

**DIAEDGE**

**A614J**

# **AEROSPACE**

APPLICATIONS



 **MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION**



# INDEX AEROSPACE

## AIR FRAME

■ CFRP ■ CFRP/AI ■ CFRP/Ti



	Tool	Page
穴あけ加工	<b>MCC</b> ドリル	5
穴あけ加工	<b>MCA</b> ドリル	6
トリミング加工	<b>DFC</b> エンドミル	7

■ アルミニウム合金 ■ アルミリチウム合金



平面加工、ポケット加工	<b>AXD</b> シリーズ	8
平面加工、ポケット加工	<b>AXD</b> シリーズ	9
平面加工、ポケット加工	<b>ALIMASTER</b>	10
平面加工、ポケット加工	ヘッド交換式エンドミル <b>iMX</b> シリーズ	11

■ チタン合金



側面加工、ポケット部粗加工	<b>VFX</b> シリーズ	12
平面加工、側面加工	<b>AJX</b> シリーズ	13
側面加工、ポケット加工	<b>ARP</b> シリーズ	14
溝加工	<b>VQT5MVRB</b> チタン合金高能率加工用ラジラスエンドミル	15
側面加工、ポケット加工	<b>Coolstar</b> シリーズ	16

■ 析出硬化系ステンレス鋼



ポケット部粗加工	<b>VPX</b> シリーズ	17
穴あけ加工	<b>MMS</b> ドリル	18

# ENGINE

## ■ Ni基合金

		Tool	Page
	外径・端面・内径加工	<b>LS/MJ/MS/MA/RS</b> MP9005/MP9015/MP9025	20
	外径・端面・内径加工	<b>US905/VP05RT/VP10RT</b>	21
	倣い加工	<b>GY</b> シリーズ	22
	突起部上面加工	<b>APX</b> シリーズ	23
	ヘリカル穴あけ加工・側面倣い加工	<b>ARX/ARP</b> シリーズ	24
	ヘリカル穴あけ加工・側面倣い加工	<b>CERAMIC</b> エンドミル	25
	形状部倣い加工	<b>SMART MIRACLE</b> 制振ボールエンドミル	26
	形状部倣い加工	<b>VQT6UR</b> チタン合金仕上げ加工用ラジラスエンドミル	27
	穴あけ加工	<b>MMS</b> ドリル	28

## ■ TiAl合金

	形状部倣い加工	<b>SMART MIRACLE</b> エンドミルシリーズ	29
--	---------	-----------------------------------	----

## ■ チタン合金

	外径・端面・内径加工	<b>LS/MS/RS</b> MT9005/MT9015	30
---	------------	----------------------------------	----

## ■ マルエージング鋼

	外径・端面・内径加工	<b>FJ/MJ/MS/GJ</b> VP05RT/VP10RT/VP15TF	31
	外径・端面・内径加工	<b>JT</b> ホルダ	32

# LANDING GEAR

## ■ チタン合金

	形状部粗加工	<b>VFX</b> シリーズ	34
	ポケット部粗加工	<b>APX</b> シリーズ	35
	形状部倣い加工	<b>SMART MIRACLE</b> 制振ボールエンドミル	36
	ポケット部仕上げ加工	ヘッド交換式エンドミル <b>iMX</b> シリーズ	37
	ポケット部仕上げ加工	ヘッド交換式エンドミル <b>iMX</b> シリーズ	38
	穴あけ加工	<b>MNS</b> ドリル	39

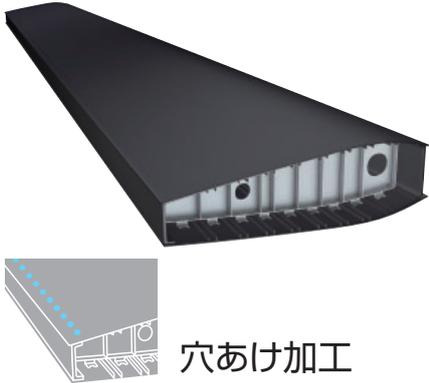
# Air Frame





# AIR FRAME

## 被削材 [CFRP]



穴あけ加工



MCCドリル  
(リーフレット P713J)

新開発ダイヤモンド  
コーティング

最適な切れ刃形状

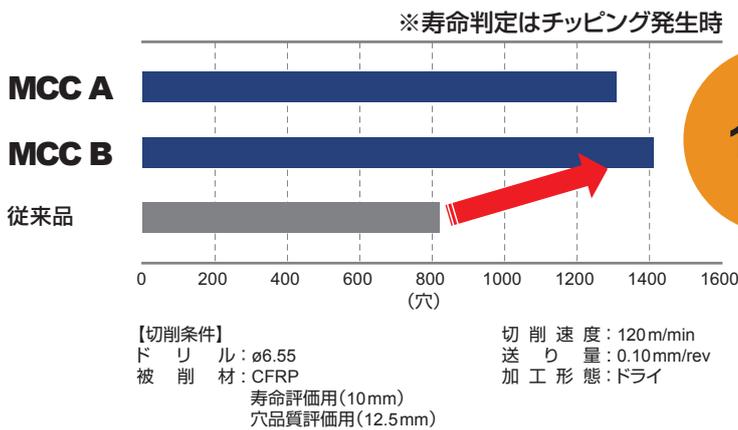
## キーポイント

- 先端角を90°に設定したことで、加工開始時からスラスト方向に対する切削抵抗を低減し、デラミネーションの発生を抑制することで良好な穴品質を実現。

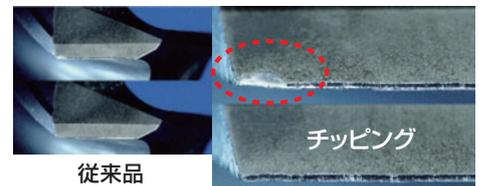
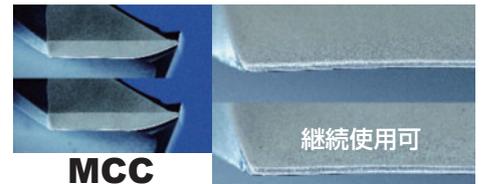
## 適用事例

使用ドリル	φ 6.55
切削速度	vc120 m/min (n5840 min <sup>-1</sup> )
送り	f0.10 mm/rev
使用機械	立形 M/C
切削油剤	ドライ

## 寿命および穴出入り口状態比較



820穴加工後

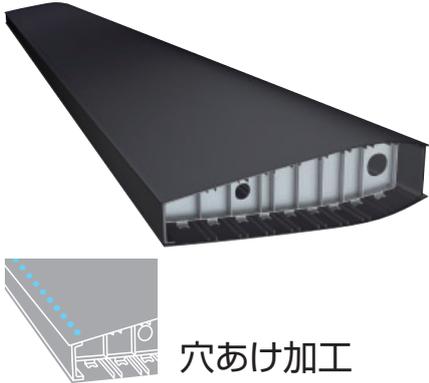


	306 穴		588 穴		MCC (1192 穴)
	MCC	従来品	MCC	従来品	
入口					
出口					



# AIR FRAME

## 被削材 [CFRP, CFRP/Al]



穴あけ加工



MCAドリル  
(リーフレット P713J)

新開発ダイヤモンド  
コーティング

専用の溝設計

## キーポイント

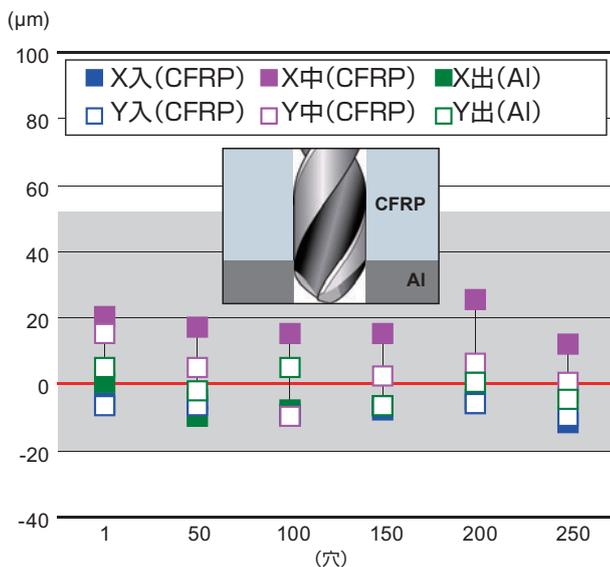
- 切りくずを包み込むような専用溝設計により、アルミニウムの切りくずがCFRPの穴壁面と接触することを防止し、CFRPとアルミニウム加工穴径のギャップを抑制。

## 適用事例

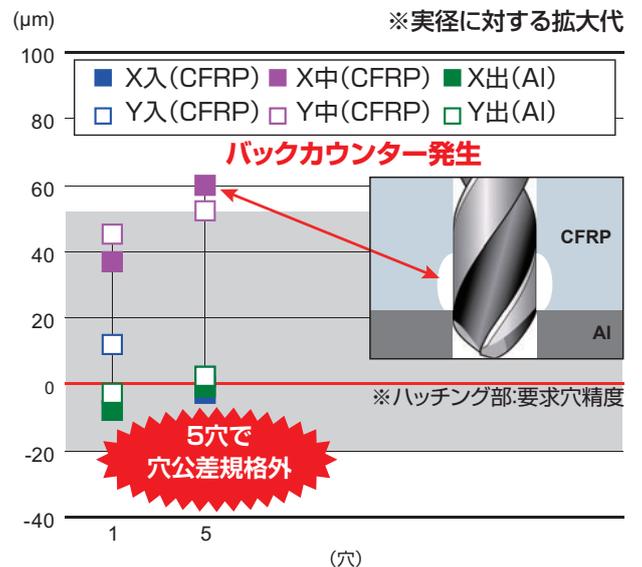
使用ドリル	φ 6.38
被削材	CFRP + アルミニウム合金
切削速度	vc100 m/min (n5000 min <sup>-1</sup> )
送り	f0.15 mm/rev
使用機械	立形 M/C
切削油剤	内部エアー

## 専用溝形状の効果

### MCA



### 従来品



【切削条件】

ドリル: 0.251" (φ6.38)

CFRP部

Al部

被削材: CFRP(11mm)+Al(5mm)

切削速度: 100m/min

切削速度: 100m/min

送り量: 0.15mm/rev

送り量: 0.15mm/rev

加工形態: 内部エアー



# AIR FRAME

## 被削材 [CFRP]



新開発ダイヤモンド  
コーティング

最適な切れ刃形状

**DFC**エンドミル  
(ツールズニュース B189J)

## キーポイント

- 炭素繊維が高強度であるため工具寿命が極端に短く、また、積層体構造であるために切削加工時にデラミネーション(層間剥離)やバリなどが発生しやすい複合材加工では、耐摩耗性の高いコーティングを施した工具を使用することが有効である。  
DFCエンドミルは、CVDダイヤモンドコーティングの採用と最適な切れ刃形状によりバリやデラミネーションの発生を低減。  
長寿命で高品位な加工が可能となった。

## 適用事例

- CVDダイヤモンドコーティングと最適な切れ刃形状によりバリやデラミネーションの発生なし。**

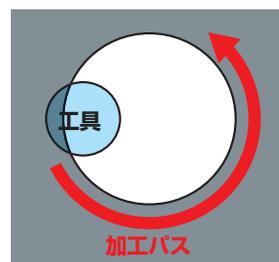
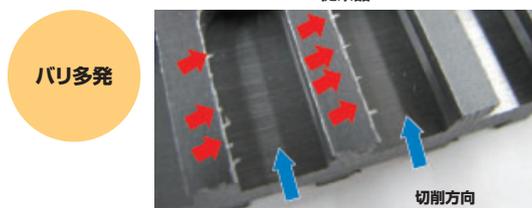
### トリミング加工

使用エンドミル	DFC4JCD1000 (φ10)
被削材	CFRP
回転数	n6000 min <sup>-1</sup> (vc188m/min)
送り	vf750 mm/min (fz0.03mm/tooth)
切込み量	ap5mm
切削油剤	エアブロー

### 穴繰広げ加工

使用エンドミル	DFC4JCD1200 (φ12)
被削材	CFRP
回転数	n2390 min <sup>-1</sup> (vc90m/min)
送り	vf382 mm/min (fz0.04 mm/tooth)
切込み量	ap18mm, ae2.0mm & 0.5mm
切削油剤	エアブロー

DFC4JCD1000



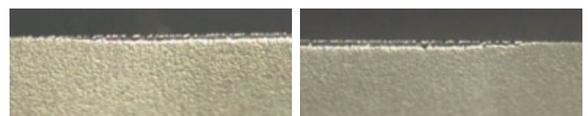
φ25.4 mm → φ30.4 mm

96穴



30.31 mm

96穴加工後の  
逃げ面摩耗状況

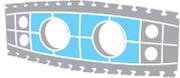
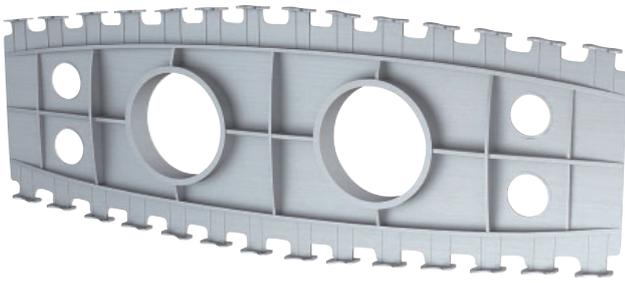


