

難削材加工における コストダウン加工 技術ガイドブック

Guide book of processing technique for cost-cutting

1.	難削材とは何か	p.01
2.	高まる難削材のニーズ	p.02
3.	難削材の評価基準	p.03
4.	難削材の問題点とよくあるトラブル	p.04
5.	難削材加工の問題とその対策	p.05
6.	失敗しない難削材加工のポイント	p.06
	・炭化ケイ素(SiC)、セラミックス	
	6-1① 炭化ケイ素 (SiC) セラミックスの特性	
	6-1② ファインセラミックスの特性	
	6-1③ セラミックにおける研削加工のポイント1	
	6-1④ セラミックにおける研削加工のポイント2	
	・タングステン	
	6-2① タングステンの特性	
	6-2② タングステンにおける旋盤加工のポイント	
	6-2③ タングステンにおけるチップング防止のポイント	
	6-2④ タングステンにおけるフライス加工のポイント	
	6-2⑤ タングステンにおけるタップ加工のポイント	
	6-2⑥ タングステンにおける加工条件設定のポイント	
	モリブデン	
	6-3① モリブデンの特性	
	6-3② モリブデンにおけるフライス加工のポイント	
	6-3③ モリブデンにおける加工条件設定のポイント	
	・超硬合金	
	6-4① 超硬合金の特性	
	6-4② マシニング加工から放電加工への置き換え	
	6-4③ 超硬合金における加工条件設定のポイント	
	・インコネル	
	6-5① インコネルの特性	
	6-5② インコネルにおけるフライス加工のポイント	
	・ハイス鋼	
	6-6① ハイス鋼の特性	
	6-6② ハイス鋼における旋盤加工のポイント	
	<参考>	
	・コバールにおける加工のポイント	
	・ハステロイにおける加工のポイント	
	・マグネシウムにおける加工のポイント	
	・ステライトにおける加工のポイント	
7.	木村製作所の特徴	p.33
8.	FAXお問い合わせシート	p.35

1. 難削材とは何か

➔ 難削材とは何か

難削材とは、文字通り切削加工が困難な材料のことを総称して言います。

切削加工が困難であるとは、以下の3種に分類できます。

- ①材質そのものが削りにくい材料である（高強度硬脆セラミックス、超硬合金など材料特性によるもの）
- ②被削性の不明な材料（切削データのない新素材など）
- ③発火・引火しやすい材料（マグネシウムなど）

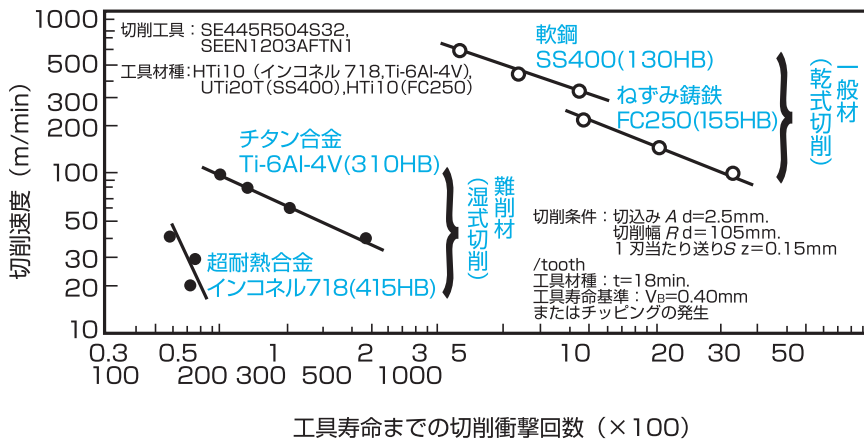
➔ 難削材が生み出す諸問題

こうした難削材が持つ特性により、現実の生産活動においては次のような諸問題を生み出すこととなります。

- ▶ 工具寿命が短い
- ▶ 工具寿命長さがばらつく
- ▶ 工具欠損やチッピングの発生
- ▶ 溶着が発生する
- ▶ 切りくず処理性が悪い
- ▶ 表面粗さや寸法精度が出ない
- ▶ こぼ欠けやバリが発生する
- ▶ 切削熱が上昇しやすい
- ▶ 切削抵抗が大きい
- ▶ 加工が不安定で自動加工できない

図1は一般材と難削材のフライス加工のV-T線図です。正しい加工条件においても難削材の加工は著しく工具寿命を落とすことが分かります。

図1 一般材と難削材のフライス加工のV-T線図



2. 高まる難削材へのニーズ

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

なぜ今、難削材なのか？

そうした諸問題を抱える難削材ですが、日本国内の産業における成熟化とグローバルな競争環境の進展から、その活用がより求められています。なぜならものづくりの高付加価値化を追求していけば、航空宇宙、原子力、燃料電池、ハイブリッド自動車など、より軽量・高強度・耐熱性の高い素材のニーズが高まるからです。そしてこれら素材の大半が難削材なのです。

つまり国内製造業の競争力強化のためにも、難削材の活用が必要不可欠なのです。主な難削材の使用例を以下に挙げます。

主な難削材の使用例



航空機

Aircraft

- アルミニウム合金
- チタニウム
- CFRP(炭素複合材)



ジェットエンジン

Jet Engine

- インコネル
- ハステロイ
- ステンレス合金



ハイブリッド自動車

Hybrid Car

- アルミニウム合金
- エンジニアリングプラスチック
- セラミックス



エンジン

Engine

- アルミニウム合金
- セラミックス
- 耐熱合金



原子炉

Nuclear Reactors

- ステンレス合金
- インコネル
- 耐熱合金



燃料電池

Fuel Cell

- カーボン
- セラミックス
- 銅合金



IT機器・携帯電話

IT Devices · Mobile-phone

- マグネシウム
- セラミックス
- 銅合金
- ガラス
- 単結晶シリコン
- ニッケル



医療関連

Medical-Related Devices

- チタニウム
- セラミックス

3. 難削材の評価基準

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

被削性指数による評価

工作物の切削のしにくさを定量的に示す指標に、被削性指数率があります。この指数は硫黄快削 (AISI - B1112)鋼を削り、一定の工具寿命に対する切削速度を100として、比較する工作物材料の同一工具寿命に対する切削速度を百分率で表すものです。

$$\text{被削性率 M.R} = \frac{\text{工具寿命 20 分に対応する任意材料の切削速度}}{\text{工具寿命 20 分に対応する硫黄快削鋼の切削速度}} \times 100$$

表1は代表的な工作物の被削性率です。快削鋼を100とすれば、マルテンサイト系のステンレス鋼は55～40、チタニウムは30～20、インコネルXは15～6となります。

代表的な工作物の被削性率

被削材		M.R.	被削材		M.R.	
快削鋼 (AISI B1112)		100%	ステンレス鋼 (オーステナイト系)		50～40	
銅合金		100～70	Ni合金		50～20	
鋼	軟	85～70	チタニウム		30～20	
	中	65～50	耐熱合金	Fe基	A-286 インコロイ 901	27～20
	硬	60～50		Ni基	インコネル X インコネル 713C	15～6
鋳鉄		50		Co基	L605 ステライト 21	10～6
鍛鉄		50				
ステンレス鋼	フェライト系	65～50				
	マルテンサイト系	55～40				

ただし、以下のようなケースでは被削性指数が適用できないことがあります。

- 1 切削加工の形態 (例：フライスor旋盤) の違いで特性が異なるケース
- 2 切削工具の材種が超硬以外のものであるケース
- 3 切削データの無い新素材のケース

4. 難削材の問題点とよくあるトラブル

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

➡ 難削材切削の問題点

難削材の切削時に起こりやすい問題は、主として以下の5項目に分類できます。

< 難削材切削の問題点 >

- ①熱伝導率が小さい材質の場合、切削時に発生した熱が逃げられずに工具と加工材に蓄積するため工具の磨耗が大きくなる。
- ②化学的に活性な材質の場合、切削速度が増すと切削熱の発生が多くなり、切削部の温度が高くなるため活性度が増し、工具の磨耗が大きくなる。
- ③継続的な変形により切りくずが生成されるため、刃先に加わる切削抵抗の変動が大きく、刃先が欠けたり大きく磨耗しやすい。
- ④ヤング率が小さい材質の場合、切削したときに加工材が大きく変形しやすく、特に薄物の加工では、加工精度の低下やびびりが生じる。
- ⑤磨耗した工具や薄い切りくずが出る条件で切削した場合、熱で切りくずが発火することがある。

< 難削材加工によくあるトラブル >

- 1 ①工具寿命が著しく短くなる
- 2 ②加工精度、面粗度が悪くなる
- 3 ③切り粉が発火して火災の原因となる

5.

