

MARCIN PIĄTEK¹, MARZENA IWANISZYN¹, ANNA GANCARCZYK¹, BOŻENA JANUS¹,
TADEUSZ KLESZCZ¹, JOANNA KRYCA², FRANCISZEK OW CZAREK¹,
JOANNA ŁOJEWSKA², ANDRZEJ KOŁODZIEJ^{1,3}

OPORY PRZEPIYWU I ZJAWISKA TRANSPORTU DLA PIANY METALOWEJ: WYNIKI BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

1 - Instytut Inżynierii Chemicznej PAN Gliwice, ul. Bałtycka 5, 44-100 Gliwice
2 - Uniwersytet Jagielloński, Wydział Chemii, ul. Ingardena 3, 30-060 Kraków
3 - Politechnika Opolska, Wydział Budownictwa, ul. Katowicka 48, 45-061 Opole

Wyznaczono eksperymentalnie opory przepływu i współczynniki transportu przy przepływie powietrza przez pianę NiCr rozważaną jako nośnik katalizatora w reaktorach strukturalnych. Współczynniki wnikania ciepła wyznaczono ogrzewając pianę przepływającą przez nią prądem elektrycznym. Współczynniki wnikania masy wyznaczono w oparciu o analogię Chiltona-Colburna. Otrzymane wyniki porównano z reaktorem ze złożem ziaren usypanych oraz monolitem.

Flow resistance and transport properties for air flow through metallic NiCr foam were experimentally studied. The foam was considered as a catalyst carrier in structured reactors. Heat transfer coefficients were determined by foam heating by electric current flowing directly through it. Mass transfer coefficients were determined based on the Chilton-Colburn analogy. The results were compared with packed bed and monolithic reactor.

1. WPROWADZENIE

Reaktory ze złożem ziaren usypanych są tradycyjnie stosowane w przemyśle chemicznym i rafineryjnym. Największą zaletą tego rozwiązania jest jego prostota, niski koszt oraz znana intensywność wnikania ciepła i masy do powierzchni ziaren. Ograniczeniem tego klasycznego rozwiązania są duże opory przepływu, warunkowane małą wolną objętością złoża (rzędu 0,3-0,6), oraz często niewielkie współczynniki efektywności ziaren [1]. Poszukiwania odmiennego rozwiązania przyczyniło się do wprowadzenia ceramicznych monolitów jako alternatywy dla złoża ziaren. Dzięki regularnej budowie, monolity charakteryzują się dużo mniejszymi oporami przepływu, mniejsza jest także intensywność zjawisk transportowych.

Pierwotne zastosowanie pian stałych jako filtrów ciekłych metali [2] szybko zostało poszerzone o ich kolejne aplikacje. Ze względu na swoje właściwości, takie jak: znaczna porowatość, duża powierzchnia właściwa i stosunkowo małe opory przepływu, struktury te są brane pod uwagę jako alternatywne wypełnienie reaktorów [2,3].

Celem prezentowanej pracy było eksperymentalne wyznaczenie współczynników wnikania ciepła, współczynników transportu masy (stosując analogię Chiltona-Colburna) oraz oporów przepływu powietrza dla piany chromoniklowej 30 PPI (*pores per inch* – porów na cal). Otrzymane wyniki porównano z tradycyjnymi rozwiązaniami: złożem ziaren o średnicy 2 mm i monolitem 100 cpsi (*channel per square inch* – kanałów na cal kwadratowy).

2. METODYKA POMIARÓW. CHARAKTERYSTYKA PIAN

Praca prezentuje wyniki badań dla piany metalowej NiCr 30 PPI (Recemat BV, Holandia). Badania oporów przepływu i współczynników transportu ciepła przeprowadzono w laboratoryjnym reaktorze o przekroju prostokątnym, 45x30 mm. Przez reaktor przepływało powietrze tłoczone dmuchawą. Uzyskano prędkości w zakresie 0,6-11,1 m·s⁻¹. Stosowano pianę metalową uformowaną w kształcie prostopadłościanu wypełniającą w pełni przekrój poprzeczny reaktora, wymiar w kierunku przepływu powietrza wynosił 10 mm. Piana była ogrzewana płynącym przez nią prądem elektrycznym o natężeniu do 150 A. Temperatury przepływającego powietrza oraz powierzchni piany mierzono przy pomocy kilku termopar typu K. Termopary o średnicy 0,05 mm przyklejono do powierzchni piany za pomocą specjalnego kleju, który zapewniał doskonałą izolację elektryczną i odpowiednie przewodnictwo cieplne. Natężenie przepływu powietrza mierzono rotametrem, opory przepływu powietrza przez pianę mierzono mikromanometrem Recknagla oraz miernikiem elektrycznym. Metodyka prowadzenia pomiarów została szerzej omówiona w pracach [4,5,6].

