



(54) **Środek zwiększający trwałość i szczelność betonu konstrukcyjnego**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**27.09.2010 BUP 20/10**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**31.01.2014 WUP 01/14**

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,  
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**JAN MAŁOLEPSZY, Kraków, PL  
JAN DEJA, Kraków, PL  
ARTUR ŁAGOSZ, Kraków, PL  
RADOSŁAW MRÓZ, Kraków, PL  
JACEK ŚLIWIŃSKI, Kraków, PL  
TOMASZ TRACZ, Kraków, PL  
STANISŁAW KAŃKA, Kraków, PL  
ADAM ZYBURA, Piekary Śląskie, PL  
KATARZYNA DOMAGAŁA, Rybnik, PL  
LECH CZARNECKI, Warszawa, PL  
PIOTR WOYCIECHOWSKI, Warszawa, PL  
WOJCIECH RADOMSKI, Warszawa, PL  
PRZEMYSŁAW MOSSAKOWSKI, Warszawa, PL  
ANDRZEJ M. BRANDT, Warszawa, PL  
MICHAŁ ANTONI GLINICKI, Łomianki Dolne, PL  
MARIA MARKS, Piaseczno, PL  
DARIA JÓŹWIAK-NIEDŹWIEDZKA, Warszawa, PL  
MACIEJ SOBCZAK, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Elżbieta Postolek**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest środek zwiększający trwałość i szczelność betonu konstrukcyjnego, który znajduje zastosowanie w budownictwie komunikacyjnym, hydrotechnicznym, przemysłowym, podziemnym i miejskim. Środek ten jest przeznaczony do modyfikacji betonu, który wytwarzany jest z cementu portlandzkiego CEM I wg PN-EN-197-1: 2002 oraz kruszywa wg PN-EN 12620: 2004.

Jako środki uszczelniające beton stosuje się: glinę kaolinową, bentonit, popioły lotne z kotłów pyłowych, krzemionkę aktywną, mączki mineralne i pucolany, a także substancje hydrofobowe: sole butylowe, wapniowe i amonowe kwasów tłuszczowych oraz silikony, zwłaszcza oleje i żywice silikonowe, które wprowadza się do zaczynu cementowego.

Z polskiego opisu patentowego nr 182321 znana jest domieszka uszczelniająca do betonu, zawierająca lignosulfonian sodowo-wapniowy lub sodowy w ilości 0-20% masowych oraz rozdrobniony do powierzchni właściwej 300 m<sup>2</sup>/kg według Blaine'a odpad powstający przy odsiarczaniu gazów spalinowych w złożach fluidalnych cyrkulujących. Materiał ten znajduje zastosowanie przy produkcji betonów o zwiększonej szczelności, stosowanych zwłaszcza w budownictwie hydrotechnicznym oraz budowach podziemnych i górnictwie.

Istotą wynalazku jest środek zwiększający trwałość i szczelność betonu konstrukcyjnego, który stanowi fluidalny popiół lotny ze spalania węgla, zawierający wagowo: 5 - 30% tlenku wapnia, 30 - 50% krzemionki, 15 - 30% tlenku glinu, 4 - 10% tlenków żelaza, 3 - 9% trójtlenku siarki, 0 - 4% niespalonego węgla, przy czym suma składników SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wynosi powyżej 55%, z dodatkiem plastyfikatora w ilości 0 - 10% wagowych w stosunku do zawartości fluidalnego popiołu lotnego.

