



Właściwości barierowe wulkanizatorów kauczuku butylowego poddanych działaniu rozpuszczalników organicznych

Sylwia Krzemińska*,
Władysław M. Rzymiski**

Do wytwarzania odzieży zabezpieczającej ciało człowieka przed chemicznie agresywnym środowiskiem stosowane są powszechnie wielowarstwowe materiały powlekanie, złożone najczęściej z tkaniny lub włókniny jako materiału nośnego, pokrytego jedną lub kilkoma warstwami polimerowego filmu. Z punktu widzenia użytkownika najważniejsze znaczenie ma określenie bezpiecznego czasu stosowania takiej ochrony (barierowość układu), ściśle związanego z czasem przebicia materiału przez substancję chemiczną. Celem prowadzonych badań było określenie odporności wulkanizatorów kauczuku butylowego na przenikanie do elastomeru substancji chemicznych o zróżnicowanym podobieństwie termodynamicznym, oddziaływujących na materiał polimerowy w sposób symulujący rzeczywiste warunki pracy materiałów ochronnych. Do badań wybrano kauczuk butylowy usieciowany konwencjonalnie siarką, napełniony glinokrzemianem warstwowym (nanonapełniacz) lub konwencjonalną sadzą. Stwierdzono występowanie znaczących różnic czasu przebicia, zależnie od sposobu i trybu kontaktowania się substancji z materiałem (jednokrotny kontakt ciągły lub wielokrotny kontakt przerywany) oraz rodzaju substancji (parametr rozpuszczalności) działającej na badany materiał. Z badań wynika, że właściwości barierowe wulkanizatorów, zależnie od rodzaju zastosowanej cieczy organicznej, mogą być zdecydowanie gorsze w warunkach wielokrotnego kontaktu przerywanego niż jednokrotnego kontaktu ciągłego, natomiast czas pojedynczego kontaktu, połączonego z oczyszczaniem powierzchni próbki po każdorazowym kontakcie, ma mniejsze znaczenie w sytuacji, w której sumaryczny czas kontaktu materiału z substancją jest jednakowy.

Słowa kluczowe: właściwości barierowe, przenikanie, czas przebicia, kauczuk butylowy, rozpuszczalniki

Barrier properties of butyl rubber vulcanizates exposed to organic solvents

Multilayer coated materials, consisting most frequently of textile or non-woven fabrics as a base, covered with one or more layers of polymer film, are commonly used for production of garments protecting the human body against chemically aggressive environment. From the user's point of view, it is most important to determine the time of safe usage of such protective clothing (barrier properties of the system), closely associated with chemical substance breakthrough time. The aim of the study was to determine the resistance of cured butyl rubber to permeation by chemical substances of different thermodynamic affinity to elastomer, acting on the polymer material in a manner simulating the actual working conditions under which the materials are used. Butyl rubber cross-linked conventionally with sulphur, containing organoclays (nanofiller) or conventional carbon black, was selected and used. Significant differences of breakthrough times dependent on the manner and mode of substance contact with the material (single continuous or multiple intermittent exposures) were observed, as well as their correlation with the type (solubility parameter) of the substance acting on the tested material. The barrier properties of the tested vulcanized rubber, depending on the type of the organic solvent used, can be considerably worse under the conditions of multiple intermittent exposures comparing to single continuous exposure, whereas the time of the single expo-

* Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ochron Osobistych, Łódź

** Politechnika Łódzka, Instytut Technologii Polimerów i Barwników, Łódź





sure, including cleaning the material sample surface after each contact with the chemical, is less important in the situation where total time of material exposure to the chemical is the same.

Key words: barrier properties, permeation, breakthrough time, butyl rubber, solvents

1. Wprowadzenie

Polimerowe materiały barierowe znajdują zastosowanie między innymi do wytwarzania specjalistycznej odzieży i rękawic zabezpieczających pracownika przed szkodliwymi substancjami chemicznymi w środowisku pracy. Takim środkiem ochrony stawiane są określone wymagania dotyczące właściwości barierowych, charakteryzujących poziom odporności na przenikanie substancji chemicznych oraz właściwości użytkowych, decydujących o wytrzymałości i komforcie użytkownika. Najważniejszym parametrem jest czas przebicia badanego materiału przez określoną, zastosowaną w badaniach substancję [1]. Czas przebicia jest definiowany zgodnie z normą PN-EN ISO 6529:2005 jako: *przedział czasu pomiędzy rozpoczęciem badania, tj. kontaktem cieklej substancji z jedną stroną materiału, a osiągnięciem przez nią określonej znormalizowanej prędkości przenikania przez badany materiał*. Dłuższy czas przebicia świadczy o większej odporności materiału względem danej substancji chemicznej. Dlatego jest bardzo ważne jego podawanie w instrukcji użytkowania odzieży i rękawic ochronnych. Czas przebicia stanowi bowiem cenną wskazówkę odnośnie do doboru odpowiedniego rodzaju materiału do prac z konkretnymi środkami chemicznymi występującymi jako czynnik narażenia na stanowisku pracy.

