

WPLYW PARAMETRÓW KONSTRUKCYJNYCH NA KSZTAŁT KOŁNIERZA
FORMUJĄCEGO OPAKOWANIA Z FOLII

Tadeusz Matuszek

Instytut Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn
Politechniki Gdańskiej

PODSTAWY TEORETYCZNE

WPROWADZENIE

Kształt kołnierza formującego, możliwie najlepsze jego cechy geometryczne i konstrukcyjne stanowią najbardziej istotne warunki ciągłego i prawidłowego tworzenia opakowań z płaskich wstęp folii jedno- i wielowarstwowych. Szczególnie widoczne jest to przy tworzywach z folią aluminiową i przy dużej ilości warstw. Kołnierz formujący składa się z części walcowej i powierzchni formującej. Połączenie tych części tworzy tzw. linię formowania, która jest krzywą przestrzenną.

Wyznaczanie kształtu krzywej formowania,

Przekształcenie płaskiej folii opakowaniowej w kształt rękawa, bez wewnętrznych wydłużeń i skróceń wymaga, aby część walcowa i powierzchnia formująca, po przecięciu wzdłuż krawędzi tworzącej walca i rozwinięciu, tworzyły jedną płaszczyznę. Jeżeli parametr t wyrazimy w mierze łukowej, to linia formowania jest określona następująco:

$$\left. \begin{aligned} X(t) &= r \cdot \cos t \\ Y(t) &= r \cdot \sin t \\ Z(t) &= f(t) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Równanie płaszczyzny gięcia, dla dowolnie wybranego punktu $P(x, y, z)$ linii formowania, można wyprowadzić z wyznacznika [1]:

$$\begin{vmatrix} X & Y & Z & 1 \\ X(t) & Y(t) & Z & 1 \\ \dot{X}(t) & \dot{Y}(t) & \dot{Z}(t) & 0 \\ \ddot{X}(t) & \ddot{Y}(t) & \ddot{Z}(t) & 0 \end{vmatrix} = 0 \quad (2)$$

Kąt wlotowy τ , pod którym folia opakowaniowa przemieszcza się do części walcowej, wynika z równania [1]:

$$\tau(t) = 180^\circ - 2 \varepsilon(t) \quad (3)$$

gdzie $\varepsilon(t)$ - kąt między płaszczyzną gięcia w dowolnie wybranym punkcie linii formowania, a płaszczyzną styczną do walca. Przy pomocy równań (1), (2), i (3) można przeanalizować różne linie formowania, aby przy możliwie dużych kątach wlotowych dla t z przedziału $(-\pi, \pi)$, tzn. wzdłuż całej linii i przy praktycznie stosowanych wysokościach formowania ($h \leq 6r$) [2, 3, 4] uzyskać najkorzystniejsze warunki przejścia folii przez kołnierz formujący.

