

Częstochowa, dn.17.05.2023 r.

prof. dr hab. inż. Zbigniew Konopka, emeryt
Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów
Katedra Metalurgii i Technologii Metali
Politechnika Częstochowska

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartłomieja Samociuka
pt.: ”Zastosowanie słodu jęczmiennego jako materiału wiążącego do mas
formierskich na odlewy ze stopu metali żelaznych”**

opracowana na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna
Politechniki Wrocławskiej

1. Ocena przedmiotu rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Bartłomieja Samociuka reprezentuje dyscyplinę Inżynieria Mechaniczna w dziedzinie materiałoznawstwo i dotyczy badania nowej masy formierskiej zawierającej sład jęczmienny jako spoiwo, opracowania technologii masy, technologii formy oraz wytwarzania odlewów z żeliwa szarego w nowej masie. Praca o charakterze aplikacyjnym przedstawia wyniki badań wpływu słodu jęczmiennego jako jednoskładnikowego spoiwa w masie formierskiej na jej właściwości technologiczne, proces sporządzenia formy i jakość odlewu.

Praca wpisuje się w aktualny trend związany z poszukiwaniem nowych materiałów pochodzących z odnawialnych źródeł na potrzeby odlewnictwa metali i stoi w zgodzie z polityką zrównoważonego rozwoju wprowadzoną do prawodawstwa Unii Europejskiej, a także w Polsce. Zasoby słodu jęczmiennego są odnawialne na drodze uprawy rolnej. W ostatnich latach prowadzone są intensywne prace naukowe mające na celu opracowanie nowych materiałów biopolimerowych i geopolimerowych przez modyfikację znanych

materiałów organicznych i nieorganicznych, co umożliwia wdrożenie nowych spoiw pochodzenia roślinnego w odlewnictwie. Konieczność poszukiwania nowych spoiw w technologii mas formierskich wynika z ograniczania stosowania materiałów szkodliwych, toksycznych, emitujących niebezpieczne gazy, hałas czy drgania oraz ulepszenia właściwości odlewów.

W odlewnictwie metali znane są od wielu lat spoiwa zawierające skrobię jak: melasa, dekstryna, ług posiarczynowy, ryż, maniok, ziemniaki czy krochmal. Słód jęczmienny wytwarzany z nasion jęczmienia zawierający do kilkunastu procent skrobi jako spoiwo w masie formierskiej nie był do tej pory badany, co jednoznacznie wskazuje na innowacyjny charakter pracy.

Powyższe przesłanki wskazują na możliwości takiego doboru składu masy formierskiej, parametrów formowania i odlewania, które pozwolą opisać ich wpływ na jakość odlewów, co ma niewątpliwie także aspekt ekonomiczny polegający na potencjalnym zmniejszeniu kosztów produkcji odlewów. Uwzględniając powyższe stwierdzam, że Autor zaproponował innowacyjne rozwiązanie polegające na opracowaniu i wytworzeniu nowej masy formierskiej przydatnej do odlewania stopów żelaza. Wyniki pracy mogą być wykorzystane do badania i sterowania właściwościami i jakością konkretnego odlewu. Jest to zagadnienie naukowo-badawcze o dużej wartości poznawczej i innowacyjnej z dużym potencjałem wdrożenia wyników do praktyki przemysłowej.

Wybór tematyki badań uznaję za trafny i celowy, a praca lokuje się w innowacyjnym obszarze badań naukowych. Proponowane w pracy rozwiązanie wynika z rosnącej konkurencji i potrzeby rynkowej, które stawiają coraz większe wymagania jakościowe odlewom ze stopów żelaza, co w pełni uzasadnia podjęcie badań w tym zakresie.

2. Charakterystyka i ocena rozprawy

Tekst rozprawy liczy 122 strony, który uzupełniają: bibliografia zawierająca 185 pozycji literaturowych i streszczenia w języku polskim i angielskim. Rozprawa składa się z dwóch głównych części. W pierwszej części przedstawiono przegląd literatury dotyczący: ogólnej charakterystyki materiałów wiążących stosowanych w odlewnictwie, mas formierskich w stanie wysuszonym i metod badawczych stosowanych do oceny jakości odlewów.