Środek według wynalazku stosuje się w ilości od 10% do 45% masy cementu na etapie sporządzania mieszanki betonowej, która ma zastosowanie w betonach konstrukcyjnych, w szczególności w betonach o podwyższonej szczelności i odporności na agresywne oddziaływanie ciekłych mediów agresywnych. Powyższy środek uzyskuje się poprzez mechaniczną selekcję surowego fluidalnego popiołu lotnego w celu uzyskania założonego składu, a kombinacja z domieszką plastyfikatora decyduje o skuteczności jego działania. Działanie domieszki ma charakter uplastyczniająco-opóźniająco, a jej występowanie w składzie środka pozwala zniwelować wzrost wodożądności spoiwa, na skutek nieregularnych, kanciastych kształtów fluidalnego popiołu lotnego oraz pozwala opóźnić jego wiązanie, przedłużając czas tworzenia się ettringitu w dojrzewającym betonie, przy czym spoiwo stanowi mieszanina środka z cementem. Wysoki udział fazy amorficznej w popiole fluidalnym korzystnie wpływa na proces formowania mikrostruktury betonu poprzez wzrost udziału porów żelowych i zmniejszenie udziału porów kapilarnych. Skład chemiczny dodawanego popiołu zapewnia powstanie w dojrzewającym betonie większych ilości uwodnionych krzemianów wapnia oraz hydrogranatów, korzystnie wpływając na odporność matrycy na działanie czynników korozyjnych.

Efektem technicznym wynikającym z zastosowania środka do betonu według wynalazku jest redukcja głębokości wnikania wody oraz prędkości wnikania jonów agresywnych w beton, w szczególności jonów chlorkowych, jak również możliwość uzyskania odporności chemicznej betonu na oddziaływanie środowiska siarczanowego. Skuteczność stosowania środka zwiększającego trwałość i szczelność betonu według wynalazku przedstawiono w przykładach wykonania.

**P r z y k ł a d I.**

Środek sporządzono w dwóch wariantach: na bazie fluidalnego popiołu lotnego powstałego ze spalania węgla kamiennego K oraz węgla brunatnego T. Badaniom poddano zaprawy, zawierające środek z dodatkiem plastyfikatora, zawierającego lignosulfonian magnezu - oznaczenie próbek K30 i T30, jak również zaprawy bez udziału plastyfikatora - oznaczenie próbek K20 i T20, a także zaprawy nie posiadające w swoim składzie środka - oznaczenie próbek C0. Skład fluidalnego popiołu lotnego stosowanego do przygotowania środka zwiększającego trwałość i szczelność zamieszczono w tabeli 1.

T a b e l a 1

Skład chemiczny fluidalnego popiołu lotnego	Fluidalny popiół lotny ze spalania węgla kamiennego, K	Fluidalny popiół lotny ze spalania węgla brunatnego, T
	[% wag.]	[% wag.]
1	2	3
CaO	5,84	15,95

cd. tabeli 1

1	2	3
SiO <sub>2</sub>	47,18	36,47
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,62	28,40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,80	4,40
SO <sub>3</sub>	3,62	3,80
C	1,60	0,15
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	79,60	69,27

Przygotowano spoiwa zawierające w swoim składzie wagowo: 30% popiołu ze spalania węgla kamiennego K lub brunatnego T oraz 70% cementu portlandzkiego CEM I, przy czym do spoiw dodano również plastyfikator w ilości 2% wagowych w stosunku do zawartości cementu, a spoiwa odpowiednio oznaczono K30 i T30. Ze spoiw wykonano zaprawy zgodnie z procedurą zawartą w normie PN-B-19707:2003/Az1:2006 „Cement - Cement specjalny - Skład, wymagania i kryteria zgodności” poprzez zmieszanie w określonych proporcjach spoiwa, piasku normowego oraz wody zarobowej, przy czym zaprawy oznaczono identycznie jak spoiwa. Następnie przygotowano spoiwa zawierające w swoim składzie wagowo: 20% popiołu ze spalania węgla kamiennego K lub brunatnego T oraz 80% cementu portlandzkiego CEM I, które oznaczono odpowiednio K20 i T20. Ze spoiw wykonano zaprawy zgodnie z procedurą zawartą w normie PN-B-19707:2003/Az1:2006 poprzez zmieszanie w określonych proporcjach spoiwa, piasku normowego oraz wody zarobowej, które oznaczono identycznie jak spoiwa, a także zaprawę, zawierającą jako spoiwo tylko cement portlandzki CEM I, którą oznaczono C0.

