

Bogusław Kornecki

# Adaptacja i remont budynku dawnej Elektrowni Tramwajowej na Muzeum Powstania Warszawskiego

Problemy przy oczyszczaniu murów ceglanych i innych wyrobów ceramicznych z warstw zapraw wapienno-cementowych, obrzutek cementowych oraz innych modyfikowanych zapraw mineralnych

Często budowle historyczne, mające fasadę ceglana, pokrywano podczas remontów warstwą tynku w celu zamaskowania uszkodzeń mechanicznych i innych, wynikających z upływu czasu. W naszej powojennej historii przeprowadzano na obiektach o wartościach historycznych pośpieszne remonty elewacji niezgodnie z zasadami sztuki konserwatorskiej, zwłaszcza przed nadchodzącymi rocznicami i świętami politycznymi. Najszybsze i najefektowniejsze w sensie wizualnym efekty dawało pokrywanie zniszczonych ścian ceglanych warstwą zaprawy (to spotkało również budynek dawnej Elektrowni Tramwajowej w Warszawie). Warstwę zaprawy narzucano na powierzchnię muru ceglano ręcznie lub – częściej – za pomocą agregatu rozpowszechnionego w latach 70.

Narzucona warstwa mogła pełnić rolę warstwy końcowej w przypadku stosowania zaprawy uszlachetnionej. Uszlachetnienie zaprawy polegało na użyciu jako wypełniacza drobno zmielonej frakcji kruszywa mineralnego oraz barwników i innych domieszek chemicznych.

W przypadku użycia standartowej zaprawy cementowej stanowiła ona jedynie warstwę szepną. Aby tynk dobrze przylegał, przed jego nałożeniem stosowano taką obrzutkę cementowo-wapienną pełniącą funkcję warstwy podtynkowej, wykonanej z markowego cementu, piasku oraz wody. Tak powstała tzw. warstwa szepna, silnie związana z podłożem, charakteryzująca się dużą mocą, twardością i przyczepnością zarówno do podłoża, jak

i do kolejnej warstwy. Szlachetne obrzutki zewnętrzne (w zależności od ich składu) charakteryzują się podobnymi cechami. Wykazują dużą odporność mechaniczną, twardość i silną adhezję do podłoża. Jednocześnie posiadają niską nasiąkliwość i znikomą porowatość. Tworzą zazwyczaj sztywną, zbitą nieprzepuszczalną skorupę o zróżnicowanej grubości (od 2 mm do 1,5 cm). Duża twardość, odporność mechaniczna i silna adhezja warstw zewnętrznych do powierzchni muru ceglano wynika bezspornie ze składu ilościowego i jakościowego zaprawy. Proporcje poszczególnych składników spoiwa i użytych wypełniaczy mają ogromne znaczenie. Często dla podwyższenia odporności na warunki atmosferyczne używano jako wypełniaczy kruszyw, np. mielonego marmuru, granitu czy kwarcu. W wielu przypadkach dla osiągnięcia szybszego i mocniejszego wiązania zaprawy modyfikowano spoiwo.

W czasie fazy wiązania zaprawy na powierzchniach ceglanych następuje odciąganie kapilarne wody zarobowej z zaprawy w głąb porów cegły.

W konsekwencji podsiąkania następuje całkowite zapełnienie i zamknięcie porowatości cegły w warstwie przypowierzchniowej.

Spoiwo z zaprawy wiąże i twardnieje zarówno w porach cegły, jak i na jej powierzchni.

Tak powstała szczelna warstwa uniemożliwia dyfuzję wody podsiąkającej przez mur ceglany z gruntu, gdyż cegła jako materiał ceramiczny charakteryzuje się dużą porowatością i nasiąkliwością.

*Praca dopuszczona do druku po recenzjach*

W obiektach zabytkowych często mamy do czynienia z brakiem izolacji poziomej, co sprzyja podsiąkaniu kapilarnemu wody z gruntu. Warstwa zbitej i twardej cementowo-wapiennej powłoki uniemożliwia dyfuzję murów, blokując oddawanie nagromadzonej wilgoci.

Taka sytuacja jest najczęstszą przyczyną zawilgocenia ścian i co za tym idzie, ułatwia szybki rozwój mikroorganizmów, w tym grzybów, pleśni i innych, destrukcyjnie działających na strefę przypowierzchniową lica cegieł. Wilgoć, wraz z solami migrując z głębi muru na powierzchnię ścian i w

strefie przypowierzchniowej cegieł, powoduje destrukcję materiału ceramicznego.

