



鑄鉄旋削用コーティング材種 エースコート®AC405K/415Kの開発

奥野 晋*・Anongsack Paseuth・岡田 吉生
森本 浩之・坂本 明・津田 圭一
深谷 朋弘・山縣 一夫

Development of New Coated Carbide Grades “ACE COAT” AC405K/415K for Cast Iron Turning —— by Susumu Okuno, Anongsack Paseuth, Yoshio Okada, Hiroyuki Morimoto, Akira Sakamoto, Keiichi Tsuda, Tomohiro Fukaya and Kazuo Yamagata —— Various efforts have been undertaken to lessen the environmental burden. In the automotive industry, for example, cast iron parts and other components have been made lighter mainly to reduce exhaust gas emissions and improve fuel efficiency. For the weight reduction, these components have increasingly thin walls and complex designs, and thus, high-strength, difficult-to-cut materials are used. Meanwhile, there is also a strong demand for high-speed and high-efficiency machining to reduce lead time and machining costs. Under these demanding conditions, customers call for cutting tools that have long tool life and exhibit stable performance. To satisfy these demands, the authors have developed new coated carbide grades “ACE-COAT” AC405K/415K for cast iron turning. This paper describes the features and cutting performance of the new products.

Keywords: cast iron turning, CVD, TiCN, ductile cast iron

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）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⁽¹⁾。

コーティング材種を用いて切削加工を行う被削材には、炭素鋼、合金鋼、ステンレス鋼、鑄鉄など様々な種類があるが、いずれの被削材加工分野においても、昨今の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いる。

鑄鉄切削加工における一例として、自動車等に用いられる鑄鉄部品加工の分野では、排気ガスの削減、燃費の向上等を目的とした構成部品の軽量化が挙げられる。軽量化に伴い、各構成部品はより薄肉、複雑形状化する。また薄肉化した場合にも十分な強度を確保する必要性から、使用される被削材は、比較的被削性が良いとされるネズミ鑄鉄（FC材）から、より強度が高く被削性の悪いダクタイル鑄鉄（FCD材）への難削化が進展している。それ故形状、材質の両面から加工性（被削性）は顕著に悪化する。

一方で、加工現場では、コスト削減要求の高まりや、工作機械の性能向上を背景に、高速・高能率加工への要求が以前にもまして高まっている。このような過酷な切削環境下においても、安定かつ長寿命を達成することが、鑄鉄加工用工具には求められている。

当社ではそのような市場ニーズに対応すべく、鑄鉄の

高速・連続加工用新材種「エースコート®AC405K」、連続から一部断続を含む汎用加工用新材種「エースコート®AC415K」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関して報告する。

2. AC405K/415Kの開発目標

当社鑄鉄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。高速・連続加工領域に「エースコート®AC405K」、連続から一部断続を含む一般加工領域に「エースコート®AC415K」、鑄肌・断続加工領域には既に発売を開始している「エースコート®AC420K」⁽²⁾を用いることで、粗から仕上げ加工、連続加工から強断続加工に至る全ての領域を「AC400Kシリーズ」で網羅する。

AC405K/415Kの開発目標を明確化するため、鑄鉄旋削加工ユーザーでの使用済みチップを回収し、使用条件と損傷状態の調査を行った。AC405K、AC415Kの適用領域である高速・連続加工から一部断続を含む一般加工領域における使用済みチップは、大別すると表1に示す3形態に分類される損傷、あるいはその複合損傷により使用限界に至っていた。この中でも特に、摩耗進展損傷とチッピング損傷、あるいはその複合損傷により、ユーザー要求を満たしえない事例が8割以上を占める結果となっていた。そこで、AC405K/415Kは、主に摩耗進展損傷とチッピング損傷を抑制する技術開発に重点をおき、その結果として従来材種と比較して、最低でも50%以上の長寿命化を達成す

