

経常研究

切削条件が透明アクリル樹脂の透明度に及ぼす影響

西宮 紹* 関口 康弘* 岡村 弘太*

Effect of Cutting Conditions on the Transparency of Transparent Acrylic Resin
NISHIMIYA Sho, SEKIGUCHI Yasuhiro and OKAMURA Kota

透明アクリル樹脂は切削加工の際に、加工面が曇るため、切削加工後に仕上げ加工を行っている。加工面の曇りの軽減を図り後工程の短縮化を図るため、実験計画法により、主軸回転数・1刃送り・半径方向切込量の3因子について透明アクリル樹脂の切削条件の検討を行った。透明度の評価は特性値としてヘーズと表面粗さを用いた。

その結果、ヘーズに対して回転数による影響が最も大きかったが、工具推奨条件 (5000min^{-1}) 以下では回転数による影響は小さく、ヘーズはほぼ同じ値を示した。ヘーズと表面粗さには相関性が見られた。回転数と1刃送りを工具推奨条件の 5000min^{-1} と 0.05mm/tooth にそれぞれ設定し、最も影響が小さかった切り込み量を増加させた実験を行ったが、ヘーズへの影響は小さく、切り込み量を増やすことで加工速度を早くできる可能性が示唆された。

Key Words :アクリル樹脂, 切削加工, ヘーズ, 表面粗さ

1 はじめに

近年、多くの工業製品において、その構造は複雑化しており、展示会や商談の場において自社の技術や製品の魅力を伝えるために、製造事業者は透明アクリル樹脂を用いた可視化モデルを作製し説明に活用している。また、新製品開発における流動解析や機構動作確認にも内部構造を可視化した透明アクリル樹脂モデルが使用されている。

多くの企業では透明アクリル樹脂のモデルを作製する際、加工形状や嵌合部などを精密に仕上げるため、切削加工を行っているが、加工面が曇るため、切削加工後に仕上げ加工として、薬品や研磨、熱処理などの表面処理によって加工面を平滑にし、曇りを除去している。これら後工程は工程時間の増大や、薬品使用による環境負荷、製品の形状によっては研磨が困難などの課題がある。切削条件を検討することによって、加工面の曇りを軽減できれば、これらの課題を解決できると考えられる。

既往研究としてABS樹脂の切削条件による表面粗さの評価を行った報告¹⁾や透明アクリル樹脂板にブラストショット加工を行い、表面形状とヘーズ及び光沢度の関係性を評価した報告²⁾はあるものの、切削条件がヘーズ及び表面粗さに与える影響を検討した報告は見当たらない。

そこで本研究では、加工面の曇りの軽減を図るため、透明アクリル樹脂の切削条件がヘーズや表面粗さに及ぼす影響や、曇りを軽減し、かつ切削時間を短縮するための適切な切削条件について検討した。

2 研究の方法

2.1 加工機, 被削材及び切削工具

加工機はオークマ(株)製のマシニングセンタ (MB-56VA) を用いた。工具は兼房(株)の直径 10mm 2枚刃超硬アクリルエンドミル Type2 を使用した。

被削材は(株)クラレ製の透明アクリル樹脂を用い、試験片形状は縦 50mm 、横 25mm 、厚さ 5mm の短冊状に切断し、未加工の面に対して、エアブロー使用、アップカットの側面削りを行った。

2.2 実験計画法による加工条件

切削条件のうち、主軸回転数、1刃送り、半径方向切込量を因子とし、それぞれの水準を表1に示す2水準とした。主軸回転数及び1刃送り、半径方向切込量は切削工具の推奨条件を基準に2割減を水準Aとし、2割増を水準Bとした。表1の3因子、2水準を、表2に示す実験計画法の2水準型L8直交表に割付け、表3に示す切削条件を設定した。

