

Rzeszów, 02.06.2023

prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik
Politechnika Rzeszowska
Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Katedra Konstrukcji Maszyn
Al. Powstańców Warszawy 12
35-959 Rzeszów

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Bartłomieja Samociuka
pt. Zastosowanie sŁodu jęczmiennego jako materiaŁu wiĄzĄcego do mas
formierskich na odlewy ze stopu metali Źelaznych

Podstawa recenzji

Pismo prof. dr hab. inż. Zbigniewa Gronostajskiego, Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej z dnia 31 marca 2023 roku oraz zawiadomienie nr 9/03/D07/2023 o wyznaczeniu na recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora mgr inż. Bartłomiejowi Samociukowi w oparciu o dysertację pt. Zastosowanie sŁodu jęczmiennego jako materiaŁu wiĄzĄcego do mas formierskich na odlewy ze stopu metali Źelaznych.

1. Wprowadzenie

Przedstawiona do recenzji dysertacja dotyczy tematyki badań i analizy wŁaściwości sŁodu jęczmiennego jako materiaŁu wiĄzĄcego do mas formierskich na formy odlewów ze stopów metali Źelaznych. Technologie odlewnicze od wieków sĄ niezwykle istotnym elementem procesów wytwórczych stosowanych wielu gałęziach przemysŁu, a niektórych przypadkach stanowią kluczowy etap wytwarzania elementów dla motoryzacji, lotnictwa, energetyki czy teŹ wyrobów artystycznych. MoŹliwosci wytwarzania odlewów i zarazem form odlewniczych o zŁoŹonych kształtach byŁy często miernikiem postępu technologicznego kluczowych obszarów gospodarki. Mimo bogatych tradycji odlewniczych, w obszarze tym następuje stale zauwaŹalny postępowanie dotyczący samej technologii jak równieŹ stosowanych materiaŁów. Jednym z czynników napędzających postępowanie technologiczne jest dostosowanie procesów produkcyjnych do zaostrzających się przepisów ochrony Źrodowiska m.in. w zakresie stosowania surowców odnawialnych w ramach filozofii gospodarki obiegu zamkniętego. Dotyczy to równieŹ procesu wytwarzania form odlewniczych z wykorzystaniem technologii przyrostowych, które pozwalają wykonać formy o zŁoŹonej geometrii gniazda z pominięciem modelu odlewniczego, a spoiwo jest nadrukowywane na kolejne warstwy materiaŁu formierskiego np. w postaci gipsu lub piasku po warstwie. Często w procesach tych stosuje się organiczne spoiwa, które mogą charakteryzować się ograniczonymi zastosowaniami np. tylko do wytwarzania form odlewniczych do stopów niskotopliwych. Biorąc pod uwagę powyŹsze uwaŹam, Źe przedstawiona w rozprawie tematyka jest aktualna,

a jej podjęcie jest w pełni uzasadnione z punktu widzenia rozwoju nauki, aplikacji przemysłowych i tendencji rozwoju technologii opartych o gospodarkę obiegu zamkniętego.

2. Charakterystyka rozprawy

Przedmiotowa praca liczy 148, stron zawiera na początku wykaz skrótów i symboli, streszczenie w języku polskim i angielskim oraz wprowadzenie. Treść merytoryczna składa się z dziewięciu numerowanych rozdziałów zakończonych wykazem wykorzystanych norm oraz bibliografią liczącą 185 pozycji literaturowych. Kolejność rozdziałów i podrozdziałów tworzy spójny i logiczny układ, kolejno przedstawiane treści rozwijają i uzupełniają myśli zawarte w częściach poprzedzających. Zawartość pracy jest odpowiednio zilustrowana, co pozwala na właściwy odbiór zawartości merytorycznej.

Pierwszą, teoretyczną część pracy poprzedza wprowadzenie do zagadnienia odlewnictwa stanowiące w pewnym sensie rys historyczny zastosowań technologii odlewniczych jako stosowanego od wielu wieków procesu wytwarzania. Opisane są również kwestie potrzeb dostosowania procesów przygotowania form odlewniczych do aktualnych potrzeb nowoczesnego przemysłu opartego o racjonalne gospodarowanie surowcami w tym surowcami odnawialnymi.

Rozdział pierwszy na wstępie jest pewną kontynuacją wybranych aspektów historycznych odlewnictwa pokazując istotność technologii w rozwoju cywilizacyjnym i gospodarczym, jednocześnie wprowadzając czytelnika do zasadniczej tematyki dysertacji związanej z badaniem materiałów stosowanych na formy odlewnicze i przedstawiając zaszeregowanie materiałów formierskich.