継続使用可能



# AIR FRAME

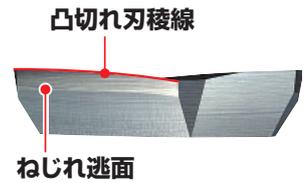
## 被削材 [アルミニウム合金]



平面加工、ポケット加工



**AXD**シリーズ  
(ツールズニュース B116J)



凸切れ刃稜線

ねじれ逃面

低切削抵抗

## キーポイント

- 被削材の90%以上を切りくずとして排出するリブの加工では、コストダウンのため高速・高能率加工が求められる。  
AXDシリーズは、ねじれ逃げ面を採用し逃げ角の最適化を図ることにより、切れ刃強度を下げることなく低抵抗刃形を実現。  
また、凸形状切れ刃により切りくず排出性も良く、高速・高能率加工が可能となった。

## 適用事例

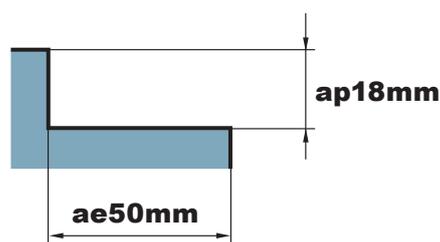
- **AXD7000-HSKシャンク一体型による超高能率加工により切りくず排出量10000cm<sup>3</sup>/分を実現。**

使用工具	AXD7000R05003A-H63A
インサート(材種)	XDGX227030PDFR-GL (TF15)
被削材	A7075
切削速度	vc2830 m/min (n18000 min <sup>-1</sup> )
送り	fz0.21 mm/tooth (vf11340 mm/min)
切込み量	ap18 mm, ae50 mm
切削油剤	エマルジョン



## ポイント

ポケットのコーナ部で工具を円弧状に走らせることで壁面へのベタ当たりを避け、びびり振動を防止する。

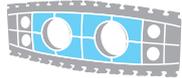
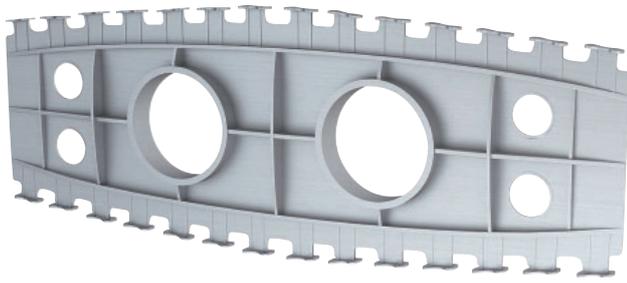


※海外大手航空機メーカーで50台以上使用中



# AIR FRAME

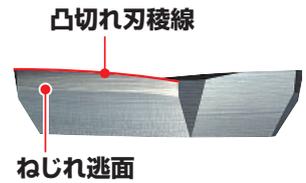
被削材 [アルミニウム合金]



平面加工、ポケット加工



**AXD**シリーズ  
(ツールズニュース B116J)



凸切れ刃稜線

ねじれ逃面

低切削抵抗

## キーポイント

- 被削材の90%以上を切りくずとして排出するリブの加工では、コストダウンのため高速・高能率加工が求められる。  
AXDシリーズは、ねじれ逃げ面を採用し逃げ角の最適化を図ることにより、切れ刃強度を下げることなく低抵抗刃形を実現。  
超高速領域ではMP9120材種の適用が有効である。

## 適用事例

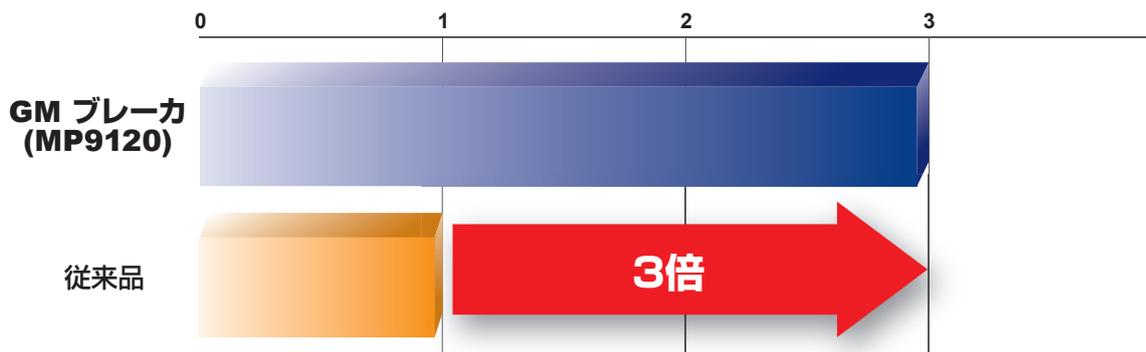
- 刃先強化タイプGMブレーカ(MP9120)の適用により、高強度であるアルミニウム合金の加工でチッピングの発生を抑制し、高能率な安定加工が可能。

使用工具	AXD4000-050A04RA
インサート(材種)	XDGX175024PDER-GM (MP9120)
被削材	Al-Li合金
切削速度	vc4712 m/min (n30000 min <sup>-1</sup> )
送り	fz0.1 mm/tooth (vf12000 mm/min)
切込み量	ap6 mm, ae50 mm
切削油剤	エマルジョン



**GM** ブレーカ

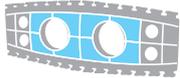
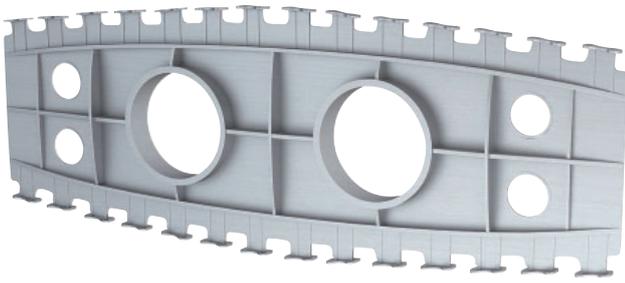
## 工具寿命(加工ワーク数)





# AIR FRAME

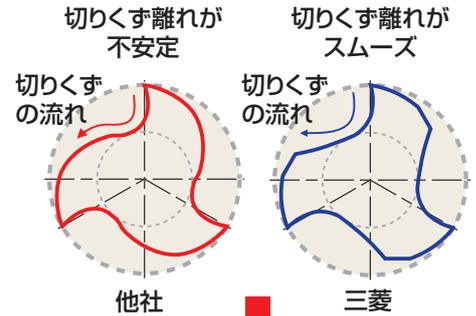
## 被削材 [アルミニウム合金]



平面加工、ポケット加工



**ALIMASTER**  
(ツールズニュース B118J)



## キーポイント

- 被削材の90%以上を切りくずとして排出するリブの加工では、コストダウンのため高速・高能率加工が求められる。  
ALIMASTERシリーズは、独自の工具断面形状により切りくず排出性が良く、高速・高能率加工が可能となった。

## 適用事例

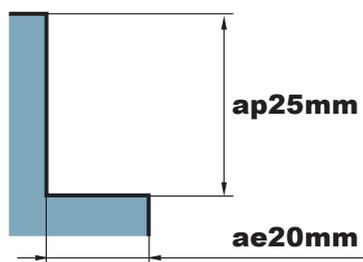
- **高速高出力主轴機で切りくず排出量5000cm<sup>3</sup>/分を実現。**

使用エンドミル	CSRARBD2500R300 (φ 25/R3)
被削材	A7075
切削速度	vc1178 m/min (n15000 min <sup>-1</sup> )
送り	fz0.22 mm/tooth (vf10000 mm/min)
切込み量	ap25 mm, ae20 mm
切削油剤	エマルジョン

## ポイント

ポケットのコーナ部で工具を円弧状に走らせることで壁面へのベタ当たりを避け、びびり振動を防止する。

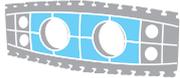
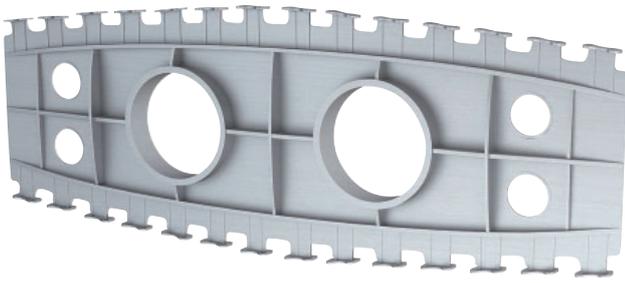
<使用機械主轴仕様>  
15000min<sup>-1</sup>/75kW, BT50





# AIR FRAME

## 被削材 [アルミニウム合金]



平面加工、ポケット加工



ヘッド交換式エンドミル  
**iMX**シリーズ  
(ツールズニュース B200J)



高精度

高剛性

低コスト

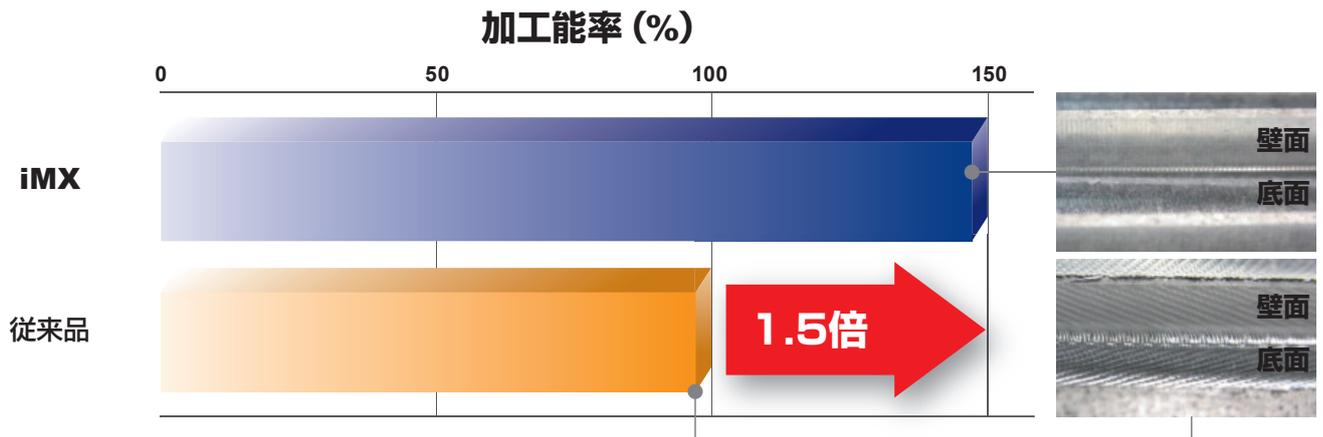
## キーポイント

- 被削材の90%以上を切りくずとして排出するリブの加工では、コストダウンのため高速・高能率加工が求められる。  
ヘッド交換式エンドミルiMXアルミニウム合金加工用ヘッドは、すくい角を大きくした刃形の採用と鏡面処理により溶着の発生を抑え、高能率加工が可能となった。

## 適用事例

- **超硬一体型ホルダにより、溝切削においても、びびりの無い安定加工が可能。**

使用ヘッド(材種)	IMX10S3A10008 (ET2020)
使用ホルダ	IMX10-U10N014L070C
工具突出し量	35 mm
被削材	A7075
切削速度	vc408 m/min (n13000 min <sup>-1</sup> )
送り	fz0.12 mm/tooth (vf4680 mm/min)
切込み量	ap5 mm, ae10 mm
切削油剤	エマルジョン





# AIR FRAME

## 被削材 [チタン合金]



側面加工、ポケット部粗加工



VFXシリーズ  
(ツールズニュース B182J)



インサート縦置き  
(高剛性)

切削力

V字拘束面  
(高信頼性)

曲線切れ刃  
(低抵抗)

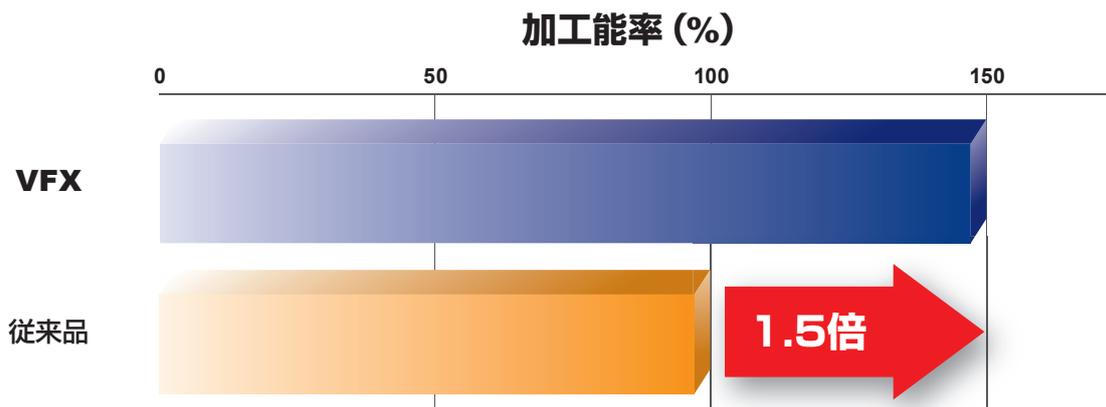
## キーポイント

- チタン合金の粗加工では、切りくずが鋸歯状に生成される過程で切削抵抗が変動するため、低剛性の切削工具を使用すると切れ刃のチップングや欠損などの異常損傷が発生しやすい。そのため剛性が高く切削抵抗を低減させる工具の使用が有効である。VFXシリーズは、インサート縦置き配置とV字拘束面により剛性が高く、曲線切れ刃によって切削抵抗を低減させるので、安定加工が可能となった。

