

ADOLF BALAS^{*)}, MARIA RAJKIEWICZ^{**)},
EDWARD GRZYWA^{***)}, HELENA JANIK^{*)},
REGINA LISOWSKA^{*)}, MIECZYŚLAW GĘSIĄK^{*)},
ELŻBIETA WOJTYŃSKA^{***)}, DOROTA POLIT-WILSON^{***)}

Materiały opatrunkowe stosowane w ortopedii i traumatologii

Cz. I. OPATRUNKI GIPSOWE I POLIMEROWE

DRESSING MATERIALS APPLIED IN ORTHOPEDIC AND TRAUMATIC INJURIES. Part I. PLASTER AND POLYMERIC CASTS IN ORTHOPEDICS

Summary — A review with 36 references (including Authors' own works, Tables 1—3) covering present-day dressing materials like gypsum—knitted fabric composites and polymeric materials, the latter with particular reference to polyurethane—knitted fabric composites. Numerous advantages of polymeric above traditional dressing materials are emphasized.

Key words: gypsum—knitted fabric dressing materials, polymeric dressing materials, polyurethane—knitted fabric composite dressings.

W praktyce medycznej stosuje się różnorodne materiały opatrunkowe wspomagające w różny sposób procesy samoistnego gojenia się ran i odtwarzania ciągłości uszkodzonych tkanek, zachodzące w wyniku złożonych przemian biologicznych. Stosowane obecnie materiały opatrunkowe można podzielić na kilka następujących grup:

— Materiały tradycyjne (konwencjonalne) do których zalicza się gazy, płótna, bandaże i opatrunki z różnego rodzaju tworzyw naturalnych, np. z bawełny i celulozy.

— Materiały biologiczne: skóra ludzka i zwierzęca, opatrunki z kolagenu.

— Syntetyczne materiały opatrunkowe jednoskładnikowe lub wieloskładnikowe, otrzymywane z polimerów formowanych w postaci spienionej albo jako lite błony lub folie (zazwyczaj przepuszczalne w stosunku do par i gazów), jak również w postaci gąbek z otwartymi porami. W tej grupie materiałów szczególne miejsce zajmują hydrozele stanowiące polimery hydrofilowe, na ogół usieciowane homopolimerami lub tworzące polimery o sieciach wzajemnie przenikających się (typu IPN), zdolne do pochłaniania znacznych ilości wody, będącej czynnikiem spęczniającym.

— Kompozytowe materiały gipsowo-tkaninowe składające się z gipsu (dihydratu siarczanu wapnia) i wzmocnienia tekstylnego, otrzymywanego głównie z tkaniny bawełnianej.

— Kompozytowe materiały polimerowo-tkaninowe na podstawie niektórych polimerów termoplastycznych.

— Kompozytowe materiały polimerowe, głównie poliuretanowo-tkaninowe, uzyskiwane z dwóch podstawowych składników: chemoreaktywnych quasiprepolimerów uretanowych oraz podkładu tkaninowego o ażurowej konstrukcji, otrzymywanego z włókien polimerów naturalnych lub włóknotwórczych polimerów syntetycznych.

Ostatnie trzy grupy materiałów opatrunkowych stosuje się głównie w ortopedii i traumatologii. Przeprowadzone niedawno badania doprowadziły do opracowania materiałów polimerowych przydatnych w otrzymywaniu opatrunków unieruchamiających. Uzyskane dotychczas rezultaty wskazują, że gips używany od wielu wieków do formowania opatrunków unieruchamiających może być już zastępowany kompozytowymi materiałami poliuretanowo-tkaninowymi, które charakteryzują się korzystniejszym zespołem właściwości użytkowych. Kilka firm na świecie opanowało produkcję wspomnianych materiałów opatrunkowych; w Polsce stosuje się już opaski firmy Johnson & Johnson Orthopedics o nazwie „Delta Cast Plus” oraz opatrunki typu „Scotchcast™ Plus” firmy 3M Health Care.