Prowadzone dotychczas prace dotyczyły przede wszystkim określania odporności materiałów na przenikanie substancji chemicznych w warunkach oddziaływania ciągłego [2-7]. Natomiast analiza warunków pracy wskazuje, że znacznie częściej występują sytuacje krótkiego, ale wielokrotnego kontaktu materiału ochronnego z substancją chemiczną, co może prowadzić do zmiany czasu jego przebicia. Dlatego też podjęto badania zmierzające do wyjaśnienia tego zagadnienia.

Celem prowadzonych badań było określenie odporności wulkanizatów kauczuku butylowego (IIR) na przenikanie wytypowanych substancji chemicznych, oddziałujących na materiał polimerowy w zróżnicowany sposób, symulujący rzeczywiste warunki wielokrotnego użytkowania materiałów ochronnych. Dla celów odniesienia przeprowadzono również badania metodą ciągłego oddziaływania tych substancji na materiał.

2. Metodyka badań

Materiały

Przedmiotem badań były wulkanizaty kauczuku butylowego (BK 1675 N produkcji rosyjskiej, zawar-

tość popiołu maks. 0,4%), usieciowanego siarką (1,5 cz. wag.) w obecności aktywatorów oraz ultra- i półultraprzyspieszaczy, nie zawierające napelnacza (próbki oznaczone dalej symbolem B3), zawierające 10 cz. mas. nanonapelnacza – Nanofilu 15 (glinokrzemian warstwowy, produkt firmy PORO Additive Sp. z o.o.), oznaczone dalej symbolem B6*, lub 20 cz. mas. konwencjonalnej sadzy N550 produkcji krajowej (JAS N550), oznaczone dalej symbolem B9. Mieszanki kauczukowe sporządzono w konwencjonalny sposób za pomocą walcarki laboratoryjnej, a optymalny czas ich wulkanizacji (22 – 25 min, zależnie od rodzaju zastosowanego napelnacza) wyznaczono na podstawie oznaczeń wulkametrycznych w temperaturze 160°C, wykonanych zgodnie z PN-ISO 3417:1994.

Substancje chemiczne

Właściwości barierowe wulkanizatów IIR oceniano oznaczając czas ich przebicia przez dwie wybrane substancje organiczne:

- octanu *n*-butylu, rozpuszczalnik polarny o mniejszym podobieństwie termodynamicznym do IIR, o wyraźnie większym parametrze rozpuszczalności ($17,4 \text{ MPa}^{0,5}$) niż IIR ($15,7 \text{ MPa}^{0,5}$);
- cykloheksan, rozpuszczalnik niepolarny o dużym podobieństwie termodynamicznym do IIR, tj. o zbliżonym do IIR parametrze rozpuszczalności, równym $16,4 \text{ MPa}^{0,5}$.

Stanowisko badawcze

Do badań odporności wulkanizatów IIR na przenikanie rozpuszczalników wykorzystano stanowisko badawcze składające się z:

- chromatografu gazowego z detektorem płomienio-jonizacyjnym (TRACE GC model 2000) i kapilarną kolumną chromatograficzną (Rtx – 5, długość 10 m, średnica wewnętrzna 0,53 mm), temperaturowe warunki analizy: kolumna 40°C, dozownik 110°C, detektor 180°C (w przypadku oznaczania cykloheksanu),
- chromatografu gazowego z detektorem płomienio-jonizacyjnym (ATI UNICAM model 610) i pakowaną kolumną chromatograficzną (kolumna bez

* Przeprowadzono badania mikrostruktury (morfologii) wulkanizatów zawierających w swoim składzie glinokrzemian warstwowy. Na dyfraktogramach SAXS badanych wulkanizatów zaobserwowano piki, świadczące o procesie interkalacji i o wzroście odległości pomiędzy kolejnymi płytkami napelnacza z 2,8 do 4,05 nm. Zdjęcia przełamów wulkanizatów uzyskane metodą SEM wskazują na występowanie pojedynczych płytek napelnacza i jego aglomeratów (o wymiarach rzędu 140 μm i 63 μm). W związku z tym badane wulkanizaty mogą być traktowane jako nanokompozyty interkalacyjne.





wypełnienia, długości 4 m, średnica wewnętrzna 3 mm), temperaturowe warunki analizy; kolumna 100°C, detektor 180°C (w przypadku oznaczania octanu *n*-butylu),

- termostatów,
- grubościomierza.

Sposób prowadzenia badań

Z wytworzonych metodą wulkanizacji pod ciśnieniem błon usieciowanego IIR o grubości 0,32-0,38 mm wycinano próbki o średnicy 40 mm. Wycięte próbki umieszczano w celkach do badania przenikania, o konstrukcji zależnej od metody oddziaływania substancji na materiał [7]. W przypadku wyznaczania odporności materiału na przenikanie substancji chemicznych w warunkach jednokrotnego kontaktu ciągłego próbkę badanego materiału umieszczano w przepływowej dwukomorowej celce przenikania zgodnej z normą PN-EN ISO 6529:2005. W przypadku badań w warunkach wielokrotnego kontaktu przerywanego próbkę badanego materiału umieszczano w zmodyfikowanej celce pomiarowej. Schemat celek przedstawiono na rys. 1.

