

# Z kart historii: Twórcy cementu portlandzkiego cz. I

Zainteresowanie aktualnymi problemami wytwarzania i wykorzystania hydraulicznych materiałów wiążących w naturalny sposób odsuwa na dalszy plan chęć poznania szczegółów historii ich powstania, w tym także genezy najważniejszego z nich – cementu portlandzkiego. Pamiętając jednak, iż *historia magistra vitae est*, warto poświęcić nieco uwagi początkom wytwarzania tego spoiwa, choćby dlatego, aby poznać jego twórców i uświadomić sobie ich niezwykłą pracowitość, przenikliwość oraz upór w pokonywaniu trudności w czasach, gdy możliwości badawcze i wiedza o fizykochemii procesów wypalania oraz o mechanizmach wiązania i twardnienia spoiw mineralnych były doprawdy niewielkie. Peregrynacje w tym obszarze przypominają otwieranie kolejnych matryoszek, których wnętrza zawierają zawsze jakąś niespodziankę. Cement portlandzki powstał w końcowej fazie pierwszej rewolucji przemysłowej w latach dwudziestych XIX wieku. Ugruntował swój prymat wśród mineralnych spoiw hydraulicznych w drugiej połowie XIX wieku i od tego czasu pozostaje niezmiennie najbardziej popularnym materiałem wiążącym na świecie, wytwarzanym obecnie w ilości około 4,2 mld ton rocznie.

Spoivo to, zachowując niezmienną nazwę, uległo w czasie swej niemal dwustuletniej historii wielu przeobrażeniom. Wypowiedziane w 1910 roku przez ponadstuletniego Isaacka Charlesa Johnsona jednego z „Wielkich” przemysłu cementowego zdanie, iż cementy portlandzkie wytwarzane w połowie XIX wieku oraz cementy współczesne (tzn. cementy produkowane na początku XX wieku) mają się do siebie tak jak wapno do białego sera, można uznać za przesadną złośliwość, ale fakt istnienia znaczących różnic był bezsporny. Kolejne lata, które minęły od tej wypowiedzi, przyniosły dalsze zmiany cementu portlandzkiego. Pomijając kolosalny postęp w sposobach jego wytwarzania oraz zmiany wyposażenia cementowni, szczególnie uwagę zwrócić należy na następujące fakty:

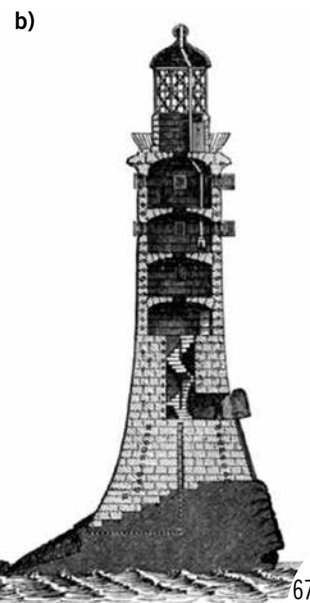
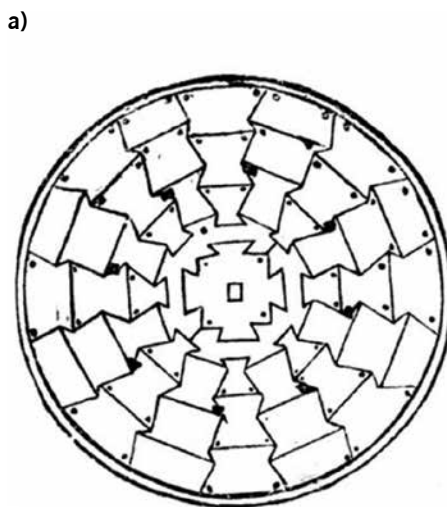
- Klinkiery, z których produkowano pierwsze cementy portlandzkie, były wypalane w relatywnie niskiej temperaturze, około 1000-1200°C, i nie zawierały krzemianu trójwapniowego (alitu). Wytwarzane z nich cementy były niejednorodne, „grubo zmielone” i osiągały stosunkowo małe wytrzymałości.
- Cementy portlandzkie wytwarzane od połowy lat czterdziestych XIX wieku zawierały znaczące ilości alitu. Klinkiery były wypalane w temperaturze umożliwiającej tworzenie się fazy ciekłej. Zwiększyła się dynamika narastania wytrzymałości cementów i ich wytrzymałości końcowe.
- Od dziewięćdziesiątych lat XIX wieku zaczęto stosować gips jako regulator czasu wiązania cementów portlandzkich. Wzrosła zawartość alitu w cementach i ich wytrzymałość, poprawiła się jednorodność mielonego materiału oraz zwiększyło się rozdrobnienie cementów.

