

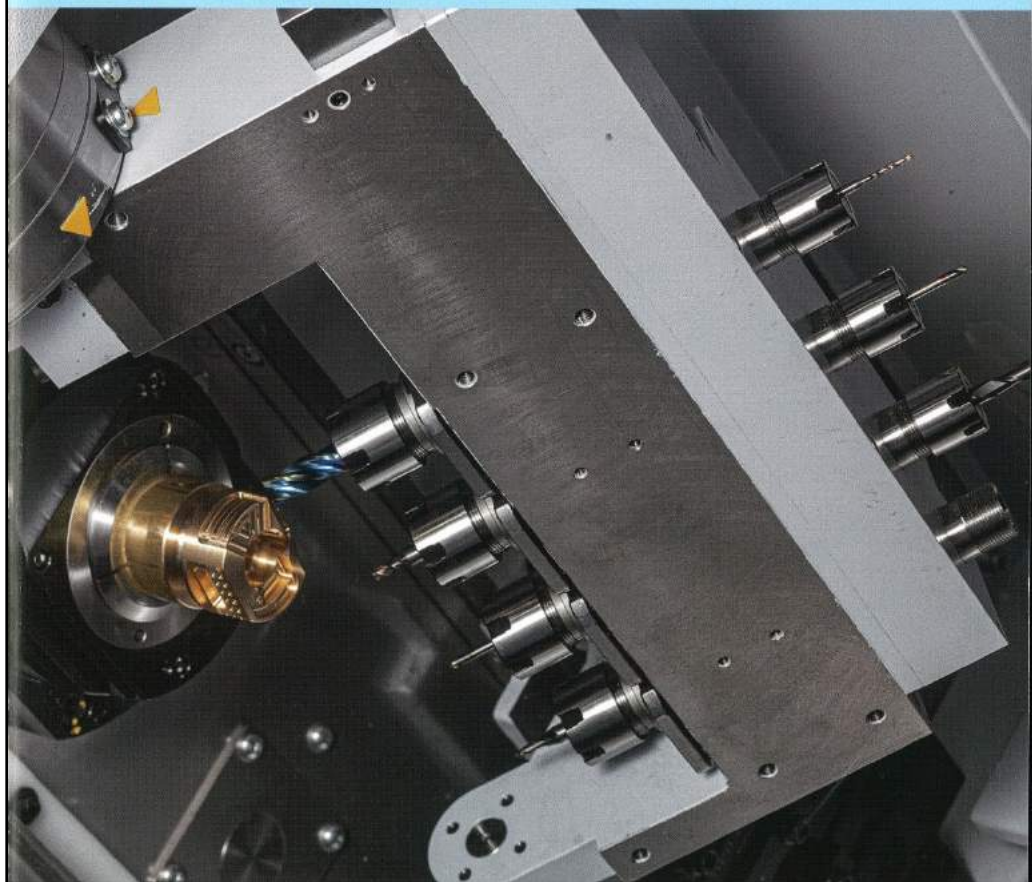
Tool Engineering & モノづくりの現場を伝える機械雑誌

# ツールエンジニア 2021 10

## NC自動盤で小ロット・ワークを効率よく切削

### メカトロテックMECT2021出展製品ガイド

■工程集約(生産ラインの最小化)と工程分散による切削プロセスの効率化 ■スイス型自動旋盤におけるモーション制御技術  
◆2軸のNC旋盤～多軸複合旋盤に対応したCAMシステム ◆自動盤用工具「DAIDEC」、スイスDAIMETAL社製ブレード状の  
バイト&ホルダ ◆タレット旋盤ベースの複合加工機は、NC旋盤3台分の切削能力を發揮 ◆自動盤専用剛性ホルダ: 溝入れ突切り  
工具 GY型/GW型 ◆正面旋盤型ターニングセンタにY軸機能を装備 ◆ISO旋削工具と多機能工具 ◆工具研削盤「FXシリーズ」  
を用いた小径加工の可能性 ■給材機、高圧クーラント装置など周辺機器の配置と切削現場の環境 ◆高圧クーラント供給に  
よる切りくず折断 ◆連続 5軸加工屋さんといわれるまでの道 第9回 舞い込んだオブジェの切削/人材 ◆業界通信: 地元高校へ  
主軸台固定型CNC自動旋盤を寄贈、長野県上田千曲高等学校で寄贈式/「第1回 キャタピラー STEM賞」受賞者 丸山美帆  
子氏の研究成果を公表! ★技能検定練習問題2021年度 第7回



