

Halina Syrek, Artur Antosz, Andrzej Pirowski, Tadeusz Kaczor
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

Badania nad wytwarzaniem mikroemulsji woskowych w reaktorze ciśnieniowym

Wstęp

Emulsje woskowe, stosowane obecnie w różnych dziedzinach gospodarki do powlekania powierzchni materiałów i tworzyw (*coating products*), wytwarzane są głównie w oparciu o polarne lub niepolarne woski polietylenowe, nisko- i wysokotopliwe, a także ich mieszanki z polimerami i kopolimerami. W przemyśle papierniczym, do powlekania kartonów, gotowych opakowań i tektury, stosowane są emulsje oparte na woskach polietylenowych wysokotopliwych lub homopolimerach i kopolimerach etylenu. Emulsje te wykazują doskonałą stabilność, wysoki stopień rozdrobnienia cząstek wosku do wielkości poniżej 0,5 μm , a także odpowiednie parametry użytkowe, polegające na wytwarzaniu powłok woskowych o doskonałych właściwościach barierowych, poślizgowych i wytrzymałościowych. Wytwarzane powłoki są transparentne, co zwiększa jakość i trwałość druku [8, 10, 13, 15].

Natomiast w procesach laminowania papieru oraz sklejania opakowań papierowych stosowane są emulsje posiadające dodatkowo właściwości klejące, dzięki zastosowaniu jako komponentów bazowych kopolimerów etylenu i polichlorku winylu lub etylenu i octanu winylu [14].

Wytworzenie emulsji woskowych typu „olej w wodzie” (O/W), zawierających najczęściej od 12% do 40% (*m/m*) wysokotopliwych wosków syntetycznych o temperaturze topnienia rzędu od 100°C do 130°C, względnie od 8% do 25% (*m/m*) polietylenu i/lub kopolimerów etylenu o temperaturze kroplenia do 150°C, wymaga zastosowania

procesu emulgowania pod podwyższonym ciśnieniem, w temperaturze rzędu 130÷160°C. Proces ten prowadzony jest w reaktorach ciśnieniowych, wyposażonych w układy grzania i chłodzenia oraz precyzyjną aparaturę kontrolno-pomiarową [16].

Powszechnie znane są dwie metody wytwarzania emulsji woskowych w reaktorze ciśnieniowym. Metoda bezpośrednia polega na wprowadzeniu do reaktora wszystkich składników emulsji (wosków, wody zdemineralizowanej, emulgatorów i substancji pomocniczych) i przeprowadzeniu emulgowania w odpowiednio wysokiej temperaturze i ciśnieniu, przy wykorzystaniu początkowo mieszania mechanicznego, a następnie procesu homogenizacji wytwarzanej emulsji. Uzyskany, gotowy produkt poddaje się szybkiemu i efektywnemu schłodzeniu w wymienniku płytowym lub chłodnicy wodnej. Metoda pośrednia polega na wprowadzeniu do reaktora, poza woskami, emulgatorami i substancjami pomocniczymi, tylko części wody technologicznej i na dalszym prowadzeniu procesu emulgowania tak jak w metodzie bezpośredniej, a następnie stopniowym dozowaniu do powstającej emulsji „woda w oleju” (W/O) pozostałej ilości wody technologicznej, ogrzanej w osobnym zbiorniku ciśnieniowym. Wówczas następuje inwersja emulsji do postaci „olej w wodzie” (O/W).

W bezpośredniej metodzie ciśnieniowego wytwarzania emulsji stosowane są generalnie emulgatory niejonowe, natomiast w metodzie pośredniej – emulgatory kationowe [16].

Stanowisko do wytwarzania mikroemulsji woskowych

W trakcie realizacji projektu pt.: *Innowacyjne technologie wytwarzania mikroemulsji woskowych do specjalistycznych*

zastosowań w gospodarce, wykonywanego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007–

2013, Priorytet 1. *Badania i rozwój nowoczesnych technologii*, w INiG uruchomiono stanowisko umożliwiające prowadzenie procesu emulgowania w zakresie temperatury od 130°C do 150°C, przy ciśnieniu do 8 barów. Stanowisko to pozwala wytwarzać emulsje na bazie wosków wysokotopliwych zarówno metodą bezpośrednią, jak i pośrednią. Proces emulgowania odbywa się w reaktorze ciśnieniowym, który zaprojektowano i wykonano w Dziale Technicznym INiG. Pozwoliło to na stopniowe oprzyrządowanie reaktora i usprawnianie procesu emulgowania w oparciu o prowadzone na bieżąco eksperymenty.

