



## Nowoczesne materiały opatrunkowe

A. Hudecki <sup>a</sup>, J. Grzybowska-Pietras <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Doktorant Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny,  
Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Technologii Procesów  
Materiałowych, Zarządzania i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie  
email: andre.cdn@op.pl

<sup>b</sup> Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Nauk o Materiałach i Środowisku,  
Instytut Inżynierii Tekstyliów i Materiałów Polimerowych, Zakład Inżynierii  
i Towaroznawstwa Tekstyliów  
email: jpietras@ath.bielsko.pl

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono nowe technologie takie jak MeltBlown, mechaniczne igłowanie włókien, Spun-lace, które są stosowane do produkcji nowoczesnych opatrunków. Nowoczesne opatrunki to polimerowe biomateriały które biorą udział w regenerowaniu tkanki.

**Abstract:** In the article there were presented new technologies such as MeltBlown, mechanical needled nonwovens and Spun-lace, that are used in manufacturing modern dressings. Modern dressings are polymeric biomaterials which take part in tissue regenerating.

**Słowa kluczowe:** biomateriały, opatrunek, spun lace, melt-blown, hydrożele

### 1. WSTĘP

Materiały opatrunkowe od lat stosowane są bezpośrednio na ranę w celu przyspieszenia jej gojenia, jak również jako ochrona przed środowiskiem zewnętrznym. Jednym z najstarszych zachowanych przepisów na opatrunek, jest płócienny bandaż, który w celu zmniejszenia przylegania do rany pokryty był kozim tłuszczem [1].

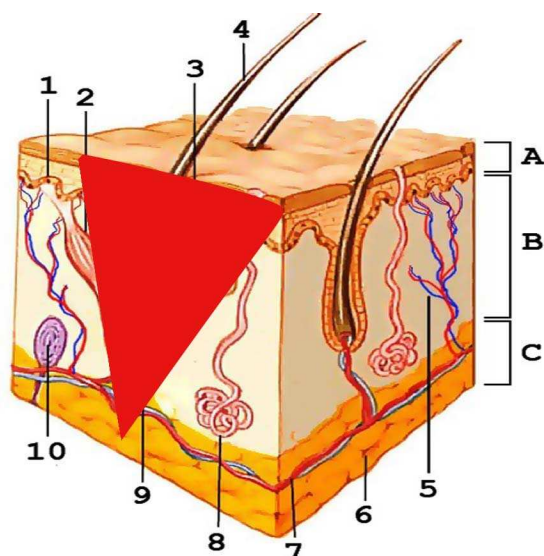
Intensywny rozwój materiałów polimerowych przyczynił się do powstania szeregu nowoczesnych wyrobów, które zapewniają coraz skuteczniejsze i szybsze leczenie ran oraz większy komfort w ich użytkowaniu. Pozwala to na dobór opatrunku w zależności od rodzaju rany, jej umiejscowienia oraz przyczyny jej powstania. Jedną z najliczniejszych grup materiałów opatrunkowych stanowią włókniny, które charakteryzują się bardzo złożoną strukturą oraz wyjątkowymi właściwościami użytkowymi.

W chwili obecnej tradycyjne materiały opatrunkowe, do których zaliczane są między innymi: kompresy, plastry z opatrunkiem oraz bandaże, zastępowane są z powodzeniem

wyrobami nowej generacji. Przykładem tego typu zastosowań mogą być opatrunki produkowane z hydrożeli, które należą do III najnowocześniejszej generacji biomateriałów opatrunkowych.

## 2. OPATRUNKI STOSOWANE W USZKODZENIACH SKÓRY

Skóra jest tkanką zewnętrzną naszego organizmu, pełni funkcje ochronne, zabezpieczające przed urazami mechanicznymi, wysychaniem, promieniowaniem UV oraz uczestniczy w termoregulacji. Przerwanie ciągłości powierzchni skóry określane jest raną. Rozległość i głębokość rany zależy od rodzaju, siły i miejsca na które działa. Po powstaniu rany krew ulega wynaczynieniu, zjawisko to określane jest mianem krwawienia lub krwotoku. Czynniki mogące doprowadzić do powstania rany można podzielić na: mechaniczne, termiczne, chemiczne, elektryczne oraz rany powstałe wskutek chorób [5].



