prof. dr hab. inż. Zbigniew Giergiczny [1)]
mgr inż. Katarzyna Synowiec [1)]
mgr inż. Maciej Batog [1)]

Cement hutniczy CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA

właściwości i możliwości zastosowania w budownictwie

Slag cement CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA – properties and possibilities of use in constructoin

DOI: 10.15199/33.2015.10.30

Streszczenie. W artykule omówiono właściwości granulowanego żużla wielkopiecowego jako składnika głównego cementu w kontekście wymagań normy PN-EN 197-1. Przedstawiono technologię produkcji cementów żużlowych oraz korzyści wynikające ze stosowania granulowanego żużla wielkopiecowego w składzie cementu, na przykładzie właściwości cementu hutniczego CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA.
Słowa kluczowe: cement hutniczy, granulowany żużel wielkopiecowy, właściwości cementu, właściwości specjalne.

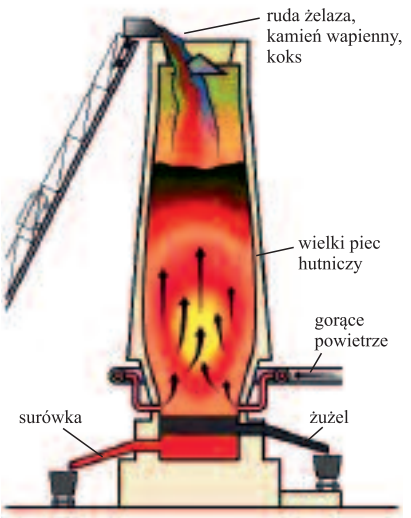
Abstract. In the paper properties of granulated blast furnace slag as the main component of common cement were discussed in relation to requirements of PN-EN 197-1 standard. Slag cements production technology and benefits of granulated blast furnace slag application in cement composition were presented on the example of slag cement CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA.

Keywords: slag cement, ground granulated blast furnace slag, cement properties, special properties.

Jednym z ważnych problemów przemysłu cementowego jest konieczność ograniczenia emisji CO_2. Działania podejmowane w tej dziedzinie są wielokierunkowe, m.in.: stosowanie paliw alternatywnych, głównie biomasy; wykorzystywanie alternatywnych surowców do produkcji klinkieru cementowego; zastępowanie klinkieru portlandzkiego w składzie cementu niskoemisyjnymi składnikami głównymi oraz rozwój alternatywnych technologii produkcji spoiw budowlanych bez udziału klinkieru [1 ÷ 4]. Najczęściej stosowane nieklinkierowe składniki główne cementów powszechnego użytku, to granulowany żużel wielkopiecowy, popiół lotny krzemionkowy oraz kamień wapienny [1 ÷ 6]. W artykule omówiono właściwości i obszary stosowania cementów zawierających granulowany żużel wielkopiecowy na przykładzie cementu hutniczego CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA, który jest obecnie dostępny na rynku krajowym.

Granulowany żużel wielkopiecowy składnikiem cementu

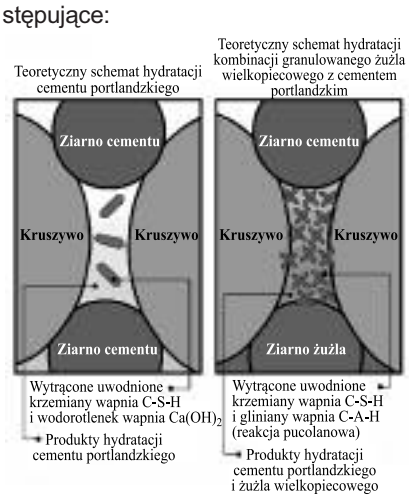
Żużel wielkopiecowy jest produktem ubocznym otrzymywanym w procesie wytapiania surówki żelaza w wielkim piecu hutniczym (rysunek 1). Proces



Rys. 1. Schemat wytapiania surówki w wielkim piecu
Fig. 1. Scheme of pig iron smelting in a blast furnace

prowadzony jest w temperaturze 1400 –1600°C. W wyniku wytopu mieszaniny wsadu uzyskuje się stopiony żużel wielkopiecowy, który po rozdzieleniu od surówki poddaje się procesowi granulacji przez gwałtowne chłodzenie wodą lub powietrzem, co umożliwia odpowiednie ukształtowanie jego mikrostruktury.