Ten fragment rozprawy został opracowany bardzo dobrze ponieważ Autor dokonał trafnego, pod względem zakresu, doboru materiału źródłowego informacji naukowej, przedstawiony opis jest skoncentrowany na tematyce pracy, bez zbędnych, nieistotnych dla

badanej tematyki informacji, opis jest wnikliwy i jasny. Przełożyło się na wysoką jakość opracowania tej części pracy pod względem merytorycznym, językowym i edytorskim. Przegląd literatury kończy sformułowanie celu, zakresu badań pracy i tezy, co stanowi odpowiednie uzasadnienie podjęcia badań własnych Autora. W podsumowaniu stwierdzam, że przedstawiony w pracy przegląd literatury odpowiada wymogom pracy doktorskiej na poziomie wyróżniającym.

Na podstawie jasno określonych celów pracy przedstawiono zakres badań pracy i tezę. Celem naukowym było określenie rodzaju połączenia spoiwa ze słodu jęczmiennego z ziarnami osnowy w piasku kwarcowego oraz opis mechanizmu wiązania i kształtowania właściwości mechanicznych masy. Celem użytkowym było: określenie zawartości skrobi i białka w słodzie, określenie optymalnej ilości spoiwa dla wymaganych właściwości technologicznych masy, określenie sposobu sporządzenia masy formierskiej i zagęszczania w formie, opracowanie i wdrożenie procesu wytwarzania odlewów oraz ocena jakości odlewów z żeliwa szarego i materiału formierskiego po procesie zalewania.

W tezie sformułowano ogólnie możliwość zastosowania słodu jęczmiennego jako jednoskładnikowego spoiwa wiążącego z dodatkiem wody do sporządzania mas formierskich. Teza w pełni odpowiada na postawione cele pracy i stanowi nowe podejście do rozwiązania postawionego zagadnienia w skali przedsiębiorstwa. Poszukiwanie zależności między właściwościami masy i jakością odlewów a składem masy, parametrami technologii masy i formy uznaję za innowacyjny element pracy.

W drugiej części pracy zatytułowanej „Część badawcza” Autor przedstawia wyniki badań własnych. Dla osiągnięcia celu pracy zrealizowano program badawczy obejmujący:

- analizę rozkładu cieplnego słodu jęczmiennego metodami TGA/TG, TG/DTG,
- badanie zawartości skrobi i białka w słodzie,
- badania mikroskopowe mas formierskich ze słodem jęczmiennym i ocena wiązania spoiwa z ziarnami osnowy piaskowej,
- badania właściwości sporządzonych mas formierskich (wilgotność, płynność, przepuszczalność, ścieralność, wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie i zginanie),
- badanie wpływu osnowy ziarnowej na właściwości mas,
- badanie wpływu nowych mas na właściwości odlewów z żeliwa szarego

W szczególności opisanej metodyce badań przedstawiono: stosowane materiały, procedury wykonania pomiarów z zastosowanymi parametrami, rysunki i zdjęcia wykonanych odlewów oraz dokumentację zdjęciową procesu odlewania. Zastosowane metody pomiarowe, zaplanowany zakres badań i metody obliczeniowe i weryfikacji są

adekwatne do osiągnięcia oczekiwanego celu pracy. Podkreślam uwzględnienie w badaniach wpływu wszystkich zmiennych niezależnych kluczowych w kształtowaniu właściwości masy i odlewu jak: zawartość spoiwa w masie, stosunek wodno-spoiwowy, rodzaj osnowy ziarnowej, wielkość ziaren osnowy, temperatura utwardzania, sposób mieszania (mieszarka krążnikowa i łopatkowa), czas odstawienia (czas składowania masy). Właściwości masy w stanie utwardzonym określono na próbkach laboratoryjnych o znormalizowanych wymiarach i zagęszczanych na ubijaku laboratoryjnym.

W rozdziale 6.1 przedstawiono wyniki badań mikroskopowych sporządzonych mas ze słodem jęczmiennym (zaw. spoiwa 2 i 5% masowo) i porównawczo mas na bentonicie (zaw. 8% masowo), ze szkłem wodnym (5% masowo) i na piasku otaczanym żywicą (zaw. 3% masowo). Analiza powierzchni wytworzonych mostków wiązania spoiwa z osnową ziarnową wykazała silną zależność ich ilości od zawartości spoiwa. Mostki w masach ze słodem jęczmiennym miały gładszą powierzchnię w porównaniu do innych badanych mas, co wynika najprawdopodobniej z mniejszej lepkości spoiwa ułatwiającej wytworzenie równomiernej warstwy spoiwa na powierzchni ziarna osnowy.

