

KOMPOZYTY POLIMEROWO-DRZEWNE

Stanisław Zajchowski, Jolanta Tomaszewska

Zakład Technologii Polimerów, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
ul. Seminaryjna 3, 85-326 Bydgoszcz, jolanta.tomaszewska@utp.edu.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono problemy nazewnictwa kompozytów polimerowo-drzewnych oraz rys historyczny i kierunki ich rozwoju. Scharakteryzowano najważniejsze składniki stosowane do wytwarzania WPC.

Słowa kluczowe: kompozyty polimerowo-drzewne, terminologia, napelniacze, środki pomocnicze

Doniesienia literatury z ostatnich lat wskazują na gwałtownie rosnące zainteresowanie zarówno ośrodków badawczych, jak i przemysłu kompozytami z tworzyw polimerowych zawierających napelniacze pochodzenia roślinnego. Tematowi temu poświęcono kilka światowych, regularnie odbywających się konferencji, np. w Kassel, Madison czy Wiedniu, a ostatnio w Kolonii [2 Deutscher WPC-Kongress 2007, Global Wood and Natural Fibre Composites Symposium, International Conference on Woodfiber-Plastic Composites, Wood Plastic Composites], gdzie szczególną uwagę skupiono na kompozytach polimerowo-drzewnych (WPC).

Wyróżnić można trzy powody, dla których kompozyty te cieszą się coraz większym zainteresowaniem, zarówno w krajach, gdzie drewno jest surowcem tanim, jak i w krajach, gdzie występuje jego deficyt. WPC stanowią wówczas cenny jego substytut. Przewiduje się, że roczny przyrost produkcji WPC na świecie do roku 2010 będzie wynosił dla różnych krajów od 10 do 20% [Information 2006].

Pierwszym powodem jest wyczerpywanie się, bez możliwości odnowy, złóż ropy i gazu, których cena stale wzrasta, co wpływa na wzrost cen polimerów. Częściowe ich zastąpienie w wytworach drewnem, surowcem tanim i odnawialnym, jest racjonalne ze względów ekonomicznych, a poza tym ekologicznych.

Drugim powodem zainteresowania kompozytami polimerowo-drzewnymi są dobre właściwości wytworów z nich otrzymanych poprzez połączenie korzystnych cech składników podstawowych: drewna i tworzywa polimerowego. Wytwory z kompozytów napelzionych mączką drzewną wykazują korzystne właściwości mechaniczne, wyższą sztywność, a w porównaniu z drewnem i tworzywami drzewnymi znacznie niższą nasią-

kliwość i spęcznienie oraz niższy skurcz liniowy [Błędzki i in. 2005, Gozdecki i in. 2006, Liber-Kneć i in. 2006, 2 Deutscher WPC-Kongress 2007].

Trzeci powód zastosowania materiałów drewnopochodnych jako napelniaczy to względy ekologiczne: nie stanowią one zagrożenia dla środowiska w trakcie procesów przetwarzania i recyklingu. Ponadto po odpowiedniej modyfikacji są częściowo biodegradowalne.

Kompozyt polimerowy jest tworzywem zawierającym napelniacz w dowolnej postaci, którego zadaniem jest mechaniczne wzmacnianie tworzywa. Napelniacz przybiera wówczas nazwę wzmacniającego [Sikora (red.) 2006].

Materiałem polimerowym napelnionym jest natomiast tworzywo zawierające napelniacz w dowolnej postaci [Sikora (red.) 2006]. Według tych definicji kompozyty zawierające tworzywo termoplastyczne i napelniacz w postaci mączki drzewnej mogą należeć do tej grupy materiałów polimerowych, w których napelniacz wykazuje cechy zbrojenia, tzn. powoduje poprawę właściwości mechanicznych tworzywa wyznaczonych w stanie ustalonym, czyli przy obciążeniu statycznym. Dodatek tego rodzaju napelniacza nie poprawia właściwości mechanicznych przy obciążeniu dynamicznym lub zmęczeniowym.

