

Kazimierz WÓJS, Henryk ZALEWSKI

Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów
Politechnika Wrocławska

ZJAWISKO TOMSA W PRZEPŁYWACH PŁYNÓW GAŚNICZYCH

Streszczenie: W pracy przedstawiono przykład zastosowania zjawiska Tomsa dla celów pożarnictwa. Na drodze modyfikacji właściwości fizykochemicznych wody uzyskano płyn gaśniczy, charakteryzujący się wysoką skutecznością gaśniczą i niskimi oporami przepływu.

1. Wstęp

Płyny gaśnicze otrzymywane na drodze modyfikacji właściwości fizykochemicznych wody posiadają szereg zalet w stosunku do czystej wody, która jest powszechnie stosowana w pożarnictwie. Gaśnicze działanie wody polega na ochładzaniu palącego się obiektu i izolowaniu go przed dopływem tlenu z powietrza. Jednakże w procesie gaszenia pożaru tylko część wody ulega odparowaniu, a reszta spływa nie zmieniając stanu skupienia. Modyfikacja właściwości wody polega na zwiększaniu lepkości i zmniejszeniu napięcia powierzchniowego. Podwyższenie lepkości powoduje skrócenie czasu gaszenia pożaru wskutek wolniejszego spływu cieczy po gaszonym obiekcie. Obniżenie napięcia powierzchniowego zapewni lepszą zwilżalność palących się materiałów. Do podwyższenia lepkości wody stosowane są takie preparaty, jak: alginiany sodu lub potasu, forma sodowa lub potasowa karboksymetacelulozy, akryloamid kwasu akrylowego itp. Do zmniejszenia napięcia powierzchniowego wykorzystywane są różnego typu substancje powierzchniowo-czynne, takie jak: pochodne kwasów alkilonaftalenosulfonowych, wysoko sulfonowane estry kwasu rycynowego, siarczany alkilowe, mydła itp. Niektóre z wymienionych związków wykorzystywane są także jako dodatki wywołujące tzw. zjawisko Tomsa. W związku z tym podjęto badania nad opracowaniem składu dodatków zapewniających podwyższenie skuteczności gaśniczej wody i efekt Tomsa, w postaci zmniejszania oporów przepływu w przewodach i w pompie. Wyniki badań nad zmniejszaniem strat tarcia w pompie odśrodkowej przedstawiono w pracy [1].

2. Program i metodyka badań

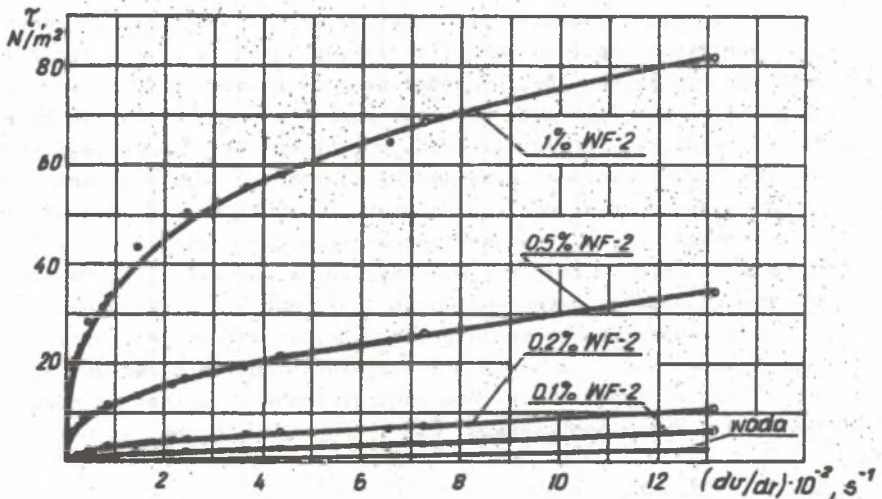
Podstawowym celem badań doświadczalnych było określenie wpływu stężenia

