

Mariola JASTRZEBSKA

Katedra Towaroznawstwa Przemysłowego i Chemii, Akademia Morska w Gdyni, ul. Morska 81-87, 81-225 Gdynia

e-mail: m.jastrzebska@wpit.am.gdynia.pl

Wykorzystanie odpadów poliestrowo-szklanych do produkcji laminatów

Streszczenie: Odpady poliestrowo-szklane zostały poddane procesowi rozdrobnienia, a następnie zastosowane do otrzymania laminatów. Wykonano laminaty z czterema warstwami maty szklanej i z rdzeniem zawierającym 5, 10, 12,5, 15 i 18,5% wag. recyklatu poliestrowo-szklanego. Oceniano wpływ recyklatu na wybrane właściwości laminatów. Zbadano gęstość, twardość i wytrzymałość na rozciąganie otrzymanych laminatów. Twardość laminatów z recyklatem była wyższa niż laminatu bez recyklatu. Zaobserwowano obniżenie wytrzymałości na rozciąganie wraz ze wzrostem ilości recyklatu. Rozdrobnione odpady poliestrowo-szklanych można zastosować jako wypełnienie laminatów, stosowanych na mniej odpowiedzialne elementy. Uzyskane wyniki wskazują obiecujące rozwiązanie w zakresie gospodarki odpadami poliestrowo-szklanymi, co przyczyni się do zrównoważonego rozwoju przemysłu materiałów kompozytowych.

Słowa kluczowe: odpady poliestrowo-szklane, laminat.

USING OF GLASS-POLYESTER WASTE FOR PRODUCTION OF LAMINATE

Abstract: Abstract: The glass reinforced polyester waste was ground and added to produce new laminates. The laminates with four layers of glass mat and addition of 5, 10, 12.5, 15 and 18.5 wt.% of recycle were made. The effect of adding recycle on some properties of laminates have been tested. The laminates with recycle were of higher hardness than laminate without recycle. The study showed that using glass reinforced recycle in laminates decreases the tensile strength. The shredded glass-polyester waste can be used as a filler in laminates to less responsibility elements. Obtained results were promising towards a global waste management solution for glass reinforced polyester waste and end-of-life products that will lead to a more sustainable composite materials industry.

Keywords: glass-polyester waste, laminate.

1. WPROWADZENIE

Odpady poliestrowo-szklane, pochodzące z formiarni kompozytów poliestrowo-szklanych, według Europejskiej Listy Odpadów klasyfikuje się w rozdziale 07 „odpady z organicznych procesów”, podkategorii 07 02 „odpady pochodzące z wytwarzania, przygotowania, dostawy i stosowania tworzyw”. W 2013 roku w Polsce wytworzono odpady podkategorii 07 02 w ilości $28,96 \cdot 10^9$ kg, co stanowi 22,2% ogółem wytworzonych odpadów przemysłowych [1]. Odpady poliestrowo-szklane trafiają obecnie na składowiska. Chcąc ograniczyć ich składowanie powinno się dążyć przez recykling lub inne działania, do odzysku materiałów i energii. Zaletą metody recyklingu mechanicznego odpadów jest możli-

wość zastosowania recyklatów jako wartościowych materiałów wzmacniających, a nie tylko jako wypełniaczy zmniejszających cenę. Metoda ta również nie wymaga dokładnego sortowania odpadów i zużytych wyrobów, ponieważ jej czułość na zanieczyszczenia jest niska. Odpady mogą być pozyskiwane od różnych producentów i pochodzić z materiałów wytwarzanych według różnych receptur. Przetworzone tym sposobem odpady mogą być użyte w przemyśle meblarskim (do produkcji płyt kompozytowych), jako dodatek do asfaltu, betonu, tłoczyw poliestrowych, polimerobetonów oraz w wielu innych wyrobach.

Szerokie badania nad recyklingiem kompozytów do tłoczyw prowadzono w Uniwersytecie w Kassel oraz w współpracującym z nim

Instytucie Polimerów Politechniki Szczecińskiej [2]. Natomiast Adolphs i Branca [3] uzyskali pozytywne efekty, dodając odpady poliestrowo-szklane do profili typu „sandwicz” w procesie pultruzji. Podobne badania wykonywano, umieszczając odpady poliestrowo-szklane między dwoma matami szklanymi w żywicy poliestrowej w celu zastąpienia stosowanego wypełniacza węgla wapnia [4].

