

Sylwia KRZEMIŃSKA

CENTRALNY INSTYTUT OCHRONY PRACY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY,
ZAKŁAD OCHRONY OSOBISTYCH, PRACOWNIA ODZIEŻY OCHRONNEJ, ul. Wierzbowa 48, 90 – 133 Łódź

Metody wyznaczania odporności materiałów polimerowych na przenikanie substancji chemicznych z uwzględnieniem odkształcenia

Dr inż. Sylwia KRZEMIŃSKA

Adiunkt w Pracowni Odzieży Ochronnej w Zakładzie Ochrony Osobistych w Łodzi, Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie. Zainteresowania naukowe dotyczą opracowywania metod badania materiałów odzieży ochronnej, opracowywaniu nowych rozwiązań polimerowych materiałów barierowych oraz analizy właściwości nanokompozytów.



e-mail: sykrz@ciop.lodz.pl

Streszczenie

Przedstawiono metody prowadzenia badań właściwości barierowych materiałów polimerowych stosowanych do wytworzenia odzieży i rękawic chroniących przed substancjami chemicznymi, ze szczególnym ukierunkowaniem na stosowane oprzyrządowanie do umieszczania próbek badanych materiałów w trakcie procesu przenikania substancji. W publikacji zawarto również propozycję rozwiązania umożliwiającego badanie z uwzględnieniem odkształcenia próbki materiału, symulującego dynamiczne warunki użytkowania wyrobów ochronnych.

Słowa kluczowe: konstrukcja celek do badania przenikania substancji chemicznych, modyfikacja celki przenikania, układy do jednoczesnego pomiaru przenikania substancji przez materiał i odkształcenia mechanicznego, wymuszone odkształcenie (rozciąganie, zginanie) materiałów, metody badania przenikania substancji chemicznych, symulowanie użytkowania.

Methods for determining barrier material resistance to permeation by chemical substances including the strain

Abstract

The current method for testing the barrier properties of materials used in production of clothing protecting against permeation of chemical substances involves the contact of the investigated material with the test chemical under static conditions (with the material sample mounted in the testing device so that it is not exposed to any stresses and consequent deformation) (Figs. 1-2). However, the situation in which protective clothing is exposed to chemicals without any movements resultant from the user's activity and affecting the clothing material can rarely be encountered under the actual conditions of use. The paper presents the test methods of barrier material properties, with a particular focus on the equipment used to contain samples of the test materials in the process of substance permeation (Tab. 1). It is demonstrated that movements of the glove material such as bending during exposure to a chemical substance may affect the results of permeability tests (Figs. 3-5). The publication contains general information concerning the proposed equipment solutions for testing barrier materials (Figs. 6-8), which, in contrast to the methods used to date, enable deformations of the material sample, simulating the dynamic conditions in which protective clothing is used.

Keywords: design of cells for permeation tests of chemical substances, modification of permeation cell, systems for simultaneous measurement of substance permeation through the material and mechanical deformation, forced deformation (stretching, bending) of materials, tests methods of chemicals permeation, simulation of use.

1. Wprowadzenie

Na działanie substancji chemicznych narażeni są pracownicy zatrudnieni przy produkcji klejów, farb, materiałów polimerowych, środków ochrony roślin, produktów leczniczych, jak również pracujący w magazynach, warsztatach remontowych, czy

stolarniach [1]. Zgodnie z danymi Głównego Urzędu Statystycznego [2] w Polsce ok. 50% zatrudnionych przy produkcji chemikaliów i wyrobów chemicznych pracuje w warunkach zagrożenia substancjami chemicznymi. W trzech pierwszych kwartałach 2011 roku stwierdzono 543 wypadki w tym sektorze [3]. W warunkach narażenia zawodowego wchłanianie szkodliwych substancji chemicznych zachodzi przede wszystkim przez układ oddechowy, ale również przez nieuszkodzoną skórę i układ pokarmowy [4]. Dlatego też konieczne jest stosowanie środków ochrony indywidualnej, wśród których ważnymi grupami są odzież i rękawice ochronne, stanowiące barierę przed bezpośrednim kontaktem z substancją chemiczną, wykonywane są z tkanin lub włókien powlekanych polimerami bądź też jako całogumowe wyroby polimerowe, określane nazwą materiałów barierowych. W celu zapewnienia odpowiedniego poziomu ochrony, materiały barierowe poddawane są badaniom laboratoryjnym odporności na przenikanie substancji chemicznych. W chwili obecnej obowiązuje norma przedmiotowa PN-EN ISO 6529:2005 [5]. Wyznaczanie właściwości ochronne charakteryzowane są przez parametr nazywany czasem przebicia materiału przez daną substancję, który definiowany jest jako czas upływający od chwili kontaktu badanej próbki materiału z substancją chemiczną do momentu pojawienia się określonej ilości substancji po drugiej stronie materiału [6-7]. Badanie prowadzi się w celce przenikania, stanowiącej główny element stanowiska, w której umieszcza się testowany materiał, poddawany kontaktowi z substancją chemiczną.

