

Jerzy PRYWER

Institut Maszyn Przepływowych
Politechnika Łódzka

PROMIENIOWY ROZKŁAD GĘSTOŚCI STRUMIENIA CIECZY ROZPYLACZA STRUMIENIOWO-WIROWEGO

Streszczenie. Parametry charakteryzujące rozpylaną strugę cieczy można podzielić na makro- i mikroskopowe. Jednym z istotnych parametrów makroskopowych jest równomierność rozpylenia, która charakteryzuje przestrzenny rozkład masy rozpylonej cieczy. Rozkład ten można rozpatrywać w trzech kierunkach, tzn. promieniowym, obwodowym i osiowym oraz przedstawiać za pomocą rozkładu gęstości strumienia cieczy, który wyznaczony jest wyłącznie na drodze doświadczalnej.

W referacie omówiono rozkłady gęstości strumienia cieczy w poszczególnych kierunkach oraz wychodząc z promieniowego rozkładu gęstości strumienia cieczy, przedstawiono analizę istniejących konstrukcji rozpylaczy. Ponadto zaprezentowano konstrukcję rozpylacza strumieniowo-wirowego, który umożliwi dowolne kształtowanie promieniowego rozkładu gęstości strumienia cieczy oraz mieszanie dwóch różnych cieczy.

1. WPROWADZENIE

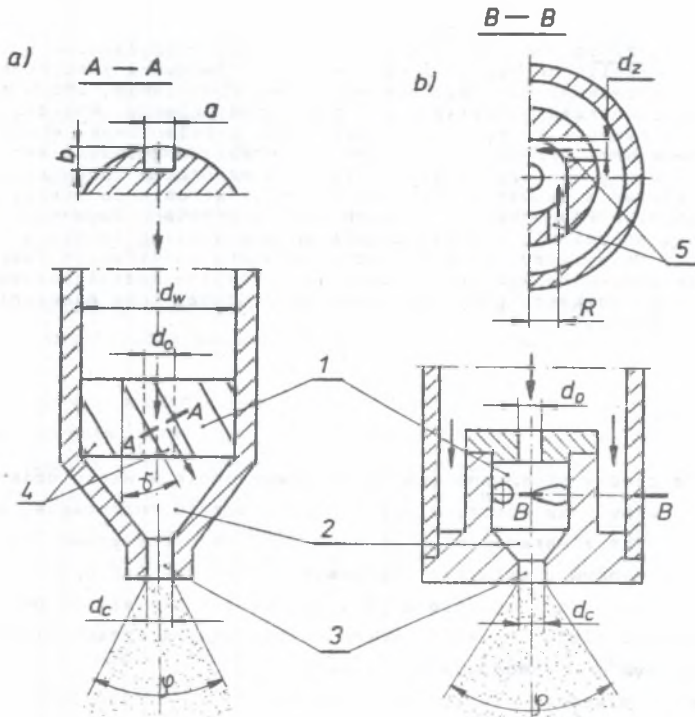
Rozpylanie cieczy stosowane jest dziś powszechnie w wielu dziedzinach techniki. Do rozpylenia cieczy służą różnego rodzaju rozpylacze, których konstrukcja wynika z parametrów, jakimi ma się charakteryzować rozpylona struga cieczy. Jednym z istotnych parametrów jest rozkład cieczy w strudze kropel. Rozkład ten, zgodnie z [1], charakteryzuje się za pomocą gęstości strumienia cieczy q , który można rozpatrywać w trzech kierunkach, tzn. promieniowym q_r , obwodowym q_ω i osiowym q_x .

Podstawową wielkością służącą do oceny konstrukcji rozpylacza jest promieniowy rozkład gęstości strumienia cieczy - $q_r = f(r)$. Wynika to z faktu, że rozkład ten - obok kąta rozpylenia - stanowi parametr dobierany w zależności od przeznaczenia rozpylacza.

2. ROZPYLACZ STRUMIENIOWO-WIROWY

Rozpylacz strumieniowo-wirowy [2] jest połączeniem rozpylacza strumieniowego i wirowego, przez co otrzymuje się nowy typ rozpylacza o pozytywnych cechach obu tych typów rozpylaczy.

