サンドビック株式会社 コロマントカンパニー
【カンパニー本社】〒465-0025 名古屋市名東区上社1丁目1801
TEL(052)778-1001 FAX(052)778-5010
お問い合わせフリーダイヤル（祝日を除く24時間）
0120-350-930
http://www.sandvik.coromant.com/jp
SANDVIK Coromant

ISO9001 JQA-2089　ISO14001 JQA-EM1580
DIJET ダイジェット工業株式会社
本社 〒547-0002 大阪市平野区加美東2-1-18 Tel.(06)6791-6781 Fax.(06)6793-1221
東京支店／Tel.(048)949-7720 Fax.(048)949-7730　名古屋支店／Tel.(052)851-5500 Fax.(052)851-8311
大阪支店／Tel.(06)6794-0216 Fax.(06)6794-0217
仙台 北関東 南関東 浜松 三河 三重 富山 広島 九州
●インターネットホームページ www.dijet.co.jp
●技術相談フリーダイヤル 0120-39-81-39

切削加工

マイクロボールエンドミル加工における振れの影響と抑制方法

図２　両切れ刃における逃げ面摩耗幅（R／D 5.0%）

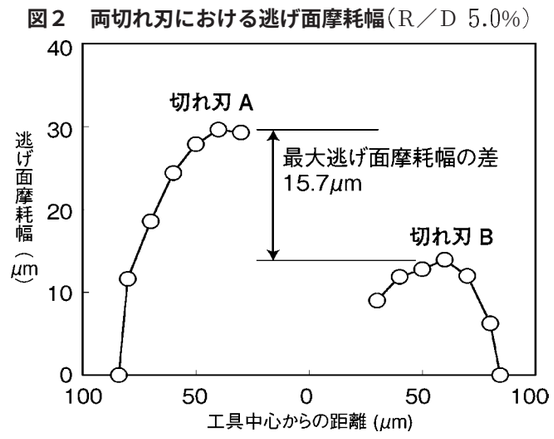


図３　切れ刃にかかる切削抵抗（送り方向）

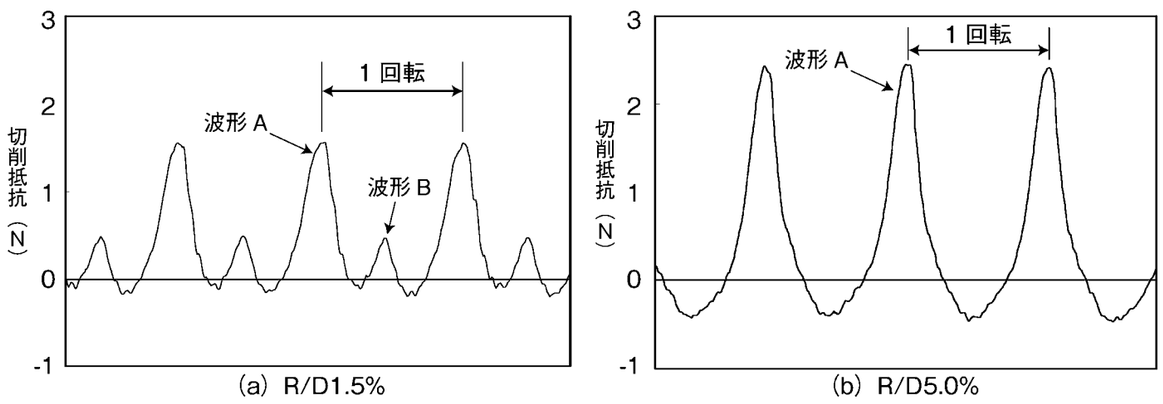
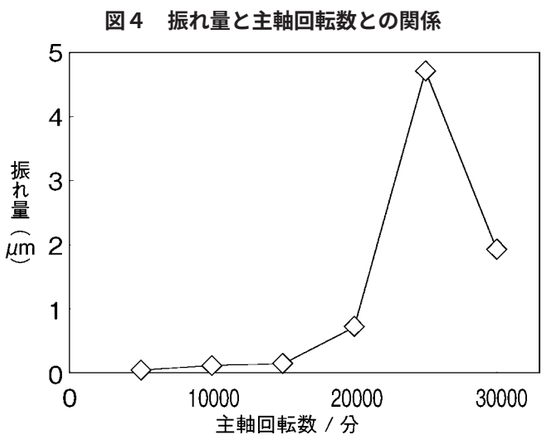


図４　振れ量と主軸回転数との関係



振れが切削抵抗に及ぼす影響

図２は、工具中心位置をゼロとして、図１の逃げ面摩耗幅と工具中心からの距離との関係を示したものである。逃げ面摩耗幅は工具中心から30μm離れた位置を基点とし、10μmごとに測定した。それぞれの切れ刃には、逃げ面摩耗幅が最大となる箇所が存在し、R／Dが5・0%の図２では、最大逃げ面摩耗幅の差は15・7μmであった。R／Dが1・5%まで減少すると、切れ刃Aの摩耗幅は減少し、切れ刃Bでは増大するため、最大逃げ面摩耗幅の差は6・3μmまで低減される。反対に、R／Dが9・5%の場合には、その差は38・4μmまで増大する。