Na próbkach, wykonanych z tych zapraw wykonano badania odporności na oddziaływanie środowiska siarczanowego z zastosowaniem dwóch środowisk: Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i MgSO<sub>4</sub> o stężeniu SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = 16,0 g/dm<sup>3</sup>, przy czym badania przeprowadzono zgodnie z normą PN-B-19707:2003/Az1:2006. Procedura badań obejmowała pomiary zmian liniowych próbek przechowywanych w środowisku korozyjnym w stosunku do zmian liniowych próbek dojrzewających w wodzie co 28 dni przez okres 52 tygodni. Wyniki badań podlegają ocenie wg kryterium zawartego w normie przedmiotowej, tj. sprawdzano, czy zmiany liniowe próbek po 52 tygodniach ekspozycji w środowisku siarczanowym nie przekraczają wartości 5 mm/m w stosunku do próbek przechowywanych w wodzie. Takie kryterium jest stawiane dla cementów specjalnych o wysokiej odporności na siarczany. Wyniki badań wskazują, że wprowadzenie środka, będącego przedmiotem wynalazku powoduje uzyskanie zaprawy i w konsekwencji betonu odpornego na oddziaływanie środowiska siarczanowego. Uzyskane wartości względnych zmian liniowych zapraw z dodatkiem środka zwiększającego trwałość i szczelność spełniają po 52 tygodniach kryteria przewidziane w normie PN-B-19707:2003/Az1:2006 dla cementów o wysokiej odporności na siarczany, tzn. nie przekraczają wartości krytycznej przyjmowanej jako 0,5%, tj. 5,0 mm/m. Wyniki zmian liniowych będących kryterium oceny przedstawiono na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia względne zmiany liniowe zapraw: cementowej C0 i zapraw, zawierających fluidalny popiół lotny, pochodzący ze spalania węgla brunatnego T20 i T30, przechowywanych w środowisku Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, fig. 2 - względne zmiany liniowe zapraw: cementowej C0 i zapraw, zawierających popiół, pochodzący ze spalania węgla kamiennego K20 i K30, przechowywanych w środowisku Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, fig. 3 - względne zmiany liniowe zapraw: C0 oraz T20 i T30, przechowywanych w środowisku MgSO<sub>4</sub>, a fig. 4 - względne zmiany liniowe zapraw: C0 oraz K20 i K30 przechowywanych w środowisku MgSO<sub>4</sub>.

#### Przykład II.

Przygotowano spoiwa, zawierające w swoim składzie wagowo: 15% i 30% popiołu ze spalania węgla kamiennego K lub brunatnego T oraz 85% i 70% cementu portlandzkiego CEM I, a spoiwa odpowiednio oznaczono B15K, B30K oraz B15T i B30T. Następnie sporządzono mieszanki betonowe, zawierające piasek o uziarnieniu 0-2 mm, kruszywo żwirowe o uziarnieniu 2-8 mm oraz 8-16 mm, a także spoiwa, przy wskaźniku wodno-spoiwowym wynoszącym 0,45, które oznaczono identycznie jak spoiwa. Badaniom poddano betony, zawierające środek - próbki oznaczone jako: B15K, B15T, B30K i B30T, jak również beton, nie zawierający środka - próbka oznaczona jako B0. Skład fluidalnego popiołu lotnego, stosowanego do przygotowania środka zwiększającego trwałość i szczelność zamieszczono w tabeli 2.

T a b e l a 2

Skład chemiczny fluidalnego popiołu lotnego	Fluidalny popiół lotny ze spalania węgla kamiennego, K	Fluidalny popiół lotny ze spalania węgla brunatnego, T
	[% wag.]	[% wag.]
CaO	9,21	19,36
SiO <sub>2</sub>	43,58	34,66
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,33	25,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,47	5,05
SO <sub>3</sub>	5,09	3,90
C	1,70	0,10
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	74,38	65,36

