



Bydgoszcz, 20 sierpnia 2025

dr hab. inż. Łukasz Pejkowski, prof. PBS
Katedra Mechaniki i Metod Komputerowych
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Benard Kiptoo Kipsang
pt. „Ocena odporności na pękanie elementów grubościennych kotłów energetycznych po
długotrwałym użytkowaniu” (*Assessment of Fracture Development in Thick-Walled Elements*
***of Power Boilers after Long-Time Operation*)**

Podstawą formalną opracowania recenzji jest uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej z dnia 24 czerwca 2025, w sprawie powołania recenzentów przedmiotowej rozprawy doktorskiej.

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do oceny praca doktorska Pana mgr inż. Benard Kiptoo Kipsang dotyczy badań wpływu długotrwałej eksploatacji w warunkach podwyższonej temperatury i obciążeń mechanicznych na odporność na pękanie i zachowanie pęknięć w materiałach stosowanych w energetyce, w tym przede wszystkim stali żarowytrzymałej 14MoV6-3. Jest to zagadnienie bez wątpienia istotne. Obecnie kładzie się duży nacisk na przechodzenie ze spalania paliw kopalnych na odnawialne źródła energii, a także na zużywanie mniejszej ilości materiałów konstrukcyjnych i zasobów naturalnych w celu redukcji emisji dwutlenku węgla. Mimo to, w Polsce ciepłne elektrownie konwencjonalne nadal odgrywają bardzo ważną rolę w zapewnieniu dostaw energii. Liczne z bloków tych elektrowni przekroczyły projektowy czas eksploatacji. Powoduje to wzrost ryzyka powstawania i rozwoju pęknięć, zwłaszcza w kontekście pracy elementów konstrukcyjnych w wysokiej temperaturze, pod ciśnieniem oraz w warunkach obciążeń zmiennych. Zapewnienie

ich bezpiecznej i możliwej do planowania dalszej eksploatacji jest zatem ważne. Podjęta w rozprawie doktorskiej tematyka jest więc jak najbardziej właściwa i aktualna.

Zastosowane metody badawcze obejmowały eksperymentalne badania właściwości mechanicznych, symulacje numeryczne, jak również obserwację powierzchni przełomów oraz analizę mikrostruktury materiałów i zmian w niej zachodzących. Badano także relacje pomiędzy mikrostrukturą materiałów, a ich właściwościami mechanicznymi. W mojej ocenie pozwala to zakwalifikować rozprawę do dyscypliny inżynieria materiałowa.

Rozprawa doktorska ma łączną objętość 163 stron formatu A4. Podzielona została na siedem rozdziałów zajmujących wraz z bibliografią 145 stron, poprzedzonych spisem treści, listami tabel i rysunków, wykazem oznaczeń oraz streszczeniem w trzech językach. Na końcu zamieszczono załącznik z listą współautorskich publikacji Doktoranta oraz wystąpień konferencyjnych.

W **rozdziale pierwszym** przedstawiono wstęp do tematyki rozprawy oraz genezę i motywację do realizacji badań. Następnie zapisany jest główny cel, cele szczegółowe i zakres pracy. Zamieszczono również syntetyczny opis treści poszczególnych rozdziałów. Nie została sformułowana hipoteza lub hipotezy badawcze.

Rozdział drugi stanowi przegląd stanu wiedzy w tematyce i zakresie rozprawy. Dotyczy on podstawowych informacji z obszaru mechaniki pękania, współczesnych metod badawczych i zaleceń normatywnych dotyczących odporności materiałów na pękanie oraz gatunków stali stosowanych w energetyce cieplnej.

