

Uszczelnienia do reaktorów chemicznych

Seals for chemical reactors

W aparatach, urządzeniach i liniach technologicznych w wielu gałęziach przemysłu, często istnieje konieczność stosowania całego typoszeregu uszczelnień. W zależności od zastosowania i przeznaczenia, wykonane są one z różnych materiałów. Jako przykład możemy wymienić uszczelnienia: metalowe, polimerowe, elastomerowe lub uszczelnienia stanowiące kombinację połączeń tych materiałów np.: gumowo-metalowe, gumowo-tkaninowe, gumowo-tkaninowo-metalowe i wiele innych.

Uszczelnienia gumowe ze względu na specyfikę materiału, a przede wszystkim wysoką elastyczność, małe odkształcenia trwałe po ścisnieniu, szeroki zakres twardości, dobre właściwości fizyko-mechaniczne, odporność na działanie atmosferyczne i różne media chemiczne oraz wiele innych, znajdują bardzo szerokie zastosowanie.

Czym jest guma? Dlaczego uszczelnienia gumowe?

Odpowiedź na postawione pytania ułatwi nam krótkie wprowadzenie merytoryczne.

Guma jest układem wieloskładnikowym i wielofazowym. W jej skład wchodzi m.in.

- a) kauczuk/kauczuki
- b) napełniacz/napełniacze
- c) zmiękczacze (plastyfikatory)
- d) zespół sieciujący
- e) substancje pomocnicze (aktywatory, dyspergatory, substancje przeciwstarzeniowe, antyozonanty, substancje poprawiające adhezję gumy do innych materiałów)

W procesie technologicznym wytworzenia detali gumowych sporządza się najpierw mieszanekę kauczukową, wykorzystując w tym celu urządzenia generujące znaczne siły ścinające (wałcarki lub mieszarki zamknięte). Siły te potrzebne są do uplastycznienia kauczuku oraz dobrego zdyspergowania w nim cząstek napełniacza. Jest to podstawowa cecha wyróżniająca technologię gumy od technologii tworzyw sztucznych i kom-

Urszula Ostaszewska, Stanisław Stokłuska, Katarzyna Rucińska, Justyna Wróbel, Agata Domańska

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników

pozytów polimerowych. Rodzaj elastomeru, oraz ilość i rodzaj napełniacza/napełniaczy, decydują o właściwościach przetwórczych mieszanki kauczukowej, takich jak lepkość i wytłaczalność, a także o takich parametrach użytkowych jej wulkanizatów jak odporność chemiczna, palność czy właściwości mechaniczne i dynamiczne.

Mieszanekę kauczukową zwykle poddaje się sieciowaniu, najczęściej w temperaturze 140 °C – 180 °C, w wyniku którego powstaje sieć przestrzenna, łącząca chemicznie makrocząsteczki kauczuku. Jej struktura decyduje o wytrzymałości mechanicznej i zdolności gumy do relaksacji naprężeń.

Zanim omówimy technologię wytwarzania elementów gumowych, warto krótko wspomnieć o podstawowych składnikach mieszanek gumowych i ich wpływie na właściwości otrzymywanych wyrobów.

Ad a) Kauczuki są podstawowym składnikiem mieszanki kauczukowej. Pod względem pochodzenia kauczuk dzielimy na naturalny i syntetyczny. Na rynku istnieje szerokie spektrum kauczuków syntetycznych. Przy wyborze odpowiedniego kauczuku, należy analizować jego skład chemiczny pod kątem oczekiwanych właściwości gotowego wyrobu. To właśnie od niego, w dużym stopniu, zależą podstawowe właściwości wyrobów gumowych.

Ad b) Napełniacze stanowią drugą ważną grupę surowców wchodzących w skład gumy. Stosując odpowiedni napełniacz możemy w dużym stopniu wpływać na właściwości przerobowe mieszanki kauczukowej i właściwości

fizykomechaniczne otrzymanych wulkanizatów. Napełniacze dzielimy na sadzowe (czarne) i mineralne (jasne).

Ad c) Zmiękczacze (plastyfikatory), są związkami chemicznymi odpowiedzialnymi za zwiększenie plastyczności kauczuku, bądź mieszanki kauczukowej i obniżania kruchości gumy. Najczęściej wykorzystywaną w przemyśle gumowym grupą plastyfikatorów są produkty petrochemiczne, zmiękczacze syntetyczne, i inne.

