

レーザー粉末床溶融結合法におけるニッケル基超合金の 高温引張特性と造形条件の関係

Relationship between Building Conditions and High-Temperature
Tensile Properties of Nickel-Based Superalloy in Laser Powder Bed Fusion

○草野 正大¹、長田 俊郎¹、渡邊 誠¹

Masahiro Kusano¹, Toshio Osada¹, Makoto Watanabe¹,

¹物質・材料研究機構

¹National Institute for Materials Science



1. はじめに

IN738LCは γ' 相の析出により高温クリープ特性に優れるニッケル基超合金であり、精密鋳造材はガスタービンエンジン部材として使われる。金属積層造形においてIN738LCはプロセス中に部材内部に割れが生じやすいため、既往の研究の多くは、造形後に熱間静水圧プレス(Hot Isostatic Pressing, HIP)を施して内部欠陥を除去した上で引張試験を実施している。一方で我々は、レーザー粉末床溶融結合法(Laser powder bed fusion, L-PBF)を用いて内部に割れがほとんど発生しないIN738LC部材の造形条件(最適条件)を確立し、精密鋳造材と同等の高温引張特性が得られた。そこで本研究では、試験後の破面および破面近傍切断面の顕微鏡観察により破壊挙動を考察するとともに、従来条件で造形したサンプルとの比較により造形条件が高温引張特性に及ぼす影響について報告する。

2. 原稿の書式

IN738LCの原料粉末を用いて円柱もしくは直方体サンプルをL-PBF装置を用いて造形した。レーザーの出力 P 、走査速度 v 、ハッチ間隔 h 、積層厚さ t で定義されるエネルギー密度 $E=P/vht$ は、最適条件では 100.0 J/mm^3 、従来条件では 76.9 J/mm^3 である。一部のサンプルは、造形後にIN738LCの標準的な熱処理($1120^\circ\text{C}/2 \text{ h}$ /空冷 + $850^\circ\text{C}/24$ /空冷, Standard heat treatment (SHT))を実施した。その後、サンプルを引張試験片形状に加工し、室温および $200\sim 1000^\circ\text{C}$ の高温環境下で引張試験を行った。

3. 文字の大きさ, フォント

最適条件材の常温および 900°C での引張試験により得られた応力-ひずみ線図をFig. 1 (a) に示す。造形まま材の破断伸びは、室温では30%以上と延性に優れていたが、 900°C では10%程度であり熱処理材よりも早期に破断した。破面を観察すると、室温引張試験後の造形まま材では典型的なディンプルが観察されたのに対し、熱処理材ではFig. 1 (b) のように破断の起点である端部から大きなき裂が多数進展していた。一方、 900°C で試験後の破面では、造形まま材と熱処理材ともにFig. 1 (c) のような $1 \mu\text{m}$ 以下の粒子状の凹凸が観察された。また、Fig. 1 (e, f)のように破面に対して垂直に切断して観察すると、 900°C で試験した熱処理材では端部からのき裂だけでなく、荷重時に生じたと考えられる微細な空隙が内部に多数あった。講演では、破面近傍の結晶方位解析や従来条件の高温引張試験の結果を合わせて、破壊挙動に寄与する要因について考察する。

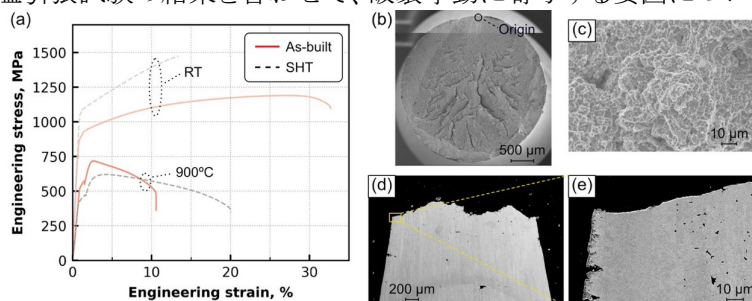


図 1 (a) 応力-ひずみ線図、熱処理材の (b) 室温試験後の破面、(c) 900°C 試験後の破面と (d, e) 切断面

謝辞

本研究の成果の一部は JSPS 科研費 JP23K13583 および公益財団法人天田財団の支援のもとに実施された。

Corresponding author: Masahiro Kusano, KUSANO.Masahiro@nims.go.jp