Kąt wlotowy linii formowania według teorii E. Mota

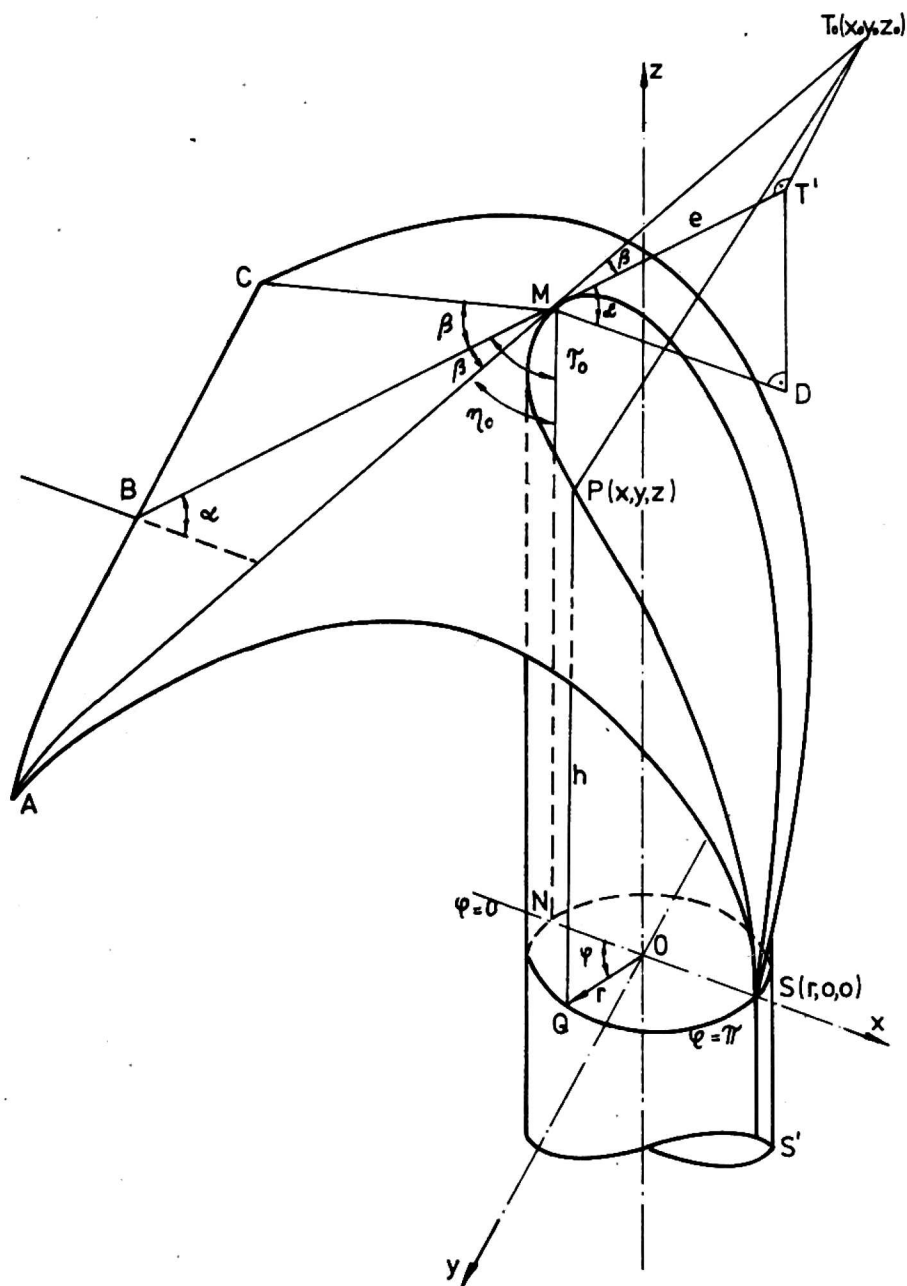
Wykorzystując zależności geometryczne przedstawione na rysunku 1 i 2 można określić podane przez E. Mota [3] równanie linii formowania następująco:

$$\psi(u) = h - \frac{e \cdot \operatorname{tg} \beta (u - r \cdot \sin \varphi + r(e \cdot \cos \alpha - r) (1 - \cos \varphi) + \frac{1}{2} u^2}{e(1 + \sin \alpha)} \quad (4)$$

gdzie $u = \varphi \cdot r$ jest po odpowiednich przekształceniach równaniem parametrycznym krzywej linii formowania. Zapis matematyczny tej linii określają związki:

$$\begin{aligned} X &= -r \cdot \cos \varphi \\ Y &= r \cdot \sin \varphi \\ Z &= h - \frac{re \cdot \operatorname{tg} \beta (\varphi - \sin \varphi) + r(e \cdot \cos \alpha - r) (1 - \cos \varphi) + \frac{1}{2} r^2 \varphi^2}{e(1 + \sin \alpha)} \end{aligned} \quad (5)$$

w których kąt φ jest zawarty w przedziale $-\pi \leq \varphi \leq \pi$.



Rys. 1.

