

JOLANTA LATOSIŃSKA<sup>1</sup>  
ŁUKASZ J. ORMAN<sup>2</sup>  
NORBERT RADEK<sup>3</sup>

Kielce University of Technology  
al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7  
25-314 Kielce, Poland

<sup>1</sup>e-mail: jlatosin@tu.kielce.pl,

<sup>2</sup>e-mail: orman@tu.kielce.pl,

<sup>3</sup>e-mail: norrad@tu.kielce.pl

# WASTE MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF CERAMICS

## Abstract

*The paper presents the issue of the production of ceramic materials with the use of waste additives. Many types of waste can be added to clay in order to produce ceramics. In the paper the test results of SEM analysis have been presented for 26 x 26 x 10 mm samples made of clay and clay with additives (20% sewage sludge and 20% fly ash). 2000 times magnification was used.*

**Keywords:** ceramics, SEM images

## 1. Introduction

Waste generation is currently a global issue and a serious problem to both highly developed and developing nations. There are many types of waste that can be reused ranging from organic components such as sewage sludge to inorganic ones (glass, plastics, textiles, paper, etc). Waste might cause environmental and health hazards so its proper treatment is crucial. However, the technologies available nowadays are expensive or lead to other problems like in the case of landfilling. This method is most common due to low cost, but requires a lot of area – which is less and less available especially near big cities – and causes environmental treats related, among others, to uncontrolled biogas and leachate emissions. However, waste can and should be reused so that materials or energy can be recovered. In this way the demand for raw materials might be reduced. Energy recovery is linked to both direct incineration in special incineration plants or indirect thermal treatment. In this case the consumption of fossil fuels for energy generation is lower. All in all, the reuse of waste is advantageous and much is done to implement it on a broad scale. One of the industries, in which waste can be reused, is the building industry. The analysis of this issue and detailed

discussion can be found in [1]. For example waste can be applied in the production of ceramic materials such as bricks. Balgaranova et al. [2] presented the concept of the utilisation of sewage sludge and coke – chemical production wastes in the brick manufacturing process. Other authors [3] focused their experimental analyses on sewage sludge, which – as proven in the paper – can be used in the production of keramsite aggregate in the amount of 5 to 15% of dry mass. It was pointed out that sludge contains a lot of organics: 50 to 85% of dry mass and after its introduction to the keramsite a porous structure was formed. Liew et al. [4] investigated physical properties like shrinkage, density and compressive strength of bricks made with the use of sewage sludge. The content of dry sewage sludge ranged from 10 to 40% by weight. The paper by Wiebusch et al. [5] dealt with bricks produced with the addition of fly ash made after the incineration of sewage sludge. The maximal considered ash content reached 40% by weight. However, the addition of sewage sludge might not be very advantageous in terms of the properties of the final products – for example the use of sewage sludge as an ingredient in bricks' production may lead to problems related to shrinkage or soaking, as presented in Figure 1.

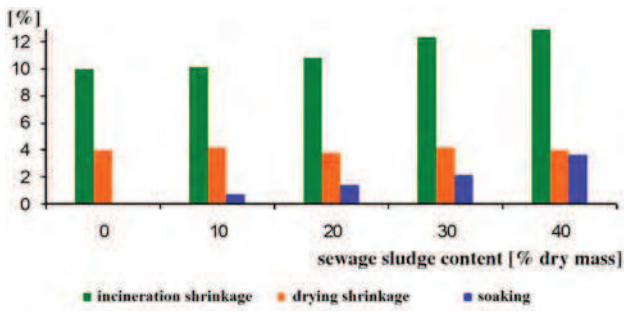


Fig. 1. Shrinkage and soaking as a function of sewage sludge content [6]

**2. Test results**

In order to determine the impact of the addition of selected (organic and inorganic) waste materials to clay in the process of ceramics production the samples were produced and their surface structure was then analysed. These samples made with different component compositions by weight were tested, namely those containing 100% clay, 80% clay and 20% fly ash, 80% clay and 20% sewage sludge. The samples were formed as small rectangular elements of the dimensions 26 x 26 x 10 mm. They were sintered in a laboratory furnace at the temperature of 850°C, chosen based on the literature data considering the subject. The samples were kept in the furnace for ca. 8 hours (1 hour at the maximal sintering temperature). After sintering, the ceramic elements remained in the furnace until their temperature reached some 100°C.

The outer surfaces of the sintered ceramic samples were investigated basing on images from the scanning electron microscope (SEM). The test results have been shown in Figures: 2a for 100% clay specimen, 2b for the specimen with clay and 20% sewage sludge and 2c for the specimen with clay and 20% fly ash. All the images have been presented with the magnification of 2000 times.