Drugi rozdział dotyczy materiałów stosowanych w odlewnictwie rozpoczynając od opisu osnowy piaskowej i stosowanych materiałów wiążących oraz ich właściwości w odniesieniu do wytrzymałości, zdolności odwzorowania kształtów modelu odlewniczego oraz reaktywności termicznej i chemicznej z płynnym stopem wprowadzanym do gniazda formy w procesie odlewania. Opisane są w sposób syntetyczny główne grupy spoiw nieorganicznych i organicznych oraz ich krótka charakterystyka.

Rozdział trzeci części teoretycznej opisuje masy formierskie w stanie wysuszonym, począwszy od zdefiniowania zagadnienia poprzez opis procesu suszenia i wiązania z wykorzystaniem procesu dehydratacji w odniesieniu do parametrów temperatury dedykowanych do określonych rodzajów mas formierskich. W podsumowaniu tego rozdziału Autor stwierdza, że sód jęczmienny stanowi potencjalny materiał wiążący mas formierskich.

Czwarty rozdział przedstawia potrzebę realizacji badań i oceny jakości odlewów zgodnie z określonymi procedurami, które składają się z kilku zasadniczych etapów takich jak ocena wizualna, ocena organoleptyczna, ocena z zastosowaniem specjalistycznych urządzeń kontrolnych do badań nieniszczących i niszczących. Wyszczególnione są również specyficzne metody badawcze pozwalające na ocenę powierzchniową i objętościową jakości odlewów. Tematyka badania jakości odlewów stanowi szerokie zagadnienie, z tego względu w Rozdziale tym opisano je w sposób hasłowy, gdyż nie odnosi się ono bezpośrednio do głównej tematyki dysertacji.

Następnie na podstawie analizy stanu zagadnienia w nienumerowanym rozdziale, Autor sformułował cel i zakres oraz tezę badawczą pracy w której zakłada, że sód jęczmienny może być stosowany jako samodzielne spoiwo do mas formierskich na osnowie

piaskowej, określając samodzielne spoiwo, jako jednoskładnikowy materiał wiążący, zastrzegając, że spoiwo ze słodu jęczmiennego wymaga wody jako rozpuszczalnika skrobi zawartej w słodzie. Przedstawiona teza występuje w liczbie pojedynczej, nie jak sugeruje tytuł „tezy badawcze”. Główny cel pracy sformułowany został jako określenie zależności pomiędzy zawartością przedmiotowego spoiwa a właściwościami mas formierskich. Przedstawione są również w siedmiu podpunktach pozostałe cele pracy, jednak nie sformułowano w sposób jawny zakresu pracy, co jest zapisane w tytule rozdziału. Można w tym miejscu zakładać, że wymienione cele pracy określają w pewnym wymiarze również jej zakres.

Rozdział piąty opisujący charakterystykę spoiwa jako słodu jęczmiennego rozpoczyna część badawczą pracy. Przedstawiona jest tu charakterystyka słodu jęczmiennego m.in. skład, ogólne zastosowanie oraz sposób otrzymywania. Dodatkowo zawarte są tu informacje statystyczne dotyczące wielkości upraw jęczmienia w odniesieniu do innych zbóż oraz w odniesieniu do sposobów ich przetwarzania jako jednego z podstawowych surowców spożywczych i jednocześnie surowca odnawialnego w ramach realizacji upraw rolnych. Opisano dość szczegółowo proces produkcji słodu jęczmiennego na tle historycznych zastosowań jego głównego składnika jakim jest skrobia. W kolejnej części rozdziału przedstawiono wyniki badań i analizy termogravimetrycznej słodu jęczmiennego, co jest istotne z punktu widzenia jego zastosowania jako spoiwa mas formierskich, które pracują pod dużym obciążeniem termicznym, wynikającym z oddziaływania płynnego stopu metalu o wysokiej temperaturze podczas zalewania formy. Badania wykonano dla różnych parametrów szybkości nagrzewania próbek. Rozdział zawiera również wyniki badań właściwości chemicznych, w tym oznaczenie zawartości skrobi i oznaczenie zawartości białka w słodzie jęczmiennym.

