

# チタン合金旋削加工用PVD新材種 AC9115T/AC9125T

Turning Grades AC9115T and AC9125T for Titanium Alloys

鈴木 優太\*  
Yuta Suzuki

田中 大勢  
Taisei Tanaka

田林 大二  
Daiji Tabayashi

金岡 秀明  
Hideaki Kanaoka

チタン合金は軽量かつ高強度であり、耐食性にも優れることから、航空機産業で多用されているほか、生体親和性も高いことから、医療産業向けの用途も拡大している。近年、これらの産業は伸長が著しく、それに伴いチタン合金を加工する工具の需要は今後大幅に増加すると見られている。一方、チタン合金は工具との化学反応による凝着や、熱伝導率の低さによる加工時の摩耗で、工具の寿命が著しく低下する問題がある。そこで当社ではこのようなチタン合金の旋削加工において、安定長寿命を実現する新しい工具材種「AC9115T」および「AC9125T」を開発した。これらの新材種はチタン合金の旋削加工において当社従来材種と比較して2倍以上の長寿命を実現し、加工コストを大幅に低減させることが可能となった。

Titanium alloys are widely used in the aerospace industry due to their lightweight, high strength and excellent corrosion resistance. Additionally, these alloys are also used in the medical field because of their high biocompatibility. In recent years, both industries, which have experienced significant growth, are expected to lead to a marked increase in demand for cutting tools for these alloys. However, challenges such as adhesion and wear during machining significantly reduce tool life. In response, our company has developed the new turning grades AC9115T and AC9125T with stable performance and long tool life. These grades offer over double the tool life compared to our conventional grades and effectively reduce machining costs in titanium alloy turning processes.

キーワード：チタン合金、切削工具、PVD、安定長寿命

## 1. 緒言

切削工具に用いられる刃先交換型インサートで、超硬合金<sup>\*1</sup>母材の表面に硬質セラミックス膜を被覆した材種（以下、コーテッド材種）は他の切削工具と比較して耐摩耗性と耐欠損性のバランスに優れることから、年々その使用比率が高まり、現在では刃先交換型インサート全体の70%以上を占めている。

また近年、航空機、医療産業において、その機器や部品には軽量かつ高強度、耐食性や生体親和性にも優れるチタン合金<sup>\*2</sup>が多く使用され、その使用量は今後大幅に増加すると見られている。一方、チタン合金を切削加工する場合、工具との化学反応による凝着や、熱伝導率の低さによる加工時の摩耗で、工具の寿命が著しく低下する問題がある。

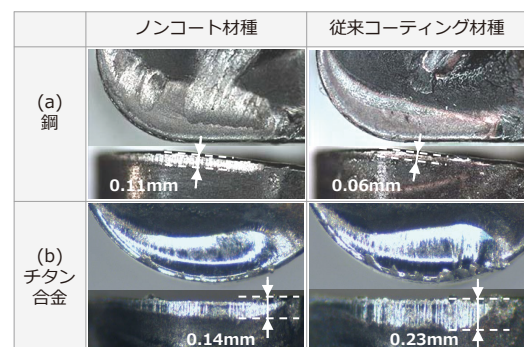
航空機、医療産業は伸長が著しく、加工コスト低減および生産性向上の観点から、チタン合金を長時間加工可能な切削工具のニーズが高まっている。これに加え、加工製品は他の産業と比較しても高い信頼性が要求されるものが多いため、切削工具への高い性能安定性も求められている。

当社ではそのような市場ニーズに応えるべく、チタン合金の旋削加工において安定長寿命を実現する新PVD<sup>\*3</sup>コーテッド材種AC9115TおよびAC9125Tを開発し、販売を開始した。本稿ではこれら2材種の狙いと特長、切削性能に関して報告する。

