

ZAŁĄCZNIK 2A

Autoreferat przedstawiający osiągnięcia naukowe
oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych,
współpracy naukowej i popularyzacji nauki

dr inż. Adam Zieliński
Zakład Badań Materiałów dla Energetyki
Instytut Metalurgii Żelaza im. St. Staszica

Gliwice 10.04.2017

Spis treści

Wyszczególnienie	Strona
1. Imię i nazwisko	3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	3
4. Wskazanie osiągnięcia naukowego stanowiącego dzieło opublikowane w całości	4
5. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze	14
5.1. Działalność prowadzona przed doktoratem	14
5.2. Działalność prowadzona po uzyskaniu doktora	16
6. działalność dydaktyczna	23
7. Działalność organizacyjna	23
8. Zestawienie ważniejszych osiągnięć	23

1. Imię i nazwisko

Adam ZIELIŃSKI

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

2008 doktor nauk technicznych, dyscyplina inżynieria materiałowa, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Politechnika Śląska

Temat rozprawy doktorskiej: „Prognozowanie trwałości resztkowej staliwnych elementów rurociągów pracujących w warunkach pełzania i zmęczenia”

Promotor: prof. dr hab. inż. Adam Hernas

Recenzenci: prof. dr Tadeusz Bołd (Instytut Metalurgii Żelaza)

prof. dr hab. inż. Jerzy Okrajni (Politechnika Śląska)

2000 magister inżynier, specjalność inżynieria materiałowa, Wydział Metalurgii i Inżynierii Materiałowej, Politechnika Częstochowska

Temat pracy dyplomowej magisterskiej: „Stan obróbki cieplnej a odporność na pękanie stali X60”

Promotor: prof. dr hab. inż. Andrzej Bochenek

1995 technik mechanik, specjalność budowa maszyn, Techniczne Zakłady Naukowe w Częstochowie

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Miejsce zatrudnienia

Instytut Metalurgii Żelaza im. St. Staszica,
44-100 Gliwice
ul. Karola Miarki 12-14

- od 16 października 2000 roku na stanowisku inżynierjno –technicznym w Zakładzie Materiałoznawstwa Instytutu Metalurgii Żelaza w Gliwicach.

- od 01 marca 2003 roku na stanowisku asystenta w Zespole Badań Materiałowych Urzędzeń Energetycznych Instytutu Metalurgii Żelaza w Gliwicach.

- od 01 kwietnia do chwili obecnej na stanowisku adiunkta w Zakładzie Badań Materiałów dla Energetyki Instytutu Metalurgii Żelaza w Gliwicach.

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego stanowiącego dzieło opublikowane w całości

Jako osiągnięcie naukowe wynikające z art. 16 ust.2 ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U nr 65, poz. 595 z zm.) stanowiące podstawę ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego wskazuję dzieło opublikowane w całości w postaci monografii habilitacyjnej:

Adam Zieliński

**pt.: „Trwałość eksploatacyjna żarowytrzymałych stali o osnowie ferrytycznej w warunkach długotrwałego oddziaływania temperatury”,
opublikowanej przez Instytut Metalurgii Żelaza**

Gliwice, 2016, s. 198

ISSN 0137-9941

ISBN 978-83-938130-4-9

Recenzenci wydawniczy:

prof. dr hab. inż. Adam HERNAS

prof. dr hab. inż. Jan TALER

Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników przedstawionych w monografii

Autorski wkład do nauki w dyscyplinie naukowej „Inżynieria Materiałowa” przedstawiany jako osiągnięcie dotyczy **oceny stanu wraz z prognozą trwałości eksploatacyjnej stali nowej generacji o osnowie ferrytycznej (T23 (7CrWVMoNb9-6), T24 (7CrMoVTiB10-10), P91 (X10CrMoVNB9-1), P92 (X10CrWVMoVNB9-2, VM12-SHC (X12CrCoWVNB12-2-2)) rekomendowanych do zastosowań w kotłach parowych o parametrach nadkrytycznych oraz do modernizacji kotłów o parametrach podkrytycznych. Dokonana ocena badanych materiałów w stanie wyjściowym oraz po**

długotrwałym oddziaływaniu podwyższonej temperatury na podstawie dogłębnej analizy zmian składników fazowych mikrostruktury z zastosowaniem metod ilościowej analizy obrazu mikrostruktury umożliwia prognozę ich właściwości użytkowych, w szczególności trwałości eksploatacyjnej rozumianej jako czas bezpiecznej eksploatacji w warunkach pełzania.

Omówiona w monografii metoda oceny stanu materiału i jego trwałości eksploatacyjnej zastosowana do określenia przydatności do dalszej eksploatacji z prognozą czasu dalszej bezpiecznej pracy jest już wdrożona i stosowana w przemyśle energetycznym przez zakłady remontowe i diagnostyczne. Ma zatem praktyczne zastosowanie, przyczyniając się nie tylko do wartości poznawczej na temat zmian zachodzących w materiałach pracujących w warunkach pełzania ale również do optymalnego wykorzystania elementów konstrukcyjnych instalacji energetycznych w czasie obliczeniowym jak i poza obliczeniowym czasem pracy.

Polska energetyka w 88% oparta jest na spalaniu węgla, co w kontekście bardzo zaostrej polityki ekologicznej Unii Europejskiej wymusza prowadzenie skutecznych działań inwestycyjnych. Dotyczy to nie tylko budowy nowych wysokosprawnych bloków na parametry nadkrytyczne ale również modernizacji istniejących bloków 200-360MW.

Rozwój nowych technologii energetycznych i podwyższenie temperatury i ciśnienia pary możliwy jest przy równoczesnym rozwoju i dostępności materiałów spełniających wysokie wymagania odpowiednich właściwości użytkowych (wytrzymałościowych, fizykochemicznych, technologicznych).

Liczne ośrodki naukowo – badawcze w kraju i za granicą, we współpracy z wiodącymi wytwórcami stali oraz producentami kotłów energetycznych od końca ubiegłego wieku realizowały badania nowych gatunków stali dla energetyki. Przejawiło się to wdrożeniem nowych materiałów do budowy nowoczesnych elektrowni o podwyższonej sprawności powyżej 40% netto. Jednakże jak dotąd wiele aspektów związanych z eksploatacją tych materiałów nie zostało zbadane. Wiadomo bowiem, że istotnym kryterium w ocenie niezawodności oraz bezpiecznej eksploatacji urządzeń ciśnieniowych jest stabilność właściwości materiału konstrukcyjnego pod kątem długotrwałej pracy. Wiąże się to z pojęciem trwałości eksploatacyjnej, którą definiuje się jako właściwość charakteryzująca zdolność do zachowania wymaganych właściwości użytkowych (głównie żarowytrzymałościowych) do czasu osiągnięcia umownego stanu granicznego, w którym dalsza eksploatacja nie jest wskazana.

Oprócz odpowiedniego poziomu wytrzymałości na pełzanie materiały przeznaczone do budowy urządzeń instalacji energetycznych, ciepłowniczych i petrochemicznych winny charakteryzować się w długim okresie czasu również wysoką odpornością na pękanie oraz wymaganą odpornością na odkształcenia plastyczne w warunkach współdziałania czynników mechanicznych, korozyjnych i aktywowanych cieplnie. W praktyce bowiem czas bezpiecznej eksploatacji jest głównym wskaźnikiem ilościowym zależnym od trwałości elementów konstrukcyjnych kotła.

