

研究ノート

CBN 工具による焼入れ鋼の超精密切削

河田 圭一^{*1}、石川 和昌^{*1}、島津 達哉^{*1}、児玉 英也^{*1}

Ultra Precision Cutting of Hardened Steel by CBN Cutting Tool

Keiichi KAWATA^{*1}, Kazumasa ISHIKAWA^{*1}Tatsuya SHIMAZU^{*1} and Hideya KODAMA^{*1}Industrial Research Center^{*1}

CBN 工具を用いた高硬度材料の超精密切削加工技術を開発することにより、焼入れ鋼部品の仕上げ時間短縮、精度向上を目指している。本年度は工具材料である CBN のレーザ加工特性の調査及びレーザで刃先形成した CBN 工具による焼入れ鋼の切削試験を実施した。その結果、レーザの焦点位置で加工した面よりもレーザの側面で加工した面の方が仕上げ面粗さは小さくなることが分かった。また、焼き入れ鋼加工時の切削抵抗は、レーザ側面で刃先形成した切削工具の方が市販工具よりも若干小さくなった。以上から、CBN 工具による超精密加工の可能性が示された。

1. はじめに

半導体製造装置や工作機械などに使用されるサーボモーターは、位置決め高度化の要望から高速・高精度化が求められている。構成部品には高い精度、硬度が要求され、通常研削加工により仕上げられる。しかし研削加工は、①加工時間が長い、②ドレッシングのためマイクロメートルオーダーの寸法精度が安定しない、③分別不可能な研削粉は産廃となるなどの課題がある。そのため、焼き入れ鋼などの高硬度材の超精密切削加工が期待されている。しかし、ナノメートルオーダーの加工を実現できる単結晶ダイヤモンド工具は、鉄系材料では拡散による摩耗が大きく、焼き入れ鋼の加工には使用できない。また、一般に焼き入れ鋼の切削加工に用いられる CBN 工具では、焼結材のため研削工程に代わる十分な仕上げ面粗さが得られていないのが現状である。そこで、本研究では CBN 工具の切削性を向上させるため、現在研削で行われる刃先形成をレーザにより行うことを検討している。本報では、レーザによる CBN の加工特性の検討およびレーザにより刃先形成した CBN 工具の加工結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 レーザによる CBN の加工

レーザによる CBN 工具の成形条件について調べるため、微細レーザ加工機を用いて実験を行った。レーザ発振器の主な仕様を表 1 に示す。レーザ発振器から出力されたレーザは、アッテネータにより出力を調整され、試

料上方から照射される。X、Y、Z 方向の 3 軸を自動ステージにより制御することにより、任意形状が加工できる。集光レンズには平凸レンズ(焦点距離 100mm)を用いた。理論スポット径は約 $15\mu\text{m}$ である。レーザ出力は、70mW とした。

CBN 工具の刃先形成方法を検討するため、図 1 に示すようなポケット加工を行い、底部と側部の粗さを測定した。(a)に示すポケットは、(b)の加工経路を複数回繰り返すことにより製作した。加工経路のピッチは $10\mu\text{m}$ とした。また、送り速度は 0.5、1、2、4mm/s とした。

表 1 レーザ発振器の主な仕様

レーザ励起源	YLF 結晶励起
波長	349nm(3 次高調波)
パルス幅	5ns
発振周波数	1kHz
最大出力	70mW

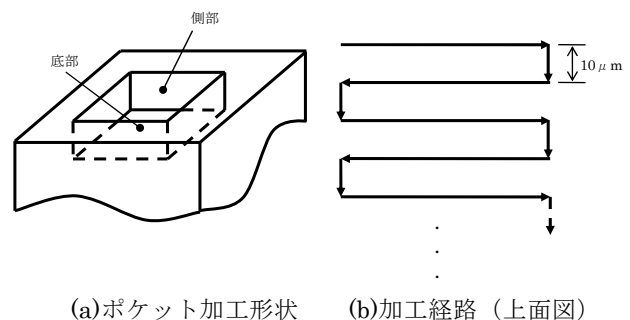


図 1 レーザによるポケット加工

^{*1} 産業技術センター 自動車・機械技術室

2.2 CBN 工具による切削試験

図2に示す超精密加工機を用いて切削試験を行った。切削動力計の上に固定治具によりバイトを設置し、加工中の3成分(X、Y、Z方向)の力を測定した。加工条件を表2に示す。被削材はφ30mmとし、切削速度の変化を小さくするため外周5mm部分を正面切削した。粗加工用のチップにより被削材の傾きがなくなるまで削った後、試験用の切削チップに取り換え、切り込みが安定してから切削抵抗を測定した。

