

CBN切削工具による焼入鋼切削での加工変質層に関する研究

佐本 芳正*

Study on Damaged Layer in Cutting of Hardened Steel Using CBN Cutting Tool

by Yoshimasa SAMOTO

〔要旨〕

CBN切削工具を用い、ロックウェル硬さHRC63の高炭素クロム軸受鋼SUJ2焼入焼戻材を精密切削した。そのとき被削材には、局所的な塑性変形と温度上昇を生じる可能性がある。そこで、被削材表面層の塑性変形に関与すると考えられる切削力、並びに被削材の加工変質層における金属組織と硬さ変化を調べた。その結果、次のことが明らかになった。(1) 切削力の三分力のうち最も大きい背分力は切削距離とともに増大し、その増大の程度は切削速度が速くなるほど大きかった。(2) 被削材仕上げ面直下では切削熱の影響による加工変質層が形成され、内部素地に比べ表面から10 μ m程度まで軟化していた。

1. はじめに

三重県は、ベアリングの工業出荷額が全国第2位である。ベアリングの内輪、外輪の製作は、成型(鍛造、型打ち)、旋削、熱処理、研削、超仕上、組立の順序で行われる。近年、環境対策やコスト低減をねらって、研削加工の一部が切削加工に置き換えられている。今後、研削加工を完全に切削加工に置き換えるには、被削材の表面品位向上並びに切削工具の信頼性確保が求められる。被削材の表面品位とは、表面粗さ、金属組織、硬さ、残留応力などを意味する。ベアリングのような精密部品は、内輪や外輪の転動面の表面品位が製品の疲れ強さや耐摩耗性に直接影響を及ぼす。

切削などの機械的除去加工によって加工される被削材には、局所的な塑性変形と温度上昇を生じることがある。その結果、被削材のある深さまでの表面層には、内部素地と異なった性質の加工変質層が形成され、機械部品の実用性能に支障をきたすことがある¹⁾。

本研究では、CBN(立方晶窒化ホウ素)切削工具により焼入れ焼戻しされた高炭素クロム軸受鋼を精密切削し、被削材表面層の塑性変形に

関与すると考えられる切削力、並びに被削材の加工変質層における金属組織と硬さ変化を調べた。

2. 実験方法

普通旋盤によりHRC63の高炭素クロム軸受鋼SUJ2の外周乾式切削を行い、切削力を工具動力計で計測した。焼入れ850 $^{\circ}$ C、焼戻し160 $^{\circ}$ Cの条件で熱処理され、表面から内部までロックウェル硬さHRC63の得られた被削材を用いた。切削工具はCBNを用い、切削速度35~230m/min、切込み0.1mm、送り0.1mm/revの切削条件により行った。工具形状は(-5,-5,5,5,5,-5,0.8)である。切削された被削材の仕上げ面直下における加工変質層について、金属組織変化及びヌープ硬さ分布を調べた。なお、金属組織変化の光学顕微鏡による観察には、腐食液としてピクリン酸アルコール溶液を使用した。

3. 実験結果と考察

35~230m/minの切削速度において切削距離の増加に対する切削力を計測したところ、切削力の三分力のなかで主分力や送り分力に比べると背分力が最も大きかった。図1に、それぞれの切削速度における背分力と切削距離の関係を示す。切削距離が2kmでは、切削速度120m/min.

* 機械電子グループ

以上の背分力は、切削速度65m/min. 以下の背分力より小さい。しかし、切削距離の増加とともに切削速度120m/min. 以上の背分力は大きく増大する。一方、切削速度65m/min. 以下の背分力は切削距離の増加に対し大きな増加はみられない。また、それぞれの切削速度に対して、逃げ面摩耗幅が0.25mmに達したときの背分力は240~270Nであった。

