

Prof. dr hab. inż. Jerzy Nowacki

Szczecin, 06 czerwca 2017

Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
Instytut Inżynierii Materiałowej
Al. Piastów 19, 70 - 310 Szczecin

OCENA PRACY DOKTORSKIEJ

Mgr inż. Krzysztofa Kędzierskiego

**pt. Charakterystyka ekologicznych ośrodków polimerowych
do chłodzenia nawęglonych stali niskowęglowych**

wykonanej pod opieką naukową promotora
Pana Prof. zw. dra hab. inż. Leszka A. Dobrzańskiego M Dra h.c.

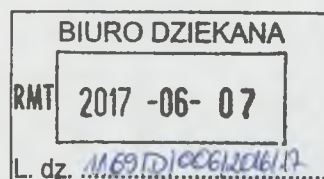
opracowana na podstawie pisma Pani Dziekan Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach Dr hab. inż. Anny Timofiejczuk, prof. nzw. w Pol. Śl. z dnia 24 maja 2017 roku w oparciu o uchwałę Rady Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śl. w Gliwicach z dnia 24 maja 2017 roku.

Znaczenie problematyki

Od wielu lat najczęściej stosowanymi chłodziwami hartowniczymi są oleje mineralne i woda. Mimo, że te dwa rodzaje chłodziw znacząco różnią się właściwościami chłodzącymi, często nie są w stanie swoimi możliwościami pokryć obszaru zróżnicowanych warunków chłodzenia niezbędnych w procesach obróbki cieplnej. Około pięćdziesiąt lat temu pojawiły się alternatywne chłodziwa - polimerowe, których wodne roztwory cechują się właściwościami chłodzącymi pośrednimi między wodą a olejami. W ciągu ostatnich lat obserwuje się wyraźny rozwój zainteresowania właściwościami i możliwością zastosowań tych chłodziw w praktyce przemysłowej.

Zastosowanie wodnych roztworów polimerów zamiast oleju hartowniczego przynosi takie korzyści jak:

- eliminacja z procesów obróbki cieplnej odpadu, jakim jest zużyty olej hartowniczy,
- brak emisji oparów oleju oraz zagrożenia pożarowego,
- wykluczenie ujemnego oddziaływania oleju hartowniczego na organizm człowieka,
- wzrost czystości stanowisk hartowniczych,



- zapewnienie lepszej kontroli warunków chłodzenia przez stosowanie różnych stężeń kąpeli umożliwiających uzyskanie lepszych wyników obróbki cieplnej,
- obniżenie kosztów produkcji z powodu niższej ceny kąpeli polimerowej w stosunku do oleju hartowniczego, mniejszych nakładów na remont urządzeń chłodniczych i odciągowych, braku kosztów utrzymania systemów przeciwpożarowych,
- wysoka trwałość kąpeli i wyeliminowanie oddziaływania korozyjnego na elementy hartowane.

Opracowanie kilku wodno-polimerowych chłodziw hartowniczych zwiększających nie tylko asortyment chłodziw hartowniczych w Polsce ale również wprowadzających nową jakość w obróbce cieplnej było efektem prac badawczych nad tymi chłodziwami zapoczątkowanych w latach 70-tych przez Instytut Mechaniki Precyzyjnej w Warszawie.

Wodno-polimerowe chłodziwa hartownicze o zawartości 12 ÷ 20% polimeru, pozwoliły wytworzyć kąpiele o zdolności chłodzącej zbliżonej do chłodziw olejowych przy braku niedogodności i ograniczeń związanych z przemysłowym stosowaniem olejów hartowniczych.

Dalszy rozwój wodno-polimerowych chłodziw hartowniczych powinien doprowadzić do rozszerzenia możliwości optymalnego doboru charakterystyki chłodzenia oraz eliminacji zastosowania w tym zakresie chłodziw olejowych.

Charakterystyka ogólna rozprawy

Praca doktorska mgr inż. Krzysztofa Kędzierskiego na temat „Charakterystyka ekologicznych ośrodków polimerowych do chłodzenia nawęglonych stali niskowęglowych„ dotyczy problematyki doboru ekologicznych ośrodków chłodzących, szczególnie wodnych roztworów polimerowych, do obróbki cieplnej nawęglanych elementów maszyn. Współcześnie stosowane wodne roztwory polimerowe najczęściej zawierają alkohol poliwinylowy, poliglikole oksyalekinowe, poliwinylpirolidyny lub poliakrylan sodowy.

