



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE
AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY

Dr hab. inż. Piotr Bała, prof. AGH

Kraków, dn. 25.08.2022

Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej
Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica
Al. A. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. **Marty Ciemiorek-Bartkowskiej**

pt. **„Anisotropy of mechanical properties and formability of ultrafine-grained plates made of aluminium alloys”**

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie z-cy Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Warszawskiej Pani Prof. dr hab. inż. Anny Boczkowskiej, w związku z uchwałą Rady Dyscypliny z dnia 20 maja 2022 roku (pismo z dnia 22 czerwca 2022 roku)

1. Ogólna charakterystyka pracy

Praca doktorska Pani mgr inż. Marty Ciemiorek-Bartkowskiej, napisana pod kierownictwem Pani Prof. dr hab. inż. Małgorzaty Lewandowskiej, dotyczy badań nad wykorzystaniem techniki dużych odkształceń plastycznych (z ang. severe plastic deformation, SPD) do kształtowania mikrostruktury i właściwości wybranych stopów aluminium. Praca oparta jest na cyklu 6 publikacji naukowych, przy czym 5 z nich już opublikowanych w bardzo dobrych czasopismach z obszaru inżynierii materiałowej (Materials and Design, 2 prace – IF = 9,417; Materials Science

and Engineering A, 2 prace, IF = 6,044; Advanced Engineering Materials, IF = 3,862) i jednej zaakceptowanej do druku (Archives of Civil and Mechanical Engineering, IF = 4,042). Praca napisana jest poprawnym technicznym językiem angielskim. Składa się z obszernego wprowadzenia, w którym Autorka bardzo dobrze wprowadza czytelnika w zagadnienia metod SPD, a następnie przedstawiła cel i tezę pracy, plan badawczy, syntezę wyników zawartych w poszczególnych publikacjach naukowych wraz z dyskusją oraz najważniejsze wnioski. Warto podkreślić, że wnioski zawarte w podsumowaniu nie są kopią wniosków szczegółowych zawartych w poszczególnych publikacjach, co uważam za bardzo dobre rozwiązanie, świadczące o dojrzałości naukowej Autorki rozprawy. Na końcu rozprawy zamieszczony jest spis literatury i ww. wspomniane publikacje w formie odrębnych załączników. Przegląd literatury obejmuje głównie prace z ostatnich lat. W mojej opinii świadczy to o bardzo dobrej orientacji Autorki w temacie metod SPD. Oceniając cały układ pracy uważam, że jest on właściwy i odpowiada wymaganiom prac doktorskich bazujących na cyklu publikacji.

2. Ocena doboru tematyki i zakresu pracy

Metody SPD są od prawie 40 lat z powodzeniem wykorzystywane do kształtowania mikrostruktury i właściwości metali i stopów, głównie stopów o sieci regularnej (stopy aluminium, miedzi czy żelaza), choć również o sieci heksagonalnej, tj. stopy magnezu, tytanu czy cynku. Z reguły podczas dużego odkształcenia plastycznego dochodzi do rozdrobnienia ziarna do skali submikronowej lub nawet nanometrycznej, co skutkuje silnym umocnieniem materiału, tj. wzrostem właściwości wytrzymałościowych w temperaturze pokojowej, a w niektórych przypadkach zdolnością do odkształcenia nadplastycznego w podwyższonej temperaturze. Pomimo wielu prac naukowych trudno jest o transfer wyników do warunków przemysłowych, ponieważ uzyskiwany w wyniku silnego rozdrobnienia ziarna wzrost właściwości wytrzymałościowych związany jest bardzo często z utratą plastyczności. Drugim, niemniej ważnym czynnikiem ograniczającym komercjalizację jest niewielki rozmiar uzyskiwanego materiału oraz wielkość partii produkcyjnej. Opiniowana praca skoncentrowana jest na wytwarzaniu materiałów ultradrobnoziarnistych w postaci płytek, które mogłyby być wykorzystane do dalszych etapów formowania i jest próbą rozwiązania ww. problemów. Z tego podejścia wynika zakres przeprowadzonych badań, tj. dobór technik wytwarzania materiałów ultradrobnoziarnistych (przyrostowe przeciskanie przez kanał kątowy I-ECAP oraz metoda hybrydowa składająca się z wielozakrętowego przeciskania przez kanał kątowy mt-

ECAP z następnym spęczaniem), które dały możliwość uzyskania znacznie większej ilości materiału niż klasyczne metody takie jak ECAP czy HPT, a następnie prace nad odpowiednim doбором temperatury i szybkości odkształcenia ww. materiałów. Uważam, że problematyka naukowa podjęta w opiniowanej rozprawie doktorskiej Pani Marty Ciemiorek-Bartkowskiej jest aktualna, a patrząc z punktu widzenia technologii wytwarzania detali z materiałów ultradrobnoziarnistych niezwykle istotna.

