

複合表面改質による耐摩耗窒化チタン膜の創製

加工技術課 岩坪 聡、富山県立大学 春山義夫、堀川教世、YKK(株) 河村新吾、石井淳哉

1. はじめに

近年、切削工具や冷間加工の金型には、摩擦摩耗の低減による寿命の向上と製品の品質向上が求められている。そのため、TiN に代表される硬質薄膜による表面改質処理の重要性は非常に高い。特に、この表面改質処理をアルミニウム合金の加工金型・工具に適用することで、工具性能の向上と無潤滑加工を実現することができ、生産性の向上と品質の向上をはじめ、環境保全など工業的に重要である。しかしながら、アルミニウム合金の金型工具への硬質薄膜の応用研究は少なく、その効果は詳細に調べられてはいなかった。中でも、この表面改質技術の応用においては、膜の特性のみならず基材となる材料との密着性や硬さの違いなど、膜と基材との様々な関係を明らかにしなければ、加工工具や金型の実用上の特性向上は見込めない。そこで本研究では、工具全体としての耐摩耗性を向上させるために、工具鋼基材の窒化とプラズマ光輝窒化処理による TiN 膜の被覆を組み合わせた複合改質構造を提案し、緻密化と結晶配向を制御を試みた膜の作製を行った。その膜に対してアルミニウム合金の無潤滑加工に近いしゅう動試験を行い、性能評価や破壊部分の分析を行った。

2. 実験方法及び結果

工具材料として良く使用されている合金工具鋼 SKD61 を鏡面研磨し、プラズマ光輝窒化処理装置と HCD 型イオンプレーティング装置を用いて TiN 膜を作製した。その後、水素雰囲気中で焼戻し処理を行い、イオンプレーティングで TiN 被膜を形成した試験片を作製し、その特性を調べた。しゅう動試験は、マイクロスラージェットエロージョン MSE 試験機と摩擦摩耗動試験機を用いて評価した。

窒化チタン複合表面改質材の膜寿命のさらなる延長を目指し、TiN 膜の配向性の制御を試みた。膜成長過程を変化させるために、基材を回転した状態で膜堆積するもの (C-coating)、基材を固定した状態で膜堆積するもの (N-coating) で膜を作製した。膜の配向性は X 線回折装置 (XRD) で分析した。C-coating は (200) 面の回折ピークが高いのに対し、N-coating は (111) 面の回折ピーク

が高いものが多かった。(111) 面の (200) 面に対する回折強度比 $R_{(111)/(200)}$ は、C-coating では 0.1~0.7、N-coating では 0.07~300 の範囲であることが分かった。

摩耗試験においては、 $R_{(111)/(200)}$ が 50 以下ではマイクロチップングで摩耗が進行した後に、スクラッチングが発生して進行し、皮膜寿命に至った。一方、 $R_{(111)/(200)}$ が 100 以上の場合には、マイクロチップングのみで摩耗が進行して皮膜が消滅して膜寿命に至った。

スクラッチングは、すべり方向に垂直に膜厚さ方向に発生したクラックが皮膜と基材との界面に沿ってすべり方向下流側に進展するものであり、これが発生すると急速に皮膜が消滅することが分かった。

$R_{(111)/(200)}$ が 100 以上の場合には、スクラッチングが発生していないことが皮膜寿命の大幅な延長につながっていた。

TiN 膜の結晶構造は NaCl 型の立方晶であり、(111) 面の方が (200) 面に比べて表面エネルギーが高く、劈開が生じにくいことが分かった。これが、 $R_{(111)/(200)}$ が大きい領域において MSE 試験の摩耗性が小さい理由と考えられ、摩耗試験における耐摩耗性も高いものと推察された。

3. まとめ

- (1) 膜寿命は (111) 面と (200) 面の回折強度比と相関関係があり、(111) 面配向の膜の方が摩耗率が小さく、膜寿命が長いことが分かった。
- (2) 回折強度比が 100 を超えるものは、膜寿命が約 2 倍延長した。
- (3) N-coating の方が長寿命な (111) 面配向の膜ができやすいことが分かった。

(参考文献)

- [1] 河村・春山・横井・木村・塩澤, 機論, 66-646, C (2000), 1988.
- [2] 春山・河村・横井・木村・塩澤, トライボロジー会議予稿集, (2001-5),
- [3] Y. Iwai et al., Wear, Vol.261 (2006), 112