Rys. 1. Skaleczenie a warstwy skóry: A-naskórek; B- skóra właściwa; C-tkanka podskórna. 1. brodawki skórno-naczyniowe, 2. zaczep mieszka włosowego, 3. gruczoł łojowy, 4. włos, 5. krwionośne naczynia włosowate, 6. komórki tłuszczowe, 7. tętnice i żyły skóry, 8. gruczoły potowe, 9. mieszek włosowy, 10. zakończenia receptorów nerwowych [5]

Do regeneracji skóry wykorzystywana jest ogromna liczba różnorodnych opatrunków, do których należą opatrunki tradycyjne oraz materiały nowej generacji.

Tradycyjne metody leczenia polegają na zastosowaniu suchego środka opatrunkowego i umocowaniu go bezpośrednio na powierzchni rany. Do klasycznych materiałów zaliczyć można min.:

- kompresy i opatrunki z włókien naturalnych, charakteryzujące się dużą hydrofilowością a więc dobrą absorpcyjną wysięku,
- kompresy i opatrunki z włókien syntetycznych. [9]

Natomiast materiały nowej generacji, w tym opatrunki aktywne (rys.2) w odróżnieniu od tradycyjnie stosowanych wyrobów opatrunkowych odznaczają się czynnym udziałem w procesach biochemicznych gojenia się rany i stosuje się je m.in. w ranach przewlekłych, u

podłoża których leżą choroby ogólnoustrojowe. Rany przewlekłe goją się powoli, dlatego zastosowanie opatrunków aktywnych w znaczący sposób poprawia i przyspiesza gojenie się takich ran, co dowiedziono w wielu badaniach klinicznych [10].



Rys. 2. Podział opatrunków nowej generacji [4]

Idealny opatrunek aktywny powinien:

- zapewnić fizyczną ciągłość rany,
- zapewnić prawidłową termoregulację, wymianę gazową i wilgotność,
- zapewnić optymalne pH rany,
- aktywnie wchłaniać wysięk,
- chronić przed infekcją,
- nie powodować supresji ziarniny i wytwarzania włókniaka (tzw. reakcja odrzucania),
- być hipoalergiczny,
- być łatwy w zakładaniu i zdejmowaniu,
- być dostępny finansowo [10].

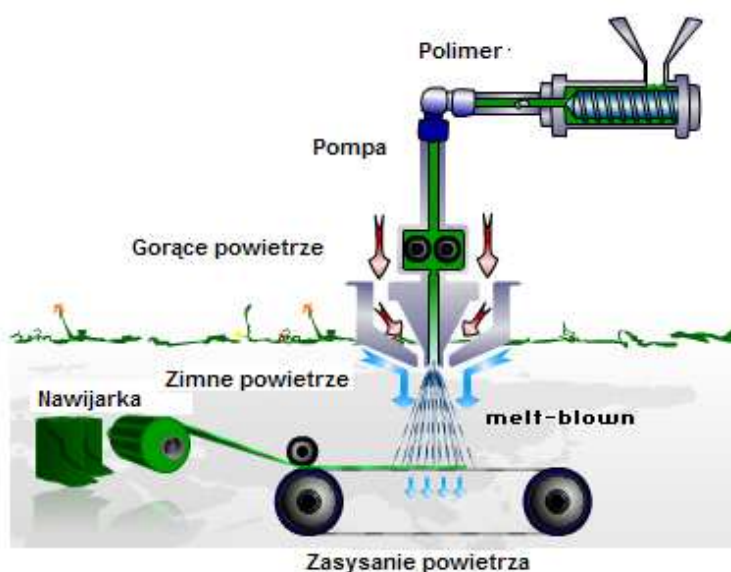
### 3. TECHNOLOGIE OTRZYMYWANIA OPATRUNKÓW WŁÓKNINOWYCH

Materiały opatrunkowe spełniają ważną rolę w procesie gojenia się ran. W zależności od późniejszego przeznaczenia materiału opatrunkowego stosowanego do leczenia ran, spełniającego określone funkcje oraz właściwości użytkowe można wykorzystać znane do tej pory technologie wytwarzania płaskich wyrobów włókienniczych, do których zalicza techniki tkania i dziania. Najliczniejszą grupę wyrobów opatrunkowych stanowią materiały otrzymane techniką włókninową. W przeciwieństwie do tkanych i dzianych wyrobów włókienniczych, w

których podstawowym elementem struktury jest przędza i jej uporządkowana organizacja przestrzenna, w wyrobach włókninowych podstawowym elementem strukturalnym są włókna i odpowiednie ich rozmieszczenie. Mianem włókniny określa się zatem materiały wytwarzane najczęściej z masy luźnych włókien lub filamentów, łączone w trwały wyrób przy użyciu różnego rodzaju środków wiążących lub przy zastosowaniu zabiegów mechanicznych, które powodują powiązanie włókien występujących w postaci runa [2].

