

機械加工の仕上がりと制約を可視化するサンプルの製作

寺田 達二

製作技術課

1 はじめに

製作技術課機械加工グループでは、研究支援の一環として学内の教員や学生からの依頼に基づき、研究・実験用の部品や装置の依頼加工を行っている。依頼者は各専門分野において高度な知識を有しているものの、機械加工については専門外である場合が多く、機械加工における仕上りの違いや制約、はめあい公差などについて具体的なイメージを持つことが難しいことがある。そのため、設計段階において加工の特性を十分に考慮することが難しく、打ち合わせ時に加工内容をすり合わせながら仕様を決定するケースが少なくない。

これまでは過去に製作した部品の余りや端材を用いて説明を行い、依頼者と完成品に対する認識を共有してきた。しかし、その都度適切なサンプルを探したり、見つからない場合にはスケッチなどによる説明を行ったりと、一貫した説明がしづらいこと、機械加工における制約や異なる加工方法による精度の違いなどを直接比較することなどが難しいという課題があった。

そこで、依頼者との打ち合わせをより円滑に進め、加工の特性を直感的に理解しやすくするために、機械加工における仕上がりや制約などを実際に確認できる加工サンプルを製作した。

2 加工サンプルについて

今回はフライス盤での加工サンプル品を製作した。フライス盤は研究室からの依頼においても使用頻度が高く、さまざまな形状の加工が求められるため、加工特性の理解を促進するためのサンプルの重要性が高いと判断した。本章では、加工サンプルの材料選定、設計と製作、加工内容について述べる。

・材料

材料は、依頼加工で頻繁に用いられるステンレス(SUS304)、アルミニウム(A5052)、アクリルの3種を候補とした。

金属材料について、アルミニウムは軽量で加工も容易であるが、摩耗しやすく長期的な使用には適していない。一方、ステンレスは比較的耐摩耗性、耐食性に優れ精度保持が容易であるため、金属加工サンプルとして採用した。また、アクリルは樹脂でありながら加工性が良く、金属材料との仕上りの違いが明確に現れる。さらに、その透明度の高さから内部の加工面を視認しやすく、金属との比較が容易であるため、材料としてこの2つを用いることとした。

・設計と製作

加工サンプルの設計にあたり、手に持って比較しやすく、打ち合わせ時に即座に説明できる適切な大きさを検討し、寸法は100×80×t10(mm)とした。これは取り扱いやすさと視認性を考慮しつつ、想定する加工内容を可能な限り含めるための必要サイズを検討した結果である。各加工箇所が表す加工内容の表示も行った。製作した加工サンプルを図1に示す。

なお、加工サンプルの製作には NC フライス盤 YZ-500WR (山崎技研)、ワイヤ放電加工機 AQ325L(ソディック)および CO₂ レーザー加工機 HAJIME CL1(オーレーザー)を使用した。



図 1. 製作した加工サンプル

左:アクリル製サンプルとオス

右:ステンレス製サンプルとΦ7.99ピン

・加工内容

加工内容は、仕上がりや精度などにおいて依頼者との間で認識の一致が難しいものの中から、依頼加工で頻繁に発生するものを選定した。加工サンプルにて確認できる種々の仕上がりと実際の加工内容を表 1 に、それに対応する実際の仕上がり状態を図 2 に示す。

表 1. 加工サンプルにて確認できる仕上がりと実際の加工内容

確認できる仕上がり	例示した実際の加工内容
ポケット加工の底面の仕上がり	底面にカッターマークの状態と、中心に下穴加工痕が残ることを提示(図 2. (a))
フェイスミルによる平面加工時の仕上がりや 2 パス以上の平面加工による継ぎ目の影響	フェイスミルで平面加工し、加工仕上がり、継ぎ目の発生とその平面度への影響を再現(図 2. (b))
ドリル(皿キリ, ローソクキリ)とエンドミルによる穴加工の仕上がりと底面形状の違い	各穴加工の断面を示すことで、内径仕上がりと底面形状の違いを視認(図 2. (c))
材質による仕上がり状態の違い	SUS304 とアクリルに同じ加工を施し、仕上がりの差を比較(図 2. (d))
加工方法による仕上りの違い(エンドミル, のこ盤, ワイヤ放電加工など)	側面 4 辺を異なる加工方法で仕上げ、精度・コスト・加工時間等の違いを比較(図 2. (e))



