



## Wpływ odpadowej stłuczki kineskopowej na wybrane właściwości zaprawy cementowej

Bartosz Witkowski<sup>1</sup>, Alina Pietrzak<sup>2</sup>

### STRESZCZENIE:

Odpady szklane stanowią poważny problem ekologiczny na całym świecie. Szkło jako niebiodegradowalny materiał zajmuje ogromną część miejsca na wysypiskach, powodując poważne zanieczyszczenie środowiska. Najlepszym sposobem, aby przezwyciężyć ten negatywny wpływ na otaczający nas świat, jest ponowne wykorzystanie, przetworzenie – recykling. W artykule przedstawiono analizę wpływu dodatku stłuczki szklanej kineskopowej na właściwości zaprawy cementowej. Stłuczkę szklaną kineskopową dodano do zaprawy betonowej odpowiednio w ilości 3, 6, 9 i 12% masy cementu, ujmując cement i w ilości 3, 6, 9 i 12% masy cementu ujmując piasek. Przeprowadzone wstępne badania, przedstawione w niniejszej pracy, wskazują na możliwość zastosowania stłuczki szklanej do wytwarzania zapraw cementowych, gdyż uzyskane parametry wytrzymałościowe są porównywalne z serią kontrolną, w której nie użyto stłuczki szklanej kineskopowej.

### SŁOWA KLUCZOWE:

zaprawa; szkło; cement; recykling

## 1. Wprowadzenie

Na przestrzeni kilku dekad ludzie wyposażali telewizory oraz monitory w ekrany CRT (*Cathode Ray Tube*). W ostatnich latach, w wyniku bardzo szybkiego postępu technologicznego, szkło kineskopowe zostało zastąpione ekranami LCD. Ze względu na wysoką zawartość tlenku ołowiu (11–24%) stłuczka CRT jest poważnym zagrożeniem dla środowiska naturalnego [1]. W 2003 roku Unia Europejska, chcąc ograniczyć wpływ produkcji sprzętu elektronicznego i elektrycznego na ekosystem oraz unormować zarządzanie sprzętem wycofanym z użycia, wprowadziła w życie dyrektywę WEEE nr 2002/96/WE, a także RoHS nr 2002/95/EC (zmienioną później na dyrektywę nr 2011/65/UE) [2, 3]. Polską ustawą dotyczącą gospodarki wycofanym z eksploatacji sprzętem elektrycznym oraz elektronicznym jest ustawa z dnia 11 lipca 2015 r. (Dz.U. z 2015, poz. 1688) [4].

Jednym z zastosowań kineskopowego szkła odpadowego jest branża budowlana. W ostatnich latach przeprowadzono wiele badań w celu określenia możliwości zastosowania stłuczki CRT przy produkcji m.in.: betonu i żelbetu, topników, płytek podłogowych, szklivi oraz barwnych kształtek ceramicznych. Celem pracy było zbadanie wpływów na zaprawę normową z dodatkiem szklanej stłuczki kineskopowej pod względem wybranych właściwości fizycznych [5–7].

<sup>1</sup> Student – Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, ul. Akademicka 3, 42–218 Częstochowa, orcid id: 0000-0003-0845-8721

<sup>2</sup> Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, ul. Akademicka 3, 42–218 Częstochowa, e-mail: apietrzak@bud.pcz.pl, orcid id: 0000-0002-1301-874X

## 2. Metodyka badań

Badanie obejmowało zaprojektowanie i wytworzenie zapraw cementowych z wykorzystaniem szklanej stłuczki kineskopowej oraz przeprowadzenie badań wytrzymałości na zginanie, wytrzymałości na ściskanie oraz nasiąkliwości. Do przygotowania zapraw użyto cementu CEM I 42,5R, piasku normowego, wody oraz szklanej stłuczki kineskopowej:

- (A) zmielonej w młynie, a następnie przemielonej dwukrotnie w dezintegratorze,
- (B) o frakcji 0–2 mm zmielonej w młynie (rys. 1).



Rys. 1. Rozdrobniona stłuczka szklana kineskopowa: a) wstępnie rozdrobniona; b) zmielona w młynie (B); c) zmielona w młynie i dwukrotnie przemielona w dezintegratorze (A)

Stłuczkę szklaną kineskopową dodano do zaprawy cementowej odpowiednio w ilości 3, 6, 9 i 12% masy cementu, ujmując cement i w ilości 3, 6, 9 i 12% masy cementu, ujmując piasek. Próby wytrzymałościowe na ściskanie i na zginanie oraz badanie nasiąkliwości zostały przeprowadzone na próbkach prostokątnych o wymiarach 40x40x160 mm. Przygotowano serię kontrolną normową oraz 8 serii zapraw modyfikowanych stłuczką szklaną kineskopową CRT. Skład poszczególnych serii przedstawiono w tabeli 1.