Najczęściej do produkcji włókninowych materiałów opatrunkowych wykorzystuje się technologie: melt-blown, spun-lace oraz technikę igłowania mechanicznego.

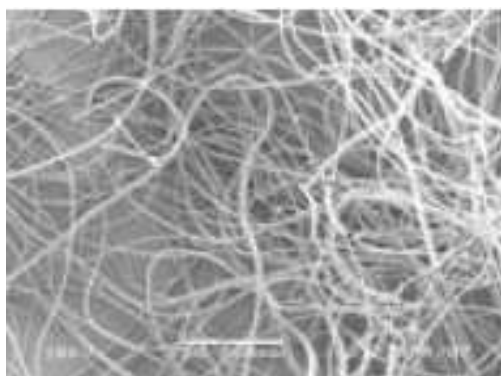
Melt-blown to zintegrowana technologia łącząca proces formowania włókien z procesem wytwarzania runa. Polega ona na rozdmuchiwaniu gorącym powietrzem, struzek stopionego polimeru wychodzącego z dyszy i układaniu jego krótkich odcinków na transporterze odbierającym. Surowcami stosowanymi w technice melt-blown są polimery termoplastyczne.



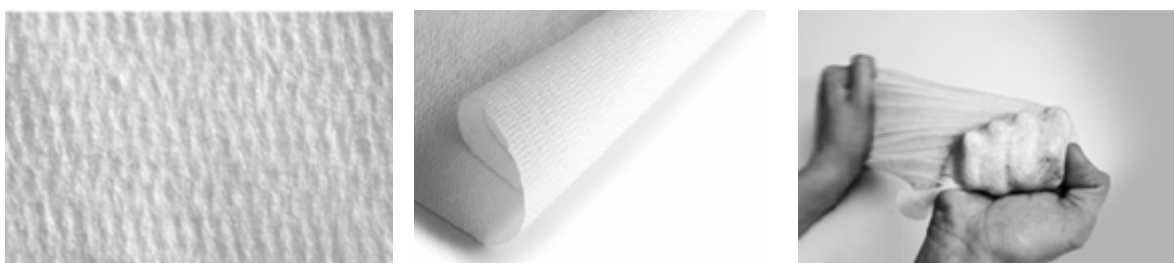
Rys. 3. Schemat wytwarzania włóknin metodą melt-blown [3]

Do najważniejszych parametrów charakteryzujących włókniny otrzymane technologią melt-blown zaliczyć należy:

- włókna mogą mieć średnicę 1-5  $\mu\text{m}$ , większość mieści się w zakresie 2-7  $\mu\text{m}$ ,
- nieorientowane ułożenie włókien w runie,
- masa powierzchniowa włókniny wynosi od 20 do 200  $\text{g/m}^2$ ,
- doskonałą przepuszczalność powietrza,
- wysoką skuteczność filtracji przy bardzo małych oporach przepływu
- znaczną zdolność sorpcyjną.

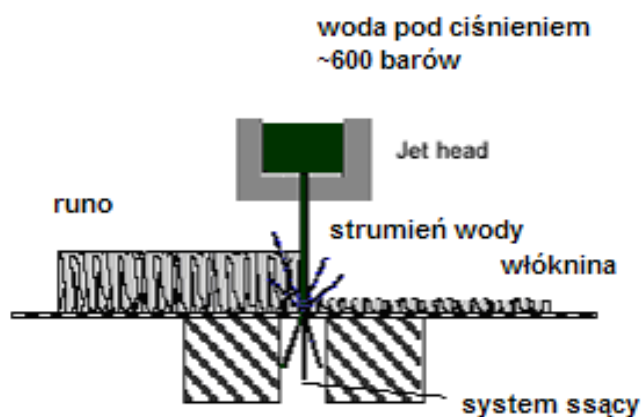


Rys.4. Włóknina Melt-blown z polipropylenu [3]