W trakcie kolejnych prób wytwarzania emulsji woskowych w reaktorze zmodernizowano układ grzania i chłodzenia, wymieniono końcówkę mieszadła na efektywnie homogenizującą oraz wprowadzono system płynnej regulacji obrotów mieszadła. Ponadto rozbudowano system kontrolno-pomiarowy. Kolejnym działaniem modernizacyjnym było wyposażenie reaktora w dodatkowy, ogrzewany elektrycznie zbiornik ciśnieniowy, pełniący rolę zbiornika wody technologicznej, którą można dozować do reaktora w procesie emulgowania. Pozwoliło to na wdrożenie systemu wytwarzania emulsji woskowych metodą pośrednią.

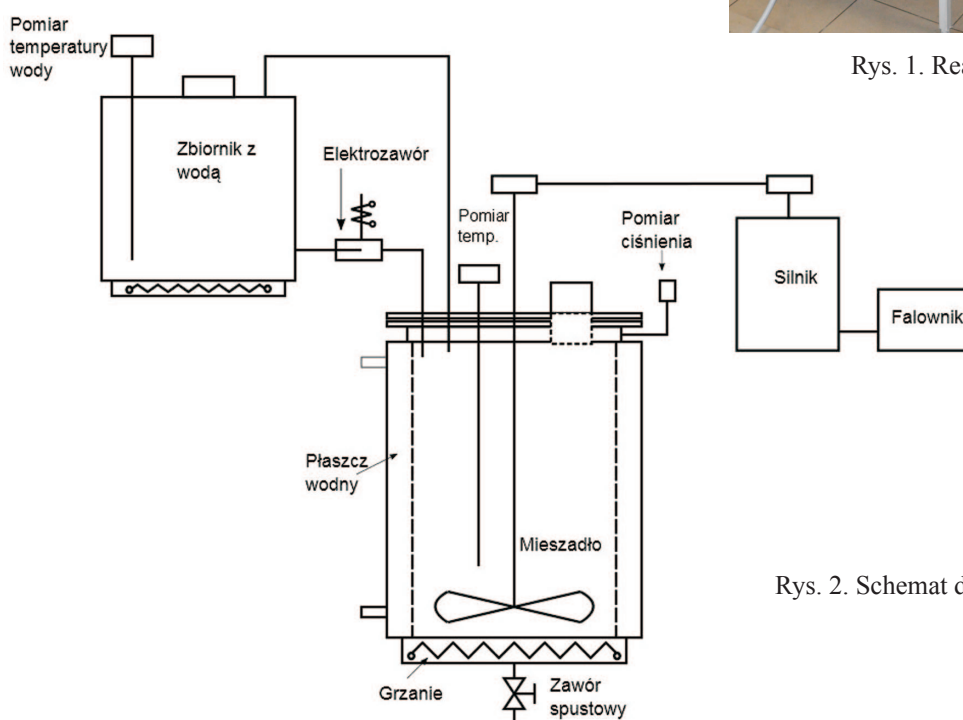
Reaktor o pojemności 1,5 l zbudowany jest z cylindrycznego zbiornika ze stali nierdzewnej, otoczonego płaszczem chłodzącym (czynnik chłodzący – woda), wyposażonego w dolny spust produktu, tj. wytworzonej emulsji woskowej. Na zewnątrz, w dolnej części reaktora, umieszczona jest grzałka elektryczna. W pokrywie reaktora zamocowane jest pionowe mieszadło z końcówką mieszającą śmigłową

oraz czujnik temperatury. Ponadto w pokrywie znajduje się króciec do wprowadzania surowców oraz wlot dodatkowej wody technologicznej z umieszczonego na stelażu ogrzewanego zbiornika ciśnieniowego. Dodatkowa woda technologiczna dozowana jest do reaktora porcjami, poprzez elektrozawór sterowany programatorem czasowym. Silnik mieszadła posiada płynnie regulowaną częstość obrotów w zakresie 0÷3000 obr./min, dzięki zastosowaniu falownika. Panujące w reaktorze ciśnienie jest mierzone za pomocą elektronicznego przetwornika. Reaktor został zlokalizowany w komorze dygestorium.

