

# 鋼旋削用コーティング材種 AC8015P/AC8025P/AC8035P

Coated-Carbide Grades AC8015P, AC8025P, and AC8035P for Steel Turning

小野 聡\*  
Satoshi Ono

城戸 保樹  
Yasuki Kido

奥野 晋  
Susumu Okuno

金岡 秀明  
Hideaki Kanaoka

今村 晋也  
Shinya Imamura

広瀬 和弘  
Kazuhiro Hirose

近年、地球環境への負荷低減、資源の効率的な活用を目的とした様々な取組みがなされており、自動車等に用いられる鋼部品の切削加工においても、被削材の鉛レス化（難削化）や、切削加工条件のドライ加工化および高能率加工化が急速に進んでいる。このような過酷な切削環境下において安定して使用できる信頼性の高い工具が求められている。そのような鋼加工市場でのニーズに応えるため、鋼旋削加工用コーティング材種「AC8015P」「AC8025P」「AC8035P」を開発した。「AC8015P」は高速・連続加工における高能率加工を実現し、「AC8025P」は汎用加工における安定・長寿命を達成する。また「AC8035P」は断続加工における突発欠損を大幅に抑制し高い安定性を実現する。これら3材種により鋼の幅広い加工において、加工コストの低減を可能とした。

To lessen the environmental burden, lead-free, difficult-to-cut materials are increasingly used and high-efficiency dry machining is becoming popular mainly in the automotive industry. Under these circumstances, cutting tools need to have long tool life and offer stable performance. To satisfy these demands, the authors have developed the new coated-carbide grades AC8015P, AC8025P, and AC8035P for steel turning. This paper describes the features and cutting performance of these products.

キーワード：CVD、切削工具、鋼旋削

## 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%を占めるに至っている。

コーティング材種を用いて切削加工を行う加工物（以下、ワーク）の材質（以下、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つの領域に分類されているが、このうち鋼は炭素鋼、合金鋼、鋳鋼など数多くの種類を含む最大の被削材グループである。また、炭素鋼であれば炭素量により被削材の硬度が異なる、合金鋼であれば添加元素の種類や添加量により被削材の延性が異なるなど、同じ鋼に分類されてもその被削性は様々であり、鋼加工用の切削工具に求められる特性は多岐に渡る。また近年では地球環境保護の観点から、合金元素として鉛の添加を行わない被削材の鉛レス化や、廃液処理が必要となる切削油剤を用いないドライ加工への転換など、切削加工の現場でも様々な取組みがなされている。しかしながら、例えば、鉛レス化であれば加工性の悪化に、ドライ加工であれば加工発熱の増大につながるなど、切削工具にとっては負荷が高まるため、このような過酷な環境化においても従来と同等あるいはそれ以上の工具寿命

を達成することが求められる。加えて、切削加工の現場においても、IoT（Internet of Things）の導入により、省人化（自動化、無人化）は急速に進展すると予想され、切削工具には従来までの高能率化や長寿命化に加えて、切削加工時に突発的なトラブルを起こさない、すなわち寿命安定化に対する要望も従来にも増して強くなっている。

当社は鋼旋削加工領域を幅広く網羅し、上記ニーズにも応える鋼旋削加工用材種シリーズとして、高速加工用材種「AC8015P」、汎用材種「AC8025P」および、断続加工用材種「AC8035P」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ついて報告する。

## 2. AC8015P/AC8025P/AC8035Pの開発目標

当社の鋼旋削加工用コーティング材種のラインナップを図1に示す。鋼部品加工の高速・連続加工～低速・断続加工までの全ての領域を「AC8015P」「AC8025P」「AC8035P」の3材種でカバーしている。「AC8015P」は、高速・連続加工における耐摩耗性に優れた材種である。「AC8025P」は、3材種のラインナップの中心に位置し、中速度領域の連続から断続加工と幅広い領域をカバーする汎用材種である。「AC8035P」は、強度が高く衝撃に強い重切削・断続加工用材種である。