Konstrukcję rozpylacza strumieniowo-wirowego przedstawiono na rys. 1. Cechy rozpylacza strumieniowego zapewnia kanał osłowy o średnicy d_o , zaś wirowego - wkładka z kanałami wzdłużnymi o wymiarach $a \times b$ (rys. 1a) lub stycznymi o średnicy d_z (rys. 1b). Wielkościami charakterystycznymi są kąt γ nachylenia kanałów wzdłużnych lub promień R , na jakim znajdują się kanały styczne. Ze względów technologicznych większe praktyczne zastosowanie może posiadać rozpylacz strumieniowo-wirowy z wkładką z kanałami wzdłużnymi. W rozpylaczu tego typu w procesie rozpylania biorą zatem udział dwie, a nie jedna struga cieczy jak w rozpylaczu strumieniowym czy wirowym. Oddziaływanie na siebie powyższych strug wywiera decydujący wpływ na rozkład gęstości strumienia cieczy.



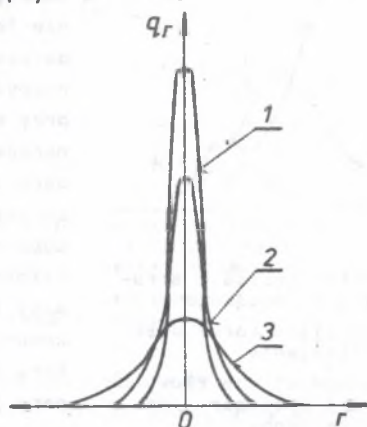
Rys. 1. Rozpylacz strumieniowo-wirowy

- a) z wkładką z kanałami wzdłużnymi, b) z wkładką z kanałami stycznymi
 1 - wkładka, 2 - komora wirowa, 3 - kanał wylotowy, 4 - kanały wzdłużne,
 5 - kanały styczne

Fig. 1. Jet-swirl atomizer

- a) with cylindrical sleeve with lengthwise channels, b) with swirl chamber with tangential orifices
 1 - cylindrical sleeve, 2 - mixing chamber, 3 - tangent channels, 4 - lengthwise channels

Rozpylacze strumieniowe charakteryzują się bardzo nierównomiernym promieniowym rozkładem gęstości strumienia cieczy (rys. 2). Maksymalna gęstość $q_{r\max}$ we wszystkich poprzecznych przekrojach występuje w osi rozpylacza. Wraz ze wzrostem odległości od wylotu rozpylacza rozkłady ulegają spłaszczeniu i zwiększeniu rozmiaru poprzecznego. Rozkłady te są jednak do siebie podobne, co pozwala przypuszczać, że promieniowy rozkład gęstości strumienia cieczy rozpylacza tego typu podlega podobnemu prawu jak rozkład prędkości płynu w rurze.



Rys. 2. Promieniowy rozkład gęstości strumienia cieczy rozpylacza strumieniowego

1, 2, 3 - rozkłady odpowiadające coraz większym odległościom od wylotu rozpylacza

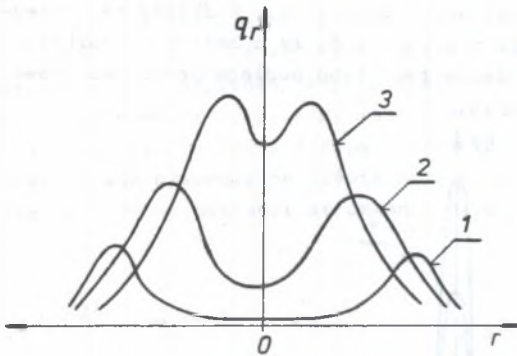
Fig. 2. Radial distribution of the flux density of liquid of jet atomizer
1, 2, 3 - distributions corresponding to growing distance x from the atomizer mouth

Promieniowy rozkład gęstości strumienia cieczy rozpylacza wirowego charakteryzuje się - w przeciwieństwie do rozpylaczy strumieniowych - brakiem podobieństwa jego przebiegu w różnych przekrojach poprzecznych strugi. W przekrojach niedaleko oddalonych od wylotu rozpylacza struga pozbawiona jest kropeł w pobliżu osi, zaś w przekrojach daleko położonych - największe wartości promieniowego rozkładu gęstości strumienia cieczy występują właśnie w osi strugi.

