

OCENA

pracy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Kędzierskiego
nt. „Charakterystyka ekologicznych ośrodków polimerowych do chłodzenia
nawęglonych stali niskowęglowych”

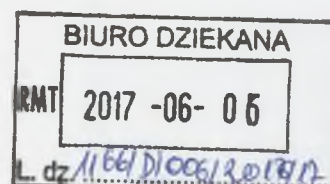
1. Charakterystyka ogólna pracy

Przedstawiona do recenzji praca dotyczy problematyki związanej z doбором ośrodków chłodzących podczas obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej stali, a w szczególności z procesem chłodzenia po nawęglaniu w wodnych roztworach polimerowych.

Zaletami chłodzenia w ośrodkach polimerowych po nawęglaniu w stosunku do tradycyjnie stosowanych (woda, oleje mineralne, emulsje wodno-olejowe, roztwory soli nieorganicznych i ługów), są niewątpliwie ekologiczność procesu, zmniejszenie ryzyka występowania pęknięć hartowniczych oraz szeroki zakres szybkości chłodzenia.

Hartowanie w wodnych ośrodkach polimerowych części maszyn i urządzeń uprzednio poddanych nawęglaniu stosowane jest z powodzeniem na świecie od co najmniej 25 lat Jednakże jak wynika z przeglądu literatury dotyczącej ww. problematyki wodne roztwory polimerowe w znaczący sposób mogą zwiększyć właściwości użytkowe elementów poddanych tej obróbce poprzez regulację zdolności chłodzącej tych ośrodków hartowniczych, realizowaną przez zmianę udziału polimeru, ich cyrkulacji i temperatury kąpieli. Za wykorzystaniem wodnych ośrodków polimerowych jako ośrodków chłodzących przemawia również fakt, że podlegają one prostemu procesowi utylizacji, co znacznie obniża koszty eksploatacyjne w stosunku do tradycyjnych ośrodków chłodzących, a zwłaszcza olejów.

Dostępne – zarówno krajowe jak i zagraniczne – dane literaturowe traktują to zagadnienie w dość ograniczonym zakresie. Brak jest opracowań o charakterze kompleksowym, pozwalającym na optymalizację rozwiązań dla różnych zastosowań. Z tego tytułu problematyka badawcza podjęta przez



Doktoranta jest nadal aktualna, co przekłada się na zauważalne walory naukowe, a w szczególności utylitarne recenzowanej rozprawy doktorskiej.

2. Ocena pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Kędziarskiego składa się z 7 rozdziałów, liczących łącznie 151 stron o układzie tradycyjnym obejmującym część teoretyczną i część badawczą (w tym aneks, zawierający badania dotyczące wpływu ośrodka chłodzącego na strukturę i właściwości stali węgloutwardzonych), dyskusję wyników, wnioski i bibliografię.

Przegląd literatury przedmiotowej (rozdział 2) obejmuje 55 stron, a do jego opracowania jak i wyników badań własnych skorzystano ze 160 pozycji literaturowych, w tym 6 publikacji w których Doktorant jest współautorem. Dobór i wykorzystanie materiałów źródłowych nie budzi większych zastrzeżeń, aczkolwiek niektóre z pozycji literaturowych są dzisiaj już mało aktualne. Brak jest również układu alfabetycznego bibliografii co utrudniło Recenzentowi jej analizę.

Układ pracy oraz procedura jej realizacji są przejrzyste, aczkolwiek nie do końca jestem przekonany o umieszczeniu części wyników badań własnych Doktoranta w aneksie ?!. Proszę to podczas obrony wytłumaczyć. Strona redakcyjna pracy jest na dobrym poziomie technicznym. Starannie i czytelnie opracowane są wyniki badań, ale brak było Recenzentowi opisu na wstępie stosowanych symboli, skrótów i oznaczeń, co znacznie ułatwiłoby zrozumienie jej treści. Praca napisana jest ogólnie poprawnym językiem, aczkolwiek zdarzają się Doktorantowi dość liczne powtórzenia, lapsusy językowe takie jak n.p. „większa temperatura”, „tempetatura...wypada” czy też nadużywanie słów „powyżej i poniżej” („Powyżej to jest niebo, a poniżej piekło”) oraz błędy językowe w podpisach pod rysunkami co zaznaczyłem w pracy.

