

レーザー粉体肉盛材 SUS420J1 のエンドミル切削

横田 知宏、薩田 寿隆（情報・生産技術部 試作加工グループ）

横内 正洋（機械・材料技術部 材料評価グループ）

1. はじめに

最近、積層造形（AM）技術が大きな注目を浴びており、金属積層造形装置（金属 3D プリンタ）による部品の製造や補修が実用化されてきている¹⁾。金属 3D プリンタで用いられる技術のうち、Laser Metal Deposition（LMD・レーザー粉体肉盛）による積層造形では、大まかな形状を肉盛した後、切削や研削などの機械加工により形状を仕上げる必要がある。しかしながら、LMD により造形した素材は溶製材とは製造法の異なる新しい材料であるため、切削しやすさ（被削性）が明らかではない。そこで本研究では、ボールエンドミルを用いた切削実験により、LMD で造形した素材の被削性を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

2.1 被削材

LMD で造形する素材（以下、肉盛材）の原料粉末として、SUS420J1 を用いた²⁾。粉末粒径は 45~125 μm である。また、比較として SUS420J1 の溶製材（焼鈍材および焼入れ材）を用意した。各材料の金属組織および平均硬さを図 1 に示す。肉盛材では硬さの計測値の標準偏差が 20 HV であった。溶製材の計測値の標準偏差（3 HV）に比べて大きく、硬さ分布にややばらつきがあることが分かる。

2.2 実験手順

実験の手順を以下に述べる。図 2(a)に示す通り、LMD 装置により、100 mm×50 mm×10 mm の鋼板（SS400）の上に SUS420J1 粉末を用いて幅約 20mm、長さ約 70 mm、高さ約 5 mm の肉盛造形を行った。その肉盛材を、図 2(b)の通り 15 mm×60 mm×4 mm のブロック状にエンドミルで加工した。溶製材についても同様の形状に加工した。

マシニングセンタのテーブルに 45°の傾斜面を持つ治具を固定し、治具の傾斜面に被削材をボルトで固定した。被削材を治具に固定した状態を図 3 に示す。45°傾けて固定した被削材の表面をコーテッド超硬ボールエンドミル（直径 6 mm、刃数 2 枚）で等高線加工した。切削方法および切削条件を図 4 に示す。