Okres od opracowania nowych gatunków stali żarowytrzymałych do momentu ich wprowadzenia do eksploatacji trwa często od kilku do kilkunastu lat. Związane jest to przede wszystkim z badaniem długotrwałego wpływu temperatury i naprężenia na utratę stabilności mikrostruktury, co bezpośrednio przekłada się na właściwości użytkowe. Dlatego też wielomiliardowe inwestycje poczynione w ostatnim okresie w kraju w rozwój energetyki nowej generacji, (co potwierdza budowa kotłów o parametrach nadkrytycznych w El. Bełchatów, El. Opole, El. Kozienice, El. Jaworzno, El. Łagisza), modernizacja starych jednostek na wyższe parametry pracy oraz plany budowy kotłów o ultra nadkrytycznych parametrach pracy, wymagają po pierwsze - kompletnego sprawdzenia stosowanych materiałów z punktu widzenia ich przydatności do długotrwałej eksploatacji, a po drugie – sprawdzenia na etapie montażu stanu zerowego, rozumianego jako stan wyjściowy przed eksploatacją gotowych wyrobów w postaci elementów konstrukcyjnych kotła (rurociągi, komory i węzownice przegrzewacza pary itp.).

Przeprowadzona analiza literaturowa aktualnego stanu wiedzy w obszarze oceny trwałości eksploatacyjnej nowych gatunków stali niskostopowych o strukturze bainitycznej (do 2,5%Cr) i wysokochromowych stali o strukturze odpuszczonego martenzytu (9-12%Cr) dla energetyki nadkrytycznej potwierdziła niedostatek szczegółowych opracowań w tym zakresie. Dotyczy to głównie dogłębnej analizy procesu degradacji mikrostruktury i zmian właściwości mechanicznych, co w sposób bezpośredni przekłada się na utratę wytrzymałości na pełzanie.

Skłoniło to autora do zebrania i podsumowania realizowanych przez ponad piętnaście lat wyników badań własnych, umożliwiających opracowanie metod oceny trwałości eksploatacyjnej stali zawierających ok 2,5% Cr - 7CrWVMoNb9-6 (T23) i (7CrMoVTiB10-10) T24 oraz stali 9-12% Cr - X10CrMoVNb9-1 (P91), X10CrWVMoVNb9-2 (P92) i X12CrCoWVNb12-2-2 (VM12-SHC) rekomendowanych do zastosowań w nowoczesnej energetyce.

Zaplanowanie i zrealizowanie programu badań tych stali umożliwiło prognozę ich trwałości eksploatacyjnej w oparciu o analizę i prognozę zmian mikrostruktury i właściwości mechanicznych zachodzących wskutek procesu długotrwałego oddziaływania podwyższonej temperatury.

Złożoność zagadnień związanych z wyznaczaniem trwałości eksploatacyjnej stali nowej generacji w stanie wyjściowym oraz na etapie ich eksploatacji była inspiracją opracowania monografii pt.: „*Stabilność mikrostruktury i właściwości żarowytrzymałych stali o osnowie ferrytycznej w warunkach długotrwałego oddziaływania temperatury*”. Założono bowiem, że szczegółowa analiza zmian mikrostruktury, właściwości mechanicznych oraz zastosowanie ilościowej analizy obrazu mikrostruktury badanych stali w stanie wyjściowym oraz po długotrwałym oddziaływaniu podwyższonej temperatury, umożliwi opracowanie procedury przewidywania stanu materiału elementów kotłów pracujących w warunkach pełzania. Procedura ta będzie z kolei wykorzystywana w wyznaczaniu trwałości eksploatacyjnej badanych stali nie tylko w obliczeniowym czasie pracy ale również poza tym czasem. **Istotnym osiągnięciem pracy jest zastosowanie badań nieniszczących, w tym szczególnie metalograficznych techniką replik, do szacowania czasu bezpiecznej eksploatacji stali nowej generacji.**

W pracy zrealizowano badania stali w gatunkach T23, T24, P91, P92 i VM12-SHC w stanie wyjściowym (po obróbce cieplnej) i następnie poddanych długotrwałemu oddziaływaniu podwyższonej temperatury. Stale niskostopowe T23, T24 wyżarzano w temperaturze 550 i 600⁰C, a stale wysokochromowe P91, P92 i VM12-SHC w temperaturze 600 i 650⁰C. Dobór dwóch poziomów temperatury wynikał w pierwszym przypadku, z zakładanej długotrwałej eksploatacji dla tego zakresu temperatury, a w drugim z chęci przyspieszenia procesu degradacji w celu umożliwienia analizy porównawczej wyników tych badań. Czas ekspozycji w podwyższonej temperaturze wynosił, w zależności od gatunku stali, od 30 tys. do 100 tys. godzin. Natomiast próby pełzania prowadzono w czasie do 50 tys. godzin przy naprężeniu 50-260 MPa.

Właściwości mechaniczne badanych stali, obejmujące: granicę plastyczności, wytrzymałość na rozciąganie w temperaturze pokojowej i podwyższonej, wydłużenie, pomiar twardości oraz pracę łamania potwierdziły dużą stabilność podstawowych właściwości.

Dla stali T23 po wyżarzaniu w czasie 30 000 godzin w temperaturze 550 i 600⁰C zaobserwowano jedynie nieznaczny spadek granicy plastyczności mierzonej w temperaturze pokojowej poniżej wymaganego minimum 27 J określonego według przedmiotowej normy. W przypadku stali T24 spadek granicy plastyczności poniżej wymaganego minimum, dla

stanu wyjściowego badanej stali, obserwowano dla czasu wyżarzania 30 000 i 70 000 godzin w temperaturze 600°C. Praca łamania wyznaczona dla badanych niskostopowych stali po długotrwałym wyżarzaniu, utrzymuje się na wysokim poziomie, przekraczającym około sześciokrotnie wymagane kryterium 27J.

Stale martenzytyczne P91, P92 i VM12-SHC w stanie wyjściowym posiadają wysokie właściwości mechaniczne zarówno w temperaturze pokojowej jak i podwyższonej, których poziom wynika bezpośrednio z uzyskanej na etapie wytwarzania mikrostruktury. Zmiana parametrów mikrostruktury wskutek oddziaływania podwyższonej temperatury przekłada się na obniżenie właściwości mechanicznych. Zmiany właściwości po długotrwałym oddziaływaniu temperatury, w stosunku do stanu wyjściowego, wskazują na degradację mikrostruktury. Analiza podstawowych właściwości mechanicznych stali 9-12% Cr po wyżarzaniu do 30 000 godzin w temperaturze 600 i 650°C wykazała, że spełniają one minimalne wymagania dla tych stali w stanie wyjściowym, z nadmiarem w stosunku do przedmiotowej normy. Wyjątek stanowi nieznaczna różnica wartości granicy plastyczności w temperaturze 550°C po wyżarzaniu przez 30 000 godzin w temperaturze 650°C stali VM12-SHC, która tylko nieznacznie nie spełnia tych wymagań. Na uwagę zasługuje wartość pracy łamania stali P92 i VM12-SHC, dla których zaobserwowano jej spadek po wyżarzaniu do wartości nieznacznie tylko powyżej wymaganego minimum 27J.

