ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1979

Seria: HUTNICTWO z. 18 Nr kol. 606

Cezary MURSKI, Jacek MAZURKIEWICZ
Jerzy HERIAN

Instytut Inżynierii Materiałowej
Politechnika Śląska

TEORETYCZNE ASPEKTY KALIBROWANIA WALCÓW

Streszczenie. W referacie ujęto zakres najnowszych badań prowadzonych przez autorów obejmujących rozważania teoretyczne, poparte badaniami dotyczącymi odkształcania pasma w walcach stożkowych i nierównomiernym gniotem na szerokości. Określono zmiany ilościowe i jakościowe odkształceń oraz wskazano kierunki dalszych badań w celu uzyskania zależności funkcyjnych, zezwalających na doskonalenie kalibrowania walców.

WSTĘP

Opracowanie systemów obliczeniowych dla kalibrowania kształtników, pozwalających na ich uogólnienie, przypuszczalnie może być osiągnięte w wyniku uprzedniej analizy odkształceń poszczególnych jego elementów walcowanych oddzielnie. Oprócz tego, poznanie istoty zjawisk towarzyszących takiemu procesowi, wpływa na scalenie zagadnień występujących w wielu przypadkach kalibrowania kształtników.

W niniejszym opracowaniu autorzy pragną przedstawić dwa zagadnienia, które nierozerwalnie towarzyszą przy kalibrowaniu prawie większości kształtowników i ich walcowaniu, a dotyczą one opisu zjawisk i odkształceń występujących:

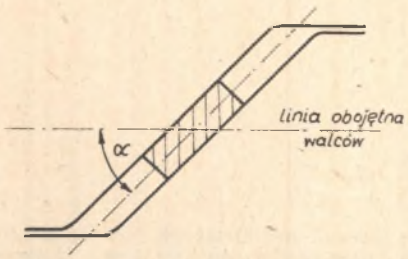
- w procesie walcowania płaskownika pochylonego względem linii obojętnej walców,
- w procesie walcowania pasma ze zróżnicowanym gniotem na szerokości.

1. ISTOTA PROCESU WALCOWANIA PŁASKOWNIKA POCHYLONEGO WZGLĘDEM LINII OBOJĘTNEJ WALCÓW ORAZ JEGO ODKSZTAŁCENIE

Jednym z często występujących elementów kształtownika jest element płaski pochylony pod kątem do linii objętnej walców (w płaszczyźnie wyjścia).

Obliczenie poszerzenia płaskownika w takim procesie (rys. 1) wzorami stosowanymi dla procesu prostego symetrycznego nie daje wyników zgodnych z rzeczywistymi. Niezgodność tę wykazano w badaniach Juretzka [1] i Jo-

hanssona [2]. Wydaje się, że jest to wynikiem niepełnej słuszności bezpośredniego przenoszenia zjawisk zachodzących w prostym symetrycznym procesie walcowania na proces, który różni się charakterem odkształcenia, wynikającym z ciągłej zmiany średnic walców.



Rys. 1. Położenie walcowanej próbki względem linii obojętnej walców

Ciągła zmiana średnic walców, a zatem i zmienna prędkość obwodowa walców na szerokości walcowanego płaskownika, prowadzić muszą do odmiennego niż w prostym symetrycznym procesie przemieszczania cząstek metalu w kotlinie walcowania, a tym samym wpływać na wielkość odkształceń. Ze wzrostem kąta pochylenia, ilościowe i jakościowe zmiany odkształceń jeszcze bardziej winny się potęgować.

Potwierdzenie tych zmian uzyskano w oparciu o rozważania teoretyczne i badania modelowe rozkładu poszerzenia na szerokości płaskowników walcowanych w położeniu pochylonym względem l.o.w. oraz o analogiczne badania walcowania płaskowników na gorąco.

