

Mariola Jastrzębska

Akademia Morska w Gdyni, Wydział Towaroznawstwa i Przedsiębiorczości, Katedra Chemii i Towaroznawstwa Przemysłowego
ul. Morska 83, 81-225 Gdynia, Poland
Corresponding author. E-mail: mariola@am.gdynia.pl

Otrzymano (Received) 04.02.2009

WPŁYW ŚRODKA ODPOWIETRZAJĄCEGO NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE KOMPOZYTÓW ZAWIERAJĄCYCH ODPADY POLIESTROWO-SZKLANE

Obecnie zagospodarowanie odpadów z laminatów poliestrowo-szklanych stanowi poważny problem w związku z ich ogromną ilością trafiającą na wysypiska. Rozwiązanie tego problemu ma ważne znaczenie dla ochrony środowiska i ekonomiki gospodarki. W ramach poprzednich prac podjęto próbę zastosowania metody recyklingu materiałowego do zagospodarowania odpadów poliestrowo-szklanych. Odpady z laminatu poliestrowo-szklanego zostały poddane procesowi rozdrobnienia, a następnie zastosowane jako napelniacze do otrzymania nowych kompozytów. Jednakże wykorzystując recyklat do produkcji kompozytów, obserwuje się powstawanie pustych przestrzeni w próbkach. Pory te wpływają na osłabienie materiału. Zaobserwowano, że po dodaniu ponad 12% odpadów poliestrowo-szklanych nastąpiło znaczne pogorszenie wytrzymałości na ściskanie i wytrzymałości na zginanie kompozytów. W celu zmniejszenia ilości porów w kompozytach z recyklatem zastosowano środek odpowietrzający. Wprowadzenie większej ilości recyklatu poliestrowo-szklanego do kompozytów, bez znacznego pogorszenia właściwości mechanicznych, pozwoli na szersze zastosowanie tych materiałów oraz na obniżenie kosztów produkcji. W pracy zbadano wpływ środka odpowietrzającego na właściwości mechaniczne kompozytów otrzymanych z dodatkiem odpadów poliestrowo-szklanych.

Słowa kluczowe: środek odpowietrzający, recykling materiałowy, kompozyt z osnową poliestrową, odpady poliestrowo-szklane

THE EFFECT OF AIR RELEASE ADDITIVE ON MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITES CONTAINING GLASS REINFORCED POLYESTER WASTE

The current disposal methods of glass reinforced polyesters waste are landfill and it is a major problem. Due to the increased environmental demands and economics of industry, it is important to solve the problem. The previous studies were focused on material recycling glass reinforced polyester. The wastes of the glass fibre reinforced cold-cured polyester laminates were ground in shredder. The recyclate was added to polyester resin in order to produce new composites. While using the recyclate to obtain composites the entrapped air bubbles were observed in samples. The bubbles lead to the weakening of the material. The results of the investigation showed that using 12 wt. % of the recyclate as a fillers leads to a slight decrease of the compressive strength and the bending strength of the composites. The air release additive was used in the composites with the recyclate in order to decreasing the amount of bubbles. The addition of greater amount of recyclate without getting worse mechanical properties allows wide application and reducing production cost.

In this paper some mechanical properties (the bending strength, the compressive strength) of the composites with and without air release additive were investigated according to the Polish Standards. Glass reinforced polyesters waste composite, initially shredded into finer material, then can be applied as a filler or reinforcement in the new lightweight and low resistant composite products (building materials) like fencing, railing or panelling materials. Applying the recyclate as a filler will also be a good way of polymer composites utilization. It is a very important ecological aspect.

Keywords: air release additive, material recycling, polyester composites, glass reinforced polyester waste

