

Title	低炭素鋼レーザ溶接金属およびエレクトロスラグ溶接金属におけるアシキュラーフェライト組織の形成
Author(s)	木谷, 靖
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/932">https://hdl.handle.net/11094/932</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏名	木谷 靖
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 23831 号
学位授与年月日	平成22年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学位論文名	低炭素鋼レーザ溶接金属およびエレクトロスラグ溶接金属におけるアシキュラーフェライト組織の形成
論文審査委員	(主査) 教授 池内 建二 (副査) 教授 西本 和俊 教授 小溝 裕一 教授 廣瀬 明夫

## 論文内容の要旨

低炭素構造用鋼の溶接金属の組織微細化による高靱性化を目的として、従来溶接金属のアシキュラーフェライト組織化の検討が十分に行われていなかったレーザ溶接およびエレクトロスラグ溶接を対象として、アシキュラーフェライト組織主体の溶接金属を得る手法およびアシキュラーフェライト生成機構について検討し、以下の結論を得た。

- 1) サブマージアーク溶接金属へのレーザ照射によるメルトラン試験により、レーザ溶接においてもTi, B, Oを添加した適正炭素当量の溶接金属中にアシキュラーフェライト組織が形成された。
- 2) レーザ溶接においてHe-0<sub>2</sub>混合シールドガスによって溶接金属への酸素添加が可能であり、Ti添加鋼板のレーザ溶接金属中にアシキュラーフェライトが生成された。
- 3) レーザ溶接においてHe-5 %O<sub>2</sub>シールドガスでTi, Bを添加した鋼板を溶接した場合に微細アシキュラーフェライト主体組織の溶接金属が得られ、vTrs ≤ -100℃となる優れた靱性を示した。
- 4) 大入熱エレクトロスラグ溶接において低塩基度のフラックスを使用することで0.025 mass%程度の酸素量の溶接金属を得ることが可能であり、Ti, B添加ワイヤとの組合せによってアシキュラーフェライト組織が生成された。
- 5) アシキュラーフェライト主体の組織となったエレクトロスラグ溶接金属は、B添加量 0.5 ≤ B/N ≤ 0.8の範囲において高靱性となり、vE<sub>0</sub> ≥ 100Jとなる高靱性の溶接金属が得られた。
- 6) エレクトロスラグ溶接ではフラックスに予めB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を添加することで溶接金属中Bの歩留まりが一定となり、溶接金属のB量および靱性を安定化することが可能となった。
- 7) エレクトロスラグ溶接において、Bを0.0040 mass%含有した溶接金属からのB拡散により、ポンド部組織の微細化および靱性向上効果が得られた。
- 8) 溶接金属中の介在物は、レーザ溶接の方がエレクトロスラグ溶接より数が多く微小であった。
- 9) 溶接金属の模擬熱サイクル試験において、エレクトロスラグ溶接金属は冷却速度の低

下に伴ってアシキュラーフェライトが粗大化した。冷却速度 0.6 K/s までアシキュラーフェライト主体の組織となった。一方、レーザ溶接金属は、冷却速度 30 K/s 以上の高冷却速度条件では非常に微細で緻密なアシキュラーフェライトが生成されたが、6 K/s 以下の低冷却速度条件でアシキュラーフェライトの生成が大幅に減少した。

10) 冷却速度が速いほどより小さなサイズの介在物からアシキュラーフェライトが核生成するため、冷却速度が非常に速く、微細な介在物が多く存在するレーザ溶接金属において、非常に微細で緻密なアシキュラーフェライト主体の組織が得られるという機構が推定された。

## 論文審査の結果の要旨

低炭素構造用鋼の溶接金属は、590 MPa 級以下の抗張力の場合、強度と靱性を兼ねた組織として微細なアシキュラーフェライトが好適とされ、各種のアーカ溶接法による溶接金属で適用されている。しかしレーザ溶接とエレクトロスラグ溶接金属については、これらのアーカ溶接金属と比べて、低酸素濃度でアシキュラーフェライトの生成核となる酸化物介在物の数量が少なく、また溶接熱サイクルにおける冷却速度が大幅に異なるため、アシキュラーフェライトの利用についての報告例は見受けられない。本研究は、これらのレーザ溶接およびエレクトロスラグ溶接金属を対象として、アシキュラーフェライト組織化による特性の改善とその手法の開発を試み実用化につなげると共に、さらにこれらの溶接金属におけるアシキュラーフェライトの生成機構の特徴を把握しようとするものである。

まず、アシキュラーフェライト組織を呈するサブマージアーカ溶接金属にレーザ照射によるメルトラン試験を行い、Ti、B、O などの濃度が適正範囲内であればレーザ溶接のように冷却速度の高い場合でも溶接金属のアシキュラーフェライト組織化が可能であることを示している。そこでレーザ溶接金属への O の導入法として He-O<sub>2</sub> 混合シールドガスの適用を試み、適正量の O を含有する溶接金属が得られること、また Ti、B を添加した鋼板を溶接した場合に微細アシキュラーフェライト主体の組織で、延性-脆性遷移温度が-100℃以下となる優れた靱性を示す溶接金属が得られることを示している。

一方、大入熱エレクトロスラグ溶接はアーカ溶接法に比べて非常に低冷却速度であるが、低塩基度のフラックスを使用して適正濃度の O を溶接金属に導入することにより、Ti、B 添加ワイヤとの組合せによって適正組成の溶接金属が得られ、アシキュラーフェライト組織化が可能であることを示している。さらに被溶接材の溶融と溶接金属への混入すなわち希釈効果により導入される N の影響によって B の効果が損なわれる場合があることを見だし、高靱性の溶接金属が得られる B/N 濃度比の範囲を求め、また溶接の進行に伴う B 濃度の変動を、フラックス中への B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の添加量の適正化によって防ぐなど、実用化に当たって懸念される問題を解決している。

以上のようにして形成されたアシキュラーフェライトを比較すると、レーザ溶接金属の方がエレクトロスラグ溶接に比べて非常に微細となる。この点について、生成核として作用する酸化物介在物の寸法、分布密度、および冷却速度の差に着目して考察し、説明に成功している。

以上のように、本論文は、従来の報告例の無いレーザ溶接およびエレクトロスラグ溶接金属のアシキュラーフェライト化を試み、その生成条件と手法の提示ならびに実用化技術の確立に成功すると共に、生成機構についても新しい視点を提示している。本研究の成果は、これらの溶接金属を使用する鋼構造物の性能・信頼性の向上に画期的な進歩をもたらすものであり、基礎および応用のいずれの点においても工学的寄与は大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。