Uzyskane wyniki z badań rozkładu poszerzenia wskazują na występowanie nierównomierności poszerzenia tak dla próbek walcowanych pod kątem $\alpha = 0^{\circ}$, jak i 30° i 45°. Charakter rozkładu poszerzenia w przypadku prostego procesu walcowania jest paraboliczny i symetryczny względem osi pionowej próbki i zgodny z badaniami [4 i 5]. W przypadku próbek walcowanych pod kątem $\alpha = 30^{\circ}$ i 45° występuje jego asymetria (rys. 2), przy czym minimum poszerzenia, wynikające z jego rozkładu, jest przesunięte w stronę stykającą się z większą średnicę. Przesunięcie to wzrasta ze wzrostem wskaźnika kształtu i kąta pochylenia. Linia łącząca oba punkty minimum, różnicuje warstwy poszerzające się na grubości. Występujące zjawisko można tłumaczyć rozkładem sił w kotlinie walcowania (rys. 3) oraz analogią zjawisk zachodzących w walcach o różnych średnicach [3].

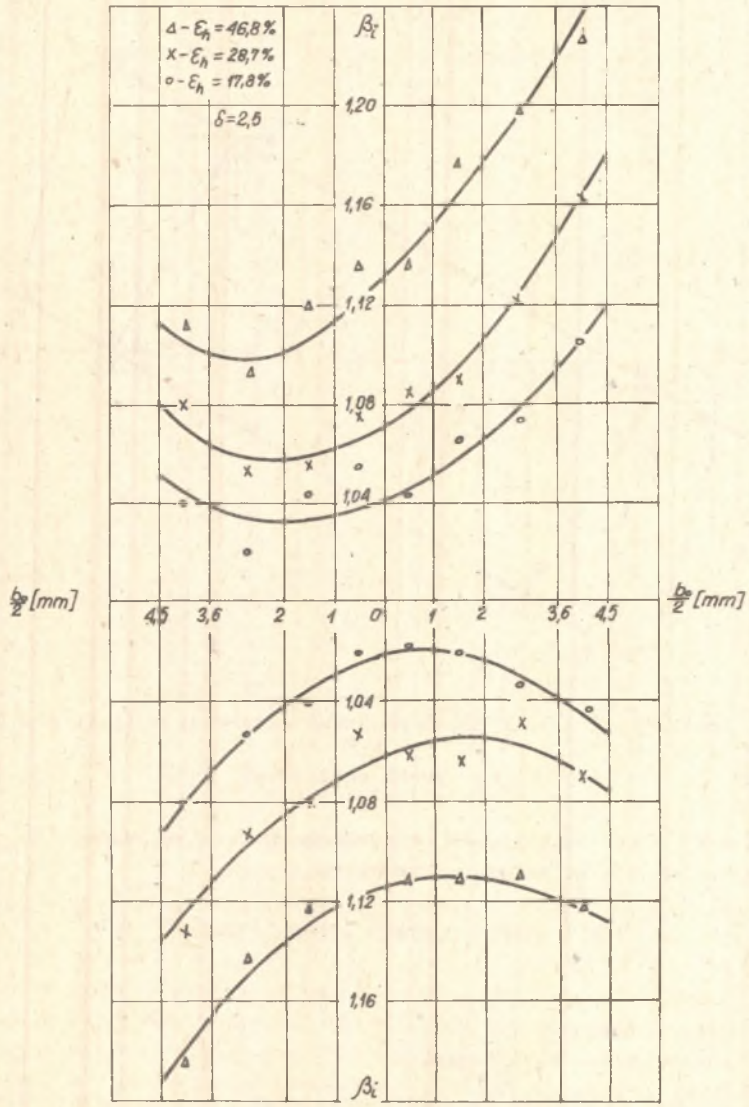
Odmienność charakteru odkształcenia płaskowników walcowanych w rozpatrywanym procesie w stosunku do symetrycznego procesu prowadzić musi do zmian ilościowych. Potwierdzenie to uzyskano na drodze teoretyczno-doświadczalnej, wynikiem czego jest wyprowadzona końcowa zależność:

