

MECHANIKA

CZASOPISMO TECHNICZNE
TECHNICAL TRANSACTIONS
MECHANICS

WYDAWNICTWO
POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1-M/2009
ZESZYT 3
ROK 106
ISSUE 3
YEAR 106

KINGA KORNIJEJENKO, STANISŁAW KUCIEL, JANUSZ MIKUŁA*

RECYKLING MATERIAŁOWY ODPADÓW TETRA PAKU

MATERIAL RECYCLING OF TETRA PAK WASTE

Streszczenie

Artykuł opisuje możliwości recyklingu odpadów z Tetra Paku. Opisana jest możliwość wytwarzania materiału kompozytowego z odpadów z Tetra Paku. Artykuł prezentuje rezultaty próby wytrzymałościowej dla próbek z wytworzonego kompozytu, jest omówiony wpływ ciśnienia, temperatury i dodatku polietylenu na własności mechaniczne próbek.

Słowa kluczowe: Tetra Pak, recykling materiałowy, odpady

Abstract

This paper describes one of the possibilities of recycling waste from Tetra Pak. It presents the results of strength tests conducted on Tetra-Pak waste samples. The most important influence on mechanical properties of this composite had pressure, temperature and polyethylene addition.

Keywords: Tetra Pak, material recycling, waste

* Mgr inż. Kinga Korniejenko, dr inż. Stanisław Kuciel, dr hab. inż. Janusz Mikuła, Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Tetra-Pak jest popularnym materiałem opakowaniowym używanym w szczególności do soków owocowych, mleka oraz innych produktów mlecznych. Jest on materiałem wielowarstwowym (z reguły opakowanie ma od 5 do 7 warstw). Warstwy są spajane pod wpływem temperatury. Tetra-Pak jest wykonany z trzech różnych materiałów:

- 1) 75% wagi całego opakowania stanowi papier, który odpowiada za wytrzymałość i sztywność opakowania,
- 2) około 20% wagi stanowi 4 do 5 warstw polietylenu niskiej gęstości, który stanowi barierę dla mikroorganizmów i sprawia że opakowanie jest odporne na wilgoć, pełni również funkcje spoiwa pomiędzy ściankami kartonika,
- 3) 5% wagi stanowi aluminiowa folia, izoluje ona zawartość kartonu od powietrza i światła (zapewnia aseptyczność).

Szacuje się, że w Polsce odpady z Tetra-Paku stanowią około 50% odpadów opakowaniowych, a ich ilość wynosi 45 000 Mg [4].

2. Metody badań

Badane były dwa rodzaje próbek. Próbki prasowane oraz próbki wtryskiwane z dodatkiem PEHD.

2.1. Przygotowanie próbek prasowanych

Umyte i wysuszone opakowania zastały poddane rozdrobnieniu na cząstki o szerokości od 2 mm do 7 mm i długości od 5 mm do 15 mm. Rozdrobnione cząstki zostały poddane procesowi prasowania na gorąco – prasa podgrzewana była płytą grzewczą od spodniej części formy. Po nagrzeniu formy do wymaganej temperatury komora zasypowa została napełniona odważonymi cząsteczkami materiału opakowaniowego typu Tetra-Pak. Po równomiernym zasypaniu komory cząsteczkami następowało założenie stempla i rozpoczęcie procesu prasowania. Po zestaleniu wypraski i przy utrzymaniu siły nacisku stempla przez okres ok. 3 min, wypraska zostawała usunięta z formy i cykl formowania można było rozpocząć od początku.

Temperatura płyty grzewczej wahała się w granicach 200-250°C, natomiast forma była nagrzana do temperatury – na zewnętrznych ściankach formy dłuższego boku – 150°C, krótszego – 180-220°C. W wyniku uzyskanych temperatur na zewnętrznych ściankach formy uzyskano na jej wewnętrznych ścianach temperaturę wahającą się pomiędzy 130-160°C. Następnie studzono formę do niższych wartości temperatur w celu uzyskania, i sprawdzenia, odpowiednich zakresów i warunków temperaturowych dla uplastycznienia polietylenu i uniknięcia jego degradacji temperaturowej.

Próbki poddano prasowaniu w 2 zakresach sił nacisku – 40 i 100 kN. Badanie miało na celu wykazać optymalną siłę nacisku dla uzyskania odpowiednich właściwości wytrzymałościowych.

2.2. Przygotowanie próbek wtryskiwanych

Drugi rodzaj próbek został przygotowany przez wtrysk zmielonego i zgranulowanego wcześniej materiału z odpadów opakowań z materiału typu Tetra-Pak zmieszanego z PEHD w temperaturze 190° – 200°C. Wykonano dwa rodzaje próbek, o zawartości 70% Tetra-Paku oraz 30% PEHD oraz 60% Tetra-Paku oraz 40% PEHD.

2.3. Przeprowadzenie badań

Na dwóch rodzajach próbek: prasowanych i uzyskanych metodą wtrysku zostały przeprowadzone na maszynie wytrzymałościowej Instron typ 4465 badania właściwości wytrzymałościowych przy rozciąganiu (wg normy PN-EN ISO 527). Badania były prowadzone w temperaturze 21°C i przy wilgotności 65% RH oraz przy prędkości rozciągania 5 mm/min.