Próbka umieszczona w celce stanowiła barierę pomiędzy dwiema komorami. Górną komorę napełniano substancją chemiczną, a przez dolną przepuszczano strumień powietrza o określonym przepływie, zbierający cząsteczki substancji do analizy chromatograficznej. Przed rozpoczęciem badania celki przenikania i sub-

stancje chemiczne termostatowano w takich samych warunkach temperatury jak podczas badania, tj. w 23 ± 2 °C. Badania wykonano w zróżnicowanych warunkach oddziaływania rozpuszczalników na materiał, tj.:

— **jednokrotny kontakt ciągły** (czas kontaktu do 6 h),

— **przerywany kontakt wielokrotny**, prowadzony w zróżnicowanych warunkach oddziaływania:

metoda 1: 8 cykli kontaktu, każdy cykl po 5 min kontaktu próbki z substancją oraz 10 min oczyszczania powierzchni próbki,

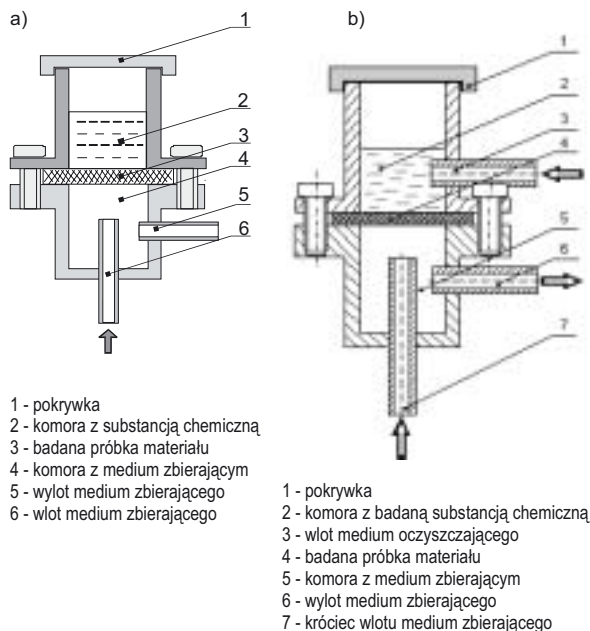
metoda 2: 4 cykle kontaktu, każdy cykl po 10 min kontaktu próbki z substancją oraz 20 min oczyszczania powierzchni próbki,

metoda 3: 2 cykle kontaktu, każdy cykl po 20 min kontaktu próbki z substancją oraz 40 min oczyszczania powierzchni próbki.

Metodę 3 przerywanego kontaktu wielokrotnego zastosowano do wybranego wulkanizatu zawierającego nanonapełniacz (B6).

W badaniach metodą jednokrotnego kontaktu ciągłego do górnej komory celki tylko raz wprowadzano określoną objętość (10 ml) substancji, rozpoczynając jednocześnie rejestrowanie czasu kontaktu próbki z substancją, oraz uruchamiano analizę chromatograficzną przenikającej substancji.

W przypadku badań w warunkach wielokrotnego kontaktu przerywanego badana próbka poddawana była oddziaływaniu tej samej substancji chemicznej określoną liczbę cykli kontaktu. Pojedynczy cykl składał się z efektywnego czasu kontaktu próbki z substancją i czasu oczyszczania powierzchni próbki po danym kontakcie. Po upływie ustalonego czasu kontaktu usuwano substancję chemiczną z górnej komory celki i rozpoczynano oczyszczanie powierzchni próbki z pozostałości substancji, poprzez podłączenie przewodu z powietrzem oczyszczającym o określonym natężeniu przepływu i omywanie nim powierzchni próbki kontaktującej się poprzednio z substancją chemiczną. Po upływie określonego czasu odcinano dopływ powietrza oczyszczającego, a górną komorę ponownie napełniano substancją, rozpoczynając tym samym kolejny cykl kontaktu. Opisane czynności wykonywano określoną liczbę cykli. W badaniach prowadzonych w warunkach jednokrotnego kontaktu ciągłego lub wielokrotnego kontaktu przerywanego wyznaczano znormalizowany czas przebiccia badanego materiału barierowego przez zastosowaną substancję, definiowany jako czas konieczny do osiągnięcia szybkości przenikania równej $1 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \text{ min}$, z uwzględnieniem odchylenia grubości badanej próbki od grubości odniesienia równej 0,35 mm.



