



Leszek A. DOBRZAŃSKI

M. Dr h.c. prof. zw. dr hab. inż.

Dyrektor Instytutu

Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

Wydział Mechaniczny Technologiczny

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

ul. Konarskiego 18a

44-100 GLIWICE

Gliwice, 24 maja 2011 roku

R E C E N Z J A

pracy doktorskiej

Pana mgra inż. Piotra Sakiewicza

pod tytułem

„Identyfikacja efektu temperatury minimalnej plastyczności w stopie CuNi25”

wykonanej pod opieką promotora Pana Prof. zw. dra hab. inż. Ryszarda Nowosielskiego,

opracowana na zlecenie Rady Wydziału Mechanicznego Technologicznego

Politechniki Śląskiej w Gliwicach z dnia 06.04.2011 roku

(pismo RMT0-376/D/006/10/11 z dnia 06.04.2011 roku

Dziekana Pana Prof. zw. dra hab. inż. Jerzego Świdra)



W licznych publikacjach, głównie z lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku przedstawiono i opisano fenomenologicznie efekt minimalnej plastyczności zarówno miedzi jak i jej stopów, stali i innych polikrystalicznych stopów metali. Efekt ten wiąże się z występowaniem przejściowego minimum plastyczności w pewnym charakterystycznym przedziale podwyższonej temperatury badania próbek odkształczanych plastycznie w próbach rozciągania, skręcania, zginania i innych, jak również, podczas odpowiednich procesów technologicznych. W niektórych przypadkach efekt ten może pozostawać w bezpośrednim związku z niszczeniem materiału. Ma to oczywiście znaczenie technologiczne, jak i również eksploatacyjne. Dotychczasowy stan informacji na ten temat wskazuje, że różne są przyczyny i mechanizmy odpowiedzialne za zmniejszenie plastyczności. Wśród wielu przyczyn występowania efektu minimalnej plastyczności (efektu temperatury minimalnej plastyczności) licznych stopów metali, a zwłaszcza stopów miedzi, wyszczególniane są następujące czynniki strukturalne:

- oddziaływanie dodatków stopowych na energię błędu ułożenia i warunki dyfuzji, a w konsekwencji na mechanizmy odkształcenia plastycznego i procesy aktywowane cieplnie,

BIURO DZIEKANA

2011 -05- 2 4

L. dz. 432/D/006/2011

Tel: +(32) 237 16 50

Fax: +(32) 237 22 81

e-mail: leszek.dobrzanski@polsl.pl

- oddziaływanie niejednorodności stężenia pierwiastków stopowych i domieszkowych w strefach przygranicznych ziarn na mechanizmy odkształcenia plastycznego i procesy aktywowane cieplnie,
- tworzenie cienkich pokryć na granicach ziarn przez niskotopliwe pierwiastki domieszkowe,
- oddziaływanie wydzielen, w tym z udziałem pierwiastków domieszkowych na mechanizmy poślizgu po granicach ziarn i rekrytalizacji dynamicznej,

a do wymienionych, prawdopodobnych przyczyn dołącza się również inne czynniki, w tym:

- kawitację międzykrystaliczną,
- odcynkowanie w przypadku stopów Cu-Zn,
- starzenie zgniotowe,
- niejednorodność wielkości ziarna.

