

dr hab. inż. Mirosław Gajewski  
emerytowany profesor  
Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach

## RECENZJA

rozprawy habilitacyjnej oraz ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dr. inż. Grzegorza Tęczy

### 1. Podstawa recenzji

Podstawą opracowania recenzji oraz sporządzenia opinii w sprawie nadania tytułu doktora habilitowanego dr. inż. Grzegorzowi Tęczy w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie metalurgia, jest pismo Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów nr BCK-VI-L-11244/2019 z dnia 21 lutego 2020 roku oraz pismo Dziekana Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, dr. hab. inż. Rafała Dańko, prof. uczelni – nr pisma WO-bd.511-17-5/2019 z dnia 30 marca 2020 roku.

Załączona dokumentacja zawiera odpis dyplomu nadającego stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie metalurgia, autoreferat i oryginał monografii pt. ***Odporne na zużycie wybrane staliwa z węglkami Ti, Nb, V, W i Mo.***

Autoreferat zawiera dane personalne i kontaktowe, wykaz publikacji naukowych i referatów oraz obszerną informację o osiągnięciach naukowo-badawczych, organizacyjnych i dydaktycznych.

### 2. Wiadomości podstawowe o kandydacie

Grzegorz Tęcza urodził się 4 marca 1975 roku w Dębicy. W roku 1995 ukończył Technikum Mechaniczne, specjalność budowa maszyn, w Tarnowie. W latach 1995 – 2000 studiował w Akademii Górniczo-Hutniczej na Wydziale Metalurgii i Inżynierii Materiałowej, specjalność inżynieria stali i stopów specjalnych. Pracę dyplomową pt. „Struktura i własności powłok AlSn20 na łożyska bimetaliczne” obronił w 2000 roku i uzyskał tytuł magistra inżyniera. Promotorem pracy był prof. dr hab. inż. Edmund Tasak.

W latach 2001 – 2009 odbył studia doktoranckie w Zakładzie Staliwa na Wydziale Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej. Zwieńczeniem tych

studiów była rozprawa doktorska pt. „Związki struktury z wytrzymałością i plastycznością modyfikowanego staliwa Ni32-Cr25-Nb”, jej obrona i uzyskanie stopnia naukowego „doktora nauk technicznych” 16 listopada 2009 roku. Już w okresie studiów doktoranckich wykazywał się istotną aktywnością naukowo-badawczą, uczestnicząc w licznych projektach badawczych, publikując wyniki przeprowadzonych badań i występując na konferencjach naukowych. Koncentrował się przy tym głównie na procesach wytapiania staliw i obróbce cieplnej odlewów.

Na podkreślenie zasługuje współpraca Habilitanta z zakładami przemysłowymi, tj. z Odlewnią Metalodlew S.A. w Krakowie i z HSW Odlewnia Sp. z o.o. w zakresie produkcji odlewów. Poszerzeniu posiadanej wiedzy sprzyjały odbyte staże, naukowo-przemysłowy w Metalodlew S.A. w Krakowie, techniczno-przemysłowy w Cellfast Sp. z o.o w Stalowej Woli oraz naukowy w Katedrze Metaloznawstwa i Technologii Materiałowych Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach.

### **3. Charakterystyka działalności naukowo-badawczej**

W działalności naukowo-badawczej dr. inż. Grzegorz Tęcza koncentruje się głównie na kształtowaniu mikrostruktury staliw wysokostopowych w kierunku podwyższania ich właściwości użytkowych poprzez zmiany składu chemicznego i obróbkę cieplną.

Dorobek naukowo-badawczy zawarty jest w pracach opublikowanych w okresie przed i po doktoracie.

Z okresu przed doktoratem jest autorem jednego artykułu zamieszczonego w „Przeglądzie Odlewnictwa” oraz współautorem dziesięciu artykułów w „Przeglądzie Odlewnictwa” i „Archiwum Odlewnictwa” z procentowym udziałem własnym w zakresie od 15 do 90%.