Próbki poszczególnych serii oraz badania zostały wykonane według normy PN-EN 196-1 [8].

**Tabela 1**

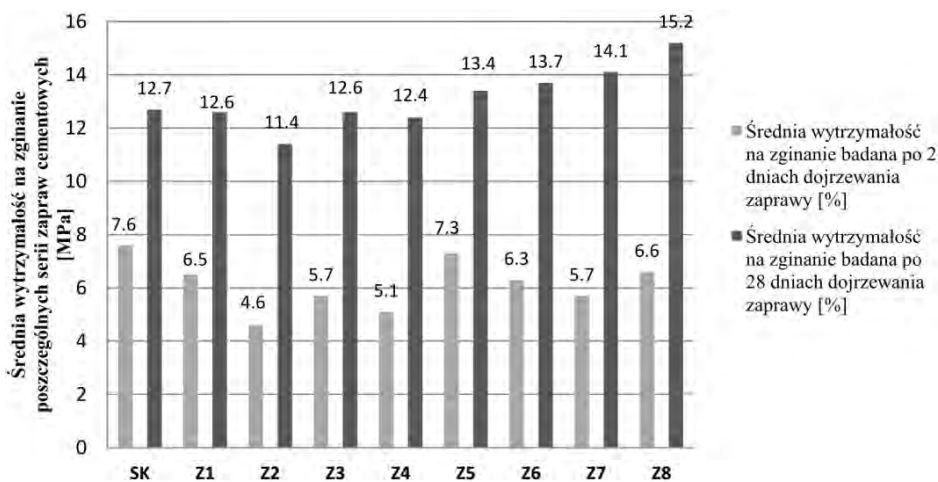
Składy poszczególnych serii

Seria	Ilość cementu [g]	Ilość wody [g]	Ilość kruszywa drobnego [g]	Ilość stłuczki szklanej [g]	
				A	B
SK	450	225	1350	-	-
Z1	436,5		1350	13,5	-
Z2	423		1350	27	
Z3	409,5		1350	40,5	
Z4	396		1350	54	
Z5	450		1336,5	-	13,5
Z6	450		1323		27
Z7	450		1309,5		40,5
Z8	450		1296		54

## 3. Wyniki badań

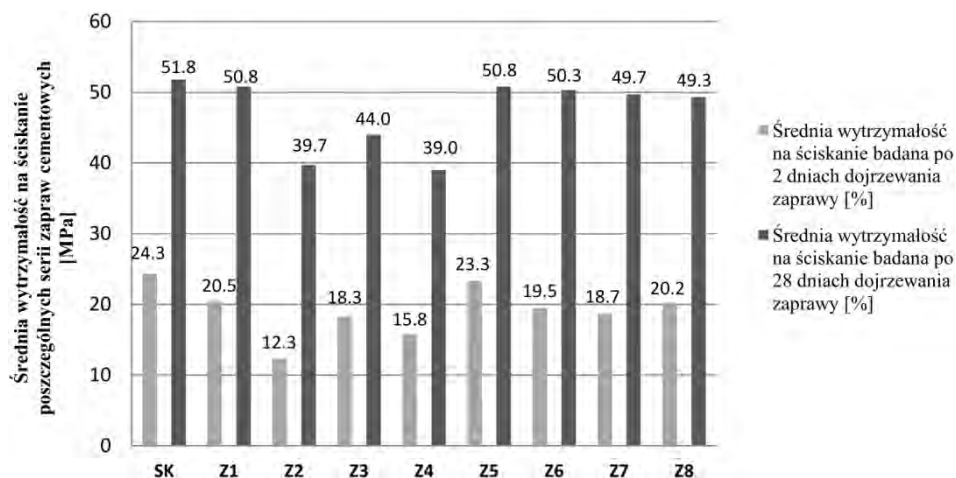
Średnie wyniki prób wytrzymałościowych przedstawiono na rysunkach 2 i 3. Wytrzymałość wczesna na zginanie, badana po 2 dniach dojrzewania próbek, wszystkich badawczych serii

modyfikowanych stłuczka CRT okazała się być mniejsza od serii kontrolnej. Najmniejszy spadek wytrzymałości na zginanie w stosunku do serii SK odnotowano dla serii Z5, spadek ten wynosił 4,1%. Wytrzymałość na zginanie badana po 28 dniach dojrzewania próbek serii Z1–Z4 była mniejsza kolejno o 0,5; 9,7; 0,5 i 2,1% od serii kontrolnej. W seriach Z5–Z8, w których zastosowano stłuczkę jako zamiennik piasku, odnotowano wzrost badanej właściwości o 5,8; 8,4; 11,1 i 19,7%.



