

NACHI-BUSINESS

Materials news

Vol. **6**B2
February/2005

マテリアル事業

■ 新商品・適用事例紹介

高硬度極細線材シリーズ

「ミクロンハード」

Ultra-fine Wire Series with High Hardness
"Micron Hard"

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

マテリアル事業部／材料開発部

吉本 隆志 Takashi Yoshimoto

松永 卓 Takashi Matsunaga



要 旨

マテリアル事業部では、各種工具用材料の技術シーズを、電機・電子・ITおよび自動車関連などの部品材料分野に展開するべく開発を推進してきた。

その結果生まれた“ミクロンハード”は、NACHIのプレハードン技術と粉末冶金技術を融合して生まれた高硬度極細線材の商品名である。

プリンター用ドットピン、半導体関連の穴あけパンチ、自動車排ガス規制に関連した放電電極材などのニーズに対応し、部品材料の各分野に新たな市場を拓げつつある。

Abstract

Material Division has been working on the application of the seeding technology used for the various tool materials to the development of materials for electric, electronic, IT and automobile parts.

"Micron Hard" is the result of such achievement, and it is the product name of ultra-fine wire with high hardness for which the combined technologies of NACHI's pre-hardening technology and powder metallurgy are used.

It is used in the dot pins for printers, drilling punches for semiconductor parts, and materials for EDM electrodes that relate to automobile emission control, satisfying the market need. Material Division is developing new markets for materials that can be used for various parts.

1. はじめに

NACHIのマテリアル事業部は、1981年よりハイス製^{※1}プレハードンロッド(焼入れ済線材φ0.5~13.0mm)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など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、部品材料用途に進出する端緒として、プレハードン技術を応用した粉末ハイス製高硬度極細線材を開発し、インパクトプリンター用ドットピン(φ0.2~0.4mm)としてお客さまから好評を得てきている。

この技術シーズをもとに、ハイス、超硬合金などの工具材料をIT関連や環境規制に対応した部品材料分野に展開するため、一段と高強度化・極細化指向を推進し、名称を“ミクロンハード”とした高硬度極細線材シリーズを完成した¹⁾。

ミクロンハードは表1に示す寸法範囲の粉末ハイス^{※2}と超微粒超硬合金の高硬度極細線材シリーズの総称であり、OA機器、電子部材および精密金型用途に広く使用されている。



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. ミクロンハードシリーズ

(mm)

粉末ハイス	直径:φ0.05~0.4	長さ:10~600
超硬合金	直径:φ0.03~0.8	長さ:10~400

※超硬合金のφ0.03~0.05は、~300mm

2. 材種について

(概要)

ミクロンハードは、粉末ハイス2材種、超硬合金4材種からなる。各材種の特長について表2に、また各材種相互の特性関係の位置付けを図2に示す。

表2.材種の概要

区分	材種名	特長
粉末ハイス	FAX40D	ドットピン、プローブピンなど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	とく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、とく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などの極細部材に適した高靱性超微粒超硬合金
	KF10D	超硬の中でも最も剛性が高い種類に属し真直度が高く放電電極用途に適した高剛性超硬合金

粉末ハイスのFAX40Dは一般耐摩耗部材に適した高靱性の汎用鋼種で、主にドットピンやプローブピン^{※3}に用いられる。また、FAX40SSは耐摩耗性をとくに要求される用途に用いられる。

超硬合金の材種は高靱性の超微粒超硬シリーズ(HF13T、14T、15T)と高剛性の低Co超硬(KF10D)からなる。この中でHF14Tは硬質相の微細化を図り従来のドットピン用材種(HF15T)の靱性を維持して耐摩耗性を高めた材種で、セラミック、非鉄加工用パンチなどとして適用され汎用性が大である。

なおHF13Tは耐摩耗性をとく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として、KF10Dはヤング率が高く $\phi 0.2\text{mm}$ 以下の極小径穴の高エネルギー高精度加工に好適な高剛性電極材として用いられる。