W rozdziale 6.2 przedstawiono wyniki badań i analizę wpływu sposobu przygotowania (mieszania, zagęszczania) i czasu odstawienia na właściwości masy. Wyniki pomiaru ścieralności pokazują 8-mio krotny wzrost jej wartości w masie sporządzonej w mieszarce łopatkowej i odstawionej na 24 godziny. Autor logicznie skomentował uzyskany wynik silną degradacją mostków wiązania spoiwa z osnową. Masa wytworzona w mieszarce krążnikowej miała małą ścieralność, której wartość po 24 godzinach odstawienia jeszcze się zmniejszyła. Wyniki badania płynności i przepuszczalności pokazują mniejsze wartości dla mas wytworzonych w mieszarce łopatkowej. Dla czasu odstawienia 24 godziny właściwości te poprawiają się o około 20%. Wyniki badania wytrzymałości na rozciąganie i zginanie masy jednoznacznie wskazują na duże zmniejszenie ich wartości po 24 godzinach odstawienia. Masy sporządzone w mieszarce łopatkowej mają te wytrzymałości o około 20% mniejsze w porównaniu z masami wytworzonymi w mieszarce krążnikowej.

W rozdziale 6.3 przedstawiono wyniki badań wpływu temperatury i czasu utwardzania masy zawierającej 5% słodu jęczmiennego wytworzonej w mieszarce krążnikowej na jej przepuszczalność. Wobec mnogości uzyskanych wyników i zmiennych wartości Autorowi nie udało się przedstawić jasnej analizy uzyskanych wyników. Badania wytrzymałości na ściskanie i zginanie potwierdziły wzrost ich wartości ze wzrostem temperatury utwardzania osiągając pełny stan utwardzenia dla temperatury 210⁰C. Wpływ czasu utwardzania na wytrzymałość mas jest mniej istotny.

W rozdziale 6.4 przedstawiono wyniki badań wpływu stosunku wodno-spoiwowego na właściwości sporządzonych mas. Sporządzono 4 masy o zawartości spoiwa 2% wagowo i zmiennej zawartości wody (stosunek wodno-spoiwowy wynosił 0,5, 1,0, 1,5, 2,0). Dla czasu składowania 1 godzina nie stwierdzono wpływu tego stosunku na płynność masy. Wytrzymałości mas na zginanie i rozciąganie zwiększały się istotnie ze zwiększeniem wartości stosunku wodno-spoiwowego oraz nieznacznie zmniejszały się po 24 godzinnym odstawieniu w porównaniu do mas odstawionych po 1 godzinie. Przepuszczalność nie zmieniała się w zależności od czasu odstawienia i stosunku wodno-spoiwowego. Znacznie pogorszyła się odporność na ścieranie ze zwiększeniem wartości stosunku wodno-spoiwowego.

Przedstawione w rozdziałach 6.5 i 6.6 wyniki badania wpływu rodzaju osnowy i wielkości ziaren osnowy w badanych masach potwierdzają znany korzystny wpływ piasków oliwinowych i chromitowych na zwiększenie wytrzymałości na zginanie i rozciąganie tych mas w porównaniu do mas na osnowie piasku kwarcowego. Ze zmniejszeniem wielkości ziarna osnowy zwiększa się ścieralność mas przy zawartości spoiwa 2%. Zwiększenie zawartości spoiwa w masie powoduje znaczne zmniejszenie ścieralności. Zmiana wytrzymałości masy z wielkością ziaren osnowy nie wykazuje wyraźnego trendu. Zwiększenie zawartości spoiwa w masie zwiększa jej wytrzymałość z jednoczesnym niewielkim spadkiem płynności, wyraźnym zmniejszeniem ścieralności i przepuszczalności.

W rozdziale 7 przedstawiono wyniki badań odlewów schodkowych z żeliwa szarego wykonanych w formach z nowej masy na spoiwie słodu jęczmiennego o zawartości 2 i 5% i porównawczo wykonanych na masach ze spoiwem szkła wodnego, bentonitu i na żywicy termoutwardzalnej. Odlewy surowe poddano oględzinom wzrokowym i zmierzono grubość warstwy masy przypalanej na powierzchni odlewu oraz wykonano pomiary chropowatości powierzchni odlewów po oczyszczeniu w oczyszczarce. Odlewy wykonane w nowej masie miały chropowatość porównywalną do odlewów wykonanych w masie na szkłe wodnym i mniejszą od odlewów wykonanych w masie na bentonicie. Badanie odlewów wykonanych w warunkach przemysłowych potwierdziło wyniki uzyskane w warunkach laboratoryjnych.

