

Mgr inż. Krzysztof Chmielarz

Rola węglików w kształtowaniu struktury i właściwości stali 100CrMnSi 6-4 na drodze przemiany bainitycznej

Streszczenie pracy

Celem pracy było określenie wpływu wielkości węglików na przemianę bainityczną – jej kinetykę, otrzymaną mikrostrukturę, oraz otrzymane w wyniku przemiany właściwości. Do badań wybrano stal łożyskową 100CrMnSi 6-4 ze względu na dużą zawartość węgla, szeroki zakres przemiany bainitycznej oraz względnie niską stopowość. W celu zróżnicowania wielkości węglików zaproponowane zostały trzy typy austenitzowania: pojedyncze austenitzowanie, podwójne austenitzowanie, oraz podwójne austenitzowanie ze sferoidyzowaniem. Dla zbadania wpływu węglików na przemianę bainityczną przeprowadzono hartowanie izotermiczne w trzech temperaturach – 250, 320 i 430°C. Czas przemiany w każdym wypadku został dobrany tak, żeby uzyskać 90% zaawansowania przemiany bainitycznej. Kinetykę przemiany bainitycznej wyznaczono na podstawie badań dylatometrycznych. Przy opisie wykorzystano modele kinetyki przemian Starinka oraz Raviego. Określono wpływ zastosowanych obróbek cieplnych na wielkość ziarna austenitu pierwotnego, a także na hartowność stali. Celem zbadania wielkości i orientacji wytworzonych węglików, jak również powstałej morfologii bainitu, przeprowadzono obserwacje mikrostruktury przy użyciu mikroskopii świetlnej oraz mikroskopii elektronowej skaningowej (SEM) i transmisyjnej (TEM). Skład fazowy uzyskanej mikrostruktury zbadano przy pomocy rentgenowskiej analizy fazowej (XRD) i badań magnetycznych, a także na podstawie analizy obrazów dyfrakcji elektronów (TEM). Finalnie określone zostały właściwości mechaniczne stali o mikrostrukturach wytworzonych po zaprojektowanych procesach obróbki cieplnej – twardość, udarność, wytrzymałość na rozciąganie i odporność na zużycie ściernie. Przeprowadzone badania wykazały, że zwiększenie wielkości węglików miało istotny wpływ na przyśpieszenie kinetyki przemiany bainitycznej poprzez zmniejszenie ilości składników stopowych na granicach ziaren. Natomiast zmniejszenie wielkości wydzielonych węglików doprowadziło do spowolnienia kinetyki przemiany zarówno bainitu, jak i perlitu, przez co uzyskano zwiększenie hartowności stali. Próbkę z mniejszymi węglkami charakteryzowały się także wyższymi właściwościami wytrzymałościowymi – granicą plastyczności i wytrzymałości. Rezultatem o znaczeniu aplikacyjnym jest wykazanie możliwości sterowania właściwościami stali poprzez wytworzenie odpowiedniej morfologii i rozkładu węglików przy wykorzystaniu specjalnie zaprojektowanych procesów obróbki cieplnej.

Krzysztof Chmielarz, M.Sc.

The influence of carbides in shaping the structure and properties of 100CrMnSi 6-4 steel through bainitic transformation

Abstract

The aim of the work was to determine the effect of the size of carbides on the bainitic transformation – its kinetics, the obtained microstructure, and the properties obtained as a result of the transformation. The bearing steel 100CrMnSi 6-4 was selected for the tests due to its high carbon content, wide range of bainite transformation and relatively low alloying. In order to differentiate the size of the carbides, three types of austenitizing were proposed: single austenitizing, double austenitizing, and double austenitizing with spheroidizing. To investigate the effect of carbides on the bainitic transformation, isothermal hardening was carried out at three temperatures – 250, 320 and 430°C. The transformation time in each case was selected so as to obtain 90% of the bainitic transformation advancement. The kinetics of the bainitic transformation were determined on the basis of dilatometric tests. The Starink and Ravi kinetics models were used to describe it. The effect of applied heat treatments on the grain size of primary austenite and the hardenability of steel was determined. In order to study the size and orientation of the produced carbides, as well as the resulting bainite morphology, microstructure observations were carried out using light microscopy, as well as scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM). The phase composition of the resulting microstructure was investigated using X-ray diffraction analysis (XRD) and magnetic studies, as well as electron diffraction (TEM) analysis. Finally, the mechanical properties of steel with microstructures produced after the designed heat treatment processes were determined – hardness, impact strength, tensile strength and resistance to abrasive wear. The conducted research showed that the increase in the size of carbides had a significant impact on the acceleration of the bainite transformation kinetics by reducing the amount of alloying elements at grain boundaries. On the other hand, the reduction in the size of the precipitated carbides led to a slowdown in the kinetics of the transformation for both bainite and pearlite, which resulted in an increase in the hardenability of the steel. The samples with smaller carbides were also characterized by higher strength properties – yield point and tensile strength. The result of application importance is the demonstration of the possibility to control the properties of steel by producing the appropriate morphology and distribution of carbides using specially designed heat treatment processes.