Kolejne rozdziały prezentują badania własne Doktoranta. Stanowią one najobszerniejszą część rozprawy i obejmują 93 strony. **Rozdział trzeci** opisuje wyniki badań odporności na pękanie staliwa G17CrMoV5-10 oraz stali 14MoV6-3. Próbkę do badań zostały wykonane z fragmentów zaworu oraz prostoliniowego odcinka rury będących częściami zespołu turbiny parowej wycofanej z eksploatacji po ponad 100 tys. godzin pracy. Do pomiaru otwarcia pęknięcia zastosowano ekstensometr mechaniczny. Przeprowadzono również obliczenia MES z wykorzystaniem oprogramowania Abaqus, a także obserwację przełomów i mikrostruktury, stosując mikroskopię optyczną.

W **rozdziale czwartym** przedstawione zostały wyniki badań pęknięć próbek wykonanych ze stali 14MoV6-3 obciążonych w trybie mieszanym I/III. Materiał badano w stanie dostawy, bez historii eksploatacji, pełzania, czy też starzenia. Do obserwacji rozwoju pęknięć zastosowano system DIC (cyfrowej korelacji obrazu). Przyrost długości pęknięcia monitorowany był również

metodą spadku potencjału elektrycznego (DCPD). Zastosowano model MES do wyznaczenia wartości całki J. Dokonano także analizy przełomów za pomocą mikroskopii SEM.

Badania opisane w **rozdziale piątym** dotyczyły stali 14MoV6-3 poddanej pełzaniu w wysokiej temperaturze w celu odtworzenia warunków pracy materiału. Pomiar rozwarcia pęknięcia (CMOD) prowadzony był z zastosowaniem dwóch ekstensometrów mechanicznych. Ponownie użyto również metody spadku potencjału elektrycznego. Po realizacji badań mechanicznych przeprowadzono obserwację powierzchni przełomów próbek oraz ich powierzchni bocznych.

W ramach badań przedstawionych w **rozdziale szóstym** porównano wpływ pełzania w wysokiej temperaturze oraz starzenia izotermicznego na pękanie stali 14MoV6-3. Do pomiaru odkształceń próbek w trakcie testów mechanicznych ponownie zastosowano metodę DIC. Wpływ pełzania i starzenia na strukturę materiału zbadano poprzez analizę zgładów metalograficznych oraz powierzchni przełomów. Ponadto, użyto oprogramowania Thermo-Calc do symulacji przemian fazowych oraz powstawania wydzieli.

Rozdział siódmy prezentuje ogólne podsumowanie wyników badań, dyskusję oraz syntetyczne wnioski. Zamieszczono także propozycje kierunków dalszych badań.

Załączona **bibliografia** obejmuje 183 pozycje, choć z powodu licznych błędów w odwołaniach do nich, omówionych szczegółowo poniżej, trudno ocenić czy rzeczywiście wszystkie wymienione źródła zostały w rozprawie wykorzystane. Zdecydowana większość pozycji literaturowych pochodzi z ostatnich 10–20 lat.

2. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Lektura tekstu rozprawy nasuwa pewne uwagi i pytania, które zapewne w znacznej mierze mają charakter subiektywny. Stanowią one mogą przyczynek do dyskusji podczas publicznej obrony rozprawy.

2.1. Uwagi ogólne

Rozprawa jest bardzo słabo przygotowana pod względem redakcyjnym i edytorskim. W pewnych częściach sprawia wręcz wrażenie opracowanej bez należytej staranności. Tekst zawiera bardzo dużą liczbę podstawowych błędów ortograficznych i interpunkcyjnych. Pojawiają się błędy w pisowni nazwisk, np. poisons ratio zamiast Poisson's ratio, Boroski zamiast Boroński, Gabra zamiast Graba itd. Zdarzają się wyrazy zapisane wielką literą w środku zdania, różne style akapitów (np. interlinia), krój czcionek (nawet w pojedynczym wyrazie!), powtórzenia dokładnie

tych samych zdań w różnych miejscach, podział tabeli na dwie strony bez powtórzenia nagłówka i informacji o kontynuacji, czy zdania niekompletne.