## 適用事例

- **高圧内部クーラントとの組合せで加工能率1.5倍を実現。**

使用工具	VFX6-063A04A060R
インサート(材種)	XNMU190912R-LS (MP9130)
被削材	Ti-6Al-4V
切削速度	vc55 m/min (n280 min <sup>-1</sup> )
送り	fz0.12 mm/tooth (vf135 mm/min)
切込み量	ap25-60 mm, ae10-45 mm
切削油剤	エマルジョン (10 MPa)





# AIR FRAME

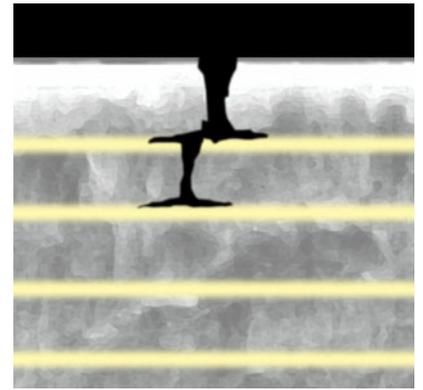
## 被削材 [チタン合金]



平面加工、側面加工



**AJX**シリーズ  
(ツールズニュース B028J)



\*イメージ図

積層構造によりクラック進展を阻止することで耐欠損性が向上

耐欠損性に優れた  
新コーティング材種

## キーポイント

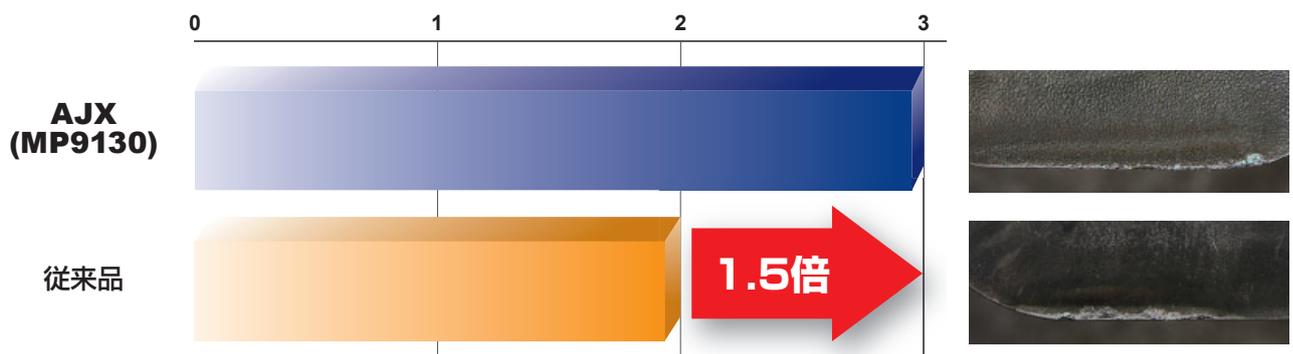
- チタン合金の粗加工では、切りくずが鋸歯状に生成される過程で切削抵抗が変動するため、高送り粗加工でチッピングや欠損の発生が懸念される。積層構造コーティングで高い耐欠損性を有する新材種MP9130と低切削抵抗のJLプレーカの組み合わせにより、安定した高送り粗加工が可能となった。

## 適用事例

- チッピングを抑制し、1.5倍以上の寿命向上を実現。

使用工具	AJX12R322SA32S
インサート(材種)	JDMT120423ZDER-JL (MP9130)
被削材	Ti-6Al-4V
切削速度	vc50 m/min (n500 min <sup>-1</sup> )
送り	fz0.6 mm/tooth (vf600 mm/min)
切込み量	ap1 mm, ae20-32 mm
切削油剤	エマルジョン

## 工具寿命(加工ワーク数)





# AIR FRAME

## 被削材 [チタン合金]



側面加工、ポケット加工



**ARP**

(ツールズニュース B222J)

3種類のブレード

クーラントノズル

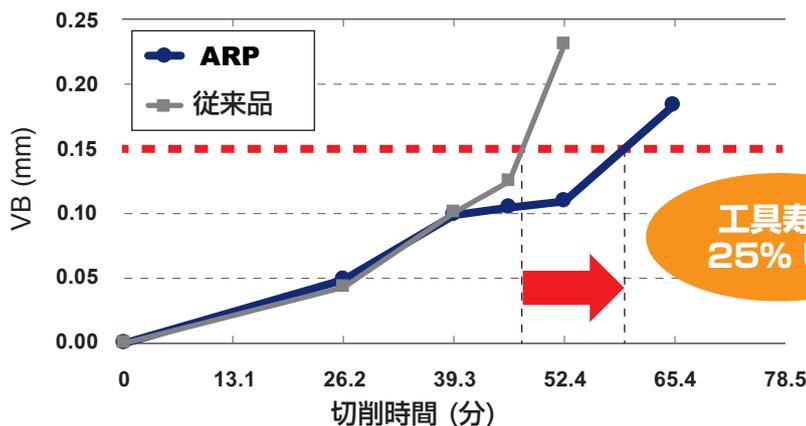
## キーポイント

- チタン合金の粗加工では切りくずが鋸歯状に生成される過程で切削抵抗が変動するためチッピングや欠損の発生が懸念される。  
新材種のMP9130と3種類のブレード組み合わせにより、安定した粗・仕上げ加工が可能になった。

## 適用事例

- チッピングを抑制し25%以上の寿命延長を実現。

使用工具	ARP5PR3204SA32M
インサート(材種)	RPHT1040M0E4-L (MP9130)
被削材	Ti-6Al-4V
切削速度	vc50 m/min
送り	fz0.1 mm/tooth
切込み量	ap2.5 mm ae25 mm
切削油剤	エマルジョン



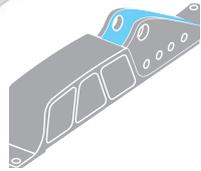
切削時間 53分後





# AIR FRAME

## 被削材 [チタン合金]

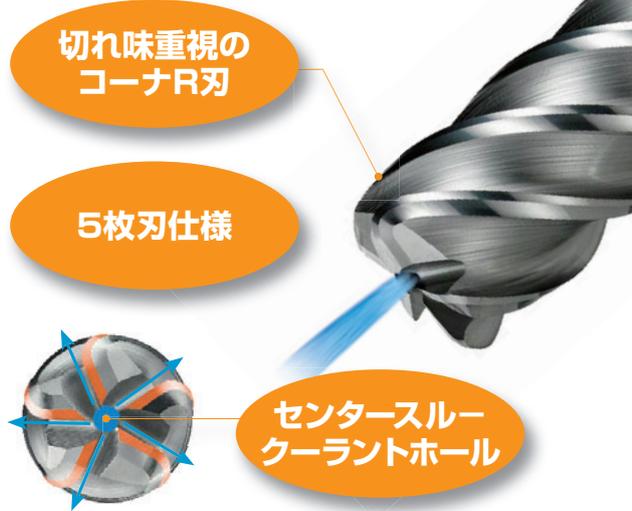


溝加工



**VQT5MVRB**  
チタン合金高能率加工用  
ラジアスエンドミル

(ツールズニュース B230J)



## キーポイント

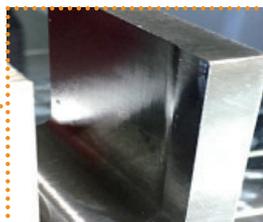
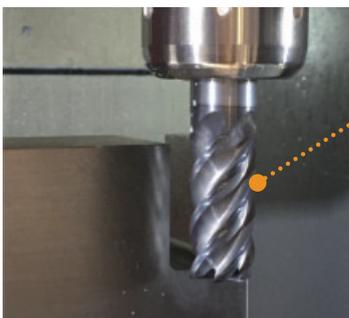
- センタースルー穴による高い切りくず排出性、不等リードによる制振効果、刃数増加(4枚→5枚)による長寿命化の効果により、Ti合金の高能率溝加工を実現。新設計の溝形状で5枚刃ながら4枚刃と同等の加工能率が可能。

## 適用事例

- **MRR(1分間当たりの除去体積): 250cc/min 達成**

加工物	Ti-6Al-4V
使用工具	VQT5MVRB250R400N075C
回転速度	n636 min <sup>-1</sup>
送り速度	vf206 mm/min
切込み量	ap50 mm(DC×2), ae25 mm(溝)
突出し長さ	75 mm(DC×3)
加工形態	溝加工、内部給油+外部給油(エマルジョン)
使用機械	立形MC(BT50)

高切込み加工により加工時間の短縮が可能です。  
不等リードの効果により、良好な仕上げ面が得られます。

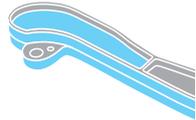


加工後

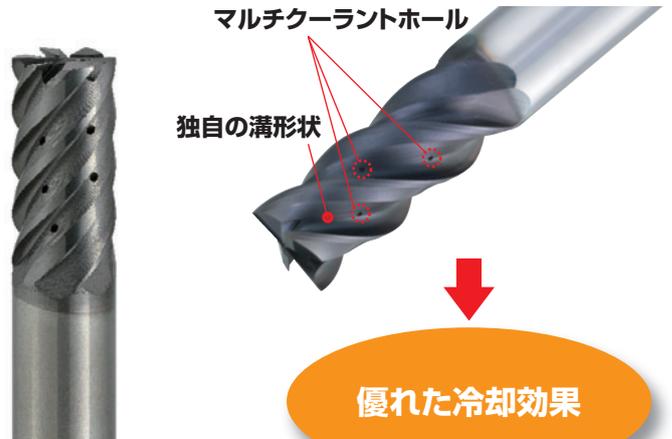


# AIR FRAME

## 被削材 [チタン合金]



側面加工、ポケット加工



マルチクーラントホール

独自の溝形状



優れた冷却効果

Coolstarシリーズ  
(ツールズニュース B247J)

## キーポイント

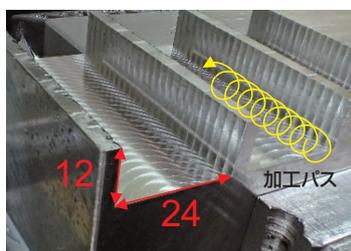
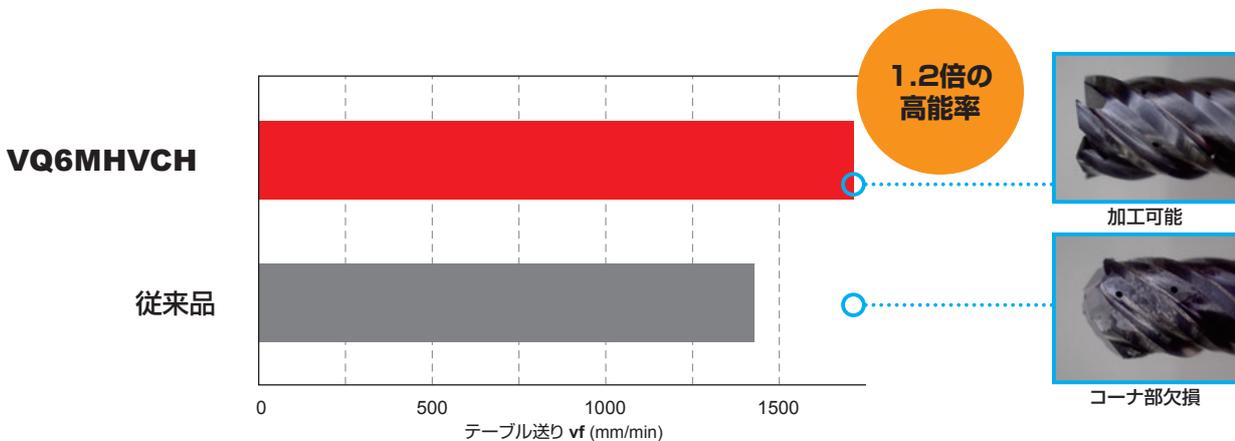
- 熱伝導率が小さく、刃先に熱が集中、溶着が発生しやすいチタン合金の加工では、切削部の熱を効率的に除去し、切りくずをスムーズに排出することが重要である。Coolstarシリーズは、マルチクーラントホールと独自の溝形状によって、優れた冷却効果と切りくず排出性が得られ、難削材加工でも安定加工が可能となった。

## 適用事例

- マルチクーラントホールの優れた冷却効果で高能率加工。

## Ti-6Al-4V 送り限界比較 トロコイド溝加工

従来品に対し1.2倍のテーブル送り 1680mm/minの加工が可能。



<切削条件>

被削材: Ti-6Al-4V  
 使用工具: VQ6MHVCHD1600 (DC=16mm)  
 回転速度: 2000min<sup>-1</sup> (100m/min)  
 切込み量: ap=12mm, ae (トロコイドピッチ)=2.4mm  
 加工形態: トロコイド溝切削、ダウンカット  
 内部給油 (エマルジョン)  
 使用機械: 立形M/C (BT50)



# AIR FRAME

## 被削材 [析出硬化系ステンレス鋼]



ポケット部粗加工



VPXシリーズ  
(ツールズニュース B250J)



