

生産加工技術を支える

# 機械と工具

2019  
10

特集

自動車部品加工への新提案  
特別企画:メカトロテック2019  
出展製品ガイド



IoT を活用したマザックの総合サービス

## Mazak iCONNECT™



# Mazak

Your Partner for Innovation

ヤマザキマザック株式会社



[www.mazak.com](http://www.mazak.com)

## 小径深穴加工のための高圧クーラント活用技術

徳永 秀夫\*

### 1. はじめに

前年度12月号に、現場のトラブルである旋削加工のトラブル要因である切屑処理を、超高压クーラント圧（14MPa）によって分断する事例および、刃先の冷却作用から加工スピードを上げた生産効率を紹介した。今回は小径深穴（ $\phi 1.5$ および $\phi 5$ ）加工時のノンステップ送りを可能にした高圧クーラントの事例を紹介する。

### 2. 深穴加工用ドリルの特長

ドリルを使用した加工は、チゼルエッジと2枚の切れ刃の切削作用によって穴をあけて行く。穴が深くなると、ドリルマージン部と穴壁面との摩擦による発熱が増すことや、切りくずを外部に排出できなくなり溝内に詰まりを生じる。またドリル切れ刃は、各部分で切削速度が異なり、中心

部では、切削速度はゼロとなることから、チゼル部では、切削より押し込みが行われることになる。チゼル部にも切削作用を付与させるのが、シンニングの役割で、穴加工には大変重要なポイントがある。再研削されたドリルには、ばらつきがある。ここチゼル部の再現性の良し悪しで、寿命に大きく影響している（図1）。

これまで深穴加工時の切りくず排出対策として、ステップ加工が一般に採用されてきた。大きく分けると、①あらかじめ設定されたステップのパターンを繰り返す方法と、②切削抵抗を検出してステップさせる方法に大別される。

②は抵抗を事前に検出する必要があるのだが、特別な機能を有する設備が必要となる。この機能は、主軸に取り付けられたセンサによって自動的にステップバックするのだが、設備が限定されてくる。またステップ切削によるドリル寿命低下や、加工時間がかかることなど問題を抱えたままとなる。

\*TOKUNAGA, Hideo/榎トクビ製作所

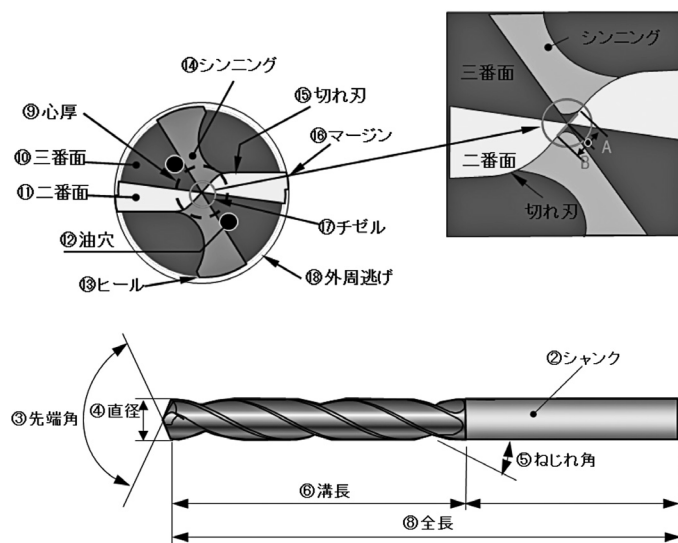


図1 深穴加工用ドリルの特徴

そこで③として、高圧クーラント（20MPa）で刃先の冷却と切りくずの排出を促進させ、ノンステップで加工させるのである。これには、機械と工具と高圧クーラント装置の3つ技術で成し得るものである。

加工環境を以下に示す。

### (1) 加工条件

加工条件は、切りくずを分断するために、送り量（mm/回転）を高めること、ドリルの回転数（切削速度）を高めることである。

### (2) ドリル

ドリルはオイルホール付きであること。工具材料自体の剛性が求められるため、超微粒子超硬合金が必要である。更には、食い付きを良くしたXシンニング形状や切りくずの流れを良くした溝形状などその特性要素は多い。また、新品と再研磨を併用して加工する際は、再研磨時のチゼル部の精度が大変重要な要素になってくる。

