高硬度極細線材シリーズ“ミクロンハード”

Ultra-Fine Wire Series of Hard Materials “Micron Hard”

キーワード
粉末ハイス，超硬合金，極細線，半導体，靱性，耐摩耗性，超微粒超硬，結晶粒

マテリアル事業部　材料開発部
和田　敏秋
吉本　隆志

1. はじめに

当社マテリアル事業部は，1981 年よりハイス製プレハードンロッド（焼入れ済線材）の量産を始めた。プレハードンロッドは高硬度で高精度な品質によりドリル材等の工具用途を中心に用いられ，長年広く使用されてきている。一方，非工具用途に進出する端緒としてプレハードン技術を応用して粉末ハイス製高硬度極細線を開発し，インパクトプリンター用ドットピンとして好評を得てきている。

更に最近，非工具分野の中でも成長分野である IT 関連分野へ展開すべく，用途開拓とニーズ対応の開発を推進してきた。こうした中で，半導体関連の打ち抜きパンチやプローブピン等のニーズに対応するため，高耐摩・高強度を有する超微粒超硬も加えた形で，更なる高強度化・極細化指向の一連の開発を実施し高硬度極細線の商品シリーズ“ミクロンハード”を完成した。

ミクロンハードは表 1 に示す寸法範囲の粉末ハイス並びに超微粒超硬の高硬度極細線シリーズの総称であり，OA 機器，電子部材及び精密金型用途に広く使用されている。尚ミクロンハードは先端技術を適用した材種設計と成型技術の開発により極細化を追究し，素線シリーズの更なる充実を図っていく方向にある。また研削品としてストレート，段付，テーパ等の完成品も提供している。以下ミクロンハードの特徴・用途について紹介する。

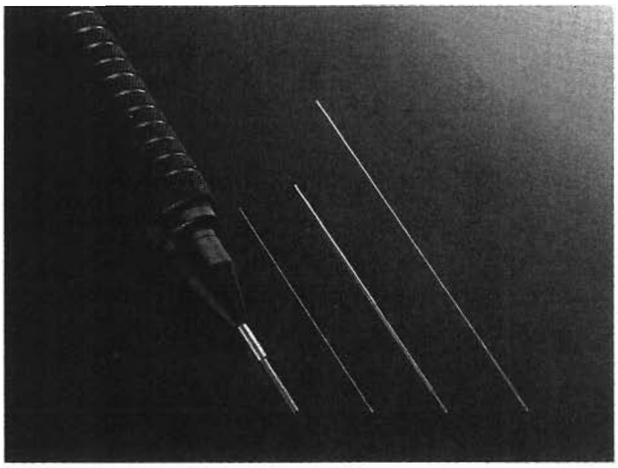


図 1　ミクロンハードの外観
（シャープペンシルとの比較）

表 1　ミクロンハード

(mm)

粉末ハイス	直径：φ0.07～0.4　，長さ：10～600
超硬合金	直径：φ0.07～0.8　，長さ：10～280

2. 材種について

2.1　概　要

ミクロンハードは，粉末ハイス 2 材種，超硬合金 3 材種からなる。各材種の特徴について一括して表 2 に示す。また各材種相互の特性関係の位置付けに

表 2　材種の概要

区　分	材 種 名	特　　徴
粉末ハイス	FAX40D	ドットピン，プローブピン等の高弾性を必要とする一般耐摩部材に適した高靱性汎用粉末ハイス
	FAX40SS	特に耐摩特性が要求される部材に適した高Ｖ系高耐摩粉末ハイス
超硬合金	HF13T	耐摩耗性，耐座屈性が要求される精密金型用極細ピン・パンチに適した高強度の超微粒超硬合金
	HF14T	一般精密金型用途，特に基板打ち抜き用極細パンチに適し，耐摩性と靱性を併せ持った汎用超微粒超硬合金
	HF15T	ハイスよりも耐久性が必要とされるドットピン等の極細部材に適した高靱性超微粒超硬合金