Mimo opracowania szeregu wodno-polimerowych chłodziw hartowniczych o różnej zawartości polimeru i bogatej literatury w obszarze wymienionej tematyki, nadal istnieje szereg zagadnień z obszaru zastosowań tych chłodziw jako alternatywnych ośrodków chłodzących w stosunku do stosowanych konwencjonalnie, takich jak woda i oleje hartownicze w obróbce cieplnej elementów ze stopów żelaza. Należy do nich ilościowy opis procesów elementarnych i kinetyki wymiany ciepła podczas hartowania, kształtowanie mikrostruktury i właściwości warstwy wierzchniej a także optymalizacja warunków chłodzenia.

Problematyka ta winna być przedmiotem dalszych prac o charakterze poznawczym i rozwojowym w zakresie właściwości i obszaru zastosowań nowych chłodziw. Dlatego wydaje się być nadal aktualną oraz atrakcyjną dla rozważań w ramach rozprawy doktorskiej.

Właściwy dobór warunków i parametrów chłodzenia w obróbce cieplnej stanowi jeden z elementów optymalnego kształtowania struktury i właściwości wsadu w całej objętości lub jego warstwy wierzchniej a problematyka wytwarzania wysokiej jakości wyrobów o lepszych właściwościach technologicznych i eksploatacyjnych, na którą

wpływ ma obróbka cieplna jest aktualna i stanowi dobrą tematykę dla rozprawy doktorskiej.

Znajdujące się w obszarze zainteresowań inżynierii materiałowej problemy doskonalenia metod optymalnego projektowania technologii obróbki cieplnej oraz sterowania podstawowymi zjawiskami w czasie procesu kształtowania mikrostruktury i właściwości elementów konstrukcyjnych są atrakcyjne od strony badawczej i w tym aspekcie problematyka sterownia szybkością chłodzenia w wyniku projektowania i doboru ośrodka chłodzącego słusznie zostały obrane jako przedmiot pracy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Kędzierskiego.

Ocena szczegółowa rozprawy

W swych rozważaniach mgr inż. Krzysztof Kędzierski koncentruje się na problematyce zdolności chłodzącej wybranych ośrodków chłodzących, w tym polimerowych ośrodków chłodzących o zróżnicowanym udziale polimeru, olejów mineralnych oraz wody w aspekcie szybkości i jednorodności chłodzenia.

Rozprawa zawiera 7 rozdziałów a jej objętość wynosi 151 stron zawierających 105 rysunków i 18 tabel.

Wykaz cytowanej literatury obejmuje 160 pozycji, z których w sześciu Doktorant jest współautorem. Obszerny przegląd literatury jest wyczerpujący a cytowane materiały źródłowe dotyczą problematyki rozprawy i pochodzą w znacznej części z ostatnich piętnastu lat.

W pierwszej części rozprawy, w Rozdziałach 1 i 2 dotyczących przeglądu literatury Doktorant definiuje genezę rozprawy a następnie prezentuje charakterystykę obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej stopów żelaza oraz ośrodków chłodzących stosowanych w obróbce cieplnej i cieplno-chemicznej stali wraz z analizą ich możliwości operacyjnych i charakterystyką mechanizmów oziębienia, jak również dokonuje opisu metod eksperymentalnego wyznaczania zdolności chłodzącej ośrodków.

Wnioski wynikające z przeprowadzonej analizy stanu zagadnienia stanowią podstawę sformułowania w Rozdziale 3 – „Metodyka i przebieg badań własnych” tezy naukowej, celu oraz zakresu i metodyki badań eksperymentalnych.

Teza rozprawy dotyczy możliwości doboru chłodzących ośrodków polimerowych dla uzyskania szerokiego zakresu szybkości chłodzenia, w porównaniu do oferowanych przez typowe mineralne oleje hartownicze, a regulacja warunków stosowania wodnego roztworu polimerowego (udziału polimeru, temperatury początkowej, szybkości cyrkulacji ośrodka), stosowanych zamiennie zamiast olejów zapewnia znaczne rozszerzenie dostępnych technologicznie szybkości chłodzenia.

