ノート

# 高圧クーラントを援用した 析出硬化系ステンレス鋼の中ぐり加工

田村　信*　須藤　貴裕*　石川　淳*

Boring of Precipitation Hardened Stainless Steel with High Pressure Coolant

TAMURA Makoto*, SUTOH Takahiro* and ISHIKAWA Atsushi*

## 1. 緒　　言

析出硬化系ステンレス鋼は，耐食性，耐摩耗性，高強度が要求される航空機材料などに広く使われている。しかし，切削加工においては高硬度，高靭性，低熱伝導率などの材料特性から切削速度が上げられず，かつ工具寿命が短いという問題がある。

中ぐり加工は，すでにあけられている穴の直径拡大や仕上げを目的に，中ぐりバイトを用いて穴の内面を切削することをいい，さまざまな部品加工に適用されている。しかし，切屑の排出空間が限られることから，穴内部に切屑がたまりやすく，また中ぐりバイトに絡みつくことも多く，刃先の冷却不足や噛み込みなどにより，工具寿命や加工面品位が問題となることが多い。

そこで，析出硬化系ステンレス鋼の代表鋼種であるSUS630の旋盤による中ぐり加工について，高圧クーラントを援用することで，工具の長寿命化や加工面品位の向上，さらに加工の高能率化が可能となるか検証した。

## 2. 試験方法

### 2.1 旋削装置

中ぐり加工試験に用いた旋削装置と中ぐりバイトの仕様を表1に示す。NC旋盤には標準クーラントに加えて，最大吐出圧力15MPaの高圧クーラントを付属する。クーラントは鋼製バイトシャンクの内部を通り，工具チップすくい面側から加工点に向けて供給される。

＊　研究開発センター

### 2.2 中ぐり加工試験方法

表2に加工条件，図1に試験方法を示す。切削速度については，高圧クーラントの効果を期待して，工具カタログ等[1)]での推奨値を参考に高速度条件とした。中ぐり加工は，被削材にあらかじめドリルにて直径20mmの下穴をあけておき，中ぐりバイトを用いて所定の切込み量apを与えて，穴を繰り広げることを行う。一定量加工後に目視による切屑排出状態の観察と工具チップ逃げ面摩耗量測定，さらに加工面の表面の粗さ測定を行った。

表1　旋削装置と中ぐりバイトの仕様

| 旋削装置 | |
|---|---|
| NC旋盤型式 | 滝澤鉄工所TCN-213J |
| 最大加工径/長さ(mm) | 370/301 |
| 主軸回転速度($min^{-1}$) | 100～5000 |
| 軸移動量X/Z(mm) | 210/370 |
| 送り速度X/Z(mm/min) | 0～20/0～24 |
| ｸｰﾗﾝﾄ最大吐出圧力(MPa) | 15 |
| ｸｰﾗﾝﾄ最大吐出量(L/min) | 35 |
| ｸｰﾗﾝﾄﾀｲﾌﾟ | ｴﾏﾙｼｮﾝ10倍希釈 |
| 中ぐりバイト | |
| ｼｬﾝｸ直径/突出長さ(mm) | 16/48 |
| 工具ﾁｯﾌﾟ | ﾀﾝｶﾞﾛｲCPMT090304-PS |

表2　加工条件

| | |
|---|---|
| 切削速度V (m/min) | 150 |
| 送りf (mm/rev) | 0.1,　0.2 |
| 切込み量ap (mm) | 0.5,　1.0 |
| ｸｰﾗﾝﾄ圧力 (MPa) | 0.1(標準)<br>3～15(高圧) |
| 被削材 | 析出硬化系ステンレス鋼SUS630<br>(直径60mm×長さ120mm，42HRC) |