Granulowany żużel wielkopiecowy jest materiałem o utajonych właściwościach hydraulicznych. Odpowiednio rozdrobniony i aktywowany w wyniku reakcji z wodą wiąże i twardnieje analogicznie jak cement portlandzki, tzn. powstają podobne fazy, jak w przypadku reakcji hydratacji cementu portlandzkiego, przy czym największy udział ma faza C-S-H (rysunek 2). Zbliżone właściwości wiążące wynikają ze składu chemicznego i fazowego oraz podobieństwa procesu wytwarzania granulowanego żużla wielkopiecowego i klinkieru portlandzkiego na drodze termicznej obróbki surowców. Wymagania dotyczące granulowanego żużla wielkopiecowego jako składnika cementów powszechnego użytku określa norma PN-EN 197-1: 2012 [8]. Są one następujące:



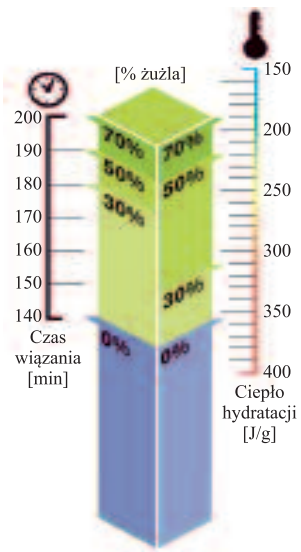
Rys. 2. Schematyczny przebieg hydratacji cementu portlandzkiego i granulowanego żużla wielkopiecowego [7]
Fig. 2. Schematic progress of hydration of Portland cement and granulated blast furnace slag [7]

[1)] Górażdże Cement S. A., Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa
[*)] Autor do korespondencji:
e-mail: zbigniew.giergiczny@gorazdze.pl

- zawartość fazy szklistej ≥ 67,0%;
- $CaO + MgO + SiO_2 \geq 2/3$;
- $CaO + MgO/SiO_2 \geq 1,0$.

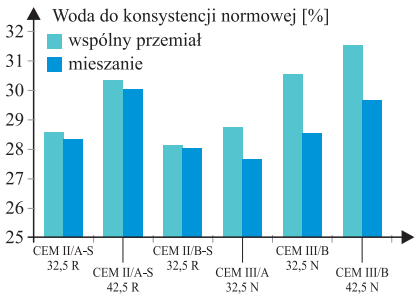
Cementy zawierające granulowany żużel wielkopiecowy

Właściwości i zalety cementów zawierających granulowany żużel wielkopiecowy są powszechnie znane i doceniane przez producentów betonu i prefabrykatów [5, 6]. Cementy te charakteryzują się wydłużonym czasem wiązania, niskim ciepłem hydratacji (rysunek 3), dobrą urabialnością (utrzymaniem konsystencji w czasie), znacznym przyrostem wytrzymałości w długim okresie twardnienia, a także dużą odpornością na agresywne oddziaływanie środowiska.



Rys. 3. Wpływ zawartości żużla na właściwości cementu [7]
Fig. 3. Effect of slag content on cement properties [7]

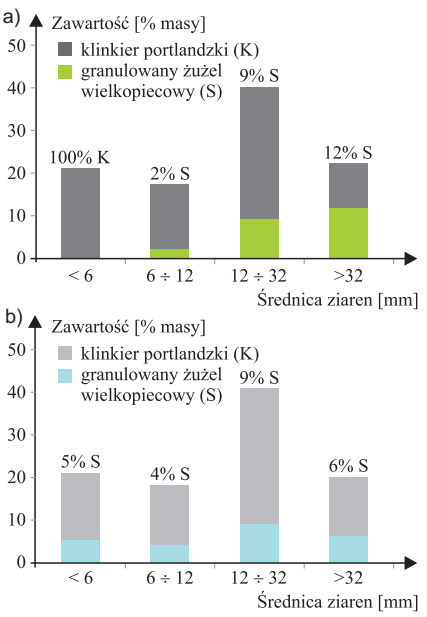
Produkcja cementów zawierających granulowany żużel wielkopiecowy może być prowadzona dwoma sposobami przez: wspólny przemiał składników głównych (metoda tradycyjna) oraz przez oddzielny przemiał składników głównych, mieszanie i homogenizację składników (rysunek 4). Granulowany żużel wielkopiecowy ma większą twardość w porównaniu z klinkierem portlandzkim, co w przypadku stosowania metody tradycyjnej pogarsza efektywność energetyczną i wydajność procesu. Ponadto znacznie utrudnione jest uzyskanie cementu o dużej powierzchni właściwej i optymalnym uziarnieniu (rysunek 5a). Jest to szczególnie ważne w przypadku produkcji cementów



