

高融点・難加工材料を用いた金属積層造形技術の開発

デジタルものづくり課 山本 貴文, 氷見 清和

1. 緒言

金属積層造形法(金属 3D プリンティング)は、ファイバーレーザー等の熱源により薄くひかれた金属粉末の層を選択的に溶融・凝固させ、形成された層を積み重ねて金属製品のニアネットシェイプを得るプロセスである。このプロセスは、従来の変形加工や除去加工では対応困難な材質・形状が、3D データから迅速かつモールドレスで作製できる特徴を有している。通常、高融点・難加工材料であるタングステン材料の成形は、出発原料を材料粉末とする粉末冶金・圧延等により行われ、型や加工上の制約から、製造可能な形状は板形状や線材など比較的単純形状に限定される。このため、複雑形状に対応したタングステン部材の作製技術として金属 3D プリンティングの適用が有望視されている。

前報りでは、純タングステン粉末を用いた金属 3D プリンティングにおいて、造形時のレーザー照射に伴い材料粉末から発生するヒュームの回収能力を適正化することで、高密度な造形体が得られることを報告した。本報では、金属 3D プリンティングにより作製されたタングステン積層造形体の材料特性の把握を目的とし、金属組織及び機械的特性を調査したため、その概要を報告する。

2. 実験方法

造形には、ドイツ EOS 社製 EOSINT-M280 を用いた。造形装置に搭載されているレーザーは、最大出力 400 W の Yb-ファイバーレーザーであり、スポット径は約 0.1 mm、波長は 1070 nm である。供試粉末であるタングステン粉末は、タングステン酸化物の水素還元により精製された平均粒径約 17 μm の多角形状粒子(図 1)である。

純タングステンの造形には、高密度化が可能なレーザー照射条件(出力、走査速度、走査ピッチ、積層厚)を用いた(前報り参照)。また、造形はレーザーのスキャン方向を一層ごとに約 67°ずつ回転させ(図 2)、アルゴン雰囲気中(酸素濃度: 0.1%以下)で行われた。なお、材料特性の調査に用いた造形体の形状は、直径 10 mm、高さ 5 mm の円柱形状である。

タングステン造形体の金属組織観察には光学顕微鏡を用い、腐食液として村上試薬を使用した。観察断面は、造形面に対して水平断面と鉛直断面である。また、造形体の断面内部のクラック観察には、日立製作所製 FESEM(SU5000)を使用した。機械的特性の評価は硬さ試

験により行った。硬さ試験機にはミットヨ製マイクロビッカース硬さ試験機(HM220)を用い、試験荷重は 0.98 N とした。

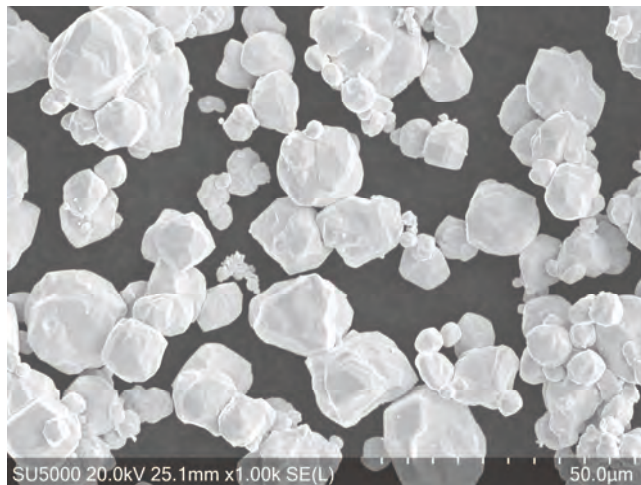


図 1 使用した純タングステン粉末

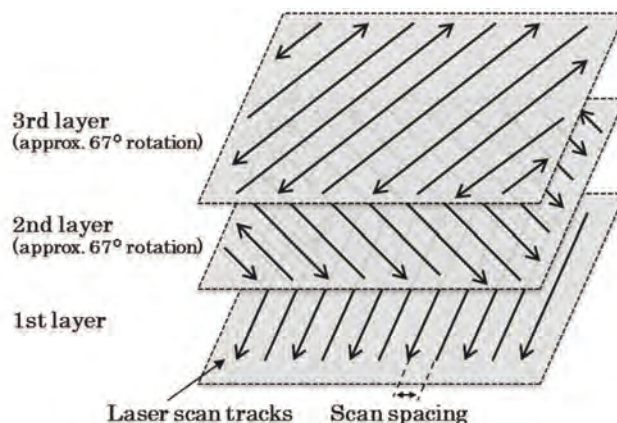


図 2 造形に適用したスキャンストラテジー

3. 実験結果および考察

図 3 にタングステン造形体における水平断面と鉛直断面の断面光学写真を示す。水平断面ではレーザーの走査方向に沿って、等軸的な結晶粒が形成されていることが分かる。一方、鉛直断面では、造形方向に強く伸長した金属組織の形成が認められた。このような造形方向に伸長した金属組織は、層を積み上げるプロセスに起因する金属 3D プリンティング特有の組織形態である。観察断面に対してマイクロビッカース硬さ試験を行ったところ、450 ± 25 HV0.1 を示すことが確認され、圧延タングステン板材に匹敵する硬さを示すことが明らかとなった。