* 栃木県産業技術センター 県南技術支援センター

表1 各因子の水準

因子 \ 水準	推奨条件	水準A	水準B
主軸回転数 [min ⁻¹]	5000	4000	6000
1刃送り [mm/tooth]	0.5	0.04	0.06
半径方向切込量 [mm]	0.1	0.08	0.12

表2 L₈直交表

切削条件	列1	列2	列3	列4	列5	列6	列7
1	A	A	A	A	A	A	A
2	A	A	A	B	B	B	B
3	A	B	B	A	A	B	B
4	A	B	B	B	B	A	A
5	B	A	B	A	B	A	B
6	B	A	B	B	A	B	A
7	B	B	A	A	B	B	A
8	B	B	A	B	A	A	B

表3 因子と水準の設定

切削条件	主軸回転数 [min ⁻¹]	1刃送り [mm/tooth]	切り込み量 [mm]
1	4000	0.04	0.08
2	4000	0.04	0.12
3	4000	0.06	0.08
4	4000	0.06	0.12
5	6000	0.04	0.08
6	6000	0.04	0.12
7	6000	0.06	0.08
8	6000	0.06	0.12

2.3 測定方法

加工面の透明度への影響度の指標となる特性値には、ヘーズと表面粗さをを用いた。ヘーズの評価については、自記分光光度計(日本分光(株)製 V-670DS)を用いて測定を行い、可視光域(波長 400nm~820nm)の範囲で測定を行った。

使用した被削材の無加工状態でのヘーズは 15%であった。

表面粗さの評価については、表面粗さ測定器(東京精密(株)製 SURFCOM NEX031)を用いて測定を行った。測定距離 4mm で測定を行い、算術平均粗さ(Ra)と最大高さ(Rz)で求めた。

3 結果及び考察

3.1 ヘーズ測定

表3の条件で切削した試料のヘーズの測定結果を図1に示す。n = 3 で切削を行い、折れ線グラフで示したものはそれぞれの平均値である。1~4の 4000 回転で切削を行った試料は他の因子にかかわらず、大きな差は見られなかった。5~8の 6000 回転で切削を行った試料は5から8にかけて右上がりの傾向が見られ、6000 回転の場合、1刃送り及び切り込み量ともに増大するとヘーズが増大することが分かった。

得られたヘーズについて、それぞれの因子ごとの平均値を求めた結果を図2に示す。また、回帰分析を行い、各因子の影響の大きさを求めた結果を図3に示す。全ての因子で工具推奨条件に対し、2割減の条件がヘーズが低く、影響の大きさは主軸回転数、1刃送り、半径方向切込量の順で大きくなった。