高剛性ボディ

縦刃4コーナ  
インサート

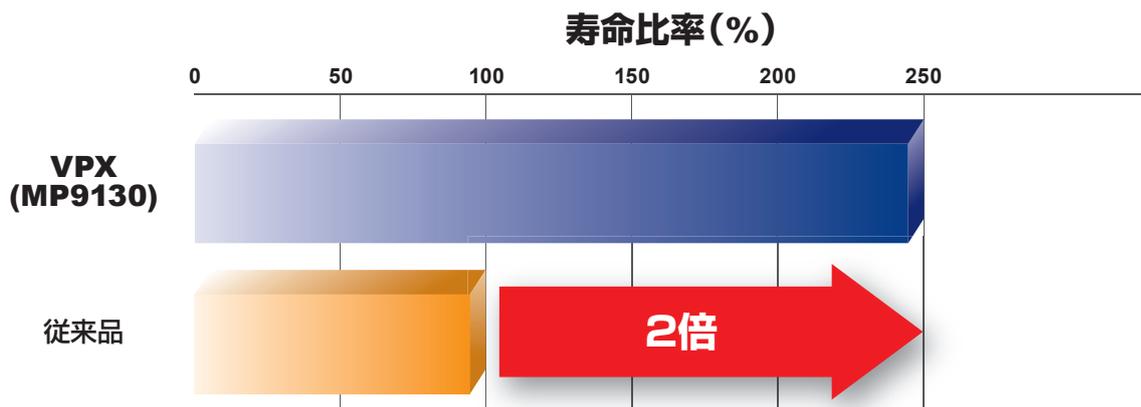
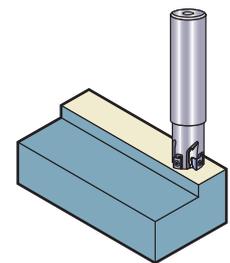
## キーポイント

- 航空機部材として多く用いられている15-5PHは、高強度であるため切れ刃のチッピングや欠損などの異常損傷が発生しやすい。  
VPXシリーズは、最適な切れ刃形状と優れたコーティング性能により、安定加工が可能となった。

## 適用事例

- 従来品に対し加工能率2倍を実現。  
新材種MP9130で高能率な安定加工が可能。

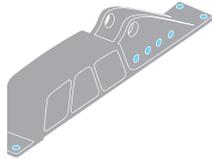
使用工具	VPX200R3004SA25S
インサート(材種)	LUGU0904080PNER-M (MP9130)
被削材	15-5PH
切削速度	vc40 m/min (n425 min <sup>-1</sup> )
送り	fz0.06 mm/tooth (vf102 mm/min)
切込み量	ap1.8 mm, ae20 mm
切削油剤	エマルジョン





# AIR FRAME

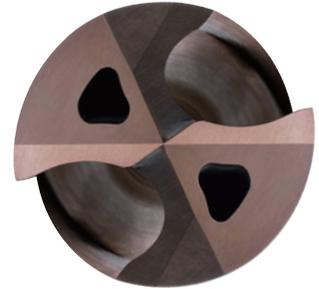
## 被削材 [析出硬化系ステンレス鋼]



穴あけ加工



**MMS** シリーズ  
(ツールズニュース B180J)



トライクーリング

**“TRI-Cooling テクノロジー”**

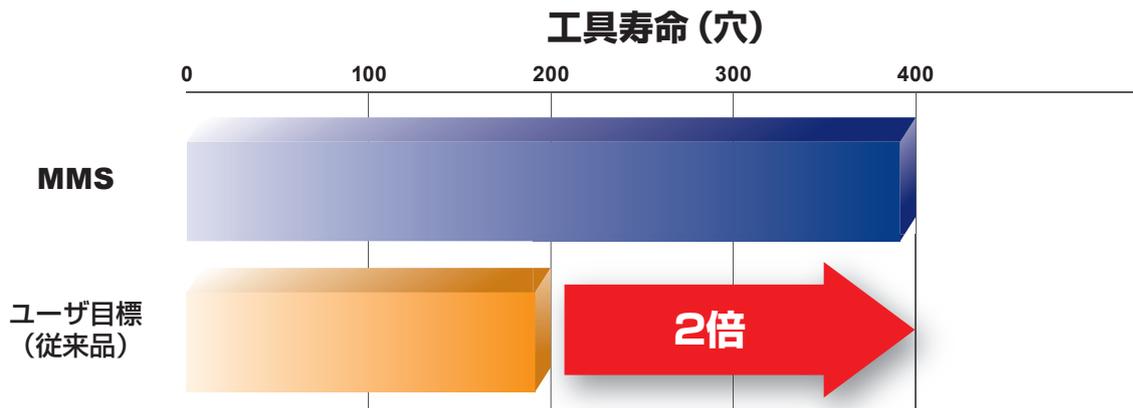
## キーポイント

- 航空機部材として多く用いられている 15-5PH は、高強度であるため切れ刃のチッピングや欠損などの異常損傷が発生しやすい。  
MMSドリルは、最適な切れ刃形状と優れたコーティング性能により、安定加工が可能となった。

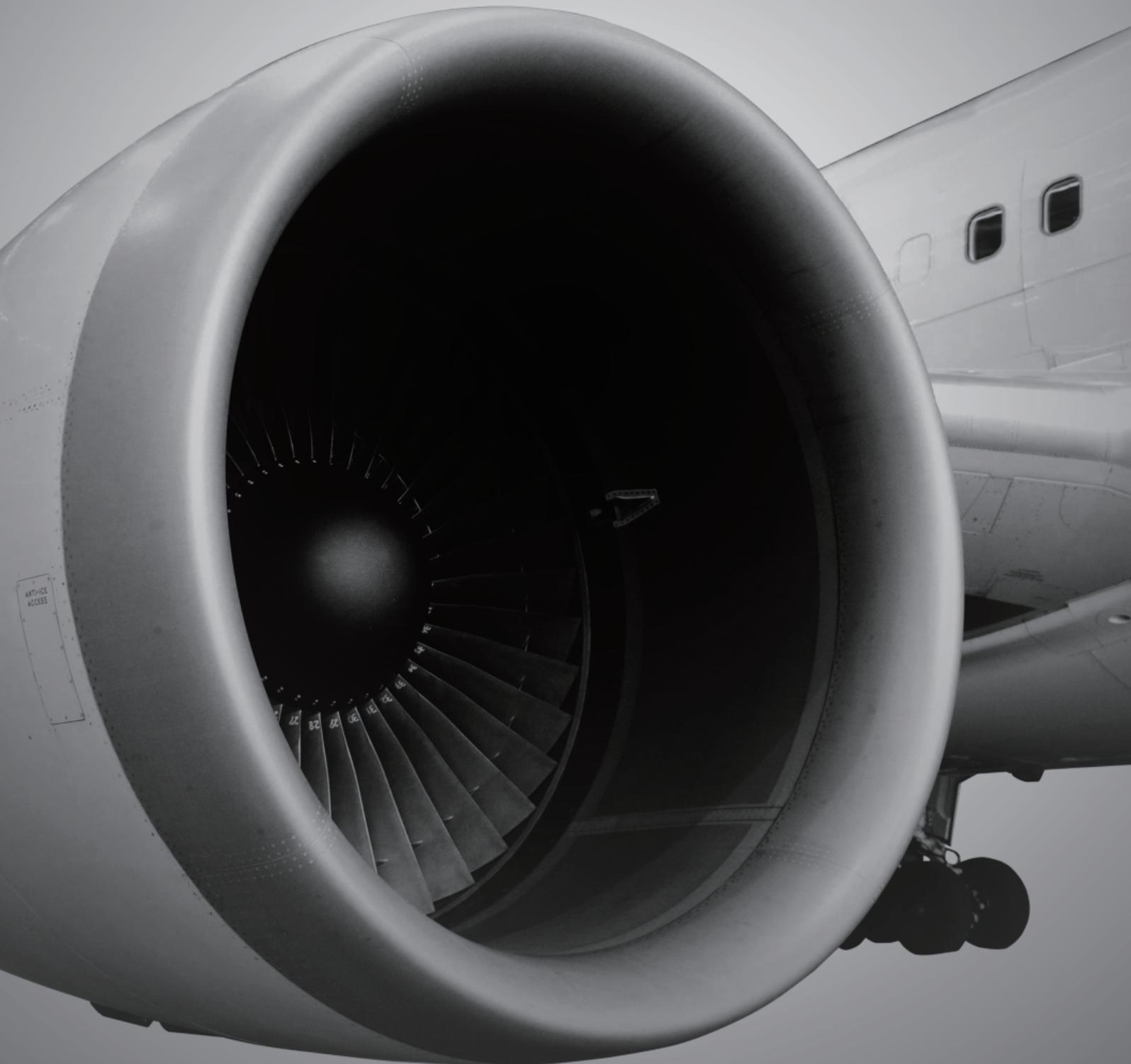
## 適用事例

- **ユーザ目標200穴に対し、400穴加工後も軽微な摩耗で継続使用可能。**

使用ドリル(材種)	MMS0800X3DB (DP7020)
被削材	15-5PH (42HRC)
切削速度	vc100 m/min (n3980 min <sup>-1</sup> )
送り	f0.2 mm/rev
穴深さ	24 mm
切削油剤	エマルジョン



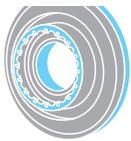
# Engine





# ENGINE

## 被削材 [Ni基合金]



外径・端面・内径加工

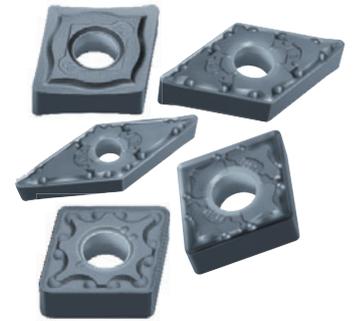


**HSK-T**ツール  
(ツールズニュース B134J)

**PSC**ツール  
(特殊対応品)



良好な切れ味



**LS/MJ/MS/MA/RS**  
**MP9005/MP9015/MP9025**  
(ツールズニュース B214J)

## キーポイント

- MP9015はNi基合金加工では低速領域にて適用する。

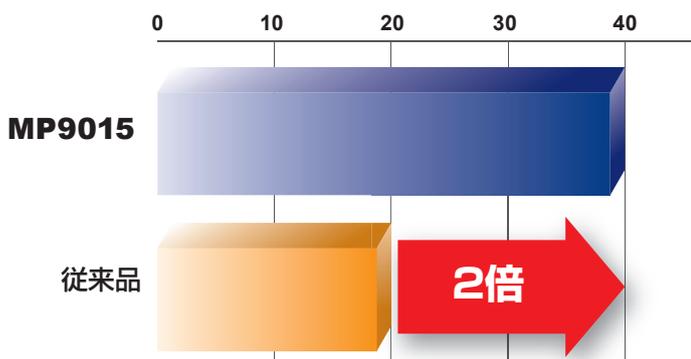
## 適用事例

- **超耐熱合金の低速及び中粗加工で2倍の寿命延長を実現。**

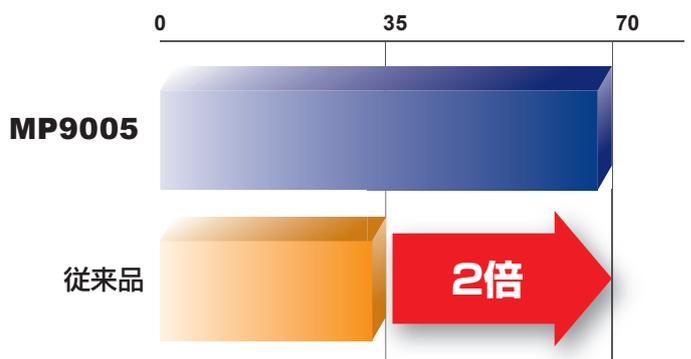
使用工具	DCLNL3225P12
インサート(材種)	CNMG120408-MS (MP9015)
被削材	Inconel® 718
切削速度	vc40 m/min
送り	f0.2 mm/rev
切込み量	ap2 mm
切削油剤	エマルジョン

使用工具	DCLNL3225P12
インサート(材種)	CNMG120408-LS (MP9005)
被削材	Inconel® 625
切削速度	vc50 m/min
送り	f0.15 mm/rev
切込み量	ap0.5 mm
切削油剤	エマルジョン

### 工具寿命 (min)



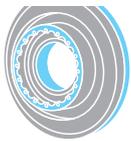
### 工具寿命 (min)