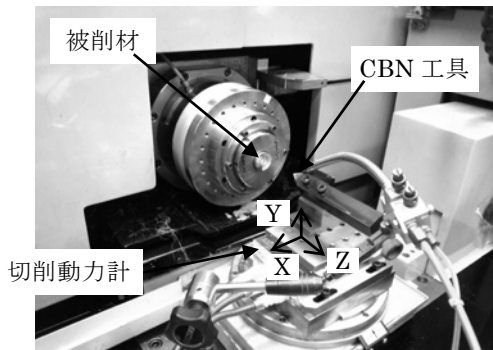


図2 切削試験の様子

表2 加工条件

被削材	SUS420J2 φ30mm
工具材種	BN2000
すくい角	ネガ 25°
傾斜角	30°
先端 R	0.4mm
切り込み	10μm
送り	5 μm /rev
回転数	1000rpm
切削油剤	灯油

3. 実験結果及び考察

3.1 CBN 工具の成形条件の検討

レーザにより加工されたポケットの底部および側部の粗さを、干渉式非接触粗さ測定機を用いて測定した結果を図3に示す。レーザ焦点位置で加工される底部の粗さは、送り速度の影響は小さく約 1.5μmRa であった。しかし、送り速度の増加に伴い、周期的な溝が送り方向に対し垂直な方向に形成された。一方、レーザの側面で加工される側部の粗さは、速度増加とともに送り方向とは異なるうねり模様が形成され、送り速度の影響を受けて大きくなった。しかし、本実験範囲では、側部の粗さは、底部に比べ小さくなることが分かった。これは、高エネルギーなレーザ焦点位置で加工が行われている底部よりも加工が緩やかになり、仕上げ面が向上したと考えられ

る。このことから、レーザ側面がすくい面を形成するように設置し、CBN 工具の刃先形成を行った。

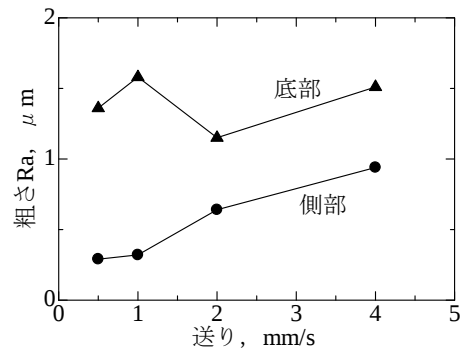


図3 仕上げ面粗さの測定結果(CBN のレーザ加工)

3.2 CBN 工具による焼入れ鋼の切削

CBN 工具を用いて焼き入れ鋼を加工した時の切削抵抗の測定結果を図4に示す。市販工具とレーザで刃先形成した工具を比較すると、レーザ形成工具の方が若干切削抵抗は小さくなった。しかし、仕上げ面粗さは、どちらの工具においても約 370nmRz となり同程度の粗さであった。

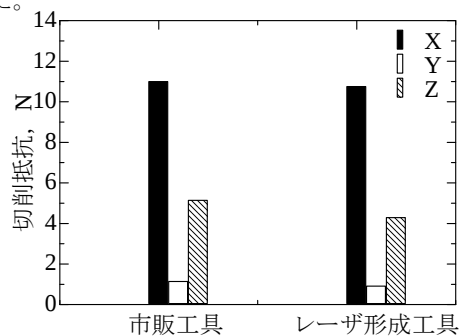


図4 切削抵抗の比較

4. 結び

本研究の結果をまとめると、以下のとおりである。

- (1) レーザの焦点位置において加工した面よりもレーザの側面で加工した面の方が仕上げ面粗さは小さくなった。
- (2) 焼き入れ鋼加工時の切削抵抗は、レーザで刃先形成した切削工具の方が市販工具よりも若干小さくなった。

以上から、CBN 工具による超精密加工の可能性が示された。今後は、レーザの形成条件を最適化し、レーザ形成工具の仕上げ面粗さの向上を図る。

付記

本研究は、平成 23 年度戦略的基盤技術高度化支援事業(経済産業省)において実施した。