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

難削材加工の問題とその対策



難削材加工の問題とその対策

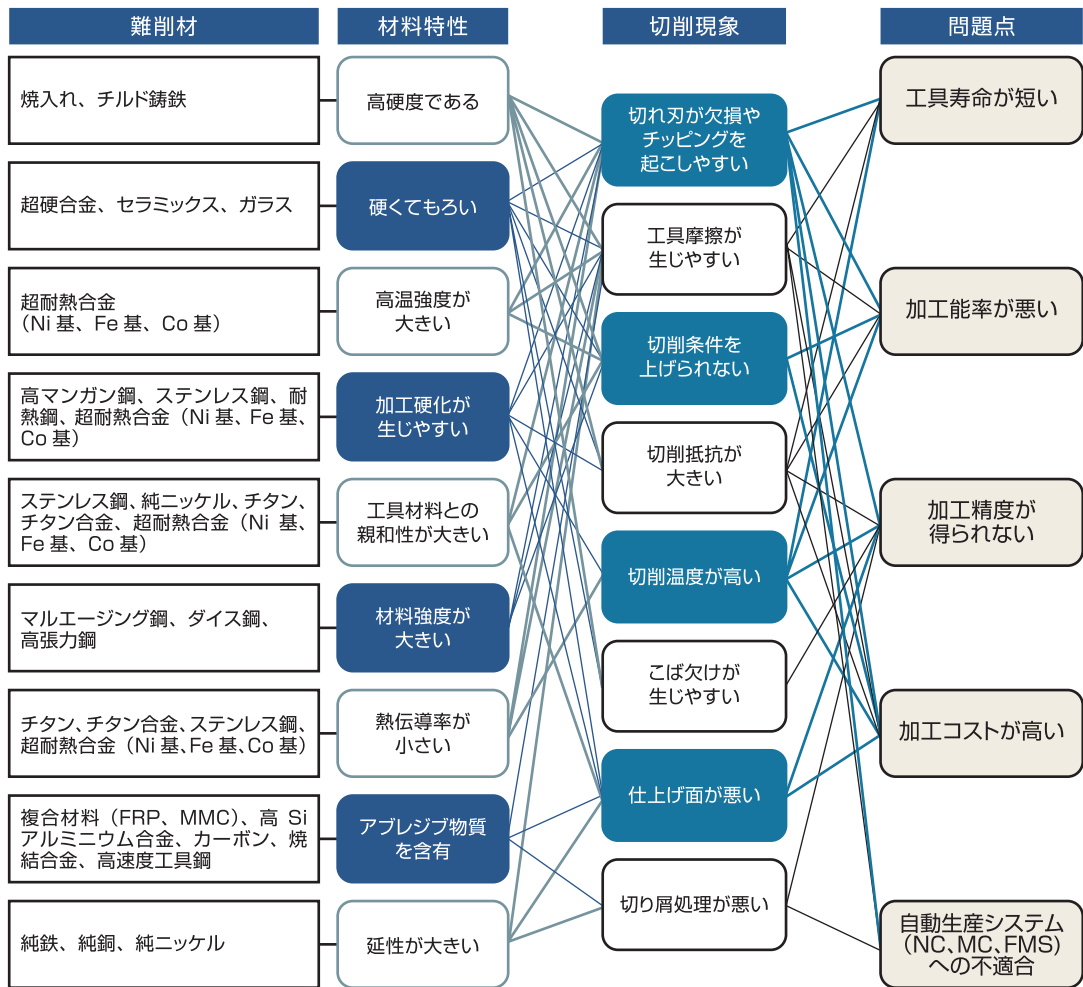
このような加工上の問題点やそれに伴う加工トラブルを発生させる難削材ですが、そうした問題の対応策として一般的に、

- ①切削速度の低下
- ②切削油による冷却
- ③適正工具の選択
- ④適正工作機械の選択

といった対応が取られます。

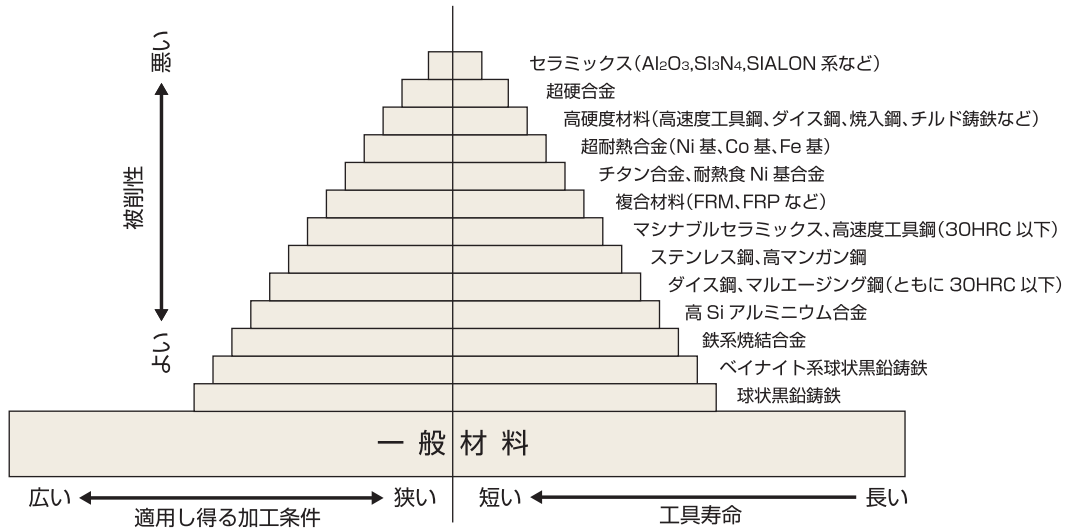
難削材の材料特性及び切削への影響とその諸原因を下の表にまとめます。

難削材の諸特性と切削現象



6. コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

難削材における加工の難易度



工具損傷からみた難削材のピラミッド

加工材料の材質ごとの加工難易度は、上図ピラミッドに基づきます。

ピラミッドの縦軸方向は材料の削りにくさを、ピラミッドの横方向は、現場で適用可能な切削条件・工具寿命を示しています。

材料の被削性だけでなく、実際の現場での切削条件をどの程度まで上げられるかを事前に把握することが加工工数を見積る上でポイントになります。

例えば、被削性の割に想定した加工速度で進められず、予想以上に工数（コスト）がかかってしまうことも実際にあるので注意が必要です。

またグラファイトのように加工機を著しく傷める材質やマグネシウムのように発火の恐れがある材質、さらにアルミニウムやチタンなど粉塵爆発を起こす恐れのある材質もあるので注意が必要です。

6. コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

➡ 難削材の各特性一覧表

難削材の切削に当たっては、各難削材の特性を理解しておくことが重要です。下に難削材の特性と材質の例の表を示します。

難削材の特性と材質の例

特 性	材 質 の 例
高硬度	高 硬 度 鋼： 焼入鋼、ダイス鋼、高速度工具鋼、 プリハードン鋼、非調質鋼等 高 硬 度 鋳 鉄： 高合金チルド鋳鉄等 Co基超耐熱合金： ステライト等
硬脆性	超硬合金、サーメット、セラミックス、耐火煉瓦、天然岩石、 ガラス、単結晶シリコン、強化物質を多量に含有する複合材 料のMMC(金属基複合材)等
加工硬化性が大きい	Fe基/Ni基/Co基超耐熱合金（インコネル・ハステロイ・ワスパロイ）、 ステンレス鋼、耐熱鋼、ステンレス鋼鋳鋼、耐熱鋼鋳鋼、高 マンガン鋼鋳鋼、球状黒鉛鋳鉄、オーステンパー球状黒鉛鋳鉄等
工具との親和性が高い	Fe基/Ni基/Co基超耐熱合金（インコネル・ハステロイ・ ワスパロイ）、チタン合金、ステンレス鋼、高速度工具鋼
高温強度が大きい	Fe基/Ni基/Co基超耐熱合金（インコネル・ハステロイ・ ワスパロイ）
熱伝導率が小さい	チタン、チタン合金、超耐熱合金、ステンレス鋼、 純ニッケル、高マンガン鋼等
材料強度が大きい	ダイス鋼、マルエージング鋼等
アブレシブ物質を含有する	焼結鋼、高速度工具鋼、高Siアルミニウム合金、 FRP (Fiber Reinforced Plastics)、強化物質を多量に 含有する複合材料のMMC(金属基複合材)等
延性が大きい	アルミニウム、純銅、無酸素銅、純鉄、純ニッケル、コパール、 アルミニウム合金、銅合金等

6. コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

➡ 難削材加工のポイント

本ハンドブックでは、加工現場での実践的な難削材の切削条件や加工におけるポイントを分かりやすく解説していきます。ポイントを以下にまとめます。

■ 炭化ケイ素 (SiC)、セラミックス

- 6-1① 炭化ケイ素 (SiC) セラミックスの特性
- 6-1② ファインセラミックスの特性
- 6-1③ セラミックスにおける研削加工のポイント1
- 6-1④ セラミックスにおける研削加工のポイント2

■ タングステン

- 6-2① タングステンの特性
- 6-2② タングステンにおける旋盤加工のポイント
- 6-2③ タングステンにおけるチッピング防止のポイント
- 6-2④ タングステンにおけるフライス加工のポイント
- 6-2⑤ タングステンにおけるタップ加工のポイント
- 6-2⑥ タングステンにおける加工条件設定のポイント

■ モリブデン

- 6-3① モリブデンの特性
- 6-3② モリブデンにおけるフライス加工のポイント
- 6-3③ モリブデンにおける加工条件設定のポイント

■ 超硬合金

- 6-4① 超硬合金の特性
- 6-4② マシニング加工から放電加工への置き換え
- 6-4③ 超硬合金における加工条件設定のポイント

■ インコネル

- 6-5① インコネルの特性
- 6-5② インコネルにおけるフライス加工のポイント

■ ハイス鋼

- 6-6① ハイス鋼の特性
- 6-6② ハイス鋼における旋盤加工のポイント

<参考>

- ・コバルトにおける加工のポイント
- ・ハステロイにおける加工のポイント
- ・マグネシウムにおける加工のポイント
- ・ステライトにおける加工のポイント

6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

炭化ケイ素 (SiC) 6-1① 炭化ケイ素 (SiC) セラミックスの特性

■材料特性

炭化ケイ素 (SiC) セラミックスはファインセラミックスの中で耐熱性に優れ、高温領域での機械的強度に低下が少なく、共有結合性が強いいためファインセラミックスの中では最も硬く、耐摩耗性、さらに耐食性にも優れた材料です。

