

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

2016
4

機械要素「ねじ」部品入門

- ★「ねじ切り」加工と工具の基本
- ★旋削加工におけるねじ加工用工具の選びかた
- ★ねじ加工の基本 — Q & A —
- ★切りくずを出さずに成形するロールタップ
- ★ねじ部品と規格 ドライバと小ねじ
- ★小形機器組立用小ねじ(M2以下のマイクロねじ)
- トピック・タンガロイ 世界規模 新製品発表
- 高圧クーラントを利用した切削効果
- われら町工場/本間製作所 治具研削盤_クラス最大の砥石自動切込み量/塗装仕上げ技術 金属鏡面仕上げ塗装のビル外装パネル
- ◆[新連載] エンジニアの図面作成 読みやすく、誤解されない図面の追求
- ◆生活を支える金属
- 技能検定練習問題/街角点描/ほろよい手習塾/計測つれづれ草/催し物/街角点描 51



超高压クーラントを利用した切削加工とその効果

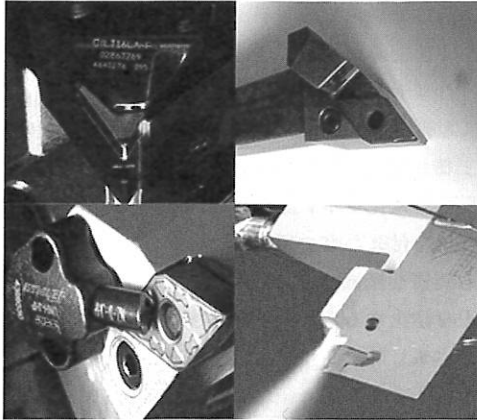


写真1 高压クーラント対応工具

プレス成形用低炭素鋼，耐熱合金

トクピ製作所 森合 勇介

◆旋削におけるクーラントの利用

(1) これまでの切りくず処理

一般的にクーラント(切削油)を必要とする加工は、冷却性や潤滑性を高くして、被削材の表面粗さ向上、工具摩耗の抑制を目的としている。旋削加工でクーラントの吐出は、加工で発生した切りくずを洗い流すためには効果的だが、肝心の切削点の近くには到達しにくいものとなっている(図1)。

(2) 高压クーラントを利用した切りくず処理

切削におけるクーラントの役割は、高压クーラント用工具を使用することで、チップインサートと生成された切りくずの間に向けて吐出し、で切りくずをリフトアップさせカール半径が小さくし、分断することが期待されている(図2)。

近ごろの加工技術は、生産性に、低コスト、高付加価値化の要求が高くなっている。それぞれの企業がより踏み込んだ部分まで、おのおのの状況に合った最適化を進めていく必要があり、加工点、設備だけに捉われず1つの製品を生み出す際に、さまざまな視点から改善の意識を持つことも重要であると考える。

ここでは加工データを含めて、高压クーラントを利用した加工技術について紹介する。

◆切りくずをリフトアップする効果

実際に高压クーラントを利用して、切りくずをリフトアップする効果により、カール半径が小さくなり分断することを観察するため、被削材としてφ50のチタン合金(Ti-6Al-4V)、 $V_c = 50\text{m/min}$ 、 $f = 0.15\text{mm/rev}$ 、 $a_p = 1.0\text{mm}$ の条件で外径加工を行ない、1MPaと14MPa時の切りくず形状を比べた。その差はあきらかであった(図3)。

また、工具寿命に影響する逃げ面摩耗値について

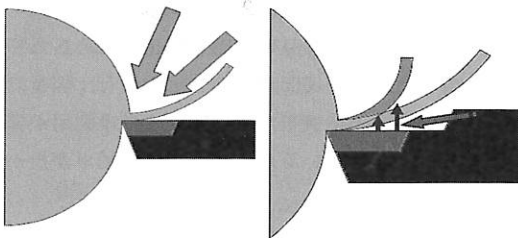


図1 切削液を外部より供給 図2 刃先近くのノズル付き工具

切削条件	$V_c=50\text{m/min}$, $f=0.15\text{mm/rev}$, $a_p=1.0\text{mm}$	
被削材	被削材チタン合金	
圧力	1MPa	14MPa
切りくず形状		