一方、図 4 に示すように、タングステンの造形体には

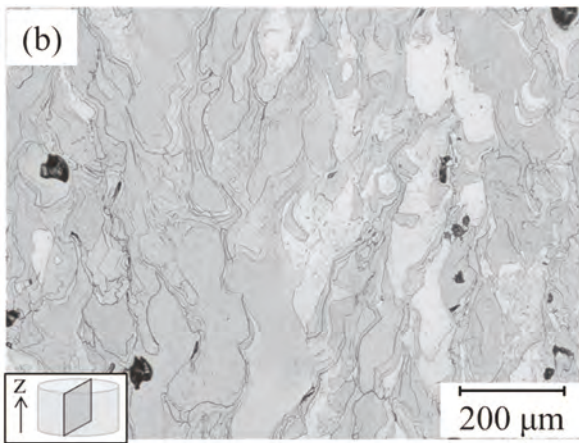
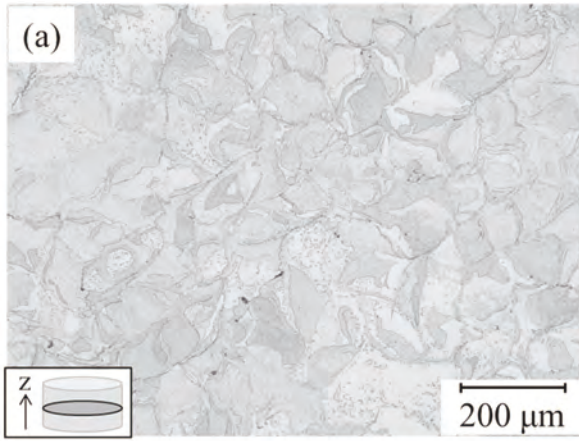


図3 タングステン造形体の金属組織
(a)水平断面、(b)鉛直断面

結晶粒界にてマイクロクラックが生じていることが確認された。タングstenは延性-脆性遷移温度(ductile-brittle transition temperature, DBTT)が高く、室温では脆性的な性質を示すとともに、DBTT は結晶粒成長に伴いさらに高温側に移行することが知られている。このため、レーザー照射によりタングstenの溶融・凝固及び結晶粒成長を伴う金属 3D プリンティングで作製されたタングsten造形体は、極めて脆性的な材料となっていると考えられる。図 3 (b)に示した鉛直断面では、比較的大きなポロ

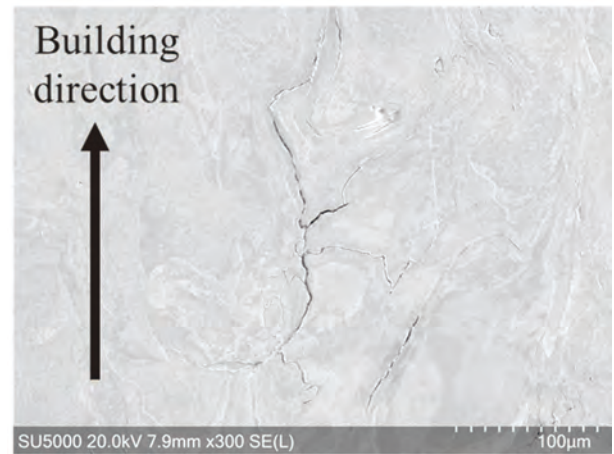


図4 結晶粒界におけるクラック

シティが複数認められたが、これらには研磨工程において結晶粒の脱落により生じたものも含まれており、結晶粒界が脆弱であることを裏付けている。したがって、観察された結晶粒界におけるクラックは、タングsten造形体の脆弱な結晶粒界に対して、造形時のレーザー照射に伴う局所的な温度勾配に起因して発生する熱ひずみが作用することにより、発生したものであると推察される。

4. 結言

純タングstenを用いた金属 3D プリンティングで作製された造形体の金属組織と機械的特性を調査した。硬さは圧延タングsten材相当を示すものの、結晶粒界ではクラックが生じて、機械的特性への影響が懸念される。合金設計による改善が必要であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 山本 他, 富山県産業技術研究開発センター研究報告, No.32(2018)pp.30-31

【謝辞】

本研究で使用した純タングsten粉末は、アライドマテリアル社から提供されたものである。ここに敬意を表す。

キーワード：金属 3D プリンティング、Additive Manufacturing、純タングsten、高融点金属、難加工材料

Development of Selective Laser Melting using High Melting Point / Processing Resistant Powder Materials

Digital Manufacturing Section; Takafumi YAMAMOTO, Kiyokazu HIMI

The microstructure and mechanical property of dense pure-tungsten specimens fabricated by selective laser melting (SLM) were investigated. As the results, the equiaxial grain and the elongated grain were observed in the optical micrograph of horizontal and vertical cross session, respectively. The micro-vickers hardness of SLM specimens indicated 450 ± 25 HV0.1, which is comparable to that of conventional rolled tungsten plate.