### (3) クーラント

クーラント圧力は、一般的には8MPaを高圧と言われているが、より排出性や刃先の耐溶着性を考慮し、20MPaを使用した小径深穴加工とした。

## 3. 超高压クーラント（20MPa）を使った深穴加工

### 【事例1】等速ジョイント深穴加工φ5×200

① 加工概要：中央にφ5の貫通穴を加工する（図2）。

自動車の足回りに付く代表的な部品である。2015年にユーザーからの要望で、等速ジョイントの中央にφ5貫通穴加工を行うものである（図3）。被削材質は一般的な炭素鋼S50Cである。

支給されたワークには、既に端面側にねじ加工が行われており、加工前の芯出しも時間を要する。立ち上げ当初、NC機（SL-25）に当社

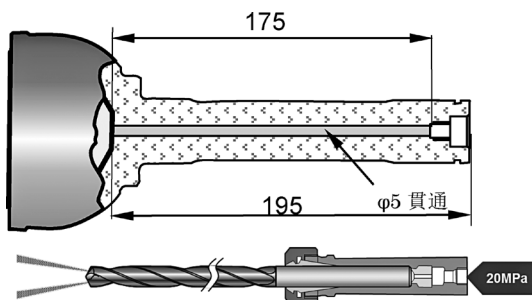


図2 等速ジョイント深穴加工模式図

HIPRECO 185-20MPaを装着し、ロングドリル（OSG特注品）ワーク回転にてノンステップ加工（トライ1）を行った。2017年に新機種（MORI NLX2500）を購入し、現在（トライ2）に至る。

加工工順は図4の通りである。

この特徴は、加工点に20MPaのクーラント圧を出し、切りくずを外へ排出させるのである（表1）。トライ1の加工時間は、脱着込み約1分30秒で、当時でもノンステップによる加工時間