Równania, zmienne i symbole wielkości matematycznych są prawie w całości źle i chaotycznie sformatowane, co istotnie utrudnia czytanie rozprawy. W literaturze technicznej i naukowej obowiązuje dość spójna zasada typograficzna dotycząca wzorów matematycznych. Normy takie jak seria ISO 80000 jasno wskazują, że zmienne i symbole wielkości fizycznych należy zapisywać kursywą, natomiast zdefiniowane funkcje, operatory i symbole jednostek fizycznych czcionką prostą. Powyższe dotyczy także indeksów dolnych i górnych, które w rozprawie zapisane są w zasadzie w sposób losowy. Przykładowo, na stronie 12 można znaleźć symbol współczynnika śpiętrzenia naprężeń zapisany jako K_t , Kt oraz K_t . W wielu przypadkach czytelnik musi się domyślać, czy zapis taki jak $b_0\sigma_y$ należy interpretować tak, jak został zapisany, czy też Doktorant miał na myśli $b_0\sigma_y$. Zastanawiające jest w kontekście przytoczonych niedociągnięć to, że w niektórych fragmentach rozprawy znajdują się formuły matematyczne zapisane całkowicie prawidłowo, np. (2.9) i (2.10). Współczesne edytory tekstu, czy systemy takie jak LaTeX pozwalają na stosunkowo łatwe zapanowanie nad nawet obszernym tekstem i błędy w ilości takiej jak w ocenianej rozprawie doktorskiej nie powinny się znaleźć.

Problem prawidłowego i konsekwentnego formatowania oraz jakości dotyczy także zamieszczonych w rozprawie zdjęć i rysunków. Jeżeli rysunek składa się z kilku części, to bardzo często nie są one odpowiednio podpisane, czy ponumerowane i nie są wyrównane względem siebie. Rysunki nie są także jednolicie wyrównane względem stron. Zdarzają się rysunki zdeformowane poprzez zaburzenie proporcji pomiędzy ich wysokością i szerokością. Część rysunków sprawia wrażenie fotokopii o niskiej jakości, a nawet zdjęć odręcznych szkiców. Problem stanowi również tekst umieszczony na rysunkach. W opracowaniach o charakterze naukowym przyjmuje się zwykle, że powinien mieć on rozmiar oraz krój czcionki tożsamy z tekstem akapitu lub przynajmniej jednolity styl. W ocenianej rozprawie występuje jednak duża mozaika stylów tekstu na rysunkach. Wymienione powyżej błędy i wady wpływają negatywnie nie tylko na estetykę rozprawy, ale także powodują, że niektóre z rysunków są trudne do odczytania. Uważam, iż Doktorant pisząc rozprawę doktorską w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych powinien sprawniej posługiwać się oprogramowaniem graficznym, w tym oprogramowaniem CAD.

Liczne błędy dotyczą również bibliografii oraz odwołań do jej elementów zawartych w tekście rozprawy. Powszechną zasadą jest, że w przypadku publikacji wieloautorskiej, wymienia się nazwisko pierwszego autora z dopiskiem „i inni” i podaje numer pozycji w bibliografii. Natomiast

w cytowaniach zamieszczonych w tekście rozprawy bywa, że pojawiają się nazwiska autorów wymienione w pozycji źródłowej w dalszej kolejności. Poważniejszym uchybieniem jest jednak to, że w licznych przypadkach przywołane w tekście nazwiska autorów nie pokrywają się z daną pozycją w bibliografii. Rodzi to wątpliwości, czy te i pozostałe cytowania są prawidłowe. Podobnie jak w przypadku edycji tekstu i grafiki, obecnie dostępne są liczne menedżery bibliografii pomagające w jej porządkowaniu i edycji.