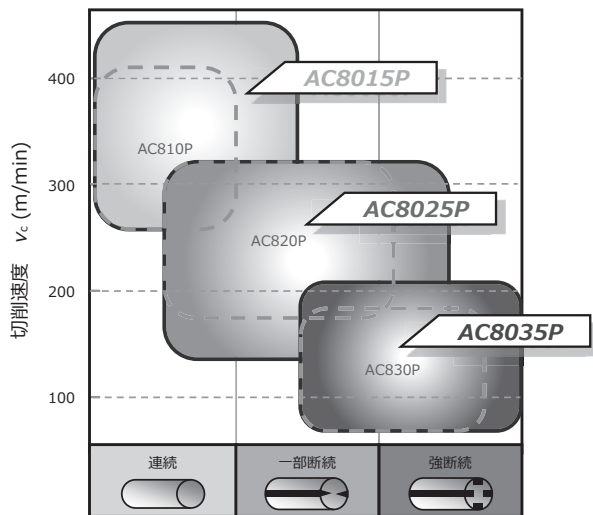


図1 鋼旋削用コーティング材種のラインナップと使用領域

### 2-1 高速加工用材種AC8015Pにおける開発目標

高速加工用材種の開発目標を明確化するため、従来材種AC810Pのユーザーでの使用済みチップを回収し、工具刃先の観察を行ったところ、主な損傷形態はクレータ摩耗であることがわかった(図2)。クレータ摩耗とは工具のすくい面に発生する損傷形態であり、切削加工時の切りくず擦過を主因とする。クレータ摩耗の進展は切りくず処理性の悪化や、刃先強度の低下に伴う欠損を引き起こす。そこで、高速加工用材種は従来材種に対し2倍の耐クレータ摩耗性を有することを性能目標とした。

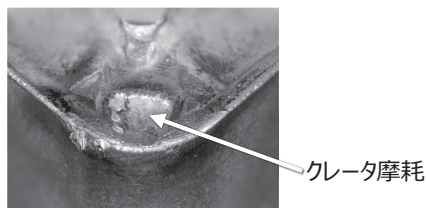


図2 AC810Pの代表的損傷(クレータ摩耗)

### 2-2 汎用材種AC8025Pにおける開発目標

汎用材種の開発目標を明確化するため、従来材種AC820Pのユーザーでの使用済みチップを回収し、刃先の観察を行った。汎用材種が使用される加工領域は、切削速度( $v_c$ )が150~300m/minと広く、加工するワークの形状も工具刃先が常に接触する連続切削からワークが一回転する間に刃先がワークとの接触、離脱を繰り返す断続切削まであり、最も広範な領域となる。そのため使用済み工

具の損傷も様々な形態が複合して発生していたが、それらを分離、整理すると大半は刃先のチップングを起点とした損傷進展によるものと判断した。刃先のチップングには断続切削時の衝撃により発生するチップングと、被削材成分が刃先部に溶着して形成された構成刃先が脱落する際に切れ刃稜線部も脱落することで生じるチップングとがある。特に後者のチップング(以下、溶着チップング(図3))は、チップングの原因となる構成刃先の形成・脱落が規則性無く発生すること、チップングに至らない場合でも構成刃先によりワーク加工面品位の低下が生じ得る、などの理由から自動化を阻害する一因となる。そこで汎用加工用材種は加工の安定化をより一層高めることを目的に、耐溶着チップング性を従来材種に対し2倍まで高めることを目標とした。

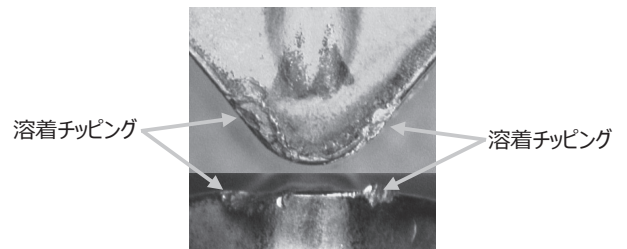


図3 AC820Pの代表的損傷(溶着チップング)

### 2-3 断続加工用材種AC8035Pにおける開発目標

断続加工用材種の開発目標を明確化するため、従来材種AC830Pのユーザーでの使用済みチップを回収し、刃先の観察を行ったところ、主な損傷形態は欠損であることがわかった(図4)。欠損とは断続加工時の衝撃によって刃先が大きく欠ける損傷形態であり、工具寿命のバラツキを引き起こす。そこで、断続加工用材種は従来材種に対し2倍以上の耐欠損性を有することを性能目標とした。