Rys. 1. Schemat celki do badania odporności materiałów polimerowych na przenikanie ciekłych substancji chemicznych w warunkach jednokrotnego kontaktu ciągłego (a) lub wielokrotnego kontaktu przerywanego (b)

Fig. 1. Scheme of cell for testing the polymeric material resistance to permeation by liquid chemicals in the mode of single permanent contact (a) or multiple intermittent contact (b)

3. Wyniki badań i ich omówienie

Wyniki oznaczeń czasu przebiccia wulkanizatów kauczuku butylowego przez wytypowane rozpuszczal-

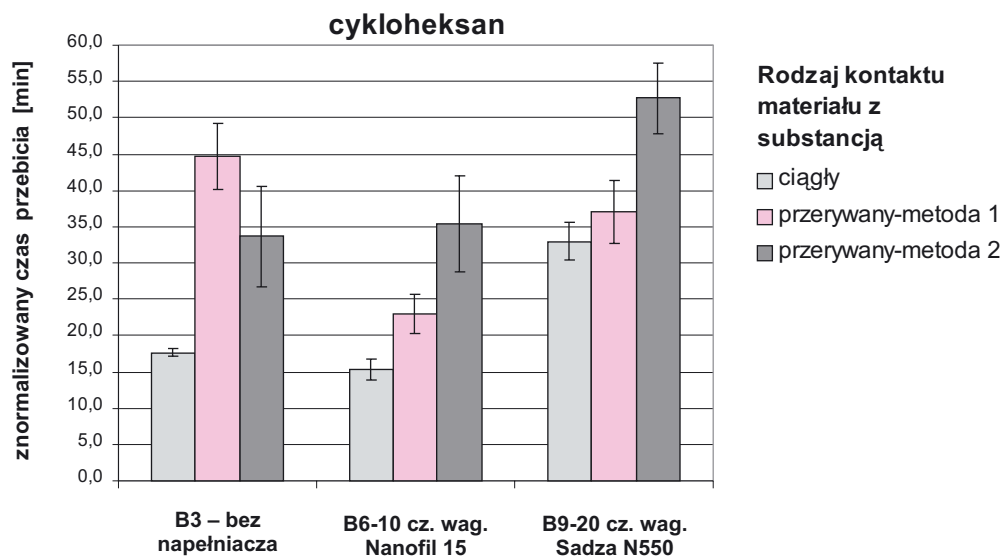




niki w warunkach kontaktu ciągłego lub wielokrotnego przedstawiono na rys. 2-5.

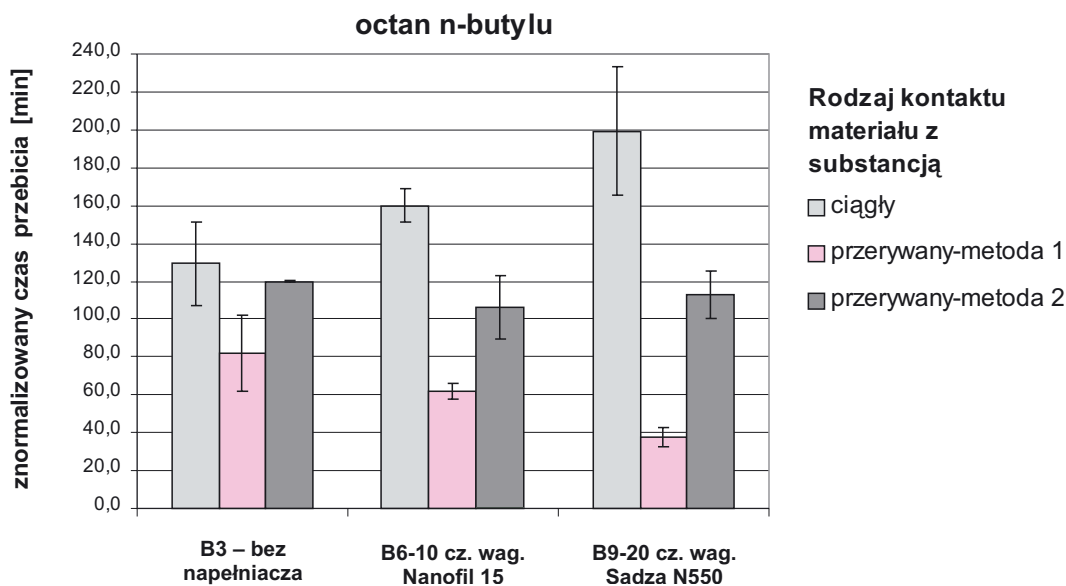
Oznaczone czasy przebicia wulkanizatów kauczuku butylowego (IIR) poddano analizie statystycznej istotności wyników, a to w celu określenia istotności stwierdzonych różnic w zależności od sposobu oddziaływania wytypowanych rozpuszczalników organicznych. Do wnioskowania statystycznego wykorzystano analizę wariacji ANOVA, wykonując ją z wykorzystaniem programu Excel, przy przyjętym poziomie istotności $P = 0,05$. Przeprowadzona analiza wykazała, że istnieje istotna różnica statystyczna czasu przebicia

wulkanizatów przez oba rozpuszczalniki: cykloheksan i octan butylu w oznaczeniach wykonanych w warunkach zróżnicowanego sposobu oddziaływania substancji na materiał. W przypadku cykloheksanu stwierdzono statystycznie uzasadnione różnice czasu przebicia w warunkach kontaktu ciągłego i metody 1 kontaktu przerywanego dla wulkanizatu niezawierającego napełniacza (B3; poziom istotności $P = 0,001$) oraz próbki zawierającej nanonapełniacz (B6; poziom istotności $P=0,012$), a także w przypadku metody kontaktu ciągłego i metody 2 kontaktu przerywanego, w przypadku wszystkich badanych wulkanizatów (B3, B6 i B9;



