

# 難削材の小径ドリル加工に関する研究

Study on Drilling of Difficult-to-Cut Materials

## エントリーシートによる効果

Effect of an Entry Sheet

佐藤 崇弘

Takahiro Sato

加工硬化が著しい、熱伝導率が低い等の理由から難削材とされている SUS304 の小径ドリル加工について、エントリーシートを用いた加工方法の可能性について検証を行った。その結果、エントリーシートの有用性について確認できたので報告する。

### 1. はじめに

ステンレス鋼は、その耐食性ゆえに、一般家庭から機械部品、化学プラントまで非常に広範囲に利用されており、その使用量も年々増加の傾向をたどっている。その中でも SUS304 は、Ni の含有により食塩や酸に対し最も耐食性が優れることから、食品、化学、海洋、建築分野などで使用され、非常に付加価値の高い材料である。しかし、SUS304 は加工硬化が著しい、熱伝導率が非常に低い等から難削材とされ、様々な方面で研究が行われている。特に小径のドリル加工については、まだ多くの課題が残っている。

そこでこの度、小径ドリルの長寿命化を目的に難削材である SUS304 の穴加工を行った。その際、通常プリント基板の穴加工で用いられるエントリーシートを用いることでプリント基板の加工と同様の効果がオーステナイトステンレス鋼である SUS304 でも期待できるか検証した。評価をする上で用いた加工機は、高速スピンドルを搭載したプリント基板専用穴加工機と汎用性の高いマシニングセンターを用いた。また、エントリーシートの効果を検証する上で、被削材の表面粗さと工具寿命を検証した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 実験装置

実験で使用した装置を表 1 に、穴加工機外観を図 1 に、マシニングセンターを図 2 に示す。実験では、工具寿命について評価を行った。

表 1 使用機器

使用機器	メーカー	型式
穴加工機	日立ピアメカニクス(株)	ND-1V211
レーザー顕微鏡	(株)キーエンス	VK9500
動力計	(株)日本キスラー	9317B
マシニングセンター	(株)オークマ	MC-4VA

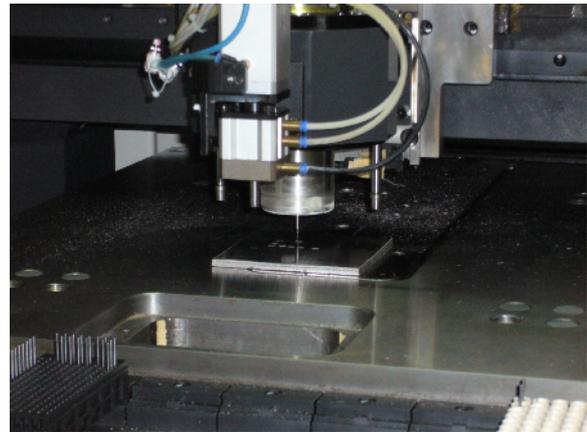


図 1 穴加工機外観



図 2 マシニングセンター外観

#### 2.2 被削材と工具

実験に用いた被削材は、オーステナイト系ステンレス鋼である SUS304 のプレート材を用いた。なおプレート材の表面は、図 3 (a) に示すような全く加

工も行っていない最大高さ  $Ry = 16 \mu\text{m}$  にものと、図 3 (b) に示すような平面研磨により面だしを行い最大高さ  $Ry = 3 \mu\text{m}$  としたものを用了。

ドリルは、最高主軸回転数と加工負荷の影響を考慮して、回転数域が  $30,000 \text{ min}^{-1} \sim 300,000 \text{ min}^{-1}$  でトルクの少ないエアタービンスピンドルを搭載した穴加工機では直径  $0.3 \text{ mm}$  のものを、回転数域が  $50 \text{ min}^{-1} \sim 4,000 \text{ min}^{-1}$  で高トルクのギアモータースピンドルを搭載したマシニングセンターには直径  $0.5 \text{ mm}$  の超硬ドリルを用了。