Wszystkie dostępne na bieżąco odczyty wskaźników i regulatorów umieszczone są na tablicy świetlnej, na obudowie dygestorium (rysunek 1). Schemat działania reaktora przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 1. Reaktor ciśnieniowy



Rys. 2. Schemat działania reaktora ciśnieniowego

Badania nad wytwarzaniem emulsji metodą ciśnieniową bezpośrednią

W pierwszej serii zaplanowanych badań przeprowadzono testy wytwarzania emulsji zawierających: kompozycje niskotopliwego wosku polietylenowego polarnego z woskiem naftowym, tj. parafiną, oraz kompozycje wosku polietylenowego polarnego z woskiem polietylenowym niepolarnym. Zastosowano metodę ciśnieniową bezpośrednią. Charakterystykę stosowanych surowców woskowych przedstawiono w tabelicy 1 [5, 6, 7, 12].

Wszystkie składniki wytwarzanych emulsji, w tym wosk w stanie stałym, dozowano do zbiornika reaktora poprzez umieszczony w pokrywie zawór wlotowy. Aparat szczelnie zamykano i rozpoczynano ogrzewanie wraz z jednoczesnym mieszaniem, stosując niskie częstotliwości obrotów mieszadła (około 300 1/min). Po osiągnięciu temperatury 135°C i ciśnienia około 5 barów częstotliwość obrotów mieszadła zwiększano w zakresie od 1000 1/min

do 1500 1/min i kontynuowano proces homogenizacji emulsji przez okres 30 minut. Następnie wyłączano grzanie, zmniejszono częstotliwość obrotów mieszadła oraz uruchamiano przepływ zimnej wody w układzie chłodzenia reaktora. Po uzyskaniu temperatury emulsji rzędu 80°C odkręcano dolny zawór reaktora i przepuszczano produkt przez efektywnie działającą spiralną chłodnicę wodną. Oziębioną do 40°C emulsję umieszczano w rozdzielaczu o kształcie walca. Skład wytwarzanych emulsji przedstawiono w tabelicy 2.

Na podstawie wyników wcześniejszych badań do wytwarzania emulsji zastosowano mieszkankę dwóch emulgatorów niejonowych typu polioksyetylenowanych wyższych alkoholi alifatycznych C14–C18 lub polioksyetylenowanych alkilofenoli o długości łańcucha alkilowego C9–C14, zawierających od 5 do 25 grup etoksylowych, w takich proporcjach, aby współczynnik równowagi hydrofilowo-

Tablica 1. Charakterystyka jakościowa surowców woskowych

Surowiec	Temperatura kroplenia według DGF M-III 3 [°C]	Liczba kwasowa według DIN EN ISO [mg KOH/g]	Dynamiczny współczynnik lepkości 140°C, według DIN EN ISO 3104 [mPa·s]	Penetracja 25°C według PN-82/C-04161 [0,1 mm]	Gęstość 23°C według DIN EN ISO 1183 [g/cm ³]
Parafina LTP 56 (wosk naftowy)	54÷58*	–	–	max. 25	–
Deurex PE 13 Micro (wosk polietylenowy zmikronizowany)	102÷112	–	100÷300	<0,5	0,93÷0,95
Deurex MO 4615 (wosk polietylenowy utleniony, zmikronizowany)	106÷116	max. 10	100÷300	<1	0,92÷0,94

* Temperatura krzepnięcia według PN-77/C-04018.

Tablica 2. Skład emulsji wytwarzanych w reaktorze ciśnieniowym

Składniki emulsji	Skład [% m/m]			
	E-1	E-2	E-3	E-4
Parafina LTP 56	10	3,0	–	–
Wosk polietylenowy utleniony (Deurex MO 4615)	10	12,0	7,5	5
Wosk polietylenowy (Deurex PE 13)	–	–	7,5	10
Emulgator niejonowy (HLB = 15÷17)	4	4	4	4
Emulgator niejonowy (HLB = 10÷12)	4	4	4	4
Emulgator anionowy (HLB = 11,0)	1	1	1	1
Środek przeciwpiany	0,02	0,02	0,02	0,01
Woda zdeminielizowana	69,5	74,5	76,5	76,5
10% roztwór wodny NaOH	1,5	1,5	1,5	1,5
pH emulsji według PN-89/C-04963	ok. 8	ok. 8	ok. 8	ok. 8

lipofilowej (HLB) mieszanki kształtował się w zakresie 12÷13. W roli dodatkowego surfaktantu stosowano

emulgator anionowy typu soli sodowej alkiloarylosulfonianu, o HLB około 11.