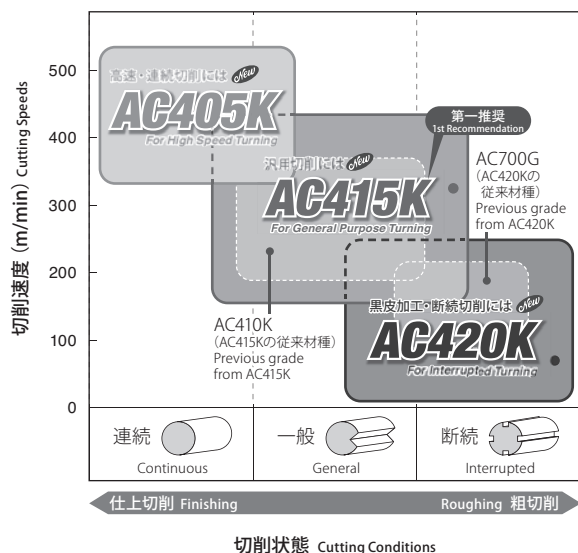


図1 鋳鉄旋削用材種ラインナップと使用領域

表1 鋳鉄旋削工具損傷例と発生原因

	摩耗進展損傷	チッピング損傷	溶着剥離損傷
損傷例			
発生原因	硬質成分とのこすり摩耗により、特にコーティング膜摩滅後に、摩耗が極度に進展。FC材高速加工時に特に顕著に発生。	断続加工時あるいは連続加工であっても表面錆肌の微小凹凸との接触衝撃により、切れ刃稜線部に発生した微小チッピングの集積。	軟質成分の微粉が工具表面に押し付けられ、切削熱により強固に凝着。脱落時にコーティング膜剥離を引き起こす。特にFCD材加工で生じやすい。
工具要求特性	コーティング被膜の高硬度・厚膜化	コーティング被膜の高強度化、密着強度向上	コーティング膜密着強度向上及び表面平滑化

ることを目的とした。

3. AC405K/415Kの特徴

3-1 新コーティング技術による耐摩耗性の向上
AC405K、AC415Kには、当社従来の微細・平滑CVD^{※1}コーティング「スーパーFFコート[®]」⁽³⁾を、制御プロセスの最適化により、更に進化させた新コーティング技術を採用した。特にコーティング膜の中でも、耐摩耗性を担うTiCN (=チタンカーボンナイトライド)層は、構成する柱状晶セラミック粒子の粒成長を抑制し、微細化することにより、図2に示す通り、従来よりも更に高硬度化を達成している。

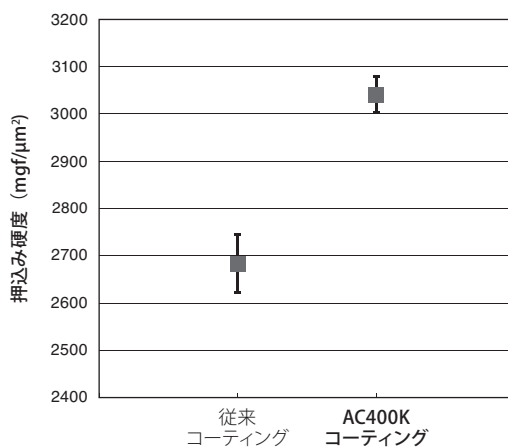


図2 従来コーティングとAC400KコーティングのTiCN膜硬度比較

微細・高硬度化による耐摩耗性向上の一例として、ダクタイル鋳鉄 (FCD700) 連続切削加工を行った際の従来材種とAC405Kの摩耗進展挙動及び工具損傷比較を図3に示す。

加工時間19min時点での工具損傷を比較すると、従来材種は刃先部のコーティング被膜が完全に消失しているのに対し、AC405Kはその優れた耐摩耗性により、刃先部にコーティング膜が残存し、損傷も軽微な状態となっている。また逃げ面平均摩耗量0.25mmに至るまでの時間を工具寿命として比較した場合、AC405Kは従来材質対比で1.5倍以上の加工時間の延長が可能となる。

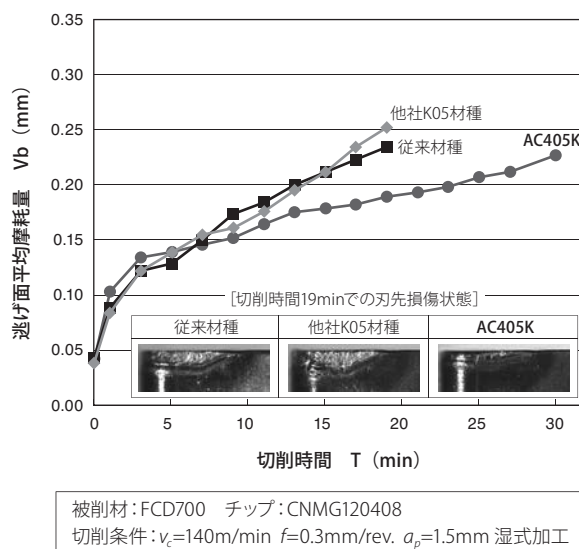


図3 ダクタイル鋳鉄湿式連続試験時の摩耗進展挙動と刃先損傷状態

3-2 応力制御技術による異常損傷の抑制 鋳鉄は、その製法上、鋳込み肌 (以下 黒皮と略する) には、微小な凹凸、バリや砂噛み、チル化層が存在することが多い。

その為、黒皮を加工する場合には、写真1に示すように、工具刃先に溶着、微小チップが発生し、突発的な欠損が発生しやすくなる。また鋳鉄の特徴である複雑形状での断続加工が加わることで、更にチップング損傷が助長され、工具寿命管理が困難となる。