W rozprawie habilitacyjnej nt. „*Eksplikacja efektu minimalnej plastyczności mosiądów jednofazowych*” z roku 2000, Pan Prof. zw. dr hab. inż. Ryszard Nowosielski, promotor Autora opiniowanej pracy doktorskiej, stawia sobie pytanie, które dotyczy przyczyn występowania tego makroskopowego efektu w hipotetycznym stopie zawierającym wyłącznie atomy jednego pierwiastka np. miedzi, gdzie większość z podanych uprzednio przyczyn nie może mieć decydującego znaczenia. W wyniku tego, kieruje swoje zainteresowania w stronę mechanizmów odkształcenia plastycznego przebiegających w badanych stopach, związane z tym zmiany struktury dyslokacyjnej i oddziaływanie wielkości i niejednorodności ziarna na analizowane zjawisko. Niejednorodność odkształcenia plastycznego, wyrażająca się niejednorodnością rozkładu struktury dyslokacyjnej i gęstości dyslokacji i związane z tym zróżnicowanie energii zmagazynowanej, sprzyja lokalizacji odkształcenia plastycznego i wymuszonej w ten sposób niejednorodności następujących po odkształceniu plastycznym procesów aktywowanych cieplnie. Pan Prof. zw. dr hab. inż. Ryszard Nowosielski sądzi, że ten właśnie mechanizm stanowi podstawową przyczynę efektu minimalnej plastyczności badanych stopów i może być ewentualnie synergicznie wzmocniany przez inne wcześniej wymienione czynniki, które jednak w szczególnych przypadkach superponując się, mogą osłabić analizowany efekt. Przedstawione rozważania prowadzą Go do sformułowania tezy naukowej, że podstawowym mechanizmem odpowiedzialnym za efekt minimalnej plastyczności w mosiądzach jednofazowych jest niejednorodne odkształcenie plastyczne i jednocześnie funkcjonujący niejednorodny przebieg procesów aktywowanych cieplnie w odkształconych obszarach, w zakresie temperatury odpowiadającej zapoczątkowaniu tych procesów skutkiem czego jest lokalizacja odkształcenia plastycznego i w konsekwencji pękanie materiału na styku obszarów odkształconych i nie odkształconych plastycznie. Pan Prof. zw. dr hab. inż. Ryszard Nowosielski formułuje ponadto uniwersalną koncepcję modelu „miejsc twardych i miękkich”, gdzie w „miejscach miękkich” lokalizuje się odkształcenie plastyczne, a udział objętościowy tych miejsc osiąga charakterystyczną progową wartość w temperaturze

odpowiadającej minimalnej plastyczności, która to koncepcja stanowi o Jego znaczącym wkładzie do nauki metaloznawczej w zakresie „inżynierii materiałowej”.

Istotny wkład do nauki w tym zakresie wniosły także wyniki badań wykonanych przez Pana Prof. Pol. Śl. dra hab. inż. Wojciecha Ozgowicza, który zbadał zjawiska zaniżonej plastyczności i kruchości międzykrystalicznej stopów miedzi z cyną oraz z cyną i z fosforem w podwyższonej temperaturze odkształcenia plastycznego, wpływu wielkości ziarna i rekrytalizacji dynamicznej na kruchość tych stopów odkształczanych przez rozciąganie i skręcanie na gorąco, w celu optymalizacji składu chemicznego badanych stopów miedzi i warunków ich odkształcenia plastycznego, a zapewniających znaczne ograniczenie występowania kruchości międzykrystalicznej tych stopów podczas obróbki plastycznej na gorąco, w ramach rozprawy habilitacyjnej pt. „*Fizykochemiczne, strukturalne i mechaniczne czynniki kruchości międzykrystalicznej brązów w temperaturze podwyższonej*” z roku 2004.

Od tego czasu w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych Politechniki Śląskiej w Gliwicach realizowane są kolejne prace nad przebiegiem procesu odkształcenia plastycznego stopów miedzi w podwyższonej temperaturze i efektu temperatury minimalnej plastyczności, głównie pod kierunkiem Pana Prof. zw. dra hab. inż. Ryszarda Nowosielskiego. Różnorodność badanych materiałów, metod badawczych oraz warunków, w których wykonywane są eksperymenty, to tylko niektóre z wielu przeszkód utrudniających generalizację przyczyn oraz wyjaśnienie powodów występowania efektu temperatury minimalnej plastyczności. Współczesna metodyka oraz aparatura badawcza pozwalają w miarę dokładne eksperymentalne wyznaczenie przebiegu krzywych plastyczności metali. Można także z dużą trafnością wyznaczyć relacje oraz zależności pomiędzy zmiennymi czynnikami mającymi wpływ na odkształcenie plastyczne. Jednak wciąż nie można wskazać jednej przyczyny, odpowiedzialnej we wszystkich przypadkach, za występowanie minimum plastyczności materiału podczas odkształcenia w zakresie $0,3 - 0,7T_H$. Na skalę efektu temperatury minimalnej plastyczności wpływają zatem: skład chemiczny, struktura wyjściowa oraz chwilowa badanego materiału, a także warunki przebiegu odkształcenia plastycznego, tj. temperatura i szybkość odkształcenia plastycznego, stan naprężeń wewnętrznych i poziom odkształcenia plastycznego, tudzież kształt próbki oraz stan jej powierzchni, a czasem także środowisko odkształcenia plastycznego. Wielokrotnie zaobserwowano także, że zmniejszenie plastyczności w temperaturze pośredniej występuje w bardzo szerokim zakresie przytoczonych warunków.

