

WSPÓLZALEŻNOŚĆ WYBRANYCH PARAMETRÓW WALCOWYCH KANAŁÓW
FORMUJĄCYCH CIASTA MAKARONOWE

Zbigniew Matulis

Politechnika Poznańska

Poznanie współzależności pomiędzy parametrami walcowych kanałów formujących ciasta makaronowe jest niezbędne do projektowania wkładów formujących pras makaronowych. W pracy założono, że parametry kanałów są zależne od parametrów opisujących naprężenia ścinające ciast makaronowych [1]. Wobec braku w literaturze krajowych wyników badań naprężeń ścinających ciast krajowych oraz nieprzydatności wycinkowych wyników w literaturze zagranicznej [2,3,4,5] przeprowadzono własne pomiary. Pomiary naprężeń ścinających zrealizowano dla ciast makaronów: Żuławskiego, Lubuskiego i Lubelskiego Ekstra pobieranych bezpośrednio z Wydziału Makaronów Poznańskich Zakładów Koncentratów Spożywczych „Amino” w Poznaniu. Pomiary prowadzono reometrem przepływowym tłokowym, który montowano na aparaturze Instron Model 1193. Użyty reometr umożliwił zmierzenie naprężeń dla prędkości ścinania znacznie większych niż przedstawiono w publikacjach zagranicznych $80-50 \text{ s}^{-1}$) oraz niż stosowane są w tłocznjach przemysłowych w Polsce (400 s^{-1}). W pomiarach podjęto się wyznaczenia wartości funkcji

$$\tau = f(\dot{\gamma}, T, w, \text{rodzaj ciasta}). \quad (1)$$

W wyniku pomiarów naprężeń ścinających stwierdzono, że dla zbadanych ciast, ich wilgotności w zakresie 28-31% i temperatur 305-325, zależność $\tau = f(\dot{\gamma})$ można opisywać modelem matematycznym potęgowym typu $\tau = k\dot{\gamma}^n$. (2)

Współczynniki korelacji wyników pomiarów naprężeń ścinających i wartości wynikających z potęgowego modelu wyrównującego otrzymano nie mniejsze od 0,985. Współczynnik konsystencji dla badanych ciast i różnych ich wilgotności zmieniał się w przedziale $8630-82866 \text{ N}\cdot\text{s}^n/\text{m}^2$. Natomiast wskaźnik płynięcia n zmieniał się w przedziale 0,3881-0,4873.

Współzależność wybranych parametrów walcowych kanałów formujących ciasta makaronowe wynika z podstawienia modelu potęgowego krzywej reologicznej do ogólnego równania przepływu [6]:

$$8 \dot{V}/\pi d_2^3 = \frac{1}{\tilde{\tau}_w^3} \int_{\tilde{\tau}_0}^{\tilde{\tau}_w} \tilde{\tau}^2 f(\tilde{\tau}) d\tilde{\tau}. \quad (3)$$

Podstawiając

$$f(\tilde{\tau}) = \dot{\gamma} = \left(\frac{\tilde{\tau}}{k}\right)^{1/n}, \quad (4)$$

otrzymuje się

$$8 \dot{V}/\pi d_2^3 = \frac{1}{\tilde{\tau}_w^3} \int_{\tilde{\tau}_0}^{\tilde{\tau}_w} \tilde{\tau}^2 \left(\frac{\tilde{\tau}}{k}\right)^{\frac{1}{n}} d\tilde{\tau}. \quad (5)$$

Po scałkowaniu otrzymuje się

$$8 \dot{V}/\pi d_2^3 = \frac{1}{\tilde{\tau}_w^3} \frac{1}{k^{\frac{1}{n}}} \frac{1}{3 + \frac{1}{n}} \left[\tilde{\tau}^{3 + \frac{1}{n}} \right]_{\tilde{\tau}_0}^{\tilde{\tau}_w} \quad (6)$$

Podstawiając granice całkowania otrzymuje się

$$8 \dot{V}/\pi d_2^3 = \frac{1}{k^{\frac{1}{n}}} \frac{1}{3 + \frac{1}{n}} \tilde{\tau}_w^{\frac{1}{n}}. \quad (7)$$