Powstanie cementu portlandzkiego nie było zdarzeniem momentalnym, lecz miało charakter pro-

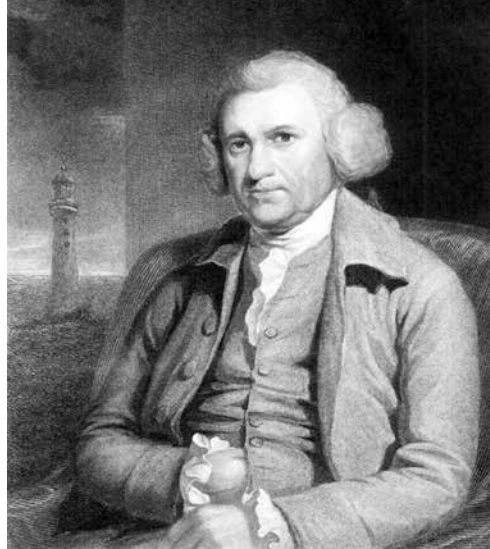
cesualny. Jego czasowy wymiar określają daty kolejnych osiągnięć technologicznych i technicznych twórców cementu. Nie bez znaczenia dla kalendarium wydarzeń były zabiegi producentów mające na celu zachowanie tajemnicy składu cementów i sposobów ich wytwarzania. Niektóre z tych działań, zwłaszcza w początkowym okresie produkcji cementu portlandzkiego, mogły wręcz wzbudzać rozbawienie. Urozmaicone systemy „dymów i luster”, którymi starano się otaczać produkt, miały nie tylko chronić tajniki technologii, ale również naprowadzać konkurentów na fałszywe tropy. Temu celowi służyło między innymi rozsypywanie w pobliżu pieców dobrze widocznych, błękitnych kryształków uwodnionego siarczanu miedzi, siarczanu żelaza, wprowadzanie do namiaru surowcowego popiołu z kości zwierzęcych i szereg innych zabiegów. Nie zapobiegło to co prawda swarom i wzajemnym oskarżeniom o wykradanie cudzych sekretów ani nie ochroniło prawdziwych i domniemyanych tajemnic, nadało natomiast swoistego kolorytu toczącym się wówczas poważnym sporom o wpływ temperatury wypalania klinkieru portlandzkiego na kształtowanie się cech użytkowych cementu.

Cement portlandzki nie powstawał w technologicznej próżni. Od czasów starożytnych wykorzystywane były w praktyce budowlanej mieszaniny wapna i materiałów pucolanowych. Znaczącą rolę na rynku hydraulicznych materiałów wiążących na Wyspach Brytyjskich odgrywał od przełomu XVIII i XIX wieku *Roman cement* (nazywany w Polsce niezbyt szczęśliwie cementem romańskim, a we Francji i USA cementem naturalnym). Znany był też *British cement*. Używano również naturalnego wapna hydraulicznego. W Europie kontynentalnej dynamicznie rozwijała się produkcja sztucznego wapna hydraulicznego. Wapno to wytwarzane było w znacznych ilościach już w drugiej połowie lat dwudziestych XIX wieku również w Królestwie Pol-

*Latarnia morska wybudowana przez J. Smeatona na Eddystone Rocks: a) Schemat ułożenia bloków kamiennych tworzących podstawę latarni. b) przekrój osiowy latarni (Źródło: <https://trinityho-usehistory.wordpress.com/category/aids-to-navigation/page/2/>)*



John Smeaton (1724-1792)  
(Źródło: <http://blog.yovisto.com/john-smeaton-the-father-of-civil-engineering/>)



skim i doskonale się sprawdziło podczas budowy Kanału Augustowskiego.

