

NACHI-BUSINESS

Machining news

Vol. **3A2**
May/2004

マシニング事業

コーティング

■ 論文・報文・解説

金型加工をリードする

「高精度エンドミル加工技術」

Endmill Technology for High Precision
Mold&Die Processing

〈キーワード〉 精密金型, 磨きレス, R精度 $\pm 3\mu\text{m}$, 180°R保証,
楕円形状, 高精度・高能率加工

機械工具事業部/ラウンドツール技術部

五島 康

要 旨

パソコンや携帯電話などのモバイルツールに代表されるように、製品の小型化・高品位化が進み、ユーザーニーズが多様化することにより、商品のライフサイクルは極端に短くなっている。これらの製品を短納期で、大量に生産するためのマザーツールが金型である。製品の出来映えを左右する金型の仕上げ面精度の向上は非常に重要となり、機械加工においても、磨きレスを目指した高精度加工が必要である。さらに、短納期、低コストへの対応のため、高速切削による生産性の向上が図られている。

これらの要求を満たすためには、ボールエンドミルの高精度化・高機能化が必須であり、 $\pm 3\mu\text{m}$ の超精密ボールエンドミルや、楕円形状切れ刃のエンドミルについて事例を交えて紹介する。

Abstract

More compact and better quality products have been developed as in the case of personal computers and mobile tools like cell phones. As the users want more diversified products, the product life cycle has become extremely short.

The main tooling to produce such products in a short time and in mass volume is a mold, of which finished surface precision affects the product workmanship. Therefore, it is very important to improve the finished surface of a mold. High-precision machining is required to achieve lesser post polishing. Furthermore, the machining productivity is improved with the use of high-speed cutting to satisfy short delivery time and low cost.

It is essential to achieve high-precision and high-function ball end milling in order to satisfy these requirements. Introduced are the ultra-precision ball end mill of $\pm 3\mu\text{m}$ and the end mill with oval cutting blade along with their performance examples.

1. 3次元加工で 金型の仕上げ

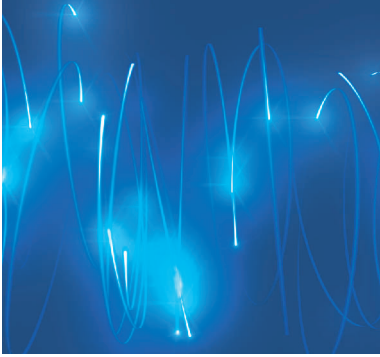
(磨きレス加工指向に対応)

複雑な3次元曲面から構成される金型を加工するには、切れ刃先端部が球状になっているボールエンドミルが多く使用されている。

通常、金型は手作業による磨き仕上げ加工があり、熟練の技を要し、時間、コストが増大するネック工程である。この磨き仕上げを、ボールエンドミルの3次元加工でより仕上げ状態に近づけ、磨き工程を省略・簡略化する、いわゆる磨きレス加工が指向されている。また、最近ではデジタルカメラなどに使用されるプラスチックレンズ用超精密金型分野では、ワンランク上の高精度が要望されている。

ボールエンドミルの精度は、工具研削盤の高精度化とボール部の精密測定技術の進歩により、年々向上してきている。金型の高精度磨きレス加工に対応したボールエンドミルとしては、2000年に開催された日本国際工作機械見本市でボール部精度 $\pm 5\mu\text{m}$ が登場した。それまでは $\pm 10\mu\text{m}$ が一般的であり、高精度加工用エンドミルとして注目を集めた。

NACHIは、ボール部精度 $\pm 3\mu\text{m}$ の実現に加え、外周刃とボール刃をスムーズにつなぐことでこれまでは困難であった、R部180度範囲の保証を可能にした超高精度ボールエンドミル「モールドマイスターボール」を開発した。

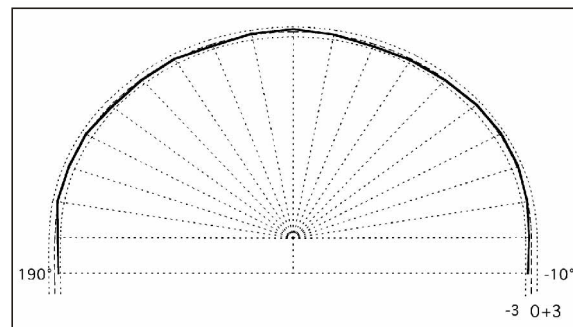


(形状精度を限界まで)

モールドマイスターボールは、外周部からボール部を連続的に研削することで、繋ぎの全くない形状を造ることに成功した。(図1)

