

PTFE加工品の精度と成型品の方向性の解説

1. はじめに

PTFEは熱膨張係数が金属に比較して大きく、かつ室温転移点が20℃付近にあり体積変化約1~2%を生じる。また、柔軟性や弾力性があり、薄肉のものは切削しにくく寸法精度が出しにくい。成形加工の残留応力を残存する素材は、切削加工時の摩擦熱、または切削後の経時変化により変形を起こすことがあり、寸法精度への影響を及ぼすことがある。

このような性質を持ち、加工精度は金属材料と同等の寸法許容差を要求される場合があり、使用者と製作者とのトラブル要因の一つと考えられる。よってPTFEの加工精度について解説する。

2. 普通寸法許容差について

Table1にJIS K6884-1971に規定されている「四ふっ化エチレン樹脂普通寸法許容差(削り加工)」を示す。

Table1 四ふっ化エチレン樹脂普通寸法許容差(削り加工)
単位mm

呼び寸法の区分		許容差	
		1級	2級
1以上	16以下	±0.1	±0.3
16をこえ	40以下	±0.2	±0.6
40をこえ	63以下	±0.3	±0.8
63をこえ	100以下	±0.4	±1.0
100をこえ	160以下	±0.5	±1.2
160をこえ	250以下	±0.6	±1.4
250をこえ	400以下	±0.7	±1.7
400をこえ	630以下	±1.0	±2.0
630をこえ	1000以下	±1.5	±2.5

本規格は圧縮成形または押出成形によりPTFE成形品の素材を機械加工する場合について、1mm以上1000mm以下の寸法に対して定めたものである。この規格の「・普通・」の意味は、図面に数値または記号で指示されていない場合に適用することを意味する。

PTFEの加工精度を求める際には、本質的特性を考慮する必要がある、その項目を下記に示す。

1. 熱伝導率が小さい。
2. 熱膨張率が高い。
3. 23℃付近で大きな体積変化(約1%~2%)がある。
4. 弾力性がある。
5. 残留ひずみが存在する場合がある。

以上、加工精度は大きさや形状にもよるが、最小公差は±0.05程度、またはJIS K6884規定値(1級)の約1/2と考えられる。

ただし、弾性を持つため寸法測定の際に測定器端部を強く押し付けると正しい値が得られない。例えば、マイクロメーターの押し付け方によっては0.1mm以上の差を生じる場合もある。使用者と製作者には、この点のご留意も必要となる。

3. アニール(アニーリング)処理効果

PTFEは通常、圧縮成型した後フリーシタ(焼成)を行うので、コイニング(金型に入れてシンターし、加圧冷却)したり、外層が急冷された成形品に比べ内部応力は小さい。

ただし、高い寸法精度を要求する場合や、形状が複雑な場合は、素材のアニール処理(アニーリング)を行う。

素材成形時のストレスを解消することによって、寸法精度を向上させ、また、経時変化を抑えるには有効的な手法となる。

・アニーリング:

熱または機械的な応力によって生じた成形品の内部歪を除去するために、一定の温度を保持した後、徐冷する操作を言う。

4. 表面粗さ

加工精度は表面粗さにもいえることであり、普通寸法許容差同様に材料特性を考慮した数値設定が必要である。

樹脂は加工表面の切削熱の影響を受け、弾性体であるため、金属加工表面の要求は厳しいと考える。

一般的に表面粗さは、加工機の回転速度と送り速度の関係性と、加工切削工具(刃物)による仕上りの違いが発生する。

Table2: PTFE表面粗さの加工目安を表記

Figure1: 算出平均粗さ(Ra)

Figure2: 最大高さ(Rmax)

Figure3: 丸棒、スリーブ材から加工方法

Figure4: シート(板材)の加工方法

Table2 粗さの区分け

新JIS表記		旧JIS表記		加工可否の目安
記号	算術平均粗さ Ra	記号	最大粗さ Rmax	
√	12.5~25a	▽	50~100S	○
√	3.2~6.3a	▽▽	12.5~25S	○
√	0.4~1.6a	▽▽▽	1.6~6.3S	○(シートは△)
√	0.012~0.2a	▽▽▽▽	0.05~0.8S	×

(単位: μm)

2種類(新・旧)の相互関係は便宜上を表したもので厳密性はない。現在でも古いJIS(旧)表記を使用している企業も少なくない。

この旧表示は約60年前程に制定され、古くから慣れ親しんでおり、製作側の末端まで浸透するには時間がかかることに加え、機能部品であれば既存の技術に準じる傾向があるためと言える。

そのため新・旧の相対関係を知っておくことも大事である。

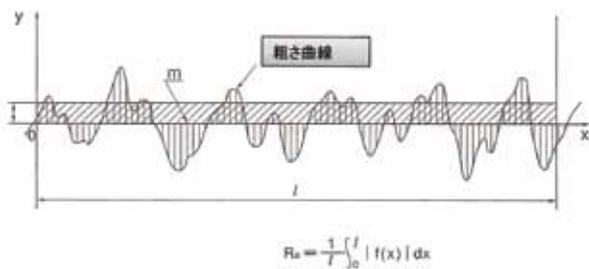
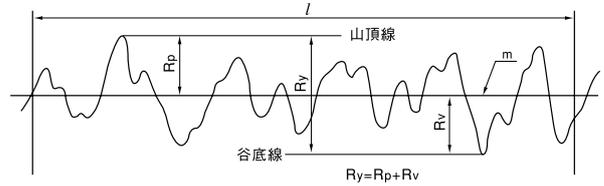