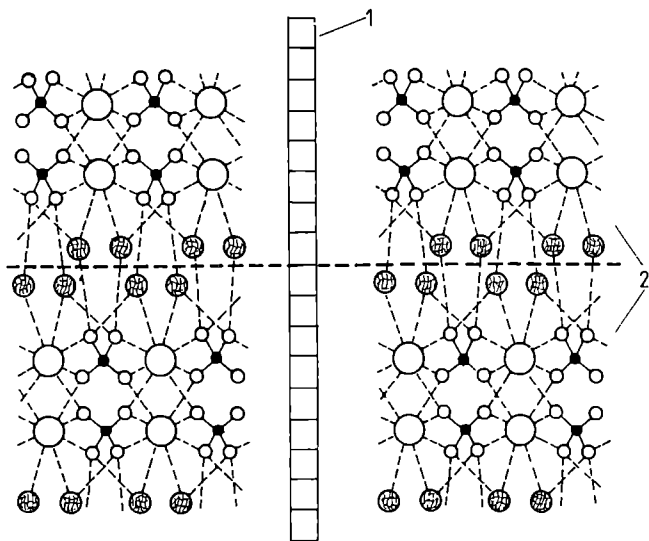
Przedmiotem zainteresowania naszego zespołu w ostatnich latach są zwłaszcza wspomniane już kompozytowe materiały opatrunkowe poliuretanowo-tkaninowe. W kilkunastu publikacjach przedstawimy wyniki badań dotyczące omawianych materiałów opatrunkowych, osiągnięte w świecie m.in. przez firmy Johnson & Johnson, Minnesota Mining MFG, Smith & Nephew Assoc. i Bayer AG (przedstawione głównie w postaci pa-

*) Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny, Katedra Technologii Polimerów, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk.

**) Instytut Przemysłu Gumowego Stomil, ul. Harcerska 30, 05-820 Piastów.

***) Instytut Chemii Przemysłowej, ul. Rydygiera 8, 01-793 Warszawa.

1) Autor, do którego należy kierować ewentualną korespondencję.



Rys. 1. Powierzchnia przekroju kompozytu gipsowo-tkaninowego wg [2]: 1 — wzmocnienie tkaninowe, 2 — budowa warstwowa gipsu: O — kationy Ca^{2+} , • — aniony SO_4^{2-} , ⊕ — cząsteczki H_2O zlokalizowane między warstwami gipsu, o — atomy tlenu

Fig. 1. The surface of a gypsum—fabric composite cross section [2]: 1 — reinforcing fabric, 2 — gypsum layer structure, O — Ca^{2+} cations, • — SO_4^{2-} anions, ⊕ — H_2O molecule between gypsum layers, o — oxygen atoms

tentów amerykańskich, japońskich i niemieckich) oraz wyniki badań własnych. Niniejsza pierwsza część jest poświęcona właśnie kompozytowym materiałom opatrunkowym poliuretanowo-tkaninowym i ich porównaniu z opatrunkami gipsowymi.

KOMPOZYTOWE MATERIAŁY OPATRUNKOWE GIPSOWO-TKANINOWE [1—3]

Gipsowe opatrunki do unieruchamiania kończyn stosowali już Arabowie; informacje o tym fakcie dotarły do Europy w połowie XVIII wieku. Można uznać, że publikacja lekarza armii holenderskiej Mathysena z 1852 r., w której zostało omówione zastosowanie opatrunków gipsowych do leczenia postrzałowych uszkodzeń kończyn żołnierzy, wprowadziła ten materiał opatrunkowy na stałe do praktyki medycznej. Zgodnie z przyjętą obecnie klasyfikacją, opatrunki gipsowe trzeba zaliczyć do materiałów kompozytowych złożonych ze wzmocnienia tekstylnego (zazwyczaj z tkaniny bawełnianej stanowiącej odrębną fazę) i lepiszcza w postaci gipsu.

Do przygotowania opatrunku gipsowego stosuje się półhydrat $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$, który w postaci sypkiej nanosi się równomiernie na tkaninę bawełnianą (gazę) o ażurowej konstrukcji. Z otrzymanego w ten sposób surowca produkuje się opaski o różnych wymiarach formowane w postaci hermetycznie opakowanych pakietów opatrunkowych. Wytwarzane w Polsce przez

Zakłady Prefabrykacji Gipsowej w Krakowie opaski opatrunkowe należy przed użyciem moczyć w wodzie i następnie w postaci wilgotnej używać do przygotowania opatrunku. Uformowany opatrunek, w zależności od temperatury wody użytej do moczenia, ulega utwardzeniu w ciągu 3—12 min w wyniku uwodnienia półhydratu siarczanu wapniowego do dihydratu.

