



超硬合金 フォワード

リードタイムが1/3に短縮 サブ μm の切り込みで研磨レス

精密加工のフォワード（本社長野県諏訪市）は、2012年に超硬合金の切削に取り組み始めた。まだ定常的に受注業務としてこなす段階には至っていないが、加工サンプルを展示会に出展するなどの活動を積極的に進めている（図1）。「開発案件として共同で取り組んでもらえるパートナーがあれば、ぜひ協力したい」（同社代表取締役社長の堀内岩夫氏）という。

素材から直彫りで削り出す

フォワードはこれまでも、チタン（Ti）合金、インコネル、ハステロイなど、一般に難削材とされる金属の切

削加工、研磨加工を手掛けてきた。ステンレス鋼、アルミニウム（Al）合金、Ti合金などを高い平坦度（ $10\mu\text{m}$ ）で仕上げる研磨加工も得意としている。用途は半導体、航空機、事務機器、液晶ディスプレイなどの生産ラインの治具や精密部品などだ。

リーマン・ショックの後、さらに高精度な加工に力を入れるようになり、送り駆動系にリニアモータを用いた立型マシニングセンタ（MC）「iQ300」（牧野フライス製作所）や同「YMC430」（安田工業）で加工実績を積んだ。その状況で牧野フライス製作所から「ユニオンツール製のダイヤモンド・コーティングを施したエ

ンドミル「UDCB」シリーズを使うことで超硬合金の切削加工が可能になる」との連絡をもらったという。それをきっかけに、iQ300とUDCBの組み合わせでさまざまな試行を始めている。

フォワードが試作したのはベベルギヤの金型形状と、回転羽根の形状だ（図1）。ベベルギヤの金型形状は炭化タンゲステン（WC）-コバルト（Co）系超硬合金「VM40」（ロックウェル硬さはHRA89程度）、回転羽根の形状は「VF20」（同HRA92.5程度）を用いて、素材から直彫りで削り出した。「まだ、ようやく削れるようになったという段階」（堀内氏）というが、

高硬度鋼の切削加工の場合などと同様の形状を得られるようになっている。

超硬合金に対する穴開け加工も手掛け始めている。単結晶ダイヤモンドのドリルを用いて超硬合金に直径 $70\mu\text{m}$ の穴を開けたところ、256穴も支障なく開けることができた。

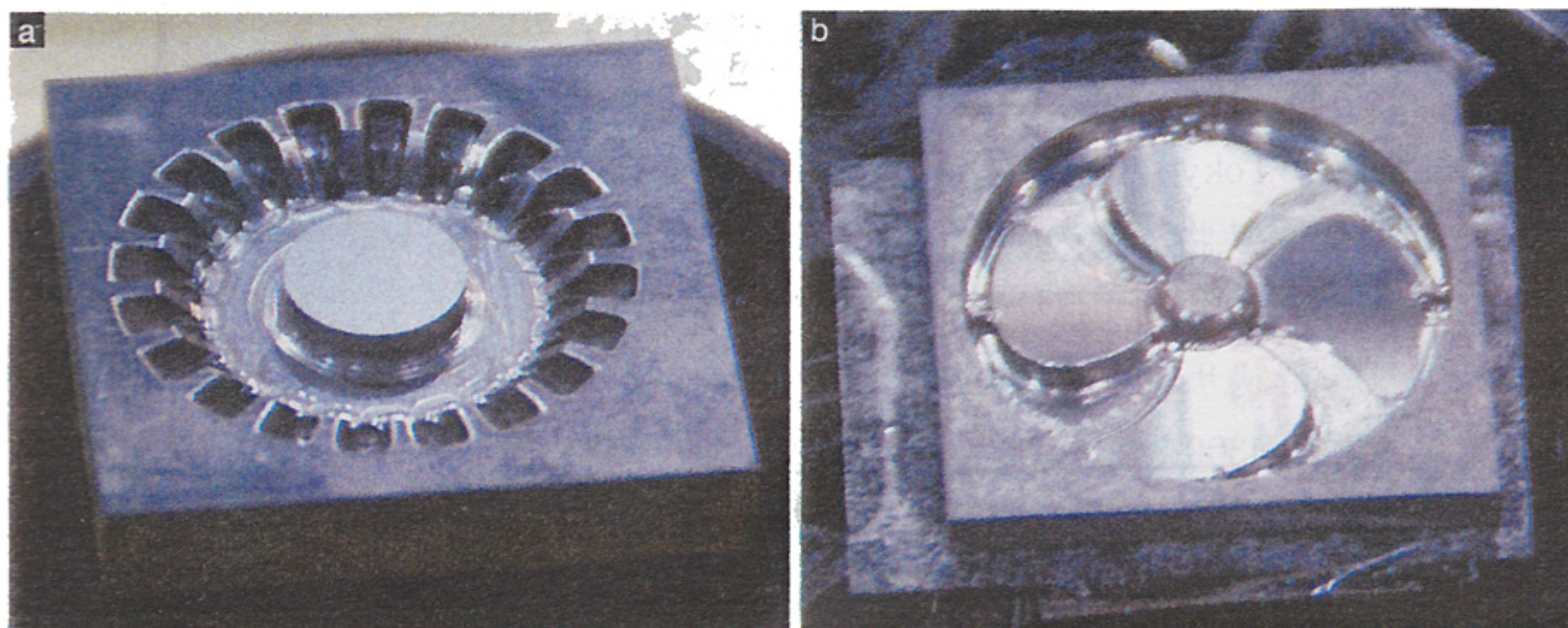


図1●超硬合金を切削加工で削り出したサンプル
（a）がベベルギヤの金型の形状、（b）が回転羽根の形状。（b）はAl合金などの場合、表面を加工した後で裏面も加工できるが、超硬合金の場合には現状のところ表面からの加工にとどまる。