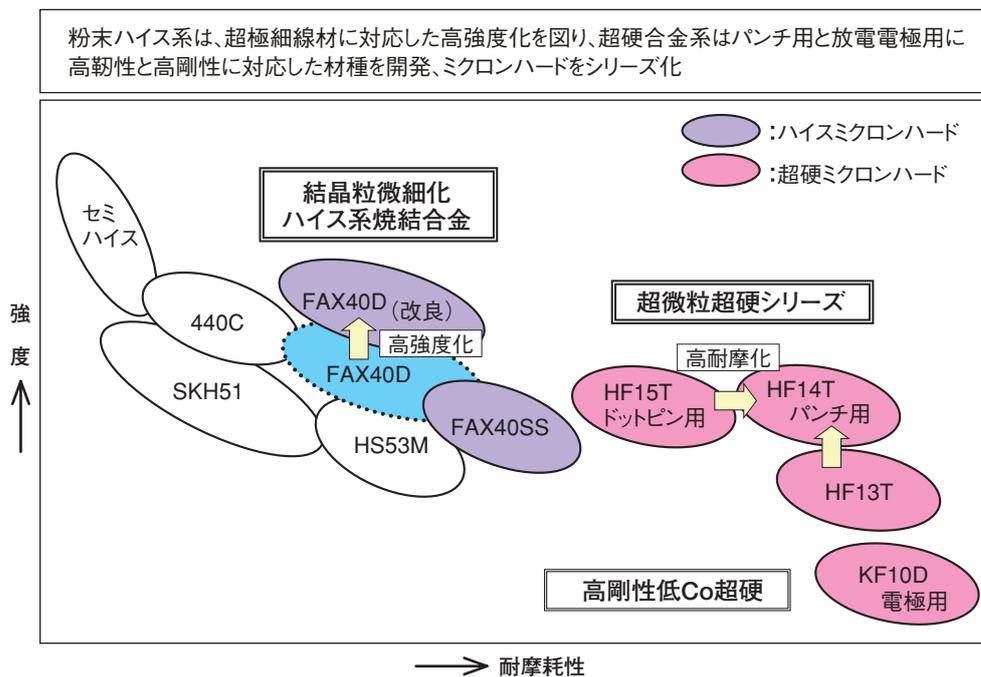


図2. 材種特性の位置付け

(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($\phi 0.1\text{mm}$ 以下)の線材の要求が高まっている。しかし、従来の熱間静水圧プレス(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、特殊製法により結晶粒、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(図3)。その結果 $\phi 0.1\text{mm}$ 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 $\phi 0.05\text{mm}$ までの商品化に成功した²⁾。

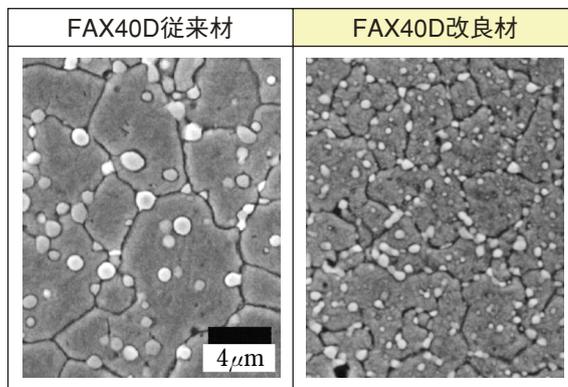


図3. ハイスミクロンハードのマイクロ組織 (SEM写真)

[パンチ用材種:HF14T]

$\phi 0.1\text{mm}$ 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、従来よりもさらに超微粒のタングステンカーバイド(WC)粉末(平均粒度 $0.3\mu\text{m}$)を用いることにより靱性を維持して硬さを高めた材種を実現した。図4に従来材との組織の比較を示す。結合材も少なく炭化物粒度は均一微細となっている。これは微細なタングステンカーバイド(WC)粉末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。

