

RECENZJA

pracy doktorskiej

Pana mgra inż. Marcina Waksmundzkiego

nt. „Badania wpływu wybranych czynników atmosferycznych i technologicznych na stabilizację kształtowo-wymiarową drewnianych modeli odlewniczych”
opracowana na zlecenie Rady Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej
im. Stanisława Staszica w Krakowie
(pismo dr hab. inż. Rafała Dańko, prof. nzw. w AGH,
Dziekana Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej z dnia 23.11.2018r.)

Tematyka pracy

Światowa produkcja odlewów w roku 2017 wynosiła 109,863 mln. ton (według najnowszych danych przedstawionych w Modern Casting w grudniu 2018r). W Polsce wyprodukowano w 2017 roku 1,036 mln. ton odlewów, z czego 640 tys. ton stanowiły odlewy wykonane z żeliwa szarego i sferoidalnego, a 50 tys. ton odlewy ze staliwa. Udział formowania ręcznego w produkcji odlewów z żeliwa szarego wynosi ok. 30%, z żeliwa sferoidalnego ok. 11%, a odlewów ze staliwa aż 65%. Mimo wprowadzania na rynek nowych materiałów do produkcji modeli odlewniczych (tworzywa sztuczne) oraz nowych technologii (metoda pełnej formy), nadal największy udział w produkcji stanowią modele drewniane. Dlatego podjęta w pracy tematyka obejmująca zagadnienia wytwarzania drewnianych modeli odlewniczych oraz prawidłowej ich eksploatacji i przechowywania jest moim zdaniem bardzo aktualna. Tym bardziej, że nie spotkałem w ostatnich latach żadnego opracowania zwartego dotyczącego modeli odlewniczych wykonanych z drewna. Istnieje kilka publikacji, które omawiają te zagadnienia, pochodzą jednak z lat pięćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego wieku.

Tytuł dysertacji „Badania wpływu wybranych czynników atmosferycznych i technologicznych na stabilizację kształtowo-wymiarową drewnianych modeli odlewniczych” odpowiada zawartej w niej treści, prowadzonym badaniom oraz analizowanym w niej zagadnieniom.

Praca napisana jest na 120 stronach w klasycznym dla tego typu rozpraw układzie. Podzielono ją na Część I – teoretyczną, obejmującą rozdział drugi i Część II – doświadczalną, składającą się z 4 rozdziałów, z których rozdz. 6 stanowi podsumowanie i wnioski końcowe. Całość zamyka spis cytowanej literatury oraz spis ilustracji. Na początku pracy zamieszczono streszczenie w języku polskim i angielskim.

Ocena edycji pracy

Analizując graficzną i edycyjną stronę pracy stwierdzam, że w większości napisana jest dobrze, poprawnym językiem z niewielką ilością błędów interpunkcyjnych i literowych, które nie wpływają na czytelność i jakość pracy. Występują jednak elementy które ten poziom zaniżają. Mam na myśli rysunki od 2.11 do 2.21, stanowiące obrazy

skanowane o nie najlepszej jakości. Kolejna uwaga dotyczy „skrótów myślowych” występujących w części teoretycznej. Chodzi tutaj o tytuł rozdziału 2.8.3. brzmiący „Norma modelarska”, który kojarzy się z modelarstwem jako działalnością polegającą na budowie obiektów w pomniejszonej skali. Natomiast w rozdziale tym omówiono najważniejsze wymagania i zalecenia normy PN-EN 12890: 2002 Odlewnictwo – modele, zespoły modelowe i rdzennice do wykonywania form i rdzeni odlewniczych. Podobny zwrot występuje w tytule rozdziału „5.4.2. Wyznaczanie zależności ... dla modelarskich gatunków drewna”. W rozdziale tym podobnie jak poprzednio prowadzono badania drewna sosny i olchy jako materiałów najczęściej wykorzystywanych do budowy modeli odlewniczych.