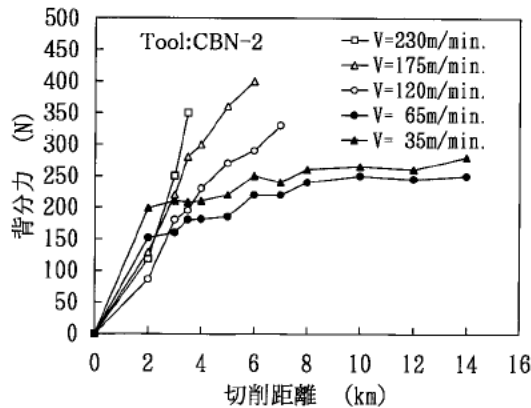


図1 種々の切削速度における背分力と切削距離の関係

写真1 に、光学顕微鏡で観察した被削材表面層の金属組織を示す。被削材表面から20 μ mまでの範囲は、内部素地と異なり黒く腐食されている。内部素地は焼戻しマルテンサイト組織であり、黒色組織はトルースタイト組織と推測される。さらに黒色組織を拡大して400倍で観察したところ、黒色組織には結晶粒の微細化や塑性流動は認められなかった。また、オーステナイト化温度まで加熱されたときに現れる白層も見られなかった。

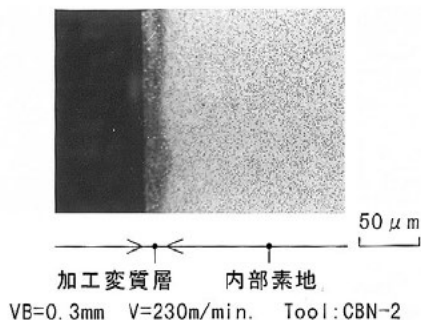
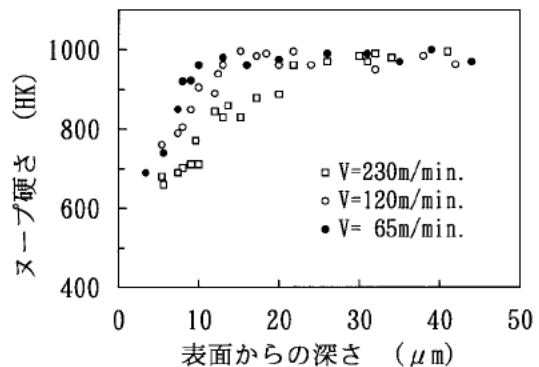


写真1 光学顕微鏡で観察した被削材表面層

図2 に、被削材表面層の硬さ分布を示す。切削速度65m/min. では被削材表面から10 μ mまで、さらに速い切削速度230m/min. では20 μ mまで、内部素地に比べて軟化していた。この

軟化層の厚さと黒色組織の厚さとはほぼ一致する。このような硬さ分布を生じた理由は、切削熱の発生により被削材表面層の温度が上昇したのち冷却されたためである。すなわち、被削材表面のピーク温度がA1変態点以上のオーステナイト化温度には達しないものの、焼戻し温度160 $^{\circ}$ C以上に上昇したことで、再度焼戻しが行われてトルースタイトに変態し軟化したと考えられる。

切削や研削などの機械的除去加工では、被削材に大きな機械的エネルギーを加えて被削材の不必要部分を削り取るため、被削材仕上げ面直下の表面層に塑性変形を生じる可能性がある。その塑性変形に起因して加工硬化現象が見られることがあるが、今回の硬さ分布には加工硬化の影響は認められなかった。もっぱら、再焼戻しによる軟化現象が支配的であったと考えられる。



VB=0.3mm Tool:CBN-2
Dry cutting d=0.1mm f=0.1mm/rev.

図2 被削材表面層の硬さ分布

4. まとめ

CBN切削工具を用い、HRC63に焼入れ焼戻しした高炭素クロム軸受鋼SUJ2を切削加工した。被削材表面層の塑性変形に関与すると考えられる切削力、並びに被削材の加工変質層における金属組織と硬さ変化を調べた。その結果、次のことが明らかになった。

- (1) 切削力の三分力のうち最も大きい背分力は切削距離とともに増大し、その増大の程度は切削速度が速くなるほど大きかった。
- (2) 被削材仕上げ面直下では切削熱の影響による加工変質層が形成され、内部素地に比べ表面から10 μ m程度まで軟化していた。

参考文献

1) 中山一雄:“切削加工論”.コロナ社.p153(1978)