

鋼旋削用コーティング材種 エースコート®AC820P/AC830Pの開発

小島周子*・今村晋也*・津田圭一
坂本明・月森康雄・岡田吉生
大森直也・森本浩之・木村則秀

Development of “ACE COAT™ AC820P” and “AC830P,” Coated Carbide for Steel Turning — by Chikako Kojima, Shinya Imamura, Keiichi Tsuda, Akira Sakamoto, Yasuo Tsukimori, Yoshio Okada, Naoya Ohmori, Hiroyuki Morimoto and Norihide Kimura — Sumitomo Electric Hardmetal Corporation has newly developed a coated carbide grade “ACE COAT™ AC820P” and “AC830P.” AC820P is a general grade used for a wide range of steel turning from highly-efficient continuous machining to interrupted rough machining. On the other hand AC830P, is used exclusively for heavy machining and interrupted machining. Both AC820P and AC830P are doubled in the tool life and improved in the reliability compared with conventional grades. AC820P and AC830P have successfully achieved such properties by optimizing the originally developed chemical vapor deposition (CVD) coating technology, “Super FF Coat®,” which consists of titanium film with fine, smooth surface and alumina film with an accurately cemented carbide substrate. By applying the new surface treatment technologies to AC820P and AC830P, Sumitomo Electric Hardmetal has significantly reduced chippings and damages of cutting edges, which used to be frequently caused during steel turning, preventing irregular wear and tool life shortening. Currently, the authors have also developed a highly-efficient, versatile chip breaker, “GE type.” The combination of all the excellent technologies of ACE COAT™ AC820P and GE type, tool life and machining efficiency have remarkably improved. With the coated carbide series including the three steel turning grades: “AC820P” for general machining, “AC830P” for interrupted machining and “AC700G” for high-speed and continuous machining, wide-ranging needs from customers who wish to improve their productivity and cost efficiency of steel turning will be adequately met.

Keywords: steel turning, CVD, TiCN, Al₂O₃

1. 緒言

切削加工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コーティング膜を被覆した材種（以下、コーティング材種と呼ぶ）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%となっている（図1）。

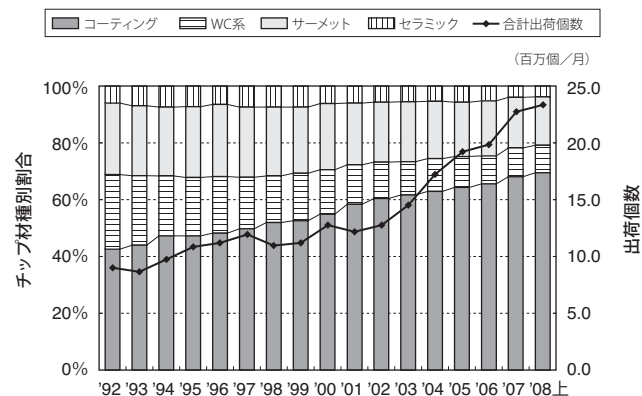


図1 刃先交換型チップの材種別出荷割合 (日本)⁽¹⁾

コーティング材種を用いて切削加工する被削材には、炭素鋼、合金鋼、ステンレス鋼、鋳鉄など様々な種類があり、中でも炭素鋼、合金鋼に代表される鋼は、自動車、鉄鋼、建機産業などで中核をなす被削材となっている。

昨今、機械加工部品は多様なユーザーニーズに対応するため少量多品種化、地球環境対応による鉛レス化（難削化）が進み、また、切削加工条件においてはドライ加工化、高能率加工化する傾向にある。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。当社は鋼旋削加工領域を幅広く網羅し、上記ニーズに応える汎用材種「エースコート®AC820P」と重・断続用材種「エースコート®AC830P」を開発し、販売を開始した。その開発経緯および性能について報告する。

2. AC820P, AC830Pの開発目標と新技術

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2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「AC700G」「AC820P」「AC830P」の3材質でカバーしている。「AC700G」は、高速・連続加工において、耐摩耗性に優れた材種であり、「AC820P」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。「AC830P」は、強度が高く衝撃に強い重・断続材種である。

