

特集：切削工具

～高機能化・省資源技術動向と新製品～



執行役員
アドバンストマテリアル研究所長
湊 嘉洋

鉄族金属、非鉄金属の切削に用いられる工具のうち、約90%は超合金もしくはコーティド超合金が用いられている。超合金(WC-Co)はタングステンカーバイド(WC)を硬質相とし、コバルト(Co)をバインダとした複合材料であり、1923年にドイツで発明され、1927年に「ウィディア」と名付けられて独クルップ社から発売された。当社も1928年に線引きダイスの試作に成功、1931年には切削用バイトとして商品化し、2011年に「イゲタロイ®」誕生80周年を迎えることができた。鋼切削用工具として古くは1900年代初頭に高速度鋼(ハイス)工具が登場したが、超合金はハイスよりも高速加工が可能であり、更に1970年代後半にはアルミナやTi化合物を被覆したコーティド超硬が開発され、より高速で切削が可能となり、80年間の歴史を経ても今なお切削工具材料の中で主流の座を占めている。その他、ジェットエンジン材料の開発から生まれたサーメット(TiCN-Ni)工具は鋼材料に対する低い親和性を活かして仕上げ切削に用いられ、アルミナ酸化物(Al_2O_3)、窒化珪素(Si_3N_4)などを主体にしたセラミック工具もその耐熱性の高さから鋳鉄の高速切削加工に使用されている。

一方、当社は超合金やサーメットを凌ぐ、工具材料の高性能化を目指し、地球内部の超高压環境を再現できる超高压発生技術、及びこれを用いて、既存材料の中で最も高硬度なダイヤモンドや、ダイヤモンドと類似した硬質材料で、鉄族金属との反応性が低いという特長を有するCBN(立方晶窒化硼素)の開発にも取り組んできた。それぞれ非鉄金属や鉄系難削材の高速仕上げ切削など不可欠な工具材料となっている。特に従来のセラミックス材料と比較し、

高硬度・高強度なCBNを、鋼との親和性の極めて低い特殊セラミックバインダを介して焼結させたCBN焼結体を1977年に世界で初めて製品化、その後、専用CBN焼結体母材へ高耐摩耗性セラミックス膜を被覆したCBN焼結体材種を製品化した。高硬度難削材である焼入れ鋼加工において、現在では研削加工に替わり、コーティドCBN焼結体工具による切削加工が広く適用されている。

切削加工技術は工具材料のみでなく、工具設計・形状、工作機械の3要素それぞれが関連しながら進歩、発展しており、当社ではこのうち先進的な工具材料と工具設計・形状の開発を進めている。切削加工を取り巻く環境は大変厳しく、グローバルな競争も激しさを増している。例えば日本を含む先進国では加工部品の変種変量生産、高機能、及び難削化に対応できる、より高能率で高精度・高品位な加工が可能な高性能工具へのニーズがあり、中国など新興国では高能率や低コスト化重視や、工作機械(剛性)や切削条件などが先進国とは異なるなどの事情もある。さらに最近の動向として、環境問題と資源問題への対応が重要となっており、環境問題ではドライ切削、省エネを目指した高速切削への対応、資源問題ではタングステンを中心としたレアメタルの入手リスク対策に取り組んでいる。

■工具材料の最近の開発動向

切削加工の主要市場である鋼切削はもとより、鋳鉄、焼結合金切削用の材種開発においても、コーティング膜として用いられる Al_2O_3 膜の微粒化などコーティング膜の高性能化が主体に行われてきた。これに対して当社ではさらに、

コーティング膜の応力制御、耐溶着性の向上技術の開発により、異常摩耗・チッピングを抑制し、従来のコーテッド超硬工具と比較して著しく切削性能を向上させた鋳鉄用工具材質を開発した。この内容について、「鋳鉄旋削用コーティング材種エースコート®AC405K/AC415Kの開発」として報告する。また、焼入れ鋼切削と異なり、熱衝撃起因の欠損やアブレイシブ摩耗が生じやすい鋳鉄や焼結合金切削においても、高速・高精度化へのニーズからCBN焼結体工具を適用する割合が増加している。本用途向けの材種開発では、熱伝導性に優れるCBNの高含有率化が必要となるが、当社ではよりCBN含有率向上させ、CBN粒子間の結合力を高める新技術の開発により、耐熱亀裂性と耐摩耗性を大幅に向上した材種を開発した。この内容について、「鋳鉄・焼結合金加工用スミポロン®BN7000の開発」として報告する。

