

SILESIAIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Faculty of Mechanical Engineering



**Silesian
University
of Technology**

MSc. Eng. Adam SKOWRONEK

DOCTORAL DISSERTATION

**Improvement of the ductility of high-strength medium-Mn steels
through intercritical annealing**

**Supervisor
Professor Adam Grajcar**

GLIWICE, POLAND, 2023

Streszczenie

Poprawa plastyczności wysokowytrzymałych stali średniomanganowych przez wyżarzanie międzykrytyczne

Celem pracy było wyjaśnienie zjawisk strukturalnych zachodzących podczas wyżarzania międzykrytycznego walcowanej na gorąco stali średniomanganowej z dodatkiem Al w zależności od zastosowanych parametrów temperaturowo-czasowych obróbki cieplnej oraz optymalizacja tych parametrów, skutkująca poprawą plastyczności stali. Badaniom poddano stop zawierający 0,16C-4,7Mn-1,6Al-0,2Si-0,2Mo w stanie walcowanym na gorąco, charakteryzujący się mikrostrukturą martenzytyczną. Część literaturowa pracy stanowi przegląd stali wysokowytrzymałych oraz podsumowanie dotychczasowych badań w zakresie wyżarzania międzykrytycznego stali średniomanganowych. Określono czynniki wpływające na udział i stabilność austenitu szczątkowego. Przeanalizowano parametry temperaturowe i czasowe stosowanego dotychczas procesu oraz ich wpływ na właściwości mechaniczne stopu.

W celu udowodnienia tezy rozprawy wykonano badania właściwości mechanicznych oraz szczegółowe badania mikrostrukturalne stali. Podstawowe znaczenie dla realizacji celu pracy miały symulacje termodynamiczne oraz badania eksperymentalne z wykorzystaniem dylatometrii, skaningowej i transmisyjnej mikroskopii elektronowej, badania rentgenowskie oraz analizy EBSD, które pozwoliły na ilościowe określenie cech strukturalnych stali po różnych wariantach obróbki cieplnej.

Zbadano ewolucję składu fazowego i stabilność austenitu szczątkowego w funkcji temperatury wyżarzania w zakresie od 640°C do 1000°C przez 60 min oraz w funkcji czasu wygrzewania w zakresie od 1 min do 300 min w 680°C. Ilościowa ocena frakcji austenitu szczątkowego, jego składu chemicznego oraz wielkości ziarna były niezbędne do realizacji celu pracy. Umożliwiło to skorelowanie poszczególnych charakterystyk z uzyskanymi właściwościami mechanicznymi stali po różnych wariantach obróbki. Stwierdzono, że ilość austenitu rośnie wraz ze wzrostem temperatury wyżarzania i czasu wygrzewania. Wiąże się to jednak ze spadkiem jego stabilności w związku ze zmniejszającym się wzbogaceniem w C i Mn oraz rosnącą wielkością ziarna. Powoduje to, że frakcja austenitu szczątkowego rośnie do osiągnięcia stabilności granicznej, a następnie zaczyna gwałtownie spadać. Wysoka stabilność austenitu szczątkowego hamuje przemianę martenzytyczną wywołaną odkształceniem. Z drugiej strony, jego niska stabilność powoduje masową przemianę martenzytyczną przy niskich wartościach odkształcenia. Oba skrajne warianty skutkują obniżeniem plastyczności stali. W celu uzyskania maksymalnego wydłużenia próbki konieczne jest uzyskanie kompromisu pomiędzy dużym udziałem austenitu szczątkowego, a odpowiednią stabilnością kontrolowaną przez szeroki zakres wielkości ziarna, umożliwiającą stopniową przemianę martenzytyczną w całym zakresie odkształcenia.