Z mieszanek betonowych wykonano normowe próbki walcowe do określania wytrzymałości betonu według normy PN-EN 206-1: 2003, pielęgnując je w sposób ujęty w normie PN-EN 12390-2: 2001 przez okres 28, 90 i 180 dni. Współczynnik migracji chlorków badano wg przyspieszonej metody polegającej na określeniu współczynnika migracji chlorków przy nieustalonym ich przepływie. Betonowe próbki, wcześniej odpowiednio zaizolowano w ten sposób, aby tylko przez dwie, przeciwległe badane powierzchnie, odbywał się przepływ jonów, usytuowano w środku komory pomiarowej między miedzianymi elektrodami. W jednej z dwóch przeciwległych części komory umieszczono 10% roztwór NaCl, a w drugiej - 1,2% roztwór NaOH. Próbki poddano przepływowi prądu o napięciu w zakresie od 10 do 60 V, które dobierano zależnie od odczytu z miliamperomierza, wskazującego aktualne natężenie. Wartość współczynnika migracji chlorków wyznaczono na podstawie wielkości przyłożonego napięcia, temperatury anolitu mierzonej na początku i końcu badania oraz głębokości, na jaką wniknęły jony chlorkowe, mierzonej na osiowo rozłupanej próbce. Wyniki badania współczynnika migracji jonów chlorkowych pokazano na fig. 5. Ponadto przeprowadzono zgodnie z normą PN-88/B-06250 badania nasiąkliwości betonu, a wyniki przedstawiono na fig. 6.

### Zastrzeżenie patentowe

Środek zwiększający trwałość i szczelność betonu konstrukcyjnego, **znamienny tym**, że stanowi go fluidalny popiół lotny ze spalania węgla, zawierający wagowo: 5 - 30% tlenku wapnia, 30 - 50% krzemionki, 15 - 30% tlenku glinu, 4 - 10% tlenków żelaza, 3 - 9% trójtlenku siarki, 0 - 4% niespalonego węgla, przy czym suma składników SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wynosi powyżej 55%, z dodatkiem plastyfikatora w ilości 0 - 10% wagowych w stosunku do zawartości fluidalnego popiołu lotnego.

