

Politechnika Częstochowska
Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów
Instytut Inżynierii Materiałowej
Dr hab. inż. Michał Szota, Prof. P.Cz.

Częstochowa, 15.10.2014 roku

Recenzja

Pracy Doktorskiej

mgr inż. Hanny Radziszewskiej

**pt.: „Wpływ wydzielen rdzeniowych na umocnienie
stopu aluminium 2024”**

wykonana zgodnie z Uchwałą
Rady Wydziału Mechanicznego
Politechniki Łódzkiej
z dnia 12.09.2014 roku

Recenzowana dysertacja została opracowana pod opieką naukową promotora prof. dr. hab. inż. Zbigniewa Gawrońskiego oraz promotora pomocniczego dr. hab. inż. Łukasza Kaczmarka. Rozprawa posiada układ właściwy dla pracy doktorskiej i składa się z wnikliwej analizy aktualnego stanu wiedzy oraz rozbudowanej części badawczej. Rozprawa obejmuje 153 strony, na których m.in. zamieszczono 127 rysunków oraz 30 tabel. Rozdział zatytułowany STAN ZAGADNIENIA NA PODSTAWIE PRZEGLĄDU LITERATURY, w którym autorka cytowała 96 aktualnych i właściwie dobranych publikacji (dwie, których

Kandydatka jest współautorką), ma objętość 64 stron i jest bardzo wnikliwą analizą obecnego stanu wiedzy. Obejmuje m.in. omówienie stosowanych obecnie metod modyfikacji struktury stopów aluminium mających na celu poprawę ich właściwości użytkowych.

Dobra znajomość stanu przedmiotu, aktualnej tematyki badawczej pozwoliła autorce dysertacji sformułować następującą tezę: **„Możliwe jest znaczące polepszenie właściwości użytkowych stopu aluminium 2024 uzyskane w wyniku wytworzenia rdzeniowych wydzieleni umacniających w ośrodku ciągłym a podczas obróbki T6I6 w porównaniu z właściwościami uzyskanymi podczas standardowych obróbek”** oraz precyzyjnie określić zakres badań i cel pracy, którym było określenie wpływu wielofazowych, rdzeniowych wydzieleni umacniających na polepszenie właściwości użytkowych komercyjnego stopu aluminium 2024.

Zdanie recenzenta zakres badań i metodyka badawcza zostały dobrane we właściwy sposób i w pełni spełniają wymagania stawiane badaniom będących podstawą rozpraw doktorskich.

Część badawcza dysertacji zawiera omówienie i wyniki badań dotyczących utwardzania wydzieleniowego, przez wielofazowe wydzielenia rdzeniowe, stopów na osnowie aluminium uzyskiwane poprzez zastosowanie złożonych procesów technologicznych mających bezpośredni wpływ na kształtowanie struktury oraz poprawę właściwości użytkowych komercyjnego stopu aluminium 2024. Tematyka recenzowanej rozprawy jest jak najbardziej aktualna i dotyczy zagadnień o dużej wartości poznawczej. Nie bez znaczenia jest również aspekt praktyczny pracy, który dotyczy poprawy właściwości użytkowych obecnie stosowanych materiałów oraz optymalizacji parametrów procesów technologicznych. Badania własne przeprowadzone dla wybranego na podstawie analizy aktualnego stanu wiedzy stopu aluminium 2014 zostały przedstawione na 56 stronach i obejmują:

- Analizę składu fazowego rdzeniowych wydzieleni umacniających pod kątem przeprowadzenia wnioskowania w zakresie kinetyki ich tworzenia,
- Symulację komputerową modelu geometrycznego i dyskretnego wytworzonych rdzeniowych wydzieleni umacniających w celu określenia naprężeń i odkształceń na granicy osnowa/powłoka oraz powłoka/rdzeń powstałych w wyniku różnych sposobów obciążenia,
- Badania wytrzymałości zmęczeniowej wraz z analizą przelomów i morfologii wydzieleni dla charakterystycznych, zastosowanych w badaniu ilości cykli,

- Badania wytrzymałości na rozciąganie wraz z analizą przełomów i morfologii wydzielań widocznych na przełomach.