Rys. 4. Wpływ technologii produkcji cementów z dodatkiem żużla na ilość wody dla konsystencji normowej [5]
Fig. 4. Effect of production technology of slag cements on water for standard consistency [5]

hutniczych CEM III o znacznej zawartości żużla. Duża powierzchnia właściwa powoduje bowiem zwiększenie aktywności hydraulicznej żużla, a tym samym uzyskanie cementu odpowiedniej klasy wytrzymałości.

W nowoczesnych liniach produkcji cementów żużlowych przemiał żużla oraz klinkieru z regulatorem czasu wiązania odbywa się w odrębnych układach suszące-mielących. Ostatni etap produkcji prowadzony jest w mieszalniku, do którego wprowadza się półprodukty w ustalonych proporcjach. Do zalet tej metody zaliczyć można efektywność przemiału żużla oraz łatwość dozowania półproduktów. W efekcie otrzymuje się cement o zoptymalizo-



Rys. 5. Rozkład wielkości ziaren granulowanego żużla wielkopiecowego i klinkieru portlandzkiego w cemencie żużlowym: a) ze wspólnego przemiału; b) z mieszalnika [5]
Fig. 5. Grain size distribution of slag and Portland clinker in slag cement: a) obtain in joint grinding; b) obtain in mixer [5]

wanym składzie ziarnowym (rysunek 5b) i zakładanych właściwościach (rysunek 4).

Norma PN-EN 197-1 wyróżnia 27 głównych rodzajów cementów powszechnego użytku, w tym 9, których składnikiem głównym może być granulowany żużel wielkopiecowy (tabela 1). Dodatkowe wymagania dotyczące właściwości specjalnych zawarte są ponadto w normie PN-B-19707:2013.

Tabela 1. Cementy zawierające granulowany żużel wielkopiecowy wg PN-EN 197-1 [8]
Table 1. Cements with granulated blast furnace slag acc. PN-EN 197-1 standard [8]

Nazwa	Rodzaj cementu	Zawartość żużla w składzie cementu [%]
Cement portlandzki żużlowy	CEM II/A-S	6 – 20
	CEM II/B-S	21 – 35
Cement portlandzki wieloskładnikowy*	CEM II/A-M	12 – 20
	CEM II/B-M	21 – 35
Cement hutniczy	CEM III/A	36 – 65
	CEM III/B	66 – 80
	CEM III/C	81 – 95
Cement wieloskładnikowy*	CEM V/A	18 – 30
	CEM V/B	31 – 50

*) w składzie cementów CEM II/A, B-M oraz CEM V/A, B oprócz granulowanego żużla wielkopiecowego stosowane są inne nieklinkierowe składniki główne

Właściwości cementu hutniczego CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA

Cement hutniczy **CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA jest nowym produktem na krajowym rynku cementowym**. Główne składniki stosowane w jego produkcji to klinkier portlandzki, granulowany żużel wielkopiecowy (w ilości przekraczającej 70%) oraz regulator czasu wiązania (siarczan wapnia). Właściwości fizyczne cementu CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA przedstawiono w tabeli 2, a skład chemiczny w tabeli 3.

Tabela 2. Właściwości fizyczne cementu CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA
Table 2. Physical properties of CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA cement

Właściwość	Woda dla konsystencji normowej [%]	Początek czasu wiązania [min]	Koniec czasu wiązania [min]	Stałość objętości [min]
CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA	32,7	190	260	0,3