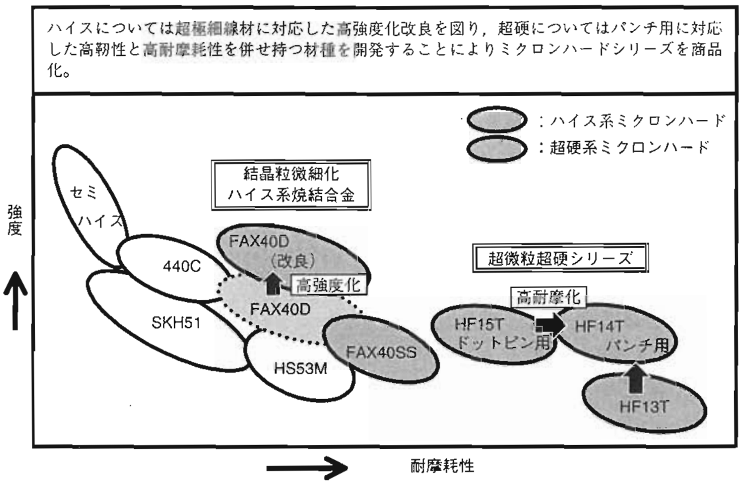


図２　材種特性の位置付け

ついては図２に示す。

粉末ハイスの FAX40D は特殊な製法を用いて結晶粒の微細化を図り，高強度化を実現することにより，ϕ0.1 以下の超極細線材の製造を可能としたものである。また，FAX40SS は耐摩耗性を特に要求される用途に用いられる。

超硬合金の材種は HF13T，14T，15T とシリーズ化しておりこの順に靱性が高く，硬さは低くなる。中でも HF14T は硬質相の微細化を図り従来のドットピン用材種（HF15T）の靭性を維持して耐摩耗性を高めた材種で，セラミック，非鉄加工用パンチ等として適用され汎用性が大である。なお HF13T は耐摩耗性を特に要するピンとして，HF15T は曲げ疲労と靱性を必要とするドットピンに用いられる。

2.2　新材種紹介

〔高強度改良材種：FAX40D〕

近年，IT 関連を主体に高硬度ピン，パンチ部材として超極細域（ϕ100μm 以下）の線材の要求が高まっている。しかし従来の HIP 法では超極細線の製造は線材の強度不足により不可能であるため，今回特殊製法により図 3 に示すように結晶粒，炭化物の微細化を図り，同一鋼種において高強度化を実現した。その結果ϕ100μm 以下の超極細ミクロンハードの製造が可能となり，最小径で 70μm までの商品化に成功した。

〔パンチ用新材種：HF14T〕

ϕ100μm 以下の極小径パンチによるセラミックグリーンシートの穴あけ加工に対応するために，従来のドットピン材種より耐摩耗性を高めてパンチ用に適した材種の成分設計を実施すると同時に従来よりも更に超微粒の WC を用いることにより靭性を維持して硬さを高めた材種を実現した。なお，図 4

