

Politechnika Śląska
Wydział Mechaniczny Technologiczny



mgr inż. Krzysztof Kędzierski

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

Praca doktorska

Promotor: prof. dr hab. inż. Leszek A. Dobrzański, m. dr h.c.

Politechnika Śląska

Wydział Mechaniczny Technologiczny

GLIWICE, 2017

Streszczenie

Tematyka niniejszej pracy doktorskiej dotyczy doboru ośrodków chłodzących w obróbce cieplnej i cieplno-chemicznej stali. Celem pracy jest dobór ekologicznych ośrodków chłodzących do obróbki cieplnej nawęglanych elementów maszyn. Szczególną uwagę poświęcono wodnym roztworom polimerowym zastosowanym jako alternatywny ośrodek chłodzący w stosunku do konwencjonalnie stosowanych ośrodków chłodzących, takich jak woda i oleje hartownicze, do hartowania elementów nawęglanych ze stali konstrukcyjnych, w celu zapewnienia wymaganej jednorodności chłodzenia, a zwłaszcza jako zamienników powszechnie stosowanych łatwopalnych mineralnych olejów hartowniczych. Odpowiedni dobór ośrodków chłodzących na bazie polimeru umożliwia uzyskanie bardzo szerokiego zakresu szybkości chłodzenia oraz eliminację niektórych wad technologicznych, w tym pęknięć hartowniczych, trudnych do uniknięcia w razie stosowania innych konwencjonalnych ośrodków chłodzących. Wykonano badania zdolności chłodzącej wybranych ośrodków chłodzących, w tym polimerowych ośrodków chłodzących o zróżnicowanym udziale polimeru, olejów mineralnych oraz wody na specjalnie zaprojektowanym i zbudowanym autorskim stanowisku badawczym. Wyniki tych badań podano graficznie jako wykresy krzywych temperatury w zależności czasu i szybkości chłodzenia od temperatury. Wodne roztwory polimerowe przy braku cyrkulacji $V = 0$ m/s wykazują współczynnik Grossmanna H o wartości 0,339-0,576, zbliżonej do 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. Uzyskane wyniki badań wskazują, że osiągnięto założony cel badań i udowodniono w pełni postawioną tezę niniejszej pracy doktorskiej. Skonstruowane autorskie stanowisko badawcze umożliwia także wykonywanie badań zdolności chłodzącej badanych ośrodków chłodzących na konkretnych próbkach poddanych nawęglaniu i następnemu hartowaniu z temperatury właściwej dla rdzenia i warstwy wierzchniej oraz odpuszczaniu.

Wobec tego w aneksie do niniejszej pracy doktorskiej zamieszczono ponadto wyniki współautorskich badań lub zaczerpniętych z literatury, lecz w zespole badawczym, z którym ściśle współpracował Autor niniejszej pracy doktorskiej, dotyczące wpływu warunków chłodzenia na strukturę i własności stali węgloutwardzonych w ośrodkach stacjonarnych oraz mieszanych z kontrolowaną szybkością. Wyniki tych badań uzupełniających potwierdzają praktyczną przydatność wyników badań teoretycznych, zawartych w niniejszej pracy doktorskiej. Odpowiednio dobrany chłodzący ośrodek polimerowy umożliwia uzyskanie identycznych własności elementów węgloutwardzanych, jak te otrzymane w wyniku stosowania olejów jako ośrodka chłodzącego oraz oczekiwanej struktury w warstwie wierzchniej i w rdzeniu stali nawęglonej. Stwierdzono, że uzyskane

maksymalne wartości szybkości chłodzenia w próbkach udarnościowych na dwóch głębokościach (0,6 mm – 0,64% C oraz w rdzeniu 2,5 mm – 0,14% C) są mniejsze niż szybkości występujące w przypadku użycia sondy pomiarowej ze stopu Inconel 600. Badania struktury oraz mikrotwardości stali 16MnCr5 wskazują, iż zastosowanie 10% wodnego roztworu polimerowego, jako ośrodka chłodzącego pozwala na uzyskanie prawidłowej struktury, jak również własności użytkowych warstwy powierzchniowej i rdzenia. Zwiększenie szybkości mieszania kąpeli ośrodków chłodzących polimerowych powoduje zwiększenie mikrotwardości na powierzchni chłodzonego elementu nawęglonego, natomiast w przypadku zastosowania każdego z dwóch olejów hartowniczych przebiegi profilu zmian mikrotwardości są bardzo zbliżone do siebie. Z wykonanych badań energii łamania wynika, iż największą energię łamania $KU = 1,2$ J próbek ze stali C20E otrzymano przy zastosowaniu 25% wodnego roztworu polimerowego przy szybkości mieszania $V = 0,24$ i $0,52$ m/s. Uzyskane wyniki jednorodności mikrotwardości HV oraz twardości HRC świadczą o tym, że struktura na przekroju warstwy nawęglonej jest najbardziej jednorodna w przypadku stosowania wodnego roztworu polimerowego.