Spośród szeregu XVIII i XIX-wiecznych badaczy, budowniczych i producentów materiałów wiążących, a niekiedy także dość przypadkowych eksperymentatorów, których osiągnięcia legły u podstaw rozwoju hydraulicznych materiałów wiążących i poprzedziły powstanie cementu portlandzkiego, najczęściej wymieniani są John Smeaton (1724-1792), James Parker oraz Louis J. Vicat (1786-1861), rzadziej James Frost (1780?-1840?). O ile dwaj pierwsi działali w obszarze naturalnych materiałów wiążących, to przedmiotem zainteresowań Vicata i Frosta były głównie sztuczne materiały wiążące. Bardzo rzadko, mówiąc o początkach hydraulicznych materiałów wiążących, wspomina się Jegora G. Czelijewa (1771-?), o którego dokonaniach w sposób bardzo sugestywny pisze Igor L. Znaczkowski i farmakologa Johana Friedricha Johna (1782-1847), poszukującego w tym samym czasie, co Louis J. Vicat, optymalnego składu surowców do wytwarzania sztucznego wapna hydraulicznego. Niemal zapomniani są: C.L. Treussart, I.W. Fuchs, C.W. Pasley, A. Raucourt de Charleville, G. Lamé, E. Dobbs, J.A. Tickell, M.M. de Saint Legér oraz wielu innych, w tym także B.P.E. Clapeyron, którego błyskotliwe sukcesy w dziedzinie termodynamiki przystoiły jego dokonania w obszarze materiałów wiążących.

Jako twórca cementu portlandzkiego wymieniany jest najczęściej Joseph Aspdin (1778-1855), który w 1824 roku opatentował hydrauliczny materiał wiążący, nadając mu taką właśnie nazwę – *Portland cement*. W szeregu opracowań zasługę uzyskania „prawdziwego”, to znaczy zawierającego alit cementu portlandzkiego, przypisuje się Isaacowi Charlesowi Johnsonowi (1811-1911) lub Wiliamowi Aspdinowi (1815-1864). Powstanie cementu (bez dodawania przymiotnika „portlandzki”) prezentowane jest często również jako efekt prac Louisa Josepha Vicata.

Wyjaśnienie sprzeczności nie jest proste i nie można ograniczać go do rozstrzygnięć opartych wyłącznie na analizie chronologii zarejestrowanych wydarzeń. Duże kłopoty w ocenie dokonań poszczególnych badaczy stwarza terminologia używana w XIX wieku, według której słowo „cement” przypisuje się różnorakie znaczenia. Z całą powagą należy zadać dość przewrotne pytanie: Co właściwie nastąpiło w 1824 roku, czy opatentowany został nowy rodzaj hydrau-

licznego materiału wiążącego, który zrewolucjonizował budownictwo, czy też J. Aspdin uzyskał jedynie prawo do używania atrakcyjnej i „nośnej” nazwy istniejącego już spoiwa?

W poszukiwaniu niełatwej odpowiedzi na to pytanie pomocne jest zaznajomienie się ze szkicami biografii postaci, które odegrały doniosłą rolę w początkowej fazie rozwoju hydraulicznych materiałów wiążących. Omawiany problem jest o tyle interesujący, iż zbliża się dwusetna rocznica zaistnienia cementu portlandzkiego. Czy będzie ona tożsama z przypadającą w 2024 roku dwusetną rocznicą uzyskania przez Josepha Aspdina brytyjskiego patentu numer 5022, w którym po raz pierwszy (co jest niekiedy również kwestionowane) pojawiła się nazwa tego globalnego spoiwa, czy być może będzie to nawiązanie do dokonań poprzedzających wspomniany patent, np. raportu z badań Louisa J. Vicata z 1817 roku? A może w rocznicowych rozważaniach najwięcej uwagi zogniskują nieco późniejsze osiągnięcia technologiczne W. Aspdina i I. Ch. Johnsona będące rezultatem podwyższenia temperatury wypalania klinkieru portlandzkiego i zmian jego składu fazowego? Cokolwiek się jednak stanie, warto podkreślić że cement portlandzki jest materiałem wyjątkowym i od wielu lat odgrywa doniosłą rolę w rozwoju naszej cywilizacji. Wytwarzany w olbrzymich ilościach znika, przekształcając się w uwodnione składniki betonów i zapraw. Światowa roczna produkcja betonu wyrażona w m<sup>3</sup> już dawno przekroczyła liczbę mieszkańców naszego globu. Cement potrzebny jest ludziom niemal jak woda, a jego średnie dzienne zapotrzebowanie per capita mieszkańca Ziemi wynosi niemal 1 kg, wykazując trwałą tendencję wzrostową. Kwantyfikowanie osiągnięć twórców cementu portlandzkiego wydaje się niestosowne. Ważne jest natomiast zachowanie we wdzięcznej pamięci ich nazwisk oraz wiedza o ich rzeczywistych dokonaniach.

