

mgr inż. Agata BIEŃCZAK, dr hab. inż. Jan SZCZEPANIAK prof. nadzw.

Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych

ul. Starołęcka 31, 60-963 Poznań

e-mail: office@pimr.poznan.pl

Martyna WILKOŃSKA

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

al. Niepodległości 10, 61-875 Poznań

# SYSTEM TRANSPORTU CIECZY O RÓŻNYCH LEPKOŚCIACH W SPOŻYWCZYCH ZAKŁADACH PRODUKCYJNYCH

Streszczenie

Określono wartości lepkości dla płynnych artykułów spożywczych, wraz ze wskazaniem rodzaju pomp stosowanych w przemyśle. Stwierdzono, iż w branżach przemysłu spożywczego do transportu mediów o dużej lepkości szerokie zastosowanie znalazły pompy zębate, które wymagają przeprowadzenia badań empirycznych w celu wyznaczenia ich charakterystyk.

**Słowa kluczowe:** pompy; lepkość; transport cieczy lepkich; przemysł spożywczy

## Wprowadzenie i cel pracy

Jednym ze sposobów transportowania produktów żywnościowych w postaci płynnej w zakładach produkcyjnych jest transport za pomocą pomp. Z punktu widzenia procesów produkcji istotne jest, aby materiał pompowany nie zmieniał swoich właściwości podczas przepływu. Dlatego bardzo ważny jest dobór odpowiedniej pompy do medium charakteryzującego się indywidualnymi właściwościami fizykochemicznymi.

W dostępnej literaturze często spotyka się informacje na temat zastosowania w przemyśle spożywczym pomp wirowych i wyporowych. Niestety nie ma danych tabelarycznych na temat zastosowania pomp w zależności od parametrów medium, takich jak np. lepkość.

Celem pracy jest określenie, jakie pompy są wykorzystywane w przemyśle spożywczym do przetwarzania cieczy o określonych lepkościach.

## Ciecze w przemyśle spożywczym

W przemyśle spożywczym transportowane (tłoczone) są substancje o różnej lepkości. Najogólniej można je podzielić na dwa rodzaje, tj.: ciecze newtonowskie oraz ciecze nienewtonowskie.

Ciecze newtonowskie, tzw. ciecze doskonale lepkie, wykazują liniowe zależności naprężenia stycznego od szybkości ścinania (hydrodynamiczne prawo Newtona).

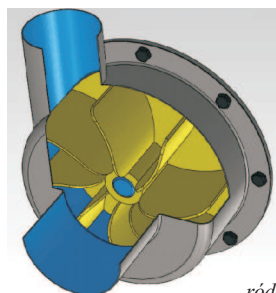
Przykładami cieczy newtonowskich w przemyśle spożywczym są: woda, klarowne soki owocowe, koncentraty soków owocowych, oleje, syropy. Lepkość wody w temperaturze 25°C wynosi  $0,89 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$  [14], oleju roślinnego  $0,065 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ , [1].

Ciecze nienewtonowskie to ciecze, które nie spełniają hydrodynamicznego prawa Newtona. Ciecze te nie wykazują liniowej zależności naprężenia stycznego od szybkości ścinania. Przykładem cieczy psuedoplastycznych i dylatacyjnych jest steżona zawieszina krochmalu. Bita śmietana, puree ziemniaczane, masło, margaryna czy też płynna czekolada to ciecze plastyczne Binghama, których lepkość pozorna jest niezależna od czasu. Miód eukaliptusowy jest cieczą reopekcyjną, która zwiększa swoją lepkość na skutek mieszania. Majonez natomiast zmniejsza swoją lepkość w wyniku mieszania i jest przykładem cieczy tiksotropowej. Lepkości cieczy nienewtonowskich są wyższe w odniesieniu do cieczy newtonowskich. Przykładowe wartości lepkości dla czekolady wynoszą od 2,5 do 16 Pa·s, a dla mieszanki czekolad wynoszą 2,1 Pa·s [1].

## Podział pomp

W transporcie wewnątrzzakładowym wykorzystuje się różne typy pomp w zależności od transportowanego medium. Można je najogólniej podzielić na wirowe i wyporowe.

W pompach wirowych (krętnych i krążeniowych) obracający się wirnik wyposażony w łopatki wprawia w ruch cząsteczki cieczy. Łopatki obracają się ze stałą i dużą prędkością obrotową. Na medium przepływające przez wirnik działa siła odśrodkowa lub siła wyporu łopatek, lub obie siły łącznie. Na rys. 1 przedstawiono model 3D pompy wirowej.



Rys. 1. Model pompy wirowej

- odśrodkowej

Fig. 1. Centrifugal pump model

ródło: opracowanie własne / Source: own work

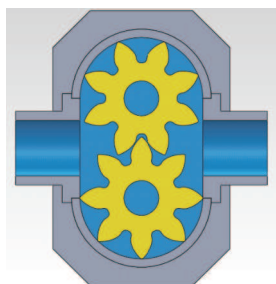
Do zalet pomp wirowych zalicza się:

- dużą wydajność przy stosunkowo niewielkiej wysokości podnoszenia,
- zdolność samoczynnego przystosowywania się do zmienionych warunków pracy [12].