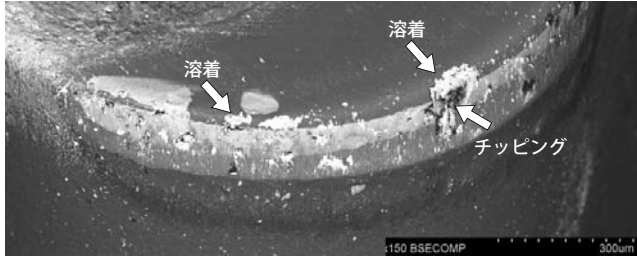


写真1 鋳鉄黒皮加工における工具の初期刃先損傷

AC405K、AC415Kでは、コーティング膜の内部応力制御技術により、CVDコーティング膜特有の残留引張応力の一部を圧縮応力に変えることに成功し、図4に示すように、

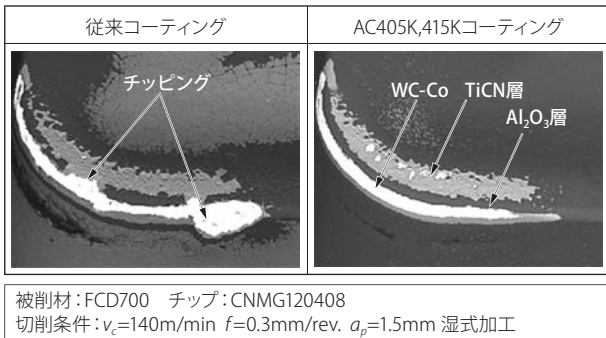
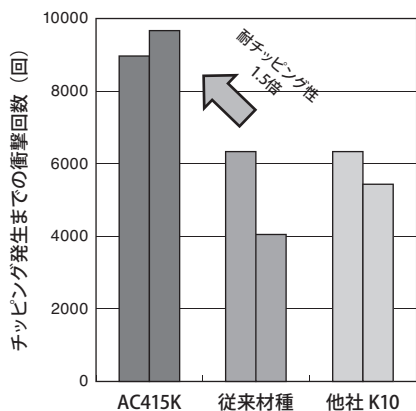


図4 コーティング膜内部応力制御による膜チップングの抑制



被削材：FCD450 チップ：CNMG120408
切削条件： $v_c=300\text{m/min}$ $f=0.25\text{mm/rev}$ $a_p=1.5\text{mm}$ 湿式加工

図5 ダクタイル鋳鉄黒皮湿式断続加工試験結果

従来コーティングと比較し、飛躍的に耐チップング性を向上させている。また、特殊表面処理を施し、耐酸化性、耐溶着性に優れた $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ (=アルミナ)層を最外層に配することで、被削材成分の溶着からのチップングも抑制している。これらの効果により、図5に示すように、高速加工領域における刃先の耐チップング性を、従来材種対比1.5倍以上に高め、工具寿命の信頼性、安定性を大幅に向上させている。

4. AC405K/415Kを用いた加工実例

4-1 AC405Kを用いた加工実例 AC405Kを用いた加工実例を図6および7に示す。図6に示すネズミ鋳鉄(FC200)のコンプレッサ部品外径仕上げ加工では、切削速度500m/minという高速・乾式加工において、AC405Kはその優れた耐摩耗性により、従来材種対比1.5倍の加工が可能となっている。また加工後のチップの刃先観察結果

●AC405K ネズミ鋳鉄外径仕上げ加工		
被削材：コンプレッサ部品 (FC200) 加工内容：外径仕上げ連続加工 	工具材質	AC405K
	工具型番	CNMG120412N-GZ
	V_c m/min	500
	f mm/rev	0.25
	a_p mm	~2.0
	切削液	Dry
	AC405K	他社品 (K05グレード)

図6 ネズミ鋳鉄加工におけるAC405K使用実例

●AC405K ダクタイル鋳鉄外径仕上げ加工		
被削材：リング部品 (FCD600) 加工内容：外径仕上げ加工 (一部黒皮) 	工具材質	AC405K
	工具型番	WNMG080408N-UZ
	V_c m/min	340
	f mm/rev	0.3
	a_p mm	0.2
	切削液	Wet
	AC405K	他社品 (K05グレード)