Obecnie, w kraju oraz w europejskich jednostkach badawczych prowadzi się badania odporności materiałów ochronnych na przenikanie substancji chemicznych, stosując metodę kontaktu badanego materiału z substancją chemiczną w warunkach statycznych, w których próbka jest umieszczona w przyrządzie w sposób niepowodujący naprężenia, a w efekcie odkształcenia. Jednakże, w rzeczywistych warunkach użytkowania, rzadko spotykana jest sytuacja oddziaływania substancji chemicznej na wyrobek ochronny bez odkształcenia materiału, wynikających z czynności wykonywanych przez pracownika. W literaturze przedmiotu nieliczne są doniesienia z zakresu badań odporności materiałów na przenikanie substancji chemicznych po oddziaływaniu czynników mechanicznych [8, 9]. Niewiele prac dotyczy metod badania umożliwiających symulowanie rzeczywistego użytkowania materiałów odzieży czy rękawic chroniących przed substancjami chemicznymi na stanowiskach pracy. Stąd też ukierunkowano zainteresowania na analizę w jaki sposób podczas badań można próbować symulować rzeczywiste użytkowanie wyrobów ochronnych.

W publikacji przedstawiono zarówno standardowe metody badań opracowane przez osoby zaangażowane w działalność Komitetów Normalizacyjnych, jak również modyfikacje tych metod podejmowane przez naukowców w celu bardziej precyzyjnego odwzorowania sytuacji narażenia materiału odzieży lub rękawic ochronnych na substancje chemiczne.

Celem pracy było opracowanie nowego rozwiązania celki przenikania, zmodyfikowanego w stosunku do przedstawianego w aktualnie obowiązującej normie, które pozwoliłoby w większym stopniu na przybliżanie warunków rzeczywistego użytkowania materiałów. Przedstawione w pracy propozycje rozwiązań celek przenikania umożliwiają badanie z uwzględnieniem odkształcenia materiału. Wymuszone odkształcenie próbek pozwala na symulowanie ruchów rozciągania i zginania w trakcie jednoczesnego procesu przenikania substancji chemicznych. Z punktu widzenia zachowania odpowiednich poziomów ochrony, rozpoznanie wpływu odkształcenia na proces przenikania jest ważne. Mogłoby się to przyczynić do poprawy bezpieczeństwa pracowników w wyniku uzyskania możliwości precyzyjniejszego doboru

środków ochrony indywidualnej do prac z substancjami chemicznymi, w zależności od przewidywanych warunków użytkowania.