Charakterystyka jakościowa wytworzonych emulsji woskowych

Charakterystyka jakościowa wytworzonych emulsji obejmuje zarówno ocenę ich parametrów fizykochemicznych, jak i użytkowych. Obserwacja jednorodności i stabilności emulsji podczas ich magazynowania oraz pomiar wielkości i charakterystyka rozkładu cząstek stałych fazy rozproszonej emulsji pozwalają ocenić efektywność procesu emulgowania. Informują one więc o tym, czy dokonano właściwego doboru rodzaju i ilości emulgatorów w stosunku do rodzaju emulgowanych wosków bazowych oraz czy zastosowano optymalne parametry procesowe.

Dla oceny wytworzonych emulsji pod względem technologicznym, a więc ich przydatności do konkretnych przemysłowych zastosowań, konieczne jest zbadanie odpowiednich właściwości użytkowych emulsji, sprecyzowanych w ich specyfikacjach jakościowych.

Wytworzone emulsje E-1–E-4 przebadano pod kątem parametrów fizykochemicznych oraz parametrów użytkowych, charakterystycznych dla produktów stosowanych do powlekania kartonów, tektury i gotowych opakowań papierowych, tj. dynamicznego współczynnika lepkości emulsji, a także współczynnika tarcia oraz twardości warstw woskowych, wytworzonych z emulsji zgodnie ze znormalizowanymi metodami pomiaru.

Badane emulsje wykazały całkowitą jednorodność i stabilność w okresie magazynowania przez 30 dni. Badania właściwości fizykochemicznych i użytkowych emulsji przeprowadzono po upływie 1 doby od ich wytworzenia.

Dynamiczny współczynnik lepkości oznaczano wiskozymetrem Brookfielda LV-II+Pro w temperaturach 20°C i 40°C, zgodnie z procedurą przewidzianą dla badania cieczy o niskiej lepkości [4].

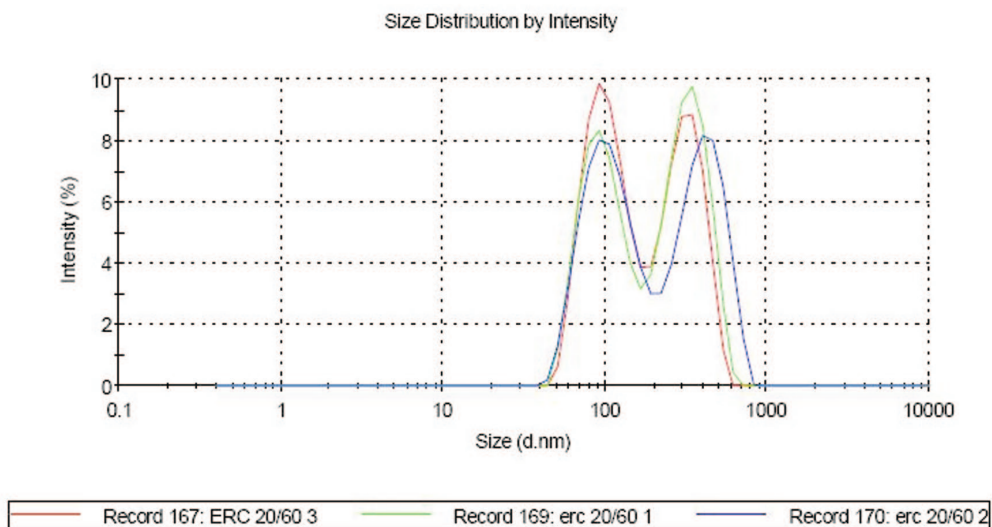
Pomiary średniego rozmiaru oraz rozkładu cząstek fazy rozproszonej (tj. wosku) wykonano metodą dynamicznego rozpraszania światła laserowego (DLS) w aparacie Zetasizer Nano S firmy Malvern Instruments, zgodnie z instrukcją aparatu [9]. Wyniki badań przedstawiono w tabelicy 3.

Wartości dynamicznego współczynnika lepkości wytworzonych emulsji, za wyjątkiem emulsji E-2, zawierającej aż 10% (*m/m*) parafiny, mieściły się w zakresie przewidzianym dla produktów stosowanych w przemyśle papierniczym, tj. od 150 mPa·s do 600 mPa·s w temperaturze 20°C [14].