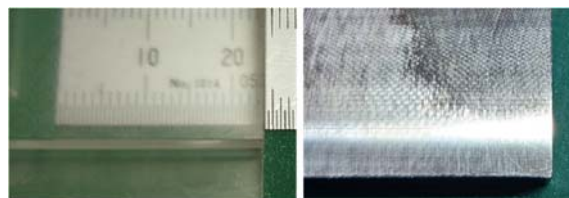
(a) ポケット加工底部の仕上がり
同心状のカッターマークと中心の下穴加工痕が確認できる



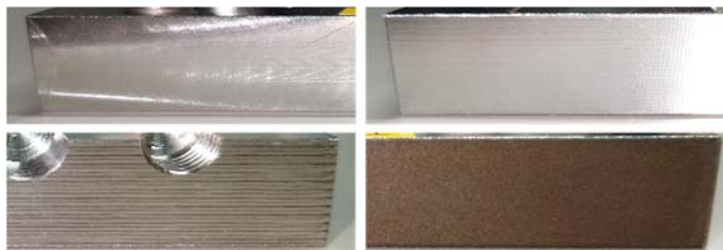
(b) フェイスミルによる平面加工
表面のカッターマークと、図中央付近(赤矢印)に縦方向の継ぎ目があることが確認できる



(c) 穴加工断面図
左:ローソクキリ(底面のみ、内径側面はエンドミル)
中:皿キリ 右:ネジ加工



(d) 材質による仕上りの違い
左:アクリル. 透明度, 光沢が失われる
右:ステンレス. 光沢が出る



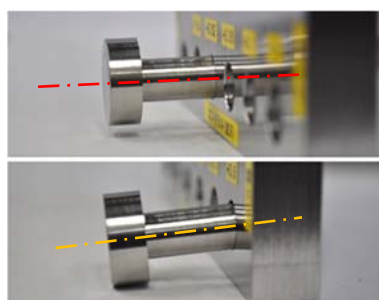
(e) 側面の仕上がり(ステンレス)
左上:エンドミル底刃 右上:エンドミル側刃 左下:のこ盤 右下:ワイヤ放電加工

図 2. 加工方法の違いによる仕上りの比較

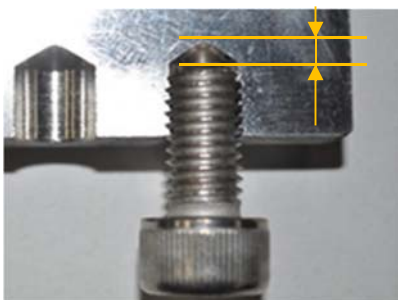
次に、精度や加工における制約に関して、依頼者との間で特に認識の不一致が起こりやすく、誤解や設計ミスに繋がる加工についてまとめた。加工に詳しくない依頼者が理解するには実物を示した説明が重要になる。それらの加工内容を表 2 に、実際の加工を図 3 に示す。

表 2. 認識の不一致が起こりやすい加工と実際の加工内容

認識の不一致が起こりやすい加工	例示した実際の加工内容
はめあい公差の影響(「精度よく」、「ガタなく」といった曖昧な指示)	Φ7.99 ピンとはめあい寸法の異なる穴(Φ8ドリル, Φ8.01, 8.04, 8.10, 8.50)を加工. ガタの違いを体感(図 3. (a))
穴の深さとボルトの挿入可能長さの違い	ネジ加工を断面で示すことで穴底部の不完全ネジ部を視認でき, ボルトが底部まで到達しないことを提示(図 3. (b))
位置や寸法調整をしたいときの方法(長穴の加工)	長穴加工し, ボルトがスライドできる様子を提示(図 3. (c))
バリの危険性と面取りの必要性, ピン角が必要な部品か, 面取りしても問題ないか	エッジを面取りしつつ, Φ7.99 ピンの一部にバリを残し, バリと面取りを比較し体感(図 3. (d))
ボルト頭などの干渉対策	ザグリおよび皿ザグリ加工部にボルトを挿入し, 収まりを確認(図 3. (e))
ポケット加工の角に R が発生することによる, 部品のはめ込みへの影響	ポケット加工の 2 隅に逃がし加工の例示. 2 隅を R 加工したオス型をはめることで, R 部の影響と逃がし加工による対処法を説明(図 3. (f))



