



## ミリング用新材種 汎用ACU2500、 鋼用ACP2000/ACP3000、 鋳鉄用ACK2000/ACK3000

New Milling Grades—ACU2500 for general purposes, ACP2000/ACP3000 for steel milling, and ACK2000/ACK3000 for cast iron milling

小林 史佳\*  
Fumiyoshi Kobayashi

奥野 晋  
Susumu Okuno

市川 喬啓  
Takahiro Ichikawa

田中 敬三  
Keizo Tanaka

今村 晋也  
Shinya Imamura

自動車産業をはじめとする切削加工の現場では、工具寿命向上によるコスト低減、高能率加工による生産性向上、突発的なトラブル抑制による設備の自動化などが求められている。さらに、近年では加工設備集約などの取り組みが進み、1台の加工設備で様々な被削材を加工する現場が増えている。このようなニーズに応えるため、当社では鋼、鋳鉄問わず幅広い被削材のミリング加工で安定長寿命を実現する汎用材種「ACU2500」を開発した。さらに、鋼ミリング加工で高能率加工、安定長寿命を実現する専用品種「ACP2000/ACP3000」を、鋳鉄ミリング加工で高能率加工、安定長寿命を実現する専用品種「ACK2000/ACK3000」を開発した。これら5材種は幅広い被削材に対応するだけでなく、従来材種比1.5倍以上の安定長寿命または2倍以上の高能率加工を実現し、加工コストの大幅低減および生産性向上を可能にした。

In the machining industry, long tool life and high machining efficiency are required for cost reduction and productivity improvement, and sudden troubles need to be reduced for factory automation. Furthermore, machining facilities have been increasingly integrated into single facilities that can process various work materials. In such circumstances, we have developed a general-purpose grade "ACU2500" that achieves a stable and long tool life in the milling of a wide range of work materials including steel and cast iron. We have also developed special grades "ACP2000/ACP3000" and "ACK2000/ACK3000" that offer high machining efficiency and long tool life in steel milling and cast iron milling, respectively. While covering a wide variety of work materials, these five grades demonstrate 1.5 times longer tool life and twice higher efficiency than conventional grades, enabling significant cost reduction and productivity improvement.

キーワード：切削工具、ミリング、CVD、PVD

### 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、**図1**）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全体の70%を占めている。

自動車産業をはじめとする切削加工の現場では、工具寿命向上によるコスト低減、高能率加工による生産性向上、突発的なトラブル抑制による設備の自動化などが求められている。さらに、近年では加工設備集約などの取り組みが進み、1台の加工設備で様々な被削材を加工する現場が増えている。

このようなニーズに応えるため、当社では鋼、鋳鉄問わず幅広い被削材のミリング加工（**写真1**）で安定長寿命を実現する汎用品種「ACU2500」を開発した。さらに、鋼ミリング加工で高能率加工、安定長寿命を実現する専用

材種「ACP2000/ACP3000」を、鋳鉄ミリング加工で高能率加工、安定長寿命を実現する専用品種「ACK2000/ACK3000」を開発した。本稿ではこれら5材種の技術的特長および性能について報告する。

