エンドミル

最新技術動向と今後の展望

エンドミルはフライス工具に属し、型および部品生産など多岐にわたって用いる万能型工具である。エンドミルの工具材種はコーティッド超硬合金が中心で、さらなる耐久性を追求して立方晶窒化ホウ素（cBN）焼結体、および多結晶焼結ダイヤモンド（PCD）の適用が増えている。一方で、生産設備は5軸制御マシニングセンター（MC）の本格的な導入が始まるなど、エンドミルは高性能を指向した開発が期待されている。

松岡技術研究所 所長
博士（工学）／技術士（機械）
松岡 甫篁

進化するエンドミル

エンドミルの種類と切れ刃デザインは、従来大きな変化がなく、安定かつ伝統的な切削技術で使用されてきた。近年、国内における航空機部品の生産が注目され、インコネルなど耐熱合金、およびCFRP（炭素繊維強化プラスチック）向けのエンドミルと切削技術の開発が産学で行われてきた。

切削によるスマートフォン本体の量産化が始まり、エンドミルの需要は飛躍的に増大した。数年前から登場したスマートフォンは、被削材がステンレス鋼に変わり、とりわけ、工具寿命の面で革新的な見直しが求められるなど、エンドミルを取り巻く動きが活発化している。

図1はエンドミルと切削技術動向を説明した。今や、適用するMCの特性を最大限に発揮できるエンドミルの選択と、工具軌跡、切削条件の組み合わせで高効率な切削を実現する提案が期待されている。すなわち、伝統的なエンドミルと切削技術から脱皮した革新的な提案と導入が、これからのモノづくりに求められている。

図2は高硬質なグラファイト素材のガラス成形型を磨きレス切削した事例である。スマートフォン本体の両側に曲面の薄いガラスを適用するため、ガラスを加熱成形する型材としてグラファイトが用いられている。

グラファイト材にコーティッド超硬合金エンドミルを適用すると、切れ刃部の摩耗が急速に進行するため、高精度な切削面と工具寿命特性を高めたPCDエンドミルの適用事例である。この事例は滑らかで超高精度な切削面を長時間にわたって切削できる工具寿命特性に加え、切削面に段差が生じない工具軌跡の工夫が求められる。さらに、適用するMCも大きな影響を及ぼす。例えば、切削送りの加減速制御は滑らかな切削面を実現する基本条件である。

5軸制御MC向け

5軸制御MCの新たな領域に向けた開発が進み、型部品向けで小径エンドミルを有効活用可能なMCが登場した。図3は小径エンドミルが適用可能な主軸と、俊敏な送り駆動系を備え、それぞれに独自性の高い機能を有する、新たな領域のMCである。

5軸制御MCはエンドミルの切れ刃の外周刃を指定した切削が可能で、高い切削速度域の切削を実現できる。さらに、エンドミル、または被削材を傾斜させた切削も特徴であり、新たなエンドミルの開発が進んでいる。

例えば、図4は5軸制御MC向けに開発したエンドミル例で、外周刃、または底刃の切れ刃を多様な円弧形状にすることで、平面、壁面を高送り切削、かつ切削面粗さ精度を維持した高効率化が期待できる。

従来用いられているラジアスエンドミル、ボールエンドミルは、5軸制御MC向けに多刃化し、高剛性、かつ切りくず排出特性を高め、高送り切削を可能にした事例も紹介されている（三菱日立ツール、日進工具など）。