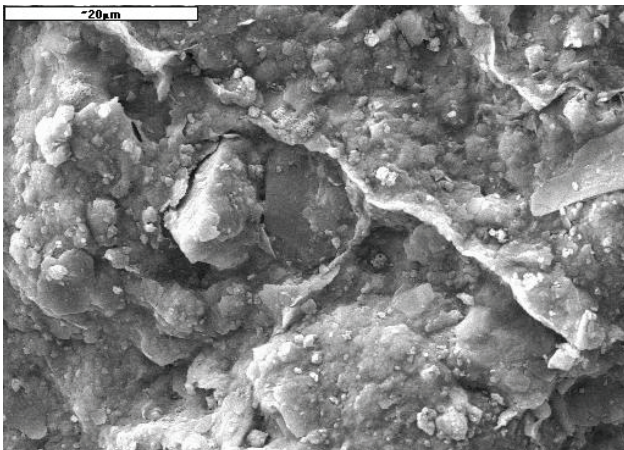


Fig. 2a. SEM image of the outer surface of the sample of 100% clay; magnification x2000

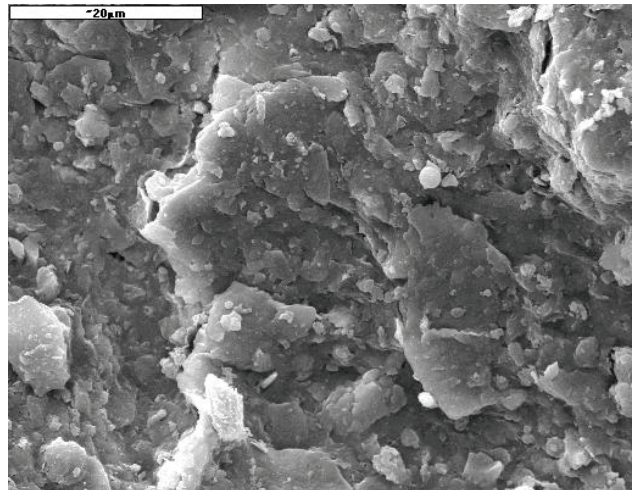


Fig. 2b. SEM image of the outer surface of the sample of 80% clay and 20% sewage sludge; magnification x2000

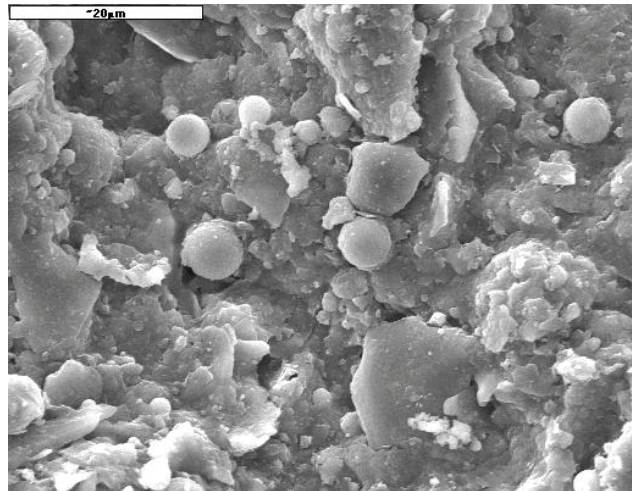


Fig. 2c. SEM image of the outer surface of the sample of 80% clay and 20% fly ash; magnification x 2000

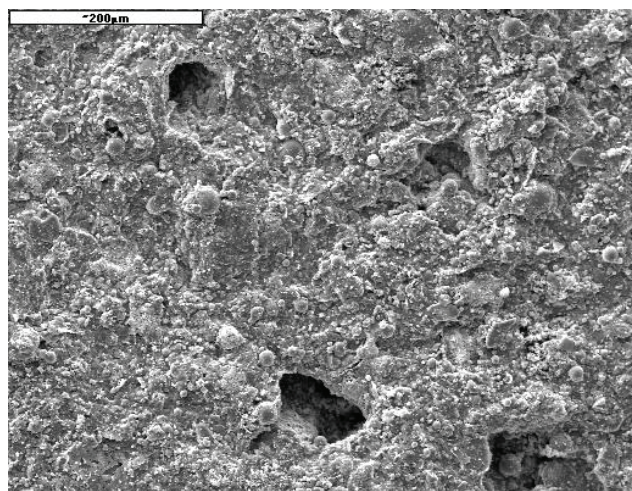


Fig. 3a. SEM image of the outer surface of the sample of 80% clay and 20% fly ash; magnification x 200