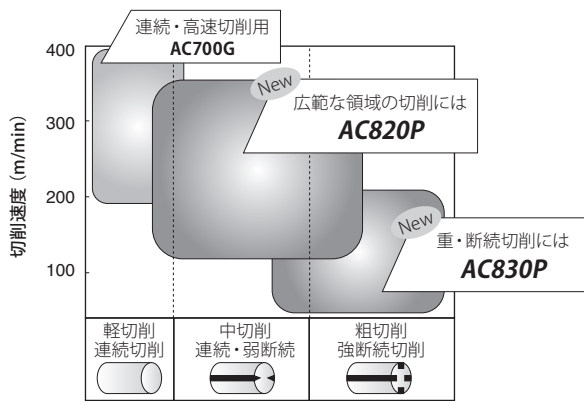


図2 鋼旋削用コーティング材種のラインナップと使用領域

2-1 汎用材種 AC820P 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、ユーザー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。約100ユーザーから回収したチップの使用条件を切削速度と被削材別に分け、工具寿命要因を調査した。この結果、使用条件としては、中炭素鋼、肌焼鋼、ベアリング鋼の切削速度250m/min以下の領域が最も多く全体の半数を越え、次いで同一被削材の250m/min以上の領域となり、この2つの使用条件で全体の8割を占めることがわかった。この使用条件での工具寿命要因は、コーティング膜のチッピング損傷が過半数を占め、使用条件全体でもこのチッピング損傷が最も多い結果となった。この結果より汎用材種における最重要課題をチッピング損傷の低減と考え、性能目標を従来材種対比1.5倍以上の耐チッピング性とした。また、ユーザー要求の高い高能率加工においては、すくい面損傷が3割近く発生しており、高能率加工下で寿命延長するためには、従来材種対比1.5倍以上の耐すくい面損傷性が必要であると判断した。

2-2 重断続材種 AC830P における開発目標 被削材に断続部が含まれる加工では、繰り返し発生する衝撃によって工具が突発的に欠損するという問題がある。また、断続加工のみならず、被削材のバラツキ（組織、硬度、表面粗さなど）が大きい場合や、旋盤、チャック、ホルダーからなるツーリング自体の剛性が低い場合などでも、突発的な工具トラブルが発生しやすい。その結果、工具寿命のバラツキが大きくなり、不定期に工具交換をする必要があるため、有人加工を余儀なくされるか、欠損が発生しない程度の少ない加工数で工具交換するため、生産性の低下や

加工コストの増加につながる。そこで、重・断続用材種は、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。

2-3 汎用材種 AC820Pの開発 AC820Pは、新開発の超硬母材と当社独自のCVD（Chemical vapor deposition）コーティング膜「スーパーFFコート®」から構成されている（図3）。

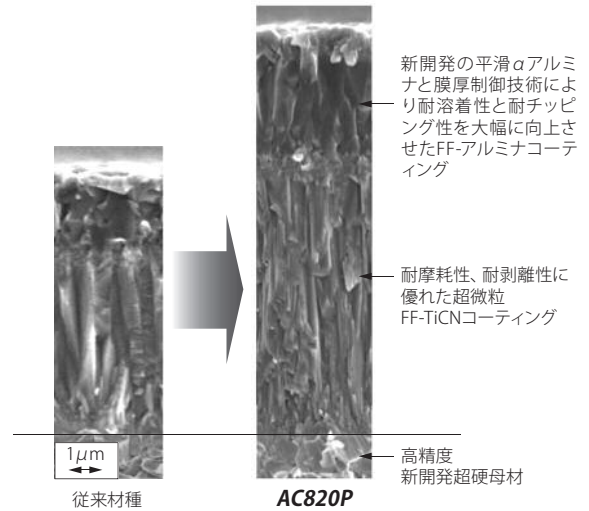


図3 AC820Pの断面写真

(1) 耐チッピング性の向上

チッピング損傷の抑制のためには、膜の強度向上が必須である。図4に従来技術でコーティングした炭窒化チタン（TiCN）膜とスーパーFFコーティング技術により成膜したTiCN膜の組織比較を示す。スーパーFFコーティング技術により、TiCN膜の粒度が大幅に微粒化し、また、非常に微密かつ均一な組織になっていることがわかる。この結