Druga uwaga ogólna, zapewne dyskusyjna, dotyczy sposobu w jaki zaprezentowano w rozprawie badania własne w rozdziałach od trzeciego do szóstego. Każdy z tych rozdziałów stanowi niejako odrębną część i podzielony został na podrozdziały zatytułowane „Materiały i metody”, „Wyniki”, „Dyskusja”, „Podsumowanie i wnioski”. Powoduje to, że niektóre treści niepotrzebnie powtarzają się, jak np. opis metod i stanowisk badawczych. Moim zdaniem zamieszczenie w każdym rozdziale z osobną dyskusji wyników oraz podsumowań i wniosków spowodowało, że brakuje nieco wniosków bardziej ogólnych, całościowych wyciągniętych ze wszystkich zrealizowanych badań.

2.2. Uwagi i pytania szczegółowe

- 1) Na Rysunku 1 nie oznaczono części a) i b).
- 2) Zdanie „With, and along with relaxation result in a complex history of operation.” na stronie 2 jest niekompletne.
- 3) W zdaniu „Fractures initiate and grow during this this long complex history of operations.” na stronie 2 słowo „fractures” powinno zostać zastąpione słowem „cracks”. Pierwsze odnosi się do całkowitego przerwania ciągłości pewnego elementu, np. próbki, a więc stanu końcowego. Natomiast drugie do częściowego uszkodzenia.
- 4) Fragment tekstu „Some data are available from laboratory tests at normal or elevated temperature. Unfortunately, basic tests are uni-axial, whereas in real boilers it is always multi-axial. Fracture toughness measured by standards defines materials properties more closely than that of components, where the fracture occurs from multi-axial stress fields.” powtarza się w krótkim odstępie na stronie 2 i 3.
- 5) Rysunek 2 oraz objaśnienie poszczególnych etapów pełzania powinny zostać umieszczone wcześniej, zanim użyto tych określeń w tekście.

- 6) W zdaniu „In December 2020, more than of Poland's electricity was generated from fossil raw resources, (...)” na stronie 4 brakuje informacji ilościowej na temat udziału energii generowanej z paliw kopalnych.
- 7) Rysunek 3 jest zdeformowany poprzez niewłaściwe proporcje pomiędzy wysokością i szerokością.
- 8) Na stronie 6 pojawia się zdanie w formie osobowej „(...) my research findings (...)”.
- 9) Zdanie „Unlike toughness, there is no notch and loading are slow.” Na stronie 11 jest niezrozumiałe.
- 10) Na stronie 12 pojawia się symbol K_I (zapisany niewłaściwie czcionką prostą), lecz znaczenie indeksu dolnego nie jest wyjaśnione. Dopiero kilka stron później umieszczono informację o trzech sposobach obciążenia pęknięcia, I, II i III.
- 11) Na stronie 13 podana jest informacja, że testy odporności na pękanie prowadzone są zazwyczaj w oparciu o zalecenia norm ISO i ASTM. Uważam, że warto byłoby w tym miejscu wymienić te normy. Ponadto, w dalszych częściach Doktorant odwołuje się także do norm BS.
- 12) Uważam, że przy omawianiu krzywych R warto byłoby zamieścić schematyczne wykresy celem uzupełniania opisu.
- 13) Rysunek 6 jest niskiej jakości.
- 14) Dwa następujące zdania „Developing a testing technique that includes specimen design, resistance curve analysis, and fracture toughness determination is highly suggested. SINTAP (1999) and BS7910 are fracture mechanics-based procedures for assessing structural integrity. They use a two-criterion failure diagram (FAD) to evaluate the interaction between fracture failure and plastic collapse.” nie pasują do kontekstu podrozdziału omawiającego sposoby obciążenia pęknięcia.
- 15) W podrozdziale pt. „Advancements in specimens configurations” warto byłoby zamieścić rysunki ilustrujące typy omawianych próbek.
- 16) W zdaniu „B.P. Pherson investigated the current fracture toughness test procedure to see if there is a simpler, less complicated way to obtain the J_{IC} value from a fracture toughness specimen test recorded.” na stronie 21 brakuje cytowania.
- 17) Zdanie „Two methods are considered: (i) estimating J and CTOD from plastic work, and (ii) estimating CTOD from the rotational factor of plastic.” wydaje się być niedokończone.

