



鋼旋削高速加工用CVD新材種 AC8115P

New Coated-Carbide Grade AC8115P for High-Speed Steel Turning

引地 将仁*
Masahito Hikiji

米田 敦洋
Atsushiro Yoneda

山西 貴翔
Takato Yamanishi

金岡 秀明
Hideaki Kanaoka

自動車部品などで用いられる鋼の切削加工においては、環境負荷の低減や資源の効率的な活用を目的とした様々な取り組みが進められている。当社は連続加工から断続加工まで幅広い加工環境での安定加工を実現する工具として2016年に新CVDコーティング技術「Absotech」を適用した鋼旋削材種AC8000Pシリーズを発売し、順次製品ラインアップを拡大している。近年の鋼旋削加工では特に加工時間の短縮や切削液を使用しないドライ加工への要望が以前にも増して高まっている。当社はこれらのニーズに応えるべく、高能率加工やドライ加工で特に優れた性能を発揮する新材種「AC8115P」を開発した。これらの加工においては工具刃先が高温になるため、工具の摩耗進展や塑性変形の抑制が課題となる。「AC8115P」は耐摩耗性と耐塑性変形性を大幅に向上させた材種で鋼旋削加工において加工コストおよび環境負荷の低減に貢献する。

Efforts are underway in the steel machining, particularly in the automotive industry, to reduce the environmental impact and to enhance resource efficiency. We introduced the AC8000P series for steel turning in 2016, featuring the new chemical vapor deposition (CVD) coating technology "Absotech," and have since expanded our product range. In recent years, there has been a growing trend in steel turning especially toward reducing machining time and transitioning to dry cutting without the use of cutting fluids. In response to this trend, we have developed AC8115P, a new steel turning carbide grade designed for high-efficiency and dry cutting applications. AC8115P demonstrates outstanding performance by addressing the challenges of high cutting-edge temperatures, effectively minimizing tool wear and plastic deformation. This grade's enhanced resistance characteristics are key to reducing machining costs and environmental impact in steel turning operations.

キーワード：切削工具、鋼、CVD、高能率、ドライ加工

1. 緒言

切削工具に用いられる刃先交換型インサートは、超硬合金^{*1}母材の表面に硬質セラミックスを被覆した材種（コーテッド材種）が主流である。コーテッド材種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、現在では刃先交換型インサート材種全体の70%以上を占めている。コーテッド材種を用いて切削加工を行う被削材は、ISO513:2004で鋼、ステンレス鋼、鋳鉄、非鉄金属、耐熱合金、高硬度材の6種に分類されており、このうち鋼は最も一般的な被削材である。

近年では、加工条件の高能率化による生産性向上だけでなく、環境負荷低減の観点からも電力消費量の削減が期待できる加工時間の短縮や切削液を使用しないドライ加工への要望が以前にも増して高まっている。いずれも切削時の刃先温度上昇に繋がり、工具にとっては過酷な環境下で使用されるため、従来よりも高い性能が要求されている。

当社は様々な鋼加工のニーズに応え、幅広い加工環境において長寿命と安定性を実現したコーテッド材種AC8000Pシリーズを開発、販売している⁽¹⁾。今回、新たな世代の材種として、特に環境負荷低減のニーズに応え、高能率加工やドライ加工で安定長寿命を実現する新材種「AC8115P」を開発し、販売を開始した。本報ではAC8115Pの狙いと特長、切削性能について報告する。

2. 鋼旋削加工の課題とAC8115Pの位置付け

切削加工においては被削材の形状や加工条件によって工具材種への要求特性が変化するため、状況に合わせた工具材種の選定が必要となる。加工面に穴や溝のような断続部がない連続加工では工具刃先が常に被削材と接触し続けるため、摩擦熱により高温となる。工具材料は高温になると