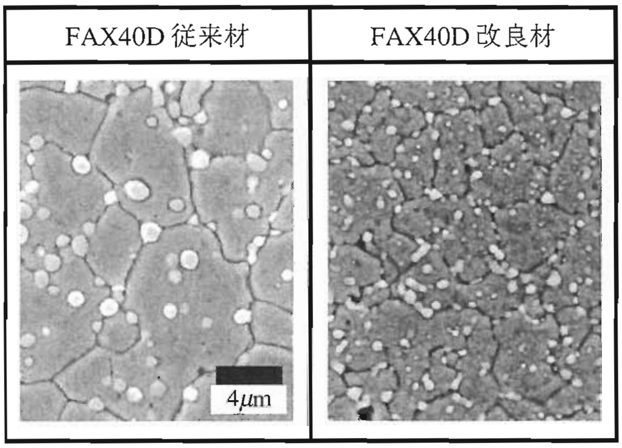


図３　ハイスミクロンハードのミクロ組織（SEM 写真）

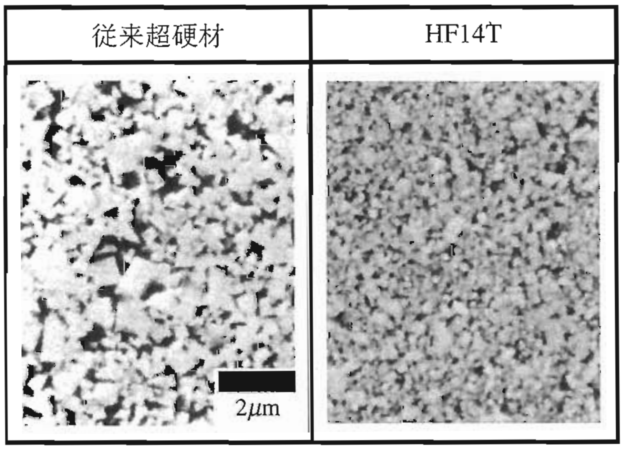


図４　超硬ミクロンハードのミクロ組織（SEM 写真）

表3　ミクロンハードの機械的特性

区　分	材種名	ヤング率 (GPa)	硬さ (HV)	曲げ強度 (GPa)	電気抵抗率 (μΩm)
粉末ハイス	FAX40D	230	900	5.0	54
	FAX40SS	230	950	4.5	52
超硬合金	HF13T	520	1850	4.0	38
	HF14T	510	1600	4.6	36
	HF15T	470	1250	4.8	34

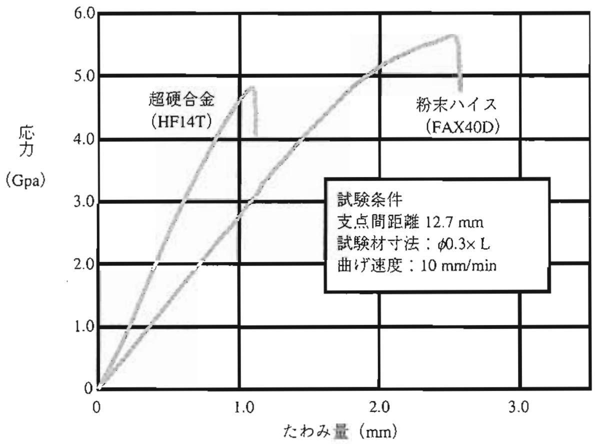


図5　粉末ハイスと超硬合金の代表材種の特性比較図
（曲げ応力ー歪曲線）

は従来材との組織を比較したものでありこの図から分るように，結合剤も少なく炭化物粒度は均一微細となっている。これは微細な WC の使用と特殊な粒成長抑制剤の配合によって達成されたものである。

2.3　機械的性質

粉末ハイス及び超硬合金シリーズの機械的特性を表 3 及び図 5 に示す。粉末ハイスは降伏強度と弾性域での歪量が超硬合金に比べ大きく，いわゆるばね性に優れていることがわかる。また超硬合金は高硬度でヤング率が高いことがわかる。

3. 形状・寸法について

3.1　代表的な形状例

素材については図 6 に，完成品については図 7 に形状，精度の代表例を示す。またハイスミクロンハードの最小径線材（70μm）の実体写真を図8 に，超硬ミクロンハードのパッケージ打ち抜きパンチ見本品の実体写真を図9 に示す。

3.2　未研削品の寸法・形状

未研削品の直径と公差を表 4 に，長さと公差を表 5 に示す。

ハイスにおいては，線引後無酸化雰囲気で焼入焼

材種	形状例（単位：mm）	精度（レンジ）
ハイス	［バレル肌，センタレス品］ φ0.07～0.4　10～600 ［コイル］	径　10μm 偏径差　5μm
超便	［焼肌］ φ0.3～0.8　10～300	径　100μm
	［センタレス品］ φ0.07～0.7　10～280	径　10μm

図6　ミクロハードの素材形状例

品　目	材種	形状例（単位：mm）	精度（レンジ）
打抜パンチ	超便	［パッケージ用］ φ0.2　φ0.09　15 ［ノズル用］ φ0.5　φ0.1　40	径　3μm 先端面粗度　0.2S
プローブピン	ハイス	［ウェハー用］ 103° ［CPU 用］ φ0.07～0.2　4°　10～60	径　5μm 先端ランド　15μm 真直度 0.2/100
フェルール成型ピン	超便	φ0.25　φ0.1　50	径　0.1μm
ゲージ	超便	φ0.05～0.2　10～30	径　2μm 真円度　1μm
ドットピン	ハイス 超便	［ストレート］ φ0.2　40 ［テーパ］ φ0.3　φ0.2　30	径　10μm 真直度 0.2/100

図7　ミクロハードの完成品形状例

戻しを行っており光輝（ブライト）肌での提供を標準としている。なお小切材（60mm 以下）については要望に応じてバレル肌でも提供している。また線径はφ0.07～0.4，長さは 10～600 の範囲で任意の寸法に対応可能である。同一ロットの線径公差は 10μm