Podczas prowadzenia prac przy obiektach historycznych, prócz usuwania zniszczeń wynikłych z eksploatacji obiektu oraz wywołanych upływem czasu, dużą wagę przywiązuje się do przywrócenia im pierwotnego wyglądu architektonicznego. Chodzi też o usunięcie wtórnych tynków, przemurowań i efektów nieudolnych reperacji, tak aby odsłonić oryginalny, pierwotny wygląd muru.

Zwłaszcza w przypadkach budynków wykonanych z cegły licowej czy klinkierowej przywróce-



Budynek dawnej Elektrowni Tramwajowej w Warszawie – 1905. Elewacje budynku pokryte w latach 70. warstwą obrzutki cementowej



Elewacja północna (obecnie kaplice) pokryta warstwą cementowej obrzutki



Destrukcja muru ceglanego spowodowana uszczelnieniem powierzchni zaprawą cementową



Metoda ścinania warstw obrzutki za pomocą specjalnych pił i tarcz diamentowych

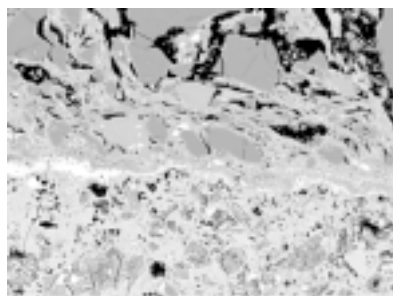


Metoda piaskowania i mikropiaskowania. Użycie agregatów pracujących metodą strumieniową, gdzie odpowiednio dobranym ścierniwem pod regulowanym ciśnieniem usuwa się warstwę z lica cegły

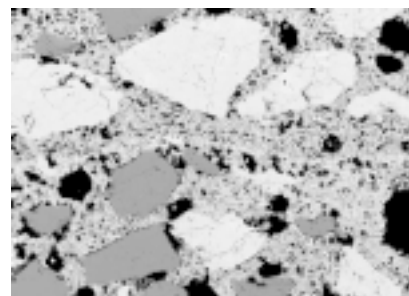
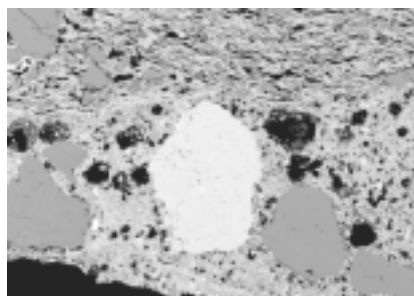


Metoda ręcznego odkuwania warstw cementowej obrzutki z użyciem dłut

Zdjęcie skaningowe wykonane na mikrosondzie elektronowej (EPM) wyposażonej w Spektrometr EDS. Widoczna szczelna warstwa zaprawy znajdująca się na powierzchni cegły



Zdjęcia zaprawy wykonane na mikrosondzie elektronowej (EPM) CAMECA SX 100 dodatkowo wyposażonej w spektrometr EDS firmy NORAN. Obrazy rejestrowano w trybie BSE (elektrony wstecznie rozproszone)



nie im pierwotnego wyglądu przyczynia się do podniesienia ich walorów estetycznych.

Jednakże ze względu na opisane tu właściwości fizyczne wtórnie nałożonych zapraw zdjęcie ich bez kaleczenia warstwy właściwej jest procesem trudnym. Opracowanie metody, dzięki której możliwe byłoby zdejmowanie zapraw bez uszkodzeń ceglanych powierzchni historycznych od lat zajmowało wszystkich tych, którzy podczas prowadzenia prac remontowych przed takim problemem stanęli.

### **Obecnie stosowane metody oczyszczania murów ceglanych z warstw wtórnych – obrzutek cementowych i zapraw cementowo-wapiennych**

W procesie usuwania obrzutki cementowej i cementowo-wapiennej oraz innych modyfikowanych warstw z powierzchni cegieł stosuje się obecnie kilka metod:

1. metoda mechaniczna polegająca na mechanicznym ścinaniu lub szlifowaniu warstwy obrzutki za pomocą urządzeń mechanicznych, np. szlifierek kątowych z użyciem tarcz ściernych na sucho;
2. metody ścinania warstw obrzutki za pomocą specjalnych pił i tarcz diamentowych przeważnie umieszczanych na specjalnych rusztach i prowadnicach;
3. metody piaskowania i mikropiaskowania – użycie agregatów pracujących metodą strumieniową, gdzie odpowiednio dobranym ścierniwem pod regulowanym ciśnieniem usuwa się warstwę obrzutki z lica cegły z użyciem wody, mgławicy wodnej lub na sucho;
4. metoda ręcznego odkuwania warstwy cementowej obrzutki z użyciem dłut i młotów z doczyszczaniem ręcznym materiałami ściernymi;
5. metoda chemiczna polegająca na nałożeniu na powierzchnię obrzutki preparatu chemicznego w postaci roztworu bądź żelu, który reagując z warstwą, powoduje jej rozpuszczenie lub rozpułchnienie, albo oddzielenie od muru ceglano;
6. metoda hydrodynamiczna polegająca na używaniu wody zimnej lub gorącej, wyrzucanej pod wysokim ciśnieniem za pomocą agregatów ciśnieniowych przez specjalne dysze.

Należy tu także wspomnieć o możliwości oczyszczania lica muru za pomocą promieni lasera. Niestety metoda ta stosowana na dużych powierzchniach w skali budowlanej okazuje się szalenie kosztowna.

### **Analiza dotychczasowych metod oczyszczania**

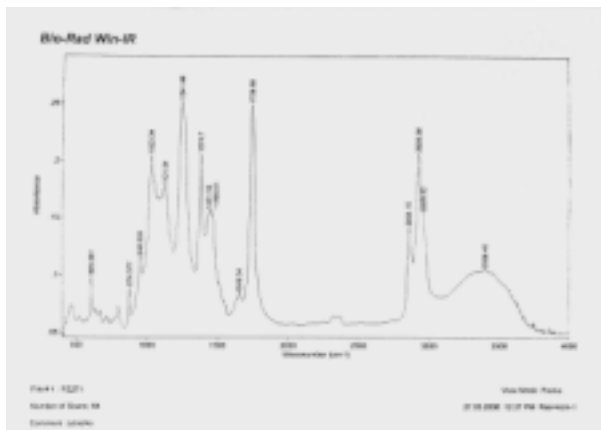
Wszystkie dotychczas stosowane metody usuwania warstw zapraw cementowych z lica muru ceglano opierają się większości na zasadzie fizycznego oddziaływania na warstwę wtórną np. poprzez zastosowanie określonej siły mechanicznej w celu jej zerwania lub zniszczenia.

W przypadku metody chemicznej stosuje się wywołanie reakcji chemicznej na warstwie tynku w celu jego rozkładu. Na rynku istnieje kilka takich preparatów o długim czasie reakcji, przeważnie jest to czas nie krótszy niż 24 godziny.

Metody te, jak wynika z wykonanych przez mnie prób i wieloletniego doświadczenia zawodowego, mają szereg poważnych wad i mankamentów. Znajdują zastosowanie jedynie przy usuwaniu warstw lekkiego tynku cementowo-wapiennego. W przypadku warstw o dużej twardości, adhezji i zwięzłości metody te najczęściej okazują się nieskuteczne albo szalenie powolne. Wymagają zachowania specjalnych warunków zewnętrznych, jak np. utrzymania określonej temperatury otoczenia, zachowania długiego czasu reakcji lub spełnienia szeregu wymogów niewykonalnych w realiach typowego placu budowy.

Podczas prowadzenia typowych prac remontowych na dużych powierzchniach i z poziomu rusztowań wymienione powyżej metody w praktyce nie znajdują zastosowania. Bogaty wystrój architektoniczny ceglanych budowli historycznych uniemożliwia zastosowanie nawet najprostszych metod oczyszczania. Finezyjne kształtki ceramiczne i detale architektoniczne obiektów historycznych pokryte mocną warstwą zaprawy przy okazji prowadzonych prac często zostają zniszczone lub uszkodzone. Wiele problemów nastręcza oczyszczenie z twardych zbitych warstw ścian prostych, a przy oczyszczaniu detalu, zwłaszcza o małych przekrojach, prawie zawsze wszystkie metody zawodzą.

