

研究 成 果 報 告 書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB	超微細繊維状結晶粒組織を活用した壊れにくい超高強度鋼の破壊メカニズム解明				
研究テーマ (欧文) AZ	Fracture mechanism in stronger and tougher steel with ultrafine elongated grain structure				
研究氏 代 表 名 者	カナ文字 CC	姓) イノウエ	名) タダノブ	研究期間 B	2010 ~ 2011年
	漢字 CB	井上	忠信	報告年度 YR	2012年
	ローマ字 CZ	INOUE	TADANOBU	研究機関名	物質・材料研究機構
研究代表者 CD 所属機関・職名	(独) 物質・材料研究機構・主幹研究員				
<p>概要 EA (600字～800字程度にまとめてください。)</p> <p>構造用金属材料は高強度化することで脆化するため、“強靱な材料”を実現するためのアイデアが常に求められている。現在の材料科学技術をもってすれば、高強度化それ自体は困難ではない。しかし、材料の強度が向上すると、ねばさの指標となる靱性は低下する。よって、トレードオフバランスの関係にある両特性を同時に向上させる方策が永遠の課題であるが、従来型の合金化主体の材料設計手法では限界が見えていた。よって、その限界を打破するためには、従来の設計思想とは異なる視点が必要となる。本研究では、バイオメティクスな考えを鉄鋼材料のミクロ組織に適用させた超微細繊維状結晶粒組織を有する1800MPa級低合金鋼を創製し、その破壊挙動を解明することで、強度と靱性を同時に向上できる組織設計指針を明示することを目的にした。</p> <p>具体的には、強度1800MPa級の中炭素鋼を対象にした、0.4%C-2%Si-1%Cr-1%Mo成分の鋼を焼入れ後、500℃で減面率約80%の温間溝ロール圧延を施し、14.3mm角×1m長さで300nm厚の超微細繊維状結晶粒組織を有する棒鋼を創製した(TF材)。比較のため、同成分において、通常の焼入れ後、焼戻した鋼も創製した(QT材)。創製した棒材から10mm角×55mm長さの曲げ試験片を抽出し、室温および77Kの温度域でクロスヘッドスピード0.5mm/min、スパン長さ40mmでの三点曲げ試験を実施した。試験後の破面観察とともに、種々の押し込み量で試験を中断させ、その後試験片を切断、研磨し、き裂の発生と進展挙動を光学顕微鏡及び走査電子顕微鏡を用いて観察した。室温時におけるQT材の0.2%耐力σ_{ys}=1.51GPa、引張り応力σ_B=1.82GPa、全伸びTEL=9.2%であり、破壊に要したエネルギーJは129 kJ/m²であり、典型的な脆性破面を有した。一方、TF材のσ_{ys}=1.86GPa、σ_B=1.86GPa、TEL=14.8%であり、破壊エネルギーはJ=5184 kJ/m²であった。ただし、TF材はき裂が長手方向に分岐し試験片厚さ10mmまで押し込んでも破壊しなかった。結果的に、TF材の破壊エネルギーはQT材の約40倍まで向上した。77Kの場合、主き裂は押し込み方向と45°の角度を有してジグザクに進展し、最終的には破壊したが、長手方向に進展したき裂も観察された。結果的に、TF材のJは脆性破壊したQT材の8倍のエネルギーとなった。亀裂の分岐に伴う破壊エネルギーの増加は、結晶粒径の形態(大きさ、形状)と方位に強く依存していることを組織観察結果から明らかにし、貝殻や竹のように、材料そのものを直ちに破壊させないフェールセーフ機能を有する組織指針を示した。</p>					
キーワード FA	破壊	強靱化	バイオメティクス	低合金鋼	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）										
雑誌	論文標題 ^{GB}	Static fracture toughness of fail-safe steel								
	著者名 ^{GA}	Tadanobu Inoue, Yuuji Kimura, Shojiro Ochiai	雑誌名 ^{GC}	SCRIPTA MATERIALIA						
	ページ ^{GF}	552~555	発行年 ^{GE}	2	0	1	1	巻号 ^{GD}	6 5	
雑誌	論文標題 ^{GB}	Shape effect of ultrafine-grained structure on static fracture toughness in low-alloy steel								
	著者名 ^{GA}	Tadanobu Inoue, Yuuji Kimura, Shojiro Ochiai	雑誌名 ^{GC}	SCIENCE AND TECHNOLOGY OF ADVANCED MATERIALS						
	ページ ^{GF}	035005(1~10)	発行年 ^{GE}	2	0	1	2	巻号 ^{GD}	1 3	
雑誌	著者名 ^{HA}									
	書名 ^{HC}									
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}		
図書										
<p>欧文概要^{EZ}</p> <p>Strong, tough materials are always in demand to reduce weight in transportation and improve performance in heavy machinery. Structural metallic materials are usually used for key components with the highest requirements for reliability, durability and safety. However, strength and toughness in materials are strongly correlated, and toughness decreases with increasing strength. Therefore, the property of toughness is far more important than that of strength. Refinement of crystal grains is an effective method for developing strength in metallic materials; hence, ultrafine-grained (UFG) materials are very attractive in material science. Although there is a great deal of literature on UFG materials, there have been few studies on their static toughness and no reports on the improvement of toughness by grain refinement.</p> <p>In the present study, a high-strength low alloy steel with ultrafine elongated grain (UFEG) structures was fabricated by multi-pass caliber rolling at 773 K, and the strength - toughness balance of the developed steel was remarkably improved compared with conventionally quenched and tempered steel with a martensitic structure. In particular, the fracture toughness of the developed steel was about 40 times higher than that of the conventional steel, and the steel was not broken in two pieces. Furthermore, even at 77 K, the fracture toughness of the UFEG steel was about 8 times higher than that of the conventional and UFG steels, despite the highest strength of 2.26 GPa. This enhanced toughness is attributed to fracture mechanisms of the crack-arrester type, which arrests the propagation of a main crack associated with the unique hierarchical anisotropic nanostructures induced by the caliber rolling. For tougher high-strength steel, it is important to design a heterogeneous microstructure with anisotropic properties such as biological materials rather than homogeneous microstructure with isotropic ones. Such a microstructure can be created by controlling not only the size of the grains but also their shape and orientation through a plastic deformation process.</p>										