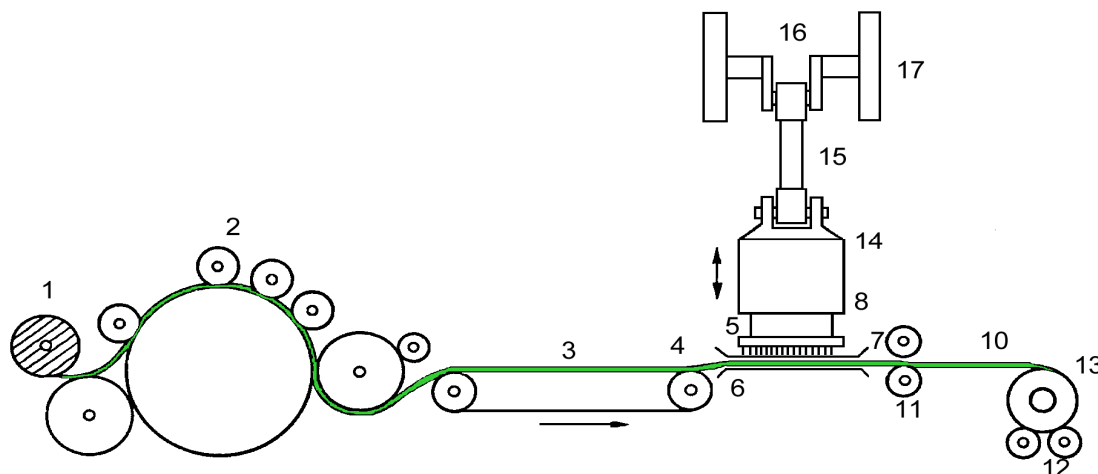
Rys. 4a. Włókniny otrzymane technologią Melt-blown [3]

Jedną z najszybciej rozwijających się technik wytwarzania włókien opatrunkowych jest technologia igłowania wodnego (spun-lace), w której włókna w runie łączą się ze sobą za pomocą strumieni wody pod wysokim ciśnieniem. Uzyskany materiał charakteryzuje się zazwyczaj znaczną wytrzymałością w porównaniu z włókninami wytwarzanymi klasycznymi metodami przy jednocześnie mniejszej masie powierzchniowej wyrobu. Istnieją w Polsce zakłady włókiennicze zajmujące się produkcją tego typu włókien i należą do nich zakłady LENTEX S.A z Lublińca oraz NOVITA S.A z Zielonej Góry.



Rys. 5. Schemat otrzymywania włókien metodą spun-lace [5]

Trzecią często stosowaną technologią wytwarzania materiałów opatrunkowych jest igłowanie mechaniczne (rys.6). W trakcie igłowania stalowe igły z nacięciami powodują przeciągnięcie włókien w przekroju runa, przyczyniając się do wytworzenia trójwymiarowego ułożenia włókien i ich wzajemnego zakleszczenia.



Rys. 6. Schemat procesu igłowania. 1- urządzenie zasilające, 2- zgrzeblarka, 3 – urządzenie formujące runo, 4- runo, 5- igły przetykowe, 6 i 7- perforowane płyty przytrzymujące, 8- deska igłująca, 10 – włóknina, 11- wałki odbierające, 12- urządzenie nawijające, 13- nawój włókniny, 14- głowica igłująca, 15÷17 – mechanizm mimośrodowy [4]

W wyniku igłowania, pod wpływem działania nacięć igieł przetykowych, następuje przeciągnięcie włókien w kierunku poprzecznym do płaszczyzny runa i związanie tym sposobem poszczególnych warstw lub runek otrzymanych w procesie formowania runa. Operacja ta prowadzi do osiągnięcia trójwymiarowej struktury runa i do zwiększenia wytrzymałości wyrobu oraz zagęszczenia runa, tj. do zwiększenia masy właściwej wyrobu [6].

#### 4. NOWOCZESNE OPATRUNKI HYDROWŁÓKNISTE

Nowoczesne opatrunki hydrowłókniste są materiałami zbudowanymi z karboksymetylocelulozy sodowej, głównego składnika opatrunków hydrokoloidowych, występującej w postaci włókien, sprasowanych w formie płytki. Hydrowłókna wyglądem przypominają włókna alginianowe i tak jak one w kontakcie z wysiękiem rany tworzą żelową powłokę dokładnie pokrywającą powierzchnię rany oraz wypełniającą jej zagłębienia. Siła absorpcyjna pozwalająca 25-krotnie zwiększyć ciężar opatrunku wynika z charakterystycznej budowy hydrowłókien, które zamykają wysięk wewnątrz swej struktury, natomiast alginiany pochłaniają wysięk tylko na powierzchni poszczególnych włókien [9,10].