Rys. 2. Czas przebicia wulkanizatu przez cykloheksan w warunkach kontaktu ciągłego lub przerywanego (metoda 1: 8 cykli, 5 min kontaktu i 10 min oczyszczania; metoda 2: 4 cykle, 10 min kontaktu i 20 min oczyszczania)

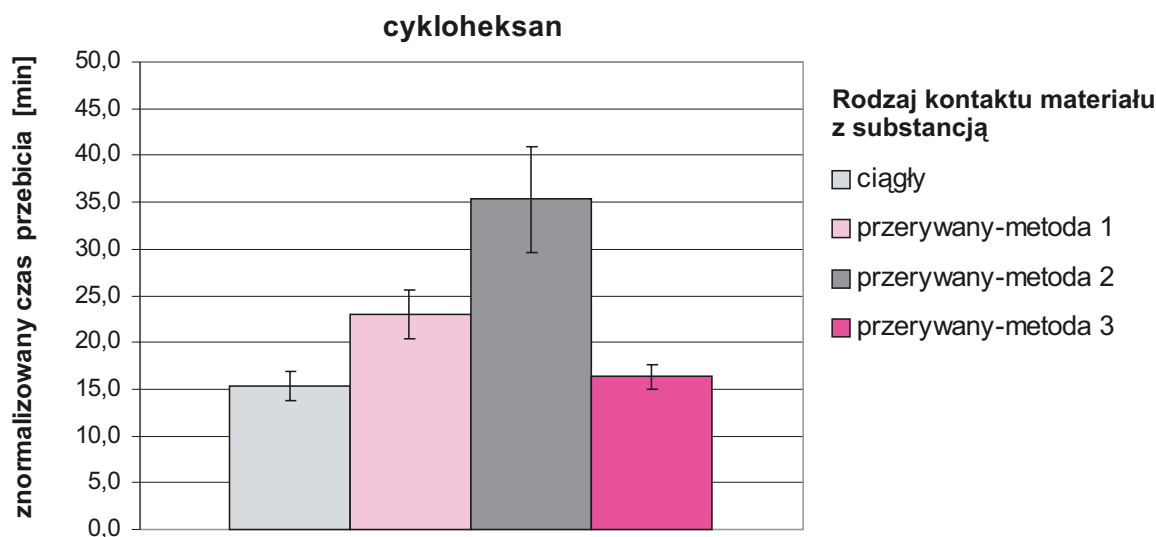
Fig. 2. Breakthrough time of cured rubber by cyclohexane in the mode of permanent contact or intermittent contact (method 1: 8 cycles, 5 min of exposure and 10 min of cleaning; method 2: 4 cycles, 10 min of exposure and 20 min of cleaning)



Rys. 3. Czas przebicia wulkanizatu przez octan butylu w warunkach kontaktu ciągłego lub przerywanego (metoda 1: 8 cykli, 5 min kontaktu i 10 min oczyszczania; metoda 2: 4 cykle, 10 min kontaktu i 20 min oczyszczania)

Fig. 3. Breakthrough time of cured rubber by n-butyl acetate in the mode of permanent contact or intermittent contact (method 1: 8 cycles, 5 min of exposure and 10 min of cleaning; method 2: 4 cycles, 10 min of exposure and 20 min of cleaning)