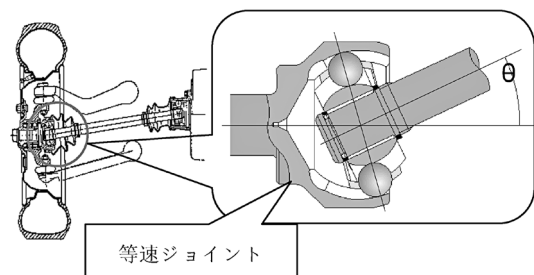


図3 等速ジョイント

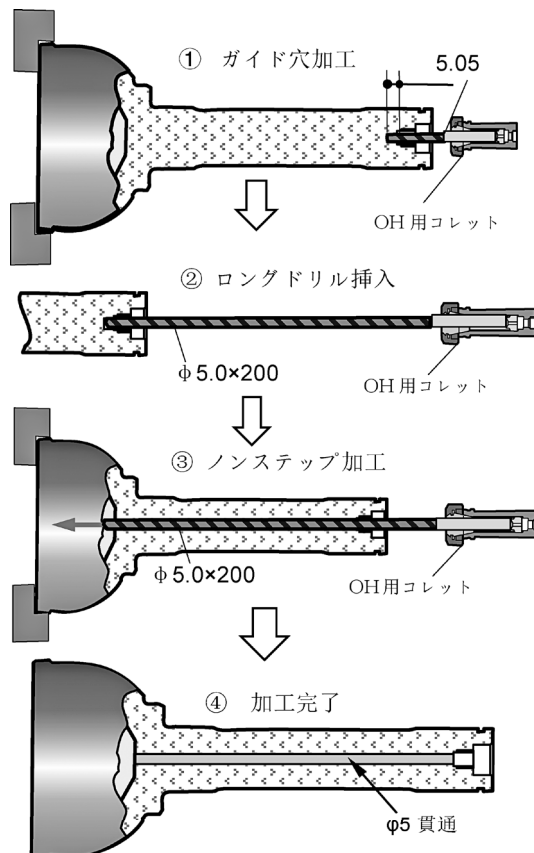


図4 等速ジョイント（S50C）深穴加工工程

表1 加工条件と加工時間

加工環境	トライ	加工設備	SL-25 #HIPRECO185-20 (20MPa)			
		工具1	WDO-40D (特注品)	OSG		
ガイド穴	加工設備	ADO-5D 5-5 (ハ°ロットドリル)				
		工具2	NLX-2500 #HIPRECO110-20 (20MPa)	MVS-40/D MVS0500X40S050 DP 三菱マテリアル		
ガイド穴	加工設備	ADO-5D 5-5 (ハ°ロットドリル)				
		工具2	OSG			
条件項目		トライ1 (ワーク回転)		トライ2 (工具回転)		
		工具1	ガイド穴	工具2	ガイド穴	
Vc	切削速度	m/min	31.4	31.4	75.4	75.4
n	主軸回転数	rpm	2000	2000	4800	4800
Vf	主軸送り速度	mm/min	160	160	864	384
f r	回転あたり送り	mm/rev	0.08	0.08	0.18	0.08
ld	穴加工長さ	mm	175	10	175	10
Tc	加工時間	min	1.1	0.06	0.2	0.03
		sec	66	4	12	2
正味加工時間		sec	69		14	
Dc	加工径	φ	5	5	5	5
i	穴数		1	1	1	1
クーラント圧力			20MPa	20MPa	20MPa	20MPa
工具交換値		本	80		130	

は7倍の効果であったが、主軸回転数に制約があり、超硬ドリルには切削速度が遅く、工具寿命まで延長させることは難しかった。その後、2017年に新設備導入によって工具側を高回転させることができ、適正な加工条件となった。このことから、ドリルの性能を引き出すこととなった。

② 再研削ドリルの刃先精度の重要性

深穴加工は当然ドリルの役割が主体で、それを補助する形で高圧クーラントが存在する。ドリルの能力を引き出すトライアル（表1）だが、加工条件をいきなり2倍にできた訳ではない。刃先の損傷状態を確認しながら、切削速度を31m/min<sup>-1</sup>→49m/min<sup>-1</sup>に上げることは、新品のドリルでは可能であった。しかし問題は、再研削されたドリルを使用した場合、新品と同じ寿命とならず、38m/min<sup>-1</sup>に下げなければならなかった。

一番重要な問題は、ドリルが新品と同じに再研削されないことである。刃先のホーニング処理やチゼル部の研削精度を見極めながら現在に至っている。

加工条件一覧に工具交換値の結果を表したが、現在にたどり着くまで、1年以上かかった。図5に、再研削したドリルと新品ドリルの刃先摩耗の比較を示す。再研削は工具メーカーでは行われず、再研削専門の会社へ依頼となるため、ばらつきが発生する。しかし、これはユーザーからの声として再研削メーカーに情報を知らせるべきである。この問題が善処できなければ他の企業に依頼

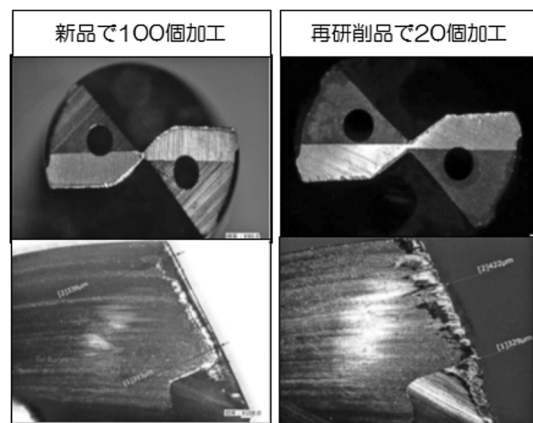


図5 ドリルの刃先と寿命結果

すべきことである。ドリルの見極めは、再研削したもので比較する必要があるということになる。

【事例2】真空ボルトエア抜き穴φ1.5加工

① 加工概要：ハステロイ (C-22) φ10×72 (トンボ加工)

ニッケル (Ni) をベースとした超難削材 C-22φ10×72その中央にφ1.5のエア抜き穴をあける(図6)のだが、工具メーカーの標準工具ではφ1.5×55(溝長)がMAXであることから、両端からのトンボ加工とした。加工条件を表2に示す。

当社の加工動画は、YouTubeで見ることができる。ドリル先端に2か所φ0.15のオイルホールから20MPaのクーラントが吐出する。トンボ加工した加工時間約2分である。手作業で時間の掛かった作業を、10倍の生産性を上げることがで