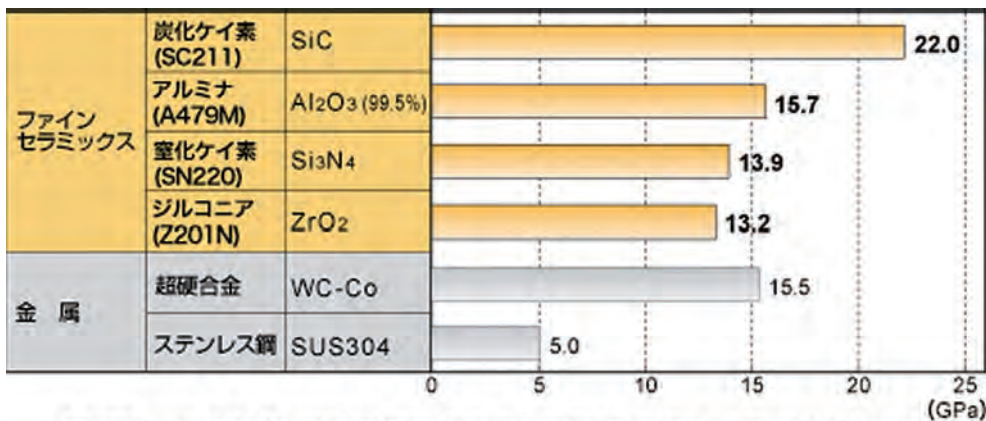
このような特性を活かしてメカニカルシールやケミカルポンプの軸受に、また高温強度、高温耐食性が要求される半導体や液晶製造装置用部材等に利用されています。

炭化ケイ素 (SiC) セラミックスは、高硬度の特性を有するために機械加工が極めて困難な材料です。切削加工、研削加工には多結晶焼結ダイヤモンド工具、単結晶ダイヤモンド工具等の諸種のダイヤモンド工具が多用されています。

炭化ケイ素 (SiC) セラミックスの材料特性

	密度 [g/cm ³]	曲げ強さ [kg/mm ²]		ビッカース硬さ [kg/mm ²]	ヤング率 [10 ⁴ kg/mm ²]	ポアソン比	破壊じん性 [MN/m ^{3/2}]	耐摩耗性 [cc/rev]	熱伝導度 [cal/m·sec·°C]	熱膨張係数 [10 ⁻⁶ /°C]	熱衝撃温度 Δγ[°C]
		常温	1200°C								
SiC	3.2~3.3	50 80	40 60	~2600	4.8	0.24	3.0~3.5	12	0.15~0.20	4~5	400~600

ビッカース硬度のグラフ



(測定方法 JIS R1607-1990 記載の IF 法の破壊靱性値を算出するときに用いられるビッカース硬さ)

※京セラ ファインセラミックスワールドより引用

6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

セラミックス

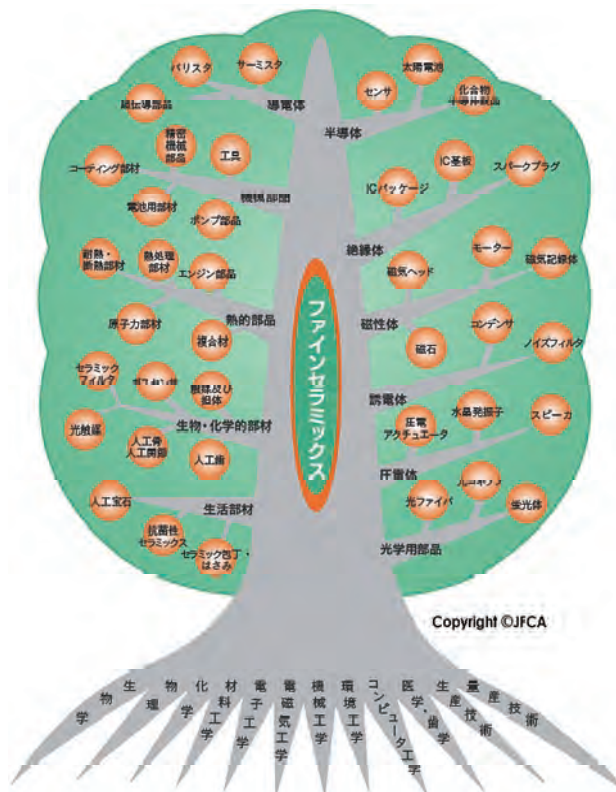
6-1② ファインセラミックスの特性

■材料特性

セラミックスという言葉は「焼き固めたもの」という意味で、かつてはレンガや陶磁器などの窯業製品のことを指していました。これらのセラミックスは現在ではクラシック・セラミックスとも呼ばれています。このようなセラミックスに対し、化学的処理を施した高純度原材料を用いて製造されたセラミックスをエンジニアセラミックスやファインセラミックスと呼びます。

ファインセラミックスには熱に強く摩耗が少ないなど金属材料や有機材料にはない優れた特性が数多くあり、機械的特性やその他の機能を十分に発揮させるため、化学組成、結晶組成、微細組織、形状及び製造工程を、緻密に制御して製造されています。ファインセラミックスの例として、絶縁部品や耐熱冶金に使われるアルミナ、摺動部に用いられるジルコニア、ベアリング部に用いられる窒化珪素など、下図を見ても分かるように、現在ではファインセラミックスの使用範囲は多岐に渡っており、現代産業にとって欠くことのできないものとなっています。

ファインセラミックスの使用領域



※社団法人ファインセラミックス協会ホームページより引用

6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

セラミックス

6-1③ セラミックスにおける研削加工のポイント①

■加工におけるポイント

セラミックスを研削するには、その機械的特性をよく理解しておくことが大切です。

研削作業にあたっては、下表に示すようなセラミックスの機械的特性表に基づいて研削条件を決定します。

研削加工の際に砥粒を工作物に押し込むにはその硬さが問題になります。

通常、工作物を研削するにはその硬さの少なくとも3倍以上の硬さの砥粒が必要ですので注意してください。

ファインセラミックスの特性

	Si ₃ N ₄	SiC	ZrO ₂	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ -TiC	WC-Co	
密度 [g/cm ³]	3.2 ~ 3.4	3.2 ~ 3.3	6.0 ~ 6.1	3.96 ~ 3.99	4.2 ~ 4.3	10 ~ 15	
曲げ強さ [kg/mm ²]	常温	70 ~ 110	50 ~ 80	90 ~ 160	50 ~ 70	60 ~ 80	150 ~ 300
	1200°C	50 ~ 60	40 ~ 60	20 ~ 30	30 ~ 40	35 ~ 45	-
ビッカース硬さ [kg/mm ²]	~ 1800	~ 2600	~ 1300	~ 2200	~ 2400	~ 1800	
ヤング率 [10 ⁴ kg/mm ²]	3.2	4.8	1.9	3.8	4.2 ~ 4.3	5.5 ~ 6.5	
ポアソン比	0.25	0.24	0.32	0.27	0.24	0.21 ~ 0.30	
破壊じん性 [MN/m ^{3/2}]	4.2 ~ 5.3	3.0 ~ 3.5	7.0 ~ 9.0	3.0 ~ 3.2	3.7 ~ 4.4	10.0 ~ 12.0	
耐摩耗性 [cc/rev]	22	12	29	17	15	5 ~ 20	
熱伝導度 [cal/m · sec · °C]	0.05 ~ 0.09	0.15 ~ 0.20	0.005 ~ 0.01	~ 0.06	~ 0.05	0.15 ~ 0.25	
熱膨張係数 [10 ⁻⁶ /°C]	~ 3	4 ~ 5	8 ~ 12	~ 8	~ 8	5 ~ 6	
熱衝撃温度 Δγ [°C]	600 ~ 800	400 ~ 600	200 ~ 300	200 ~ 300	200 ~ 300	-	

セラミックスの研削加工においては、加工する物質の少なくとも3倍の硬さの砥粒を用いなければならない。

6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

セラミックス

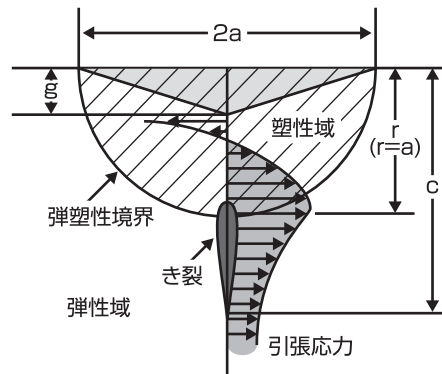
6-1④ セラミックスにおける研削加工のポイント②

■加工におけるポイント

砥粒を工作物に押し込んだ際、どの程度の押し込み深さになったときに亀裂が発生するかを把握しておくことが重要です。亀裂が発生する限界の押し込み深さを臨海押し込み深さと言い、計測する際は超音波顕微鏡を用います。