Rozdział 1 to wprowadzenie, w którym Doktorant uzasadnił celowość podjęcia badań będących tematem przedstawionej do oceny pracy doktorskiej. W rozdziale 2 mgr inż. Krzysztof Kędziarski omawia charakterystyki zwykłej obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej stali ze szczególnym uwzględnieniem procesu nawęglania oraz charakterystyki ośrodków chłodzących stosowanych w ww. obróbkach. Uważam, że w tej części rozprawy Doktorant przedstawił zbyt dużo wiadomości akademickich (podrozdziały 2.1 i 2.2), a nie omówił coraz częściej stosowanych procesów chłodzenia w gazach takich jak: azot, hel czy ostatnio nawet wodór. Bardzo ciekawie przedstawiało by się porównanie ich charakterystyk z ośrodkami wodno-polimerowymi. Proces chłodzenia stali po nawęglaniu w gazach ma bardzo wiele zalet w porównaniu do obróbek konwencjonalnych, poprzez możliwość uzyskiwania czystych powierzchni obrabianych detali, zmniejszenie naprężeń hartowniczych i ich dużą powtarzalność oraz zdecydowane ograniczenia zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Bardzo duże osiągnięcia w tym względzie niesie za sobą

współpraca firmy SECO-WARWICK z zespołem prof. P. Kuli z Instytutu Inżynierii Materiałowej P.Ł. Bardzo żałuję, że zamiast podrozdziałów 2.1 i 2.2 Doktorant nie skupił się bardziej na zagadnieniach będących bezpośrednim tematem Jego rozprawy doktorskiej.

Po przeanalizowaniu cytowanej literatury, część teoretyczną Doktorant kończy krótkim podsumowaniem w którym formułuje cel, tezę i zakres pracy, w formie określonych zadań badawczych. Celem pracy był dobór i scharakteryzowanie ekologicznych ośrodków chłodzących, jako zamienników powszechnie stosowanych łatwopalnych mineralnych olejów hartowniczych do hartowania stali nawęglanych, a teza naukowa rozprawy brzmi:

„ Odpowiedni dobór chłodzących ośrodków polimerowych umożliwia uzyskanie bardzo szerokiego zakresu szybkości chłodzenia, w porównaniu do otrzymanych w wyniku zastosowania chłodzenia z wykorzystaniem typowych olejów hartowniczych, a regulacja warunków stosowania roztworu polimerowego (odpowiedni udział, temperatura początkowa, szybkość cyrkulacji), stosowanych zamiennie zamiast tychże olejów zapewnia znaczne rozszerzenia dostępnych technologicznie szybkości chłodzenia”

Mam zastrzeżenia do zapisu ww. tezy. Jest ona od strony językowej niepoprawnie sformułowana i dlatego proszę podczas publicznej obrony o podanie jej prawidłowego zapisu.

Do udowodnienia przyjętej tezy mgr inż. Krzysztof Kędziński zaprojektował i wykonał specjalistyczne stanowisko badawcze, wykorzystujące układ chłodzący Tensiego symulującego proces hartowania, z możliwością zastosowania zmiennych warunków chłodzenia poprzez zróżnicowanie temperatury początkowej chłodzenia, cyrkulacji, a w przypadku ośrodków polimerowych ich udziału w roztworach wodnych. Na tak wykonanym stanowisku możliwe było przeprowadzenie badań zdolności chłodzącej wybranych ośrodków chłodzących (w tym polimerowych, olejów mineralnych oraz wody) w celu otrzymania krzywych chłodzenia w układach temperatura-czas i temperatura-szybkość chłodzenia oraz ich analiza.

Uzyskane krzywe chłodzenia zostały opracowane przez Doktoranta statystycznie metodą FOURIERA, która polega na analizie matematycznej ich przebiegu. Na podstawie uzyskanych krzywych chłodzenia Doktorant wyznaczył wartości dwóch wskaźników charakteryzujących zdolności chłodzące przebadanych ośrodków chłodzących.

1. Wskaźnik Grossmana -H.
2. Wskaźnik „Hardening Power”-HP.

Doktorant uzyskane wyniki w większości przypadków poprawnie opracował i zinterpretował, aczkolwiek niektóre wnioski uzyskane z ww. badań były

oczywiste. Cytuję - „, Współczynnik Grossmana H jest największy dla wody, a wraz ze zwiększeniem udziału polimeru w roztworze wodnym wartość H zmniejsza się, a najmniejsze wartości przyjmuje dla olejów hartowniczych”. Jest to oczywiste bez przeprowadzenia badań. Doktorant potwierdził także, że zmniejszenie zdolności odbierania ciepła przez ośrodek chłodzący wzrasta wraz ze zwiększeniem jego lepkości.

Doktorant wykazał, że wskaźnik H może być wykorzystany do doboru ośrodków chłodzących tylko w warunkach stacjonarnych (bez wymuszenia cyrkulacji ośrodka chłodzącego), a wskaźnik HP może być zastosowany do wszystkich warunków chłodzenia (od stacjonarnych do „burzliwych”). Wyniki tych badań oprócz wartości naukowej posiadają duży potencjał aplikacyjny, pozwalają bowiem wybrać jedną z tych dwu metod do najkorzystniejszego doboru ośrodka chłodzącego z uwzględnieniem jego rodzaju i warunków pracy. Wynika z tego, że z dwu zastosowanych metod doboru ośrodka chłodzącego najlepszy jest sposób selekcji oparty na wyznaczeniu wskaźnika HP. Doktorant stwierdził także, że rodzaj ośrodka chłodzącego oraz warunki jego pracy w sposób istotny wpływają na zdolność chłodzącą, co wynika z analizy krzywych chłodzenia i wyznaczenia wskaźników H i HP. W konsekwencji pozwala to na zastąpienie olejów mineralnych stosowanych powszechnie do hartowania stali poddanych nawęglaniu wodnymi roztworami polimerowymi z grupy poliglikoli o odpowiednim stężeniu. Weryfikację praktyczną uzyskanych wyników badań Doktorant przedstawił w aneksie pracy (rozdział 7), poddając nawęglone stale 20 Cr4, C20E oraz 16MnCr5 chłodzeniu w różnych ośrodkach chłodzących i zmiennych warunkach ich pracy w urządzeniu Tensiego. Na tak przygotowanych próbkach Doktorant przeprowadził szeroki wachlarz badań zawierający:

- badania strukturalne,
- pomiary stężenia węgla na przekrojach poprzecznych,
- badania mikrotwardości,
- badania energii łamania ,
- badania odporności na zużycie ściernie.

W wyniku przeprowadzonych badań Doktorant stwierdził, że możliwe jest wyeliminowanie wody i olejów mineralnych w procesie hartowania stali nawęglonych i zastąpienie ich roztworami wodnymi polimerów, co znacząco eliminuje ich wady. I pozwala na uzyskanie bardziej jednorodnych struktur i rozkładów twardości.

Oceniając aspekt merytoryczny pracy stwierdzam, że przyjęta metodyka badań bazuje na współczesnej wiedzy i nowoczesnym warsztacie eksperymentów i obliczeń. Podsumowanie wyników badań Doktorant dokonał w dość zagmatwany sposób stosując liczne powtórzenia, co nie podważa faktu zrealizowania celu pracy i udowodnienia postawionej tezy naukowej.

Wniosków końcowych Doktorant sformułował 5, które są raczej kolejnym podsumowaniem wyników badań, a nie klasycznymi wnioskami.

Do walorów pracy w szczególności zaliczam:

1. Zaprojektowanie i wykonanie autorskiego oryginalnego stanowiska badawczego na podstawie założeń angielskiej metody badawczej, umożliwiające badania zdolności chłodzącej wybranych ośrodków chłodzących przy różnych parametrach, jak również badań na próbkach poddanych nawęglaniu i hartowaniu. Urządzenie to wyposażono w komputerowy system rejestracji i opracowania wyników pomiarów doświadczalnych.
2. Wyznaczenie wskaźników H i HP dla przebadanych ośrodków chłodzących pozwalających na najkorzystniejszą ich selekcję i dobór dla poddanych hartowaniu uprzednio nawęglonych stali.
3. Opracowane polimerowe ośrodki chłodzące zapewniają bardzo szeroki zakres szybkości chłodzenia, a regulacja warunków stosowania wodnego roztworu polimerowego (odpowiedni skład, temperatura początkowa, szybkość cyrkulacji) zapewnia znaczne rozszerzenie dostępnych technologicznie szybkości chłodzenia i umożliwia ich stosowanie zamiennie zamiast olejów i wody.

Mam jednocześnie do Doktoranta kilka uwag, obok wcześniej wymienionych i proszę o ustosunkowanie się do nich w czasie publicznej obrony.

1. Dlaczego przy wyznaczaniu wskaźników H i HP stosowano dla różnych ośrodków inne szybkości chłodzenia (tablica 4.4.)?
2. Dlaczego podsumowanie wyników badań (rozdział 5) w dużej części odnosi się do podsumowania części literaturowej pracy?
3. Co kierowało Doktorantem przy wyborze angielskiej metody przy projektowaniu i wykonaniu stanowiska.
4. W jakim celu Doktorant wykonał badania zużycia ściernego próbek po nawęglaniu i obróbce cieplnej ?
5. Proszę Doktoranta o ustosunkowanie się do następującego problemu. W rozdziale 7 (aneksie) przeprowadza Pan badania nad stalami nawęglonymi poddanymi obróbce cieplnej, a już we wnioskach w rozdziale 6 opisuje Pan te wyniki?
6. Na jakiej podstawie wyciąga Pan wniosek , że jednorodność struktury po chłodzeniu w roztworach polimerowych jest lepsza niż po hartowaniu w wodzie i oleju. Z przedstawionych zdjęć strukturalnych (rys.7.12) to nie wynika?

3. Ocena końcowa rozprawy

Pomimo przytoczonych uwag, recenzowana rozprawa oceniam pozytywnie. Zawiera ona oryginalne rozwiązanie określonego, złożonego zagadnienia naukowego i aplikacyjnego. Doktorant w pełni zrealizował zakres merytoryczny pracy, wykazując się przy tym umiejętnością prowadzenia badań eksperymentalnych i znajomością nowoczesnych technik pomiarowych, a wyniki badań opracowane są na dobrym poziomie edycyjnym i merytorycznym oprócz dość dziwnego układu pracy.

Stwierdzam więc, że recenzowana praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez odnośne Ustawy i na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Krzysztofa Kędzierskiego do publicznej obrony.