図3 チタン合金切りくず形状の比較

も、1MPa時 120 μm 、14MPa時 65 μm と変化があったことも付け加えておく。

◆高圧クーラントの利用法

高圧化したクーラントを効果的に利用するには、チップインサートと生成された切りくずの間にくさび状に吐出させ、切りくずをリフトアップする効果を得るために、高圧クーラント用工具を使用する必要がある。

近ごろは高圧クーラントに対応した工具が、外国の工具メーカーだけではなく国内の工具メーカーからも販売されるようになってきている(写真1)。

専用の工具には、刃先近くにノズルが装着されて、銅管や自在ノズルのように作業者のエラーや切りくず衝突によりノズル角度が変わるなどのトラブルが起りにくい構造になっている。切削ポイントに正確かつ近い位置の吐出ノズルを小径穴に絞ることで効果が表われる。

◆高圧クーラントを利用した加工事例

(1) 低炭素鋼

自動車産業の盛んな日本では、熱処理前やプレス材など炭素含有量の少ない素材が多く使われ、工程削減のいわゆる「ニアネットシェイプ」といわれるプレス成形技術の進歩により、自動車部品の軽量高剛性化、量産目的による加工コストを削減するため完成形に近い部品生産を可能とした。

低炭素鋼の加工は、航空機部品などに使用される超耐熱合金である難削材とは異なり、加工熱が刃先に滞留しにくく工具摩耗の進行は大きくない。

しかし、切りくず延性の高いプレス材の仕上げ加工では、プレスによる加工コスト削減とは裏腹に、被削材の延性の高さによりチップブレーカでは切りくずを処理しきれない。

サイズを制御できずに伸びた切りくずは、被削材、工具、銅管クーラントノズルなどに巻き付いたり、加工面を傷つけてしまうなど、仕上げ面精度の不安定要素となることが少なくない。

加工部位によってはステップ送りなどで、物理的に切りくずが伸びないような加工を行なうこともあるが、サイクルタイムの短縮とは相反するために、ほとんど行なわれない。

加工機を並べロボットやガントリローダを導入し、自動無人化ラインを構築したにも関わらず、切りくずの巻き付きなどの理由により、ワーク着脱ミスによる頻繁な機械停止を解除するための人員や、機械停止を防止するための切りくず除去人員が必要になり、本来目的とした無人化がむずかしいとされている。

当社では被削材 SPHC (熱間圧延軟鋼板)、 $V_c = 200\text{m/min}$ 、 $f = 0.2\text{mm/rev}$ 、 $a_p = 0.2\text{mm}$ の条件で内径加工を行ない7MPaと15MPa時の切りくずを比較した(図4)。

切りくず破断が不可能と思われていたプレス材でも、高圧クーラント対応工具を使用し、加工条件やチップブレーカを工夫することで、巻き付きを起こさないであろう長さに分断できた。

(2) 超耐熱合金

超耐熱合金の主な使用ユーザーとしては、航空宇宙産業が挙げられる。最近ではエネルギー資源節約、CO₂削減、地球温暖化防止の観点からジェットエンジンやガスタービン部品の高い効率化が求められている。昨年には国産民間旅客機の試験飛行、国産ロケットの性能向上で航空宇宙産業での商業利用が採算ベースに近づいているが、高効率化に拍車が掛かると考える。

航空宇宙産業以外にもエネルギー、医療、自動車産業これらの産業が高機能部品の需要に伴い難削材

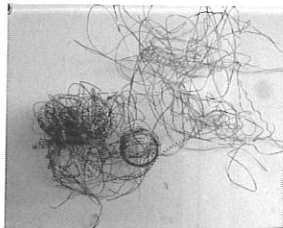

切削条件	$V_c=200\text{m/min}$, $f=0.2\text{mm/rev}$, $a_p=0.2\text{mm}$	
被削材	SPHC	
圧力	7MPa	14MPa
切りくず形状		

図4 低炭素鋼の切りくず形状の比較

加工が増加している。国内の自動車産業ではハイブリッドが先行しているが海外の交通環境ではダウンサイジング・ターボの需要が高く国内自動車メーカーもそれに対応せざるを得ない状況である。

超耐熱合金の加工工程では、熱伝導率の低さから切りくずが切削熱を吸収せず刃先に滞留してしまい、工具摩耗が進行しやすくなる。また延性も高いために、切りくず処理性も悪く、溶着・構成刃先を生じやすく刃先の欠損につながることもある。