### John Smeaton

Sukcesy Johna Smeatona w obszarze technologii i wykorzystania hydraulicznych materiałów wiążących poprzedzają patent Josepha Aspdina o niemal 70 lat. O ich randze świadczą między innymi wyniki ankiety przeprowadzonej w 2007 roku przez redakcję JOM (organ *Metals & Materials Society*), według których uzyskanie nowoczesnego betonu przez Smeatona jest szóstym pod względem ważności wydarzeniem w dziejach ludzkości w dziedzinie szeroko rozumianych nauk o materiałach.

John Smeaton określał swój zawód jako *civil engineer*. Był niezwykle wszechstronny i utalentowany. Jego projekty i realizacje obejmowały wiele dzieł budowlanych i urządzeń przemysłowych. Konstruował również przyrządy pomiarowe (pirometr). Był też autorem pionierskich rozważań teoretycznych dotyczących między innymi mechaniki płynów. Aktywnie uczestniczył w pracach brytyjskich towarzystw naukowych, w tym Royal Society. W 1771 roku założył *Smeatonian Society of Civil Engineers*, pierwsze w historii stowarzyszenie inżynierów budownictwa.

W 1775 roku Royal Society, odpowiadając na prośbę Trinity House, organizacji zarządzającej eksploatacją i budową latarni morskich na Wyspach Brytyjskich, wskazało go jako inżyniera, który zapewni właściwe opracowanie projektu i kierownictwo budowy latarni morskiej na Eddystone Rocks

u wejścia do portu Plymouth w południowo-zachodniej Anglii. Miała być to trzecia latarnia morska wzniesiona w tym miejscu. Dwie wcześniejsze uległy zniszczeniu. Smeaton stanął przed nie lada wyzwaniem, zwłaszcza że miał pełnić funkcje zarówno projektanta, głównego inżyniera, jak i organizatora budowy. Poza wieloma problemami konstrukcyjnymi i wykonawczymi przed Smeatonem piętrzyły się trudności materiałowe, w tym konieczność uzyskania spoiwa łączącego w sposób trwały kamienne bloki, z których miała być zbudowana latarnia. Było to zagadnienie zupełnie nowe dla Smeatona, a ówczesna wiedza na temat hydraulicznych materiałów wiążących była bardzo ograniczona i miała jedynie empiryczny charakter.

W drugiej połowie XVIII wieku na Wyspach Brytyjskich jako spoiw elementów murowych w budowach hydrotechnicznych używano najczęściej mieszanin składających się z dwu części objętościowych gaszonego wapna i jednej części pucolanu – zmielonego trasy holenderskiego. Przygotowując zaprawy, starano się jak najbardziej ograniczyć ilość wody zarobowej. Zaprawy te przypominały zaprawy stosowane w starożytnym Rzymie, inny był jednak rodzaj materiału pucolanowego oraz odmiennie proporcje wapno : pucolana. W sposób naturalny mieszaniny te stały się przedmiotem zainteresowania Smeatona. Chcąc dokonać jak najlepszego wyboru tworzących je składników Smeaton przeprowadził wiele badań, koncentrując się głównie na ocenie różnych rodzajów wapna, za miarę przydatności którego uznał wyniki oznaczeń trwałości i narastania wytrzymałości kul wykonanych z zapraw wapienno-pucolanowych zanurzanych w wodzie natychmiast po związaniu spoiwa. Okazało się, że trwałość tych zapraw w kontakcie z wodą uzależniona jest nie, jak wówczas powszechnie sądzono, od twardości surowców wapiennych i ich barwy, według której oceniano udział w nich węgla wapnia, ale od zawartości składników ilastych. Najlepsze wyniki Smeaton uzyskał, używając wapna wytwarzanego z walijskich wapieni zawierających znaczne ilości glin. Badania wykazały również, że wypalanie wapieni marglistych umożliwia uzyskanie spoiwa hydraulicznego bez konieczności wprowadzania do niego materiałów pucolanowych.