図7 ダクタイル鋳鉄加工におけるAC405K使用実例

では、摩耗進展による刃先欠損の発生は認められず、安定した加工が可能となった事例である。

図7に示すダクタイル鋳鉄 (FCD600) のリング部品外径仕上げ加工は、一部黒皮が存在することで従来材質では寿命が不安定であったが、AC405Kではチップングの抑制と耐摩耗性の向上により、2.5倍の安定長寿命が可能となった事例である。

4-2 AC415Kを用いた加工事例 AC415Kを用いた加工事例を図8および9に示す。図8に示すネズミ鋳鉄 (FC200) のブレーキディスク端面粗加工は、性状不安定な黒皮面を、切削速度450m/minという高速で加工した場合にも、AC415Kはその優れた耐摩耗性により、従来品対比1.4倍の加工が可能となった事例である。

図9に示すダクタイル鋳鉄 (FCD450) のデフケース外径粗加工では、黒皮かつ一部断続加工となる極めて不安定

となりやすい加工状態においても、AC415Kは従来品と比較し1.6倍の加工を達成している。また加工後の刃先状態は、従来品がチップングの発生により、乱れた損傷状態となるのに対し、AC415Kは正常な損傷状態であることが分かる。

5. 結 言

以上の通り、AC405K、AC415Kは、新コーティング技術による耐摩耗性の向上と応力制御技術による異常損傷の抑制により高速・安定加工を可能とした。断続用「AC420K」を合わせた「AC400K」シリーズは鋳鉄旋削の高速から断続までの幅広い用途において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形成する蒸着方法の一種

参 考 文 献

- (1) 「超硬工具協会月報」(～2012年2月)
- (2) 岡田 他、「鋳鉄旋削用加工工具AC420KとBNC500の開発」、SEIテクニカルレビュー第179号、pp.69-75 (2011年7月)
- (3) 岡田 他、「新CVDコーティング『スーパーFFコート』の開発と切削工具への適用」、SEIテクニカルレビュー第170号、pp.81-86 (2007年1月)

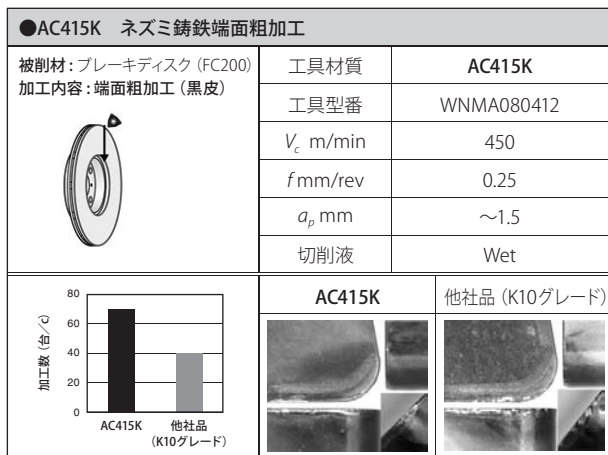


図8 ネズミ鋳鉄加工におけるAC415K使用事例

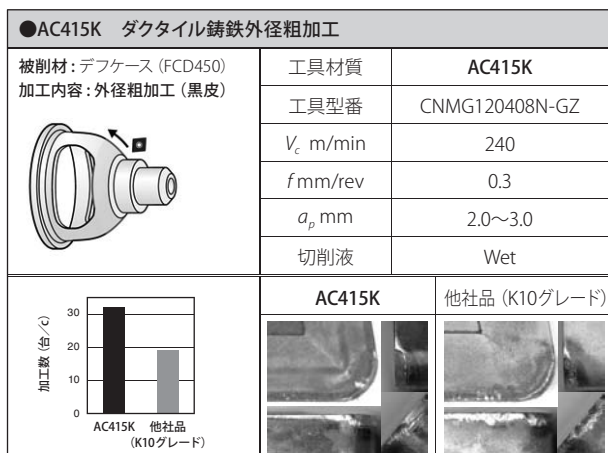
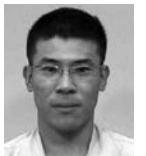


図9 ダクタイル鋳鉄加工におけるAC415K使用事例

執 筆 者

奥野 晋*: 住友電工ハードメタル㈱ 合金開発部
超硬工具の材料開発に従事



Anongsack Paseuth : 住友電工ハードメタル㈱ 合金開発部

岡田 吉生 : Motherson Techno Tools Ltd. Engineering Manager

森本 浩之 : 住友電工ハードメタル㈱ 合金開発部

坂本 明 : 住友電工ハードメタル㈱ 合金開発部

津田 圭一 : 住友電工ハードメタル㈱ 合金開発部 グループ長

深谷 朋弘 : 住友電工ハードメタル㈱ 超高压マテリアル開発部 部長

山縣 一夫 : 住友電工ハードメタル㈱ 合金開発部 部長

*主執筆者