Po doktoracie jest autorem jednego artykułu w „Inżynierii Materiałowej” oraz współautorem jednego artykułu w „Przeglądzie Odlewnictwa” (u. wł. 25%), dwóch – w „Archives of Foundry Engineering” (u. wł. 25 i 80%) oraz jednego w „Metallurgy and Foundry Engineering MaFE (u. wł. 80%).

Jest współautorem sześciu publikacji w czasopismach dostępnych w bazie Journal Citation Reports: jednej w „Archives of Metallurgy and Materials” (u. wł. 60%) oraz pięciu w „Archives of Foundry Engineering” (u. wł. 25, 25, 80,

80 i 80%). Sumaryczny impact factor – 0,763. Sumaryczna liczba punktów MNiSW –95.

Liczba cytowań publikacji wg bazy Web of Science – 10, Scopus – 16 i Google Scholar – 37. Indeks Hirscha odpowiednio: 2, 3 i 4.

Referaty z wynikami badań Habilitant prezentował na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych. Przed doktoratem osiem referatów z procentowym udziałem własnym od 25 do 90%. Po doktoracie sześć z procentowym udziałem własnym od 25 do 100%.

Był współautorem skryptu pt. „Charakterystyka stali na odlewy”, Wyd. AGH, Kraków 2010 oraz „Poradnika odlewnika”, Tom 1, Wyd. STOP, Kraków, 2013. Uczestniczył w realizacji licznych projektów badawczych. Przed doktoratem jako wykonawca w dziesięciu. Po doktoracie jako wykonawca w dziesięciu i jako kierujący w dwóch. Projekty realizowano we współpracy z Naczelną Organizacją Techniczną, Komitetem Badań Naukowych, Polską Akademią Nauk, Ministerstwem Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz z przedsiębiorstwami: Metalodlew S.A. Kraków, Cellfast Sp. z o.o. w Stalowej Woli, Rafinerią Nafty Jedlicze S.A. i Krakodlew S.A. Kraków. Zrealizowane i wdrożone projekty dotyczyły m.in. doskonalenia procesów wytapiania stali wysokomanganowych i obróbki cieplnej odlewów. Był współautorem pięciu ekspertyz.

Efektowności naukowo-badawczej było uzyskanie trzech autorskich patentów na opracowane nowe staliwa o podwyższonej odporności na ścieranie oraz współautorstwo w dwóch patentach z 25% udziału własnego.

Za osiągnięcia naukowe został uhonorowany Nagrodą Zespołową III stopnia przez Rektora Akademii Górniczo-Hutniczej.

#### **4. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej**

Na podkreślenie zasługuje bardzo duża aktywność habilitanta zarówno w działalności dydaktycznej, jak i organizacyjnej.

Prowadził wykłady z metaloznawstwa, obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej oraz obróbki plastycznej. Zapoznawał studentów z technikami badawczymi i właściwościami różnych materiałów. Prowadził zajęcia laboratoryjne i seminaria będące uzupełnieniem prowadzonych wykładów oraz z obszarów metalurgii i odlewnictwa staliwa, obróbki cieplnej odlewów i właściwości różnych rodzajów staliw. Przygotował siedem nowych ćwiczeń laboratoryjnych.

We wszystkich wymienionych działaniach wykorzystywał wiedzę zdobywaną przy współpracy z przemysłem, gdzie prowadził zajęcia laboratoryjne z przedmiotu „Metalurgia i odlewnictwo staliwa”.

Był promotorem jedenastu prac dyplomowych inżynierskich i ośmiu magisterskich. Jednokrotnie sprawdził się jako recenzent pracy dyplomowej inżynierskiej. Analiza tematyki wszystkich tych prac wskazuje, że są one ściśle powiązane z zainteresowaniami naukowymi Habilitanta.

