

チタン合金切削用コーティング膜の開発

担当部所 : 栃木県産業技術センター 材料技術部

共同研究者 : 株式会社アイ・シー・エス, 株式会社オンワード技研

背景

高強度と軽さを兼ね揃えたチタン合金は、航空機向け部材として広く使用されている。しかし、チタン合金は熱伝導率が小さいため切削時に高温になることや、化学反応性が高いなどの特性を有しているため、工具摩耗が生じやすい難切削材である。そのため、耐摩耗性の高い硬質セラミックス膜を工具にコーティングすることで、切削性を向上する取り組みが行われている。

本研究では、チタン合金用工具の切削性能を向上するため、従来膜から硬さ、靱性を向上したコーティング膜を開発した。

研究目標と結果

研究目標

- 硬さ、靱性ともに従来膜から25%以上の向上と、800℃以上の耐熱性を付与する。
- チタン合金の切削性において、市販工具と比較し25%の長寿命化を目指す。

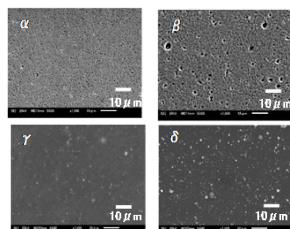
実施内容

① コーティング膜

- 従来、鉄系切削用工具へ使用している硬質窒化セラミックス膜をベースに、4種の膜(α,β,γ,δ)を開発した。

② コーティング膜の特性

- 走査型電子顕微鏡(SEM)による膜の表面観察の結果、αとβはほとんどドロップレットがなく、αは特に平滑な表面を有している。また、γも平滑な膜を有し、δは平滑な面にドロップレットが多少みられる。



膜表面のSEM観察

- 膜の表面は、全ての膜において、RaとSaが小さい平滑な表面である。このうちαとγの表面粗さは特に小さく、SEM観察の結果とも一致している。

膜の表面粗さ

膜種	Ra/nm	Sa/nm
α	14.9	15.8
β	34.5	32.6
γ	8.0	10.3
δ	22.2	32.0

- 全ての開発膜で摩擦係数が0.5未満と小さい値であった。特にγは摩擦係数が小さく、表面粗さが最も小さいことが要因の一つとして考えられる。

膜の摩擦係数

膜種	α	β	γ	δ
摩擦係数	0.3	0.3	0.1	0.4

- ビッカース硬さにおいて、α、β及びγは従来膜と比較して硬さが向上した。γは非常に硬い膜で、圧痕の確認が困難であるため測定は不可能であった。

ビッカース硬さ

膜種	硬さ(HV)
従来膜	2000
α	2920
β	2510
γ	3000以上
δ	2020

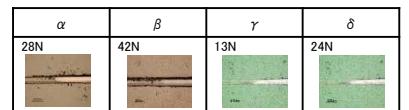
NI硬さ

膜種	硬さ(GPa)
α	42
β	28
γ	34
Δ	35

- ナインデンテーション(NI)硬さにおいて、4種の開発膜の硬さの傾向は、ビッカース硬さとおおよそ同じであった。特に、γは、64GPaと4種の膜の中で最も高い値であった。

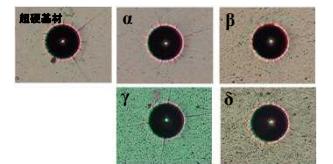
③ コーティング膜の密着性・靱性

- スクラッチ試験の結果、βは密着性が42Nと最も高かった。γは13Nと最も密着性が低いが、これはNI硬さが62GPaと非常に硬いことから、逆に膜が剥離しやすくなったと推察される。



スクラッチ試験結果

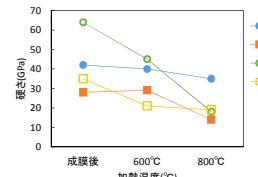
- ロックウェル試験の結果、全ての膜において圧痕の周辺に、膜が剥離する様子は観察されず、超硬基材への密着性は高く靱性も高い。なお、膜にひびがみられるが、これは基材自体のひびから生じている。



ロックウェル試験後の圧痕

④ コーティング膜の耐熱性

- αは、800℃でも切削用工具として実用上十分な硬さ20GPa以上の硬さを維持していた。α以外は20GPa以下となった。



膜の耐熱性試験結果

- ⑤ 切削性の評価
φ10mmの2枚刃超硬エンドミルを用いた。比較にコーティング無しの工具(ノコート工具)と、硬質膜がコーティングされた市販工具(市販工具)についても試験した。

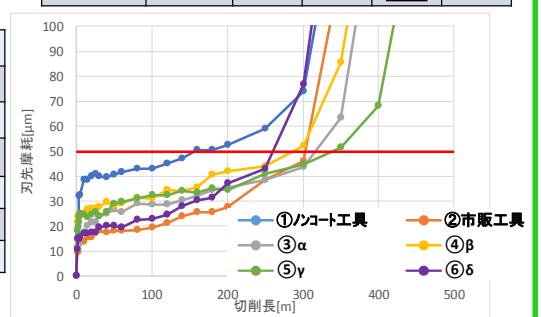
- 開発膜α、βをコートした工具は市販工具と同等の切削性能を有する。
- 開発膜γをコートした工具は、市販工具より10%性能向上した。

切削条件

使用装置	縦型三軸マシニングセンタ YBM640 Ver.3(安田工業機)
被削材	チタン合金 Ti-6Al-4V (AMS4911)
切削速度[m/min]	200
1刃当たりの送り[mm/tooth]	0.1
半径方向切込み[mm]	0.1
軸方向切込み[mm]	3.0
切削液	なし

膜種	市販工具	α	β	γ	δ
工具寿命	303m	316m	288m	339m	260m

工具寿命: 摩耗幅50μm



切削試験結果

まとめ

- 3種の開発膜(α, β, γ)の硬さは、従来膜より25%以上向上した。
- 4種の開発膜ともに基材に対して高い密着性と靱性を有していた。
- α膜及びβ膜をコーティングした工具は市販工具と同等の切削性能を有し、γ膜をコーティングした工具は市販工具より10%向上した切削性能を有していた。

ご来場の皆様へ

問い合わせ先: 栃木県産業技術センター 材料技術部 TEL 028(670)3397

- チタン合金切削に利用可能なコーティング膜の開発を行いました。
- 県内のチタン合金加工製造業への普及を検討しています。

