

Andrzej WAŚICKI, Aneta GRUBCZAK

e-mail: andrzej.wasicki@utp.edu.pl

Zakład Technologii Polimerów, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Ocena przydatności do recykulacji materiałowej kompozytu polipropylen/ mączka drzewna (50/50) narażonego na długotrwałe działanie wody i wilgoci

Wstęp

Kompozyty polimerowe napelnione mączką drzewną służą często do produkcji wyrobów stosowanych w terenie otwartym. Obecnie mogą być z nich wykonywane profile okienne, parapety, drzwi i ościeżnice, panele elewacyjne, pokrycia dachowe, deski podłogowe na tarasach, ławki parkowe, wyposażenie placów zabaw, schody, poręcze, balustrady, ogrodzenia, barierki przy autostradach, pomosty na przystaniach wodnych, mosty dla pieszych itp. [Pritchard, 2004].

Naturalne starzenie się kompozytów wywołują czynniki atmosferyczne, do których należy działanie wody i wilgoci pochłanianej przez kompozyt, zmienna temperatura eksploatacji oraz promieniowanie słoneczne.

W kompozycie polipropylen/mączka drzewna promieniowanie słoneczne może powodować nawet znaczną degradację polipropylenu [Wąsicki, 2011]. Zmiany te są jednak jedynie powierzchniowe i dotyczą łącznie niewielkiej ilości polimeru zawartego w profilach.

Woda, która wnika do wnętrza kompozytu za pośrednictwem mączki drzewnej podczas zamrażania, nie wywołuje degradacji polipropylenu, ale może powodować powstawanie niewielkich szczelin w polimerowej osnowie i osłabiać tworzywo w całej objętości. Recykulacja materiałowa przez ponowne przeprowadzenie kompozytu w stan lepko-płynny i formowanie pod podwyższonym ciśnieniem może skutecznie likwidować skutki wcześniejszego starzenia [Wąsicki, 2010].

Obecność wilgoci w rozdrobnionym tworzywie użytkowym będzie utrudniała lub uniemożliwiała jego ponowne przetwarzanie. Aby tego uniknąć przetwórstwo należy poprzedzić operacją suszenia. Skuteczność suszenia zależy od czasu jego trwania, temperatury suszącego powietrza i stopnia rozdrobnienia materiału. Efektywne postępowanie w tej kwestii wymaga znajomości szybkości pochłaniania wilgoci przez kompozyt oraz szybkości jej zaniku w wybranych warunkach suszenia.

W niniejszej pracy podjęto badania zawartości wilgoci w kompozycie kondycjonowanym w różnych warunkach i szybkości utraty wilgoci podczas suszenia w temperaturze 120°C

Metodyka badań

Do otrzymania kompozytu użyto polipropylenu *Moplen HP648T* wyprodukowanego przez firmę *Basell Orlen Polyolefins* oraz wykorzystano suszoną mączkę drzewną typu *Lignocel® S 150 TR*, uzyskiwaną z drzew iglastych przez firmę *J. Rettenmaier & Söhne GmbH + CO*.

Oba składniki wymieszano wstępnie w proporcji wagowej 50:50 a następnie homogenizowano na walcu *Buzuluk*. Temperatura walców wynosiła ok. 160°C. Przygotowana w ten sposób mieszanka została rozdrobniona w młynku udarowym. Powstały przemiał wtryskiwano w temp. 180°C za pomocą wtryskarki *Wh-80 Ap* do termostatowanej dwugniazdowej formy o temp. 20°C. Otrzymywano znormalizowane kształtki wiosełkowe o przekroju 10 mm × 10 mm.

Środkowe fragmenty kilku wiosełek (beleczy) wykorzystano w pomiarach wilgotności, a całą pozostałość ponownie zmielono. Część przemiału przesiano przez dodatkowe sito w celu uzyskania dwóch frakcji o różnych wielkościach cząstek. Materiał o większych cząstkach został przesiany w młynku przez sito z otworami o średnicy 4 mm i poza młynkiem przez drugie sito o kwadratowych oczkach (o długości

boku 1,4 mm). Materiał o mniejszych cząstkach stanowiła frakcja przesiana przez sito o kwadratowych oczkach. Obie frakcje wykorzystano w badaniach czasu niezbędnego do wysuszenia próbek zmielonego kompozytu.