Kolejny zwrot, który co prawda występuje w obiegu handlowym, dotyczy stwierdzenia „żywice odlewnicze”, występujący nawet u niektórych dostawców materiałów dla odlewnictwa. Na modele najczęściej stosuje się żywice epoksydowe i poliuretanowe, nie tylko wykorzystywane w odlewnictwie. Moim zdaniem praca naukowa nie powinna zawierać tego typu potocznych zwrotów, nawet gdy one istnieją.

Na str. 101 Doktorant powołuje się na rysunek 2.39 (powinno być 5.42).

Ocena części literaturowej

Część literaturowa to 15 podrozdziałów, w których przedstawiono najważniejsze zagadnienia obejmujące: budowę drewna, jego wady i znaczenie w procesie produkcji modeli odlewniczych, fizyczne i mechaniczne właściwości drewna, oprzyrządowanie odlewnicze (modele i rdzennice), zasady budowy modeli i rdzennic oraz metody ich projektowania. Omówiono także warunki pracy modeli, metody zabezpieczenia ich powierzchni po obróbce mechanicznej oraz zasady magazynowania modeli. Rozdział kończy krótki opis zastosowania badań ultradźwiękowych do badania modeli drewnianych.

Na szczególną uwagę w tej części pracy zasługują rozdziały traktujące o gatunkach drewna stosowanych na modele odlewnicze, omawiające klasyfikację modeli odlewniczych oraz rdzennic. Przedstawiono również zasady łączenia drewna w aspekcie obróbki CNC. Doktorant porównał także tradycyjne metody wytwarzania modeli oraz nowoczesne wykorzystujące oprogramowanie CAD/CAM oraz obrabiarki CNC uwzględniając jakość wytwarzanych modeli oraz ich cenę (tab. 2.9). W podsumowaniu stwierdził, bazując także na własnych doświadczeniach, że produkcja pojedynczych modeli z drewna metodą tradycyjną jest jeszcze nadal tańsza niż przy użyciu maszyn CNC, ale precyzja nowoczesnej metody jest większa. W przypadku konieczności wykonania kolejnych kopii modelu w nowoczesnej technologii są one wielokrotnie tańsze niż wykonywane tradycyjnie.

Przegląd literatury został przeprowadzony w oparciu o 44 publikacje, na które składają się publikacje zwarte, artykuły, referaty konferencyjne oraz informacje zamieszczone na stronach internetowych. W tych ostatnich, zgodnie z zasadami podana jest data dostępu do nich. W zastawieniu można znaleźć kilkanaście publikacji naukowych, które zostały wydane drukiem lub umieszczone na stronach internetowych po 2000r. Doktorant nie cytował żadnej ze swoich publikacji. Mniejsza ilość cytowanej literatury wynika z pewnością z podjętej w pracy tematyki odlewniczych modeli drewnianych, o czym już wcześniej wspomniałem, tematyki dosyć skromnie występującej w bazach naukowych. Ale można znaleźć opracowania, nie ujęte w spisie, a dotyczące

omawianych przez Doktoranta zagadnień. Dotyczy to np. właściwości fizycznych drewna omówionych np. w skrypcie „Fizyka drewna w teorii i zadaniach”, Pawła Kozakiewicza z 2012r.

Chociaż ten fragment pracy oceniam pozytywnie, to pewien niedosyt budzą dwa zagadnienia. Po pierwsze Doktorant wskazuje, że alternatywą dla modeli drewnianych mogą być modele wykonane z tworzyw sztucznych lub technologia zgazowanych modeli. Niestety nie rozwinął On tego wątku porównując na przykład zalety i wady, jakość powierzchni, właściwości odlewu, a także koszty stosowania modeli z różnych materiałów (drewno, tworzywo sztuczne, polistyren). Po drugie w przeglądzie literatury brakuje mi podsumowania i jednocześnie wskazania dlaczego Doktorant podjął taką tematykę badań, oraz co Nim kierowało przy planowaniu określonego zakresu badań. Nie do końca rozumiem również stwierdzenie zawarte na stronie 10 pracy w rozdz. 2.1. Definicja drewna, brzmiące „...drewno należy poddać konserwacji, pomimo iż jest to zabieg trudny, mało efektywny oraz nietrwały [30,31]”. Doktorant cytując to stwierdzenie w żaden sposób tego nie komentuje, chociaż wyniki przeprowadzonych badań wskazują na wysoką efektywność procesu konserwacji drewna.