- 18) „The findings presented here are like those described in a previous study by Kirk and Dodds [51] (...)”. W pozycji [51] bibliografi znajdują się inne nazwiska autorów.
- 19) „The ASTM E1820 [53] procedure determines δ_{TC} based on crack mouth displacement data (...)”. Pod numerem [53] w bibliografii znajduje się inna norma ASTM.
- 20) „Kowalski et al. [21] investigated the effect (...)”. W pozycji [21] bibliografii znajduje się inne nazwisko autora.
- 21) „M. Graba [24] investigated the influence of in-plane geometric (...)”. W pozycji [24] bibliografii znajduje się inne nazwisko autora.
- 22) W zdaniu „J. Kowalski investigated the effect of specimen geometry on the CTOD value for VL-E36 shipbuilding steel experimentally and numerically.” na stronie 23 brakuje cytowania.
- 23) W zdaniu „According to Ž. Božić et. al the stages in fatigue crack growth can be represented by the schematic diagram shown below in Figure 9.” na stronie 23 brakuje cytowania.
- 24) Zdanie „Using two video cameras is intended to enable 3D analyses or to using two video cameras to enable 3D analyses or improve the accuracy of 2D analyses.” należałoby przeredagować ze względu na powtórzenie.
- 25) Zdania „Toughness measurements from high-constraint specimens are typically conservative. Leading to unnecessarily high material selection and pipeline design costs.” są powtórzone na stronie 26 i 27.
- 26) Rysunki 10 i 11 sprawiają wrażenie zdjęć lub skanów odręcznych szkiców. Należałoby je odtworzyć przy użyciu odpowiedniego oprogramowania.
- 27) Co Doktorant rozumie przez „the everyday hoop stresses” (strona 29)?
- 28) Określenie „the maximum primary stresses” powinno zostać zastąpione przez „the maximum principal stress”.
- 29) Elementy wymienione po dwukropku w zdaniu „However, some typical mechanical properties are:” na stronie 31 powinny być wypunktowane.
- 30) Zdanie „If the thermal efficiency of power plants can be increased, fuel Conserves fuel and reduces pollution [93].” powinno zostać przeredagowane.
- 31) Czy w zdaniu „Table 5 and show a comparison of their composition and creep properties respectively.” powinno być „Table 5 and 6”?

- 32) Wzory sumaryczne związków chemicznych powinny być zapisane z większą starannością, np. SO_2 , zamiast S_02 . Podobnie temperatura zapisana została w rozprawie w postaci 1100 C, 5⁰C, 1 °C, itp.
- 33) „Vargars-Arista et, al [100] carried out the ageing of weld metal at 250 +/- 5⁰C using a Carbolite resistance oven with a digital controller.” W pozycji [100] bibliografii znajdują się inne nazwiska autorów.
- 34) „Byun et, al [101] used four large muffle furnaces (MTI Co. Model KSL-1200XL) to thermally age the CASS materials over an extended period.” W pozycji [101] bibliografii znajdują się inne nazwiska autorów.
- 35) W przeglądzie literatury, np. w podrozdziałach „Ageing oxidation resistance”, czy „Artificial accelerated ageing of specimen at elevated temperature” znajdują się akapity opisujące badania zrealizowane przez innych badaczy z podaniem materiałów i metod, ale bez informacji na temat wyników i wniosków. Takie cytowanie niewiele wnosi do przeglądu stanu wiedzy.
- 36) Podsumowanie przedstawione w podrozdziale 2.4 rekompensuje w pewnym stopniu wymienione wcześniej błędy i uchybienia oraz chaotyczny styl przedstawienia wiadomości w części rozprawy dotyczącej przeglądu stanu wiedzy.
- 37) Rysunek 17 jest kopią grafiki dostępnej na stronie internetowej Wikipedia pod adresem https://en.wikipedia.org/wiki/File:Fracture_Toughness_Thickness_Dependence.svg (dostęp z dnia 20.08.2025) bez podania źródła.
- 38) Na koniec wstępu do rozdziału 3 rozprawy Doktorant zamieścił informację, że większość z przedstawionych w tym rozdziale wyników badań pochodzi z wieloautorskiego artykułu naukowego zamieszczonego w wykazie literatury pod numerem [10], którego Doktorant jest współautorem wraz z promotorami pracy, ale nie tylko. W rzeczywistości rozdział 3 jest prawie w całości dokładną kopią tekstu i rysunków artykułu. Budzi to wątpliwości co do samodzielności pracy Doktoranta, ponieważ wspomniany artykuł ma czterech autorów. Doktorant nie jest pierwszym autorem, a zazwyczaj autorzy artykułów naukowych wymienieni są w kolejności odpowiadającej wkładowi w powstanie pracy. Ponadto, na końcu artykułu zamieszczone jest oświadczenie o udziale poszczególnych autorów. Wynika z niego, że Doktorant samodzielnie zrealizował jedynie zadanie pt. „Data curation”. W trakcie publicznej obrony Doktorant powinien klarownie i szczegółowo