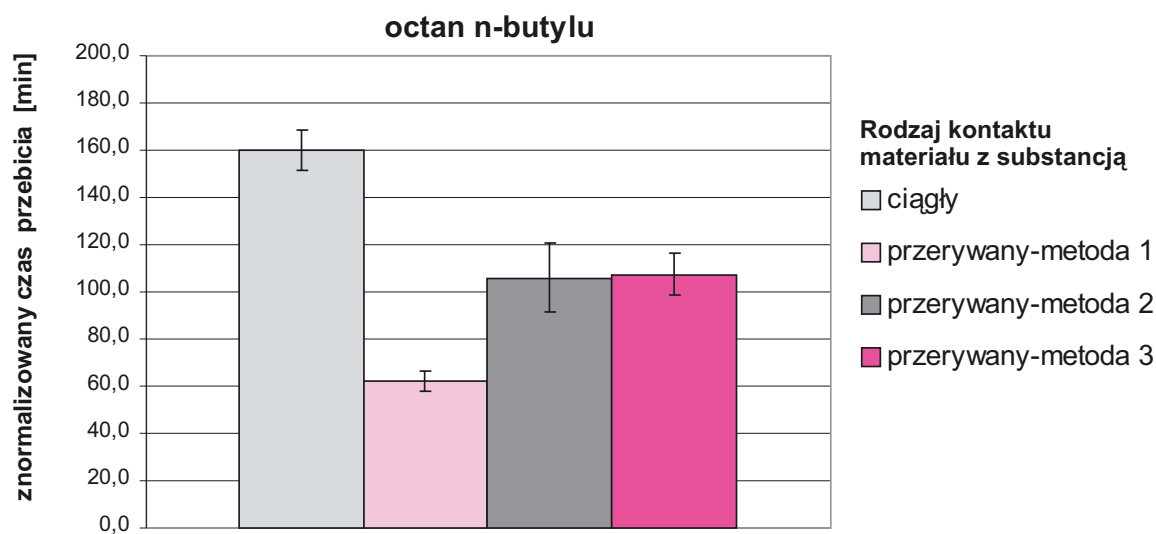




B6 - 10 cz. wag., Nanofil 15

Rys. 4. Czas przebiccia przez cykloheksan wulkanizatu zawierającego nanonapełniacz (B6) w zróżnicowanych warunkach jednokrotnego kontaktu ciągłego lub wielokrotnego kontaktu przerywanego próbki z cieczą (metoda 1: 8 cykli, 5 min kontaktu i 10 min oczyszczania; metoda 2: 4 cykle, 10 min kontaktu i 20 min oczyszczania; metoda 3: 2 cykle, 20 min kontaktu i 40 min oczyszczania)

Fig. 4. Breakthrough time of cured rubber with nanofiller (B6) by cyclohexane in differential mode of single permanent contact or multiple intermittent contact with liquid (method 1: 8 cycles, 5 min of exposure and 10 min of cleaning; method 2: 4 cycles, 10 min of exposure and 20 min of cleaning; method 3: 2 cycles, 20 min of exposure and 40 min of cleaning)



B6 - 10 cz. wag., Nanofil 15

Rys. 5. Czas przebiccia przez octan butylu wulkanizatu zawierającego nanonapełniacz (B6) w zróżnicowanych warunkach jednokrotnego kontaktu ciągłego lub wielokrotnego kontaktu przerywanego próbki z cieczą (metoda 1: 8 cykli, 5 min kontaktu i 10 min oczyszczania; metoda 2: 4 cykle, 10 min kontaktu i 20 min oczyszczania; metoda 3: 2 cykle, 20 min kontaktu i 40 min oczyszczania)

Fig. 5. Breakthrough time of cured rubber with nanofiller (B6) by n-butyl acetate in differential mode of single permanent contact or multiple intermittent contact with liquid (method 1: 8 cycles, 5 min of exposure and 10 min of cleaning; method 2: 4 cycles, 10 min of exposure and 20 min of cleaning; method 3: 2 cycles, 20 min of exposure and 40 min of cleaning)

odpowiednio poziomy istotności $P=0,010$; $P=0,004$; $P=0,002$). Analiza statystyczna wykazała, że występują również istotne różnice czasu przebiccia oznaczonego metodą 1 lub 2 w warunkach wielokrotnego kontaktu przerywanego wszystkich badanych próbek usieciowa-

negu IIR (B3, B6 i B9; odpowiednio poziomy istotności $P=0,066$; $P=0,027$; $P=0,011$).

W przypadku octanu butylu analiza statystyczna wyników badań przenikania dowodzi, że istnieją istotne statystycznie różnice czasu przebiccia w warunkach





kontaktu ciągłego i metody 1 kontaktu przerywanego (próbka B6 zawierająca nanonapełniacz; poziom istotności $P = 0,001$) oraz próbki zawierającej konwencjonalną sadzę (B9; poziom istotności $P = 0,001$), a także – czasu wyznaczonego w warunkach kontaktu ciągłego lub metodą 2 kontaktu przerywanego (próbki B6 i B9; odpowiednio poziomy istotności $P = 0,005$; $P = 0,015$). Podobnie stwierdzono istotne różnice czasu przebiccia wyznaczonego metodą 1 lub 2 w warunkach kontaktu przerywanego wszystkich badanych materiałów (B3, B6 i B9; odpowiednio poziomy istotności $P = 0,032$; $P = 0,007$; $P = 0,00001$).

