



難削材旋削加工用材種「AC5005S」

Turning Grade “AC5005S” for Exotic Alloys

濱木 健成*
Kensei Hamaki

山西 貴翔
Takato Yamanishi

田林 大二
Daiji Tabayashi

今村 晋也
Shinya Imamura

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、その使用量が今後大幅に増加することが見込まれている。当社は、これら難削材の連続加工から断続加工まで幅広い加工領域で安定長寿命を実現する工具材種として、新PVDコーティングを適用したAC5015S/AC5025Sを発売している。一方、難削材の切削加工においてはさらなる加工能率の向上が求められており、当社ではAC5000Sシリーズに新たに高能率加工用材種「AC5005S」を追加した。AC5005Sは難削材旋削加工において、高い耐摩耗性・耐塑性変形性と耐欠損性を両立させた材種であり、AC5015S/AC5025Sと併せて幅広い難削材加工における加工コストの低減を実現する。

Exotic alloys, such as nickel alloys, cobalt alloys, and titanium alloys, are widely used for equipment and parts in the aircraft and automotive industries due to their superior heat and corrosion resistance. There has been a growing demand for the machining tools for these alloys. We released the AC5015S and AC5025S for exotic alloy turning, which use new physical vapor deposition (PVD) coating technology. Meanwhile, there is a strong need for cutting tools that enable high-efficiency machining. To satisfy these demands, we have developed a new exotic alloy turning carbide grade, AC5005S, which shows excellent wear resistance, plastic deformation resistance, and fracture resistance in high efficient machining. Together with the existing AC5000S series, the new AC5005S will reduce machining costs in a wide range of exotic alloys turning operation.

キーワード：難削材、切削工具、PVD、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^{*1}母材の表面に硬質セラミック膜を被覆した材種（以下、コーティング材種）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チップ全体の70%以上を占めている。

近年、航空機、石油ガス、医療、自動車産業等の分野において耐熱性や耐食性に優れるNi基合金やCo基合金、Ti合金などのいわゆる「難削材」が多く使用され、その使用量は今後も増加することが見込まれている。難削材は優れた機械的特性や熱的特性を持つ一方で、これらの材料を切削加工する場合、切削中の工具刃先温度が高くなることや、溶着が発生しやすいなどの特徴があり、突発的な工具の欠損などで工具寿命が著しく低下する問題がある。

当社は難削材の加工ニーズに応え、幅広い加工領域で抜群の安定長寿命を実現した新PVD^{*2}コーティング材種AC5000Sシリーズを開発・発売し、順次製品ラインナップを拡大している⁽¹⁾。今回、AC5000Sシリーズのさらなる高能率加工や長寿命化の要求に応えるべくコーティング新材種「AC5005S」を開発し発売した。本稿ではその開発経緯および性能に関して報告する。

2. AC5005Sの開発目標

AC5000Sシリーズは連続加工から断続加工までの幅広い加工条件に対応している。連続加工から一部断続加工までの領域を「AC5015S」が、一部断続加工から強断続加工までの領域を「AC5025S」が対応している。一方、難削材の切削加工ではさらなる加工能率の向上が求められており、AC5015Sよりさらに高能率加工が可能な新材種の要望が高まっていた。

AC5015Sの高能率加工における問題点を把握するためにユーザーでの評価結果を分析したところ、①切削速度80m/minを超える高速領域では逃げ面摩耗とクレータ摩

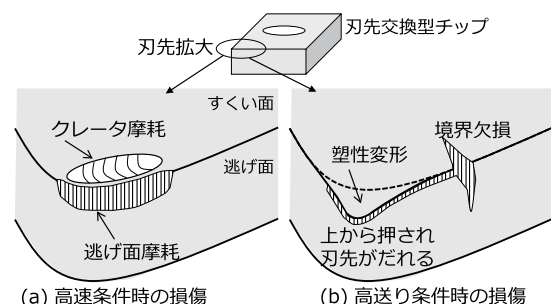


図1 刃先の損傷形態

耗 (図1 (a)) が進展し工具寿命に至り、また②送り速度 0.20mm/rev を超える高送り領域では工具刃先が塑性変形あるいは境界欠損 (図1 (b)) により寿命に至ることがわかった。そこで AC5005S の開発目標は耐摩耗性と耐塑性変形性、耐欠損性を兼ね備えることにより、①及び②の高エネルギー加工領域において、AC5015S 比で寿命 1.5 倍を目標とした。