Nieznaczna utrata właściwości mechanicznych po wyżarzaniu badanych stali, poniżej wymaganego minimum dla tych stali w stanie wyjściowym, nie dyskwalifikuje ich z dalszej eksploatacji. Jest natomiast jedną z podstawowych informacji o stanie degradacji stali. Wiadomo bowiem, że podstawą do obliczeń w przypadku eksploatacji badanych stali powyżej temperatury granicznej jest czasowa wytrzymałość na pełzanie. Informacje dotyczące obniżenia właściwości mechanicznych są natomiast niezbędne dla doboru parametrów prowadzenia ciśnieniowych prób wodnych oraz w modyfikacji parametrów procedury odstawiania i uruchamiania kotła.

Badania mikrostruktury stali po długotrwałym wyżarzaniu w temperaturze zbliżonej oraz wyższej od temperatury długotrwałej eksploatacji, umożliwiły analizę dynamiki zmian mikrostruktury. Badania te przeprowadzono dla tych samych stanów materiału (czasów wyżarzania) jak w przypadku badań właściwości mechanicznych. Aby szczegółowo opisać zmiany mikrostruktury w czasie długotrwałego oddziaływania podwyższonej temperatury wykorzystano skaningową i transmisyjną mikroskopię elektronową oraz rentgenowską analizę składu fazowego wydzieliń. Udokumentowano, że degradacja podstawowych składników fazowych osnowy (bainit/martenzyt) oraz zachodzące procesy wydzieleniowe

węglików i faz międzymetalicznych powodują w konsekwencji utratę trwałości eksploatacyjnej poprzez obniżenie właściwości mechanicznych, w tym wytrzymałości na pełzanie. Wykazano, że udział poszczególnych procesów i ich intensywność w degradacji mikrostruktury pod wpływem podwyższonej temperatury silnie zależy od stanu wyjściowego badanych stali.

Badania mikrostruktury stali w początkowym okresie wyżarzania przy użyciu skaningowej mikroskopii elektronowej, wykazują zmiany związane są z procesem wydzieleniowym. Następuje zauważalny, mierzalny wzrost średniej średnicy wydzieleni. Dalej, wraz ze wzrostem dynamiki procesu wydzieleniowego widoczny jest zanik obszarów bainitycznych w przypadku stali T23 i T24 i listwowej budowy martenzytu w stalach P91, P92 i VM12-SHC. Procesy te ze wzrostem temperatury wyżarzania ulegają przyspieszeniu powodując znaczne obniżenie zespołu właściwości użytkowych materiału. W dalszej części pracy scharakteryzowano i opisano morfologię występujących wydzieleni w badanych stalach.

W przypadku stali T23 w stanie wyjściowym charakterystyczne jest występowanie wydzieleni typu $M(C,N)$, $M_{23}C_6$ i M_7C_3 . Po długotrwałym wyżarzaniu w temperaturze $550^{\circ}C$ stwierdzono dodatkowo obecność węglików M_6C bogatych w molibden i wolfram. Po wyżarzaniu w wyższej temperaturze ($600^{\circ}C$) nie stwierdzono już występowania węglików M_7C_3 , które są mniej stabilne od pozostałych typów wydzieleni.

W mikrostrukturze stali T24 w stanie wyjściowym, w odróżnieniu do stali T23 nie stwierdzono obecności węglików typu M_7C_3 . Natomiast po długotrwałym wyżarzaniu, oprócz wydzieleni typu $M(C,N)$ i $M_{23}C_6$, charakterystycznych dla stanu wyjściowego, ujawniono występowanie węglików M_2C w temperaturze wyżarzania $550^{\circ}C$ oraz węglików M_6C w temperaturze $600^{\circ}C$.

W wysokochromowych stalach P91, P92 i VM12-SHC w stanie wyjściowym zidentyfikowano dwa typy wydzieleni: $M_{23}C_6$ i $M(C,N)$, których wielkość zależy od zastosowanej temperatury odpuszczania. Długotrwałe wyżarzanie zarówno w temperaturze 600 jak i $650^{\circ}C$ powoduje rozrost wydzieleni typu $M_{23}C_6$, przy czym dynamika zmiany ich średnicy zwiększa się wraz z podwyższeniem temperatury wyżarzania. Długotrwałe wyżarzanie powoduje wydzielenie międzymetalicznej fazy Lavesa ($Fe_2(W,Mo)$) (stal P91, P92 i VM12-SHC) oraz dodatkowo fazy Z ($NbCrN$) (stal VM12-SHC). Wpływ wydzielenia fazy Lavesa na zmiany mikrostruktury, a tym samym na właściwości mechaniczne stali z grupy 9-12%Cr, w początkowym okresie procesu wydzielenia w postaci drobnych cząstek jest nieznaczny, a po wydłużeniu czasu i podwyższeniu temperatury jest zdecydowanie negatywny. Szybki wzrost i koalescencja fazy Lavesa przyczynia się do ubożenia osnowy w

pierwiastki substytucyjne (wolfram, molibden) i tym samym zmniejszenia umocnienia roztworu stałego i obniżenia temperatury rekrytalizacji ferrytu (ułatwiającej procesy zdrowienia). Wydzielenia fazy Lavesa przyczyniają się również do zmiany mechanizmu pęknięcia martenzytycznych stali z ciągliwego na transkrystaliczny łupliwy. Podobnie, wydzielenie fazy Z w stalach 9-12%Cr jest zjawiskiem niekorzystnym, gdyż w wyniku zaniku drobnych wydzieleni typu MX prowadzi do gwałtownego spadku wytrzymałości na pełzanie. Wpływ fazy Z na właściwości użytkowe uzależniony jest od zawartości chromu w stali. W stalach zawierających ok. 9%Cr jej wpływ jest niewielki, natomiast w stalach o zawartości ok. 12%Cr jest już bardzo istotny.

Zmierzona gęstość dyslokacji w badanych stalach w stanie wyjściowym i po długotrwałym wyżarzaniu jednoznacznie wskazuje, że proces długotrwałego oddziaływania podwyższonej temperatury prowadzi do obniżenia gęstości dyslokacji ze wzrostem temperatury i czasu wyżarzania, powodując mięknięcie osnowy. Spadek gęstości dyslokacji w badanych stalach następuje wskutek postępującego w czasie ich przegrupowywania, porządkowania oraz anihilacji lub zaniku w granicach ziaren.

Próby pełzania badanych stali wykonano przy dwóch stałych wartościach temperatury badania (550, 600°C – stal T23, T24; 600, 650°C – stal P91, P92, VM12 – SHC) i różnych poziomach naprężenia (50 – 260 MPa). Uzyskane wyniki badań przedstawiono w postaci wykresów w układzie współrzędnych naprężenie badania - czas do zerwania oraz naprężenie badania - parametr Larson-Millera (L-M). Opracowane własne charakterystyki wytrzymałości na pełzanie pokrywają się z charakterystykami wytrzymałości na pełzanie tych stali podanymi w literaturze.

Właściwości użytkowe stali długo eksploatowanych w warunkach pełzania zależą w dużym stopniu od rodzaju i morfologii wydzieleni. Przegląd specjalistycznej literatury zawarty w monografii wskazuje na niezbyt liczne informacje w tym zakresie, które dodatkowo w większości są nieco ogólnikowe.

