

# 金属積層造形材の各種試験・評価方法

(株)神戸工業試験場

Tanaka  
田中

Yuzo  
裕三

材料試験課 副参事

〒675-0155 兵庫県加古郡播磨町新島 47-13

お問い合わせフォーム <http://www.kmtl.co.jp/contact>

## はじめに

金属積層造形(Metal Additive Manufacturing : 以下AM)は、鋳造や鍛造といった従来加工法では困難な形状が作製可能な製法として注目を集めている。その技術の詳細については多くの論文やWebサイトで解説されているため割愛するが、簡単に言うと、レーザや電子ビームを原料となる金属粉末に対して局所的に照射することで溶融・凝固させ、これを多層にわたって繰り返すことにより3次元形状の部品を製造する技術である。

その用途としては、航空や宇宙、医療などですでに実用化が進んでおり、近年、欧米企業を中心に産業機器分野における構成部品の製造にも用いられ、自動車業界でも本格的な導入が推し進められている。日本国内の普及は、海外に比べ10年以上遅れているとも言われるが、着実に進んでおり、実用化に至っている企業もみられる。そうなると、問題や課題になってくるのが、AM材の機械的強度である。従来品との置換えを想定していれば、従来品との強度差について、受託造形であれば品質の保証をどうするかなどが不安要素になるのではない。

一般的にAM材の機械的強度は、「引張強度は圧延材並みにあるが、疲労強度に関しては低い」と言われている。このような傾向になるには、確かな要因が存在する。それを知っているか否かで、強度試験結果に対して積層条件や工程にどのよう

にフィードバックするかが変わってくる。本稿では、総合的な受託試験会社で、材料試験のプロである当社が保有しているAM材についての機械的性質の知見や品質評価法について誌面の許す限り紹介する。

## 金属積層造形材の評価方法

急速に成長しているAM装置の普及に伴い、関連する用語やプロセスなどの国際規格が整備されつつある。評価方法については、現状、特定の試験規格は制定されておらず、基本的に従来の鋳造や圧延などで作製された製品と同様に試験を実施し、バルク材料の強度と比較して品質の良否を判断している。なお、航空宇宙などの特定の分野への適用を視野に入れている場合には、その試験規格に準拠するだけでなく、材料試験所としての認定がある試験会社で評価を受ける必要があるなど、分野ごとの要求事項があるため、十分に注意・理解しておく必要がある。

## 引張試験について

機械的強度の代表的な試験として、引張試験が挙げられる。引張試験とは、材料(試験片)を、所定の速度で増分する引張荷重を与えて破断させる試験である。材料は引張荷重を受けると、固有のヤング率(縦弾性係数)に応じて材料が伸び、そのまま荷重を加え続けると、比例限度に達し、応

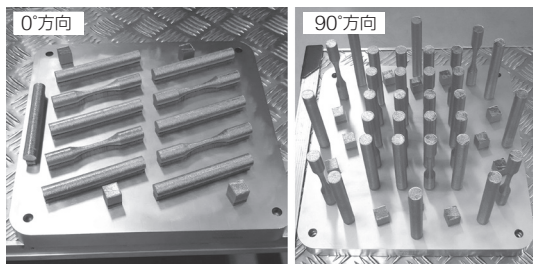


図1 パウダーベッド方式で造形した試験片の例

力とひずみの比例関係(フックの法則)が成立しなくなる。さらに荷重を加えると、永久ひずみが残る弾性限度や降伏点に達し、その後、最大応力である引張強さを示したのちに材料が破断する。この試験で得られる引張特性(ヤング率、耐力、引張強さ、伸び、絞り)は、機械部品の設計や品質保証における重要な特性値として扱われる。

AM材の各種強度試験や測定では、図1に示すような丸棒や角棒を造形し、それを試験片に加工する方法が多い。この場合、単に造形品の機械的強度を把握する以外に、レーザ出力や走査速度などを変えた材料で試験・比較し、適切な強度を保有する造形条件を選定する際にも利用されている。

なおパウダーベッド方式(Powder bed fusion : PBF)では、造形する材質が同じでも、造形位置や造形方向によって強度や欠陥量が変化する場合がある。照射熱源の方式や装置メーカーによっても特性が異なるので、自分たちが使用する装置、材質ごとに傾向を把握しておくことも推奨される。

図2は、PBFで造形したSUS316L材の引張試験結果である。ベースプレートに対して0°と90°方向に造形した試験片と比較しているが、両者の引張特性には差があり、異方性があることがわかる。なおJISでは、固溶化熱処理したSUS316L材の引張強さは480 MPa以上、伸び40%以上と規定されている。AM材は、それを満足しており、圧延材に匹敵していると捉えられる。

また品質保証の観点から、実体造形品を破壊試験し評価する場合もある。ただし、現実的に薄肉部や複雑形状部からの強度試験片の採取は難しく、評価が困難となるケースも多い。実体品評価の代替として、微小領域でも測定可能なピッカー硬度測定や、強度保証用に実体品とともに同じ

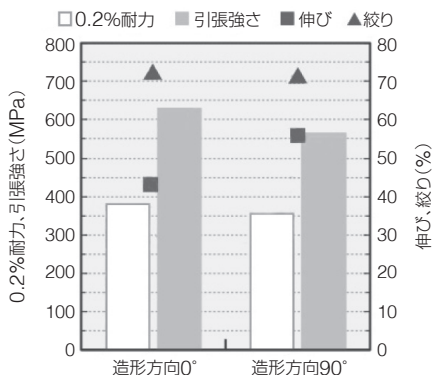


図2 SUS316L造形材での引張試験結果

ロードかつ同条件で造形した試験片をエビデンスとして使用するなどが考えられるが、それら結果で実体品を評価したと明言できるか否かは、製作側と使用者側との当事者間の協定次第となる。

## 疲労試験について

AM材の疲労強度は、一般的に低い。これは「造形肌の表面粗さ」や「造形内部に生じる未溶融や空隙などの欠陥」に起因する。本項ではTi-6Al-4V造形材の疲労試験結果<sup>1)</sup>を例に、疲労強度低下要因と、その解決策について紹介する。

まず、機械部材に繰返し応力が付加されると、一回では何ともないような小さな負荷であっても、何回も受けていると、目には見えない微細なき裂が発生し、それが成長して、やがて破壊する。これを疲労と呼び、機械・構造物の破壊原因は70~80%が疲労破壊によると言われ、構造物の設計や安全性を担保する上で、疲労特性は至要な材料強度特性の1つである。

疲労試験は、試験片に圧縮や引張、曲げ、ねじり、熱などの繰返し負荷を加えることで破断させ、疲労特性を調べる試験である。一口に疲労試験と言っても、多様な試験法があるため、詳細は当社ホームページなどのWebサイトを参照されたい。なお疲労強度は文献やハンドブックなどからもおよその値を推定できるが、製法やロードによって、金属組織や硬さ、欠陥の分布などが異なるため、実際に疲労試験を行い、疲労特性を把握することが望まれる。