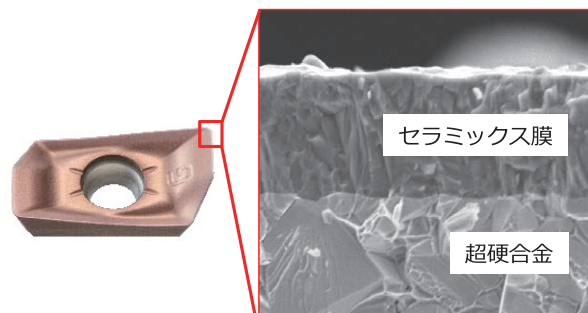


図1 コーティング材種

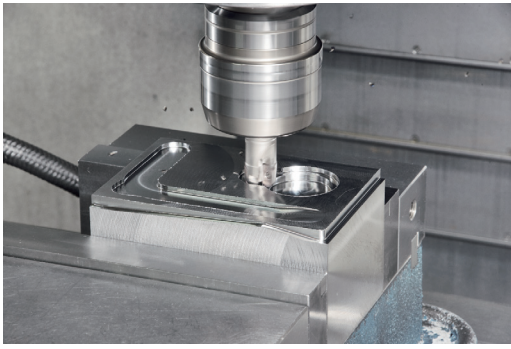


写真1 ミリング加工事例

## 2. 新材種の技術的特長

### 2-1 新材種の位置付け

汎用「ACU2500」、鋼用「ACP2000/ACU3000」、鋳鉄用「ACK2000/ACK3000」の材種の位置付けおよび推奨使用領域を図2に示す。汎用ACU2500は耐摩耗性と靱性のバランスに優れた超硬合金母材に新開発のPVD<sup>\*1</sup>コーティング膜を適用し、鋼、鋳鉄問わず幅広い被削材で使用可能である。さらに、鋼、鋳鉄専用品種として、ACP2000およびACK2000は新開発のCVD<sup>\*2</sup>コーティング膜を適用し、高速高能率加工で安定長寿命を実現する。また、ACP3000およびACK3000は新開発のPVDコーティング膜を適用し、断続加工での安定長寿命を実現する。

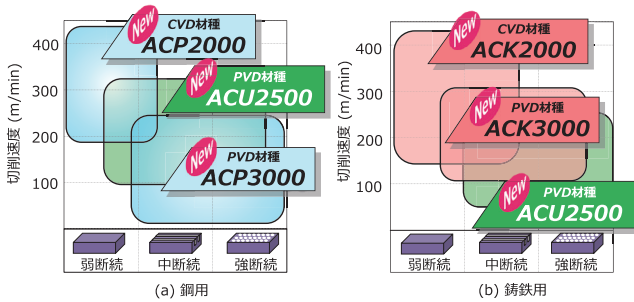


図2 新材種の位置付けおよび推奨使用領域

### 2-2 新PVD膜の特長

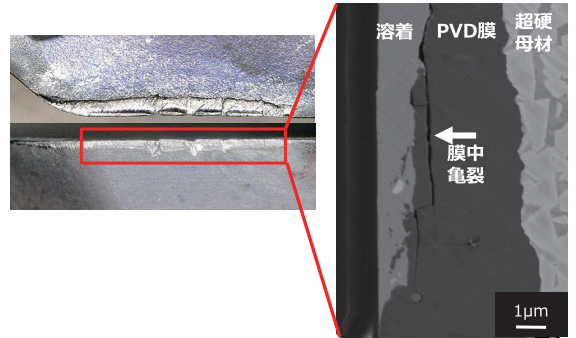
新開発のPVD膜はACU2500、ACP3000、ACK3000の3材種に適用した。新PVD膜は、①AlTiCrBN系超多層膜による耐摩耗性向上、②コーティング膜と超硬母材界面の密着力強化による安定性の向上が主な特長である。

ミリング加工でのPVD膜の損傷メカニズムを解明するため、従来PVD膜で鋼ミリング加工を行い、刃先を詳細に観察した。図3に刃先の断面方向からの観察結果を示す。

逃げ面摩耗部で膜中に亀裂が発生し、膜の破壊を伴いながら損傷が進行していることがわかった。そこで膜強度を向上させるため、新たな元素を微量添加することで膜組織の微細化を図った。その結果、ボロン (B) 添加により膜の組織を数nm程度の超微細組織とすることに成功した(図4)。

また、従来PVD膜で鋳鉄加工を行うと、超硬母材と膜の界面で突発的に剥離が発生し、工具寿命が不安定になる場

被削材：SCM435  
工具：WGC4160R (SEET13T3AGSN-G)  
切削条件：Vc=200m/min, fz=0.2mm/刃, ap=2.0mm, DRY



