

# 難削材旋削加工用材種「AC5000S」

Turning Grades “AC5000S” for Exotic Alloys

今村 晋也\*

Shinya Imamura

田中 敬三

Keizo Tanaka

三角 周平

Shuhei Misumi

広瀬 和弘

Kazuhiro Hirose

福井 治世

Haruyo Fukui

近年、航空機、石油ガス、医療、自動車産業等において、その機器や部品には耐熱性や耐食性に優れるNi（ニッケル）基、Co（コバルト）基、Ti（チタン）合金等の材料が多く使用され、その使用量は今後大幅に増加することが見込まれている。一方、これらの材料を切削加工する場合、被削材自体の高温強度が高いことや工具の刃先に溶着しやすいことなどから、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難削材の旋削加工において、安定長寿命かつ高能率加工を実現する新しい工具材種「AC5015S」および「AC5025S」を開発した。このAC5000Sシリーズは難削材旋削加工において当社従来材種と比較して2倍以上の長寿命または高能率加工を実現し、加工コストを大幅に低減させることが可能となった。

Exotic alloys, such as nickel alloys, cobalt alloys, and titanium alloys, are widely used for equipment and parts in the aircraft and auto industries due to their superior heat and corrosion resistance. There has been a growing demand for the machining tools for these alloys. When machined, exotic alloy work materials are likely to adhere to the edges of cutting tools, resulting in a sudden fracture of the tools. These tools have a significantly shorter life than those used for general steel. Thus, demand is high for cutting tools with stable performance and long tool life. The newly developed grades, AC5015S and AC5025S, are characterized by improved wear and fracture resistance with a state-of-the-art physical vapor deposition coating and special cemented carbide. These materials help reduce tool replacement frequency and tool consumption by extending tool life, thus contributing to the reduction of machining costs.

キーワード：難削材、切削工具、PVD、安定長寿命、高能率加工

## 1. 緒言

切削工具に用いられる刃先交換型チップで、超硬合金母材の表面に硬質セラミックス膜を被覆した材種（以下、コーティング材種とする）は、他の工具材種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っており、現在では刃先交換型チップ材種全体の70%を占めている。

また近年、航空機、石油ガス、医療、自動車産業において、その機器や部品には耐熱性や耐食性に優れるNi（ニッケル）基、Co（コバルト）基、Ti（チタン）合金などの材料が多く使用され、その使用量は今後大幅に増加することが見込まれている。一方、これらの材料を切削加工する場合、高温強度が高いことや工具の刃先に溶着しやすいといった特徴があり、突発的に工具の刃先が欠損する等、工具の寿命が著しく低下する問題がある。このような「難削材」の切削加工において、安定かつ長寿命な切削工具のニーズが高まっている。

当社ではそのような市場ニーズに対応すべく、難削材の旋削加工において、長寿命かつ高能率加工を実現する新PVD<sup>\*\*1</sup>コーティング材種「AC5015S」、断続加工で安定かつ長寿命を実現する新コーティング材種「AC5025S」を開発し、販売を開始した。本稿ではその開発経緯および

性能に関して報告する。

## 2. AC5015S/AC5025Sの開発目標

難削材旋削加工における課題を明確にするため、市場での使用済み工具を回収し、損傷形態を詳細に分析した。その結果を図1に示す。主な刃先の損傷は、切りくずが擦過することによるクレータ摩耗および切り込みの境界付近が

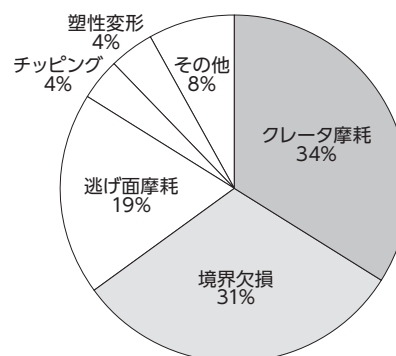


図1 使用済み工具分析

欠損する境界欠損であり（図2）、これらで全体の65%を占めることがわかった。このことから、AC5015SおよびAC5025Sの目標性能は当社従来材種対比、耐クレータ摩耗性2倍、耐境界欠損性2倍を目標とした。さらに市場のニーズとして高能率加工の要望も高く、AC5015Sについては当社従来材種対比、2倍の高能率加工条件下でも同等寿命とすることも目標とした。

