

Janusz DZIAK

e-mail: janusz.dziak@pwr.wroc.pl

Zakład Inżynierii Chemicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Wrocławska, Wrocław

Odsalanie surowej ropy naftowej z użyciem układu hybrydowego: mieszalnik strumienicowy – mikrofiltr

Wstęp

Ropa wydobywana w Polsce z niektórych pokładów podziemnych zawiera duże ilości soli w postaci trwałej emulsji oraz kryształów o rozmiarach koloidalnych ($<1 \mu\text{m}$). Stanowi to istotny problem techniczno-ekonomiczny bowiem ropa w takiej postaci ma właściwości silnie korozyjne wobec instalacji stosowanej do jej przerobu w rafineriach, a przez to też ropa taka ma niską wartość rynkową. Stosowane aktualnie metody wymywania soli z ropy wodą z zastosowaniem mieszania w pompie przetłaczającej, zaworach dławiących, czy z użyciem mieszalników statycznych [Arnold i Steward, 2008], w przypadku ropy silnie zasolonej, są mało skuteczne i wymagają zużycia dużych ilości wody.

Celem przeprowadzonych badań było opracowanie i sprawdzenie nowej metody dwustopniowego odsalania ropy poprzez intensywne mieszanie jej z wodą w strumienicy, a następnie rozdzielanie emulsji na mikrofiltrach.

Filtry w postaci złożeń włókien stosowane do usuwania aerozoli, nawet tych zawierających cząstki o wymiarach nanometrycznych [Podgórski i in., 2010] mogą być użyte do rozdziału dyspersji ciecz-ciecz, aż do osiągnięcia limitu rozpuszczalności [Speth i in., 2002]. Jak dotąd projektowanie takich urządzeń dokonuje się jednak w oparciu o dane empiryczne i ekspertyzy. Dla ułatwienia procesu projektowania podejmowano próby opracowania modelu fizycznego, opisującego procesy zachodzące w złożu włóknistym koalescера podczas koalescencji zawiesziny kropeł [Magiera i Blass, 1997; Krasinski, 2010], jednak jak dotąd brak jest dostatecznie wiarygodnej metody projektowania tego typu urządzeń.

Wyniki badań kinetyki procesów odsalania ropy w mieszalniku strumienicowym i niszczenia emulsji wody w ropie stanowiły podstawę do opracowania procedury obliczania instalacji odsalania ropy w powiększonej skali.

Opis instalacji doświadczalnej

Budowę strumienicy stosowanej w badaniach opisano wcześniej [Ludwig i in., 2010]. W badaniach niszczenia emulsji stosowano mikrofiltry *Microspun*, w postaci złożeń włókien wykonanego techniką rozdmuchu stopów polimerów (*meltblown*).

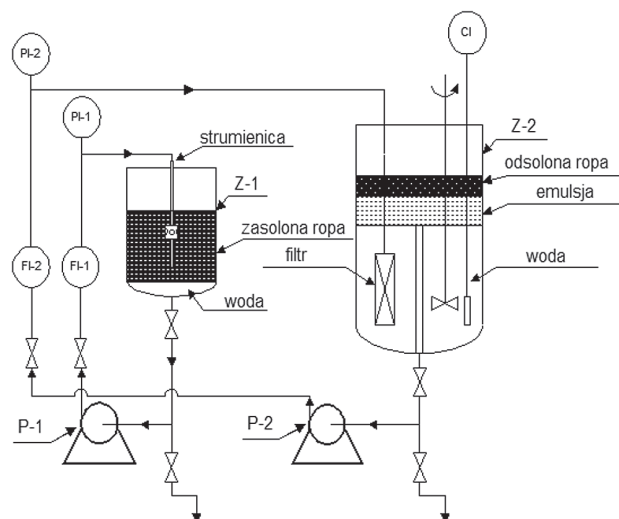
W badaniach odsalania surowej ropy naftowej została wykorzystana instalacja w skali laboratoryjnej, zbudowana w Zakładzie Inżynierii Chemicznej Politechniki Wrocławskiej.

Schemat oraz widok instalacji doświadczalnej do odsalania surowej ropy naftowej przedstawiono na rys. 1. Cały proces podzielono na dwa etapy: wytwarzanie emulsji woda-ropa (w celu rozpuszczenia w wodzie soli zawartej w ropie) oraz niszczenia emulsji (dla oddzielenia odsolonej ropy od wody).

