

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgra inż. Jana Pizonia**  
**p.t. „Rola domieszek przyspieszających wiązanie i twardnienie betonu w kształtowaniu**  
**właściwości cementów zawierających granulowany żużel wielkopiecowy”**

**1. Podstawa formalna recenzji**

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo Dziekana Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej, Pani prof. dr hab. inż. Joanny Bzówki, z dnia 26 kwietnia 2018 r., informujące o powołaniu mnie przez Radę Wydziału Budownictwa na recenzenta rozprawy doktorskiej jak w tytule.

**2. Przedmiot recenzji**

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pod tytułem „Rola domieszek przyspieszających wiązanie i twardnienie betonu w kształtowaniu właściwości cementów zawierających granulowany żużel wielkopiecowy”, przygotowana w Katedrze Inżynierii Materiałów i Procesów Budowlanych Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej przez P. mgra inż. Jana Pizonia. Promotorem pracy doktorskiej jest dr hab. inż. Beata Łaźniewska-Piekarczyk, prof. PŚl; funkcję promotora pomocniczego pełniła dr inż. Patrycja Miera.

Rozprawa liczy 231 stron, w tym 180 rysunków i 84 tablice. Spis cytowanych pozycji bibliograficznych obejmuje 172 pozycje, w tym 14 norm.

**3. Ocena trafności podjęcia tematu, sformułowania celu oraz układu pracy**

Podjęcie zawartego w tytule pracy problemu oceniam zdecydowanie pozytywnie. Racjonalne wykorzystanie ubocznych produktów przemysłowych, takich jak granulowany żużel wielkopiecowy, jest zagadnieniem aktualnym i ważnym zarówno w aspekcie technicznym, jak i społecznym, wiążąc się ściśle z wymaganiami strategii zrównoważonego rozwoju w budownictwie. Żużel wielkopiecowy jest cenionym składnikiem cementów powszechnego użytku, a także dodatkiem mineralnym do betonu. Jednakże, wiele zagadnień związanych z powyższymi zastosowaniami żużla pozostaje wciąż nierozstrzygniętych. Z drugiej strony, współczesna technologia betonu wykorzystuje powszechnie różnorodne

modyfikatory, w tym domieszki. Współdziałanie różnych modyfikatorów z cementem, a także między sobą, jest obecnie jednym z najistotniejszych problemów w obszarze inżynierii materiałów budowlanych. W opiniowanej rozprawie doktorskiej wątki te zostały trafnie i umiejętnie połączone w postaci oceny tytułowego wpływu środków przyspieszających na właściwości cementów zawierających żużel wielkopiecowy.

Cel pracy został sformułowany w postaci tezy (nazwanej przez Autora „hipotezą badawczą”). Istotą zadania podjętego przez P. mgra Jana Pizonia jest wykazanie, że stosując modyfikatory przyspieszające wiązanie i twardnienie betonu można – przynajmniej w przypadku spoiw zawierających żużel – uniknąć pogorszenia wytrzymałości długoterminowej kompozytu, co jest uważane za podstawową wadę tych środków. Tak ujęty zakres pracy i podjęty w niej problem naukowy uważam za odpowiednie w odniesieniu do rozprawy doktorskiej. Stwierdzam również, że Autor przekonująco uzasadnił potrzebę prowadzenia prac badawczych w tym obszarze.

W tym miejscu nie sposób jednak uniknąć spostrzeżenia, że tytuł rozprawy nie do końca oddaje jej zawartość. Autor badał cechy, z których tylko część można uznać za właściwości cementu – wiele z nich to właściwości kompozytu (np. zaprawy). Sam Autor miał chyba świadomość zbyt niskiej skromności nadanego rozprawie tytułu, pisząc we wnioskach na str. 217, że „Celem rozprawy doktorskiej (...) było zbadanie wpływu domieszek (...) oraz aktywatorów (...) na właściwości zaczynów i zapraw wykonanych z cementów (...), zawierających zmielony granulowany żużel wielkopiecowy”. Widać z tego, że trafniejszym rozwiązaniem byłoby przywołanie w tytule nie tylko cementów, ale również kompozytów cementowych.