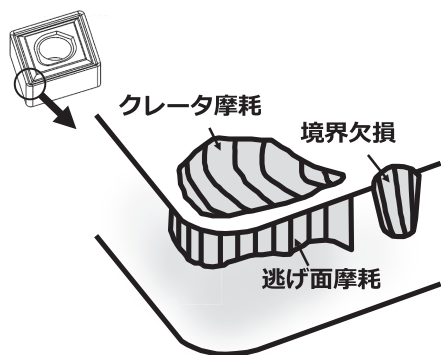


図2 刃先の損傷形態

### 3. AC5015S/AC5025Sの特長

#### 3-1 耐クレータ摩耗性向上への取り組み

クレータ摩耗の発生メカニズムを解明するため、当社の従来コーティング材種でNi基耐熱合金であるインコネル<sup>※2</sup>718を旋削加工し、刃先を詳細に観察した。特に加工開始3分後の初期段階での刃先について、図3に示すように、A-A'断面で切断し、断面方向から観察を行った。その結果、すくい面上のコーティング膜が摩耗し、摩耗部分には被削材

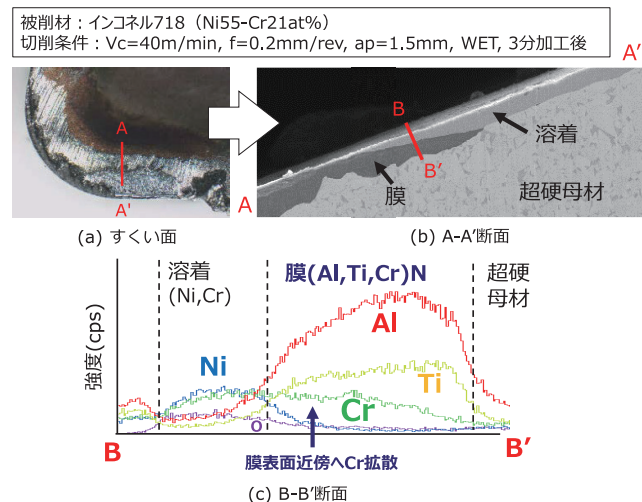


図3 クレータ摩耗部の断面方向からの損傷観察

の溶着が確認された。さらに詳細に分析すべく、B-B'に沿ってEDX<sup>※3</sup>を用いて組成分析を実施したところ、コーティング膜表面付近では酸素 (O) とクロム (Cr) の濃度が高い部分が存在していることがわかった。酸素については切削中の発熱によりコーティング膜が酸化したものと考えられる。この酸化摩耗を抑制するため、コーティング膜には耐酸化性の向上が必要である。また、Crの濃度が高いことについては被削材中のCrがコーティング膜中に拡散したものと考えられる。従来材種に適用しているコーティング膜の組成はAlTiCrNであり、被削材とコーティング膜ともにCrを含んでいる。これにより両者の親和性が高く、コーティング膜上に被削材が溶着しやすくなると同時に被削材中のCrがコーティング膜中に拡散することによる拡散摩耗を促進させているものと考えられる。

そこで耐酸化摩耗性および耐拡散摩耗性の向上のため、新たにCrを含まないAlTiSiN膜を開発した。図4に酸化試験の結果を示す。超硬合金基材上に従来のAlTiCrN膜および新開発のAlTiSiN膜を成膜したサンプルを大気中、900℃、30分保持し、断面方向から観察した結果、従来AlTiCrN膜の酸化層厚みが1.0μmであるのに対し、新開発のAlTiSiN膜は0.4μmと従来比2倍以上の良好な耐酸化特性を示した。また、新開発のAlTiSiN膜でインコネル718を旋削加工し、加工3分時点で断面方向からクレータ摩耗部の組成分析を行った結果を図5に示す。新開発のAlTiSiN膜の表面近傍ではCrの拡散は確認されなかった。

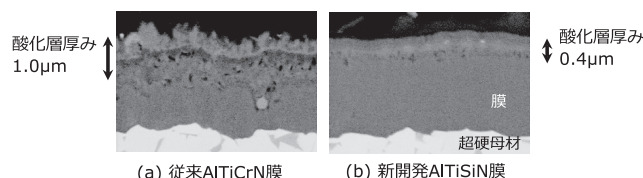


図4 酸化試験後の断面観察結果

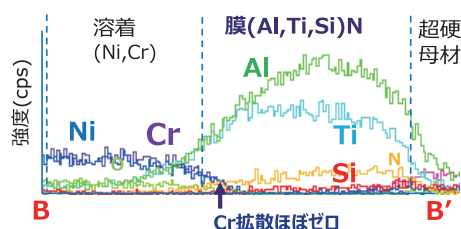


図5 AlTiSiN膜クレータ摩耗部の組成分析結果

#### 3-2 耐境界欠損性の向上への取り組み

切削加工時、刃先稜線部の被削材が接触する領域と接触しない領域に高い応力差が発生するため、その境界付近で

は欠損や摩耗が発生しやすい。特に高温強度の高い難削材加工においては境界部での欠損が発生しやすいため、工具には強靭さが求められる。そこで、耐境界欠損性を向上させるため、超硬母材の高強度化に取り組んだ。特に、WC原料の高強度化および均粒化、焼結条件の改良により、**図6**に示すようにS10グレード、S20グレードともに従来比1.2倍以上の破壊靭性値を示す新しい超硬合金を開発した。