各種セラミックス材料によって値が大きく異なるので、必ず事前に確認してから研削に取り掛かるようにします。

下表に書くセラミックスの臨界押し込み深さを計算によって求めた表を掲載しますので、参考にしてください。



圧子押し込み時のき裂の発生

材料	ヤング率 E[GPa]	ポアソン比 ν	硬さ Hv	靱性 K_{Ic} [MPam ^{3/2}]	臨界条件 式(1) g[μ m]	臨界条件 式(2) g[μ m]
SiC	400	0.16	2,500	2.5	0.15	0.26
Si ₃ N ₄	300	0.27	1,700	4.8	1.08	1.98
Al ₂ O ₃	370	0.22	1,700	3.5	0.47	1.03
ZrO ₃	200	0.27	1,400	37.0	4.2	6.22
Si(100)	170	0.2	1,000	0.8	0.09	0.15

セラミックスの研削加工においては、砥粒を工作物に押し込んだ際に、亀裂が発生するレベルを最初に把握しておく。

6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

タングステン

6-2① タングステンの特性

■材料特性

タングステン純金属は融点が3410℃と極めて高く、硬度、引っ張り強さ、弾性などの機械的性質にも優れています。

タングステン含有材料には超硬合金、管球材料、半導体電極、高速度工具鋼などの特殊鋼、超耐熱合金があり、切削加工の被削性から見るといずれも難削材にあたります。

特にタングステンの炭化物WCを含有する材料の切削は極めて難しくなります。

また、タングステンはレーザー発振材料、半硬磁性材料、蛍光体材料、その他のセラミックス材料にも添加されていて、金属材料の分野にとどまらず、非金属の分野においても、広範な用途に使用されています。

タングステン系高融点合金の組成

Materials	W	Mo	Ni	Fe	Cu	Re	Ag	C
GE-218	bal	-	-	-	-	-	-	-
Anvilloy1100	bal	4.00	4.00	2.00	-	-	-	-
Anvilloy1150	bal	4.00	4.00	2.00	-	-	-	-
Anvilloy1200	bal	4.00	4.00	2.00	-	-	-	-
Gyromet	bal	-	3.00	*	7.00*	-	-	-
Mallory2000	bal	-	5.00	-	-	-	-	-
W-10Ag	bal	-	-	-	-	-	10.00	-
W-15Mo	bal	15.00	-	-	-	-	-	-
W-7Ni-4Cu	bal	-	7.00	-	4.00	-	-	-
W-5Re	bal	-	-	-	-	5.00	-	-
W-25Re	bal	-	-	-	-	25.00	-	-
W-25Re-30Mo	bal	30.00	-	-	-	25.00	-	-
50W-C-50Ag	bal	-	-	-	-	-	50.00	-
50W-49Ag	bal	-	-	-	-	-	49.00	-
55W-45Cu	bal	-	-	-	45.00	-	-	-
56W-C-44Cu	bal	-	-	-	44.00	-	-	-
65W-35Ag	bal	-	-	-	-	-	35.00	-
72.5W-27.5Ag	bal	-	-	-	-	-	27.50	-
74W-26Cu	bal	-	-	-	26.00	-	-	-
85W-15Ag	bal	-	-	-	-	-	15.00	-
87W-13Cu	bal	-	-	-	13.00	-	-	-

*7.00Cu+Mo+Fe, *5.00Ni+Cu, *withW(Tungsten)



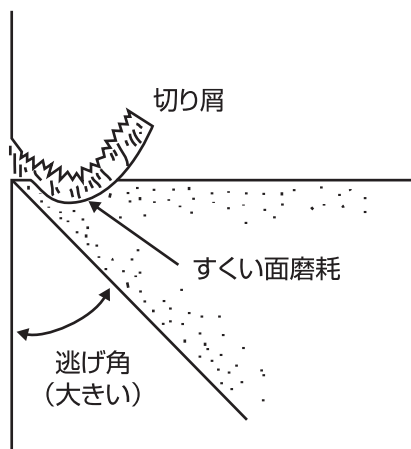
6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

タングステン

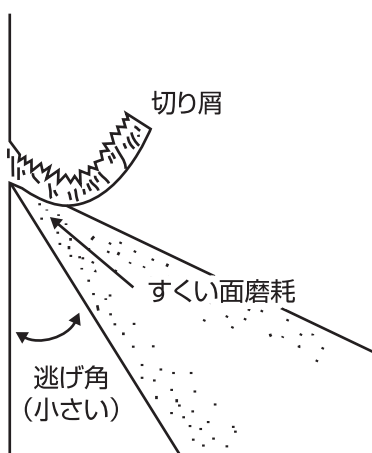
6-2② タングステンにおける旋盤加工のポイント

Before



タングステン素材で旋盤加工を行う場合、超硬度のチップを用いていると、面粗度が荒くなってしまいます。その理由は、チップの先端形状のすくい角が緩いためです。

After



サーメットのチップを用いると、すくい角が大きくなり、面粗度を上げることができます。

タングステンの旋盤加工では、チップ素材の選び方で面粗度の向上が図れる。

6.

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

失敗しない難削材加工のポイント

タングステン

6-2③

タングステンにおける
チッピング防止のポイント

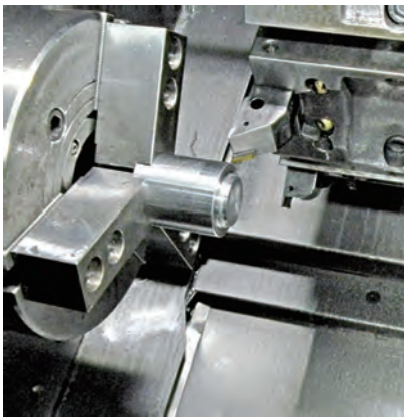
Before



タングステンの表面は滑りやすいので加工には注意が必要です。

一般的な材料の場合はクーラントを掛けることでチッピングを防止します。

After



タングステンの場合はクーラントを掛せずにドライ加工を行うほうが、チッピングの防止に効果があります。

ただし、面粗度を上げるためには、クーラントを掛けた方がベターですので、荒加工はドライ加工、仕上げ加工は取りしるを最大にしてクーラント加工を行うことが効率的です。

タングステンの荒加工にはドライ加工、仕上げ加工はクーラント加工を用いることでチッピングの防止ができる。

6. 失敗しない難削材加工のポイント

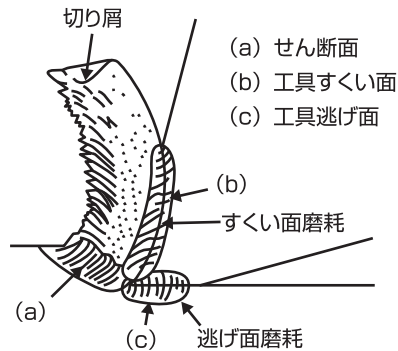
コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

タングステン

6-2④

タングステンにおける フライス加工のポイント

加工条件の設定が不適切な場合、特に硬い材料の場合はワークが熱を持ち、加工硬化を起こします。



切削熱の発生因子

トラブルを防ぐためには、荒加工は湿式で行うと同時に、回転数を落として加工します。
その上で仕上げ加工は乾式で行います。
仕上げ加工を湿式で行うと刃物が逃げる傾向があり、仕上がりが安定しないので注意が必要です。

タングステンにおいては、荒加工は湿式で行い、
仕上げ加工は乾式で行うことにより、安定した仕上がりを実現できる。

6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

タングステン

6-2⑥ タングステンにおけるタップ加工のポイント

B efore



通常のタップ

難削材のタップ加工は、タップに大きな負荷が掛かるため、タップが折れやすく、かつ送り速度も制限されるので、加工に非常に長い時間が掛かります。

A fter



プラネットカッター



タップ加工

タップ加工に、通常のタップではなく、プラネットカッターを使用します。まず、荒加工で穴を空けた後に、プラネットカッターによりタップ加工を施すと工程が約1/12程度と、劇的に短縮できます。

タングステンにおけるタップ加工では、タップの代わりにプラネットカッターを用いることで、加工時間が大幅に改善できる。

6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

タングステン

6-2⑥

タングステンにおける加工条件設定のポイント

■加工におけるポイント

純金属タングステンは切削作業が極めて困難です。

工具材料として、ダイヤモンド焼結体は不適でcBN焼結体が適する傾向の切削データが一般的です。

なお工具材種K10の場合、切削速度は旋削加工で $v_c=10 \sim 25\text{m/min}$ が推奨されます。

タングステン系高融点合金は前頁の表を見られるように、種類が多く、切削加工の用途類也多岐にわたっていますが、切削速度の目安は

Ge-218,W-15 Mo,W-5 Re,W-25 Rem W-s5 Re-30Moで $v=60 \sim 90\text{m/min}$ 程度、

Anvilloyシリーズで $v=60 \sim 90\text{m/min}$ 程度、

Gyromet,Mallory2000、W-10Ag,W-7Ni-4 Cuで $v=40 \sim 60\text{m/min}$ 程度が目安です。



タングステンにはダイヤモンド焼結体の工具は使えない。一般的な切削データからは、cBN焼結体が適しているので、cBN焼結体を用いることを切削条件設定の出発点とする。

6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

モリブデン

6-3① モリブデンの特性

■材料特性

モリブデンは天然では、二酸化モリブデンとして存在し、見かけは黒鉛とほぼ同じ鉱物です。

モリブデン純金属の融点は2610℃で、タングステン、タンタルについて高くなっています。展性、延性に優れて鍛造や圧延も可能な金属です。

単体金属としてのモリブデンには用途があまりありませんが、その特性から、耐熱性や耐食性に富む特殊鋼や特殊合金の添加金属として多用されています。

金属材料としてだけでなく、石油脱硫触媒、防錆顔料、固体潤滑剤として用いられ、半硬質磁性材料、耐熱セラミックス材料にも用いられ、非常に用途が幅広い金属のひとつです。