2. Metody badania odporności materiałów polimerowych na przenikanie substancji chemicznych w warunkach statycznych

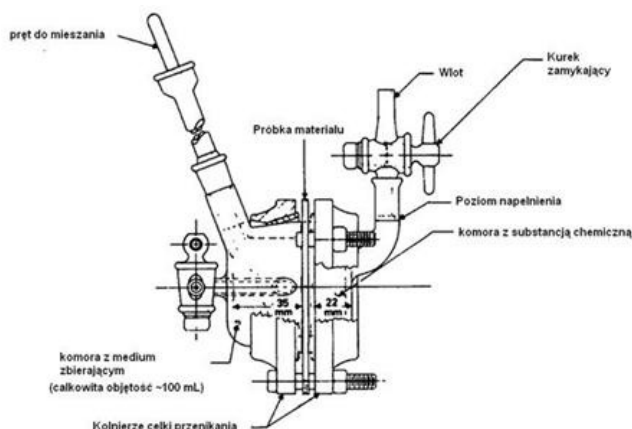
W ciągu ostatnich lat, odporność materiałów barierowych na przenikanie substancji chemicznych była wyznaczana przy zastosowaniu metod przedstawionych w normach przedmiotowych: ASTM F739:1981, EN 374-3:1994 i PN-EN ISO 6529:2005 [5, 10, 11]. Metody te powstawały stopniowo w kolejnych latach, a różnice pomiędzy nimi wynikały z odmiennej konstrukcji głównego elementu stanowiska badawczego - celki przenikania, stosowanej do umieszczania badanej próbki materiału i szybkości przepływu medium zbierającego przedyfundowane przez materiał cząsteczki substancji do analizy ilościowej [12] (Tab. 1). Jako metody analityczne do oznaczania przenikających substancji chemicznych stosowano chromatografię, konduktometrię oraz spektrofotometrię.

Tab. 1. Metody wyznaczania odporności na przenikanie substancji chemicznych przez materiały ochronne [12]

Tab. 1. Methods for determining resistance to permeation by chemicals through protective material [12]

Metoda badawcza	Średnica celki przenikania, mm	Szybkość przepływu medium zbierającego, mL · min ⁻¹	Granica wykrywalności, µg · cm ⁻² · min ⁻¹
wg normy ASTM F739:1981	51	50-150	0.1 (układ otwarty) 0.25 (układ zamknięty)
wg normy EN 374-3:1994	51	500	1,0
wg normy PN-EN ISO 6529:2005	51 25	500	0.1 lub 1,0

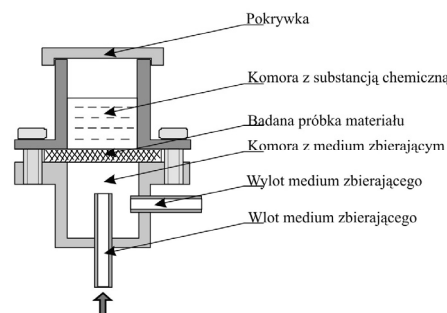
Metoda badania opisana w normie ASTM F739 była po raz pierwszy opublikowana w 1981 r. jako metoda pomiaru odporności rękawic ochronnych na przenikanie ciekłych substancji chemicznych [12]. Próbkę rękawicy była umieszczona pomiędzy dwoma komorami celki przenikania o średnicy 51 mm (rys. 1). Jedna z komór, zawierała badaną substancję chemiczną. Druga komora przystosowana była do zbierania substancji chemicznej, która przeniknęła przez materiał. Jako medium zbierające substancję do analizy stosowano obojętny gaz o szybkości przepływu 50-150 mL/min (w systemie otwartym). Podczas badania zgodnie z tą normą stężenie substancji przenikającej w komorze zbierającej było mierzone w funkcji czasu.



Rys. 1. Celka przenikania stosowana w metodzie ASTM F739:1981 [12]
Fig. 1. Permeation cell used for testing according to ASTM F739:1981 [12]

Metoda badania zgodna z normą EN 374-3 została przedstawiona w 1994. Wykorzystywała ona celkę przenikania identyczną jak w metodzie ASTM F739:1981. Różnica polegała na zastosowaniu innej szybkości przepływu medium zbierającego [12] (tab. 1). Dla systemu w układzie otwartym, szybkość przepływu gazowego medium zbierającego w normie EN 374-3:1994 ustalono jako równą pięciu wymianom objętości komory zbierającej na minutę, tj. 500 mL · min⁻¹.

Najnowsza metoda badania przedstawiona jest w normie PN-EN ISO 6529:2005. Zaleca ona stosowanie celki przenikania o średnicy 25 mm (rys. 2). W przeciwieństwie do celki w metodzie zgodnej z ASTM F739:1981, badana substancja chemiczna przenika pionowo przez próbkę materiału. W metodzie ISO 6529:2001 szybkość przepływu medium zbierającego jest zgodna z metodą EN 374-3:1994.