モールドマイスターボールを使用することにより、金型を狙い通りの形状に加工することができる。また、1

本ごとにボール部精度を示した検査成績書を添付した。これにより、作業者はプログラム作成時や、機械へのR寸法入力時に成績書に基づいた実測寸法を入力することで、加工誤差を最小限に制御することができる。



測定角度 Angle	測定値 R
-10°	0.9982
0°	0.9987
10°	0.9998
20°	1.0008
30°	1.0011
40°	1.0006
50°	0.9996
60°	0.9992
70°	0.9987
80°	1.0002
90°	1.0017
100°	1.0008
110°	0.9989
120°	1.0002
130°	0.9996
140°	0.9990
150°	1.0005
160°	1.0004
170°	1.0006
180°	0.9985
190°	0.9982

項目 Serial Number	ED001
型番 Model Number	2MMR1
R公差 R Tolerance	R1±0.003

R実測値 R Accuracy	R1.0000	±0.0017 -0.0015
R最大値 R-Max	90°	R1.0017
R最小値 R-Min	180°	R0.9985
外径 Diameter	φ1.9972	

図1.モールドマイスターボールの外観とR精度検査成績書

(ますます高まる利用価値)

ボール部精度の違いによる加工精度の比較を図2に示す。R部と外周部のつなぎ部に段差がある一般のボールエンドミルでは、狙い形状に対し、約 $8\mu\text{m}$ の削り残しが発生した。一方、モールドマイスターボールでは狙い通りの加工形状が得られる。

長時間の高速切削において、工具の摩耗進行を抑制し、高精度を維持するには、使用される工具材料、表面処理についても十分配慮し、高速切削による生産性の向上が重要である。

高速切削に使用される工具材料は、 800°C 近くまで上昇する切削熱に耐えるよう、超硬合金が使用される。超硬合金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^{※2}の両立が重要である。

炭化タンゲステン粒径を微細化し結合材であるコバルトの含有率を増やし、この相反する性質をバランス良く高める。最近では、炭化タンゲステン粒径 $0.5\mu\text{m}$ 程度、コバルト含有率 $8\sim 10\%$ 程度の超硬母材が多用されている。

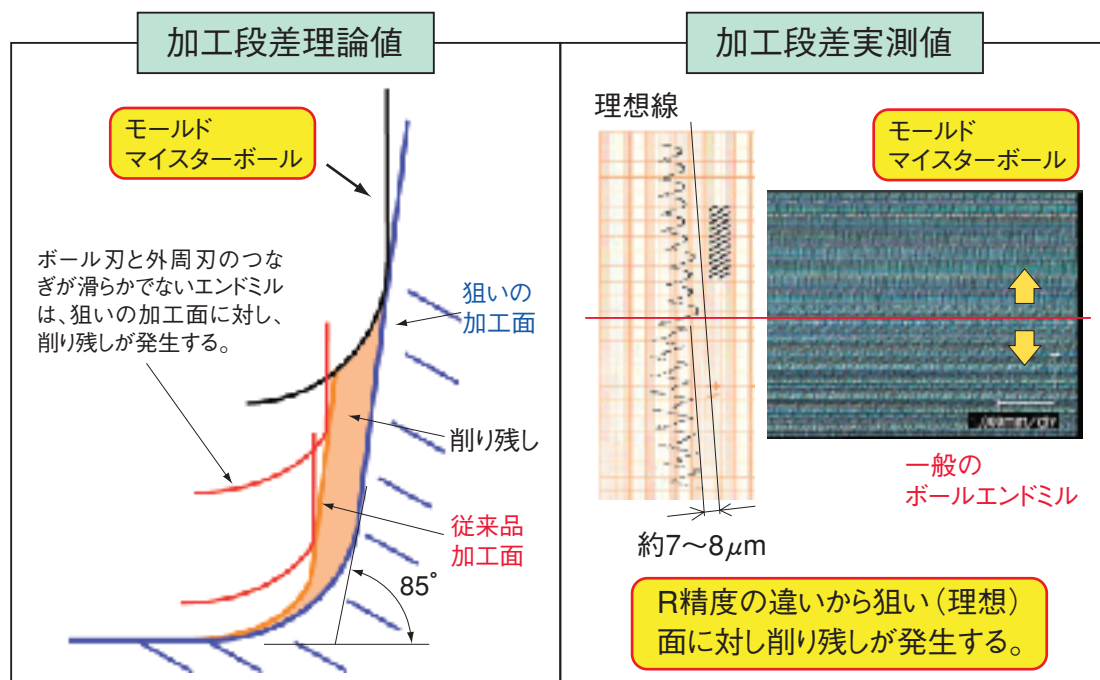


図2.ボール部精度の違いによる加工精度比較

表面処理技術は、1977年に物理蒸着法による炭化チタン系コーティングや窒化チタン系コーティングが実用化されて以来、年々開発が進み、耐摩耗性、密着性、耐熱性の向上が著しい。現在、硬さが2500～3000HV、耐酸化温度が850℃～900℃まで向上した窒化チタンアルミニウム系コーティングが主流となっている。各コーティング膜の硬度と耐酸化温度の比較を図3に示す。最近ではさらに耐酸化温度を高めるため、シリコンやクロムなどの耐熱元素を付加したコーティングの開発が進んでいる。