Od roku 2017 pełni funkcję opiekuna studentów kierunku „Inżynieria Procesów Odlewniczych”.

Działalność dydaktyczną dr. inż. Grzegorza Tęczy uzupełniają szkolenia i wykłady zrealizowane na zamówienie:

–Toyota Motor Manufacturing Poland Sp. z o.o. w Wałbrzychu nt. „Obróbka cieplna i cieplno-chemiczna stali niskostopowych”;

–Cellfast Sp. z o.o w Stalowej Woli, Zakład nr 3 w Krośnie nt. „Przydatność badań mikroskopowych do oceny procesów obróbki cieplnej wybranych stali” oraz nt. „Podstawy obróbki cieplnej stali oraz preparatyka próbek przeznaczonych do badań metalograficznych”.

Za osiągnięcia dydaktyczne był trzykrotnie nagradzany przez Rektora AGH: Nagrodą Zespołową III stopnia w roku 2011 oraz I stopnia w latach 2015 i 2017.

Poza aktywnością w procesie dydaktycznym angażował się w organizację trzech konferencji naukowych. Pełni dwie poważne funkcje jako koordynator umowy o współpracy pomiędzy AGH a Cellfast Sp. z o.o. w Stalowej Woli od 2017 roku oraz umowy o współpracy pomiędzy AGH a holenderską firmą IHC MTI B.V. od 2019 roku.

Od 2014 roku jest członkiem Komisji Metalurgicznej Polskiej Akademii Nauk w Sekcji Teorii Procesów Odlewniczych.

Przedstawiony obszar działalności naukowo-badawczej i dydaktyczno-organizacyjnej, mimo dość skromnej ilości publikacji w czasopiśmie występujących w bazie Journal Citation Reports oraz liczby punktów MNiSW, oceniam pozytywnie. Całość świadczy o dużej i wszechstronnej aktywności dr.inż. Grzegorza Tęczy z podkreśleniem łączenia działalności naukowo-badawczej ze współpracą z przemysłem.

## 5. Ocena monografii jako głównego osiągnięcia naukowego przedstawionego w postępowaniu habilitacyjnym przez dr. inż. Grzegorza Tęczę

Dr inż. Grzegorz Tęcza przedstawił autorską monografię pt.

### *Odporne na zużycie wybrane staliwa z węglnikami Ti, Nb, V, W i Mo,*

wydaną przez Wydawnictwo Archives of Foundry Engineering, Katowice – Gliwice, 2019, ISBN 978-83-63605-41-4. Recenzentami byli: prof. dr hab. inż. Mirosław Cholewa i dr hab. inż. Monika Madej prof. PŚk.

Tytuł pracy jest merytorycznie zgodny z jej zawartością.

Wzrost wymagań stawianych materiałom konstrukcyjnym, wynikających z warunków pracy urządzeń i konieczności zwiększania ich odporności na zużycie, powoduje, że konieczne jest opracowywanie nowych stopów oraz doskonalenie technologii ich wytwarzania. Zwiększanie odporności na zużycie można także uzyskać poprzez korektę składu chemicznego stopów już stosowanych i optymalizację technologii ich przetwarzania, np. obróbki cieplnej i w ten sposób wpływać na udział objętościowy faz w strukturze i morfologię mikrostruktury. Ten drugi kierunek działań przyjął Habilitant. Zmieniając podstawowy skład chemiczny staliw GX120Mn13, G70CrMnSiNiMo2 i GX10CrNiMo18-9 doprowadził do wytworzenia nowych stopów o istotnie wyższej odporności na zużycie ścierne wg próby Millera. Wyniki badań własnych, które są Jego osobistym osiągnięciem naukowym, zawarł w wydanej monografii.