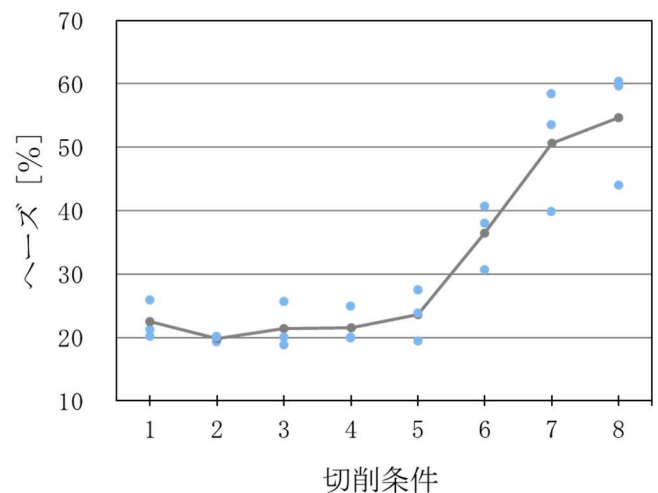


図1 各水準におけるヘーズと平均値

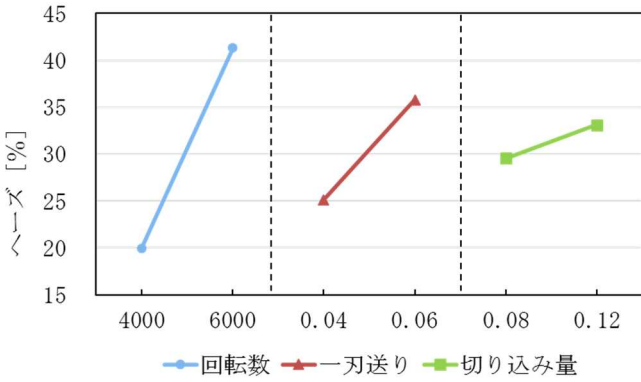


図2 各因子のヘーズの平均

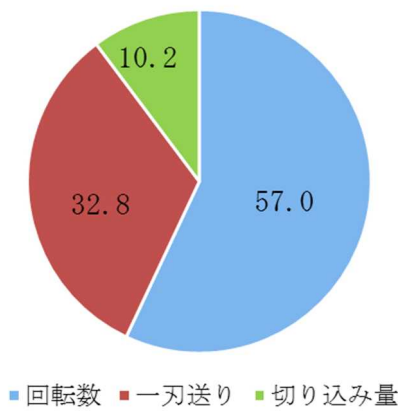


図3 各因子のヘーズに及ぼす影響の割合

3.2 ヘーズと表面粗さの関係

各切削試料の表面粗さ(算術平均粗さ及び最大高さ)とヘーズを図4に示す。表面粗さが増大すると、ヘーズが大きくなり、表面粗さとヘーズには相関関係が認められることが分かった。

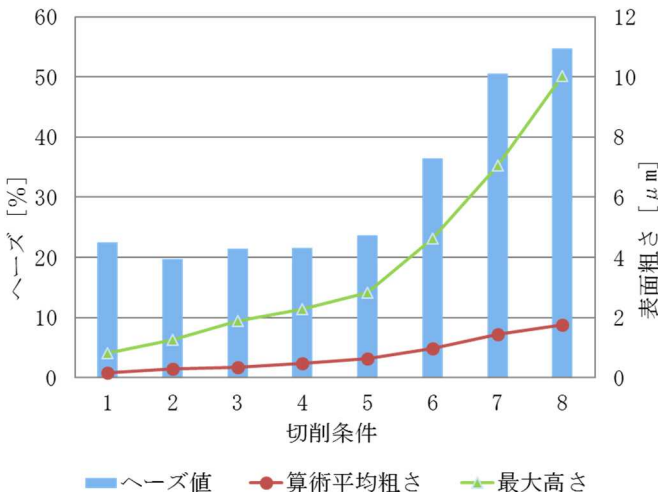


図4 ヘーズの平均と表面粗さの平均

3.3 低回転数の切削

最も影響の大きかった主軸回転数とヘーズの関係を調べるため、より低回転で切削した場合の測定を行った。通常、低回転で切削を行うと切削効率が低下するため、推奨条件の除去体積と同等になるよう条件を定め、実験を実施した。表4に切削条件を示す。

切削加工した試料のヘーズの測定結果を、表1の切削条件の結果と合わせて図5に示す。なお、ヘーズは各主軸回転数の平均値で示している。

これらの結果から、工具推奨条件である5000回転以下であれば、ヘーズに及ぼす影響は微少であり、6000回転になるとヘーズが急に大きくなることが分かった。

表4 工具推奨条件と低回転での切削条件

切削条件	回転数 [min ⁻¹]	1刃送り [mm/tooth]	切り込み量 [mm]	除去体積 [cm ³ /min]
推奨条件	5000	0.05	0.1	0.5
1-1	3000	0.03	0.17	0.51
1-2		0.048	0.11	0.528
1-3		0.06	0.09	0.54
1-4		0.072	0.07	0.504
1-5		0.02	0.25	0.50
1-6	2000	0.032	0.16	0.512
1-7		0.04	0.13	0.52
1-8		0.048	0.11	0.528