Gorący [5] zastosował rozdrobnione odpady poliestrowo-szklane (55% wag.) do lekkich przekładek z żywicy poliestrowej i popiołów lotnych. Stwierdził, że aby dokładnie zwilżyć wypełniacze, trzeba użyć 27% wag. żywicy, gdyż próby z 15% wag. zawartością osnowy cechowały się 2,5 razy gorszą wytrzymałością na zginanie. Stosując frakcjonowany recyklat (70% wag. frakcji powyżej 4 mm, 10% wag. frakcji 1,2-1,5 mm, 20% wag. frakcji poniżej 0,5 mm) do przekładek uzyskał ich zbliżoną wytrzymałość na zginanie w stosunku do wytrzymałości przekładek z niefrakcjonowanym recyklatem.

Prace oceniające możliwość zastosowania recyklatu poliestrowo-szklanego prowadzono także w Politechnice Śląskiej w Katowicach [6-7]. Badano poliestrowe laminaty z okładzinami z jednej i dwóch warstw maty szklanej z dodatkiem odpadu w ilości 20%, 35% lub 50% wag. Próby wykazały, że recyklat wpływa niekorzystnie na właściwości wytrzymałościowe nowego

laminatu. W kolejnych badaniach zastosowano recyklat do laminatów poliestrowych, składający się z 10 warstw maty szklanej, wykonanych metodą laminowania kontaktowego [7]. Optymalne właściwości wykazał dziesięciowarstwowy laminat poliestrowy z 4% wag. dodatkiem recyklatu (poprawa udurowienia o 11%, niewielka zmiana pozostałych właściwości). Większa ilość odpadów (10% wag. i 20% wag.) w laminatach pogarszała właściwości mechaniczne oraz dodatkowo powodowała konieczność stosowania większej ilości mieszaniny żywicy poliestrowej i recyklatu do przesylenia kompozytu, co zwiększało koszt wyrobu [7].

Mimo wielu prac dotyczących zagospodarowania odpadów poliestrowo-szklanych nadal nie znaleziono przemysłowego rozwiązania. W pracy podjęto więc kolejną próbę użycia rozdrobnionych odpadów poliestrowo-szklanych jako wypełniaczy do laminatów poliestrowych. Wykorzystanie recyklatu do nowych wyrobów przyczyni się do zrównoważonego rozwoju przez wzrost gospodarczy oraz podniesienie jakości środowiska naturalnego.

2. OPIS BADAŃ

W badaniach wykorzystano odpady z laminatów z żywicy poliestrowej wzmocnionej włóknem szklanym, pochodzące z naddatków powstających



Rys. 1. Schematyczne przedstawienie ułożenia wzmocnienia w laminatach z recyklatem poliestrowo-szklanym

Fig. 1. Schematic presentation of reinforcement arrangement of laminate with glass-polyester recycle

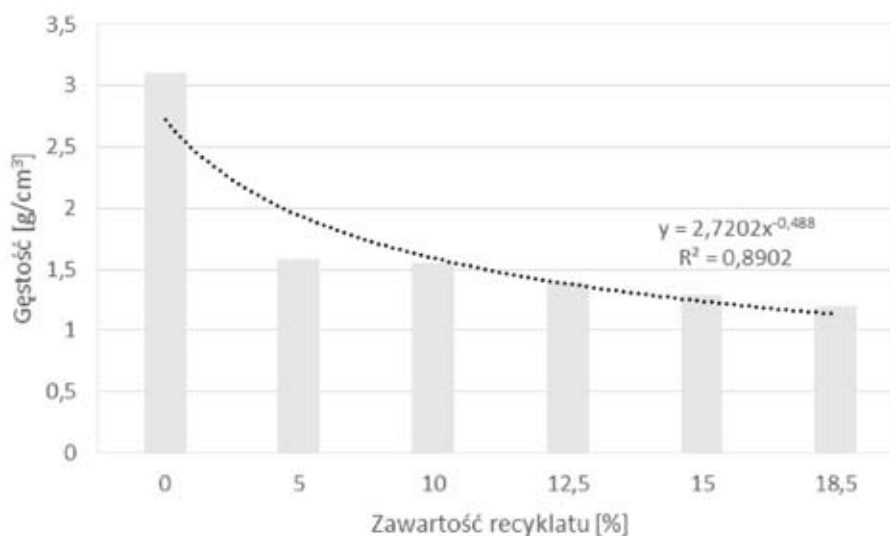
w czasie produkcji łodzi. Poddano je procesowi rozdrobnienia w celu przygotowania ich do dalszego przetwarzania metodą recyklingu mechanicznego. Zastosowano rozdrabniacz odpadów firmy Kubala Sp. z o.o. w Ustroniu. Urządzenie to wyposażone było w wirnik (dł. 338 mm, \varnothing 270 mm), który obracał się z prędkością 820 obr./min, a jego wydajność wynosiła ok. 100 kg/godz. Zastosowano frakcję recyklatu o rozmiarze poniżej 7 mm.