Wzrost plastyczności mieszanki, spowodowany wprowadzeniem do niej zmiękczacza, związany jest ze zmianą ułożenia przestrzennego makrocząsteczek kauczuku względem siebie i energii oddziaływania między poszczególnymi łańcuchami makrocząsteczek, na skutek wnikania cząsteczek zmiękczaczy pomiędzy łańcuchy kauczuku. Wprowadzenie do mieszanki zmiękczaczy wpływa również na właściwości fizyczne otrzymanych wulkanizatów.

Ad d) Substancje sieciujące (wulkanizujące) to substancje, które mogą tworzyć wiązania poprzeczne między łańcuchami elastomeru. Mogą to być substancje nieorganiczne (siarka, tlenki metali) oraz organiczne (nadtlenki, aminy i inne).

Ad e) W mieszankach kauczukowych stosowane są różne substancje pomocnicze, spełniające określone zadania np. substancje przeciwstarzeniowe, antyozonanty, substancje utrudniające palenie, substancje porotwórcze i szereg innych.

Zaprojektowanie technologii wytwarzania elementu gumowego, spełniającego żądane właściwości użytkowe, wymaga od technologa posiadania szerokiej wiedzy dotyczącej znajomości surowców stosowanych w przemyśle gumowym, przewidywania właściwości gumy, które możemy uzyskać przez dobór wybranych składników, oraz znajomości technik przetwórczych.

Jednym z tematów realizowanym w Łukasiewicz – IMPiB było opracowanie technologii wykonania uszczelnień odpornych na działanie oparów rozpuszczalników i dużego spektrum substancji chemicznych, pracujących w szerokim zakresie temperatur ujemnych i dodatnich.

Przy realizacji wyzwania podjęto następujące kroki:

1. Dobór kauczuków.

Przeprowadzono analizę kauczuków pod kątem wymaganych właściwości gumy.

Do badań wybrano kauczuki: etylenowo-propylenowy, butadienowo-akrylonitrylowy, fluorowy i fluorosilikonowy.

2. Zaprojektowanie składów mieszanek.

Do wybranych kauczuków dopasowywano inne składniki mieszanki, zestawiając odpowiednio ilość

i rodzaj napełniacza, ilość i rodzaj zmiękczacza, zespół wulkanizujący i substancje przeciwstarzeniowe.

3. Sporządzanie mieszanek gumowych, oznaczanie kinetyki wulkanizacji i przygotowanie próbek do badań.

Mieszanki kauczukowe sporządzono na walcach laboratoryjnej, o wymiarach walców ϕ 200 x 400 mm i temperaturze 40°C, zgodnie z PN-ISO 2393:2015-12. Próbki do badań wulkanizowano w formie stalowej, w temperaturze 160°C lub 170°C i optymalnym czasie (t90), wyznaczonym za pomocą reometru, wg PN-ISO 3417:2015-12, PN-ISO 6502:2015 („Oznaczenie przebiegu wulkanizacji za pomocą wulkametry z oscylującym rotorem”).

4. Badania właściwości fizycznych

Wykonano następujące badania:

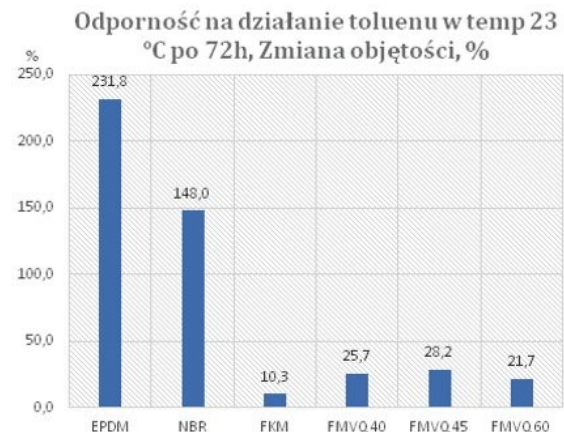
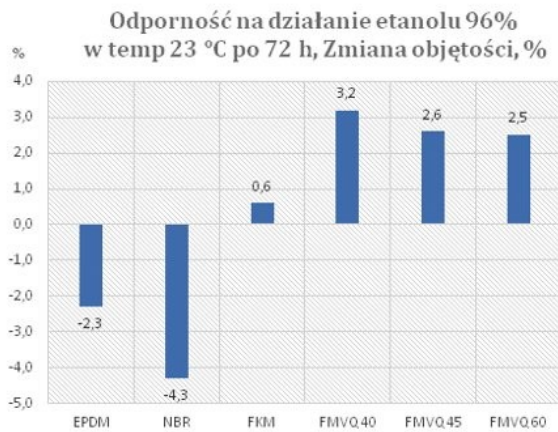
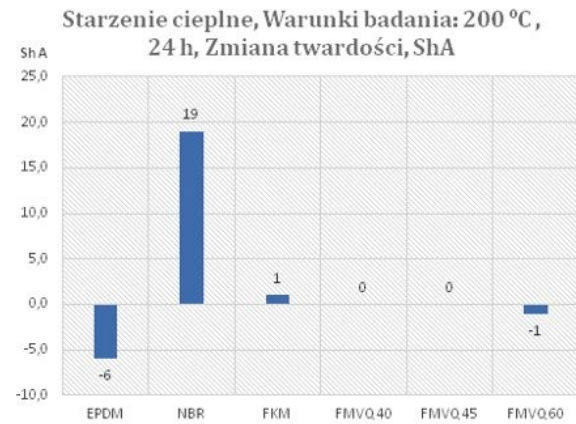
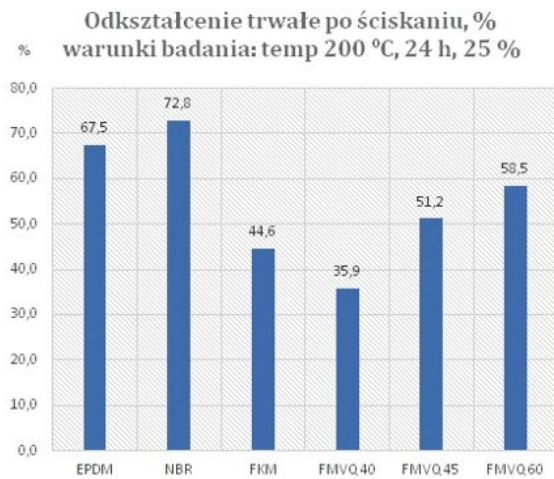
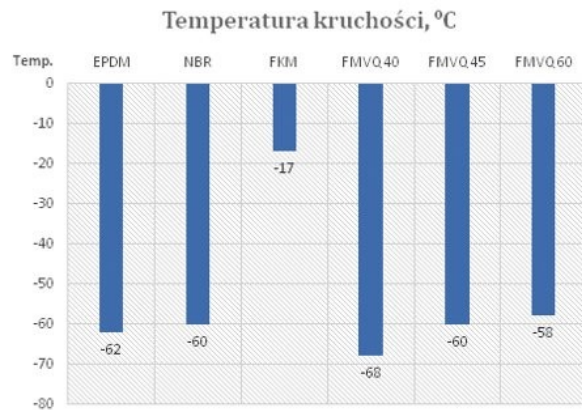
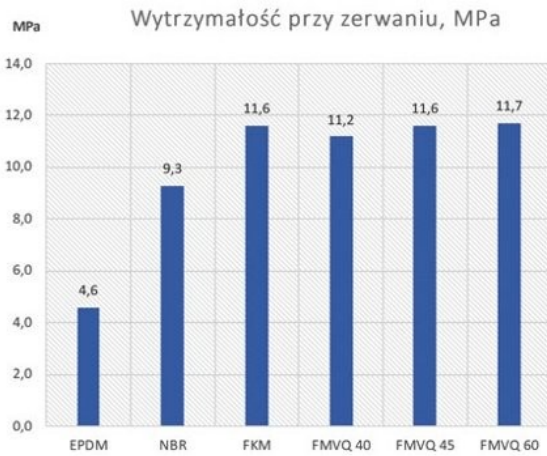
- Oznaczenie właściwości przy rozciąganiu, zgodnie z PN-ISO 37:2007 („Guma i kauczuk termoplastyczny. Oznaczenie właściwości wytrzymałościowych przy rozciąganiu”),
- Oznaczenie twardości w skali Shore’a, zgodnie z ISO 48-4:2018 („Oznaczenie twardości wg metody Shore’a”),
- Oznaczenie odkształcenia trwałego przy ścisaniu, zgodnie z PN-ISO 815:1998 (Oznaczenie odkształcenia trwałego po ścisaniu w temperaturze otoczenia, podwyższonej lub niskiej),
- Oznaczenie przyspieszonego starzenia, zgodnie z ISO 188:211 („Guma lub kauczuk termoplastyczny. Badanie przyspieszonego starzenia i odporności na działanie ciepła”),
- Oznaczenie temperatury kruchości, zgodnie z PN-ISO 815:2015-12 („Guma i kauczuk termoplastyczny. Oznaczenie kruchości w niskiej temperaturze”),
- Oznaczenie odporności na działanie rozpuszczalników, zgodnie z PN-ISO 1817:2001 („Guma. Oznaczenie odporności na działanie cieczy”).