逃げ面側断面

図3 鋼加工時の従来PVD膜損傷観察

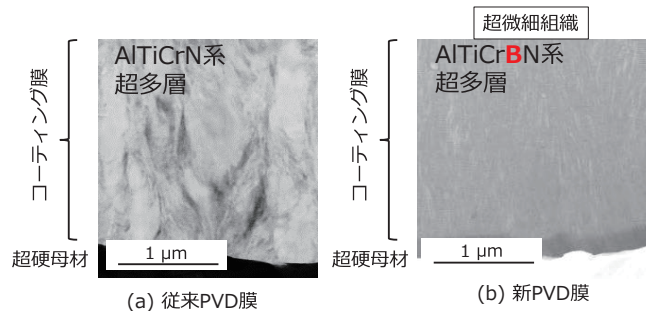


図4 新PVD膜の断面組織

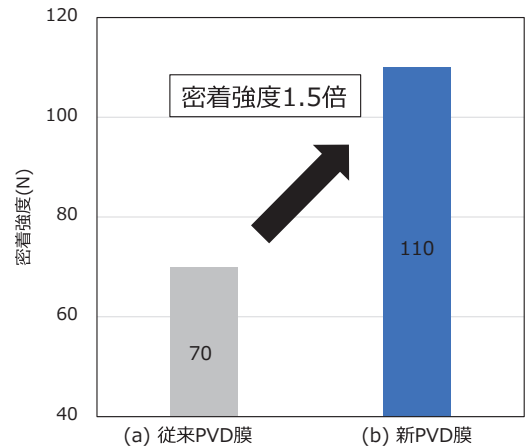


図5 従来PVD膜と新PVD膜の密着強度の比較

合があった。そこで、当社独自の高密着技術を適用した結果、スクラッチ密着強度試験<sup>※3</sup>において、新PVD膜は従来PVD膜対比で1.5倍の密着強度を達成した（図5）。

以上の特長を持った新PVD膜で切削評価を行った結果を図6に示す。従来PVD膜対比、1.5倍以上の安定長寿命を達成した。

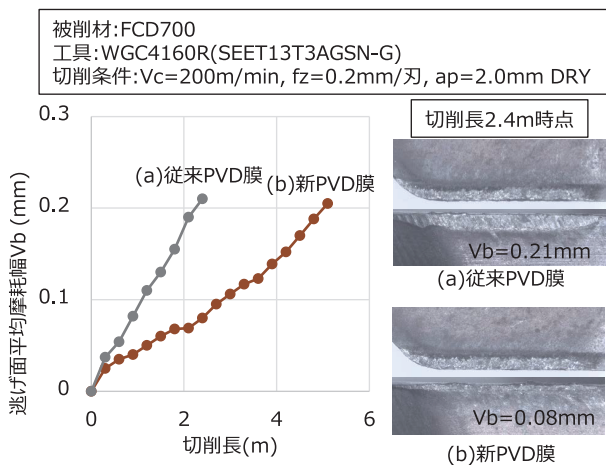


図6 新PVD膜の切削性能

### 2-3 新CVD膜の特長

新開発のCVD膜はACP2000、ACK2000の2材種に適用した。図7に従来CVD膜と新CVD膜の比較を示す。新CVD膜は、①結晶配向制御アルミナと厚膜化による耐摩耗性の向上、②高圧縮応力付与による安定性の向上が主な特長である。

CVD膜は耐熱性に優れるアルミナ層を含むため、PVD膜と比較して高速加工が可能となる。特に高速加工時は切り

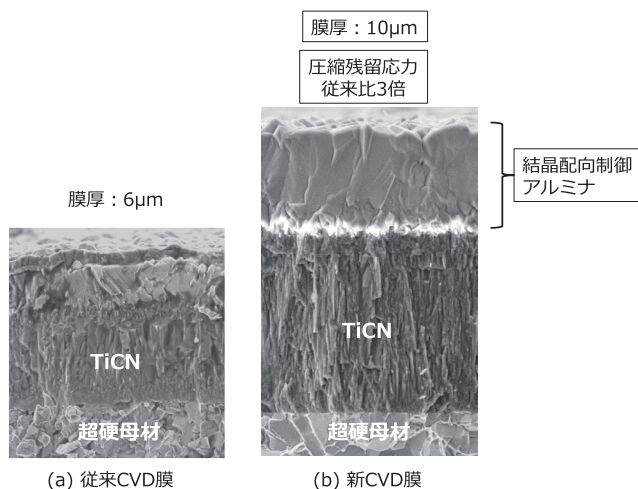


図7 新CVD膜の特長

くずが擦過するすくい面側の摩耗を抑制する必要があり、アルミナ層の強度向上が必要であった。そこで、新CVD膜は切りくずの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軸方向に配向するアルミナ結晶子より構成されるアルミナ膜の開発を行った。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、図8に示す通り、新CVD膜では90%以上をc軸配向とするアルミナ膜を得ることができた。