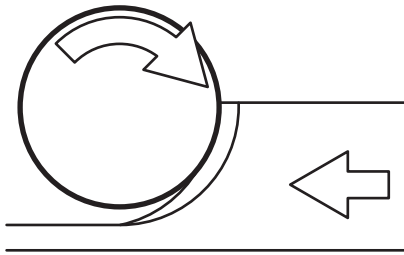
工具材料としてタングステン系合金よりも粘りが強いいため、靱性を要する各種の切削工具、打ち抜き用パンチ、ダイなどに用いられています。

6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

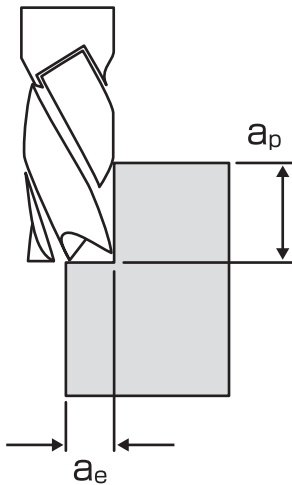
モリブデン

6-3② モリブデンにおけるフライス加工のポイント



モリブデンは材質上、欠けやすいという特徴をもち、切削加工を行う場合は注意が必要です。

例えば、フライス加工の場合、刃物の回転方向に抜ける側が欠けやすくなります。



刃物がワークを抜けないように、プログラムを工夫し、ツールパスを出すことでワークの欠けを抑えることができます。

タングステンでは必要ありませんが、モリブデンの場合はこういった配慮が必要です。

モリブデンは欠けやすいため、刃物がワークを抜けないようにツールパスを工夫する。

6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

モリブデン

6-3③ モリブデンにおける加工条件設定のポイント

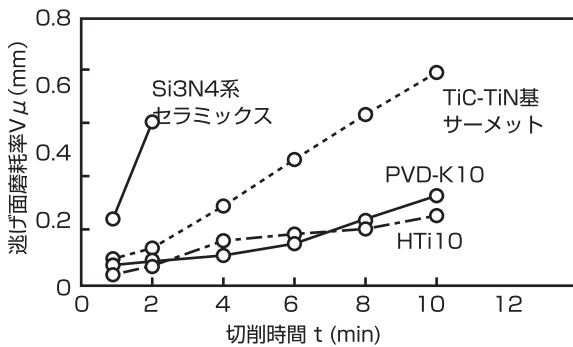
■加工におけるポイントと切削条件

モリブデンに関する旋削加工の実験データとモリブデン系高融点合金の主たるものを下に示します。

加工に適した工具材料としては、超硬合金K10と、これに薄膜のPVDコーティングを施したものがよいでしょう。セラミックスやサーメット材種のは加工に向きません。

旋削工具のすくい角が大きく、切刃稜にプリホーニングを施していないシャープエッジのものがよいでしょう。

適正切削条件はタンタルに準じますが、純金属モリブデンとMo-50Re、TZC、TZMについてはVc=40-60m/min、61Mo-39 Ag、50Mo-50 AgについてはVc=50-80m/min程度です。



被削材：高融点金属 純Mo (Molybdenum)
 切削工具：CSBNR2525, SNGN12404
 切削条件：vc=60m/min, af=0.30mm
 f=0.10mm/rev
 切削油剤：水溶性

Materials	Mo	W	Nb	Zr	Fe	Re	C	Ag
Mo	99.00	-	-	-	-	-	-	-
Mo-50 Re	bal	-	-	-	-	50.00	-	-
TZC	bal	-	-	0.30	1.25	-	-	-
TZM	bal	-	-	0.08	0.50	-	-	-
60 Mo-39 Ag	bal	-	-	-	-	-	-	39.00
50 Mo-50Ag	bal	-	-	-	-	-	-	50.00

モリブデンの加工においては、PVDコーティング済の超硬合金素材で、なおかつすくい角の大きいシャープエッジの工具を用いるとよい。

6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

超硬合金

6-4① 超硬合金の特性

■材料特性

超硬合金は、切削工具材料として開発されたものです。近年では治具部品や切削用途の需要が高まり、切削加工の対象となることが多くなっています。

超硬合金の被削性は結合物質のCo量の多寡によって異なりますが、ファインセラミックスに比べると切削加工は容易です。

切削工具の中で高硬度順に並べると、単結晶ダイヤモンド、cBN焼結体、セラミックス、超硬合金の順になります。

高硬度特性から見たとき、超硬合金はこれらの工具材料のなかで、もっとも加工しやすい超硬質材料です。

超硬合金の主要成分
(JIS B 4053¹⁹⁸⁹, 参考表1³³³)

単位[重量%]

使用分類記号	金属成分	硬質相成分	
	Co	Wを主体とした硬質層	硬質相中のTi,Ta(Nb)
P01	4~8	92~96	20~50
P10	4~10	90~96	20~40
P20	5~10	90~95	10~30
P30	7~12	88~93	5~25
P40	7~15	85~93	2~20
M10	4~9	91~96	5~25
M20	5~11	89~95	2~20
M30	7~12	88~93	1~15
M40	8~20	80~96	1~3
K01	3~6	94~97	0~3
K10	4~7	93~96	0~3
K20	5~8	92~95	0~3
K30	6~11	89~94	0~3
V10	3~6	94~97	-
V20	5~10	90~95	-
V30	8~16	84~92	-

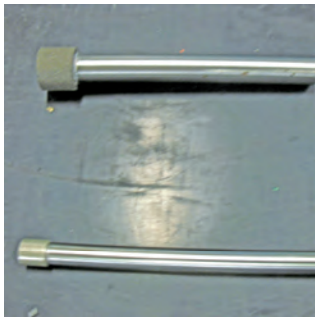
6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

超硬合金

6-4② マシニング加工から放電加工への置き換え

B efore



超硬合金の加工は、従来電着砥石を使用し、マシニングセンタで加工を行っていました。しかし、超硬合金の加工には送りを非常に小さくしなければならなかったため、加工時間が長くなってしまいました。

A fter



超硬回路



放電加工

超硬回路仕様の放電加工機を使用すると、形状によっては荒加工が機械加工よりも速く仕上がります。その後にマシニングセンタで仕上げ加工を行うことにより、加工時間の大幅短縮が可能になります。

超硬合金の粗加工に放電加工を、仕上げ加工に切削加工を行うことにより、加工時間の大幅短縮が可能である。

6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

超硬合金

6-4③ 超硬合金における加工条件設定のポイント

■加工におけるポイント

超硬合金の切削を超硬合金工具で行う場合、Co含有量の多寡に気を配ることが重要です。Coの含有量が少ないと硬度が増し、多いと硬度は低下して切削が容易になりますので、切削の際はCo含有量の少ない高硬度材種の工具で、低硬度材種の切削加工を行うことが基本方針になります。

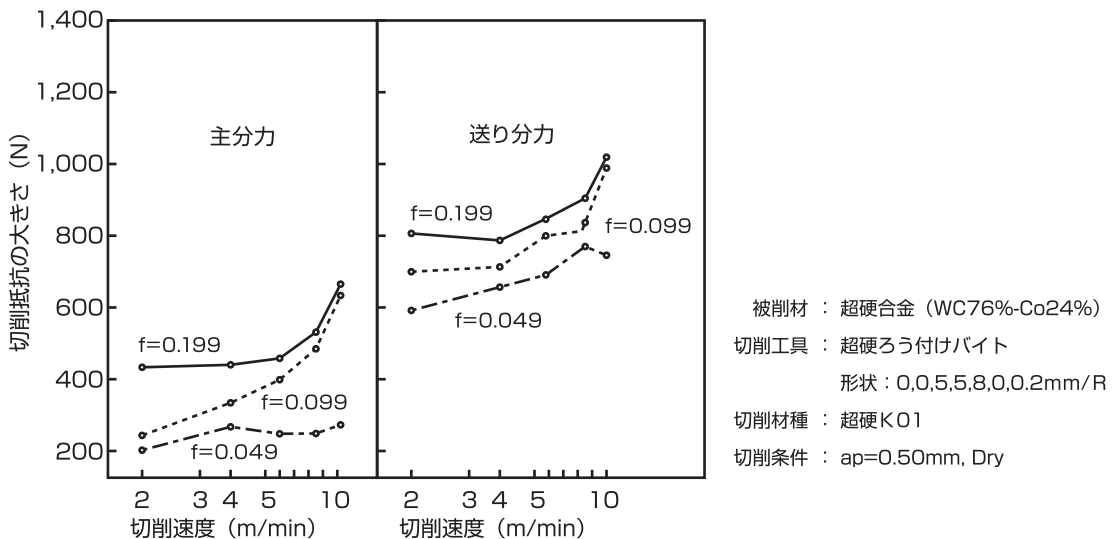
■切削条件

超硬合金の旋削加工における切削速度と抵抗の関係を下図に示します。

下図は超硬合金の中でもっとも高硬度な工具材種K01を使用し、Co24%の超硬合金を切削加工した時の切削抵抗の主分力と送り分力の関係です。

高硬度材の切削では主分力よりも切削工具の逃げ面に作用する送り分力や背分力が増大します。超硬合金は焼入れ鋼などに比較すると硬度が大幅に高いので、一層この傾向が強く現れています。

