

dr hab. inż. Jerzy Łabaj, prof. nzw. Pol. Śl.
Instytut Technologii Metali
Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii
Politechnika Śląska
Ul. Krasińskiego 8
40-019 Katowice

Katowice, 17.06.2016r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Justyny Wiecheć
pt.: „Wpływ składu chemicznego i sposobu wytwarzania na własności przewodzących
stopów aluminium typu silumin”
pod kierunkiem: Promotora: prof. dr hab. inż. Tadeusza Knycha

**Wykonana na zlecenie Rady Wydziału Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo-
Hutniczej w Krakowie**

Odlewnicze stopy aluminium typu silumin zaliczają się do grupy materiałów znajdujących szerokie zastosowanie ze względu na swoje właściwości tj. mały skurcz odlewniczy, dobrą lejność i niską skłonność do pęknięcia na gorąco, dobre właściwości mechaniczne oraz dostateczną odporność na korozję.

Stopy te, ze względu na możliwość szerokiego zastosowania, wymagają poszukiwania nowych konfiguracji. Szczególną rolę, w tym obszarze, odgrywa określenie wpływu pierwiastków stopowych na podwyższenie i kształtowanie właściwości wraz z nowymi charakterystykami materiałów.

Stwarza to konieczność prowadzenia badań nad optymalizacją procesów i technik produkcyjnych wpływających bezpośrednio na właściwości użytkowe, do których można zaliczyć m.in.: przewodnictwo elektryczne i cieplne. Właściwości te można kształtować na drodze modyfikacji składu chemicznego jak i na drodze modyfikacji mikrostruktury w oparciu o mechanizmy wydzieleniowe.

Podjęte w pracy badania mające na celu poszerzenie aktualnego stanu wiedzy o wyniki dotyczące właściwości przewodnictwa elektrycznego i twardości stopów Al-Si-Mg na drodze modyfikacji składu chemicznego i parametrów obróbki cieplnej mogą stworzyć podstawy do przeniesienia ich do skali przemysłowej i zastosowania na większą skalę.

Recenzowana rozprawa doktorska ma klasyczny układ. Na wstępie pracy przedstawiono obszerne wprowadzenie stanowiące streszczenie pracy. Pierwsza część stanowi przegląd aktualnej literatury z jej podsumowaniem, zawarta na 46 stronach. Drugi najważniejszy fragment pracy stanowi rozbudowana część badawcza, w której zaprezentowano tezę, cel i zakres pracy, przedstawiono w bardzo obszerny sposób program

badan, omówiono metodykę i aparaturę stosowaną w badaniach, a także podsumowanie pracy i wnioski. Pracę kończą: aneks z wynikami badań właściwości wytrzymałościowych i przewodnictwa elektrycznego, aneks z wynikami badań mikrostrukturalnych, spis rysunków i tabel oraz bibliografia.

W swojej recenzji odniosę się do poszczególnych rozdziałów pracy osobno. Zapoznając się z częścią literaturową pracy muszę stwierdzić, że Autorka dokonała bardzo rzetelnej i dogłębnej analizy (nazywając ją „Szczegółowym programem badań literaturowych” str. 60) przedstawiając charakterystykę odlewniczych stopów AlSiMg, podstawy teoretyczne procesu umacniania wydzieleniowego oraz zagadnienia związane z przewodnictwem elektrycznym i cieplnym.

Mam pewne uwagi, co do treści części literaturowej i dotyczą one głównie:

- uwaga ogólna - stosowanie w pracy nomenklatury, odnoszącej się do właściwości fizycznej lub zjawiska, które można zmierzyć powinno być określane mianem właściwość a nie własność, która bardziej odnosi się do możliwości dysponowania np. rzeczą lub własnością intelektualną
- jednostki masy powinny być podawane zgodnie z układem SI w Mg (str. 9)
- na rys. 2.2. przedstawiono dane dotyczące światowej produkcji aluminium, w przypadku danych oznaczonych „zielonymi kwadratami” brak opisu (str. 10)
- przy opisie Technologii odlewniczej – „odlewanie pod niskim ciśnieniem” powinna znajdować się informacja dotycząca stosowanego ciśnienia (str. 12),
- str. 15, 8 wers od dołu: wyjaśnienia wymaga stwierdzenie „... składają się one z roztworu stałego alfa oraz eutektyki”, w jakiej postaci występują kryształy krzemu,
- str. 18, tab. 2.3. w ostatniej kolumnie jest: Twardość Brinella ...” powinno być „Twardość w skali Brinella ...”
- str. 22. 3 wers od dołu: jak rozumieć „Do podstawowych składników stopowych w odlewniczych stopach aluminium należy żelaza...” w odniesieniu do stwierdzenia „Żelazo jest podstawowym zanieczyszczeniem”, str. 26, 3 wers od góry
- str. 23, 5 wers od góry – „Na rys. 29 ..” – błędny numer rysunku,
- str. 23. rys. 2.9. – wyjaśnienia wymaga czy przedstawiony podział dotyczy modyfikowanych stopów Al-Si?
- str. 24. 5 wers od dołu – wyjaśnienia wymaga brak fosforu wśród wskazanych modyfikatorów stopów Al-Si.
- str. 35, 5 wers od góry: wyjaśnienia wymaga z czego wynika przyjęcie jednostki dyfuzji cm^2/s oraz przedstawienie na rys. 2.21 jednostki dyfuzji w m^2/s
- str. 55, 5 wers od góry: wyjaśnienia wymaga „... wysoki poziom własności wytrzymałościowych...” co to oznacza, w jaki sposób została przyjęta skala.

Ponadto w pracy występują drobne błędy edycyjne typu: niniejsze zamiast niniejszej (str.7), wydzieleni zamiast wydzielenia (str.25), własności zamiast (własności) właściwości (str. 27), permanentne używanie określenia „ziarn” zamiast „ziaren” (str. 32, 35 i dalsze), „... oparty

umocnieniu..” zamiast „...oparty na umocnieniu” (str.32), wydzieleni zamiast wydzielen (str.32), „...z kolei to znacznego pogorszenia..” zamiast z kolei do znacznego pogorszenia (str.37), „... opór elektryczny cieplny” zamiast opór elektryczny (str. 50).

Sformułowana teza, cel i zakres rozprawy są zgodne z tytułem. Przedstawiona przez Autorkę teza pracy nasuwa jednak refleksję, co miała na myśli odwołując się do „ponadstandardowych właściwości”.

Analizując część badawczą pracy należy stwierdzić, że zawiera ona w zbyt szczegółowy i tym samym uciążliwy w analizie program badań. Omówiony w pracy zakres badań obejmował głównie:

- badania wstępne kształtowania właściwości wytrzymałościowych i elektrycznych – dobór parametrów operacji homogenizacji i przesycania,
- badania wstępne kształtowania właściwości wytrzymałościowych i elektrycznych – obróbka cieplna na stan T6/T7,
- badania zasadnicze kształtowania właściwości wytrzymałościowych i elektrycznych – obróbka cieplna na stan T5,
- badania zasadnicze nad kształtowaniem właściwości wytrzymałościowych i elektrycznych – obróbka cieplna na stan T4,
- badania zasadnicze nad kształtowaniem właściwości wytrzymałościowych i elektrycznych – obróbka cieplna na stan T6/T7,

Badania składu chemicznego realizowano na spektrometrze emisyjnym ARL 4460 THF, obróbkę cieplną realizowano z wykorzystaniem dwóch urządzeń: laboratoryjnego pieca SM 7SM (Czyłok) oraz komory grzewczej firmy Memmert. Pomiar twardości (Autorka podaje właściwości wytrzymałościowych) realizowano przy pomocy twardościomierza HPO-250 (WPM Leipzig), pomiar właściwości przewodności elektrycznej realizowano przy pomocy urządzenia Sigmatest 2.069 (Forester). Mikrostrukturę badano z wykorzystaniem mikroskopu świetlnego M205 (Leica) i skaningowego mikroskopu elektronowego Phenom World ProX z analizatorem EDS/EDX. Autorce udało się uzyskać zamierzone w pracy cele badawcze co należy uznać za osiągnięcie.

Brak informacji dotyczącej czy Doktorantka opanowała całe spektrum metodyki badawczej stosowanej w pracy i samodzielnie wykonywała badania z wykorzystaniem poszczególnych urządzeń.

