

Streszczenie

Niniejsza praca doktorska koncentruje się na kluczowym wyzwaniu przemysłu wydobywczego i przetwórczego – zużyciu elementów roboczych maszyn kruszących, w szczególności kruszarek szczękowych, stanowiących podstawę wstępnego i wtórnego etapu rozdrabniania surowców. Ze względu na wysokie koszty eksploatacyjne oraz technologiczne ograniczenia istniejących materiałów, konieczne stało się poszukiwanie nowych rozwiązań materiałowych i technologicznych.

Tradycyjnie w tych zastosowaniach wykorzystuje się stale i staliwa wysokomanganowe, znane także jako stale Hadfielda. Materiały te charakteryzują się wyjątkową udarnością, zdolnością do intensywnego umocnienia odkształceniowego pod wpływem wysokich nacisków oraz wysoką odpornością na zużycie udarowościowe. Jednakże, w warunkach dominującego zużycia ściernego, gdzie naciski jednostkowe nie są wystarczające do aktywacji pełnego efektu samoumacniania, stal wysokomanganowa może ulegać przyspieszonemu zużyciu. Problemem jest również kruchość związana z niekorzystnymi wydzieleniami węglików powstającymi w trakcie procesu odlewania lub/i zabiegów obróbki cieplnej.

W odpowiedzi na te wyzwania, w pracy zbadano możliwości modyfikacji mikrostruktury stali wysokomanganowej X120Mn12 w celu zwiększenia jej odporności na zużycie ścierne, przy jednoczesnym zachowaniu lub poprawie udarności. Kluczowym kierunkiem badawczym było opracowanie i weryfikacja dwuetapowej obróbki cieplnej, obejmującej izotermiczne wygrzewanie oraz ponowną reaustenityzację. Celem tej procedury było kontrolowane wywołanie mechanizmu rekrytalizacji stymulowanej cząstkami (PSN). Teza pracy zakładała, że taka obróbka cieplna skutecznie zainicjuje mechanizm PSN, prowadząc do istotnego rozdrobnienia mikrostruktury, co w konsekwencji przełoży się na wyraźny wzrost odporności na zużywanie ścierne oraz poprawę udarności stali X120Mn12 przeznaczonej na elementy robocze kruszarek.

W badaniach zastosowano kompleksową analizę mikrostruktury, wykorzystując techniki mikroskopii świetlnej, skaningowej, transmisyjnej, analizę składu chemicznego i pierwiastkowego oraz techniki dyfrakcyjne. Badania właściwości mechanicznych obejmowały pomiary twardości oraz udarności metodą Charpy'ego. Kluczowe znaczenie

miały badania tribologiczne, w tym testy odporności na zużywanie ściernie oraz analiza morfologii powierzchni zużycia. Obserwacjom in-situ poddano również proces propagacji pęknięć w materiale, zrealizowane wewnątrz komory skaningowego mikroskopu elektronowego.

Przeprowadzone badania wykazały, że dwuetapowa obróbka cieplna pozwala na skuteczne zainicjowanie mechanizmu PSN i znaczące rozdrobnienie mikrostruktury stali X120Mn12. Temperatura reaustenityzacji okazała się kluczowym parametrem wpływającym na ewolucję mikrostruktury, sferoidyzację, rozpuszczanie węglików oraz przebudowę struktury dyslokacyjnej. Analiza właściwości mechanicznych i tribologicznych potwierdziła, że zmodyfikowana mikrostruktura wpływa korzystnie na właściwości użytkowe. Największy przyrost odporności na zużywanie ściernie odnotowano dla stali po reaustenityzacji w temperaturze 950°C, co powiązano z korzystnymi zmianami mikrostrukturalnymi wywołanymi m.in. mechanizmem PSN. Wzrostowi odporności na zużycie towarzyszyła również poprawa uderzalności, co jest istotnym osiągnięciem tej pracy.

Uzyskane wyniki potwierdziły, że kontrolowane wykorzystanie mechanizmu PSN poprzez odpowiednio zaprojektowaną obróbkę cieplną stanowi obiecującą ścieżkę do optymalizacji właściwości stali wysokomanganowych. Opracowana dwuetapowa procedura może prowadzić do zwiększenia trwałości elementów roboczych kruszarek, co przekłada się na redukcję kosztów operacyjnych i wzrost efektywności w przemyśle wydobywczym.