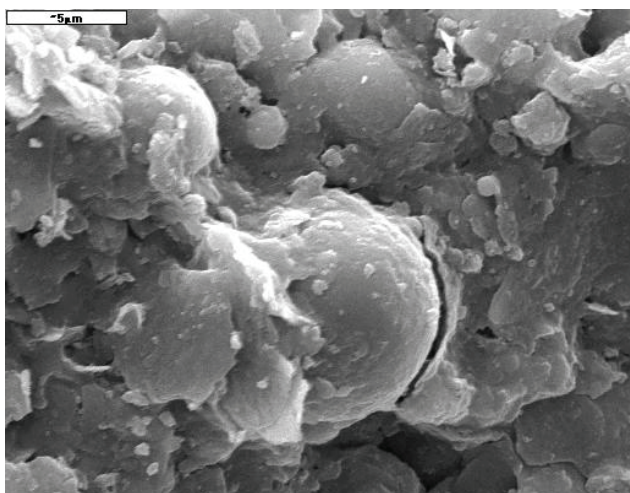


Fig. 3b. SEM image of the outer surface of the sample of 80% clay and 20% fly ash; magnification x 5000

Figure 2c reveals the presence of spherical elements in the sample. Such a structure is the result of the use of fly ash. There might even be smaller spheres inside the larger ones. This phenomenon has been presented more clearly in Figure 3b, in which 5000 times magnification was used. While in Figure 3a only a coarse surface structure can be seen at the magnification of 200 times. This is due to very small dimensions of the spheres. In [7] a thorough discussion and literature review together with SEM images related to the use of fly ash were given.

### 3. Results analysis and conclusions

The images of the outer surface of the specimens give an insight into the structure of the ceramic elements. There is a glass phase present in the sample made with the addition of sewage sludge. Besides, cracks on the surface might suggest higher porosities. It can lead to better thermal properties of the materials produced with waste additives due to possible lower thermal conductivity but strength properties of such materials might be worse. This phenomenon should be further investigated experimentally.

### References

- [1] Latosińska J., Żygadło M.: *Gospodarka odpadami a produkcja materiałów budowlanych (Waste management and building materials production)*, Proc of VII Int „Forum Gospodarki Odpadami” „Efektywne Zarządzanie Gospodarką Odpadami”, Kalisz 2007.
- [2] Balgaranova J., Petkov A., Pavlova L., Alexandrova E.: *Utilisation of waste from the coke-chemical production and sewage sludge as additives in the brick-clay*. Water, Air and Soil Pollution, 150 (2003), pp. 103-111.

- [3] Latosińska J., Żygadło M.: *Modyfikacja cech kruszywa keramzytowego odpadowym dodatkiem surowcowym (Modification of keramsite with waste additive)*. Ceramika, 91/2 (2005), pp. 1283-1290.
- [4] Liew A.G., Idris A., Samad A.A., Wong C.H.K., Jaafar M.S., Baki A.M.: *Reusability of sewage in clay bricks*, J. Mater Cycles Waste Manag 6 (2004), pp. 41-47.
- [5] Wiebusch B., Seyfried C.F.: *Utilization of sewage sludge ashes in the brick and tile industry*, Wat. Sci. Tech. 36, 11 (1997), pp. 251-258.
- [6] Tay J.H., Show K.Y.: *Resources recovery of sludge as a building and construction material – a future trend in sludge management*, W S & T, 11 (1997), pp. 259-266.
- [7] Żygadło M., Seweryn A., Woźniak M.: *Evaluation of the use of coal fly ash from municipal heat – power plant with regard to foreign experiences*, Structure and Environment, 3 (2010), pp. 40-51.

