

Title	鋼溶接熱影響部の微視的不均質性に注目した破壊靱性支配因子の解明と靱性向上の手法
Author(s)	川端, 文丸
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39293
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	川 端 文 丸
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 1 4 9 9 号
学位授与年月日	平成 6 年 6 月 3 0 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	鋼溶接熱影響部の微視的不均質性に注目した破壊靱性支配因子の 解明と靱性向上の手法
論文審査委員	(主査) 教 授 豊田 政男 教 授 向井 喜彦 教 授 松田 福久 教 授 中尾 嘉邦 教 授 小林 紘二郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、降伏強さ 360 ～ 420MPa 級の低合金高張力鋼の溶接熱影響部への破壊靱性要求が厳しい現状に応えるために、特に、多層溶接熱影響部に存在する微視的不均質性の存在に注目し、材料組織及び強度的不均質の両者を考慮することによって得られる靱性改善のための組織制御指針と制御手法に関する研究を行ったもので、以下の 7 章にまとめられている。

第 1 章は、緒論であり、本研究の背景及び必要性についてまとめ、研究目的について述べている。

第 2 章では、代表的低合金鋼の溶接継手に対して、CTOD 試験により溶接熱影響部の破壊靱性評価を行い、脆性破壊起点である局所脆化域 (LBZ) が亀裂前縁に占める寸法と破壊限界 CTOD との関係についての詳細な検討から、溶接熱影響部の破壊靱性は LBZ 寸法のみ注目した最弱リンクモデル型の破壊発生モデルには必ずしも従わないことを示している。

第 3 章では、局所的な脆化部を持つモデル試験片を圧延クラッド手法を適用して作製し、局所的脆化部が試験片全体の破壊挙動に及ぼす影響に関する基本的な実験を行い、0.1mm 程度の微小な脆化域の存在が材全体の靱性を著しく低下させることを見いだすとともに局所脆化域という小規模領域の靱性改善の重要性について明らかにしている。

第 4 章では、溶接熱影響部の再現熱サイクル試験片の破壊靱性試験を行い、その破壊現象の微視的観察によって、局所脆化域は島状マルテンサイト (M-A 組織) の生成に起因する極めて微視的な不均質を持つことを明らかにしている。また、実験の範囲内の鋼熱影響部では、M-A と母地の界面に微視的亀裂が発生しやすく、その微視亀裂から脆性破壊が伝播したときには、母地にはほとんど亀裂停止能力が無く、微視的亀裂の発生が局所脆化域全体の破壊を大きく支配していることを明らかにしている。そして、継手の靱性改善には M-A 周りに発生する微視的亀裂の発生を制御することが重要であるとの結論を得て、その手法の導出に対して局所的不均質に注目した力学的取り扱いの必要性を指摘している。

第 5 章では、局所脆化域の不均質性をモデル化した局所的硬化部 (LHZ) を含む材の有限要素法を用いた変形解析を行い、LHZ の分布形態に依存する不均一な応力・歪の分布特性から破壊確率を評価している。これにより観察され

た微視亀裂発生現象が現実の鋼溶接熱影響部において起こり得ることなどを力学的に明らかにしている。更に、実際に作製した種々の溶接熱影響部組織に対する硬化粒子の分布特性に関する観察を行い、材料の破壊靱性と M-A 粒子の形態との関係から、M-A 粒子の全体体積率よりは、細長い M-A 粒子の含有率とその分布形態が破壊靱性の主要な支配因子であることを明らかにしている。

第6章では、前章までの考察で得られた結果から、溶接熱影響部の破壊靱性向上の手法として、M-A 組織含有率の低減に加え、M-A 塊状化、微細化、近接効果の利用の三つの方法を提案し、局所脆化域の新しい改善指針の有効性を、(a) 低C 低Si 鋼への高温バス間溶接法の適用と、(b) 鋼板の Nb 量制御による M-A 形態の制御、の二手法により確認している。

第7章は結論であり、本研究で得られた主たる結論を総括している。

論文審査の結果の要旨

海洋構造物などの大型溶接構造の使用条件の苛酷さなどから鋼溶接部への破壊靱性要求も厳しくなる現状に応えるため、本研究は、海洋構造物用あるいはラインパイプ用鋼に代表される低合金高張力鋼の多層溶接熱影響部における破壊靱性改善のための組織制御指針と制御手法を考察したものである。特に、本研究では、材料組織学的な検討に加え、微視的不均質性という組織形態に注目した力学的考察をも取り入れるという手法によって、靱性改善手法の導出、実用化を図ろうとしている。本論文で明らかにされている主な点は以下のとおりである。

- (1) 鋼多層溶接熱影響部の破壊靱性の決定要因について検討し、低靱性をもたらす局所脆化域 (LBZ) は熱影響部粗粒域、特に二相域再加熱粗粒域などであり、それらの組織に含まれる局部的硬化組織である島状マルテンサイト (M-A 組織) が大きな役割を果たすことと、その M-A 組織が種々の形態と分布をもつことを明らかにしている。
- (2) 熱影響部の破壊靱性は、組織中の微視亀裂発生が主要な決定要因であり、微視亀裂は M-A 組織自体の割れと、M-A 粒子と比較的軟らかい母地との界面近傍に生じる割れの二種類があり、後者の比率が多いこと、また、その亀裂発生挙動は M-A の形態の影響が大きいことを明らかにしている。
- (3) 微視亀裂の発生は、柔らかい母地に硬い M-A 組織が存在するという微視的不均質の存在による変形ミスマッチの影響が大きいことを明らかにし、微視的不均質モデル材に対する変形挙動に関する数値解析を行い、硬い粒子の形状と分布形態、特に硬い粒子のアスペクト比が主要な支配因子であることを明らかにしている。
- (4) 種々の組織をもつ熱影響部の破壊靱性試験を行い、その破壊靱性は脆化組織である M-A の体積含有率のみでは整理できず、アスペクト比が4以上の細長い M-A 粒子の体積含有率を用いることによって統一的に整理されること、体積含有率が大きくなると、硬い粒子の近接効果によって脆化の割合が低下するなど、脆化組織の形態と分布の影響の仕方を明らかにしている。
- (5) 組織形態に関する力学的・材料学的考察から、溶接熱影響部破壊靱性向上の手法として、M-A の量を低減するという従来手法に加え、M-A 粒子の塊状化、微細化、近接効果の利用の三つの指針を提案し、実施工における溶接条件の設定の工夫や鋼材の微量添加元素の制御などによって鋼溶接熱影響部の破壊靱性が改善できることを具体的に示している。

以上のように、本論文は、材料のもつマイクロ組織や力学的性質の微視的不均質性に注目した総合的考察に基づく材料開発手法の具体的例を示しており、計算機を用いた材料特性の予測・制御などに応用できる統合的な手法へもつながることが展望され、その成果は、材料加工工学及び生産加工工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。