超硬合金の旋削加工における切削速度ならびに送り量と切削抵抗の関係



超硬合金の加工を超硬工具で行う場合、
工具側にはCo含有量の少ない高硬度な工具を用いる。

6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

インコネル

6-5① インコネルの特性

■材料特性

インコネルとはスペシャルメタルズ社の超耐熱合金の商標です。

耐熱性、耐食性、耐酸化性、耐クリープ性などの高温特性に優れており、宇宙用機器、原子力関連機器、火力発電用機器、各種プラント、ごみ焼却炉、航空機のジェットエンジンなどに用いられています。インコネルを含む超耐熱合金は金属材料として、もっとも切削加工の困難な合金のひとつに分類されます。

切削加工が困難な理由として、高温強度が大きいこと、加工硬化が生じやすいこと、工具材料との親和性が大きいこと、熱伝導率が悪いことが挙げられます。

通常は、上記の1～2項目に当てはまると難削材として分類されますが、インコネルの場合はこの全ての項目に当てはまる難削材なのです。

■切削特性

インコネルの被削性は著しく悪く、被削性指数が10%以下のものも決して珍しくありません。インコネルを含む超耐熱合金は生産現場で利用できる実用的な切削データが、十分に存在していません。

そのため工具材種や切削工具の切れ刃形状の選択、切削条件の設定などに関して、指針となる基礎データは常に不足しているといってい良いでしょう。

インコネルの切削においては一般的な推奨切削条件を出発点として、ケースバイケースで切削条件を探っていくことが重要です。

高耐食Ni基合金ならびに関連合金の推奨切削条件—旋削加工

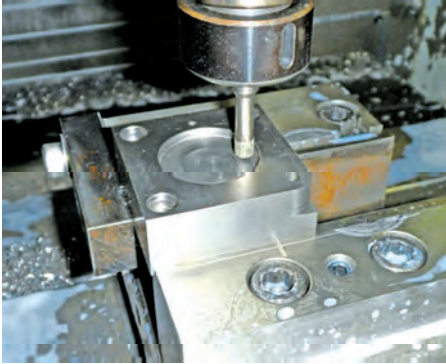
被削材	切削速度 v_c (m/min)																											
	高耐食 Ni 基合金		高耐食 Ni-Fe 基合金			Ni-Cu 系		Ni-Mo 系 Ni-Cr-Mo 系		Ni-Cr 系 Ni-Cr-Mo-Fe 系																		
	NC-Ni	LC-Ni	MA20Nb	MA20NB-3	MA20	MA20Mod	M-M	C-M	K-M	ハステロイ B	ハステロイ B-2	ハステロイ C	ハステロイ C-278	ハステロイ C-4	MA43C	ハステロイ C-22	MA53C	ハステロイ G	ハステロイ G-3	ハステロイ G-30	ハステロイ H	MA625L	MA625C	WC アロイ	MA600	MA600C	MA600T	
工具材種	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB
	≤250	≤250	≤350	≤250	≤250	≤350	≤250	≤250	≤350	≤200	≤250	≤200	≤250	≤200	≤250	≤200	≤250	≤200	≤250	≤200	≤250	≤200	≤250	≤200	≤250	≤200	≤250	≤200
超硬合金	0.25	0.08	15-30	35-55	30-50	50-80	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	18-35
K10(GT10)	1.00	0.10	12-25	30-50	25-45	45-75	15-30	12-25	18-35	15-30	12-25	18-35	15-30	12-25	18-35	15-30	12-25	18-35	15-30	12-25	18-35	15-30	12-25	18-35	15-30	12-25	18-35	
K20(GT20T)	2.50	0.15	10-20	25-45	20-40	40-70	12-25	10-20	15-30	12-25	10-20	15-30	12-25	10-20	15-30	12-25	10-20	15-30	12-25	10-20	15-30	12-25	10-20	15-30	12-25	10-20	15-30	
超微粒子超硬合金 (TF10, TF15)	4.00	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PVD 法コーテッド 超硬合金	0.25	0.08	18-35	40-60	35-55	65-90	20-40	18-35	25-45	20-40	18-35	25-45	20-40	18-35	25-45	20-40	18-35	25-45	20-40	18-35	25-45	20-40	18-35	25-45	20-40	18-35	25-45	
(AP10HL, VP10RT) (VP15TF)	1.00	0.10	15-30	35-55	30-50	60-85	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	
(VP15TF)	2.50	0.15	12-25	30-40	25-35	55-80	15-30	12-25	18-35	15-30	12-25	18-35	15-30	12-25	18-35	15-30	12-25	18-35	15-30	12-25	18-35	15-30	12-25	18-35	15-30	12-25	18-35	
(VP15TF)	4.00	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CVD 法コーテッド 超硬合金	0.25	0.08	-	50-80	45-70	-	25-45	20-40	30-50	25-45	20-40	30-50	25-45	20-40	30-50	25-45	20-40	30-50	25-45	20-40	30-50	25-45	20-40	30-50	25-45	20-40	30-50	
M35相当 (US735)	1.00	0.10	-	45-70	40-65	-	20-40	18-35	25-45	20-40	18-35	25-45	20-40	18-35	25-45	20-40	18-35	25-45	20-40	18-35	25-45	20-40	18-35	25-45	20-40	18-35	25-45	
M20相当 (US7030)	2.50	0.15	-	40-60	35-60	-	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	18-35	15-30	20-40	
M20相当 (US7030)	4.00	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

6. 失敗しない難削材加工のポイント

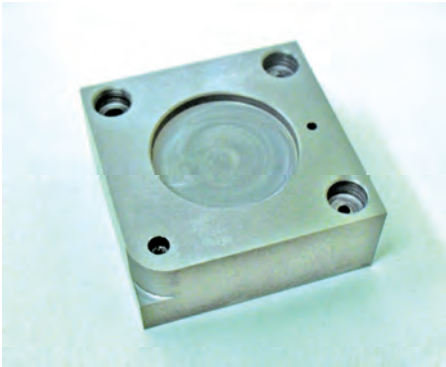
コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

インコネル

6-5② インコネルにおけるフライス加工のポイント



インコネルは耐熱、耐腐食性に優れた特性を持つ反面、靱性が高く粘いために加工が困難です。特に刃物に負荷がかかり易いため、刃物が折れたり欠けやすくなります。



刃物の欠けを防ぐためには、まず最適な工具材料を選ぶ必要があります。

次いで、削りしろを小さく取り、できるだけ負荷がかからないツールパスを選定することで、刃物の消耗を大きく抑えることが可能になります。

インコネルのフライス加工では、適切な工具材料を選び、削りしろを小さく取り、負荷を小さくすることで工具寿命を伸ばすことができる。

6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

ハイス鋼

6-6① ハイス鋼の特性

■材料特性

ハイス鋼（高速度鋼工具鋼）は、超硬合金、サーメット、コーテッド超硬合金といった硬質焼結工具と並んで、主要な工具材料のひとつです。

ハイス鋼は本来、高速切削を可能にするために開発された工具材料であり、ハイス鋼の切削加工は、工具材料で工具材料を切削することになります。したがって、炭素工具や合金工具鋼に比べると、ハイス鋼の切削は一段と難しいものになります。

ハイス鋼はCO,W,MO,Crといった他の工具材料と同質の金属を用いているため、たとえ超硬合金で切削する場合でも、工具への溶着や切削熱の上昇に起因する切れ刃すくい面の拡張磨耗が進行しやすくなっており、切削には注意が必要です。

■加工上でのポイント

切削速度を高く設定して切削する場合には、PVD法のコーテッド超硬合金工具が適しています。コーテッド層が、ハイス鋼と超硬合金工具との親和性を遮断し、溶着現象を防いでくれます。しかし、工具磨耗によりコーテッド層が減失すると工具磨耗が急速に進むので、工具の状態には気を配ることが重要です。



6. 失敗しない難削材加工のポイント

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

ハイス鋼

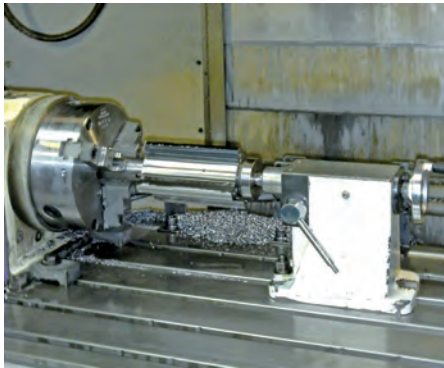
6-6② ハイス鋼における旋盤加工のポイント

■加工におけるポイント

ハイス鋼は旋盤加工でよく刃物のチッピングトラブルを起こします。

ハイス鋼は表面が硬いので、加工条件を落とし、まず表面を加工します。その後、条件を上げて残りの部分を加工します。

ドリル加工の場合も同様で、例えば90mm深さの穴を空ける際には、刃決め15mm位は条件を落として加工し、残りの加工は1.5倍程度の条件で加工を行うことで、効率的な加工が可能になります。



ハイス鋼の旋盤加工では、最初の硬い表面の加工を加工条件を落として行い、その後加工条件を上げていく。

6.