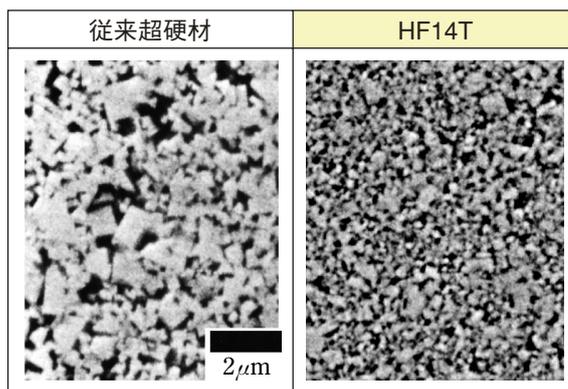


図4. 超硬ミクロンハードのマイクロ組織 (SEM写真)

(機械的性質)

粉末ハイスと超硬合金シリーズの機械的性質を表3と図5に示す。粉末ハイスは降伏強度と弾性域でのたわみ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。超硬合金は高硬度でヤング率が高い。

表3.ミクロンハードの機械的性質

区分	材種名	ヤング率 (GPa)	硬さ (HV)	曲げ強度 (GPa)	電気抵抗率 ($\mu\Omega\text{cm}$)
粉末ハイス	FAX40D	230	900	5.0	54
	FAX40SS	230	900	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
	KF10D	630	1800	2.5	20

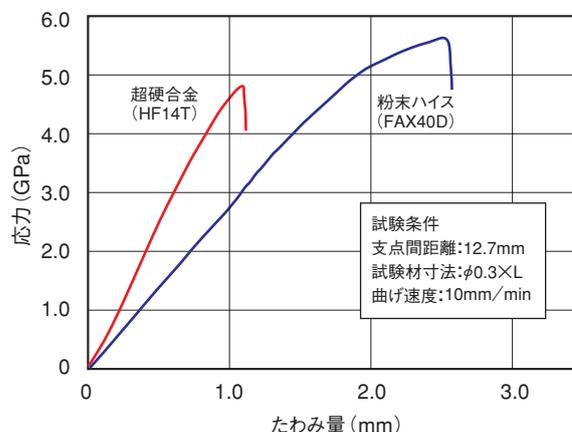


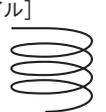
図5. 粉末ハイスと超硬合金の代表材種の特長比較図 (曲げ応力-ひずみ曲線)

3. 形状・寸法について

(代表的な形状例)

素材形状・精度は図6に、完成品形状・精度事例を図7に示す。またハイスミクロンハードの国内最小径の焼入れ線材(φ0.05mm)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。

(mm)		
材種	形状例	精度(レンジ)
ハイス	[バレル肌、センタレス品] ↓ φ0.05~0.4 ↓ 10~600	径 0.005 偏径差 0.005 真直度 0.2/100
	[コイル] 	
超硬	[焼肌] ↓ φ0.3~0.8 ↓ 250~400	径 0.1
	[センタレス品] ↓ φ0.05~0.7 ↓ 10~400	径 0.005 真直度 0.1/100

(注) 角形も要望に応じて対応可能

図6. ミクロンハードの素線形状例

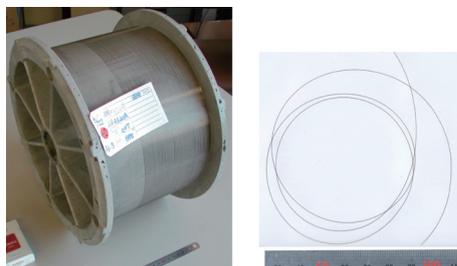


図8. φ0.05mmハイスミクロンハードコイルの実体写真

(mm)			
品目	材種	形状例	精度(レンジ)
打ち抜きパンチ	超硬	[パッケージ用] ↓ φ0.2 ↓ 15 ↓ φ0.09	径 0.003 先端面粗度 0.2S
		[ノズル用] ↓ φ0.5 ↓ 40 ↓ φ0.1	
プローブピン	ハイス	[ファイナル工程用] ↓ φ0.07~0.2 ↓ 10~60 ↓ 25°	径 0.005
フェールール成型ピン	超硬	↓ φ0.25 ↓ φ0.1 ↓ 50	径 0.0001
ゲージ	超硬	↓ φ0.05~0.2 ↓ 10~30	径 0.002 真円度 0.001
ドットピン	ハイス 超硬	↓ φ0.2[ストレート] ↓ 40 ↓ φ0.3[テーパ] ↓ φ0.2 ↓ 40	径 0.01