Przedstawiona praca, licząca łącznie 126 stron, składa się ze spisu treści, ośmiu rozdziałów oraz wykazu bibliografii obejmującym łącznie 97 pozycji, wśród których jest jedna autorska i 15 współautorskich prac dr. inż. Grzegorza Tęczy. Praca kończy się streszczeniami w języku polskim i angielskim.

We „Wprowadzeniu” (rozd. 1) Autor uzasadnia potrzebę prowadzenia badań mających na celu zwiększanie odporności staliw na zużycie ścierne. Sygnalizuje korzystne oddziaływanie modyfikacji składu chemicznego, metodologii procesu metalurgicznego i obróbki cieplnej. Krótko omawia mechanizm utwardzenia w procesie odkształcenia oraz rolę węglików metali przejściowych (V, Ti, Mo i innych) w procesie umocnienia wydzieleniowego.

W rozdziale 2 przedstawia cel i zakres pracy, tj. opracowanie nowych autorskich staliw o podwyższonej odporności na zużycie. Służyć ma temu

zwiększenie zawartości Ti, Nb, V i W i wytworzenie w strukturze wybranych staliw dużych ilości węglików pierwotnych oraz modyfikacja obróbki cieplnej.

Cel pracy został przez Autora jednoznacznie określony, a zakres badań ma charakter kompleksowy.

W rozdziale 3 omawia procesy i parametry zużycia materiałów ze szczególnym uwzględnieniem zużycia ściernego.

W rozdziale 4 przedstawia ogólnie znane i stosowane stopy żelaza odporne na zużycie. Szczegółowo analizuje wysokomanganowe staliwa austenityczne, staliwa martenzytyczne i staliwa Cr–Ni austenityczne, a więc te grupy staliw, których przedstawiciele wykorzystali w swoich badaniach. Ze staliw z pierwszej grupy skupia się na staliwie Hadfielda. Zwraca uwagę na istotny wzrost odporności na zużycie ściernie po dodaniu już niewielkich ilości Cr (1,4%) do staliwa GX120Mn13 (rys. 4.1.9). Istotny wpływ na właściwości staliw z drugiej grupy ma obróbka cieplna i ukształtowana w jej wyniku mikrostruktura (rys. 4.2.5). Od staliw Cr–Ni austenitycznych z trzeciej grupy wymaga się przede wszystkim wysokiej odporności na korozję, w tym szczególnie na korozję międzykrystaliczną. Gwarantem wysokiej odporności jest jak najniższa zawartość węgla, tj. poniżej 0,03%. Negatywne oddziaływanie wyższych zawartości stosowanych w celu poprawy leżności jest kompensowane dodatkami Ti lub Nb w ilości niezbędnej do związania węgla. Ma to zapobiegać wydzielaniu się węglików Cr na granicach ziaren i dechromizacji stref przygranicznych, a więc zapobiegać inicjacji i rozwojowi korozji międzykrystalicznej. **Wszelkie zmiany składu chemicznego tych staliw stosowane w celu poprawy odporności na zużycie ściernie powinny uwzględniać zmiany odporności na korozję.**

W pkt. 4.4 i 4.5 przedstawia rodzaje węglików występujących w stopach Fe–C oraz sposoby poprawy odporności na zużycie ściernie. Autor zauważa, że w literaturze przedmiotu zawarte są informacje o istotnej poprawie poprzez wprowadzanie bezpośrednio do ciekłych stopów cząstek węglików VC, TiC, WC i innych związków. Kierując się tą przesłanką, postanawia wprowadzać do ciekłego staliwa dodatki Ti, Nb, V, W i Mo w ilościach umożliwiającym wydzielenie się na etapie krystalizacji pierwotnej węglików nierozpuszczających się w stanie stałym, czyli tzw. węglików pierwotnych. Dzięki obecności tych węglików w osnowie i obróbce cieplnej wytworzy stopy o bardzo wysokiej

odporności na zużycie ścierne, istotnie wyższej w porównaniu ze stopami wyjściowymi.