Do budowy latarni użyto ostatecznie spoiwa będącego mieszaniną wapna wyprodukowanego z wapieni z kamieniołomu Aberthaw w Glamoran w południowej Walii oraz włoskiej pucolany z Civitavecchia w proporcjach objętościowych 2:1. O tym, że do przygotowania spoiw nie wykorzystano przewidywanych wcześniej tufów holenderskich, zdecydował przypadek. Z informacji zawartych w *Architecture hydraulique* Bernarda F. de Belidora (1693-1761) Smeaton wiedział, że włoskie pucolany są doskonałym dodatkiem zapewniającym trwałość zaprawom wapiennym w środowisku wodnym. Był to jednak drogi materiał. W magazynach portowych Plymouth znajdowała się w owym czasie dość duża partia pucolany, przeznaczona pierwotnie do remontu mostu w Westminster. Ponieważ do kontraktu nie doszło, Smeaton bez trudu, za przystępną cenę, odkupił zalegającą na składowisku pucolanę i wykorzystał ją w pracach na Eddystone Rocks.

Budowę latarni rozpoczęto w sierpniu 1756 roku, ukończono zaś w październiku 1759 roku. Jej granitowe fundamenty połączone zostały ze skałami pod-

łoża „na jaskółczy ogon” i zaklinowane. Kolejne warstwy bloków skalnych o dość złożonych kształtach układano „na styk”. Szczeliny wypełniano zaprawą. Długi czas wiązania i twardnienia zaprawy wymagał okresowego zabezpieczenia spoin przed ich wypłukiwaniem. W tym celu na powierzchnie spoin nakładano warstwę gipsu, który szybko wiązał i przez wystarczająco długi czas chronił zaprawy wapienno-pucolanowe przed kontaktem z wodą morską.

Trwałość budowli budziła powszechny podziw. Latarnia użytkowana była przez niemal 120 lat. Jej demontaż w 1877 roku nastąpił z powodu erozji skał podłoża, na którym była posadowiona. Latarnię przeniesiono na stały ląd, tworząc *Smeaton's Tower* – atrakcję turystyczną i symbol portu Plymouth.

Na spektakularny sukces Smeatona złożyły się zarówno jego osiągnięcia jako budowniczego-konstruktora, jak i jego dokonania jako inżyniera materiałowca. Eksperymenty mające na celu optymalizację składu spoiw były pierwszymi badaniami materiałów wiążących przeprowadzonymi na tak dużą skalę. Stwierdzenie możliwości uzyskania naturalnego, wapiennego spoiwa hydraulicznego bez udziału materiałów pucolanowych miało fundamentalne znaczenie dla technologii materiałów wiążących. Umożliwiło podjęcie produkcji naturalnego wapna hydraulicznego, a w dalszej perspektywie otwierało drogę do wytwarzania bardziej zaawansowanych technologicznie mineralnych materiałów wiążących. Nie zostało jednak wykorzystane jako podstawa patentu. Pomimo sukcesu eksperymentu Smeatona, supremacja mieszanin wapienno-pucolanowych wśród spoiw hydraulicznych utrzymywała się jeszcze przez długi okres. Smeaton opublikował wyniki swych badań dopiero w 1791 roku w pracy zatytułowanej: „*A Narrative of the Building and a Description of the Construction of the Eddystone Lighthouse with Stone*”. Zawarte tam informacje można traktować jako rodzaj linku, wskazującego drogę do tworzenia hydraulicznych materiałów wiążących bazujących na surowcach wapiennych i materiałach ilastych. Smeaton, chcąc podkreślić wysoką jakość przygotowanych przez siebie zapraw, wskazywał na analogie ich właściwości użytkowych i cech kamienia wapiennego z Portland.