# 切削現場の飛躍的高能率化に挑戦 高圧クーラント供給切削

## 高圧クーラント供給切削の 切りくず折断効果

大阪産業大学 和田 任弘  
トクビ製作所 森合 勇介



写真1 高圧クーラントユニットの外観(トクビ製作所)

連続した切りくず、とくにリボン状の切りくずが排出される場合、切削作業に悪影響を及ぼすことは周知の通りである。このような連続した切りくずを短く折断する方法として、チップブレーカが使用される。このため、工具メーカーは、複雑な3次元形状のチップブレーカを開発し、工具に付与している。

しかし、複雑な3次元形状のチップブレーカであっても、切りくずが折断されない切削条件の存在が指摘されている。たとえば、鋼材の仕上げ旋削では、低送り、小切込みの切削条件が使用されるが、このような切削条件では切りくずが折断されにくい。また、工具材種によっては、チップブレーカを付与することがむずかしい、あるいは不可能な場合もある。この場合、

チップブレーカによる方法以外に切りくずを折断する方法が用いられる。たとえば、送りを瞬間的に停止させ、切削を不連続にさせる方法(ステップフィード法)などがあげられる。

最近、クーラント<sup>1)</sup>をバイトのすくい面、あるいはすくい面と逃げ面に高圧で供給することによって切りくずを折断させる高圧クーラント供給切削が注目されている。ここでは、高圧クーラント供給による切りくず折断効果について解説する。

### ●はじめに

論文検索エンジンである ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com/><sup>2)</sup>)や、Google Scholar (<https://scholar.google.com/><sup>2)</sup>)の検索キーワードに、“high-pressure coolant cutting”を入力すると非常に多くの文献を見つけることができる。しかし、わが国においては、「高圧クーラント供給切削」が切削現場の高能率化を飛躍的に高める新しい切削法であることはあまり知られていない。

著者の一人は、数十年前から難削材の切削に関する研究を行なっている。難削材の切削に関する研究の多くは工具損傷に主眼が置かれており、切りくず処理性を扱った研究は比較的少ない。

著者の一人は、Ni基超耐熱合金の一つであるインコネル718の乾式旋削において、連続形切

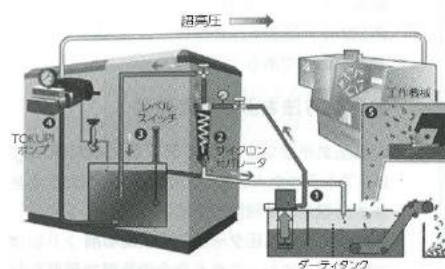


図1 高圧クーラントユニットの仕組み



写真2 高圧クーラント供給切削で使用したCNC旋盤

りくずが排出され、この切りくずがチャックや被削材などに絡みつき、切りくずを短く折断する必要に迫られた。このとき、「トクビ製作所」<sup>3)</sup>の森合主税氏から高圧クーラント供給切削が各種鋼材の切りくず折断に有効であるとの情報を得た。しかも、同社内で切削実験が実施可能とのことであった。そこで、インコネル718の高圧クーラント供給切削を行なったところ、切りくずが短く折断され、しかも高速度切削が可能であることがわかった。これが、トクビ製作所との共同研究を開始したきっかけである。

それ以来、切りくず折断がむずかしい被削材や切削条件(とくに、送りと切込みの組合わせ)を対象として、高圧クーラント供給切削を行なってきた。高圧クーラント供給切削の効果は、切りくず折断以外に、工具摩耗抑制、切削抵抗低減など多くの有効性が実証されている。