W rozdziale szóstym przedstawione są wyniki badań mas formierskich wiązanych spoiwem ze słodu jęczmiennego, począwszy od oceny mikroskopowej mas formierskich, określenia wpływu sposobu przygotowanie (mieszania i zagęszczania) na jej właściwości wykorzystując przy tym dwa warianty przygotowania mas w oparciu o mieszarkę krążnikową i łopatkową. Sposób badania mas został oparty o wytyczne określone dla badań klasycznych mas formierskich a także zawarte w normach. Przygotowane zostały odpowiednie próbki do badań w celu określenia wybranych właściwości mas formierskich takich jak: wilgotność, płynność, przepuszczalność w stanie utwardzonym, ścieralność w stanie utwardzonym, wytrzymałość na ścislenie w stanie utwardzonym, wytrzymałość na zginanie w stanie utwardzonym oraz wytrzymałość na rozciąganie w stanie utwardzonym. Kolejna część rozdziału przedstawia szereg wyników badań w formie wykresów oraz opisy tych wyników w tekście.

Rozdział siódmy zawiera wyniki badań odlewów doświadczalnych z żeliwa szarego EN-GJL-250, wykonanych w formach z mas formierskich dla których spoiwami piasku krzemowego były odpowiednio: słód jęczmienny, szkło wodne, bentonit i żywica nowolakowa. Formy wykonano metodą formowania ręcznego na podstawie niedzielonego modelu schodkowego. Analizie poddano m.in.: głębokość przepalenia mas formierskich, ocenę wizualną odlewów, strukturę geometryczną powierzchni odlewów. W kolejnej części rozdziału przedstawione są wyniki badań własności mas formierskich użytych do wykonania odlewów rozpoczynając od płynności masy, następnie pomiarów przepuszczalności masy w stanie utwardzonym, pomiarów odporności na ścieranie, pomiarów wytrzymałości na zginanie i pomiarów wytrzymałości na rozciąganie. Opisano tu również próbę realizacji

odlewów w warunkach przemysłowych z żeliwa EN-GJL-250, bazując na modelu elementu użęzionego nazwanym w pracy jako koło zębate, jednak do tej nazwy można mieć pewne zastrzeżenia patrząc na zdjęcie modelu. Odlewy wykonano w Odlewni KGHM ZANAM w Legnicy poddano ocenie wizualnej oraz ocenie struktury geometrycznej powierzchni.

Rozdziały ósmy i dziewiąty zawierają podsumowanie i wnioski o charakterze naukowym, badawczym i użytkowym oraz zagadnienia do realizacji dalszych badań.

Literatura została ułożona w kolejności cytowania i zawiera pozycje książkowe, artykuły naukowe, materiały konferencyjne o tematyce związanej z technologiami odlewniczymi, metalurgią, inżynierią materiałową w zakresie odlewania stopów, wytwarzania i badania mas formierskich przetwarzania surowców pochodzenia naturalnego do zastosowań technicznych. Literaturę poprzedza spis norm wykorzystanych w realizacji badań naukowych przedstawionych w dysertacji.

3. Ocena rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do oceny rozprawa zawiera bogaty materiał badawczy który został poddany szczegółowej analizie. Teoretyczna część pracy składa się z trzech rozdziałów, które stanowią pewnego rodzaju analizę stanu zagadnienia ale również tło do rozpoczęcia badań nad zastosowaniem słodu jęczmiennego jako spoiwa dla form odlewniczych. Opisane są tu szeroko aspekty historyczne procesów odlewniczych oraz wytyczne dotyczące stosowania surowców odnawialnych w procesach produkcyjnych. Analiza ta stanowi podstawę do sformułowania tezy badawczej, którą Autor stara się obronić z pozytywnym rezultatem na podstawie zrealizowanych badań i analizy wyników. W rozdziale tym nie został wyszczególniony szczegółowy zakres pracy, wymieniony w tytule, lecz przedstawiono listę celów do realizacji.

Przedstawiona w części badawczej analiza wyników badań termogravimetrycznych słodu jęczmiennego stanowi ciekawy materiał o charakterze naukowym, z punktu widzenia określenia temperatury utraty wody z masy formierskiej, rozkładu materiału, utraty właściwości wiążących, spalania masy a szczególnie w odniesieniu do wydzielania gazów w trakcie wypalania spoiwa, co istotnie przekłada się na jakość samego odlewu. Przedstawiono tu szeroki materiał badawczy w postaci krzywych TG/DTG słodu jęczmiennego dla różnych warunków procesu termicznego. W rozdziale siódmym Autor przedstawia, że używa do wykonania form odlewniczych innych rodzajów spoiwa takich jak: szkło wodne, bentonit i żywica nowolakowi, szkoda że nie zostały przeprowadzone porównawcze analizy TG/DTG również tych materiałów w odniesieniu do słodu jęczmiennego.