Przedstawiony na rys. 1 kompozyt gipsowo-tkaninowy jest materiałem dwufazowym złożonym z wzmocniającej fazy tekstylnej i fazy gipsowej stanowiącej „makrocząsteczkę” dihydratu gipsu, w której poszczególne elementy są powiązane ze sobą wiązaniami jonowymi tworzącymi się pomiędzy kationami wapnia i anionami siarczanowymi. Taka usieciowana „makrocząsteczka” gipsu ma budowę warstwową, a jej warstwy łączą wiązania wodorowe długości 2,816 Å; występują w niej także wiązania wodorowe długości 2,896 Å, tworzące się pomiędzy atomami wodoru cząsteczek wody i atomami tlenu anionów siarczanowych.

Wiązania wodorowe występujące pomiędzy poszczególnymi warstwami są najsłabszym ogniwem w usieciowanej „makrocząsteczce” gipsu. Powodują one bardzo dobrą łupliwość fazy gipsowej i anizotropię rozszerzalności termicznej — większą w kierunku prostopadłym do ułożonych warstw i mniejszą wzdłuż tych warstw; wywołuje to kruchość gipsu oraz małą odporność opatrunku na działanie sił mechanicznych.

Jak już wspomnieliśmy, w usieciowanej „makrocząsteczce” gipsu jest umiejscowione w postaci oddzielnej fazy wzmocnienie tekstylne wykonane zazwyczaj z włókien bawełnianych, zawierających 85—90% celulozy.

Trzy grupy hydroksylowe występujące w *D*-glukozie, stanowiącej powtarzalną jednostkę łańcuchów celulozy, mogą brać udział w wiązaniach wodorowych tworzących się w „makrocząsteczce” gipsu. Również eterowy atom tlenu występujący w wiązaniu β-glikozydowym łączącym jednostki powtarzalne łańcucha celulozy może uczestniczyć w tworzeniu dodatkowych wiązań wodorowych.

Zatem, wzmocnienie bawełniane nie stanowi tylko elementu geometrycznego włączanego w kompozyt, ale na powierzchni granicznej rozdzielającej obydwie fazy kompozytu wstępują silne oddziaływania o charakterze chemicznym i fizycznym. W związku z tym kompozytowe opatrunki gipsowo-tkaninowe należy traktować jako materiały o skomplikowanej budowie chemicznej, a nie uważać wyłącznie za mieszaninę fizyczną dwóch składników: gipsu i włókien polimerowych. Użycie w gipsowych materiałach opatrunkowych tkanin uzyskanych z innych polimerów włóknotwórczych (np. poliestrów lub poliamidów), bądź z włókien węglowych, poliuretanowych albo szklanych zawierających różne ugrupowania aktywne chemicznie i fizycznie również nie powinno być mechanicznym ich wkomponowaniem w strukturę omawianych kompozytów.

Stosowane powszechnie w praktyce medycznej opatrunki gipsowe, obok niewątpliwych zalet takich jak prostota ich nakładania, mają też wiele wad. Zalicza się

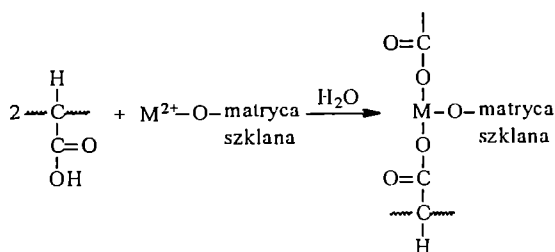
do nich duży ciężar, niewielką trwałość (spowodowana małą wytrzymałością mechaniczną gipsu w połączeniu z dużą kruchością) oraz małą przepuszczalność w stosunku do gazów i par, co uniemożliwia odparowywanie wody ze skóry, wywołując jej podrażnienie i odparzenia zwiększające ryzyko występowania infekcji. Ponadto niewielka odporność na działanie wody utrudnia pacjentowi zachowanie higieny osobistej, stwarzając znaczny dyskomfort.

Tradycyjne opatrunki gipsowe charakteryzują się też małą przepuszczalnością promieni X, co utrudnia badanie zrostów złamanych kości i zmniejsza pewność w obserwacjach postępu leczenia. Wszystko to powoduje, że praktyka medyczna w coraz większym stopniu sięga po polimerowe materiały opatrunkowe.

