

Zbigniew FRAŚCZAK<sup>1)</sup>, Bogusław KRÓLIKOWSKI<sup>1)</sup>, Adam BUCHELT<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników, Toruń;  
ul. Skłodowskiej-Curie 55, 87-100 Toruń; z.fraszczak@impib.pl

<sup>2)</sup> Zakłady Przetwórstwa Surowców Chemicznych i Mineralnych „Piotrowice II”, Tarnobrzeg

## Perlit jako napełniacz tworzyw termoplastycznych

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono właściwości perlitu oraz możliwości zastosowania tego minerału jako napełniacza w tworzywach termoplastycznych. Jest to szczególnie istotne z punktu widzenia zagospodarowania odpadów technologicznych powstałych w procesie wytwarzania perlitu ekspandowanego jako materiału stosowanego w budownictwie do produkcji materiałów izolacyjnych oraz napełniania betonu.

### PERLITE AS A FILLER FOR THERMOPLASTICS

**Abstract:** The properties of perlite and possibilities of its application as a mineral filler for thermoplastic resins have been presented in this paper. This is very important because of the re-use of technological wastes arising in manufacturing of expanded perlite for production of insulating materials and concrete extenders in civilian engineering.

Zastosowanie perlitu jako napełniacza do powszechnie stosowanych termoplastycznych tworzyw konstrukcyjnych, takich jak polietylen małej i dużej gęstości, polipropylen, polistyren, poli(tereftalan etylenu) oraz poliamid jest ważne z praktycznego punktu widzenia. Można oczekiwać, że zachowanie się perlitu jako napełniacza będzie podobne do napełniaczy typu nano, takich jak np. montmorylonit (MMT), chociaż oba materiały mają zupełnie różną strukturę. MMT jest glinokrzemianem w formie lamelarniej a perlit ma skład chemiczny podobny do szkła i występuje w nieregularnej formie przestrzennej.

Perlit zawiera  $\text{SiO}_2$  (65-75%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (10-18%),  $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$  (6-9%),  $\text{MgO}+\text{CaO}$  (2-6%) oraz  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1-5%). Jest on formą naturalnego szkła obojętną chemicznie (pH ok. 7). Masa właściwa perlitu surowego wynosi 2,23-2,40  $\text{Mg}/\text{m}^3$ , gęstość pozorna 1,00-1,30  $\text{Mg}/\text{m}^3$ , twardość 5,5-7,0 wg skali Mohsa a temperatura topnienia 950-1300°C. Jest łamliwy i łatwo się kruszy [1].

Perlit jest to minerał pochodzenia wulkanicznego [2,3,4]. Ruda perlitowa sprowadzana jest ze Słowacji lub z Węgier, gdzie pozyskiwana jest w postaci litej skały w kopalniach od-

krywkowych. W dawnych epokach geologicznych szybko stygnąca w środowisku wodnym lava wydobywająca się z podmorskich wulkanów zamykała w swoim wnętrzu krople wody. To właśnie te zamknięte w zastygłej i zwietrzałej lawie krople wody (2-5%), są odpowiedzialne za jego specyficzne właściwości.

Wydobyty ze złoża perlit zostaje zmielony do odpowiedniej granulacji a następnie wprowadzony na kilka sekund do pieca, w którym panuje temperatura 900-1100°C. Zamknięte w ziarenkach krople wody wytwarzają parę wodną o ciśnieniach wystarczających do rozkruszenia materiału do wielkości od kilkudziesięciu  $\mu\text{m}$  do kilku mm [5,6]. Równolegle przebiega proces spiekania szklawa wulkanicznego i tworzą się przeważnie wewnątrz puste i trochę nieregularne, szkliste „mikrobombki”. Proces ten nosi nazwę ekspansji (spęczania), a otrzymany produkt o białawej barwie to perlit ekspandowany. Objętość ziaren zwiększa się 5-20 razy [7]. Podstawowe własności perlitu ekspandowanego w stanie sypkim z danych literaturowych przedstawiono w tabeli 1.

Na zdjęciu (rys. 1) zilustrowano proces wytwarzania perlitu ekspandowanego. Ruda perlitowa (z prawej strony zdjęcia) mielona jest do



Rys. 1. Wytwarzanie perlitu ekspandowanego  
Fig. 1. Stages of manufacturing of expanded perlite

odpowiedniej granulacji na perlit surowy (proszek o szarej barwie w środku), a ten jest poddawany procesowi ekspandacji, w wyniku którego otrzymujemy perlit ekspandowany o barwie białej (z lewej strony zdjęcia).

**Tabela 1: Właściwości perlitu ekspandowanego w stanie sypkim**

**Table 1: Properties of expanded perlite in powder form**

Właściwość, jednostka	Wielkość
Przewodnictwo cieplne, W/mK	0,045÷0,059
Nasiąkliwość masowa, %	300÷80
Nasiąkliwość objętościowa, %	30÷15
Higroskopijność, %	0,8÷0,2
Ognioodporność, °C	850÷900
Ścisłość przy 100 kPa, %	28÷20
Ścisłość przy 10 kPa, %	23÷12
Wytrzymałość na ściskanie (przy ubiciu 10%), MPa	0,14÷0,40
Ciepło właściwe, kJ/(kg·°C)	0,96÷0,92
Odporność chemiczna	jak szkło
pH	6,5÷7,5

Zakłady Górniczo-Metalowe „Zębiec” S.A. produkują perlit ekspandowany w czterech klasach w zależności od wielkości ziaren. Na zdjęciu rys. 2 przedstawiono perlit klasy I i III.