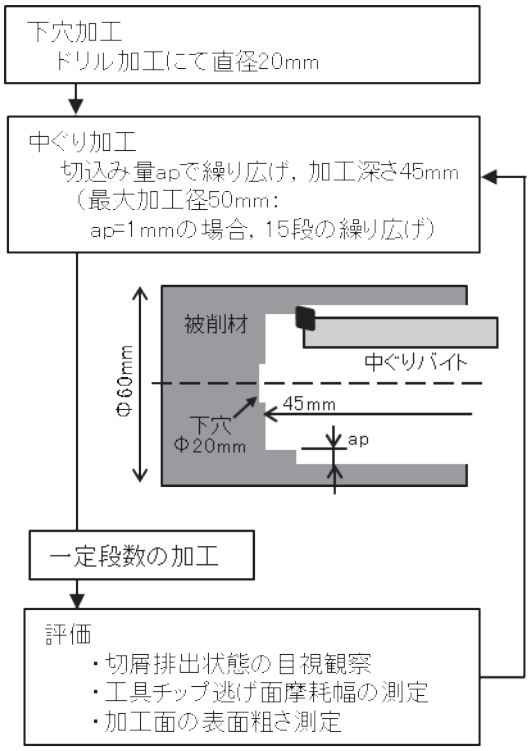


図 1　試験方法

## 3.　試験結果

### 3.1　切屑排出性の比較

標準クーラントと高圧クーラント（15MPa）供給での切屑排出性を比較するために，送り f と切込み量 ap を変えた加工条件において，中ぐり加工を 1 段行い，加工後の状態を観察評価した結果を表 3 と図 2 に示す。標準クーラント供給における ap=0.5mm の条件では，連続的な切屑がバイトに絡み，f=0.1mm/rev-ap=1.0mm の条件では，切屑はほぼ分断しているが穴内部に残ったものが噛み込みを生じている状態であった。一方，15MPa の高圧クーラント供給では，いずれの加工条件においても良好で，切屑が分断し外部に排出されていた。

使用した工具チップに付随するブレーカによる切屑分断の効果もあるが，高圧クーラントを供給することにより，良好に切屑が分断し外部に排出される加工条件の範囲が広がることが，この結果からいえる。

表 3　切屑排出性の評価結果

| f (mm/rev) | 標準ｸｰﾗﾝﾄ (0.1MPa) | | 高圧ｸｰﾗﾝﾄ 15MPa | |
|---|---|---|---|---|
| | ap (mm) | | ap (mm) | |
| | 0.5 | 1.0 | 0.5 | 1.0 |
| 0.1 | 不良 A | 不良 B | 良 | 良 |
| 0.2 | 不良 A | 良 | 良 | 良 |

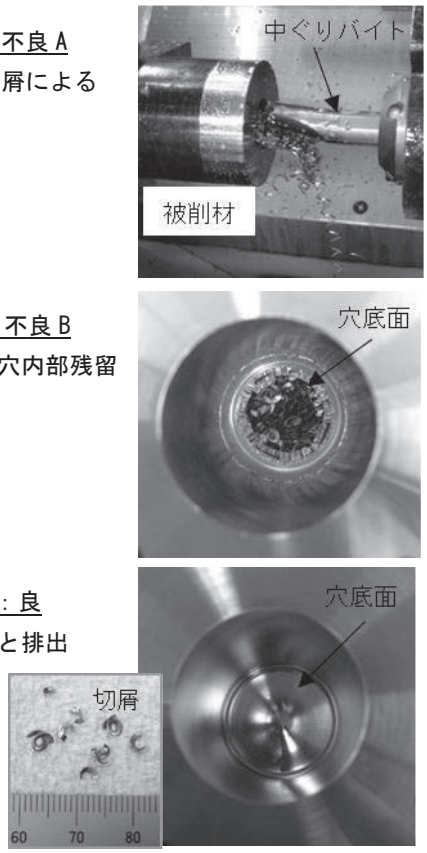


図 2　切屑排出の状態

### 3.2　工具寿命と加工表面粗さの比較

前述の切屑排出性の評価において，標準クーラントでも良好な結果であった加工条件（f=0.2mm/rev-ap=1.0mm）について，工具寿命試験を行い，工具寿命に対する高圧クーラント供給の効果があるか確認した。寿命試験は加工の進行に伴う工具チップの逃げ面摩耗幅を測定