POLIMEROWE MATERIAŁY OPATRUNKOWE [4—19]

Jeden z pierwszych polimerowych materiałów opatrunkowych otrzymano z nienasyconej żywicy poliestrowej, winylotoluenu jako komonomera i fenyl-2-metoksyacetofenonu jako fotoinicjatora kopolimeryzacji sieciującej użytych składników. Tkaninę z włókna szklanego nasycano cieplem roztworem tych substancji chemicznych i po nałożeniu opatrunku na część ciała przewidzianą do unieruchomienia naświetlano lampą emitującą promieniowanie UV, inicjując fotokopolimeryzację, prowadzącą do utwardzenia materiału opatrunkowego. Materiały tego typu nie znalazły jednak powszechnego zastosowania, ponieważ utwardzony opatrunek zawierał jeszcze niewielkie ilości wolnego monomeru winylowego, szkodliwego dla zdrowia pacjenta; ulatniał się on podczas użytkowania opatrunku i stwarzał toksyczne zagrożenie w otoczeniu. Ponadto promieniowanie UV docierało tylko do zewnętrznych warstw opatrunku, więc proces jego utwardzania w całej masie był długotrwały i trudny do kontrolowania. Konieczność wyposażenia placówek służby zdrowia w kosztowne lampy UV również nie zachęcała do stosowania wymienionych materiałów opatrunkowych.

Opisano też kompozytowe opatrunki polimerowe otrzymywane z kwasów polikarboksylowych, które mieszano ze sproszkowanym szkłem, zawierającym na powierzchni jony metali (M^{2+} -O-matryca szklana). W warunkach dostępu wody następowało powstawanie materiału opatrunkowego, opisane schematem A. Materiały takie nie znalazły zastosowania, głównie z powodu wysokiej ich ceny.



Schemat A

Kolejny opatrunkowy materiał polimerowy uzyskano z rozpuszczalnych w wodzie monomerów akrylowych lub akryloamidowych, które poddawano polimeryzacji przy użyciu inicjatorów redoksowych, wywołujących powstawanie w temperaturze pokojowej poliakrylanowych i poliamidoakrylanowych materiałów opatrunkowych. Badania nad tymi materiałami zakończyły się na etapie skali laboratoryjnej i nie zostały wykorzystane w praktyce medycznej.

W literaturze patentowej znajdują się również opisy materiałów opatrunkowych, otrzymywanych przy użyciu innych polimerów, takich jak termokurczliwe polimery termoplastyczne, usieciowany polietylen, szczepiony i usieciowany polietylen, polisiloksany, kopolimery eterów winylowych, kauczuki termoplastyczne, poli(chlorek winylu), polikaprolakton z mikrokuleczkami szklanymi lub w mieszaninie z terpolimerami.

W literaturze patentowej zastrzeżono materiał opatrunkowy uzyskany z tkaniny poliestrowej pokrytej termoplastycznym polikaprolaktonem. Pojedynczy opatrunek był uformowany w postaci taśmy zwiniętej w rolkę, w której poszczególne warstwy materiału zostały przełożone folią zapobiegającą ich sklejeniu. Nakładanie wymienionego opatrunku wymaga ogrzania go w wodzie o temp. 70—85°C i dopiero po uzyskaniu cech plastycznych nałożenia na złamaną kończynę. Pod wpływem stopniowego obniżania temperatury uformowany opatrunek traci właściwości plastyczne i uzyskuje postać sztywną, unieruchamiającą miejsce uszkodzenia.

POLIURETANOWE MATERIAŁY OPATRUNKOWE [15, 20—28]