W ramach pracy wykonano laminaty z ortofталowej żywicy poliestrowej wzmocnione matą szklaną o gramaturze 150 g/m² i recyklatem poliestrowo-szklanym, będącym mieszaniną pojedynczych włókien szklanych, cząstek żywicy poliestrowej oraz aglomeratów cząstek z pozlepianych żywicą wiązek włókien szklanych. Przygotowano próbki, w których wzmocnienie stanowiło 25% wag., zaś żywica poliestrowa 75% wag. laminatów. W przygotowanych próbkach zastosowano jako wzmocnienie matę szklaną (5 warstw) lub matę szklaną (4 warstwy) z dodatkiem recyklatu poliestrowo-szklanego (Rys.1) w różnych ilościach (5, 10, 12,5, 15, 18% wag.). Oznaczono gęstość laminatów [PN-EN 1926:2007] oraz zbadano ich twardość [PN-EN ISO 2039-1:2004] i wytrzymałości na rozciąganie [PN-EN ISO 527-1:2012].

3. WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Gęstość laminatów wzmocnianych matą szklaną i recyklatem poliestrowo-szklanym przedstawiono na rysunku 2, twardość zaś na rysunku 3. Natomiast wytrzymałość na rozciąganie laminatów w zależności od ilości dodanego recyklatu poliestrowo-szklanego przedstawia rysunek 4. Wyniki badań poddano analizie statystycznej w celu stwierdzenia, czy istnieją związki statystyczne, które mogłyby stanowić podstawę wyznaczenia krzywych skalujących wybrane właściwości w zależności od zawartości recyklatu poliestrowo-szklanego.

Zastąpienie jednej warstwy maty szklanej o gramaturze 150 g/m² recyklatem poliestrowo-szklanym wpływa na zmniejszenie gęstości laminatów. Prawdopodobnie w związku z przypadkowym ułożeniem w przestrzeni włókien szklanych, znajdujących się w recyklocie, nie nastąpiło całkowite przesycenie ich żywicą poliestrową. Powstałe pory podczas laminowania kontaktowego są wynikiem dużej powierzchni rozdrobnionego odpadu i związanej z tym niemożności przesycenia włókien żywicą bez użycia dodatkowej ilości



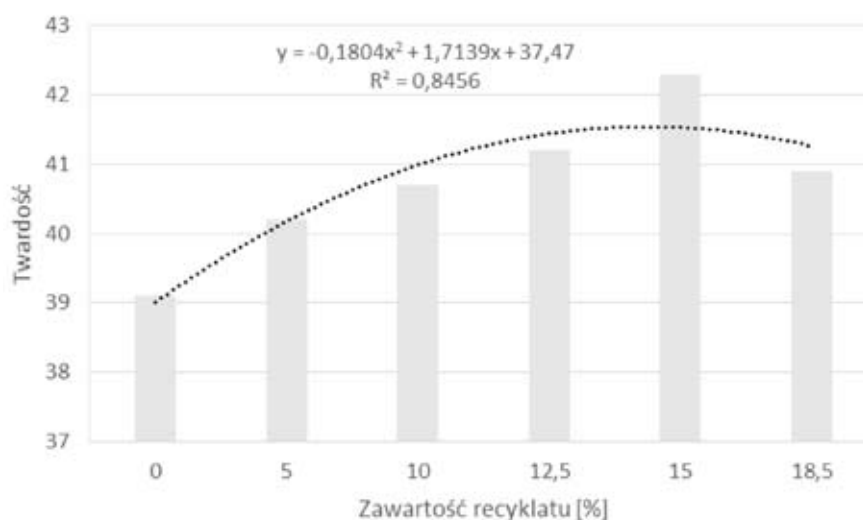
Rys. 2. Gęstość laminatów w zależności od ilości recyklatu poliestrowo-szklanego

Fig. 2. Density of laminates depending on the amount of glass-polyester recycle

osnowy. W związku z tym uzyskane laminaty z recyklatem poliestrowo-szklanym mogą znaleźć zastosowanie do lżejszych konstrukcji.