Przemiał uzyskany bez rozdzielania na drugim sicie zastosowano do formowania litych kształtek cylindrycznych metodą prasowania tłocz-nego (w temp. 200°C), do oceny chłonności wilgoci podczas kondycjo-nowania nad lustrem wody oraz do prasowania folii przeznaczonych do badania wytrzymałości na rozciąganie.

Do oznaczania ubytków wilgoci użyto wagosuszarki typu *MAC 110*. Operację suszenia prowadzono w temperaturze 120°C, a wyniki odczytywano w % wagowych, z dokładnością do trzech miejsc po przecinku. Ubytek wilgoci odczytywano w jednodominutowych odstępach czasu, a za koniec pomiaru przyjęto dziesięć jednakowych wartości pomiarów. Wszystkie próbki po wysuszeniu, były wystawiane na okres jednej godziny (w temp. około 20°C) na działanie powietrza w pomieszczeniu zamkniętym i ponownie badane w wagosuszarce.

W badaniu nasiąkliwości lite, cylindryczne próbki zarówno polipropylenu jak i jego kompozytu z mączką drzewną, zanurzano w wodzie destylowanej na 3 tygodnie. Nasiąkliwość była określana na podstawie zwiększania się masy moczonych próbek w stosunku do ich masy przed zanurzeniem w wodzie.

Kondycjonowanie zmielonego kompozytu nad lustrem wody przeprowadzono w naczyniu zamkniętym. Na dnie naczynia znajdowała się woda, a nad nią ustawiono tacę z rozdrobnionym kompozytem. Nawilżanie w temp. 20°C trwało 16 tygodni. Wilgotny kompozyt poddano suszeniu w suszarce z wymuszonym obiegiem powietrza, w warstwie o grubości 5 cm, w temp. 120°C, w czasie od 0,5 godziny do 2,0 godzin. Z dna suszonej warstwy co pół godziny pobierano próbki do oznaczenia zawartości wilgoci w kompozycie i do prasowania folii o grubości ok. 0,2 mm. Folie prasowano w temp. 185°C. Wycięte z folii paski o szerokości 10 mm zrywano maszyną wytrzymałościową *Instron 5966*.

Wyniki badań i ich omówienie

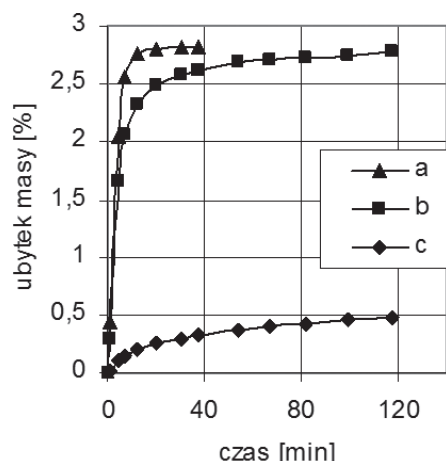
Zawartość wilgoci w zmielonym kompozycie o większych i mniejszych cząstkach, przechowywanym w otwartym pojemniku w warunkach normalnych, nie przekraczała 3%. Wiosełka składowane w takich warunkach zawierały tylko ok. 0,5% wilgoci (Rys. 1).

Wysuszony kompozyt pozostawiony w otwartym naczyniu w kontakcie z powietrzem w temp. 20°C ponownie chłonił wilgoć.

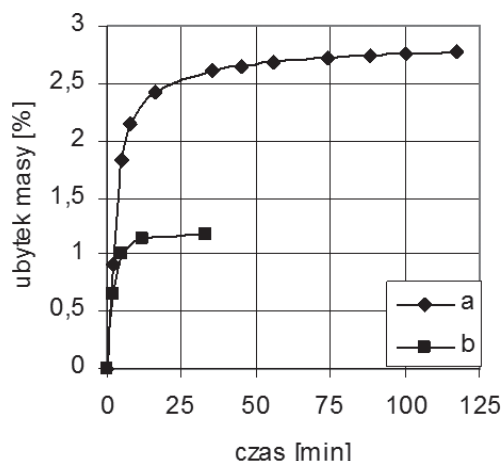
Stopień rozdrobnienia miał istotny wpływ na szybkość suszenia. Kompozyt o mniejszych cząstkach suszył się w temp. 120°C o ok. 80 minut krócej niż frakcja o cząstkach większych. Fragment kształtki wiosełkowej (beleczy), mimo znacznie mniejszej zawartości wilgoci, wysuszył się w tym samym czasie co frakcja o cząstkach większych.