W literaturze światowej kompozyty zawierające drewno określa się anglojęzyczną nazwą Wood Plastic Composites (WPC), stosowaną także w literaturze polskiej. Niektórzy autorzy proponują jednak określenie WF-PVC [Kaczmarek i in. 2008], prawdopodobnie dla uściślenia nazwy kompozytu zawierającego PVC i włókna drzewne. Kompozyty te określa się również mianem tworzywa drewniane lub tworzywa drewnopolimerowe, w odróżnieniu od tworzyw drzewnych typu MDF, sklejka, itp. Nazwy te są szczególnie popularne wśród autorów prac z dziedziny badań nad drewnem i tworzywami drzewnymi.

Z proponowanych w literaturze światowej definicji terminu WPC najbardziej zgodna z podstawami nazewnictwa proponowanymi w literaturze polskiej [Sikora (red.) 2006] jest definicja, która jednocześnie precyzuje kryteria, jakie kompozyty te muszą spełniać, aby należeć do grupy WPC. Według tej definicji „WPC są kompozytami dającymi się przetwarzać termoplastycznie, w skład których wchodzi drewno, tworzywo polimerowe i środki pomocnicze o różnym udziale” [Vogt i in. 2006]. W tej definicji istotne jest określenie „przetwarzać termoplastycznie” z uwagi na to, że w skład kompozytu nie musi koniecznie wchodzić tworzywo termoplastyczne. Chociaż tworzywo to jest najczęściej stosowane jako osnowa WPC, to znane są kompozyty, w których osnowę stanowi materiał utwardzalny. Tworzywo o osnowie z takiego materiału można nazwać WPC jedynie wówczas, gdy przynajmniej raz było w sposób „termoplastyczny przetworzone”. Biorąc jednak pod uwagę uwarunkowania rynkowe i często konserwatywne podejście odbiorców, nie tylko polskich, którym negatywnie kojarzy się określenie plastik czy tworzywo sztuczne, kompozyty nie powinny mieć w nazwie słów „polimerowe” czy „sztuczne”. Stwierdzono, że jeśli w nazwie wyrobu znajdują się tego typu wyrazy, to sprzedaż maleje o ok. 30% [Vogt i in. 2006]. Bardziej odpowiednie wydają się zatem takie określenia jak np. tworzywo drewniane lub kompozyty drzewne. Wiele firm z wymienionych względów stosuje nazwy handlowe (tab. 1).

Różnice pomiędzy kompozytami polimerowo-drzewnymi i tworzywami drzewnymi polegają zasadniczo na odmiennych metodach przetwórstwa. W przypadku kompozytów ich zaletą jest przede wszystkim możliwość otrzymania wytworów metodą wytłaczania

lub wtryskiwania, bez konieczności dodatkowej obróbki mechanicznej. Jeżeli jednak istnieje taka konieczność, należą one do łatwych w obróbce, na ogół wystarczające są typowe narzędzia, takie jak obrabiarki do drewna lub metalu. Do łączenia kompozytów WPC można stosować gwoździe, kołki, śruby lub klej. Ich powierzchnia może być wykańczana przez malowanie, okleinowanie lub laminowanie. Można je również barwić w masie podczas procesu wtryskiwania czy wytłaczania.

Tabela 1. Producenci WPC w Europie, rodzaj i ilości stosowanej osnowy i napelnacza [Vogt i in. 2006]

Table 1. European WPC producers with type and amount of matrix and filler specification