W zakresie badań nad wymienionymi elementami decydującymi o efekcie temperatury minimalnej plastyczności mieści się opiniowana praca doktorska Pana mgra inż. Piotra Sakiewicza Pt. „*Identyfikacja efektu temperatury minimalnej plastyczności w stopie CuNi25*” wykonana pod opieką promotora Pana Prof. dra hab. inż. Ryszarda Nowosielskiego. Zakres i tematyka pracy doktorskiej stanowi odzwierciedlenie najnowszych tendencji w nauce o materiałach, zmierzających do ujawnienia i opisanego przyczyn i zależności wpływających na efekt temperatury minimalnej

plastyczności. Ze względu na tematykę badawczą, opiniowana praca doktorska, stanowiąca element wieloletnich działań naukowych zespołu skupionego wokół Pana Prof. zw. dra hab. inż. Ryszarda Nowosielskiego, bez wątplenia dotyczy dyscypliny naukowej „*Inżynieria Materiałowa*”.

Opiniowana praca doktorska ma układ klasyczny. Zawiera 196 stronicy wydruku komputerowego, 223 rysunki i zdjęcia, 21 tablic oraz 227 pozycji literaturowych (w większości anglojęzycznych), zacytowanych w sumie 426 razy.

Pierwszą część opiniowanej pracy doktorskiej Pana mgra inż. Piotra Sakiewicza stanowi przegląd piśmiennictwa, złożony z 3 podrozdziałów i poprzedzający badania własne. Przedstawiono w nim przypadki występowania efektu temperatury minimalnej plastyczności w stalach oraz metalach i stopach metali nieżelaznych. Szczególną uwagę poświęcono miedzi oraz jej jednofazowym stopom z niklem. Opisano wpływ składu chemicznego, szybkości odkształcenia plastycznego, struktury materiału oraz środowiska odkształcenia plastycznego na plastyczność metali. Następnie zaprezentowano liczne przyczyny prawdopodobnie odpowiedzialne za ten efekt i omówiono wybrane mechanizmy towarzyszące jego występowaniu. Zwrócono uwagę na lokalizację i niejednorodny przebieg mechanizmów odkształcenia plastycznego, plasujących się w pośrednim zakresie temperatury podwyższonej. Scharakteryzowano niejednorodności materiałowe oraz procesowe odpowiedzialne za niejednorodny przebieg odkształcenia plastycznego, szczególną uwagę zwracając na niejednorodności strukturalne, jak również omówiono ich wpływ na lokalizację i heterogeniczny przebieg odkształcenia plastycznego. Wykonany szczegółowy i kompetentny przegląd literatury skłonił Autora opiniowanej pracy doktorskiej do potwierdzenia hipotezy, iż za występowanie efektu temperatury minimalnej plastyczności w stopach CuNi25 odpowiedzialna jest lokalizacja oraz niejednorodny przebieg odkształcenia plastycznego.

