

氏名(本籍)	メイサム ジャファリ (イラン)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第5953号
学位授与年月日	平成23年12月31日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	数理物質科学研究科
学位論文題目	Toughening of High Strength Steel by Ultrafine Elongated Grain Structure (超微細伸長粒組織による高強度鋼の高靱性化に関する研究)

主査	筑波大学教授	工学博士	津崎兼彰
副査	筑波大学教授	Ph.D	土谷浩一
副査	筑波大学教授	工学博士	熊倉浩明
副査	筑波大学准教授	工学博士	金熙榮

論文の内容の要旨

Stronger, tougher steels are always needed to reduce weight and improve safety in transportation, enhance architectural flexibility in construction, and improve performance in heavy machinery. For structural steels to be both strong and tough, they must not be used at temperatures below the ductile to brittle transition temperature (DBTT) at which the steel loses its toughness and fractures in a brittle mode. This transition results from a competition between plastic deformation and brittle fracture at the tips of cracks in the steel. It can be controlled by techniques such as grain refinement that inhibit brittle fracture, or by techniques such as controlled delamination that facilitate plastic deformation. In this work, the main objective is how to control fracture mechanisms to get higher toughness in the ductile mode and decrease the DBTT. The other challenge is how to overcome the harmful effects of phosphorus in steels, in an economical manner, which always exists at some level. Its strong segregation to the grain boundaries during tempering or in long term application at elevated temperatures enables the steels to fracture intergranularly by decreasing the grain boundary cohesion, resulting in a decrease in the upper shelf energy and an increase in DBTT. This thesis comprises of 6 chapters. Chapter 1 is an outline of the background of the proposed ways for structural steels to be both strong and tough. In chapter 2, we explain at first ductile fracture, then intergranular fracture as a consequence of temper embrittlement, and finally cleavage fracture including quasi-cleavage fracture and delamination cleavage fracture. In chapter 3, transition in fracture mode from ductile to intergranular and cleavage in 0.05 %P doped high strength steel is studied. Using the results in chapter 3 the critical stress for intergranular fracture was obtained to be 3800 MPa at 150 °C and 6000 MPa at -196 °C. Besides, the critical stress for cleavage fracture was evaluated to be around 6000 MPa. Enhancement of upper shelf energy by ultrafine elongated grain structures in a high strength steel is investigated in chapter 4. The aim of the study in chapter 5 is to evaluate whether it is possible to suppress the embrittling effects of P grain boundary segregation and obtain high upper shelf energy by introducing the UFEG structure in a 0.05 %P doped high strength steel. We try to find out the role of texture, grain boundaries, and second phase particles along with P segregation on the delamination fracture. In addition, BCC iron cleaves on {100} planes

and since delamination is a kind of cleavage fracture, {100} planes are known as delamination planes. Thus, we try to show the validity of this idea in UFEG structure by the aid of electron backscattering diffraction (EBSD) method. In chapter 6, the work carried out in the thesis is summarized and general conclusions are drawn.

審査の結果の要旨

本論文は金属微視組織の制御によって高強度鋼の衝撃靱性の向上を目指した学術論文である。引張強度 1200MPa の低合金鋼組成の材料を用いて、マルテンサイト変態後に温間域での塑性加工（テンプレフォーミング）により、 $\langle 110 \rangle // RD$ 集合組織が発達した超微細伸長粒組織を持つ棒鋼を得た。この組織（UFEG 組織）と、焼入焼戻の熱処理を施した通常組織（QT 組織）について、金属微視組織と機械的特性の詳細な比較検討を行った。UFEG 組織は、延性脆性遷移温度を低下させるだけでなく、延性温度域での破壊吸収エネルギーを 50% 以上増加させることを見出した。これは従来の結晶粒微細化と異なる傾向で注目される。さらに、粒界偏析して粒界結合力を著しく低下させる不純物元素である P を 0.05 重量%（JIS 許容量の 2 倍以上）添加した鋼に UFEG 組織を導入することによって、脆化が抑制されて高純度鋼 QT 組織材を越える高い靱性値が得られることを示した。また、その機構として層状破壊という特徴ある破壊形態が寄与することを解明した。本研究は、材料破壊学に関する寄与に加えて、脆化元素の無害化という工学的に重要な技術指針を示したことから、学術的工学的価値の高い論文と判断される。

平成 23 年 11 月 18 日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。