

切削工具への窒化処理の適用に関する研究 (第2報)

—ブローチ工具への適用—

佐野正明・八代浩二・米山 陽・坂本智明・堀越弘也^{*1}

Study on the Application of the Nitriding Treatment to the Cutting Tool (2nd Report)

— Applying Broach Tool of the Nitriding Treatment —

Masaaki SANO, Koji YATSUSHIRO, Akira YONEYAMA Chiaki SAKAMOTO and Hiroya HORIKOSHI^{*1}

要 約

過酷な環境下で用いられる切削工具は、被削面および切り屑など反応性の高い金属新生面と、高温で接触することにより、摩耗が発生・進行しやすい。従来から切削工具には硬質皮膜である TiC, TiN, TiAlN 等の多くの薄膜付与が適用されてきており、その生産性・耐久性に大きく貢献しているが、硬質皮膜の適用だけでは過酷な摺動環境に耐えられず、早期に摩耗および折損となってしまう場合もある。

前報までに、我々は市販の硬質皮膜付与超硬合金エンドミル工具に対し、窒化処理をベースとした表面処理を適用し、その切削性について検討を行い、その有効性を確認してきた。本報では、ブローチ工具に対し同様の表面処理を適用し、その効果について検討を行い、切削工具への効果的な適用を図ることを目的とし、実験を行った。その結果、ブローチ工具に本研究で提案した窒化処理をベースとした処理を適用することにより、工具寿命は延びることが期待できるとの結果が得られた。

1. 緒 言

切削工具や金型等の耐摩耗性の向上については、高温時の工具摩耗を抑制するための高硬度化、耐酸化性を改善するための耐熱性被膜の付与等が重要視されている。切削工具は耐摩耗部品の中でも非常に過酷な環境下で用いられ、工具が被削面および切り屑など反応性の高い金属新生面と、高温で接触することにより、摩耗が生じてしまう。従来から硬質皮膜である TiC, TiN, TiAlN 等の多くの薄膜付与が適用されてきており、その生産性・耐久性に大きく貢献している¹⁾²⁾。

しかし硬質皮膜の適用だけでは過酷な摺動環境に耐えられず、早期に摩耗および折損となってしまう場合もあり、硬質皮膜の高機能化処理として下地処理を組み合わせた複合硬化処理も注目され、多くの開発がされている³⁾⁴⁾。イオンプレーティングをはじめとする低温製膜技術を適用した硬質皮膜の場合、数 μm 程度の薄膜厚さが刃先先端に付与され、鋭利な切れ刃部分の鈍化現象を生じさせてしまっていることも、切削特性を低下させる要

因となることも一部指摘されている。そこで化学的反応のみで形状精度を損なわない窒化処理の適用が注目され始めてきている⁵⁾。

前報⁶⁾までに我々は市販の硬質皮膜付与超硬合金エンドミル工具に対し、窒化処理をベースとした表面処理を適用し、その切削性について検討を行い、窒化処理ベース表面処理の有効性を確認してきた。本報では、一本の工具で複数の切れ刃を有し、一工程で荒加工から仕上げ加工まで加工可能となる切削工具であるブローチ工具に対し同様の表面処理を適用し、その効果について検討した。

2. 実験方法

2-1 切削工具及び被削材

キー溝ブローチ工具のイメージ外観写真を図1に、詳細仕様を表1に示す。実験に用いた切削工具は、JIS B4238 で規定された呼び寸法 410028 に準拠したキー溝ブローチ工具である。表面処理は本工具に対し窒化処理をベースとした処理とし、処理を施した工具（窒化処理

*1 株式会社カナック

表 1 切削工具

キー溝ブローチ工具	JIS 呼び寸法 410028
歯幅	4 mm
全幅	5 mm
全長	600 mm
歯数	51 枚
工具材種	高速度鋼 (SKH53M)
刃長	415 mm

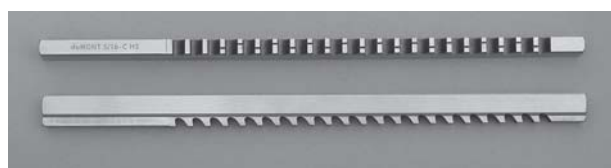


図 1 ブローチ工具のイメージ外観写真

表 2 キー溝加工装置

キー溝加工装置	(株) 富浜精工製 横型ブローチ盤 TS03
機械方式	キーマン RK 式 ストローク固定
工具固定方式	内径ガイド方式
切削油	油性 (塩素フリー)
給油方式	滴下方式
送り速度	5 m/min