図7. ミクロンハードの完成品形状例

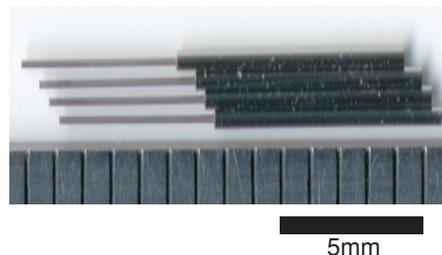


図9. 超硬ミクロンハードの打ち抜きパンチ見本品 (寸法:φ0.15-φ0.38×13.5mm)

(未研削品の寸法・形状)

粉末ハイスにおいては、線引き後、無酸化雰囲気中で焼入れ・焼もどしを行っており、光輝(ブライト)肌での提供を標準としている。なお小切り材(長さ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φ0.05~0.4mm、長さは10~600mmの範囲で任意の寸法に対応可能である。また線径公差は5μm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φ0.3、φ0.4、φ0.6、φ0.8mmの4区分を標準としており、長さは300mmを標準とし、最大400mmの提供が可能である。真直度は0.1mm/100mm以下での対応が可能である。

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	φ0.05~0.4	±0.002	バレル肌 ブライト肌
超硬合金	φ0.3	±0.07	焼結肌
	φ0.4		
	φ0.6		
	φ0.8		

表5. 未研削品の長さ寸法と公差

(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	250~400	±5	・焼結肌 ・砥石切断

(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φ0.05~0.4mm、超硬合金でφ0.05~0.7mm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、テーパピン、ボールフックタイプのピンなど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	φ0.05~0.4	±0.002	0.005
	テーパ 段付	先端 φ0.05~ 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	φ0.05~0.7	±0.002	0.005
	テーパ 段付	先端 φ0.05~ 後端 φ0.20~0.7		

表7.研削品(ストレート品)の長さ寸と公差

(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

(用途分野と市場動向)

表8に示すように、IT・光通信・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φ0.2mm近辺の寸法からφ0.1mm以下の超極細域の寸法に対するニーズが高まってきている。

表8.ミクロンハードの用途とニーズ

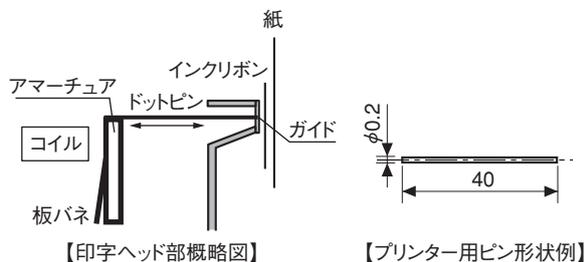
分野	用途	適用材種	動向及びニーズ
半導体 製造 プロセス 周辺部材	基板打ち抜きパンチ	超硬	ICパッケージ小型化進展→スルーホール径φ0.1以下へ→研削取代の少ない素線および高強度材種ニーズ大
	プローブピン (IC検査端子)	ハイス	ICの高集積度化進展→狭ピッチ化(0.1mm以下)→従来のW線に代る高強度の超極細線(φ70μm以下)ニーズ大
	突上げピン	ハイス 超硬	セラミックコンデンサの切断・分割 電子部品小型化→突上げピンの小径化
プリンタ	ドットピン	ハイス 超硬	減要因：インクジェット、レーザーへ転換 増要因：ATM需要、中国および欧州での複写式業務機需要
光通信	フェルルール成型用コアピン 光スイッチ用ピン	超硬	超高精度研削ニーズ(サブミクロン)
自動車	燃料噴射装置のノズル穴 放電加工用電極	超硬	環境規制→CO ₂ 低減→燃焼効率アップ→高圧噴射→ノズル穴極小径化→高剛性超硬電極ニーズ
医療	カテーテルガイドワイヤー	ハイス	心臓などの細い血管への適用増に対し操作性向上方向(Ni-Ti合金代替)
その他	ゲージ他	超硬	フェルルール穴検査用など高精度品のニーズ大