また、一般にCVD膜には引張応力が残留するため、切削時の衝撃により欠損しやすい問題がある。近年はコーティング後に表面処理を行うことで圧縮応力を導入し、耐欠損性を向上させる技術が開発されてきた。当社では新しい圧縮応力導入手法を開発し、従来比3倍以上の圧縮応力を付与することに成功した。新CVD膜はさらなる耐摩耗性向上のため、膜厚を従来の6μmから10μmまで厚膜化しているが、高い圧縮応力を付与することで耐欠損性を損なうことなく耐摩耗性向上を実現した。

以上の特長を持った新CVD膜で切削評価を行った結果を図9に示す。高速条件下で従来CVD膜対比、鋼、鋳鉄と



図8 アルミナ層の結晶配向性比較

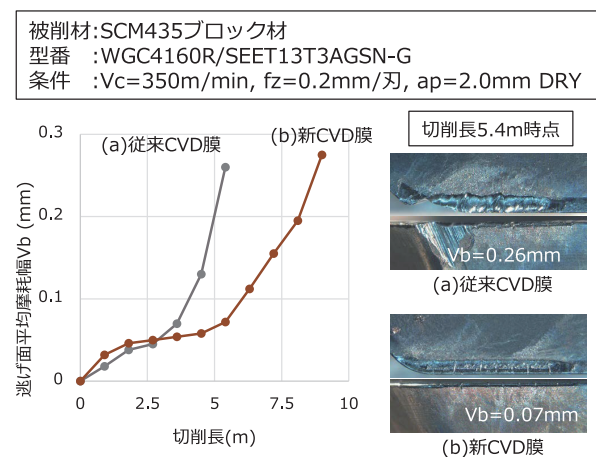


図9 新CVD膜の切削性能

もに1.5倍以上の安定長寿命を達成した。

## 2-4 新超硬母材の特長

ミリング加工では工具と被削材が接触／離脱を繰り返すため、工具の刃先は温度変化により膨張と収縮が繰り返される。このため、熱亀裂と呼ばれる損傷が発生しやすく、工具寿命を低下させる一因となっている。耐熱亀裂性向上のため、超硬母材の熱伝導率を高める取り組みを行った。WC原料の均粒化に加え焼結条件の改良を行い、**図10**に示すように従来比1.5倍の熱伝導率を達成した。**図11**の切削試験結果の通り、新開発の超硬母材は優れた耐熱亀裂性を示した。

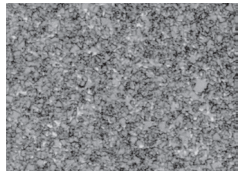
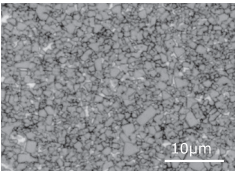
	従来超硬母材	新超硬母材
熱伝導率 $\lambda$ [W/m $\cdot$ K]	78	<b>115</b>
合金組織		