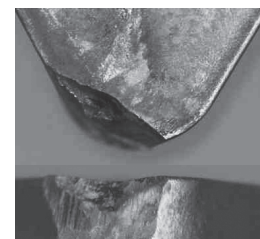


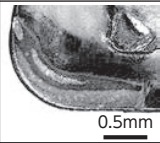



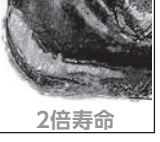
図4 AC830Pの代表的損傷(欠損)

### 3. AC8015P/AC8025P/AC8035Pの特長

#### 3-1 AC8015Pの特長：結晶制御アルミナ

CVD法<sup>\*1</sup>により超合金基材上に被覆されたセラミックス膜の断面組織写真を図5に示す。被膜上部に断熱層となるアルミナ ( $Al_2O_3$ ) 膜が、下部に耐摩耗層となるTiCN膜が配される2層構造が一般的である。鋼高速加工では、断熱層である $Al_2O_3$ 膜を厚く成膜することで、熱的損傷であるクレータ摩耗の進展が抑制されるが、厚膜化は膜強度の低下を引き起こす。厚膜化に伴う膜強度の低下のメカニズムを明らかにすることを目的に、クレータ摩耗の進展挙動を、膜断面方向からFE-SEM<sup>\*2</sup>などを用いて、詳細に観察を進めた。その結果、厚膜化した場合のすくい面損傷は、 $Al_2O_3$ 膜を構成する $Al_2O_3$ 結晶子の一部が、切りくずがすくい面を擦過する際に発生したせん断応力により局所的に脱落することで進展していることが判明した。このことは、図5下段の模式図に示すように、 $Al_2O_3$ 膜を構成する $Al_2O_3$ 結晶子がランダムに配向していることが原因と考え、切りくずせん断方向に対し垂直な方位となる結晶面、すなわち膜断面に対し垂直となるc軸方向に配向する $Al_2O_3$ 結晶子により構成される $Al_2O_3$ 膜の開発を行った。結晶配向を制御するため、コーティングパラメータを種々検討した結果、 $Al_2O_3$ 膜を構成する結晶子の90%以上をc軸配向とすることが可能となった。新たに開発した結晶配向制御アルミナを適用したAC8015Pと従来材種とのベアリング鋼高速加工での損傷進展比較を行った結果を表1に示す。従来材種が切削時間14分の段階ですくい面に顕著なクレータ摩耗が進展しているのに対し、同じ時間でAC8015Pのクレータ摩耗進展は極めて軽微であり、最終的には従来材種に対し2倍以上の加工時間となる29分間の切削が可能であった。このように、AC8015Pでは結晶制御アルミナを採用することで従来材種と比較し2倍以上の耐クレータ摩耗性を実現していることがわかる。

表1 AC8015Pの耐クレータ摩耗性評価結果

	2分	14分	29分
従来材種			
AC8015P			

0.5mm クレータ摩耗大 2倍寿命

【ワーク】	SUJ2 丸棒材
【チップ】	CNMG080408N-GU
【切削条件】	$V_c=300\text{m/min}$ , $f=0.30\text{mm/rev}$ , $a_p=1.5\text{mm}$ , wet

#### 3-2 AC8025Pの特長：平滑表面処理

CVD法によりセラミックス膜を被覆したコーティング材種では、使用したコーナーを識別しやすいように、被膜最外層にチタン (Ti) 系のセラミックス膜を使用状態識別層として被覆する場合が多い。そのため、図6 (a) に示すように、工具表面には、化学蒸着により形成されたセラミックス粒子による微小な凹凸が存在する。加えTi系被膜は被削材との親和性が高いため、加工時の刃先部での加工発熱と相まって刃先への被削材の溶着がより発生しやすく、溶着チッピングを引き起こす場合があった。そこでAC8025Pでは、CVD法によるセラミックス膜被覆後に、特殊な機械加工により刃先近傍部のTi系被膜の除去ならびに膜表面の平滑化処理を施した。(図6 (b)) この処理により、化学的に安定なアルミナ膜が最表面へ露出されると共に、機械加工によって表面粗度 (Ra) が従来材種と比較して10分の1にまで平滑化され、切りくず擦過による摩擦発熱も減少