Rys. 2. Schemat celki do badania odporności materiałów barierowych na przenikanie substancji chemicznych w warunkach statycznego oddziaływania substancji chemicznych wg ISO 6529:2001 [5]

Fig. 2. Diagram of the cell for testing barrier material resistance to permeation of chemical substances under static exposure conditions according to ISO 6529:2001 [5]

Należy podkreślić, że przedstawione powyżej metody wyznaczania odporności barierowych materiałów ochronnych na przenikanie substancji chemicznych (ASTM F739:1981, EN 374-3:1994 i ISO 6529:2001) umożliwiały prowadzenie badań przenikania w statycznych warunkach, bez wprowadzania odkształceń badanego materiału symulujących rzeczywisty ruch próbki w trakcie użytkowania.

3. Modyfikacje metody badania odporności materiałów polimerowych na przenikanie substancji chemicznych

Jedne z pierwszych badań obejmujących zagadnienie wpływu symulowanego ruchu zginania materiału rękawicy na przenikanie substancji chemicznych podjęli Perkins i Rainey [13]. Badania prowadzili oni stosując specjalną celkę przenikania zaadaptowaną z dużego słoika o szerokim wlewie (rys. 3). Tego rodzaju celka pozwalała na to, by ludzka ręka z założoną rękawicą mogła zanurzyć się w rozpuszczalniku i wykonywać ruchy zginania.



Rys. 3. Schemat układu badawczego zastosowanego w badaniach wpływu zginania [13]
Fig. 3. Diagram of a test system used for investigation of the effect of bending [13]

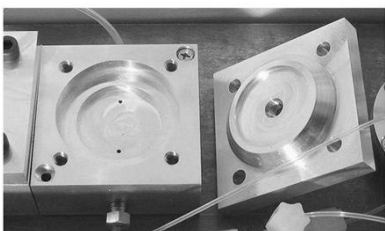
Perkins przeprowadził trzy typy badań: statyczny test bez zginania, test z jednonminutowym oraz pięciominutowym zginaniem. W statycznym teście, ręka ludzka z założoną dodatkową wewnętrzną lateksową rękawicą i zewnętrzną badaną rękawicą, była wkładana do celki przenikania (stoika) z rozpuszczalnikiem. Następnie, po rozpoczęciu kontaktu badanej rękawicy z rozpuszczalnikiem, ręka ludzka ubrana w wewnętrzną rękawicę była wyjmowana. W tym wariancie badania, rękawica nie była poddawana zgięciom. W trakcie badania wyznaczano czas przebiccia rękawicy zewnętrznej przez dany rozpuszczalnik (tab. 2).

Tab. 2. Czas przebiccia rękawicy zewnętrznej przez rozpuszczalnik [13]
Tab. 2. Breakthrough time of outer glove through solvent [13]

Układ materiał rękawicy/rozpuszczalnik	Warunki badania	Czas przebiccia, min
(poli)chlorek winylu / heptan	Stacyjne	13
		11
		9
	Zginanie (1 s, 1 min)	8
		5
		5
	Zginanie (1 s, 5 min)	6
		6
		7
kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy / aceton	Stacyjne	57
		55
		60
	Zginanie (1 min)	46
		45
		43
	Zginanie (5 min)	43
		49
		41

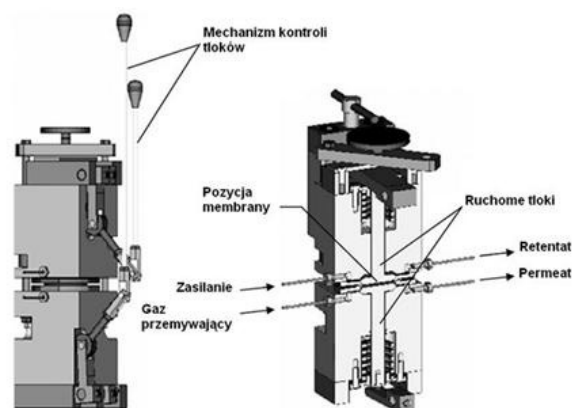
Perkins stwierdził, że poruszanie materiałem rękawicy takie jak jej zginanie może mieć wpływ na wyniki przenikania substancji chemicznych. Natomiast same warunki prowadzenia zginania w mniejszym stopniu rzutowały na odporność rękawicy na przenikanie rozpuszczalników.