図10 新超硬母材の熱伝導率および合金組織

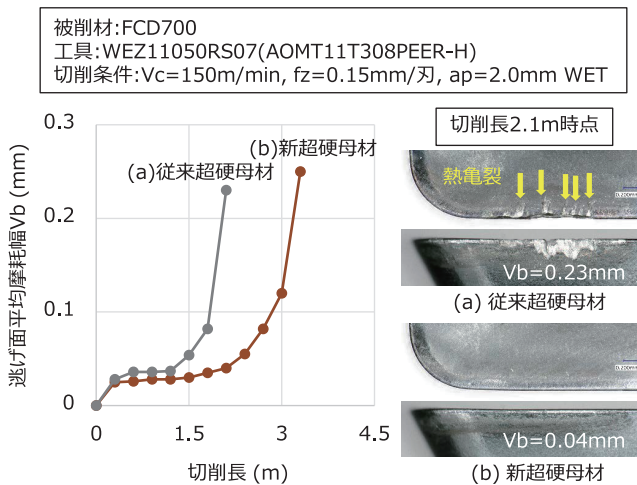
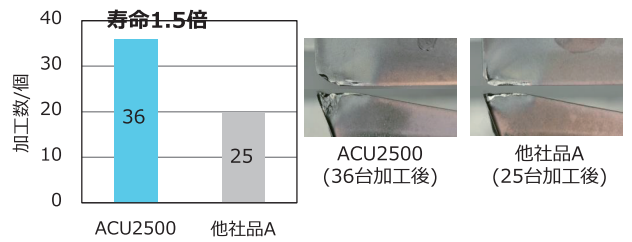


図11 新超硬母材の切削性能

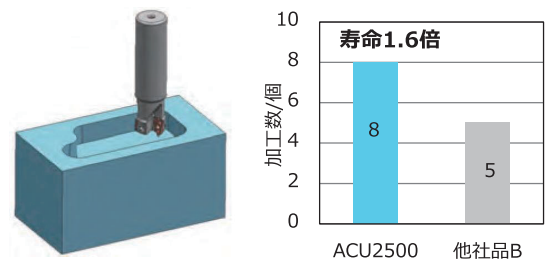
## 3. 加工事例

汎用材種 ACU2500、鋼用 ACP2000/ACP3000、鋳鉄用 ACK2000/3000を用いたユーザーでの加工事例を**図12~16**に示す。**図12**にACU2500のユーザーでの加工事例を示す。ACU2500は鋼・鋳鉄・ステンレスなど幅広い被削材で従来品や他社品に対し1.5倍以上の寿命を示した。**図13**にACP2000で自動車部品（合金鋼）を加工した結果

被削材：自動車部品（合金鋼）  
工具:WEX3100R(AXMT170504PEER-G)  
切削条件:Vc=100m/min, fz=0.15mm/刃, ap=30mm, DRY



被削材：機械部品(SUS304)  
工具:WEX2020E(AXMT123508PEER-G)  
切削条件:Vc=150m/min, fz=0.20mm/刃, ap=3mm, DRY



被削材：シリンダーブロック(FC250)  
工具:WEX3125(AXMT170508PEER-G)  
切削条件:Vc=228m/min, fz=0.14mm/刃, ap=3mm, WET

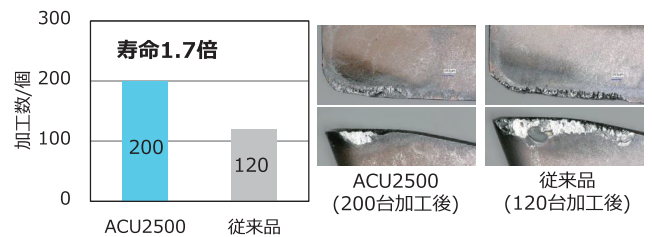


図12 ACU2500の加工事例

被削材：自動車部品（合金鋼）  
工具:WGX13125R(SEMT13T3AGSR-G)  
切削条件:Vc=335m/min, fz=0.08mm/刃, ap=2mm, DRY

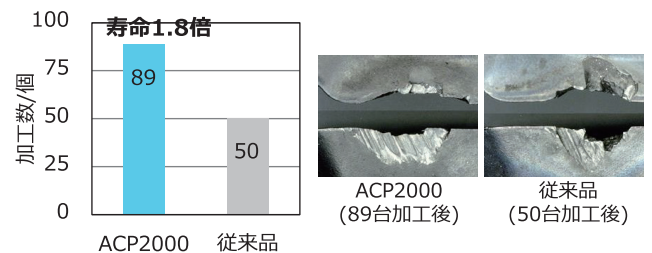


図13 ACP2000の加工事例

を示す。ACP2000は優れた耐摩耗性・耐チッピング性により従来品対比1.8倍の寿命を示した。**図14**にACP3000で金型用部品（ダイス鋼）を加工した結果を示す。ACP3000