Sformułowane na podstawie przeprowadzonych badań wnioski końcowe zdaniem recenzenta potwierdzają tezę pracy wykazując, że:

- zastosowaniu obróbki T6I6 dla komercyjnego stopu aluminium 2024 umożliwia uzyskanie wydzielań o budowie rdzeń/powłoka, powstających wg drugiego mechanizmu kinetyki tworzenia wydzielenia opartego na wymianie atomów w węzłach sieci,
- badania wytrzymałościowe potwierdziły poprawę parametrów użytkowych badanego stopu,
- niekoherentne wydzielenia rdzeniowe, które nie ulegają ścięciu w wyniku działającego obciążenia dają umocnienie dyspersyjne i mają znaczący wpływ na polepszenie właściwości użytkowych stopu 2024 w stanie po obróbce T6I6 (Uzyskano znaczące polepszenie właściwości wytrzymałościowych, zmęzeniowych i plastyczności w porównaniu z tradycyjnymi obróbkami T3 i T6),
- powłoka wydzielenia rdzeniowego odgrywa szczególną rolę w procesie umocnienia dyspersyjnego, staje się ona buforem między twardym i wytrzymałym rdzeniem, a osnową o znacznie gorszych właściwościach wytrzymałościowych.

Jednak zdaniem recenzenta duży niepokój budzi sformułowanie, które zostało zawarte w podsumowaniu analizy wyników badań gdzie Autorka rozprawy stwierdziła, iż: *"wyniki niniejszej pracy nie dały wyczerpujących odpowiedzi na wszystkie postawione pytania, co powinno być inspiracją do zaplanowana dalszego etapu badań. Niemniej jednak uzyskane rezultaty pozwalają na stwierdzenie, że założone cele niniejszej pracy zostały osiągnięte"*. Czy Pani mgr inż. Hanna Radziszewska nie jest przekonana co do wystarczającej weryfikacji naukowej tezy pracy?

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Hanny Radziszewskiej zdaniem recenzenta stanowi bardzo interesujące i wartościowe opracowanie naukowe dotyczące procesu kształtowania właściwości użytkowych stopu aluminium 2024 poprzez wytwarzanie w jego strukturze wydzielań rdzeniowych, co stanowi istotny wkład w rozwój inżynierii materiałowej.

Wybrane krytyczne uwagi szczegółowe dotyczące recenzowanej rozprawy zostały przedstawione poniżej:

1. Autorka szczególnie w części dotyczącej przeglądu literatury zamieściła bardzo wiele rysunków o wyjątkowo złej jakości tak np. Rys. 1.9, 1.10, 1.11, 2.1, 2.7, 2.9, 2.11, 2.12 itd.. Brak należytej staranności w opracowaniu rysunków znacząco utrudnia lekturę dysertacji.
1. Autorka w spisie treści na str. 2₄₁₅ w tytułach rozdziałów „8.2.1. Symulacja naprężeń/odkształceń zachodzących podczas zginania” oraz „8.2.2. Symulacja naprężeń/odkształceń zachodzących podczas...” napisała o „naprężeniach/odkształceniach zachodzących ...” – czy naprężenia i odkształcenia zachodzą?
2. Autorka na str. 4₂ w WYKAZIE WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ napisała, iż cyt. „...naprężenie tarcia wewnętrznego” – proszę wyjaśnić co Autorka rozumie pod tym pojęciem
3. Autorka w pracy często stosuje sformułowanie np. „...w stanie T6I6” zdaniem recenzenta winno być „... po obróbce T6I6”
4. Autorka na str. 25₄ zacytowała poz. lit. [25], a następnie dwa wersy niżej poz. lit. [70] pomijając 45 kolejnych pozycji literaturowych. Podobnie strona 34₂₁ pojawia się nieciągłość cytowani „[33, 34, 86, 88 ,89]”, a na stronie 36₂₃ pojawia się cytowanie poz. lit. [386]?. Na kolejnych stronach również brak jest właściwej kolejności cytowań – proszę wyjaśnić zaistniałą sytuację.
5. Autorka na str. 31₂ napisała cytując: „...dla stopu systemu Al-Si-Mg-Cu...” – co Autorka miała na myśli i jak jest klasyfikacja stopów Al?
6. Autorka na str. 79₁ analizując wyniki badań własnych stwierdza, iż: „W wyniku zastosowanej obróbki T6I6 dla stopu 2024 uzyskano maksymalną twardość 159 HV0,1 (Rys. 6.1) co jest wartością większą o 6% od uzyskanej w badaniu porównawczym po obróbce T6 150HV0,1 ...” proszę określić zakres błędu pomiaru mikrotwardości.
7. Autorka na str. 80 w legendzie do Rys. 6.2 (pomijając jakość rysunku) jako wartość charakterystyczną umieszcza „średnicę wydzielen” jak dokonują się pomiaru „średnicy” wydzielen które posiadają różne kształty, często odbiegające od sferycznych?

8. Recenzentowi nie podoba się sformułowanie stosowane wielokrotnie w pracy „...zwiększenie własności...” zastosowane zdaniem recenzenta winno być poprawę.

Recenzent pragnie również podkreślić, iż przedstawione w recenzji uwagi krytyczne nie mają wpływu na pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Hanny Radziszewskiej, która wiele wnosi w obszar dyscypliny naukowej jaką jest inżynieria materiałowa.

Niewątpliwymi osiągnięciami naukowymi przedstawionym w recenzowanej dysertacji są dowody na to, iż jest możliwe wytworzenie również w komercyjnych stopach aluminium wydzielen rdzeniowych tworzących się według mechanizmu opartego na wymianie atomów w węzłach sieci, a niekoherentne wydzielenia, które nie ulegają ścięciu w wyniku zastosowanego obciążenia powodują umocnienie dyspersyjne, które to prowadzi do poprawy właściwości wytrzymałościowych określonych w próbie zmęczeniowej oraz jednoosiowej próbie rozciągania, istotnymi również są badania eksperymentalne połączone z analiza numeryczna MES wskazują na szczególną rolę powłoki w procesie odkształcania badanego materiału. W pracy Autorka wykazała, że dla komercyjnych stopów aluminium istnieje możliwość kontrolowanej poprawy właściwości użytkowych przez modelowanie ich struktury poprzez zastosowanie złożonych obróbek cieplnych.

Wyniki badań realizowanych w ramach realizacji harmonogramu pracy doktorskiej mają również istotny aspekt użytkowy, ponieważ relatywnie tanie stopu aluminium o wymaganych właściwościach użytkowych niewątpliwie znajdują szerokie praktyczne zastosowanie.

Autorka rozprawy wykazała się dobrą znajomością tematyki, właściwym doбором metod badawczych i opanowaniem metodyki badawczej oraz właściwą interpretacją wyników badań.

Podsumowując z całym przekonaniem stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Hanny Radziszewskiej, zatytułowana: „**Wpływ wydzielen rdzeniowych na umocnienie stopu aluminium 2024**”, spełnia ustawowe wymagania stawiane pracom doktorskim (rozporządzenie MENiS z dnia 15 stycznia 2004; Dz. U z 2004., nr. 15 poz. 128 z późniejszymi zmianami oraz art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki; Dz. U. z 2003 r., nr 65 pozycja 595 z późniejszymi zmianami) i w związku zwracam się z uprzejmą prośbą do Rady

Wydziału Mechanicznego Politechniki Łódzkiej o dopuszczenie Pani mgr inż. Hanny Radziszewskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Michał Szota