Charakterystyczne parametry badanej piany zostały opisane w pracy [3]. W tab. 1 zestawiono najważniejsze dane.

Tabela 1. Zmierzone parametry próbki piany NiCr (w nawiasach dane producenta)
Table 1. Measured parameters of NiCr foam sample (producer's data in parentheses)

Średnia średnica porów, d_p	0,64 (0,6)·10 ⁻³ m
Średnia średnica mostków, d_m	0,12 ·10 ⁻³ m
Porowatość, ε	0,879 (0,922)
Powierzchnia właściwa, a	7875 (2800) m ² ·m ⁻³

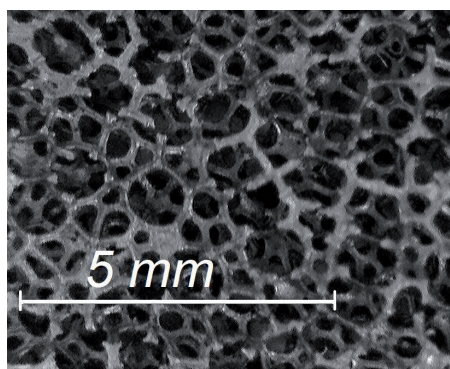
Parametry morfologiczne piany (d_p , d_m , ε , a) otrzymano korzystając z mikrotomografu SkyScan 1172 (Aarselaar, Belgia) o mocy lampy rentgenowskiej 8 W i maksymalnym możliwym napięciu 80 kV [2]. W nawiasach podano dane podawane przez

producenta [8]. Wyniki otrzymane dla piany NiCr zestawiono w tab. 2 z parametrami złoża ziaren o średnicy 2 mm oraz monolitu 100 cpsi.

Tabela 2. Parametry morfologiczne piany NiCr, usypanego złoża ziaren 2 mm oraz monolitu 200 cpsi

Table 2. Morphological parameters of NiCr foam, packed bed of 2 mm grains and monolith 200 cpsi

Wypełnienie	Opis	Porowatość ϵ , -	Powierzchnia właściwa a , $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$	Średnica d_p , mm
Piana NiCr	30 porów na cal	0,879	7875	0,64
Złoże ziaren	rozmiar ziaren 2 mm	0,48	1570	2,0
Monolit	100 kanałów na cal^2	0,72	1339	długość kanału 200 mm



Rys. 1. Obraz piany NiCr z mikroskopu optycznego (Delta Optical, Polska)

Fig. 1. Digital Microscope image of NiCr foam (Delta Optical, Poland)

3. PODSTAWY TEORETYCZNE

Piany charakteryzują się strukturą, którą trudno jest opisać uniwersalnym modelem matematycznym. Jest to jedna z istotnych trudności projektowania reaktorów z wypełnieniem z pian. Dwa najczęściej spotykane warianty obliczania oporów przepływu to model opływu ciała stałego oraz model przepływu przez niezdefiniowany materiał porowaty. W niniejszej pracy, będącej wstępem do badań pian stałych, wykorzystano drugie podejście. Otrzymane wyniki porównane zostały z danymi literaturowymi.