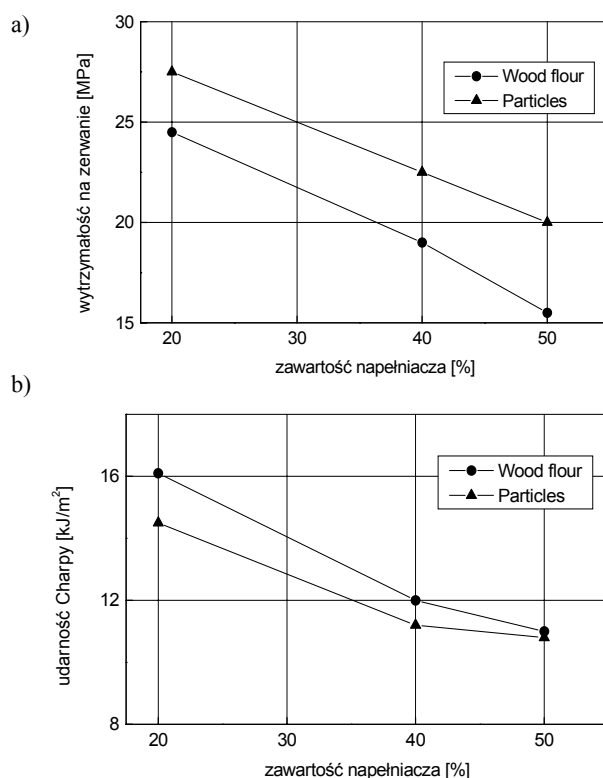
Firma	Nazwa handlowa	Osnowa polimerowa	Udział tworzywa polimerowego %	Udział drewna %
Beologic	Beoline, Beofibre	PVC, PP, PE	max. 50	max. 85
CopyWood	CopyWood	PP, PE, PVC, PET	30	70
Fagerdala Deutschland	Fawo@wood	PP	20	80
Fasalex	Lex	PP/skrobia	max. 15	max. 75
FKUR	Fibrolon 46 N	PP	60	40
Häussermann	Wetterholz	PP, PE	30	70
Kosche	Kovalex	PP, PE	max. 40	max. 80
Megawood	MegaWood	PP	max. 20	max. 90
Möller	Lignodur	PVC	70	30
Polykemi	Scanwood	PP	max. 65	max. 55
Pro Poly Tec	TPF	PP, PVC	20	80
JRS	Lignocel	PP	30	70
TechWood	TechWood	PP	30	70
Technamation	Fobroform	PP, HDPE, PVC, ABS	max. 60	max. 70
Tecnaro	Arbofill	PP	30	70
Werzalit	S2-30	PP	max. 70	max. 60

Początki WPC sięgają lat 20. XX wieku, kiedy podjęto próby modyfikacji bakelitu mączką drzewną. Do historii już przeszło, świadczące już wówczas o randze tego kompozytu, jego pierwsze zastosowanie w samochodach Rolls Royce w rączkach dźwigni zmiany biegów. Przez następne 40 lat osnowę kompozytów stanowiły głównie tłoczywa termoutwardzalne. Zmiana rodzaju osnowy na termoplastyczną wymagała opracowania nowych technologii, co związane było z problemem jednorodnego wymieszania włókien napelnacza, jak również opracowania nowej generacji maszyn przetwórczych. W następnych latach głównym kierunkiem zainteresowań zarówno naukowców, jak i przetwórców była poprawa właściwości mechanicznych WPC, które zawsze uważano za kluczowe z punktu widzenia zastosowań w postaci materiałów konstrukcyjnych np. w budownictwie.

Kolejny etap rozwoju WPC związany był z wprowadzeniem środków sprzęgających w celu polepszenia kompatybilności napelnaczy drzewnych z osnową polimerową. Rozszerzono także wachlarz polimerów stosowanych jako osnowa WPC, oprócz polietylenu zaczęto wprowadzać polipropylen, poli(chlorek winylu) czy ABS. Najnowszy etap historii WPC rozpoczął się na początku lat 90., kiedy rozwój zaawansowanych technologii recyklingu wymusił stosowanie dużych ilości napelnacza w kompozytach. Rozpo-

często produkcję wytworów z WPC zawierających 45–55% włókien drzewnych w polietylenie oraz PVC, np. profile drzwiowe, a później okienne [Klyosov 2007].