przedstawić swój udział w realizacji badań i opracowaniu wyników. Ponadto uważam, że dobrym zwyczajem w podobnych przypadkach jest zredagowanie tekstu od nowa.

- 39) W tekście rozprawy zawarto informację, iż badania przedstawione w rozdziale 3 prowadzono przy użyciu ekstensometru o bazie pomiarowej 10 mm, natomiast w artykule [10] widnieje informacja, iż było to 5 mm. Skąd ta różnica?
- 40) W podrozdziale zatytułowanym „Numerical modeling” zawarto informację, mówiącą, że stworzony został model MES, na podstawie którego oszacowana została odporność na pękanie poprzez obliczenie wartości całki J. Następnie podano, iż został stworzony kolejny model MES w celu uzyskania rozwiązania alternatywnego. Proszę doprecyzować czym dokładnie te dwa modele numeryczne się różniły i w jakim sensie uzyskano rozwiązania alternatywne.
- 41) Czy według wiedzy Doktoranta w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych pęknięcia w elementach takich, jak przedstawiony na Rysunku 18 powstają w kierunku promieniowym, osiowym, obwodowym, czy też może w każdym z tych kierunków?
- 42) Zdanie „A coarse mesh of was used for the rest of the model to reduce computational cost.” na stronie 46 wydaje się być nie kompletne. Powinno być uzupełnione po słowie „of”.
- 43) „The fracture toughness, K_Q , is calculated using the following Equations (3.1) and (3.2) (provided in the standards [53])”. Norma wymieniona w pozycji [53] bibliografii dotyczy próby rozciągania metali.
- 44) Porównując Rysunek 26 i Tabelę 11 przypuszczać można, iż wartości P_{max} i P_Q zostały zamienione dla próbki 2 i 3 w przypadku próbek wykonanych z rury.
- 45) W Tabeli 11 przy wielkości K_Q znajduje się adnotacja ($K_Q \neq K_{IC}$), a w Tabeli 12 adnotacji takiej nie ma. Proszę o wyjaśnienie.
- 46) Wydaje się, że w zdaniu „Table 13 reports K_{IC}^{REF} calculated for different applied loads, P , for AT specimens on the valve and pipe specimens.” na stronie 50 powinno być K_{IC}^{FEM} . Proszę doprecyzować.
- 47) Proszę o wyjaśnienie, czy do wyznaczenia wartości przedstawionych w Tabeli 13 zastosowano standardowe funkcje oprogramowania Abaqus, czy wymagało to wykonania przez Doktoranta dodatkowych obliczeń.