## 2. 新材種の技術的特長

### 2-1 チタン合金旋削加工の課題

チタン合金は化学的に非常に活性な金属であり、切削加工時には工具との反応により損傷が進行することから、難削材に分類される。図1に示す通り、鋼をはじめとしたほと



- (a) 被削材 : SCM435  
インサート : CNMG120408N-SU  
切削条件 :  $vc=240\text{m/min}$ ,  $f=0.2\text{mm/rev}$ ,  $ap=1.0\text{mm}$   
Wet, 5min
- (b) 被削材 : Ti-6Al-4V  
インサート : CNMG120408N-EX  
切削条件 :  $vc=50\text{m/min}$ ,  $f=0.2\text{mm/rev}$ ,  $ap=0.8\text{mm}$   
Wet, 60min

図1 チタン合金旋削加工におけるコーティングの効果

んだの被削材においては、切削工具にコーティングを被覆することで損傷は抑制されるが、チタン合金においては期待するようなコーティングの効果が得られず、むしろコーテッド材種の方が損傷の進行が速くなる。

チタン合金旋削加工における加工初期の損傷断面を図2に示す。被削材のTi-6Al-4Vがコーティング上に凝着しており、凝着物とコーティングとの界面には凝着物に対し窒素濃度が高い反応層が形成されていることがわかった。この反応層により凝着物とコーティングが強固に固着し加工時に凝着ごとコーティングが破壊されるため、チタン合金においてはコーティングの効果が得られないと考えた。

そこで当社では、チタン合金との反応しにくい新たなコーティング材料を開発した。

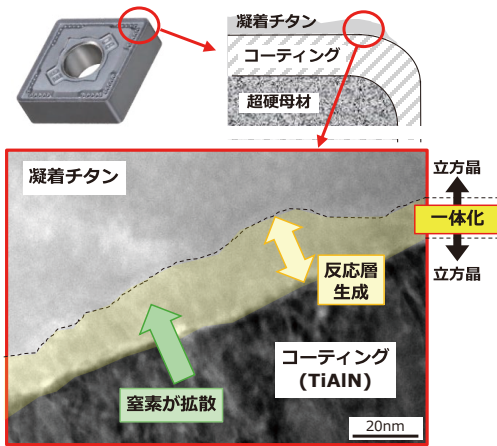


図2 チタン合金の加工初期における工具損傷

### 2-2 チタン合金旋削加工用新コーティングの特長

図3に新コーティングの開発コンセプトを示す。従来コーティングはTiAlN（窒化チタンアルミ）系やAlCrN（窒化アルミクロム）系といった立方晶型が主流であったが、新コーティングにはWC（炭化タングステン）系の六方晶型が適すると考えた。チタン合金の凝着物は立方晶型であり、結晶構造が異なる六方晶型の方が、コーティング中から凝着物への原子拡散を抑制し、反応層を形成しにくいため

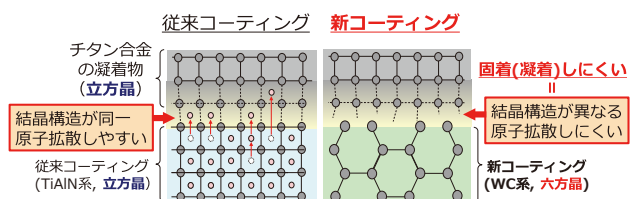
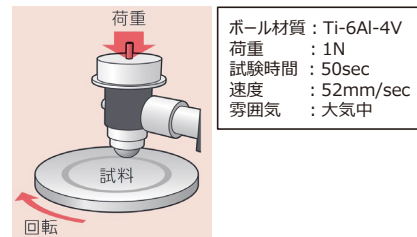