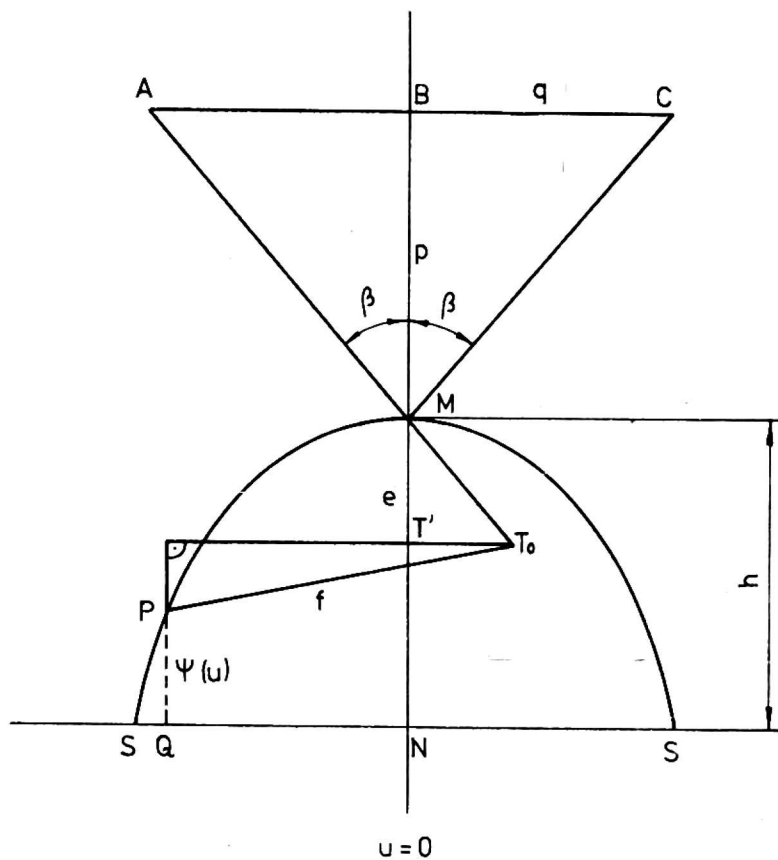
Z geometrii różniczkowej wiadomo, że równanie płaszczyzny gięcia, tj. równanie płaszczyzny ściśle stycznej do kołnierza formującego, jest rozwiązaniem wyznacznika:

$$\begin{vmatrix} X - X(\varphi) & Y - Y(\varphi) & Z - Z(\varphi) \\ X'(\varphi) & Y'(\varphi) & Z'(\varphi) \\ X''(\varphi) & Y''(\varphi) & Z''(\varphi) \end{vmatrix} = 0 \quad (6)$$

które można wyrazić w postaci zależności:

$$Ax + By + Cz + D = 0 \quad (7)$$

gdzie A, B, C i D są funkcjami kąta φ .



Rys. 2.

Wektor płaszczyzny ściśle stycznej posiada współrzędne:

$$\vec{U}[A; B; C;] \quad (8)$$

które oznaczają:

$$\left. \begin{aligned} A &= \begin{vmatrix} Y'(\varphi) & Z'(\varphi) \\ Y''(\varphi) & Z''(\varphi) \end{vmatrix} \\ B &= \begin{vmatrix} Z'(\varphi) & X'(\varphi) \\ Z''(\varphi) & X''(\varphi) \end{vmatrix} \\ C &= \begin{vmatrix} X'(\varphi) & Y'(\varphi) \\ X''(\varphi) & Y''(\varphi) \end{vmatrix} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Jeżeli zrózniczkujemy dwukrotnie równanie (5) i wstawimy uzyskane wyniki do zależności (9) wówczas otrzymujemy:

$$\left. \begin{aligned} A &= -r^2 \frac{e(\cos \alpha + \operatorname{tg} \beta \sin \varphi + r(\cos \varphi + \varphi \sin \varphi - 1))}{e(1 + \sin \alpha)} \\ B &= r^2 \frac{e \cdot \operatorname{tg} \beta (1 - \cos \varphi) + r(\sin \varphi - \varphi \cdot \cos \varphi)}{e(1 + \sin \alpha)} \\ C &= -r^2 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Wektor płaszczyzny stycznej do okręgu podstawy w dowolnym jego punkcie ma współrzędne:

$$\vec{V} [-r \cdot \cos \varphi; r \cdot \sin \varphi; 0] \quad (11)$$

Z iloczynu skalarnego obu wektorów $\cos [\vec{U}; \vec{V}]$ otrzymujemy kąt $\varepsilon(\varphi)$ między tymi wektorami:

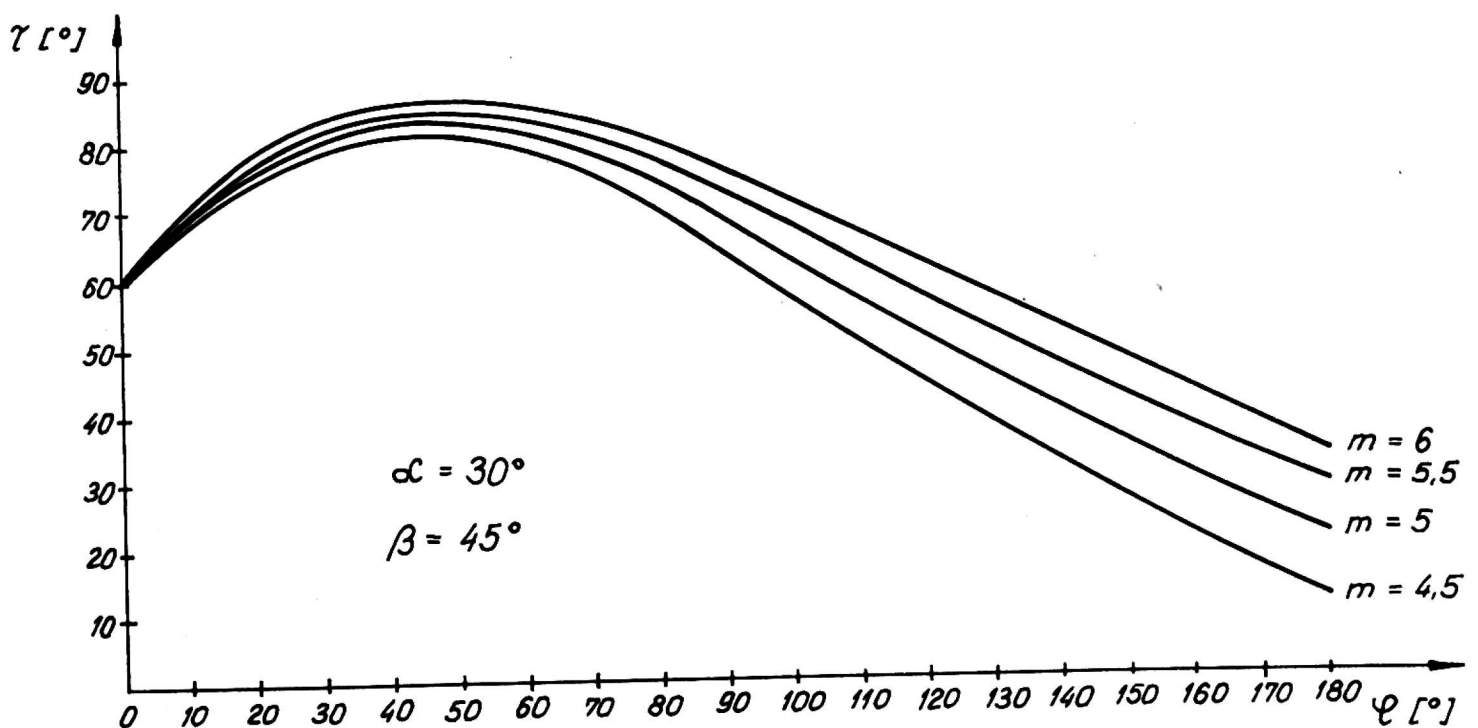
$$\cos \varepsilon(\varphi) = \frac{B \cdot \sin \varphi - A \cdot \cos \varphi}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \quad (12)$$

Postępując dalej zgodnie z podaną wcześniej teorią wyznaczania kształtu krzywej formowania, wartość kąta wlotowego dla dowolnego kąta φ otrzymamy z zależności (3).

Kształt kołnierza jest więc ściśle określony przez parametry: p, q, β, h i r . Ponieważ $q/p = \tan \beta$ i $h/r = m$, wtedy możliwości zmian jego cech geometryczno-konstrukcyjnych wynikają z wielkości m, α i β .