nie dodatków polimerów i środków powierzchniowo-czynnych na zmiany lepkości, napięcia powierzchniowego i oporów przepływu roztworów wodnych. Wyznaczono przedział stężeń dodatków pozwalających na podwyższenie skuteczności gaśniczej wody i obniżenie oporów przepływu. Skuteczność gaśniczą charakteryzuje lepkość i napięcie powierzchniowe płynu. Opory przepływu badano w węzach pożarniczych o średnicach $\varnothing 25$, $\varnothing 52$, $\varnothing 75$ mm, co pozwoliło na określenie wpływu średnicy przewodu na wielkość redukcji strat tarcia. Do zwiążania lepkości roztworów stosowano polimery akryloamidu kwasu akrylowego produkowanego w postaci 6 % roztworów wodnych pod nazwą handlową rokrysol WF-1 i rokrysol WF-2. Napięcie powierzchniowe roztworów obniżano za pomocą następujących środków powierzchniowo-czynnych: dodecylobenzenosulfonianu sodu produkowanego w postaci 50 % roztworu wodnego pod nazwą handlową Deterlon i bromku dymetylododecylobenzylomonowego w postaci 10 % roztworu wodnego o nazwie Sterinol. Badania oporów przepływu prowadzono na typowym stanowisku pozwalającym na pomiar natężenia przepływu oraz spadku ciśnienia na 10-metrowym odcinku przewodu. Do pomiaru natężenia przepływu zastosowano krzyżę pomiarową, wzorcowaną dla roztworów polimerowych za pomocą metody objętościowej. Lepkość roztworów mierzono wiskozymetrem Höplera i Couette'a, a napięcie powierzchniowe stalagnometrem Traubego.

3. Analiza wyników badań

3.1. Wpływ stężenia dodatków polimerów na lepkość roztworów

Wyniki badań wpływu stężenia rokrysolu WF-2 na lepkość roztworów wodnych przedstawiono na rys. 1. Jak wynika z naniesionych wykresów, wodne

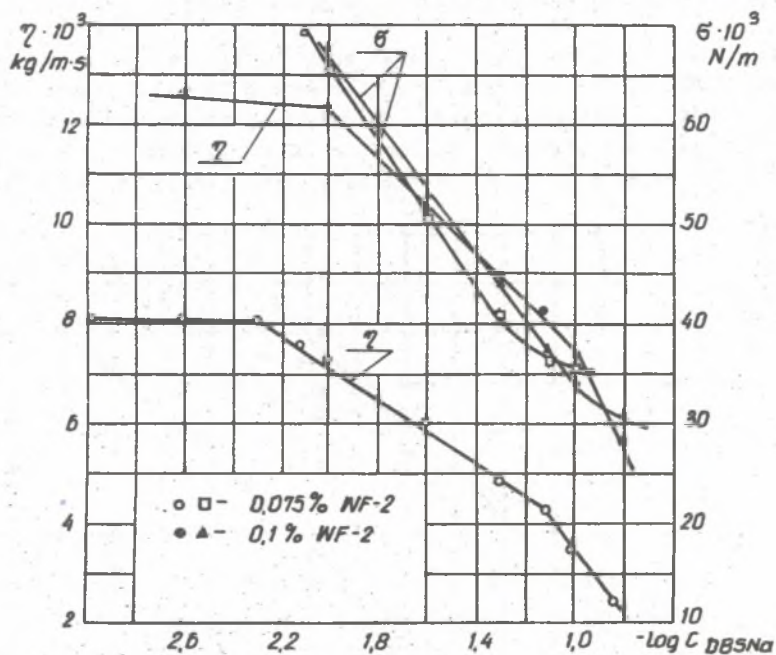


Rys. 1. Charakterystyki reologiczne roztworów wodnych akryloamidu.

roztwory polimeru posiadają charakterystyki reologiczne nieliniowe, przy czym nieliniowości są tym większe, im większe jest stężenie polimerów. Cechą charakterystyczną tych wykresów jest to, iż nieliniowości są większe przy mniejszych prędkościach deformacji. Począwszy od pewnej prędkości deformacji charakterystyki posiadają przebieg liniowy. Roztwory polimerowe o charakterystykach reologicznych przedstawionych na rys. 1 są bardzo przydatne dla celów pożarnictwa, gdyż są to płyny posiadające dużą lepkość przy małych prędkościach ścinania (taki przypadek występuje podczas spływu po powierzchniach ciał stałych) i wielokrotnie mniejszą lepkość przy większych prędkościach ścinania (taki przypadek ma miejsce podczas transportu płynu do miejsca pożaru).