3. Ocena merytoryczna pracy

Oceniając pracę od strony merytorycznej, należy stwierdzić, że zarówno zaplanowane eksperymenty oraz interpretacja wyników wykonane są bardzo starannie, z dbałością o szczegóły, i jako całość stanowią bardzo dobre opracowanie. Praca wykonana i napisana jest w sposób przemyślany, począwszy od wprowadzenia, które bardzo dobrze przedstawia zagadnienia stopów ultradrobnoziarnistych, przez metodologię, gdzie w sposób prosty i przejrzysty Autorka wyjaśniła dlaczego wybrano takie a nie inne materiały oraz techniki dużych odkształceń plastycznych, poprzez syntezę i dyskusję wyników badań własnych, na podstawie których wykazała, że jednorodna mikrostruktura ultradrobnoziarnistych jednofazowych stopów aluminium w połączeniu z odpowiednim doбором temperatury i szybkości odkształcenia pozwala uzyskać plastyczność i odkształcalność zbliżoną do materiałów klasycznych („gruboziarnistych”) przy zachowaniu wyższych parametrów wytrzymałościowych. Do najważniejszych osiągnięć Autorki zaliczam:

1. Taki dobór temperatury i szybkości odkształcenia ultradrobnoziarnistych stopów 3003 i 5754, iż uzyskano wzrost plastyczności przy zachowaniu właściwości wytrzymałościowych wyższych niż w stopach o dużym ziarnie.
2. Wykazanie, że zastosowanie przyrostowego przeciskania przez kanał kątowy (I-ECAP) pozwala uzyskać niską anizotropię płaską badanych stopów.
3. Uzyskanie płytek z jednofazowych ultradrobnoziarnistych stopów aluminium, które mogą przyczynić się do rozwoju komercjalizacji materiałów ultradrobnoziarnistych.

Czytając tak komplementarną pracę zawsze nasuwa się pokusa zgłębienia tematu. Uważna jej lektura nasuwa pewne spostrzeżenia natury polemicznej:

1. Czy samo nagrzanie badanych ultradrobnoziarnistych stopów aluminium do temperatury 150°C, a w szczególności do 200°C, a nawet 250°C nie powoduje zmian w

ich mikrostrukturze? Czy była robiona szczegółowa analiza mikrostruktury badanych stopów po takim nagraniu? Jak zmienił się udział granic niskokątowych, czy analizowano podziarna?

2. Czy wykonano nagrzanie badanych stopów, a następnie po ich schłodzeniu badano właściwości mechaniczne w temperaturze otoczenia? Byłby to dobry punkt odniesienia.
3. Czy czas wygrzewania w danej temperaturze może mieć wpływ na osiągnięte rezultaty?

Choć praca wykonana jest bardzo starannie chciałbym wyrazić uwagi natury edycyjnej:

1. Czcionka w podpisach rysunków jak również niektórych opisów na rysunkach jest zbyt mała, co czyni je trudnym do przeczytania. Również kolor czcionki podpisów pod rysunkami zmniejsza ich czytelność.
2. W pracy zauważono niewielką ilość literówek, jak np. na stronie 16 w użytych skrótach, jest HFC i LFC, powinno być odpowiednio HCF i LCF (High-cycle fatigue, low-cycle fatigue), czy też powtórzony wyraz „exceptionally” na stronie 57.

Ww. uwagi mają charakter uzupełniający i nie wpływają w żadnym stopniu na przejrzystość i odbiór pracy. Moim zdaniem Pani mgr inż. Marta Ciemiorek-Bartkowska bardzo dobrze poradziła sobie z rozwiązaniem sformułowanego problemu badawczego i potwierdziła postawioną tezę osiągając wartościowe wyniki.

4. Wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Marty Ciemiorek-Bartkowskiej jest dobrze ulokowana w obecnym stanie wiedzy, została wykonana i napisana na bardzo dobrym poziomie naukowym i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Autorka wykazała, że posiada szeroką wiedzę teoretyczną i praktyczną w zakresie kształtowania mikrostruktury i właściwości ultradrobnoziarnistych stopów aluminium, zaplanowała i przeprowadziła komplementarne badania, których wyniki opublikowała w postaci 6 prac naukowych w renomowanych czasopismach naukowych z zakresy inżynierii materiałowej (w tym jedna w procesie recenzji), z następną ich syntezą w postaci opiniowanej rozprawy, czym dowiodła, że potrafi samodzielnie prowadzić prace naukowe.

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską mgr inż. Marty Ciemiorek-Bartkowskiej pt.: „Anisotropy of mechanical properties and formability of ultrafine-grained plates made of

aluminium alloys” stwierdzam, że spełnia ona wymagania formalne stawiane rozprawom doktorskim zawarte w stosownej ustawie oraz wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony. Ponadto biorąc pod uwagę jej wysoki poziom naukowy oraz fakt opublikowania wyników pracy w 5 artykułach (nie mam wątpliwości, że szósta ukaże się niebawem) zamieszczonych w bardzo dobrych czasopismach z obszaru inżynierii materiałowej uważam, że praca zasługuje na wyróżnienie i wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej o jej wyróżnienie.



Dr hab. inż. Piotr Bała, prof. AGH