図 2 横型ブローチ盤の外観写真

あり) と処理を施さない工具 (窒化処理なし) の 2 種類を用意し、実験を行なった。

被削材は機械構造用炭素鋼 S45C (生材) とし、外径 35 mm、内径 15 mm、厚み 15 mm のリング形状を用意し、キー溝加工を行った。なお、被削材のリングの加工はキー溝形状の詳細な観察を行うために、H7 公差までの加工を施した。

2-2 切削加工条件及び切削加工方法

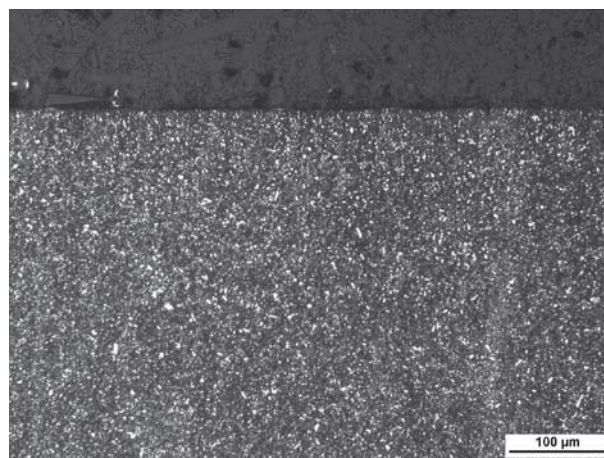
キー溝加工装置は、(株) 富浜精工製横型ブローチ盤 TS03 を用い、表 2 に示す加工方式および加工条件で行った。

装置外観写真を図 2 に示す。加工数は被削材 1 個に対し 90 度方向に 4 個のキー溝加工を行い、最終 5000 個のキー溝を加工するまで行った。

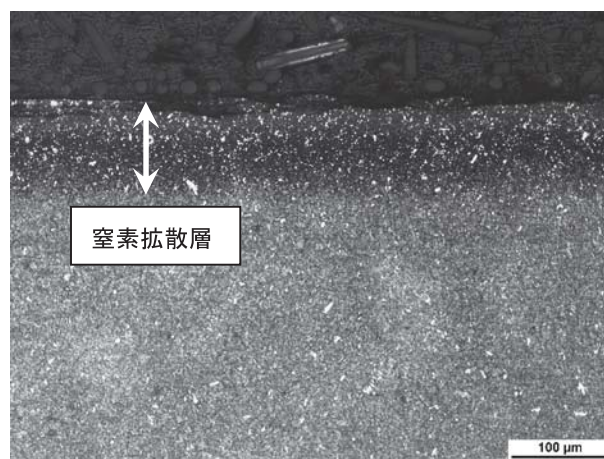
3. 結果および考察

3-1 切削工具の組織観察

図 3 にブローチ工具の金属顕微鏡による断面観察結果を示す。図 3(a)は窒化処理なし工具、図 3(b)は窒化処



(a) 窒化処理なし工具



(b) 窒化処理あり工具

図 3 ブローチ工具の金属顕微鏡による断面観察結果

理あり工具の断面観察結果である。図 3(a)に比べ、図 3(b)は最表面から 80 μm 程度の深さまでの領域で異なる組織形態が確認された。これは窒化処理による窒素拡散の影響であり、これにより表面硬度は上昇しているものと推察される。

3-2 切削工具の硬さ測定

図 4 に切削工具表面から内部における硬さを測定した結果を示す。窒化処理なし工具は最表面から母材硬さと同等の 850 HV 程度の硬さを示しており、表面から大きな変化は認められなかった。これに対し、窒化処理あり工具は最表面で 1000 HV 程度の高い硬さを示し、その深さは最表面から 80 μm 程度の領域まで堅持していた。それ以降は緩やかに減少し、母材硬さに修練する分布を示した。これは前述の金属顕微鏡観察結果で得られた窒素の拡散層領域と一致した。

