

Title	環境対応型マグ溶接ソリッドワイヤのアーク安定性向上に関する研究：摺動接点と溶滴表面張力の制御
Author(s)	清水, 弘之
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46032">https://hdl.handle.net/11094/46032</a>
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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</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	清 水 弘 之
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 19652 号
学位授与年月日	平成 17 年 3 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	環境対応型マグ溶接ソリッドワイヤのアーク安定性向上に関する研究 — 摺動接点と溶滴表面張力の制御 —
論文審査委員	(主査) 教授 池内 建二  (副査) 教授 豊田 政男    教授 中田 一博    教授 平田 好則

### 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、21 世紀に向けた環境対応型、すなわち従来は常識であった銅めっきをなくした、高性能なマグ溶接ソリッドワイヤを開発することを目的に遂行された。第一の研究課題は、給電電極とソリッドワイヤ表面間に形成される摺動接点の状態解析とその制御であった。第二の研究課題は、ソリッドワイヤから熔融し離脱する溶滴の移行形態解析とその制御であった。

まず、溶接時のワイヤ送給性を支配する因子に関して検討した。溶接時のワイヤ送給性を支配するのは、給電電極内溝とワイヤ表面間に形成される摺動接点であり、摺動接点における熔融・凝固による融着であることを明らかにした。この融着力はワイヤにバネ振動を励起し、送給抵抗を発生させた。ワイヤ表面から銅めっきをなくすることで、摺動接点は安定した熔融状態となり、きわめて安定したワイヤ送給性が実現できた。

給電電極から溶滴直上間（突出し部）における、ジュール発熱によるワイヤの昇温挙動に関して、本研究では実際に給電電極内部における溶接電流の分流を実測し、分流電流値、接触電気抵抗値を考慮し、ジュール発熱の計算を行った。銅めっきをなくし、分流電流と摺動接点における発熱を制御することで、熔融速度を安定化させ、熔融速度を向上させることができた。

次に、給電電極の摩耗機構に関して検討した。溶接に使用した給電電極の内溝を電子顕微鏡で詳細に観察し、摺動面に形成する中間層の組成、構造を解析した。ソリッドワイヤ表面に銅めっきを施さなくとも、給電電極内溝表面に中間層を生成する物質をワイヤ表面に塗布することで、給電電極の摩耗が低減した。

ワイヤ表面の銅めっきが、溶滴の形成・離脱性に与える影響を調査した。溶滴形成時の揺動と溶滴離脱性をデジタル高速度カメラ、分光測定、音圧測定、アーク電圧測定により評価した。ワイヤ表面の銅めっきは溶滴形成・移行形態に大きく影響した。ワイヤ表面の銅が酸素の侵入を抑制する機構を提案した。従来型のソリッドワイヤ表面に存在している銅めっきをなくすることで溶滴の表面張力は明確に低減し、溶滴は細粒化し、離脱性は向上した。

以上の知見をもとに、従来型ソリッドワイヤに比較して明らかにアーク安定性に優れ、環境に配慮し、銅めっきを有しない高性能マグ溶接ソリッドワイヤを実用化した。給電安定性に優れるために送給性が格段に向上し、熔融速度が安定し、きわめて良好なアーク安定性を実現すると同時に、ロボット等の自動溶接機の稼働率が向上することを示した。また溶滴表面張力低減によって、溶滴が細粒化しスパッタおよびヒュームの発生量が大幅に低減した。生産現場で実測されたデータに基づき銅めっきなしソリッドワイヤの優位性を、実例を用いて説明した。

## 論文審査の結果の要旨

本研究は、従来のマグ溶接用ソリッドワイヤに常識的に施されてきた銅めっきを省くことにより、めっき工程に伴うエネルギー消費と有害廃棄物の発生を防ぎ、かつ溶接アーク安定性の優れたワイヤを開発することを目的とするもので、特にアークの安定性について豊富な実験結果に基づき、詳細かつ包括的な検討を加えている。

まず溶接アークの安定性の主要な構成要素の一つであるワイヤ送給性の支配因子として、ワイヤと給電電極との摺動接点について検討を加えている。すなわち給電電極とワイヤ間の摺動接点のシミュレータを新たに開発し、接触抵抗、接点温度等を評価し、摺動接点の特徴を把握している。これに基づき実際の給電電極とワイヤ間の摺動接点における接触抵抗および温度上昇を、集中抵抗理論を用いて解析し、その結果、銅めっきワイヤの接点は、溶接中に溶融と凝固を繰り返すことを示し、凝固時にワイヤ-電極間に発生する融着力が、送給抵抗として作用するため、ワイヤにバネ振動が励起され送給安定性が損なわれることを導出している。これと比べて銅めっき無しのワイヤの接点は、接触抵抗が高いため同じ溶接電流でもより高温に加熱され、常に電極（銅合金製）側接点が溶融状態に保たれるため、送給抵抗が低く安定したワイヤ送給性が得られるものと説明している。さらに、銅めっき無しワイヤの接点の高く安定した接触抵抗は、ジュール加熱によるワイヤの溶融速度を増加させ、また給電電極内における溶接電流の分流（複数個の接点による）の変動に起因するワイヤの溶融速度の不安定性を軽減するなどの効果をも併せ持つと結論している。これらは、実際に給電電極内部の溶接電流の分流を実測し、接触抵抗値を考慮したジュール発熱の計算を行って裏付けられている。

銅めっき無しワイヤの摺動による給電電極の摩耗量を低減するため、電極摺動面の電子顕微鏡観察による摩耗機構の詳細な考察を基に、摺動面に摩耗抑制効果を有する中間層を生成する物質を見出し、これを銅めっき無しワイヤの表面に塗布することによって摩耗量の低減すなわち電極の長寿命化に成功している。

アーク安定性のもう一つの支配要因として、ワイヤ先端における溶滴の形成・離脱現象に着目し、高速カメラによる形状観察、アークの分光・音圧測定等を用いて、ワイヤ表面の銅めっきの影響を検討し、銅めっきは表面張力の低下効果を持つ酸素の溶滴中への侵入を妨げること、これに比べて銅めっき無しワイヤでは酸素濃度の増加による表面張力の低下のため溶滴の細粒化、離脱性の向上がもたらされアーク安定性が増すと説明している。

以上の知見をもとに、従来型ワイヤに比較して大幅にアーク安定性が優れ、かつ対環境性に優れた銅めっき無し高性能マグ溶接ソリッドワイヤを開発し実用化に成功している。

以上のように、本論文は従来不可避とされてきた銅めっきを省くことにより、マグ溶接用ソリッドワイヤの対環境性と機能が大幅に改善されることを示し、実製品の開発に結び付けたもので、基礎および応用の両面わたって工学的に寄与するところ大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。