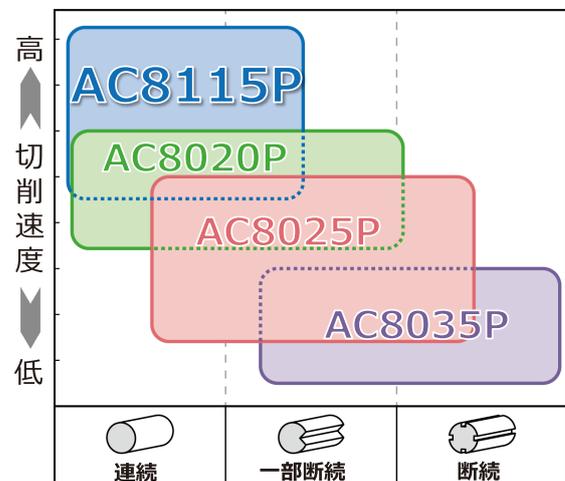


図1 AC8115Pの適用領域

硬度が低下するため、このような加工においてはより耐熱性・耐摩耗性に優れた材種を選定する。高能率加工では被削材と工具刃先の摩擦による温度上昇が顕著である。また、切削液が使用される理由の1つは刃先温度上昇を抑制することだが、ドライ加工では切削液を使用しないため、高能率加工と同様に工具刃先の温度上昇が顕著である。

AC8115Pは耐熱性・耐摩耗性を向上させ、高能率加工やドライ加工のような厳しい加工環境でも工具の安定長寿命を実現する新材種である。AC8115Pは図1に示すようにより高速な加工条件で使用が可能である。

3. AC8115Pの特長と切削性能

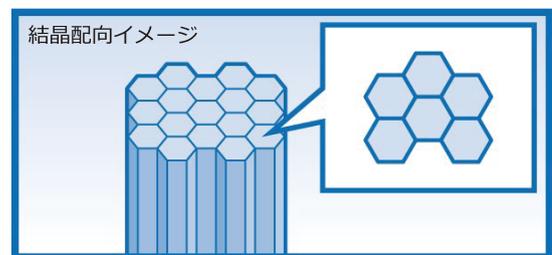
鋼旋削用材種にも適用している当社のCVD^{*2}コーティング技術「Absotech」は共通の仕様として、超合金上に炭窒化チタン (TiCN)、アルミナ (Al₂O₃) からなる複層構造のコーティングを施しているが、用途に応じて全体の膜厚を最適化している。また、膜最表面には工具刃先の使用有無が判別しやすくなる使用状態識別層と、膜構成同様に用途に合わせた特殊表面処理を適用している。鋼旋削用材種の中でもより高い耐摩耗性が必要になるAC8115PやAC8020Pでは、同じAl₂O₃膜でも結晶配向を膜厚方向に揃えて、切りくずが工具表面を擦過することにより発生する、せん断方向への負荷に対する耐性を高めた結晶配向制御Al₂O₃膜を適用している。

AC8115Pでは3つの特長があり、それらはいずれも耐摩耗性を向上させ、高能率加工やドライ加工での寿命向上に寄与している。1つ目は使用状態識別層の耐摩耗性向上である。従来は耐摩耗性に寄与しなかった使用状態識別層の耐摩耗性を向上させることで、切削初期段階における摩耗進展を抑制している。図2にAC8115Pの耐摩耗性を評価した結果を示す。被削材は合金鋼 (SCM435) の丸棒材で、切削条件は切削速度 (vc) が270m/min、1回転当たりの送り量 (f) が0.30mm/rev、切込み (ap) が1.5mm、切削液を用いた状態 (Wet) で試験を実施し、8分加工時点での

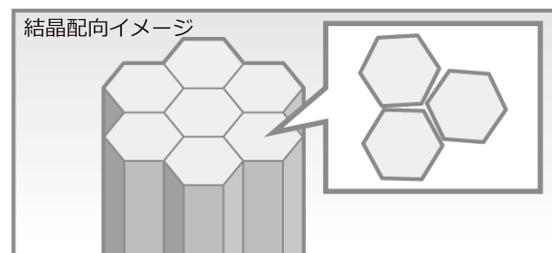
逃げ面摩耗量の計測を行った。AC8115Pは他社品に対して逃げ面摩耗量が小さく、耐摩耗性の高さが確認できた。