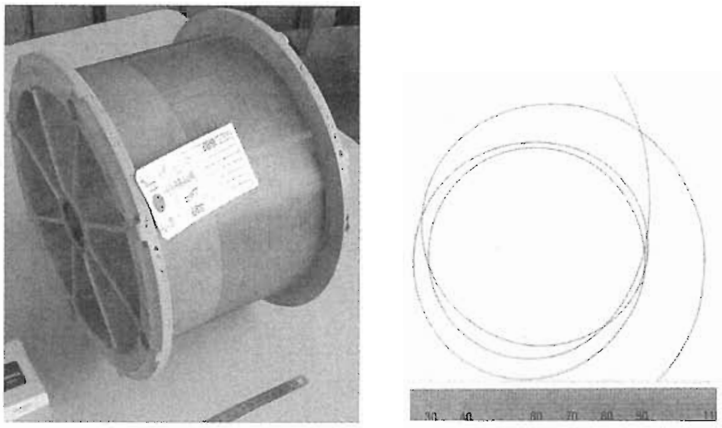


図8　$\phi 70\mu m$ ハイスミクロンハードコイルの実体写真

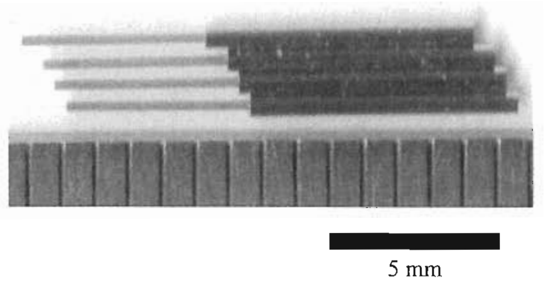


図9　超硬打ち抜きパンチ見本品
（寸法：ϕ0.15–ϕ0.38×13.5mm）

表4　未研削品の直径と公差

(mm)

材　種	寸　法	公　差	表面肌
粉末ハイス	ϕ0.07〜0.4	±0.005	バレル肌 ブライト肌
超硬合金	ϕ0.4	±0.07	焼結肌
	ϕ0.6		
	ϕ0.8		

表5　未研削品の長さと公差

(mm)

材　種	長　さ	公　差	備　　考
粉末ハイス	10〜80	±0.1	・規定長さ範囲内で公差に応じて任意の寸法の対応可。
	80〜150	±0.5	
	150〜600	±3	
超硬合金	300	±5	・焼結肌 ・シャー切断

以下と研削品レベルである。真直度は 0.2mm/100mm 以下で対応可能である。

超硬合金においては無酸化雰囲気の焼結肌となっている。また線径は呼称寸法でϕ0.4，ϕ0.6，ϕ0.8 の 3 区分を標準としており，長さは 300mm で提供している。真直度は 0.05mm/100mm 以下での対応が可能である。

3.3　研削品の寸法・形状

研削品（ストレート品）においては粉末ハイスでϕ0.07～0.4mm，超硬合金でϕ0.07～0.7mm の範囲で製造が可能である。またストレート品以外に加工ピンも製造しており段付きピン，テーパーピン，ボールフックタイプのピン等の加工が可能である。研削形状区分に応じた線径範囲と公差の関係を表6に，長さ区分と公差の関係を表7に示す。

表6　研削品の直径と公差

(mm)

材　種	形　状	呼称線径	直径公差	偏径差
粉末ハイス	ストレート	ϕ0.07〜0.4	±0.005	0.005
	テーパ	先端　ϕ0.07〜		
	段付	後端　ϕ0.20〜0.4		
	ボールフック	ϕ0.2〜0.4		
超硬合金	ストレート	ϕ0.07〜0.8	±0.005	0.005
	テーパ	先端　ϕ0.07〜		
	段付	後端　ϕ0.20〜0.8		

表7　研削品（ストレート品）の長さと公差

(mm)

材　種	長　さ	公　差	備　　考
粉末ハイス	10〜80	±0.1	・規定長さ範囲内で公差に応じて任意の寸法の対応可。
	80〜150	±0.5	
	150〜600	±3	
超硬合金	10〜80	±0.1	・規定長さ範囲内で公差に応じて任意の寸法の対応可。
	80〜150	±0.5	
	150〜280	±2	