Opisane są w rozdziale piątym wyniki oznaczenia zawartości skrobi i białka w słodzie jęczmiennym, co jest ciekawe z punktu widzenia samego słodu, jednak warto by było przedstawić tu znaczenie tych parametrów w odniesieniu do aplikacji odlewniczych.

Rozdział szósty zawiera istotne wyniki badań odnoszące się do badań mas formierskich wykorzystujących jako spoiwo sód jęczmienny w odniesieniu do innych spoiw takich jak szkło wodne, bentonit i żywicę. Analiza morfologii powierzchni badanych mas formierskich pozwala wyciągnąć wnioski, które wskazują mechanizmy uzyskania wysokiej wytrzymałości mas formierskich wykorzystujących sód jęczmienny. W kolejnym etapie badań wykonano próbki badawcze z mas formierskich. Autor powołuje się tu na normę PN83/H-11073 odnoszącą się do sposobu oznaczania kształtek badawczych, opisuje

w tekście sposób wytwarzania kształtek i rodzaje kształtek, brakuje tu jednak rysunków i zdjęć kształtek badawczych, które w sposób jednoznaczny pokazałyby ich geometrię. Należy tu brać pod uwagę, że nie każdy czytelnik musi znać szczegółowo poszczególne zapisy norm, dodatkowo pojawia się tu pytanie dlaczego niektóre normy zostały ujęte w spisie norm a inne (w tym wykorzystywana w tych badaniach) ujęte są w spisie literatury. Opisano, że czas składowania pierwszej partii próbek wynosił jedną godzinę, drugiej partii próbek 24 godziny, nie przedstawiono tu jednak warunków i parametrów składowania obu partii próbek, co może być istotne z punktu widzenia ich właściwości. Parametry te w odniesieniu do składowania w komorze klimatycznej w czasie 24 godzin zostały dopiero opisane przy okazji analizy wilgotności mas formierskich w zależności od sposobu ich przygotowania.

Autor analizuje wyniki pomiarów płynności mas formierskich w stanie utwardzonym w zależności od sposobu ich przygotowania, stwierdza że masy ze sładem jęczmiennym mogą charakteryzować się mniejszą chropowatością powierzchni odlewu, tylko nie odnosi tego do parametrów innych mas. Używa w tym przypadku stwierdzenia określającego tzw. „niezgodności odlewniczych”. Trudno tu wnioskować co oznacza to stwierdzenie czy odnosi się do oceny wizualnej, oceny strukturalnej, oceny struktury geometrycznej powierzchni czy dokładności wymiarowo-kształtowej odlewu. Pojawia się tu pewna dygresja ogólna dotycząca dysertacji, można zauważyć że w zakresie głównego nurtu pracy proces badawczy i analiza wyników badań pokazuje ugruntowaną wiedzę Doktoranta, jednak pewne obszary rozważań naukowych, istotne z punktu widzenia realizacji pracy przedstawione są w sposób ogólnikowy.

W dalszej części badawczej przedstawiono wyniki badań wytrzymałościowych w postaci wykresów odnoszących się do wpływu czasu i temperatury suszenia. W tabeli 6.1 opisane są metody oznaczania właściwości analizowanych prac, jednak pewien niedosyt pozostawia brak dokumentacji fotograficznej urządzeń stosowanych do badań, co większości opracowań i raportów badawczych stanowi dobrą praktykę. W pracy przedstawiono zdjęcia urządzeń badawczych, jednak w niektórych przypadkach są to fotografie zaczerpnięte z witryn internetowych (np. rys. 6.4, rys. 6.5, rys. 6.6). Analiza wyników badań wytrzymałościowych stanowi istotny materiał naukowy, pozwalający uzyskać ważne informacje dotyczące właściwości mas formierskich wykorzystujących sład jęczmienny.

Analiza wpływu stosunku wodno-spoiwowego na właściwości masy formierskiej stanowi istotne zagadnienie badawcze odnoszące się do mechanizmu wiązania sładu jęczmiennego w odniesieniu do wiązania skrobi, która jest głównym składnikiem sładu. Badania te pozwoliły na opracowanie pewnych zaleceń technologicznych przygotowania mas formierskich w celu uzyskania odpowiednich parametrów przetwórczych, istotnych z punktu widzenia wytrzymałości form i realizacji procesu odlewania.