ボールエンドミル加工において、逃げ面摩耗に影響を及ぼす主な因子は、切れ刃が被削材を擦過する実切削距離および切削速度である。実験では振れ量のみを変化させたため、切削速度は一定であり、逃げ面摩耗に影響を及ぼすのは実切削距離のみとなる。振れの発生によって、切れ刃Aの回転半径は増加し、実切削距離は長くなるが、反対に切れ刃Bの実切削距離は短くなる。この実切削距離の差が累積され、最大逃げ面摩耗幅に差が生じる。

図３は切削距離1μm付近における送り方向の切削抵抗波形を示したものである。切れ刃Aにかかる切削抵抗は波形A、切れ刃Bにかかるものは波形Bとした。図３（a）はR／Dが1・5%のときの波形であり、1回転中に高さの異なる二つの波形A、Bが存在している。これは、両切れ刃が、ともに切削に関与していることを示している。一般に2枚刃エンドミルの切れ刃にかかる切削抵抗波形の高さは等しいが、図３（a）では異なる。これは、振れの発生による回転半径の変化が切れ刃Aの切取量を増加させ、切れ刃Bの切取量を減少させたためである。

一方、R／Dが5・0%の切削抵抗波形を示した図３（b）では、1回転中に一つの波形しか存在していない。これは2枚刃のうち片方の切れ刃のみが切削に関与し、他方の切れ刃では切削されていないことを示している。このとき片方の切れ刃にかかる切削抵抗が増大するため、折損や欠損が発生しやすくなる。振れ量が切り込み量より大きい場合には、このように1刃のみでの切削加工となるため、振れの抑制が重要となる。

振れの抑制方法

マイクロエンドミル加工において、振れ量は主軸、工具などの組み合わせで決まる。一般には、振れ量を少なくするために高い回転精度を有する主軸を使用し、主軸を手で回転させたときに振れ量が最小となるようにエンドミルを取り付ける。しかしながら、加工精度などに影響を及ぼすのは、実加工時の回転数における振れ量である。このため、マイクロボールエンドミル加工では、加工前に回転中の振れ量を測定することが重要となる。

図４は当センターが保有する数値制御（NC）フライス盤の主軸回転数と振れ量との関係を示したものである。振れ量は毎分20000回転までは緩やかに増加しているが、共振回転数である毎分25000回転で急増していることがわかる。共振回転数での切削加工は、振れ量の増加に伴う加工誤差が生じるだけでなく、前述のような摩耗形態および切削抵抗の原因となる。

このような状況を防ぐには、自社で保有している装置の主軸回転数と振れ量との関係を把握することが重要である。共振回転数を確認し、回避して加工することにより、加工精度の低下を未然に防ぐことができる。また、振れ量は、工具の刃長、首下長さ、付き出し長さなどによって変わるため、実際に使用する工具を取り付けた状態での振れ量測定が望ましい。

最近では、焼きばめ方式による工具保持が増えており、再現性の高い安定した保持が可能となっている。しかし、一度保持精度が低下すると元に戻すことは困難であるため、コレットチャック方式と同様に保持部の清掃などを含めた管理が重要である。

現在、マイクロエンドミル刃先の振れ量をゼロにすることは困難であるが、限りなくゼロに近づくエンドミル作製方法が研究されている。例えば、レーザーや放電加工など刃先に負荷がかかりにくい加工方法を用いて、工作機械上でマイクロエンドミルを成形する方法である。

これらの方法により、振れ量が抑制されるだけでなく、加工形状に適したマイクロエンドミルの作製が可能となる。特に、実加工時の回転数で成形した場合、振れ量は理論上ゼロになる。このような研究が進展すれば、マイクロボールエンドミル加工における形状精度は飛躍的に向上する。

おわりに

アジアをはじめ諸外国におけるエンドミル加工技術が高まり、日本では他国がまねできないマイクロボールエンドミル加工技術の確立が必要とされている。現在、市販されている工具を用いて形状精度を高める企業が多い中、独自工具の開発・製造により高精度化、短納期化を実現する企業も増えてきた。日本における微細形状加工技術のさらなる発展のため、既存の工作機械に取り付けられるマイクロエンドミル成形装置などが開発され、振れ量がゼロとなることを期待したい。

Member IMC Group Iscar
イスカルジャパン株式会社
http://www.iscar.co.jp
本社 〒560-0082 大阪府豊中市新千里東町1-5-3 千里朝日阪急ビル15F Tel. 06-6835-5471 Fax. 06-6835-5472
東京支店 〒143-0016 東京都大田区大森北1-17-2 大森センタービル 7F Tel. 03-5764-1181 Fax. 03-5764-1182
名古屋支店 〒464-0850 名古屋市千種区今池5-1-5 名古屋センタープラザビル9F Tel. 052-735-3981 Fax. 052-735-3982
仙台営業所 Tel. 022-304-2291　郡山営業所 Tel. 024-933-6921　長岡営業所 Tel. 0258-23-3701　上田営業所 Tel. 0268-28-5231　太田営業所 Tel. 0276-38-5801　水戸営業所 Tel. 029-257-0321　厚木営業所 Tel. 046-226-6681　金沢営業所 Tel. 076-258-7931　浜松営業所 Tel. 053-482-0091
安城営業所 Tel. 0566-71-3471　四日市営業所 Tel. 059-350-0151　草津営業所 Tel. 077-566-7071　神戸営業所 Tel. 078-304-6871　姫路営業所 Tel. 079-286-8651　岡山営業所 Tel. 086-242-0251　広島営業所 Tel. 082-831-1871　福岡営業所 Tel. 092-895-1481