Termoplastyczne tworzywa polimerowe stosowane do wytwarzania WPC mogą występować w postaci granulatów pierwotnych, bądź mogą pochodzić z recyklingu. Również kompozyty wytwarzane na ich podstawie można poddawać recyklingowi materiałowemu, co w wielu przypadkach prowadzi nawet do polepszenia niektórych właściwości użytkowych [Sterzyński i in. 2007].



Rys. 1. Wpływ zawartości różnych typów napelniaczy drzewnych (mączki drzewnej i cząstek stosowanych do produkcji płyt wiórowych) na wytrzymałość na zerwanie (a) i udarność Charpy (b) [Gozdecki i in. 2006]

Fig. 1. Influence of different wood fillers types (wood flour and particles from the particleboard manufacturing) on tensile strength (a) and Charpy impact strength (b)

Spośród termoplastów najczęściej stosuje się polimery wielkotonazowe: poliolefiny lub PVC (tab. 1), rzadziej PS, ABS lub polimery biodegradowalne. O ile na rynku europejskim do produkcji WPC stosuje się głównie polipropylen, to produkcja WPC w USA opiera się przede wszystkim na polietylenie, często pochodzącym z recyklingu [Research Report 2003]. Taki wybór tworzyw polimerowych stosowanych jako osnowa WPC wyni-

ka z faktu, że temperatura przetwarzania kompozytów nie powinna przekraczać 190°C ze względu na rozkład niektórych składników drewna, np. ligniny czy hemicelulozy.

Napełniacz stosowany do wytwarzania WPC może być różnego pochodzenia i mieć różną postać: drzazg, wiórów i zrębków. Może pochodzić z drzew iglastych (sosna, świerk) i zdecydowanie rzadziej z drzew liściastych (dąb, klon). Rozdrabnianie prowadzi się do uzyskania włókien o długości 0,5–30 mm i grubości 0,02–0,04 mm; typowa długość włókien drzewnych to 2,5–3 mm i grubość 0,03 mm. Jednak przeważnie (np. firma Rettenmaier&Söhne) stosuje się cząstki drzewne, których długość zbliżona jest do ich wymiaru poprzecznego (0,07–2 mm). Cząstki te poddaje się niekiedy obróbce, zwłaszcza ich powierzchni, prowadząc modyfikację np. metodą acetylowania [Błędzki i in. 2006].

Napełniacz drzewny może pochodzić z odpadów powstających podczas wyrębu drzew lub podczas późniejszej ich obróbki (odpady potartaczne). Mogą też być wykorzystane drzewne odpady użytkowe, np. meble, palety, a nawet rozdrobnione płyty MDF [Gozdecki i in. 2005]. Ta ostatnia metoda rokuje duże nadzieje ze względów ekologicznych. Pozbycie się bez zanieczyszczenia środowiska poprodukcyjnych odpadów MDF lub starych mebli, do których wytworzenia używano formaldehydu, fenolu, mocznika czy melaminy jest trudne. Właściwości otrzymanych kompozytów zależą istotnie od rodzaju, ilości stosowanego napełniacza i wielkości jego cząstek [Błędzki i in. 2005].

Środki pomocnicze są często niezbędne do wytworzenia WPC, stosuje się je najczęściej w ilościach od 1 do 4%. Przez dodatek środków pełniących funkcję promotorów adhezji międzyfazowej, np. bezwodnika maleinowego szczepionego na PP, uzyskuje się odpowiednie połączenie pomiędzy hydrofilową powierzchnią cząstek drewna a hydrofobową powierzchnią polimeru, co skutkuje polepszeniem m.in. właściwości mechanicznych (rys. 1). W zależności od wymagań stosuje się inne dodatki: stabilizatory świetlne (od 0,1 do 0,25%), smary (od 0,25 do 2%), pigmenty oraz środki grzybobójcze i zmniejszające palność, a także napełniacze nieorganiczne (np. kreda, mika, talk).