3. Rezultaty badań

Na podstawie powyższych badań został określony wpływ temperatur prasowania (temperatur formy) oraz zastosowania różnych zakresów sił nacisku. Pozwoliło to na określenie optymalnych temperatur formy i sił nacisku do uzyskania próbek o najlepszych właściwościach.

Tabela 1

Średnie wartości właściwości wytrzymałościowych oznaczanych w próbie rozciągania przy sile maksymalnej sile nacisku na formę do prasowania 100 kN i 40 kN

Siła nacisku [kN]	Siła maksymalna P_{max} [kN]	Naprężenie zrywające [MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie R_m [MPa]	Odształcenie przy sile maksymalnej ϵ_m [%]
100	1,87	6,33	9,71	2,58
40	2,36	6,20	11,06	2,64

Tabela 2

Parametry przy sile nacisku 100 kN i zróżnicowanych temperaturach

Temperatura formy [°C]	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	Moduł sprężystości [MPa]	Odształcenia przy zniszczeniu ϵ_m [%]
110	11,08	757	2,5
120	9,58	737	1,2
130	10,4	856	1,1
135	9,04	732	2,9

Tabela 3

Właściwości wytrzymałościowe uzyskane w próbie statycznego rozciągania próbek prasowanych z dodatkiem 15% PEHD

Temperatura [°C]	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	Moduł sprężystości [MPa]
120	8,83	609
130	7,89	612
160	11,32	625

Tabela 4

Własności wytrzymałościowe próbek wtryskiwanych z dodatkiem 30 i 40% PEHD

	Siła maksymalna [kN]	Naprężenie maksymalne [MPa]	Odkształcenie [%]	Naprężenie 0,2% [MPa]	Moduł Younga [MPa]
60% Tetra-Pak 40% PEHD	0,638	15,9	6,7	6,26	1119
70% Tetra-Pak 30% PEHD	0,554	13,9	9,7	5,69	715

4. Wnioski

Materiał pozyskany z rozdrabniania i przerobu zużytych wielomateriałowych opakowań Tetra-Pak po napojach ma charakter kompozytu termoplastycznego. Przy prasowaniu na lepkość cząsteczek tworzywa mają głównie wpływ: temperatura, czas wygrzania i ciśnienie.

Możemy zaobserwować pogorszenie niektórych właściwości: wytrzymałości na rozciąganie, granicy plastyczności i modułu sprężystości przy sile prasowania 100 kN. Przy zastosowaniu niższych sił prasowania te parametry ulegają poprawie. Pod wpływem podniesionej temperatury formy i zastosowaniu siły nacisku 100 kN uplastyczniony polietylen zamiast łączyć poszczególne płatki rozdrobnionych opakowań, częściowo został wyciśnięty poza formę, co spowodowało utworzenie się znacznie gorszych połączeń płatków Tetra-Paku, a tym samym spadek właściwości wytrzymałościowych uzyskanego materiału.

Spadek właściwości wytrzymałościowych był także zauważalny przy wzroście temperatury prasowania. Przy zbyt wysokiej temperaturze następowało spalanie polietylenu i tektury, co objawiało się zaczernieniem formy i próbki. Stosowanie zbyt wysokich temperatur w procesie prasowania może spowodować degradację temperaturową polietylenu, a co za tym idzie zniszczenie materiału. Najlepsze parametry wytrzymałościowe uzyskane zostały, jeżeli temperatura procesu prasowania była w zakresie od 127°C do 135°C. Zakres ten jest odwzorowaniem zakresów temperatury mięknięcia i topnienia polietylenu.

Dodanie PEHD do rozdrobnionych płatków z opakowań typu Tetra-Pak spowodowało zmniejszenie wytrzymałości na rozciąganie. Dodanie PEHD zmniejsza wytrzymałość na rozciąganie, ale za to wpływa pozytywnie na ujednorodnienie struktury materiału i stabilizację parametrów. Daje to możliwość dokładniejszego przewidywania i kontrolowania wymaganych parametrów wytrzymałościowych.

Z badań i przeprowadzonej prób modyfikacji dodatkiem PEHD wynika, że rozdrobione płatki z opakowań po napojach typu Tetra-Pak są dobrym materiałem do zastosowań konstrukcyjnych, w których nie będą wymagane dobre właściwości wytrzymałościowe przy obciążeniach punktowych, ale przy obciążeniach ciągłych np. blaty stołów, skrzynki, podkładki i elementy dekoracyjne czy biurowe itp.

Literatura

- [1] Błądzki A.K., *Recykling Materiałów Polimerowych*, WNT, Warszawa 1997.
- [2] Juśkiewicz M., Panfil-Kuncewicz H., *Materiały opakowaniowe i opakowania stosowane w przemyśle spożywczym*, Wydawnictwo ART, Olsztyn 1999.
- [3] Kuciel S., Mazurkiewicz S., Proszek M., *Możliwości wykorzystania odpadów z tworzyw sztucznych*, Fotobit, Kraków 2001.
- [4] Mroziński A., *Recykulacja opakowań kombinowanych*, www.tworzywa.com.pl.
- [5] Orlikowski D., Rodzeń K., Danecki L., *Badania nad możliwością wtórnego wykorzystania materiału ze zużytych opakowań z tworzyw kompozytowych do wytwarzania elementów kształtowych opakowaniowych*, Ośrodek badawczo-rozwojowy przemysłu płyt drewnopochodnych w Czarnej Wodzie, 2005.