W rozdziałach 5 i 6 Autor przedstawia wykorzystywany materiał do badań, metodykę badań oraz ich wyniki poparte analizą. Do przeprowadzenia zaplanowanych eksperymentów Autor wybrał trzy znane gatunki staliwa, tj. wysokomanganowe staliwo austenityczne GX120Mn13 (Hadfielda), staliwo martenzytyczne G70CrMnSiNiMo2 oraz staliwo chromowo – niklowe austenityczne GX10CrNiMo18-9 z grupy staliw odpornych na korozję. Przedmiotem badań były wlewki próbne z wytopów wykonanych w warunkach laboratoryjnych w indukcyjnym piecu próżniowym. Zakres badań był bardzo wszechstronny i obejmował określenie zmian struktury spowodowanych zmianą składu chemicznego i obróbki cieplnej, pomiary twardości i testy odporności na zużycie ścierne metodą Millera.

Na bazie staliwa Hadfielda Autor badał:

- a – wpływ wanadu w trzech wytopach o zawartości wanadu 5,5, 6,3 i 8,1 % oraz zawartości węgla odpowiednio: 1,7, 2,4 i 2,6 %,
- b – wpływ tytanu w czterech wytopach o zawartości tytanu 0,4, 1,5, 2,0 i 2,5 % oraz zawartości węgla odpowiednio: 1,4, 1,2, 0,8 i 1,2 %,
- c – wpływ niobu w trzech wytopach o zawartości niobu 3,5, 4,5 i 7,5 % oraz zawartości węgla odpowiednio: 1,7, 1,6 i 1,6 %.

Na bazie staliwa martenzytycznego badał:

- a – wpływ tytanu w wytopie zawierającym 5 % tytanu i węgla 1,78 %,
- b – wpływ niobu w trzech wytopach o zawartości niobu 2,6, 4,5 i 10,0 % oraz zawartości węgla odpowiednio: 0,8, 1,0 i 1,3 %,
- c – wpływ niobu w trzech wytopach o zawartości niobu 9,8, 14,0 i 15,1 % oraz zawartości węgla odpowiednio: 3,2, 3,1 i 3,1 %; wytop 15,1 % Nb i 3,1 % C modyfikowany borem w ilości 0,006 %.

Na bazie staliwa Cr – Ni austenitycznego badał:

- a – wpływ tytanu w czterech wytopach o zawartości tytanu 1,3, 3,1, 5,3 i 6,9 % oraz zawartości węgla odpowiednio: 0,34, 0,57, 0,88 i 1,12 %,
- b – wpływ niobu trzech wytopach o zawartości niobu 4,4, 5,4 i 9,2 % oraz zawartości węgla odpowiednio: 0,3, 0,5 i 0,8 %.

Przeprowadził także badania równoczesnego wpływu wanadu, wolframu i molibdenu w pięciu wytopach staliwa martenzytycznego:

- 17,7 % V, 4,5 % W, 0,002 % Mo, 3,4 % C,
- 17,9 % V, 0,1% W, 0,002 % Mo, 3,9 % C,
- 12,7 % V, 3,3 % W, 0,02 % Mo, 4,0 % C,
- 10,6 %V, 2,6 % W, 0,21 % Mo, 4,3 % C, modyfikowany 0,006 % B,
- 13,2 % V, 3,0 % W, 3,0 % Mo, 3,1 %C, modyfikowany 0,010 % B.