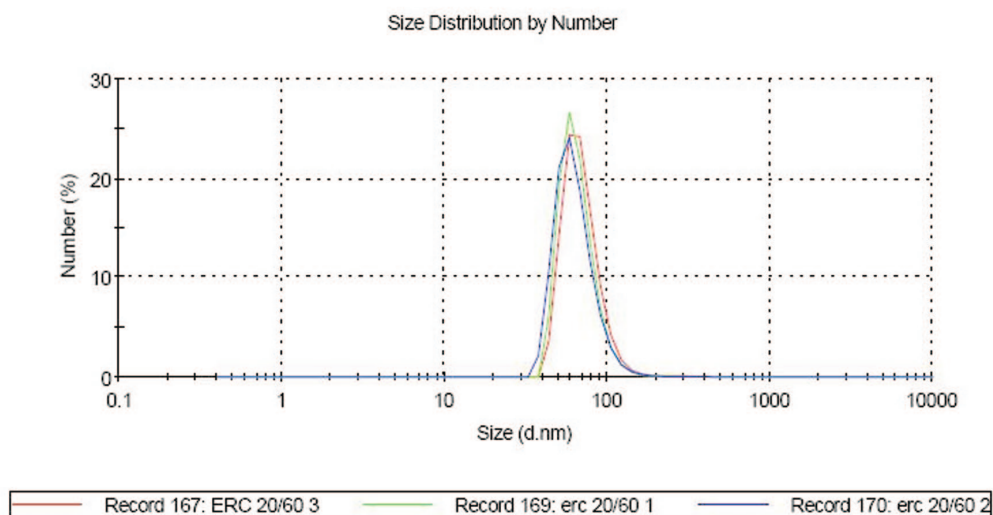
Zmierzona średnica d_{sc} (średnia średnica hydrodynamiczna) zdyspergowanych w badanych emulsjach cząstek wosku kształtowała się na poziomie 280÷350 nm. Rozkład ilościowy cząstek dla wszystkich emulsji był jednorodny (jeden pik o wąskiej podstawie), a średni wymiar cząstki w tym rozkładzie nie przekraczał 100 nanometrów. Rozkłady cząstek pod względem intensywności rozpraszania światła i objętości cząstek były bardziej zróżnicowane (dwa, względnie trzy połączone piki, o szerszej podstawie). Dla zilustrowania wyników pomiaru na rysunkach 3–5 przedstawiono graficznie rozkład cząstek stałych w emulsji E-2 w postaci wykresu komputerowego z trzech kolejnych pomiarów w aparacie Zeta Sizer Nano S.

Tablica 3. Właściwości fizykochemiczne emulsji woskowych wytworzonych w reaktorze ciśnieniowym

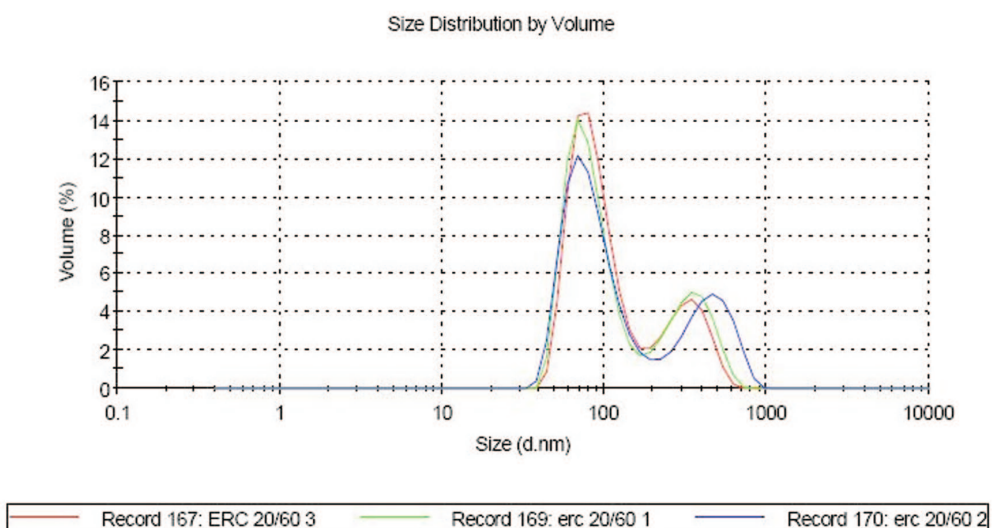
Kod próbki	Dynamiczny współczynnik lepkości (pomiar po 24 h)			Analiza DLS (pomiar po 24 h)	
	wrzeciono	częstość obrotów [n/min]	lepkość [mPa·s]	rozkład cząstek według:	średnica cząstki stałej, d_{sc} [nm]
E-1	S-62	100	150,9 (20°C) 107,4 (40°C)	– intensywności: trzy piki – ilości: jeden pik – objętości: trzy piki	321,8
E-2	S-61	100	48,4 (20°C) 19,6 (40°C)	– intensywności: dwa piki – ilości: jeden pik – objętości: dwa piki	279,5
E-3	S-62	100	130,4 (20°C) 97,7 (40°C)	– intensywności: dwa piki – ilości: jeden pik – objętości: dwa piki	341,8
E-4	S-62	100	130,7 (20°C) 98,3 (40°C)	– intensywności: dwa piki – ilości: jeden pik – objętości: dwa piki	344,9