W ostatnich latach, Verwolf [14] z zespołem podjął prace związane z modyfikacją celki przenikania w kierunku jej wykorzystania do badań przenikania par substancji chemicznych. Spodziewał się on, że szybkości przenikania par i cieczy tej samej substancji chemicznej przez materiały polimerowe może być zróżnicowana. Stąd też próbował opracować konstrukcję celki przenikania odpowiednią do badania przenikania par. Problemem jaki należało rozwiązać, było generowanie homogenicznych par substancji o określonym stężeniu i ich transportowanie przewodami do celki przenikania w pobliżu badanego materiału. Proponowana przez niego celka była tak skonstruowana, aby mogła być przytwierdzona do ogrzewanych elektrycznie bloków. Taka konfiguracja celki pozwalała na bezpośrednie ogrzewanie wieloczęściowego korpusu celki na drodze przewodzenia i niwelowania niewielkich nawet zmian temperatury. W tym rozwiązaniu, próbka badanego materiału jest umieszczona na podstawie i ściskana przy wykorzystaniu pierścienia uszczelniającego z górną pokrywą (rys. 4).



Rys. 4. Prototypowy kształt celki przenikania do badania odporności materiałów na przenikanie par substancji chemicznych [14]
Fig. 4. Prototype construction of a permeation cell for testing material resistance to chemical vapor permeation [14]

Petrychkovych wraz z zespołem [13] zajmował się opracowaniem konstrukcji specjalnej celki przenikania pozwalającej na prowadzenie jednocześnie badań sorpcji i badań przenikania. Nowe rozwiązanie celki przenikania pozwalało uniknąć strat zabsorbowanej substancji w materiale w trakcie przenoszenia próbki z celki przenikania (sorpcyjnej) do celki desorpcyjnej. Nowatorskie cechy konstrukcji celki przenikania polegały na wprowadzeniu dwóch tłoków służących jako zawory dopasowujące geometrię celki zgodnie z potrzebami różnego typu eksperymentów (rys. 5).



Rys. 5. Schemat i przekrój poprzeczny konstrukcji nowej celki do prowadzenia badań przenikania i badań sorpcji [15]
Fig. 5. Diagram and cross-section of a novel cell for permeation and sorption tests [15]

4. Propozycja rozwiązania umożliwiającego badanie z uwzględnieniem przenikanie substancji chemicznych w warunkach jednoczesnego odkształcenia

Propozycję metody badania opracowano uwzględniając zalecenia normy przedmiotowej EN 6529:2001 „Odzież ochronna. Ochrona przed substancjami chemicznymi. Wyznaczanie odporności materiałów na odzież ochronną na przenikanie cieczy i gazów” [5]. Norma określa bowiem podstawowe elementy stanowiska badawczego, ogólne wskazówki odnośnie sposobu prowadzenia badania i podaje definicję badanego parametru ochronnego – czasu przebiccia materiału przez substancję chemiczną. Ze względu na wprowadzenie odkształcenia materiału podczas badania przenikania substancji chemicznej, przeprowadzono modyfikację celki przenikania do umieszczania próbki materiału, stanowiącej jeden z głównych elementów stanowiska do badania odporności materiałów barierowych na przenikanie substancji chemicznych. Zaproponowano 3 rozwiązania konstrukcyjne celki przenikania pozwalające na wymuszenie odkształcenia próbki badanego materiału. Różnica pomiędzy proponowanymi rodzajami celki przenikania polega na odmiennym mechanizmie powodującym odkształcenie próbki, symulujące ruchy rozciągania (pierwszy i drugi rodzaj celki) lub zginania materiału (trzeci rodzaj celki). Opracowane propozycje obejmują następujące rozwiązania:

1. Celka przenikania do badania odporności materiałów barierowych na przenikanie substancji chemicznych w warunkach wymuszonego odkształcenia mechanicznego w wyniku działania ciśnienia dopływającego gazu (rys. 6).

