型業界の現状と型加工技術動向

松岡技術研究所
博士（工学）・技術士（機械）
松岡　甫篁

型生産はCAD／CAMで生成したデジタルデータにより、マシニングセンター（MC）やコンピューター数値制御（CNC）放電加工機などCNC工作機械が機能するシステムが主流になって久しいが、今や、世界規模で展開されている。高度な生産技術で世界をリードしてきた国内型産業が今後も有利な展開を継続するには、型生産の迅速化、新たな技術革新などさらなる進化が求められている。すなわち、世界市場において工業製品の競争が激化し、型の短納期、低コスト化は不可避になり、型生産の自動化、長時間稼働などは必然である。一方で、超精密・微細切削による高付加価値な型の追求も始まっており、型技術を取り巻く状況は急速に変化しつつある。このような状況下、今回のインターモールド2013は型産業の新たな提案、最新の型用工作機械、切削工具など型技術の最新情報を収集する絶好の機会と言えよう。

新たな技術革新へ

高能率・高精度化の追求と型技術

日本、ドイツなどの高性能な型用工作機械は中国、タイ、ベトナムなどアジア地域を中心に需要が増加、多くの型生産現場で活用されている。型生産における加工技術の平準化が進展する中、高度な固有の型技術、緻密な品質管理による高い信頼と品質などで国内型産業が優位な立場を維持している。今後も有利な立場を継続するには、従来の慣習にとらわれない新たな切削技術の追求などが求められよう。例えば、**図1**はエンドミルの突き出し量を変化させて切削した場合の切れ刃摩耗と切削面を比較した実験結果を紹介している。

突き出し量が少ないほど、工具摩耗が抑制でき、高精度な切削面粗さ精度を実現可能である。工具の突き出し量が少なく接近性に優れた切削は、長い壁面を有する放電加工用電極、プレス型のパンチなどの切削に有利である。

5軸制御MCは工具を傾け接近性に優れた切削が可能で、かつ同一段取りで多面な加工機能を有し今後の型生産設備として有効である。一方で、現有のMCを最大限活用する手段として、エンドミルの選択と工具軌跡の最適化が挙げられる。例えば、曲面形状の加工で、ボールエンドミルをラジアスエンドミルにすることで、高効率な切削が可能になり、多刃エンドミルで高送り切削化を実現できる。

とりわけ、成形部の傾斜、自由曲面形状はボールエンドミルを多用しているが、曲面に応じて切れ刃の切削ポイントが異なり、切削面の品質が均一にならない。ラジアスエンドミルの切削は、切れ刃の切削ポイントが変化しないため均一、かつ高精度な切削面を創成できる。

このように、実切削時間の短縮と工具寿命の延長、高精度な切削面を指向した工具選択、工具軌跡などの見直しでさらなる高度な型生産が可能になる。

新領域の期待高まる超精密・微細切削

自動車、家電、コンピューターなどの高機能化により、構成する部品の複雑・微細化が求められている。そのため、超精密・微細切削の注目度は高まり、適用領域も急速に拡大しつつある。

現在、専用MCやエンドミルの登場、切削技術の追求で、シングルナノ（Ra）の切削面粗さ精度を実現するに至っている。さらに、型寿命向上を指向し、型材に超硬合金など硬脆（こうぜい）材の適用と切削による高能率・高精度化の実現が期待されている。

図2は直径0・5ミリメートルの微小径PCD（ダイヤモンド焼結体）エンドミルで超硬合金を毎分12万回転の超高速主軸（エアタービン方式）で切削し、45ナノ―57ナノメートル（Ra）の超精密面粗さ精度を実現した例である。超微細・精密切削には専用MC、工具、切削技術などが必要で、新たな切削分野である。**図3**は微小径エンドミルのメーカーが開発したCAMであり、隅部における実切り込み量変化によるトラブルを回避する機能など、各種切削ノウハウを有する。一方、超精密切削ではエンドミルの摩耗量を1ナノメートル以下に抑えることが不可避であり、減らない工具、工具を減らさない切削条件が求められる。このようにハードとソフトで高度な内容が必要な超精密・微細切削による型技術への挑戦は、国内型産業が生き残る有効な手段の一つとして期待が高まっている。

短納期化で求められる自動化、長時間稼働

型で量産される各種工業製品は世界市場で過酷な競争が行われ、その結果、短サイクルで新たな製品を市場に投入することになる。

このような状況下、型の短納期、低コスト化は必然であり、型生産の自動化、長時間稼働などが既に行われている。中国の型生産も、24時間365日の長時間稼働で短納期対応を指向する例も見受けられる。

型生産の自動化はCAMで生成するNCプログラムデータの信頼性と多量供給体制、エンドミルなどの工具寿命と加工精度の安定化などの対応が不可欠である。既に自動運転化を実現している型生産現場では、高精度な焼きばめホルダーを用いた全自動工具着脱システムやワーク自動供給システム、機内計測システムなどが採用され、さらなる高度化が進んでいる。典型的な多品種少量で生産される型も今や、スピードアップと革新的な生産技術が求められ、厳しい競争が始まっている。

技術者教育の重要性急速に変化する課題

型の生産がCAD／CAMとCNC工作機械中心で行われる中、型技術者の育成は急務な課題である。とりわけ、切削、放電加工技術など型生産に必要な加工技術やCAD／CAM、CNC工作機械に関する基礎から応用までの知識と実践を習得できる教育体制の確立は急務であろう。従来、国内の型技術者の教育は個々の企業に委ねられていたが、新たな段階を迎えている型業界にとって、国を挙げた本格的な型技術教育への取り組みは早期に行うべき重要課題として認識すべきであろう。