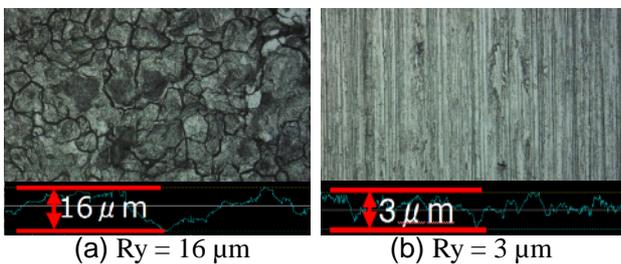


図 3 被削材の表面粗さ

## 2.3 切削条件

実験に用いた切削条件を表 2、表 3 に示す。

表 2 切削条件 (高速スピンドルによる加工)

切削方法	ステップ加工
ステップ量	$0.01 \text{ mm}$
加工雰囲気	ドライ
切削速度	$94.2 \text{ m/min}$
一刃当たりの送り量	$0.002 \text{ mm}$
加工深さ	$0.9 \text{ mm}$
工具径	$0.3 \text{ mm}$

表 3 切削条件 (汎用スピンドルによる加工)

切削方法	止まり穴加工
切削速度	$6.2 \text{ m/min}$
一刃当たりの送り量	$0.009 \text{ mm}$
加工深さ	$2.5 \text{ mm}$
工具径	$0.5 \text{ mm}$

なお今回実験に用いた穴加工機は、プリント基板専用穴加工機であるため、図 4 に示すようなエンタリーシート押さえ用のプレッシャーフットが付いた状態で高速スピンドルを搭載)と汎用のマシニングセンター(汎用スピンドルを搭載)で加工実験を行い、エンタリーシートは図 5 に示すようにセッティングした。

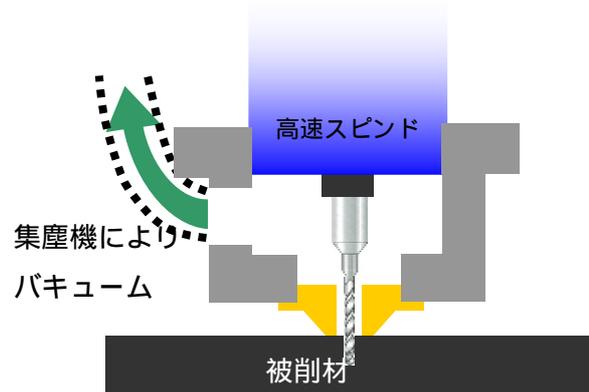


図 4 プレッシャーフット

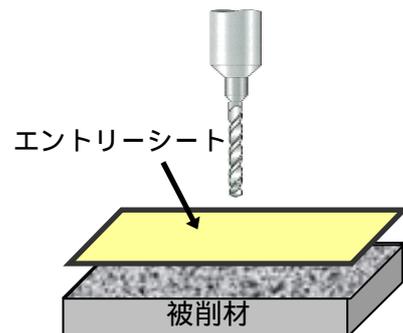


図 5 エントリーシートセッティング方法

## 2.4 評価項目

エンタリーシートを用いた場合の工具寿命評価を行う上で、高速スピンドルによる加工実験は、ドライ加工・エンタリーシートによる加工、汎用スピンドルによる加工実験は、ドライ加工、湿式加工(不水溶性切削油)エンタリーシートによる加工を比較対象とし、ドリル寿命で評価を行った。また、被削材の表面粗さを変えたものにおいても同様に実験を行った。

## 3. 実験結果

### 3.1 エントリーシートの効果(高速スピンドル)

高速スピンドルによるエンタリーシートを用いた寿命評価試験は、次の 3 項目について行った。なお被削材は、図 3 (a) のものを用了。

- 1) アルミ板のシートを敷いた場合(以下アルミ板)
- 2) アルミ板の上に固形潤滑剤を塗布したエンタリーシートを敷いた場合(以下樹脂付きエンタリーシート)
- 3) 何も敷かない場合