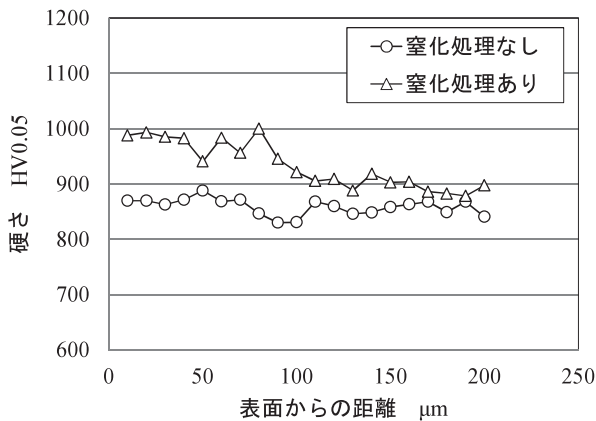


図 4 表面から内部への硬さ分布

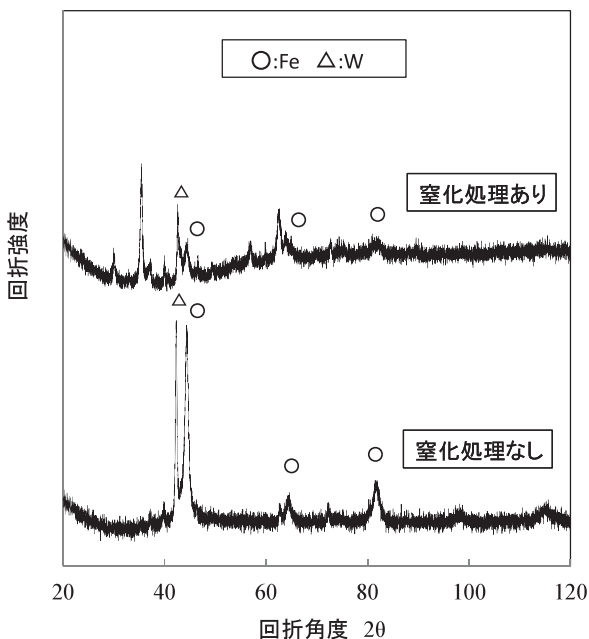


図 5 X 線回折による表面分析

3-3 X 線回折による分析

図 5 に切削工具表面の X 線回折による分析結果を示す。窒化処理なし工具では SKH53M の主成分である Fe と W の回折線ピークが観察された。これに対し窒化処理あり工具では、Fe および W の回折線ピークが低下し、新たな回折線ピークも認められた。Fe-N の回折線ピークは認められなかったことから、最表面には鉄窒化物が形成されていないことが確認できる。

3-4 キー溝形状の測定

両工具の窒化処理による影響を詳細に調べるために、各種キー溝形状の測定を行った。測定箇所を図 6 に示す。

図 7 は被削材に加工されたキー溝のコーナ R 測定結果を示す。窒化処理なし工具では加工初期から 3000 キー溝加工までは 0.25 mm 程度で推移したが、それ以上の加工数になるとやや増大する傾向を示した。これに対し窒化処理あり工具は、加工初期では 0.04 mm 程度と窒化処理なし工具に比べ著しく小さく、鋭利な角部が形成されていることが確認される。これは表面硬さが高いため、研磨によるダレが少なく、良好なエッジ加工がなされているものと推察される。しかし、その良好なコーナ R もキー溝加工 2500 を超えるあたりから急激に増大する傾向を示した。

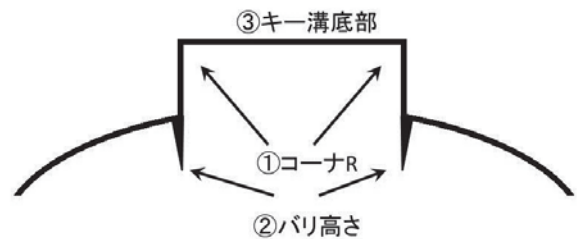


図 6 キー溝の測定箇所

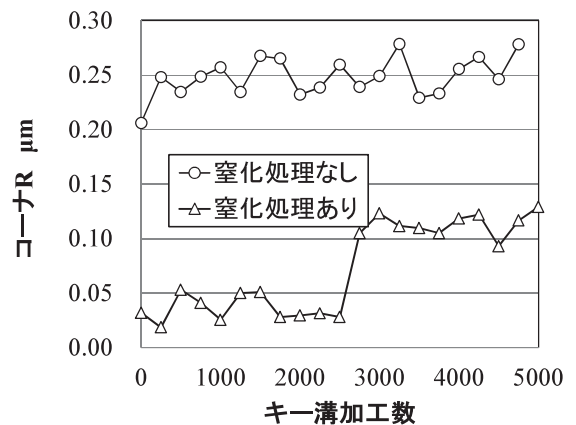


図 7 キー溝コーナ R の変化

図8に被削材に加工されたキー溝バリ高さ測定結果を示す。両工具ともに加工開始から3000のキー溝加工までは、徐々にバリ高さは増加する傾向を示した。しかし3000を超えるあたりから両工具によるバリ高さは異なる挙動を示し、窒化処理あり工具の方がバリ高さは大きくなる傾向を示した。窒化処理あり工具では加工数の増加に伴い窒化処理なし工具に比べ、摩耗が大きくなり、切削性能を悪化させたものと考えられる。