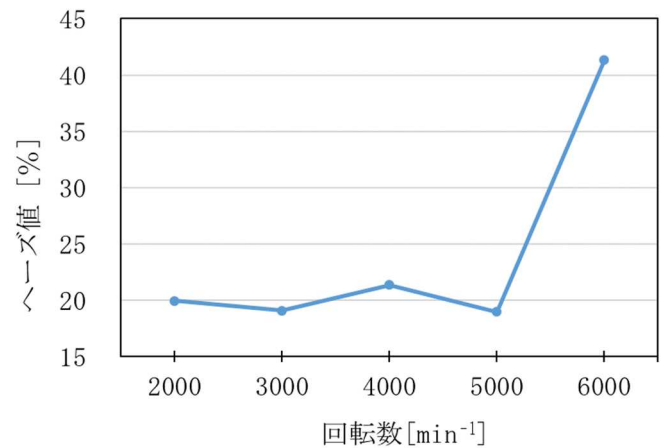


図5 各回転数におけるヘーズの平均

3. 4 半径方向切込量の影響

加工速度の増加を図るため、これまでに得られた結果から、ヘーズに及ぼす影響が最も小さい因子である切り込み量を増加させた実験を行った。主軸回転数・1刃送りは推奨値とし、表5に示す条件で実験を行った。

切削試料のヘーズの測定結果を図6に示す。切り込み量を0.05mmから0.10mmに増加した場合でも、ヘーズは0.5%程度の増加であり、工具の推奨条件より加工速度を早くできる可能性が示唆された。

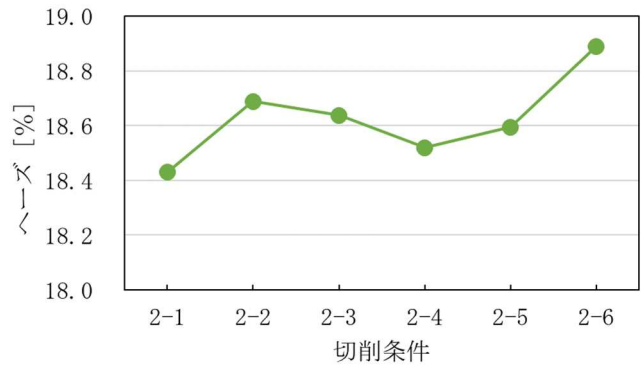


図6 5000回転におけるヘーズ

表5 5000回転での切削条件

切削条件	主軸回転数 [min ⁻¹]	1刃送り [mm/tooth]	切り込み量 [mm]
2-1			0.05(推奨値)
2-2			0.06
2-3	5000 (推奨値)	0.1 (推奨値)	0.07
2-4			0.08
2-5			0.09
2-6			0.1

4 おわりに

切削条件が透明アクリル樹脂の透明度に及ぼす影響について比較・検討した結果、以下の知見を得た。

- (1) ヘーズの増加は主軸回転数による影響が最も大きいですが、回転数が工具推奨条件(5000回転)以下では回転数による影響が極めて少ない。
- (2) 表面粗さとヘーズには相関性がある。
- (3) 工具推奨回転数では半径方向切込量を増やしてもヘーズに及ぼす影響は微少である。そのため、切り込み量を増やす事で、加工速度を上げることが出来る。

参考文献

- 1) 田中等幸, 横山哲也: "樹脂材料の適正な切削条件に関する研究", (2007)
- 2) 若林祐次, 米原牧子, 山辺秀敏, 吉田瞬, 杉林俊雄: "表面形状がアクリル樹脂板のヘーズと光沢度に与える影響", (2019)
- 3) 佐伯守彦, 安井平司, 近藤純, 川田昌樹, 細川晃: "プラスチックの超精密切削における仕上げ面粗さの実験的検討", (2001)