Poniżej zamieszczono działanie opatrunków hydrowłóknistych, które :

- po wchłonięciu wysięku tworzą delikatny, miękki żel dokładnie wypełniając dno rany,

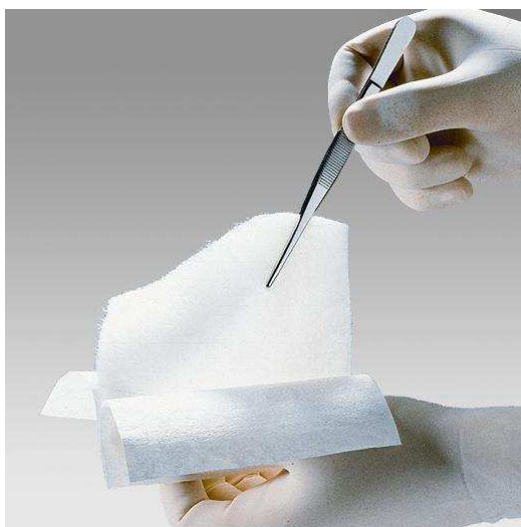
- pochłaniają i zatrzymują wysięk wraz z bakteriami wewnątrz struktury opatrunku,
- mają pionowy mechanizm pochłaniania wysięku, co pozwala zminimalizować ryzyko wystąpienia maceracji i podrażnienia skóry wokół rany, a zmiana opatrunku jest bezbolesna,
- tworzą wilgotne, korzystne środowisko w ranie przyspieszające proces gojenia,
- obniżają pH rany, co hamuje rozwój drobnoustrojów oraz sekwestrują komórki bakteryjne wywołujące zakażenia rany,
- jeśli dodatkowo zawierają jony srebra, to wykazują działanie bakteriobójcze,
- wymagają obecności płynu i dlatego nie powinny być stosowane w leczeniu ran suchych i słabo sączących,
- aktywują proces angiogenezy,
- wykazują działanie fibrynolityczne [7].



Rys. 7. Żelowanie opatrunku hydro włóknistego Aquacel Ag [7]

## 5. OPATRUNKI ALGINAINOWE

Opatrunki alginianowe (rys. 8) występują jako alginiany wapniowe lub wapniowo-sodowe, które otrzymywane są z soli wapniowo-sodowych kwasu alginianowego oraz polimeru pochodzącego z brunatnic morskich. Alginiany są dostępne w postaci sieci sprasowanych włókien, przypominających opatrunek płytkowy przeznaczony do ran płaskich. Dzięki swej miękkiej i luźnej strukturze dopasowują się do różnych rodzajów ran. Absorbując wysięk opatrunek jest w stanie zwiększyć 18-krotnie swoją masę. Wokół każdego włókna alginianowego wytworzony zostaje żel, który wiąże wysięk jak i znajdujące się w nim bakterie. Zjawisko żelowania i pęcznienia jest wynikiem wymiany jonów wapniowych z powierzchni włókien opatrunku na jony sodu znajdujące się w wydzielinie. Na powierzchni rany powstaje hydrofilowa wilgotna powłoka utrzymująca ciepło, które sprzyja gojeniu się rany [9,10].



Rys. 8. Opatrunek alginianowy Sorbalgon [11]

Opatrunki alginianowe są nierozpuszczalne w wodzie, ale dzięki obecności jonów sodu w wysięku rany dochodzi do wymiany jonów i powstaje alginian sodu, który przekształca się w substancję żelową o właściwościach hydrofilowych. Włókna alginianów w środowisku rany przekształcają się w hydrofilowe żele oczyszczające i zapobiegające wysuszeniu rany, w ten sposób utrzymując środowisko wilgotne oraz przyspieszają powstawanie ziarniny.

