

歯科用透明 GF RTP 矯正ワイヤーの連続成形法の開発

日大生産工 (院) ○山本 創太郎 日大生産工 平山 紀夫
日大松戸歯学部 谷本 安浩 日大松戸歯学部 葛西 一貴
日大理工学部 青木 義男

1 まえがき

現在の歯科矯正治療では、金属製ワイヤーの張力を利用して歯を正しい位置に矯正する歯科矯正治療が主流である。しかし、この矯正治療中は、金属製ワイヤーを歯の表面に装着するため、ワイヤーが目立ち、外観を損なうという欠点がある。この欠点を解消する方法として、ガラス繊維と熱可塑性樹脂を組み合わせた透明なガラス繊維強化熱可塑性プラスチック(以下GF RTP)を金属製ワイヤーの代わりに使用する方法が考案されている¹⁾。しかしながら、この透明GF RTP矯正ワイヤーは、特性評価のための研究・試作段階であり、実際の歯科矯正治療の現場で使用する為には、自動化した連続成形による量産手法の確立が必要不可欠である。

そこで、本研究では透明GF RTP矯正ワイヤーの成形方法として、量産性に優れる2軸押出機と引抜機を使用した連続引抜成形法を適用し、四角形断面を有したGF RTPワイヤーの連続引抜成形を行い、その評価について述べる。

2 成形材料

GF RTPの母材にはポリカーボネート樹脂(三菱エンジニアリングプラスチックス株, ユーピロンH-4000及びH-3000; 以下PC樹脂と略記する), 強化材には高強度ガラス繊維(日東紡績株, T-glass繊維)を使用した。

3 連続引抜成形法

水分がPC樹脂に与える影響を考慮し、PC樹脂は真空雰囲気下 120°Cの乾燥炉で 72 時間乾燥させてから成形に使用した。また、強化材である T-glass 繊維に付着している収束材は成形品の透明度に悪影響を与えるため、強化材をアセトンに 24 時間浸し収束材を取り除く処理を行った²⁾。PC樹脂は常温下においてペレット状の固体であるため、2 軸押出機によって加熱溶解しながら金型内へ注入した。Fig.1 に示すように、ガラス繊維を引抜

機によって金型内へ引き込み、金型内で熔融したPC樹脂を含浸させた。金型は引抜方向に進むにつれて金型温度が降下し、金型内でガラス繊維に含浸した母材を冷却固化させる。成形したGF RTPは金型出口と同形状の断面を持つ任意長さのワイヤー状の成形品となる。金型出口の寸法は実際に使用されている金属製の歯科矯正ワイヤーと同寸法とし、幅 0.48 × 高さ 0.64mm である。

また、今回は、母材の冷却固化温度が成形品に及ぼす影響について調べるため、冷却固化温度を 280, 210, 110, 75°C の 4 種に変化させ成形を行った。さらに、分子量の異なる PC樹脂を用いて上記の連続引抜成形を行った際の成形品への影響も調べるため、分子量の異なる 2 種類の PC樹脂 (H-4000:平均分子量 14,500 と H-3000:平均分子量 18,500) を成形に使用した。Table 1 に、今回の成形条件をまとめて示す。

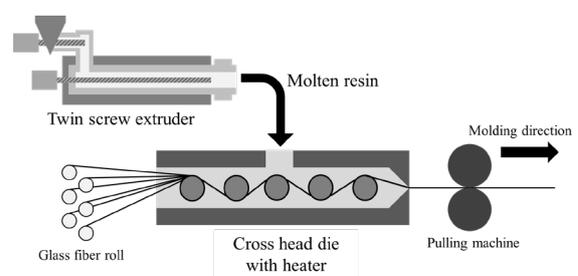


Fig.1 Schematic view of pultrusion method

4 成形品の評価ならびに考察

4.1 冷却固化温度と成形不良数の関係

各冷却固化温度で成形したGF RTPワイヤー表面を顕微鏡で観察し、繊維が飛び出すなどの成形不良が 1m 当たり何ヶ所発生しているのか測定した。その結果を Table 2 に示す。