Promieniowy rozkład gęstości strumienia cieczy rozpylaczy wirowych zależy od wielu czynników, m.in. od spadku ciśnienia Δp , strumienia objętości \dot{V} lub strumienia masy \dot{m} i lepkości cieczy. W niektórych ekstremalnych przypadkach, np. dla małego spadku ciśnienia i małej średnicy d_0 kanału wylotowego rozpylacza (patrz rys. 1b) lub dla małego strumienia objętości i dużej lepkości cieczy, rozkład ten staje się nietypowy.

Na rys. 3 przedstawiono przykładowy promieniowy rozkład gęstości strumienia cieczy rozpylacza wirowego. Jak widać z tego rysunku, przy wzroście ciśnienia cieczy, czyli przy wzroście jej prędkości wypływu z rozpylacza,

centralny obszar strugi wypełnia się cieczą, a stożkowy kształt strugi zaczyna się deformować.



Rys. 3. Promieniowy rozkład gęstości strumienia cieczy rozpylacza wirowego

1, 2, 3 - krzywe odpowiadające coraz większym spadkom ciśnienia

Fig. 3. Radial distribution of the flux density of liquid of swirl atomizer for different pressure drops

1, 2, 3 - curves corresponding to growing pressure drop

rozkładu gęstości strumienia cieczy typowego dla rozpylaczy strumieniowych, a w jeszcze innych - typowego dla rozpylaczy wirowych.

Na podstawie doświadczeń własnych [3] i [4] oraz badań obcych [5] i [6] można stwierdzić, że przy rozpylaczach strumieniowo-wirowych z wkładką z kanałami wzdłużnymi decydujący wpływ na promieniowy rozkład gęstości strumienia cieczy wywiera parametr geometryczny K :

$$K = \frac{\sum A_z}{A_0} = \frac{4 nab}{\pi d_0^2} \quad (1)$$

gdzie:

$\sum A_z$ - sumaryczna powierzchnia przekroju poprzecznego kanałów wzdłużnych wkładki,

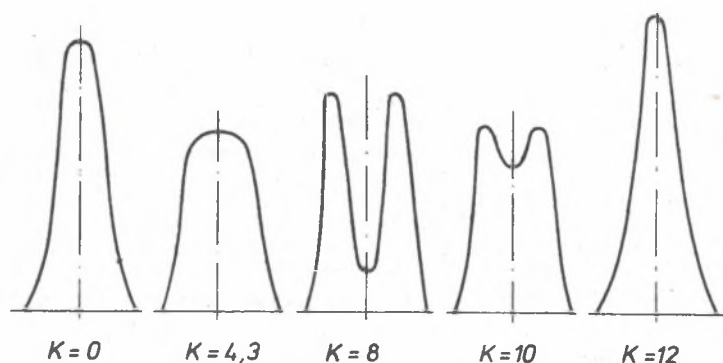
A_0 - przekrój poprzeczny kanału osiowego wkładki,

n - ilość kanałów wzdłużnych,

a, b - wymiary przekroju poprzecznego kanału wzdłużnego,

d_0 - średnice kanału osiowego.

W rozpylaczu strumieniowo-wirowym, w wyniku oddziaływania na siebie dwóch strug, powstaje promieniowy rozkład strumienia cieczy, którego kształt można dowolnie formować poprzez zmianę parametrów geometrycznych rozpylacza. Rozkład ten - przy spełnieniu pewnych warunków - może odznaczać się bardzo dobrą równomiernością, co stanowi cenną zaletę tego typu rozpylaczy, szczególnie istotną w procesach wymiany masy i ciepła (skrubery, komory klimatyzacyjne, reaktory chemiczne, schładzające pary itp.). W innych warunkach rozpylacz strumieniowo-wirowy może zapewniać otrzymanie promieniowego



Rys. 4. Promieniowy rozkład gęstości strumienia cieczy rozpylacza strumieniowo-wirowego z wkładką z kanałami wzdłużnymi przy różnych wartościach parametru geometrycznego K

Fig. 4. Dependence of the radial distribution of the flux density of liquid of the jet-swirl atomizers on geometric parameter K