Przeгляд piśmiennictwa obejmuje bogaty i wyczerpujący zasób wiedzy literaturowej dotyczącej poruszanej tematyki i w zestawieniu z wynikami wstępnych badań wykonanych przez Autora opiniowanej pracy doktorskiej, daje dobrą podstawę do sformułowania tezy badawczej pracy w brzmieniu:

„Przyczyną występowania efektu temperatury minimalnej plastyczności w stopach miedzi z niklem CuNi25 są heterogeniczny przebieg procesu odkształcenia plastycznego oraz jego uporczywa lokalizacja prowadząca w mikroobszarach do utraty zapasu plastyczności. Zdeterminowane są one przez morfologię badanego materiału, warunki odkształcania, niejednorodny przebieg zjawisk, mechanizmów oraz procesów występujących w zakresie $0,3 - 0,7T_H$.”

Nie wchodząc w bardzo szczegółową dyskusję z Autorem opiniowanej pracy doktorskiej, jak zwykle można stwierdzić, że tezę naukową pracy doktorskiej można było sformułować inaczej, prościej lub bardziej dosadnie, co nie ma jednak większego znaczenia, gdyż po pierwsze obowiązujące przepisy nie wymagają formułowania tezy naukowej pracy doktorskiej, a po drugie, jasno określono cel opiniowanej pracy doktorskiej, jako zbadanie efektu temperatury minimalnej

plastyczności w stopie CuNi25 oraz zamiar jego identyfikacji, eksplikacji i uogólnienia na przypadki występowania tego zjawiska w innych metalach oraz stopach. Nie zgłaszam wobec tego uwag krytycznych do tezy naukowej i celów naukowych opiniowanej pracy doktorskiej Pana mgra inż. Piotra Sakiewicza, oceniając, że podjęte przez Niego zadanie naukowe jest ambitne i wymagające sporych umiejętności badawczych oraz należy do atrakcyjnych i aktualnych obszarów badawczych współczesnej „Inżynierii materiałowej”.

W ramach identyfikacji efektu temperatury minimalnej plastyczności, w opiniowanej pracy doktorskiej wykonano następujące etapy:

- charakterystykę efektu temperatury minimalnej plastyczności w stopach miedzi z niklem CuNi25,
- modelowanie efektu temperatury minimalnej plastyczności,
- badanie i obliczeniową weryfikację przyjętego modelu.

Charakterystyka efektu temperatury minimalnej plastyczności obejmuje badania eksperymentalne zmierzające do potwierdzenia występowania tego zjawiska w stopach miedzi z niklem CuNi25, zbadanie struktury tego stopu po odkształceniu plastycznym oraz określenie czynników oraz zależności wpływających na jego przebieg. W ramach tego etapu wykonano próby rozciągania stopów CuNi25 w temperaturze podwyższonej obejmujące:

- analizę wpływu składu chemicznego na plastyczność w zakresie obniżonej plastyczności dla stopu miedzi z niklem CuNi25,
- zbadanie wpływu struktury wyjściowej na plastyczność stopu miedzi z niklem CuNi25 odkształcanego plastycznie w temperaturze minimalnej plastyczności,
- analizę wpływu szybkości odkształcania na plastyczności stopu miedzi z niklem CuNi25 w zakresie obniżonej plastyczności,
- zbadanie wpływu środowiska odkształcania plastycznego na poziom plastyczności stopu miedzi z niklem CuNi25 w zakresie obniżonej plastyczności.

Badania własne stanowią najobszerniejszą część opiniowanej pracy doktorskiej i obejmują analizę wpływu składu chemicznego, szybkości odkształcania plastycznego, struktury materiału oraz środowiska odkształcania plastycznego na plastyczność stopu miedzi z niklem CuNi25. Na podstawie analizy wyników wykonanych badań własności mechanicznych i obserwacji na mikroskopach: świetlnym, skaningowym oraz transmisyjnym, w tym wysokorozdzielczym, wyjaśniono przyczyny występowania efektu temperatury minimalnej plastyczności i wpływ niejednorodnego przebiegu odkształcania plastycznego na skalę występowania tego zjawiska w stopach miedzi z niklem CuNi25. Wskazano także przyczyny niehomogenicznej lokalizacji odkształcania plastycznego oraz jego heterogenicznego przebiegu. Dokonano analizy ilościowej oraz jakościowej zmiany stężenia pierwiastków stopowych, wtrąceń, domieszek i zanieczyszczeń na zmianę struktury lokalnej metalu. Wykonano w szerokim zakresie badania fraktograficzne oraz opracowano liczne tzw. mapy