Stwierdzono, że czas przebiccia badanych wulkanizatów przez niepolarny cykloheksan, rozpuszczalnik o dużym podobieństwie termodynamicznym do IIR, jest znacznie krótszy w warunkach kontaktu ciągłego niż w warunkach wielokrotnego kontaktu przerywanego (rys. 2). Największą odpornością na przenikanie cykloheksanu wykazał się materiał zawierający sadzę (B9), dla którego czas przebiccia wynosi 33 min w warunkach kontaktu ciągłego oraz 37 i 53 min w warunkach wielokrotnego kontaktu przerywanego (odpowiednio metoda 1 lub 2). Czas przebiccia tego wulkanizatu jest istotnie dłuższy niż w przypadku próbki zawierającej nanonapełniacz (B6; odpowiednio: 15, 23 i 35 min) lub wulkanizatu niezawierającego napełniacza (B3; odpowiednio: 18, 45 i 33 min). Okazało się, że w przypadku próbki zawierającej nanonapełniacz (B6) zmniejszenie liczby cykli z 8 (metoda 1 kontaktu przerywanego) do 4 (metoda 2 kontaktu przerywanego), przy zachowaniu tego samego łącznego czasu kontaktu, doprowadziło do wyraźnego wydłużenia czasu przebiccia (od 23 min – metoda 1 do 35 min – metoda 2). Należy podkreślić, że największe różnice czasu przebiccia wulkanizatu przez rozpuszczalnik stwierdzono zmieniając warunki wielokrotnego kontaktu przerywanego (metoda 1 i 2).

Podczas badania przenikania polarnego octanu butylu przez wulkanizat niepolarnego kauczuku butylowego, zawierającego nanonapełniacz (B6) lub konwencjonalną sadzę (B9), zaobserwowano znacznie dłuższy czas przebiccia w warunkach jednokrotnego kontaktu ciągłego niż w przypadku wielokrotnego kontaktu przerywanego (rys. 3). Największą odpornością charakteryzował się usieciowany IIR w przypadku jednokrotnego kontaktu ciągłego, natomiast każdy następny kontakt wulkanizatu z rozpuszczalnikiem znacząco skracał czas przebiccia. Najdłuższy czas przebiccia wulkanizatu przez octan butylu odnotowano w warunkach jednokrotnego kontaktu ciągłego próbki zawierającej sadzę (B9 – 199 min), natomiast w warunkach kontaktu wielokrotnego – dłuższym czasem przebiccia charakteryzowały się wulkanizaty zawierające nanonapełniacz (B6: metoda 1 – 62 min; metoda 2 – 106 min) lub niezawierające napełniacza (B3: metoda 1 – 82 min, metoda 2 – 120 min).

Zaobserwowano, że w warunkach oddziaływania wielokrotnego przerywanego o krótkim czasie kontaktu z octanem butylu (5 min), badane wulkanizaty w istotny sposób różniły się swoimi właściwościami barierowymi. Octan butylu z największą szybkością przeni-

kał przez wulkanizat zawierający sadzę (B9: 38 min), a wydłużenie czasu pojedynczego kontaktu do 10 min spowodowało znaczący wzrost i zbliżone wartości czasu przebiccia octanu butylu przez wszystkie próbki wulkanizatów IIR (B3 – 120 min, B6 – 106 min, B9 – 120 min).

Interesujących spostrzeżeń dostarcza analiza wyników oznaczeń czasu przebiccia przez cykloheksan wulkanizatu zawierającego nanonapełniacz (B6), poddanego wielokrotnemu kontaktowi przerywanemu w trzech wariantach badawczych (rys. 4). Wcześniej (rys. 2) stwierdziliśmy, że zmiana warunków kontaktu z ciągłego na wielokrotny przerywany doprowadziła do istotnego wydłużenia czasu przebiccia.

Odmienne wnioski wysunięto w przypadku zastosowania wariantu wg metody 3, w której czas kontaktu wynosił 20 min, tj. czas pojedynczego kontaktu był dłuższy niż czas przebiccia oznaczony w warunkach kontaktu ciągłego. Stwierdzono mianowicie, że czas przebiccia oznaczony w warunkach kontaktu ciągłego jest porównywalny z czasem przebiccia w warunkach metody 3 kontaktu przerywanego (16 min).

W przypadku octanu butylu ponowne wydłużenie czasu kontaktu wg metody 3 wielokrotnego kontaktu przerywanego (z 10 do 20 min) i zmniejszenie liczby cykli (z 4 do 2), praktycznie nie wpłynęło na zmianę czasu przebiccia (rys. 5). Oznaczony wg metody 2 kontaktu przerywanego czas przebiccia wynosił 106 min, a wg metody 3 kontaktu przerywanego – 107 min. Oznacza to, że przy średnim lub dłuższym czasie kontaktu pojedynczego (10 lub 20 min) odporność wulkanizatu kauczuku butylowego zawierającego nanonapełniacz na przenikanie rozpuszczalnika zróżnicowanego termodynamicznie względem IIR kształtuje się na tym samym poziomie.

4. Podsumowanie

Wyniki badań pozwalają na stwierdzenie, że warunki oddziaływania rozpuszczalników mają wpływ na barierowość chemiczną wulkanizatów kauczuku butylowego, opisywaną parametrem ochronnym (charakteryzującym odporność na przenikanie substancji chemicznych przez materiał barierowy), tj. czasem przebiccia materiału przez substancję. Stwierdzono znaczące różnice czasu przebiccia rozpuszczalników przez wulkanizaty kauczuku butylowego, zarówno niezawierające napełniacza (B3), jak i zawierające nanonapełniacz glinokrzemianowy (B6) lub konwencjonalną sadzę (B9), oznaczonego w warunkach jednokrotnego kontaktu ciągłego jednokrotnego lub w warunkach wielokrotnego kontaktu przerywanego.