Teza i zakres pracy

Doktorant zaproponował w pracy cztery tezy:

1. Modele wykonywane z drewna materiału higroskopijnego i nie izotropowego ulegają zmianom wymiarowym i deformacji na skutek pochłaniania wilgoci z otoczenia podczas ich przechowywania w magazynach i halach odlewniczych lub z mas formierskich podczas przetrzymywania modelu w formie.
2. Zmiany wymiarowe i kształtowe przebiegają najbardziej w wierzchnich warstwach modeli.
3. Kinetyka zmian wymiarowych i kształtowych zależy od stanu powierzchni modeli oraz sposobu ich zabezpieczenia.
4. Kontrola stanu drewna w modelach odlewniczych może być prowadzona nieniszczącą metodą ultradźwiękową.

Moje wątpliwości budzi celowość zaproponowanej tezy pierwszej, która jest oczywista i której udowodnienie nie wymaga realizacji żadnych badań, co Doktorant wykazał już na następnej stronie (str. 70) pisząc: „Jak opisano w części teoretycznej pracy, drewno jest materiałem silnie anizotropowym, pod wpływem wilgoci zmienia swoje wymiary w różnym stopniu w zależności od ułożenia słojów. Kinetyka tych zmian zależy od rodzaju drewna, wilgotności powietrza, temperatury oraz zastosowanych technik i materiałów użytych do zabezpieczenia powierzchni zewnętrznych drewna (w tym modeli odlewniczych). Na model odlewniczy może oddziaływać wilgoć oraz temperatura, które zależą od warunków atmosferycznych lub są parametrami masy formierskiej użytej w procesie formowania”. Pozostałe tezy uważam za prawidłowe, dobrze sprecyzowane i widoczne jest przyporządkowanie poszczególnych etapów badań do ich realizacji.

Zakres badań realizowanej pracy obejmował badanie wpływu: temperatury oraz wilgotności na zmiany kształtowe i wymiarowe próbek, masy formierskiej na zmianę wymiarów i kształtu oraz eksperymenty polegające na pomiarze wilgotności za pomocą metody ultradźwiękowej. Ten fragment pracy oceniam również pozytywnie.

Ocena części badawczej

Część II, określoną przez Doktoranta jako doświadczalną oceniam wysoko. Zawiera ona rysunki i zdjęcia prototypowego stanowiska badawczego, zaprojektowanego i wykonanego pod kątem badań założonych w pracy. Główny element stanowiska stanowi komora klimatyczna zapewniająca uzyskanie we wnętrzu stałych, zadanych warunków atmosfery (temperatura i wilgotność) w całym okresie wykonywania pojedynczych pomiarów, które trwały nawet do 70 godzin. Komora umożliwiała zmianę temperatury w jej wnętrzu w zakresie od -8 do 30°C, a wilgotności od 6 do 90%. Do pomiaru zmian wymiarowych wykorzystano czujnik przemieszczeń. Wyniki pomiarów rejestrowano w sposób ciągły na komputerze.