図9にキー溝底部の表面あらさを、加工方向に対し垂直に測定した結果を示す。両工具ともにキー溝加工数の増加とともに大きくなる傾向を示したが、大きな違いは認められなかった。

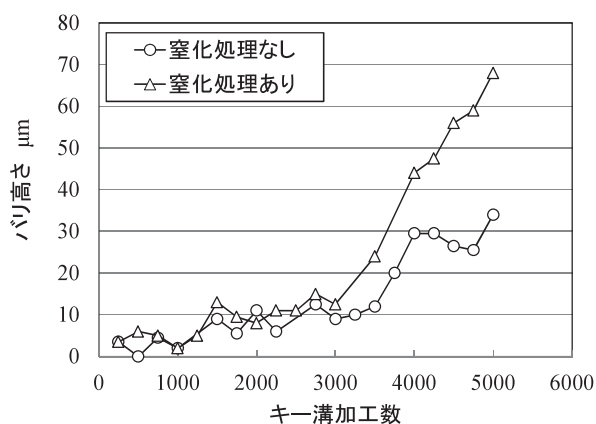


図8 キー溝バリ高さの変化

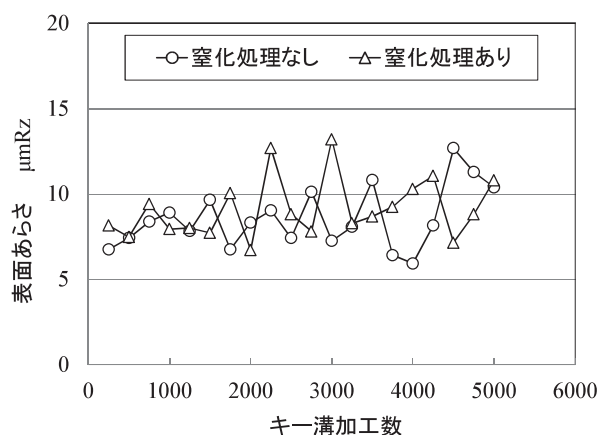


図9 キー溝底部表面あらさの変化

4. 結 言

- 1) 窒化処理あり工具では、金属顕微鏡による観察結果から、表面から80 μm程度の窒素の拡散層領域が確認された。
- 2) X線回折による分析の結果、窒化処理なし工具および窒化処理あり工具ともに素材成分であるFeとWの回折線ピークが認められたが、窒化処理あり工具の場合Fe-Nの回折線ピークが新たに認められた。
- 3) 表面から内部への硬さの測定から、窒化処理あり工具の場合、表面から80 μm程度の領域で硬さが増大することが確認された。
- 4) 被削材のキー溝形状測定において、コーナRの精度は、窒化処理あり工具の方が、窒化処理なし工具に比べて良好であった。
- 5) 被削材のキー溝測定において、バリ高さは、窒化処理あり工具の方が、窒化処理なし工具に比べて大きくなる傾向を示した。

謝 辞

本研究を行うにあたり、多大なるご協力をいただきました(株)富浜精工様には深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 山本兼司:高Al含有窒化物硬質皮膜の特性と切削工具への応用, 高温学会誌, Vol.33, No.2, P.8 (2007)
- 2) 白井年:切削工具のコーティング技術における総論, 砥粒加工学会誌, Vol.58, No.5, P.285 (2014)
- 3) 石井芳朗:ラジカル窒化処理を応用した切削工具の現状, 表面技術, Vol.51, No.3, P.8 (2000)
- 4) 南守:加工工具用表面処理に関する研究, 福岡県工業技術センター研究報告, No.15 (2005)
- 5) 寺門一佳:イオン窒化における切削工具の現状, 表面技術, Vol.51, No.3, P.227 (2000)
- 6) 佐野正明, 八代浩二, 米山陽, 坂本智明, 堀越弘也:山梨県工業技術センター研究報告, No.29, P.81-86 (2015)