Rysunki

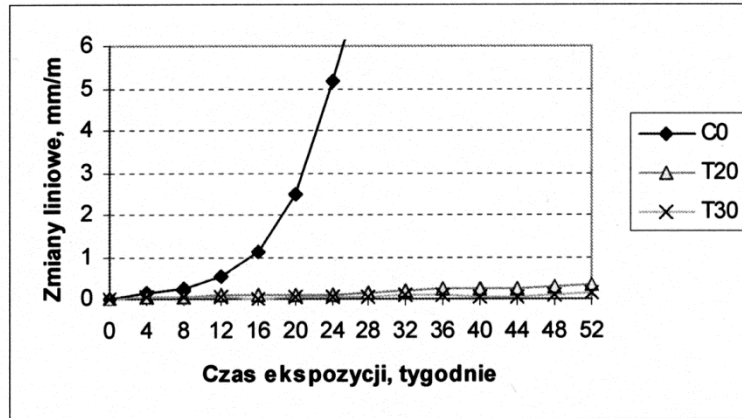


Fig. 1

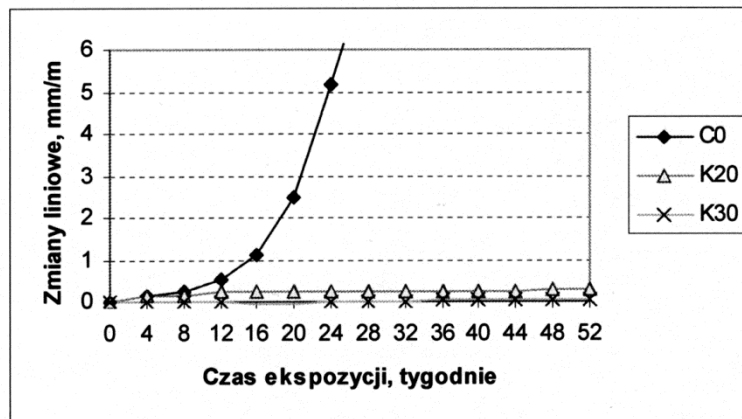


Fig. 2

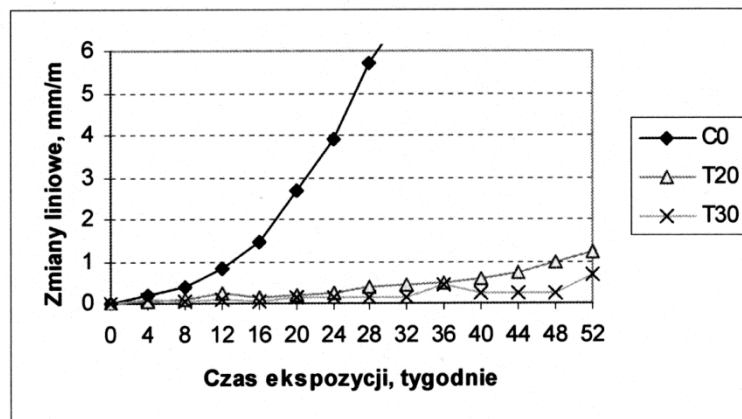


Fig. 3

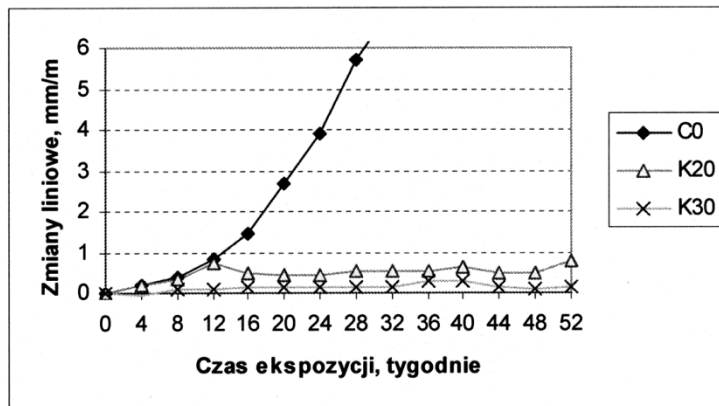


Fig. 4

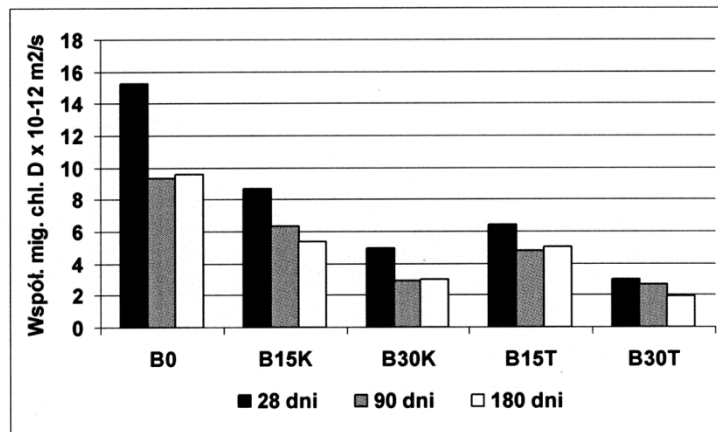


Fig. 5

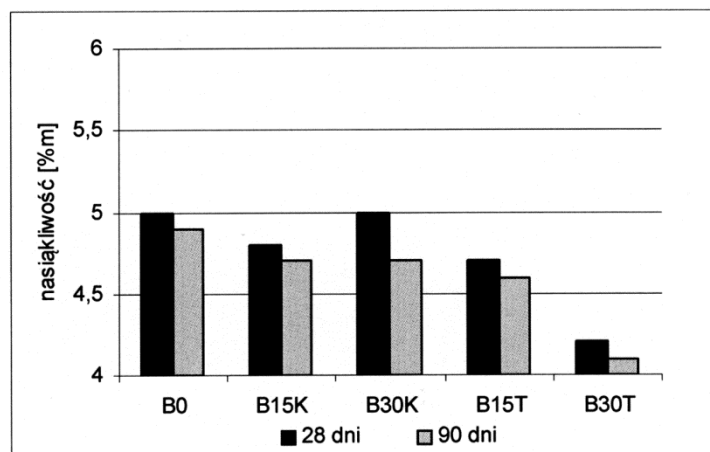


Fig. 6