Perlit stosowany jest głównie jako surowiec w procesie wytwarzania izolacyjnych materiałów budowlanych. Charakteryzuje się wysoką izolacyjnością cieplną i akustyczną oraz ogniotrwałością przy dużej wytrzymałości mecha-

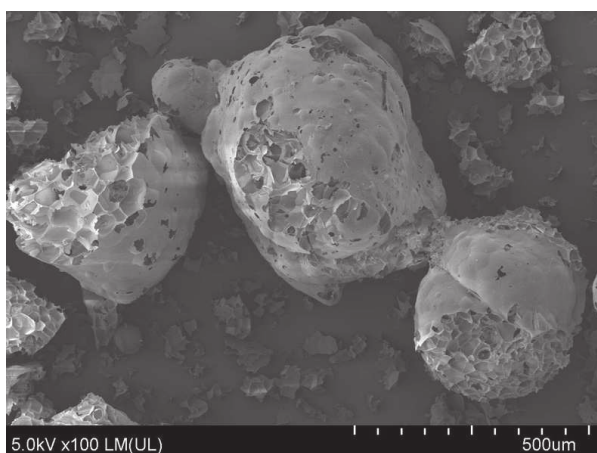


Rys. 2. Zdjęcia perlitu pod klasycznym mikroskopem powiększone 50×: u góry – kl. I, na dole – kl. III  
Fig. 2. 50 × Microscope magnification of perlite of class I (up) and class III (down)

nicznej. Podczas prażenia mielonej skały dla celów budownictwa powstają frakcje perlitu ekspandowanego o różnej wielkości ziarna, z których frakcja o ziarnistości poniżej 200 μm, połamana w procesie transportu pneumatycznego, jest nieprzydatna dla materiałów budowlanych [3,6,7,8]. Perlit ten (zdjęcie SEM przedstawiono na rys. 3) uważany jako odpad, stanowi problem dla środowiska.

Od dawna próbowano wykorzystywać taką frakcję do wielu celów praktycznych. Po odpowiednim zmieleniu i dalszej obróbce znalazła ona zastosowanie jako wkłady filtracyjne,

głównie w przemyśle spożywczym, a także doskonale sprawdziła się w zestawach naprawczych w mieszaninach tworzywowych w połączeniu z żywicami termo- lub chemoutwardzalnymi, przy renowacji dużych powierzchni elementów konstrukcyjnych np. na jachtach czy żaglówkach [1]. Największe, przesiane ziarna perlitu nawet powyżej 2 mm



Rys. 3. Zdjęcie SEM odpadowego perlitu powiększenie 100×

Fig. 3. SEM 100 × magnification of waste perlite

w mieszaninie z humusem lub torfem używany jest też jak podłoże do upraw hydroponicznych stosowanych w ogrodnictwie [5] a także jako składnik dentystycznych past wybielających lub czyszczących [9]. W kraju perlit produkują m.in. zakłady w Zębcu [1], w Bełchatowie [6] i w Tarnobrzegu (Piotrowice II) [8].

W literaturze naukowej znaleziono bardzo niewiele doniesień dotyczących mieszanin perlitu z tworzywami termoplastycznymi [10]. Przeprowadzone wstępne badania wykazały, że mieszaniny wytwarzane z użyciem tworzyw termoplastycznych, napełnione perlitem mogą stanowić materiał konstrukcyjny o nowej jakości, który będzie mógł znaleźć zastosowanie w wielu dziedzinach techniki (przemysł elektrotechniczny, elementy konstrukcyjne w budownictwie, małe artykuły AGD itd.).

Dokonano oceny możliwości przygotowywania nowych mieszanin polimerów termo-

plastycznych napełnianych przetworzonym wulkanicznym materiałem mineralnym – perlitem. Częstki ekspandowanego perlitu posiadają nieregularny kulisty kształt o intensywnie uźebrowanej powierzchni. Porowata powierzchnia perlitu zapewnia dobrą adhezję do różnego typu polimerów i żywic. Wymaga ona jednak osłony hydrofobowej celem zabezpieczenia przed ingerencją wilgoci, szczególnie podczas składowania a także absorpcji polimeru do wnętrza cząstek perlitu. Wstępnie wytworzono mieszaniny o różnym stopniu napełnienia oraz przeprowadzono badania określając ich właściwości użytkowe, które będą determinowały zakres zastosowania wytworzonego nowego materiału polimerowego. Jako osnowę polimerową do badań wstępnych wykorzystano polietylen dużej gęstości (PE-HD). Mieszaninę przygotowano w postaci granulatów na wyłęczarce dwuślimakowej o budowie segmentowej ślimaków.