Istotnym czynnikiem wpływającym na degradację mikrostruktury, a tym samym utratę właściwości użytkowych jest temperatura, a szczególnie jej zmiany podczas eksploatacji. Głównym mechanizmem degradacji badanych stali żarowytrzymałych, jak wykazały przeprowadzone badania, są zachodzące procesy wydzieleniowe, które negatywnie wpływają na właściwości mechaniczne stali. Procesy wydzieleniowe wpływające na utratę stabilności mikrostruktury i właściwości mechanicznych zależą głównie, jako procesy dyfuzyjne, od temperatury. Wpływ wartości temperatury wyżarzania na wzrost średniej średnicy wydzieleni

i ich rozkład zarówno dla stanu wyjściowego, jak i po długotrwałym wytrzymaniu w podwyższonej temperaturze, przeprowadzono wykorzystując komputerową analizę obrazów mikrostruktury zarejestrowanych za pomocą SEM. Analizie poddano cząstki występujące odpowiednio: na granicach ziaren byłego austenitu oraz na granicach listew bainitu – stale niskostopowe (T23, T24) oraz na granicach ziaren byłego austenitu i listwach martenzytu – stale wysokochromowe (P91, P92, VM12-SHC).

Zachodzące zmiany rozkładu i wielkości wydzielen scharakteryzowano z użyciem metod statystycznych, które umożliwiły wyznaczenie teoretycznego rozkładu analizowanych zmiennych. Pozwoliło to na opis postępu degradacji mikrostruktury poprzez prognozę rozkładu wielkości wydzielen dla wybranego czasu ekspozycji w podwyższonej temperaturze. Przeprowadzona analiza statystyczna wzrostu wielkości wydzielen w temperaturze zbliżonej do temperatury długotrwałej eksploatacji tj. 550°C dla stali T23 i T24 oraz 600°C dla stali P91, P92 i VM12-SHC w długim okresie czasu wskazuje na ciągły, jednakże powolny proces wzrostu analizowanych wydzielen. Wzrost temperatury wyżarzania badanych stali o 50°C przyczynia się do znacznego zwiększenia dynamiki procesu ich wzrostu.

Uzyskane dane w trakcie powyżej omówionych badań pozwoliły na opisanie zmian mikrostruktury badanych materiałów w zależności od czasu i temperatury oraz ich wpływu na właściwości mechaniczne w temperaturze pokojowej i podwyższonej.

Opracowano szeroko udokumentowany atlas zmian mikrostruktury, poparty badaniami identyfikacji typu i miejsc występowania wydzielen.

Umożliwiło to zestawienie w jednym opracowaniu bazy danych obejmującej średnie średnice wydzielen dla różnych stanów materiału (poziomu degradacji wskutek długotrwałego oddziaływania temperatury). Było to podstawą do przeprowadzenia analizy statystycznej struktury zbioru rozumianego jako zbiór średnic wydzielen i ich rozkładu. Wykazano przez to, że struktura ta zmienia się w czasie, co w ostateczności opisano zmianami parametrów funkcji gęstości prawdopodobieństwa.

Parametry funkcji, czyli średnia logarytmów analizowanych zmiennych (μ) i odchylenie standardowe logarytmów zmiennych (σ) wykorzystano do opracowania prognozy średniej średnicy wydzielen i ich rozkładu dla dłuższych czasów wyżarzania. Możliwość porównania parametrów funkcji dla różnych stanów materiału zależnych od czasu i temperatury wyżarzania, dała podstawy do zastosowania, w ocenie stopnia degradacji eksploatowanych materiałów, metod prognozowania przez analogię.

W przedstawionej w pracy metodzie oceny stanu materiału i jego trwałości eksploatacyjnej przyjęto, że wpływ temperatury pracy badanych stali jest czynnikiem

dominującym w procesie degradacji poszczególnych składników fazowych struktury, a występujące ciśnienie rzeczywiste pary podczas eksploatacji ten proces jedynie przyspiesza.

Opracowany w pracy sposób oceny oparty na klasyfikacji głównych składowych struktury oraz o analizę pomiaru średnic występujących wydzielen umożliwia oszacowanie stopnia wyczerpania materiałów pracujących w podwyższonej temperaturze. W praktyce sposób ten stanowi podstawę określania bezpiecznego czasu przedłużonej eksploatacji ponad czas obliczeniowy.

Podsumowanie osiągnięcia naukowego

W pracy przedstawiono wyniki cyklu badań stali nowej generacji o osnowie ferrytycznej (T23, T24, P91, P92, VM12-SHC) rekomendowanych do zastosowań w kotłach parowych o parametrach nadkrytycznych oraz do modernizacji kotłów konwencjonalnych o parametrach podkrytycznych.

Badania obejmujące właściwości mechaniczne, analizę mikrostruktury, próby pełzania oraz statystyczną ocenę występujących wydzielen, ukierunkowano na przedstawienie postępującego procesu degradacji materiału wskutek długotrwałej ekspozycji w warunkach pełzania, co stanowiło poznawczy cel pracy. Celem naukowym pracy była materiałoznawcza interpretacja przyczyn zmian właściwości użytkowych i ich wpływu na trwałość eksploatacyjną stali pracujących w warunkach pełzania.

Przeprowadzona analiza zmian mikrostruktury badanych stali z wykorzystaniem skaningowej i transmisyjnej mikroskopii elektronowej, rentgenowskiej analizy składu fazowego występujących w badanych stalach wydzielen oraz zastosowanie metod ilościowej analizy obrazu umożliwia prognozę ich właściwości użytkowych, w szczególności trwałości eksploatacyjnej, rozumianej jako czas bezpiecznej eksploatacji w warunkach pełzania.

Istotnym osiągnięciem praktycznym wynikającym z przeprowadzonych badań jest możliwość zastosowania nieniszczących metalograficznych metod i technik badań do szacowania czasu bezpiecznej eksploatacji stali nowej generacji. Ułatwiają to przedstawione w pracy schematy klasyfikacji zmian mikrostruktury, poparte graficznym atlasem zmian mikrostruktury, wyznaczonymi średnicami wydzielen dla różnych stanów materiału i z przypisaną im główną klasą mikrostruktury ze stopniem wyczerpania.

Niniejsza praca w przekonaniu autora, jest opracowaniem monograficznym dotyczącym kompleksowej oceny trwałości eksploatacyjnej nowej generacji żarowytrzymałych stali o osnowie ferrytycznej z wykorzystaniem analizy ilościowej zmian

mikrostruktury i odpowiadających im właściwości mechanicznych znacząco wzbogacającym wiedzę na ten temat. Przedstawione w pracy badania wytrzymałości i trwałości elementów urządzeń energetycznych pracujących w warunkach pełzania były przedmiotem licznych publikacji autora (39 pozycji), w tym **dziewięciu jako głównego autora** publikacji w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej (wykaz poniżej).

Omówiony sposób oceny stanu materiału i jego trwałości eksploatacyjnej w szacowaniu przydatności do dalszej eksploatacji wraz z prognozą czasu dalszej bezpiecznej pracy został wykorzystany i zweryfikowany w praktyce w badaniach wykonywanych dla największych producentów energii elektrycznej: Enea Wytwarzanie S.A. – El. Kozienice, PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A.- El. Bełchatów, Opole Turów, TAURON Wytwarzanie S.A.- El. Jaworzno, El. Siersza, Veolia Energia Łódź, EDF Polska - Zespół Elektrociepłowni Wrocławskich „Kogeneracja. Dotyczyło to głównie oceny stanu wyjściowego gotowych elementów kotłów budowanych w kraju na nadkrytyczne parametry pracy oraz materiału elementów modernizowanych bloków, w których zastosowano stale nowej generacji.