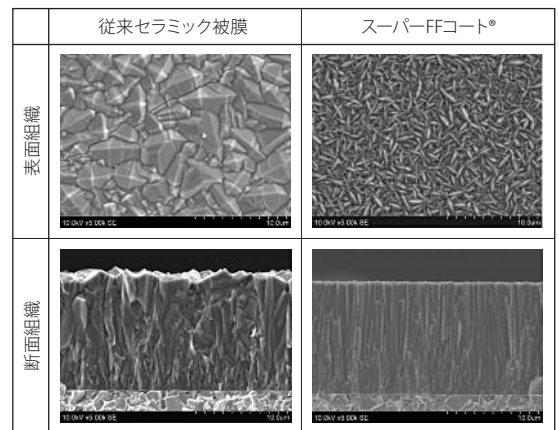


図4 スーパーFFコート® “FF-TiCN”の特長

果、TiCN膜が高強度化し、耐ピッチング性が向上することがわかった。また、高能率加工にも対応できるよう、高温安定性が高く高硬度な α 型酸化アルミニウム（アルミナ）を採用した。従来 α 型アルミナは、膜粒度が粗粒化し表面粗さが粗くなるため溶着、チッピング損傷を助長する欠点があった。これを改善するため、CVDコーティング条件の最適化を行い、従来比1/2の表面粗さの平滑な α 型アルミナを得ることに成功した（図5）。

この結果、 α 型アルミナの耐チッピング性を向上することができた。

(2) 耐すくい面損傷性の向上

TiCN膜と α 型アルミナ膜の高強度・平滑化に加え、TiCN膜を従来比1.3倍、アルミナ膜を従来比4倍に厚膜化

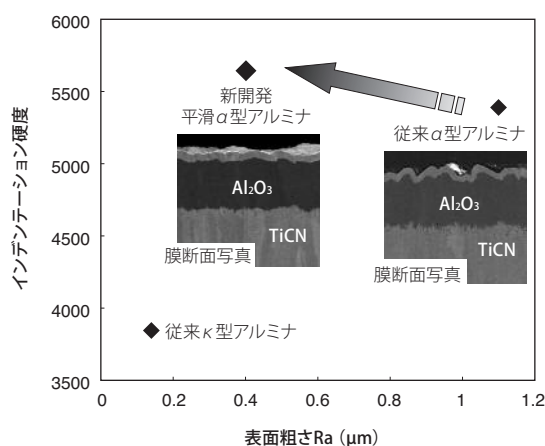
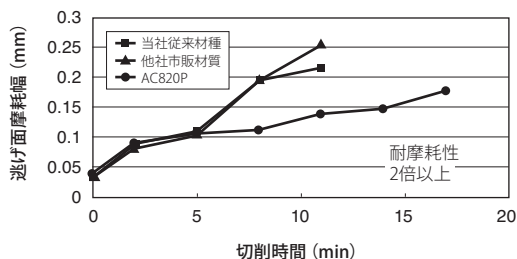
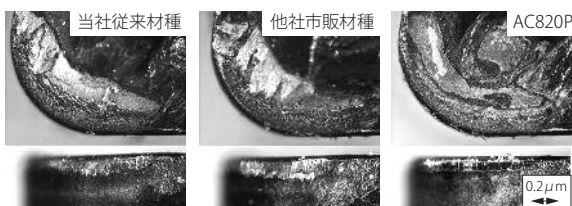


図5 スーパーFFコート™ “FF- α 型アルミナ”の特長

12分時点の刃先損傷



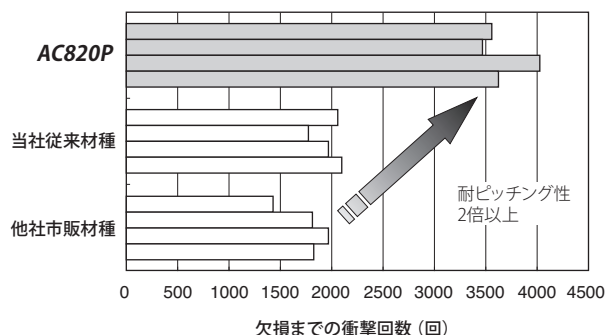
工具型番：CNMG120408
被削材：S45C 丸棒材 (HRC27)
切削条件：Vc=270m/min, f=0.4mm/rev, ap=1.2mm, WET

図6 連続・高送り加工での耐摩耗性切削結果

することで、耐摩耗性の向上が実現できた。図6に高能率加工条件での耐摩耗性評価結果を示す。新開発AC820P、従来材種AC2000と市販されている他社材種を使用し、耐摩耗性を評価した。AC820Pは従来材種および他社材種と比較して2倍以上の耐すくい面損傷性と耐逃げ面摩耗性を有していることが分かる。