### James Parker

James Parker, angielski duchowny i producent cementu, jest kolejną postacią, której zasługi w początkowej fazie rozwoju hydraulicznych materiałów wiążących są wyjątkowo duże. Niewiele o nim wiadomo. Problematyką materiałów budowlanych zajmował się w latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XVIII wieku. Był autorem dwóch paten-

*Dom Suskiego, Kraków, ul. Grodzka 26. Fasada budynku pokryta tynkiem z cementu romańskiego wyprodukowanego w ICiMB – Oddział w Krakowie (Źródło: Archiwum ICiMB)*





Dworek Pod Jeleniem,  
Kraków, Rynek Podgórski  
12. Płaskorzeźba wykonana  
z cementu romańskiego  
wyprodukowanego w ICiMB  
– Oddział w Krakowie  
(Źródło: Archiwum ICiMB)

tów, w tym patentu: „*A certain Cement or Terras to be used in Aquatic and other Buildings and Stucco Work*” zawierającego opis sposobu wytwarzania szybkowiążącego spoiwa hydraulicznego z surowców marglistych. Patent ten Parker uzyskał w 1796 roku i już w następnym roku odsprzedał prawa do niego Samuelowi Wyattowi, który wraz ze swym kuzynem Charlesem Wyattem uruchomił produkcję cementu w Northfleet w hrabstwie Kent w południowej Anglii, nazywając go początkowo *Parker & Wyatt cement*. W 1797 roku Parker wyemigrował do Ameryki, gdzie wkrótce zmarł. W 1798 roku ukazał się w Anglii prospekt reklamujący omawiane spoiwo, w którym określono je jako *Roman cement*, nawiązując do jego czerwonej barwy, zbliżonej do barwy hydraulicznych zapraw rzymskich. Nazwa się upowszechniła i jest używana również współcześnie, chociaż nie jest właściwa, gdyż skład fazowy spoiw rzymskich i Roman cementu jest zupełnie inny. W Polsce spoiwo to nazywane jest cementem romańskim, która to nazwa również nie znajduje uzasadnienia w historii jego zastosowań. Za najbardziej poprawną należy uznać nazwę używaną we Francji i USA – cement naturalny.

Brak szczegółowych informacji o Jamesie Parkerze i badaniach, które doprowadziły do uruchomienia produkcji cementu romańskiego, można uzupełnić anegdotyczną opowieścią, być może niezbyt wiarygodną, ale nie niemożliwą.

Otóż James Parker lubił długie spacerować. Przechadzając się wzdłuż wybrzeża wyspy Sheppey w południowo-wschodniej Anglii zwrócił uwagę na licznie spotykane tam septarie – margliste konkretne, których piękne okazy stanowią ozdobę wielu zbiorów geologów-amatorów. Po przyniesieniu do domu kilku niewielkich bryłek ułożył je na obrzeżu kominka tak niefortunnie, że jedna z nich wpadła do ognia. Rozkład termiczny minerałów tworzących marglistą bryłkę i reakcje chemiczne pomiędzy powstałymi tlenkami wapnia, krzemu, glinu oraz żelaza dały materiał, który po rozdrobnieniu i nawilżeniu wodą, lub być może przypadkowo rozlaną herbatą, szybko związał i stwardniał, uzyskując znaczną wytrzymałość i zachowując trwałość w kontakcie z wodą. Parker był bystrym obserwatorem. Opracowanie patentu, którego przedmiotem było spoiwo hydrauliczne, nie sprawiło mu nadmiernego kłopotu. Patent zgłoszony 28 czerwca 1796, został udzielony 27 lipca tegoż roku. Cement romański szybko stał się popularny. Był również przedmiotem licznych badań. Za swoisty pomnik jego chwały można uznać owianą mrocznymi legendami latarnię morską na Bell Rock

u wschodnich wybrzeży środkowej Szkocji, wybudowaną przez Roberta Stevensona (1772-1850) w latach 1807-1810. Jej twórca wzorował się na rozwiązaniach konstrukcyjnych Smeatona zastosowanych przy budowie latarni na Eddystone Rocks, jako spoiwa użył jednak cementu romańskiego. Prace murarskie wykonane zostały tak doskonale, że przez niemal 200 lat nie było potrzeby przeprowadzenia jakichkolwiek istotnych remontów.

