

Prof. dr hab. inż. Ferdynand Romankiewicz
Zakład Materiałoznawstwa
i Technologii Materiałowych
Uniwersytetu Zielonogórskiego
ul. Licealna 9
65-417 Zielona Góra

Zielona Góra, 3.06.2016 r.

R e c e n z j a

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Justyny Wiecheć
pt. „ Wpływ składu chemicznego i sposobu wytwarzania na własności
przewodzących stopów aluminium typu silumin ”, opracowana na
zlecenie Pani Dziekan Wydziału Metali Nieżelaznych AGH w Krakowie
prof. dr hab. inż. Marii Richert; pismo z dnia 5.05.2016 r.**

Dynamiczny wzrost zastosowania stopów aluminium w technice, zwłaszcza z grupy siluminów, uzasadnia celowość badania wpływu sposobu wytwarzania tych stopów na ich strukturę i właściwości. Wynika to z potrzeby doskonalenia właściwości tej grupy stopów, co umożliwi szersze oraz niestandardowe zastosowanie ich pod kątem wykorzystania cech tych stopów m. in. małej gęstości, dobrej odporności korozyjnej, dobrej przewodności cieplnej, oraz możliwej do osiągnięcia dobrej przewodności elektrycznej przy zadowalającym poziomie właściwości mechanicznych.

Z powyższych względów uważam, iż problematyka i temat rozprawy doktorskiej mgr inż. Justyny Wiecheć zostały bardzo trafnie dobrane i zasługują na duże uznanie.

Recenzowana rozprawa obejmuje 270 stron, zawiera 13 rozdziałów, bardzo liczne rysunki i tabele, fotografie struktury oraz 182 pozycje aktualnej literatury. W pracy zawarto również spis rysunków oraz tabel, co ułatwia korzystanie z jej treści.

Wprowadzenie (rozdz. 1) bardzo dobrze uzasadnia wybór problematyki rozprawy i jej celu. Zawiera również ważniejsze informacje o merytorycznej treści rozprawy z uwzględnieniem badanych stopów oraz zakresu badań.

Drugi rozdział rozprawy obejmuje analizę stanu zagadnienia. Autorka we wstępie do tego rozdziału zaprezentowała trendy rozwojowe dotyczące zastosowania stopów aluminium oraz tradycyjne i nowoczesne technologie odlewania, podkreślając ich zalety i wady. Następnie przedstawiła aktualną klasyfikację stopów aluminium oraz charakterystykę siluminów typu AlSiMg, które są przedmiotem rozprawy. Dokonała wnikliwej analizy wpływu składników stopowych na strukturę i właściwości siluminów. Przeprowadziła wnikliwą analizę podstaw teoretycznych umocnienia wydzieleniowego stopów AlSiMg akcentując mechanizm procesu umocnienia wydzieleniowego oraz temperaturowe i czasowe parametry zabiegów homogenizacji i sztucznego starzenia z uwzględnieniem szybkości uprzedniego przesycania. Przeanalizowała wpływ składników stopowych na przewodność elektryczną i cieplną stopów AlSiMg ze szczególnym uwzględnieniem wpływu krzemu i magnezu.

W podrozdziale 2.5 przedstawiła Autorka rzeczowe podsumowanie analizy literatury. Słusznie stwierdziła, że stopy AlSiMg znajdują szerokie zastosowanie w technice oraz że wyróżniają się możliwością osiągnięcia wysokich właściwości wytrzymałościowych po procesie utwardzania wydzieleniowego.

W rozdziale trzecim przedstawiła Autorka tezę rozprawy. Wprowadzenie do tezy słusznie stwierdza, że pomimo stosowania w praktyce stopów AlSiMg od wielu lat, materiały te nie są w pełni poznane, zwłaszcza pod względem kształtowania własności elektrycznych. Sformułowanie tezy rozprawy zawiera następujące założenie. „ *Dobór odpowiedniego składu chemicznego i parametrów procesów obróbki cieplnej elementów ze stopów typu AlSiMg przeznaczonych na cele elektroenergetyczne pozwoli na*

stworzenie podstaw do opracowania stopów aluminium typu silumin o ponadpodstawowych własnościach wytrzymałościowych i przewodzących oraz technologii ich wytwarzania, co – poprzez optymalizację rozwiązań materiałowych umożliwi ograniczenie masy wyrobów i/lub zwiększenie efektywności ich pracy”. Przyjęta teza rozprawy jest właściwa i w pełni uzasadniona.

Czwarty rozdział rozprawy zawiera cel i zakres badań. Autorka wyodrębniła naukowe oraz praktyczne cele pracy. Są one sformułowane właściwie i uwzględniają wszystkie ważne aspekty rozprawy. Zakres pracy słusznie uwzględnia realizację badań na trzech wybranych siluminach $AlSi5Mg$, $AlSi7Mg$ i $AlSi11Mg$. Są to stopy o niskiej, średniej i okołoeutektycznej zawartości krzemu.