Development of mass production method of
transparent GF RTP wires for use in orthodontics
Sotaro YAMAMOTO, Norio HIRAYAMA

Yasuhiro TANIMOTO, Kazutaka KASAI and Yoshio AOKI

Table 2 から明らかなように、冷却固化温度が 110℃以下で成形を行った場合、成形不良数が少なくなることがわかる。これは冷却固化温度 210℃と 110℃の間に PC 樹脂のガラス転移点³⁾が存在し、成形中の PC 樹脂がガラス転移点以下まで冷却され、樹脂強度が向上したために成形不良が発生しにくくなったためと考えられる。また、冷却固化温度 280℃と 210℃で成形不良数に大きな差が生じているが、こちらも同様に PC 樹脂の融点(約 250℃)を境にして、樹脂強度が大きく変化したためであると考えられる。

4.2 PC樹脂の種類による成形品への影響

今回は、分子量の異なる2種類のPC樹脂による成形を行ったが、両方とも透明性のある GFRTPワイヤーを成形することができ、どちらの成形品も、繊維含有率、空洞率に大きな違いは見られなかった。各成形品の繊維含有率、空洞率の結果をTable 3に示す。

しかし、分子量の大きいPC樹脂(H-3000)を用いた成形品には所々焦げのようなものが見られた。成形品表面の様子をFig.2に示す。これは分子量が多く熔融粘度の高い樹脂⁴⁾が2軸押出機内部に溜まった焦げを絡め取ってしまった結果ではないかと推定する。

5 まとめ

2軸押出機と引抜機を使用して、成形条件を変化させてGFRTPワイヤーの連続引抜成形を行った結果、次のような知見を得た。

- 1) 冷却固化温度を樹脂のガラス転移点以下まで下げることにより、成形不良を抑えることが可能である。
- 2) 今回行った成形条件では冷却固化温度 75℃の条件が最も成形不良数が少ない。
- 3) 分子量の多い樹脂でも連続引抜成形法によるGFRTPワイヤーの成形は行える。

6 今後の課題

今後の課題として次の2点が残されている。

- 1) 冷却固化温度以外の成形不良原因を特定し対策を行う。
- 2) 分子量の多い樹脂で成形を行った際の焦げの転写について対策を行う。

「参考文献」

- 1) 山方秀一, 飯田順一郎, 今井徹, 亙理文夫, 小林雅博, 審美性に優れた歯科矯正ワイヤーの開発, Zairyto-kankyo, Vol.51,

No.12, (2002), P555-560

- 2) 山本創太郎, 平山紀夫, 歯科用透明 GFRTP 矯正ワイヤーの連続成形法の開発, 第50回(平成29年度)日本大学生産工学部学術講演会, 4-8
- 3) 三菱エンジニアリングプラスチックス, ポリカーボネート樹脂 ユーピロン ノバレックス ザンター, https://www.m-ep.co.jp/pdf/product/iupi_nova/pc.pdf, P14
- 4) 三菱エンジニアリングプラスチックス, ユーピロン基礎物性, <https://www.m-ep.co.jp/product/brand/pg/compare.php?language=jp&choice%5B%5D=46457&choice%5B%5D=46458>

Table 1 Fabrication conditions

Resin melting temperature[°C]	300
Resin cooling temperature[°C]	280,210,110,75
Coil feeder speed[rpm]	8
Screw speed[rpm]	80
Pulling speed[mm/min]	100
Molding dimension[mm]	0.48×0.64
Vf[%]	57.3

Table 2 Molding error count

Resin cooling temperature[°C]	Resin grade	
	H-4000	H-3000
280	50	-
210	32	19
110	9	11
75	6	5

Table 3 Combustion test result

Resin grade	H-4000	H-3000
Fiber volume content[%]	56.4	55.3
Void volume content[%]	1.9	1.3

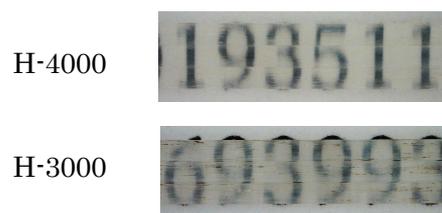


Fig.2 State of GFRTP surface