Najistotniejszym wymogiem stawianym skutecznej metodzie oczyszczania jest jej selektywność polegająca na oddziaływaniu tylko na warstwę wtórną z pozostawieniem powierzchni oryginalnej (zabytkowej) w stanie nienaruszonym. W obawie przed niszczeniem powierzchni zabytkowych elewacji ceglanych wykluczyć należy metody niszczące. Metody takie, jak piaskowanie czy mechaniczne szlifowanie zapraw, ścinanie piłami oraz ręczne odkuwanie zaprawy z użyciem dłut i innych narzędzi w żadnym wypadku nie powinny już być stosowane. Ponieważ twardość wtórnie naniesionej warstwy cementowej zazwyczaj jest większa od twardości powierzchni cegły, w czasie jej mechanicznego usuwania powstają liczne uszkodzenia.



Wykres pasm widma w podczerwieni. Identyfikacja polimeru



Widoczny fragment muru po usunięciu warstw cementowych nową metodą

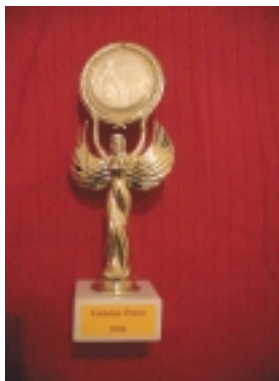
Jak wynika z przeprowadzanych obserwacji i wykonanych prób, metody te niszczą powierzchnię lica cegieł, powodując na jej powierzchni nieodwracalne zmiany. Zwiększają fakturę, niszczą warstwę szklawa, zeszlifowują lub zrywają powierzchnię, nacinają ją lub powodują pozostawienie zacięć od narzędzi oraz innych mechanicznych uszkodzeń powierzchni cegieł.

Natomiast przy zastosowaniu oczyszczania metodą chemiczną wymagane jest zachowanie długiego czasu reakcji (około 24 godzin) oraz utrzymanie płynnej substancji na powierzchni, co w przypadku pionowej ściany czyni metodę nie-



Elewacja Muzeum Powstania Warszawskiego po oczyszczeniu z warstw cementowych i przeprowadzeniu niezbędnych prac konserwatorskich

Plakat prezentujący metodę na Salonie w Genewie



Złoty medal z wyróżnieniem oraz Statuetka Genius Prize 2006 r.

efektywną. Dodatkową trudność sprawia fakt, że w przypadku nasiąkłej cegły szkodliwe związki chemiczne z roztworu przedostają się do wnętrza cegły, a ich późniejsze usuwanie z wnętrza muru staje się kłopotliwe. Z powodu braku skutecznej metody w praktyce akceptuje się metody mechaniczne, w tym najpopularniejsze zdzieranie tarczami lub szlifowanie.

Dlatego koniecznym stało się opracowanie metody, która wyeliminowałaby wszystkie dotychczasowe niedogodności i stałaby się możliwa do zastosowania w typowych warunkach remontowo-budowlanych. Stanowiłaby bezpieczny sposób usuwania nieoryginalnych warstw cementowych bez niszczenia oryginalnego wątku muru i powierzchni cegieł.

### **Metoda służąca do usuwania zewnętrznych warstw cementowych, cementowo-wapiennych i modyfikowanych z murów wykonanych z cegły pełnej, cegły półklinkierowej, klinkierowej i szamotowej oraz innych wyrobów i materiałów kamionkowych**

Metoda taka została opracowana przez technika ceramika mgr. Bogusława Korneckiego – konserwatora dzieł sztuki, absolwenta Wydziału Konserwacji Rzeźby Kamiennej i Elementów Architektonicznych ASP w Warszawie i chroniona jest przez Urząd Patentowy (oznaczona numerem P-364842), jak również prawem autorskim.

Skuteczność nieinwazyjnej metody usuwania warstw sprawdzono doświadczalnie w warunkach laboratoryjnych oraz praktycznie potwierdzono jej skuteczność, stosując z dużym powodzeniem przy oczyszczaniu elewacji budynku dawnej Elektrowni Tramwajowej powstałej w roku 1905 w Warszawie przy ul. Przyokopowej 28 i zaadaptowanej obecnie dla potrzeb mieszczącego się tu Muzeum Powstania Warszawskiego. Prace badawcze nad metodą usuwania warstwy zewnętrznej z powierzchni ceglanej elewacji rozpoczęto na początku 2004 roku. Badania i doświadczenia prowadzono zarówno w pracowni, jak i bezpośrednio na elewacji obiektu. Pobrane z murów cegły pokryte obrzutką stały się przedmiotem doświadczeń mechanicznych, fizycznych i chemicznych.