Współczynniki oporu hydraulicznego Fanninga zostały obliczone ze wzoru Darcy-Weisbacha:

$$\frac{\Delta p}{L} = 2f \frac{\rho w_0^2}{\varepsilon^2 d_p} \quad (1)$$

Współczynniki Fanninga korelowano równaniem o postaci:

$$f = \frac{A}{\text{Re}} + B \quad (2)$$

Liczbę Reynoldsa zdefiniowano z wykorzystaniem rzeczywistej prędkości gazu ($w=w_0/\varepsilon$) i średniej średnicy porów d_p :

$$\text{Re} = \frac{w_0 d_p \rho}{\varepsilon \eta} \quad (3)$$

Współczynniki wnikania ciepła obliczono na podstawie średniej logarytmicznej różnicy temperatur pomiędzy powierzchnią piany i przepływającym strumieniem powietrza. Otrzymane wyniki opisano równaniem:

$$\text{Nu} = C \text{Re}^A \text{Pr}^B \quad (4)$$

W pracy nie zostały przeprowadzane niezależne badania transportu masy. Wykorzystano analogię Chiltona-Colburna, omówioną w pracy Iwaniszyn i wsp. [7]. Analogia dla przepływu laminarnego ($\text{Re} < 2100$) ma postać:

$$j^H = \text{St}^H \text{Pr}^{\frac{2}{3}} = \frac{\text{Nu}}{\text{Re} \text{Pr}^{\frac{1}{3}}} = \frac{f}{2} = j^M = \text{St}^M \text{Sc}^{\frac{2}{3}} = \frac{\text{Sh}}{\text{Re} \text{Sc}^{\frac{1}{3}}} \quad (5)$$

co sprowadza się do relacji:

$$\frac{\text{Sh}}{\text{Nu}} = \frac{\text{Sc}^{1/3}}{\text{Pr}^{1/3}} \quad (6)$$

Błąd średni mierzonych wartości był obliczany z zależności:

$$e_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{x_{\text{exp}-i} - x_{\text{obl}-i}}{x_{\text{obl}-i}} \right| = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i \quad (7)$$

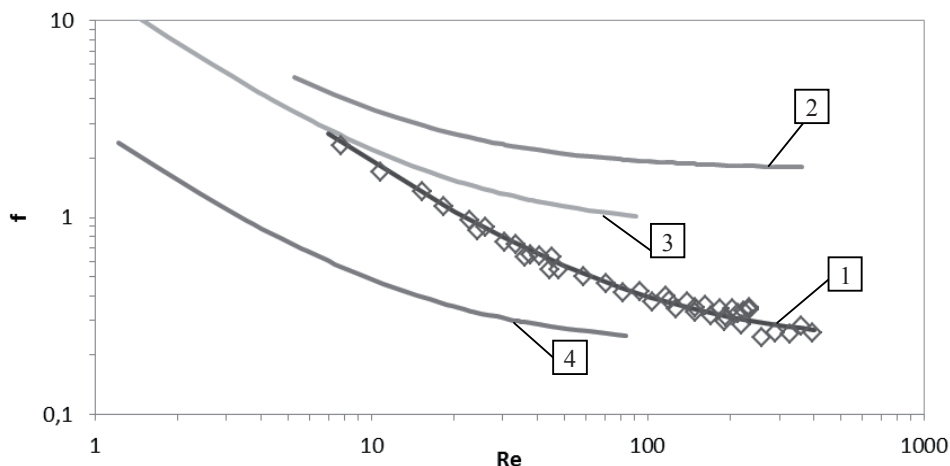
4. WYNIKI POMIARÓW

4.1. OPORY PRZEPLYWU

Wyniki badań oporów przepływu dla piany obejmujące 42 punkty pomiarowe skorelowano zależnością:

$$f = \frac{16,99}{\text{Re}} + 0,227 \quad (8)$$

Błąd średni wynosi 5,5%, natomiast błąd maksymalny 16%, współczynnik korelacji $R^2=0,97$. Rys. 2 prezentuje otrzymane wyniki pomiarów wraz z opracowaną korelacją, ponadto umieszczone zostały rozwiązania dostępne w literaturze.



Rys. 2. Wyniki pomiarów oporów przepływu dla piany NiCr 30 PPI – zależność współczynników Fanninga od liczby Reynoldsa. Linia 1 – korelacja (8), 2 – Lacroix i wsp. [9], 3 – Giani i wsp. [10], 4 – Liu i wsp. [11]

Fig. 2. Pressure drop experimental results for NiCr 30 PPI foam – Fanning friction factor vs. Reynolds number. Line 1 – eq. (8), 2 – Lacroix et al. [9], 3 – Giani et al. [10], 4 – Liu et al. [11]

Wyniki eksperymentalne nie pokrywają się z żadnym z prezentowanych modeli zaczerpniętych z literatury. Modele zaproponowane przez Giani i wsp. [10] oraz Liu