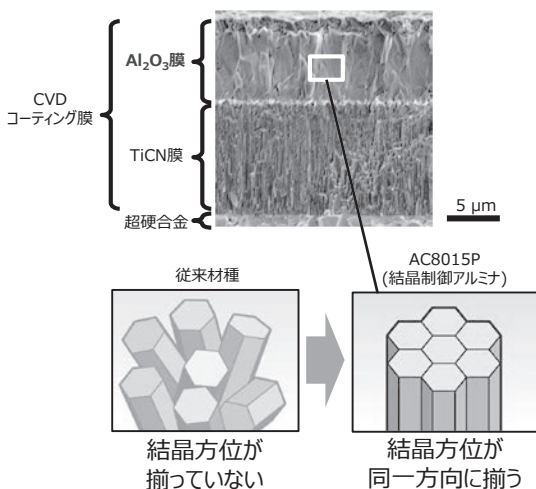


図5 AC8015Pのアルミナ組織イメージ図

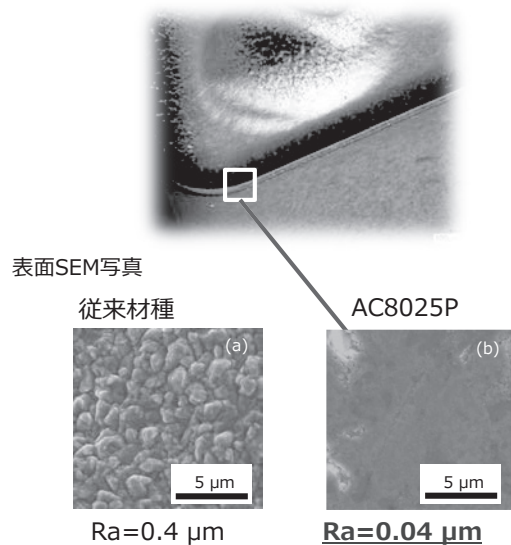


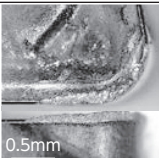
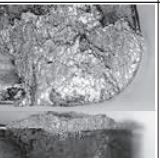
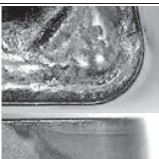
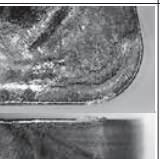
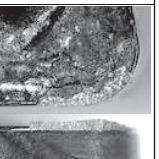
図6 AC8025Pの刃先部表面状態



し、溶着の発生を大幅に低減することが可能となった。

表面平滑化処理を適用したAC8025Pと従来材種とで合金鋼（SCM415）加工を行った際の溶着による工具損傷進展の比較を表2に示す。従来材種は切削時間2分の段階で刃先稜線部に被削材成分の溶着が発生しているのに対し、AC8025Pの刃先稜線部にはそのような溶着は殆ど認められない。更に切削時間を延長していくと、従来材種は切削時間70分の段階で、刃先先端部に著しい溶着と構成刃先の脱落によるチッピングが発生し、継続使用が不可能な状態となるが、AC8025Pでは刃先稜線部の溶着は依然軽微であることがわかる。更に切削時間を延長し、120分まで加工した場合にも、AC8025Pでは溶着チッピングの発生は認められず、継続しての使用が可能であった。このように、AC8025Pでは表面平滑化処理により従来材種と比較して2倍以上の耐溶着チッピング性を実現している。

表2 AC8025Pの耐溶着チッピング性評価結果

	2分	70分	120分
従来材種	 溶着発生	 欠損	
AC8025P	 溶着少		 加工継続可能

【ワーク】 SCM415 丸棒材  
 【チップ】 CNMG080408N-GU  
 【切削条件】  $V_c=100-300\text{m/min}$ ,  $f=0.30\text{mm/rev}$ ,  $a_p=1.5\text{mm}$ , wet

### 3-3 AC8035Pの特長：膜中残留応力制御

CVD法により成膜されるセラミックス膜は、約1000℃の高温環境下で成膜されるが、成膜後に室温まで冷却される過程で、基材となる超硬合金と被覆されたセラミックス膜の熱膨張係数の差により被膜中に引張応力が残留する。被膜中に引張残留応力が存在すると、切削加工時の衝撃により発生した亀裂が進展しやすく、刃先欠損が発生しやすくなる。当社は成膜後の被膜表面へ特殊な処理を施すことで、膜中の引張残留応力を低減、あるいは膜中に圧縮応力を導入する技術を有している。従来の鋼旋削断続加工用材種にもこの技術を適用し、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜中への圧縮応力付与を実施していた。しかしながらユーザー要求の達成には従来レベルでは不十分であると考え、応力付与プロセス及び設備の見直しを行った。その結果、上層の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜に従来よ