Wadami pomp wirowych są:

- brak zdolności samozasysania, pompa musi być napełniona cieczą przed uruchomieniem,
- wrażliwość małych pomp wirowych na zanieczyszczenia mechaniczne [12].

W pompach wyporowych zasana ciecz przemieszczana jest przez organ roboczy z przestrzeni ssawnej do tłocznej. Organ roboczy takiej pompy powiększa okresowo przestrzeń ssawną, zmniejszając jednocześnie przestrzeń tłoczną, wskutek czego jednocześnie następuje zasysanie cieczy przez pompę i tłoczenie jej na zewnątrz. Do pomp wyporowych zalicza się m.in. pompy łopatkowe, zębate, krzywkowe, śrubowe, ślimakowe, labiryntowe i tłokowe. Na rys. 2 przedstawiono model pompy zębatej.



Rys. 2. Model pompy wyporowej

- zębatej [6]

Fig. 2. Displacement pump model gear pump

ródło: opracowanie własne / Source: own work

- Zaletami pomp wyporowych są:
- zdolność do samozasysania,
  - niezmienna (w pewnym czasie) wydajność przy zmieniających się warunkach pracy układu [8, 12].
- Wadami pomp wyporowych są:
- ograniczona wydajność,
  - duży wpływ technologii wykonania (szczelności) na sprawność pomp [8, 12].

### Zastosowanie pomp w przemyśle spożywczym

W przemyśle spożywczym właściwości fizykochemiczne medium decydują o zastosowaniu odpowiedniego rodzaju pompy. W tab. 1-3 przedstawiono różne substancje spożywcze właściwe dla danego przemysłu. Sklasyfikowano też rodzaj pompy, jaki jest wykorzystywany do ich tłoczenia, jak również określono lepkość poszczególnych mediów. Podane wartości lepkości nie uwzględniają temperatury medium. Są to wartości zaczerpnięte z różnych źródeł w celu określenia rzędu wartości lepkości, czy też ich przedziału.

Tab. 1. Wykorzystanie pomp w przemyśle mleczarskim [7, 13]  
Table 1. Usage of pumps in the dairy industry [7, 13]

| Produkt/<br>półprodukt spożywczy | Lepkość medium<br>[Pa·s] | Rodzaj pompy                               |
|----------------------------------|--------------------------|--|
| mleko                            | 0,002-0,004              | wirowe, krzywkowe,<br>śrubowe i dwuśrubowe |
| śmietana                         | 0,014-0,12               | Wirowe, krzywkowe,<br>śrubowe i dwuśrubowe |
| białko                           | 0,001-1,2                | zębate                                     |

Tab. 2. Wykorzystanie pomp w przemyśle tłuszczowym [1, 5, 14, 15]  
Table 2. Usage of pumps in the fat industry [1, 5, 14, 15]

| Produkt/<br>półprodukt spożywczy | Lepkość medium<br>[Pa·s] | Rodzaj pompy |
|----------------------------------|--------------------------|--------------|
| oleje jadalne                    | 0,065                    | membranowe   |
| oliwa                            | 0,081                    | membranowe   |
| majonez                          | 12,1                     | zębate       |
| musztarda                        | 20-48                    | zębate       |
| ketchup                          | 50-100                   | zębate       |

Tab. 3. Wykorzystanie pomp w przemyśle fermentacyjnym oraz cukierniczym [3, 13, 14]

Table 3. Usage of pumps in the fermentation and confectionery industries [3, 13, 14]

| Produkt/<br>półprodukt spożywczy | Lepkość medium<br>[Pa·s] | Rodzaj pompy       |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------|
| wino                             | 0,002-0,005              | membranowe, wirowe |
| miód                             | 2-10                     | zębate             |
| melasa                           | 5-10                     | zębate             |
| glukoza                          | 4,3-8,6                  | zębate             |
| żelatyna                         | 1,2                      | zębate             |
| drożdże                          | 0,4                      | zębate             |
| plynna czekolada                 | 2,5-16                   | krzywkowe, zębate  |

Przemysł owocowo-warzywny do tłoczenia soków, koncentratów owocowych lub warzywnych oraz napojów bezalkoholowych korzysta z pomp wirowych, membranowych, śrubowych i dwuśrubowych. Natomiast do transportu krojonych warzyw i owoców stosuje pompy membranowe oraz wirowe. W przemyśle mięsny do

transportu kawałków mięsa używa się pomp wyporowych, w szczególności pomp membranowych, krzywkowych, śrubowych i dwuśrubowych. Do transportu owoców morza korzysta się z pomp membranowych.