Rys. 3. Rozkład cząstek stałych w emulsji E-2 pod względem intensywności rozpraszania światła

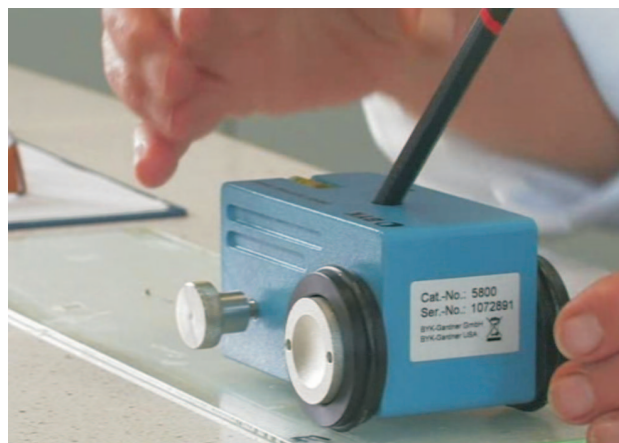


Rys. 4. Rozkład cząstek stałych w emulsji E-2 pod względem ilości cząstek



Rys. 5. Rozkład cząstek stałych w emulsji E-2 pod względem objętości cząstek

Twardość warstwek woskowych wytworzonych z badanych emulsji oznaczano metodą testu ołówkowego, zgodnie z procedurą ASTM D 3363-05 [3]. Jest to stosunkowo prosta metoda spośród znormalizowanych metod badania twardości powłok, stosowana szczególnie dla materiałów powlekających organicznych [11]. Polega ona na użyciu ołówków o znanej twardości, w skali od 9B do 9H, które kolejno umieszcza się w prowadnicy ustawionej na wytworzonej warstwie badanego materiału, a następnie przesuwa prowadnicę wzdłuż warstewki i ocenia uszkodzenia powstałe na jej powierzchni. Wykonuje się minimum dwa oznaczenia: twardości rysującej i żłobiącej. Twardość rysująca jest to numer najtwardszego ołówka, który nie zarysuje powierzchni warstewki. Twardość żłobiąca jest to numer najtwardszego ołówka, który pozostawi nienaruszoną warstewkę na długości co najmniej 3 mm. Pomiaru wykonywano przy użyciu ołówkowego testera twardości firmy BYK Additives & Instruments (rysunek 6). Wyniki badań twardości przedstawiono w tabelicy 4.



Rys. 6. Ołówkowy tester twardości firmy BYK Additives & Instruments

padku emulsji zawierających dodatek wosku naftowego, tj. parafiny. Twardość powłok wzrastała wraz z zawartością wosku polietylenowego.

Pomiary statycznego i kinetycznego współczynnika tarcia dla warstwek wytworzonych z badanych emulsji przeprowadzono w aparacie cyfrowym Ray-Ran Polytest (rysunek 7).

Jest to aparat typu przeciągnik, w którym pomiar współczynnika tarcia polega na zmierzeniu siły F potrzebnej do przesunięcia ruchomych sanek wzdłuż podstawy aparatu, przy znanej wartości siły W , tj. obciążnika powodującego ruch płaszczyzny sanek względem płaszczyzny podstawy. Stąd, ze znanej zależności $\mu = F/W$, wyliczany jest bezwymiarowy współczynnik tarcia μ . Płaszczyznę sanek stanowi cienka folia etylenowa pokryta warstwą badanej emulsji. Płaszczyznę podstawy stanowi arkusz celofanu pokrytego badaną emulsją, umieszczony na podstawie aparatu [3].