Figure1 表面粗さの種類: 算出平均粗さ(Ra)



備考 Ryを求める場合には、傷とみなされるような並はずれて高い山および低い谷がない部分から、基準長さだけ抜き取る。

Figure2 表面粗さの種類: 最大高さ(Rmax)

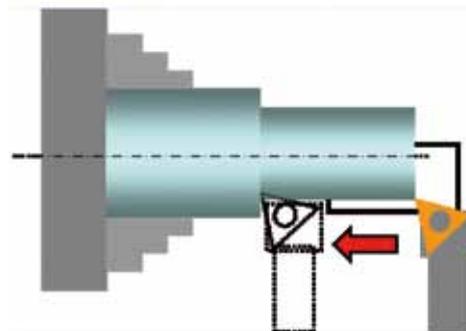


Figure3 外加工

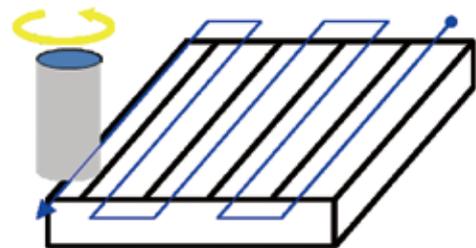


Figure4 面加工

5. 成型品の方向性

PTFE成型品は成型方法から方向性があり、方向により物性が異なる。PTFEの一般的な成型方法として圧縮成型法がある。

Figure5に圧縮成型方法の工程を示す。

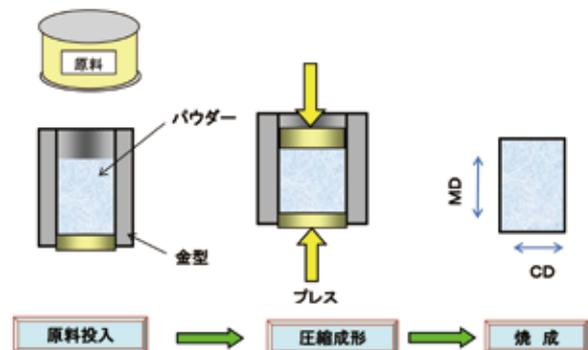


Figure5 圧縮成型方法の工程

圧縮成型方法は原料を金型内に投入し上下方向から押し固めていくため、方向性が生じる。成型時に圧縮方向に成型する方向をMD:molding direction、その直角方向をCD:crosssectional direction と呼んでいる。

PTFEの材料の中で充填材をPTFE原料に混ぜ合わせた充填材入りPTFEがあるが、繊維状の充填材は成型中に配向するため物性が著しくことなるので、設計・使用にあたっては注意する必要がある。

変化する特性としては、

圧縮クリープ性：MD方向の値がCDに比べが高い

引張り強度、伸び：CD方向の値がMDに比べ高く、
伸びやすい

線膨張係数：MD方向の値がCDに比べ大きい

素材がスリーブ状のものや丸棒状のものは見た目成型方向を確認し加工することが可能であるが、板状のもので複雑な加工が必要となる場合は初期の加工段階で印を付けるなどすることで方向性を付けて置く必要がある。

6. おわりに

PTFEは化学的に不活性であり耐薬品性に優れており、広い温度範囲においても使用出来る点や固体物質中で最小の摩擦係数を持っていることから多くの用途で使用されてきた。また、金属に比べると遥かに機械加工しやすい材料であり、樹脂材料の中でも比較的柔らかく、組み合わせて使用した場合は馴染みやすい特徴のある材料でもある。

近年、精密機械の分野でも多くのPTFE加工品が使用され、それに伴い寸法精度の要求も高くなってきている。工作機械や工具の進化とともに加工技術の加速に対応していく。なお、ご使用用途に合わせた寸法精度の要求と許容値をご使用者と製作者で確認する必要がある。

7. 参考文献

- 1) バルカーハンドブック 技術編 平成22年9月
- 2) 三井・デュボンフロロケミカル株式会社
ふっ素樹脂 デュボン™ テフロン実用ハンドブック
- 3) JIS K 6884-1971



川井 成子

研究開発本部 開発部
機能樹脂製品開発グループ
樹脂第3チーム



太田 伸幸

研究開発本部 開発部
機能樹脂製品開発グループ
樹脂第3チーム

訂正とお詫び バルカーテクノロジーニュース夏号 No.31に掲載いたしました、「PTFE線膨張係数解説」3. 寸法補正計算例において誤記がございましたので、ここに訂正しお詫び申し上げます。

誤：寸法変化=1000×(100-0)×20×10⁻⁵=20 **正**：寸法変化=1000×(0-25)×20×10⁻⁵=-5
よって、0℃での長さは995mm(収縮)となる。