1. **Zieliński A., Golański G., Sroka M. (2017). Influence of long-term ageing on the microstructure and mechanical properties of T24 steel. *Materials Science and Engineering A-Structural Materials Properties Microstructure and Processing*. 682. 664–672.**
2. **Zieliński A., Miczka M., Golański G. (2017). Forecasting the distribution of precipitate diameters in the presence of changes in the structure of the material. *Archives of Metallurgy and Materials*. 62. 283–290.**
3. **Zieliński A., Golański G., Dobrzański J., Sroka M. (2016). Creep resistance of VM12 steel. *Archives of Metallurgy and Materials*. 61. 1289–1294.**
4. **Zieliński A., Boryczko B., Miczka M., Sroka M. (2016). Forecasting in the presence of microstructural changes for the case of P91 steel after long-term ageing. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 16. 813–824.**
5. **Zieliński A., Sroka M., Miczka M., Śliwa A. (2016). Forecasting the particle diameter size distribution in P92 (X10CrWMoVNb9-2) steel after long-term ageing at 600 and 650°C. *Archives of Metallurgy and Materials*. 61. 753–760**

6. **Zieliński A.**, Purzyńska H., Dobrzański J., Golański G. (2016). Changes in properties and structure of high-chromium 9-12% Cr steels due to long-term exposure at elevated temperature. **Archives of Metallurgy and Materials**. 61, 957–964.
7. **Zieliński A.**, Golański G., Sroka M., Skupień P. (2016). Microstructure and mechanical properties of the T23 steel after long-term ageing at elevated temperature. **Materials at High Temperatures**. 33. 154–163.
8. **Zieliński A.**, Miczka M., Sroka M. (2016). The effect of temperature on the changes of precipitates in low-alloy steel. **Materials Science and Technology**. 32. 1899–1910.
9. **Zieliński A.**, Golański G., Sroka M. (2016). Assessment of microstructure stability and mechanical properties of X10CrWMoVNb9-2 (P92) steel after long-term thermal ageing for high-temperature applications. **Kovove Materialy-Metallic Materials**. 54. 61–70.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych, organizacyjnych i dydaktycznych

5.1. Działalność prowadzona przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych

W roku 1995 ukończyłem Technikum Mechaniczne w Technicznych Zakładach Naukowych w Częstochowie i uzyskałem dyplom technika o specjalności budowa maszyn. W tym samym roku rozpocząłem studia dzienne na kierunku Inżynieria Materiałowa na Wydziale Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Politechniki Częstochowskiej. Studia te ukończyłem w roku 2000 obroną pracy magisterskiej pt. „Stan obróbki cieplnej a odporność na pękanie stali X60”. Temat pracy magisterskiej był przedmiotem mojej pierwszej publikacji i publicznego wystąpienia na Konferencji – II Szkoła Inżynierii Powierzchni, Młodzi inżynierowie w integracji z Unią Europejską (2001)

W październiku 2000 roku zostałem zatrudniony w Instytucie Metalurgii Żelaza w Gliwicach, początkowo na stanowisku inżynierijno-technicznym, a od roku 2003 na stanowisku asystenta.

Od początku swojej pracy zawodowej specjalizowałem się w badaniach materiałów do pracy w podwyższonej temperaturze. Moje pierwsze samodzielne prace dotyczyły opanowania technik badawczych w laboratoriach: Metalografii, Badań Własności Mechanicznych oraz Laboratorium Pełzania. Po zdobyciu niezbędnego doświadczenia w planowaniu i wykonywaniu prac badawczych realizowałem prace z zakresu badań

eksploatowanych i nowowprowadzonych materiałów do zastosowań w urządzeniach ciśnieniowych pracujących w podwyższonej temperaturze w przemyśle energetycznym, chemicznym i petrochemicznym. Badania te w szczególności dotyczyły procesów zmian mikrostruktury, rozwoju uszkodzeń wewnętrznych oraz zmian właściwości mechanicznych spowodowanych długotrwałą eksploatacją, szczególnie w warunkach pełzania i zmęczenia.

Pierwsze prace badawcze, w których byłem współwykonawcą badań, realizowane były w ramach *Projektu Zamawianego PBZ-KBN 12/T8/T10/99 dotyczącego weryfikacji i wyboru stali do zastosowań w energetyce nadkrytycznej*. Częściowo zaplanowane w ramach tego projektu badania wpływu temperatury i naprężenia na trwałość eksploatacyjną stali dla energetyki, z racji ich długotrwałej ekspozycji w podwyższonej temperaturze, są dotąd przedmiotem moich badań.

Zagadnienie diagnostyki elementów ciśnieniowych kotłów, a tym samym opracowywania metod i procedur szacowania trwałości resztkowej, rozumianej jako czas bezpiecznej eksploatacji elementów ciśnieniowych kotła poza obliczeniowy czas pracy było po raz pierwszy przedmiotem moich badań w *Projekcie Celowym nr 7 T08B 254 2000 C/5153: „Modernizacja węzłów przegrzewaczy instalacji ciśnieniowej wysokoprężnych kotłów parowych”*. Jako współwykonawca projektu realizowałem badania stali po długotrwałej eksploatacji w zakresie oceny mikrostruktury, ich właściwości wytrzymałościowych, a przede wszystkim w wyznaczaniu w skróconych próbach pełzania tzw. trwałości resztkowej i rozporządzalnej trwałości resztkowej. Podczas realizacji projektu wykonywałem również prace dotyczące weryfikacji wyników skróconych prób pełzania względem długotrwałych badaniach pełzania. Możliwość ich zastosowania w diagnostyce materiałowej elementów kotłów jest również przedmiotem wielu późniejszych opracowań i publikacji w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym indeksowanych w bazie Web of Science. Promocja wyników badań nie tylko w kraju ale również poza jego granicami przyczyniła się do wdrożenia i bezpiecznego stosowania opracowanych procedur w diagnostyce krytycznych elementów kotłów pracujących w warunkach pełzania.

Zdobyte doświadczenie w realizacji prac badawczych i wykorzystaniu ich wyników w praktyce, było pomocne w realizacji międzynarodowych programów badawczych *COST 536 pt.: „Alloy Development for Critical Components of Environmentally Friendly Power Plant (Accept), (2005-2009) oraz COST 538 pt.: High temperature plant life time extension, (2005-2008)*. Udział w międzynarodowych programach COST dał mi nie tylko pełny dostęp do wyników badań uzyskiwanych w wiodących europejskich ośrodkach badawczych ale również umożliwił mi pozyskiwanie z Unii Europejskiej nowych materiałów do badań.

Wyniki badań w ramach programów COST prezentowane były na licznych spotkaniach w międzynarodowych grupach roboczych między innymi w: Polsce (Kraków), Niemczech (Berlin, Jülich), Austrii (Baden), Włoszech (Bergamo, Mediolan), Wielkiej Brytanii (Cranfield), Hiszpani (Fuerteventura) oraz na międzynarodowych konferencjach Advances in Materials Technology for Fossil Power Plants, Florida (2008); 3rd International Conference on Integrity of High Temperature Welds, Londyn (2007), Materials for Advanced Power Engineering, Julich (2010), Liege (2014).