ここでは、高圧クーラント供給切削における切りくず折断の有効性について、事例をあげて解説する。

### ●高圧クーラント供給切削

わが国における高圧クーラント供給切削に関する論文や報文(解説を含む)は、古くから発表されている。また、高圧クーラント供給切削を取扱った研究として、たとえば、谷川義博らの「切削液のジェット注入による工具寿命の向上」<sup>4)</sup>があり、インコネル718の旋削において、工具の延命に効果があることが報告されている。

しかし、高圧クーラント供給切削を広く普及

させるためには、クーラントを高圧で供給する高圧クーラント供給ユニット、すくい面、逃げ面にクーラントを供給する高圧クーラント対応バイトホルダの開発など種々の課題があった。

最近、高圧クーラント供給ユニットが市販され、さらに高圧クーラント対応バイトホルダも多くの工具メーカーから市販されている。このため、汎用旋盤であっても、高圧クーラント供給切削が可能となり、高圧クーラント供給のメリットを受けられるようになった。

写真1は、トクビ製作所製高圧クーラントユニット「HIPRECO 185-20」である。この高圧クーラントユニットの主な仕様は、最大吐出圧力20MPa、最大吸水量45ℓ/min、最大出力18.5kWである。

高圧クーラントユニットの仕組みを図1に示す。クーラントの流れの大まかな仕組みは次のとおりである。

①工作機械からクーラントユニットへの汲み上げ。



図2 クーラントの供給方法

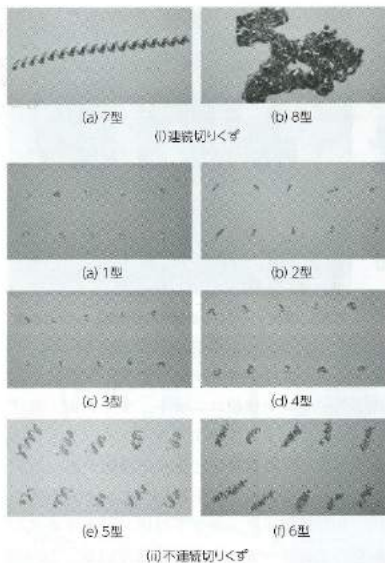


写真3 切りくず形状の分類(主分類)における記号と切りくず形状

②標準装備の濾過装置サイクロンセパレータで遠心分離。

③クリーンタンク(75～180ℓ)へ充填。

④高圧ポンプで圧送。

⑤ノズル付き工具で刃先へ吐出。

写真2は、切削実験で使用したCNC旋盤(森精機製作所製「SL-25」型ターニングセンタ)で

ある。このCNC旋盤の主な仕様は、主軸用モータ(30分/連続)15/11kW、主軸最高回転数3500min<sup>-1</sup>である。

### ●実験方法および実験結果

高圧クーラント供給切削で使用した被削材は、アルミニウム合金A7075、超耐熱合金インコネル718の2種類である。

#### (1) A7075の高圧クーラント供給切削

図2に、アルミニウム合金の旋削で使用した切削工具を示す。ここに示すように、バイトホルダ「DCLNL 2525M-12JCT」にインサート「ISO CNGG120408L-A3」を取付けて使用した。工具材種は、ISO K10 超硬合金である。

クーラントの供給方法は、外部供給法と高圧クーラント供給法を用いた。高圧クーラント供給法では、クーラントは、図2に示すノズルAおよびBからそれぞれすくい面および逃げ面に供給される。高圧クーラントユニットからのクーラントの供給量は、クーラント吐出圧力7MPa、14MPaおよび20MPaの場合、それぞれ13.5ℓ/min、20.1ℓ/minおよび23.0ℓ/minである。なお、前述したように最大のクーラント吐出圧力は20MPa、最大のクーラント供給量は45ℓ/minである。クーラントは、ユシローケン「FGS650」(濃度10±3%)を用いた。

旋削によって得られた切りくずの形状は、写真3に示す切りくず分類記号によって整理し

た。この分類は、「精機学会切削性専門委員会切りくず処理小委員会の切りくず形状の分類(主分類)」に準じた分類を行なった。ここで得られた切りくず形状は、主分類による記号で、1型から8型の8種類であった。なお、1型から6型は不連続切りくず、7型および8型は連続切りくずである。