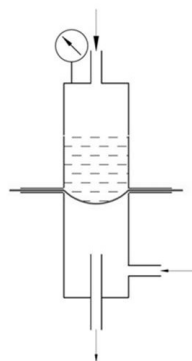
W tym wariancie deformacja próbki następuje wskutek wytworzonego podciśnienia lub nadciśnienia w górnej komorze celki przenikania. Ciśnienie gazu monitorowane przy wykorzystaniu manometru. Częstotliwość dozowania gazu i jego ilości sterowana przy wykorzystaniu modułu elektronicznego sprzężonego z komputerem. Siła oddziaływania na próbkę wynosi będzie 100 – 200 N.

2. Celka przenikania do badania odporności materiałów barierowych na przenikanie substancji chemicznych w warunkach wymuszonego odkształcenia mechanicznego w wyniku kontaktu elementu w formie tłoczka powodującego rozciąganie próbki (rys. 7).

W tym rozwiązaniu zaproponowany został tłoczek zakończony popychaczem, który w wyniku przesuwania się w dolnej komorze celki przenikania, będzie zbliżał się i dotykał spodniej strony materiału, powodując jego rozciąganie. Krawędzie popychacza są zaokrąglone w celu uniknięcia dodatkowych naprężeń. Liczba ruchów tłoczka w jednostce czasu i ich odległość jest sterowana elektronicznie. W trakcie badania jest mierzone odkształcenie próbki powodowane ruchem tłoczka. Przewiduje się, że układ badawczy będzie mógł symulować oddziaływanie na próbkę obciążenia w zakresie od 0 do 300 N.

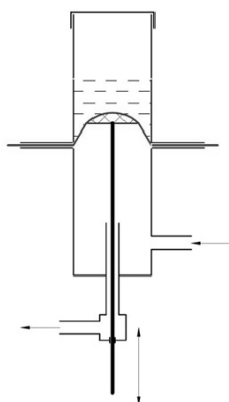
3. Celka przenikania do badania odporności materiałów barierowych na przenikanie substancji chemicznych w warunkach wymuszonego odkształcenia mechanicznego w wyniku kontaktu elementów w formie ramion powodujących zginanie próbki (rys. 8).

W tej konstrukcji celki przenikania, próbka stosowana do badań będzie miała kształt prostokąta. Po umieszczeniu w celce, próbka przyjmie kształt litery „V” z łagodnie wyprofilowaną dolną częścią. Popychacze w kształcie ramion ściskają próbkę w dolnej, powodując jej symetryczne zginanie z obu stron. Częstotliwość pracy popychaczy i odległość ruchu będzie sterowana napędem zewnętrznym, z możliwością elektronicznej regulacji.



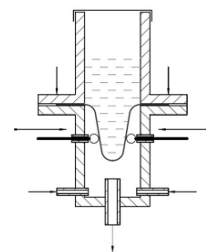
Rys. 6. Schemat celki przenikania do badania odporności materiałów barierowych na przenikanie substancji chemicznych w warunkach wymuszonego odkształcenia mechanicznego w wyniku zmiany ciśnienia

Fig. 6. Schematic diagram of a permeation cell for testing barrier materials resistance to permeation of chemical substances under forced mechanical deformation conditions resulting from the change of pressure



Rys. 7. Schemat celki przenikania do badania odporności materiałów barierowych na przenikanie substancji chemicznych w warunkach wymuszonego odkształcenia mechanicznego w wyniku kontaktu elementu w formie tłoczka

Fig. 7. Schematic diagram of a permeation cell for testing barrier materials resistance to permeation of chemical substances under forced mechanical deformation conditions resulting from contact with a piston-like element



Rys. 8. Schemat celki przenikania do badania odporności materiałów barierowych na przenikanie substancji chemicznych w warunkach wymuszonego odkształcenia mechanicznego (próbka poddawana zginaniu w wyniku kontaktu z elementami w formie ramion)

Fig. 8. Schematic diagram of a permeation cell for testing barrier materials resistance to permeation of chemical substances under forced mechanical deformation conditions resulting from (sample subjected to bending as a result of contact with arm-like elements)

Konstrukcja dwóch pierwszych rodzajów celki przenikania była wzorowana na konstrukcji celki prezentowanej w normie PN-EN ISO 6529:2005 z tą różnicą, że zdecydowano o dwukrotnym zwiększeniu wszystkich wymiarów, m.in. dwukrotnemu zwiększeniu uległa średnica celki przenikania (z 25 do 50 mm). Zmiana wymiarów celki miała na celu zwiększenie powierzchni badanej próbki materiału. Zwiększenie wymiarów celki przenikania poddyktowane było także koniecznością uwzględnienia w konstrukcji celki dodatkowych elementów umożliwiających odkształcanie próbki.