W roku 2004 podjąłem studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej o kierunku - *Fizyczne i matematyczne modelowanie procesów technologicznych*, które ukończyłem w 2007 roku. Rok później obroniłem pracę doktorską pt.: *Prognozowanie trwałości resztkowej staliwnych elementów rurociągów pracujących w warunkach pełzania i zmęczenia*”, której promotorem był prof. dr hab. inż. Adam Hernas. Praca poświęcona była analizie wpływu warunków pełzania i wpływu niskocyklowego zmęczenia na zmiany zachodzące w mikrostrukturze i właściwościach mechanicznych elementów wykonanych z niskostopowego staliwa L21HMF po długotrwałej eksploatacji. Opisane w pracy wyniki umożliwiły poszerzenie wiedzy z zakresu inżynierii materiałowej, związanej z procesami degradacji mikrostruktury i właściwości staliw oraz metod ich oceny i wyznaczaniu czasu dalszej eksploatacji poza obliczeniowy czas pracy. Wyniki prowadzonej przeze mnie pracy naukowo – badawczej w okresie przed uzyskaniem stopnia doktora prezentowałem na 12 konferencjach naukowych i w postaci 23 publikacji w czasopiśmie naukowych i materiałach konferencyjnych.

5.2. Działalność prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych awansowałem na stanowisko adiunkta i od 01.04.2008 roku – do chwili obecnej pracuję na tym stanowisku w Zakładzie Badań Materiałów dla Energetyki Instytutu Metalurgii Żelaza w Gliwicach. Po obronie pracy doktorskiej kontynuuję badania stali i stopów dla energetyki, co pozwala mi na pogłębienie wiedzy z zakresu procesów i mechanizmów degradacji mikrostruktury i właściwości mechanicznych tych materiałów.

W roku 2010 w ramach realizowanego corocznie konkursu zostałem nagrodzony 3-letnim stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla wybitnych młodych naukowców.

W roku 2011 otrzymałem powołanie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego na członka Zespołu interdyscyplinarnego do spraw oceny wniosków o przyznanie nagrody Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za wybitne osiągnięcia naukowe lub naukowo-techniczne, które jest jednym z najbardziej prestiżowych wyróżnień w polskiej nauce.

W swojej pracy naukowej zajmuję się także rozwojem metod badań pełzania ze szczególnym uwzględnieniem opracowywania danych eksperymentalnych z przyspieszonych prób pełzania. W ramach tego tematu odbyłem szkolenie w zakresie prowadzenia badań pełzania – w Instron Grove City USA, w sierpniu i wrześniu 2004. Przyczyniło się to do usprawnienia prac związanych z modernizacją laboratorium pełzania- czego skutkiem było opracowanie systemu (SPP- System Prób pełzania), którego jestem współautorem. System ten umożliwia sterowanie, kontrolę, wizualizację i archiwizację wyników prób pełzania z równoczesnym monitorowaniem środowiska i utrzymaniem temperatury w laboratorium na stałym poziomie. **Rozwiązania informatyczne i zastosowane w systemie układy sterowania zapewniają warunki prób pełzania znacznie przewyższając wymagania obowiązującej normy.** Zagadnienie to jest szczególnie interesujące gdyż w wyniku wzrostu temperatury i/lub wzrostu naprężenia następuje wzrost wartości odkształcenia i zmiana kształtu krzywych pełzania. Przy małych wartościach naprężenia lub niższej temperaturze, lecz wyższej od granicznej, krzywe pełzania są bardzo płaskie i przy próbach pełzania o krótkim czasie do zerwania nie wykazują trzeciego etapu pełzania. Z kolei przy wysokich wartościach naprężenia i/lub poziomemu temperatury, krzywe pełzania są strome, co prowadzi do szybkiego zerwania próbki, a tak uzyskana krzywa pełzania jest trudna w interpretacji ze względu na szybkość zachodzących zmian. Z tych powodów dokładność pomiarów badań jest trudna, a zarazem bardzo istotna.

W latach 2006-2009 byłem wykonawcą projektu rozwojowego nr R06 012 03 pt.: „Opracowanie systemu oceny stanu materiału i przewidywanie czasu bezpiecznej eksploatacji ciśnieniowych elementów i urządzeń energetycznych pracujących w podwyższonej temperaturze”. Projekt ten był realizowany między innymi dla ustalenia jednolitych praktyk kontrolno - badawczych w sektorach przemysłowych uznanych za krytyczne, w tym i dla energetyki, dotyczący monitorowania działania urządzeń i diagnostyki w zakresie kompleksowej oceny, analizy stanu i prognozowania pracy urządzeń. Był on uzupełnieniem wiedzy w zakresie doboru i kwalifikacji współczesnych metod i pomiarów diagnostycznych w oparciu o aktualną wiedzę naukową oraz specyficzne doświadczenia użytkownika i diagnozowania takich urządzeń w warunkach krajowych. Opracowana została oryginalna metoda wyznaczania dopuszczalnych szybkości nagrzewania i ochładzania grubościennych

elementów maszyn i urządzeń energetycznych stanowiąca znaczny postęp w stosunku do obowiązujących przepisów.

W roku 2011 rozpocząłem realizację autorskiego projektu *nr 2011/01/D/ST8/07219 (2011-2016) finansowanego z Narodowego Centrum Nauki pt.: „Modelowanie trwałości materiałów dla nowoczesnej energetyki na podstawie prób pełzania”*, którego byłem kierownikiem. Celem projektu była ocena zachowania materiałów i ich połączeń spawanych w warunkach pełzania oraz opracowanie modelu prognozowania trwałości eksploatacyjnej. Badania przeprowadzono na materiałach elementów przegrzewaczy pary, w postaci rur cienkościennych z obwodowymi połączeniami spawanymi, wykonanych ze stali HR3C i nadstopu niklu Inconel 617. **Wyniki projektu są wykorzystywane w projektowaniu kotłów nadkrytycznych, w ocenie i prognozowaniu trwałości resztkowej i rozporządzalnej trwałości resztkowej elementów będących w eksploatacji oraz w przyszłości, w ocenie elementów, które przekroczyły założony obliczeniowy czas pracy.**

W ramach moich zainteresowań naukowych niezmiennie od ponad 16 lat zajmuję się oceną trwałości resztkowej i rozporządzalnej trwałości resztkowej elementów ciśnieniowych pracujących w warunkach pełzania, które przekroczyły obliczeniowy czas pracy. Złożoność tego problemu nie została w sposób szczegółowy opisana dla złączy spawanych, zarówno tych eksploatowanych jak i złączy naprawczych, rozumianych jako ponowne spawanie materiałów elementów będących w eksploatacji oraz materiałów nowych z materiałami o różnym stopniu degradacji. W związku z powyższym w 2015 roku w ramach konkursu na projekty badań stosowanych uzyskałem finansowanie projektu *nr PBS3/B5/42/2015 (2015-2017) pt.: „Metodyka, ocena i prognoza eksploatacji powyżej obliczeniowego czasu pracy złączy spawanych elementów ciśnieniowych kotłów energetycznych”*

W projekcie wykonywane są badania stali 13HMF, 10H2M i 15HM i ich złączy spawanych. Stale te były bowiem najbardziej popularnymi gatunkami stosowanymi na rurociągi pary w krajowej energetyce, które w dalszym ciągu są eksploatowane mimo znacznego przekroczenia obliczeniowego czasu pracy. Tak długotrwała eksploatacja, często powyżej 200 tysięcy godzin i możliwość dalszego przedłużenia ich pracy związana jest przede wszystkim z dotychczasowymi parametrami pracy (często niższych od parametrów obliczeniowych), rozwiązaniami konstrukcyjnymi oraz stosowanym współczynnikiem bezpieczeństwa, zakładającym duży margines z tytułu niewiedzy o właściwościach stali na etapie ich wprowadzania do eksploatacji.