Nie mniej jednak w tej części także można spotkać pewne elementy wymagające wyjaśnienia w trakcie obrony pracy. Oto najważniejsze z nich:

- Autorka podaje, że w pracy są mierzone właściwości mechaniczne, tymczasem ogranicza się do wyznaczenia twardości. Zgodnie z opisem prof. J. Sobczaka („Poradnik odlewnika”) właściwości mechaniczne to m.in.: wytrzymałość na rozciąganie, granica plastyczności, wydłużenie, udarność, twardość i inne. Co zdecydowało, że w pracy ograniczono się do pomiaru jedynie twardości, skoro w części literaturowej jest wiele odniesień do wpływu innych właściwości mechanicznych na przewodność elektryczną metali (str. 32, 39, 52, 54)
- na jakiej podstawie dobierano skład chemiczny stopów do badań,

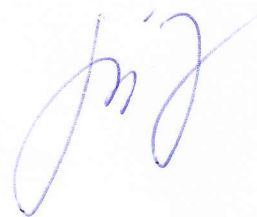
- w jaki sposób wykonano stopy do wytworzenia odlewów używanych w badaniach: czy zostały wykonane z czystych składników, czy były modyfikowane, jeżeli tak to jakimi pierwiastkami, czy rafinowano stop, czy stosowano pokrycie ochronne,
- jakie były parametry procesu topienia: temperatura odlewania, czas, materiał tygla,
- str. 73, tab. 8.1 – jaki jest udział zanieczyszczeń w stopach stosowanych w badaniach wstępnych i zasadniczych (zawartość m.in. wodoru, tlenu),
- str. 74, rys. 8.1 -8.2 – dla ilu próbek przy poszczególnych stopach zostały przedstawione wyniki twardości i przewodności elektrycznej,
- str. 75, tab. 8.2. wyjaśnienia wymaga zestawienie z tab. 10.8 (str. 198) odnośnie składu chemicznego stopu AlSi11Mg0.7 i rozbieżności w zawartości np. V, Cu, stopu AlSi5Mg0.3 – i odpowiednio Fe, Cu, V w stosunku do danych przedstawionych (str. 75, tab. 8.2)
- str. 80, rys. 8.8. – w stopach Al-Si-Mg bardzo trudno jest znaleźć obszar o 100% czystości, w jaki sposób można to wyjaśnić,
- str. 82, rys. 8.10 – udział masowy (obszar 2) nie odpowiada dyfraktogramowi,
- str. 83, 7 wers od dołu – wyjaśnienia wymaga opis mikrostruktury stopów wykazującej charakter zbliżony do płytkowego – mogłoby to wskazywać, że badany stop nie był poddawany modyfikacji.
- str. 87, wyjaśnienia wymaga dla ilu prób przeprowadzono badania twardości HBW,
- czy w pracy Autorka przeprowadziła analizę błędów pomiarowych, które mogą mieć wpływ na uzyskane wyniki badań i ich analizę?
- str. 200, Wnioski z analizy wyników badań materiałowych – dotyczące badań wstępnych – wniosek nr 1 jest oczywisty, nie wnosi nic nowego. Wniosek nr 3 wymaga wyjaśnienia dotyczącego przeprowadzonej analizy statystycznej,
- str. 200, j.w. – dotyczy badań zasadniczych – wniosek nr 2 – czy tylko od zmiany zawartości Mg zależy zwiększenie twardości i przewodności elektrycznej stopu?
- str. 200, j.w. wniosek nr 4 – wyjaśnienia wymaga czy zmiana zawartości Ti o 2×10^{-3} %mas. może „spowodować znaczne obniżenie przewodności elektrycznej”?
- Pewien niedosyt budzi brak publikacji Autorki dysertacji w spisie literatury z czego to wynika?

Praca napisana jest na niezłym poziomie edytorskim. Jednakże zdarzają się pewne zauważone niedociągnięcia. Podstawowe z nich to:

- przesunięte podpisy rysunków na następną stronę (str.75)
- odnotowane pojedyncze błędy stylistyczne,
- odnotowane pomyłki językowe typu: „dotycza” „laboratoryjnychnad”

Podsumowując moją opinię pragnę stwierdzić, że zadanie naukowe jakie sobie postawiła do wykonania Autorka rozprawy jest trudne ze względu na konieczność stosowania różnych technik badawczych i realizacji skomplikowanych eksperymentów w warunkach wysokiej temperatury. Jednakże wykazała się przy tym dobrą wiedzą z zakresu metalurgii. Przedstawione zastrzeżenia jak i uwagi w znaczący sposób nie obniżają wartości opiniowanej

dysertacji. Dokonując ostatecznie oceny pracy doktorskiej mgr inż. Justyny Wiecheć stwierdzam, że spełnia ona warunki „Ustawy o stopniach naukowych oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” dlatego wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J. Wiecheć', is located in the upper right quadrant of the page.