mikrotwardości próbek odkształconych w zakresie obniżonej plastyczności. Do modelowania oraz weryfikacji hipotezy lokalizacji oraz niejednorodnego odkształcenia plastycznego wykorzystano metode elementów skończonych. Opracowano w tym celu przestrzenny model, który w oparciu o rzeczywiste dane materiałowe pozwolił zasymulować proces odkształcenia plastycznego w zakresie występowania efektu temperatury minimalnej plastyczności.

Do niezaprzeczalnych osiągnięć naukowych opiniowanej pracy doktorskiej Pana mgra inż. Piotra Sakiewicza można zaliczyć w pełni dokonaną identyfikację badanego efektu temperatury minimalnej plastyczności. Na podstawie wyników uzyskanych w dobrze zaplanowanych i bardzo obszernych badaniach eksperymentalnych opracowano przestrzenny model służący do obliczeniowej weryfikacji postawionej tezy pracy. Weryfikacja z wykorzystaniem metody elementów skończonych wykazuje, iż zaproponowany model i poczynione założenia są prawidłowe. Obliczenia dowodzą, że przebieg wirtualnej krzywej wydłużenia w zakresie temperatury symulowanego zjawiska ma charakter jakościowo zbliżony do wyników uzyskanych w eksperymencie rzeczywistym. Wyniki wykonanych symulacji, stanowiące wartościowy osobisty wkład Autora opiniowanej pracy doktorskiej do „*Komputerowej nauki o materiałach*”, jako nowoczesnej i rozwijającej się specjalności w ramach „Inżynierii materiałowej”, w odniesieniu do rzeczywistych rezultatów badań plastyczności wykonanych na stopie miedzi z niklem CuNi25 potwierdzają słuszność postawionej w pracy tezy opartej na hipotezie lokalizacji oraz niejednorodnego odkształcenia plastycznego oraz koncepcji modelu miejsc miękkich i twardych.

Opiniowana praca doktorska P. mgra inż. Piotra Sakiewicza porusza aktualną tematykę badawczą, zawiera wiele interesujących wyników badań, zarówno z punktu widzenia poznawczego, jak i technologicznego, a także metodologicznego. Część badań wykonano we współpracy z przemysłem, więc oprócz charakteru naukowego ma ona także znaczenie praktyczne. Wykonane badania eksperymentalne, zaprezentowane ich wyniki oraz metodyka weryfikacji przyjętego modelu przebiegu odkształcenia plastycznego w zakresie obniżonej plastyczności stanowią spójną i logiczną całość, potwierdzającą postawioną tezę pracy, co stanowi niezaprzeczalnie o bardzo wartościowym naukowym dorobku Pana mgra inż. Piotra Sakiewicza, jako Autora opiniowanej pracy doktorskiej.

Nawet w najlepszych pracach doktorskich można znaleźć wady, a rolą recenzenta jest niestety je wskazywać, chociaż niekiedy wymaga to specjalnych starań, tak jak to ma miejsce w niniejszym przypadku.

Przedstawiam 3 uwagi generalne, choć z istoty formalne:

- Opiniowana praca doktorska jest bezsprzecznie zbyt obszerna, na co wpływa m.in. umieszczenie całego, bardzo obszernego materiału faktograficznego w tekście pracy. Szkoda, że Autor nie skorzystał ze sprawdzonej w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych Politechniki Śląskiej w Gliwicach metody rozdzielenia opisu pracy od

szczególowych ilustracji, wykresów, zdjęć metalograficznych, które zamieszczone są wówczas w załączonym do pracy atlasie, stanowiącym materiał źródłowy dla zilustrowania też opisanych w tekście pracy doktorskiej, gdzie zamieszcza się wyłącznie zasadnicze dowody merytoryczne;