# ENGINE

## 被削材 [Ni基合金]



外径・端面・倣い加工



**HSK-T** ツール  
(ツールズニュース B134J)



高寿命



**US905/VP05RT/VP10RT**  
(ツールズニュース B036J)

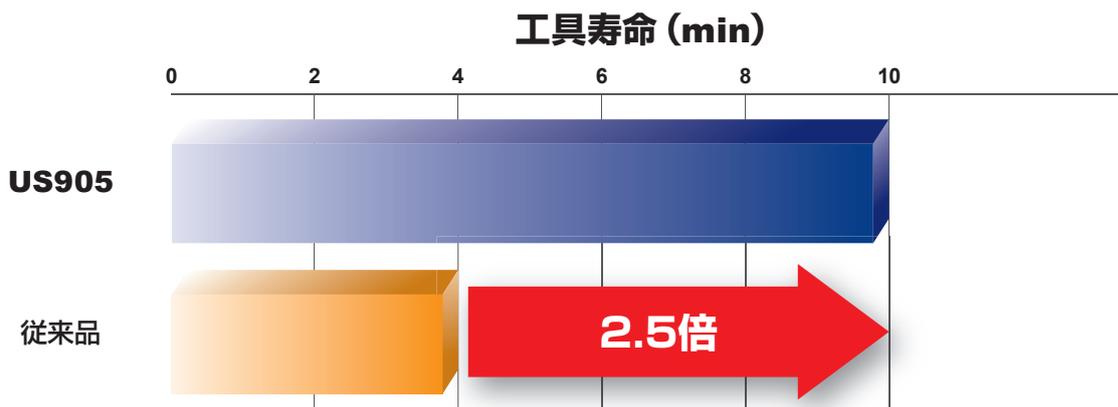
## キーポイント

- US905はNi基合金加工において高速領域で圧倒的な摩耗耗性を示す。

## 適用事例

- **超耐熱合金の高速仕上げ加工で2.5倍の寿命延長を実現。**

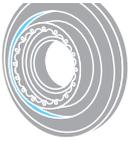
使用工具	H63TH-PRDCN-H12
インサート(材種)	RCMX1204M0 (US905)
被削材	Inconel® 718
切削速度	vc100 m/min
送り	f0.15 mm/rev
切込み量	ap1 mm
切削油剤	エマルジョン





# ENGINE

## 被削材 [Ni基合金]



倣い加工



**GY**シリーズ  
(ツールズニュース B140J)

**BM** プレーカ  
(中送り加工用)



**GS** プレーカ  
(低送り加工用)



良好な切れ味

## キーポイント

- Ni基合金加工においては切れ味の良い刃形が不可欠である。  
切れ味の良い低送り加工用GSプレーカの使用で切削抵抗を減少させ、寿命延長を図る。

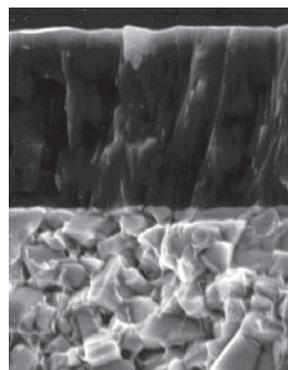
## 適用事例

- **超耐熱合金の安定加工が可能。**

使用工具	GYHL2525M00-M25L
インサート(材種)	GY2M0600J030N-GS (VP10RT)
被削材	WASPALLOY®
切削速度	vc35 m/min
送り	f0.05 mm/rev
切込み量	ap10 mm
切削油剤	エマルジョン



VB: 0.122mm



VP10RT

**MIRACLE**® コーティング

専用超硬合金母材  
(HRA92.0)

25分加工後も軽微な摩耗で継続使用可能



# ENGINE

## 被削材 [Ni基合金]



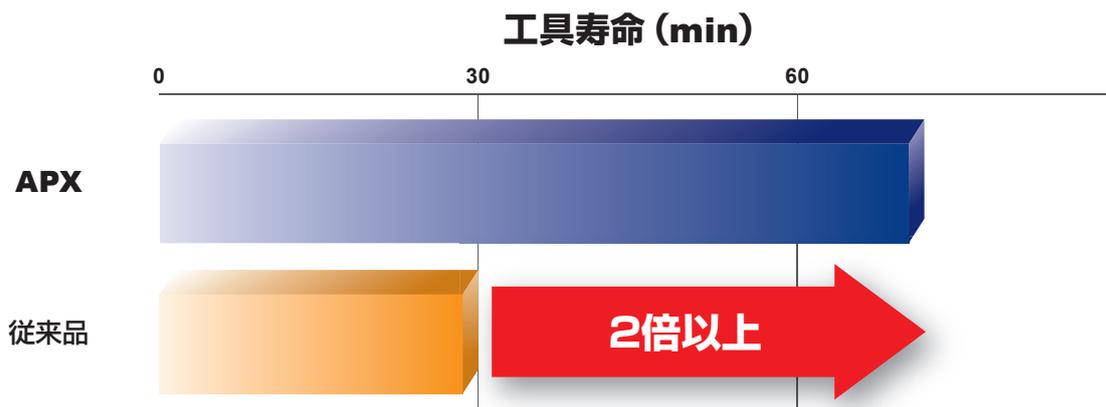
### キーポイント

- 熱伝導性が悪く、加工硬化が生じやすいなどの難削性を持つNi基合金の加工では、バランスの良い刃形と優れたコーティング材種が必要である。APXシリーズは、最適化した切れ刃形状と新材種インサートにより、大幅な寿命延長が可能となった。

### 適用事例

- **従来比2倍以上の長寿命を実現。**

使用工具	APX3000-050A07RA
インサート(材種)	AOMT123620PEER-M (MP9130)
被削材	Inconel® 718
切削速度	vc30 m/min (n190 min <sup>-1</sup> )
送り	fz0.03 mm/tooth (vf40 mm/min)
切込み量	ap1 mm, ae40 mm
切削油剤	エマルジョン





# ENGINE

## 被削材 [Ni基合金]



**ARX**  
(ツールズニュース B066J)



**ARP**  
(ツールズニュース B222J)

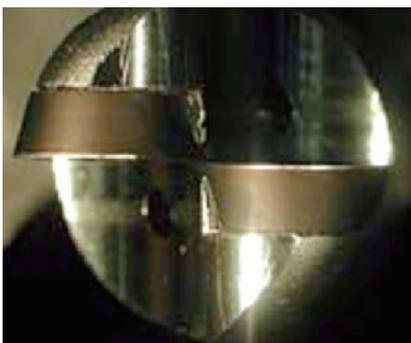
## キーポイント

- ヘリカル穴あけ加工での事例。エンジンケース外周穴加工において、ヘリカルアプローチによる外周側穴あけ加工が可能である。また、外周側倣い加工においても良好な加工性能が得られる。

## 適用事例

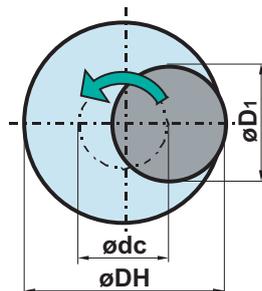
- **小径ラジアスエンドミルによるヘリカル加工で超耐熱合金の大径穴あけを実現。**

使用工具	ARX35R142SA12S
インサート(材種)	RDMW0724M0E (VP15TF)
被削材	Inconel® 718
切削速度	vc30 m/min
送り	f0.2 mm/rev (ヘリカル穴あけ加工)
穴深さ	20 mm (1 mm/rev), 穴径 25 mm
切削油剤	エマルジョン



VB: 0.08mm

### ■ ヘリカル穴あけ加工



- 工具中心軌跡の設定方法  

$$\phi dc = \phi DH - \phi D1$$
 工具中心軌跡    得たい穴径    工具切刃径

7分加工後も軽微な摩耗で継続使用可能



# ENGINE

## 被削材 [Ni基合金]



ヘリカル穴あけ加工  
側面倣い加工



**CERAMIC**エンドミル  
(ツールズニュース B228J)

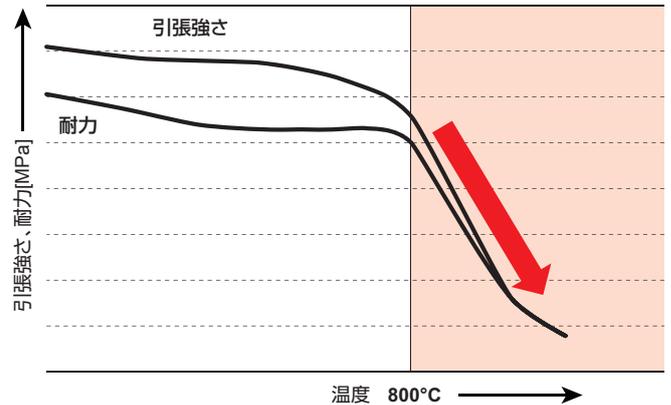


Ni基耐熱合金を加工時の高温、  
高負荷に耐える、  
高剛性形状と特殊ネガ刃型。

**超・高能率加工**

### キーポイント

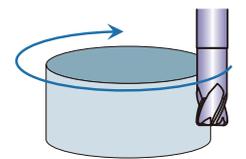
Inconel®718等に代表されるNi基耐熱合金は高温強度に優れるが、800℃を超える温度域では著しい強度低下(軟化)を示し、切削加工が容易になることが知られている。  
セラミックエンドミルは、高速・高送りの切削条件により切削熱を与え、強度低下する温度域で加工することが可能。



### 適用事例

#### Inconel®718(HRC45) 超硬合金エンドミルとの比較

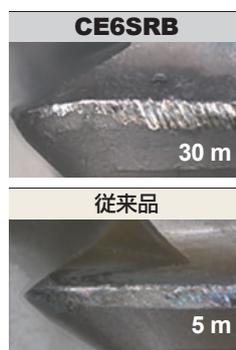
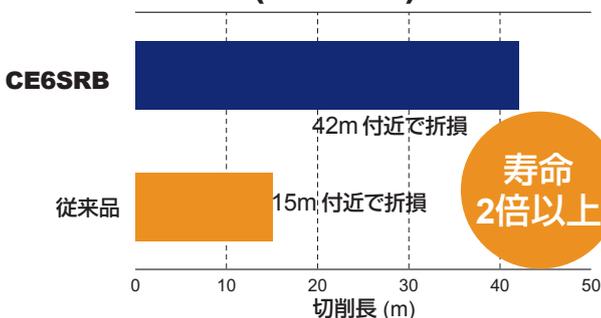
加工前		加工後(12 m)	
		境界部	R部
<b>CE6SRB</b>			
	回転速度: 19,098 min <sup>-1</sup> 送り速度: 6,875 mm/min		
超硬エンドミル 6枚刃			
	回転速度: 1,910 min <sup>-1</sup> 送り速度: 688 mm/min		



<切削条件>  
工 具: ø10xR1.0  
切込み量: ae=1.0 mm  
ap=7.0 mm  
突き出し: 20 mm  
加工形態: ダウンカット  
セラミック: 乾式  
超硬: 湿式

### 加工能率10倍

#### Inconel®718(HRC45) セラミック従来品との寿命比較



<切削条件>  
工 具: ø12xR1.5  
回 転 速 度: 18,568 min<sup>-1</sup> (700 m/min)  
送 り 速 度: 6,684 mm/min (0.06 mm/tooth)  
切 込 み 量: ae=2.4 mm  
ap=9.0 mm (ダウンカット)  
突 き 出 し: 24 mm  
加 工 形 態: 乾式(エアブローなし)



# ENGINE

## 被削材 [Ni合金]

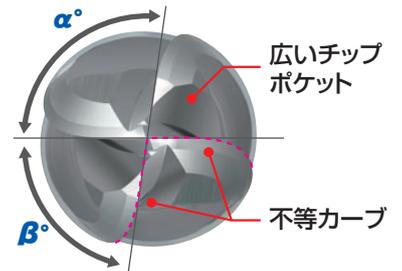


形状部倣い加工



**SMART MIRACLE**  
制振ボールエンドミル  
(ツールズニュース B197J)

$\alpha^\circ \neq \beta^\circ$   
不等分割



スマートミラクル  
コーティング

不等分割切れ刃

新開発  
R切れ刃形状

## キーポイント

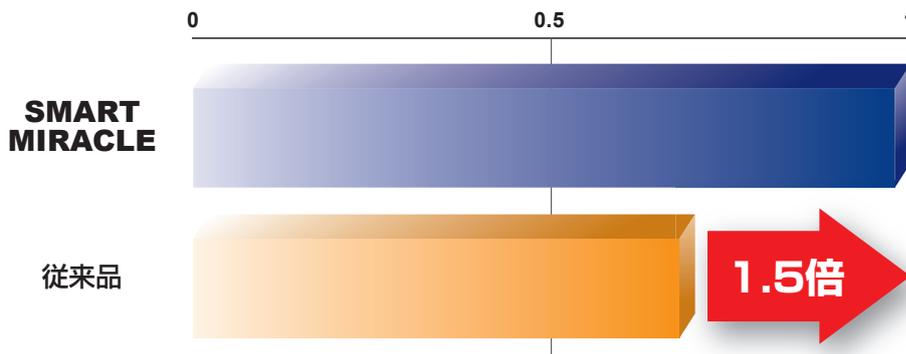
- 熱伝導性が悪く、加工硬化が生じやすいなどの難削性を持つNi合金の加工では、バランスの良い刃形と優れたコーティング材種が必要である。スマートミラクル制振ボールエンドミルは、不等分割切れ刃と新開発R切れ刃形状により、びびり振動の発生を抑制し、安定加工が可能となった。

## 適用事例

- **びびりの無い安定加工で従来比1.5倍の寿命を実現。**

使用エンドミル	( $\phi$ 6/R3) 4枚刃スマートミラクルテーパボールエンドミル (非在庫品)
被削材	Inconel® 718
切削速度	vc113 m/min (n6000 min <sup>-1</sup> )
送り	fz0.06 mm/tooth (vf1440 mm/min)
切込み量	ap0.4 mm, ae 0.5mm
切削油剤	エマルジョン

## 工具寿命 (加工ワーク数)





# ENGINE

## 被削材 [チタン合金]



形状部あい加工



**VQT6UR**  
チタン合金仕上げ加工用  
ラジアスエンドミル  
(ツールズニュース B232J)

プロフィール精度

最適刃形設計

外周6枚刃  
(不等分割)