することにより行った。切削距離と最大逃げ面摩耗幅の測定値をプロットしたグラフを図 3 に，1 段加工後（切削距離 15.6m）の工具チップの外観写真を図 4 に示す。標準クーラントに対して 15MPa の高圧クーラントを供給することで，工具チップ逃げ面の摩耗幅は小さくなる傾向を示し，最大逃げ面摩耗幅 0.2mm を工具寿命判定基準とすると，工具寿命までの切削距離は標準クーラントの 15m に対し，15MPa の高圧クーラント供給では 90m となり，約 6 倍も延伸することがわかる。チップの摩耗形態に大きな違いはないが，高圧クーラント供給により，刃先の冷却や潤滑が効果的に行われたものと推測する。

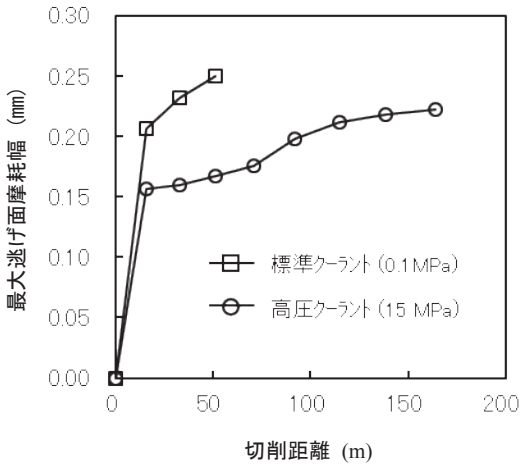


図 3　工具寿命の比較

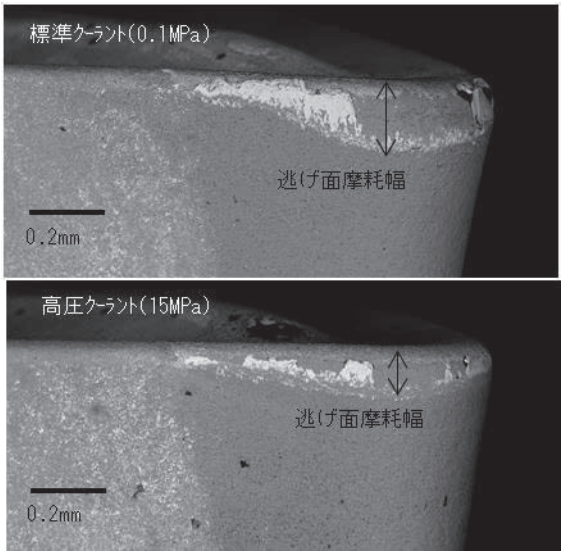


図 4　工具チップの外観(切削距離 15.6m)

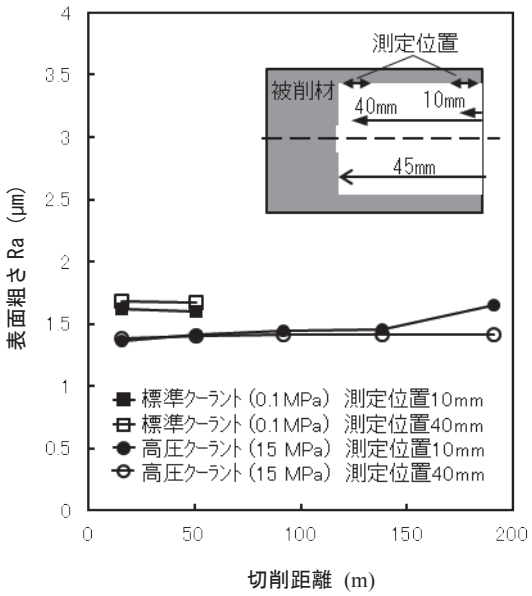


図 5　加工面の表面粗さ

ここで，工具寿命試験に伴う加工面の表面粗さ測定値をプロットしたグラフを図 5 に示す。標準クーラントと 15MPa の高圧クーラント供給の場合について，それぞれ加工穴の入口から 10mm と 40mm（穴底近傍）の位置における加工面の表面粗さ測定を行った。クーラント間の比較では，15MPa の高圧クーラント供給の方が良好な粗さであるが，ともに切屑が良好に排出される条件であることから，顕著な差はない。また，工具チップ逃げ面摩耗の進行との相関はなく，工具寿命に至るまで表面粗さの値は安定している。