$$\beta_{\alpha} = \beta_{\alpha=0}^{(1-c\ \ln\cos\alpha)},$$

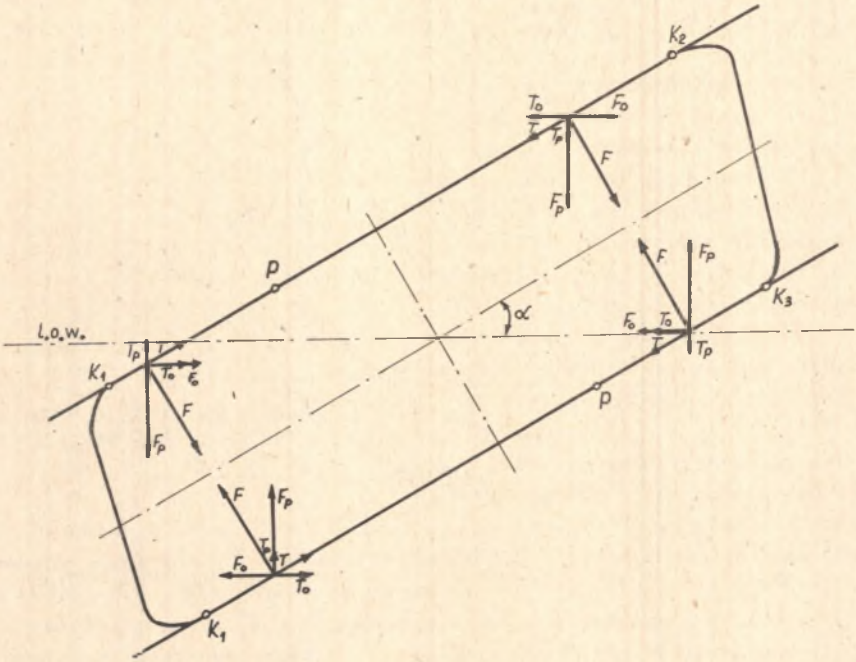
gdzie:

$\beta_{\alpha=0}$ - współczynnik poszerzenia przy walcowaniu płaskownika w prostym symetrycznym procesie,

α - kąt pochylenia płaskownika względem l.o.w.



Rys. 2. Zmiana poszerzenia na szerokości próbek o wskaźniku kształtu δ = = 2,5 w zależności od gniotu walcowanych w l.o.w. pod kątem α = 45°



Rys. 3. Schemat sił działających na pasmo walcowane w linii obojętnej walców

P - punkt podziałowy

Współczynnik c jest zależny od stosowanego gniotu względnego ε_h i wskaźnika kształtu δ, a obliczamy go ze wzoru

$$c = 3{,}62 + 0{,}279\delta^2 - 20\varepsilon_h + 24{,}3\varepsilon_h^2,$$

gdzie:

ε_h - gniot względny,

δ - wskaźnik kształtu pasma.

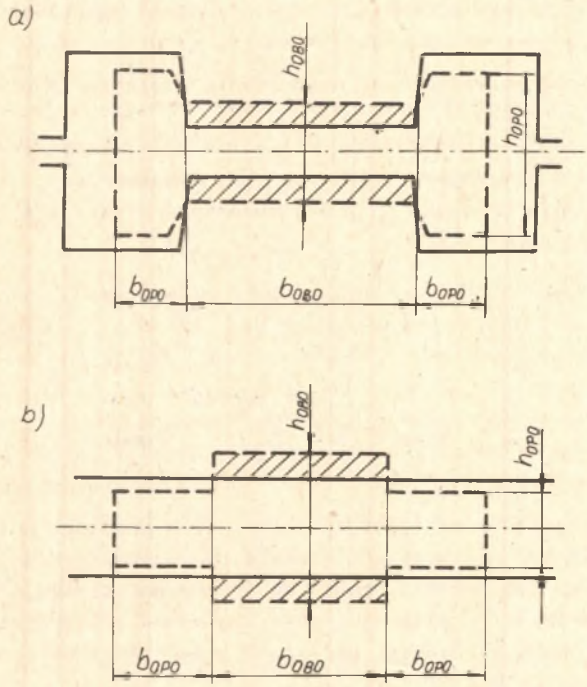
Wyprowadzona zależność na poszerzenie oraz poznanie istoty samego procesu powinna zbliżyć opis działania, a tym samym pozwolić na doskonalenie kalibrowania walców dla kształtowników.

2. ODKSZTAŁCENIE PRZY ZRÓŻNICOWANYM GNIOCIE NA SZEROKOŚCI

Zróżnicowanie gniotu występuje we wszystkich przypadkach walcowania kształtowników, a także przy walcowaniu większości prętów.

Wpływ zróżnicowanego gniotu na odkształcenie całości, jak i poszczególnych elementów pasma, określono w badaniach na próbkach:

- krzyżowych,
- dwuteowych,
- płaskich - stosowanych jako kontrolnych - porównawczych.