切削後のエンドミルの刃先を走査型電子顕微鏡（SEM）により観察した。また、加工面および切りくずをマイクロ스코プにより観察した。

3. 結果および考察

3.1 肉盛材と溶製材の比較

切削速度 100 m/min で肉盛材および溶製材（焼鈍材、焼入れ材）を 240 パス切削した後のエンドミル逃げ面の SEM

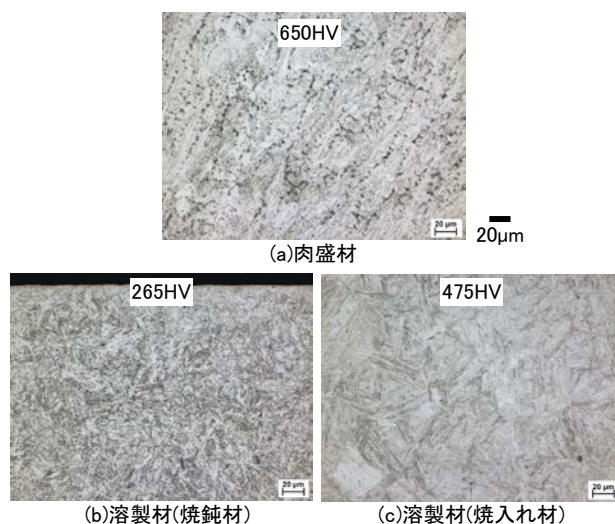


図 1 被削材の金属組織および硬さ

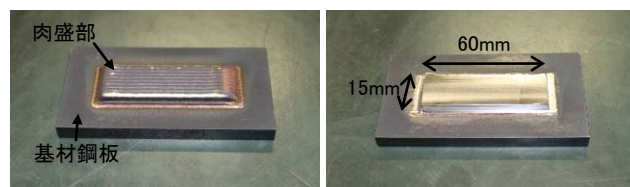


図 2 被削材（肉盛材）の形状

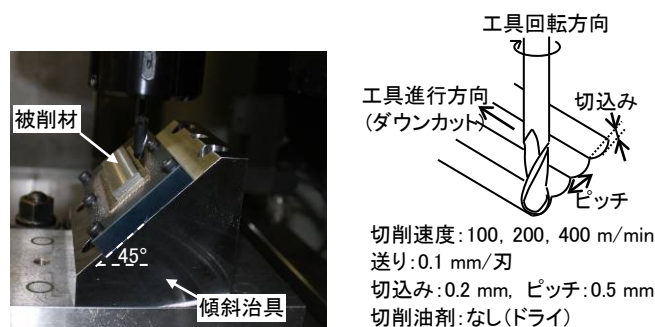
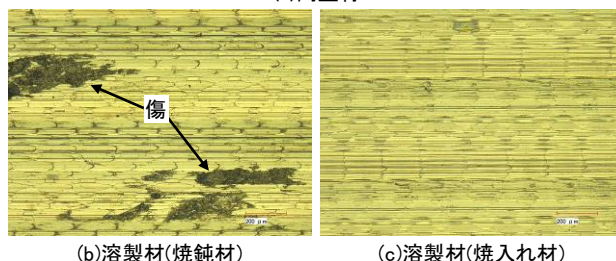
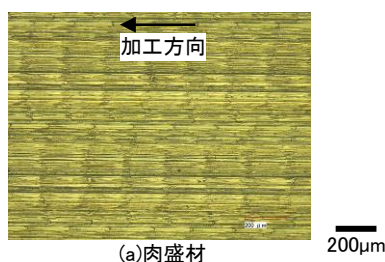
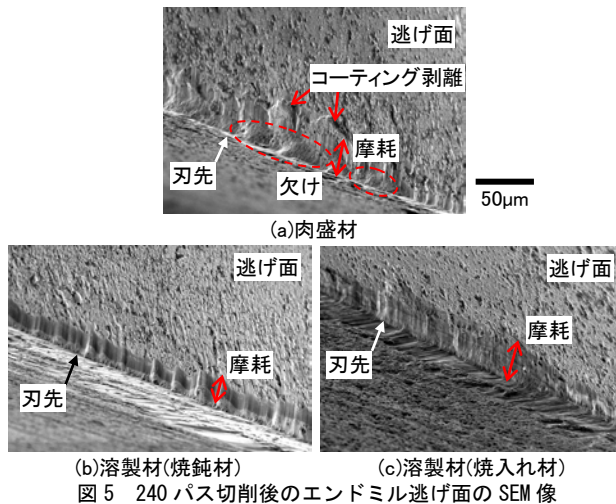


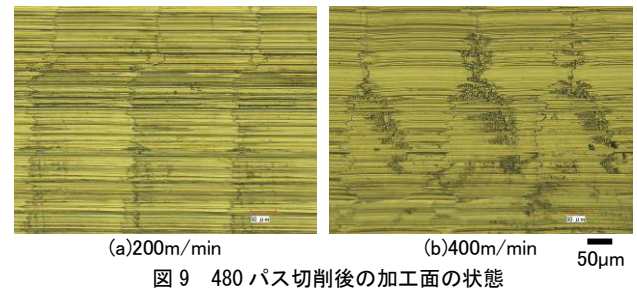
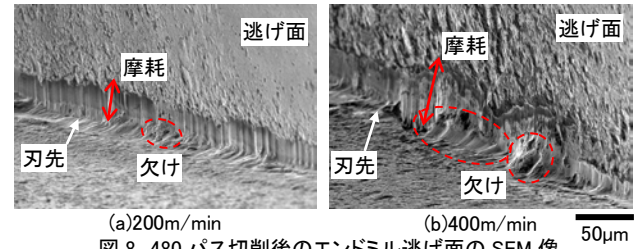
図 3 被削材の固定方法

図 4 切削方法および切削条件

像を図 5 に示す。肉盛材切削後のエンドミル逃げ面の摩耗幅は、焼鈍材に比べて大きく、焼入れ材と同程度であった。また肉盛材ではコーティングが一部剥離しており、刃先の欠けがみられた。以上のことから、肉盛材の切削では溶製材に比べてエンドミルが大きな衝撃を受けていたことが分かる。このことは、肉盛材の硬さが高いことと硬さ分布にばらつきがあることが影響したと考えられる。



切りくずを図6に、240パス切削後の加工面を図7に示す。肉盛材と焼入れ材では切りくずは厚みが薄くカールした形状であるのに対し、焼鈍材では厚みがあり、直線的な形状であった。また加工面については、肉盛材と焼入れ材で規則的な加工痕がみられるが、焼鈍材では所々に傷が生



じていた。これらのことから、肉盛材や焼入れ材よりも焼鈍材のほうが切りくずの流出性が悪かったことが分かる。これは材料の硬さに起因する結果であり、肉盛材は比較的良好な加工面を得られることが分かった。

3.2 高周速加工の可能性

前節の実験の切削速度 100 m/min よりも高周速(高能率)での切削が可能かを調査するため、切削速度 200 および 400 m/min で肉盛材の切削実験を行った。本実験では前節の実験で用いたエンドミルよりもより高硬度な材料の加工に適したものを用いた。各切削速度で肉盛材を 480 パス切削した後のエンドミル逃げ面の SEM 像を図8に、加工面の観察像を図9に示す。切削速度 200 m/min では僅かに刃先に欠けが生じたが、前節のエンドミル(図5(a))にみられたコーティングの剥離はなかった。図9(a)に示す加工面も良好なことから、切削速度 200 m/min でも切削が可能であることが分かった。一方、切削速度 400 m/min では刃先が大きく欠けており、切削速度 200 m/min に比べて摩耗幅も大きかった。また、加工面には周期的に傷がみられた。これは損傷した工具による加工面への影響であり、切削速度 400 m/min では良好な切削が難しいことが分かった。

4 おわりに

本研究では、LMDにより造形した素材の被削性を明らかにすることを目的とした。ボールエンドミルによるドライ切削実験により SUS420J1 粉末を原料として造形した肉盛材と溶製材を比較した。その結果、以下の結論を得た。

- (1) 肉盛材は溶製材切削時よりも工具の損傷が大きかった。一方、焼鈍材よりも良好な加工面を得られた。
- (2) 高硬度材用のエンドミルを用いて切削速度 200 m/min でも良好な加工面を得られた。切削速度 400 m/min では刃先の損傷が大きく加工面も不良であった。

【参考文献】

1. 京極秀樹, 精密工学会誌, **82**, 7, 619-623 (2016).
2. 薩田寿隆ほか, 型技術, **33**, 8, 84-85 (2018).