

3D プリンタ造形物への切削加工性能

機械情報システム課 清水孝晃、中村陽文

ものづくり研究開発センター 山本貴文

1. 緒言

近年、3D プリンタによる工作が注目されており、複雑形状の造形が可能とされているが、それで作られた造形物にも機械工作による後加工が必要となる。特に、穴あけ、ねじ加工は従来の機械工作においても過半数を占めており、3D プリンタによる工作になっても不可欠な工作方法であると考えられる。本研究で用いた 3D プリンタは EOSINT M280 (EOS GmbH) であるが、これはパウダーベッド方式と呼ばれるレーザー光を用いて微小領域を急速溶融と凝固を繰り返し造形していく方式である。造形物の結晶構造は圧延材や鍛造材とは異なっており、その被削性については従来の知見が適用できない場合が多い。

本研究では SUS316L 材を対象に $\phi 1.6$ mm の穴あけを行い、その被削性を圧延材と比較するとともに圧延材同等の工具寿命や経済性を達成できる加工条件について検討した。

2. 実験方法

被削材は市販の SUS316L 圧延材(以下圧延材)と 3D プリンタで造形した SUS316L 鋼(以下 3D 造形材)であり、その硬さは圧延材では 83HRB、3D 造形材では 84HRB であるが圧延材はばらつきが 5 点測定し 1HRB 以下であるのに対し、3D 造形材は 80.3~87.0HRB の範囲に分布した。

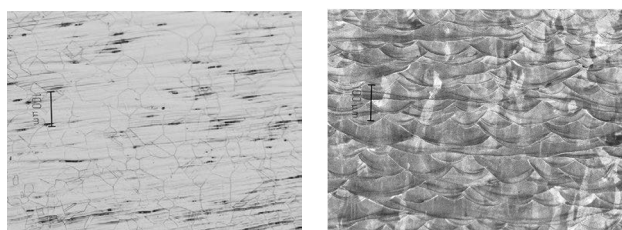


図 1 被削材の結晶状態

図 1 にそれぞれの金属組織を示す。圧延材は結晶の形状は丸に近いのに対し、3D 造形材は結晶が大きく形状が扇型で溶融したものが再度凝固した様子がわかる。金属組織には方向性が認められるが、いずれも写真上下方向に穴あけを行った。

加工はステンレス用ハイスドリルを用いて行った。加工条件を表 1 に示す。条件 2,3 は 3D 造形材のみで行った。水溶性切削液を使用し、穴深さは 6 mm とし条

件 2 では 3 mm 毎の間欠送り、条件 3 では送り速度を半減した。切削抵抗としてドリル進行方向の抵抗(スラスト力)とトルクを測定した。

表 1 穴あけ条件

切削条件	条件 1	条件 2	条件 3
主軸回転数(rpm)	3,980(周速 20m/min)		
送り速度(mm/rev)	0.025	0.025	0.0125
1 回あたりの穴深さ(mm)	6	3	6

3. 実験結果および考察

スラスト力の推移を図 2 に示す。同一送り速度($F=0.025$ mm/rev)の場合初期には大きな違いは見られないが、穴数が増えるに従い大きくなり、ある穴数から急激に上昇しており穴あけ不可能になり工具寿命に達した。

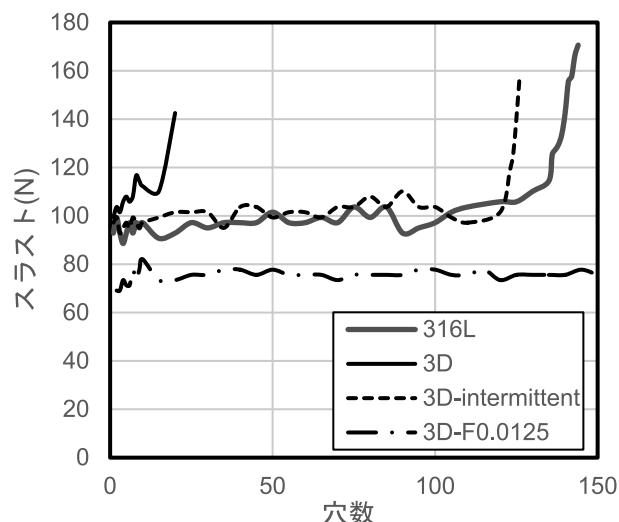


図 2 スラスト力の変化

20 穴時および 100 穴時の逃げ面の状態を図 3 に示す。条件 1 の場合、圧延材では 20 穴終了時摩耗の進行は見られないが、3D 造形材では逃げ面のドリル外周部が大きく摩耗し寿命に達しており圧延材に比較し摩耗の進行が速いことがわかる。なお、摩耗量は外周部において 80 μ m 程度で推移しスラスト力が急激に増大したときに摩耗も増大していると考えられる。

100 穴終了時においては条件 2, 3 では圧延材加工時と同等であり摩耗が抑えられている。穴あけを進めると圧延材では 140 穴、3D 造形材では条件 2 で 125 穴で寿命に達し、条件 3 では 150 穴終了時においても摩耗は抑えられており加工継続可能な状態であった。