(代表的用途事例)

(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、図10に示した伝票打ち、発券、レジスター、ATM機の印字部に使用されるインパクトプリンター用ドットピンとして、線径は $\phi 0.2\sim 0.4\text{mm}$ 、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】

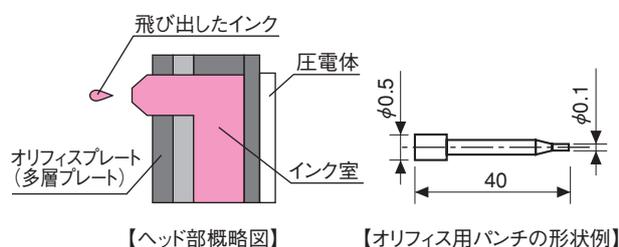
【プリンター用ピン形状例】

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)

図11に示した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などが用いられ、先端径が約 $\phi 0.1\text{mm}$ 前後のパンチで穴加工される。



【ヘッド部概略図】

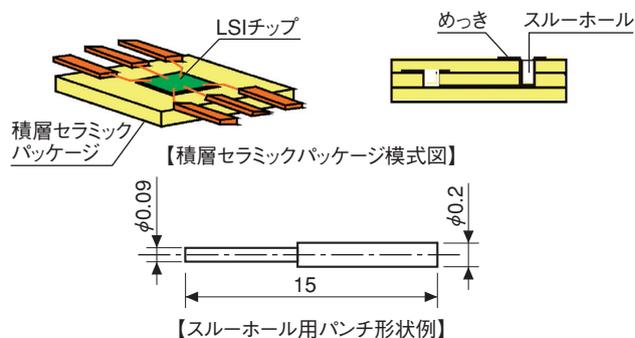
【オリフィス用パンチの形状例】

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)

半導体の多層セラミックパッケージは、グリーンシート製造中にスルーホール加工と呼ばれる穴あけを行なう。穴加工には図12に示した $\phi 0.1\text{mm}$ 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(HF14T)が適している。その他、プラスチックなどの非金属、SUS系難削材、Al合金などの非鉄材料の穴あけや射出成型の金型用ピンなど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】

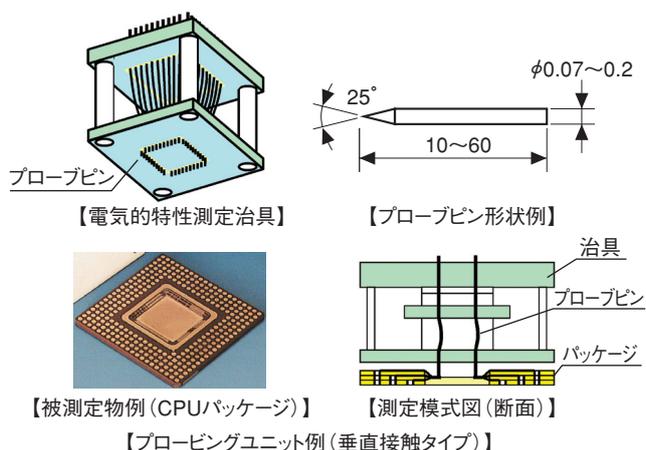
図12. 積層セラミックパッケージの打ち抜きパンチ

(4) ICチップおよ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チップおよびCPUパッケージなどの電気的特性の検査は、図13に示すように各々の電極部に触針(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 $\phi 0.1\text{mm}$ 以下の極細化の方向にある。降伏強度と復元力が従来のタンゲステンに比べて、大きい高強度ワイヤーの粉末ハイスが座屈方式主体に使用されている。



