Literatura

- [1] Lange K., I.: *Handbook of Metal Forming*. McGraw-Hill Book Company 1985.
- [2] Ciupik L, Hejmej S, Mstowki J, Nonckiewicz B, Steliga M, Wojciechowski T.: *Techniki wytwarzania - obróbka plastyczna*. Zielona Góra 1987.
- [3] Chałupczak J. Thomas P.: *Wpływ kąta roboczej części narzędzia, rodzaju materiału i względnych grubości rury na wybrane parametry procesu obciskania zwięzków rurowych*. Rudy i metale nieżelazne. Kraków 2000.
- [4] Instrukcja stanowiska do pomiaru sił i przemieszczeń w procesach obróbki plastycznej. Politechnika Świętokrzyska. Kielce 2001. Praca nie publikowana.



Rys. 6. Przebieg nacisku stempla w funkcji przemieszczenia dla stempla stożkowego i płaskiego o średnicy części roboczych $d_1 = 20 \text{ mm}$, ($\epsilon = 0,639$) dla miedzi M1E po obróbce cieplnej

3. Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników badań można sformułować następujące wnioski:

1. Zadane parametry obróbki cieplnej pomimo obniżenia twardości materiału i polepszenia jego własności plastycznych nie wpłynęły w zasadniczy sposób na zmniejszenie oporów odkształcenia plastycznego, a tym samym siły wyciskania.
2. Dla stempla płaskiego w początkowej fazie spęczania i wstępnego wyciskania siła nacisku jest większa niż dla stempla płaskiego. Natomiast w trakcie głównej fazy wyciskania opory odkształcenia plastycznego dla stempla stożkowego są większe ze względu na wzrost powierzchni przylegania powierzchni roboczej do materiału w stosunku do stempla płaskiego, a co za tym idzie wzrost tarcia zewnętrznego pomiędzy narzędziem a wypraską.

Mgr inż. Piotr Thomas

Katedra Metaloznawstwa i Technologii Materiałowych
Zakład Technologii Materiałowych
Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn
Politechnika Świętokrzyska
25-314 Kielce,
ul. Tysiąclecia P.P. 7.
tel. 34-24-373,
e-mail: thomas@tu.kielce.pl.