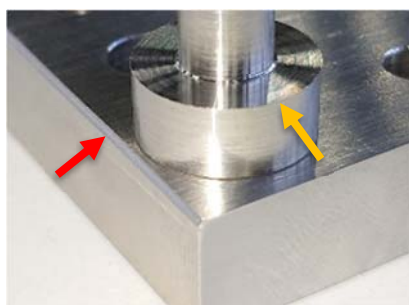
(a) 内径ごとのはめあいの確認
上: 0.02mm の隙間. ほぼ平行に挿入
下: 0.5mm の隙間. 傾いてしまう



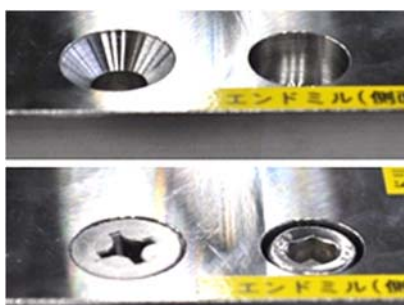
(b) ボルトの挿入深さの確認
底部の形状と不完全ネジ部によって
底面までボルトが到達しない



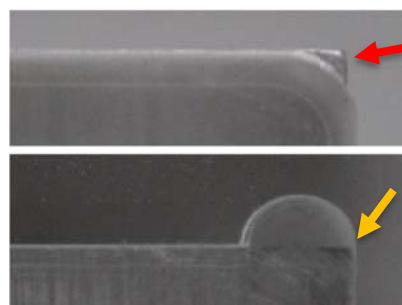
(c) 長穴加工(アクリルのみ)
ボルトを挿入してスライドさせることができる



(d) 面取りとバリの様子
赤矢印: 面取りされた角
黄矢印: バリを残した角



(e) ボルト頭の収まり
上: 左が皿ザグリ, 右がザグリの状態
下: ボルト頭を沈めた様子



(f) ポケットの角 R による影響
上: オス型の角が R に干渉している
下: オス型の角が逃がし部に収まる

図 3. 加工における仕上がりの状態

3 結果と考察

製作した加工サンプルは、依頼者との打ち合わせにおいて有効性が確認された。時間計測やアンケートのような定量的な評価は未実施であるが、仕上がりや加工制約の説明に端材やスケッチを用いる必要があったのに対し、加工サンプルの導入によりこれらが軽減され、認識の共有が容易になった。特にはめあい公差による違いを依頼者が明確に判断できるようになり、仕様決定の迅速化に寄与していると感じている。

一方で、すべての加工について十分な評価が得られているわけではなく、例えばポケット加工の角 R や穴加工の断面など、一部の要素は活用機会がない状況である。今後は使用機会を増やし、定量的なフィードバックを基に改善点を明確にすることが課題となる。

また、本サンプルの効果を踏まえ、旋盤加工においても加工サンプルの製作に着手する予定である。段付き加工時の角 R の残存や、固定方法による段差や変形の発生など、設計段階で見落とされがちな要素を示すことで、さらなる認識の不一致の解消を目指す。

4 まとめ

本報告では、機械加工における仕上がりや制約を視覚的に理解しやすくするための加工サンプルの製作とその活用について述べた。従来、端材やスケッチによる説明では加工の違いや精度の認識の共有が難しかったが、本サンプルの導入により、依頼者との打ち合わせが円滑になり、特に公差や仕上りの違いを具体的に伝えやすくなった。

しかしながら、すべての加工について十分な評価が得られたわけではなく、今後の運用を通じてフィードバックを蓄積し、さらなる改良を進める必要がある。また、旋盤加工の制約を可視化するサンプルの製作にも着手し、設計と加工の認識の不一致を減らす取り組みを継続していく。