先端3枚刃



## キーポイント

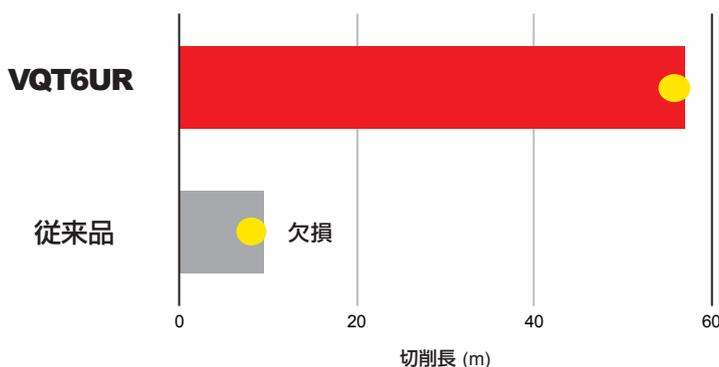
- 先端Rでフィレット加工、外周Rで翼面加工の複合加工に対応。先端は3枚刃で切屑排出性を確保し、外周は不等分割の6枚刃でびびり振動を抑制。外周刃バレル形状により加工ピッチを大きくした高能率加工と切削距離の削減による長寿命化が可能。

## 適用事例

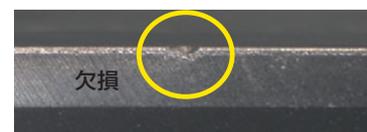
- **不等分割刃形を採用し安定加工の実現で従来比5倍以上の寿命を達成。**

被削材	Ti-6Al-4V
使用工具	VQT6URR020R085S10
回転速度	n2546 min <sup>-1</sup>
送り量	fz0.03 mm/tooth
切込み量	ap4.0 mm, ae0.3 mm
工具傾き角度	8°
突出し長さ	40 mm
加工形態	外部給油(エマルジョン)
使用機械	5軸MC(HSK63)

## チタン合金加工の寿命比較



VQT6UR

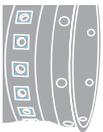


従来品



# ENGINE

## 被削材 [Ni基合金]

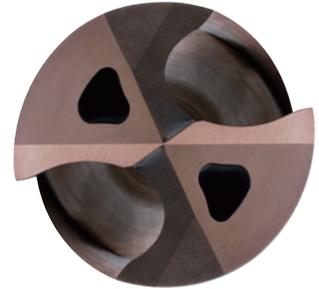


穴あけ加工



**MMS** ドリル  
(ツールズニュース B180J)

優れた冷却性



トライクーリング

**“TRI-Cooling テクノロジー”**

## キーポイント

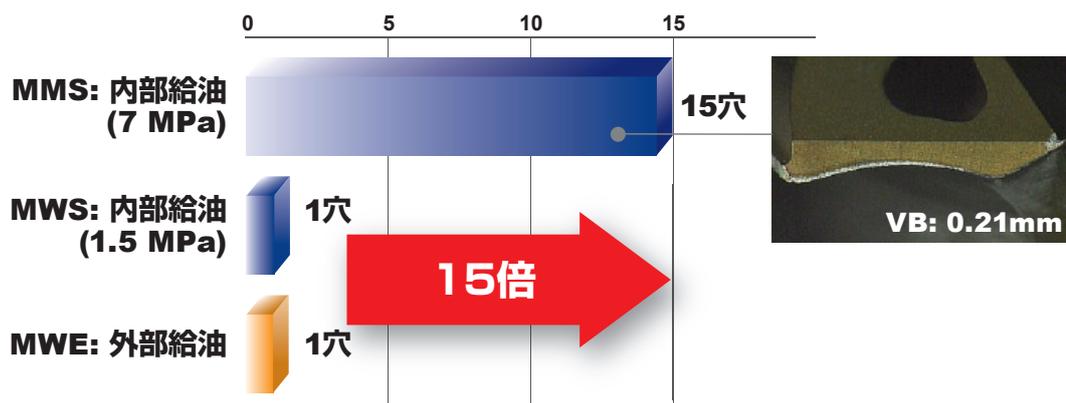
- Ni基合金の穴加工はいかに刃先を冷却するかがポイントである。TRI-Coolingテクノロジーを採用した冷却効果に優れるソリッドドリルを使用することと、高圧クーラントを用いることで工具寿命が大幅に延長可能となる。

## 適用事例

- 高圧内部クーラントとTRI-Coolingテクノロジーの相乗効果で15倍の寿命延長を実現。

使用ドリル(材種)	MMS0610X3DB (DP7020)
被削材	Inconel® 718
切削速度	vc14 m/min
送り	f0.06 mm/rev
穴深さ	15 mm
切削油剤	エマルジョン

## 工具寿命 (穴)





# ENGINE

## 被削材 [TiAl合金]



形状部倣い加工



**SMART MIRACLE**  
エンドミルシリーズ  
(ツールズニュース B197J)

スマートミラクル  
コーティング

ZERO- $\mu$   
サーフェース

優れた制振技術

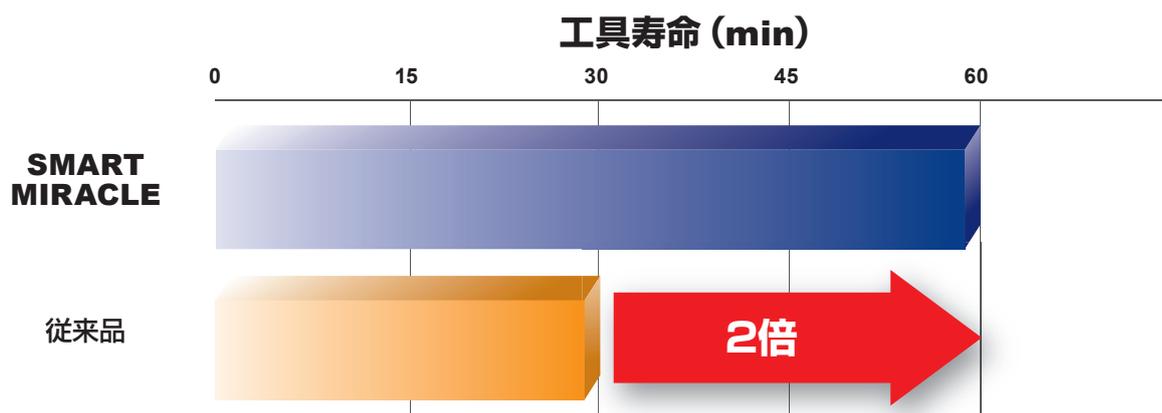
## キーポイント

- 熱伝導率が小さく刃先に熱が集中する特性に加え、加工面にむしれが生じやすいTiAl合金の加工では、スムーズな切りくず排出と切削熱の効率的な除去が重要である。スマートミラクルエンドミルシリーズは、独自の表面処理技術によるコーティング膜の平滑化とシャープな切れ刃の両立により、安定した加工が可能となった。

## 適用事例

- コーティング膜の平滑化処理により切削抵抗の低減効果が得られ、**工具寿命も大幅に向上。**

使用エンドミル	VQMHVRBD1200R100
被削材	TiAl 合金
切削速度	vc60 m/min (n1592 min <sup>-1</sup> )
送り	fz0.08 mm/tooth (vf509 mm/min)
切込み量	ap 2 mm, ae 1 mm
切削油剤	エマルジョン



# ENGINE

## 被削材 [チタン合金]



外径・端面・内径加工



**HSK-T ツール**  
(ツールズニュース B134J)

**PSC ツール**  
(特殊対応品)



**LS/MS/RS**  
**MT9005/MT9015**  
(ツールズニュース B214J)

良好な切れ味

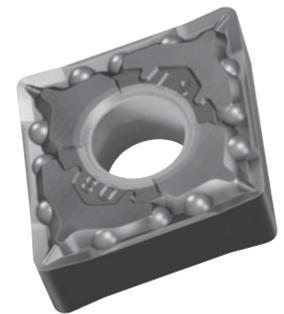
## キーポイント

- チタン合金仕上げ加工における切削速度展開での工具寿命概算は、80m/minで120分、120m/minで約60分が目安である。工具材種はノンコート品が第一推奨である。

## 適用事例

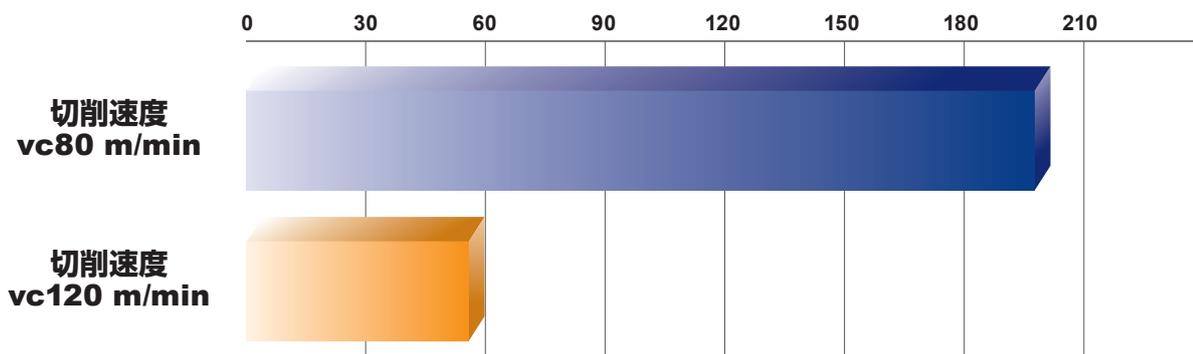
- **適切な切削速度の設定により、長寿命化を実現。**

使用工具	H63TH-DCLNR-DX12
インサート(材種)	CNMG120408-LS (MT9015)
被削材	Ti-6Al-4V
切削速度	vc80, 120 m/min
送り	f0.15mm/rev
切込み量	ap0.25 mm
切削油剤	エマルジョン



**LS** プレーカ

### 工具寿命 (min)





# ENGINE

## 被削材 [マルエージング鋼]



外径・端面・内径加工



**HSK-T** ツール  
(ツールズニュース B134J)

**PSC** ツール  
(特殊対応品)



**FJ/MJ/MS/GJ**  
**VP05RT/VP10RT/VP15TF**  
(ツールズニュース B036J)

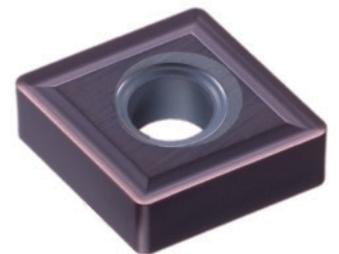
## キーポイント

- シャフトに使用されるマルエージング鋼加工における、粗工程での加工事例。通常cBN材種の適用が主流であるが、比較的高硬度領域におけるVP05RT適用成功事例である。

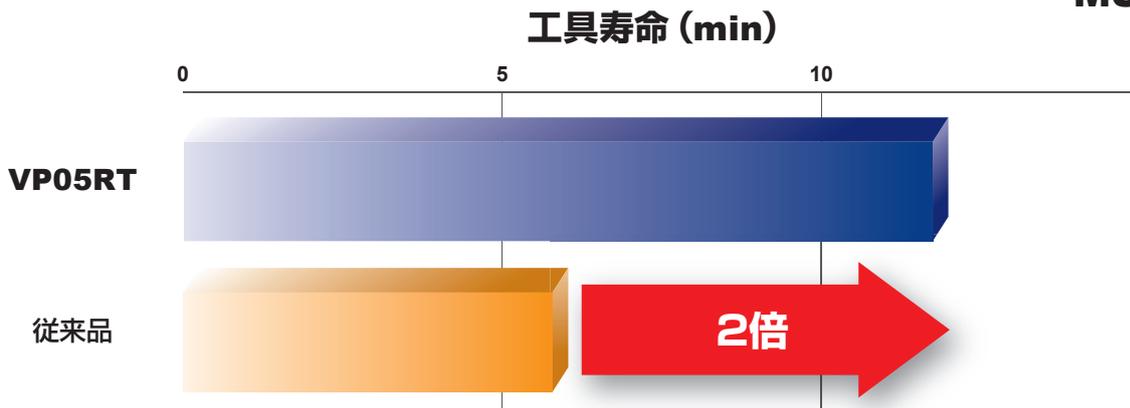
## 適用事例

- **VP05RTの適用により、2倍の寿命延長を実現。**

使用工具	PSC63-DDJNR
インサート(材種)	DNMG150412-MS (VP05RT)
被削材	マルエージング鋼 (48-50HRC)
切削速度	vc90 m/min
送り	f0.23 mm/rev
切込み量	ap2 mm
切削油剤	エマルジョン