写真3(i) (a)に示す7型は、規則的形状の連続切りくず、同(i) (b)に示す8型は、不規則な形の連続切りくず、写真3(ii) (a)に示す1型は、粉状または片状の切りくず、同(ii) (b)に示す2型は、短冊状の切りくず、同(ii) (c)に示す3型は、1/2巻き程度以下に短く折断した切りくず、同(ii) (d)に示す4型は、1巻き程度に折れた切りくず、同(ii) (e)に示す5型は、2～10巻き程度に折れた切りくず、そして同(ii) (f)に示す6型は、形が不規則に変動する不連続切りくずである。

図3に、記号による切りくず形状の主分類表示を示す。ここで、切削速度5.0m/sと一定とし、送り0.05～0.50mm/rev、切込み0.1～3.0mmの範囲で旋削を行なった。なお、切込み3.0mmの場合、送りは0.05～0.25mm/revである。

図中の実線は、連続切りくずと不連続切りくずの境界であり、灰色で塗りつぶされている範囲は、切りくずが折断された送りと切込みの組み合わせである。

図3(a)に示す外部供給切削では、送りが0.15mm/rev以下の場合、切りくずはほとんど折断されない。これに対し、同(b)、(c)に示す高圧クーラント供給切削では、同(a)に示す外部供給切削に比べ、切りくず折断可能な送りと切込みの組合せ範囲が広がっている。とくに、同(c)に示すクーラント吐出圧力が20MPaの場合、すべての送りと切込みの組合せの範囲で、切りくずが折断されている。

これらのことより、高圧クーラント供給切削は、切りくず折断に有効であることがわかる。また、クーラントの吐出圧力が高くなるほど、切りくずは短く折断される。

次に、図3で得られた切りくずの切りくず厚さをポイントマイクロメータで測定した。図4

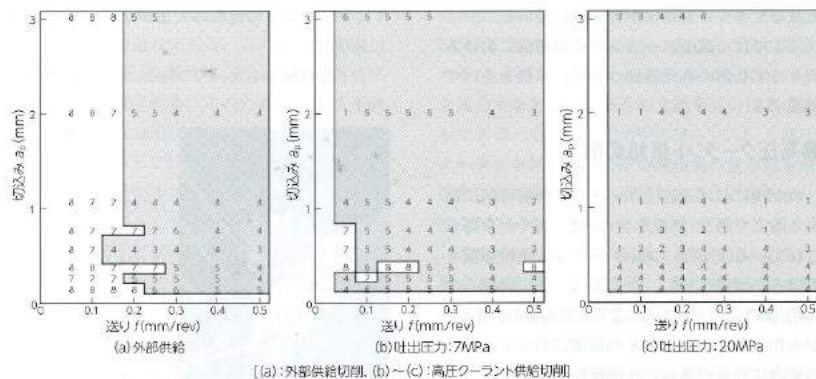


図3 アルミニウム合金A7075を切削速度5.0m/sで旋削した場合の切りくず形状

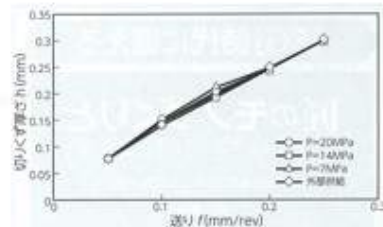


図4 アルミニウム合金A7075を切削速度5.0m/s、切込み3.0mmで旋削した場合、送り切りくず厚さに及ぼす影響[外部供給切削と高圧クーラント供給切削(吐出圧力P: 7MPa, 14MPa, 20MPa)]

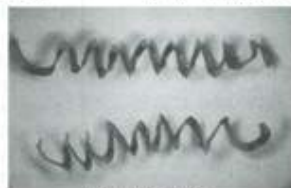
に切削速度5.0m/s、切込み3.0mmにおける送りと切りくず厚さの関係を示す。切りくず厚さは、送りの増加とともに厚くなる。また、いずれの送りにおいても、クーラントの供給方法による切りくず厚さの差はほとんど見られない。したがって、切りくず厚さは、外部供給法と高圧クーラント供給法によって変化しないことがわかる。