において穴加工実験を行った。その結果を図6に示す。この結果より、樹脂付きエントリーシートを敷くことにより工具寿命が延びることがわかった。

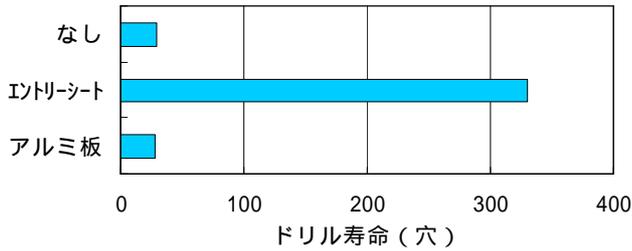


図6 エントリーシートとドリル寿命の関係 (高速ドリル)

### 3.2 エントリーシートの効果(汎用スピンドル)

汎用スピンドルにおける寿命評価試験は、樹脂付きエントリーシートを敷いた場合と湿式加工、ドライ加工において穴加工実験を行った。その結果を図7に示す。この結果より、プレッシャーフットが無くとも湿式切削とほぼ同等以上の工具寿命を安定して維持できることがわかった。

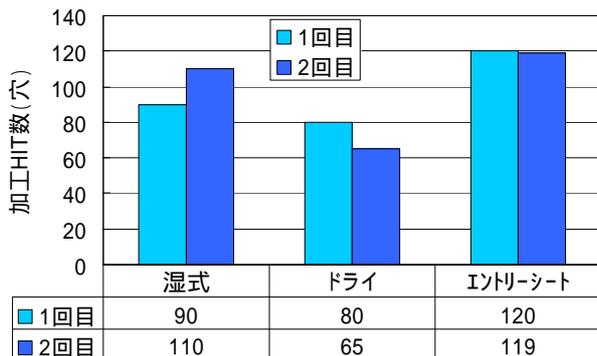


図7 エントリーシートとドリル寿命の関係 (汎用スピンドル)

### 3.3 被削材の表面粗さと工具寿命の関係

エントリーシートの表面は、最大高さ 2 μm 程度になっている。エントリーシートを敷いた場合工具寿命が延びる要因として、表面粗さが関係している可能性が考えられるので、被削材自体の表面粗さを変えたものについて穴加工実験を行った。この実験は、ドリルの寿命が被削材の凹凸に影響される度合いを検証した被削材表面粗さが良好な程、工具寿命が延びることがわかった。

## 4. 考察

### 4.1 樹脂付きエントリーシートと工具寿命について

樹脂付きエントリーシートを敷いた場合とアルミ

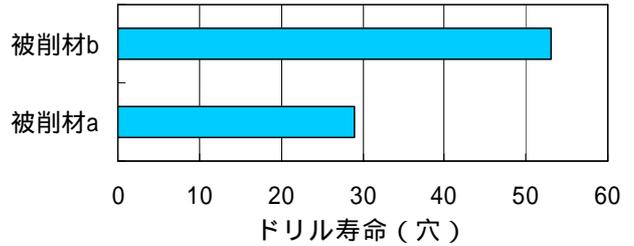


図8 表面粗さとドリル寿命の関係

板を敷いた場合にドリルにかかるスラスト力の違いを測定した結果を図9に示す。この図より樹脂付きエントリーシートは、ドリル着地時にドリルにかかる衝撃が非常に小さく、図10に示すような座屈現象<sup>1)</sup>を起さにくくしていると思われる。そのため、図11に示すようなドリル先端の着地不良による皿