- Jako poważną, choć tylko formalną wadę opiniowanej pracy doktorskiej, niekiedy nawet denerwującą czytelnika i prowadzącą do trudności percepcyjnych, traktuję dziwną (najpewniej przeniesioną z niektórych literaturowych pozycji anglosaskich) maniery powszechnego stosowania w tekście pracy skrótów niekiedy nawet bałamutnych, np.: TMP, ZOP, ZKM, OFHC, PGZ, LoNPOP, MOP, MMMiT, SIGBM, DRX, GZ, EBU, GBChD, SIGBPM, GBC, RSC, TJ, ODGZ, DIGBM, DIR, TEM, HRTEM, MM, MT, CCD, WDS, EDS, MES, FEM, APDL, OD, PLC, FFT, DMT, SEM... Jedynie niektóre z tych skrótów są stosowane powszechnie, zwłaszcza te które pochodzą z języka angielskiego. Reszta jest osobistym wkładem Autora opiniowanej pracy doktorskiej i pomimo, że konsekwentnie objaśnił w pracy te skróty każdorazowo przy pierwszym zastosowaniu w tekście, namawiam Go gorąco, aby w przyszłości zrezygnował z tej maniery (nie wprowadził nawet spisu stosowanych oznaczeń i skrótów sic!);

- Uważam, że nic nie uzasadnia załączenia listingu opracowanego autorskiego oprogramowania komputerowego jako załącznika – zwykle tego się nie robi.

Można podać także kilka drobnych uwag, zwykle dyskusyjnych:

- w opiniowanej pracy przedstawiono własności mechaniczne R_e i R_m tylko jednej serii badanych próbek, przy tak szerokich badaniach wytrzymałościowych wypadałoby zaprezentować wyniki dla pozostałych odkształconych serii stopu CuNi25,
- nie podano jakie kryterium lub kryteria zostały przyjęte przy wyborze serii podstawowej stopu,
- na zdjęciach 160 oraz 168 nie zidentyfikowano cząstek wtrąceń i wydzieleni,
- każdorazowe podpisywanie serii zdjęć oraz ich ułożenie wynikające z czynników edycyjnych zmusza do ich dokładnej analizy i zastanawiania się czy dotyczą tej samej serii badanego materiału (np. rys. 204) - można to było zrobić prościej i czytelniej stosując atlas rysunków, co wynika z pierwszej uwagi generalnej,
- w opiniowanej pracy, wykonano niepełną analizę błędów pomiarowych oraz brak jest dyskusji na temat ich istotności,
- warto było dodać elementy ilościowej oceny bliźniakowania, zdrowienia oraz rekrytalizacji,
- zauważalne są trudności Autora w znalezieniu kompromisu między systematycznym przedstawieniem wyników badań, a ich syntetycznym doborem, np. w prezentacji wyników prób mikrotwardości, które ze względu na ich typowość można było opisać w skróconej

formie, przedstawiając jedynie typowe przykłady,

- sformułowane wnioski, nie obejmują wszystkich aspektów tej wielowątkowej pracy, która wymagała od Autora bardzo dużego wysiłku badawczego, nie znajdującego jednak pełnego odzwierciedlenia w takiej redakcji wniosków.

Generalnie pomijam natomiast występujące sporadycznie błędy literowe, stylistyczne, korektorskie, edycyjne oraz skróty myślowe, chociaż przykładowo wymienię tylko dwa:

- str. 77 i 78 rys. 42 oraz 43 błąd literowy w jednej z części algorytmu,
- brak legendy do rys. 217.

Podane uwagi krytyczne, a w większości jedynie polemiczne, w żadnej mierze nie wpływają na obniżenie bardzo wysokiej ogólnej oceny opiniowanej pracy doktorskiej Pana mgra inż. Piotra Sakiewicza. Praca stanowi bowiem bardzo obszerny i bardzo wartościowy zbiór wyników w pełni dokumentujących wykonane badania. Praca pobudza do szczegółowych dyskusji nad kolejnymi aspektami, dotyczącymi przebiegu odkształcenia plastycznego w pośrednim zakresie temperatury oraz roli poszczególnych mechanizmów oraz zjawisk zachodzących podczas odkształcania badanego stopu miedzi z niklem CuNi25 w zakresie występowania efektu temperatury minimalnej plastyczności, co podkreśliłem przedstawiając uwagi dyskusyjne, które być może mogą być przydatne w dalszych badaniach, wykonywanych przez Autora tej znakomitej pracy doktorskiej. Uważam bowiem, że cel pracy został w pełni osiągnięty, a teza pracy została udowodniona.