WPROWADZENIE

W ostatnich latach zauważalny staje się wzrost zastosowań laminatów wzmacnianych włóknem szklanym jako materiału konstrukcyjnego w różnych dziedzinach przemysłu: okrętownictwie (np. kadłuby jednostek, nadbudówki), szkutnictwie, kolejnictwie i motoryzacji (np. elementy karoserii i wyposażenia wnętrza, dachy wago-

nów, cysterny), lotnictwie (np. kadłuby samolotów, zbiorniki paliwowe, zakończenia dziobów i stateczników), budownictwie (np. płyty, ścianki działowe), przemyśle chemicznym, spożywczym i naftowym (np. zbiorniki, kadzie reakcyjne) oraz przemyśle maszynowym. Masowa produkcja i popularność laminatów wzmacnianych

włóknami generuje problem odpadów z tych tworzyw. Ich zalety produkcyjne (głównie wytrzymałość oraz odporność na warunki środowiskowe) stają się poważną wadą podczas prób ich utylizacji. Mimo wielu prób problem zagospodarowania odpadów z laminatów poliestrowo-szkłanych nie został jeszcze rozwiązany. Obecnie odpady z laminatów poliestrowo-szkłanych trafiają na komunalne wysypiska śmieci. W dużym stopniu wpływają one na zwiększenie powierzchni potrzebnej na składowanie odpadów stałych oraz koszty składowania, a jako materiały trudno degradowalne stają się długoletnim problemem.

Opracowano kilka metod recyklingu odpadów poliestrowo-szkłanych, ale większość dotyczy zastosowania rozdrobnionych poliestrowych odpadów tłoczyw BMC oraz SMC jako napełniaczy w nowych kompozytach lub tłoczywach [1-9]. Niestety kompozyty z odpadami wykazują słabsze właściwości mechaniczne w porównaniu do kompozytów bez odpadów. Spowodowane jest to słabą adhezją pomiędzy odpadem a spoiwem [5]. Aby zmniejszyć niekorzystny efekt, stosowano różne metody modyfikacji powierzchni recyklatu, np. poprzez obróbkę chemiczną w celu uzyskania na powierzchni reaktywnych grup funkcyjnych [6], dodatek środków dyspergujących [7] oraz promotorów adhezji [7].

Przeprowadzone w poprzednich latach badania rozpoznawcze w Katedrze Chemii i Towaroznawstwa Przemysłowego w Akademii Morskiej w Gdyni wykazały, że recyklat poliestrowo-szkłany może posłużyć jako napełniacz do wytworzenia nowych produktów [10-16]. Zastosowano rozdrobnione odpady z laminatów poliestrowo-szkłanych jako napełniacze do polimerobetonów, w których częściowo zastąpiono napełniacz mineralny - mączkę dolomitową. Zaobserwowano, że wprowadzenie recyklatu poliestrowo-szkłanego w ilości 10% wag. do kompozytu na bazie żywicy Polimal zwiększyło wytrzymałość na ściskanie o 20%, ale pogorszyło wytrzymałość na zginanie produktu w porównaniu z próbką bez odpadów [10]. Niestety zwiększenie do 15% wag. recyklatu spowodowało zmniejszenie wytrzymałości na ściskanie i zginanie tych kompozytów. Dodatek większej ilości recyklatu powoduje niedostateczne zwilżenie i powstawanie dużej ilości porów, co w konsekwencji pogarsza właściwości mechaniczne polimerobetonów. Aby zmniejszyć ilość porów, zastosowano środek odpowietrzający do otrzymywania kompozytów poliestrowych z recyklatem poliestrowo-szkłanym. Środek odpowietrzający redukuje napięcie powierzchniowe między napełniaczami a żywicą, ułatwia przemieszczanie pęcherzy powietrza na powierzchnie materiału i ich usuwanie. Zastosowanie tego dodatku powinno wpłynąć na poprawienie właściwości mechanicznych materiału, a to z kolei pozwoli na szersze ich wykorzystanie. Recyklat stanie się wartościowym materiałem wzmacniający i nie tylko zmniejszającym cenę gotowego produktu.

Celem przedstawionych badań było określenie wpływu środka odpowietrzającego na właściwości mechanicz-

ne kompozytów z odpadami z laminatów poliestrowo-szkłanych.

MATERIAŁ DO BADAŃ

W pracy otrzymano kompozyty z poliestrową osnową napełnione mączką dolomitową oraz recyklatem poliestrowo-szkłanym. Odpady z laminatów poliestrowo-szkłanych rozdrabniano w rozdrabniaczu odpadów plastikowych (rys. 1) w firmie Kubala Sp. z o.o. [17], produkującej narzędzia budowlane i maszyny w Ustroniu. Tabela 1 przedstawia analizę sitową recyklatu poliestrowo-szkłanego bez określania zawartości włókna szklanego w recyklatach.