Tablica 4. Wyniki badania twardości emulsji woskowych wytworzonych w reaktorze ciśnieniowym

Kod próbki	Twardość	
	rysująca	żłobiąca
E-1	9B	powyżej 9B
E-2	8B	powyżej 9B
E-3	5B	8B
E-4	5B	7B

Generalnie powłoki woskowe wytworzone z badanych emulsji okazały się stosunkowo miękkie, zwłaszcza w przy-



Rys. 7. Aparat cyfrowy Ray-Ran Polytest do oznaczania współczynnika tarcia

Aparat mierzy i drukuje średnią wartość statycznego i kinetycznego współczynnika tarcia oraz rysuje wykres zależności wielkości tarcia od drogi przesuwu sanek. Aparat połączony jest z komputerem, co daje możliwość tabelarycznego i graficznego przedstawienia wyników testu.

Przygotowanie próbek do badań, tj. warstwek badanych emulsji na folii etylenowej i celofanie, oraz pomiary współczynnika tarcia przeprowadzono zgodnie z procedurą ASTM D 2534-88 (Reapproved 2004) [2]. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabelicy 5.

Wytworzone warstewki wykazały stosunkowo wysoki współczynnik tarcia kinetycznego. Tylko dwa uzyskane wyniki (E-3 i E-4) mieściły się w zakresie przewidzianym dla emulsji stosowanych do powlekania papieru, dla których wartość współczynnika tarcia kinetycznego, zgodnie z wymaganiami normy [11], winna kształtować się w za-

Tablica 5. Wyniki pomiarów statycznego i dynamicznego współczynnika tarcia emulsji wytworzonych w reaktorze ciśnieniowym

Kod próbki	Współczynnik tarcia statycznego	Współczynnik tarcia kinetycznego
E-1	0,934	1,039
E-2	0,852	1,077
E-3	0,737	0,901
E-4	0,729	0,885

kresie od 0 do 1. Należy dodać, że dla powłok wykonanych z polietylenu współczynnik tarcia kinetycznego kształtuje się w granicach $0,12 \div 0,19$, a dla powłok wykonanych z poliestru – w granicach $0,17 \div 0,66$ [1].

Podsumowanie

Stanowisko do wytwarzania emulsji woskowych w reaktorze ciśnieniowym, w zakresie temperatury od 130°C do 150°C, przy ciśnieniu do 8 barów, skonstruowane i uruchomione w ramach realizowanego w INiG projektu pt.: *Innowacyjne technologie wytwarzania mikroemulsji woskowych do specjalistycznych zastosowań w gospodarce*, wykonywanego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007–2013, Priorytet 1. *Badania i rozwój nowoczesnych technologii*, pozwala wytwarzać emulsje na bazie wosków wysokotopliwych, o temperaturach kroplenia powyżej 100°C, zarówno metodą bezpośrednią, jak i pośrednią. Stanowisko to zaprojektowano i wykonano w Dziale Technicznym INiG.

Na stanowisku tym przeprowadzono pierwszą serię badań, wytwarzając emulsje woskowe na bazie wosków polietylenowych polarnych i niepolarnych o temperaturach kroplenia od 102°C do 116°C, uzyskując stabilne emulsje o wielkości cząstki wosku w zakresie 280÷350 nanometrów i jednorodnym rozkładzie ilościowym cząstek fazy rozproszonej. Pod względem parametrów użytkowych wymaganych dla produktów stosowanych do powleka-

nia kartonów, tektury i gotowych opakowań emulsje te, a ściślej warstewki woskowe z nich wytworzone, charakteryzowały się stosunkowo małą twardością oraz słabymi właściwościami poślizgowymi, tj. stosunkowo wysokim współczynnikiem tarcia statycznego i kinetycznego.

Przeprowadzone próby miały charakter wstępny, a ich celem było zbadanie przydatności skonstruowanego reaktora ciśnieniowego do wytwarzania emulsji O/W z wosków o temperaturach kroplenia wyższych niż 100°C. Uzyskane wyniki pomiarów są pozytywne, jednakże wykorzystanie metody ciśnieniowej w przewidzianym, szerokim obszarze parametrów procesowych, w tym również z zastosowaniem metody ciśnieniowej pośredniej, wymaga dalszych, szczegółowych badań. W dalszych działaniach przewidziano również przeprowadzenie prób nad opracowaniem technologii wytwarzania emulsji woskowych do powlekania kartonów, tektury lub gotowych opakowań papierowych z zastosowaniem jako komponentów bazowych wosków polietylenowych wysokotopliwych typu HDPE, polarnych i niepolarnych, oraz polietylenu o średniej i dużej gęstości.