3.2. Wpływ stężenia dodatków środków powierzchniowo-czynnych na lepkość i napięcie powierzchniowe roztworów polimerowych

Środek powierzchniowo-czynny dodawano w celu obniżenia napięcia powierzchniowego roztworu. Jednakże dodatek tego środka powoduje także niekorzystny efekt zmniejszenia lepkości roztworu. Na rys. 2 przed-

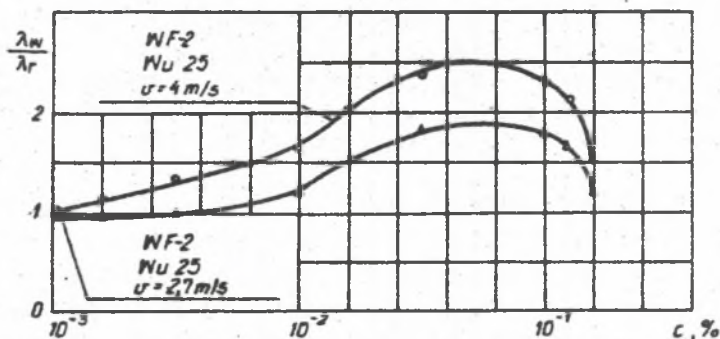


Rys. 2. Wpływ stężenia DBSNa na lepkość i napięcie powierzchniowe roztworów WF-2.

stawiono wyniki badań wpływu dodatku dodecylobenzenosulfonianu sodu (DBSNa) na lepkość i napięcie powierzchniowe roztworów wodnych roztworów WF-1 i WF-2. Jak wynika z przebiegu krzywych, dodatek DBSNa powoduje obniżenie zarówno lepkości, jak i napięcia powierzchniowego roztworów.

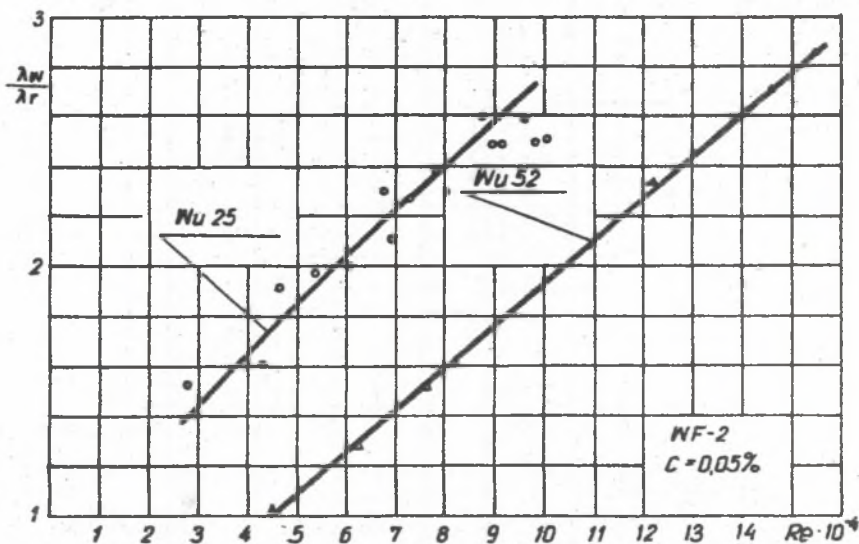
Roztwór zawierający 0,1 % WF-2 oraz ok. 0,1 % DBSNa posiada lepkość ok. $6 \cdot 10^{-3}$ kg/ms, napięcie powierzchniowe ok. $35 \cdot 10^{-3}$ N/m. Parametry te zapewniają wysoką skuteczność gaśniczą płynu [2].