(3) 耐チッピング性と耐摩耗性の両立

コーティング膜の厚膜化で耐摩耗性は向上したが、一方で耐チッピング性が低下する結果となった。これを解決するため、チッピングや剥離の損傷基点となる刃先稜線部のアルミナ膜を除去する膜厚制御技術を開発し、これにより耐チッピング性と耐摩耗性の両立に成功した。図7に耐チッピング性の評価結果を示す。刃先チッピングまでの衝撃回数で耐チッピング性を評価した。AC820Pは従来材種、他社材種と比較して1.5倍以上の耐チッピング性を有していることが分かる。



工具型番：CNMG120408
被削材：SCM435 断続材 (HRC32)
切削条件：Vc=320m/min, f=0.25mm/rev, ap=1.5mm, WET

図7 断続加工における耐チッピング性切削結果

2-4 重・断続材種 AC830Pの開発 本領域で使用される超硬母材は耐欠損性重視のため、バインダーであるCoの含有量が約10wt%と比較的多く、超硬合金自体の寸法精度が低下する傾向にある。このようなチップの場合、刃先の位置（インデックス精度）がコーナーごとにばらつくことによる加工精度の低下や、ホルダーへのクランプが不安定になり、突発的な欠損が発生するなど、工具寿命の観点からも問題となる。そこでAC830PではCo量を減らすことなく、組成と焼結条件を最適化することにより、従来比2/3のインデックス精度を達成し（図8）、加工精度および工具寿命の安定化を実現した。

さらにAC830Pは当社独自のCVDコーティング「スーパーFFコート®」⁽²⁾、すなわち、微細かつ平滑なTiCN膜と平滑で耐溶着性の高い k 型アルミナ膜の積層膜を採用して

おり、従来コーティングと比較して耐摩耗性と耐剥離性を大幅に向上させた。加えて、コーティング膜の内部応力制御技術を新たに開発し、CVDコーティング膜特有の残留引張り応力の低減に成功、従来材種より耐欠損性を飛躍的に向上させた。

断続切削での評価結果を図9に示す。AC830Pとの比較用に従来材種AC3000と市販されている従来工具を使用し、切削性能は欠損までの衝撃回数で評価した。AC830Pは従来材種と比較して2倍以上の耐欠損性を示していることが分かる。

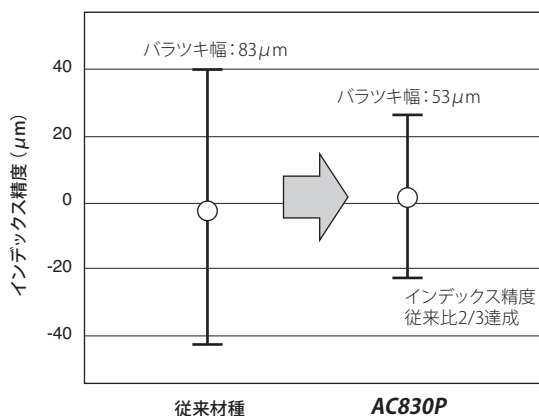


図8 刃先位置精度 (インデックス精度)

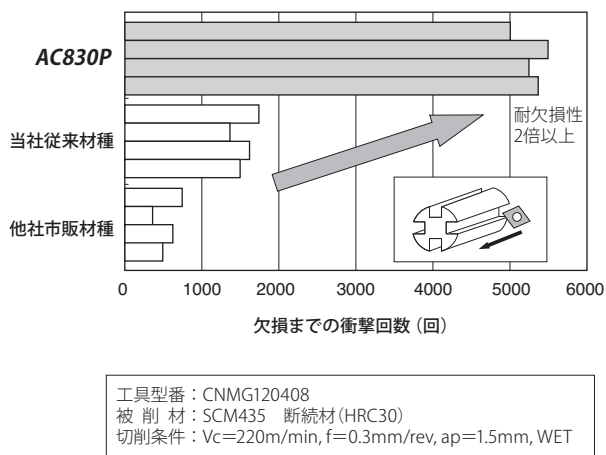
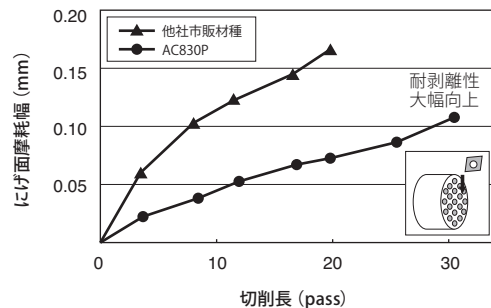
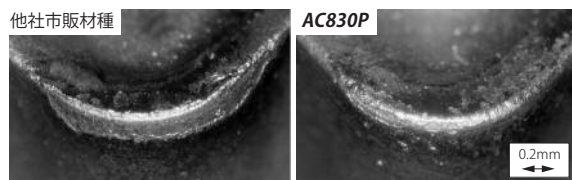