2つ目はAl₂O₃膜の配向性向上および微細化による耐摩耗性向上である。Al₂O₃は酸化物であるため、酸化による脆化の影響を受けず、工具刃先が高温になる条件下では非常に重要な役割を担っている。図3に示す通りAC8115Pに適用されている結晶配向制御微細Al₂O₃膜は従来の結晶配向制御Al₂O₃膜に対して、より結晶の配向性をさらに高めるとともに結晶粒を微細化することにより、全体の強度を向上させ、結晶の脱落による摩耗を抑制している。

この結晶配向制御微細Al₂O₃膜は特に工具刃先が高温となる高能率加工やドライ加工におけるすくい面の摩耗抑制に効果を発揮する。



結晶配向制御微細Al₂O₃膜イメージ



従来結晶配向制御Al₂O₃膜イメージ

図3 Al₂O₃膜の組織比較イメージ

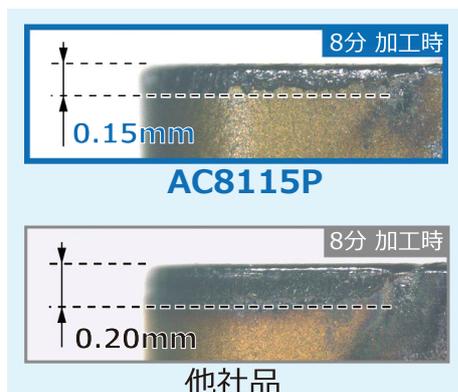


図2 切削初期段階における逃げ面摩耗量比較

3つ目は高温特性に優れた超合金による耐塑性変形^{*3}性向上である。高能率加工やドライ加工において、高温となった工具刃先には切削により非常に高い圧力が加わるため、超合金が塑性変形する可能性がある。AC8115Pに適用されている超合金は高温での特性を向上させており、塑性変形の発生を抑制し、上記の結晶配向制御微細Al₂O₃膜との組み合わせで刃先が高温となる加工でも長寿命を実現している。図4に従来品とAC8115Pの耐摩耗性を評価した結果を、切削時間と逃げ面摩耗量の相関として示している。被削材は合金鋼 (SCM435) の丸棒材で、切削条件は切削速度が270m/min、送り量が0.30mm/rev、切込みが1.5mm、切削液を用いた状態 (Wet) で試験を実施した。