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

失敗しない難削材加工のポイント

コバルトにおける加工のポイント

■材料特性

コバルトは常温付近での熱膨張率が金属の中でも低く、硬質ガラスに近いので、硬質ガラス、セラミックスの封着用、電子管、電子部品などの接合部材として使用されています。

しかし、コバルトは非常に粘りがあり、かつ熱伝導率が低いという特徴があり、切削の難しい材料です。

加工硬化性も大きく、熱伝導率が低く溶着しやすいため、工具刃先にチッピングが起きやすく、また溶着欠損しやすい傾向にあります。

生産現場ではこのようなバリの除去に多大の工数を要しています。

■加工におけるポイント

切れ味を向上させバリの発生を抑えるため、切削工具のすくい角やねじれ角を大きくとることが工具損傷、仕上げ面粗さ、切削抵抗の点からポイントとなります。

また、耐溶着性に優れたコーティング工具による加工を行うこともポイントです。

■切削条件

	部品加工	溝加工
工 具	刃径=φ6mm、刃数=4	刃径=φ8mm、刃数=2
回転数	12000min ⁻¹	2500min ⁻¹
切削速度	226m/min	63m/min
1 刃当たり送り	0.025mm/tooth	0.015mm/tooth
切込み	ap0.15×ae3mm	溝深さ 3mm
切削液	ミストクーラント	水溶性

6.

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

失敗しない難削材加工のポイント

ハステロイにおける加工のポイント

■材料特性

ハステロイは主にNi基の耐熱・耐食合金の商標です。

これら超耐熱合金は耐熱性、耐食性、耐酸化性、高温特性に優れており、航空、宇宙、原子力などの様々な分野で使用されています。

一方で、高温強度が大きい、加工硬化が生じやすい、工具材料との親和性が大きい、熱伝導率が悪いなど被削性指数は極めて低く加工が困難です。

■加工におけるポイント

エンドミル加工で適用される工具材種は超微粒子超硬合金が中心となります。

切れ刃の信頼性に優れた工具材種を選択するとともに、切れ刃の塑性変形損傷も発生しやすくなります。

工具損傷が進行すると加工硬化現象が激しくなり、一定の値に達すると切れ刃が異常損傷を伴って加速度的に劣化していくため、工具磨耗が大きく発達する前に工具交換は早めに行う必要があります。

■切削条件

エンドミル管	工具材種	送り量 (mm/tooth)	径方向送り込量 (mm)	被削材	切削速度 v_c (m/min)																	
					Inconel 706			Inconel 601			IN-102, -162			高耐食			Ni-Cr系		Ni-Cr-Mo系		Ni-Cr-Mo-Fe系	
					HB	HR	HR	HB	HR	HR	HB	HR	HR	HB	HR	HR	HB	HR	HB	HR	HB	HR
φ 6 mm 4枚刃 HA=45°	超微粒子超硬合金 PVD法コーテッド超硬合金 Solid Endmill	1.5D	1D/10 1D/5 1D/3	Inconel 706	32-42	28-35	25-32	30-40	25-32	22-30	28-38	22-30	20-28	20-35	40-70	35-60	60-85	25-35	22-30	25-35	22-30	20-25
				Inconel 721	30-40	25-32	22-30	28-38	22-30	20-28	25-35	20-28	18-25	18-30	35-60	30-65	50-80	22-32	20-25	22-32	20-28	18-22
				Inconel X-750	28-38	23-30	20-28	25-35	20-28	18-25	23-32	18-25	16-22	15-25	30-55	25-50	45-75	20-30	18-22	20-30	18-25	16-20
φ 12 mm 4枚刃 HA=45°	同上	1.5D	1D/10 1D/5 1D/3	Inconel 601	32-42	28-35	25-32	30-40	25-32	22-30	28-38	22-30	20-28	20-35	40-70	35-60	60-85	25-35	22-30	25-35	22-30	20-25
				Inconel 617	30-40	25-32	22-30	28-38	22-30	20-28	25-35	20-28	18-25	18-30	35-60	30-65	55-80	20-30	18-22	20-30	18-25	16-20
				Inconel 625	28-38	23-30	20-28	25-35	20-28	18-25	23-32	18-25	16-20	15-25	30-55	25-50	45-75	20-30	18-22	20-30	18-25	16-20
φ 18 mm 4枚刃 HA=45°	同上	1.5D	1D/10 1D/5 1D/3	Inconel 751	32-42	28-35	25-32	30-40	25-32	22-30	28-38	22-30	20-28	20-35	40-70	35-60	60-85	25-35	22-30	25-35	22-30	20-25
				TDNi	30-40	25-32	22-30	28-38	22-30	20-28	25-35	20-28	18-25	18-30	35-60	30-65	55-80	22-32	20-25	22-32	20-28	18-22
				TDNiCr	28-38	23-30	20-28	25-35	20-28	18-25	23-32	18-25	16-20	15-25	30-55	25-50	45-75	20-30	18-22	20-30	18-25	16-20

6.

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

失敗しない難削材加工のポイント

マグネシウムにおける加工のポイント

■材料特性

マグネシウムを切削するときの切削抵抗は、アルミニウムを切削する場合と比べて2分1程度と小さく被削性は良好です。

しかしながら、切削中の切りくずの燃焼や飛散およびそれらに伴う切削油剤の選択、工具逃げ面付着物の発生による仕上げ面の劣化などの問題も多いのです。

特にマグネシウムの薄片ないし粉末状の切りくずは、切削熱によって容易に発火するため注意が必要です。

■加工におけるポイント

まず第一に、薄片ないし粉末状の切りくずを出さないように切削することがポイントです。

具体的には送りや切込みをあまり小さく設定せず、切り刃を被加工物に食い込ませたまま送りを停止する、ドウェル時間はできるだけ少なくすることです。

また、切り込みの設定などのために被加工物に切れ刃を当てるときは、微細な切りくずを出さないようにすることが大切です。

第二に、排出された切りくずは工作機械の周りに放置しないですばやく除去することがポイントです。

また、金属缶などに入れて工作機械から離れた場所に移し、工作機械周りで発火トラブルが発生したとしても、除去した切りくずには絶対引火しないようにすることが重要です。

■切削条件

MATERIAL	HARD- NESS	CONDITION	DEPTH OF CUT*	HIGH SPEED STEEL TOOL				CARBIDE TOOL						
				SPEED	FEED	TOOL MATERIAL	UNCOATED			COATED				
							SPEED		FEED	TOOL MATERIAL GRADE C ISO	SPEED	FEED	TOOL MATERIAL GRADE C ISO	
							BRAZED	INDEX- ABLE						FEED
in mm	fpm m/min	ipr mm/r	AISI MATERIAL ISO	fpm m/min	fpm m/min	ipr mm/r	ipr mm/r	ipr mm/r						
30. MAGNESIUM ALLOYS, WROUGHT	50 10 90 500kg	Annealed,	.040	1000	.007	M2, M3	2500	Max.	.010	C-3	-	-	-	
		Cold	.150	900	.015	M2, M3	2000	Max.	.020	C-2	-	-	-	
		Drawn	.300	600	.030	M2, M3	1500	Max.	.040	C-2	-	-	-	
		or	.625	500	.040	M2, M3	1000	Max.	.080	C-2	-	-	-	
		Solution	1	305	18	S4, S5	760	Max.	.25	K10, M10	-	-	-	
		Treated	4	275	40	S4, S5	610	Max.	.50	K10, M10	-	-	-	
		and	8	185	75	S4, S5	460	Max.	1.0	K20, M20	-	-	-	
Aged	16	150	1.0	S4, S5	305	Max.	2.05	K20, M20	-	-	-			
31. MAGNESIUM ALLOYS, CAST	50 10 90 500kg	AS Cast,	.040	1000	.007	M2, M3	2500	Max.	.010	C-2	-	-	-	
		Annealed	.150	900	.015	M2, M3	2000	Max.	.020	C-2	-	-	-	
		of	.300	600	.030	M2, M3	1500	Max.	.040	C-2	-	-	-	
		Solution	.625	500	.040	M2, M3	1000	Max.	.060	C-2	-	-	-	
		1	305	18	S4, S5	760	Max.	.25	K10, M10	-	-	-		
		4	275	40	S4, S5	610	Max.	.50	K10, M10	-	-	-		
		8	185	75	S4, S5	460	Max.	1.0	K20, M20	-	-	-		
		16	150	1.0	S4, S5	305	Max.	1.5	K20, M20	-	-	-		
		AM60A AZ91C ZB41A												
		AM100A AZ92A ZE63A												
		AS41A EZ33A ZH62A												
AZ63A HK31A ZK51A														
AZ81A HZ32A ZK61A														
AZ91A K1A														
AZ91B OE22A														

*Caution : Check Horsepower requirements on heavier depths of cut.

6.