**MS** プレーカ





# ENGINE

## 被削材 [Ni合金]



外径・端面加工



**JT**ホルダ  
(ツールズニュース B253J)



工具摩耗抑制

## キーポイント

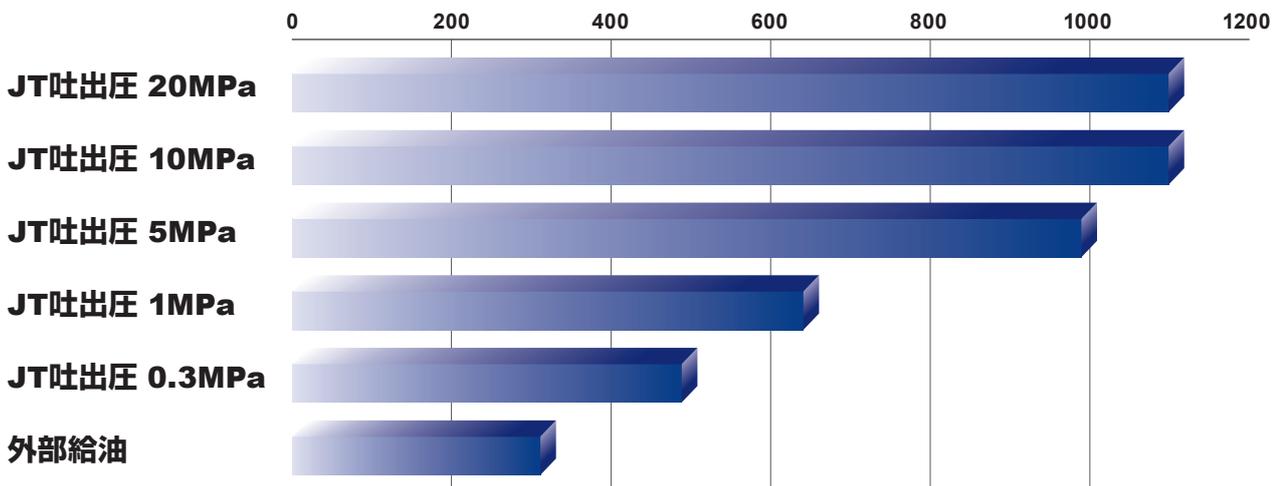
- 耐熱合金加工における加工時の熱を効果的に除去し、寿命延長を図る。

## 適用事例

- 外部吐出型と比較して1.5倍以上の摩耗進行抑制効果が得られる。

使用工具	PSC50-DCJNR
インサート(材種)	CNMG120408-MJ (US905)
被削材	Inconel® 718
切削速度	vc150 m/min
送り	f0.1 mm/rev
切込み量	ap0.3 mm
切削油剤	エマルジョン

吐出圧と工具寿命の変化 加工長(m)



摩耗基準は0.2mm

# Landing Gear





# LANDING GEAR

## 被削材 [チタン合金]



**VFX** シリーズ  
(ツールズニュース B182J)



V字拘束面  
(高信頼性)

曲線切れ刃  
(低抵抗)

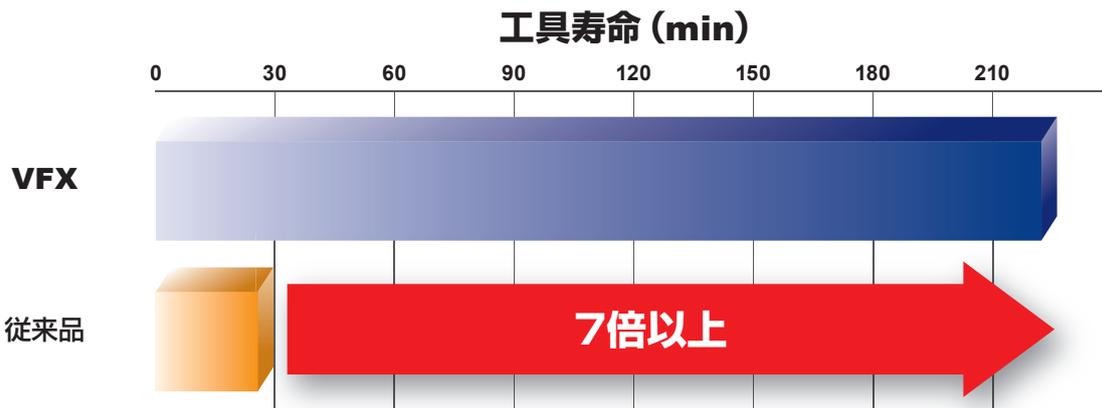
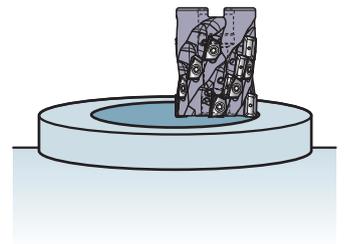
## キーポイント

- チタン合金の粗加工では、切りくずが鋸歯状に生成される過程で切削抵抗が変動するため、低剛性の切削工具を使用すると切れ刃のチップングや欠損などの異常損傷が発生しやすい。そのため剛性が高く切削抵抗を低減させる工具の使用が有効である。VFXシリーズは、インサート縦置き配置とV字拘束面により剛性が高く、曲線切れ刃によって切削抵抗を低減させるので、安定加工が可能となった。

## 適用事例

- 高圧内部クーラントとの組合せで7倍以上の寿命延長を実現。

使用工具	VFX6-080A05A075R
インサート(材種)	XNMU190912R-LS (MP9130)
被削材	Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr
切削速度	vc40 m/min (n160 min <sup>-1</sup> )
送り	fz0.1 mm/tooth (vf80 mm/min)
切込み量	ap65 mm, ae5 mm
切削油剤	エマルジョン (8 MPa)





# LANDING GEAR

## 被削材 [チタン合金]



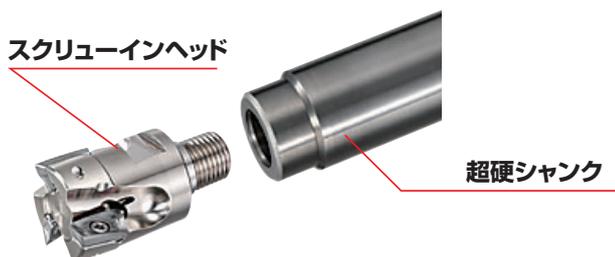
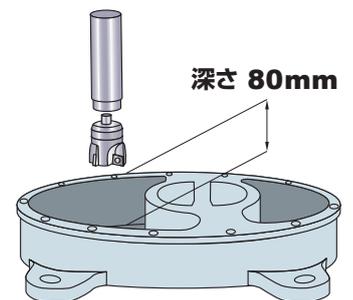
## キーポイント

- チタン合金の粗加工では、切りくずが鋸歯状に生成される過程で切削抵抗が変動するため切れ刃のチッピングや欠損などの異常損傷が発生しやすい。APXシリーズは、ユニークな凸形状切れ刃を持つ低抵抗インサートと内部クーラント穴を標準装備した高剛性ボディにより、安定加工が可能となった。

## 適用事例

- スクリーインヘッド+超硬シャンクで深い掘り込みでも安定した長寿命を実現。**

使用工具(スクリーインタイプ)	APX3000R254M12A35 SC25M12S125SW
インサート(材種)	AOMT123620PEER-M (MP9120)
被削材	Ti-6Al-4V
切削速度	vc40 m/min (n510 min <sup>-1</sup> )
送り	fz0.08 mm/tooth (vf160 mm/min)
切込み量	ap6 mm, ae25 mm
切削油剤	エマルション



85分加工後の刃先状態





# LANDING GEAR

被削材 [チタン合金]

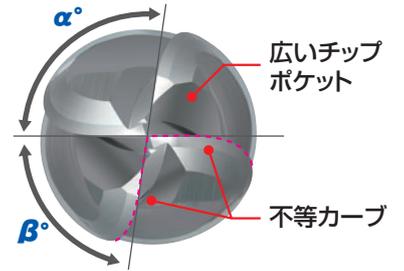


形状部倣い加工



**SMART MIRACLE**  
制振ボールエンドミル  
(ツールズニュース B197J)

$\alpha^\circ \neq \beta^\circ$   
不等分割



スマートミラクル  
コーティング

不等分割切れ刃

新開発  
R切れ刃形状

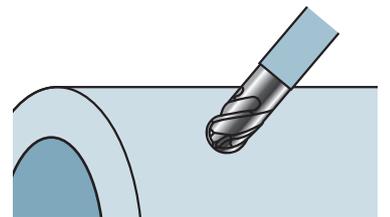
## キーポイント

- 切りくずが鋸歯状に生成される過程で切削抵抗が変動し、びびり振動が発生しやすいチタン合金の倣い加工では、制振タイプの工具が有効である。  
スマートミラクル制振ボールエンドミルは、不等分割切れ刃と新開発R切れ刃形状により、びびり振動の発生を抑制し、安定加工が可能となった。

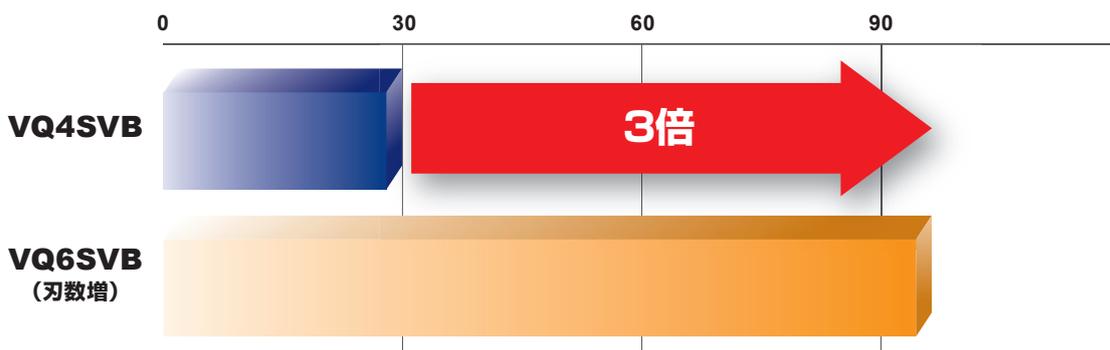
## 適用事例

- **びびりの無い安定加工を実現。さらに刃数増で3倍の寿命延長。**

使用エンドミル	VQ4SVBR0600
被削材	Ti-10V-2Fe-3Al
切削速度	vc200 m/min (n5300 min <sup>-1</sup> )
送り	vf1590 mm/min
切込み量	ap1.0 mm, ae0.5 mm
切削油剤	エマルジョン



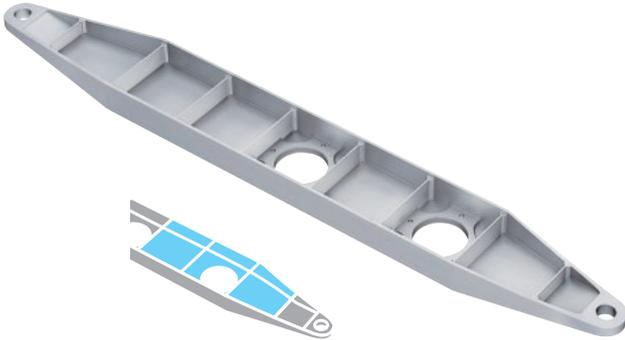
## 工具寿命 (min)





# LANDING GEAR

## 被削材 [チタン合金]



ポケット部仕上げ加工



ヘッド交換式エンドミル  
**iMX** シリーズ  
(ツールズニュース B200J)



高精度

高剛性

低コスト

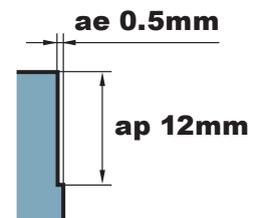
## キーポイント

- 切りくずが鋸歯状に生成される過程で切削抵抗が変動するため、びびり振動が発生しやすいチタン合金の仕上げ加工では、制振タイプの工具が有効である。ヘッド交換式エンドミルiMXシリーズは、制振刃形の採用により、びびり振動の発生を抑制し、切りくず排出性も良く、安定加工が可能となった。

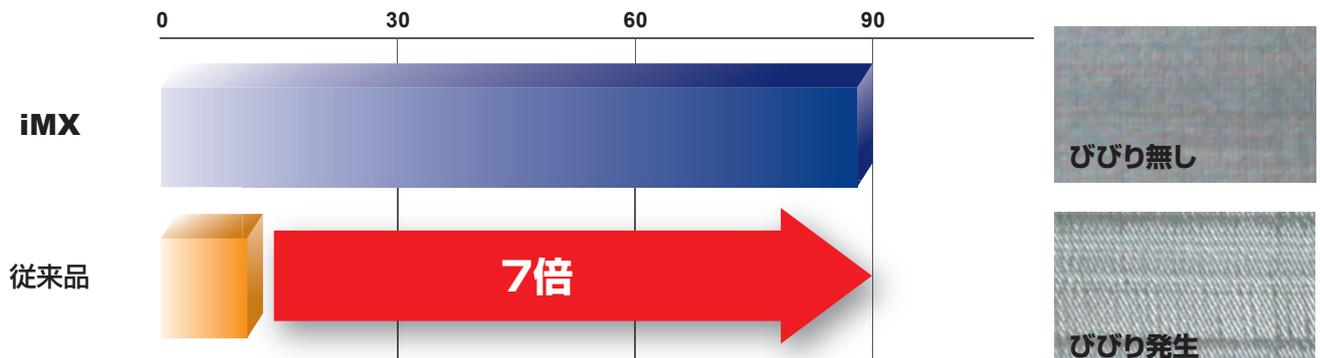
## 適用事例

- **びびりの無い安定加工で7倍の寿命延長を実現。**

使用ヘッド(材種)	IMX16C10HV160R10016 (EP7020)
使用ホルダ	IMX16-U16N056L110C
被削材	Ti-6Al-4V
切削速度	vc150 m/min (n3000 min <sup>-1</sup> )
送り	fz0.05 mm/tooth (vf1500 mm/min)
切込み量	ap12 mm, ae0.5 mm
切削油剤	エマルジョン