Pierwszy etap polegał na określeniu wpływu wilgotności na przebieg zmian wymiarowych. Do badań zastosowano próbki drewna olchy i sosny (jako najczęściej stosowanego na modele odlewnicze), wzdłuż i w poprzek włókien, w stanie surowym, z wykończoną powierzchnią (szpachlowanie i malowanie) o wymiarach 100x100x5mm. Eksperymenty prowadzono w temperaturze 30°C przy trzech poziomach wilgotności powietrza: 55, 70 oraz 85%. Założony zakres badań pozwolił na uzyskanie bardzo dużej ilości wartościowych wyników. Przedstawione na rys. 5.4 – 5.12 przebiegi zmian wymiarowych rejestrowanych w funkcji czasu pozwoliły Doktorantowi na wyciągnięcie wielu ciekawych wniosków. Do najważniejszych z nich moim zdaniem należą:

- zasadnicze zmiany wymiarowe następują po pierwszych 8-10 godzinach przebywania drewna w wilgotnym powietrzu,
- przebieg zmian wymiarowych zmniejsza swoją szybkość w funkcji czasu, co można opisać równaniami logarytmicznymi,
- analizowane zmiany z opisaną szybkością przebiegają w cienkich warstwach o grubości poniżej 3,0 mm,
- zabezpieczenie powierzchni przez ich szpachlowanie i malowanie pozwala zdecydowanie ograniczyć proces wchłaniania wilgoci (ale nie eliminować),
- drewno sosny cechują mniejsze zmiany wymiarowe niż drewno olchy.

Nawiązując do wniosku 2 dotyczącego równań logarytmicznych opisujących zmianę wymiarów w funkcji czasu dla wilgotności drewna wynoszącej 85% wzdłuż i w poprzek włókien dla sosny w stanie surowym (zamieszczonych na rys. 5.8), brakuje moim zdaniem w pracy parametrów statystycznych tych równań.

Kolejny etap pomiarów polegał na określeniu wpływu wilgotności otoczenia, przy temperaturze 30°C na zmiany kształtowe. Badania prowadzono tak jak poprzednio, w komorze klimatycznej, przy innym mocowaniu próbki. Jako miarę zmian kształtowych przyjęto kąt wygięcia próbki obliczony na podstawie pomiaru przemieszczenia jej końca. Doktorant stwierdził, że wyniki badań wstępnych zmiany kształtu próbki wzdłuż włókien były bardzo małe i trudne w rejestracji, stąd w eksperymentach badano próbki w poprzek włókien. Podobnie jak w poprzednim etapie zachodzące zmiany wymiaru rejestrowano w funkcji czasu, a wartości obliczonych kątów wygięcia w czasie zamieszczono na rys. 5.15 – 5.18. Uzyskane wyniki pozwoliły Doktorantowi na wyciągnięcie wniosków. Do najważniejszych z nich moim zdaniem należą:

- zmiany kształtowe dla drewna sosnowego i olchowego są większe w poprzek włókien, natomiast praktycznie nie występują dla próbek badanych wzdłuż włókien,

- im wyższa wilgotność tym zmiany kształtowe są większe,
- wyniki badań bezpośrednio zależą od niejednorodności struktury badanych próbek.

Pozostałe wnioski mówiące o tym, że drewno sosnowe jest bardziej odporne na zmianę kształtu oraz, że malowanie modeli tylko ogranicza proces tych zmian, ale go nie eliminuje, są podobne do uzyskanych w poprzednim etapie. Moje zaniepokojenie budzi stwierdzenie zawarte w ostatnim wniosku dotyczącym wpływu niejednorodności struktury na wyniki badań. Doktorant nie wyjaśnia jakie niejednorodności ma na myśli, czy były one przypadkowe, w ilu próbkach występowały i jak wpłynęły na uzyskane wyniki.

Kolejny etap badań dotyczył wpływu masy formierskiej na zmiany wymiarowe modeli. Do badań zastosowano próbki z drewna sosnowego i olchowego o wymiarach 100x100x5 mm umieszczone odpowiednio w masie bentonitowej, masie ze szkłem wodnym oraz masie furanowej. Badania prowadzono w komorze klimatycznej przy parametrach takich jak poprzednio. Do najważniejszych stwierdzeń podsumowujących ten etap badań należą:

- model drewniany stosunkowo szybko pochłania wilgoć z masy formierskiej,
- drewno surowe najszybciej zmienia swoje wymiary w masie bentonitowej, następnie w masie ze szkłem wodnym, a najwolniej w masie furanowej,
- największe zmiany wymiarowe obserwuje się w pierwszych godzinach oddziaływania masy formierskiej,
- nie powinno się używać uszkodzonych modeli, bez powłoki malarskiej, ponieważ powoduje to występowanie zmian wymiarowych.