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

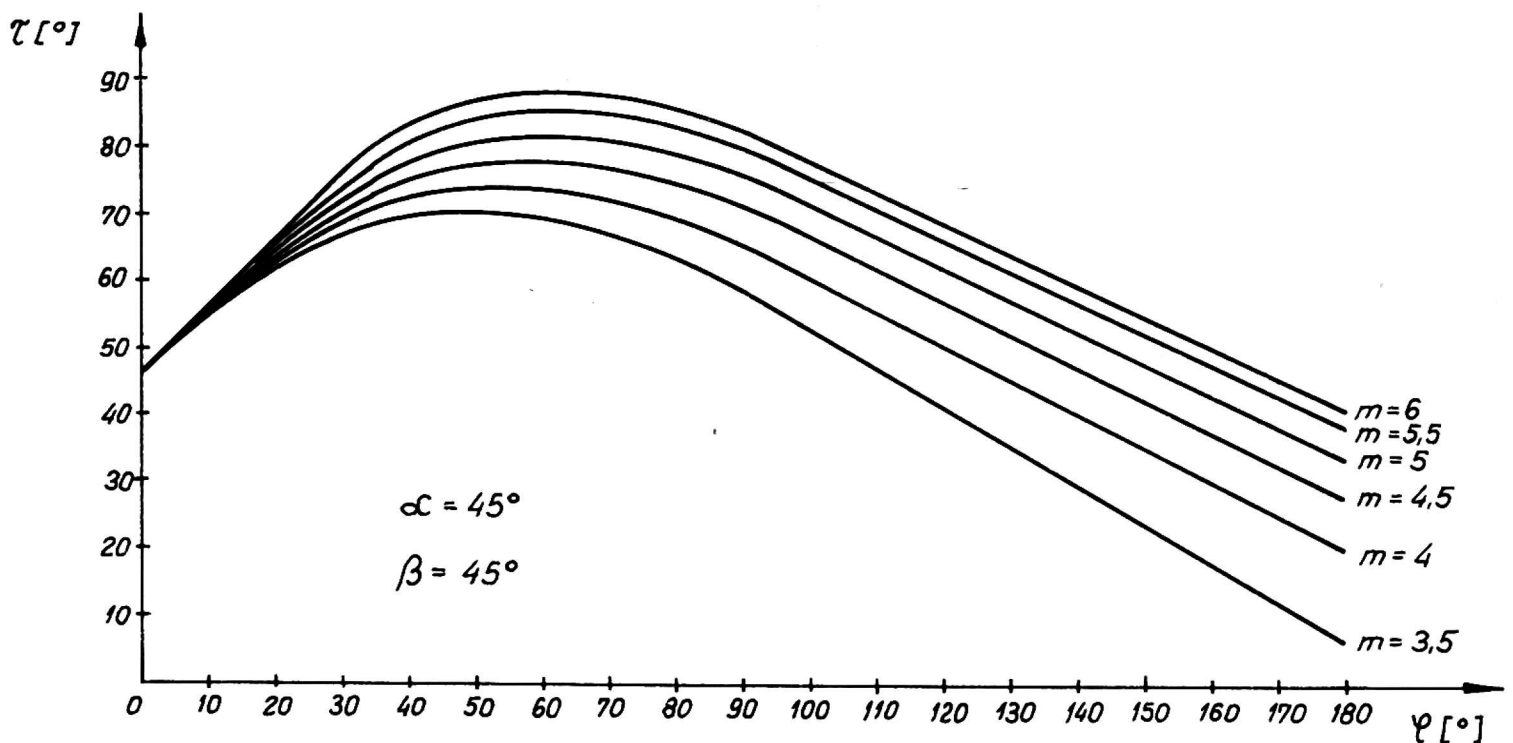
Wzory przedstawione w części dotyczącej teorii zostały wykorzystane do obliczenia różnych cech konstrukcyjnych kołnierzy formujących, przy zmianie wielkości α, β, m i kąta φ , który zmieniał się w przedziale od 0 do π co $\pi/6$. Wartości kątów wlotowych τ dla