Podsumowując wyniki badań własnych stwierdzam, że:

- opracowano i wytworzono nowe masy formierskie na osnowie piasku kwarcowego i spoiwie słodu jęczmiennego,
- kompleksowo zbadano właściwości wytrzymałościowe (wytrzymałość na zginanie, rozciąganie, ściskanie) i technologiczne (płynność, przepuszczalność, ścieralność) nowych mas,

- zbadano i opisano mechanizm wiązania ziaren osnowy spoiwem słołu jęczmiennego,
- wyznaczono empiryczne zależności właściwości nowych mas w zależności od wszystkich zmiennych charakteryzujących skład masy (zawartość spoiwa w masie, stosunek wodno-spoiwowy, rodzaj i wielkość ziaren osnowy) i technologię (temperatura i czas utwardzania, sposób mieszania (mieszarka krążnikowa i łopatkowa) i czas odstawienia (czas składowania masy),
- potwierdzono jednoznacznie w badaniach laboratoryjnych i przemysłowych przydatność nowych mas do wytwarzania form na odlewy z żeliwa szarego,

Sekwencję badań własnych kończą podsumowanie i wnioski. Autor poprawnie zinterpretował uzyskane wyniki, a przedstawione wnioski poznawcze oraz uytlytarne są zgodne ze znaną do tej pory teorią. Opracowanie to dowodzi dojrzałości naukowej i dużej wiedzy praktycznej Doktoranta, a także jego zdolności do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. W moim przekonaniu Autorowi udało się osiągnąć cel pracy, co potwierdza prawidłowość przyjętych założeń, odpowiednie zastosowanie naukowej metodyki badań i realizację praktyczną wykonanych eksperymentów. Wyniki badań pracy mają duże znaczenia praktyczne, a uzyskane wyniki są nowatorskie i wnoszą nową wiedzę w teorię i praktykę odlewania stopów żelaza.

3. Uwagi

1. Autor w podsumowaniu wskazuje zagadnienia, które wymagają dalszych badań, a nie były w pracy analizowane. Moim zdaniem dwa z nich są kluczowe dla ewentualnego wdrożenia nowych mas do praktyki przemysłowej. Są to:
 - emisyjność szkodliwych substancji i związków w wyniku termicznego rozkładu spoiwa podczas zalewania i stygnięcia odlewów,
 - możliwość regeneracji nowych mas.

Proszę o krótki komentarz dotyczący powyższych zagadnień.

2. W pracy nie badano opłacalności ewentualnego wdrożenia nowych mas. Proszę o krótką analizę tego zagadnienia.
3. Czy możliwe byłoby takie zaplanowanie badań aby można było określić jednoczesny wpływ kilku zmiennych niezależnych na właściwości nowej masy i ewentualną optymalizację jej składu i technologii sporządzania?

4. Ocena końcowa

W pracy nie dostrzegłem błędów i uchybień w zakresie edycji pracy i prezentacji wyników. Stwierdzam, że rozprawa Pana mgr inż. Bartłomieja Samociuka spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim ponieważ:

- sformułowano problem badawczy i określono jego cel,
- zaplanowano i zrealizowano badania stosując nowoczesne narzędzia naukowe według przyjętej metodyki badań, co dowodzi umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta,
- zinterpretowano uzyskane wyniki i sformułowano wnioski na gruncie znanej teorii, co wskazuje na szeroką ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata,
- Doktorant udowodnił postawioną w pracy tezę.
- Doktorant osiągnął cel pracy, a uzyskane wyniki wnoszą oryginalny wkład naukowy i praktyczny w teorię i praktykę odlewania ciśnieniowego stopów aluminium.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Bartłomieja Samociuka pt.: **Zastosowanie słoju jęczmiennego jako materiału wiążącego do mas formierskich na odlewy ze stopu metali żelaznych** spełnia wymogi określone w Ustawie o stopniach i tytule naukowym. W związku z tym wnoszę o dopuszczenie Pana mgr inż. Bartłomieja Samociuka do publicznej dyskusji nad Jego rozprawą doktorską przed Radą Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej.

