

Mgr inż. Adam Gołaszewski

Tytuł rozprawy doktorskiej: „Kształtowanie mikrostruktury i właściwości stali w wyniku przemiany bainitycznej po wygrzewaniu w zakresie dwufazowym”

STRESZCZENIE

Stale TRIP są przedmiotem intensywnych badań naukowych, mających na celu poprawę ich właściwości mechanicznych oraz użytkowych. Ich cechą charakterystyczną jest struktura ferrytyczno-bainityczna z austenitem szczątkowym. Obecność stabilnego austenitu prowadzi do wystąpienia efektu TRIP (ang. *TRansformation Induced Plasticity*), dzięki któremu stale TRIP uzyskują doskonały kompromis plastyczności do wytrzymałości.

Badania prowadzone w ramach niniejszej pracy wykazały, że możliwe jest wytworzenie ultradrobnoziarnistej struktury ferrytyczno-bainitycznej z austenitem reszkowym w wybranych gatunkach stali z grupy stali do ulepszania cieplnego (35CrSiMn5-5-4, 38CrAlMo6-10 oraz 30NiMnSiCr7-5-4-4). Badane stale posiadają odpowiednie stężenie węgla oraz dodatki stopowe umożliwiające wytworzenie struktury typowej dla stali TRIP, a zmodyfikowany proces obróbki cieplnej obejmujący wstępne hartowanie z przemianą izotermiczną i dalsze hartowanie bainityczne z zakresu międzykrytycznego dodatkowo doprowadziły do silnego rozdrobnienia mikrostruktury. Konsekwencją wytworzenia ultradrobnoziarnistej struktury ferrytyczno-bainitycznej z austenitem reszkowym było osiągnięcie korzystnego zespołu właściwości plastycznych i wytrzymałościowych. Stale wytworzone przy użyciu tej technologii nazwano Ultradrobnoziarnistymi Stalami o Plastyczności Indukowanej Przemianą Martenzytyczną (ang. *Ultra Fine Grained Transformation Induced Plasticity Steels – UFG TRIP steels*).

Nowoopracowana obróbka doprowadziła do osiągnięcia głównego celu stawianego nowym odmianom stali TRIP, a mianowicie do rozdrobnienia ziaren ferrytu poniżej 1 μm (w pracy uzyskano rozmiar ziaren ferrytu w zakresie 200-700 nm!). Otrzymaną mikrostrukturę UFG-TRIP cechuje ponadto średnia wielkość ziaren bainitu wynosząca około 150 nm, natomiast austenitu poniżej 100 nm. Stale po obróbce UFG-TRIP posiadają również niską twardość (250-350HV) i niski stosunek granicy plastyczności do wytrzymałości (0,6÷0,7), a także wysoki wskaźnik formowalności. Parametry te świadczą o dużej podatności materiału na kształtowanie. Jednocześnie badane stale mają wysoką wytrzymałość na rozciąganie (900÷1234MPa) oraz duże wydłużenie (24÷12%) i udarność KV(31÷74).

Słowa kluczowe: Przemiany fazowe w stalach; Obróbka cieplna; Stale TRIP; Efekt TRIP; Bainit bezwęglkowy; Nanostruktura

Mgr inż. Adam Golaszewski

Doctoral dissertation title: “Formation of the microstructure and properties of steel as a result of bainitic transformation following annealing in the intercritical region”

Abstract

TRIP steels are the subject of intensive scientific research aimed at improving their mechanical and utility properties. A characteristic feature of these steels is their ferritic-bainitic structure with retained austenite. The presence of stable austenite leads to the occurrence of the TRIP effect (Transformation Induced Plasticity), which allows TRIP steels to achieve an excellent compromise between ductility and strength.

The research conducted within this work demonstrated the possibility of producing an ultrafine-grained ferritic-bainitic structure with retained austenite in selected grades of heat-treatable steels (35CrSiMn5-5-4, 38CrAlMo6-10, and 30NiMnSiCr7-5-4-4). The studied steels contain adequate carbon concentration and alloying elements that enable the formation of a structure typical for TRIP steels. A modified heat treatment process involving initial quenching with isothermal transformation and subsequent bainitic quenching in the intercritical range additionally led to significant microstructure refinement. The formation of an ultrafine-grained ferritic-bainitic structure with retained austenite resulted in the achievement of favorable set of plastic and strength properties. The steels produced with the use of this technology have been named Ultra Fine Grained Transformation Induced Plasticity Steels (UFG TRIP steels).

The newly developed treatment resulted in achieving the main goal set for the new variants of TRIP steels, specifically grain refinement of ferrite to below 1 μm (grain size of ferrite in the range of 200-700 nm was obtained in this study!). The obtained UFG-TRIP microstructure is also characterized by an average bainite grain size of about 150 nm, and austenite grain size below 100 nm. UFG-TRIP-treated steels also exhibit low hardness (250-350 HV) and a low yield strength to tensile strength ratio (0.6-0.7), as well as a high formability index. These parameters indicate the material's significant formability. Simultaneously, the studied steels have high tensile strength (900-1234 MPa), significant elongation (24-12%), and high impact strength KV (31-74).

Keywords: Phase transformations in steel; Heat treatment; TRIP steels; TRIP effect; Carbide-free bainite; Nanostructure.