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

失敗しない難削材加工のポイント

ステライトにおける加工のポイント

■材料特性

ステライトはコバルトを主成分とし、30%程度のクロム、4～15%のタングステンなどからなる非常に高い硬度と優れた耐摩性、耐熱性、耐食性を兼ね備えた合金です。

耐熱性があり、磨いた面は摩擦係数が小さく、耐摩耗性に富むという特性があり、刃具など様々な産業分野で広範囲かつ重要な部品に採用されています。

また耐熱材料のみならず耐摩耗材料や切削工具材料としても使用されます。

■加工におけるポイント

最適な切削工具の選択や加工条件の設定ばかりでなく、工作機械の剛性や精度、切削工具の突き出し長さや保持剛性、被加工物の取り付け剛性、使用保持具の剛性や精度といった全ての面で要因管理が重要となります。

特に切削中に振動やびびり現象が発生すると、切削加工そのものが全く成り立たないというトラブルに至ります。

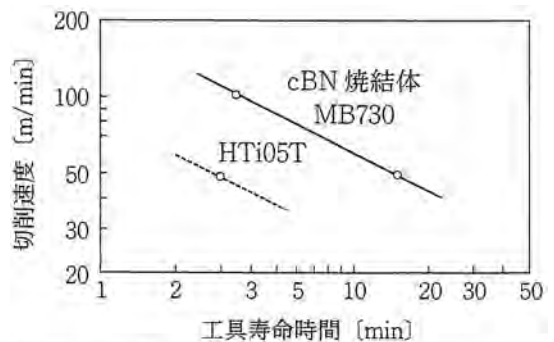
切削工具の切れ刃稜がシャープエッジのままでもチッピングや欠損が発生しないように切削条件を設定し、同時に振動やびびり現象を防止することで、切りくずの噛み込みが起らないよう切削加工の円滑性を高めることがポイントです。

■工具寿命と切削速度の関係

超硬合金とcBN焼結体で切削寿命と切削速度との関係を右記に示します。

超硬合金は必ずしも切削性能が優れているとは言えません。

エンドミル切削などは加工形態が断続切削で不安定切削の要素を多く含むことから、超硬合金はあまり適していません。



被削材: Haynes Stellite No. 12
工具: CSBNR2525M43, SNGN120408
切削条件: $a_p=0.5$ mm, $f=0.06$ mm/rev
切削油剤: EE56
工具寿命基準: $V_B=0.2$ mm

7. 木村製作所の特徴

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

会社概要

切削加工

鉄・ステンレス・アルミ・チタンの丸物加工、丸物複合加工、角物の加工部品はもとより、2次元加工～3次元ソリッドモデルの製作、同時五軸加工まで対応しています。お客様からのデータ図面も、そのまま加工に移せます。様々な一貫生産のもと、量産を行わないことで技術力の向上を図り、単品加工にも優れた製品を提供しています。アナログとデジタル技術のコラボレーションにより、お客様のご要望にフレキシブルにお答えします。



研削加工

鉄・ステンレス、アルミなどの角物研削加工、内径研削加工、超精密テーパ研削加工など、機械の技術だけでは生み出せないミクロン台の公差にまで対応しています。特に円筒研削および内径研削の嵌合部品、テーパ物の嵌合部品は得意中の得意としており、汎用技術や研ぎ澄まされた職人の技を駆使して、現代に求められるニーズにお応えできるよう、日々努力しています。



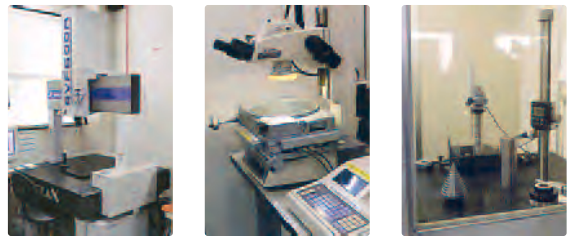
CAD/CAM

2次元加工から3次元ソリッドモデルの製作、3次元切削及び加工検証まで対応しています。お客さまからのデータ図面も、そのまま加工に移せます。



品質管理

品質管理部を設け、3次元測定器及び工具顕微鏡等を用いた充実した検査体制を整えております。また、精度の高い製品検査に関しては24時間恒温室にて温度管理をし翌日測定をしております。必要に応じて検査成績書も添付致します。



会社概要

代表者 代表取締役 木村 俊彦
創業 昭和44年4月
設立年月 平成2年3月5日
資本金 2000万円
従業員数 40名
営業内容 精密工作部品及び精密機器製造
(焼き入れ、表面処理共)
主に小物中物加工中心
旋盤・フライス・MC・NC・切削加工から内外
径研削・切削加工仕上げ工程まで一貫した部品加工及び組立
主要取引 京都中央信用金庫 長岡支店
銀行 京都銀行 長岡支店
京都信用金庫 長岡支店

主要取引先

三菱重工業(株) (株)TAIYO
(株)村田製作所 (株)ゴードーキコー
東レエンジニアリング(株) 朝日レントゲン工業(株)
パナソニック(株) 同志社大学
日本ベアリング(株) 京都大学
ダイキン工業(株) (株)ツバキエマソン
三友工業(株) (株)写真化学
日立設備エンジニアリング(株) (株)椿本スプロケット
(株)童夢 MHI工作機器エンジニアリング(株)
東海ゴム工業(株)
(株)京都製作所
三菱自動車工業(株)
(株)島津製作所

順不同

7. 木村製作所の特徴

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

保有設備一覧

	機 械 名	型 式	年 式	メーカ－	台数
1	五軸制御変形 マシニングセンター	MAM72-63V	H18年製	松浦機械製作所	1
2	マシニングセンター	V-Plus 800	H14年製	松浦機械製作所	1
3	マシニングセンター	NV-5000	H15年製	松浦機械製作所	2
4	マシニングセンター	MC-760V	S61年製	松浦機械製作所	1
5	マシニングセンター	VM-40	H7年製	日立精機	1
6	マシニングセンター	V-Plus 800	H16年製	松浦機械製作所	1
7	NC放電ワイヤーカット	ROBOCUT α-0iB	H15年製	FANUC	1
8	NCフライス盤 (3番立中ぐり)	YZ8CR	H7年製	山崎技研	2
9	NCフライス盤 (3番立中ぐり)	YZ8C	S59年製	山崎技研	1
10	NCフライス盤 (3番立中ぐり)	YZ8WR	H10年製	山崎技研	2
11	3番立中ぐりフライス盤	YZ8N	S57年製	山崎技研	1
12	CNC円筒研削盤	RD32-B50A	H12年製	三菱重工業	1
13	円筒研削盤	TOYODA G32	H10年製	豊田工機製	1
14	内径研削盤	IGM-2M	H10年製	岡本工作機械製作所(IGM)・山田工機	3
15	円筒研削盤	GUP32X100	H2年製	豊田工機製	1
16	内面研削盤	オーバーホール機	H17年製	山田工機	1
17	治具研削盤		S50年製	Moore	1
18	平面研削機	PSG 64EXB	H18年製	岡本工作機械製作所	1
19	平面研削盤	S2DX	H12年製	岡本工作機械製作所	1
20	NC旋盤	NL2500	H17年製	森精機製作所	2
21	NC旋盤	SL-204	H14年製	森精機製作所	1
22	NC旋盤	CL-2000	H15年製	森精機製作所	1
23	NC旋盤	LB15	S62年製	オークマ	1
24	NC旋盤	LB15	H3年製	オークマ	1
25	六尺旋盤	LEO-80A	H5年製	アマダワシノ	1
26	六尺旋盤	LS5462	S50年製	オークマ	1
27	六尺旋盤	MAZAK-860	S56年製	山崎鉄工所	1
28	六尺旋盤	BL-520TRII-1000-85	H12年製	ブルーライン工業	1
29	三次元測定器	RDF600A	H17年製	東京精密	1
30	工具顕微鏡	Nikon 301 MM-60	H10年製	NIKON	1
31	CAD/CAM	Power Mill	H18年製	Dell Cam	1
32	CAD/CAM	Power Shape	H18年製	Dell Cam	1
33	CAD/CAM	Gibbs CAM 2.5次元	H13年製	松浦機械製作所 Virtual Gibbs	2
34	CAD/CAM	Gibbs CAM 3次元	H14年製	松浦機械製作所 Virtual Gibbs	1
35	CAD/CAM	Solid Works 3次元	H16年製	Works社	1
36	NC工作機械シミュレーションソフト	Veri cut	H18年製	CGTech	1
37	形彫り放電加工機	AD25L	H22年製	Sodick製	1
38	万能研削盤	GUP32	H22年製	JTEKT製	1

参考文献

大河出版 難削材&難形状加工のテクニック ツールエンジニア編集部 2007年
 日刊工業新聞社 絵とき「難研削材加工」基礎のきそ 海野 邦昭著 2008年
 工業調査会 難削材・新素材の切削加工ハンドブック 狩野 勝吉著 2002年

8.

コストダウンを実現する失敗しない難削材加工のポイント

FAX用お問い合わせシート

F A X

075-951-2267

TEL:075-953-2721 (担当：山田)

貴社名	ご氏名
ご住所 〒 -	
TEL	FAX
E-mail	
難削材加工及び難削材加工の見積もりを依頼する	
※見積りにあたり、必要な情報ですので、出来る限りご記入下さい。	
数量は？ <div style="text-align: right;">個</div>	ご希望納期日は？ <div style="text-align: right;">月 日</div>
切削加工も必要ですか？ <div style="text-align: right;">YES・NO</div>	図面データはいただけますか？ <div style="text-align: right;">YES・NO</div>
材質は？	
ご相談・お問い合わせ内容	

難削材加工の技術情報総合サイト

難削材加工コストダウン.COM

検索

難削材加工コストダウン.COM:<http://nansakuzaikakou-costdown.com/>

難削材加工のことなら

株式会社 木村製作所

長岡京工場：〒617-0828 京都府長岡京市馬場人塚1-2
TEL 075-953-2721 FAX 075-951-2267

▶ **オフィシャルサイト** <http://www.kimurass.jp>

▶ **事業サイト**

難削材加工コストダウン.COM：<http://nansakuzaikakou-costdown.com/>

加工コストダウン.COM：<http://www.kakou-costdown.com>

e-部品加工.COM：<http://www.e-buhinkakou.com>

チタン加工.COM：<http://www.titanium-kakou.com>