Rys. 4. Próbki stosowane w badaniach
a - dwuteowa D, b - krzyżowa K
Linia ciągła oznacza wykrój, linia przerywana - kształt próbki. Na części środkowej próbki zaznaczono stosowany gniot

Walcowanie jedynie środkowej części próbki (rys. 4)(krzyżowej, dwuteowej) powoduje krańcowe zróżnicowanie odkształcenia w paśmie. Część środkowa - bezpośrednio odkształcana (BO) gniotem, powodowała odkształcenie części bocznych - pośrednio odkształcanych (PO), dając w końcu jednakowe wydłużenie wszystkich części. Badania oparte na tych próbach [6, 7] pozwoliły ustalić statystyczną zależność do obliczenia wydłużeń. Wyprowadzono także analitycznie dla tego celu funkcję, opartą jedynie o ograniczenia wynikłe z analizy procesu. Zależność ta okazała się najdokładniejsza ze wszystkich stosowanych do tego celu i przyjęła postać:

$$\varphi_L = \varphi_{LP} \left(3\theta_{OBO}^2 - 2\theta_{OBO}^3\right),$$

gdzie:

φ_L - wydłużenie rzeczywiste (logarytmiczne) próbki K lub D,

φ_{LP} - wydłużenie rzeczywiste płaskownika P o wymiarach i parametrach walcowania jak część BO,

θ_{OBO} - początkowy (pierwszy indeks o) udział objętości części BO w objętości całej próbki K lub D.

Następnym etapem badań było wyznaczenie poszerzenia elementów BO, PO, jak i całości próbki.

Funkcje opisujące poszerzenie elementów BO i PO opracowano statystycznie w oparciu o istniejące zależności dla płaskowników, do których dodatkowo wprowadzając czynnik θ_{OBO}. Opracowanie statystyczne doprowadziło do następujących funkcji [8]:

$$\varphi_{bBO} = -\varphi_{hP}\left(\frac{b_{OP}}{h_{OP}}\right)^{-0,57}\left(\frac{h_{OP}}{D}\right)^{0,24} \cdot \theta_{OBO}^{0,34}$$

$$\varphi_{bPO} = \varphi_{hP}\left(\frac{b_{OP}}{D}\right)^{0,49} \theta_{OBO}^{1,1},$$

gdzie:

φ_{bBO} - poszerzenie rzeczywiste części BO w próbkach K lub D,

φ_{bPO} - poszerzenie rzeczywiste części PO w próbkach K lub D,

φ_{hP} - gniot rzeczywisty części BO (równy gniotowi w próbce P),

b_{OP} - szerokość początkowa części BO (równa szerokości próbki P),

h_{OP} - wysokość początkowa części BO (równe wysokości próbki P),

D - średnica walców.

W badaniach tych, jak też i w późniejszym ich opracowaniu, stwierdzono występowanie poszerzenia, jak i przewężenia w elementach walcowanej próbki.

W następnym etapie badań sprawdzono na ile umieszczenie części BO, jako zewnętrznych w próbce, spowoduje zmiany odkształcenia. W tym przypadku otrzymuje się nieznacznie mniejsze wydłużenia, a przewężenie części środkowej prawie nie występuje; występuje natomiast zmniejszenie jej grubości. Niemniej jednak, zmiany te nie są istotne, a różnice wyników kryją się na ogół w dokładności powyżej przedstawionych wzorów. Porównanie dla tego typu procesów wykonano w pracy [9].

Dalszy rozwój zagadnień, dotyczących zróżnicowania gniotu, ukierunkowano na równoczesne odkształcenie wszystkich części pasma z różnym gniotem.

W badaniach tych przyjęto poprzednio stosowane typy próbek, zakładając odmienny gniot na każdą z wyodrębnionych poprzednio części.

Do opisu występujących zjawisk przyjęto metodę superpozycji, która polegała na obliczaniu odkształcenia końcowego po walcowaniu dwuetapowym próbek typu D (walcowano w jednym przepuście stopki, a w drugim środnik). Część tych badań opublikowano w pracy [9].

