

*Alicja Nowak\*, Barbara Tora\*,  
Zbigniew Tajchman\*, Barbara Peszko\**

## BADANIE MOŻLIWOŚCI UTYLIZACJI POZOSTAŁOŚCI PO RECYKLINGU ODPADÓW SZKLANYCH W PRODUKCJI KRUSZYWA PIASKOWCOWEGO\*\*

---

### 1. Wstęp

Szkło stanowi około 10% odpadów komunalnych. Największy udział w masie odpadów szklanych stanowią opakowania szklane — butelki i słoje. Szacuje się, że w Polsce statystyczny mieszkaniec produkuje około 18 kg odpadów szklanych rocznie.

Procesy recyklingu szkła obejmują recykling materiałowy (wykorzystanie stłuczki szklanej do ponownej produkcji opakowań szklanych). Stłuczka może być przetwarzana na materiały do gospodarczego wykorzystania; mączka szklana jest składnikiem preparatów czyszczących w chemii gospodarczej, jest stosowana jako materiał do strumieniowo-ściernego czyszczenia elementów konstrukcyjnych, jako kruszywo w tynkach szlachetnych. Szkło kineskopowe jest cennym składnikiem do odzysku luminoforów [2, 3].

Materiałem izolacyjnym do produkcji którego można wykorzystać odpady szklane jest wełna szklana. Podobne właściwości ma szkło piankowe. Nad rozwojem technologii jego produkcji badania są prowadzone w Katedrze Szkła i Powłok Amorficznych AGH pod kierunkiem profesora Jana Wasylaka.

Do wyrobu opakowań szklanych oprócz składników pierwotnych, którymi są piasek szklarski, wapień, dolomity i soda, stosuje się także stłuczkę szklaną. Jest to materiał złożony ze zużytych opakowań szklanych oraz odpadów powstających przy krajaniu lub kształtowaniu wyrobów szklanych. Zużyte i uszkodzone opakowania szklane, po segregacji na kolory i wstępnym uzdatnieniu stanowią surowiec do dalszej produkcji.

---

\* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

\*\* Praca została wykonana w ramach pracy statutowej AGH nr.11.11.100.238

Są stosowane jako:

- składnik wsadu do pieca szklarskiego,
- surowiec do produkcji włókien szklanych, szkła piankowego, grysów, kulek szklanych,
- dodatek do mas ceramicznych i past czyszczących.

Wprowadzenie stłuczki szklanej do zestawu szklarskiego powoduje znaczne obniżenie kosztów produkcji. Dodatek 1% stłuczki szklanej do wsadu powoduje zmniejszenie zużycia energii o około 8 kJ/kg szkła. Zwiększenie udziału stłuczki szklanej do około 80% wsadu pozwala na zaoszczędzenie nawet do 20% energii. Natomiast każda tona użytej stłuczki to oszczędność 0,4 m<sup>3</sup> piasku szklanego oraz 0,12 m<sup>3</sup> sody. Wykorzystanie stłuczki szklanej sprzyja zwiększeniu wydajności wanień szklarskich, wydłuża okres ich eksploatacji, ułatwia wymieszanie i ujednoczenie wsadu, zapobiega nadmiernemu pyleniu. Zmniejszenie ilości stosowanego środka klarującego (siarczan(VI) sodu) prowadzi także do ograniczenia emisji dwutlenku siarki do atmosfery. Stłuczka szklana zawiera mniej chlorków i fluorków niż materiał pierwotny, co powoduje obniżenie emisji fluoru i chloru. Jednocześnie emisja pyłów zostaje ograniczona w wyniku mniejszego udziału w zestawie szklarskim drobnych pylistych frakcji pochodzących z surowców pierwotnych.

Stosowanie stłuczki szklanej w procesie produkcji jest bardzo korzystne. Problem stanowi odzyskiwanie zużytych opakowań szklanych od konsumentów indywidualnych. W Polsce brakuje specjalistycznych centrów selekcji, gdzie odpady szklane powinny być czyszczone, pozbawione etykiet, napisów, zakrętek i kapsli metalowych.

Odpady szklane, które podlegają recyklingowi nie mogą zawierać między innymi [4]: monitorów, szkła: okiennego, samochodowego, zbrojeniowego oraz lusterek, lamp, wyrobów kryształowych, porcelany, ceramiki czy szklanych elementów dekoracyjnych, zanieczyszczeń ceramicznych porcelany, gruzu, ziemi, kamieni, metali, szklanych bloczków budowlanych, szkła pochodzącego z lamp kineskopowych.

## 2. Badania własne

Celem badań było zbadanie możliwości wykorzystania pozostałości po recyklingu materiałowym stłuczki szklanej do produkcji kruszywa z piaskowca magurskiego.

Pozostałość po recyklingu stanowiły odpady: lusterek, szkła okiennego i samochodowego oraz porcelany.

Zbadano możliwość dodawania stłuczki do trzech frakcji kruszywa: niesort 0÷31,5 mm, kliniec 5÷31 mm, mieszanka 0÷63 mm.

Pozostałość po recyklingu szkła zmielono do uziarnienia odpowiadającego klasie ziarnowej kruszywa i sporządzono mieszanki w proporcji 50% kruszywa piaskowcowego i 50% stłuczki.

Dla uzyskanych mieszanin określono nasiąkliwość, mrozoodporność i zawartość ziaren po niżej 0,075 mm, wartości przyjęte do porównania zostały oznaczone dla standardowo produkowanego kruszywa piaskowcowego z kopalni piaskowca „Barcice” [1]. Wyniki oznaczeń zamieszczono w tabelach 1–3.