このように、5軸制御MC向けのエンドミルの開発は活発化しており、新たな生産技術に向けた取り組みは加速している。

（次ページに続く）

図1 エンドミルと切削技術動向

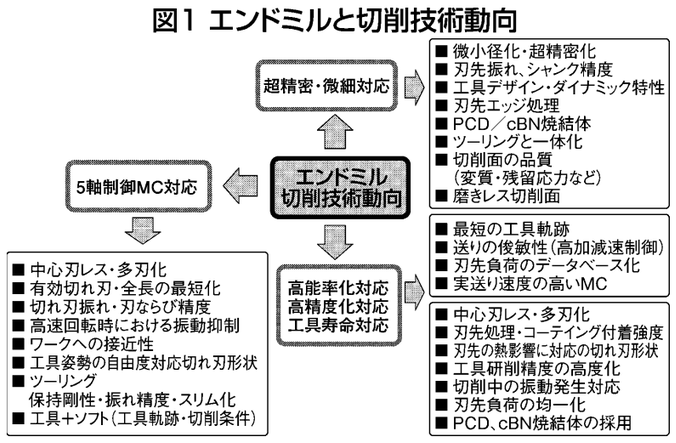
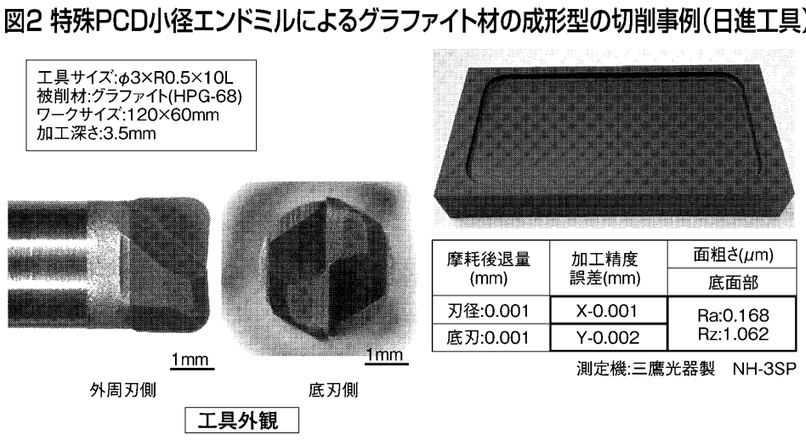


図2 特殊PCD小径エンドミルによるグラファイト材の成形型の切削事例（日進工具）



摩耗後退量(mm)	加工精度誤差(mm)	面粗さ(μm) 底面部
刃径:0.001	X-0.001	Ra:0.168 Rz:1.062
底刃:0.001	Y-0.002	