#### (2) 超耐熱合金の高圧クーラント供給切削

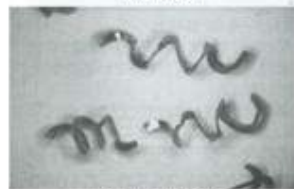
超耐熱合金インコネル718は難削材として知られている。超耐熱合金が難削材とされる主因として、高温下であっても強度が低下しない、加工硬化がいちじるしい、工具材種との親和性が高い、熱伝導率が低いことがあげられる。



(a) 乾式切削



(b) 吐出圧力: 7MPa



(c) 吐出圧力: 14MPa

(切削条件: 切削速度 5.00m/s、送り 0.1mm/rev、切込み 0.2mm)



(d) 吐出圧力: 20MPa

写真4 インコネル718 旋削時の切りくず



図5 クーラントの供給方法

このようなインコネル718の切削においては、工具損傷が問題視されることが多い。しかし、cBN焼結体工具による高速度切削では、低送り、小切込みの切削条件が選定されるため、連続切りくずが排出される。このため、切りくず処理性も重要視される。

図5に、インコネル718の旋削で使用した切削工具を示す。ここに示すように、バイトホルダ「PTJNL2525M16JETL」にインサート「ISO TNGA160408」を取付けて使用した。工具材種は、cBN焼結体を使用した。なお、cBN焼結体の工具切れ刃にはチャンファホーニングが施されている。また、アルミニウム合金で使用したインサートにはチップブレーカが付与されてい

るが、インコネル718切削で使用したインサートにはチップブレーカは付与されていない。

クーラント吐出圧力を変化させてインコネル718を旋削した場合に得られた切りくずを写真4に示す。同(a)に示す乾式切削の場合、連続した切りくずが生成される。これは、次の理由で説明できる。まず、送り、切込みが小さいため、厚さが薄く、幅が狭い切りくずが生成される。さらに、

チップブレーカが付与されていないため、切りくずは曲げられることなく連続した切りくずが生成される。それに加えて、被削材の伸びが大きいことも切りくずを折れにくくしている。

これに対し、同(b)、(c)、および(d)に示す高圧クーラント供給切削の場合、クーラント吐出圧力が7MPa以上で切りくずが折断されている。また、クーラント吐出圧力が高くなるほど、切りくずは短く折断されている。

以上のことから、超耐熱合金インコネル718の切削においても、高圧クーラント供給切削は、切りくず処理性、とくに切りくず折断性能向上に効果があることがわかる。

\* \* \*

ここでは、被削材としてアルミニウム合金、および超耐熱合金を取上げ、切りくずが折断されにくい低送り、小切込みの切削条件下において、高圧クーラント供給切削の切りくず折断効果について述べてきた。その結果、高圧クーラント供給切削では、切りくずが折断される送りと切込みの範囲は、通常の旋削に比べかなり広がった。とくに、クーラント吐出圧力が20MPaのとき、広範囲の送りと切込みの組み合わせで切りくずは折断された。

さらにここでは、高圧クーラント供給切削における切りくず折断効果について実例をあげて解説したが、高圧クーラント供給切削は工具摩耗抑制にも有効であることが確かめられている。

高圧クーラント供給切削における工具摩耗抑制効果については、ほかの機会に解説させていただく予定である。

#### <脚注>

- 1) 切削油剤の作用には、冷却作用、潤滑作用、そのほかの作用(脱膜作用、流動作用など)がある。とくに「冷却作用」が重視される場合、冷却効果の高い「水溶性切削油剤」が使用される。ここでは、この水溶性切削油剤のことをクーラントと呼んでいる。
- 2) 2021年8月19日現在
- 3) 株式会社トクビ製作所: 〒581-0854 大阪府八尾市大竹3丁目167
- 4) 精密工学会誌, 1997年63巻4号, pp.540-544. DOI: <https://doi.org/10.2493/jjspe.63.540>
- 5) 中山一雄, 切りくず形状の分類について, 精密機械42巻2号(1975/9/19), pp.74-80. (URL: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjspe1933/42/483/42\\_493\\_74.pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjspe1933/42/483/42_493_74.pdf))