

学位論文審査の結果の要旨

氏 名	津山 忠久
審査委員	主査 仲井 清真 副査 藤井 雅治 副査 小原 昌弘

論 文 名 ホットワイヤ法による溶接金属部の機械的性質に及ぼす微細組織の
効果およびこの効果に基づく溶接法開発に関する研究

本研究では、鋼構造物の製作効率と溶接金属部の機械的性質との向上を目指して新溶接法「F-MAG 溶接法」を考案している。この F-MAG 法による溶接金属部の微細組織が強度及び靱性に如何なる効果を及ぼすのかについて検討している。つまり、これらの機械的性質を左右する因子を明確にし、かつこれらの因子を制御することで優れた機械的性質を有する溶接金属部の作製等を図るための方法を考案している。

本論文は、全 8 章で構成され、各章の要約は以下の通りである。

第 1 章では、従来の研究紹介と現状の課題を取上げ、本研究の目的を設定し、その意義を述べている。

第 2 章では、F-MAG 溶接法でのホットワイヤ溶融条件について検討している。ホットワイヤは溶接条件により溶接金属中にホットワイヤが溶け残る。そこでホットワイヤの電流値および送給速度等を変化させて溶接を行い、ホットワイヤの溶け残りの生じない溶接金属部を得るための条件を明らかにしている。

第 3 章では、F-MAG 溶接法で得られた溶接金属部の機械的性質と CO₂ 溶接法によって得られたそれとを比較した。F-MAG 溶接金属部の引張強度は大幅に増加したが、0 °C におけるシャルピー衝撃試験下での吸収エネルギー (CAE-0) がやや低下する結果となった。この傾向は 4.0 kJ/mm を超える高入熱量条件下においても同様であるが、高い引張強度と十分な CAE-0 が得られた。本結果より、F-MAG 溶接法においては CO₂ 溶接法における入熱量制限は不要であるとの注目すべき結論が得られている。

第 4 章では、F-MAG 溶接金属部の微細組織と機械的性質に及ぼすホットワイヤの効果について検討している。F-MAG 溶接金属部中の原質部 (AWF) の引張強度および伸びは CO₂ 溶接金属部中の原質部 (AWC) のそれらを大きく上回った。引張強度の上昇は微細なアシキュラーフェライト (AF) の生成に起因していると推定され、AWF 中での相対的な Mn 濃度増加が AF 生成に対して過冷度の増大を誘起することで AF の核生成が促進され、AF が互いに成長を抑制することで微細になったと考えられている。一方、伸びに関しては隣接 AF 間のすべり系、 $\langle 111 \rangle / \{ \bar{1}10 \}$ および $\langle 111 \rangle / \{ 11\bar{2} \}$ に着目してこれらの平行性について解析している。つまり隣接 AF 中のすべり面およびすべり方向の両方が 15 度以内の角度となる領域 (ALPS) の大きさを調査している。AWF 中の ALPS の大きさは AWC 中のそれとほぼ同等であったが、ALPS 内に含まれる AF 数は AWF 中の方が多く、これが伸びの上昇原因と結論

されている。溶接金属部中の再熱部においても F-MAG による再熱部の強度および伸びは、CO₂ 溶接法による再熱部におけるそれらを上回っていた。つまり、F-MAG 溶接金属部の機械的性質は CO₂ 溶接金属部のそれらよりも良好であることが確認された。

第 5 章では、合金元素濃度の異なるホットワイヤを用いて、微細組織が溶接金属部の機械的性質に及ぼす効果について検討している。AWF の強度および伸び共に AWC のそれらを大きく上回った。原質部には微細 AF が全面に析出し、溶接金属部中の Mn および Mo 等のオーステナイト安定化元素の増加によって粒界フェライト (GBF) 生成の抑制により、AF 生成が顕著に生じたと考えられている。また Si, Mn, Ti および Al 等の複合酸化物が増加したことで AF の核生成サイトが増加、互いに成長を抑制しあうことで微細な組織を形成したと推測されている。F-MAG 溶接金属部の ALPS の大きさは CO₂ 溶接金属部のそれとほぼ同じであったが、1 個の ALPS を形成する AF 数は F-MAG 溶接金属部の方が多く、これが伸びの上昇原因と考えられている。一方、F-MAG 溶接金属部中の再熱部における引張強度および伸びも CO₂ 溶接金属部のそれらよりも高かった。すなわち、F-MAG 溶接金属部の機械的性質が CO₂ 溶接金属部よりも優れていることの原因が明確にされている。

第 6 章では、F-MAG 溶接金属部の微細組織と機械的性質に与える Mo および B の効果を検討している。Mo および B 濃度の増加により、溶接金属部には微細 AF が析出し、GBF の生成が顕著に抑制されている。この結果は Mo および B 濃度の増加によるオーステナイト安定化が原因と考えられている。溶接金属部の引張強度は Mo および B 濃度の増加につれて上昇する傾向にあるが伸びは、ほぼ同等となった。微細な組織を呈している Mo および B 濃度の高い溶接金属部の伸びを抑制している原因として、多数の介在物の存在が考えられ、これらによって割れが生じやすいと推測している。

第 7 章では、優れた機械的性質を有する F-MAG 溶接金属部を得るために、合金元素の種類と濃度を調整したホットワイヤを準備した。その結果、Ti : 0.15 mass%, Mn : 1.8 ~ 2.2 mass%, Mo : 0.14 mass% および B : 0.0021 mass% の条件において、高強度と高靱性を有する溶接金属部が得られ、F-MAG 溶接法専用のワイヤの開発に成功している。

第 8 章では、総括を行っている。

本論文にて溶接金属部の強靱化を微細組織が左右していることが明確になり、従来の溶接金属部作製の入熱量等の制限値が改正されるべきである点等が指摘できており、本学位論文の成果は、溶接の産業界においても生産性の向上等に関して非常に有益であり、解析手法に関しても学術的にインパクトを与える重要な内容となっている。したがって、提出された論文は博士 (工学) の学位論文に値するものと本審査委員として結論した。