測定機:三鷹光器製 NH-3SP

図3 小径エンドミルを適用できる5軸制御MC例

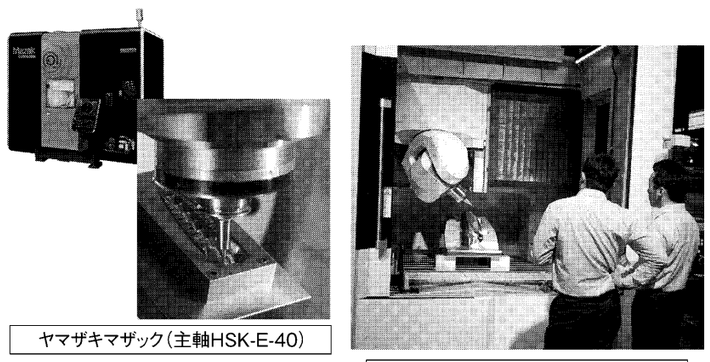
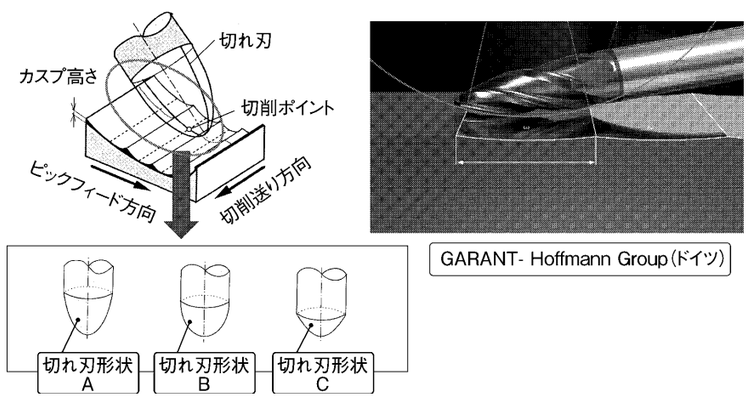
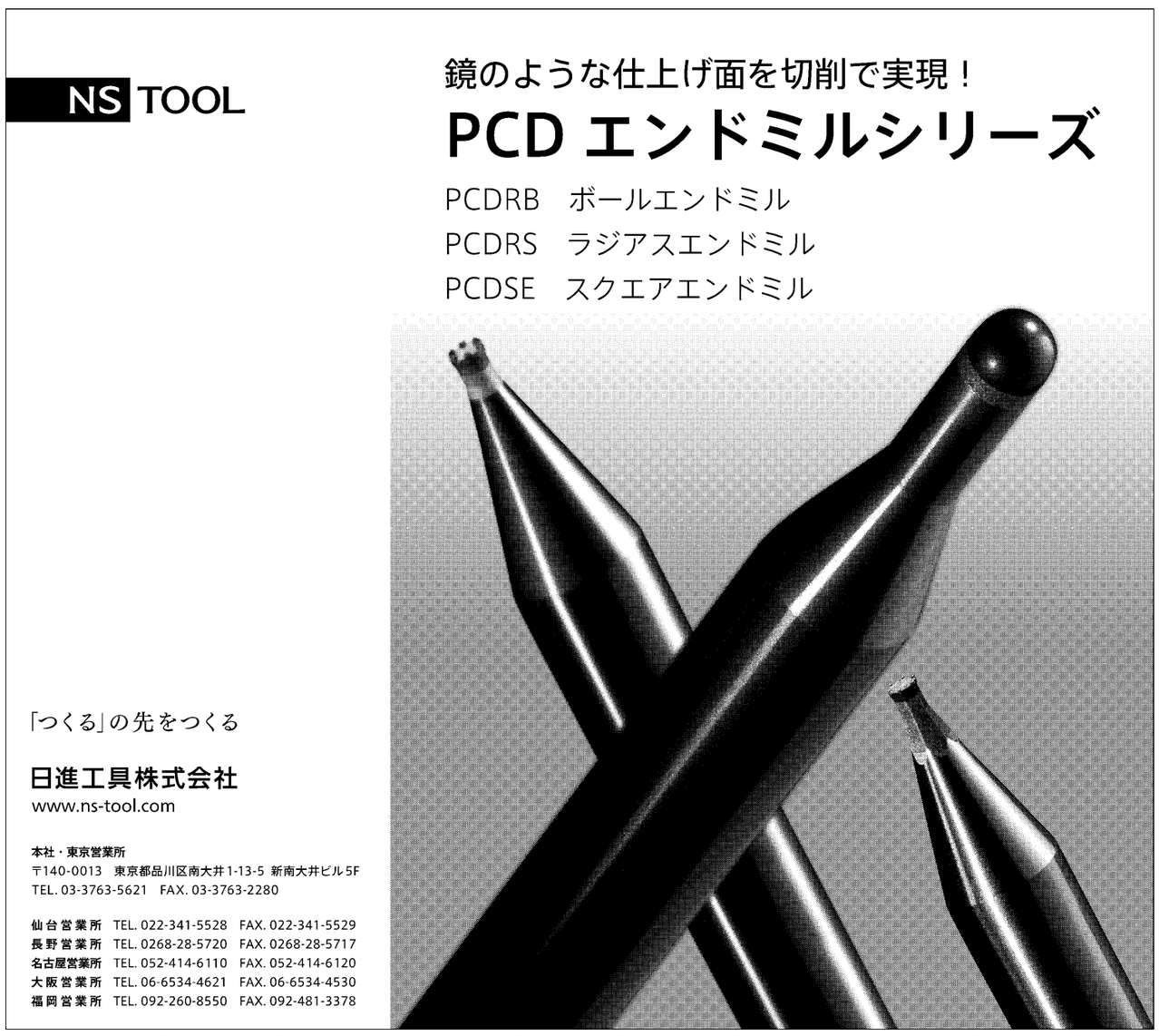

ヤマザキマザック（主軸HSK-E-40）
牧野フライス製作所（主軸HSK-A63）

図4 切れ刃の先端部が独特な曲線形状の切れ刃を有するエンドミル例



GARANT- Hoffmann Group（ドイツ）