Ilość wilgoci absorbowanej w ciągu godziny z powietrza istotnie zależała od postaci próbki (Rys. 2).

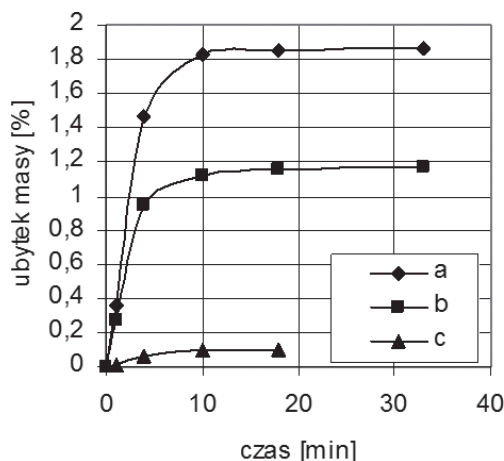
Po upływie jednej godziny wilgotność kompozytu o mniejszych cząstkach wynosiła 1,867%, a o większych cząstkach 1,171%. Zawartość wilgoci w beleczy wyniosła 0,094%. Aby tę pochłoniętą powtórnie z powietrza wilgoć znowu usunąć należało rozdrobniony kompozyt w obu przypadkach suszyć przez 34 minuty, a beleczy przez 18 minut.



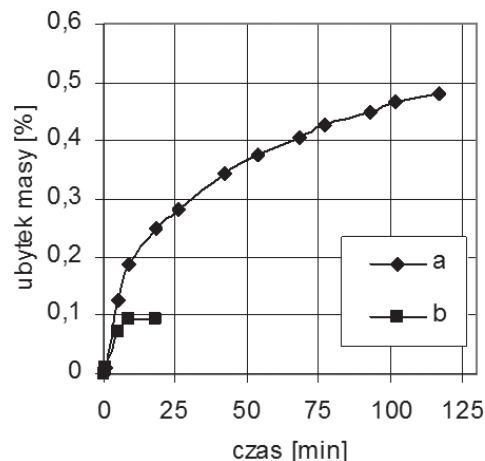
Rys. 1. Zależność ubytku wilgoci od czasu suszenia dla kompozytu przechowywanego w warunkach normalnych: a – kompozytu o mniejszych cząstkach, b – kompozytu o większych cząstkach, c – belezki



Rys. 4. Zależność ubytku wilgoci od czasu suszenia dla kompozytu o większych cząstkach podczas: a – pierwszego suszenia w temp. 120°C, po składowaniu w warunkach normalnych, b – ponownego suszenia w temp. 120°C, po jednogodzinnej ekspozycji na działanie powietrza w temp. 20°C

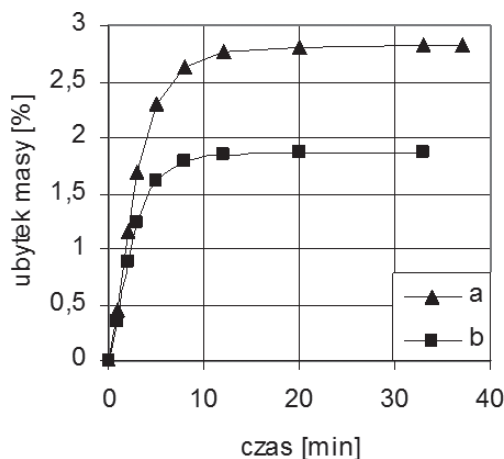


Rys. 2. Zależność ubytku wilgoci od czasu suszenia w kompozycie po wcześniejszym wysuszeniu w temp. 120°C, jednogodzinnym wystawieniu na działanie powietrza w temp. 20°C i ponownym suszeniu w temp. 120°C dla: a – kompozytu o mniejszych cząstkach, b – kompozytu o większych cząstkach, c – belezki



