

# NACHI-BUSINESS

Machining news

Vol. **2** B1  
February/2004

マシニング事業

プレジジョン

## ■ 新商品紹介

精密金型仕上げ加工用

### 「モールドマイスターボール」

Mold Meister Ball Nose End Mill  
for Machining of Precision Molds

〈キーワード〉 精密金型・R精度 $\pm 3\mu\text{m}$ ・180°R保証  
磨き工程・超微粒子超硬合金

機械工具事業部/ラウンドツール技術部

関口 徹

## 要 旨

モールドマイスターボールは、<sup>※1</sup>ボール刃の精度を± $3\mu\text{m}$ と極限まで高めた精密金型加工用エンドミルである。0.1 $\mu\text{m}$ 単位の精密測定技術の開発と、ボール刃から外周刃をスムーズにつなぐ研削技術の開発で180°R範囲の保証を可能にした。これにより、高精度金型をねらい通りの形状に加工できるとともに、後工程の修正・磨き工程を大幅に縮減できる。さらに、超微粒子超合金と耐摩耗性・耐熱性にすぐれたX'sコーティングにより耐久性がすぐれ、高硬度焼入れ材の加工にも対応する。

## Abstract

Mold Meister Ball Nose End Mill, the end mill for machining of precision molds, features the highest ball nose end mill precision with the minimum form error of  $\pm 3\mu\text{m}$ . The machining of 180° radius is ensured with the development of measuring technology for the measurement at 0.1 $\mu\text{m}$  increment and with the milling technology that allows the smooth contour from ball nose end milling to outside diameter cutting. It allows the machining of the precision mold to the precise shape, therefore reducing the process time of repair or polishing substantially. Furthermore, it is made of sub-micro-grain carbide and coated with friction- and heat-resistant X's coating. Because of the superb durability, it is also suitable for the machining of hardened steel.

## 1.磨きレス加工を実現

IT製品や光学製品に代表されるように、ユーザーニーズの多様化にともない、短いサイクルで製品が次々に発表されている。これらの製品の量産を支えているものの一つが金型技術である。

金型は、複雑な曲面で構成されており、ボールエンドミルによる3次元加工と、磨き加工により仕上げられている。磨き工程は自動化が困難であり、熟練者による手仕上げが主流になる。しかし、熟練者の減少と、金型製作のトータルリードタイム短縮の要求などに対して、ボールエンドミルによる3次元加工において、より仕上げ状態に近づける、いわゆる磨きレス加工が指向されている。

この磨きレス加工を実現するには、すぐれた加工機械と加工プログラムを作成するCAMソフト、高精度と耐久性を有するボールエンドミルが必要である。これらの要求に応じて超硬コーティングボールエンドミル「モールドマイスターボール」を開発した。その特長と切削性能について紹介する。



図1. モールドマイスターボールの外観



## 2. 高精度加工と耐久性

モールドマイスターボールは、精密金型の3次元加工に対応するよう、寸法範囲をR0.5~R6とした。モールドマイスターボールの外観を図1に示す。

モールドマイスターボールの名称は、英語のMold(金型)とドイツ語のMeister(職人)、これにボールエンドミルを表わすBallを組み合わせた。このエンドミルを使用することにより、熟練した職人が加工したのと同様な精密金型を製作することができる。そして精密な加工を行なう現代の職人にこそ使ってほしいという願いから命名した。

モールドマイスターボールの特長は次のとおり。

- ① ボール刃のR精度は、180°の範囲で±3μmの高精度
- ② ボール刃と外周刃のつなぎ部は段差のない刃形状
- ③ 耐久性にすぐれ、高硬度材の高速加工に対応
- ④ ビビリ振動のない、高精度加工が可能

### ※2 (1) R精度±3μmを保証

モールドマイスターボールと他社ボールエンドミルのR実測値を図2に示す。これは、R1mmのボールエンドミルのボール刃を10°毎、さらに外周刃の両端±10°部分を加えた21点のRを測定したものである。モールドマイスターボールは、R精度が+1.7~-1.5μmであり、ボール刃と外周刃はスムーズにつながっている。