3. AC5005S の特長と切削性能

3-1 耐逃げ面摩耗性・耐塑性変形性・耐欠損性の向上

難削材の高エネルギー加工時は、工具刃先が高温になり硬度が低下する。そのため、逃げ面摩耗や塑性変形が発生する。そこで、切削工具には高温でも優れた機械的特性を維持することが求められる。

超硬合金は主に硬質な WC (炭化タングステン) と結合相の Co (コバルト) からなるが、この Co が高温で軟化することから、超硬合金の高温硬度は主に結合相量に依存する。結合相量が少なくなるほど高温硬度は高くなるが、一方で結合が維持できず破壊靱性値が低下して欠損が発生しやすくなってしまふ。

そこで上述の課題解決のために、Co に代わる新しい結合相の開発に取り組んだ。すなわち耐熱性に優れた結合相を開発することで、超硬合金とした際の高温特性の改善に成功した。この超硬合金の組織を図2に示す。高温時の特性評価のために、Co を結合相とした従来の超硬合金と新開発の結合相を適用した超硬合金にて高温時の圧縮試験 (1000℃, 5kN) を行ったところ、新開発の結合相を適用した超硬合金は Co を結合相とした超硬合金と比較して、変形量は 50% に抑えられ、耐塑性変形性の向上が確認できた (図3)。

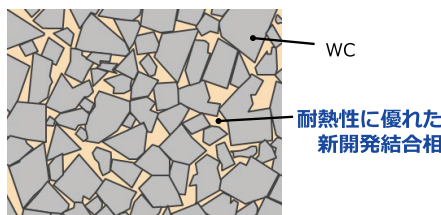


図2 超硬合金の組織模式図

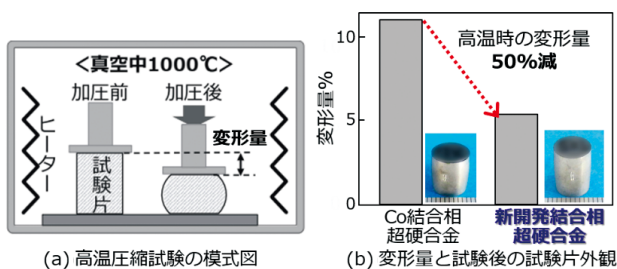


図3 高温圧縮試験

一方、新開発の結合相では Co に対し WC との濡れ性が劣ることから、超硬合金の組織中に細かな空隙ができ、これにより破壊靱性値が低下することが判明した。そこで、破壊靱性値の向上のために新しい焼結技術を開発することで空隙を抑制した。これにより、Co を結合相とした従来の超硬合金に対し、高温硬度-破壊靱性値のトレードオフを打破する新しい超硬合金を開発した (図4)。

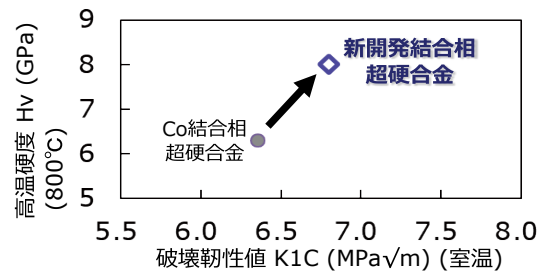
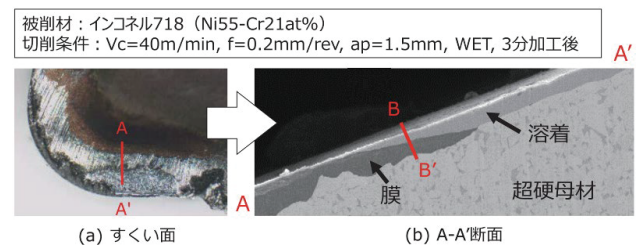


図4 超硬合金の特性値比較 (同結合相量)

3-2 耐クレータ摩耗性の向上

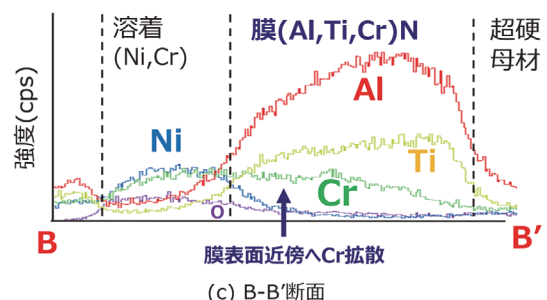
耐クレータ摩耗性の向上のため、新開発の PVD コーティング膜を適用したので、以下に詳細を記載する。なお、この新 PVD コーティング膜は AC5000S シリーズの 3 材種に適用している。