Duża różnorodność składu chemicznego badanych stopów umożliwiła określenie wpływu poszczególnych pierwiastków na strukturę w stanie lanym i po obróbce cieplnej – na ilość, morfologię i rozmieszczenie w strukturze węglików pierwotnych i wtórnych oraz zmiany składu chemicznego osnowy, a w konsekwencji na odporność na zużycie ścierne. Wszystkie badane stopy wykazały istotnie wyższą odporność na zużycie ścierne w porównaniu do stopów bazowych (referencyjnych) przy bardzo różnym poziomie twardości. Istotny wpływ na twardość i zużycie ścierne poza zmianami składu chemicznego miały stosowane temperatury hartowania i ośrodki chłodzące: powietrze, woda, polimer. Z przeprowadzonych badań wynika, że najwyższą odporność (trzykrotnie wyższą w porównaniu ze staliwem G70CrMnSiNiMo2 o twardości ok. 400 HV) i najbardziej jednorodne zużycie wykazywały stopy martenzytyczne przy twardości przekraczającej 900 HV.

Bardzo korzystne wyniki badań stopów Cr – Ni austenitycznych z punktu widzenia ich odporności na zużycie ścierne dobrze byłoby uzupełnić badaniami wpływu zastosowanych zmian składu chemicznego na odporność na korozję. Nie można traktować rozdzielnie odporności na zużycie ścierne i odporności na korozję tego typu stopów, gdy np. odlewy wirników i kierownic w pompach pracujących w środowisku istotnie zmineralizowanym i zanieczyszczonym cząstkami substancji stałych ( *vide* kopalnia Węgla Kamiennego „Piast” i Zakłady Górnicze Rudna). W takich warunkach pracy oba zjawiska będą występować równocześnie i wzajemnie intensyfikować.

Na podkreślenie zasługuje zakończenie programu badawczego wykonaniem przez Autora odlewów przeznaczonych do prób testowych w urządzeniach przemysłowych pracujących w warunkach naturalnych. Wybrał do tego celu staliwa martenzytyczne wzbogacone niobem oraz staliwo martenzytyczne wzbogacone molibdenem, wanadem i wolframem oraz dodatkowo modyfikowane borem w ilości 0,01%.



Na koniec uwaga dotycząca metodyki mikroanalizy rentgenowskiej. Oznaczanie zawartości węgla w mikroanalizatorach EDS (*Energy Dispersive Spectrometer*) jest obarczone błędem spowodowanym zjawiskiem kontaminacji. Powoduje to zawyżenie zawartości węgla w analizowanym mikroobszarze i może powodować zmiany w zawartościach pozostałych pierwiastków. Sądzę, że lepiej jest wykonać mikroanalizę wszystkich pierwiastków poza węglem, a ich sumę uzupełnić do 100% zawartością węgla traktowaną wówczas jako zawartość orientacyjna.

## 6. Wniosek końcowy

Recenzowana monografia dr. inż. Grzegorza Tęczy pt. „Odporne na zużycie wybrane staliwa z węglkami Ti, Nb, V, W, i Mo” spełnia wymagania stawiane rozprawom habilitacyjnym i wnosi istotny wkład w dziedzinę nauk technicznych, w dyscyplinie metalurgia. Przedstawiona praca potwierdza istotny rozwój działalności naukowo-badawczej Habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w 2009 roku i świadczy o Jego samodzielności naukowej.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w 2009 roku Habilitant wykazywał bardzo dużą aktywność naukowo-badawczą, którą umiejętnie łączył z równie intensywną aktywnością dydaktyczną i organizacyjną, zdobywając w tych obszarach znaczące doświadczenie. Istotną aktywnością naukowo-badawczą wykazywał się już w okresie studiów doktoranckich na Wydziale Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej w latach 2001 – 2009. Habilitant posiada duże doświadczenie zarówno we współpracy naukowo-badawczej z przemysłem, w tym także w skali międzynarodowej, jak i to zdobyte podczas sporządzania ekspertyz i opracowań patentowych.

Przedstawiona rozprawa habilitacyjna i pozostały dorobek naukowo-badawczy oraz dydaktyczny i organizacyjny spełniają wymagania ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 27 wrzesień 2017 poz. 1789) i na tej podstawie wnioskuję do Rady Wydziału Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie o nadanie dr. inż. Grzegorzowi Tęczy stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie metalurgia.