W rozdziale piątym przedstawiła Autorka koncepcję rozwiązania tematu pracy. Określiła rodzaj badań oraz temperaturę i czasowe parametry eksperymentów, a także udział magnezu w poszczególnych wytypowanych do badań stopach. Przyjęta koncepcja jest właściwa i przejrzyste określa zakres badań.

Program badań (rozd. 6) zaprezentowała Autorka w bardzo przejrzystej wersji schematycznej oraz rozwinęła w bardzo szczegółowej wersji tablicowanej. Forma prezentacji programu badań zasługuje na duże uznanie i świadczy o dużej wnikliwości oraz staranności Autorki. Ujęto w nim: rodzaj procesu obróbki cieplnej, cel, rodzaj stopu, parametry procesu homogenizacji i przesycania oraz mierzone wielkości. Jego struktura bardzo ułatwia orientację w przyjętym przez Autorkę bardzo szerokim zakresie badań obejmującym 27 cykli, w których eksperymenty wykonywano wielokrotnie przy zmianie warunków i parametrów badań. Obejmuje to badania wstępne oraz badania zasadnicze.

Przyjęta przez Autorkę metodyka badań (rozd. 7) jest właściwa. Uwzględnia ona analizę składu chemicznego badanych stopów, urządzenia do

obróbki cieplnej, pomiar i urządzenia do badania twardości i przewodności elektrycznej oraz analizę mikrostruktury. Przyjęta metodyka i aparatura badawcza zapewniają uzyskanie miarodajnych wyników eksperymentów.

W ósmym rozdziale scharakteryzowała Autorka materiały do badań wstępnych oraz zasadniczych. Badania wstępne miały na celu dobór parametrów procesów obróbki cieplnej i Autorka wytypowała do ich realizacji 4 stopy o stałej zawartości magnezu (0,4%) lecz zmiennej zawartości krzemu (7; 6; 5,5 i 5%). Do badań zasadniczych wytypowała Autorka 9 stopów stanowiących 3 grupy o zmiennej zawartości krzemu (5; 7; 11%) oraz w poszczególnych grupach zmiennej zawartości magnezu (od 0,3 do 1,1%). Dla stopów w stanie technologicznym F (surowym) podano twardość Brinella oraz przewodność elektryczną. Dla stopów o zawartości 1% magnezu przedstawiono powierzchniowy rozkład pierwiastków w mikroobszarach, w których występowały fazy międzymetaliczne z udziałem magnezu, krzemu, żelaza i aluminium. Metodą EDS określono udział poszczególnych składników w badanych fazach. Dobór stopów do badań jest właściwy, a na podkreślenie zasługuje wysoki poziom czystości stopów.

Wyniki zrealizowanych badań oraz ich analizę przedstawiła Autorka w rozdziale dziewiątym. Zostały one podzielone na badania wstępne (podrozdział 9.1) oraz badania zasadnicze (podrozdział 9.2). Szczegółową i przejrzystą informację o zrealizowanych badaniach wstępnych przedstawiła Autorka na rys. 9.1. Wyniki badań zostały zilustrowane na bardzo starannie opracowanych barwnych wykresach ukazujących wpływ parametrów obróbki cieplnej na twardość i przewodność elektryczną stopów użytych w tej serii badań. Analiza wyników badań jest bardzo wnikliwa a podsumowanie jest staranne i rzeczowe. Badania te wykazały negatywny wpływ dodatku tytanu na efektywność procesu utwardzania wydzieleniowego, szczególnie przy kształtowaniu własności elektrycznych. Wykazały również konieczność

dalszych badań nad doborem składu chemicznego badanych siluminów, zwłaszcza w zakresie zawartości krzemu i magnezu.

Wyniki badań zasadniczych oraz ich analizę przedstawiła Autorka w podrozdziale 9.2. Szczegółowy zakres badań zaprezentowała na rys. 9.27. Są to bardzo obszerne badania obejmujące stopy $AlSi5Mg$, $AlSi7Mg$ i $AlSi11Mg$ z zmianą udziału magnezu w zakresie 0,3 do 1,1%. Przyjęte przez Autorkę stany obróbki cieplnej: T5; T4; T6/T7 są uzasadnione. Przyjęty zakres badań uwzględniający zmianę temperatury oraz czasów homogenizacji i starzenia sztucznego i naturalnego jest właściwy.