当社では超耐熱合金の高圧クーラントを活用した加工を試みた。被削材インコネル 713, $V_c = 30\text{m/min}$ (1MPa), $V_c = 60\text{m/min}$ (20MPa), $f = 0.15\text{mm/rev}$, $a_p = 0.1\text{mm}$ の条件で外径加工を行ない刃先摩耗を比較した(図 5)。

切削速度を 30 ~ 60m/min へ上昇しても、逃げ面摩耗値は 400 μm と変化しなかったことから、刃先の切削温度を低減できていることが考えられる。

◆工具摩耗

超耐熱合金の加工が困難とされている最大の理由は、刃先温度の上昇で、前の実験で高圧クーラントを使用することで刃先温度が低下する可能性が高いことがわかった。

被削材インコネル 718 を通常クーラント圧力で加工した場合と高圧クーラントを用いて加工した場合の刃先温度の変化を図 5 に示す。

通常クーラント圧力(Conv.)に対して圧力を上昇させるに伴い、刃先温度が反比例して低下していることがわかかる。切削速度 35m/min で通常クーラント圧力に対して、30MPa 時の刃先温度は 800°C 弱

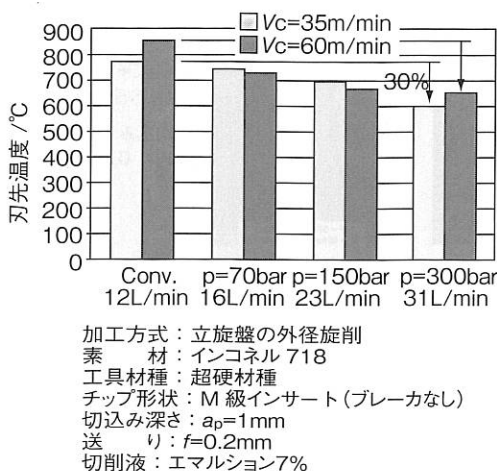


図5 インコネル 718 旋削における通常圧力と高圧クーラント使用時の刃先温度

から 30% 減少している。すなわち切削点のより近接したところまでクーラントが行き届いたことで刃先温度が低下した。

図 6 では工具刃先逃げ面へ吐出する工具を使用して、逃げ面摩耗に影響のあるといわれている「図 7 の Film boiling area (膜沸騰領域)」が圧力によってどのように変化したかを、表わしている。

高圧領域ではないが、0.1 ~ 0.3MPa にわずかに圧力を上げることで膜沸騰領域が減少していることがわかる。

刃先温度の上昇に伴い膜沸騰領域へのクーラント到達は困難になり、到達前に蒸発してしまうから、圧力・流速が必要である可能性が高い、そこへ高圧クーラントを使用すれば切削速度の増加など、より効果が予想される。

図 8 には、逃げ面、すくい面摩耗とクーラント圧力の関係を示す。図 7 と同様にすくい面摩耗も同様の現象が起こっていると考え、0.6MPa 時 401.23 μm 、10MPa 時 307.74 μm 、30MPa 時 168.79 μm とクーラント圧力を上昇させるに伴い、すくい面摩耗の領域が減少していることが分かる。

逃げ面部と違い、すくい面は切りくずが生成されるから、切りくずと刃先の間に到達するには切りくずをリフトアップさせるだけの高圧クーラントの打力が必要になり、刃先との摩耗面積を低減させることで、より真の刃先にクーラントが到達できると考える。

◆高圧クーラント装置

当社では 7 ~ 30MPa までの超高压域のクーラン

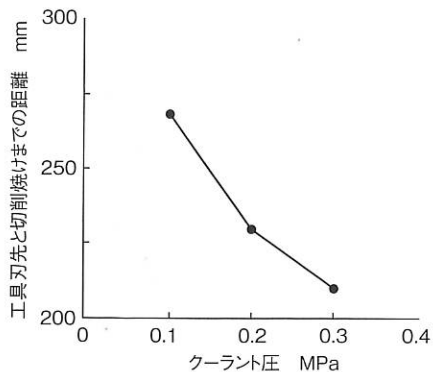


図6 クーラント圧力と切削焼け

ト装置を標準機として取り扱っている。ポンプメーカーとしての圧力バリエーションで、圧力の指定があれば、どの圧力でも対応を可能である。装置の基本仕様は工作機械から圧送されたクーラントを15%の精度で遠心分離しクリーンタンクへ貯水されクリーンなクーラントだけが加工点へ吐出される。