「リードタイムは確実に減る」

従来でも放電加工と研磨加工によって超合金製の部品を仕上げることが可能だった。しかし、放電加工は時間が非常にかかるし、加工面に劣化層が生じるため2次加工として研磨が必要だった。研磨は砥石による形状の制限がある。これらに比べて、切削加工は「形状の制限がなく、複雑な形状を加工できる」(堀内氏)のが利点だ。

リードタイムは、加工サンプルのようなワーク(2~3cm角)であれば、確実に1/3程度にはなるといえる。放電加工では電極を複数本切削加工した上、その電極を用いて放電する時間も必要になる。それに比べると、MCに1回セットすれば最初から最後まで加工できるのは、工数の面では非常に有利だ。工具の価格が5~6万円とまだ高いのがネックだが、今後ダイヤモンド・コーティングの進化によって工具価格が下がったり、カタパスの工夫で工具寿命を長くしたりすることにより「適用範囲が広がっていく可能性が高い」(同氏)。

それと同じくらいに意味があると堀内氏が考えているのは、研磨工程をなくすことによる形状精度の向上だ。「せっかく放電加工などで最終形状に近い形状を得ても、研磨があることによって寸法精度などは悪化する。研磨は寸法を壊すことと同じ」(同氏)。研磨がなくなれば、精度は

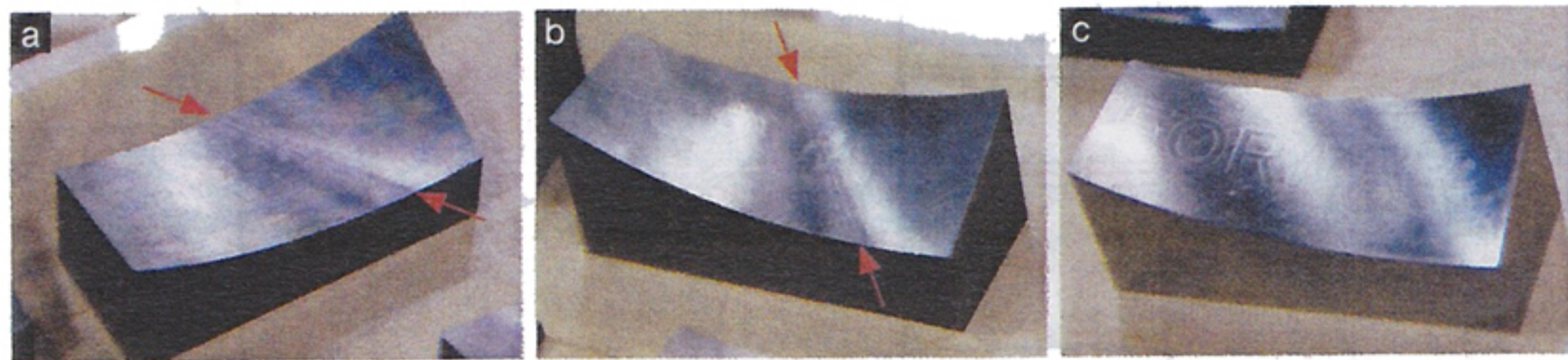


図2●リニアモーターによる送り駆動系の効果(鋼のワークによる)
超合金の切削は微細で高精度な加工用途に適するため、リニアモーターによる送り駆動系を備える工作機械が向く。(a)と(b)はボールねじによる送り駆動系を用いた工作機械での加工で、凹形状の谷底に筋が見える。(c)はリニアモーターによる送り駆動系を用いた工作機械での加工で、谷底に筋は見えない。

非常に向上すると考えている。逆に言えば、超合金の切削加工を本当に生かせるのは、研磨による材料の除去が問題になるくらい高い精度を求められる用途である。

切り込みは0.1 μ m~0.2 μ m

試行とはいえ、超合金を切削する上ではさまざまな工夫が必要である。切り込みは浅く、0.1 μ m~0.2 μ m程度に抑えている。つまり「サブ μ mのパス」(堀内氏)にする必要があり、これはフォワードが以前から難削材向けに作成したパスを応用、発展させて対応している。CAD/CAMは2Dの「WinMAX」[タクティクス(本社名古屋市)]、3Dの「GOelan」(仏Missler Software社)を用いているが、一般論として「サブ μ mのパスに対応できるCAMは限られる」(同氏)という。

このくらいの切り込みであるため、工具の振れ精度は10 μ mもあると全く意味がなくなってしまう。そこで、1 μ m程度に抑えるように、焼きばめ方式のホルダを用いる。主軸回転数

は、「iQ300」の性能をフルに生かして4万5000回転と速くする。

工作機械は、前述のようにリニア駆動のものを用いる。高精度の加工結果を得るために不可欠だ。フォワードは凹んだ形状の曲面に1 μ m程度の文字を浮かし彫りしたワーク(鋼)を、リニア駆動のMCとボールねじ駆動のMCの両方で加工し、リニア駆動の効果を検証している(図2)。ボールねじ駆動の工作機械で加工したものには、曲面の谷に相当する部分に筋が見えるが、リニア駆動の工作機械を使えばそれがなくなる。

ボールねじは、ねじ軸とナットの間になぞかなガタツキがある。このガタツキはボールねじが機能する上で必要不可欠なものだが、これによってねじ軸の回転方向が逆転するとわずかに軸が空転する。そこで送りが不連続になって、わずかな段差が加工面に生じる。超合金の切削が向くのは非常に高い精度が求められる部品だとすれば、リニア駆動の工作機械が前提となりそうだ。