Badania symulujące różne warunki oddziaływania substancji na materiał wskazują, że głównym czynnikiem określającym właściwości barierowe wulkanizatów kauczuku butylowego względem rozpuszczalnika organicznego jest liczba cykli kontaktu. W przypadku cykloheksanu kontakt cykliczny prowadzi do wydłużenia czasu przebiccia w porównaniu z jednokrotnym kon-





taktem ciągłym. Odwrotne zjawisko stwierdzono w przypadku octanu butylu, gdzie wielokrotny kontakt przerywany cieczy z wulkanizatem prowadzi do pogorszenia właściwości barierowych elastomeru. Stwierdzono, że wzrost liczby cykli kontaktu przerywanego, nawet o stosunkowo krótkim czasie pojedynczego oddziaływania cieczy na elastomer, powoduje skrócenie czasu przebicia i obniżenie właściwości barierowych w porównaniu z oddziaływaniem o mniejszej liczbie cykli. Okazało się ponadto, że czas pojedynczego kontaktu w warunkach wielokrotnego kontaktu przerywanego i czas oczyszczania powierzchni próbki po każdorazowym kontakcie ma mniejsze znaczenie, zarówno w przypadku cykloheksanu – rozpuszczalnika niepolarnego o dużym podobieństwie termodynamicznym do kauczuku butylowego, jak i octanu butylu – rozpuszczalnika polarnego o mniejszym podobieństwie termodynamicznym do tego elastomeru. Wniosek ten jest bardzo ważny z punktu widzenia warunków użytkowania odzieży i rękawic ochronnych; wskazuje na konieczność ograniczania liczby jednorazowych kontaktów, a jeśli nie jest to możliwe – na konieczność wymiany środka ochrony.

Wyjaśnienie zaobserwowanych zjawisk z punktu widzenia wyłącznie podobieństwa termodynamicznego elastomeru i cieczy, ocenianego na podstawie wartości ich parametrów rozpuszczalności, okazało się niemożliwe, a głębsza interpretacja zaobserwowanych zjawisk, w tym z uwzględnieniem morfologii układu elastomer – napelniacz, jest obecnie przedmiotem badań.

Praca wykonana jako projekt badawczy realizowany w ramach działalności statutowej Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego.

Literatura

1. Krzemińska S.: *Polimery* 2005, 50, nr 11-12, 868
2. Jonsson G.: *I Scandinavian Symposium on Protective Clothing against Chemicals and Other Health Risks (NOKEBETEF I)* Lyngby/Copenhagen 1984, 64
3. Vahdat N., Taylor H., Alsayech A.: *J. Appl. Polym. Sci.* 1992, 44, 1233
4. Goydan R., Powell J., Little A. D.: *III Scandinavian Symposium on Protective Clothing against Chemicals and Other Health Risks (NOKEBETEF III)* Gausdal, 1989, 67
5. Liwkowicz J.: *Rękawice dwuwarstwowe z materiałów polimerowych chroniące przed rozpuszczalnikami organicznymi i olejami*, Prace CIOP, Warszawa 1984
6. Krzemińska S.: *2nd European Conference on Protective Clothing (ECPC) and NOKOBETEF, Challenges for Protective Clothing Montreux*, 2003, wersja elektroniczna
7. Krzemińska S., Rzymki W. M.: *Badanie właściwości barierowych elastomerów, XII Profesorskie Warsztaty Naukowe „Przetwórstwo Tworzyw Polimerowych”*, Toruń, 2007, 121

„Poradnik Technologa Gumy”

Instytut Przemysłu Gumowego oferuje „Poradnik Technologa Gumy” stanowiący polski przekład książki „Rubber Technologist’s Handbook”. Jest to pierwsza tego rodzaju pozycja w języku polskim od czasu wydania w 1981 r. książki „Guma – Poradnik Inżyniera i Technika”.

Poradnik ten jest przeznaczony dla szerokiego kręgu odbiorców, zarówno praktyków zatrudnionych w zakładach przemysłu gumowego, projektantów maszyn i urządzeń oraz obiektów budowlanych, jak i osób, które chcą dopiero poznać zagadnienia technologii i stosowania gumy. Będzie on również przydatny dla studentów kierunków chemicznych, mechanicznych, budowy maszyn itp.

Cena jednego egzemplarza 150 zł, VAT 0%. Do ceny zostaną doliczone koszty wysyłki.

Zamówienie prosimy kierować na adres:

Instytut Przemysłu Gumowego „Stomil”
Zakład Informacji i Dokumentacji Naukowo-Technicznej
05-820 Piastów, ul. Harcerska 30
e-mail: d.caban@ipgum.pl
fax: (0 22) 723 71 96, tel. (0 22) 723 60 25 do 29 wew. 247

