

# 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しており、3D プリンタによる工作になんて不可欠な工作方法であると考えられる。3D プリンタは微小領域を急速溶融と凝固を繰り返し積層していく工作方法であり、圧延材や鋳造材とは結晶組織は大きく異なっている場合が多いため、その被削性については従来の知見が適用できにくい場合が多い。

本研究ではマルエージング鋼を対象に  $\phi 1.6$  mm の穴あけを行い、その被削性を S45C 圧延材と比較するとともに圧延材同等の工具寿命を達成できる加工条件や経済性について検討した。

## 2. 実験方法

被削材は 3D プリンタで積層したマルエージング鋼と市販の S45C 圧延材であり、硬さはマルエージング鋼が 30HRC、S45C は 10HRC であった。マルエージング鋼の降伏応力は約 1000MPa である。金属組織状態は 3D 積層材では結晶が大きく、形状がうろこ状で溶融したもののが再凝固したと確認できた。

$\phi 1.6$  mm のドリルで穴あけを行い、マルエージング鋼の穴あけ条件は Table1 のとおりである。S45C は条件 4,7 で穴あけを行った。ドリルは SUS 用(AGSUS(NACHI))を使用した。水溶性切削液を使用し、穴深さは 6 mm とし連続で加工した。切削抵抗として Z 方向の抵抗(スラスト力)を測定した。工具摩耗は、ドリル周辺部での逃げ面摩耗を観察した。穴あけは最大 300 穴まで行った。

## 3. 実験結果および考察

マルエージング鋼穴あけ時の折損までの回数を Table1 に記す。周速 20m/min の条件ではいずれも 300 穴あけでも折損しなかったのに対し周速を 30m/min 以上にした場合最大で 73 穴と低下した。周速 30m/min 以上の条件について、0.05mm/rev では折れやすく 0.1mm/rev とした場合改善した。0.2mm/rev と増大させると折れやすくなつた。スラスト力の推移を Fig.1 に示す。同一送り速度ではほぼ同じ大きさを示し穴数が増加してもスラスト力の増大は穏やかであった。折れる数穴前より急激に増大した。

Table1 Drilling conditions and drilled number of holes.

No.	Drilling speed(m/min)	Feed rate (mm/rev)	Number of holes
1	20	0.05	300
2	20	0.1	300
3	30	0.05	8
4	30	0.1	73
5	30	0.2	13
6	40	0.05	2
7	40	0.1	49

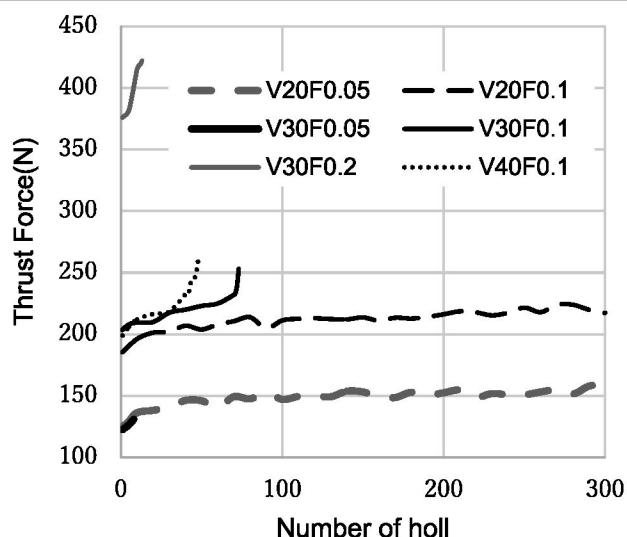


Fig. 1 Changes of the thrust forces.

折損時から最も近い穴あけ回数時の逃げ面の状態を Fig. 2 に示す。周速 20m/min (条件 1,2) では 300 穴終了時の状態であるが被削材の凝着は見られるものの摩耗量は少なく良好な状態であった。逃げ面に焼けが認められ発熱の大きな状態であることが分かる。条件 4,7 では条件 1,2 に対し切削速度を大きくしているが穴数が少ないため摩耗は小さく焼けは認められない。寿命近くで急激に摩耗が進んでいると考えられる。条件 5 では送り速度を 0.2mm/rev と大きくしているが 10 穴終了時であるにも関わらず大きな逃げ面摩耗が認められた。焼けも認められ大きな切削熱が発生しているものと考えられる。

マルエージング鋼と S45C の加工後の刃先を Fig. 2 に示し比較すると、S45C では被削材の凝着は少ないが、周辺部の摩耗はマルエージング鋼加工時に折損したドリルより大きく、摩耗が進んでも折れにくいくことが分かる。