これに対し、他社ボールエンドミルのR精度は、+8.5~-1.5μmであり、ボール刃と外周刃のつなぎ部分は角張っている。これを、各10本測定し比較した結果が図3である。モールドマイスターボールは180°の範囲でR精度±3μm以内となっている。

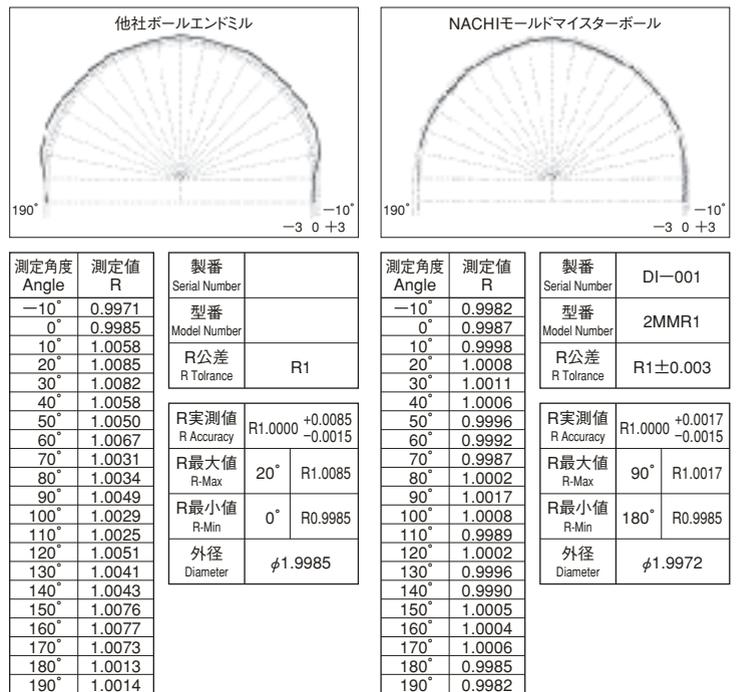


図2. R精度の測定値

### R1規格品

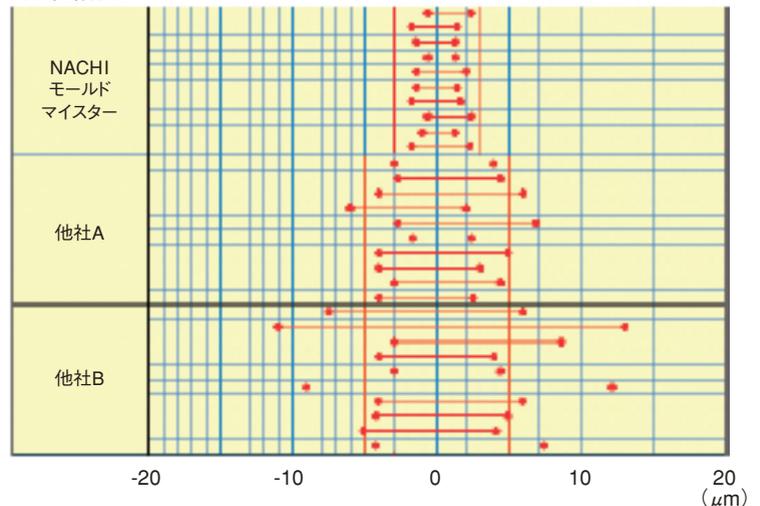


図3. R精度の比較

この高精度を実現するため、つぎの新しい研削技術と測定技術を開発した。ボール刃と外周刃のつなぎ部の形状を図4に示す。

従来のボールエンドミルの逃げ面は、外周刃とボール刃が別々に研削されている。まず外周刃を研削した後、一旦研削を止め、その後ボール刃を研削している。このため、割線としてつなぐことになり、図4に示す角張った形になってしまう。モールドマイスターボールはこの問題に対し、ボール刃と外周刃の逃げ面を1パスで加工することができるので、つなぎ部はスムーズであり、完全に180°の範囲でR精度を確保できる。