図5に示す通り、従来品はすくい面の摩耗進展に伴い、刃

先が負荷に耐え切れずに塑性変形することで急激に逃げ面摩耗が進展し、工具寿命となる一方で、AC8115Pは高い耐摩耗性を示すことが確認できた。

度の低下が原因で塑性変形が発生し、逃げ面の摩耗が大幅に進展した。一方で、AC8115Pはすくい面摩耗の進展が軽微な状態であることが確認できた。

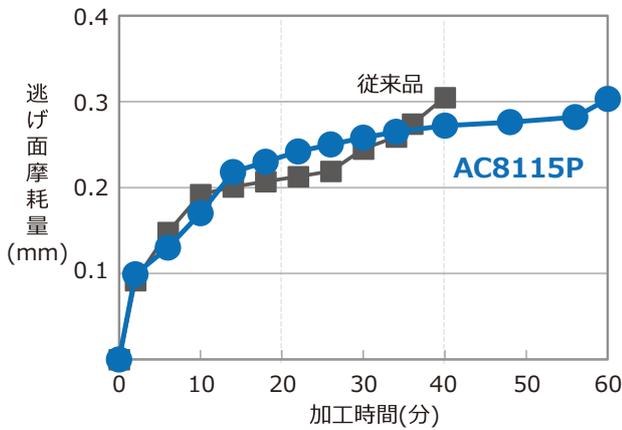


図4 AC8115Pの耐摩耗性

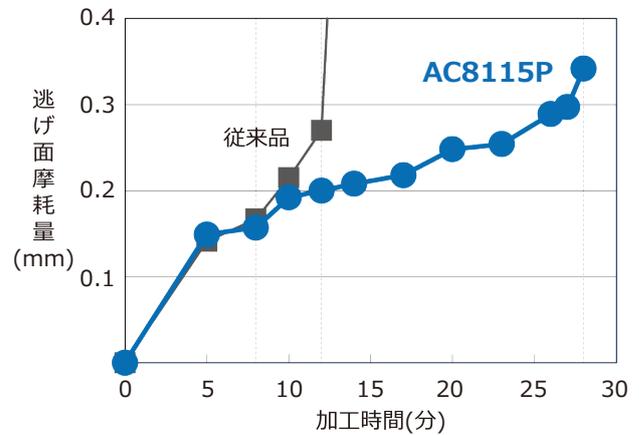


図6 vc=350m/minにおけるAC8115Pの耐摩耗性



図5 AC8115Pと従来品の損傷状態比較

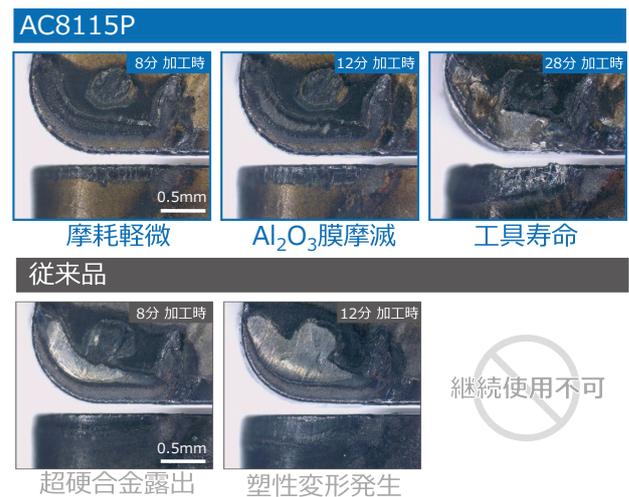


図7 vc=350m/minにおける損傷状態比較

また、上記の耐摩耗性試験に対し、送り量と切込みの条件はそのままに、切削速度を350m/minまで上げた場合のAC8115Pと従来品の切削時間に対する逃げ面摩耗量の変化を図6に示す。切削速度が270m/minの場合は従来品に対して、AC8115Pの工具寿命は1.5倍であったが、切削速度が350m/minの場合には逃げ面摩耗量が0.3mmを超える加工時間が2倍以上の差であり、この結果からAC8115Pは切削速度が高い条件下でも高い耐摩耗性を示すことが確認できた。

上記の耐摩耗性試験における加工時間が8分、12分、28分時点の従来品とAC8115Pの刃先損傷状態を図7に示す。従来品は12分時点ですくい面摩耗の進展による刃先強

高速加工での加工時間短縮による電力消費量の削減効果を図8に示す。被削材は合金鋼 (SCM415) の丸棒材を使用し、共通の切削条件は送り量を0.30mm/rev、切込みを1.5mm、切削液を用いた状態とした。切削速度は従来品による従来加工では300m/min、AC8115Pによる高速加工では450m/minに設定した。電力消費量の測定は複合旋盤が動作を始めてから停止するまでの間で行った。高速加工では切削時電力の値は増加するが、切削時間が40%短くなることにより、全体の電力消費量は従来加工に対して約25%削減されている。この電力消費量について、経済産業省が公表している電気事業者別排出係数の全国平均値 (0.000433 t-CO₂/KWh) を用いて換算すると、上記の