Cement romański był używany głównie jako składnik zapraw budowlanych i tynkarskich. Wykonywano z niego również różnego typu odlewy i elementy sztukatorskie. Stanowił składnik farb, którymi pokrywano tynki zewnętrzne. Na niewielką skalę był wykorzystywany również w produkcji betonów. Krótki, wynoszący zazwyczaj kilka do kilkunastu minut, czas wiązania oraz wiązanie i twardnienie pod wodą pozwalało na użycie go do budowy kanałów i tuneli, a także w sytuacjach, gdy następowały niespodziewane wycieki wodne. Wiele uwagi zastosowaniu cementu romańskiego, w tym również optymalizacji składu zapraw w zależności od ich zastosowania, poświęcił w swych pracach Charles W. Pasley (1780-1861).

Wygaśnięcie praw patentowych przyspieszyło rozwój produkcji tego rodzaju spoiw hydraulicznych. Na początku XIX wieku wytwarzano szereg materiałów wiążących, które można określić jako cementy romańskie. Spoiwa te różniły się nieco między sobą właściwościami użytkowymi oraz barwą, a ich nazwy wywodziły się zazwyczaj od nazwisk właścicieli zakładów wytwórczych, bądź od nazw miejscowości, w których działały cementownie. Produkowano je również we Francji (rejon Boulogne) i Stanach Zjednoczonych, gdzie spoiwa te nazywane były cementami naturalnymi.

Produkcję cementu naturalnego w USA zapoczątkował w 1818 roku Canvass White (1790-1834), który odkrył złoża surowców zupełnych w Madison County w stanie Nowy Jork. Cement wykorzystywany był początkowo głównie do budowy Kanału Erie (1817-1825). Odkrycie kolejnych zasobnych złóż surowców zupełnych w Rosendale w stanie Nowy Jork, w Louisville w Indianie i Lehigh Valley w Pensylwanii spowodowało szybki rozwój produkcji cementu naturalnego w USA, który był wytwarzany w dużych ilościach jeszcze na początku lat dwudziestych XX wieku. *Rosendale cement* został użyty między innymi do budowy Mostu Brooklińskiego oraz cokołu Statuy Wolności.

Czym zatem jest cement romański (cement naturalny), jakie są wspólne cechy i na czym polegają różnice między nim a składnikiem wapiennym spoiw Smeatona, będącym de facto naturalnym wapnem hydraulicznym?

Podstawową, wspólną cechą naturalnego wapna hydraulicznego i cementu romańskiego (cementu naturalnego) jest to, że obydwa spoiwa są nieorganicznymi, hydraulicznymi materiałami wiążącymi, otrzymywanymi w wyniku wyprężenia jednego surowca naturalnego – surowca zupełnego, nazywanego często skałą cementową. Surowcami w przypadku naturalnego wapna hydraulicznego są wapienie margliste zawierające 75-90%  $\text{CaCO}_3$  i 10-25% domieszek ilastych, zaś surowcami, z których jest produkowany cement romański – margle, w których zawartość węglanu wapnia wynosi 65-75%, a składników ilastych odpowiednio



25-35%. Moduł hydrauliczny (MH) wyrażający stosunek zawartości CaO do sumy zawartości  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  i  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  w wapnie o silnie zaznaczonych właściwościach hydraulicznych zawiera się w granicach 1,7-8,6; zaś w wapnie słabo hydraulicznym 8,6-9,0. Wartość MH cementu romańskiego wynosi 1,4-1,7. Obróbka termiczna surowców prowadzona jest w zakresie 1000-1150°C, a zatem poniżej temperatury, w której następuje spiekanie materiału z udziałem fazy ciekłej. Podstawowym składnikiem wapna hydraulicznego jest tlenek wapnia (po „zgaszeniu” – wodorotlenek wapnia). Występują w nim również: krzemian dwuwapniowy  $\text{C}_2\text{S}$ , gliniiany wapnia  $\text{C}_3\text{A}$ ,  $\text{C}_{12}\text{A}_7$  i glinożelaziany wapnia  $\text{C}_2(\text{A},\text{F})$  o silnie zdeformowanych strukturach oraz niemal amorficzna faza glinokrzemianowa. W niewielkich ilościach występuje również węgiel wapnia, gehlenit  $\text{C}_2\text{AS}$ , a niekiedy również rankinit  $\text{C}_3\text{S}_2$  i wollastonit CS. W cemencie romańskim dominują odmiany  $\alpha$ - $\text{C}_2\text{S}$  i  $\beta$ - $\text{C}_2\text{S}$ , których zawartość może dochodzić do 60% oraz aktywna pucolanowo semiamorficzna faza glinokrzemianowa. Obecne są  $\text{C}_3\text{A}$ ,  $\text{C}_{12}\text{A}_7$  i  $\text{C}_2(\text{A},\text{F})$ , quasi-inertny w środowisku wodnym gehlenit i węgiel wapnia. W przypadku znacznej zawartości w surowcach siarczanów może się pojawić anhydryt i siarczanoglinian wapnia (kompleks Kleina)  $\text{C}_4\text{A}_3\hat{\text{S}}$ . Zawartość niezwiązanego tlenu wapnia wynosi zazwyczaj 1-4%. W bardzo małych ilościach, około 1%, może być obecny również krzemian trójwapniowy (alit).