Natomiast, konstrukcja trzeciego rodzaju celki przenikania jest nowym rozwiązaniem, w którym zdecydowano się na zmianę nie tylko wymiarów, ale i kształtu celki przenikania (z przekroju okrągłego na kwadratowy), a w konsekwencji wymiarów badanej próbki (ze średnicy 25 mm do prostokąta 95 x 140 mm)

Należy zaznaczyć, że w dwóch pierwszych przypadkach próbka materiału poddawana będzie symulowanej deformacji typu prostego (rozciąganie), natomiast w przypadku trzeciej propozycji próbka poddawana będzie deformacji typu złożonego (zginanie).

5. Podsumowanie

Opracowane rozwiązania celek przenikania zmodyfikowanych pod kątem badań przenikania substancji chemicznych w warunkach jednoczesnego oddziaływania odkształcenia mechanicznego mogą zostać wykorzystane do wykonania stanowiska badawczego wyznaczającego właściwości barierowe polimerowych materiałów ochronnych w warunkach symulowanego odkształcenia. Badania tego rodzaju stanowią interesujące wyzwanie, gdyż coraz większy nacisk jest kładziony na porównywanie wyników badań uzyskiwanych eksperymentalnie a warunkami wpływającymi na ich otrzymanie. Zainteresowanie wzbudzą sposoby przybliżania warunków występujących na stanowiskach pracy w metodach badawczych odtwarzanych w laboratoriach. Prowadzenie badań w warunkach zbliżonych do zagrożeń rzeczywistych pozwala na znacznie precyzyjniejszy dobór ochron, co jest bardzo korzystne. Stąd też w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym zaplanowano prace zmierzające do zbudowania prototypu celek przenikania wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem towarzyszącym.

Publikacja opracowana na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2011-2013 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej.

Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

6. Literatura

- [1] Irzmańska E., Kamińska W., Dyńska-Kukulska K., Grzegorzczak E.: Aspekty metrologiczne doboru materiałów sorpcyjnych przy oznaczaniu olejów przenikających przez rękawice ochronne metodą spektrofotometryczną

- tometrii absorpcyjnej w nadfiolecie, *Pomiary Automatyka Kontrola (PAK)* 8, 2010, 883-886.
- [2] Zgierska A.: *Warunki pracy w 2010*. Centralne Biuro Statystyczne, Warszawa, 2011.
- [3] Wypadki przy pracy w I-III kwartale 2011. (dostęp: 2011.07.22). dostępny w Internecie: www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/PUBL_pw_wypadki_przy_pracy_I_III2011r.pdf
- [4] Henry N.W.: Polymers, safety, and the portable environment. *Journal of Chemical Health and Safety*, 8(1-2), 2001, 25-27.
- [5] PN-EN ISO 6529:2005. *Odzież ochronna. Ochrona przed substancjami chemicznymi. Wyznaczanie odporności materiałów na odzież ochronną na przenikanie cieczy i gazów.*
- [6] Krzemińska S., Rzymański W.M.: Barrierity of hydrogenated butadiene-acrylonitrile rubber and butyl rubber after exposure to organic solvents, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)*, 17(1), 2011, 41-47.
- [7] Krzemińska S., Irzmańska E.: Zagrożenie olejami mineralnymi na stanowiskach pracy oraz nowe rozwiązania polimerowych materiałów ochronnych w wybranych środkach ochrony indywidualnej, *Medycyna Pracy*, 62(4), 2011, 435-443.
- [8] Raheel M., Dai G.X.: Chemical resistance and structural integrity of protective glove materials. *Journal of Environmental Science and Health*, A32(2), 1997, 567-579.
- [9] Dolez P.I., Vu-Khanh T.: Recent development and needs in materials used for personal protective equipment and their testing. *Journal Of Occupational Safety And Ergonomics*, 15(4), 2009, 347-362.
- [10] American Standard No. F739 Test method for resistance of protective clothing materials to permeation by liquids and gases under conditions of continuous contact.
- [11] European Standard No. EN 374-3: Protective Gloves Against Chemicals and Micro-organisms. Determination of Resistance to Permeation.
- [12] Chao K.P., Lai J.S., Lin H.C.: Comparison of permeation resistance of protective gloves to organic solvents with ISO, ASTM and EN standard methods, *Polymer Testing*, 26(8), 2007, 1090-1099.
- [13] Perkins J.L., Rainey K.C.: The effect of glove flexure on permeation parameters, *Journal of Applied Occupational Environmental Hygiene*, 12(3), 1997, 206-210.
- [14] Verwolf A., Farwell S.O., Cai Z., Smith P.: Performance-based design of permeation test cells for reliable evaluation of chemical protective materials, *Polymer Testing*, 28(4), 2009, 437-445.
- [15] Petrychkovych R., Setnickova K., Uchytel P.: New apparatus for gas permeability, diffusivity and solubility assessing in dense polymeric membranes, *Journal of Membrane Science*, 369(1-2), 2011, 466-473.