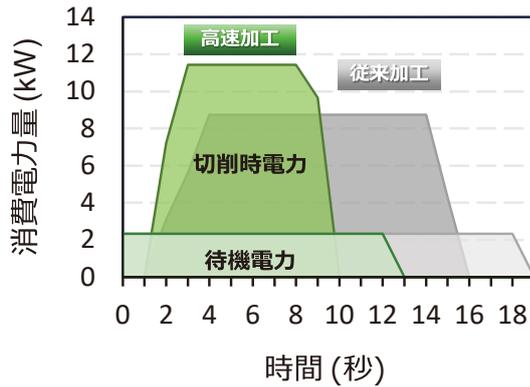


図8 高速加工での加工時間短縮による電力削減効果

加工を200回行う場合に（加工距離約20km）約0.9kgのCO₂排出量削減となる。

また、図4で示した耐摩耗性試験の切削条件と同様の切削速度、送り量、切込みで切削液を使用しないドライ加工での耐摩耗性試験の結果を図9に示す。AC8115Pはドライ加工においても従来品に対して長寿命を実現することが確認できた。

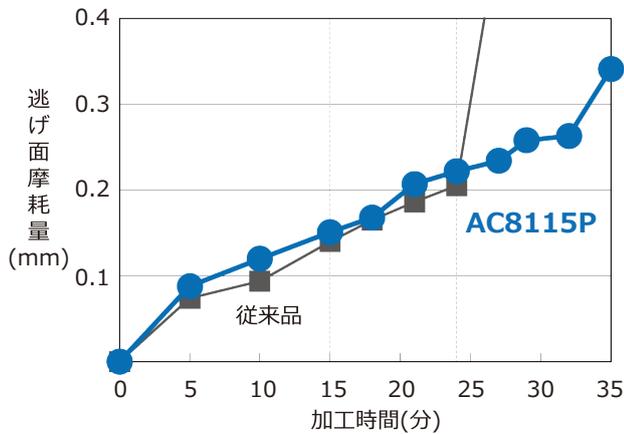


図9 ドライ加工におけるAC8115Pの耐摩耗性

上記の耐摩耗性試験における加工時間が15分、24分、35分時点の従来品とAC8115Pの刃先損傷状態を図10に示す。いずれもコーティングが摩滅した箇所で見えてくる超硬合金が酸化し、すくい面の一部が虹色の色調を呈している。このことから、ドライ加工の影響で加工時に刃先温度が高温になったことがうかがえる。このような過酷な加工条件においてもAC8115Pは従来品に対して高い耐摩耗性を示すことが確認できた。

図11は実際の鋼加工の現場での使用実例を示している。事例 (a) の加工はローターシャフトという自動車部品で比

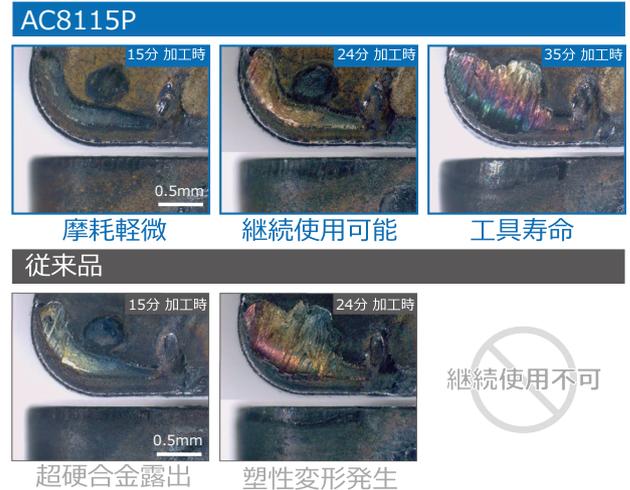
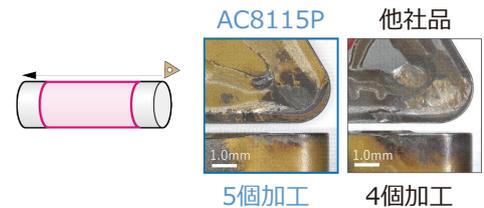
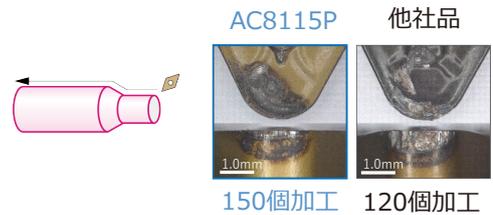