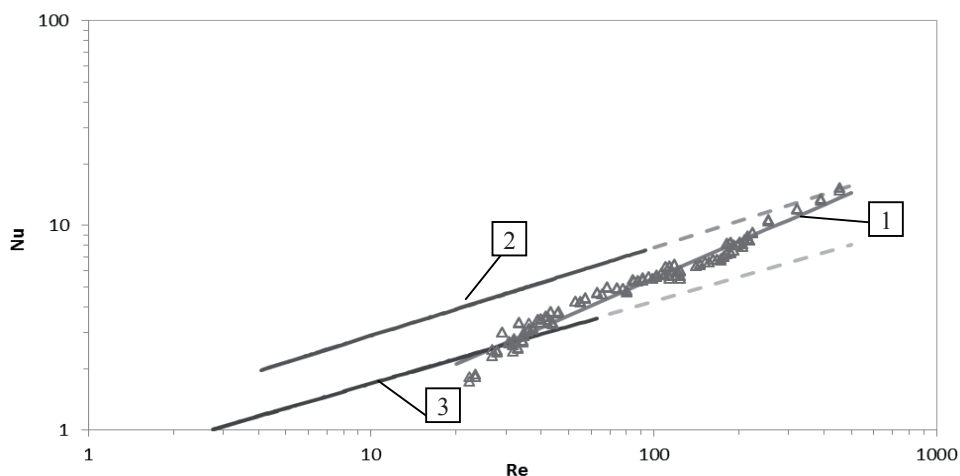
i wsp. [11] reprezentują podejście do przepływu przez pianę jako opływ ciała stałego. Różnice wartości pomiędzy uzyskanymi wynikami eksperymentalnymi a danymi literaturowymi są znaczne. Największe różnice obserwuje się dla modelu Lacroix i wsp. [9]. Charakter zależności jest jednak podobny.

4.2. TRANSPORT CIEPŁA I MASY

Podczas pomiarów wnikania ciepła dla piany NiCr 30 PPI uzyskano 143 punkty pomiarowe, które skorelowano zależnością:

$$Nu = 0,39 Re^{0,599} Pr^{1/3} \quad (9)$$

Błąd średni wynosi 7,1%, natomiast błąd maksymalny 23,9%, współczynnik korelacji $R^2=0,97$. Rys. 3 przedstawia otrzymane wyniki pomiarów wraz z opracowaną korelacją, ponadto umieszczone zostały rozwiązania dostępne w literaturze.



Rys. 3. Wnikanie ciepła dla piany NiCr 30 PPI – zależność liczby Nusselta od liczby Reynoldsa.

Linia 1 – korelacja (9), 2 – Gianì i wsp. [10], 3 – Albanakis i wsp. [12]

Fig. 3. Heat transfer for NiCr 30 PPI foam – Nusselt number vs. Reynolds number.

Line 1 – eq. (9), 2 – Gianì et al. [10], 3 – Albanakis et al. [12]

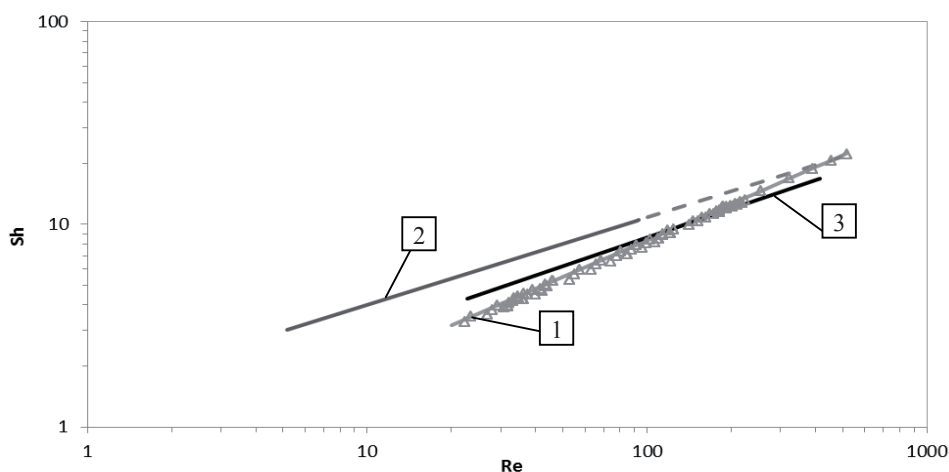
Z wykresu na rys. 3 wynika, że dane eksperymentalne leżą pomiędzy korelacjami zaproponowanymi przez Gianì i wsp. [10] oraz Albanakisa i wsp. [12]. Zakres liczb Reynoldsa w pracach [10, 12] istotnie różni się od stosowanego w prezentowanych badaniach. Jest to głównie wynikiem odmiennej definicji liczby Reynoldsa. Autorzy cytowanych tu prac [10, 12] modelowali przepływ przez piany jako opływ ciała stałego, a w liczbie Reynoldsa stosowali średnią średnicę mostka piany (*strut*), która jest zwykle kilka razy mniejsza, niż stosowana w niniejszej pracy, w definicji liczby Reynoldsa, przeciętna średnica poru (komórki) piany. Było to konsekwencją wstępnego założenia odmiennego modelu, a mianowicie przepływu laminarnego przez kapilarę,