otrzymano / received: 01.03.2013

przyjęto do druku / accepted: 03.06.2013

artykuł recenzowany / revised paper

INFORMACJE

Informacje dla Autorów

Redakcja przyjmuje do publikacji tylko prace oryginalne, nie publikowane wcześniej w innych czasopismach. Redakcja nie zwraca materiałów nie zamówionych oraz zastrzega sobie prawo redagowania i skracania tekstów oraz streszczeń.

Artykuły naukowe publikowane w czasopiśmie PAK są formatowane jednolicie zgodnie z ustaloną formatką zamieszczoną na stronie redakcyjnej www.pak.info.pl. Dlatego artykuły przekazywane redakcji należy przygotowywać w edytorze Microsoft Word 2003 (w formacie DOC) z zachowaniem:

- wielkości czcionek,
- odstępów między wierszami tekstu,
- odstępów przed i po rysunkach, wzorach i tabelach,
- oznaczeń we wzorach, tabelach i na rysunkach zgodnych z oznaczeniami w tekście,
- układu poszczególnych elementów na stronie.

Osobno należy przygotować w pliku w formacie DOC notki biograficzne autorów o objętości nie przekraczającej 450 znaków, zawierające podstawowe dane charakteryzujące działalność naukową, tytuły naukowe i zawodowe, miejsce pracy i zajmowane stanowiska, informacje o uprawianej dziedzinie, adres e-mail oraz aktualne zdjęcie autora o rozmiarze 3,8 x 2,7 cm zapisane w skali odcieni szarości lub dołączone w osobnym pliku (w formacie TIF).

Wszystkie materiały:

- artykuł (w formacie DOC),
- notki biograficzne autorów (w formacie DOC),
- zdjęcia i rysunki (w formacie TIF lub CDR),

prosimy przesyłać w formie plików oraz dodatkowo jako wydruki na białym papierze (lub w formacie PDF) na adres e-mail: wydawnictwo@pak.info.pl lub pocztą zwykłą, na adres: Redakcja Czasopisma Pomiary Automatyka Kontrola, Asystent Redaktora Naczelnego mgr Agnieszka Skórkowska, ul. Akademicka 10, p.21A, 44-100 Gliwice.

Wszystkie artykuły naukowe są dopuszczane do publikacji w czasopiśmie PAK po otrzymaniu pozytywnej recenzji. Autorzy materiałów nadesłanych do publikacji są odpowiedzialni za przestrzeganie prawa autorskiego. Zarówno treść pracy, jak i wykorzystane w niej ilustracje oraz tabele powinny stanowić dorobek własny Autora lub muszą być opisane zgodnie z zasadami cytowania, z powołaniem się na źródło cytatu.

Przedrukowywanie materiałów lub ich fragmentów wymaga pisemnej zgody redakcji. Redakcja ma prawo do korzystania z utworu, rozporządzania nim i udostępniania dowolną techniką, w tym też elektroniczną oraz ma prawo do rozpowszechniania go dowolnymi kanałami dystrybucyjnymi.