Rys. 1. Rozdrabniacz odpadów plastikowych [17]

Fig. 1. The plastic waste shredder

TABELA 1. Analiza sitowa recyklatu poliestrowo-szkłanego
TABLE 1. Sieve analysis of the glass-polyester recycilate

Frakcja, mm	Ilość, % wag.
ponad 2	81
2÷1,2	7,4
1,2÷1,02	1,17
1,02÷0,6	1,5
mniejsze niż 0,6	8,93

Do otrzymania kompozytów z dodatkiem odpadów z laminatów poliestrowo-szkłanych zastosowano następujące surowce:

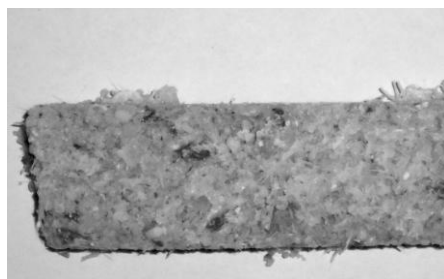
- ortoftalową żywicę poliestrową Polimal 109-32 K, (produkcji Zakładów Chemicznych „Organika-Sarzy-na”); do utwardzania żywicy zastosowano 2% wag. utwardzacza - nadtlenku butanonu (Butanox M-50) oraz przyspieszacza kobaltowego 6% Co firmy ITL z Poznania dodawanego w ilości 1% wag.,
- mączkę dolomitową firmy Kambud Sp. z o.o. o granulacji 0÷3 mm,
- środek odpowietrzający BYK-A 555 firmy BYK-Chemie dla kompozytów o wysokiej zawartości napełniaczy. Zmniejsza zapowietrzenie i ułatwia zwilżenie napełniaczy w żywicach poliestrowych.

Skład otrzymanych gruboziarnistych kompozytów przedstawia tabela 2. Udział recyklatu wprowadzonego do żywicy poliestrowej wynosił: 10, 15, 20 i 22% wag. Wartości te pozwolą na wstępne ustalenie zakresu maksymalnej ilości dodawanego recyklatu bez znacznego pogorszenia właściwości mechanicznych. Rysunek 2 przedstawia strukturę kompozytów z dodatkiem recyklatu poliestrowo-szklanego.

TABELA 2. Udział poszczególnych składników w kompozytach
TABLE 2. Contents of particular components in composites

Symbol próbki	% wag. żywicy	% wag. recyklatu	% wag. mączki
Pol20R10	20	10	70
Pol20R10B*	20	10	70
Pol20R15	20	15	65
Pol20R15B*	20	15	65
Pol20R20	20	20	60
Pol20R20B*	20	20	60
Pol20R22	20	22	58
Pol20R22B*	20	22	58

* B - kompozyty z dodatkiem 2,5% wag. środka odpowietrzającego BYK-A 555



Rys. 2. Struktura kompozytu z recyklatem

Fig. 2. The structure of the composite with recycle

Metodą formowania ręcznego wykonano kompozyty w temperaturze pokojowej. Najpierw do mieszalnika wprowadzono spoiwo do odpadów poliestrowo-szklanych i mączkę dolomitową, a następnie dodano utwardzacz. Kompozycję żywiczną o dużej lepkości nakładano ręcznie w formy, posmarowane środkiem antyadhezyjnym - polialkoholem winylu. Wykonano belki o wymiarach 200×25×10 mm (do badań wytrzymałości na zginanie) oraz walce o średnicy 30 mm i wysokości 50 mm (do badań wytrzymałości na ściskanie).