Jolanta Latosińska  
Łukasz J. Orman  
Norbert Radek

## Odpady jako substrat do produkcji spieków ceramicznych

### 1. Wprowadzenie

Właściwa gospodarka z wciąż rosnącą ilością odpadów staje się wyzwaniem zarówno dla krajów rozwiniętych jak i rozwijających się. Istnieje wiele rodzajów odpadów, które można wykorzystać ponownie. Są to zarówno substancje pochodzenia organicznego np. osady ściekowe jak i nieorganiczne – szkło, tworzywa sztuczne, papier, itp. Odpady mogą powodować zagrożenie dla środowiska naturalnego oraz zdrowia ludzi i zwierząt, dlatego też właściwe metody ich przeróbki są niezbędne. Jednak technologie dostępne obecnie są często kosztowne lub powodują szereg niedogodności czy problemów tak, jak deponowanie na składowiskach. Metoda ta jest powszechna z uwagi na niski koszt, ale wymaga znacznych terenów pod inwestycje, które są coraz mniej dostępne w rejonach dużych aglomeracji. Ponadto mogą pojawić się zagrożenia związane z niekontrolowaną emisją biogazu czy skażeniem wód gruntowych odciekami. Odpady należy utylizować w taki sposób, aby umożliwić odzysk materiałowy i energetyczny. W ten sposób zmniejsza się zapotrzebowanie na surowce. Odzysk energii może odbywać się w specjalnych instalacjach do bezpośredniego spalania lub w innej technologii obróbki. Jednym z przemysłów, w którym możliwe jest wykorzystanie odpadów, jest przemysł budowlany. Analiza tego zagadnienia i wnikliwa dyskusja znajduje się w [1]. Na przykład odpady mogą być substratem w procesie produkcji materiałów ceramicznych takich jak cegły. Balgaranova i in. [2] przedstawili koncepcję wykorzystania osadów ściekowych właśnie przy wytwarzaniu cegieł. Latosińska i Żygadło [3] eksperymentalnie analizowali użycie osadów ściekowych, które – jak udowodniono w pracy – mogą stanowić substrat do produkcji kruszywa (keramzytu) w ilości 5-15% suchej masy. Wskazano, że osady zawierają znaczną ilość substancji organicznych (50-85% suchej masy) i w wyniku ich zastosowania w keramzycie tworzy się struktura porowata. Liew i in. [4] badali parametry fizyczne cegieł (kurczliwość, gęstość, wytrzymałość na ścislenie), wykonanych z dodatkiem osadów ściekowych. Zawartość wysuszonych osadów wahała się

w zakresie 10%-40% (masowo). W artykule Wiebuscha i in. [5] znaleźć można wyniki badań dla cegieł wytworzonych z dodatkiem popiołów lotnych, powstałych ze spalania osadów ściekowych. Maksymalna zawartość popiołów wynosiła 40% wagowo. Należy przy tym zaznaczyć, że dodatek osadów ściekowych może nie być korzystny z uwagi na osiągnięcie wymaganych właściwości produktów końcowych. Na przykład wykorzystanie osadów ściekowych do produkcji cegieł może powodować problemy związane z kurczliwością czy nasiąkliwością, jak pokazano na rysunku 1.

### 2. Wyniki badań

W celu określenia wpływu dodatku odpadowego (organicznego i nieorganicznego) na właściwości materiałowe, wytworzono spieki ceramiczne. Próbkę zawierały 100% gliny, 80% gliny i 20% popiołów lotnych jak również 80% gliny i 20% osadów ściekowych. Badane elementy miały wymiary 26 x 26 x 10 mm. Zostały one wypalone w temperaturze 850°C, dobranej na podstawie literatury. Próbkę pozostawiały w piecu przez ok. 8 godzin (w tym 1 godzina w temperaturze maksymalnej). Po procesie pozostały one w środku, aż do wychłodzenia do temperatury ok. 100°C.

Zewnętrzna powierzchnia wytworzonych spieków została poddana analizie przy użyciu mikroskopu skaningowego. Wyniki badań przedstawiają rysunki: 2a – próbka o 100% zawartości gliny, 2b – próbka z gliną i 20% zawartości osadów ściekowych, 2c – próbka z gliną i 20% zawartości popiołów lotnych. Wszystkie obrazy cechuje powiększenie 2000 razy.

Rysunek 2c ujawnia obecność elementów sferycznych w próbce. Taka struktura jest typowa dla popiołów lotnych. Wewnątrz większych sfer mogą znajdować się mniejsze. Zagadnienie to przedstawiono bardziej szczegółowo na rysunku 3b, gdzie użyto powiększenia 5000 razy. Natomiast rysunek 3a ukazuje powierzchnię przy powiększeniu 200 razy. W [7] przedstawiono szczegółową dyskusję i przegląd literatury łącznie z obrazami z mikroskopu skaningowego dla materiałów, w których produkcji użyto popiołów lotnych.

### **3. Analiza wyników i wnioski**

Badania zglądów spieków dają pogląd na ich strukturę. W próbkach wykonanych z dodatkiem osadów ściekowych obserwuje się fazę szklistą. Oprócz tego spękania powierzchni próbek mogą sugerować większą porowatość. Może się to przekładać z jednej strony na lepsze właściwości termoizolacyjne w związku z możliwą mniejszą wartością współczynnika przewodzenia ciepła, ale z drugiej strony własności wytrzymałościowe mogą się pogorszyć. To zjawisko należy zbadać w toku dalszych prac.