

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

1 まえがき

現在の歯科矯正治療は、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、量産性に優れた2軸押出機と引拔機を使用した連続引拔成形法を適用し、四角形断面を有した GF RTP ワイヤーの連続引拔成形を行い、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(以下 PC 樹脂; 三菱エンジニアリングプラスチック株, ユーピロン H-400), 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 連続引拔成形法

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℃の条件で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サイジング剤が成形品に及ぼす影響について調べるため、強化材をアセトンに24時間浸しサイジング剤を除去する処理を行った強化材と、未処理の強化材の2種類を成形に使用した。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融しながら金型へ注入した。

ガラス繊維を引拔機によって金型内へ引き込み、金型内で溶融した PC 樹脂を含侵後、金型出口と引拔機の間で自然冷却させて GF RTP を冷却固化させた。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程度である約 0.67×0.47mm とした。今回の連続引拔成形法の概略図を Fig.1 に示し、2軸押出機の概略図を Fig.2 に示す。Table 1 には2軸押出機の各部設定温度、コイルとスクリーウの回転速度、引拔速度、理論繊維体積含有率(V_f)を示す。

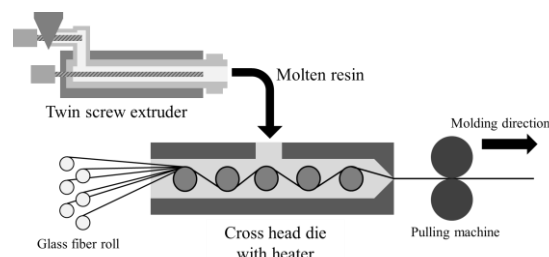


Fig.1 Schematic view of pultrusion method

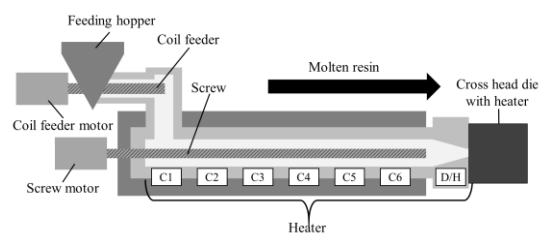


Fig.2 Schematic diagram of twin-screw extruder

Table 1 Fabrication conditions

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	D/H	Cross head die
Temperature[℃]	250	260	270	280	290	300	300	310
Coil feeder speed[rpm]					8			
Screw speed[rpm]					80			
Pulling speed[mm/min]					50	100		
V_f [%]					62			

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

4 成形品の評価ならびに考察

4.1 外観評価

成形したGF RTPの外観を確認したところ、強化材にアセトン処理を施したGF RTPと比べ、未処理の強化材を用いたGF RTPは、透明性は同等であるが、焦げのような黄変が確認された。成形品の外観をFig.3に示す。この黄変は、強化材に付着しているサイジング剤が成形時の熱により劣化したことが原因ではないかと推定した。この仮説を検証する目的で、アセトン処理を施した強化材と未処理の強化材を、300℃の炉に5分間入れ、外観変化の有無を確認した。その結果、未処理の強化材のみが茶色く変色していることが確認でき、強化材に付着しているサイジング剤が成形時の熱によって変色し、GF RTPの外観に悪影響を及ぼしていることが明らかになった。また、Fig.3では強化材にアセトン処理を施したGF RTPにも僅かな黄変が見られるが、これは樹脂の酸化劣化によるものと考ええる。

4. 2引張試験

歯科矯正ワイヤーの日本工業規格^②を元に、GF RTPを160mmにカットした試験片を各3本用意し、引張試験を行った。試験結果の平均値をTable 2とFig.4に示す。引張試験の結果、引抜速度50mm/minよりも100mm/minで成形したGF RTPの方が最大応力、弾性率が共に高い数値を示した。これは、今回強化材に使用したガラス繊維と樹脂の加熱劣化^③によるもので、引抜速度50mm/minでは強化材が金型内で加熱される時間が長いため、加熱劣化による機械的特性の低下が大きく、引抜速度100mm/minのGF RTPよりも機械的特性が低下したのではないかと考える。

5 まとめ

- 1) 樹脂の加熱温度が高い連続引抜成形では、外観向上の為に成形前にガラス繊維に付着しているサイジング剤を取り除く必要がある。
- 2) 低速での引抜成形では、ガラス繊維と樹脂の加熱劣化により、成形したGF RTPの機械的特性が低下する。

6 今後の展望

- 1) 強化材にアセトン処理を施したGF RTPでも見られた若干の黄変の原因を特定し、対策する。

- 2) 引抜速度50mm/minで成形したGF RTPの機械的特性低下の原因が、強化材の加熱劣化によるものなのか検証する。
- 3) 歯科矯正ワイヤーに求められる、曲げ剛性や最大せん断応力等の機械的特性について調査する。

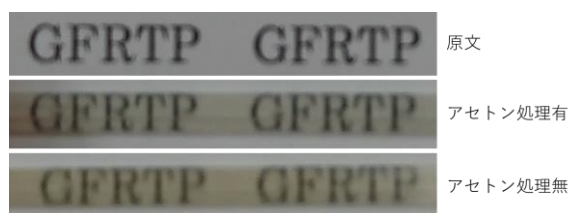


Fig.3 Transparency check

Table 2 Tensile test results

Treatment with acetone	Pulling speed [mm/min]	Maximum stress [Mpa]	modulus of elasticity [Gpa]
Yes	50	1737	44.1
None	50	1732	46.1
Yes	100	1952	49.1
None	100	2038	49.4

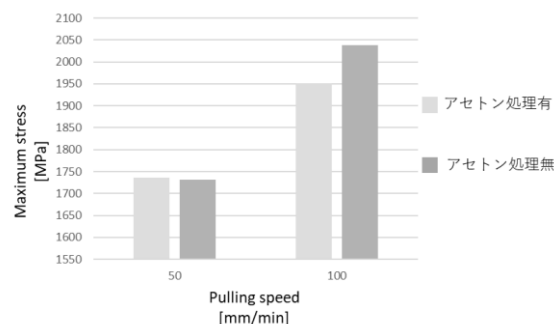


Fig.4 Maximum stress results

「参考文献」

- 1) 山方秀一, 飯田順一郎, 今井徹, 亘理文夫, 小林雅博, 審美性に優れた歯科矯正ワイヤーの開発, Zairyo-to-kankyo, Vol. 51, No. 12, (2002), P555-560
- 2) 歯列矯正ワイヤ, 日本工業規格, JIS T 6530 (2009)
- 3) 春日袈裟治, ガラス繊維の特性と応用, 繊維製品消費科学, Vol. 6 No. 4 (1995) P179-184