względnie niezdefiniowane ciało porowate. W tej sytuacji wyniki prac [10, 12] musiały zostać ekstrapolowane, aby osiągnąć zakres liczb Reynoldsa stosowany w prezentowanych badaniach. Różnice zakresów liczb Reynoldsa w niniejszej pracy i w cytowanych artykułach [10, 12] nie wynikają zatem z istotnie odmiennych geometrii badanych pian ani ze znacznie się różniących się natężeń przepływu gazu, lecz głównie z zasadniczo różnych definicji liczby Reynoldsa.

Stosując analogię Chiltona-Colburna dla przepływu laminarnego, szerzej opisaną w pracy Iwaniszyn i wsp. [7], otrzymano równanie dla transportu masy:

$$Sh = 0,39 Re^{0,599} Sc^{1/3} \quad (10)$$

Wyniki przedstawiono na rys. 4; naniesiono również dane literaturowe.



Rys. 4. Wnikanie masy dla piany NiCr 30 PPI – zależność liczby Sherwooda od liczby Reynoldsa.

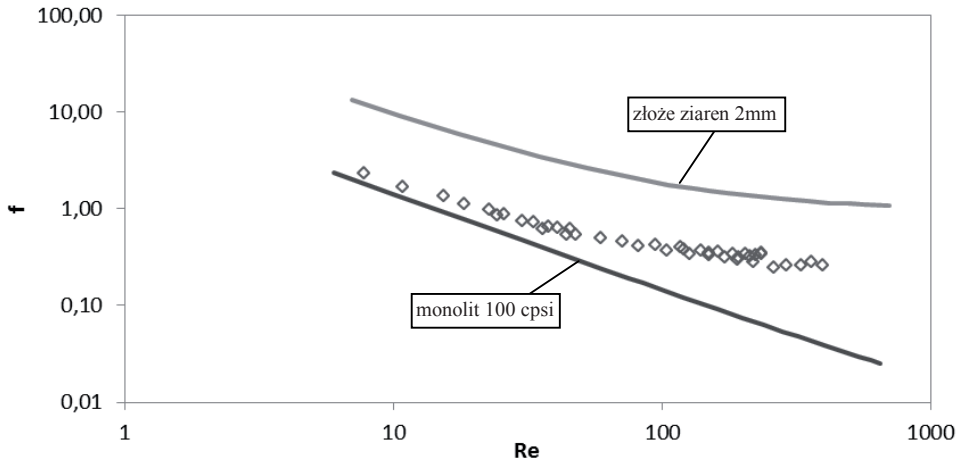
Linia 1 – równanie (10), 2 – Giani i wsp. [10], 3 – Garrido i wsp. [13]

Fig. 4. Mass transfer for NiCr 30 PPI foam – Sherwood number vs. Reynolds number. Line 1 – eq. (10), 2 – Giani et al. [10], 3 – Garrido et al. [13]