Materiały opatrunkowe otrzymywane przy użyciu poliuretanów, mimo ich wysokiej ceny, wzbudzają obecnie znaczne zainteresowanie. Można je podzielić na trzy grupy. Do pierwszej zalicza się materiały uzyskiwane z termoplastycznych polimerów uretanowych; pojedynczy opatrunek kształtuje się tu z taśmy określonej grubości, długości i szerokości, zwiniętej w rolkę. Materiał opatrunkowy może występować w postaci taśmy czystego termoplastycznego poliuretanu lub jako tkanina pokryta wymienionym polimerem. Ogrzanie opatrunku w gorącej wodzie pozwala na przeprowadzenie poliuretanu w postać plastyczną, łatwą do nakładania, a podczas schładzania nałożonego opatrunku następuje jego stopniowe twardnienie, wywoływane m.in. krystalizacją polimeru, co prowadzi do unieruchomienia złamanej lub uszkodzonej kończyny pacjenta. Takie materiały opatrunkowe nie znajdują szerszego zastosowania ze względu na niedogodny sposób ich użytkowania wynikający z konieczności ogrzania do dość wysokiej temperatury. Ponadto nałożenie gorącego opatrunku może spowodować oparzenie pacjenta.

Druga grupa poliuretanowych materiałów opatrunkowych jest wytwarzana w postaci pianki poliuretanowej o strukturze fizycznej zbliżonej do tzw. pianki integralnej, tj. składającej się z dwóch warstw — zewnętrz-

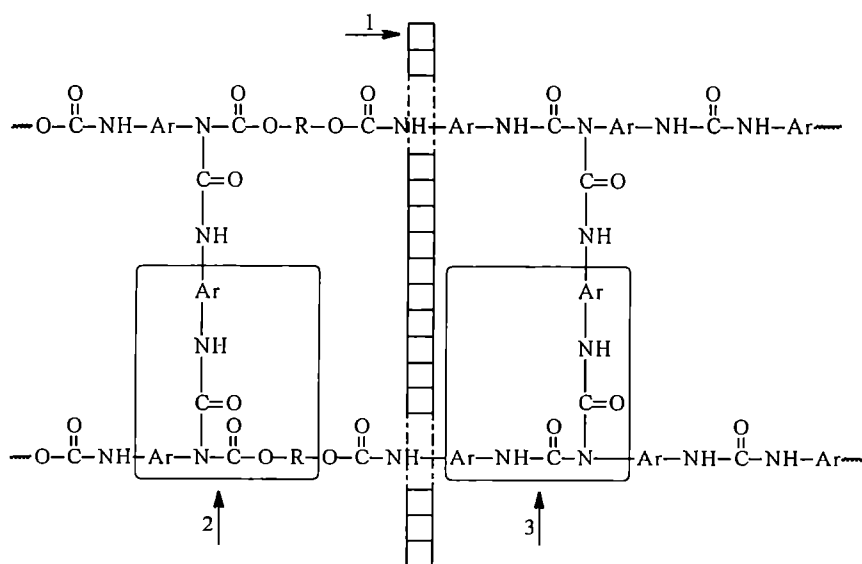
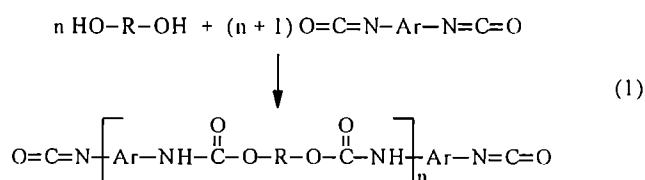
nej litej i wewnętrznej spienionej, zawierającej głównie otwarte pory. Opatrunki te formuje się w postaci dość cienkich opasek o różnych rozmiarach, służących do nakładania na uszkodzone miejsca na ciele pacjenta.

Trzecią grupę materiałów opatrunkowych, uzyskiwaną przy udziale omawianych polimerów, stanowią kompozyty poliuretanowo-tkaninowe, które zostaną bliżej omówione w następnym punkcie.

KOMPOZYTOWE MATERIAŁY OPATRUNKOWE POLIURETANOWO-TKANINOWE [27–36]

Materiały te otrzymuje się z dwóch podstawowych składników, mianowicie quasiprepolimerów uretanowych zawierających wolne grupy izocyjanianowe oraz wzmocnienia tkaninowego o specjalnej konstrukcji. Podkłady tkaninowe uformowane w postaci dzianin mogą być otrzymywane z włókien polimerów naturalnych (np. bawełnianych) lub syntetycznych (poliestrowych, poliamidowych) jak również z mieszaniny włókien naturalnych i syntetycznych, np. włókien bawełnianych z poliestrowymi, bądź też z włókien szklanych. Quasiprepolimery uretanowe używane do otrzymywania omawianych materiałów syntetyzuje się zwykle z oligoestrolu lub oligoeteroli i diizocyjanianów.