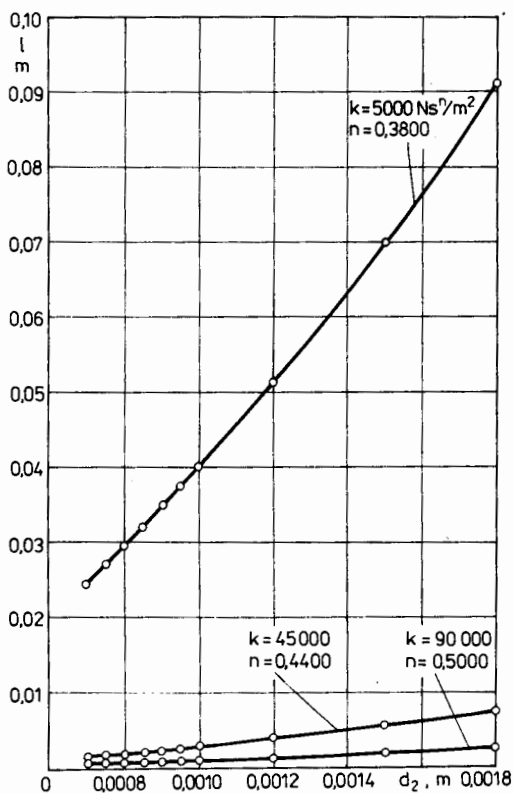
Naprężenie ścinające na ścianie w walcowym kanale przepływowym wynosiło [6]:

$$\tilde{\tau}_w = \frac{\Delta p d_2}{4 L}. \quad (8)$$

Po podstawieniu $\tilde{\tau}_w$ do równania (7) otrzymuje się

$$8 \dot{V}/\pi d_2^3 = \frac{1}{k^{\frac{1}{n}}} \frac{1}{3 + \frac{1}{n}} \left(\frac{\Delta p d_2}{4 L} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (9)$$

skąd



Rys. 1. Zależność długości kanału formującego l od jego średnicy

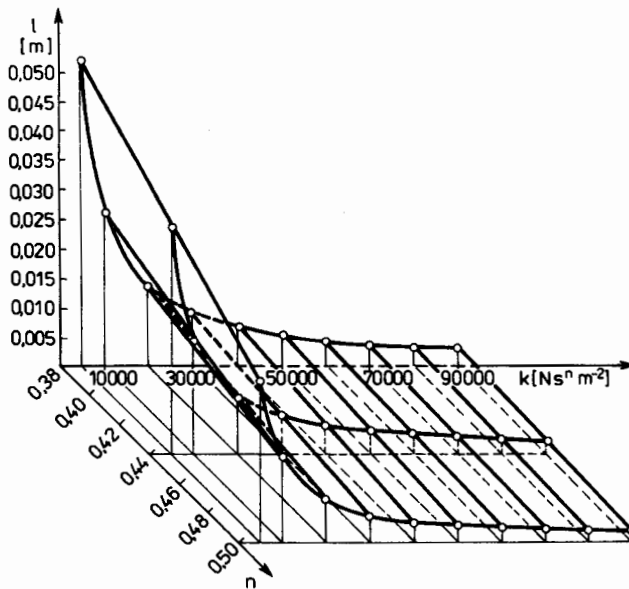
skąd

$$\frac{L}{d_2^{n+1}} \frac{V_{sr}^n}{\Delta p} = \frac{n^n}{4 k (6n + 2)^n} \quad (10)$$

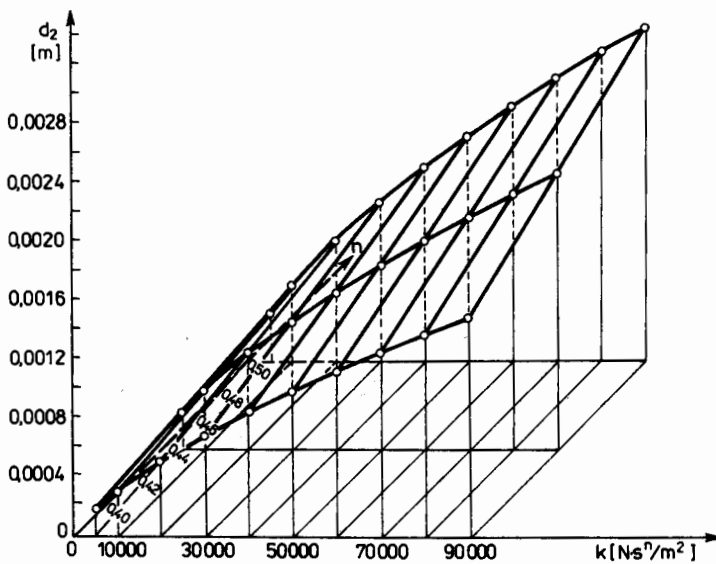
Przedstawione równanie wyraża związek parametrów konstrukcyjnych L, d_2 z parametrami procesu przepływu $V_{sr}, \Delta p$ oraz parametrami reologicznymi ciasta makaronowego k, η . Interpretację graficzną współzależności parametrów walcowych kanałów formujących ciasta makaronowego na podstawie wzoru (10) przedstawiono na rys. 1, 2, 3, 4 i 5, przy czym w interpretacjach parametry nie biorące udziału założono z zakresu stosowanego w praktyce, tj.