Literatura

- [1] ASTM D 1894-08 *Standard Test Method for Static and Kinetic Coefficients of Friction of Plastic Film and Sheeting*.
- [2] ASTM D 2534-88 (Reapproved 2004) *Standard Test Method for Coefficient of Kinetic Friction for Wax Coatings*.
- [3] ASTM D 3363-05 *Standard Test Method for Film Hardness by Pencil Test*.
- [4] *Brookfield DV-II + Pro EXTRA, Programmable Rheometer. Operating Instructions*. Manual No. M/09-166. Brookfield Engineering Laboratories, Inc.
- [5] Deurex E 11. Informacja techniczna Münzing Micro Technologies GmbH.
- [6] Deurex MO 4615. Informacja techniczna Münzing Micro Technologies GmbH.

- [7] Deurex PE 13. Informacja techniczna Münzing Micro Technologies GmbH.
- [8] *Handbook of Microemulsion Science and Technology*. Promod Kumar (red.), K. L. Mittal. Marcel Dekker, Inc., New York 1999.
- [9] Instrukcja użytkownika *Rodzina urządzeń Zetasizer Nano*, Malvern Instruments Ltd. 2004.
- [10] Materiały informacyjne BASF, http://www.performancechemicals.basf.com/ev-wcms-in/internet/en_GB/function/conversions:/publish/upload/EV/EV5/products/waxes_and_wax_emulsions, data dostępu: maj 2011 r.
- [11] *Paint and Coating Testing Manual*. Fourteen Edition by Gardner-Sward Handbook. Joseph V. Koleske (red.), ASTM Philadelphia 1995.
- [12] Parafiny Standard LTP. WT-2004/LTP-02.
- [13] Quality Chemical Industries. *Wax Emulsions, Aqueous Wax Emulsions, Paraffin Wax Emulsions*. <http://www.qciindia.com/wax-emulsions.html>, data dostępu: maj 2011 r.
- [14] SasolWax. *Paper and Packaging*. http://www.sasolwax.com/en/Applications/Industrial+Waxes/Paper+_+Packaging.html, data dostępu: maj 2011 r.
- [15] Sumika Chemtex Co. Ltd. Emulsions group, Functional Polymer Division, http://www.chemtex.co.jp/english/division/emulsion/product_grade/, data dostępu: maj 2011 r.
- [16] Syrek H., Antosz A.: Emulsje woskowe – innowacyjne produkty, innowacyjne technologie wytwarzania. „Nafta-Gaz” 2011, nr 9, s. 674–682.



Mgr inż. Halina SYREK – starszy specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie Olejów, Środków Smarowych i Asfaltów w Instytucie Nafty i Gazu w Krakowie. Absolwentka PK – Wydział Chemii, Technologia Ropy i Gazu; studia podyplomowe na PW – Inżynieria Procesowa i Aparatura Chemiczna. Specjalizacja zawodowa – woski naftowe i kompozycje woskowe.



Mgr inż. Artur ANTOSZ – asystent w Zakładzie Olejów, Środków Smarowych i Asfaltów w Instytucie Nafty i Gazu w Krakowie. Absolwent Wydziału Paliw i Energii Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Specjalizacja zawodowa – badania technologiczne w zakresie procesów destylacji, rafinacji oraz wytwarzania emulsji woskowych.



Inż. Andrzej PIROWSKI – zawód: inż. elektryk, absolwent Akademii Górniczo-Hutniczej, Wydział Elektrotechniki Przemysłowej, główny specjalista inżynieryjno-techniczny w Dziale Technicznym Pionu Technologii Nafty Instytutu Nafty i Gazu. Zasadnicza działalność – opracowywanie i konstruowanie aparatów, oprzyrządowania oraz systemów pomiaru i regulacji stanowisk badawczych.

Tadeusz KACZOR – starszy mistrz w Dziale Technicznym Pionu Technologii Nafty Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie. 32-letni staż pracy. Zawód wyuczony: tokarz-mechanik; specjalizacja w zakresie mechaniki precyzyjnej oraz konstrukcji i modernizacji aparatury chemicznej.