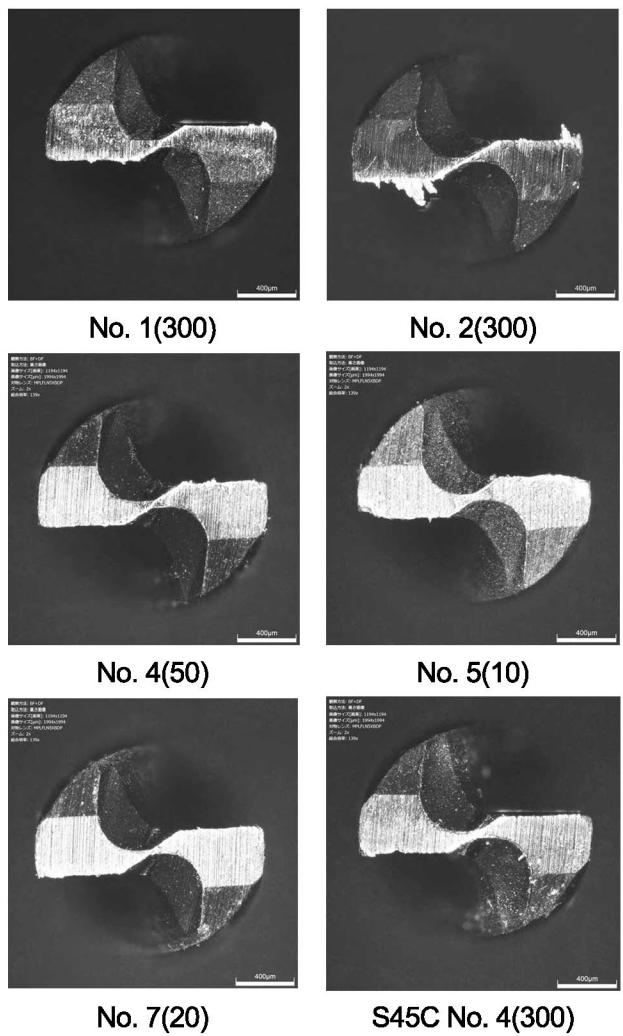


Fig. 2 Flank face after drilling.  
( ) Number of drilled holes

Fig. 3 にスラスト力の推移を S45C と比較し示す。マルエージング鋼は S45C に比較してスラスト力が 2 倍程度大きいことが分かり、これがドリルの折れやすさに繋がっているものと考えられる。

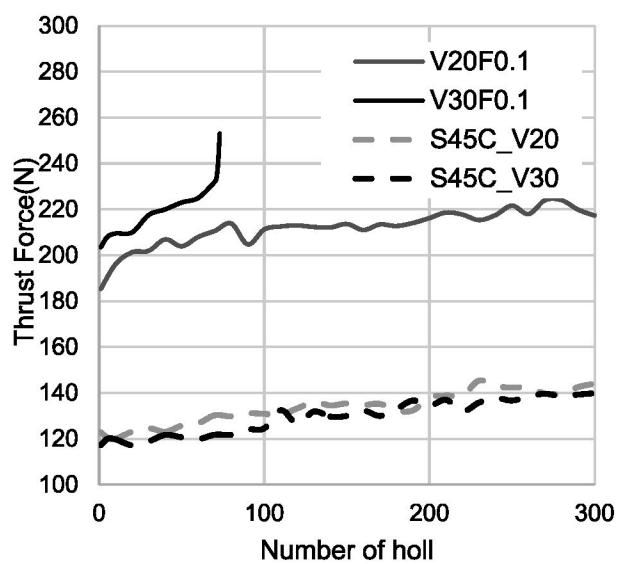


Fig. 3 Changes of the thrust forces.

マルエージング鋼穴あけ時の切りくずの形状は、いずれの条件においても流れ型でその長さは 20 mm 程度である。S45C の場合流れ型であるがその長さは 10 mm 程度と短く、折れにくさに影響しているものと考えられる。

#### 4.結論

- マルエージング鋼と S45C の穴あけにおける被削性を比較し、以下の結論を得た。
  - 周速 30m/min 以上ではマルエージング鋼は折損しやすく穴あけ可能数が減少する。
  - 同一条件においてスラスト力はマルエージング鋼が S45C の約 2 倍となる。
  - ドリル逃げ面の状態は折損の無かった S45C と比較し摩耗や焼けは抑えられている。
  - ドリル周速 20m/min 以下の穴あけが推奨される。

#### Drilling in Accumulated Metals by 3D Printer

Mechanics and Digital Engineering Section; Takaaki SHIMIZU, Takafumi NAKAMURA  
Monozukuri Research and Development Center; Takafumi YAMAMOTO

A hole was drilled in the maraging steel with  $\phi 1.6$  mm drill. When the feed rate  $f = 0.1\text{mm} / \text{rev}$ , it was possible to drill more than 300 holes at cutting speed of 20m / min, 73 holes at  $V = 30\text{m} / \text{min}$ , and 49 holes at  $V = 40\text{m} / \text{min}$ . When  $f = 0.05\text{mm} / \text{rev}$  and  $f = 0.2\text{mm} / \text{rev}$ , the number of holes decreased to 8 and 13 at  $V = 30\text{m} / \text{min}$ . Compared to S45C, it is possible to drill more than 300 holes at all conditions. The poor machinability of maraging-steel was revealed. Comparing the thrust forces, the thrust forces of maraging-steel were about twice as high as those of S45C. No significant difference was observed in the amount of flank-wear on the outer face of the drill. No difference was found in the chip shape.