5. PORÓWNANIE Z TRADYCYJNYMI WYPEŁNIENIAMI REAKTORÓW KATALITYCZNYCH

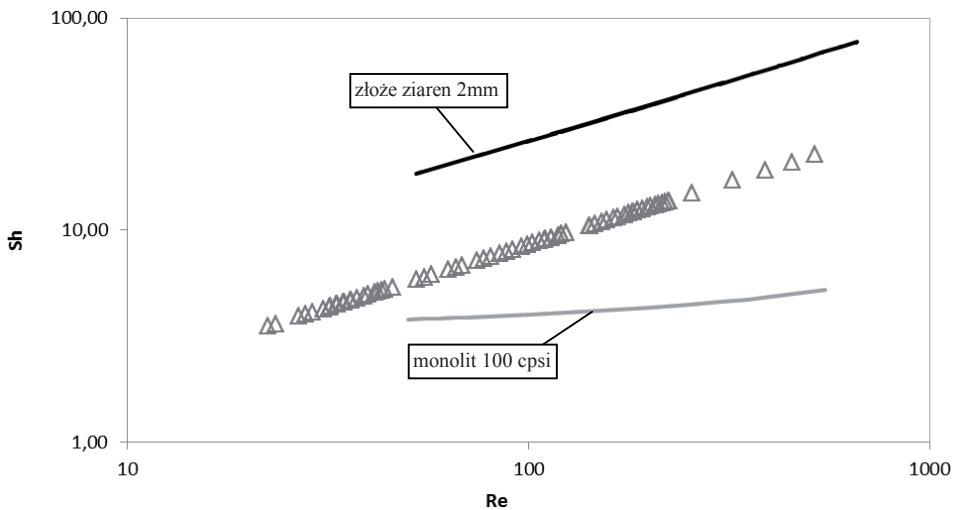
Wyniki uzyskane dla piany NiCr 30 PPI zostały porównane z klasycznymi wypełnieniami reaktorów: monolitem 100 cpsi oraz złożem usypanych ziaren o śr. 2 mm. Opory przepływu ziaren usypanych obliczono z równań Erguna [14], a liczby Sherwooda uzyskano stosując równania podane przez Wakao i Kagaei [16], współczynniki oporu hydrodynamicznego Fanninga oraz liczby Sherwooda dla monolitu obliczono ze wzorów Hawthorne'a [15]. Na rys. 5 porównano współczynniki Fanninga dla zba-

danej piany oraz monolitu i złoża usypanych ziaren. Z kolei na rys. 6 porównano liczby Sherwooda.



Rys. 5. Porównanie współczynników hydrodynamicznych Fanninga dla piany NiCr 30 PPI, złoża ziaren o średnicy 2 mm oraz monolitu 100 cpsi

Fig. 5. Comparison of flow resistances for NiCr 30 PPI foam, packed bed of 2 mm grains and monolith 100 cpsi



Rys. 6. Porównanie intensywności transportu masy dla piany NiCr 30 PPI, złoża ziaren 2mm oraz monolitu 100 cpsi

Fig. 6. Comparison of mass transfer intensity for NiCr 30 PPI foam, packed bed of 2 mm grains and monolith 100 cpsi

Z przedstawionego na rys. 5 wykresu wynika, że opory przepływu dla badanej piany są mniejsze niż dla złoża ziaren, ale nieco większe niż dla monolitu, zwłaszcza dla zakresu $Re > 50$. Wykres na rys. 6 wskazuje na mniejszą intensywność transportu masy dla piany w porównaniu ze złożem 2 mm ziaren, natomiast w porównaniu z monolitem intensywność transportu masy jest większa. Pianę NiCr można więc uznać za rozwiązanie pośrednie pomiędzy monolitem a złożem ziaren, biorąc pod uwagę zarówno opory przepływu, jak też intensywność transportu masy.

WNIOSKI

W pracy przedstawiono korelacje opisujące opory przepływu, transport ciepła i masy dla piany metalowej NiCr o gęstości porów 30 PPI. Korelacje odzwierciedlają wyniki eksperymentów z zadowalającą dokładnością. Rozrzut wyników literaturowych jest znaczny, uzyskane rezultaty mieszczą się w ich obszarze.

Interesujące właściwości pian, przede wszystkim duża powierzchnia właściwa, powodują zainteresowanie nimi jako potencjalnymi nośnikami katalizatorów. W szczególności ich charakterystyki transportowe i hydrodynamiczne wydają się korzystne dla szybkich reakcji katalitycznych. Opory przepływu przez piany są relatywnie niewielkie.