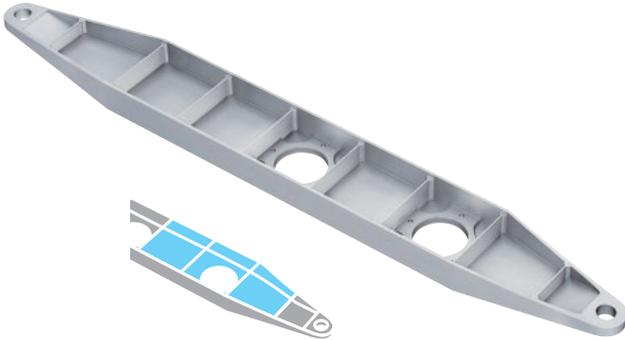
## 工具寿命 (min)





# LANDING GEAR

## 被削材 [チタン合金]



ポケット部仕上げ加工



ヘッド交換式エンドミル  
**iMX** シリーズ  
(ツールズニュース B200J)



高精度

高剛性

低コスト

## キーポイント

- 切りくずが鋸歯状に生成される過程で切削抵抗が変動するため、びびり振動が発生しやすいチタン合金の仕上げ加工では、制振タイプの工具が有効である。ヘッド交換式エンドミルiMXシリーズは、制振刃形の採用により、突出しの長い加工でもびびり振動の発生を抑制し、切りくず排出性も良く、安定加工が可能となった。

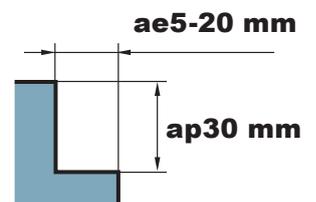
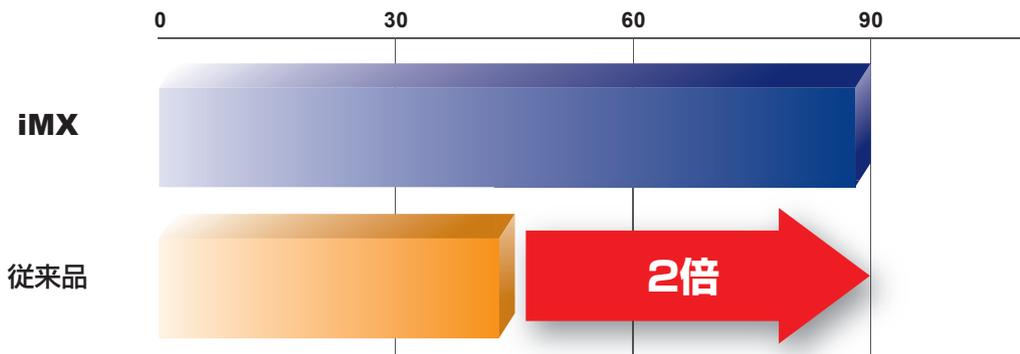
## 適用事例

- **びびりの無い安定加工で2倍の寿命延長を実現。**

使用ヘッド(材種)	IMX20C4HV200R10040 (EP7020)
使用ホルダ	IMX20-U20N070L130C
工具突出し量	125 mm
被削材	Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr
切削速度	vc38 m/min (n600 min <sup>-1</sup> )
送り	fz0.04 mm/tooth (vf96 mm/min)
切込み量	ap30 mm, ae5-20 mm
切削油剤	エマルジョン



## 工具寿命 (min)



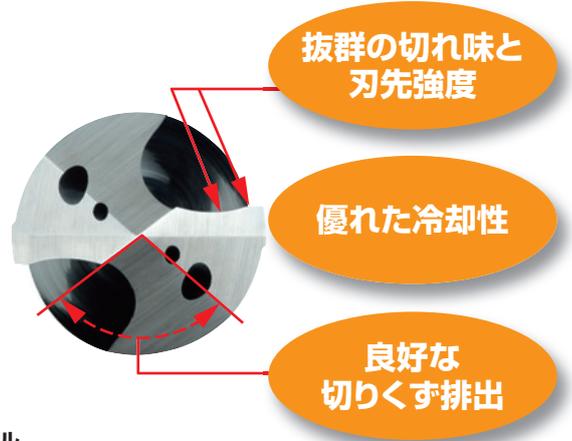


# LANDING GEAR

被削材 [チタン合金]



**MNS**ドリル  
(ツールズニュース B135J)



## キーポイント

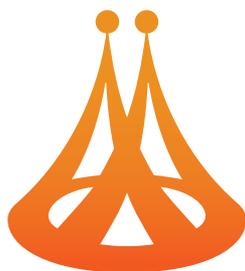
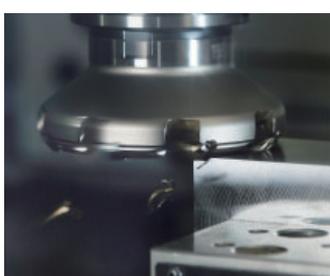
- 熱伝導率が小さく、刃先に熱が集中、溶着が発生しやすいチタン合金の加工では、切削部の熱を効率的に除去し、切りくずをスムーズに排出することが重要である。MNSドリルは、独自のクーラント穴配置と最適な溝形状により、優れた冷却効果と切りくず排出性が得られ、チタン合金の穴加工でも安定加工が可能となった。



## 適用事例

- **優れた冷却効果と切りくず排出性により安定加工が可能。**

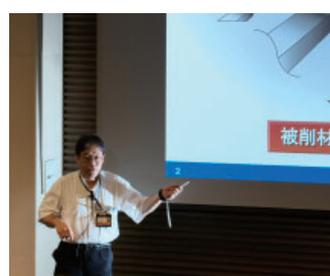
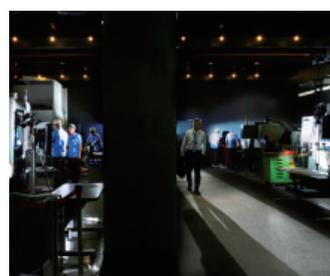
使用ドリル(材種)	MNS0600X20DB (TF15)
被削材	Ti-6Al-4V
切削速度	vc30 m/min
送り	f0.06 mm/rev
穴深さ	120 mm
切削油剤	エマルジョン (3 MPa)



YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO

## 応える 魅せる 攻める

三菱マテリアル株式会社加工事業カンパニーは、お客様一人ひとりの異なる課題に全力で向き合い、お客様のビジネスを成功に導く「総合工具工房」です。ここ加工技術センターは、そんな工具工房の製品やサービスを存分にご活用いただくための最前線基地です。充実した設備、先端機器、豊富なデータやノウハウ、最新の情報、そして高い技術力と経験を持つスペシャリストを結集し、お客様にとって最適なソリューションとサービスを提供、提案していきます。



お客様の質問や疑問に答え、ニーズにきめ細かに応え、  
どんな課題にも解決策を見つけていきます。

# 応

RESPONSIVE



テクニカル  
サポート

Machining  
Technology  
Center

研修



# 攻

PROACTIVE



切削試験

# 魅

ATTRACTIVE

お客様の潜在的なニーズを発掘する、  
今までにない独創的な工具を開発し、  
新たな市場を開拓していきます。

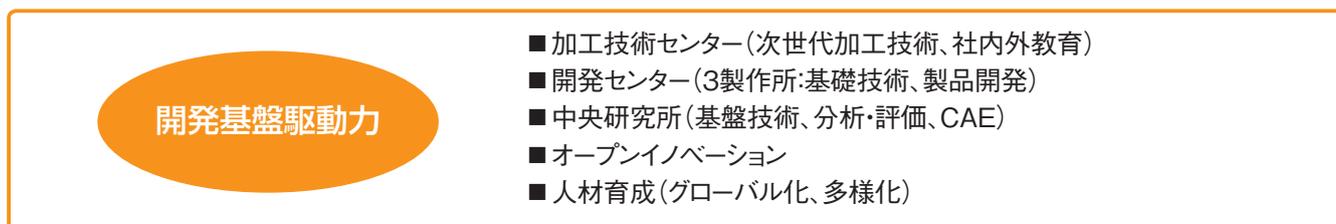
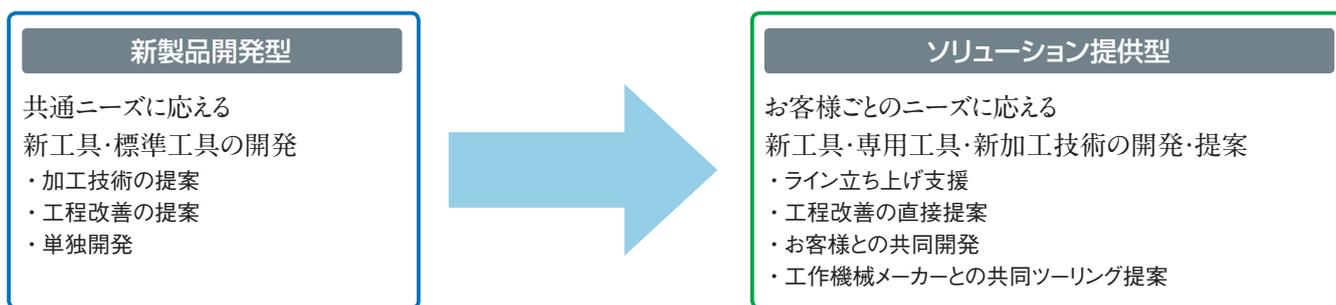
実際に見せる。やってみせる。  
魅力的な企画や講習、  
新鮮な提案でお客様の興味を喚起させます。



## 切削工具の総合的なソリューション提供力を強化

三菱マテリアルは切削工具のお客様への技術サポート拠点として、国内二拠点の他、アメリカ、スペイン、中国そしてタイにテクニカルセンターを配置しております。2010年開設の加工技術センター（東日本テクニカルセンター）では、切削工具ユーザーであるお客様と向き合い、当社が長年培ったノウハウや技術に基づき、最新の工作機械や各種分析評価機器およびCAM/CAEソフトウェアを駆使し、ソリューションを提供してまいりました。その経験が国内二番目の技術サポート拠点である中部テクニカルセンター設立に活かされ、自動車・航空宇宙産業の一大集積地として発展する中部圏および西日本のお客様に向け、各種ソリューションを提供し続けます。

### 開発の方向性



### 最新鋭の工作機械群

高剛性、高出力の横型マシニングセンタ、MQL機能付横型マシニングセンタ、フル5軸制御立型マシニングセンタ、CFRP加工専用マシニングセンタ、両頭旋削軸装備複合加工機、振動切削機能付自動盤など最新鋭の工作機械を導入。



# Network



MTEC TianJin (中国)



東日本テクニカルセンター

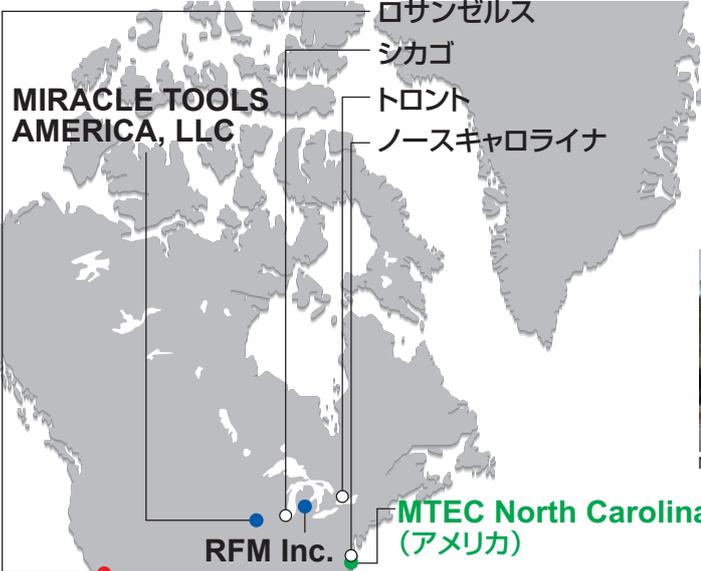


中部テクニカルセンター



MTEC Bangkok (タイ)

## MITSUBISHI MATERIALS U.S.A. CORPORATION



MTEC North Carolina (アメリカ)



## MMC METAL DO BRASIL LTDA. (ブラジル)

### MTEC Bangkok (Thailand)

MMC Hardmetal Thailand Engineering Center  
700/843 Moo.5, Nongkakha, A. Phantong, Chonburi 20160, THAILAND  
TEL +66-38-210-728 FAX +66-38-210-732

- 販売拠点
- テクニカルセンター
- 工場
- 駐在事務所
- 代理店



<http://carbide.mmc.co.jp/>

 **三菱マテリアル株式会社** 加工事業カンパニー

航空宇宙部 東京都墨田区横網1-6-1 国際ファッションセンタービル9階 03-5819-5220

**営業本部**

流通営業部 03-5819-5251 仙台営業所 022-221-3230 新潟営業所 025-247-0155 南関東営業所 045-332-6925  
直需営業部 03-5819-5241 北関東営業所 0285-25-8380 上田営業所 0268-23-7788 富士営業所 0545-65-8817  
苫小牧営業所 0144-57-7007 営業企画部 03-5819-8770 加バロキア材部 03-5819-7057

**名古屋支店**

流通営業課 052-684-5536 直需営業課 052-684-5535 三河営業所 0566-77-3411 浜松営業所 053-450-2030

**大阪支店**

流通営業課 06-6355-1051 京滋営業所 077-554-8570 広島営業所 082-221-4457 九州営業所 092-436-4664  
直需営業課 06-6355-1050 明石営業所 078-934-6815