

鋼旋削用 CVD 新材種 AC8020P

New Coated-Carbide Grade AC8020P for Steel Turning

山西 貴翔*
Takato Yamanishi

引地 将仁
Masahito Hikiji

奥野 晋
Susumu Okuno

今村 晋也
Shinya Imamura

福井 治世
Haruyo Fukui

自動車部品等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 Platinum」を適用した鋼旋削用材種AC8000Pシリーズを発売し、順次製品ラインナップを拡大している。他方、切削工具には加工工程の自動化・無人化のための安定長寿命に加えて、近年では加工条件の高効率化に耐えうる、さらなる性能向上が強く要求されている。当社はこのニーズに応えるべく、高能率加工で特に優れた性能を発揮する新材種「AC8020P」を開発した。「AC8020P」は従来トレードオフの関係にあった高能率加工における耐摩耗性と耐チップング性を高いレベルで両立させた材種で、AC8000Pシリーズの既存材種と併せて幅広い鋼旋削加工における加工コストの低減を実現する。

In steel machining, particularly in the automotive industry, various efforts are being made to reduce the environmental impact and to use resources efficiently. We released the AC8000P series for steel turning in 2016, which uses the new chemical vapor deposition (CVD) coating technology “Absotech Platinum,” and are continuously expanding the product lineup. Meanwhile, there is a strong need for cutting tools that demonstrate a long tool life and stable performance. To satisfy these demands, we have developed a new steel turning carbide grade, AC8020P, which shows excellent wear resistance and chipping resistance in high-efficiency machining. Together with the existing AC8000P series, the new AC8020P will reduce machining costs in a wide range of steel turning operations.

キーワード：切削工具、鋼、CVD、高能率

1. 緒言

代表的な切削工具の一種である刃先交換型チップは、超硬合金*1を母材として、その表面に硬質セラミックスをコーティングした材種（以下コーティング材種）が主流である。コーティング材種は他の材種と比べ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チップ材種全体の70%以上を占めている。

コーティング材種を用いて切削加工を行う対象（以下ワーク）の材質は、ISO513:2004にて鋼、ステンレス鋼、鋳鉄、非鉄金属、耐熱合金、高硬度材の6種に分類されている。このうち鋼は最も一般的であり、炭素鋼、合金鋼のようにさらに細かく分類され、それぞれ加工時に工具に要求される特性も異なる。

近年では、環境負荷低減の観点から、有害な成分である鉛を添加しない鋼材の利用や、加工設備の増設ではなく加工条件の高効率化による生産性向上といった取り組みが進みつつある。いずれも加工性の悪化や切削時の温度上昇に繋がるため、工具にとっては負荷増大に繋がる。そのため、このような過酷な環境下で用いられる前提で、工具には従来よりも高い性能が要求されている。さらに、切削加工の現場においてもIoT（Internet of Things）の導入が進みつつあり、加工工程における無人化・自動化を実現する上では、設備停止につながる工具の突発的な破損のようなトラブルを発生させないことが重要であり、工具には高い安定

性も必要とされている。

当社はこのような鋼加工のニーズに応え、幅広い加工環境での抜群の長寿命と安定性を実現したコーティング材種AC8000Pシリーズを開発、販売している⁽¹⁾。今回、AC8000Pシリーズが対応できる鋼加工の範囲をさらに広げるべく、特に工具への負荷が大きくなりやすい中高炭素鋼のような高硬度の鋼材の高効率加工で安定長寿命を実現する新材種「AC8020P」を開発し、販売を開始した。本報ではAC8020P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AC8020Pの位置付け

切削加工においてはワーク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、工具刃先が常にワークと接触し続けるため、摩擦により高温となる。工具材料は高温になると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。一方で、加工面に多数の穴や溝が存在する断続加工では、加工中に工具刃先と断続部との衝突が幾度となく繰り返されるため、衝撃による欠損が発生しやすくなる。このような加工においては欠損に対する耐性が高い材種を選定する。