クレータ摩耗の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[®] 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5 (a) に示すように



(a) すくい面

(b) A-A'断面



(c) B-B'断面

図5 クレータ摩耗部の断面方向からの損傷観察

A-A' 断面で切断し、断面方向からの観察を行った。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の溶着が確認された (図5 (b))。さらに詳細に分析すべく、B-B' に沿ってEDX^{*4}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O (酸素) とCr (クロム) の濃度が高い部分が存在していることがわかった (図5 (c))。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がともにCrを含んでいる。これにより両者の親和性が高くなり、コーティング膜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り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6に酸化試験の結果を示す。超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に、900℃で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7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。

このコーティング技術と新開発結合相の超合金を組み合わせることで、「AC5005S」として製品化した。

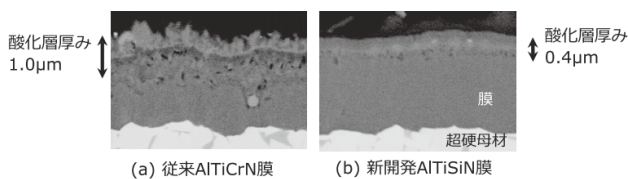


図6 酸化試験後の断面観察結果

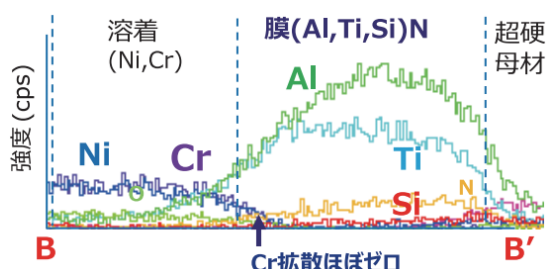


図7 AlTiSiN膜のクレータ摩耗部の組成分析結果

3-3 AC5005Sの切削性能

AC5005Sを用いてインコネル718の①高速条件での耐摩耗性を評価した結果を図8に示す。AC5015Sは短時間で急激に摩耗が進行し工具寿命となる一方で、AC5005Sは高い耐摩耗性を示し2倍の工具寿命を示した。

図9は②高送り条件で耐摩耗性・耐欠損性を評価した結果を示す。AC5005SはAC5015S対比で1.5倍の耐摩耗性・耐欠損性を示した。

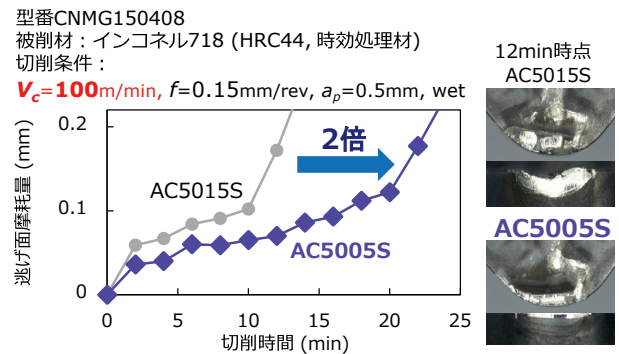


図8 高速条件での切削試験結果

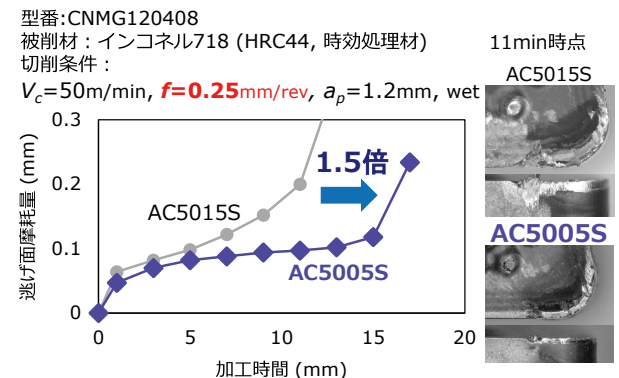


図9 高送り条件での切削試験結果

4. AC5005Sを用いた加工事例

AC5005Sを用いたユーザーでの難削材の加工事例を図10~13に示す。

図10は航空機部品 (インコネル718) を加工した結果を示す。AC5005Sは他社品対比2倍加工後も逃げ面摩耗量 (Vb) が軽微である。

図11は航空機部品 (Ti合金) を加工した結果を示す。従来材対比で切削速度1.2倍の切削条件において寿命1.6倍を示した。

図12は産業機械部品 (15-5PH析出硬化系ステンレス鋼) を加工した結果を示す。AC5005Sは他社品対比で切削速度1.6倍、送り速度1.4倍、切り込み1.3倍の切削条件で寿