Etap wytwarzania emulsji realizowano przez cyrkulację ciekłej mieszanki wody i ropy zawartej w zbiorniku Z-1 przez strumienicę, z wykorzystaniem pompy P-1. Zawartość wody w badanym układzie wynosiła $5\div 10\%$ masy ropy. W strumienicy zachodził proces intensywnego mieszania wody z ropą, przez okres $1\div 5$ minut. W trakcie tego procesu rozwijana była duża powierzchnia kontaktu faz.

Emulsja wytworzona w pierwszym etapie była przenoszona do zbiornika Z-2, w którym umieszczono filtr koalescencyjny. Proces niszczenia emulsji odbywał się w trakcie jej wielokrotnego przetłaczania za pomocą pompy P-2, przez filtr koalescencyjny. Odsolona ropa gromadziła się jako górna warstwa cieczy w zbiorniku Z-2.

Temperatura emulgowania wody z ropą wynosiła ok. 35°C , a przy niszczeniu emulsji $20\div 36^\circ\text{C}$.



Rys. 1. Schemat instalacji do odsalania surowej ropy naftowej z użyciem mieszalnika strumienicowego i mikrofiltra. Z-1 – zbiornik ze strumienicą; Z-2 – zbiornik z umieszczonym wewnątrz mikrofiltrem; P-1 – pompa tłocząca emulsję ze zbiornika Z-1; P-2 – pompa tłocząca emulsję do mikrofiltra; PI – manometry; FI – przepływomierz; CI – pomiar przewodnictwa elektrycznego

Zakres i metodyka badań

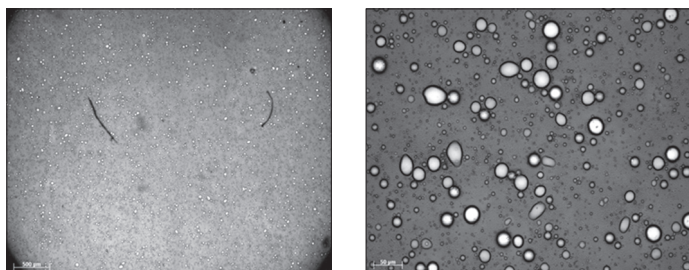
Całość badań podzielono na trzy części. W pierwszej wyznaczono charakterystykę pracy strumienicy – zależności współczynnika efektywności oraz podciśnienia, wytwarzanego przez strumienicę od natężenia przepływu cieczy roboczej i średnicy dyszy wylotowej strumienicy. Wyniki tych badań pozwoliły ustalić parametry pracy strumienicy, korzystne z punktu widzenia odsalania surowej ropy naftowej.

W drugiej części przebadano warunki tworzenia emulsji oraz wymywania soli z ropy za pomocą wody w mieszalniku strumienicowym. Stosowano zmienne średnice dyszy dla cieczy roboczej strumienicy (3, 4 i 5 mm), oraz zmienne czasy mieszania wody z ropą ($1\div 5$ minut). W trakcie mieszania wody z ropą naftową pobierano próbki wytwarzanej emulsji w określonych odstępach czasu. Część próbek analizowano pod mikroskopem celem określenia wielkości kropeł wody wytwarzanych podczas procesu emulgowania. Inne próbki wirowano i po oddzieleniu wody od ropy określano przewodnictwo wody celem ustalenia ilości soli przeniesionej z ropy do wody w trakcie prowadzenia procesu emulgowania wody z surową ropą naftową.