Jako cel pracy doktorskiej Doktorant przyjął dobór ekologicznych ośrodków chłodzących do obróbki cieplnej, zamiast stosowanych dotąd najczęściej olejów mineralnych.

Zakres eksperymentu obejmował:

- zaprojektowanie i budowa stanowiska badawczego wykorzystującego układ chłodzący Tensiego z układem pomiaru temperatury i mechanizmem wprawiającym ośrodek chłodzący w ruch,
- określenie zdolności chłodzącej wybranych polimerowych ośrodków chłodzących, obejmujących: wodę destylowaną, 5-30% wodne roztwory polimerowe oraz mineralne chłodziwa olejowe Martemp 722, OH70 i Martemp,
- opracowanie krzywych chłodzenia dla zmiennej temperatury początkowej chłodzenia, cyrkulacji ośrodka a w przypadku ośrodków polimerowych również zmiennego ich udziału w roztworach wodnych.

Wyniki badań zostały zaprezentowane w Rozdziale 4. Efektem przeprowadzonych eksperymentów była szczegółowa ocena wpływu warunków i parametrów chłodzenia na zdolność chłodzenia poddanych eksperymentowi licznych ośrodków chłodzących wraz z opracowaniem krzywych chłodzenia. Wyniki tych badań przedstawiono graficznie jako wykresy krzywych temperatury czasu i szybkości chłodzenia w zależności od temperatury.

Na podstawie uzyskanych krzywych chłodzenia Doktorant wyznaczył wartości dwóch wskaźników charakteryzujących zdolności chłodzące przebadanych ośrodków chłodzących tj. Grossmanna (H) oraz „Hardening Power” (HP).

Wodne roztwory polimerowe przy braku cyrkulacji ośrodka ($V = 0$ m/s) wykazują współczynnik Grossmanna H o wartości 0,339-0,576, zbliżonej do współczynnika Grossmanna H oleju (0,276-0,310) i wody 0,574-0,650. Przy zastosowaniu 5% wodnego roztworu polimerowego będącego w ruchu ($V = 0,51$ m/s) uzyskano natomiast szybkość chłodzenia zbliżoną do wody.

Osiągnięte wyniki badań wskazują, że założony cel badań został zrealizowany a postawiona teza naukowa została udowodniona.

Przeprowadzone próby opracowania krzywych chłodzenia wybranych chłodzących ośrodków polimerowych w zróżnicowanych warunkach chłodzenia i porównanie ich z charakterystykami tradycyjnych ośrodków chłodzących wypełniają lukę w analizowanym obszarze badań technologii obróbki cieplnej stopów żelaza.

Uzyskane wyniki przeprowadzonych eksperymentów wskazują na to, że osiągnięto założony cel pracy i wykazano słuszność sformułowanej w rozprawie tezy dotyczącej analizowanego problemu badawczego.

W rozprawie Doktorant wyraźnie oddzielił wyniki samodzielnie przeprowadzonych eksperymentów od wyników badań zespołu, w którego pracach wcześniej brał udział. Te ostatnie umieścił w aneksie rozprawy.

Najważniejszym osiągnięciem Doktoranta w rozprawie jest opracowanie metodyki eksperymentu i zbudowanie urządzenia do badania zdolności chłodzącej wybranych ośrodków chłodzących z wykorzystaniem sondy z umiejscowionym w środku termoelementem NiCr - NiAl chłodzonej w ośrodku będącym zarówno w temperaturze pokojowej jak i w temperaturze podwyższonej, z mieszaniem z różnymi szybkościami lub bez, wyposażonym w komputerowy system rejestracji, jak również opracowanie wyników pomiarów doświadczalnych w formie krzywych chłodzenia w układzie temperatura – czas, oraz krzywych chłodzenia w układzie temperatura -

szybkość chłodzenia i ustalenia zdolności chłodzącej wybranych ośrodków chłodzących.

W tym aspekcie rozprawa mgr inż. Krzysztofa Kędzierskiego stanowi oryginalne, opracowanie z zakresu rozwojowego i złożonego zagadnienia technologicznego z obszaru inżynierii materiałowej i inżynierii powierzchni, jakim jest projektowanie i dobór chłodzących ośrodków polimerowych umożliwiających uzyskanie szerokiego zakresu szybkości chłodzenia w obróbce objętościowej i powierzchniowej stopów żelaza.