OZNACZENIA - SYMBOLS

d_p	– średnia średnica porów, m average pores diameter
d_m	– średnia średnica mostków, m average struts diameter
a	– powierzchnia właściwa, m^{-1} specific surface area
A	– pole przekroju poprzecznego próbki, m^2 cross section of the sample
f	– współczynnik oporu hydrodynamicznego Fanninga, bezwymiarowy Fanning friction factor
Nu	– liczba Nusselta, $Nu = \alpha d_p \lambda^{-1}$ Nusselt number
Pr	– liczba Prandtla, $Pr = c_p \eta \lambda^{-1}$ Prandtl number
Re	– liczba Reynoldsa, $Re = w_0 d_p \rho \eta^{-1}$ Reynolds number
Sc	– liczba Schmidta, $Sc = \eta \rho^{-1} D_A^{-1}$ Schmidt number
Sh	– liczba Sherwooda, $Sh = k_C d_p D_A^{-1}$ Sherwood number
w	– prędkość rzeczywista płynu, $m \cdot s^{-1}$ interstitial fluid velocity

w_0	– prędkość średnia płynu (liczona na przekrój pustego aparatu), $m \cdot s^{-1}$ superficial fluid velocity
ΔP	– opór przepływu, Pa pressure drop (flow resistance)
α	– współczynnik wnikania ciepła, $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ heat transfer coefficient
ε	– wolna objętość void volume
η	– dynamiczny współczynnik lepkości, Pa·s dynamic viscosity
λ	– współczynnik przewodzenia ciepła, $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ thermal conductivity
ρ	– gęstość, $kg \cdot m^{-3}$ density

NDEKSY DOLNE I GÓRNE – SUBSCRIPTS AND SUPERSCRIPTS

exp	– wartość eksperymentalna experimental
obl	– wartość z korelacji correlation

PIŚMIENICTWO CYTOWANE - REFERENCES

- [1] EDOUARD D., LACROIX M., HUU C., LUCK F., *Pressure drop modeling on SOLID foam: State-of-the art correlation*. Chem. Eng. J., 2008, 144, 299.
- [2] DIETRICH B., GARRIDO G., HABISREUTHER P., ZARZALIS N., MARTIN H., KIND M., KRAUSHAAR-CZARNETZKI B., *Morphological Characterization of Ceramic Sponges for Applications in Chemical Engineering*. Ind. Eng. Chem. Res., 2009, 48, 10395.
- [3] GANCARCZYK A., LESZCZYŃSKI B., WRÓBEL A., MARESZ K., IWANISZYN M., ŁOJEWSKA J., KOŁODZIEJ A., *Piany stałe jako alternatywa dla złoża usypanego w reaktorach trójfazowych.*, Prace naukowe IICH, 2012, 16, 31.
- [4] KOŁODZIEJ A., ŁOJEWSKA J., ŁOJEWSKI T., IWANISZYN M., *Short-channel structures of triangular cross-section*. Int. J. Heat Mass Trans., 2011, 54, 3291.
- [5] KOŁODZIEJ A., ŁOJEWSKA J., *Mass transfer for woven and knitted wire gauze substrates: Experiments and modelling*. Catal. Today, 2009, 147S (suppl.), S120.
- [6] OCHOŃSKA-KRYCA J., IWANISZYN M., PIĄTEK M., JODŁOWSKI P.J., THOMAS J., KOŁODZIEJ A., ŁOJEWSKA J., *Mass transport and kinetics in structured steel foam reactor with Cu-ZSM-5 catalyst for SCR of NO_x with ammonia*. Catal. Today, 2013, 216, 135.
- [7] IWANISZYN M., JAROSZYŃSKI M., OCHOŃSKA J., ŁOJEWSKA J., KOŁODZIEJ A., *Heat and mass transfer analogy: discussion of the problem*. Prace Naukowe IICH PAN, 2011, 15, 37.
- [8] http://www.recemat.nl/eng/datasheets/datasheet_NC.pdf
- [9] LACROIX M., NGUYEN P., SCHWEICH D., *Pressure drop measurements and modeling on SiC foams*. Chem. Eng. Sci., 2007, 62, 3259.
- [10] GIANI L., GROPI G., TRONCONI E., *Mass-transfer characterization of metallic foams as supports for structured catalysts*. Ind. Eng. Chem. Res., 2005, 44, 4993.
- [11] LIU J.F., WU W.T., CHIU W.C., HSIEH W.H., *Measurement and correlation of friction characteristic of flow through foam matrixes*. Exp. Thermal Fluid Sci., 2006, 30, 329.