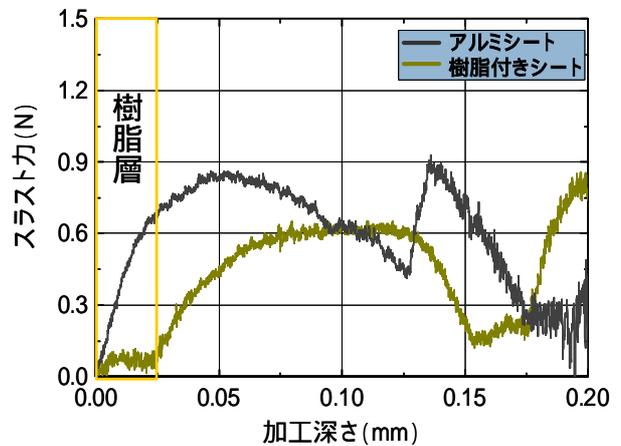


図9 エントリーシートを使用した場合のスラスト力

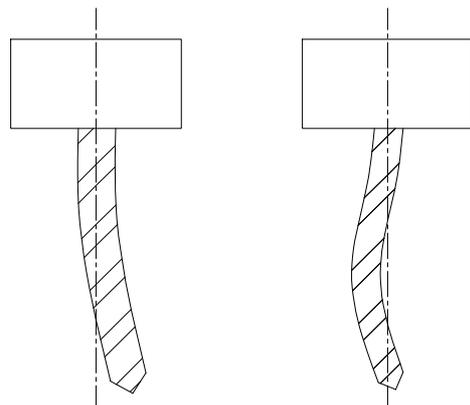


図10 座屈現象

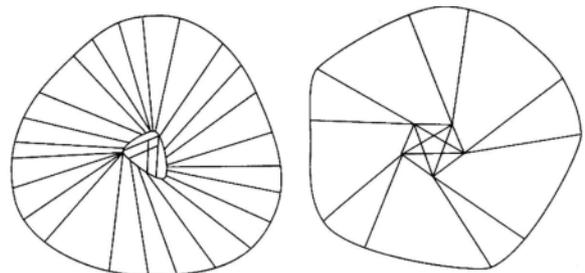


図11 皿もみ現象

もみ現象<sup>1)</sup>起きにくいことで、ドリルが最も弱い横方向の力が発生しにくいと考えられる。

さらに求芯効果<sup>2)</sup>によって理想通りの位置に着地することにより、ドリルの寿命を延ばすことができたものと思われる。

またエントリーシートに塗布してある樹脂は、潤滑性が高く、冷却性の高いものが含まれている。そのため、工具寿命が延びたとも考えられる。

#### 4.2 被削材表面粗さと工具寿命について

被削材の表面粗さが工具寿命に与える影響として、工具が被削材表面に着地した際に、表面粗さが粗悪な場合は、工具が表面の凹凸に沿ってシュートする可能性があるが、表面粗さが良好な場合は、表面の凹凸の影響が少なく進入するため工具が長寿命になるとと思われる。ただし表面粗さが良好な場合でも、硬度が高い被削材の場合は、ドリルが座屈現象を起こし、着地時に先端が暴れてしまい、表面の凹凸が粗悪な場合と同様にシュートしたような現象になる可能性もある。そのため、硬い被削材ほど、エントリーシートの効果が期待できるとと思われる。

### 5. おわりに

本報告では、一般的にプリント基板の穴加工に用いられているエントリーシートを金属に代用した際の効果を調査し、考察を行った。その結果、以下のことが確認できた。

柔らかい樹脂層を持ったエントリーシートを使って金属の穴加工を行うと、工具の長寿命化に効果があることがわかった。

エントリーシートの効果は、高速回転域・低速回転域どちらでも工具寿命が延びることがわかった。特に高速回転域において効果が大きかった。

表面粗さが良好な被削材の方が、工具寿命が延びることがわかった。

なお、低切削速度の領域と比べて高速切削速度の領域において、樹脂付きエントリーシートの効果が顕著になったことについては、今後検証が必要だと

思われる。

### 謝 辞

本研究は、日本自転車振興会から競輪の収益の一部である機械工業振興資金の補助を受けた設備を利用して研究をしました。

### 文 献

- 1) 翁, 山住; でか版技能ブックス 機械加工のワンポイントレッスン, 大河出版, p.107, (2005).
- 2) 渡邊英人, 津坂英夫, 榎田正美; プリント配線板における微細穴あけ加工-ドリルの動的振れと加工特性-精密工学会誌, 74(11), p.1204- 1209(2008).