工業製品の技術進化は急速で必然的に型技術も多くの課題に取り組んでいる。例えば、ノートパソコンはタブレット端末（携帯型情報端末）、スマートフォン（多機能携帯電話）といった多機能化、薄型・軽量化など急速に変化している。これらに用いられている素材もアルミ合金、ステンレス合金、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）など多種類化が進んでいる。現在も多量生産は多くの場合、型で行われているが、切削による量産方式も登場し、部品の量産方式に変化が生じている。すなわち、成形による表面の質感の多様化で加飾加工技術、環境に配慮した生分解性プラスチックへの取り組み、成形時間短縮の対応など、新たな取り組みが行われている。今や、型技術は新たな段階を迎え、伝統的な型技術から脱皮して、世界規模の競争時代を迎えている。

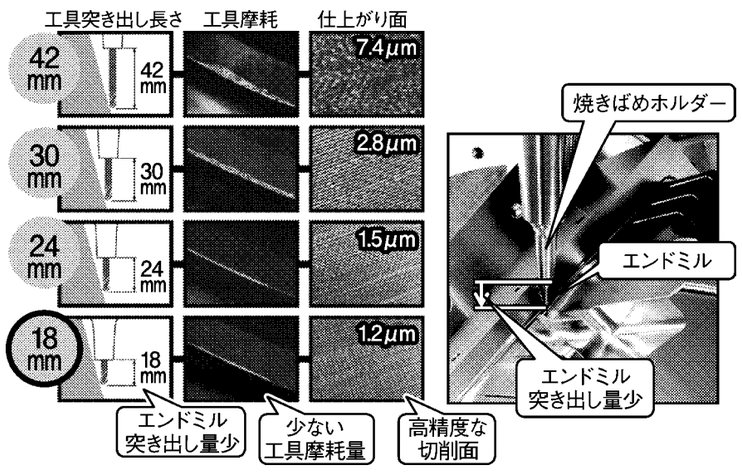
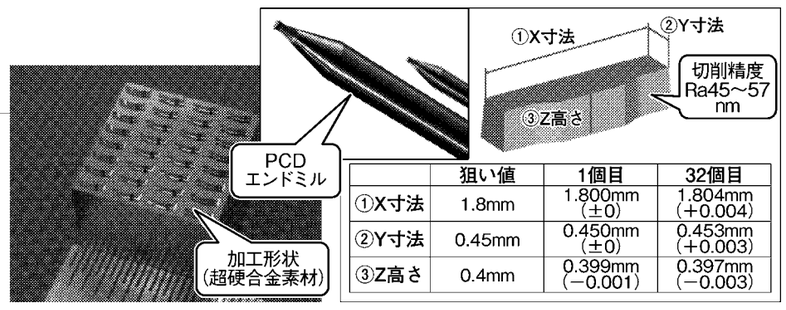


図1　エンドミルの突き出し量を変化させて切削した場合の切れ刃摩耗と切削面の比較例（MSTコーポレーションの技術資料から）



	狙い値	1個目	32個目
①X寸法	1.8mm	1.800mm（±0）	1.804mm（+0.004）
②Y寸法	0.45mm	0.450mm（±0）	0.453mm（+0.003）
③Z高さ	0.4mm	0.399mm（−0.001）	0.397mm（−0.003）

図2　直径0・5ミリメートルの微小径PCDエンドミルで超硬合金を毎分12万回転の超高速主軸（エアタービン方式）**で切削した例**（日進工具の技術資料から）

切削条件（仕上げ切削・荒切削は、ダイヤモンド・コーテッド超硬合金エンドミル適用）
被削材：超硬合金（92.5HRA）
加工形状：10×10mm（深さ0.4mm）
工具：スクウェアエンドミル0.5φ
（PCD：ダイヤモンド焼結体：PCDSE型）
切削条件：V（切削速度）＝毎分120,000回転、
F（送り速度）＝100mm／min.、切り込み量＝1.5～2μm
クーラント：不水溶性
CAM：NS-Micro CAM（日進工具が開発したCAM）

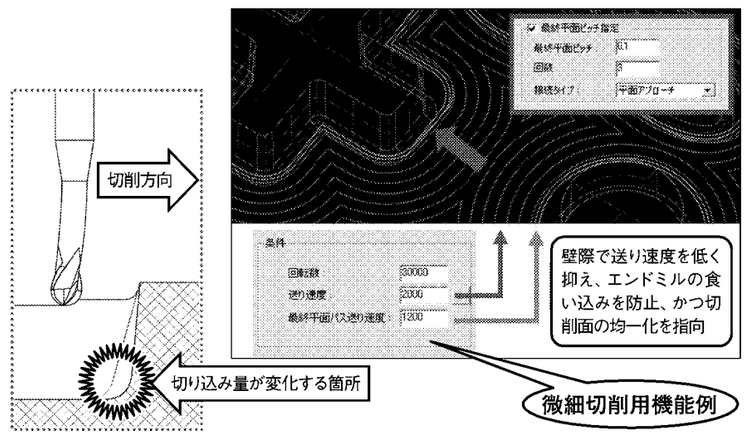


図3　微細切削用CAMにおける隅部切削条件の調整機能例（日進工具）