

中空タングステン陰極を用いた 同軸型ティグベースWAAMプロセスの開発

古免 久弥

大阪大学 接合科学研究所

1 はじめに

ワイヤアークアディティブマニュファクチャリング (Wire Arc Additive Manufacturing: 以下, WAAM) は, 高能率で低コストな積層造形手法として, 大型の部品製造を中心に適用範囲が拡大している。その一方で, レーザや電子ビームを熱源とする積層造形プロセスが得意とする数センチスケール以下の積層造形には不向きである。この欠点を克服し, 低コストなWAAMによる造形があらゆるスケールで可能となれば, 製造現場への積層造形技術の導入は加速し, 生産性の向上につながると考えられる。しかしながら, これを実現するためには, 従来のアーク溶接で用いられるワイヤよりも細径のワイヤを使用したWAAMプロセスの開発が不可欠である。

先行研究では, 細径ワイヤをアークの後方から送給し, ビードの造形が可能であることを示した¹⁾。しかしながら, この手法では造形方向とワイヤ送給方向の位置関係によって造形物の形状が変わってしまう。このような造形方向とワイヤ送給方向の違いによる造形物形状のばらつきを抑えるためには, ワイヤをトーチ中心軸に沿って送給することが望ましい。一般的な直径1.2mm程度のワイヤを用いたティグベースWAAMプロセスでは, トーチ中心から送給されたワイヤの周辺をアーク熱源が回転し, 造形方向によらず均一な断面形状の造形が可能な手法が開発されている²⁾。一方, 細径ワイヤを用いたWAAMプロセスに関しては, ミグベースのWAAMプロセスについては報告がなされているものの³⁾, ティグベースWAAMプロセスは報告が見当たらない。そこで本研究では, トーチ中心軸に沿ってワイヤを送給するために中空タングステン電極に着目し, この電極内からワイヤを送給する同軸型のティグベースWAAMプロセスの開発を試みた。

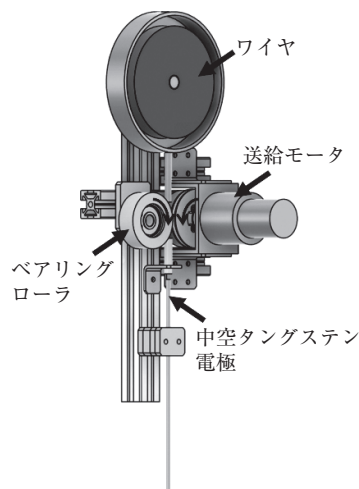
2 研究方法

図1に, 作製したワイヤ送給機構付きタングステン電

極を示す。直径0.3mmの細径ワイヤは, 専用のワイヤ送給装置¹⁾によって送給され, 中空のタングステン電極を通る。タングステン電極先端には, 絶縁のため外径1.6mm, 内径0.8mm, 長さ約25mmのセラミックチューブが挿入されており, 細径のワイヤはこのセラミックチューブを通ることで, 電極内で通電することなくアーク近傍に送給される。そしてこのワイヤを送給しながらアークを維持したティグトーチを定速で移動させることで, ビードの形成を試みた。

造形条件は次のとおりである。アーク電流は30 Aとし, シールドガスとして純アルゴンガスを15 L/minで流した。電極には先端角を60度とした2 wt.%ランタナ入り中空タングステン棒 (外径3.2mm, 内径1.6mm) を用い, アーク長を4 mm, 突出し長さを3 mmとした。造形速度は5 mm/sとし, ワイヤ送給速度はモータ電圧を調整することで約7.8 m/minと設定した。またワイヤにはクロムを30%含む直径0.3mmの鉄線を, 母材には軟鋼板を用いた。極性は母材が陽極, タングステン電極が陰極となるEN (Electrode Negative) 極性とした。

造形中は溶融金属挙動とアーク挙動を観察するため,



(a) ワイヤ送給機構付きタングステン電極の模式図



(b) 実験のセットアップ

図1 構築した同軸型ティグベースWAAMプロセス

トーチの移動方向に対して横から一眼レフカメラによる撮影を行った。

3 主な研究結果

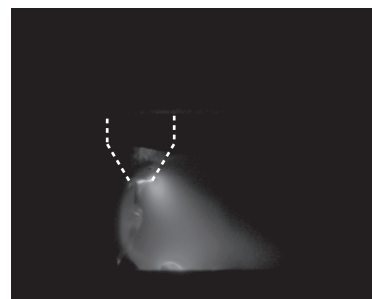
図2に造形中のアーク外観を示す。ワイヤの熔融位置は定まっていないものの、電極先端から離れた位置で溶融していることがわかる。またアークは、ワイヤの後方に偏るように発生している。したがってワイヤに流れる電流は小さく、アークとの対流熱伝達や、熔融池との熱伝導によってワイヤが溶融していることが推察される。

一方、条件によっては電極先端で溶滴を形成し、母材へと溶融金属が供給されずにビードが形成されないことがあった。これはアークが電極中心軸直下に維持され、その中からワイヤが送給されたことで、ワイヤが電極先端で溶融して液滴を形成することで、送給口が詰まってしまったためであると考えられる。

図3に造形後のビード外観を示す。今回の条件では熔融池の形成はできたものの、連続したビードを形成することができなかった。なお、造形速度を半分以下の2 mm/sに設定した場合でも、同様の不連続なビードであった。これはワイヤ送給速度が大きいために、ワイヤ



(b) $t = 16.7$ ms



(c) $t = 33.3$ ms

図2 造形中のアーク外観

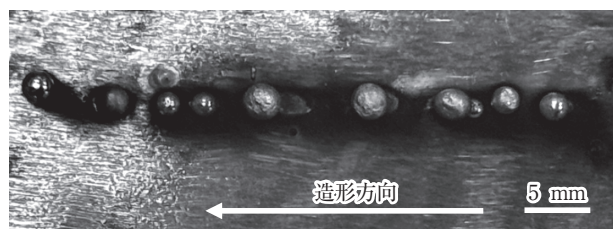


図3 造形物の外観

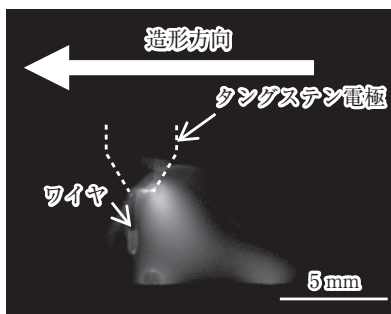
のわずかな曲がり等によって送給ローラでワイヤを安定して送り出せず、ワイヤが設定された送給速度どおりに送給されていなかったことが原因と考えられる。

3 おわりに

本研究では、新たな細径ワイヤを用いたWAAMプロセスとして、中空タングステン陰極とするティグベースWAAMプロセスを開発した。その結果、ワイヤを送給して熔融池を形成することはできたものの、連続したビードの形成には至らなかった。今後は送給ローラの表面形状や素材から検討し、高速な送給条件でも安定してワイヤを送給できるような送給装置を開発する必要があると考えている。

参考文献

- 1) 古免久弥, 溶接技術, 73, (2025), 100-101.
- 2) M.Kawabata et al., Additive Manufacturing, 82, (2024), 104106.
- 3) P.H.G.Dornelas et al., Progress in Additive Manufacturing, 10-5, (2025), 3401-3415.



(a) $t = 0.00$ ms