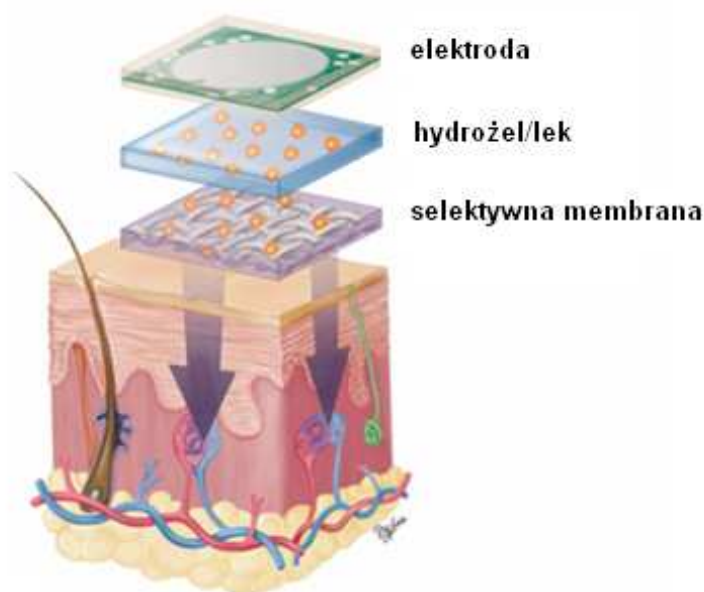
Dość innowacyjnym rozwiązaniem w produkcji opatrunków aktywnych z zastosowaniem zaawansowanych technologii, jest plaster przeskórny „Band-Aid firmy Isis Biopolimer.



Rys. 9. Plaster przeskórny firmy Isis Biopolymer [12]

Jest to plaster, którego działanie polega na wykorzystaniu zjawiska zwanego jonoforezą, nieinwazyjną metodą przemieszczania cząsteczek wysoko stężonej substancji obdarzonej ładunkiem elektrycznym, pod wpływem elektromotorycznej siły odpychania.





Rys. 10. Budowa i zasada działania plastru przezskórnego firmy Isis Biopolymer [12]

Niewielki ładunek elektryczny wprowadzony jest do komory zawierającej lek oraz hydrożel o tym samym ładunku elektrycznym. W wyniku wytworzonego pola jony leków będące o dodatnim lub ujemnym ładunku elektrycznym, odpychane są do wnętrza skóry poprzez kontakt z identycznym ładunkiem elektrycznym, w miejscu umieszczenia elektrody [13].

## 6. PODSUMOWANIE

Czynników przyczyniających się do powstawania ran jest wiele, a każdy z nich ma inne konsekwencje wpływające na rozmiar rany oraz proces jej gojenia. W takich przypadkach użycie tradycyjnych opatrunków jest niewystarczające. Włókniny są materiałami, które w zależności od sposobu wytwarzania posiadają znacznie wyższe zarówno właściwości fizyczne, mechaniczne oraz użytkowe niż tradycyjne płaskie wyroby opatrunkowe. Efekt ten przypisuje się przede wszystkim znacznej porowatości oraz właściwościom stosowanych włókien, będących szkieletem konstrukcyjnym opatrunku. Ciągły rozwój technologii włókninowych, w tym, możliwość uzyskania kompozytów, pozwala na odkrywanie coraz to nowych zastosowań włókien jako materiałów opatrunkowych (spun- lace, melt- blown).

Dla trudno gojących się ran wykorzystuje się opatrunki aktywne zwane często materiałami nowej generacji. Ich charakterystyczną cechą, odróżniającą je od opatrunków tradycyjnych jest aktywny udział w procesie gojenia się rany oraz możliwość odtworzenia naturalnej tkanki łącznej jaką jest skóra [4].

**LITERATURA**

1. [www.matopat.pl](http://www.matopat.pl)
2. J. Grzybowska-Pietras, Systemy formowania runa i technologia wytrzymania włóknin igłowanych, 2007
3. [www.melt-blowa.com](http://www.melt-blowa.com)
4. A. Hudecki, Praca Dyplomowa, Zastosowanie nowoczesnych biomateriałów do regeneracji tkanek, Bielsko-Biała 2009
5. <http://web.utk.edu>
6. J. Grzybowska-Pietras, Rozprawa Doktorska, Przepuszczalność i opory przepływu powietrza przez włókniny igłowane w korelacji z ich porowatością, PŁ Filia w Bielsku-Białej, Wydział Inżynierii Włókienniczej i Ochrony Środowiska, 31.03.2000 r., 209 s. il. bibliogr. 80 poz.
7. [www.convatec.pl](http://www.convatec.pl)
8. [www.pfm.com.pl](http://www.pfm.com.pl)
9. T. Mrozowski, Farmakologia szpitalna- magazyn dla farmaceutyków, 5 (2008) 6-9.
10. T. Mrozowski, Opatrunki nowej generacji, Technika-Technologia OPM 8/2008
11. [www.medi-max.com.pl](http://www.medi-max.com.pl)
12. [www.isisbiopolymer.com](http://www.isisbiopolymer.com)
13. [www.designnews.pl](http://www.designnews.pl)