4. 用途について

4.1　用途分野と市場動向

表 8 に示すように，IT ・光・自動車に関連した周辺部材としてミクロンハードの需要が近年増加傾向にある。そしてこれらのいずれの分野においても従来のϕ0.2 近辺の寸法からϕ0.1 以下の超極細域の寸法に対するニーズが高まっている。

表 8　ミクロンハードの用途とニーズ

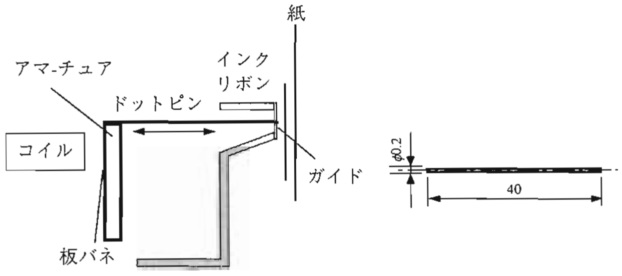
分　野	用　途	適用材種	市場規模（推定）	動向及びニーズ
半導体製造プロセス周辺部材	パッケージ及び基板打抜パンチ	超硬合金（HF14T）	18 億円／年	CPU パッケージ小型化進展→スルーホール径はϕ0.1 以下へ→研削取代の少ない素線及び高強度材種ニーズ大
	プローブピン（IC 検査端子）	ハイス（FAX40D）	24	IC の高集積度化進展→検査端子間の狭ピッチ化（0.1）→従来の W 線に代る高強度の 50～70μm の超極細線ニーズ大
プリンタ	ドットピン	ハイス・超硬合金	8	減要因：インクジェット，レーザへ転換 増要因：ATM 需要，中国及び欧州での被写式業務機需要
光ファイバー	フェルール成型ピン	超硬合金（HF14T）	12	超高精度研削ニーズ大，素材ウェイト小（0.1μm レンジ）
自動車	穴加工放電電極材	超硬合金	6	フューエルインジェクターのノズル穴の小径化
その他	ゲージ	超硬合金	3	フェルール穴検査用等高精度品のニーズ大
		計	71	

4.2　代表的用途の具体例

(1)　インパクトプリンターに使用されるドットピン

（適用材種：粉末ハイス，超硬合金）

粉末ハイスは曲げ疲労寿命が大で安定しているため，伝票打ち，発券，レジ，ATM 機の印字部に使用されるドットインパクトプリンター用ピンとして，線径はϕ0.2～0.4，形状はストレート，段付・テーパ加工品，ボールフックタイプが用いられる。また超硬合金は高品位の印字を必要とする場合に使用される。



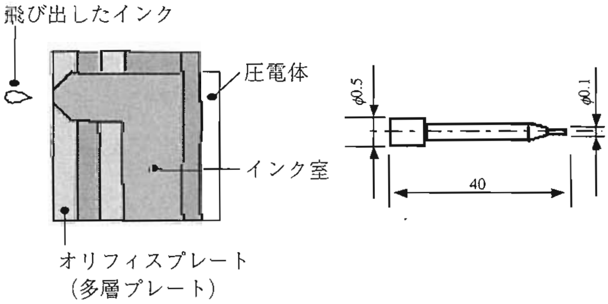
【印字ヘッド部概略図】　【プリンター用ピン形状例】

図 10　インパクトプリンターに使用されるドットピン

(2)　インクジェットプリンターのインクノズルオリフィス用パンチ

（適用材種：超硬合金）

インクジェットプリンターのオリフィス形状を成型するための成型パンチとして使用される。オリフィスプレートはステンレス箔等が用いられ先端径ϕ0.1 前後のパンチで穴加工される。