W rozprawie można wyróżnić 4 części, a mianowicie:

- wprowadzenie wraz ze sformułowaniem celu i zakresu pracy (rozdz. 1 i 2),
- studium literaturowe (rozdz. 3-5), w którym przedstawiono analizę stanu wiedzy i techniki w zakresie, po pierwsze, cementów powszechnego użytku, zawierających mielony granulowany żużel wielkopiecowy, po drugie zaś modyfikatorów przyspieszających wiązanie i twardnienie betonu,
- część badawczą (rozdz. 6-9), która obejmuje:
  - charakterystykę stosowanych materiałów i metod badawczych,
  - badania mające na celu wybór domieszki przyspieszającej, najbardziej obiecującej z uwagi na cel rozprawy,

- badania określone przez Autora jako „zasadnicze”, zaplanowane w taki sposób, aby na podstawie ich wyników możliwe było wnioskowanie dotyczące postawionego w pracy problemu naukowego,
- podsumowanie i sformułowanie końcowych wniosków (rozdz. 10), zarówno o charakterze poznawczym, jak i praktycznym.

Powyższy układ pracy jest zasadniczo poprawny. Odpowiada on logicznemu ciągowi działań, zmierzających ku rozwiązaniu podjętego problemu naukowego.

#### **4. Ogólna ocena pracy, w tym metodyki badawczej i poprawności wnioskowania**

Autor pracy w sposób kompetentny dokonał analizy aktualnego stanu wiedzy i techniki w zakresie cementów zawierających żużel wielkopieczowy oraz modyfikatorów przyspieszających wiązanie i twardnienie cementu. Wyniki tej analizy pozwoliły na sformułowanie zagadnienia badawczego o dużych walorach naukowych i inżynierskich. Następnie Autor przeprowadził bardzo obszerny program badawczy, którego poszczególne etapy ułożyły się w opisany w poprzednim punkcie logiczny ciąg. Zastosowane podejście pozwoliło na uzyskanie satysfakcjonujących i użytecznych z praktycznego punktu widzenia rezultatów. Na podkreślenie zasługuje szczególnie kilka elementów.

Za cenne uważam przeanalizowanie przez Autora zbioru dostępnych w Polsce domieszek przyspieszających i uporządkowanie tego zbioru ze względu na efekty stosowania modyfikatorów, przedstawione w tablicy 4.4 na str. 39.

W rozdz. 5 znajduje się podsumowanie studium literaturowego, dobrze uzasadniające potrzebę podjęcia badań będących przedmiotem pracy. Na uwagę zasługuje zwłaszcza tablica 5.1, która porządkuje wnioski według trafnie przyjętej koncepcji „zrównoważenia wad i zalet” żużla wielkopieczowego i domieszek przyspieszających.

Dobór metod i technik badawczych, które obejmowały zarówno typowe oznaczenia właściwości materiałów budowlanych, jak i narzędzia bardziej zaawansowane, na przykład mikrokalorymetrię, jest odpowiedni do zadania badawczego.

Zwraca uwagę dobre wykorzystanie w pracy metod statystycznych, w tym przede wszystkim zaawansowanej analizy wielokryterialnej, która posłużyła do wyboru najefektywniejszych rozwiązań zarówno materiałowych (np. w zakresie domieszek przyspieszających), jak i technologicznych (np. metod aktywacji spoiw).

Przedstawione w rozprawie wnioski uważam generalnie za poprawne i zdyscyplinowane pod względem logicznym. Wnioski zawarte w końcowym rozdziale rozprawy zostały sformułowane w sposób przekonujący, dobrze porządkując bardzo obfity zbiór wyników i analiz cząstkowych. Z oczywistych powodów wnioski te są istotne nie tylko z poznawczego, ale także praktycznego – inżynierskiego punktu widzenia. Wyniki i wnioski z rozprawy odnoszą się do możliwości praktycznego wykorzystania w technologii betonu środków przyspieszających wiązanie i twardnienie, bez typowych negatywnych skutków ubocznych (polegających przede wszystkim na pogorszeniu wytrzymałości długoterminowej) lub przy ich minimalizacji. Uważam to za wartościowe osiągnięcie Autora i spodziewam się, że ten kierunek dociekań o trudnym do przecenienia walorze praktycznym będzie przez Niego kontynuowany.

Podsumowując tę część recenzji, stwierdzam, że Autor wykazał się, wymaganą od kandydata do stopnia doktora nauk technicznych, umiejętnością formułowania problemu naukowego, samodzielnego planowania i prowadzenia prac badawczych, analizy wyników prowadzącej do sformułowania przekonujących wniosków, oraz właściwej prezentacji zarówno rezultatów, jak i prowadzącej do ich uzyskania drogi.

Ogólnie rozprawę doktorską Pana mgr inż. Jana Pizonia oceniam pozytywnie. Uwagi krytyczne, które nasuwają się podczas lektury pracy, przedstawiam w następnym punkcie opinii.