$$\Delta o = 78,48 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2, \quad V_{sr} = 0,035 \text{ m/s}, \quad d = 0,0012 \text{ m},$$

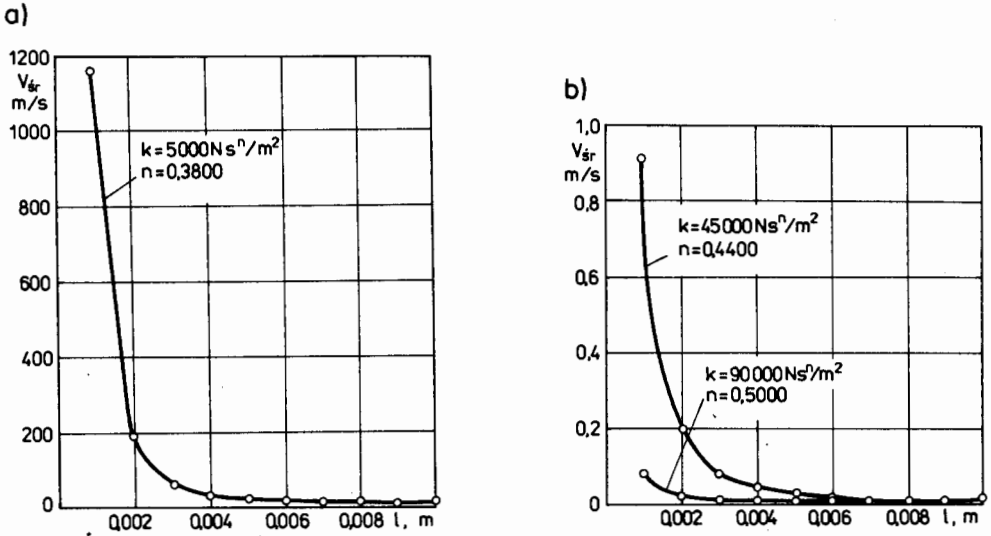
$$L = 0,004 \text{ m}, \quad k = 45000 \text{ Ns}^n/\text{m}^2, \quad n = 0,4400.$$



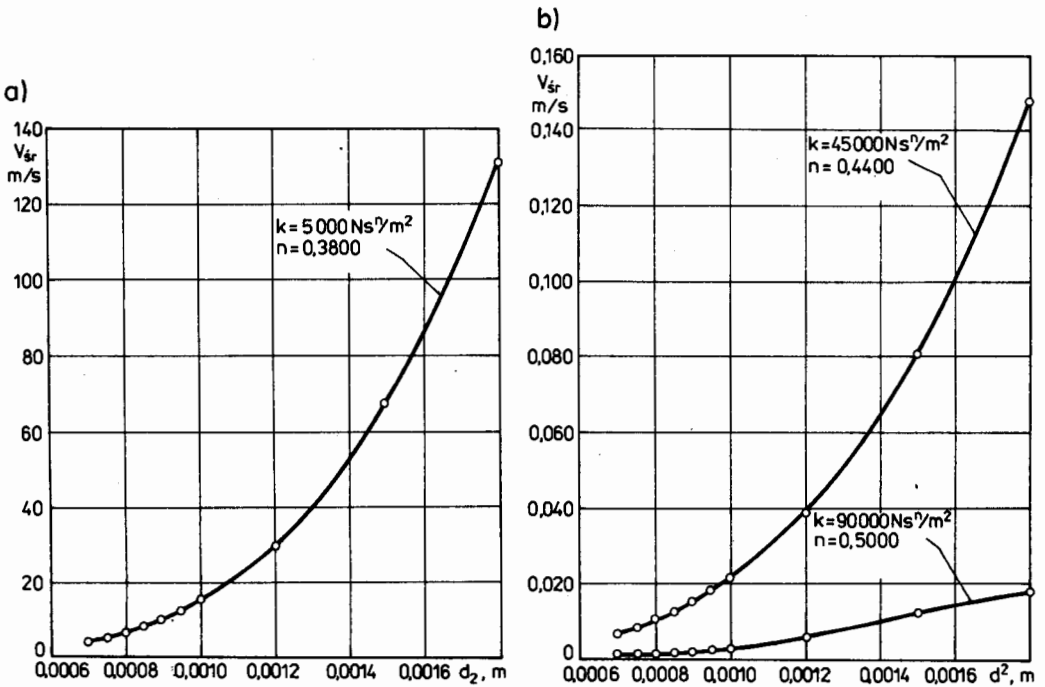
Rys. 2. Zależność długości kanału formującego od współczynników konsystencji i wskaźników płynięcia ciast makaronowych