そこで、AC8000Pシリーズは連続から断続加工までを

網羅する3種類の材種を設定し、幅広い加工条件に対応している。一方で、AC8000Pシリーズによる工具の安定長寿命化を実現した加工現場では、さらなる加工コストの低減や生産能力の増強のため、加工条件を従来よりも高能率化したいという要望が大きくなってきている。特に、炭素含有量が多い中高炭素鋼のような比較的高硬度な鋼では、高能率化した時の工具への影響が大きく、単純に摩耗の進行速度が上がるだけではなく、**写真1**に示すチッピングのような異常損傷の頻度も増加する。チッピングは工具欠損やワークの不良の原因となり、工具寿命の低下や加工設備の突発的な停止といった生産性の低下に繋がる。



写真1 高能率加工における工具刃先の損傷例

AC8020Pは高い耐摩耗性と耐チッピング性を両立し、高能率加工のような厳しい環境でも工具の安定長寿命を実現する新材種である。AC8020Pの拡充により、AC8000Pシリーズは**図1**に示すように、従来よりもさらにきめ細かく、鋼の種類・切削条件・ワーク形状に合わせた工具を提供することが可能となった。

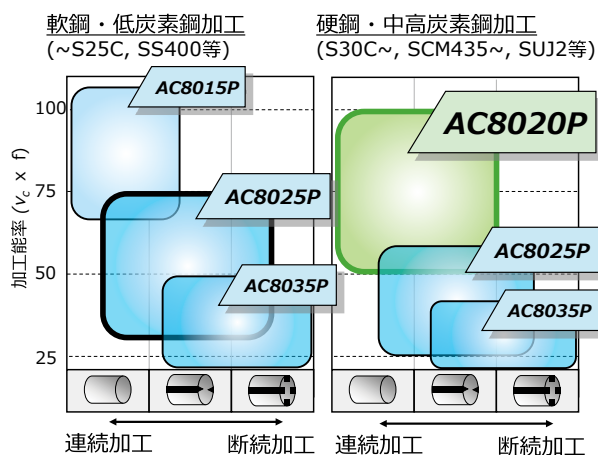


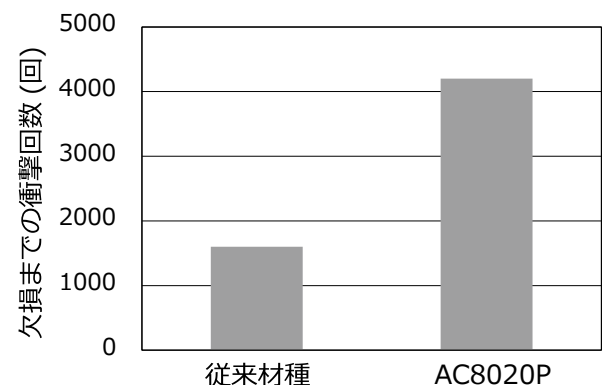
図1 AC8000Pシリーズの適用領域

3. AC8020Pの特長と切削性能

AC8000Pシリーズに適用しているCVD^{*2}コーティング技術「Absotech Platinum」はシリーズ共通の仕様として、超硬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、同じAl₂O₃膜でもより高い耐摩耗性が必要となるAC8015PやAC8020Pでは、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。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。

AC8020Pは前述の通り、耐摩耗性と耐チッピング性を高レベルで両立させた材種であるが、これらの性能はトレードオフの関係にある。超硬母材が高硬度で、コーティングの膜厚が厚いほど耐摩耗性が向上する一方で、耐チッピング性は低下する。特に、超硬合金にCVDコーティングを施す場合、超硬合金とコーティング膜の熱膨張率の差異により、膜中には引張残留応力^{*3}が発生するため、衝撃を受けた際に膜中に亀裂が発生すると、刃先の欠損を起こしやすいという欠点がある。

当社は成膜後のコーティング表面に特殊な処理を施すことで、引張残留応力の低減、もしくは圧縮残留応力を付与する技術を有しているが、高能率加工に耐える耐摩耗性を保つための厚いコーティング膜を備えた上で、十分な耐チッピング性を得ることは困難であった。AC8020PではAl₂O₃膜自体の高強度化を図るとともに、新規応力付与技術の適用によりこの課題を解決し、従来比2.5倍以上の高い耐チッピング性を実現した。**図2**にAC8020Pの耐チッピング性を評価した結果を示す。ワークは合金鋼（SCM435）の丸棒材で、チッピングを引き起こしやすい加工を模擬した断続加工部分を備えている。切削条件は切削速度（Vc）＝