りも更に高い圧縮応力を付与するだけでなく、図7に示すように、下層のTiCN膜の引張応力を90%低減させることが可能となった。

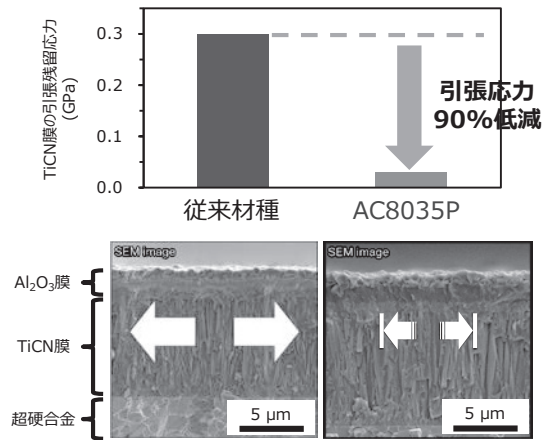


図7 AC8035Pの引張応力状態

AC8035Pと従来材種とで合金鋼（SCM435）の断続材加工時の耐欠損性の比較を行った結果を図8に示す。切削速度を固定し、送り速度（ $f$ ）を0.2mm/revから0.3mm/revまで段階的に上げていった際、欠損に至るまでの衝撃回数で評価を行い、グラフ上部に○を付した条件では、衝撃回

【ワーク】 SCM435 断続材  
 【チップ】 CNMG080408N-GU  
 【切削条件】  $V_c=160\text{m/min}$ ,  $f=0.20-0.30\text{mm/rev}$ ,  $a_p=2.0\text{mm}$ , dry

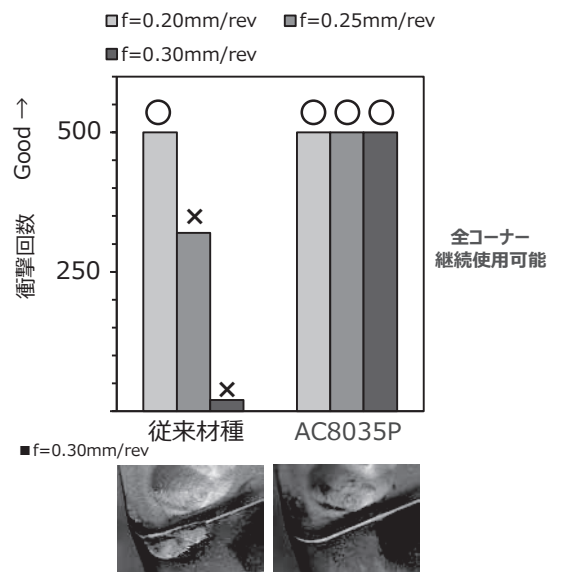


図8 AC8035Pの耐欠損性評価結果



## 5. 結 言

以上の通り、新開発のコーティング技術および表面処理技術により高速加工で優れた耐摩耗性を発揮する「AC8015P」、汎用加工で安定・長寿命を実現する「AC8025P」、断続加工での突発欠損を大幅に抑制し高い安定性を実現する「AC8035P」の販売を開始した。これら3材種は、鋼加工における幅広い用途でユーザーの加工コスト削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 CVD

chemical vapor deposition : 化学反応を利用してセラミックス被膜を被覆する蒸着方法の一種。

#### ※2 FE-SEM

field-emission scanning electron microscope : 細く絞った電子線を真空中で試料上に二次元的に走査し、試料表面から放出される二次電子等の強度を画像として得る顕微鏡の一種。

#### ※3 プラネタリ・ピニオン

自動車の変速機に使用される歯車状の部品。

### 執 筆 者

小野 聡\* : 住友電工ハードメタル(株)  
合金開発部



城戸 保樹 : 住友電工ハードメタル(株)  
合金開発部



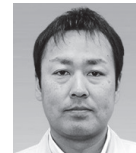
奥野 晋 : 住友電工ハードメタル(株)  
合金開発部 主席



金岡 秀明 : Sumitomo Electric Carbide, Inc.



今村 晋也 : 住友電工ハードメタル(株)  
合金開発部 グループ長



広瀬 和弘 : ハードメタル事業部  
グループ長



\*主執筆者