Schematyczny proces otrzymywania quasiprepolimerów uretanowych z końcowymi grupami izocyjanianowymi można opisać równaniem (1):



Rys. 2. Schemat budowy utwardzonego kompozytu poliuretanowo-tkaninowego: 1 — podkład tkaninowy, 2 — sieciujące ugrupowania allofanianowe, 3 — sieciujące ugrupowania biuretowe

Fig. 2. The structure of a fixed polyurethane—fabric composite: 1 — fabric substrate, 2 — crosslinking allophanate groupings, 3 — crosslinking biuret groupings

Następnie te quasiprepolimery nanosi się na podkład z dzianiny, po czym uzyskiwaną taśmę zaimpregnowanej tkaniny (określonej szerokości i długości) zwija się w rolkę pakowaną hermetycznie w metalizowaną folię polimerową. Uformowane w ten sposób opaski poliuretanowo-tkaninowe nadają się do użycia w ciągu pięciu lat. Po wyjęciu z opakowania, opaskę moczy się w wodzie i następnie używa do nakładania opatrunku.

Podczas formowania opatrunku następuje reakcja wody z wolnymi grupami izocyjanianowymi quasiprepolimerów uretanowych prowadząca do poliuretanomoczników o budowie łańcuchowej, które ulegają sieciowaniu. Allofanianowe i biuretowe ugrupowania sieciujące powstają jako wynik reakcji wolnych grup izocyjanianowych quasiprepolimerów uretanowych z czynnymi atomami wodoru ugrupowań uretanowych i mocznikowych, obecnych w łańcuchach głównych poliuretanomoczników; wywołuje to utwardzenie kompozytowego materiału opatrunkowego. Budowę kompozytu poliuretanowo-tkaninowego przedstawia schematycznie rys. 2.

PRACE WŁASNE

Badania nad kompozytowymi materiałami poliuretanowo-tkaninowymi realizuje się również w Polsce. Prowadzą je wspólnie Politechnika Gdańska (Katedra Technologii Polimerów), Instytut Przemysłu Gumowego Stomil w Piastowie i Instytut Chemii Przemysłowej w Warszawie. Zgodnie z dokonany podziałem zadań, Katedra Technologii Polimerów Politechniki Gdańskiej, zajmująca się od wielu lat problematyką polimerów uretanowych, opracowała quasiprepolimery uretanowe, stanowiące chemoreaktywne składniki wymienionych

materiałów kompozytowych. Otrzymano wiele odmian tych prepolimerów z wolnymi grupami izocyjanianowymi, syntetyzując je z różnych oligoeteroli i oligoesteroli oraz diizocyjanianów. Przedmiotem badań były również środki pomocnicze stosowane w procesie otrzymywania quasiprepolimerów uretanowych — stabilizatory, środki przeciwdziałające pienieniu i lepieniu oraz barwniki; określano ich wpływ na właściwości fizykochemiczne i technologiczne otrzymywanych produktów. Wyniki badań pozwoliły na wytypowanie pięciu odmian quasiprepolimerów uretanowych o symbolach 7A, 9A, 18A, 34A i 36A, uznanych za najbardziej przydatne do otrzymywania kompozytów poliuretanowo-tkaninowych. Właściwości opracowanych quasiprepolimerów uretanowych zawiera tabela 1.

T a b e l a 1. Właściwości opracowanych quasiprepolimerów uretanowych

T a b l e 1. Property data of urethane quasiprepolymers (developed at KTP, Gdańsk, Poland).

Symbol	Zawartość wolnych grup izocyjanianowych % mas.	Lepkość w temp. 50°C mPa·s	Czas utwardzania na podkładzie tkaninowym (grubość 0,7 cm), min	Trwałość quasiprepolimerów uretanowych w temp. 70°C, doby
7A	13,1	862	5—15	64
9A	13,2	680	5—15	70
18A	12,8	380	5—10	82
34A	12,8	460	10—15	60
36A	13,1	410	5—10	82