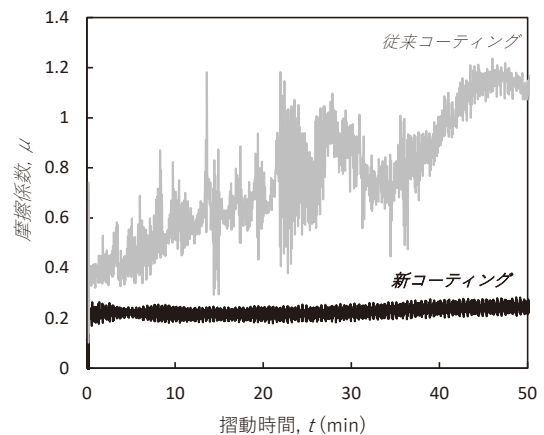
図3 新コーティングの開発コンセプト

ある。また、WC系の六方晶型は機械的強度に優れることもポイントである。

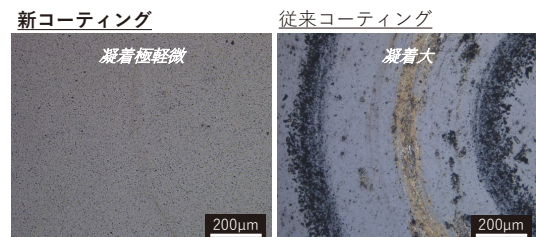
図4にTi-6Al-4V製ボールを用いた摺動試験の結果を示す。新コーティングは従来コーティングに対し安定した摩擦係数プロファイルを示し、50秒間の平均摩擦係数は約70%も低下した。また、それぞれの摺動痕からも、新コーティングが耐凝着性に優れることが示された。



(a) 試験方法



(b) 摩擦係数の経時変化



(c) 摺動痕の比較

図4 Ti-6Al-4Vを用いた摺動試験

### 2-3 AC9115T/AC9125Tの位置付け

チタン合金旋削加工用AC9115TおよびAC9125Tの材種位置づけおよび推奨使用領域を図5に示す。これら2材種には上述の新PVDコーティング、それぞれ異なる超硬合金母材を適用しており、AC9115Tは連続から一部断続加工まで幅広く対応可能なチタン合金旋削加工の第一推奨材種、AC9125Tは断続加工や黒皮加工で安定長寿命を実現する材種である。

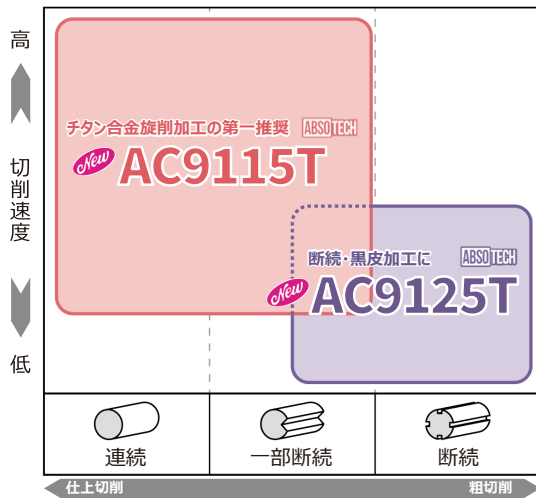


図5 AC9115TおよびAC9125Tの推奨使用領域

2-4 AC9115T/AC9125Tの切削性能

AC9115Tを用いてチタン合金の連続加工試験を行った結果を図6に示す。AC9115Tは優れた耐摩耗性を発揮し、他社ノンコート材種対比3倍の長寿命を達成した。

AC9125Tを用いてチタン合金の断続加工試験を行った結果を図7に示す。AC9125Tは優れた耐摩耗性かつ耐久

損性を発揮し、他社ノンコート材種対比3倍の長寿命を達成した。

3. AC9115T/AC9125Tを用いた加工事例

AC9115TおよびAC9125Tを用いたユーザーでのチタン合金の加工事例を図8~12に示す。

図8は航空機用部品 ( $\alpha + \beta$  型合金、Ti-6Al-4V) を加工した結果を示す。AC9115Tは従来コーテッド材種対比、定数加工時点の摩耗量が約60%低減され、更なる寿命延長が可能であることを示した。