図9 断続加工での切削結果

さらに低炭素鋼の強断続切削の評価結果を図10に示す。従来工具は20passでコーティング膜の剥離から摩耗が進展し工具寿命となっているが、AC830Pは30passでも良好な損傷形態であることが分かる。

このことから、断続加工においてAC830Pを適用することにより、従来材種比2倍以上の長寿命化が可能となる。

8pass時点の刃先損傷



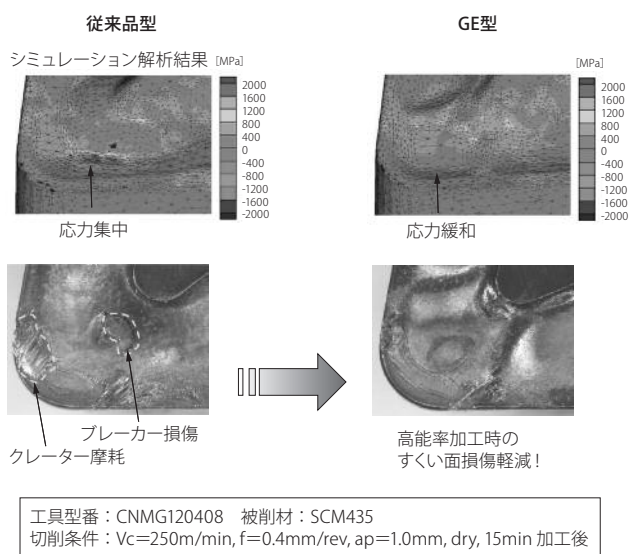
工具型番: CNMG120408
被削材: SCM415 穴材 (HRC25)
切削条件: Vc=200m/min, f=0.2mm/rev, ap=1.0mm, WET

図10 低合金鋼の強断続加工切削結果

3. 高能率ブレーカ GE型の開発

汎用、重・断続材種の開発と並行し、高速・高送りなどの高能率加工において主損傷となるすくい面損傷を大幅に低減できる「GE型ブレーカ」を開発した。

3-1 GE型の特長 GE型の開発に先立ち、実際のすくい面損傷を再現するシミュレーション計算を実施し、応力分布状況を確認した。この結果、ブレーカへの切りくず



工具型番: CNMG120408 被削材: SCM435
切削条件: Vc=250m/min, f=0.4mm/rev, ap=1.0mm, dry, 15min 加工後

図11 従来品とGE型のシミュレーション結果と損傷

の当たり面が小さく局所的になるよりも、全体的に分散して当たりかつ衝突する角度が小さくなる方が、応力が緩和でき、高能率加工におけるすくい面損傷を低減できることを見出し、この考え方をGE型ブレードに適用した(図11)。

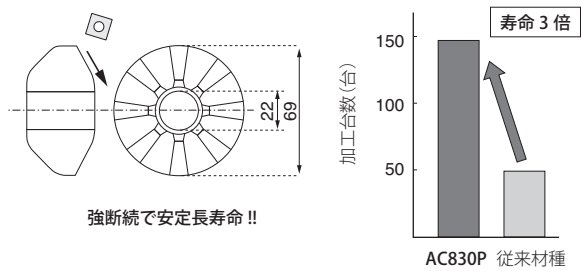
4. AC820P、AC830Pの切削性能

4-1 AC820Pの切削性能 図12にAC820Pの使用実例を示す。耐チップング性、耐摩耗性がバランスよく向上していることが分かる。また、AC820PとGE型の組み合わせにより、高送り条件で良好な結果が得られている。