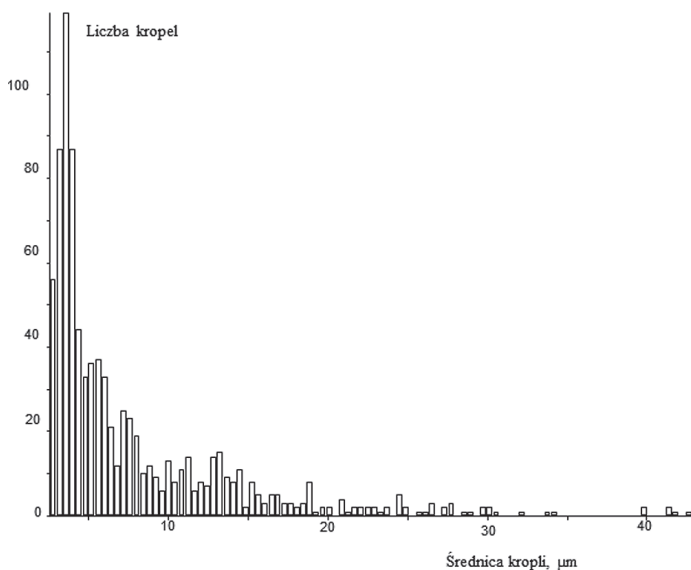
W trzeciej części badań określano kinetykę niszczenia emulsji za pomocą mikrofiltrów. Stosowano filtry polipropylenowe (PP) 10, 20, 30, 50 μm oraz filtry poliamidowe (PA) 20, 30, 50 μm . W trakcie badań wykonywano pomiary zmieniającego natężenia przepływu emulsji przez filtr w granicach $40\div 140 \text{ kg/godz.}$. Pomiar przewodnictwa wody znajdującej się w zbiorniku z filtrem koalescencyjnym pozwalał ustalać aktualny stopień oddzielenia zasolonej wody z emulsji i tym samym stan odsolenia surowej ropy naftowej, przerabianej w układzie hybrydowym mieszalnik strumienicowy – mikrofiltr.

Wyniki przeprowadzonych badań

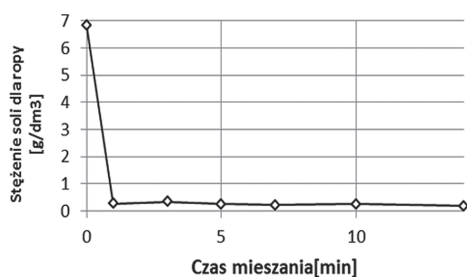
Na rys. 2-5 przedstawiono przykładowe wyniki przeprowadzonych badań. Na zdjęciach zamieszczonych na rys. 2 przedstawiono rozmieszczenie i wielkość kropeł w emulsji, wytworzonej przez mieszanie surowej ropy z wodą w strumienicy, w ciągu 4 minut, przy zastosowaniu



Rys. 2. Zdjęcia mikroskopowe emulsji wody w ropie naftowej wykonane w powiększeniach 25:1 (a), 200:1 (b). Zdjęcia wykonano po 4 minutach emulgowania wody z ropą naftową w strumienicy, przy zastosowaniu dyszy dla cieczy roboczej strumienicy o średnicy 5 mm



Rys. 3. Zależność liczby kropli od ich średnicy dla emulsji wytworzonej za pomocą dyszy strumienicy o średnicy 3 mm po 4. minucie procesu emulgowania wody i surowej ropy naftowej



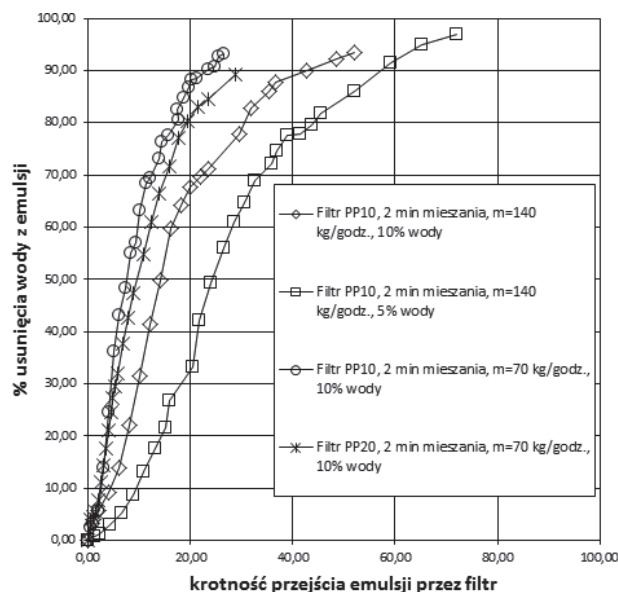
Rys. 4. Zmiana zasolenia ropy naftowej w trakcie mieszania za pomocą strumienicy

dyszy dla cieczy roboczej strumienicy o średnicy 5 mm. Na rys. 3 zilustrowano rozkład średnic kropli wytworzonych w strumienicy o innej średnicy dyszy dla cieczy roboczej równej 3 mm, po 4 minutach mieszania ropy z wodą. Rys. 4 pokazuje (dla wybranej próbki ropy) jak w czasie mieszania wody z ropą zmieniło się stężenie soli w ropie. Na rys. 5 przedstawiono wyniki niszczenia emulsji za pomocą mikrofiltrów polipropylenowych (PP) 10 i 20 μm .

