

「論文内容の要旨」

RP システムの一つである溶融金属積層造形法 (FSD 法) は、大規模な鑄造設備を要せず、高歩留りで、また 3 次元形状製品の作製時間が短時間で可能、高品質 (均一材質、高強度)、自動化・システム化により取扱いに熟練を要しないなど、様々なメリットを有している。本論文では、アルミニウム合金を底部にノズル部を持つセラミックス容器内に入れ、所定の温度で溶解し、上部の溶湯表面にガス圧を負荷して溶湯をノズル部から流出落下させ、基板上に積層、凝固させる。この際、基板を回転もしくは XYZ 方向に移動させることにより、角筒形状、円柱および角柱、異材二重管ならびに実際に使用されている種々の金属部品を作製し、それらの積層条件を形状制御、海面溶着および表面平滑性の点から検討した。

第 1 章では、RP の現状および各種 RP の特徴、これまでの FSD 法の研究状況および本論文の目的を述べた。

第 2 章では、基本形状のひとつである角筒形状の制御条件を明らかにするために、XYZ 3 軸駆動基板を用いて角筒試料を作製し、形状制御因子、積層試料の表面平滑性ならびに積層界面の溶着状態に及ぼす基板移動速度の影響について調べた。基板移動速度が大きくなるとともに、試料の一層当たりの高さは小さくなり、肉厚はあまり変わらなかった。また、Kavesh の式より、肉厚は基板移動速度よりも、溶湯流出量に大きく依存することが知られ、最適なノズル径の選択により溶湯流出量を調整することで肉厚は制御が可能であることがわかった。また、積層数が増加すると冷却速度は小さくなり、層間溶着は改善された。最適な積層条件においては、層間に固液共存域が発生する。発生した固液共存域が流動限界液相率 0.3 の温度以上となることにより、固液共存域内の液相が流動し、液相の表面張力により滑らかな側表面をもつ角筒試料が得られることを示した。

第 3 章では、中実形状における制御条件を明らかにするために、円柱および角柱形状の制御条件について調べた。円柱形状においては、鑄物の直径または基板移動加速度を大きくすると、鑄物の表面温度が流動限界液相率 0.3 の温度よりも低下し、凹凸のある粗い表面になった。逆に、鑄物の直径または基板移動加速度を小さくすると、鑄物の温度が上昇し、形状が保持できなかった。角柱形状においては、渦巻きパターンとジグザグパターンを複合した基板移動パターンにより平滑な側表面が得られた。また鑄物の大きさを大きくするか基板移動速度を遅くすると、凹凸のある粗い表面になり、逆に、鑄物の大きさを小さくするか基板移動速度を速くすると、形状が保持できなかった。円柱形状と角柱形状ともに、水冷による冷却を行ったところ安定した形状と平滑な表面をもつ鑄物が得られた。FSD 法によって作製された鑄物は微細な等軸晶組織を持ち、金型鑄造材と比較して約 1.4 倍高い強度を示した。

第 4 章では、融点の異なる合金 (アルミニウム合金および銅合金) を用いて、異材間の接合処理を要しない異材二重管を作製し、形状制御条件および界面溶着条件を調べた。このような異材二重管構造は、熱交換器の配管などにみられる。アルミニウム合金円筒を作製後、銅合金溶湯を積層する場合、アルミニウム合金円筒は銅合金溶湯の熱により再溶解し、形状を保持することが困難となる。そのため、形状を保持するためには、外筒への適切な冷却が必要であることがわかった。アルミニウム合金溶湯を銅合金円筒の表面、すなわち二重管の外側に積層した場合、耐熱基板を用いることでアルミニウム合金/銅合金円筒界面に良好な接合界面が得られ、またアルミニ

ウム合金内の上下層間においても良好な接合界面が得られることがわかった。一方，アルミニウム合金溶湯の過熱度を高くすると，アルミニウム合金/銅合金界面に形成される 相，相，相 およびスズリッチ相を含んだ反応層の厚さは増加し，さらに過熱度が大きくなるとアルミニウム合金円筒は溶断して，回転基板の遠心力によって銅合金円筒から剥離した。基板回転速度や溶湯過熱度などの種々のパラメータによる複雑な影響を整理するために，注湯後から凝固完了までの溶湯の放熱量 q を導入し，異材二重管の表面状態は，放熱量 q により整理できることを示した。

第5章では，基本形状（円筒、角筒、円柱および角柱試料）の制御条件を応用して，実際に使用されている種々の金属部品，すなわちタービンブレードなどにみられる内部に冷却用の連続した貫通孔をもつ部分や自動車エンジンのピストンなどの作製条件を調べた。角筒試料の作製条件に傾斜積層条件を組み合わせた基板の駆動パターンにより， 状の貫通孔と 状の貫通孔をもつ試料を作製できることがわかった。

第6章では，本研究で得られた結果をまとめ，本論文の総括を行った。