Rys. 2. Średnia wytrzymałość na zginanie zapraw cementowych poszczególnych serii

Dużo mniejszą wytrzymałością wczesną na ściskanie, względem serii kontrolnej, charakteryzują się wszystkie serie modyfikowane stłuczka CRT (Z1–Z8). Najmniejszy spadek tej właściwości odnotowano dla serii Z5 (4,1%), natomiast największy spadek odnotowano dla serii Z2 (49,3%). Wytrzymałość końcowa na ściskanie okazuje się mniejsza w każdej serii badawczej (Z1–Z8), porównując z seria kontrolna (SK). Najmniejszy spadek końcowej wytrzymałości na ściskanie odnotowano dla serii Z1 oraz Z5 i wyniósł on 1,9% względem serii kontrolnej.



Rys. 3. Średnia wytrzymałość na ściskanie zapraw cementowych poszczególnych serii

#### 4. Wnioski

Przeprowadzone badania potwierdzają możliwość wykorzystywania szklanej stłuczki CRT jako częściowy zamiennik piasku. Serie, w których stłuczka została wykorzystana jako częściowy zamiennik cementu, uzyskały niższe wartości wytrzymałości na zginanie i na ściskanie oraz wyższą nasiąkliwość. Badania wczesnych wytrzymałości na zginanie oraz ściskanie pokazują, że stłuczka szklana CRT obniża te cechy. Warto zauważyć, iż sześć spośród ośmiu serii badawczych spełnia wymagania wytrzymałościowe stawiane zaprawom cementowym po 28 dniach dojrzewania, gdyż osiągnęły wartości wytrzymałości na ściskanie powyżej 42,5 MPa. Biorąc pod uwagę wszystkie wysunięte wyżej wnioski, można stwierdzić, że stłuczka szklana CRT pochodząca z ekranów urządzeń elektronicznych wycofanych z użycia, może być wykorzystywana jako częściowy zamiennik kruszywa drobnego w zaprawach cementowych.

#### Literatura

- [1] Wen Meng, Xiaoyan Wang, Wenyi Yuan, Jingwei Wang, Guanghan Song, The recycling of leaded glass in cathode ray tube (CRT), *Procedia Environmental Sciences* 2016, 31, 954–960.
- [2] Dyrektywa 2002/96/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 stycznia 2003 r. w sprawie zużytego sprzętu elektrotechnicznego i elektronicznego.
- [3] Dyrektywa 2002/95/WE z dnia 27 stycznia 2003 r. w sprawie ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym.
- [4] Ustawa z dnia 11 września 2015 r. o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym Dz.U. 2015, poz. 1688.
- [5] Reben M., Wasylak J., Zontek J., Kosmal M., Materiały szkło-ceramiczne z wykorzystaniem stłuczki kineskopowej, *Ceramic Materials* 2012, 64, 4, 485–489.
- [6] Batayneh Malek, Iqbal Marie, Ibrahim Asi, Use of selected waste materials in concrete mixes, *Waste Management* 2007, 27, 1870–1876, DOI: 10.1016/j.wasman.2006.07.026.
- [7] Pizoń J., Łaźniewska-Piekarczyk B., Wytrzymałość krótko- i długoterminowa zapraw modyfikowanych domieszkami przyspieszającymi twardnienie, *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej* 2017, seria Budownictwo 23, 256–266.
- [8] PN-EN 196-1: 2016 Metody badania cementu -- Część 1: Oznaczanie wytrzymałości.

### Influence of waste CRT cullet on some features of cement mortar

#### ABSTRACT:

Glass waste is a serious problem for environment all over the world. Glass as a non-biodegradable material, takes enormous part of room on dumps, what causes seriously environment pollution. The best way to overcome the negative influence on environment is to recycling. In this article has shown the analysis of influence addition of CRT cullet on features of cement mortar. CRT cullet has added to a cement mortar in amount 3, 6, 9 and 12% of cement mass with cement subtraction and in amount 3, 6, 9 and 12% of cement mass with sand subtraction. Preliminary surveys that has shown in this article, exhibits possibilities of using CRT cullet in cement mortar production, as obtained results are comparable with control series without using CRT cullet.

#### KEYWORDS:

mortar; glass; ecology; cement; recycling