Druga koncepcja opisu występujących zjawisk opierała się na hipotezie [10] dotyczącej jednoczesnego odkształcenia pasma walcowanego ze zróżnicowanym gniotem na szerokości.

Hipoteza ta mówi, że jednakowe wydłużenie wszystkich elementów pasma wynika z występowania w nich w trakcie walcowania dopełniających naprężeń o charakterze działania naciągu. Przy założeniach jednakowego ciągu i przeciwciągu, posługując się zależnością zmiany poszerzenia od naciągu [11], otrzymano bardzo dobre wyniki.

W przypadku opisu zjawisk drugim sposobem otrzymano błędy około 3,5% wartości mierzonych, które są mniejsze niż przy pierwszym sposobie.

PODSUMOWANIE

Przedstawione w opracowaniu dwa zagadnienia wydają się być pozornie różne, a w rzeczywistości dotyczą tego samego zagadnienia - mianowicie - walcowania z niejednorodnym odkształceniem na szerokości pasma.

Opracowane modele matematyczne do obliczania odkształcenia, przy rozpatrywanych sposobach walcowania, łączy wspólna idea stworzenia matematycznych podstaw kalibrowania walców w zakresie kształtowników.

W szczególności przedstawione rozważania pozwalają wyciągnąć następujące wnioski:

1. Istnieje istotna różnica w charakterze odkształcenia płaskownika walcowanego w położeniu pochylonym względem linii obojętnej walców, w stosunku do prostego symetrycznego procesu walcowania.
2. Poznanie istoty procesu oraz wyprowadzenie zależności na poszerzenie powinno zbliżyć opis działania i pozwolić na doskonalenie kalibrowania walców dla kształtowników.
3. Przyjęta hipoteza istotnego wpływu naciągów na charakter odkształcenia [10] jest najbardziej uzasadniona teoretycznie przy walcowaniu pasma kształtowego ze zróżnicowanym gniotem na szerokości.
4. Model superpozycyjny jest praktycznie często wygodniejszy do zastosowania w obliczeniach i interpretacji wyników, jednakże daje większe błędy.

LITERATURA

[1] Juretzek G.: Metallformung. Akademie - Verlag Berlin, B36, 1959.

[2] Johansson R.: Jernkont Ann. t. 153 1969 r., ss. 219-229.

[3] Czekmariew A.P., Niefiedow A.A., Nikołajew W.A.: Teoria prokatnoj prokatki H.O.T.K.Z.G.U im. A.A. Gorkowa 1965.

[4] Herian J.: Praca doktorska. Instytut Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej. Katowice 1977 (nie publikowana).

[5] Mazurkiewicz J., Steinerowski St.: Hutnik nr 1, 1973.

[6] Mazurkiewicz J., Hadasik E., Piela A.: Hutnik nr 12 1975.

[7] Hadasik E., Mazurkiewicz J., Piela A.: ZN Politechniki Śląskiej, Hutnictwo z. 6, 1975.

[8] Mazurkiewicz J., Hadasik E., Piela A.: Hutnik z. 5, 1976.

[9] Hadasik E., Mazurkiewicz J., Piela A.: ZN Politechniki Śląskiej,Hutnictwo, z. 15, Gliwice 1978.

[10] Mazurkiewicz J.: Archiwum Hutnictwa. T. XXIII 1978, z. 1.

[11] Celikow A.A., Griszkow A.: Teorija prokatki, Mietałłurgija, Moskwa 1970.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КАЛИБРОВКИ ВАЛЬЦЕВ

Р е з ю м е

В статье рассматриваются самые новые исследования проведённые авторами охватывающие теоретических рассуждений, подтверждённые исследованиями касающимися деформации полосы в конических валках и неравномерным обжатием в ширину. Определено количественные деформаций, а также даются указания дальнейших исследований, с целью получения функциональных зависимостей дающие возможность на усовершенствование калибровки вальцев.

THE THEORETICAL ASPECTS OF ROLL PASS DESIGN

S u m m a r y

The paper embraces the range of the latest research carried out by the authors interested in the theoretical considerations backed up by investigations pertinent to band strain in conical shaped rolls and width uneven draft. The quantitive and qualitative changes have been determined, connected with strain, and the perspectives of further investigations were pointed out, allowing for acchieving functional relations enabling the amendment of methods of roll pass design.