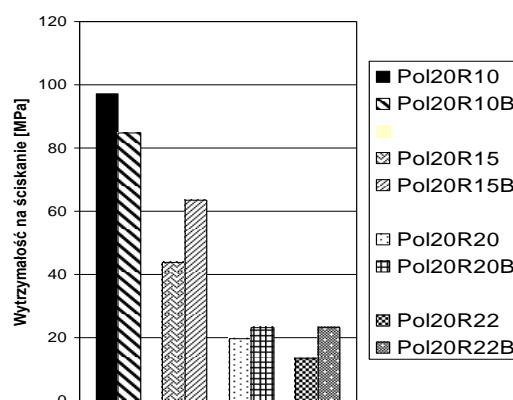
METODYKA BADAŃ

Wykonano badania mechaniczne (wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na zginanie) otrzymanych kompozytów. Badania wykonano zgodnie z obowiązującymi normami: PN-EN 12372:2007 oraz PN-EN 1926:2007. Do badań wykorzystano maszynę wytrzymałościową firmy Material Testing System. Pomiar przeprowadzono w temperaturze 23°C. Rozstaw podpór przy pomiarze

właściwości na zginanie wynosił 141,75 mm. Prędkość przesuwu trzpienia wynosiła 2 mm/min.

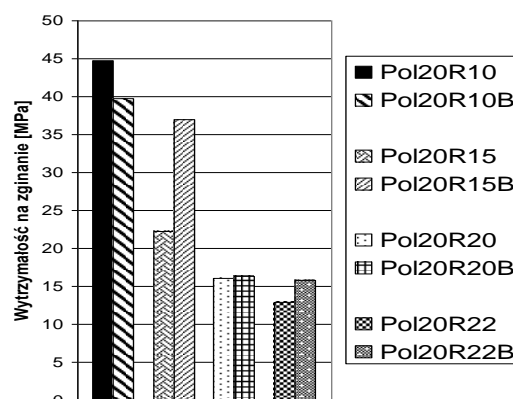
WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Wyniki wytrzymałości na ściskanie kompozytów z recyklatem w porównaniu z kompozytem z recyklatem oraz środkiem odpowietrzającym BYK-A 555 przedstawia rysunek 3, zaś wyniki wytrzymałości na zginanie - rysunek 4.



Rys. 3. Wpływ środka odpowietrzającego na wytrzymałość na ściskanie otrzymanych kompozytów

Fig. 3. Effect of air release additive on the compressive strengths of composites



Rys. 4. Wpływ środka odpowietrzającego na wytrzymałość na zginanie otrzymanych kompozytów

Fig. 4. Effect of air release additive on the flexural strengths of composites

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

- wprowadzenie środka odpowietrzającego do kompozytów z odpadem poliestrowo-szklanych w ilości 10% wag. do kompozytu na bazie żywic poliestrowych Polimal nie poprawiło wytrzymałości na ściskanie i zginanie;
- wprowadzenie środka odpowietrzającego do kompozytów z 15% wag. odpadem poliestrowo-szklanych poprawiło znacznie wytrzymałości na ściskanie (ok. 46%) i zginanie (ok. 66%). Środek odpowietrzający obniżył napięcie powierzchniowe napelniaczy, umożliwiając tym samym usunięcie pęcherzyków powie-

- trza z granicy faz oraz poprawił warunki zwilżania przez żywicę;
- niestety dodatek środka odpowietrzającego do kompozytu z 20 i 22% wag. recyklatu tylko nieznacznie spowodował poprawienie wytrzymałości na ściskanie i zginanie tych próbek. W związku z tym nawet zastosowanie środka odpowietrzającego nie pozwoli na wprowadzenie do żywicy poliestrowej recyklatu w ilości 20% wag. bez znacznego spadku właściwości mechanicznych. Wraz ze wzrostem udziału recyklatu do 20% wag. i zastosowaniu tylko 20% wag. żywicy poliestrowej do przesylenia nastąpiło zwiększenie zawartości pustych przestrzeni w próbkach, co wpłynęło poprzez obniżenie rzeczywistego przekroju na osłabienie materiału;
 - istotne jest wykonanie badań kompozytów z zacieśnieniem udziału procentowego między 10 a 20% wag. odpadów poliestrowo-szklanych i wybranie wartości stopnia wypełnienia wg reguły ekstremów, co zostało zaplanowane w dalszych badaniach.

