

鉄系合金のレーザ積層造形における特異的な金属組織の創製

宮内 創 (材料技術部門), 高原 茂幸 (システム技術部門), 横田 耕三 (材料技術部門)

1 緒言

金属積層造形法は、材料粉末の熔融と急速凝固を繰り返しながら造形体が作製されていくプロセスであり、材料組成に応じて、一般の溶製材にはみられない特異的な金属組織が形成され得る。本研究は、この特徴を組織制御手法として積極的に利用し、機能的な金属組織の創製を試みるものである。ここでは、金型鋼に対して造形条件を変動させながら積層造形を行うことにより、通常は最表層のみに存在する焼入硬化層を、造形体内部にも形成させた事例を紹介する。高炭素量の炭素鋼や合金鋼を粉末床溶融レーザ積層造形法 (SLM 法) により造形した場合、ビーム走査直後の表層部は急冷により著しく焼入れ硬化された状態となり、その後の積層の熱影響により、造形体内部は焼戻しされた状態となる。このときの焼入硬化深さや熱影響は造形条件によって変化することから、造形条件の制御により造形体の中間層を深く焼入硬化させた後、焼戻し軟化を避けて積層を継続すれば、造形体内部の任意の層を硬化させることが可能と考えた。

2 実験方法

平均粒径 (D_{50}) $26\mu\text{m}$ の SKD61 粉末を材料とし、ファイバレーザを搭載した金属積層造形装置を使用して、窒素雰囲気下で造形を行った。造形条件は、走査ピッチ 0.1mm 、積層ピッチ 0.030mm とし、レーザ出力を $75\sim 400\text{W}$ 、走査速度を $63\sim 500\text{mm/sec}$ の範囲で変化させた。レーザ走査は 1 回毎に走査方向を 90° 回転させ、1 層に 2 回ずつの走査を行った。造形体の形状は、 $X10\text{mm}\times Y10\text{mm}\times$ 高さ約 6mm の直方体とした。作製した造形体を、鉛直断面のビッカース硬さ分布と組織観察により評価した。

3 実験結果

レーザ出力と走査速度を変化させて造形体を作製し、鉛直断面の硬さ分布を測定した結果、造形体内部の硬さは条件によらず 630HV 程度であった。表層部は焼入れされ硬度上昇しており、硬化層の深さは、 $\{\text{レーザ出力}/(\text{走査速度}\cdot\text{走査ピッチ}\cdot\text{積層ピッチ})\}$ で表される体積エネルギー密度が大きいほど増大するとともに、走査速度よりもレーザ出力の変化に強く影響される傾向がみられた。この結果をもとに、積層途中で深い硬化層を形成した後、与えられる熱影響を低減させるため、基本造形条件を緻密体の得られた下限エネルギー密度であるレーザ出力 75W 、走査速度 125mm/sec とし、50 層 (1.5mm) 毎に 1 層のみレーザ出力を 400W に増加させ造形を試行した。図 1 は金属組織の観察結果であるが、造形条件の変動に応じた周期的な様相が得られており、レーザ出力を増加させて形成された深い焼入層が、完全な焼戻しを受けずに残留した低温焼戻し組織とみられた。硬さ分布試験結果を図 2 に示す。組織的な差異のみられた内部領域は、焼戻しを受けていない最表層よりは軟化していたものの、周囲の領域よりも $50\sim 100\text{HV}$ 程度高い硬さを保っていた。

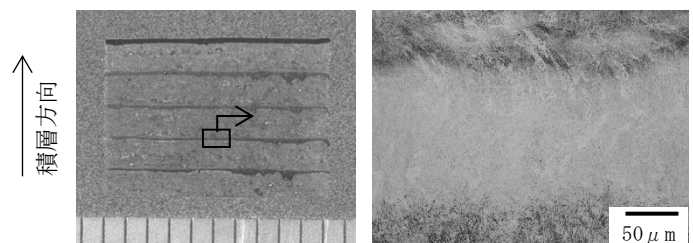


図 1 レーザ出力を周期変化させた場合の造形体断面組織写真

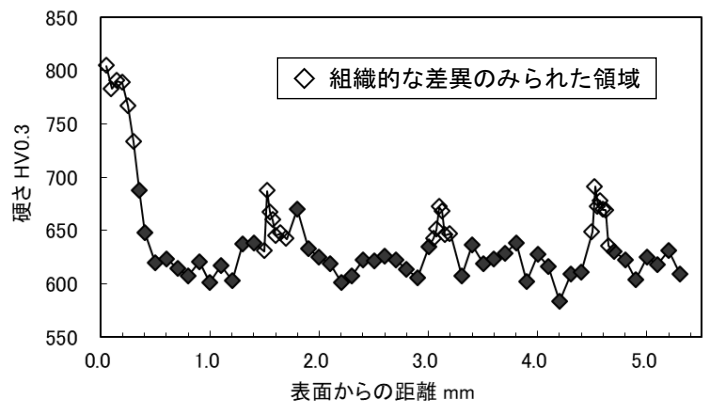


図 2 レーザ出力を周期変化させた場合の造形体断面硬さ分布試験結果 (最終層はレーザ出力 400W で走査)