Wstępne próby wykorzystania perlitu do modyfikowania polietylenu okazują się być obiecujące. Materiał kompozytowy ma większą wytrzymałość na rozciąganie a jednocześnie charakteryzuje się wyższą wartością współczynnika sprężystości wzdłużnej. Pogarsza się co prawda płynięcie mieszaniny, ale w efekcie uzyskuje się produkt odznaczający się większą sztywnością i sprężystością [11].

Autorzy uważają za zasadne prowadzenie dalszych prób ze wzrostem udziału perlitu w mieszaninie i określenie możliwego maksymalnego stopnia napełnienia. W tym celu przewiduje się dostosowanie układu uplastyczniającego maszyny przetwórczej, który poprawi ujednorodnienie całej mieszaniny oraz umożliwi większy stopień napełnienia matrycy polimerowej. Możliwe to będzie na stanowisku wyłęczarki dwuślimakowej współbieżnej z wykorzystaniem dodatkowego dozownika bocznego.

Jednym z ważniejszych problemów jest zapewnienie powtarzalności właściwości napełniacza związane ze stabilnością jego struktury. Można to osiągnąć poprzez dobór odpo-



wiednich modyfikatorów (substancji hydrofobizujących) jak i substancji ułatwiających przetwórstwo oraz zmniejszających abrazyjność mieszaniny. Ze względu na rozwiniętą powierzchnię właściwą napełniacza jak i twardość samego materiału, podobną do twardości rutylu ( $\text{TiO}_2$ ) problem ten staje się kluczowy.

#### Literatura:

1. Perlit ekspandowany. Zastosowanie. Zakłady Górniczo-Metalowe Zębice S.A., informacja techniczna. [www.zebiec.pl/pl/oferta/produkcja-prze-robcza/perlit-ekspandowany](http://www.zebiec.pl/pl/oferta/produkcja-prze-robcza/perlit-ekspandowany), dostęp w dniu 14.11.2012.
2. Perlite vs. Polystyrene in potting mixes, [www.perlite.com.pl](http://www.perlite.com.pl), dostęp w dniu 14.11.2012.
3. Perlite/silicate composites for high temperature insulation and formed shapes, [www.perlite.com.pl](http://www.perlite.com.pl), dostęp w dniu 14.11.2012,
4. [www.e-izolacje.pl/a/4431,perlit-naturalna-izolacja](http://www.e-izolacje.pl/a/4431,perlit-naturalna-izolacja), dostęp w dniu 28.09.2012.
5. [www.hydroonline.pl/vefi/agro-perlit-515](http://www.hydroonline.pl/vefi/agro-perlit-515), dostęp w dniu 23.08.2012.
6. [www.perlipol.com.pl](http://www.perlipol.com.pl), dostęp w dniu 21.09.2011.
7. [www.perlit-polska.pl](http://www.perlit-polska.pl), dostęp w dniu 21.09.2011.
8. [www.piotrowice.com.pl](http://www.piotrowice.com.pl), dostęp w dniu 16.11.2011.
9. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7855578](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7855578), dostęp w dniu 28.09.2012.
10. H. Tian, H. Tagaya, 2007, *J. Material Sci.*, 2007, **42**, 3244.
11. Frąszczak Z., Królikowski B., Buchelt A.: *Przem. Chem.*, 2013, **92**, 2110.

## KONFERENCJA

# INFRASTRUKTURA PODZIEMNA MIAST 2014

## INSTRUKCJA DLA AUTORÓW REFERATÓW

Wytyczne wydawnictwa Balkema dotyczące edycji referatów dostępne są na stronie internetowej konferencji <http://www.uiua2014.pwr.wroc.pl/> w zakładce „Do pobrania”.

Z uwagi na wymagania edycyjne wydawnictwa Balkema powinien liczyć 8, 10 lub 12 (maksymalnie) stron.

Zakwalifikowane referaty zostaną opublikowane w materiałach konferencyjnych pod warunkiem ich opracowania zgodnie z wytycznymi wydawnictwa Balkema.

Dodatkowym warunkiem opublikowania referatów jest wypełnienie i podpisanie załącznika „Consent” (przekazanie praw autorskich wydawnictwu Balkema). Załącznik wraz z manuskryptem referatu (wersja papierowa) należy przesłać pocztą na adres:

Politechnika Wrocławska, Instytut Inżynierii Lądowej  
50-370 Wrocław, Wybrzeże Wyspiańskiego 27

z dopiskiem: „**Infrastruktura Podziemna Miast 2014**”

Artykuły na konferencję należy przesłać dodatkowo w wersji elektronicznej jako pliki .doc na adres: [uiua@pwr.wroc.pl](mailto:uiua@pwr.wroc.pl)

– format plików: plik skompresowany w formacie zip,

– wielkość plików do 10 MB.

– pliki proszę nazywać jako: uiua2014-nazwisko imię autora

W przypadku problemów z przesyłaniem proszę o kontakt z webmasterem:

[marta.dudek@pwr.wroc.pl](mailto:marta.dudek@pwr.wroc.pl)

Z poważaniem

Andrzej Kolonko – sekretarz konferencji