Wyniki badań zostały przedstawione w formie bardzo starannych i przejrzystych wykresów ilustrujących wpływ parametrów obróbki cieplnej na twardość oraz przewodność elektryczną badanych stopów. Sposób prezentacji wyników badań zasługuje na duże uznanie. Dotyczy to również badań metalograficznych przeprowadzonych z wykorzystaniem mikroskopii optycznej oraz skaningowej. Wykonane mapy rozkładu pierwiastków oraz analiza składu chemicznego metodą EDS w mikroobszarach badanych stopów są adekwatne do przeprowadzonej obróbki cieplnej. Szczegółowe wyniki badań obejmujące wpływ parametrów obróbki cieplnej na twardość oraz przewodność elektryczną badanych stopów zamieściła Autorka w formie aneksu w rozdziale dwunastym. Wyniki badań mikrostruktury stopów metodą mikroskopii optycznej zostały zaprezentowane w aneksie w rozdziale trzynastym. Bardzo wnikliwa analiza osiągniętych wyników badań umożliwiła Autorce określenie optymalnych parametrów obróbki cieplnej.

W podsumowaniu pracy (rozd. 10) Autorka przedstawiła zestawienie zawierające wytyczne określające wpływ parametrów technologicznych na twardość i przewodność elektryczną stopów $AlSi5Mg$, $AlSi7Mg$ oraz $AlSi11Mg$ w zależności od parametrów procesu obróbki cieplnej. Zestawienia danych sporządzono w formie bardzo przejrzystych tabel. Zawarte w tabelach informacje stanowią bardzo wartościowe zalecenia dla potrzeb aplikacyjnych.

Wnioski końcowe (rozdz. 11) zawierają wnioski z analizy literaturowej oraz wnioski z analizy wyników badań materiałowych. Pierwsza część wniosków stanowi sentencję przedstawionego w podrozdziale 2.5 podsumowania analizy literatury. Drugą część wniosków odniosła Autorka do do badań wstępnych oraz badań zasadniczych. Wnioski z badań wstępnych odnoszą się do parametrów obróbki cieplnej. Wnioski z badań zasadniczych uwzględniają wpływ składników stopowych (krzemu i magnezu) na właściwości mechaniczne (twardość) i fizyczne (przewodność elektryczną). Sformułowane wnioski są prawidłowe i świadczą o dużej wnikliwości Autorki.

Pomimo bardzo starannego zredagowania rozprawy nasuwają się następujące uwagi:

- a) Autorka stosuje w opisie rysunku 2.24 określenia „...”, przesyconego z różną prędkością „...”; poprawniejsze jest określenie „...”, przesyconego z różną szybkością „...”,
- b) zamiast użytego we wnioskach (str. 200) określenia „...”, schładzanie do wody „...”; poprawniejsze jest określenie „...”, schładzanie w wodzie „....”

Przedstawione uwagi nie obniżają bardzo dużej wartości rozprawy.

Rozprawę doktorską mgr inż. Justyny Wiecheć uważam za oryginalną i bardzo wartościową. Autorka zredagowała rozprawę z bardzo dużą starannością pod względem słownictwa merytorycznego i poprawności językowej.

Ocena przedstawionej do zaopiniowania rozprawy doktorskiej mgr inż. Justyny Wiecheć upoważnia mnie do stwierdzenia, że Autorka dokonała bardzo trafnego wyboru problematyki badawczej i sformułowania tematu rozprawy. Na podstawie wnikliwej analizy stanu zagadnienia bardzo dobrze sformułowała tezę pracy i jej cele, co doprowadziło do rozwiązania bardzo

ważnych problemów badawczych, zarówno pod względem poznawczym, jak też aplikacyjnym.

Podsumowując moją opinię stwierdzam, że mgr inż. Justyna Wiecheć wykazała się doskonałą znajomością badanej problematyki i wzorowo oraz bardzo starannie zrealizowała bardzo obszerną pracę badawczą. Wykazała przy tym bardzo dobre przygotowanie teoretyczne, umiejętność wykorzystania nowoczesnej aparatury i technik badawczych oraz zdolność samodzielnego planowania i realizacji badań naukowych.

Sformułowana przez Autorkę teza rozprawy została w pełni udowodniona wynikami wnikliwych i wartościowych badań, które istotnie wzbogacają stan wiedzy w zakresie teoretycznym i aplikacyjnym. Zamierzone cele rozprawy zostały również w pełni osiągnięte zarówno pod względem naukowym, jak też praktycznym.

Rozprawę doktorską mgr inż. Justyny Wiecheć oceniam jako bardzo wartościową i zasługującą na wyróżnienie. Stanowi ona dobry przykład nowoczesnych badań ukierunkowanych na efekty poznawcze oraz ich wykorzystanie w innowacyjnym doskonaleniu procesów wytwarzania zgodnie z aktualnymi trendami gospodarczymi.

Z przedstawionych powyżej względów wyrażam przekonanie, iż rozprawa mgr inż. Justyny Wiecheć pt. „Wpływ składu chemicznego i sposobu wytwarzania na własności przewodzących stopów aluminium typu silumin”, zarówno pod względem ważności tematyki, jak też poziomu naukowego, bardzo dobrze spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki

W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Justyny Wiecheć do publicznej obrony przedłożonej rozprawy doktorskiej.



prof. dr hab. inż. Ferdynand Romankiewicz