一方、R精度を保証するには、測定技術が不可欠である。モールドマイスターボールの開発にあたり、新しい測定機を開発した。この測定機は、自社開発の画像処理技術と高精度位置決め技術により、R寸法を0.1 $\mu$ m分解能で計測することができ、R精度の保証が可能となった。モールドマイスターボールには、この測定機で計測し

た結果を検査成績書として1本ごとに添付している。検査成績書の様式は図2に示したとおりで、10°ごとのR計測値と称呼値に対する誤差を記載している。また、この検査成績書は、単にR精度を保証するだけでなく、この実測値を用いることで、最高の精度で加工することが可能になるので、大変大きな意味を持つものである。

従来は加工に使用するボールエンドミルのR寸法は未知であり、使用者は、経験にもとづいて10 $\mu$ m程度のオフセットを行ない加工するケースが大半であった。エンドミルのR寸法の誤差分だけ加工誤差が発生し、磨き加工に負担をかけている。Rの実測値があらかじめ分かれば、CAMによるプログラム作成時や、加工機械へのR寸法の入力時に、この実測値を用いることで狙った高精度加工が可能になる。そのため、後工程である磨き工程や型修正の工数が大幅に縮減できる。

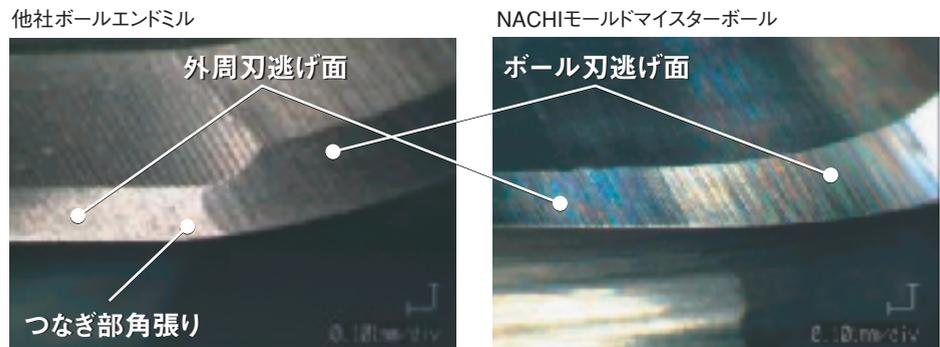


図4.つなぎ部逃げ面の形状

## (2) すぐれた耐久性

一般に精密金型は、熱処理前の生材を加工することは少なく、高硬度材からの直彫加工がほとんどである。モールドマイスターボールは、高硬度材の直彫加工に対応し、耐摩耗性にすぐれた超微粒子超硬合金と耐熱性、耐摩耗性にすぐれたTiAlN系のX'sコーティングを採用した。超硬合金の耐久性を左右するのは、耐摩耗性の指標である硬さと、耐欠損性の指標である抗折力、あるいは破壊じん性値であるが、これらは

相反する性質をもつ。この性質をおおむね決定するのは、コバルト含有率とWC粒径であるが、モールドマイスターボールでは、WC粒径が $0.7\mu\text{m}$ 以下と微細化された超微粒子超硬合金を採用し、また、汎用エンドミルに比べ、コバルト含有率を少なくすることで硬さを高くし、高硬度材加工時の耐摩耗性を向上するとともにヤング率を高め、剛性を向上している。

# 3. 切削性能

## (1) 加工面精度

モールドマイスターボールによる高精度加工を具現化した加工事例を図5に示す。

5°の傾斜面の上半分をモールドマイスターボール、下半分を他社ボールエンドミルで加工し、加工精度を比較した。モールドマイスターボールは狙いの理想線に沿って加工できている。他社ボールエンドミルは7~8 $\mu\text{m}$ の削り残しが発生し、段差になって現れている。とくにボール刃と外周刃のつなぎ部分において、他社ボールエンドミルでは、角張りのある箇所での切削になり、カスプ(ピックフィードにより発生する削り残し)が大きくなっている。