### 3.3　高圧クーラント圧力と工具寿命

前節において，高圧クーラント供給による工具寿命の延伸効果について示したが，さらに工具寿命に対して高圧クーラントの圧力が影響するか確認した。f=0.1mm/rev-ap=1.0mm の加工条件について，高圧クーラントの圧力を変えて工具寿命試験を行った。試験の結果を図 6 に示す。高圧クーラント圧力 3～9MPa の範囲においては，圧力が高いほど工具の逃げ面摩耗幅は小さく，工具寿命は良好となる。しかし圧力が最大の 15MPa となると工具逃げ面摩耗幅が大きくなり，

工具寿命が悪化した。高圧クーラントの供給により，工具中ぐりバイトに過度の振動変位が生じることも考えられるため，工具チップ逃げ面に小型加速度センサーを取り付け，高圧クーラントを供給した時に発生する振動を測定した。測定結果を図 7 に示す。高圧クーラント圧力 3MPa 時の測定加速度振幅を基準とした各圧力時の加速度振幅比をグラフにプロットした。高圧クーラント圧力の増加に伴い加速度振幅比も増加し，圧力 15MPa においては，3MPa 時に対して約 25 倍の加速度振幅が生じている。中ぐりバイトの剛性との兼ね合いとなるが，過大な圧力のクーラント供給により生じる振動が工具寿命を低下させる要因となることも考えられる。

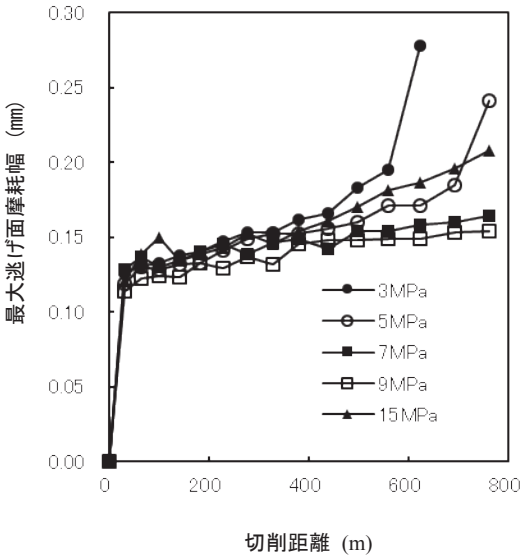


図 6　クーラント圧力と工具寿命

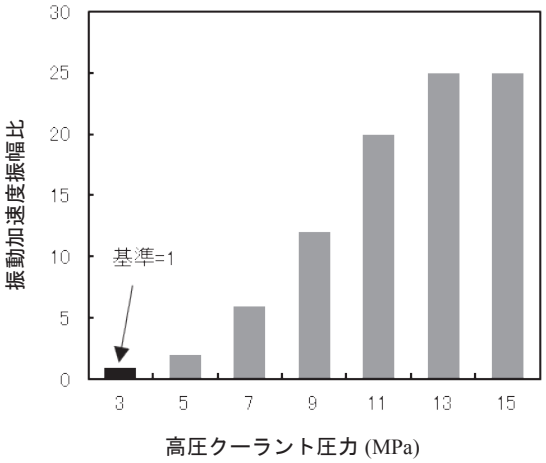


図 7　クーラント圧力と工具振動

## 4. 結　　言

（1）析出硬化系ステンレス鋼 SUS630 の中ぐり加工について，高圧クーラントを援用することで，切屑分断と排出が良好となる加工条件の範囲が広がることを明らかにした。

（2）切削速度 V=150m/min において，高圧クーラントを援用することで工具寿命が大幅に延伸し，加工の高能率化が可能となることをを明らかにした。

（3）高圧クーラントの圧力が高いほど工具寿命が延伸する傾向にあるが，工具バイトに生じる振動が大きくなり，最適なクーラント圧力が存在することを示した。

## 参考文献

1）例えば，切削工具カタログ，株式会社タンガロイ，（2013-2014），p.2-6