3.3. Wpływ dodatków polimerów WF-2 i WF-1 na redukcję strat tarcia w węzach



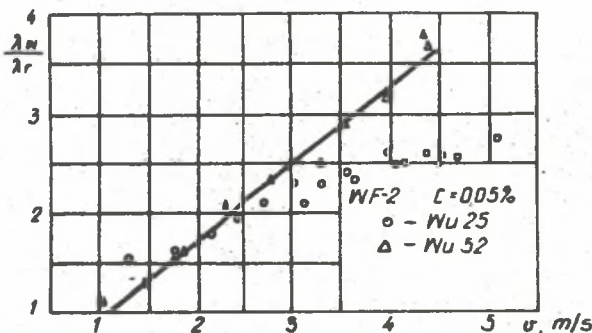
Rys. 3. Wpływ stężenia dodatku WF-2 na stopień redukcji strat tarcia.

Na rys. 3 przedstawiono wyniki badań wpływu stężenia roztworu WF-2 na stopień redukcji strat tarcia λ_w/λ_r w węzku \varnothing 25 mm. Z przebiegu krzywych wynika, że maksymalny stopień redukcji strat tarcia wynosi $\lambda_w/\lambda_r = 2,5$ i uzyskiwany jest dla stężenia roztworu $c \approx 0,08$ %. Jest to stężenie roztworu WF-2 optymalne ze względu na redukcję strat tarcia. Kolejne badania



Rys. 4. Zależność stopnia redukcji strat tarcia od liczby Reynolda.

przeprowadzono w celu określenia wpływu średnicy przewodu na stopień redukcji strat tarcia. W literaturze, np. [3,4] , publikowane są wnioski, iż redukcja strat tarcia jest większa w przewodach o mniejszych średnicach. Do takich wniosków prowadzi porównywanie współczynników strat tarcia λ przy tych samych liczbach Reynoldsa. Okazuje się jednak, że dla wodnych roztworów polimerów współczynnika strat tarcia nie można uzależnić tylko od Re i chropowatości przewodu. Wodne roztwory polimerów nie są płynami newtonowskimi. Współczynnik λ charakteryzujący opory przepływu zależny jest od prędkości deformacji płynu. Pogląd ten potwierdzają wyniki badań przedstawione na rysunkach 4 i 5. Badano opory przepływu



Rys. 5. Zależność stopnia redukcji strat tarcia od prędkości przepływu w przewodzie.

w przewodach $\varnothing 25$, $\varnothing 52$, $\varnothing 75$ mm przy przepływie czystej wody oraz 0,05 % roztworu rokryaolu WF-2. Stopnie redukcji strat tarcia λ_w/λ_r porównano dla tych samych liczb Reynoldsa a następnie średniej prędkości przepływu. Z zależności $\lambda_w/\lambda_r = f(Re)$ przedstawionej na rys. 4 wynika, że redukcja strat tarcia jest większa dla przewodu $\varnothing 25$ mm niż dla przewodów $\varnothing 52$ mm i $\varnothing 75$ mm, choć współczynniki λ przy przepływie wody miały dla wszystkich trzech przewodów wartości podobne. Z zależności przedstawionej na rys. 5 wynika, że przy tych samych wartościach średniej prędkości przepływu współczynnik λ_w/λ_r ma dla wszystkich trzech przewodów wartości podobne.

4. Wnioski

1. Wodne roztwory poliakrylamidu o stężeniach 0,05–1 % posiadają nieliniowe charakterystyki reologiczne; lepkość tych roztworów jest funkcją prędkości deformacji.
2. Dodatek środka powierzchniowo-czynnego powoduje obniżenie lepkości i napięcia powierzchniowego wodnych roztworów poliakrylamidu.
3. Optymalne, ze względu na redukcję strat tarcia w przewodzie, stężenie roztworu wodnego poliakrylamidu wynosi ok. 0,08 %.
4. Płyn gaśniczy sporządzony z wody oraz dodatków: 0,1 % poliakrylamidu i 0,1 % dodecylobenzenosulfonianu sodu posiada wysoką skuteczność gaśniczą oraz zapewnia 2–4-krotną redukcję strat tarcia w węzłach.