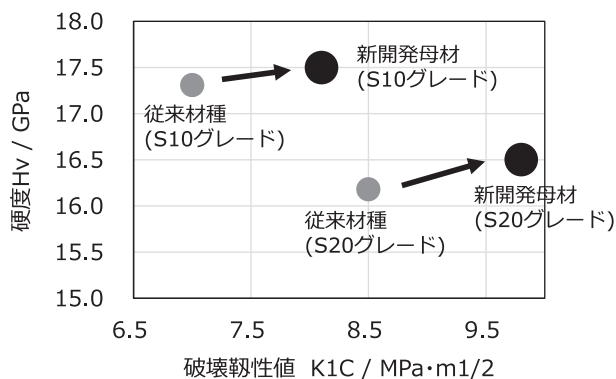


図6 超硬母材の合金特性値

### 3-3 AC5015S/AC5025Sの切削性能

新開発のAlTiSiN膜とS10グレード母材の組み合わせを「AC5015S」、S20グレード母材の組み合わせを「AC5025S」として製品化した。

AC5015Sを用いてインコネル718の耐摩耗性試験を行った結果を**図7**に示す。AC5015Sは従来材種対比、2倍以上の寿命を示した。また、AC5015Sのみ切削速度を70m/minまで上げて同様の評価を行った結果、13分まで加工可能であり、従来材種対比2倍の高能率加工が可能となった。

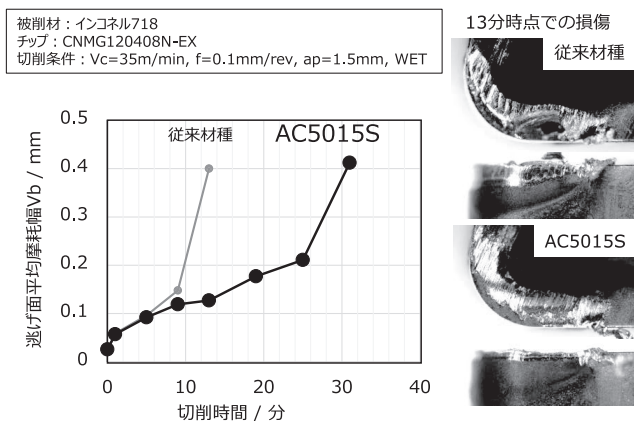


図7 AC5015Sインコネル718切削評価結果

AC5025Sを用いて Hastelloy<sup>®</sup>4の耐境界欠損試験を行った結果を**図8**に示す。AC5025Sは従来材種対比、2倍の耐境界欠損性を示した。

