

論文の要旨

題目 ホットワイヤ TIG 溶接によるステンレス鋼溶接金属の微細化制御

(Grain Refinement Control Process on Stainless Steel Weld by Hot-Wire GTA Welding)

山下 正太郎

溶接金属組織の微細化は溶接部の機械的特性を向上させる。そのため、溶接金属組織の微細化方法は、これまでに化学組成および溶接施工法から検討されている。化学組成からは添加ワイヤに微細化元素を添加する、溶接施工法からは TIG 溶接にパルス、磁気攪拌、超音波振動などを併用する方法などが用いられている。本研究では、ホットワイヤ TIG 溶接による溶接金属組織の微細化技術の確立を目的としている。

ホットワイヤ TIG 溶接のある特定の条件において、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS310S において溶接金属中に微細な等軸晶が形成された。高品質・高能率溶接法であるホットワイヤ TIG 溶接により溶接金属組織の微細化までもが達成できるとなればその有用性は明らかであり、ホットワイヤ TIG 溶接による溶接金属の組織制御はこれまでに検討されておらず、微細化現象について報告された例は他にない。そこで、本研究では単相凝固材である完全オーステナイト系ステンレス鋼 SUS310S、フェライト系ステンレス鋼 SUS430 を用いて、ホットワイヤ TIG 溶接による微細化について検討し、溶接金属微細化の有用性ならびに制御指針について調査した。

オーステナイト系ステンレス鋼 SUS310S、フェライト系ステンレス鋼 SUS430 においてホットワイヤ TIG 溶接により微細粒組織が形成された。オーステナイト系ステンレス鋼 SUS310S ならびにフェライト系ステンレス鋼 SUS430 においてホットワイヤ TIG 溶接により溶接金属中に形成される微細粒組織の粒径は、SUS310S および SUS430 のそれぞれで約 15, 68 μm であった。両ステンレス鋼において溶接金属中に形成される組織としては非常に微細であり、フェライト系ステンレス鋼に至っては微細化元素の添加無しに、微細化元素を添加した場合と同等の微細粒組織が形成された。

本溶接法による微細粒組織は、ホットワイヤプロセス独自の溶接条件であるワイヤ電流によりその形成位置および量が変化した。さらに、アーク電流、溶接速度、ワイヤ送給速度およびワイヤ送給位置などの溶接条件が、微細粒組織形成へ与える影響を調査した。溶接金属中の微細粒組織形成量を示す断面微細化率は、アーク電流の減少、溶接速度の増加、ワイヤ送給速度の増加およびワイヤ送給位置の増加により向上した。このような結果から、溶融池へと加熱送給されるワイヤ

へのアークおよび溶融池からの入熱が減少する場合に微細粒組織が形成されやすくなると考えることができる。

ホットワイヤ TIG 溶接による微細粒組織形成過程を液体 Sn ならびに水急冷法を用いて凍結した。微細粒組織が溶接金属の底部ならびに上部に形成される条件において、微細粒組織は添加ワイヤから連続して形成されていた。ワイヤの初期組織は、ホットワイヤプロセスのワイヤ内温度分布に応じて変化し、再結晶、粒成長した後、結晶粒内において局部溶融を起こす。局部溶融により微細な結晶粒となったワイヤは、完全に溶融することなく半溶融状態で溶融池に送給され凝固するため、微細粒組織となる。さらに、ワイヤ内の組織変化で生じる結晶粒内での局部溶融現象が微細粒組織形成に寄与していることから、その局部溶融現象を再現加熱実験により調査したところ、粒成長過程における結晶粒界の移動にともなう sweep-up 現象に起因していることが示唆され、ホットワイヤプロセスの様な急速加熱においてのみ生じることから、本溶接法で形成される微細粒組織はホットワイヤプロセス特有の現象であると考えられる。

微細粒組織形成メカニズムから、通電距離が長くなることによる局部溶融領域の増加により断面微細化率が向上すると考えられた。しかし、SUS310S では、局部溶融領域の増加によるワイヤ剛性低下領域の拡大により安定したワイヤ送給ができず、SUS430 では予想に反し通電距離が短い場合に断面微細化率が増加した。また、微細粒組織の形成メカニズムから、通電距離を変化させ、加熱送給されるワイヤの加熱速度の変化により微細粒組織の粒径が変化すると考えた。SUS430 は粒成長速度が速いため、加熱速度が速い場合つまり通電距離が短い場合に微細粒組織がより微細になった。SUS310S では、SUS430 ほどの粒径の変化はみられないものの、加熱速度が速くなる場合に、やはり微細粒組織はより微細になった。

オーステナイト系ステンレス鋼 SUS310S において、ホットワイヤ TIG 溶接により形成された微細粒組織の硬さ、引張強さ、伸びは、微細粒組織でない溶接金属組織に比して向上していた。SUS310S では、溶接中に発生する高温割れ、特に凝固割れが問題となることから U 形溶接割れ試験を実施したが高温割れは発生しなかった。そして、微細粒組織形成を多層盛溶接に適用し、その超音波透過性について、一般的な TIG 溶接により形成された多層盛溶接と比較したところ、溶接金属部の超音波透過率が大幅に改善していた。このような特性結果から、ホットワイヤ TIG 溶接により形成される微細粒組織の有用性が示唆された。

このようにホットワイヤ TIG 溶接法により SUS310S ならびに SUS430 の溶接金属中に微細粒組織が形成された。微細粒組織の形成はホットワイヤ送給時のワイヤの加熱状態ならびに溶融池内へのワイヤ挿入位置により、微細粒組織の位置、量および粒径を変化させることが可能であり、本

プロセスの実施工への適用のための指針が得られた。さらに、溶接金属中に形成された微細粒組織の機械的特性が向上していたことなどから、本溶接法による溶接金属組織の微細化の有用性が明らかとなった。