TABELA 1

**Wyniki oznaczenia właściwości kruszywa piaskowcowego i kruszywa z dodatkiem pozostałości po recyklingu stłuczki szklanej, niesort 0+31,5 mm**

Badany parametr	Jednostka	Norma	Piaskowiec	Piaskowiec + stłuczka szklana
Nasiąkliwość	%	PN-77/B-06714.18	2,85	2,70
Mrozoodporność (ubytek masy)	%	PN-78/B-06714.19	1,67	1,55
Zawartość ziaren mniejszych od 0,075 mm	%	PN-91/B/06714.15	8,02	8,00

TABELA 2

**Wyniki oznaczenia właściwości kruszywa piaskowcowego i kruszywa z dodatkiem pozostałości po recyklingu stłuczki szklanej, mieszanka 0+63 mm**

Badany parametr	Jednostka	Norma	Piaskowiec	Piaskowiec + stłuczka szklana
Nasiąkliwość	%	PN-77/B-06714.18	2,39	2,30
Mrozoodporność (ubytek masy)	%	PN-78/B-06714.19	1,09	1,23
Zawartość ziaren mniejszych od 0,075 mm	%	PN-91/B/06714.15	5,93	6,00

TABELA 3

**Wyniki oznaczenia właściwości kruszywa piaskowcowego i kruszywa z dodatkiem pozostałości po recyklingu stłuczki szklanej, kliniec 5+31,5 mm**

Badany parametr	Jednostka	Norma	Piaskowiec	Piaskowiec + stłuczka szklana
Nasiąkliwość	%	PN-77/B-06714.18	2,89	2,95
Mrozoodporność (ubytek masy)	%	PN-78/B-06714.19	2,12	2,10
Zawartość ziaren mniejszych od 0,075 mm	%	PN-91/B/06714.15	1,02	1,00

### 3. Podsumowanie i wnioski

Badana próba mieszanki 0÷31,5 mm spełnia wymagania normy „podbudowy z kruszyw stabilizowanych mechanicznie” jako kruszywo na podbudowę zasadniczą (górną warstwę) lub podbudowę jednowarstwową, zgodnie z normą PN-B-11112;1996. Badana próba mieszanki 0÷63 mm spełnia wymagania normy PN-S-06102; 1997 „podbudowy z kruszyw stabilizowanych mechanicznie” jako kruszywo na podbudowę pomocniczą (dolną warstwę). Badana próbka mieszanki — kliniec 5÷31,5 mm spełnia wymagania normy PN-B-11112; 1996.

Przedstawiony w artykule sposób utylizacji pozostałości po recyklingu stłuczki szklanej pozwala na uzyskanie kruszywa o właściwościach spełniających wymagania stosowych norm.

Niepotrzebne opakowania szklane można w nieskończoność poddawać recyklingowi (czyli przetapiać na nowe) bez pogorszenia ich jakości. Szklane słoiki i butelki, powstające w polskich hutach szkła, w około jednej piątej produkuje się ze stłuczki z zużytych, zebranych selektywnie opakowań szklanych. Pozwala to na istotne zmniejszenie energochłonności produkcji, zredukowanie emisji CO<sub>2</sub>, emisji pyłów oraz tlenków azotu. Rozwiązuje się przy tym problem dużej ilości odpadów trafiających na składowiska. Osiągnięcie przez Polskę w 2014 roku 60% poziomu recyklingu opakowań szklanych zmniejszy masę odpadów na składowiskach o co najmniej 800÷1000 tys. ton. Wiele składowisk odpadów czeka zamknięcie w najbliższych latach. Budowa nowego spełniającego najnowsze wymogi unijne składowiska to ogromna inwestycja, bardzo niechętnie akceptowana przez społeczności lokalne.

Każda zebrana tona stłuczki to o około 220 kg dwutlenku węgla w atmosferze mniej. Polskie huty szkła opakowaniowego przetapiają rocznie około 200÷210 tys. ton stłuczki. Dzięki temu emisja CO<sub>2</sub> jest mniejsza o ok. 45 tys. ton w stosunku do produkcji wyłącznie z surowców naturalnych. Każdy tysiąc kilogramów zebranej stłuczki pozwala zaoszczędzić aż 1200 kg surowców naturalnych z których zazwyczaj produkuje się szkło (głównie piasku). W 2009 roku w polskich hutach poddano recyklingowi około 170 tys. ton stłuczki z opakowań szklanych. Zastąpiła ona około 200 tys. ton surowców (piasku, dolomitu, sody). Wykorzystana stłuczka ma wartość ponad 30 mln złotych. Dzięki recyklingowi szkła na wysypiska trafiło o kilkaset tysięcy metrów sześciennych odpadów mniej, w krajobrazie nie zeszpeciła kolejna „dziura w ziemi” po wydobytych surowcach naturalnych.

#### LITERATURA

- [1] Orzeczenie o jakości kruszywa — piaskowiec magurski ze złoża Barcice, 2008, PPW „Biproskal” sp. z o.o. Wrocław, ul. Powstańców Śląskich
- [2] *Faber J.*: Techniczne metody przeróbki stłuczki i technologiczne aspekty jej stosowania w produkcji szkła”, materiały konferencyjne, Glass 3, maj 1999
- [3] Szkło materiałem przyszłości, konferencja Związku Pracodawców „Polskie Szkło”, Warszawa, 2005
- [4] Standardy zbiórki szkła, Fundacja Nasza Ziemia, 2004