Na rys. 4. przedstawiono kilka wybranych przebiegów promieniowego rozkładu gęstości strumienia cieczy rozpylacza strumieniowo-wirowego z wkładką z kanałami wzdłużnymi, odpowiadających różnym wartościom parametru geometrycznego K . Przypadek $K = 0$, czyli gdy $\sum A_z = 0$, odpowiada bardzo nierównomiernemu rozkładowi, charakteryzującemu rozpylacze strumieniowe. Przy wzroście parametru geometrycznego K rozkład wyrównuje się i najbardziej równomierny przebieg osiąga w przedziale $3 < K < 5$, a w szczególności dla $K \approx 4,3$. Przedział $5 < K < 10$ odpowiada nierównomiernemu rozkładowi, który jest typowy dla rozpylaczy wirowych. Przy parametrze $K = 10$ następuje wyraźna poprawa równomierności rozkładu, a przy $K \geq 12$ - zmiana jakościowa i wyraźne pogorszenie równomierności promieniowego rozkładu gęstości strumienia cieczy.

3. UWAGI KOŃCOWE

Rozpylacze strumieniowo-wirowe umożliwiają, poprzez odpowiedni dobór parametrów geometrycznych, dowolne kształtowanie promieniowego rozkładu gęstości strumienia cieczy, przy czym nie wymagają przy tym doprowadzenia innego czynnika poza rozpylaną cieczą. Pozwalają one zatem na otrzymywanie również równomiernych rozkładów, co jest szczególnie istotne w procesach wymiany ciepła i masy.

Ponadto rozpylacze strumieniowo-wirowe mogą służyć do mieszania dwóch różnych cieczy, poprzez oddzielne doprowadzenie jednej cieczy do kanału osiowego wkładki, a drugiej do kanałów wzdłużnych lub stycznych wkładki.

LITERATURA

- [1] Orzechowski Z.: Rozpylanie cieczy. WNT, Warszawa 1976.
- [2] Prywer J., Orzechowski Z., Leszczyński Z.: Rozpylacz strumieniowo-wirowy. Zgłoszenie w UP PRL nr PW 78431.
- [3] Prywer J., Kulesza J.: Jet-centrifugal atomizer in application to spray - evaporative condenser. Proceedings XVII-th International Congress of Refrigeration WIEN 87, Vol. 8, Commission B2.
- [4] Prywer J., Orzechowski Z.: Analiza warunków rozpylania i wzajemnego oddziaływania strug oraz ich wpływ na parametry rozpylacza. Opracowanie IMP Pł, nr IMP-1015, Łódź 1987.
- [5] Paźi D.G., Gałustow W.S.: Raspyliteli zidkostiej. Izdat. "Chimija", Moskwa 1979.
- [6] Paźi D.G., Gałustow W.S.: Osnovy tiechniki rospylwanija zidkostiej. Izdat. "Chimija", Moskwa 1984.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ МАССЫ ФАКЕЛЯ ТОПЛИВА

Р е з ю м е

Параметры характеризующие факел жидкости можно разделить на макро- и микроскопические. Одним из существенных макроскопических параметров является коэффициент равномерности, который характеризует пространственное расположение массы факеля топлива. Это расположение можно рассматривать в трех направлениях, т.е. радиальном, окружном и осевом и представлять с помощью коэффициента радиальной, окружной и осевой неравномерности, которое можно определить только экспериментальным путем.

В докладе обсуждены коэффициенты неравномерности в трех направлениях и исходя из радиального коэффициента неравномерности представлен анализ существующих конструкций форсунок. Кроме того представлена конструкция струйно-центробежной форсунки, которая дает возможность довольно хорошего формирования радиального коэффициента неравномерности и позволяет мешать две различные жидкости.

SPATIAL DECOMPOSITION OF THE MASS OF SPRAYING LIQUID

S u m m a r y

Parameters which describe the sprayed flux of liquid can be divided into macro- and microscopic. One of the essential macroscopic parameters is the uniformity of atomization, which characterizes spatial distribution of the mass of spraying liquid. This distribution can be considered in three directions, that is. radial, circumferential and axial. This distribution can be illustrated by means of distribution of the flux density of liquid, which can be determined only by way experiment.

This paper presents distributions of the flux density of liquid in particular directions. The analysis of existing atomizer structures is showed on the basis of the radial distribution of the flux density of liquid. Moreover this paper introduces the design of a jet-swirl atomizer which makes it possible to obtain the optional shape of the radial distribution of the flux density of liquid and to mix two different liquids.