- 48) Uważam, że zdjęcia ukazujące przełomy w całości, takie jak zaprezentowane na Rysunku 33 warto byłoby wykonać za pomocą mikroskopu skaningowego SEM. Pozwala to na uzyskanie znacznie lepszej głębi ostrości i kontrastu.
- 49) „Yan et al. [135] implemented an automated polariscope and three-dimensional photoelasticity to calculate the mode III SIF of 14 mm thick cast blocks of epoxy resin (MY750).” W pozycji [135] bibliografii znajdują się inne nazwiska autorów.
- 50) W tekście rozprawy brakuje odwołania do Rysunku 36.
- 51) Czy zastosowanie metody spadku potencjału elektrycznego (DCPD) wymagało skalibrowania systemu pomiarowego? Jeśli tak, to jak wygląda procedura kalibracyjna?
- 52) W tekście rozprawy brakuje odwołania do Tabeli 20.
- 53) Na stronie 69 napisano, że „This gap accounts for the plastic zone size, which had been previously calculated for each crack length.” Jak wyznaczono rozmiar strefy plastycznej?
- 54) W podrozdziale „Numerical simulations” na stronie 70 podano, iż stworzony został model MES ze sprężysto-plastycznym modelem materiału. Proszę o podanie informacji jaki model materiałowy zastosowano i jak wyznaczono parametry materiałowe dla tego modelu.
- 55) W zdaniu „In this regard, the $\phi=45^\circ$ notch specimen exhibits a rising R curve while for the straight notch specimens, the R curves are flat.” na stronie 72 podano informację, że krzywe R dla próbek z karbem nachylonym pod kątem 0° są płaskie. Z Rysunku 46 wynika jednak, że wartości δ_5 rosną wraz z Δa . Co Doktorant miał na myśli?
- 56) Czy w dolnych fragmentach Rysunków 50 a) i c), gdzie nie ma pustek charakterystycznych dla przełomu ciągłego, a przełom ma charakter łupliwy widoczne są fragmenty etapu I rozwoju pęknięcia?
- 57) W podrozdziale „Plastic zone size” na stronie 77 zapisano, że rozmiar strefy plastycznej wokół wierzchołka pęknięcia obliczono na podstawie wzoru Irwina. Skoro stworzono model MES ze sprężysto-plastycznym modelem materiału, to czy porównano rozmiar strefy plastycznej obliczony analitycznie i numerycznie?
- 58) Stosunkowo często angielskie słowo „rupture” zapisywane jest niepoprawnie jako „rapture”.
- 59) Podobnie jak w przypadku rozdziału 3, tak i we wstępie do rozdziału 5 podana jest informacja, że główna część wyników badań w nim przedstawionych została opublikowana w artykule wieloautorskim [56]. Współautorami Doktoranta są promotorzy

rozprawy, co jest zrozumiałe. Jednak również w tym rozdziale rozprawy pojawiają się obszerne fragmenty tekstu i rysunki skopiowane z artykułu, co budzi wątpliwości podobne do tych wymienionych przeze mnie wcześniej. W trakcie publicznej obrony Doktorant powinien również w tym przypadku jasno przedstawić co jest Jego dokonaniem.