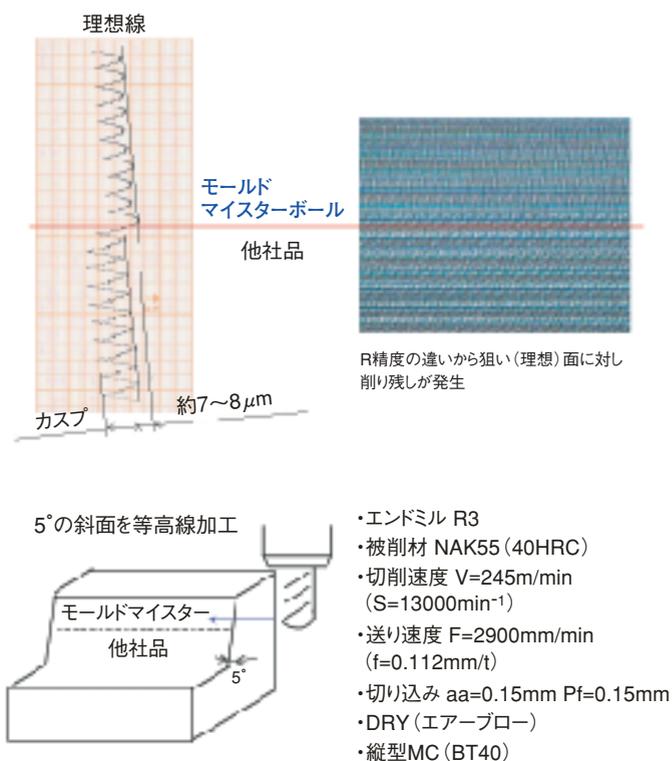


図5. 傾斜面・加工面精度の比較

## (2) 高硬度材加工例

高硬度材加工時のR部の摩耗量比較事例を図6に示す。

被削材SKD11 (60HRC)を切削速度150m/min、送り速度1400mm/minの高速高能率加工を行なったときの逃げ面摩耗量の推移を表わしている。モールドマイスターボールは、他社品に比べ摩耗量が少なく、2倍以上の寿命を示している。

これは、超微粒子超硬合金とX'sコーティングの効果である。さらに極限まで高めたR精度は、振れ精度にすぐれ、2刃の切削のアンバランスがなく、振動を抑制する効果があり、耐久性にも好い結果をもたらしていると考えられる。

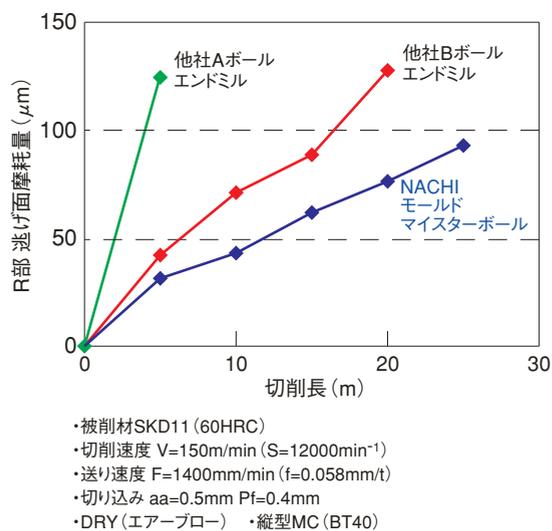


図6. 高硬度材加工時の摩耗量比較

# 4. 金型加工のマイスターに

ボール刃の精度を $\pm 3\mu\text{m}$ に高め、 $180^\circ\text{R}$ 範囲を保証したモールドマイスターボールにより、従来に比べ1ケタ上の高精度加工が実現し、磨き工程、型修正など後工程を大幅に縮減することができる。

モールドマイスターボールの性能を発揮することで、ぜひ金型加工のマイスターをめざしていただきたい。

### 用語解説

- ※1 ボール刃  
エンドミル先端の球状の切れ刃。
- ※2 R精度  
ボール刃の実際のRの大きさと基準のRとの差。
- ※3 直彫加工  
金型加工において、焼き入れされた材料を3次元加工する加工法。
- ※4 WC粒径  
超硬合金の主成分であるWCの粒径。
- ※5 超微粒子超硬合金  
WC粒径が $0.7\mu\text{m}$ 以下の超硬合金。
- ※6 ピックフィード  
切削送りに直角な間欠的な切り込み。