図10 ドライ加工における損傷状態比較

(a)
被削材 :ローターシャフト(SCM440)
工具 :TNMG220412
切削条件:vc=220m/min, f=0.4mm/rev,
ap=2.5mm, wet



(b)
被削材 :ローターシャフト(SCM440)
工具 :DNMG150612
切削条件:vc=310-340m/min,
f=0.4mm/rev,
ap=1.0-2.5mm, wet



(c)
被削材 :トランスミッション部品
工具 :DNMG150408
切削条件:vc=300m/min, f=0.4mm/rev,
ap=0.8-1.0mm, wet

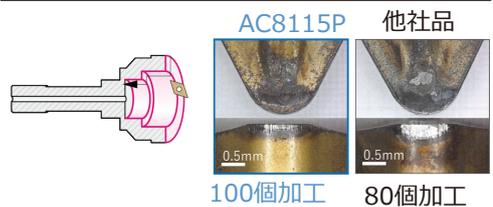


図11 AC8115Pの鋼加工ユーザーでの使用実例

較的高硬度の鋼であり、加工距離が長い為、刃先の温度が上がりやすい事例である。他社品が4個の加工ですくい面摩耗の進展が顕著である一方、AC8115Pはすくい面摩耗の進展を抑制し、5個を加工した後も損傷は軽微であり、25%の工具寿命向上が実現できた。事例 (b) の加工は事例 (a) と同じく、ローターシャフトの加工であり、その中でも切削速度がより速い $v_c = 310\text{-}340\text{m/min}$ であり、さらに刃先の温度が上がりやすい事例である。この加工において、他社品はすくい面摩耗だけでなく、逃げ面摩耗も大幅に進展しており、摩耗の進展による刃先強度の低下から塑性変形が発生したことが示唆される。このような過酷な加工環境においてもAC8115Pは摩耗と塑性変形を抑制し、他社品の工具寿命が120個加工に対し、150個加工が可能になり、25%の工具寿命向上が実現できた。事例 (c) はトランスミッション部品での切削速度が高速な切削条件かつ、切込みが比較的小さいため、特に逃げ面摩耗が進展しやすい事例である。他社品の逃げ面摩耗が大幅に進展しているのに対し、AC8115Pは逃げ面摩耗の進展を大幅に抑制できている。その結果、他社品が80個加工で工具寿命を迎えるのに対し、AC8115Pは100個加工を行っても刃先の損傷が軽微であり、25%の工具寿命向上が実現できた。

4. 結 言

AC8115Pは使用状態識別層の耐摩耗性向上、 Al_2O_3 膜の配向性向上と微細化、超合金の耐塑性変形性向上により、高能率加工およびドライ加工における長寿命化を可能とした。AC8115Pは鋼旋削加工において加工コスト低減と環境負荷低減に大きく寄与できるものと確信している。

用語集

※1 超合金

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 CVD

Chemical Vapor Deposition：化学反応を利用して基体表面にセラミックス被覆を施す手法の一種。

※3 塑性変形

物体に外力を加えて変形させ、その後、外力を取り去っても残る変形。

・ Absotechは住友電気工業(株)の登録商標です。

参 考 文 献

- (1) 山西 他、「鋼旋削用CVD新材種 AC8020P」、住友電工テクニカルレビュー第199号、pp.50-53 (2021)

執 筆 者

引地 将仁*：住友電工ハードメタル(株)



米田 敦洋：住友電工ハードメタル(株)



山西 貴翔：住友電工ハードメタル(株) 主査



金岡 秀明：住友電工ハードメタル(株) グループ長



* 主執筆者