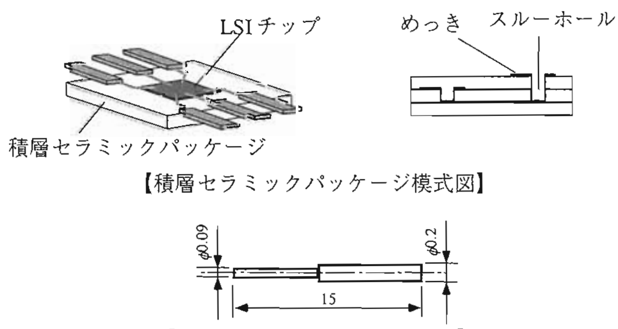
【ヘッド部概略図】　【オリフィス用パンチの形状例】

図 11　インクジェットプリンターの
インクノズルオリフィス成形パンチ

(3)　積層セラミックパッケージの打ち抜きパンチ

（適用材種：超硬合金）

半導体の多層セラッミクパッケージは，製造中，スルーホール加工と呼ばれる穴あけを行う。穴加工にはϕ0.1 前後のパンチが使用され高硬度でヤング率が高い超硬合金が適している。その他，プラスチック等の非金属，SUS 系難削材，Al 合金等の非鉄材料の穴あけや射出成型の金型用ピン等にもこのようなパンチが使用される。



【積層セラミックパッケージ模式図】

【スルーホール用パンチ形状例】

図 12　積層セラミックパッケージの打ち抜きパンチ

(4) IC チップ及びパッケージ検査用プローブピン

（適用材種：粉末ハイス）

ダイシング前のウエハーにおける IC チップ及び CPU パッケージ等の電気的特性の検査は各々の電極部に針（プローブピン）を接触させて良否を判断する。IC の高密度化により狭ピッチ化が要求されプローブピンも ϕ0.1 以下の極細化の方向にあり，降伏強度と弾性域での歪量が超硬合金に比べ大きい高強度ワイヤーの粉末ハイスが使用されている。

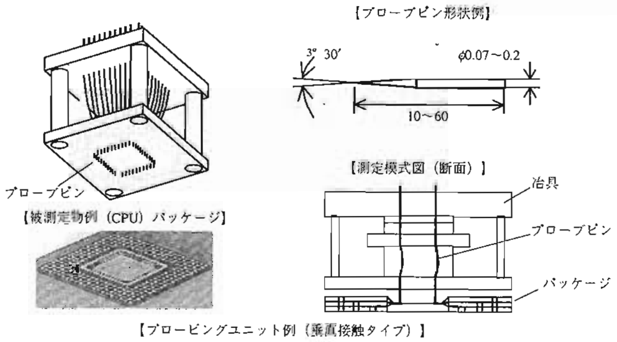


図 13 IC チップ及びパッケージ検査用プローブピン

5. その他特殊形状品

超硬合金においては，丸棒形状だけでなく表 9 に示すように，断面形状が角形のものについても都度要望に応じて対応している。

表 9 角形ミクロンハードの形状例

(mm)

材　種	超硬合金（HF14T）
断面形状例	① 0.4×0.7　② 0.5×0.9
長　さ	300
精　度	焼肌

6. 参考資料

最後に極細の高硬度線材として現在市場に流通している材料と当社ミクロンハードとの比較データを参考資料として表 10 に示す。

表 10 各種材料の特性一覧表

	品　目	材　種	比重 (g/cm³)	曲げ強度 (GPa)	引張強度 (Mpa)	ヤング率 (GPa)	硬さ (MHv)	電気抵抗率 (μΩm)
不二越	粉末ハイス	FAX40D	8.2	5.0	3150	230	900	54
不二越	粉末ハイス	FAX40SS	8.2	4.5	3150	230	950	52
不二越	超硬合金	HF13T	13.7	4.0	1800	520	1850	38
不二越	超硬合金	HF14T	13.3	4.6	2000	510	1600	36
不二越	超硬合金	HF15T	12.7	4.8	2200	470	1250	34
比較材料	超硬合金	WC-14%Co	14.0	4.5	-	510	1600	-
比較材料	W	W	19.3	2.5	1500	400	700	6
比較材料	Re-W	3%Re-W	19.4	3.0	1800	-	800	6
比較材料	Be-Cu	2.4%Be-Cu	8.8	1.3	800	127	350	10

注）比較材料は市販品の代表例を示してある。

7. おわりに

以上，粉末ハイス及び超硬合金のミクロ組織（結晶粒，炭化物）を微細化することにより性能の向上と極細化を達成した高硬度極細線シリーズ“ミクロンハード”について寸法及び適用例を紹介した。
現在ミクロンハードは機械部品，金型部品及び電子・電機関連の部材として各方面から種々の引き合いを頂いている。更なる微細寸法や角形等の異形状品の開発による製造可能範囲の拡大並びに研削完成品への展開に努め，ユーザーニーズに応えていきたい。