

Title	低炭素厚鋼板溶接熱影響部の靱性に対するマイクロアロイの効果とその制御に関する研究
Author(s)	鈴木, 秀一
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1486
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	鈴木 秀一
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 21658 号
学位授与年月日	平成 20 年 1 月 25 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	低炭素厚鋼板溶接熱影響部の靱性に対するマイクロアロイの効果とその制御に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 小溝 裕一 (副査) 教授 豊田 政男 教授 南 二三吉 教授 池内 建二

論文内容の要旨

TMCP 法によって生産される最近の厚鋼板は、経済的でありながら優れた破壊安全性を有するようになったが、溶接によって再熱を受ける熱影響部 (HAZ) の靱性劣化が顕在化し、その改善のために多くの研究が行われた。その結果、特に小入熱の場合の HAZ 靱性を支配するマイクロ因子、マクロ的な強度不均一が HAZ 靱性に与える破壊力学的な効果、および不均一材の破壊確率に対する統計的理論が構築された。しかし、鋼材の化学成分と HAZ 靱性劣化のマイクロ因子との因果関係、更にマイクロ因子からマクロ的な破壊が起こる過程、に関しては十分な説明がなされていない。そこで、本研究ではこれらの因果関係の解明に焦点を当てて研究をおこなった。

第 1 章で以上の研究の目的を明確化した後、第 2 章において、これまでに研究された HAZ 靱性のミクロ的支配因子をトレースする形で、小入熱多層溶接 HAZ の変態組織、およびそれらの組織の有する機械的特性について調査を行った。その結果、HAZ 中で生成する M-A 組織 (Martensite-Austenite constituent) がベイナイト変態に伴ってラス状に生成した場合のみ顕著な HAZ 靱性の劣化が起こり、その程度は M-A 組織量に強く依存することがわかった。

第 3 章では、M-A 組織形成に最も大きな影響を与える鋼中のマイクロアロイ元素の役割について、小入熱から大入熱までの再現熱サイクル試験によって調査した。その結果、母材中に析出したマイクロアロイ炭窒化物はオーステナイト粒の成長抑制効果を有するものの、溶接熱によって一旦溶解してしまうと、固溶したマイクロアロイ元素は γ - α 変態温度を顕著に低下させ、特に小入熱の場合には HAZ 靱性劣化をもたらす危険性があることがわかった。

第 4 章では、ミクロ的 HAZ 靱性支配因子からマクロ的破壊が発生する因果関係を調査する目的で、実溶接継手 HAZ 部の CTOD 試験において破壊発生起点のローカルなマイクロ組織が有する機械的特性を推定・解析した。その結果、CTOD 試験片の破壊は常に、ラス状 M-A 組織が生成して硬化した部分硬化領域の端部から発生することが観察され、HAZ 中の強度的不均一が存在が破壊発生を助長していることが判明した。

第 5 章では、大入熱溶接の場合のミクロ的 HAZ 靱性支配因子について調査した結果、M-A 組織は大入熱溶接では分解して生成せず、靱性はほぼ破面単位に支配されていることを見出した。すなわち、小入熱の場合と大入熱の場合とで、HAZ 靱性改善のために異なる手立てが必要であることが示唆された。

第 6 章では、以上の知見を応用し、小入熱溶接の場合には M-A 組織低減、大入熱溶接の場合にはオーステナイト粒界からの初析フェライト生成抑制と内部フェライト生成促進による変態組織の均一化、を図った成分設計により、実用鋼の HAZ 靱性が実際に向上することを検証した。

以上の研究により、厚鋼板の HAZ 靱性の支配因子、破壊機構、その改善方法が系統的に明確になった。

論文審査の結果の要旨

本論文は、低炭素厚鋼板溶接熱影響部の靱性に対するマイクロアロイの効果とその制御に関するものである。

TMCP法によって生産される最近の厚鋼板は、経済的でありながら優れた破壊安全性を有するようになったが、溶接によって再熱を受ける熱影響部（HAZ）の靱性劣化が顕在化し、その改善のために多くの研究が行われてきた。しかし、鋼材の化学成分と HAZ 靱性劣化のマイクロ因子との因果関係、更にマイクロ因子からマクロ的な破壊が起こる過程、に関しては十分な説明がなされていない。そこで、本研究ではこれらの因果関係の解明に焦点を当てて研究をおこなった。

小入熱多層溶接 HAZ の変態組織、およびそれらの組織の有する機械的特性については、HAZ 中で生成する M-A 組織（Martensite-Austenite constituent）がベイナイト変態に伴ってラス状に生成した場合のみ顕著な HAZ 靱性の劣化が起こり、その程度は M-A 組織量に強く依存することを明らかにした。

また、M-A 組織形成に最も大きな影響を与える鋼中のマイクロアロイ元素の役割について、母材中に析出したマイクロアロイ炭窒化物はオーステナイト粒の成長抑制効果を有するものの、溶接熱によって一旦溶解してしまうと、固溶したマイクロアロイ元素は $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態温度を顕著に低下させ、特に小入熱の場合には HAZ 靱性劣化をもたらす危険性があることを示した。

一方、大入熱溶接の場合には、M-A 組織は分解して生成せず、靱性はほぼ破面単位に支配されていることを見出した。すなわち、小入熱の場合と大入熱の場合とで、HAZ 靱性改善のために異なる手立てが必要であることが示唆された。

以上の知見を応用し、小入熱溶接の場合には M-A 組織低減、大入熱溶接の場合にはオーステナイト粒界からの初析フェライト生成抑制と内部フェライト生成促進による変態組織の均一化、を図った成分設計により、実用鋼の HAZ 靱性が実際に向上することを検証した。

以上のように、本論文は厚鋼板の HAZ 靱性の支配因子、破壊機構、その改善方法を系統的に明確に示している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。