## **5. Uwagi krytyczne**

Recenzowana rozprawa doktorska zawiera również pewne niedoskonałości. W szczególności, w pracy zabrakło szerszego odniesienia się do niektórych zagadnień. Na przykład, kwestia negatywnego wpływu żużla wielkopieczowego na mrozoodporność betonu jest ważna i aktualna, szkoda zatem, że Autor, wspominając o tym na str. 34, nie pokusił się o choćby pobieżne wyjaśnienie tego zjawiska. Omawiając (na str. 51 i 52) pyły z by-passu pieca cementowego należałoby z kolei wspomnieć, że podstawowym problemem przy ich stosowaniu jako składnika betonu jest zazwyczaj duża zawartość chlorków, która z drugiej strony jest też przyczyną działania przyspieszającego wiązanie. W pracy nie wyjaśniono również niektórych istotnych decyzji; na przykład, dlaczego próbki do badań w temperaturze 8 i 20°C dojrzewały w różnych warunkach – próbki do badań w 8°C w wodzie, a próbki do badań w 20°C w atmosferze o wilgotności względnej 60%. Nie uzasadniono również w przekonujący sposób wyboru 9 domieszek do badań wstępnych (jakkolwiek wybór ten uważam, ostatecznie, za słuszny).

Autor posługuje się w rozprawie terminami „domieszki przyspieszające” w odniesieniu do produktów komercyjnych, natomiast „aktywatory wiązania” wobec substancji dobranych samodzielnie w celu chemicznej aktywacji żużla; rozumiem intencję, jednak rozróżnienie to nie zostało w rozprawie wprowadzone w sposób klarowny. Tylko jeden z użytych aktywatorów (CKD 10) nie spełnia bowiem normowych kryteriów zaliczenia do grupy domieszek do betonu.

Poniżej zestawilem niektóre z błędów – lub zagadnień dyskusyjnych – jakich ponadto można dopatrzeć się w pracy:

- niezrozumiałe jest sformułowanie ze str. 26 „konsystencja rozumiana jako stan ciekłości mieszanki” – mieszanka betonowa jest przecież cieczą z definicji;
- w tabl. 3.8 na str. 26 przedstawiono metody oznaczania konsystencji mieszanki betonowej. Tytuł tablicy głosi, że są to metody wg PN-EN 206, nie jest to jednak zgodne z prawdą. Zestaw metod podany w tablicy jest zgodny z nieaktualną już wersją normy (PN-EN 206-1); w obecnie obowiązującej PN-EN 206 metoda Vebe została zastąpiona metodą rozplywu stożka;
- trudno się zgodzić ze stwierdzeniem za str. 27, że „wytrzymałość na ściskanie betonu zaliczana jest do najistotniejszych właściwości cementu”. Wytrzymałość betonu zależy od wielu czynników, a klasę cementu określa się, zgodnie z PN-EN 196-1, na zaprawach;
- do dezynfekcji wody wodociągowej są stosowane (na szczęście coraz rzadziej) związki chloru, np. podchloryn sodu, dwutlenek chloru, chloraminy itp., jednak wbrew twierdzeniu ze str. 34 nie są to – i nigdy nie były – chlorki;
- nie jest zrozumiałe, dlaczego niższe ciepło hydratacji Autor uważa za „pogorszenie właściwości” (str. 35);
- błędne jest określenie mikrokryształów CSH mianem katalizatorów wiązania – są to zarodki krystalizacji, a mechanizm ich działania nie obejmuje katalizy;
- stwierdzenie ze str. 50, że „alkali-activated slag, AAS” to „beton żużłowy aktywowany zasadowo, czyli geopolimer”, jest podwójnie nieprecyzyjne: AAS to nie beton, a jedynie spoiwo żużłowe, zaś beton żużłowy to nie geopolimer (geopolimery to, w skrócie, glinokrzemiany o specyficznym składzie i właściwościach);
- niektóre wnioski sformułowane w podsumowaniu II etapu prac badawczych (rozd. 9.7) sprawiają wrażenie nieco zbyt oczywistych, np. stwierdzenie, że większa zawartość  $C_3A$  i większa powierzchnia właściwa cementu prowadzą do zwiększonej wodożądności spoiwa, czy też że wzrost zawartości  $C_3A$  powoduje skrócenie czasu wiązania.