被削材 :  $\alpha + \beta$  型合金 (Ti-6Al-4V), インサート : CNMG120408N-EG  
 切削条件 :  $vc=90m/min, f=0.2mm/rev, ap=1.5mm, Wet$

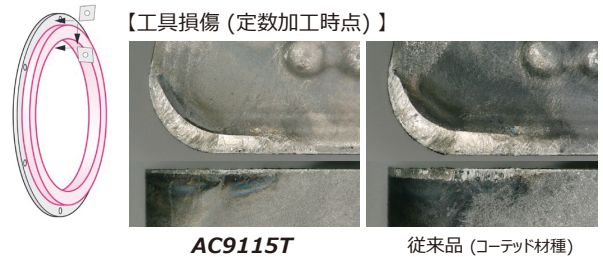


図8 AC9115T加工事例①

被削材 :  $\alpha + \beta$  型合金 (Ti-6Al-4V), インサート : CNMG120408N-EG  
 切削条件 :  $vc=70m/min, f=0.3mm/rev, ap=1.5mm, Wet$

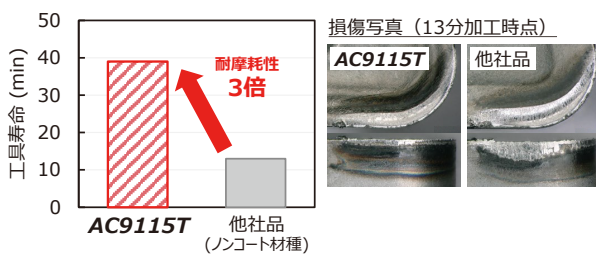


図6 AC9115T連続加工試験結果

被削材 :  $\beta$  型合金, インサート : VNMG160404N-EF  
 切削条件 :  $vc=30m/min, f=0.1mm/rev, ap=1.5mm, Wet$

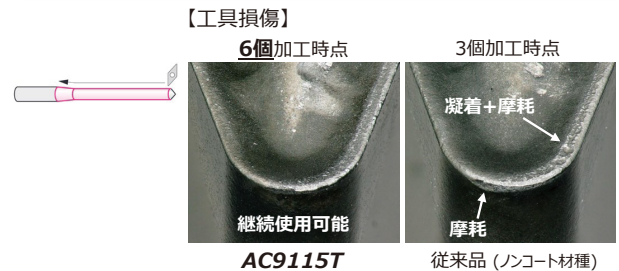


図9 AC9115T加工事例②

被削材 :  $\alpha + \beta$  型合金 (Ti-6Al-4V) 2溝断続材  
 インサート : CNMG120408N-EG  
 切削条件 :  $vc=40m/min, f=0.3mm/rev, ap=1.5mm, Wet$

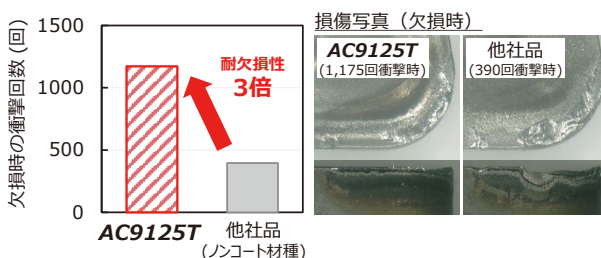


図7 AC9125T断続加工試験結果

被削材 : 純チタン (TB340), インサート : DCGT11T302MN-SI  
 切削条件 :  $vc=110m/min, f=0.05mm/rev, ap=0.1mm, Wet$

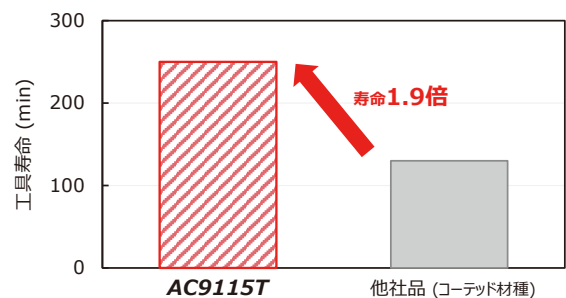


図10 AC9115T加工事例③



図9は医療用部品（ $\beta$ 型合金）を加工した結果を示す。AC9115Tは優れた耐摩耗性および耐凝着性により、従来ノンコート材種対比2倍加工後も損傷が軽微であり更なる寿命延長が可能であることを示した。