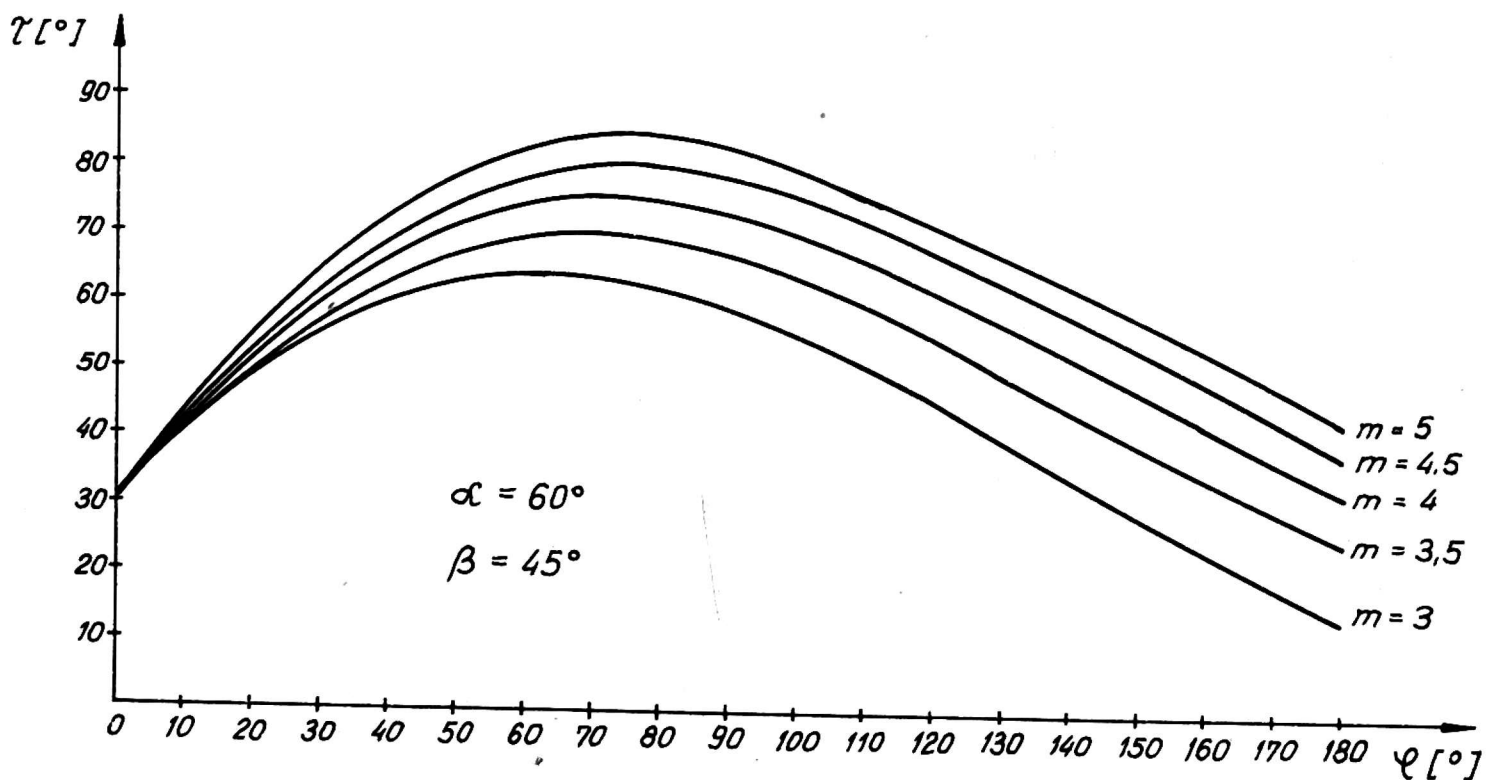
Rys. 3.

określonego obszaru zmian wymienionych wyżej parametrów znajdują się w tabeli, a ich interpretacja geometryczna na rysunkach 3-6. Oceniając przebieg zmian kąta τ na wspomnianych rysunkach można sformułować następujące spostrzeżenia:

a) Im mniejszy kąt α przy stałej wartości m i β , tym mniejszy kąt τ w przedziale $\pm \pi$. Stąd też wydaje się, że nie warto zmniejszać tego kąta, ponieważ polepszając warunki wlotowe folii dla małych wartości φ , znacznie pogarszają się one dla $\varphi \rightarrow \pm \pi$.



Rys. 4.



Rys. 5.