NACHIは、この分野でもコーティング加工方式と装置の開発、制作でノウハウを蓄積してきている。

モールドマイスターボールの材料には耐摩耗性と耐チップング性をバランス良く高めた超微粒子超硬合金と、耐熱性、耐摩耗性にすぐれたTiAlN系X'sコーティングを採用した。形状精度を極限まで高め、かつ精度を維持する工具材料、表面処理の工夫により、金型の高精度加工を達成するとともに、製作納期の短縮、コスト低減に寄与し、光学機器用超精密金型などを中心に利用価値が高まることが予想される。

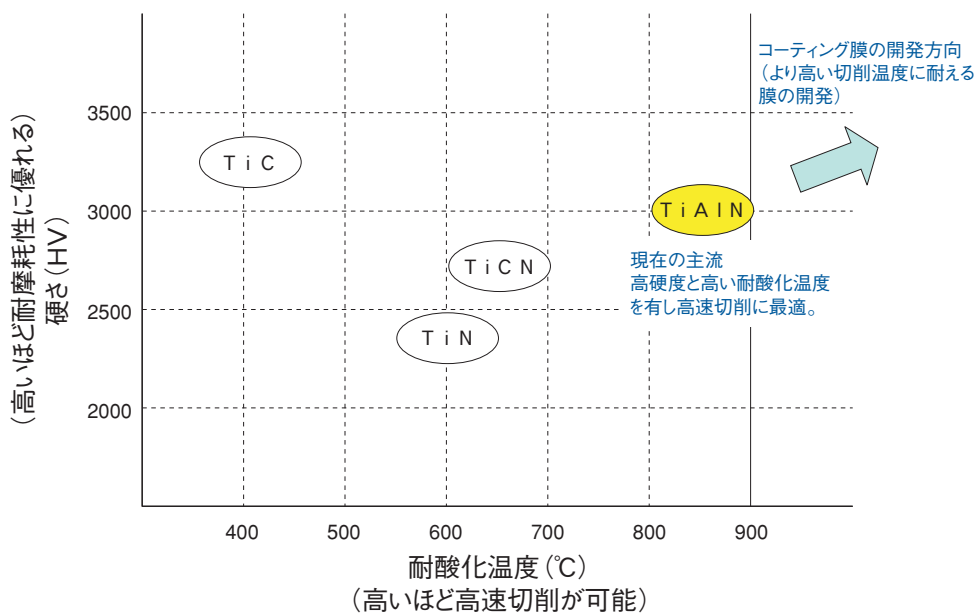


図3.コーティング膜の硬さと耐酸化温度の比較

2. 新しい形状の工具による高精度と高能率の両立

金型加工の高精度化や、加工時間短縮のために、従来にないユニークな工具形状を採用したエンドミルがある。

一般に、ボールエンドミルで加工した場合、^{※5}カスプと呼ばれる削り残しが発生する。この削り残しを少なくするには切り込み間隔(ピックフィード)を小さくするか、同一ピックフィードであれば工具径を大きくすることで

対応できる。しかし、ピックフィードを小さくすると、金型全体を加工する工具経路が長くなり時間がかかるうえ、工具の摩耗が進行し工具寿命が低下してしまう。また、工具径を大きくすれば同一ピックフィードでも仕上げ面精度を向上できるが、エンドミルの単体価格が増大するとともに、加工速度が制限され、コスト高の要因となる。