Autor nie ustrzegł się również błędów językowych. Nie utrudniają one znacząco odbioru pracy ani jej zrozumienia, jednak mając na względzie cele dydaktyczne niniejszej recenzji, chciałbym zauważyć, że:

- w całej rozprawie występuje termin „świeża mieszanka betonowa”, „świeża zaprawa” itp. Wobec powszechności tego błędu w różnych publikacjach i wystąpieniach, czuję się zmuszony po raz kolejny zwrócić uwagę, że określenie to jest błędne. Zgodnie z normą PN-EN 206 beton występuje w dwóch postaciach: mieszanki betonowej i betonu stwardniałego. Nigdzie w tej, ani żadnej innej, normie nie występuje termin „świeża mieszanka”. Czym bowiem, według Autora, jest mieszanka „nieświeża”? Muszę tu również zwrócić uwagę, że nieprawidłowa jest przytoczona na str. 37 definicja domieszki do betonu wg PN-EN 934-2 – w normie jest mowa o mieszance betonowej, nie o „świeżej” mieszance betonowej,
- podobnie, z zupełnie niepotrzebną w tym przypadku konsekwencją, stosuje Autor błędne językowo określenia „baza chemiczna”, mając na myśli skład chemiczny, oraz „na bazie” zamiast „zawierający”,
- w rozprawie występują terminy „stosunek woda/spoiwo”, „wskaźnik wodno-cementowy” itp., natomiast bodaj ani razu nie użyto poprawnego (tj. zgodnego z normą) określenia „współczynnik woda/cement”.

Rozprawa zawiera także, co nieuchronne w przypadku dzieła o takiej objętości, pewne błędy wynikające z niedostatecznej redakcji. Pozwalam sobie zauważyć, że:

- w pracy nie zamieszczono streszczenia;
- z opisu badań własnych, podanego na str. 4 w punkcie 3, wynika, że badania wstępne i badania zasadnicze niezym się nie różnią. Na szczęście w dalszej części rozprawy Autor przedstawił to rozróżnienie w sposób bardziej przekonujący;
- program badawczy, zrealizowany w ramach pracy, był obszerny i złożony, dlatego należy żałować, że Autor nie zamieścił na początku opisu części doświadczalnej pogładowego schematu, porządkującego logicznie i chronologicznie kolejne etapy eksperymentu.

Przedstawione powyżej uwagi nie zmieniają mojej pozytywnej opinii o rozprawie doktorskiej P. mgra inż. Jana Pizonia. Zdaję też sobie sprawę, że część wytkniętych niedoskonałości, zwłaszcza tych polegających na braku lub zbyt skąpej zawartości komentarzy i wyjaśnień, wynika w decydującej mierze z konieczności zachowania rozsądnej objętości dzieła.

## 6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska P. mgra inż. Jana Pizonia pt. „Rola domieszek przyspieszających wiązanie i twardnienie betonu w kształtowaniu właściwości cementów zawierających granulowany żużel wielkopiecowy” stanowi, moim zdaniem, wartościowe osiągnięcie naukowo-badawcze w dziedzinie inżynierii materiałów budowlanych, o istotnym i wyraźnie zaakcentowanym znaczeniu praktycznym.

Autor sformułował oryginalny problem naukowy i przedstawił jego rozwiązanie. Celem pracy było wykazanie, że można tak dobrać modyfikator przyspieszający wiązanie i twardnienie cementu zawierającego żużel wielkopiecowy, oraz warunki jego stosowania, aby uniknąć pogorszenia wytrzymałości długoterminowej kompozytu. Cel ten został przez P. mgra inż. Jana Pizonia osiągnięty. Autor wykazał się odpowiednią wiedzą teoretyczną z zakresu cementów, dodatków mineralnych i domieszek do betonu oraz ich zastosowania w budownictwie, a także umiejętnością samodzielnego planowania i prowadzenia badań naukowych. Przeprowadzona przez Autora analiza wyników badań jest prawidłowa i przekonująca, a wyciągnięte na jej podstawie wnioski zostały sformułowane poprawnie i potwierdzają osiągnięcie sformułowanego na wstępie pracy celu.

Zgodnie z Ustawą o tytule i stopniach naukowych z 14 marca 2003r. (art. 13.1) rozprawa doktorska powinna **stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**, oraz **wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną** kandydata w danej dyscyplinie naukowej, a także **umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**. Stwierdzam, że w rozpatrywanym przypadku wymagania Ustawy zostały spełnione i wnoszę o dopuszczenie P. mgra inż. Jana Pizonia do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