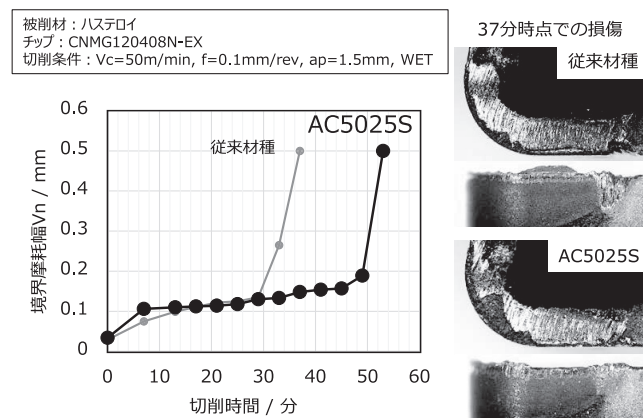


図8 AC5025S Hastelloy 4切削評価結果

## 4. AC5015S/AC5025Sを用いた加工事例

AC5015SおよびAC5025Sを用いたユーザーでの耐熱合金の加工事例を**図9~12**に示す。

**図9**はAC5015Sで航空機部品（インコネル718）を加工した結果を示す。AC5015Sは優れた耐摩耗性により他社品対比2倍の寿命を示した。

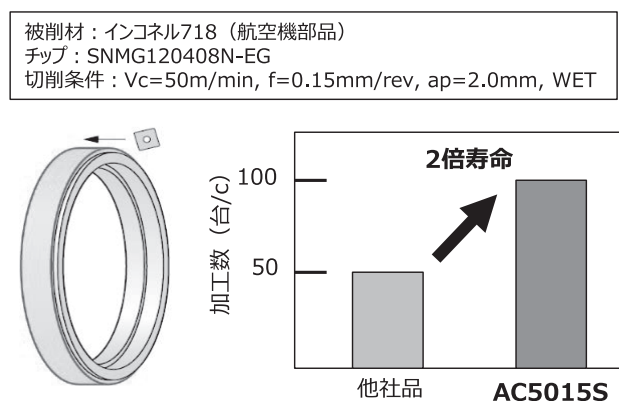


図9 AC5015S加工事例①

**図10**にAC5015Sで自動車部品（インコネル713C）を加工した結果を示す。AC5015Sは切削速度100m/minという高速条件下において従来品対比2倍の寿命を示した。

**図11**にAC5025Sで航空機部品（インコネル718）を加工

工した結果を示す。AC5025Sは従来品対比1.7倍加工後も損傷軽微である。

図12にAC5025Sで自動車部品（Ni基耐熱合金）を加工した実例を示す。AC5025Sは他社品対比2倍の寿命を示した。

被削材：インコネル713C（自動車部品）  
チップ：CNMG120408N-EX  
切削条件：Vc=100m/min, f=0.12mm/rev, ap=0.3mm, WET

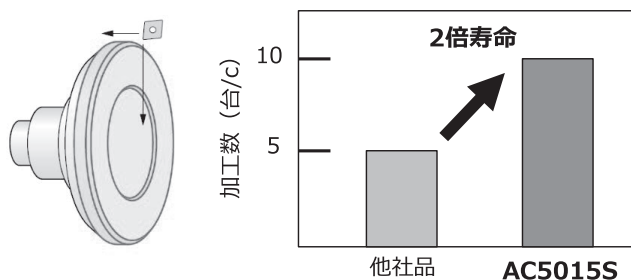


図10 AC5015S加工事例②

被削材：インコネル718（航空機部品）  
チップ：DNMG150408N-EG  
切削条件：Vc=35m/min, f=0.1mm/rev, ap=1.6mm, WET

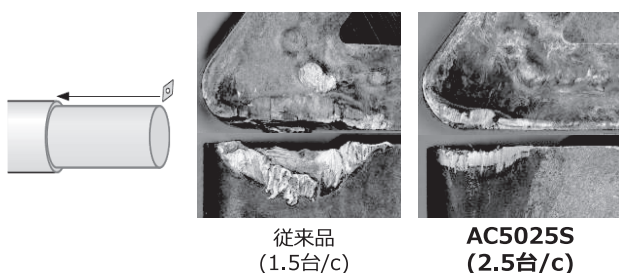


図11 AC5025S加工事例①

被削材：Ni基耐熱合金（自動車部品）  
チップ：TNGG160402N-SU  
切削条件：Vc=70m/min, f=0.1mm/rev, ap=0.15mm, WET

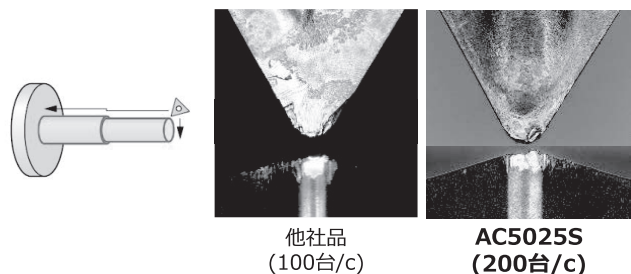


図12 AC5025S加工事例②

## 5. 結 言

以上の通り、耐摩耗性に優れた新PVDコーティング膜と耐境界欠損性に優れた新超硬母材を開発し、AC5015SおよびAC5025Sへ適用することで、従来材種比2倍以上の安定長寿命を実現した。これら2材種は難削材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貢献できるものと確信している。

### 用語集

#### ※1 PVD

Physical Vapor Depositionの略。物理蒸着法と呼ばれターゲット材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。

#### ※2 インコネル

Ni基耐熱合金の一種でHuntington Alloys Corporationの登録商標。

#### ※3 EDX

Energy dispersive X-ray spectrometryの略。電子線やX線を物体に照射した際に発生する特性X線から物体を構成する元素と濃度を測定する手法。

#### ※4 ハステロイ

Ni基耐熱合金の一種でHaynes International, Incの登録商標。

執筆者

---

今村 晋也\* : 住友電工ハードメタル(株) グループ長



田中 敬三 : ハードメタル事業部 主査



三角 周平 : 住友電工ハードメタル(株)



広瀬 和弘 : 住友電工ハードメタル(株) グループ長



福井 治世 : 住友電工ハードメタル(株) 部長補佐  
博士 (工学)



---

\*主執筆者