W Instytucie Przemysłu Gumowego, dysponującym wieloletnim doświadczeniem w dziedzinie tkanin używanych do produkcji gumowych artykułów technicznych i opon samochodowych, przeprowadzono badania dotyczące podkładu tkaninowego do kompozytów poliuretanowo-tkaninowych. Brano przy tym pod uwagę włókna zarówno naturalne (np. bawełniane), jak i chemiczne, takie jak celulozowe, poliamidowe (aramidowe) lub poliolefinowe, oraz włókna szklane. Na podstawie wyników badań uznano, że najbardziej przydatne do uzyskania podkładu tkaninowego o konstrukcji opartej na splocie gazejskim lub komórkowym są włókna poliestrowe. Również wyniki badań adhezji quasiprepolimerów uretanowych do różnych włókien i wytrzymałości na rozwarstwienie układów poliuretanu/włókna, przemawiały za wyborem włókien poliestrowych do podkładu tkaninowego kompozytów poliuretanowo-tkaninowych. Opracowano trzy odmiany wzmacniającego podkładu tkaninowego o charakterystyce podanej w tabeli 2.

Zakład Polimerów i Materiałów dla Diagnostyki Medycznej Instytutu Chemii Przemysłowej, zajmujący się od wielu lat materiałami biomedycznymi, przeprowadził z kolei badania omawianych kompozytów poliuretanowo-tkaninowych. Wyniki tych badań zawiera tabela 3.

Przedmiotem oddzielnego cyklu prac Instytutu Chemii Przemysłowej była charakterystyka potencjalnego zagrożenia toksycznego, które może wystąpić zarówno na etapie wytwarzania opasek poliuretanowo-tkaninowych, jak i podczas nakładania opatrunku. Po całościowej analizie procesu otrzymywania kompozytów uznano, że 4,4'-diizocyjanianodifenyloetan używany w syntezie quasiprepolimerów uretanowych może stanowić źródło takiego zagrożenia. W związku z tym, w warunkach laboratoryjnych symulujących proces wytwarzania opasek poliuretanowo-tkaninowych i nakładania opatrunku, określono stężenie wymienionego diizocyjanianu w atmosferze, w której wykonuje się wspomniane czynności. Wyniki wykazały, że opracowane pięć odmian kompozytów poliuretanowo-tkaninowych nie stwarza jednak zagrożenia toksycznego, gdyż stężenie 4,4'-diizocyjanianodifenyloetanu w powietrzu jest mniejsze od wartości dopuszczalnej wynoszącej 0,02 mg/m³.

Oceniamy, że opracowane przez nas kompozytowe materiały opatrunkowe będą alternatywnym produktem w stosunku do dostępnych już w Polsce polimerowych materiałów opatrunkowych oraz powszechnie stosowanych opatrunków gipsowych, ponieważ cha-

T a b e l a 2. Właściwości trzech wytypowanych odmian podkładu tkaninowego (grubość podkładu 0,7 cm, splot komórkowy)

T a b l e 2. Property data of three new fabric substrates for urethane composites (substrate 7 cm thick, knitting weave)

Właściwości	Symbol tkaniny z włókien poliestrowych		
	I	II	III
Masa powierzchniowa, g/cm ²	230	246	170
Liczba oczek na cm ²	10	11,5	24
Masa liniowa, dtx	1100	1100	560

T a b e l a 3. Właściwości kompozytów poliuretanowo-tkaninowych (otrzymanych na podstawie tkaniny III z tabeli 2)

T a b l e 3. Properties of polyurethanes—fabric composites (based on substrate III, Table 1)

Symbol użytego quasiprepolimeru uretanowego (wg tabeli 1)	Przybliżony czas utwardzania quasiprepolimeru uretanowego w postaci blony, min	Czas utwardzania kompozytu, min	Wygląd kompozytu
7A	25	5—15	jasny z polyskiem na powierzchni
9A	15	5—15	jasnożółty z polyskiem na powierzchni
18A	20	5—10	ciemny
34A	20	10—15	jasny z polyskiem na powierzchni
36A	20	5—10	żółty o matowej powierzchni

rakteryzują się one następującymi korzystnymi właściwościami:

— dużą wytrzymałością mechaniczną połączoną ze znaczną odpornością na uszkodzenia wywoływane przez różne oddziaływania mechaniczne;

— krótkim czasem utwardzania opatrunku, co zapewnia szybkie unieruchomienie uszkodzonej lub złamanej kończyny wraz z zabezpieczeniem miejsca pooperacyjnego;