一方、非鉄金属や非金属の切削分野では、ダイヤモンドが広く使用されている。しかし、昨今の被削材料の難削化により、従来のダイヤモンド材料でも切削が困難な用途が増加している。例えば、精密金型などに使用される超硬合金の加工では、研削に替わる、より高硬度・高強度で、究極の耐アブレイシブ摩耗性を有する切削工具材料の開発が望まれている。当社は、このような要求にも応えるべく、単結晶ダイヤモンドを超える硬度と従来のダイヤモンド焼結体凌ぐ強度を有する新素材、ナノ多結晶ダイヤモンドを開発、世界で初めて製品化した。これまで類を見ない超々高圧で合成した非常に微細な組織を持つバイングレス多結晶材料であり画期的な硬質材料である。「ナノ多結晶ダイヤモンドの切削工具への応用」として報告するが、次世代の工具材料として非常に高いポテンシャルを有し、幅広い展開が期待される。

■工具形状の最近の開発動向

工具形状の分野では、最近の3次元での複雑形状の設計力、及び造形技術の進歩が著しい。特にミリング工具の分野では、より切れ味の高い複雑形状の高性能工具が主流となり、最近では性能に加えて、経済性の観点から、片面のみではなく両面に切れ刃を有する工具が普及してきた。このような顧客ニーズの変化や新技術開発に対応し、当社では優れた切れ味を持つと共にチップ焼結時の変形を大幅低減して高精度で経済性にも優れた両面に切れ刃を有するチップとフライスカッタを開発した。この開発内容について「汎用正面フライスカッタ SEC-Dual Mill™ DGC型の開発」として報告する。また、最新のシミュレーション技術を駆使して開発した切りくず処理性に優れるブレーカと防振効果の特長とする溝入れ工具を開発した。この内容について、「溝入れ加工用工具 SEC-GND型の開発」として

報告する。

これまで設計自由度の低かったCBN焼結体の新工具やコーティング技術との融合による新製品の開発も行っている。例えば一般の金型加工や金型加工用の銅電極の製作では、従来からエンドミルなどによる直彫り加工が行われているが、より高硬度の金型をより高精度・高能率で加工できるエンドミルのニーズが高まっている。これに対して、当社ではCBN材種を適用した小径エンドミルにより焼入れ鋼や鋳鉄製金型や銅電極の高速・高精度加工に対応した。また銅電極の加工用途では、切れ味と切りくず排出性を向上させた刃型に潤滑性に優れたDLC膜を適用することで、高品位加工を可能とするオーロラコート®エンドミルの開発も進めてきた。この内容について、「高硬度鋼金型と銅電極エンドミルの開発」として報告する。

■資源問題への取り組み

超硬合金の原料として用いられるタングステンは中国に偏在し、一国で全世界生産量の約8割を占めている。中国政府の採掘制限及び輸出政策の影響で、2005年以降タングステンの原料価格は高騰し、現在の原料価格は10年前の約10倍となっており、超硬工具の世界でも所謂3R (Recycle, Reduce, Reuse) に着目した研究開発が進められている。当社では従来から亜鉛処理法によるリサイクルを行ってきたが、処理能力やスクラップ種の制約などがあった。そこで制約条件の小さい超硬リサイクル手法の開発を目指して、JOGMEC主管の国家プロジェクトに参画し、省エネルギーかつ省薬品で、且つ小ロットでも処理可能なプロセスを開発した。また、経済産業省、NEDO主管の国家プロジェクトに参画し、粉末のプレス成型時に複合化を行う工具業界初めての技術に挑戦し、超硬合金の切削性能を維持したままタングステンの使用量を30%低減できる技術を開発した。この開発内容について、「超硬スクラップのリサイクル技術と超硬工具のタングステン使用量削減技術の開発」として報告する。

切削工具は、あらゆる産業のものづくりを支える基盤材料・製品である他、近年、社会が直面しているエネルギー・環境・資源問題に対処するため、常に高性能化と変革が求められる先端材料・製品でもある。当社は革新的な工具材料、工具形状の新製品を迅速に市場に投入できるよう、今後とも研究開発を推進していく所存である。