ワーク : SCM435丸棒 (断続部有り)
 工具 : CNMG120408N-GU
 切削条件 : Vc=250m/min, f=0.30mm/rev, ap=1.5mm, Wet (Vc x f=75)

図2 AC8020Pの耐チッピング性

250m/min, 1回転当たりの送り量 (f) = 0.30mm/rev, 切込み (ap) = 1.5mm, 切削油剤を用いた状態 (Wet) で試験を実施し、寿命までに刃先が断続部に接触した回数 (衝撃回数) で評価した。図3に耐チップング性試験を実施した際の切削初期時点の膜断面のSEM (Scanning Electron Microscope : 走査電子顕微鏡) 画像と、衝撃回数毎の工具刃先 (側面) の損傷写真を示す。

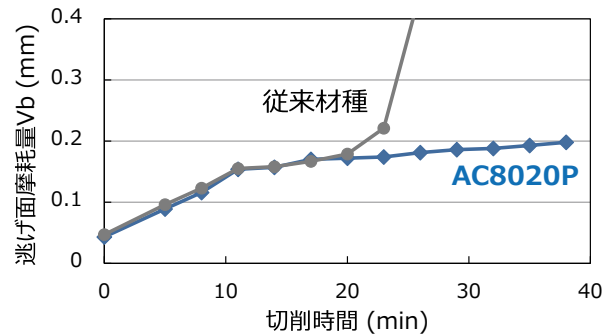
		従来材種	AC8020P
切削初期膜断面SEM画像			
工具損傷写真	衝撃回数		
	400		
	1600		
	4000		

図3 耐チップング性評価試験の工具損傷比較

従来材種では切削初期から膜中に亀裂が発生し、微小チップングの原因となっている。この微小チップングが拡大し工具刃先が欠損すると工具寿命となる。AC8020Pは微小チップングの起点となる膜中の亀裂発生が切削初期に見られず、前述の新技术により高い耐チップング性を有することが確認できた。

図4は耐摩耗性を評価した結果を、切削時間と逃げ面摩耗量 (Vb) の相関として示している。SCM435の丸棒材の連続加工で、切削条件はVc = 270m/min, f = 0.30mm/rev, ap = 1.5mm, Wetである。刃先が高温となり摩耗が進行しやすい高能率加工を模擬したもので、従来材種は摩耗進行に伴い刃先が負荷に耐えきれず急激に摩耗が進行し工具寿命となる一方で、AC8020Pは厚膜コーティングにより高い耐摩耗性を示すことが確認できた。

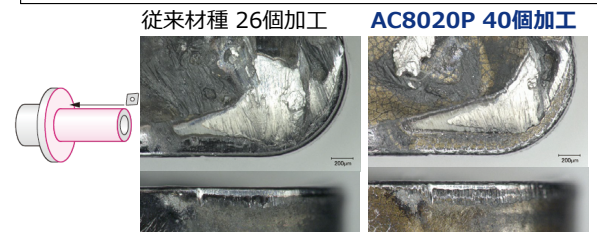
図5は実際の鋼加工の現場での使用実例を示している。事例 (a) の加工ではすくい面摩耗の進行が顕著に見られ、従来材種では26個の加工ですくい面の突起部が摩滅し、切りくずが伸びてしまい工具寿命となってしまってい



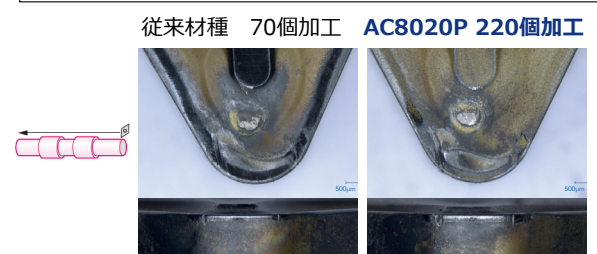
ワーク : SCM435丸棒(連続加工)
 工具 : CNMG120408N-GU
 切削条件 : Vc=270m/min, f=0.30mm/rev, ap=1.5mm, Wet (Vc x f=81)