図10は医療用部品（純チタン、TB340）を加工した結果を示す。AC9115Tは摩耗の抑制により、他社コーテッド材種対比1.9倍の寿命を示した。

図11は航空機用部品（ $\alpha + \beta$ 型合金、Ti-6Al-4V）を加工した結果を示す。AC9125Tは従来コーテッド材種対比、定数加工時点の摩耗および凝着が軽微であり、更なる寿命延長が可能であることを示した。

図12は産業機械用部品（ $\alpha + \beta$ 型合金、Ti-6Al-4V）を加工した結果を示す。AC9125Tは摩耗および欠損の抑制により、他社コーテッド材種対比1.3倍の工具寿命を示した。

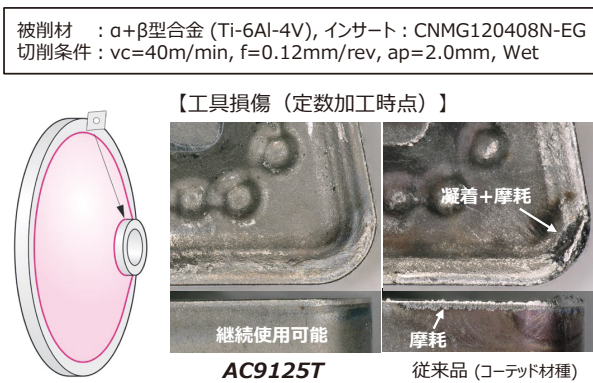


図11 AC9125T加工事例①

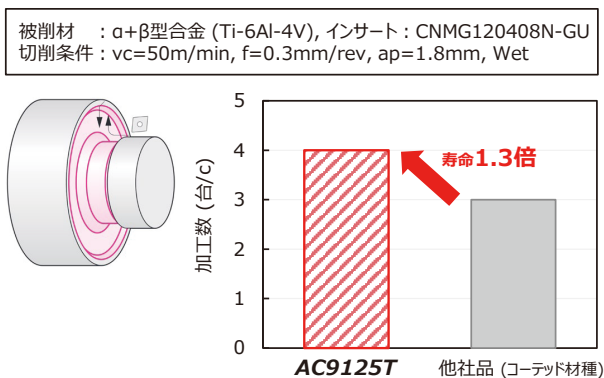


図12 AC9125T加工事例②

## 4. 結 言

以上の通り、AC9115TおよびAC9125Tはチタン合金に対して反応性が低い新PVDコーティングを適用することで従来比2倍以上の安定長寿命を実現した。これら2種類はチタン合金旋削加工において加工コスト低減および生産性向上に大きく寄与できるものと確信している。

### 用語集

#### ※1 超硬合金

主たる成分がWC（炭化タングステン）とCo（コバルト）からなる、セラミックスと金属の複合材料。

#### ※2 チタン合金

軽量かつ耐食性に優れ、かつ強度が高い合金であり、特に比強度（引張強度／比重）が極めて高いため、高速回転体や航空機部品などに使用される材料。また、生体親和性にも優れるため、医療分野でも広く用いられる。

#### ※3 PVD

Physical Vapor Depositionの略。物理蒸着法と呼ばれターゲット材料をアーク放電などでイオン化しガスと反応させてセラミックス膜として基材上へ堆積させる方法。

### 執 筆 者

鈴木 優太\* : 住友電工ハードメタル(株)



田中 大勢 : 住友電工ハードメタル(株)



田林 大二 : 住友電工ハードメタル(株) 主席



金岡 秀明 : 住友電工ハードメタル(株) グループ長



\*主執筆者