T a b e l a

Wartości zmian kątów wlotu τ

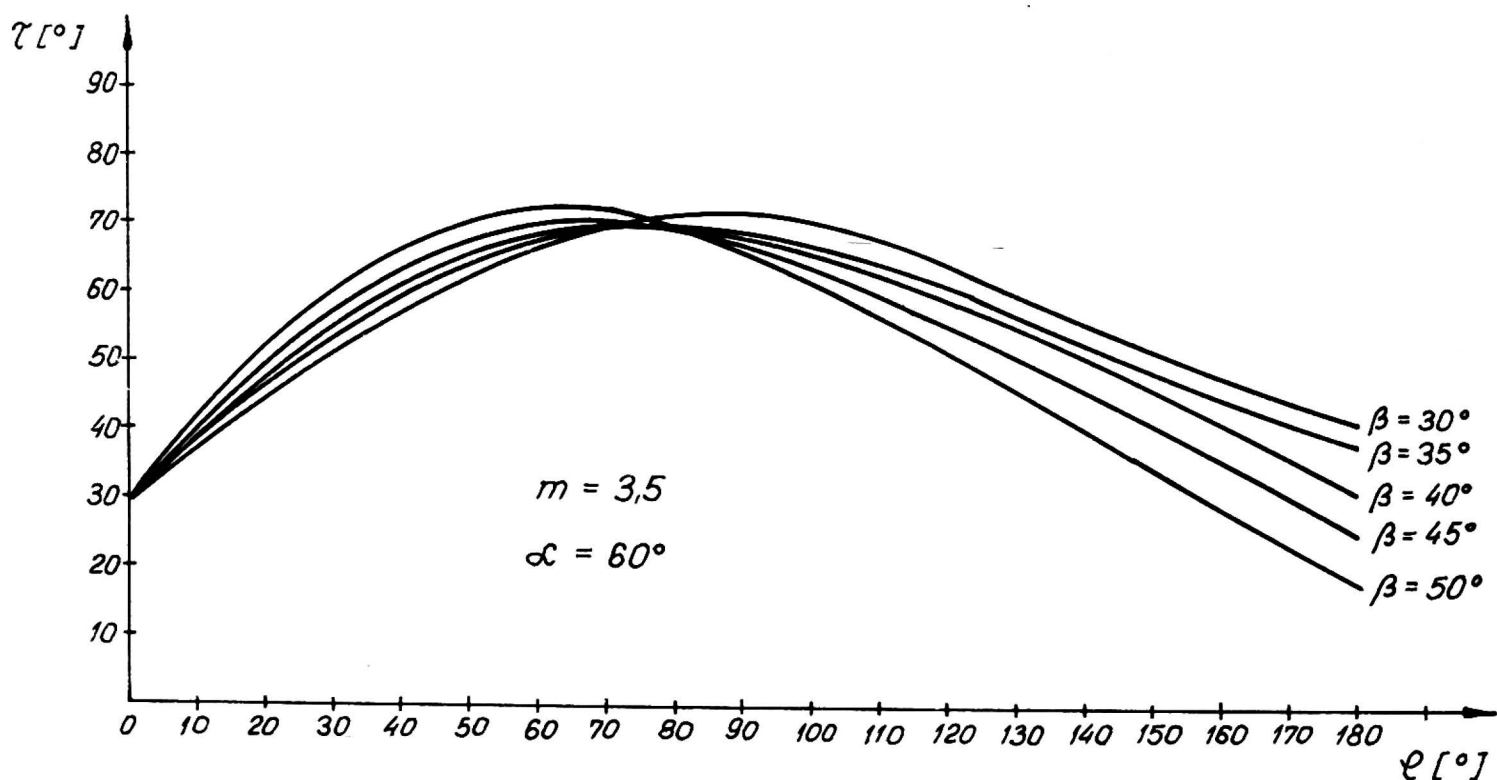
α°	β°	m	φ°						
			0	30	60	90	120	150	180
30	45	4,5	60	79	80	63	44	27	11
		5	60	81	82	68	52	35	21
		5,5	60	82	83	73	57	42	28
		6	60	84	86	76	62	47	33
45	45	3,5	45	67	70	59	42	25	6
		4	45	69	74	66	51	35	20
		4,5	45	70	78	72	58	43	28
		5	45	72	82	76	63	49	34
		5,5	45	73	85	80	67	52	39
		6	45	75	89	83	71	56	42
60	45	3	30	55	65	60	47	30	14
		3,5	30	57	70	68	56	40	26
		4	30	59	75	74	62	48	33
		4,5	30	61	79	79	68	53	39
		5	30	63	83	83	72	58	43
60	30	3,5	30	50	67	71	65	53	41
	35		30	53	68	70	62	50	38
	40		30	54	69	69	59	46	32
	45		30	57	70	68	56	40	26
	50		30	60	72	66	52	34	18
45	40	4	45	-	-	-	-	-	27
50	40	4	40	-	-	-	-	-	31
52	40	4	38	-	-	-	-	-	34
54	40	4	36	-	-	-	-	-	36