— małym ciężarem (wynoszącym ok. 26% ciężaru opatrunku gipsowego) oraz odpornością na wodę, co łącznie stwarza komfort choremu w okresie użytkowania tego opatrunku i ułatwia utrzymanie higieny osobistej;

— doskonałą przepuszczalnością w stosunku do par i gazów, pozwalającą na dobre odprowadzanie wilgoci ze skóry i sprzyjającą gojeniu się ran;

— małą ilością ciepła wydzielającą się podczas utwardzania opatrunku, a więc wyeliminowaniem zagrożenia miejscowych oparzeń u pacjenta;

— dobrą przepuszczalnością promieni X umożliwiającą łatwą i pewną ocenę postępujących zrostów i przebiegu leczenia;

— łatwością nakładania opatrunku, jak również jego demontażu.

Mamy nadzieję, że zawarte w niniejszej pracy informacje przyczynią się do większego rozpowszechnienia kompozytów poliuretanowo-kompozytowych w praktyce medycznej.

LITERATURA

1. Praca zbiorowa: „Opatrunki unieruchamiające w ortopedii” (red. Dziak A.), Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa 1995, Biblioteka Chirurga i Anestezjologa 33, str. 9—62.
2. Wells A. F.: „Strukturalna chemia nieorganiczna”, Wyd. Nauk.-Techn., Warszawa 1993, str. 604.
3. Oser Z.: w „Polymer Science & Technology”, Nowy Jork-Londyn 1987, tom 35, str. 69—73.
4. *Pat. USA* 3 881 473 (1975).
5. *Pat. USA* 3 421 501 (1969).
6. *Pat. jap.* 2044-259-A (1985).
7. *Pat. USA* 4 043 327 (1977).

8. *Pat. USA* 4 243 567 (1981).
9. *Pat. USA* 4 324 591 (1982).
10. *Pat. europ.* 276 118 (1987).
11. *Pat. USA* 3 630 194 (1971).
12. *Pat. USA* 4 344 423 (1982).
13. *Pat. niem.* 3 817 210 (1988).
14. *Pat. niem.* 3 925 007 (1989).
15. *Pat. belgijski* 905 570 (1986).
16. *Pat. belgijski* 905 798 (1986).
17. *Pat. europ.* 393 003 (1989).
18. *Publikacja patentowa* WO 9109-909 (1989).
19. *Pat. USA* 3 692 023 (1972).
20. Wirpsza Z.: „Poliuretany”, WNT, Warszawa 1991, str. 405—407.
21. *Pat. australijski* 8661-042-A (1985).
22. *Pat. jap.* 357950(1990).
23. *Pat. jap.* 342100 (1989).
24. *Pat. jap.* 142334 (1986).
25. *Pat. australijski* 8667-053-A (1986).
26. *Pat. europ.* 305 842 (1987).
27. *Pat. USA* 4 502 479 (1985).
28. *Pat. USA* 4 705 840 (1987).
29. *Pat. USA* 4 433 680 (1984).
30. *Pat. USA* 4 427 002 (1984).
31. *Publikacja patentowa* WO 92/18550 (1992).
32. *Publikacja patentowa* WO 88/02636 (1988).
33. Balas A., Janik H., Lisowska R., Rajkiewicz M., Gęsiak M., Grzywa E., Wojtyńska E., Wilson-Polit D.: Praca niepublikowana.
34. Grzywa E., Wojtyńska E., Polit-Wilson D., Rajkiewicz M., Gęsiak M., Balas A., Lisowska R.: „Kompozyty poliuretanowo-tkaninowe — materiały biomedyczne”. Materiały z Międzynarodowej Konf. Naukowo-Techn., Warszawa 1998, komunikat K-6, str. 60.
35. Janik H., Balas A., Lisowska R.: „Środki pomocnicze w syntezie quasiprepolimerów uretanowych stosowanych w kompozytach medycznych”. Prace Naukowe Inst. Technologii Organicznej i Tworzyw Sztucznych Politechniki Wrocławskiej 1999, 47. Seria Konferencje nr 21, str. 248—251.
36. Buist J. M.: „Polyurethanes, Chemistry & Technology”, Intercience Publ., Nowy Jork-Londyn-Sydney 1962, str. 265.

Otrzymano 18 V 2000 r.