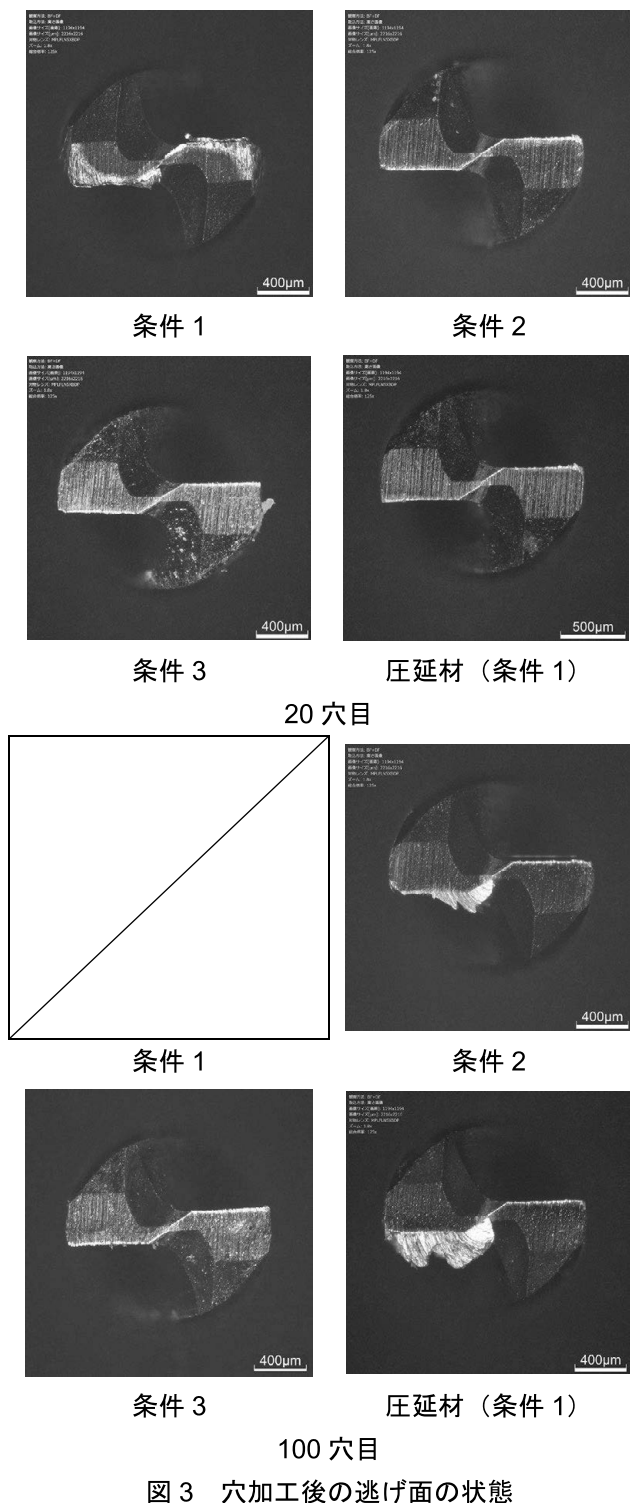


図3 穴加工後の逃げ面の状態

1 穴当たりのスラスト力の変化を図4に示す。条件1での圧延材と3D造形材を比較するとスラスト、トルクとも20%程度3D造形材が大きな抵抗を示す。間欠送りの場合、前半においてはスラスト、トルクとも違いは認められないが、後半においては連続送りに比べ切削抵抗の上昇が抑えられている。一度穴あけを中断することによる刃先の冷却による影響と考えられる。送り速度を低くした場合、スラスト、トルクとも小さな値を示した。

1穴あたりの加工時間は $F=0.025\text{mm/rev}$ での連続送りの場合約3.5s、間欠送りの場合約5s、 $F=0.0125\text{mm/rev}$ の場合約7sとなる。間欠送りの場合、早送り速度やR点座標の工夫により更に1s程度の短縮は可能である。

加工した穴径はいずれも1.63~1.66mmの範囲にあり、圧延材と造形材の間で違いは見られなかった。

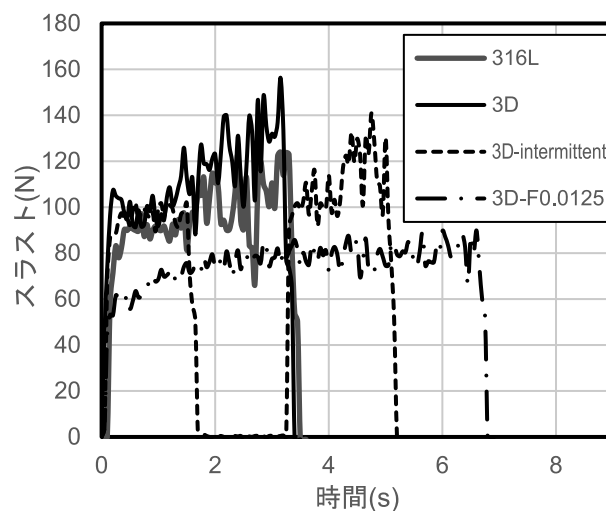


図4 1穴当たりのスラスト力の推移

4.結論

- ・3次元造形材を穴あけする場合、間欠送りや送り速度低減の改善策は有効である。
- ・間欠送りや送り速度の低減を行うことで切削抵抗が低減される。
- ・切削時間を考慮すると間欠送りが有効な対策である。

Drilling in Accumulated Metals by 3D Printer

Mechanics and Disital Engineering Section; Takaaki SHIMIZU, Takafumi NAKAMURA

Digital Manufacturing Section; Takafumi YAMAMOTO

There was sharply difference of tool life between rolled bulk metals and 3D-printed metals at $\phi 1.6$ drill. 3D-printed metal was difficult-to-drill material. It's life was under 20 holls. We drilled 3D-printed metal using low-rate-feed-speed and intermittent-feed, tool-life was same level at drilling rolled bulk metals.