Analizowano również wpływ masy formierskiej na zmiany kształtowe modeli, badając jednostronny kontakt masy formierskiej z próbką. Sposób rejestrowania wyników badań odbywał się analogicznie jak poprzednio. Wyniki badań zamieszczono na rys. 5.30-5.35, podsumowując je wnioskami cząstkowymi, które w większości mają podobny charakter do poprzednich. Doktorant stwierdził ponadto, że:

- w celu ograniczenia zmian kształtowych konieczne jest zastosowanie różnego rodzaju połączeń drewna,
- najmniejsze zmiany kształtowe obserwowano dla próbek zabezpieczonych farbami żywicznymi.

Na końcu rozdziału 5.4.2 Doktorant pisze, że jest konieczne opracowanie „innovacyjnej metody” wykańczania oraz zabezpieczania powierzchni, że obecnie trwają prace nad „rozwojem innovacyjnej metody”, która poprawi żywotność kompletu modelowego oraz, że rozpoczęcie badań nad „innovacyjnymi metodami” wykańczania modeli odlewniczych jest wynikiem realizacji niniejszej pracy. Mam nadzieję, że w trakcie prezentacji swojej pracy, Doktorant przedstawi chociażby w części ideę i osiągnięte wyniki dotyczące opracowania nowej metody. Moim zdaniem metoda ta powinna być przede wszystkim skuteczna.

Kolejny etap badań (badania uzupełniające) obejmował wykorzystanie techniki ultradźwiękowej do monitorowania zmian wilgotności drewna podczas jego przetrzymywania w warunkach dużej wilgotności powietrza. W ramach tych eksperymentów przeprowadzono również badania ultradźwiękowe pozwalające na obserwację zmian wilgotności cienkich warstw drewna w kontakcie z masami formierskimi. Doktorant przeprowadził pomiary na wytoczonych wzdłuż i w poprzek

włókien, cienkościennych próbkach drewna sosnowego i olchowego. Pomiarę prędkości propagacji podłużnej fali ultradźwiękowej o częstotliwości 0,1 MHz wykonano przy pomocy ultradźwiękowego testera materiałów CT3. W badaniach monitorowano proces nawilżania i wysychania w stanie surowym. Eksperymenty prowadzono w komorze ze stabilizacją temperatury, symulując warunki w jakich w rzeczywistości przechowywany jest model. W podsumowaniu tego fragmentu badań Doktorant przedstawia wnioski, które potwierdzają uzyskane wcześniej wyniki badań o najbardziej intensywnym nawilżaniu drewna w początkowym okresie oraz podobnym obrazie narastania wilgotności drewna przy jego przechowywaniu do przebiegów zmian wymiarów i kształtu uzyskanych poprzednio. Doktorant stwierdza, że wyniki badań pokazują istnienie liniowej zależności pomiędzy wilgotnością drewna, a prędkością propagacji w nim podłużnej fali ultradźwiękowej, w zakresie wilgotności drewna na poziomie 8-30%. Stwierdza, że zmiany wilgotności wywołują duże zmiany tylko przy prostopadłym ułożeniu kierunków propagacji fali i wzrostu słoików w drewnie, pozwalające na opracowanie zależności empirycznych. Ponadto stwierdzono, że w przypadku dużych modeli z niezabezpieczonymi powierzchniami są one nawilżane nawet przy formowaniu w masach z żywicami. Wyniki badań ultradźwiękowych pokazały także, że ze zwiększeniem zawartości wilgoci zmniejsza się moduł sprężystości, co może skutkować deformacją modeli podczas formowania. Podsumowując ten etap badań Doktorant stwierdza, że „technika ultradźwiękowa, po realizacji opisanych badań, może być polecana jako metoda kontroli stanu modeli drewnianych eksploatowanych w warunkach przemysłowych”.