Wykonano badania ilościowe i jakościowe składu zaprawy na mikrosondzie elektronowej (EPM) CAMECA SX 100, dodatkowo wyposażonej w spektrometr EDS firmy NORAN. Badania prowadzono w Instytucie Geochemii Mineralogii i Pe-

trografii Uniwersytetu Warszawskiego z pomocą dr. Piotra Dzierżanowskiego. Obrazy rejestrowano w trybie BSE (elektrony wstecznie rozproszone). Pozwala on na wyróżnienie elementów próbki różniących się składem chemicznym, który następnie był określany jakościowo i ilościowo na podstawie analizy charakterystycznego promieniowania rentgenowskiego z powierzchni wybranych elementów próbki (analiza punktowa pod wpływem oświetlania ich wiązką elektronów). Obrazy BSE pozwoliły na wyróżnienie w próbce ziaren kwarcu  $\text{SiO}_2$  i kalcytu  $\text{CaCO}_3$  oraz obecności Pb i Cr, prawdopodobnie związanej z obecnością minerału krokonitu  $\text{PbCrO}_4$ , który posiada czerwoną barwę zauważalną w zaprawie. W spoiwie możemy natomiast wyróżnić elementy ciemnoszare na przeważającym tle jasnoszarym.

Badania składu spoiwa wykonano w Instytucie Chemii Organicznej Politechniki Warszawskiej w pracowni dr inż. Irminy Zabroźnej. Wykonano Analizę w podczerwieni z transformacją Fouriera FTIR – pastylki KBr. Metodą spektrometrii w podczerwieni stwierdzono obecność silnego pasma odpowiadającego grupie estrowej poliesterów, grupie metylowej, a także wiązań alifatycznych pojedynczych i podwójnych. Stwierdzono także słabe pasma odpowiadające grupom hydroksylowym wiązań estrowych i eterowych. Zidentyfikowano dodatek modyfikujący zaprawę cementową w postaci polimeru.

W celu ustalenia składu ilościowego badanej warstwy wykonano dodatkowe badania widma w podczerwieni. Analiza widma FTIR pozwoliła na szacunkowe określenie zawartości różnych składników wchodzących w skład zaprawy. Stwierdzono występowanie pasm siarczanów, glinokrzemianów i węglanów.

Porównując intensywność pasm pochodzących od związków organicznych można przypuszczać, że dodatek ich wynosi około 10%, węglanów 60% i glinokrzemianów 30%.

Okres trwających od stycznia do kwietnia 2004 roku badań i doświadczeń zakończył się wynalezieniem skutecznej metody i zgłoszeniem jej w Urzędzie Patentowym.

Po przedstawieniu metody Urzędowi Konserwatora Wojewódzkiego i uzyskaniu akceptacji została ona wykorzystana przez firmę prowadzącą renowację do oczyszczania murów budynku dawnej elektrowni tramwajowej z warstw cementowych. Dzięki tej metodzie remont i adaptacja budynku na potrzeby Muzeum Powstania Warszawskiego zakończył się terminowo. W ciągu 3 miesięcy oczyszczono około 5 000 m<sup>2</sup> powierzchni elewacji i muru ogrodzenia z warstw cementowych oraz poddano je pełnej konserwacji.

Wynikiem zastosowanej tam metody jest bezinwazyjne dla struktury historycznej usunięcie warstw zewnętrznych cementowo-wapiennych i cementowych z murów ceglanych i elementów ceramicznych. Jak wynika z przeprowadzonych przy obiekcie prac, zastosowana tam metoda znajduje szerokie zastosowanie przede wszystkim w remontach budowli historycznych i odtwarzaniu ich pierwotnego wyglądu. Nowa metoda opiera się na całkowicie innym od dotychczasowego sposobie oddziaływania na warstwę (nie mechanicznego i nie chemicznego). W dużej mierze opiera się ona na wykorzystaniu właściwości fizycznych zapraw naniesionych wtórnie, działaniu określonym rodzajem energii w określonym czasie za pomocą specjalistycznych narzędzi. Po przeprowadzeniu zabiegów opracowaną metodą warstwa zewnętrzna traci zdolność wiązania międzycząsteczkowego i adhezji. Pod wpływem lekkiego uderzenia odpada się ona od muru. Kruszy się, pęka i odwarstwia od muru, pozostawiając lico cegły w stanie nienaruszonym.