W całym okresie mojej pracy naukowej jestem autorem lub współautorem ponad 300 opracowań naukowo-badawczych, ekspertyz i orzeczeń wykonywanych dla przemysłu

energetycznego i petrochemii na bezpośrednie zlecenie największych elektrowni zawodowych, a między innymi: Elektrowni Bełchatów, Koźlenice, Dolna Odra, Rybnik, Połaniec, Pątnów-Adamów-Konin; Elektrociepłowni: ZEC Łódź, ZEC Bydgoszcz, ZEC Warszawskich, EC Kraków, EC Białystok, Kogeneracja Wrocław oraz PKN Orlen i innych zakładów chemicznych. Prace te w większości dotyczyły wykonania kompleksowych badań diagnostycznych nieniszczącymi i niszczącymi metodami badań, krytycznych elementów kotła jak: walczaki, komory, kolektory zbiorcze, regulatory temperatury, rurociągi komunikacyjne. Opierając się na zgromadzonej i ciągle uzupełnianej bazie danych materiałowych, wydawane są orzeczenia o części ciśnieniowej kotła i wyznaczany czas dalszej bezpiecznej eksploatacji do następnego przeglądu. Prace te często ukierunkowane są na modernizację części ciśnieniowej kotła zastępując wyeksploatowane elementy elementami wykonanymi z nowych gatunków stali. W tym zakresie istotnym jest poznanie zachowania się połączeń spawanych materiałów po eksploatacji z materiałami w stanie wyjściowym w warunkach pełzania. W tym zakresie wykonuję również szereg badań (Projekt nr PBS3/B5/42/2015), których wyniki z powodzeniem wykorzystywane są w pracach modernizacyjnych eksploatowanych w Polsce i Europie bloków energetycznych, przedłużając ich dalszą bezpieczną pracę niekiedy nawet o 60% w stosunku do obliczeniowego czasu pracy. Przykładem mogą być prace wykonane dla El. Bełchatów, El. Tuzla (Bośnia i Hercegowina) czy El. Yenikoy (Turcja).

Oprócz wyżej wymienionych prac współpracuję bezpośrednio z wiodącymi w Polsce producentami kotłów Rafako S.A. i SEFAKO S.A. oraz producentem armatury i rurociągów CHEMAR S.A. Współpraca ta obejmuje nie tylko diagnostykę ale również prace badawcze umożliwiające wdrażanie nowych gatunków stali i ciągłą rejestrację zachowania się tych materiałów w warunkach pracy. Ma to szczególne znaczenie, gdyż nowowprowadzone materiały wymagają dalszego poznania również w warunkach eksploatacyjnych.

Dalszy swój rozwój naukowy wiąże nadal z problematyką badań materiałów na elementy ciśnieniowe dla potrzeb energetyki. W tym zakresie szczególnym przedmiotem moich zainteresowań są stale wysoko-niklowe, wysoko-chromowe oraz nadstopy niklu stosowane na elementy kotłów ultranadkrytycznych (USC) i związany z tym rozwój metod badawczych, głównie pełzania wysokotemperaturowego. Poznanie właściwości tych materiałów, ich weryfikacja oraz opracowanie ich charakterystyk materiałowych pozwoli na zwiększenie sprawności jednostek energetycznych oraz redukcję emisji zanieczyszczeń środowiska.

Mój opublikowany dorobek naukowy obejmuje łącznie 133 prace, w tym 110 po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych. Łącznie 81 publikacji zostało opublikowane w recenzowanych czasopismach zagranicznych i krajowych, z czego 26 w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej, dla których indeks Hirscha wynosi 7, a sumaryczna liczba cytowań wynosi 121 -wg bazy Web of Science, 191 wg bazy Scopus, 597-wg bazy google scholar. Sumaryczne zestawienie opublikowanego dorobku naukowo-badawczego przedstawiono w poniższych tabelach. Całkowita liczba punktów obliczonych według MNiSW za dorobek naukowy wynosi 1141.

Tabela 1. Wykaz publikacji naukowych zamieszczonych w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC) wraz z punktacją MNiSW (wg załącznika A do komunikatu MNiSW z dn. 23.12.2015)

Czasopismo-liczba publikacji czasopiśmie	Rok publikacji	Liczba publikacji	Impact Factor zgodnie z rokiem opublikowania/5 letni	Aktualna punktacja MNiSW
Journal of Vibroengineering	2012	1	0,452/0,356	15
Archives of Metallurgy and Materials	2014	1	1,090**/0,943	30
Materialwissenschaft und Werkstofftechnik	2015	1	0,393/0,424	15
MATERIALS TESTING	2015	1	0,266/0,236	15
Archives of Metallurgy and Materials	2015	2	1,090**/0,943	30
KOVOVE MATERIALY-METALLIC MATERIALS	2016	1	0,365/0,438	15
MATERIALS AT HIGH TEMPERATURES	2016	2	0,709/0,567	20
MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY	2016	2	1,008/0,961	25
Archives of Metallurgy and Materials	2016	7	1,090**/0,943	30
Archives of Civil and Mechanical Engineering	2016	1	2,194/1,808	30
Metalurgija	2017	1	0,959**/0,848	25
Materials Science and Engineering: A	2017	1	2,647*/2.959	35
Oxidations of Metals	2017	1	1,276/1,548	35
Archives of Metallurgy and	2017	2	1,090**/0,943	30

Materials				
Journal of Materials Engineering and Performance	2017	1	1,094*/1,131	20
Metals	2017	1	1,574*/1,495	25
International Journal of Pressure Vessels and Piping	2017	1	1,432/1,681*	35
Razem	2012-2017	27	27,912/27,296	685

***impact factor za rok 2014, *impact factor za rok 2015*

Tabela 2. Wykaz publikacji naukowych zamieszczonych w czasopismach krajowych i międzynarodowych wraz z punktacją MNiSW (wg załącznika B do komunikatu MNiSW z dn. 23.12.2015)

L.p.	Czasopismo	Aktualna punktacja MNiSW	Liczba publikacji	Suma punktów wg MNiSW
1	Archives of Materials Science and Engineering	13	17	221
2	Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering	12	10	120
3	Prace Instytutu Metalurgii Żelaza	7	10	70
4	Hutnik – Wiadomości Hutnicze	7	1	7
5	Inżynieria Materiałowa	13	1	13
6	Dozór techniczny	5	1	5
7	Energetyka	4	5	20
8	Spajanie Materiałowych Konstrukcyjnych	-	2	-
9	Energetyka – Zeszyty tematyczne	-	5	-
Razem			55	456

Jestem również głównym autorem lub współautorem:

- 7 rozdziałów w monografii „Bloki o nadkrytycznych parametrach pracy” pod redakcją prof. dr hab. inż. Adam Hernasa, Bełchatów 2015, ISBN: 978-83-60837-93-1,

- 2 rozdziałów w monografii „Materiały i technologie stosowane w budowie kotłów o parametrach nadkrytycznych o temperaturze pary do 700°C”, Gliwice 2013; ISBN 978-83-60837-68-9.