Aktualne trendy w rozwoju WPC dotyczą zastosowań długich włókien celulozowych oraz nanocząstek, które są obiecującym środkiem pomocniczym zmniejszającym relatywnie wysoką palność WPC (z wyłączeniem tych o osnowie PVC). Uwaga naukowców i przedsiębiorców budowlanych skoncentrowana jest w czasie ostatnich kilku lat także na wytwarzaniu i zastosowaniach spienionych oraz zawierających tworzywa biodegradowalne (np. kwas polilaktydowy) gatunków WPC.

PIŚMIENNICTWO

2 Deutscher WPC-Kongress, Köln Dezember 2007.

Błędzki A.K., Faruk O., Mamun A.A. 2008. Influence of compounding processes and fibre length on the mechanical properties of abaca fibre-polypropylene composites. *Polimery* 53, 120.

Błędzki A.K., Letman M., Tanczos I., Putz R. 2006. Acetylation and coupling agent effect of wood fibre on the physical and mechanical properties of WPC. 6th Global Wood and Natural Fibre Composites Symposium, Kassel (P 26-1).

Błędzki A.K., Sperber V.E. 2005. Scientific Presentations 1999-2005 Wood and Natural Fibre Composites, University of Kassel.

Błędzki A.K. (red.). Global Wood and Natural Fibre Composites Symposium. Kassel, 6 konferencji.

Gozdecki C., Kociszewski M., Zajchowski S., Patuszyński K. 2005. Wood-based panels as a filler of wood-plastic composites. *Ann. Warsaw Agric. Univ., Forestry and Wood Technology* 56, 255.

- Gozdecki C., Kociszewski M., Zajchowski S. 2006. Use of particles from the particleboard manufacturing for the polypropylene filling. *Ann. Warsaw Agric. Univ., Forestry and Wood Technology*, 58, 326.
- Information, 2006. Wood-plastic composite growth taking off in Europe. *Additives for Polymers*, 5, 9.
- International Conference on Woodfiber-Plastic Composites, Madison, USA, 6 konferencji
- Kaczmarek H., Zielińska A., Sionkowski G., Bajer K., Stasiek A., Dzwonkowski J. 2008. The resistance of wood fibers-poly(vinyl chloride) composites to UV-irradiation. *Polimery* 53, 60.
- Klyosov A.A. 2007. *Wood-Plastic Composites*. John Wiley & Sons, Inc., Publ., Hoboken, New Jersey.
- Liber-Kneć A., Kuciel S., Dziadur W. 2006. Estimation of mechanical (static and dynamic) properties of recycled polypropylene filled with wood flour. *Polimery* 51, 571.
- Research Raport 2003. *Wood Plastic Composites Study – Technologies and UK Market Opportunities*. The Waste and Resources Action Programme The Old Academy Banbury.
- Sikora R. (red.) 2006. *Przetwórstwo tworzyw polimerowych, podstawy logiczne, formalne i terminologiczne*. Politechnika Lubelska, Lublin.
- Sterzyński T., Szafkowski J. 2007. Ocena wpływu wielokrotnego przetwórstwa na właściwości odpadowych kompozytów polimerowo-drzewnych. 6. Środkowoeuropejska Konferencja „Recykling i Odzysk Materiałów Polimerowych Nauka-Przemysł”. Ustroń-Jaszowiec, 165.
- Vogt D. (red.) 2006. *Wood-Plastic-Composites (WPC)-Holz-Kunststoff- Verbundwerkstoffe – Märkte in Nordamerika, Japan und Europa mit Schwerpunkt auf Deutschland*, nova-Institut GmbH, Hürth.
- Wood Plastic Composites, Wiedeń, 3 konferencje.

WOOD POLYMER COMPOSITES STATE-OF-ART

Summary. In this paper the aspects of terminology of wood-polymer composites and history and progress in WPC technology is presented. The most significant components of WPC production are characterized.

Key words: wood-plastic composites, terminology, fillers, additives