Rys. 5. Zależność ubytku wilgoci od czasu suszenia dla fragmentu kształtki wiślokowej podczas: a – pierwszego suszenia w temp. 120°C, po składowaniu w warunkach normalnych, b – ponownego suszenia w temp. 120°C, po jednogodzinnej ekspozycji na działanie powietrza w temp. 20°C

Porównanie krzywych a i b na rys. 3–5 wykazuje, że proporcjonalnie do wilgotności granicznej osiągananej przy składowaniu na powietrzu w warunkach normalnych najwięcej wilgoci z powietrza po zakończeniu suszenia chłonie kompozyt o mniejszych cząstkach.



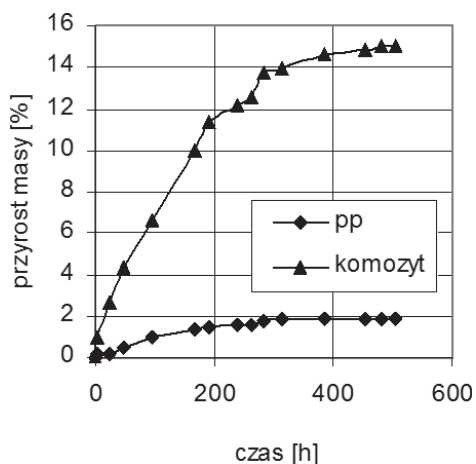
Rys. 3. Zależność ubytku wilgoci od czasu suszenia dla kompozytu o mniejszych cząstkach podczas: a – pierwszego suszenia w temp. 120°C, po składowaniu w warunkach normalnych, b – ponownego suszenia w temp. 120°C, po jednogodzinnej ekspozycji na działanie powietrza w temp. 20°C

Przy składowaniu wysuszonego przemiału przed ponownym przetwórstwem istnieje konieczność zabezpieczenia go przed ponownym zawilgoceniem.

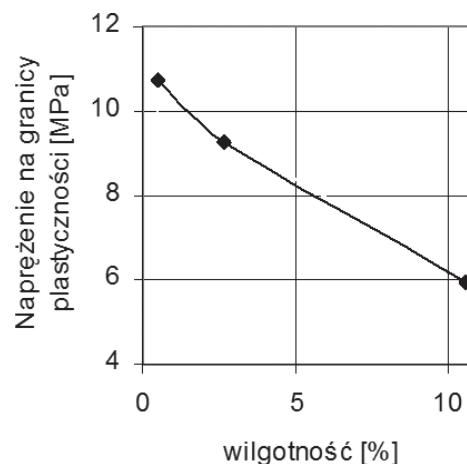
Długotrwałe przetrzymywanie litych kształtek w wodzie wykazało (Rys. 6), że nie tylko kompozyt jest zdolny do pochłaniania wody. Polipropylen uważany za polymer hydrofobowy może także absorbować wodę, a przyrosty masy próbek zanurzonych w wodzie ustają dopiero po 385 godzinach. Graniczna nasiąkliwość polimeru wyniosła w badanym przypadku 1,89%. Kompozyt ma nasiąkliwość znacznie większą, która po upływie trzech tygodni osiągnęła 15,05% i jeszcze nie ustabilizowała się.

Skuteczność suszenia zmielnego kompozytu na dnie warstwy o grubości 5 cm widać na rys. 7. Przed rozpoczęciem suszenia kondycjonowany nad powierzchnią wody przemiał zawierał 10,558% wilgoci. Już po półgodzinnym suszeniu zawartość wilgoci spadła do 2,673%. Dalsze wygrzewanie w temp. 120°C przez kolejne 30 minut spowodowało odparowanie wody do poziomu 0,785%. Następne pół godziny suszenia pozwoliło praktycznie osiągnąć graniczną wartość wilgotności 0,519%. Po dwóch godzinach utrzymywania w temp. 120°C kompozyt zawierał 0,510% wilgoci.