Rozprawa jako całość zasługuje na pozytywną ocenę, jednak w związku ze sposobem przeprowadzenia badań i przedstawienia części jej idei, może nasuwać uwagi lub pytania dotyczące niektórych jej fragmentów, np.

1. w obszarze koncepcji rozprawy:

- odniesienia w ocenie stanu zagadnienia do aktualnych wyników badań właściwości i zastosowań wodnych ośrodków polimerowych nie wyczerpują w pełni tematu. Nie uwzględniają bowiem faktu istnienia na rynku koncentratów polimerowych, np. z grupy Polihartenol, które rozcieńczenie wodą do 12 ÷ 20%, zapewniają zdolność chłodzenia zbliżoną do olejów hartowniczych a przy wyższych zawartościach polimeru 15 ÷ 25% są na tyle łagodne, że umożliwiają hartowanie zanurzeniowe wrażliwych na pęknięcia części maszyn i narzędzi. Wreszcie kąpiele o zawartości polimeru poniżej 12% zapewniają parametry chłodzenia pośrednie pomiędzy olejem a wodą. Nasuwa się wobec tego pytanie w jakim stopniu wyniki badań będących przedmiotem rozprawy rozszerzają obecny stan wiedzy na temat analizowanych chłodziw?

2. W obszarze koncepcji, wykonania i wyniku eksperymentu:

- W rozdziale 3.1 „Materiały do badań oraz metodyka badań” Doktorant nie określił jakie materiały polimerowe zostały zastosowane w eksperymencie,
- z powodu dużej liczby analizowanych składów roztworów wodnych polimerów (5%, 10%, 15%, 20%, 25% i 30%) wysoce pożądane byłoby zastosowanie technik planowania eksperymentu i metod matematycznej analizy jego wyników z korzyścią dla ich uogólnienia na całą przestrzeń eksperymentu i możliwości ich optymalizacji.
- wyraźne odniesienia w części eksperymentalnej rozprawy i wnioskach do utwardzanych elementów nawęglanych są mało przekonujące i sugerują wyjątkowość obróbki cieplnej tych elementów przy braku sformułowania kryteriów ich chłodzenia w czasie obróbki i różnic w stosunku do elementów nienawęglanych.

3. W obszarze redakcji rozprawy:

- informacje zawarte w rozdziałach 2.1. „Ogólna charakterystyka zwykłej obróbki cieplnej stali” i 2.2. „Obróbka cieplno-chemiczna stali oraz jej perspektywy rozwojowe” mają w dużym stopniu ogólnikowy, wręcz podręcznikowy charakter i nie odnoszą się do istoty zagadnienia wynikającego z tematu rozprawy,
- drobne i nieliczne błędy oraz nieściśłości językowe, terminologiczne lub redakcyjne zaznaczyłem w manuskrypcie konstatując, że nie zmieniają istoty prezentowanych przez Doktoranta poglądów i interpretacji zjawisk.

Przytoczone wyżej uwagi traktuję raczej jako dyskusję z Doktorantem lub sugestię odnośnie problemów do uwzględnienia w publikacjach i dalszych

badaniach. Nie zmieniają natomiast one mojej pozytywnej oceny całości rozprawy, którą podsumowałem we wniosku końcowym.

Wniosek końcowy

Na podstawie dokonanej oceny pracy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Kędzierskiego na temat „Charakterystyka ekologicznych ośrodków polimerowych do chłodzenia nawęglonych stali niskowęglowych„ stwierdzam, że Doktorant wykazał się umiejętnością stawiania hipotez i prowadzenia samodzielnej pracy badawczej.

Rozprawa stanowi szczegółowe i wartościowe opracowanie naukowe odnoszące się do innowacyjnej metody chłodzenia w obróbce cieplnej a wyniki eksperymentu stanowić będą dobry materiał źródłowy do wykorzystania praktycznego w obszarze właściwości i zastosowań wodnych ośrodków polimerowych.

Dotycząca metodyki eksperymentu i technologii w obszarze modyfikacji właściwości ośrodków chłodzących opiniowana rozprawa wypełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora nauk technicznych stawiane Ustawą o Stopniach i Tytule Naukowym oraz Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. Nr 65 poz. 595) z późniejszymi zmianami.

Wobec wymienionych wyżej walorów rozprawy zwracam się z wnioskiem do Rady Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Jurij Mowechin