Lektura tego interesującego rozdziału nasuwa jednak pewne pytania. W rozdz. 5.4.2 wyznaczano zależności prędkości propagacji podłużnej fali ultradźwiękowej w funkcji wilgotności $C_L = f(W)$ (rys.5.40). Doktorant pisze, że w zakresie 8-35% wilgotności zależność $CL = f(W)$ stosunkowo dobrze opisuje równanie liniowe (przedstawione na rys. 5.40). Analizując przebieg prostej wyznaczonej na podstawie 3 punktów dla przypadku „Olcha w poprzek” nasuwają się następujące spostrzeżenie i pytania. Rozstęp tych trzech punktów obejmuje zakres 10-23% wilgotności, a więc znacznie mniejszy niż jest to podawane w opisie. Pytania natomiast dotyczą ilości przeprowadzonych pomiarów i parametrów statystycznych zaproponowanego równania (dla olchy), tym bardziej, że są one później przekształcane i służą do obliczeń chwilowych wartości wilgotności próbek. Kolejne pytanie dotyczy sposobu wprowadzenia metody ultradźwiękowej do kontroli stanu modeli drewnianych w warunkach przemysłowych, mając na uwadze fakt, że przy równoległym kierunku propagacji fali do kierunku słoików, zmiany tej prędkości są niewielkie (rys. 5.42) i nie pozwalają na opracowanie takich zależności jak w przypadku kierunku prostopadłego. Czy jest możliwość prowadzenia takich pomiarów dla odlewów dużych, klejonych z różnymi kierunkami słoików, a w dodatku malowanych?

Pomimo tych pytań, wymagających przeważnie dodatkowych wyjaśnień, uważam że Część II – doświadczalna pokazuje, że Doktorant potrafi prowadzić samodzielnie badania, umie opracować i analizować w logiczny sposób uzyskane wyniki badań i potrafi na ich podstawie wyciągać wnioski, co stanowi podstawowe kryterium pozytywnej oceny tego typu dysertacji.

Wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona do oceny praca jest interesująca zarówno pod względem naukowym jak i praktycznym. Przedstawione w mojej opinii uwagi i pytania należy traktować w większości przypadków bardziej jako pretekst do wyjaśnienia przez Doktoranta zagadnień, które moim zdaniem nie do końca zostały w pracy dobrze opisane, niż uwagi krytyczne umniejszające walorom całej pracy.

Uważam, że do najważniejszych osiągnięć naukowych Doktoranta można zliczyć:

- opracowanie i wykonanie stanowiska badawczego umożliwiającego rejestrację zmiany wymiarów i kształtu materiałów stosowanych na modele odlewnicze, przy zmiennych warunkach atmosferycznych,
- wykazanie, że modele odlewnicze mogą zmieniać swoje wymiary i kształty nie tylko pod wpływem kontaktu z otoczeniem, ale także z masą formierską (nie tylko z bentonitem, ale również z żywicami),
- wykazanie, że największe zmiany wymiarowe i kształtowe występują w modelu w początkowej fazie jego kontaktu z otoczeniem lub masą formierską, najczęściej w ciągu 2-3 godzin, zmiany te najbardziej przebiegają w warstwach wierzchnich,
- wykazanie, że technika ultradźwiękowa może być stosowana do pomiaru wilgotności modeli oraz określania jej wpływu na zmiany dynamicznego modułu sprężystości drewna.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że praca doktorska Pana mgr inż. Marcina Waksmundzkiego pt. „Badania wpływu wybranych czynników atmosferycznych i technologicznych na stabilizację kształtowo-wymiarową drewnianych modeli odlewniczych”, spełnia wymagania stawiane przez Ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw, wobec czego wnioskuję do Rady Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie o dopuszczenie Kandydata do publicznej obrony.