本 社	本社・富山事業所	富山市不二越本町1-1-1	〒930-8511	Tel.076-423-5111	Fax.076-493-5211
	東京本社	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F	〒105-0021	Tel.03-5568-5111	Fax.03-5568-5206
http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/					
生産拠点	富山事業所	富山市不二越本町1-1-1	〒930-8511	工具	Tel.076-423-5100 Fax.076-493-5221
				マシナリー	Tel.076-423-5140 Fax.076-493-5242
				ロボット	Tel.076-423-5135 Fax.076-493-5251
				ベアリング	Tel.076-423-5120 Fax.076-493-5231
東富山事業所	富山市米田町3-1-1	〒931-8511	マテリアル	Tel.076-438-4411 Fax.076-438-6313	
			油圧機器	Tel.076-438-8970 Fax.076-438-8978	
滑川事業所	富山県滑川市大掛176	〒936-0802	プレジジョン	Tel.076-471-2101 Fax.076-471-2630	
			カーハイドロリクス	Tel.076-471-2320 Fax.076-471-2324	
			クリーンサーモ	Tel.076-471-2981 Fax.076-471-2987	
			コーティング	Tel.076-471-2985 Fax.076-471-2989	
			精密成形	Tel.076-471-2991 Fax.076-471-2992	
水橋事業所	富山市水橋伊勢屋193	〒939-3524	ベアリング	Tel.076-478-2098 Fax.076-479-1081	
営業拠点	東日本支社	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F	〒105-0021	Tel.03-5568-5280	Fax.03-5568-5290
	北関東支店	群馬県太田市下浜田町1087-7	〒373-0821	Tel.0276-46-7511	Fax.0276-46-4599
	北海道営業所	札幌市東区本町1条10-4-10	〒065-0041	Tel.011-782-0006	Fax.011-782-0033
	東北営業所	福島県郡山市桑野2-33-1 ワン・ブリッジビル2F	〒963-8025	Tel.024-991-4511	Fax.024-935-1450
	中日本支社	名古屋市名東区高社2-120-3 ナチ名古屋ビル	〒465-0095	Tel.052-769-6811	Fax.052-769-6830
	東海支店	浜松市砂山町353-3 大協土地ビル7F	〒430-0926	Tel.053-454-4160	Fax.053-454-4845
	北陸支店	富山市石金2-3-60 ナチ北陸ビル	〒930-0966	Tel.076-425-8013	Fax.076-493-5215
	西日本支社	東大阪市本庄西2-73-14 ナチ大阪ビル	〒578-8522	Tel.06-6748-2510	Fax.06-6748-1955
	中国四国支店	岡山市西古松2-2-30	〒700-0927	Tel.086-244-0002	Fax.086-243-4346
	広島営業部	広島市安佐南区西原8-25-10	〒731-0113	Tel.082-832-5111	Fax.082-832-5114
九州支店	福岡市博多区山王1-10-30	〒812-0015	Tel.092-441-2505	Fax.092-471-6600	
海 外	国際営業部	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F	〒105-0021	Tel.03-5568-5240	Fax.03-5568-5236
生産拠点 Overseas Manufacturing Companies	AMERICA	Indiana, Michigan / U.S.A. BRASIL			
	EUROPE	SPAIN CZECH			
	ASIA and OCEANIA	SINGAPORE THAILAND TAIWAN KOREA CHINA			
営業拠点 Overseas Sales Companies	AMERICA	U.S.A. CANADA MEXICO			
	EUROPE	GERMANY SPAIN U.K. ITALY			
	ASIA and OCEANIA	SINGAPORE VIETNAM MALAYSIA INDONESIA PHILIPPINES CHINA TAIWAN THAILAND KOREA AUSTRALIA			