- [12] ALBANAKIS C., MISSIRLIS D., MICHAILIDIS N., YAKINTHOS K., GOULAS A., OMAR H., TSIPAS D., GRANIER B., *Experimental analysis of the pressure drop and heat transfer through metal foams used as volumetric receivers under concentrated solar radiation*. Exp. Thermal Fluid Sci., 2009, 33, 246.
- [13] INCERNA GARRIDO G., KRASHAAR-CZARNETZKI B., *A general correlation for mass transfer in isotropic and anisotropic solid foams*. Chem. Eng. Sci., 2010, 65, 2255.
- [14] ERGUN S., *Fluid flow through packed columns*. Chem. Process Eng., 1952, 48, 89.
- [15] HAWTHORN R.D., *Afterburner catalysis – effects of heat and mass transfer between gas and catalyst surface*, AIChE Symposium Series, 1974, 70, 428.
- [16] WAKAO N., KAGUEI S., *Heat and mass transfer in packed beds*, Gordon and Breach Science Publisher, New York, 1982.

MARCIN PIĄTEK, MARZENA IWANISZYN, BOŻENA JANUS, FRANCISZEK OWCZAREK, TADEUSZ KLESZCZ, ANDRZEJ KOŁODZIEJ

FLOW RESISTANCE, TRANSPORT PHENOMENA FOR METALLIC FOAM: EXPERIMENTS

Solid metallic foams are relatively new materials in chemical and process engineering. They offer several advantages, like: high specific surface area, large porosity and low flow resistance. Foams have been originally developed as filters for liquid metals purification [2], but nowadays they are applied to many purposes in chemical industry, for example as an interior filling of heat exchangers or air-oil separators. They also display very interesting properties as a structured catalyst carrier.

In this paper, the experimental study is presented on flow resistance, heat and mass transfer of NiCr metallic foam. The average foam density, according to the manufacturer (Recamet BV, Netherlands), is 30 pores per inch (PPI). Foam is characterized by computer microtomography (SkyScan 1172, Aarselaar, Belgium) to derive geometrical factors, like specific surface area, pore and strut dimensions; the data were presented previously by Gancarczyk et al. [3]. In the second section, the experimental description was given. The heat transfer intensity was measured applying electrical heating of metallic foam by the current flowing directly via the foam body. The temperatures of flowing gas stream and of foam surface were measured by several thermocouples; these measuring the surface temperature were pasted up using special epoxide glue securing good heat conduction and excellent electric isolation. Flow resistance was measured using the Recknagel micromanometer. Experimental method was the same as in the works of Kołodziej and Łojewska [4,5], or Ochońska-Kryca et al. [6].

In the third section, Fanning friction factor (eq. 1), Reynolds number (eq. 3) are defined. In this paper, flow mechanism is defined arbitrarily as a flow through undefined porous material. The flow resistance results are presented in terms of Fanning friction factor versus Reynolds number (fig. 2) and compared with literature models given by Lacroix et al. [9], Giani et al. [10] and Liu et al. [11]. The results of heat transfer are presented in terms of Nusselt versus Reynolds numbers (fig. 3) and also compared with other equations from the literature, given by Giani et al. [10] and Albanakis et al. [12]. The heat and mass transfer analogy, discussed thoroughly in [7] was used to transform the heat transfer results to the mass transfer representation (fig. 4) and a comparison was presented with equations given by Giani et al. [10] and Garrido et al. [13].

New equations (eq. 8, 9, 10) describing the hydrodynamic, mass and heat transport for metallic foams are proposed. The results are compared with the literature and also compared with packed bed of 2 mm grains and monolith 100 cpsi. The heat and mass transfer intensity of the studied foam is satisfactorily high, while its flow resistances is low, much lower than that of packed bed of grains, and comparable with monolith for small Reynolds numbers. Metallic foams appear as promising catalyst carrier for many fast catalytic reaction.