命1.5倍を示した。

図13は産業用素材（高硬度鋼 HRC50-55）を加工した結果を示す。AC5005Sは他社品対比で切削速度1.2倍の切削条件でも損傷軽微である。

被削材：インコネル718（航空機部品）
型番：CNMG190616N-EG
切削条件：
 $v_c=50\text{m/min}$, $f=0.3\text{mm/rev}$, $a_p=3.5\text{mm}$, wet (7MPa)

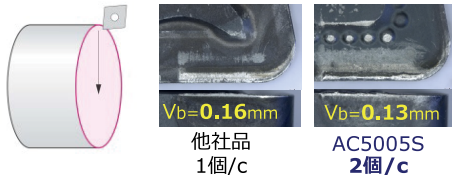


図10 AC5005S加工事例①

被削材：Ti-6Al-4V（航空機部品）
型番：CNMG120408N-EG
切削条件：
従来品 $v_c=60\text{m/min}$, $f=0.25\text{mm/rev}$, $a_p=3.0\text{mm}$, wet
AC5005S: $v_c=70\text{m/min}$, $f=0.25\text{mm/rev}$, $a_p=3.0\text{mm}$, wet

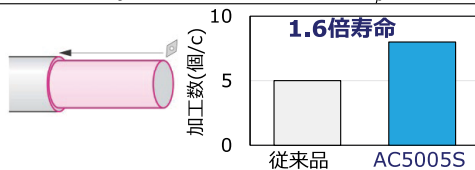


図11 AC5005S加工事例②

被削材：15-5 PH Stainless Steel（産業機械部品）
型番：CNMG120412N-MU
切削条件：
他社品 $v_c=30\text{m/min}$, $f=0.25\text{mm/rev}$, $a_p=2.0\text{mm}$, wet
AC5005S $v_c=50\text{m/min}$, $f=0.35\text{mm/rev}$, $a_p=2.5\text{mm}$, wet

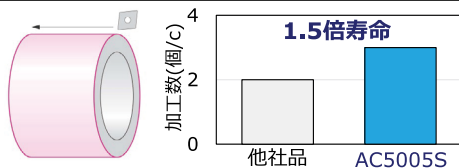


図12 AC5005S加工事例③

被削材：高硬度鋼（HRC50-55）（産業機械部品）
型番：SNMG120412N-GU
切削条件：
他社品 $v_c=50\text{m/min}$, $f=0.4\text{mm/rev}$, $a_p=1.5\text{mm}$, wet
AC5005S $v_c=60\text{m/min}$, $f=0.4\text{mm/rev}$, $a_p=1.5\text{mm}$, wet



図13 AC5005S加工事例④

5. 結 言

以上の通り、AC5005Sは新開発の結合相を適用した超硬合金とALTiSiN系の新PVDコーティング膜の組み合わせにより、難削材の高能率旋削加工における安定長寿命を実現した。AC5015SおよびAC5025Sと合わせて、AC5000Sシリーズ3材種により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 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 PVD

Physical Vapor Depositionの略。物理蒸着法と呼ばれプラズマ化した金属とガスを反応させて基体表面にセラミックス膜の被覆を施す手法の一種。

※3 インコネル

Ni基耐熱合金の一種。Huntington Alloys Corporationの商標。

※4 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。

参考文献

- (1) 今村 他、「難削材旋削加工用材種「AC5000S」」、SEIテクニカルレビュー第195号、pp.45-49 (2019)

執 筆 者

濱木 健成* : 住友電工ハードメタル㈱



山西 貴翔 : 住友電工ハードメタル㈱ 主査



田林 大二 : 住友電工ハードメタル㈱ 主席



今村 晋也 : 住友電工ハードメタル㈱ グループ長



*主執筆者