図4 AC8020Pの耐摩耗性評価結果

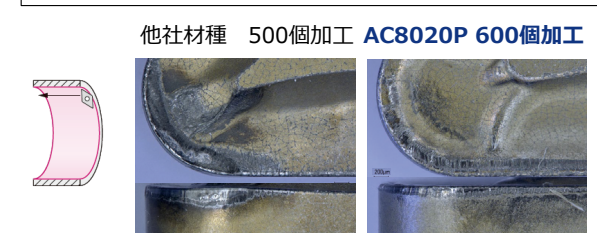
(a) ワーク : トランスミッション部品 (SCM435相当) 外径粗加工
 工具 : CNMG120408N-GU
 切削条件 : Vc=250m/min, f=0.30mm/rev, ap=1.5mm, Wet (Vc x f=75)



(b) ワーク : シャフト (ボロン鋼) 外径加工
 工具 : DNMG150412N-UX
 切削条件 : Vc=230m/min, f=0.55mm/rev, ap=1.0mm, Wet (Vc x f=127)



(c) ワーク : ベアリング (SUJ2) 内径仕上げ加工
 工具 : DNMG150412N-GE
 切削条件 : Vc=300m/min, f=0.30mm/rev, ap=0.3mm, Wet (Vc x f=90)



(d) ワーク : CVJ部品 (S53C) 外径・端面加工
 工具 : DNMG150412N-SE
 切削条件 : Vc=220m/min, f=0.35mm/rev, ap=1.0mm, Wet (Vc x f=77)

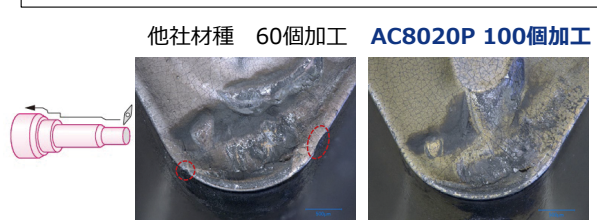


図5 AC8020Pの鋼加工ユーザーでの使用実例

たが、AC8020Pはすくい面摩耗の進行を抑制し、約1.5倍となる40個の加工が可能となった。事例 (b) の加工は $f=0.55\text{mm/rev}$ の高送り加工で非常に刃先への負荷が大きな条件下で、AC8020Pはすくい面摩耗と逃げ面摩耗の両方を抑制でき従来材種比で3倍以上の加工を実現した。事例 (c) は $V_c=300\text{m/min}$ の高速条件で、工具摩耗が進みやすいベアリング鋼 (SUJ2) の加工を行った事例である。逃げ面摩耗が進行すると加工負荷が増大し加工停止の原因となるが、AC8020Pは加工数を増やしても逃げ面摩耗が小さく、安定した加工が可能であった。事例 (d) は耐チップング性の差異が顕著に顕れた加工で、他社材種は刃先稜線上のチップング (写真中赤線内) により加工数をこれ以上伸ばせない状態である一方、AC8020Pは1.5倍以上加工後もチップングの発生なく安定長寿命を実現した。

4. 結 言

AC8020PはCVDコーティングの高強度化と応力付与の強化により高い耐摩耗性と耐チップング性を両立し、中高炭素鋼の高効率加工における安定長寿命を可能とした。AC8020Pの追加により鋼旋削用材種AC8000Pシリーズは従来よりもさらに広範かつ高度な鋼加工現場のニーズに応え、ユーザーの加工コスト低減、生産性向上の実現に寄与できるものと確信する。

執 筆 者

山西 貴翔* : 住友電工ハードメタル(株) 主査



引地 将仁 : 住友電工ハードメタル(株)



奥野 晋 : 住友電工ハードメタル(株) 主席



今村 晋也 : 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

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 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 引張残留応力

熱処理などの過程で物体の内部に残った、物体を引き延ばす方向の力であり、コーティング膜中のものは強度低下の原因となる。反対方向に働く力が圧縮残留応力である。

・ Absotechは住友電気工業(株)の商標です。

参 考 文 献

- (1) 小野 他、「鋼旋削用コーティング材種AC8015P/AC8025P/AC8035P」、SEIテクニカルレビュー第192号、pp.126-131 (2018)