Po oczyszczeniu tą metodą powierzchnia cegły pozostaje w pierwotnym stanie, takim jak przed narzuceniem zaprawy. Na takiej oryginalnej powierzchni można prowadzić dalsze zabiegi konserwatorskie. Niewątpliwą zaletą zastosowanej metody jest duża wydajność, co w obliczu krótkiego terminu wykonania prac prowadzących do oczyszczenia i odtworzenia elewacji budynku Muzeum okazało się szalenie ważne. Tym bardziej, że przeprowadzone prace pozwoliły na dokładne, nieinwazyjne oczyszczenie muru ceglanoego o walorach historycznych. Mój wkład w powstanie Muzeum został doceniony listem pochwalnym przez Prezydenta Miasta Warszawy, Pana Lecha Kaczyńskiego i Dyrektora Muzeum Powstania Warszawskiego, Pana Jana Ołdakowskiego.

W dniach 5-9 czerwca tego roku odbył się 34 Międzynarodowy Salon Techniki Racjonalizacji i Wynalazczości w Genewie (34<sup>th</sup> INTERNATIONAL EXHIBITION OF INVENTIONS, NEW TECHNIQUES AND PRODUCTS OF GENEVA – PALEXPO 2006).

Światowa wystawa organizowana jest pod patronatem Szwajcarskiego Rządu Federalnego i jest jedną z największych w Europie i na świecie, o wielkim prestiżu. Polskie Stowarzyszenie Wynalazców bierze w niej udział od 11 lat. W tegorocznej, 34 światowej wystawie wzięło udział ponad 800 wynalazców z 45 krajów świata, którzy zaprezentowali międzynarodowej publiczności wynalazki z 40 dyscyplin. Stowarzyszenie Polskich Wynalazców i Racjonalizatorów przedstawiło i zaprezentowało nowatorską metodę w Salonie Polskim. In-

nowacje i wynalazki prezentowały głównie instytucje naukowe, m.in. Instytut Biotechnologii z Warszawy i Poznania, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Instytut Chemii Przemysłowej, Instytut Mechaniki Precyzyjnej oraz Instytut Włókien Naturalnych z Poznania. Nowatorskie rozwiązania pokazały również Politechniki – Krakowska i Częstochowska.

Metoda usuwania warstw cementowych z murów ceglanych została zakwalifikowana do klasy D: Building – Architecture – Civil Engineering – Construction – Materials – Woodwork. Międzynarodowe jury doceniło niekonwencjonalne myślenie oraz nowatorstwo w rozwiązaniu technicznym metody, przyznając najwyższą nagrodę – Złoty Medal z wyróżnieniem oraz statuetką Genius Prize 2006.

## Podsumowanie

Nowa metoda oczyszczania murów ceglanych z warstw cementowych zapraw i tynków okazała się skuteczna, ale co najważniejsze, bezpieczna dla zabytkowej tkanki obiektu.

Po dwóch latach eksploatacji na elewacji nie zaobserwowano żadnych ujemnych skutków na powierzchni licowej cegły, a także na zaprawie spoinującej. Oczyszczona zachodnia elewacja budynku dawnej elektrowni tramwajowej odzyskała dawną świetność i stała się atrakcyjnym symbolem identyfikującym Muzeum Powstania Warszawskiego. Restauracja i adaptacja zabytkowego obiektu pokazała, jak świetne walory posiada architektura przemysłowa początku XX wieku.

## Bibliografia

1. Brylicki W., Derdacka-Grzymek A., Gawlicki M., Małolepszy J.: *Technologia budowlanych materiałów wiążących*, Cz. 2. *Cement*. WSiP, Warszawa 1983.
2. Czarnecki L., Broniewski T., Hennig O.: *Chemia w budownictwie*. Arkady, Warszawa 1995.
3. Kurdowski W.: *Chemia cementu*. PWN, Warszawa 1991.
4. Kurdowski W.: *Chemia materiałów budowlanych*. Wyd. AGH, Kraków 2000.
5. Małolepszy J., Deja J., Brylicki W., Gawlicki M.: *Technologia betonu. Metody badań*. UWN-D, Kraków 2000.
6. Młodecki J., Stebnicka I.: *Domieszki do betonu. Poradnik*. COIB, Warszawa 1996.
7. Peukert S.: *Cementy specjalne*. Wyd. WSI, Opole 1999.
8. Szwabowski J.: *Reologia mieszanek na spoiwach cementowych*. Wyd. Pol. Śląskiej, Gliwice 1999.