遠心分離で発生したコンタミは、クリーンタンクのオーバフローとともに工作機械ゲーティタンクへ戻すために、ノンフィルタで産業廃棄物を出さないメンテナンスフリーになっている。

高圧ポンプの運転信号、注意喚起、アラームなどの信号線インタフェイスを装備しており、コネクタ接続すれば工作機械と連動できる。写真2に高圧クーラント製品を示す。

インバータ搭載仕様においては、高圧ポンプ吐出量に必要な動力を消費し、余分なエネルギー、発熱を抑制して消費電力を削減できる。

追記となるが当社工場既存旋盤で超高压対応改造を実現しており、高圧クーラントによる加工実験、模擬テスト加工が可能である。

* * *

高圧クーラントを用いた加工技術には未知な部分もあるが加工改善の有力なアイテムの一つになる可能性を秘めている。

<参考文献>

- 1) Oğuz Çolak : Investigation on Machining Performance of Inconel 718 under High Pressure Cooling Conditions 2012 Journal of Mechanical Engineering.
- 2) 帯川利之ほか：東京大学生産技術研究所 Vol. 67 (2015) No. 6 p. 607-612 高圧クーラントを用いた高速切削の動向と最新のトピックス
- 3) F Klocke, H Sangermann, A Kramer, and D Lung, Influence of high-pressure lubricoolant supply on thermo-mechanical load tool wear behavior in the turning of aerospace materials, Proc. ImechE, 225, B1 (2011) 52-61.

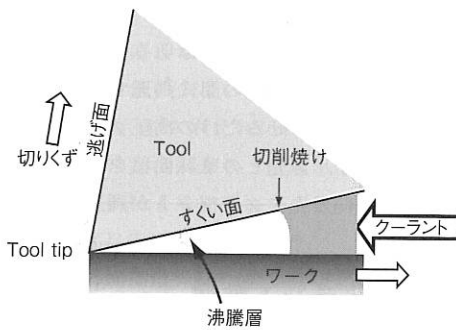


図7 沸騰層

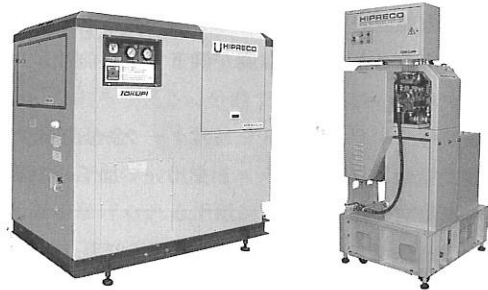


写真2 超高压クーラント装置
(左：標準インバータ仕様, 右：スマート仕様)

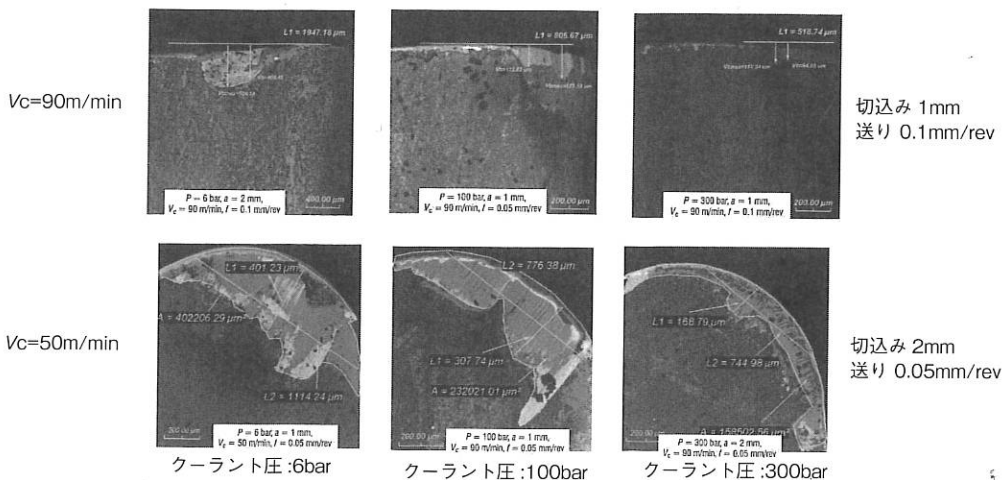


図8 逃げ面・すくい面摩耗とクーラント圧力