LITERATURA

- [1] Szary M., Wójc K.; Zmniejszenie strat tarcia w pompie odśrodkkowej, Przegląd Mech. nr 2/81.
- [2] Boratow A.N.; Zhur. Weisssojuz. Chim. Obzcz. im. D.J. Mendelajewa 21.369.1976
- [3] Thorne P.F., Theobald C.R., Mahendren P.; Drag reduction in fire hose, Fire Research Note, No 1033, May 1975.
- [4] Virk P.S., Michley H.S., Smith K.A.; The ultimate asymptote and mean flow structure in Toms phenomenon, Trans ASME, v.37, No 1, 1970.

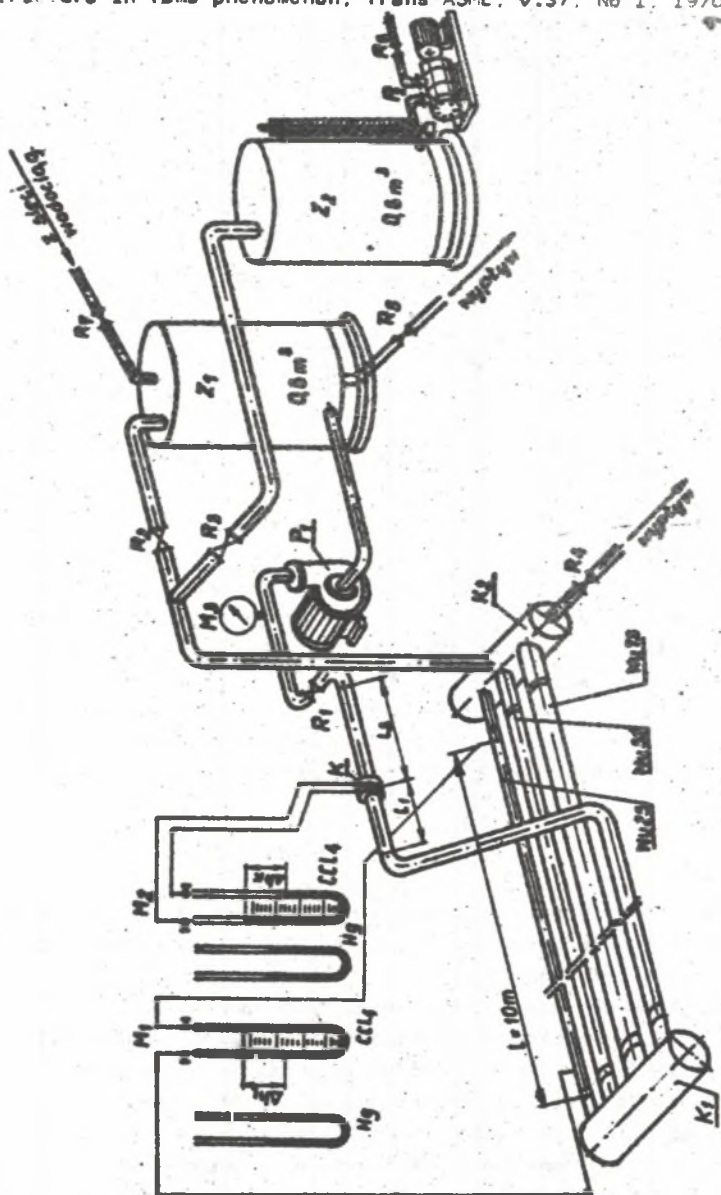


Fig. 6. Schematiko do badań oporów przepływu w węzłach połączeniowych.

ЯВЛЕНИЕ ТОМСА В ТЕЧЕНИЯХ ОГНЕТУШИТЕЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Р е з ю м е

В работе представлен пример применения явления Томса для пожарной цели. Модифицируя физико-химические свойства воды получено огнетушительную жидкость, характеризующуюся высокой эффективностью и низким сопротивлением течению.

THE TOMS EFFECT IN THE FLOWS OF EXTINGUISHING FLUIDS

S u m m a r y

The paper presents an example of the application of the Toms effect to fire-fighting. By modifying the physico-chemical properties of water an extinguishing fluid was obtained which is characterized by a high extinguishing effectiveness and a low resistance of flow.