Kolejnym zagadnieniem badawczym było określenie wpływu wielkości ziaren osnowy na własności masy formierskiej. Wykorzystano do badań trzy frakcje piasku kwarcowego określonego jako gruby, średni i drobny, powołano się tu na normę PN-H-11001:1985 zawierającą klasyfikację piasków, jednak z punktu widzenia czytelności pracy pomocne byłoby wyszczególnienie kluczowych parametrów opisujących dane frakcje.

Istotnym elementem realizacji pracy badawczej jest wykonanie odlewów doświadczalnych z żeliwa szarego EN-GJL-250 w formach, wykorzystujących różne rodzaje spoiwa. Rysunek 7.1 przedstawia widok modelu odlewniczego z naniesionymi wybranymi wymiarami, daje to pewien pogląd na geometrię próbek badawczych, jednak z punktu widzenia jednoznaczności przekazu parametrów geometrycznych próbki stosowanych w

opracowaniach technicznych powinno się przedstawiać geometrię próbki w postaci rysunku technicznego. Podobna uwaga odnosi się do rysunku 7.17, gdzie przedstawione jest zdjęcie „modelu odlewniczego stosowanego w przemyśle”. Trudno wnioskować co to jest za model, z jakiego urządzenia i w jakiej gałęzi przemysłu jest stosowany. Model jest opisany jako koło zębate z dość specyficznym wyszczególnieniem wymiarów, nie spełniających standardów stosowanych dokumentacji konstrukcyjnej czy technologicznej. Wykonane odlewy a także formy odlewnicze poddano ocenie wizualnej. Następnie oczyszczono odlewy i wypiąstowano i przeprowadzono pomiary chropowatości w odniesieniu do wzorców chropowatości dla odlewów żeliwnych. Pojawia się tu pytanie jaki wpływ na chropowatość odlewów miało piaskowanie ich powierzchni. Analiza chropowatości powierzchni pozwoliła ocenić wpływ poszczególnych rodzajów mas formierskich na strukturę geometryczną powierzchni odlewów. Można się zastanowić czy wykonanie pomiarów geometrycznych wybranych wymiarów liniowych odlewów pozwoliłoby rozszerzyć analizę zależności pomiędzy badanymi masami formierskimi a dokładnością odlewów. W końcowej części pracy opisano proces wykonania i analizy odlewów w warunkach przemysłowych. W tym przypadku analizie poddano tylko parametry chropowatości powierzchni. Podobnie jak w poprzednim przypadku warto byłoby rozważyć analizę dokładności geometrycznej, szczególnie dla elementu jakim jest wyrób wytwarzany przemysłowo.

W podsumowaniu i wnioskach doktorant odnosi się do osiągnięcia naukowego pracy, polegającego na wykazaniu, że sód jęczmienny może być pełnowartościowym spoiwem mas formierskich. Autor stwierdza, że wyniki badań pozwoliły zweryfikować pozytywnie założoną na początku tezę. Zgadzam się z tym twierdzeniem, z jedną uwagą, że sama celowość formułowania tezy dla realizacji prac o charakterze typowo badawczym jest często dyskusyjna.

4. Podsumowanie

Przedstawiona do oceny rozprawa dotyczy bardzo istotnych zagadnień, odnoszących się do zastosowania nowych materiałów na masy formierskie wykorzystujące surowce odnawialne. Tematyka ta biorąc pod uwagę trendy panujące w nauce i przemyśle z pewnością jest przyszłościowa, ze względu na wdrażanie procesów wykorzystujących gospodarką obiegu zamkniętego. Temat pracy został wybrany w sposób przemyślany i trafny, a jej zakres spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Formalny układ pracy jest prawidłowy. Rozprawa odnosi się do aktualnej wiedzy, a w wielu obszarach wnosi nowe treści. Praca składa się z części teoretycznej będącej jednocześnie analizą stanu zagadnienia oraz części badawczej i analizy wyników badań będącej podstawą realizacji założonego i osiągniętego celu naukowego. Postawiona w początkowej części pracy teza została przez Autora właściwie udowodniona. Powyższe fakty świadczą o kompetencjach Doktoranta w zakresie prowadzenia badań naukowych oraz wskazują na wiedzę ogólną i umiejętności praktyczne pozwalające na prowadzenie prac badawczych o charakterze naukowym i aplikacyjnym.

Stwierdzam, że w mojej ocenie rozprawa doktorska Pana mgr inż. Bartłomieja Samociuka pt. „Zastosowanie siodu jęczmiennego jako materiału wiążącego do mas formierskich na odlewy ze stopu metali żelaznych”, spełnia wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2022 poz. 574 z póź.zm.) w zakresie dyscypliny inżynieria mechaniczna i może być dopuszczona do publicznej obrony.