【電気的特性測定治具】

【プローブピン形状例】

【被測定物例 (CPUパッケージ)】

【測定模式図 (断面)】

【プローブピングユニット例 (垂直接触タイプ)】

図13. ICチップおよびパッケージ検査用プローブピン

※4 (5) 放電加工用電極材

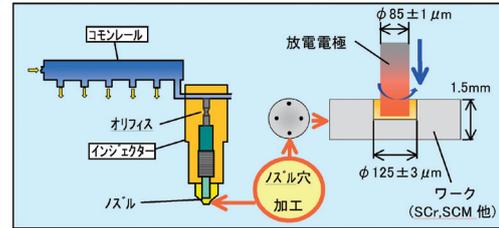
(適用材種:超硬合金)

ディーゼルエンジン燃料噴射装置のノズル穴、オリフィス穴、合成繊維紡糸口金の穴、電子部品用金型の微小穴などの加工は、放電加工によって行なわれる。図14に示したφ0.2mm以下の極小径でかつ高精度深穴(1~2mm)加工には高剛性でスパークによる振れが少ない超硬合金KF10Dの電極が使用されている。



	寸法		公差
直径(d)	φ0.03~0.05	φ0.05~0.3	±0.001
長さ(L)	~300	~400	±5

【放電加工用電極形状寸法例】



【燃料噴射装置のノズル穴加工模式図】

図14. 放電加工用電極材

(比較データ)

NACHIマイクロハードと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の比較データを表9に示す。

表9.各種材料の特性一覧表

	品目	材種	比重(g/cm ³)	曲げ強度(GPa)	引張強度(MPa)	ヤング率(GPa)	硬さ(HV)	電気抵抗率(μΩcm)
NACHI	粉末ハイス	FAX40D	8.2	5.0	3150	230	900	54
		FAX40SS	8.2	4.5	3150	230	900	52
	超硬合金	HF13T	13.7	4.0	1800	520	1850	38
		HF14T	13.3	4.6	2000	510	1600	36
		HF15T	12.7	4.8	2200	470	1250	34
比較材料		KF10D	15.1	2.5	940	630	1800	20
		WC-14%Co	14.0	4.5	—	510	1600	37
	W	W	19.3	2.5	1500	400	700	6
	Re-W	3%Re-W	19.4	3.0	1800	—	800	6
	Be-Cu	2.4%Be-Cu	8.8	1.3	800	127	350	10

5. おわりに

以上、粉末ハイスと超硬合金のマイクロ組織(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材シリーズ“マイクロハード”に関する開発の背景と特性、その具体的な用途例について解説した。

現在、マイクロハードは機械部品、金型部品、電子・電機関連の部材として各方面から多様な引き合いをいただいている。微細寸法や角形などの異形状品の開発による製造可能範囲の拡大と、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。

用語解説

※1 プレハードンロッド

あらかじめ焼入れ、焼もどしを施した線材という意味のNACHI独自の商品。高速度鋼をはじめとして、φ0.5~16×2000Lを標準寸法として商品化している。

※2 超微粒超硬

WC(タングステンカーバイド)とCo(コバルト)の粉末を焼結した合金を超硬合金といい、この中でWCの平均粒子径が0.5~1μmのものを超微粒超硬(通常は1~5μm)と呼ぶ。高硬度、高靱性のためエンドミル、極小径のピン、パンチなどに用いられる。

※3 プローブピン

IC(集積回路)チップやIC用パッケージの電気特性を測定するための端子。

※4 放電加工用電極材

W(タングステン)とCu(銅)、Ag(銀)などの合金が用いられるが、φ0.1mm以下の極小径電極については剛性を要するため、高硬度の超硬合金が開発され、使用されている。

参考文献

- 1) 吉本隆志・島谷祐司:機械と工具、46-5(2002)、66-71
- 2) 吉本隆志・松永 卓・和田敏秋:塑性と加工、45-527(2004)、1031-1038