Wnioski

Podczas wytwarzania emulsji woda-ropa za pomocą strumienicy, stosowano dysze o średnicach 3, 4, i 5 mm, uzyskując intensywne rozproszenie wody w ropie. Zwiększanie czasu mieszania zmniejszało średnią średnicę kropli wody w ropie. Podobny efekt wywoływał wzrost średnicy dyszy.

Zmiana zasolenia ropy w trakcie mieszania jej z wodą w mieszalniku strumienicowym (Rys. 4) najszybciej zachodzi w pierwszej minucie



Rys. 5. Zależność stopnia usunięcia wody z emulsji z surową ropą naftową od krotności przejścia emulsji przez filtr. Filtry polipropylenowe PP10 i PP20 o średnicy por 10 i 20 μm . Natężenie przepływu emulsji przez filtr 70 i 140 kg/godz. Ilość dodanej wody przemycanej 5÷10% w stosunku do masy ropy

mieszania (w przybliżeniu jednokrotne przejście cieczy przez komorę mieszania strumienicy, dla stosowanej w badaniach objętości cieczy). W późniejszym czasie spadek jest znikomy i zbyt długie mieszanie jest zbędne, a nawet niekorzystne ze względu na wytwarzanie trudnej do rozdzielenia emulsji.

Czas odsalania surowej ropy naftowej do zadanego stężenia soli w ropie zależy od ilości wody przemycanej, stopnia usunięcia tej wody, jak również od ilości wody złożowej, wydobywanej z ziemi wraz ze surową ropą naftową, a pozostałej w ropie po procesie odstawiania, przed właściwym procesem odsalania (płukania wodą pozbawioną soli).

Biorąc pod uwagę sprawność działania filtrów polipropylenowych stwierdzono, że filtr PP10 (10 μm) umożliwia najszybszy rozdział emulsji, ale spadek ciśnienia na tym filtrze jest największy: 3÷4 razy większy niż dla filtra PP20 (20 μm) i 5÷8 razy większy niż dla filtra PP30 (30 μm). Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że mniejsze natężenie przepływu emulsji przez filtr powoduje, że rozdział wody od ropy uzyskuje się przy mniejszej krotności przejścia emulsji przez filtr.

Szybkość rozdzielenia emulsji na mikrofiltrach początkowo jest stosunkowo duża, po czym maleje w trakcie prowadzenia procesu koalescencji. Powodem tego jest fakt, iż największe krople wody z emulsji zostają stosunkowo łatwo oddzielone od emulsji.

LITERATURA

- Arnold K., Steward M., 2008. *Surface production operations: Design of oil handling systems and facilities*. Elsevier
- Ludwig W., Dziak J., Sawiński W., 2010. Optymalizacja pompy strumieniowej za pomocą metod CFD. *Inż. Ap. Chem.*, **49**, nr 1, 67-68
- Podgórski A., Jackiewicz A., Maißer A., Szymański W., Gradoń L., 2010. Filtracja nanoaerozoli- model i eksperyment. Część I. Sformułowanie modeli. *Inż. Ap. Chem.*, **49**, nr 1, 89- 90
- Speth H., Pfennig A., Chatterjee M., Franken, 2001. Coalescence of secondary dispersions in fiber beds. *Chem. Ing. Tech.* **74**, 750. DOI: 10.1002/1522-2640(200106)73:6<750::AID-CITE750222>3.0.CO;2-S
- Magiera R., Blass E., 1997. Separation of liquid-liquid dispersions by flow through fibre beds. *Filtr. Sep.*, **34**, nr 4, 369-376. DOI: 10.1016/S0015-1882(97)90566-8
- Kraśniński A., 2010. Rozdzielanie dyspersji ciecz-ciecz w aparatach koalescencyjnych. *Inż. Ap. Chem.*, **49**, nr 3, 59-60

Praca badawcza była finansowana przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju i wykonana w ramach projektu rozwojowego nr 14 0018 04.