Oceniam, że praca doktorska Pana mgra inż. Piotra Sakiewicza Pt. *„Identyfikacja efektu temperatury minimalnej plastyczności w stopie CuNi25”* wykonana pod opieką promotora Pana Prof. dra hab. inż. Ryszarda Nowosielskiego, stanowi dzieło wyróżniające się, zarówno dojrzałością warsztatu badawczego, wykorzystującego większość współczesnych metod jakimi dysponuje „Inżynieria materiałowa”, zastosowaniem z sukcesem metod obliczeniowych „Komputerowej nauki o materiałach”, bardzo wartościowym i krytycznym przeglądem współczesnej literatury problemu oraz wszechstronnym i w pełni oryginalnym postawieniem i rozwiązaniem trudnego i złożonego problemu naukowego. Nic dziwnego, że realizacja tak zamierzonej pracy doktorskiej, której zakres najpewniej co najmniej dwukrotnie przekracza wymagania ustawowe i zwyczajowe w tym zakresie, wymagała od Autora nie pięciu lecz niemal dziesięciu lat intensywnej pracy nad jej realizacją. Z perspektywy czasu, można ocenić, że nie został on stracony, a praca i Kandydat znakomicie na tym zyskali.

Podsumowując niniejszą recenzję, biorę pod uwagę, że w opiniowanej pracy doktorskiej pt. *„Identyfikacja efektu temperatury minimalnej plastyczności w stopie CuNi25”*, Pan mgr inż. Piotr Sakiewicz wykazał, że:

- *jest dobrze zorientowany w poruszanej w literaturze problematyce dotyczącej efektu temperatury minimalnej plastyczności oraz metaloznawstwa i odkształcenia plastycznego*

stopów miedzi, zwłaszcza z niklem, wykazując się erudycją w tym zakresie dyscypliny naukowej „Inżynieria Materiałowa”,

- *pozyskał umiejętności stawiania problemów badawczych i odpowiedniego doboru komplementarnego szerokiego zestawu metod badawczych oraz ich pełnego opanowania praktycznego,*
- *pozyskał umiejętności praktycznego stosowania metod „Komputerowej nauki o materiałach”, zwłaszcza metody elementów skończonych, do modelowania zjawisk występujących w badanych stopach metali w trakcie odkształcenia plastycznego,*
- *osiągnął wartościowe i oryginalne wyniki badań, o istotnym znaczeniu poznawczym i o znaczących walorach praktycznych,*
- *opanował umiejętności opracowania wyników wykonanych badań oraz syntezy osiągniętych rezultatów badawczych,*

wobec czego z pełnym przekonaniem stwierdzam, że opiniowana praca doktorska spełnia wszelkie wymagania określone w Ustawie o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki (Dz. U. nr 65 z dnia 16.04.2003 poz. 595 z późniejszymi zmianami) i wnioskuję do Rady Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach o dopuszczenie Pana mgra inż. Piotra Sakiewicza do publicznej obrony.

Biorąc pod uwagę, że opiniowana praca doktorska Pana mgra inż. Piotra Sakiewicza pt. „*Identyfikacja efektu temperatury minimalnej plastyczności w stopie CuNi25*”, wykazuje niespotykane wysoki poziom naukowy, a jej zakres badawczy jest bardzo szeroki i kilkakrotnie przekraczający poziom wymagań w tym zakresie, jak również bardzo szerokie jest wykorzystanie metod badawczych i obliczeniowych dla osiągnięcia zamierzonych celów badawczych, wnioskuję do Rady Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach o wyróżnienie pracy doktorskiej Pana mgra inż. Piotra Sakiewicza.