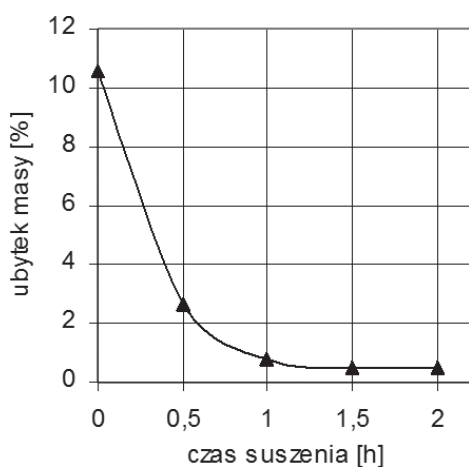
Prasowanie folii z kompozytu kondycjonowanego nad powierzchnią wody bez wcześniejszego suszenia prowadziło do powstawania kawern w polipropylenowej osnowie. Im większa była zawartość wilgoci w prasowanym przemiale tym wytrzymałość folii była mniejsza



Rys. 6. Nasiąkliwość litych cylindrycznych kształtek polipropylenu i kompozytu



Rys. 8. Przebieg zmian naprężenia na granicy plastyczności folii prasowanych z kompozytu zawierającego różne ilości wilgoci



Rys. 7. Wpływ czasu suszenia w temp. 120°C na zawartość wilgoci w kompozycie kondycjonowanym wcześniej nad powierzchnią wody

(Rys. 8). Zastosowanie suszenia znacznie poprawiło wyniki oznaczeń naprężenia na granicy plastyczności. Korzystny wpływ ubytku wilgoci widoczny był przez półtorej godziny trwania suszenia. Wydłużenie czasu wygrzewania w temp. 120 °C do dwóch godzin nie powodowało już dalszej poprawy wytrzymałości kompozytu za zerwanie.

Przeprowadzone badania wykazały, że wyroby użytkowe z kompozytu polipropylen/mączka drzewna eksploatowane w terenie otwartym – w wodzie lub nad wodą będą zawierały znaczną ilość wilgoci. Rozdrobnienie ich i usunięcie wilgoci umożliwi ponowne przetwórstwo bez pogorszenia właściwości użytkowych kompozytu.

Wnioski

- Kompozyt polipropylen/mączka drzewna 50/50 jest zdolny do absorbowania znacznych ilości wody. Lite kształtki zanurzone przez trzy tygodnie w wodzie mogą zawierać więcej niż 15% wody, a rozdrobniony kompozyt przetrzymywany nad lustrem wody przez kilkanaście tygodni może pochłonąć więcej niż 10% wody.
- Obecność wilgoci w rozdrobnionym tworzywie użytkowym może uniemożliwić recykulację materiałową, gdyż jego ponowne przetwarzanie w wysokiej temperaturze powoduje powstawanie kawern pogarszających jego właściwości użytkowe.
- Suszenie rozdrobnionego kompozytu w temp. 120°C w suszarce obiegowej jest bardzo skuteczne. Przemiał zawierający początkowo 10,558% wilgoci, po półgodzinnym suszeniu, zawierał już tylko 2,673% wilgoci. Po wydłużeniu czasu suszenia do półtorej godziny otrzymano dobrze przetwarzający się materiał nie zawierający kawern.
- Prowadzenie badań kontrolnych zawartości wilgoci w przemiale w trakcie suszenia pozwoliło na skrócenie zalecanego zwykle czasu suszenia (dwa godzin) o jedną czwartą.

LITERATURA

- Pritchard G., 2004. Two technologies merge: wood plastic composites *Plastics Additives & Compounding* July/August 18-21. DOI: 10.1016/S1464-391X(04)00234-X
- Wąsicki A., Kościuszko A., 2011. DSC investigations of the surface layer of an aged polypropylene/wood composite *Polimery*, **56**, nr 5, 401-404
- Wąsicki A., Burek A., 2010. Wpływ recykulacji materiałowej i starzenia w warunkach laboratoryjnych na właściwości kompozytu polipropylenu z mączką drzewną *Inż. Ap. Chem.* **49**, nr 5, 125-126