5. Analiza wyników badań

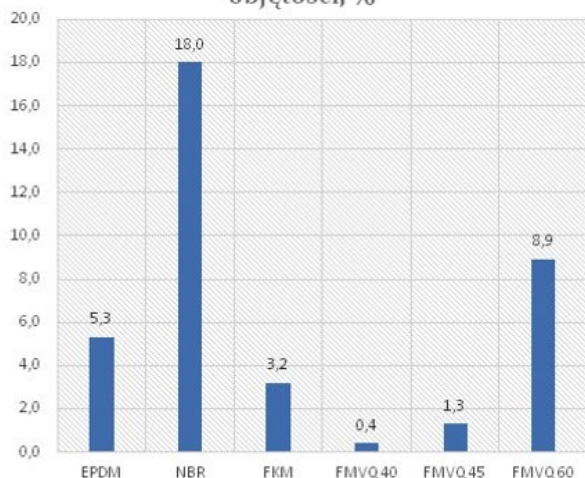
Gumy oznaczono symbolem zgodnym z oznaczeniem kauczuku, z którego zostały wykonane.

- z kauczuku etylenowo-propylenowego – EPDM
- z kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego – NBR
- z kauczuku fluorowego – FKM
- z kauczuku fluoro-silikonowego – FMVQ 40, 45, 60

Na poniższych wykresach przedstawiono wyniki badań.



Odporność na działanie 10% kwasu octowego w temp 23 °C po 72 h, Zmiana objętości, %



Zdjęcie formy



Zdjęcie wyrobów

Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań, kluczowych właściwości, stwierdzono, że najbardziej uniwersalną, do planowanych zastosowań, jest guma z kauczuku fluorosilikonowego o twardości 40 ShA. Zachowuje ona swoje właściwości w szerokim zakresie temperatury i jest odporna na działanie dużego spektrum substancji chemicznych. Gumę tą wybrano do wykonania demonstracyjnych uszczelnień.

6. Wykonanie oprzyrządowania i wulkanizacja wyrobów demonstracyjnych

Zaprojektowano i wykonano formę do wytworzenia demonstratorów, jednego z najczęściej używanych uszczelnień – korka. Przy projektowaniu formy skorygowano jej wymiary o wielkość skurczu gumy po wulkanizacji. Wyroby wulkanizowano w temperaturze 170°C w czasie zgodnym ze wskazaniem badania przebiegu wulkanizacji, a następnie wygrzewano w suszarce z obiegiem powietrza w temperaturze 200°C przez 12 godzin.

Zdjęcia formy wulkanizacyjnej i wyrobów demonstracyjnych przedstawiono na zdjęciach obok.

Wyroby demonstracyjne zostały zamontowane w aparaturze badawczej Katedry Chemii i Technologii Polimerów Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej i spełniły oczekiwane wymagania odporności na działanie rozpuszczalników, temperatury oraz ciśnienia.

Jak przedstawiono w artykule dzięki doświadczonej kadry, profesjonalnemu zapleczu technologicznemu i badawczemu Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników potrafi sprostać prawie każdemu wyzwaniu w zakresie przetwórstwa i technologii gumy. Opracowane wyroby gumowe powiększyły portfolio Instytutu i są dostępne w naszej ofercie. ●

Literatura:

1. „Guma. Poradnik inżyniera i technika” Wydawnictwo Naukowo-techniczne Warszawa 1981;
2. „Poradnik technologia gumy” Instytut Przemysłu Gumowego „Stomil” Piastów 2003;
3. D. Jaroszyńska, R. Gaczyński, B. Felczak „Metody badań właściwości fizycznych gumy” Wydawnictwo Naukowo-techniczne, Warszawa 1978.