Naturalne wapno hydrauliczne wiąże i twardnieje powoli, zazwyczaj kilkanaście godzin, podczas gdy cement romański wiąże i twardnieje bardzo szybko.

Jego czas wiązania wynosi od kilku do kilkunastu minut. Początkowe wytrzymałości na ściskanie zapraw o stosunku wagowym cement romański : piasek = 1:1 wynoszą po 15 minutach – około 4 MPa, po 3 godzinach – 8 MPa, po 28 dniach około 20 MPa, z tym że wytrzymałość narasta dalej i po kilku miesiącach może osiągnąć wytrzymałość zbliżoną do wytrzymałości zapraw z cementu portlandzkiego. Wytrzymałości zapraw wapienno-piaskowych (wapno hydrauliczne) po 7 dniach osiągają zazwyczaj około 1 MPa, zaś po 28 dniach – 5-10 MPa. Cement romański odgrywał przez wiele lat znaczącą rolę, zwłaszcza w budownictwie hydrotechnicznym. Jego produkcja zaczęła jednak stopniowo maleć pod koniec XIX stulecia i niemal zupełnie wygasła w pierwszym ćwierćwieczu XX wieku. Został zastąpiony przez cement portlandzki. W niektórych krajach był produkowany nadal jako cement specjalny. Konieczność konserwacji dziewiętnastowiecznych budowli oraz odtworzenia wielu detali architektonicznych, które uległy korozji, spowodowała renesans zainteresowań cementem romańskim (międzynarodowe projekty badawcze ROCEM i ROCARE) i wznowienie jego produkcji. W Polsce cement ten jest wytwarzany od kilku lat w krakowskim oddziale Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych. Znalazł zastosowanie w licznych pracach renowacyjnych i konserwatorskich.

*prof. Marek Gawlicki*

*Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych  
w Warszawie*

*Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów  
Budowlanych w Opolu*

## Position: Technical Sales Engineer –Central Europe

Employer: **Grace Sp z o.o.**

Type of contract: **permanent**

Work experience: **preferable, including cement industry**



Grace Sp. z o.o. belongs to GCP Applied Technologies company and is a leading producer of cement additives, masonry products, concrete admixtures and waterproofing systems in construction sector with consumers in over 50 countries. With reference to the sales department we are looking for Technical Sales Engineer in Central Europe reporting to Area Sales Manager. Your costumers will be cement and mineral producers.

### Requirements

- Technical background
- Good knowledge of cement industry
- Sales experience in technical environment
- Strong selling/communication and listening skills
- Ready to work in heavy industry (Field Trials in cement plants)
- Willing to travel intensively (active driving license )
- Good English , Czech/Slovak knowledge is advantage,
- Computer software knowledge ( word, excel, power point)

### Duties

- Identifying new opportunities in the cement plants, active cooperation with existing consumers
- Conducting field trials in cement plants with safety manners
- Regular and intensive visits every week across Central and Eastern Europe

- Negotiating projects and conditions
- Reporting on the weekly and monthly basis

### We offer

- Attractive base salary with incentive plan
- Work contract
- Company car and all necessary tools
- Professional trainnigs

If you are interested in our offer please send your CV. Please note that we will respond to selected application only.

Please send CV on address [wieslaw.kot@gcpat.com](mailto:wieslaw.kot@gcpat.com)

THE BRAND  
YOU KNOW AND TRUST  
HAS A NEW NAME

**GRACE**