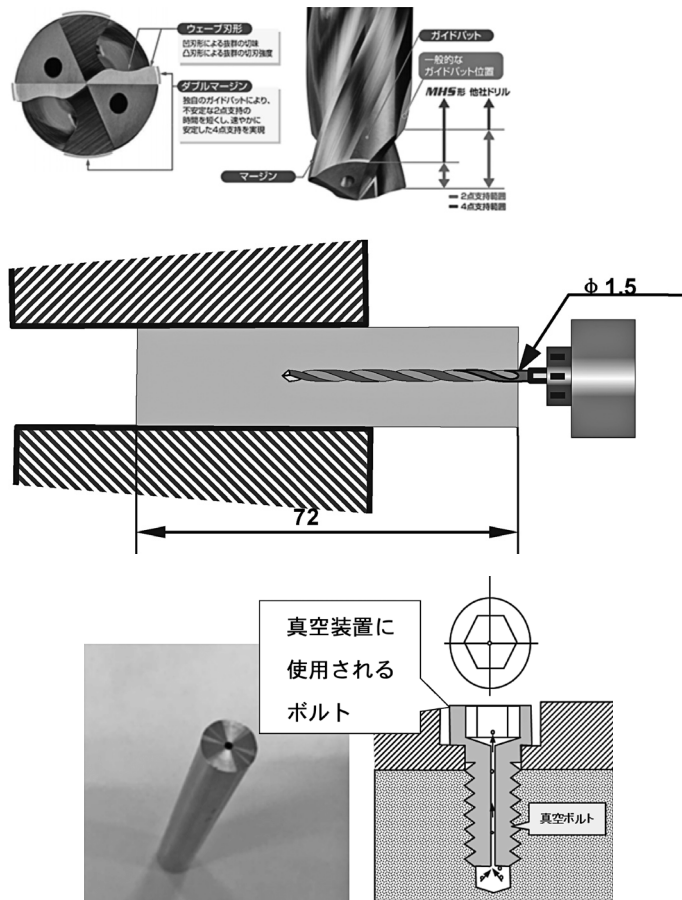


図6 真空ボルトエア抜き穴加工

表2 NC旋盤によるφ1.5ノンステップ加工

加工環境	トライ3	加工設備	NLX-2500+HIPREC0110-20 (20MPa)	
		工具3	MHS0150L055B	三菱マテリアル
		ガイド穴	MHS0150L008B	三菱マテリアル
条件項目		トライ3		
		工具3	ガイド穴	
Vc	切削速度	m/min	28.3	28.3
n	主軸回転数	rpm	6000	6000
Vf	主軸送り速度	mm/min	120	120
fr	回転あたり送り	mm/rev	0.02	0.02
ld	穴加工長さ	mm	40	10
Tc	加工時間	min	0.3	0.08
		sec	20	5.0
	正味加工時間	sec	25.0	
Dc	加工径	φ	1.5	1.5
i	穴数		1	1
	クレーツ圧力		20MPa	20MPa
	工具交換値	本		

きた事例である。

### 【事例3】マシニングセンタでの高圧穴加工 (20MPa) の実現

当社MILLAC 561 V II (立形マシニングセンタ) において、φ5×180Lの貫通穴も、ノンステ

ップ加工を実現した。これまで7MPaが一般的と言われる中、20MPaを取り付け、センタスルーにて小径穴加工のノンステップ加工である。ドリルは、NLX2500で使用したものを使用し、結果は表3の通りである。

表3 マシニングセンタによるφ5ノンステップ加工

加工環境	トライ4	加工設備	OKUMA MILLAC561V II	
		工具4	MVS-40/D (MVS0500X40S050 DP1020)	
		ガイド穴	ADO-5D 5-5 (Aノットドリル)	
条件項目		トライ4 (工具回転)		
			工具4	ガイド穴
Vc	切削速度	m/min	80.1	80.1
n	主軸回転数	rpm	5100	5100
Vf	主軸送り速度	mm/min	1224	1224
f r	回転あたり送り	mm/rev	0.24	0.24
ld	穴加工長さ	mm	180	10
Tc	加工時間	min	0.1	0.01
		sec	8.8	0.5
	正味加工時間	sec	9.3	
Dc	加工径	φ	5	5
i	穴数		1	1
	クーラント圧力		20MPa	20MPa
	工具交換値	本		

このことから、当社の超高圧クーラントを使用した加工技術が、マシニングセンタにおける深穴加工の生産性向上に大きく貢献できるものと確信した。

#### 4. おわりに

深穴加工においては、切りくずを排出するための空間が狭いことから、切りくずの円滑な排出が難しく、この排出をうまく行えるか否かで、無人化や自動化のカギとなる。穴の内部に残留する切りくずを、この超高圧クーラントで押出す加工方法によって、今まで以上の効率を得られるものと確信する。

#### 参考文献・引用資料

- 1) 三菱マテリアル(株)：ドリル提供および資料参考
- 2) OSG(株)：ドリル提供および資料参考
- 3) ㈱GSツール：刃先調査協力
- 4) 切削油技術研究会1994参考
- 5) ㈱トクビ製作所：データ森合勇介