

Struktura i własności stali wysokomanganowych MnSiAlNbTi25-1-3 o zwiększonym zapasie energii odkształcenia plastycznego na zimno

Janusz Mazurkiewicz

Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Politechnika Śląska,
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, Polska

Adres korespondencyjny e-mail: janusz.mazurkiewicz@polsl.pl

Streszczenie

Cel: Celem niniejszej rozprawy są badania austenitycznych stali X8MnSiAlNbTi25-1-3 i X73MnSiAlNbTi25-1-3, zawierających ok. 25% Mn, ok. 1% Si, ok. 3% Al i mikrodotatki Nb i Ti, o zróżnicowanym stężeniu odpowiednio 0,08 i 0,73% C, w celu ustalenia i opisu mechanizmów strukturalnych, decydujących o zwiększeniu zapasu energii odkształcenia plastycznego na zimno tych stali, co czyni je przydatnymi do zastosowania w przemyśle samochodowym na blachy i elementy konstrukcyjne samochodów, stanowiące odpowiednio wzmocnienia i strefy kontrolowanego odkształcenia plastycznego, zachowujące się w kontrolowany i z góry zaprogramowany sposób, w trakcie dynamicznego odkształcenia plastycznego na zimno, występującego m.in. podczas wypadku samochodowego.

Projekt/metodologia/podejście: Wykonano doświadczalne wytopy próżniowe dwóch nowo opracowanych stali wysokomanganowych X8MnSiAlNbTi25-1-3 i X73MnSiAlNbTi25-1-3, zaprojektowano i wykonano ich obróbkę cieplno-mechaniczną na półprzemysłowej linii walcowniczej z trzema wariantami chłodzenia oraz symulacje ośmio- i czteroetapowej obróbki cieplno-mechanicznej z wykorzystaniem symulatora metalurgicznego Gleeble. Wykonano analizę wpływu podanych wariantów obróbki na strukturę badanych stali i mechanizmy strukturalne decydujące o ich własnościach. Wykorzystano w tym celu specjalistyczne narzędzia badawcze takie jak skaningowa mikroskopia elektronowa (w tym badania EBSD), konwencjonalna i wysokorozdzielcza transmisyjna mikroskopia elektronowa wraz z badaniami dyfrakcyjnymi, rentgenowską analizę fazową, badania stereologiczne i metalograficzne. Wykonano także badania wpływu opracowanych wariantów obróbki cieplno-mechanicznej z półprzemysłowym walcowaniem na gorąco na własności mechaniczne nowo opracowanych stali zarówno w temperaturze pokojowej, jak i w temperaturze podwyższonej i obniżonej w warunkach statycznych i dynamicznych.

Osiągnięcia: Udowodniono postawioną tezę pracy, wykazując, że synergiczne oddziaływanie manganu i węgla o odpowiednio dobranych wzajemnych proporcjach, bezpośrednio decydujących o przemianach fazowych zachodzących podczas odkształcenia plastycznego, dodatków aluminium i krzemu, wpływających na umocnienie roztworowe, mikrodotatków niobu i tytanu oraz warunków odkształcenia plastycznego na gorąco, włącznie z możliwością zastosowania obróbki cieplno-mechanicznej, zapewnia odpowiednio wysokie własności wytrzymałościowe i znaczne wydłużenie stali typu MnSiAlNbTi25-1-3 o zróżnicowanym stężeniu 0,08 i 0,73% węgla, przez rozdrobnienie struktury austenitu oraz intensyfikację bliźniakowania

mechanicznego w austenicie, stanowiącego efekt TWIP (j. ang.: TWinning Induced Plasticity), a przez to zwiększenie zapasu energii odkształcenia plastycznego stali na zimno. Ustalono, że podstawową przyczyną wzrostu zapasu energii odkształcenia plastycznego na zimno badanych stali w warunkach dynamicznych jest uaktywnianie się bliźniakowania mechanicznego w przecinających się ze sobą systemach, które w przypadku obydwu badanych stali nawet przy niewielkim odkształceniu 0,05 lub 0,10 powoduje uaktywnienie bliźniakowania i obecność wzajemnie przecinających się pasm poślizgu oraz bliźniaków odkształcenia w ziarnach austenitu i bliźniakach wyżarzania, zagęszczających się wraz ze zwiększeniem odkształcenia do 0,2-0,3 i do zerwania, potwierdzając podstawowy mechanizm TWIP. Zastosowanie obróbki cieplno-mechanicznej badanych stali, polegającej na odkształceniu plastycznym na gorąco i regulowanym chłodzeniu, stwarza możliwość zapewnienia zapasu plastyczności odpowiednio powyżej 500 i do 300 MJ/m³ w wyniku dynamicznego i statycznego odkształcenia plastycznego na zimno, wyższego o 0,1-0,02 w wyniku zastosowania takiej obróbki, niż w przypadku powszechnie stosowanej dla stali tego typu zwykłej obróbki cieplnej, zupełnie oddzielonej od zastosowanej obróbki plastycznej.

Ograniczenia badań/zastosowań: W monografii przedstawiono wyniki badań strukturalnych oraz własności nowo opracowanych doświadczalnych stali wysokomanganowych. Wykonanie wytopów przemysłowych i gotowych elementów konstrukcyjnych przewidziano w następnych etapach pracy.

Praktyczne zastosowania: Osiągnięcie celu niniejszej pracy daje podstawy do zastosowania nowo opracowanych stali wysokomanganowych w przemyśle samochodowym na blachy i elementy konstrukcyjne samochodów, stanowiące odpowiednio wzmocnienia i strefy kontrolowanego odkształcenia plastycznego samochodów, zachowujące się w kontrolowany i z góry zaprogramowany sposób, w trakcie dynamicznego odkształcenia plastycznego na zimno, występującego m.in. podczas wypadku samochodowego. Praca przedstawia także wskazówki technologiczne do zastosowania obróbki cieplno-mechanicznej tych stali w celu uzyskania odpowiednio zoptymalizowanego zestawu własności dla podanych zastosowań.

Oryginalność/wartość: Zweryfikowano pozytywnie założenia koncepcji zapobiegania pękaniu elementów konstrukcyjnych i nadwozia samochodu w czasie wypadku lub kolizji drogowej, poprzez pochłanianie sporego zapasu energii wówczas wyzwalonej, na wywołanie zmian strukturalnych i przemian fazowych, przebiegających w warunkach dynamicznego odkształcenia plastycznego krytycznych elementów samochodu wykonanych z tych stali, gdyż relatywnie duży zapas plastyczności, daje możliwości pochłaniania energii i przeciwdziałania przedwczesnemu złomowi uszkodzanych elementów samochodu, ze względu na intensywne bliźniakowanie mechaniczne w przecinających się systemach, zapewniające zwiększenie zapasu energii, zwłaszcza w warunkach dynamicznego odkształcenia plastycznego stali na zimno.

Słowa kluczowe: Stale wysokomanganowe, Bliźniakowanie mechaniczne; Zapas plastyczności, Obróbka cieplno-mechaniczna, Udarowe rozciąganie, Symulator metalurgiczny

Cytowania tej monografii powinny być podane w następujący sposób:

J. Mazurkiewicz, Struktura i własności stali wysokomanganowych MnSiAlNbTi25-1-3 o zwiększonym zapasie energii odkształcenia plastycznego na zimno, Open Access Library, Volume 7 (25) (2013) 1-139.