b) Zwiększanie współczynnika m przy zachowaniu stałych kątów α i β daje wzrost kątów wlotowych na całym obwodzie kołnierza formującego. Posiada to jednak sens tylko do takiej wartości m , przy której $\tau(\mp \pi) \leq \tau(0)$.

c) Zmniejszanie kąta β przy stałym m i α stanowi o wzroście $\tau(\pm \pi)$ i decyduje o łagodniejszym przebiegu zmienności kąta wlo-

towego, lecz podobnie jak przy m posiada sens tylko do takiej wartości β , przy której $\tau(\pm\pi) \leq \tau(0)$.

d) Wzrost m i β daje przy tych samych przyrostach coraz mniejszy efekt polepszania warunków wlotowych. Poza tym wzrost tych parametrów wiąże się ze zwiększeniem gabarytów całego urządzenia. Wydaje się, że najodpowiedniejszą granicą wartości tych wielkości są rezultaty podane przez E. Mota, tj. $m = 4$ i $\beta = 40^\circ$.



Rys. 6.

WNIOSKI

Przy wyborze cech konstrukcyjnych kołnierzy formujących ze względu na określone zmienne parametry α , β i m , należy dążyć do spełnienia warunków:

- jak największego τ_{\min} dla φ z przedziału $(-\pi, \pi)$,
- jak najmniejszej różnicy $\Delta\tau_{\max} = \tau_{\max} - \tau_{\min}$, gdzie τ_{\max} i τ_{\min} odpowiadają wartościom z przedziału $(-\pi, \pi)$, które stanowią o korzystnym i bezzakłócenowym formowaniu rękawa z wstęgi folii.

Dobre cechy geometryczno-konstrukcyjne uzyska się dla kołnierza formującego w maszynach z krążkowym pociąganiem folii, jeżeli parametry m , α i β wynoszą odpowiednio: 4, 54° , 40° . Wówczas kąt $\tau_{\min} = 36^\circ$.

Wykaz oznaczeń

- h - wysokość formowania [m],
 p - odległość między krążkiem prowadzącym a środkiem linii formowania [m],
 $m = h/r$ - współczynnik wysokości formowania,
 r - promień cylindra [m],
 $\varphi = \frac{u}{r}$ - kąt obwodowy [°],
 α - kąt podawania folii [°],
 $\psi(u)$ - funkcja linii formowania (kierownica stożków),
 τ - kąt wlotowy [°],
 q - połowa szerokości folii [m],

LITERATURA

1. Dietz G., Günther R.: Gestaltung von Form Schultern für Verpackungsmaschinen, Die Verpackung, 1, 1975.
2. Frenzel M.: Formschulter für Verpackungsmaschinen, Maschinenbautechnik, 17, 1968.
3. Mot E.: Das Formschulterproblem an Schlauch - heutel - Form-, Füll - und Verschlussmaschinen, Verpack. - Rundsch., 5, 1973.
4. Tiepel R. C., Mot E.: Die theoretische Bauhöhe Vertikaler Schlauchbeutel - Form -, Füll - und Verschlussmaschinen, Verpack. - Rundsch., 7, 1975.

Тадеуш Матушек

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ФОРМУ
 ФЛАНЦА ФОРМИРУЮЩЕГО ТАРУ ИЗ ФОЛЬГИ

Р е з ю м е

В работе представлено результат анализа геометрических параметров формирующего фланца, форма поверхности и формирующая линия которого найдены на основе теории Е. Мота.

Tadeusz Matuszek

THE INFLUENCE OF CONSTRUCTIONAL PARAMETERS ON THE SHAPE
 OF THE SHOULDER FORMING THE FOIL CONTAINERS

S u m m a r y

In this paper the results of the analysis of geometrical parameters for forming shoulder have been presented. Both shape of the surface and line of formation for this shoulder have been calculated according to E. Mot's theory.