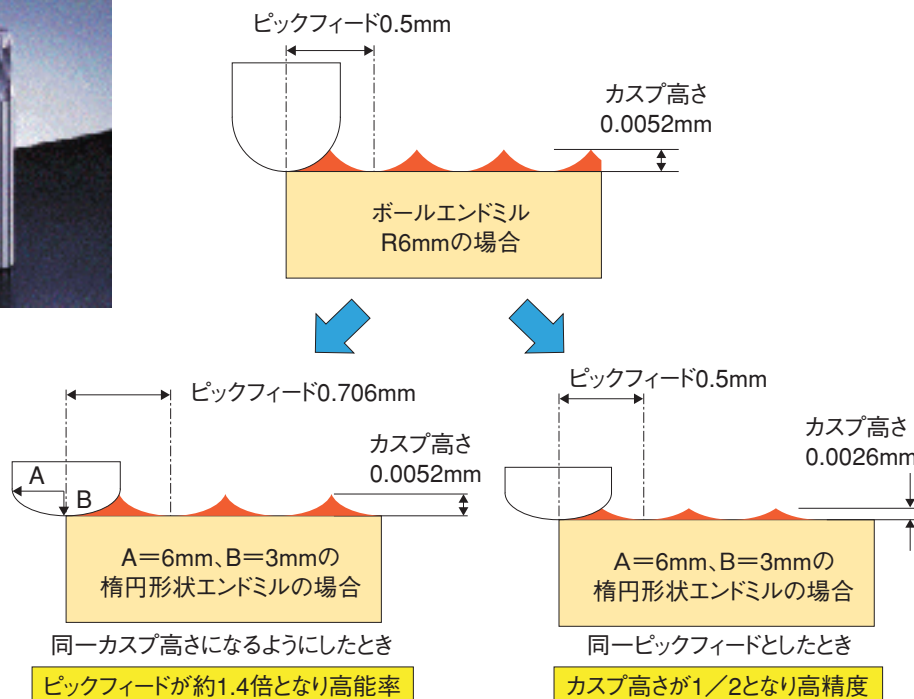


図4.楕円形状エンドミルの外観と活用方法

3.ものづくりプロセスの リード役として

(小径工具の使用も可能)

そこで、工具径は小さいまま、実際に加工に関与する部分の曲率半径を大きく取った楕円形状エンドミル「オーバルミル」を開発した。このオーバルミルは使用方法によって、高精度加工へのアプローチと、加工時間短縮、工具寿命延長へのアプローチの二面性を持っている。図4に示すように、ボール半径が6mmのボールエンドミルで、ピックフィードを0.5mmにして加工すると、理論上0.0052mmのカスプが発生する。これに対し、横(A)半径を6mm、縦(B)半径を3mmとしたオーバルミルでは、同一のピックフィードで加工すれば、カスプ高さが0.0026mmと、ボールエンドミルの1/2になり高精度加工が可能になる。また、同一カスプ高さとなるようにすれば、ピックフィードを0.706mmと約1.4倍の大きさにすることができ、高能率加工が可能になる。また、工具経路も短くなり工具寿命の延長にも役立つ。さらに、このオーバルミルは次のような効果がある。一つは、接触面積が大きく周速の早い部分での切削となるため、切れ味がよく光沢のある良好な仕上げ面を得ることができる。もう一つは、曲率半径の大きな部分で切削を行なうため、ボールエンドミルに対し小径工具の使用が可能であり、工具費の低減に寄与できる。

楕円形状の採用と、楕円形状を認識し加工プログラムを作成できるCAD/CAMシステムは、金型業界で革新的な加工法として注目を集めているアイテムの一つである。

高精度加工と高能率加工は、相反する取り組みと思われがちである。しかし、切削工具の特長を十分に理解し上手に使用することで、高精度でかつ高能率加工の実現は可能であり、コスト削減への足掛かりとなる。

日本の金型産業は近年、慢性的な「繁忙赤字」に苦しんでいる状況にあるが、世界市場においてその高い技術力と、これまで蓄積したノウハウにより、ものづくり分野の発展をリードしていく役割を担っている。

切削工具を作る側、使う側がお互い協力して進歩していくことで、金型大国日本の繁栄がある。

用語解説

- ※1 マザーツール
製品を生み出す(作り出す)工具。
- ※2 抗折力
破壊するまでに耐えた最大荷重。
- ※3 物理蒸着法
高真空装置の中で金属を蒸発、イオン化し硬質膜を形成する方法。
- ※4 耐酸化温度
コーティング膜が酸素と反応し、膜機能が低下する温度。
- ※5 カスプ
ボールエンドミルによる削り残し。

〈注記〉

本稿は、日刊工業新聞2004年3月25日(木)
特集「工作機械産業」“重要性を増す高精度加工一切削工具”として
掲載されました。

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 プレシジョン 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 AMERICA Indiana, Michigan / U.S.A. BRASIL
 Overseas Manufacturing Companies EUROPE SPAIN CZECH
 ASIA and OCEANIA SINGAPORE THAILAND TAIWAN KOREA CHINA

営業拠点 AMERICA U.S.A. CANADA MEXICO
 Overseas Sales Companies EUROPE GERMANY SPAIN U.K. ITALY
 ASIA and OCEANIA SINGAPORE VIETNAM MALAYSIA INDONESIA PHILIPPINES
 CHINA TAIWAN THAILAND KOREA AUSTRALIA