- 60) Czy według wiedzy Doktoranta w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych elementy konstrukcyjne elektrowni ciepłych, takie jak rury kotłowe, podlegają również pełzaniu cyklicznemu?
- 61) Na stronie 92 Doktorant stwierdza, że granica plastyczności i wytrzymałość na rozciąganie okazały się być niewrażliwe na czas starzenia próbek. Na podstawie Rysunku 57 stwierdzić można, że zmieniła się ciągliwość materiału. Czy fakt ten jest bez znaczenia dla odporności na pękanie?
- 62) Rysunki 64 i 65 powinny zostać zamienione kolejnością.
- 63) Pierwszy akapit na stronie 109 jest dokładnym powtórzeniem treści ze strony 84. Jest to powtórzenie niepotrzebne.
- 64) Rysunek 73 jest zbędny, ponieważ jest powtórzeniem Rysunku 38.
- 65) Na stronie 155 napisano, że prędkość pełzania znacząco wzrosła po 140 godzinach trwania badania. Z Rysunku 75 wynika, że było to raczej 120 godzin. Proszę Doktoranta o komentarz.
- 66) Odkształcenie wyrażane jest w rozprawie czasami w procentach, a czasami jako wielkość bezwymiarowa. Uważam, że warto byłoby ujednolicić zapis.
- 67) Rysunek 76 ma niską rozdzielczość oraz wpisy w legendzie, które nic nie mówią czytelnikowi. W podpisie rysunku lub w tekście akapitu powinny pojawić się objaśnienia.
- 68) Oznaczenie TY w legendzie Rysunku 77 a) nie występuje w Tabeli 36.
- 69) Kolejność autorów w pozycji [73] jest inna niż w artykule.

3. Ocena rozprawy

Temat rozprawy, jej cele i zakres są aktualne pod względem naukowym i mają istotne znaczenie praktyczne. Zamieszczony przegląd stanu wiedzy, mimo wcześniej wymienionych uwag, jest stosunkowo obszerny i przeprowadzony na podstawie dobrze dobranych źródeł literaturowych opublikowanych w ostatnich latach. W realizacji badań i analizie wyników Doktorant posługiwał się dość sprawnie i swobodnie najnowszą wiedzą w tematyce rozprawy. Oceniam, iż przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną

Doktoranta we właściwym stopniu. Niedosyt budzi jednak formalna strona rozprawy, na podstawie której przypuszczać można, że istnieją pewne braki w umiejętności posługiwania się przez Doktoranta narzędziami informatycznymi.

Na podstawie lektury rozprawy stwierdzam, że Doktorant wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, choć jak wspomniałem w uwagach szczegółowych, uważam, że w trakcie publicznej obrony powinny zostać wyjaśnione pewne kwestie dotyczące samodzielności zrealizowanych badań. Przedstawione badania eksperymentalne zostały prawidłowo zaplanowane i przygotowane w kontekście tematyki i celów pracy. Zastosowano właściwe narzędzia badawcze. Doktorant posługiwał się także odpowiednią aparaturą badawczą w stopniu i zakresie odpowiadającym podobnym pracom realizowanym obecnie przez innych badaczy. Potrafił dostosować metodykę i narzędzia badawcze do specyfiki realizowanych eksperymentów. Wyniki badań zostały opracowane właściwie i podsumowano je spójnymi i logicznymi wnioskami. Warto podkreślić, że sformułowano także potencjalne kierunki dalszych badań.

W ramach rozprawy doktorskiej zaprezentowano oryginalne rozwiązanie problemu badawczego, którym było określenie wpływu długotrwałego oddziaływania warunków eksploatacyjnych na odporność na pękanie stali żarowytrzymałych stosowanych w energetyce cieplnej. Na podstawie obszernego programu badań uzyskano ciekawe i oryginalne wyniki oraz wnioski z nich wynikające. Oceniam iż założone na początku cele zostały zrealizowane we właściwym stopniu. Ponadto część z wyników prac przedstawionych w rozprawie opublikowana została w czasopiśmie naukowym o zakresie międzynarodowym i dobrych parametrach bibliometrycznych, co świadczy o tym, że zostały pozytywnie ocenione przez recenzentów redakcyjnych.

4. Wniosek końcowy

Formułując wniosek końcowy wyrażam opinię, iż będąca przedmiotem niniejszej recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Benard Kiptoo Kipsang pt. „Ocena odporności na pękanie elementów grubościennych kotłów energetycznych po długotrwałym użytkowaniu” (*Assessment of Fracture Development in Thick-Walled Elements of Power Boilers after Long-Time Operation*) spełnia wymagania określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (wraz z późniejszymi zmianami) i stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.



dr hab. inż. Łukasz Pejkowski, prof. PBS