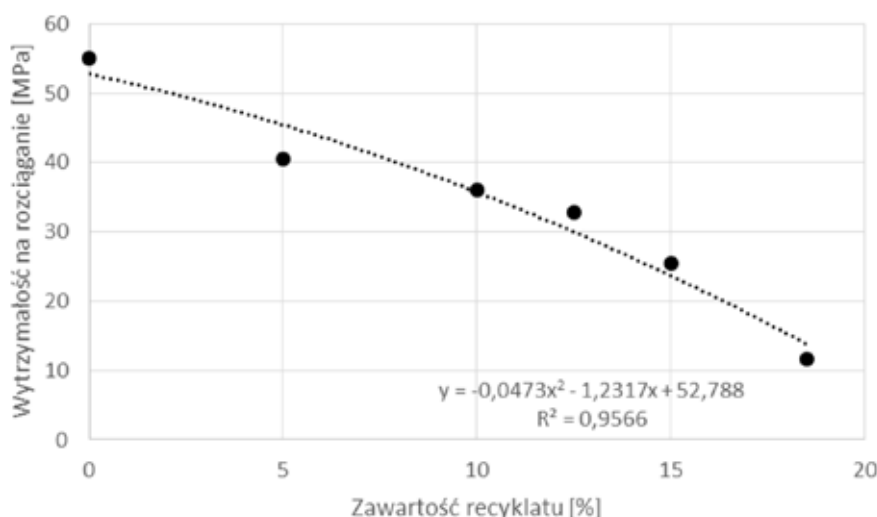
Zastosowanie recyklatu wewnątrz okładzin składających się z dwóch warstw maty szklanej zwiększyło twardość laminatów w porównaniu do poliestrowego laminatu z pięciu warstw maty szklanej.

Zaobserwowano, że ze wzrostem zawartości recyklatu poliestrowo-szklanego spada wytrzymałość na rozciąganie laminatów. Zastąpienie jednej warstwy maty szklanej 15% wag. recyklatem obniżył wytrzymałość na rozciąganie laminatu o 54%. Efekty rozciągania zależą przede wszystkim od przyczepności żywicy do wypełniaczy. Spadek cech jakościowych po dodaniu recyklatu



Rys. 3. Twardość laminatów w zależności od ilości recyklatu poliestrowo-szklanego

Fig. 3. Hardness of laminates depending on the amount of glass-polyester recycle



Rys. 4. Wytrzymałość na rozciąganie laminatów w zależności od ilości recyklatu poliestrowo-szklanego

Fig. 4. Tensile strength of laminates depending on the amount of glass-polyester recycle

tłumaczyć można słabszym powiązaniem wypełnienia i osnowy poliestrowej, spowodowanym zawartymi w odpadzie pozostałościami usieciowanej żywicy, utrudniającymi zwilżenie włókien szklanych. Problemem okazały się liczne puste przestrzenie, obniżające znacznie właściwości mechaniczne.

4. PODSUMOWANIE

Zastąpienie jednej warstwy maty szklanej recyklatem poliestrowo-szklanym poprawia twardość laminatów, ale obniża wytrzymałość na rozciąganie, co warunkują zastosowanie ich do wytwarzania przedmiotów niewymagających wysokiej wytrzymałości, np. do produkcji elementów ogrodzeń, barierek czy różnego rodzaju płytek oraz w inżynierii drogowej (znaki, słupki itp.).

BIBLIOGRAFIA

1. GUS: *Ochrona środowiska 2014*, Warszawa, Dokument elektroniczny. www.stat.gov.pl (dostęp: 20.05.2016).
2. Błędzki A. K., Gorący K., Urbaniak M.: *Możliwości recyklingu i utylizacji materiałów polimerowych i wyrobów kompozytowych*, *Polimery* 2012, vol. 57, nr 9, s. 620-629.
3. Adolphs G., Branca A.: *Recycling solutions for pultrusion*. Proceedings 6th World Pultrusion Conference, EPTA, Leusden 2002, paper 22.
4. Amico S. C., Brostow W., Dutta M., Góral T., de Medeiros J. T. N., Silva L.V., de Souza J. R.: *Composites of polyester + glass fiber residues vs. composites with mineral fillers*, *Composite Interfaces* 2012, vol. 19, nr 8, p. 511-522.
5. Gorący K.: *Recykling laminatów poliestrowo-szklanych*, *Przemysł Chemiczny* 2006, vol. 85, nr 8-9, s. 913-914.
6. Rutecka M., Śleziona J., Myalski J.: *Ocena możliwości zastosowania recyklatu poliestrowo-szklanego w produkcji laminatów*, *Kompozyty (Composites)* 2004, vol. 4, nr 9, s. 56-60.
7. Rutecka M., Koziół M., Myalski J.: *Wpływ wielkości frakcji recyklatu poliestrowo-szklanego na właściwości mechaniczne laminatów przekładkowych*, *Kompozyty (Composites)* 2006, vol. 6, nr 4, s. 41-46.

Data wpłynięcia artykułu do redakcji: 06-07-2017

Data akceptacji publikacji do druku: 26-07-2017