Z danych zawartych w tab. 1-3 wynika, że pompy zębate, wskazane na rys. 2, znalazły szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym. Ten rodzaj pompy służy do przesyłania i dozowania płynów o wysokiej lepkości. Transportuje się za ich pomocą lepkie media o małych właściwościach ściernych. W przemyśle spożywczym stosuje się pompy zębate do:

- przetłaczania olejów stosowanych w produkcji chipsów,
- pompowania oleju sojowego w temperaturze dochodzącej do 150°C,
- przetłaczania nadmiaru czekolady zbieranej z powłok,
- produkcji chemii gospodarczej,
- kontroli przepływu żywicy oraz kredy, aby móc je przetwarzać w ciekłą mieszaninę,
- tłoczenia miksów substancji, którego postać jest podobna do gumy do żucia [9].

### Podsumowanie

Ze względu na szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym pomp zębatych zachodzi potrzeba opracowania ich eksperymentalnych charakterystyk uwzględniających lepkość przetłaczanego medium. Dlatego też w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych opracowano stanowisko do badań pomp. Przy opracowywaniu stanowiska badawczego uwzględniono właściwości fizykochemiczne substancji podlegającej badaniu, które mają wpływ na charakter przepływu.

### Bibliografia

- [1] Bieńczyk A., Szczepaniak J.: Studium i badania charakterystyk reologicznych wybranych płynów nienuetonowskich pod kątem ich właściwości przepływowych. Opracowanie modelu matematycznego przepływu w typoszeregu pomp dla celów aproksymacji charakterystyk obliczeniowych, PIMR-Poznań, BS-6, 2012. Praca dofinansowana w ramach projektu wdrożeniowego.
- [2] CRC Handbook of Chemistry and Physics, 87th ed., CRC Press LLC, Boca Raton, USA, 2007.
- [3] Dziubiński M., Kiljański T., Sęk J.: Podstawy reologii i reometrii płynów. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2009.
- [4] Kijowski J., Miller A., Pawlicki K., Szolc T.: Maszynoznawstwo, WSiP, 1993.
- [5] Kotiuk E., Sawicka B., Karwowska M.: Zmiany lepkości oraz wyróżników barw musztardy w czasie przechowywania. Nauka Przyroda Technologie, 2010, Tom 4, Zeszyt 3.
- [6] Marcinkiewicz J., Bieńczyk A.: Opracowanie modelu obliczeniowego MES na podstawie modeli komputerowych CAD 3D. Implementacja obciążeń z uwzględnieniem analizy przepływu cieczy nieniuetonowskich. Symulacje przepływów. Analiza wyników obliczeń, PIMR- Poznań, BS-7, 2012. Praca dofinansowana w ramach projektu wdrożeniowego.
- [7] Mohammad Reza Alizadehfard, Dianne Elizabeth Wiley: Viscosity of Whey Protein Solutions, Iranian Journal of Polymer Science and Technology, 1995, vol. 4, No 2.
- [8] Ochędusko K.: Koła zębate. Tom pierwszy. Konstrukcja. WNT, Warszawa, 1971.
- [9] Peter Staddon I.Eng., F.I.Mech.I.E. Managing Director, Stork Pumps Ltd, Internal gear pumps and their use in industry, WORLD PUMPS, April, 1995.
- [10] Pijanowski E., Dłużewski M., Dłużewska A., Jarczyk A.: Ogólna Technologia Żywności, 2004.
- [11] Skoć A., Spałek J., Markusik S.: Podstawy konstrukcji maszyn. Tom 2, WNT, Warszawa, 2008.
- [12] Troskoleński A.T., Łazarkiewicz S.: Pompy wirowe. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1973.
- [13] [www.michael-smith-engineers.co.uk/pdfs/ViscositiesofCommonLiquids2.pdf](http://www.michael-smith-engineers.co.uk/pdfs/ViscositiesofCommonLiquids2.pdf)
- [14] <http://en.wikipedia.org/wiki/Viscosity>
- [15] <http://books.google.pl/books?id=5crR45NfGMC&pg=PA139&lpg=PA139&dq=Viscosity+of+whipped+cream+Pas&source=bl&ots=KOT3GbAoI6&sig=KdDWp9wjYDRtYS8zpUR3vKhkOA&hl=pl&sa=X&ei=5QV4UJT4MYiRswb1nIGAAw&ved=0CDYQ6AEwAjkK#v=onepage&q=viscosity%20of%20whipped%20cream%20Pas&f=false>

## TRANSPORTATION SYSTEM FOR LIQUIDS OF VARIOUS VISCOSITY IN FOOD FACTORIES

### Summary

The values of viscosity of the liquid food products with an indication of the type of pump in the relevant industry were established. It was found that the sectors of the food industry for the transportation of highly viscous media found widespread use gear pumps, which require empirical testing to determine their characteristics.

**Key words:** pumps; viscosity; viscous liquids transportation; food industry