4-2 AC830Pの切削性能 図13にAC830Pの使用実例を示す。AC830Pは断続度の高い加工において安定して長寿命となっていることが分かる。

SCR420 / ピニオンギヤ

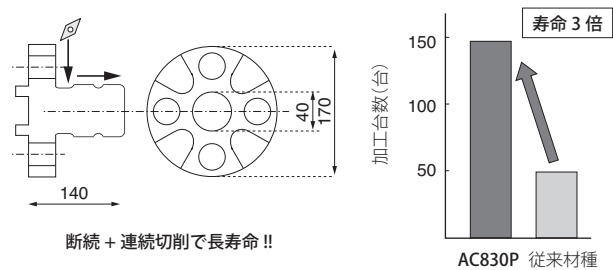
工具型番 : SNMG120412N-UX
 切削条件 : $V_c=170\text{m/min}$, $f=0.35\text{mm/rev}$, $a_p=1.5\text{mm}$, WET



ギヤ強断続加工において、AC830Pは当社従来材種に対し、異常損傷が抑制され、安定して3倍の工具寿命を達成できた。

S55C / ハブユニット

工具型番 : DNMG150412N-UX
 切削条件 : $V_c=150\text{m/min}$, $f=0.25\text{mm/rev}$, $a_p=1.0\text{mm}$, WET



連続を含む断続加工において、AC830Pは他社材種に対し、チップングが抑制され、3倍の工具寿命を達成できた。

図13 AC830Pの使用実例

5. 結 言

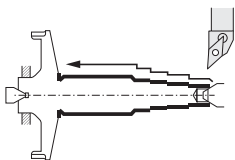
汎用材種「エースコート®AC820P」は、高能率加工などの市場ニーズに対応し、幅広い加工条件で安定して長寿命が図れる材質であり、断続用材種「エースコート®AC830P」は、断続加工、重切削加工条件で抜群の信頼性を得られる材質である。高速、高能率切削用「AC700G」も加えた3材種シリーズでユーザーの加工コスト削減、生産性向上に大きく貢献できるものと確信している。

参 考 文 献

- (1) 超硬工具協会月報 (～2008年9月分)
- (2) 岡田吉生、「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、p81-86 (2007年1月)

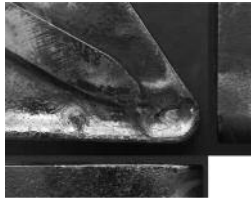
SCM420H / アウトプットシャフト

工具型番 : DNMG150408
 切削条件 : $V_c=180\text{m/min}$, $f=0.4\text{mm/rev}$, $a_p=3.0\text{mm}$, WET

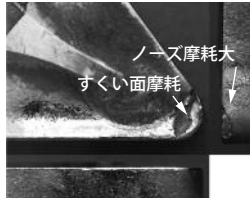


連続加工において、高速用他社材種に対し、耐摩耗性良好で1.5倍の寿命延長を達成できた。

AC820P-GE 200個/C

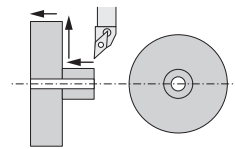


他社材種 130個/C



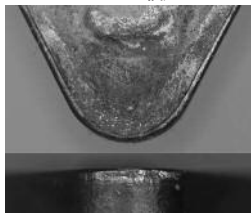
S48C / タービンハブ

工具型番 : DNMG150408
 切削条件 : $V_c=200\text{m/min}$, $f=0.3\text{mm/rev}$, $a_p=1.3\text{--}1.4\text{mm}$, WET



黒皮粗加工において、他社材種に対してチップング損傷が改善し、1.5倍の寿命延長を達成した。

AC820P-GU 300個/C



他社材種 200個/C

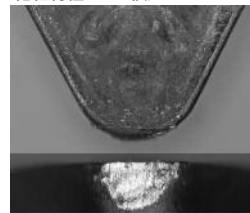


図12 AC820Pの使用実例

執筆 者

小島 周子* : 住友電工ハードメタル(株)
材料開発部 主査
超硬工具の材料開発に従事



今村 晋也* : 住友電工ハードメタル(株)
材料開発部 主査
超硬工具の材料開発に従事



津田 圭一 : 住友電工ハードメタル(株)
材料開発部 グループ長

坂本 明 : 住友電工ハードメタル(株)
材料開発部

月森 康雄 : 住友電工ハードメタル(株)
材料開発部

岡田 吉生 : 住友電工ハードメタル(株)
材料開発部 主席

大森 直也 : 住友電工ハードメタル(株)
材料開発部 主席

森本 浩之 : 住友電工ハードメタル(株)
生産部 主代

木村 則秀 : 北海道住電精密(株)
技術部 課長

* 主執筆 者