は優れた密着力により、従来品対比1.7倍の寿命を示した。**図15**にACK2000でシリンダーブロック（FC250）を加工した結果を示す。ACK2000は優れた耐摩耗性・耐チップング性により、従来品対比2.3倍の寿命を示した。**図16**にACK3000で機械部品（FCD450）を加工した結果を示す。ACK3000は優れた耐摩耗性により、従来品対比2.6倍の寿命を示した。

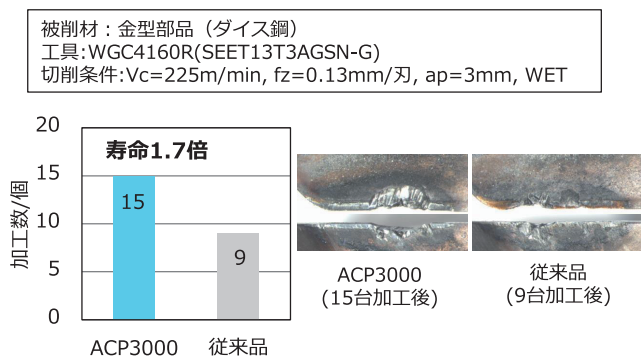


図14 ACP3000の加工事例

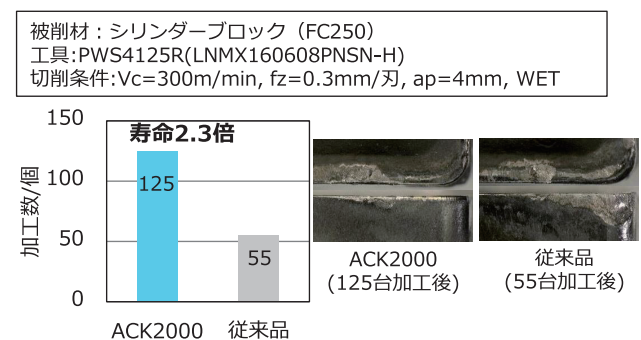


図15 ACK2000の加工事例

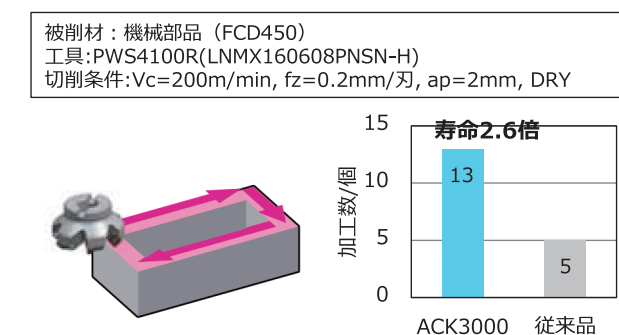


図16 ACK3000の加工事例

## 4. 結 言

以上の通り、新開発のPVD膜、CVD膜、超硬母材を適用した5種類の新材種は安定長寿命を可能であり、機械加工現場でのコスト低減、生産性向上に大きく寄与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手法で、ターゲット、ガスをアーク放電などでイオン化し反応させてセラミックス膜を堆積させる方法。

#### ※2 CVD

Chemical Vapor Depositionの略。化学蒸着と呼ばれ、基材表面上に反応性ガスを流し込み化学反応を利用してセラミックス被膜を堆積させる方法。

#### ※3 スクラッチ密着強度試験

コーティング膜表面をダイヤモンドの圧子を密着させ、荷重を加えながら移動させて、膜が剥離した際の荷重を測定する評価手法。

### 執 筆 者

小林 史佳\*：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



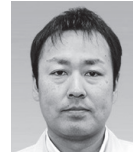
市川 喬啓：住友電工ハードメタル(株) 主査



田中 敬三：ハードメタル事業部 主査



今村 晋也：住友電工ハードメタル(株) グループ長



\*主執筆者