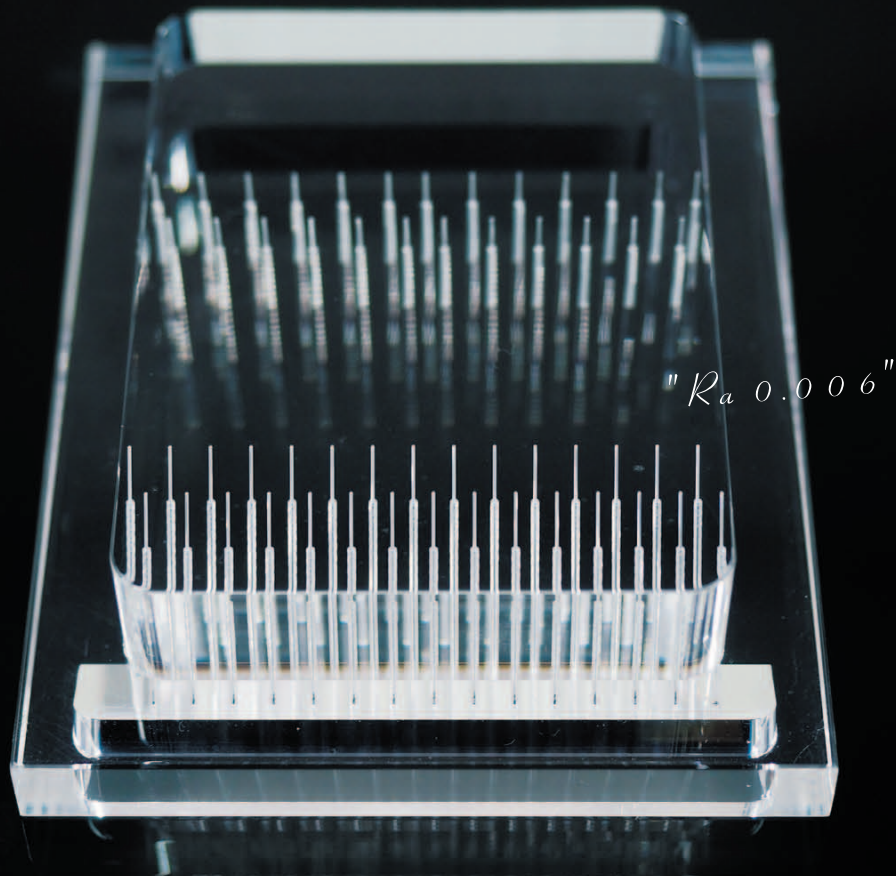


## Q. 表面粗さ“シングルナノ” 樹脂切削品で可能？



一般に、算術平均粗さ $R_a$ が0.2を下回ると鏡面仕上げと言われるようになる\*1。

ここでの「0.2」とは $0.2\mu\text{m}$ 。ナノに換算すれば200nmだ。

これでも十分に“ツルツル”だが、さらに高いレベルの表面粗さが求められる用途がある。

その一つが、光を透過させる部材。表面粗さを小さくできれば、それだけ透明度も上がるからだ。

例えば、アクリル樹脂のキャスト材\*2は表面粗さが6nm ( $0.006\mu\text{m}$ )。いわゆる「シングルナノ」である。

さて、これと同等の表面粗さを、複雑形状に加工できる樹脂切削品で実現できるのか。

\*1  $R_a$  算術平均粗さは、実際の表面と平均線との差の絶対値を平均した値。

\*2 キャスト材 2枚のガラス板の間に原材料を流し込んで成形した板材。押出成形したアクリル板もある。

# 樹脂切削品で“シングルナノ”は可能

樹脂の切削品でRa0.01 $\mu$ m未満、つまり1桁nm“シングルナノ”の表面粗さを実現できる。樹脂加工を手掛けるJpキュービック（本県愛知県豊川市）は現在、アクリル樹脂の切削品でキャスト材と同等のRa0.006（6nm）を実現している（図1、2）。

樹脂切削品でシングルナノの表面粗さを実現するため、切削と研磨の双方で工夫を凝らした。Jpキュービック社長の伊藤雅彦氏は、「切削した時点でどこまで表面の凹凸をなくすか。その後、どれだけ均一に表面を仕上げられるか。シングルナノを実現するには両方の技術が求められる」と話す。

## 切粉の排出方向も考慮する

実は、シングルナノ級の表面粗さを実現できるか否かは「切削加工の段階ではほぼ決まる」（伊藤氏）という。同社が切削加工で使用する

のは一般的な3軸工作機械と工具（ボールエンドミル）だ\*3。基本的に工具の動かし方、つまりカッターパスをはじめとしたNCプログラムが同社のノウハウとなっている。

切削加工は、荒加工と2回の仕上げ加工で行う。ポイントとなるのは当然、仕上げ加工だ\*4。仕上げ加工は2回とも「工具を含め同じ条件で実施」（同氏）で、そのNCプログラムはワークの材質や形状に応じて、専任の技術者が微調整する。ポイントは大きく3つある。

まず、ワーク表面上に形成される切削痕（ツールマーク）のピッチ（間隔）が等しくなるようにする。水平面上でカッターパスのピッチが等間隔でも、傾斜したワーク表面は等間隔にならない場合があるからだ。この点に配慮してカッターパスを決めている。

かまぼこ形を横に並べたようなワークを加工する場合、溝に平行となる等高線に沿って工具を動かすのではなく、溝と垂直方向に工具を動かす（図3）。工具が波乗りするような動きだ。そして、溝方向にオフセットする。こうすれば切削痕のピッチが等しくなる。特に、垂直面に近い部分でピッチが長くなり、比較的大きな削り残りが発生するような現象を防げる。