Recenzje

Na prośbę redaktora czasopisma *Archives of Materials Science and Engineering* byłem recenzentem 12 artykułów, czasopisma *Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering* – 7 artykułów, czasopisma *Metals* – 1 artykuł, *International Journal of Materials Research* – 1 artykuł, *Inżynieria Materiałowa*- 1 artykuł, *Hurnik- Wiadomości Hutnicze* -1 artykuł.

Nagrody

- *Stypendium naukowe* dla wybitnych młodych naukowców przyznane przez Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa 22.07.2010.
- *Członek Zespołu Interdyscyplinarnego* do oceny wniosków o przyznanie nagrody Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za wybitne osiągnięcia naukowe lub naukowo-techniczne, 2011.
- Złoty medal na Międzynarodowej Warszawskiej Wystawie Wynalazków „IWIS 2015” za „*Prognozowania trwałości elementów pracujących w warunkach pełzania z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji*”
- Brązowy medal w Ogólnopolskim Konkursie im. Stanisława Staszica na najlepsze produkty innowacyjne „Laur innowacyjności 2015” za „*System oceny trwałości eksploatacyjnej materiałów dla energetyki*”
- Złoty medal na ARCA – International Innovation Exhibition za „*Computer simulation of residual life of steel elements working in creep service with the use of artificial neural networks*”
- Dyplom Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za projekt pod nazwą: „*Prognozowania trwałości elementów pracujących w warunkach pełzania z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji*”, 2015.
- Srebrny medal na Międzynarodowej Wystawie Innowacji KIWIE 2016 organizowanej w Seulu za „*Prognozowanie trwałości eksploatacyjnej stali niskostopowych po długotrwałym starzeniu*”.

Współpraca z przemysłem

W ramach współpracy z przemysłem jestem autorem lub współautorem ponad 300 opracowań naukowo-badawczych, ekspertyz i orzeczeń wykonywanych dla przemysłu energetycznego i petrochemii na bezpośrednie zlecenie największych elektrowni zawodowych, a między innymi: Elektrowni Bełchatów, Kozienice, Dolna Odra, Rybnik, Połaniec, Pątnów-Adamów-Konin; Elektrociepłowni: ZEC Łódź, ZEC Bydgoszcz, ZEC Warszawskich, EC Kraków, EC Białystok, Kogeneracja Wrocław oraz PKN Orlen i innych zakładów chemicznych. Prace te w większości dotyczyły wykonania kompleksowych badań diagnostycznych nieniszczącymi i niszczącymi

metodami badań krytycznych elementów kotła. Wynika to z charakteru działalności Instytutu Metalurgii Żelaza jaką jest w głównej mierze współpraca z przemysłem, realizowana poprzez: wdrażanie wyników badań, wykonywanie prac badawczych i ekspertyz oraz wsparcie techniczne.

6. Osiągnięcia w pracy dydaktycznej

W okresie swojej pracy zawodowej byłem konsultantem kilku prac magisterskich związanych z problematyką stali i stopów przeznaczonych do pracy w podwyższonej temperaturze, realizowanych przez studentów Politechniki Śląskiej i Częstochowskiej. Byłem również opiekunem prowadzonych w Instytucie praktyk studenckich uprzednio przygotowując ich program. Z racji charakteru pracy w Instytucie Metalurgii Żelaza, który jest jednostką naukowo – badawczą, nie są prowadzone zajęcia dydaktyczne. Niemniej wygłaszam referaty zamawiane i prowadzę cykliczne szkolenia dla pracowników inżyniersko-technicznych i specjalistów z przedsiębiorstw branży energetycznej i Urzędu Dozoru Technicznego w zakresie badań materiałów dla energetyki, problematyki wytwarzania i eksploatacji, diagnostyki oraz zasad i sposobów oceny stanu i przedłużania eksploatacji poza obliczeniowy czas pracy. Byłem również promotorem pomocniczym pracy doktorskiej, która zakończona została w wyróżnieniu w roku 2016.

7. Osiągnięcia w pracy organizacyjnej

Od początku swojej pracy w Instytucie Metalurgii Żelaza biorę czynny udział w działalności organizacyjnej. W latach 2000-2001 byłem współautorem wdrażanego Systemu nadzoru i kontroli laboratorium pełzania. W latach 2007-2008 współtworzyłem nową koncepcję gruntownej przebudowy i zmiany zarządzania systemem do sterowania prób pełzania. Byłem członkiem Rady Naukowej Instytutu Metalurgii Żelaza. Udzielałem się również w organizacji konferencji naukowo – technicznych organizowanych przez IMŻ w latach (2005, 2010 i 2015). Obecnie jestem członkiem Rady Naukowej Centrum Nanotechnologii Politechniki Śląskiej oraz członkiem Kolegium Instytutu Metalurgii Żelaza.

8. Zestawienie ważniejszych osiągnięć

Tabela 3. Zestawienie ważniejszych osiągnięć

Kryterium według § 3 p.4, §4 i §5 Rozporządzenia	Wypełnienie kryterium (tak/nie i liczba)
Publikacje naukowe w czasopiśmie znajdujące się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	Tak/26
Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne	Tak/6
Udzielone patenty, zgłoszenia patentowe międzynarodowe i krajowe	Nie
Wynalazki oraz wzory użytkowe i przemysłowe, które uzyskały ochronę i zostały wystawione na międzynarodowych lub krajowych	Tak/6

Kryterium według § 3 p.4, §4 i §5 Rozporządzenia	Wypełnienie kryterium (tak/nie i liczba)
wystawach lub targach	
Monografie, publikacje naukowe w czasopiśmie międzynarodowych lub krajowych	Tak/66
Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz, utworów i dzieł artystycznych	Tak/22
Materiały konferencyjne	Tak/19
Sumaryczny impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania	27,912
Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS)/Scopus	121/191
Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS)/ Scopus	7/9
Kierowanie międzynarodowymi i krajowymi projektami badawczymi oraz udział w takich projektach	Tak/10
Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową	Tak/1
Wygłoszenie referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach oraz aktywny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych	Tak/42
Uczestnictwo w programach europejskich i innych programach międzynarodowych lub krajowych	Tak/2
Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych/Udział w organizacji konferencji międzynarodowych	Tak/2
Otrzymane nagrody i wyróżnienia (inne niż wymienione powyżej)	Tak/2
Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	Nie
Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków polskich i zagranicznych oraz z przedsiębiorcami	Tak/4
Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	Nie
Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych	Tak/1
Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki lub sztuki	Tak
Opieka naukowa nad studentami	Tak/7
Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego	Tak/1
Staż w zagranicznych i krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich	Tak/1
Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie	Tak/ponad 300
Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	Tak/1
Recenzowanie projektów międzynarodowych i krajowych oraz publikacji w czasopiśmie międzynarodowych i krajowych	Tak/23