Rys. 3. Zależność średnicy kanału formującego od współczynników konsystencji i wskaźników płynięcia ciast makaronowych



Rys. 4. Wpływ długości kanału formującego na średnią prędkość przepływu ciasta makaronowego: a) dla najmniejszych wartości k i n , b) dla średnich i największych wartości



Rys. 5. Wpływ średnicy kanału formującego na średnią prędkość przepływu ciasta: a) dla najmniejszych wartości k i n , b) dla średnich i największych wartości k i n

WNIOSKI

1. Współzależność długości kanału formującego i średnicy walcowego kanału formującego ciasta makaronowego jest krzywoliniowa i opisuje ją wzór (10).

2. Zasadniczy wpływ na wartości współzależności, przedstawione graficznie na rys. 1, mają współczynnik konsystencji i wskaźnik płynięcia.

3. Zależność długości i średnicy kanału od prędkości przepływu ciasta jest krzywoliniowa, a od ciśnienia - prostoliniowa.

Oznaczenia

d_2 [m]	- średnica kanału formującego,
k [$N \cdot s^n \cdot m^2$]	- współczynnik konsystencji,
L [m]	- długość kanału formującego,
n [-]	- wskaźnik płynięcia,
Δp [$N \cdot m^{-2}$]	- ciśnienie tłoczenia przez kanał formujący,
T [K]	- temperatura ciasta,
v_{sr} [$m \cdot s^{-1}$]	- średnia prędkość przepływu ciasta w kanale formującym,
\dot{V} [$m^3 \cdot s^{-1}$]	- natężenie przepływu ciasta w kanale formującym,
w [%]	- wilgotność ciasta,
$\dot{\gamma}$ [s^{-1}]	- prędkość ścinania,
δ [$N \cdot m^{-2}$]	- naprężenie ścinające,
τ_w [$N \cdot m^{-2}$]	- naprężenie ścinające na ścianie kanału formującego.

PIŚMIENNICTWO

1. Berman G. K., Kalinin Ju. V., Nazarov N. I., Kalinina M. A.: Issledovanie reologiczeskich svojstv makaronnogo testa na kapillarnom viskozimetre. Chlebopekarnaja i konditerskaja promyslennost' 1969, 4, 19-20.
2. Gus'kov K. P., Kalinin Ju. V., Poljakov F. S.: Zavisimost vjazzosti i predel'nogo napraženija sdviga makaronnogo testa ot vlažnosti. Chlebopekarnaja i konditerskaja promyslennost' 1967, 2, 20-22.
3. Kembłowski Z.: Reometria płynów nienewtonowskich. Warszawa, WNT 1973.
4. Matuliś Z.: Wpływ własności reologicznych mas lepkosprężystych na kształt kanałów formujących maszyn spożywczych. Praca doktorska, Politechnika Poznańska, 1982.
5. Nazarov N. I., Azarov B. M., Čaplin M. A.: Kapilljarnaja viskozimetrija makaronnogo testa I.V.U.Z., Piščevaja Technologija 1971, 2.
6. Nazarov N. I., Azarov B. M., Gorjunov A. D., Elfimov I. L.: Rasčet optimal'nych parametrov pressovoj matricy s učetom izmenenija reologiczeskich charakteristik makaronnogo testa, I.V.U.Z., Piščevaja Technologija 1971, 6, 147-150.

3. Матулис

ЗАВИСИМОСТЬ ИЗБРАННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ
ФОРМИРУЮЩИХ КАНАЛОВ МАКАРОННОГО ТЕСТА

Р е з ю м е

В настоящей работе представлена зависимость длины и диаметра цилиндрических формирующих каналов от скорости течения, давления, коэффициента консистенции и индекса течения макаронного теста.

Z. Matulis

INTERRELATION OF SELECTED PARAMETERS OF CYLINDRICAL CHANNELS
FORMING MACARDNI PASTE

S u m m a r y

Investigations of shear stresses of macaroni paste showed that this relation has the course of a power curve under the conditions of laminar flows without lost motions. Theoretical interrelation between length L and diameter D of the cylindrical channel, as well as flow velocity v_{sr} and pressure drop Δp , for the

investigated rheological characteristic, is expressed by the relation $\frac{L}{D^{n+1}} : \frac{v_{sr}^n}{\Delta p} = \frac{n}{4k(6n+2)^n}$, where: k ($Ns^n m^2$) - coefficient of viscosity, n (-) - flow behav-

iour index. Diagrams enclose the courses of interrelation.