もう1つのポイントが、切粉（切りくず）でワーク表面を傷つけないようにすること。切粉が加工済みのワーク表面にできる限り当たらないようにする。工具の回転方向と送り方向から、切粉の排出方向はある程度予測できる。これを考慮して、単にワークの片側からもう片側へと平行な直線で切削面を塗りつぶしていくのではなく、時には斜めに、時には逆方向からとい

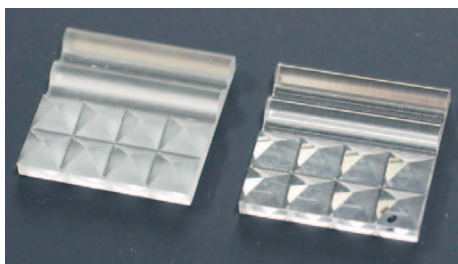


図1 シングルナノの鏡面加工を施したアクリルの切削品  
右は表面粗さRa6nmの鏡面加工を施したアクリルの切削品。左は研磨前。

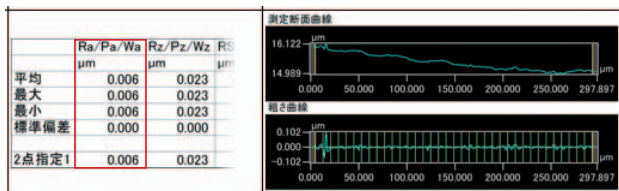


図2 アクリル切削品の表面粗さのデータ

Jpキュービックが測定したアクリル切削品の表面粗さのデータ。Ra0.006 $\mu$ mを実現しているのが分かる。（出所：Jpキュービック）

\*3 同社では高精度な工作機械を導入する計画がある。これにより、高精度加工の時間短縮が期待できる。

\*4 1回目の仕上げでは、「どの程度仕上げ代を残しておくかも大切なノウハウ」（伊藤氏）となる。

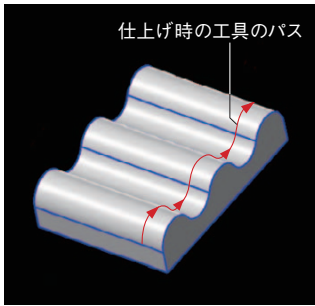


図3 波の形状を切削する時の工具を動かす方向

工具を溝に沿って動かす荒加工で大まかな形状に切削した後、「波乗り」させるように(図の矢印方向に)工具を動かして仕上げる。

(出所: Jpキュービック)

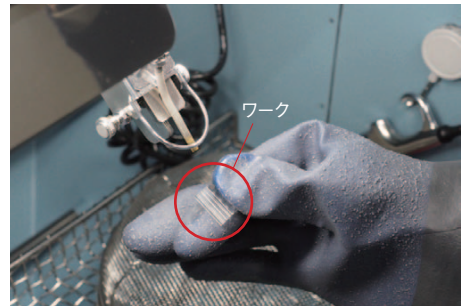


図4 ラッピングマシンで研磨

特別仕様のラッピングマシンを採用。研磨材を遠心力で飛ばして、ワークの表面に均一にぶつかるようにしている。

たようにカッターパスを工夫している。

最後のポイントが、NCプログラムのGコードで指定する座標の密度を高めること。特に自由曲面での形状再現性が高まる。データ量が増えるためCAMでの作業やデータ転送の処理時間は長くなるが、加工面の精度が高まり、結果、表面粗さの向上につながる。

切削加工では表面形状でなく熱の影響にも気を使う必要がある。アクリル樹脂やポリカーボネート(PC)などの透明な樹脂の加工では、透明度を維持するのも重要な要素だからだ。この点では切削加工時の発熱で表面が変質しないよう、工具の回転数や送り速度、切込み量などの条件を決める必要があるという。

### 「餅」でこするように研磨

切削加工が完了したワークでも鏡面レベルに達するが、シングルナノには至らない。そこで、表面を研磨する。Jpキュービックは複雑で微細な形状のワークでも高効率かつ均一に磨くために、特別仕様のラッピングマシンを導入している(図4)。主に金型などの鏡面仕上げに使われている機械だ。

この装置は研磨材に大きな特徴があり、食品素材のコアにダイヤモンドなどの砥粒を複合させた特殊な研磨材「マルチコーン」を使う。これを装置内の羽根の回転による遠心力でワークに当てる。研磨材には弾力性と粘着性があるため、ワーク表面を滑走するようにして

磨いていく。「例えて言えば、硬いもので削るのではなく、『餅』状の軟らかいものでこするよな形になる」(伊藤氏)。

研磨材はメーカーから購入するが、ここでも条件設定に関するノウハウがある。ワークの材質や形状によって、条件を変えている。例えば研磨材に含める水分の量だ。研磨作業を行う直前に、メーカーから購入した研磨材に水分を追加している。水分含有量は1%単位で調整しているという。

使用する研磨材の粒度もワークの材料と形状によって変える。同社では5000番手、10000番手、20000番手という3種類の粒度の研磨材を使い分けている。伊藤氏は、「最初から20000番手の研磨材を使っても、シングルナノにできるわけではない」と言う。研磨材を飛ばす速度も含めて、樹脂の種類やワークの形状などによって最適な粒度や速度を押さえているのが、同社のノウハウだ。

Jpキュービックは表面粗さがシングルナノになるような加工を「超鏡面加工」として、アクリル樹脂やポリカーボネート(PC)などのいわゆる有機ガラスでの適用を進めている。無機ガラスに比べて軽量で強度も高いので、透明度が高ければ「自動車のヘッドライト部や屋外の防犯カメラのカバーなどの必要がある」(伊藤氏)。この他、空調機械の開発試作段階で使う実験装置などでも、流体を可視化する透明部材としてニーズがあるという。(高市清治) **もん**