PODSUMOWANIE

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że dodatek środka odpowietrzającego do kompozytów na bazie żywicy Polimal z dodatkiem 10% wag. recyklatu poliestrowo-szklanego nie poprawia właściwości mechanicznych tych próbek. Natomiast wprowadzenie środka odpowietrzającego do kompozytów z 15% wag. recyklatu znacznie poprawiło wytrzymałość na ściskanie i zginanie kompozytów. Użycie środka odpowietrzającego BYK-A 555 umożliwi jedynie zwiększenie ilości recyklatu do 15% wag. i uzyskanie materiału o lepszych właściwościach mechanicznych w stosunku do właściwości kompozytu z 15% wag. odpadem bez środka. Wprowadzenie tej ilości recyklatu poliestrowo-szklanego pozwoli na obniżenie kosztów produkcji, zmniejszenie masy materiału kompozytowego oraz ułatwi transport gotowych wyrobów. Kontynuowane będą prace nad wprowadzaniem innych dodatków, np. środków (promotorów adhezji) zmniejszających napięcie powierzchniowe na granicy poliester-poliester i poliester-recyklat poliestrowo-szklany w celu poprawienia mieszalności tych polimerów napelnionych.

LITERATURA

- [1] Błędzki A.K., *Recykling materiałów polimerowych*, WNT, Warszawa 1997, 87-91.
- [2] Nowaczek W., *Tłoczywa poliestrowe z odpadami duroplastów*, *Polimery* 1999, 44, 11-12, 758-763.
- [3] Gorący K., *Recykling laminatów poliestrowo-szklanych*, *Przemysł Chemiczny* 2006, 85/8-9, 913-914.
- [4] Bream C.E., Hornsby P.R., *Comminuted thermoset recycle as a reinforcing filler for thermoplastics*, *J. Mater. Sci.* 2001, 36, 2965-2975.
- [5] DeRosa R., Telefeyan E., Gaustand G., Mayes S., *Proc. ICCM-14 Conference, San Diego 2003*, EM03-297.
- [6] Telfeyan E., *CEER Annual Meeting, 2003* (ceer.alfred.edu/Research/derosaposter.ppt).
- [7] Pedroso A.G., Rosa D.S., Atvars T.D.Z., *The role of additives in the manufacture of sheets of unsaturated polyester and postconsumer unsaturated polyester/glass fiber composites: mechanical and dynamical properties*, *J. Appl. Polym. Sci.* 2004, 92, 1834-1839.
- [8] Rutecka M., Kozioł M., Myalski J., *Wpływ wypełniacza z recyklatu poliestrowo-szklanego na właściwości mechaniczne laminatów*, *Kompozyty (Composites)* 2006, 6, 4, 41-46.
- [9] Rutecka M., Kozioł M., Myalski J., Śleziona J., *Wykorzystanie odpadów kompozytowych jako wypełniacza osnowy polimerowej w materiałach kompozytowych*, *Kompozyty (Composites)* 2005, 5, 2, 68-73.
- [10] Jastrzębska M., Jurczak W., *Charakterystyka kompozytów zawierających odpady poliestrowo-szklane*, *Kompozyty (Composites)* 2008, 8, 1, 59-64.
- [11] Jastrzębska M., Rutkowska M., Herbut-Szydłowska G., Jurczak W., *Ocena możliwości recyklingu odpadów z laminatów poliestrowo-szklanych stosowanych w okrętownictwie*, *Referaty X Seminarium nt. Tworzywa sztuczne w budowie maszyn*, Kraków 2003, 183-187.
- [12] Jastrzębska M., Rutkowska M., Jurczak W., *Kompozyty z recyklatami poliestrowo-szklanymi*, *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* 2006, 3, 32-33.
- [13] Jastrzębska M., Jurczak W., *Environment-friendly recycling of marine craft made from glass-reinforced polyester*, *Polish Journal of Environmental Studies* 2007, 16, 3C, 26-28.
- [14] Jastrzębska M., Jurczak W., *Wykorzystanie odpadów poliestrowo-szklanych do otrzymywania nowych kompozytów*, *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej* 2007, 4, 71-74.
- [15] Jastrzębska M., *Odpady laminatów poliestrowo-szklanych ze złomowanych trałowców*, *Recykling* 2006, 10(70), 14-12.
- [16] Jastrzębska M., Rutkowska M., Jurczak W., *Zastosowanie przemiału z laminatów poliestrowo-szklanych jako napelniaczy kompozytów*, *Czasopismo Techniczne (seria: Mechanika)* 2006, z. 6-M, 243-246.
- [17] <http://www.kubala.com.pl/12.offer.html>