

# 現場重合型熱可塑性ウレタン樹脂をマトリックスとする FRTP 連続成形に関する研究

日大生産工(院) ○有働大輝 日大生産工(院) 染宮聖人 日大生産工 平山紀夫  
第一工業製薬株式会社 山田欣範 竹川淳

## 1. 緒言

近年、世界規模での温室効果ガスの排出量削減や燃料価格高騰の問題に対応するため、自動車や航空機等の構造部材の軽量化が重要な課題となっている<sup>1)</sup>。この課題を解決する手段の一つとして、繊維強化熱可塑性プラスチック(以下、FRTP)の適用があげられる。このFRTPは比強度・比剛性に優れ、二次賦形や再利用が可能であることから、金属材料に変わり構造部材として注目を集めている<sup>2)</sup>。しかしながら、FRTPの母材となる熱可塑性樹脂は、ペレットやフィルムなどの高分子状態で供給される。そのため熔融時の粘度は熱硬化性樹脂と比較して非常に高く、連続繊維への含浸・成形には高温・高圧の成形設備が必要であり、製造コストが高くその用途は限定的である<sup>3)</sup>。

そのため最近では、一般的な熱可塑性樹脂とは異なり、成形時の繊維への樹脂含浸工程には低分子で低粘度液状を保ち、繊維へ含浸後は速やかに直鎖状の高分子状態へと重合する現場重合型熱可塑性樹脂が新たに開発されている。

本研究では、新規に現場重合型の熱可塑性ウレタン樹脂(以下、PU樹脂)を開発し、高い生産性を実現できるシート状一方向強化連続繊維プリプレグ(以下、PU-プリプレグ)の連続引抜成形法を考案した。さらに、PU-プリプレグ成形時にPU樹脂配合比やPU-プリプレグ成形後加熱条件を変化させてガラス繊維を強化材としたFRTP(以下、PU-GFRTP)と炭素繊維を強化材としたFRTP(以下、PU-CFRTP)を成形・試作し、その機械的特性を評価することで、各成形条件がFRTPの機械的特性及ぼす影響について調査を行った。

## 2. 成形方法

### 2.1 母材樹脂と強化剤

FRTPの母材樹脂としてPU樹脂(第一工業製薬株, H-6FP22-2)を用いた。一方、強化材にはガラス繊維ロービング(日東紡績株, RS 110QL-483AS)ならびに炭素繊維ロービング(東レ株, T700SC-24k-60E)を用いた。

### 2.1 PU-プリプレグ成形

本研究で使用する連続引抜成形機を図1に示す。PU樹脂は、主剤と硬化剤の2液を短時間で混合させる必要があるため、配合比に応じた樹脂量を定量送液ポンプにて送液し、スタティックミキサーを通過させることで混合する。混合後は、ガラス繊維ロービングの表面に樹脂を滴下させ、常温下で含浸用金型を用いて繊維を引き抜きながら含浸させる。含浸用金型は内部にテーパがついており、断面積比によって樹脂を繊維に含浸させる構造となっている。PU樹脂は、混合した瞬間から重合反応が始まるため、連続的な引抜成形を行うには、ポットライフに達する前に新たな樹脂を供給し続け、滞留する樹脂を流し出す必要がある。そこで樹脂を滴下させる部分を各金型前の2ヶ所に分け、新たな樹脂を供給し続け、滞留する樹脂の流動を促した。

賦形用金型は、繊維投入口付近で滞留する樹脂の流動を保つため、水冷管を設け、25℃付近を保つようにした。また、金型とPU-プリプレグの離型性を考え、加熱ヒータ棒と接するアルミニウム合金部と成形品と接するPTFE部の2つの部品により型を構成した。金型入口から出口にかけて70℃から120℃の温度分布を持った型内で、幅14~15mm、厚さ0.5~0.7mm、繊維体積含有量( $V_f$ )が60%のPU-プリプレグになるように調整して成形した。

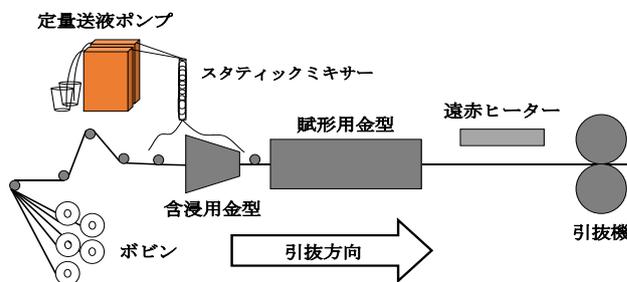


図1 連続成形機概略図

Study on continuous molding of FRTP prepreg with *in-situ* polymerized thermoplastics urethane resin as matrix

Taiki UDOU, Masato SOMEMIYA, Norio HIRAYAMA  
Yoshinori YAMADA, Tadashi TAKEKAWA

## 2.2 PU-FRTP 成形

本研究で製作した PU-プリプレグは、連続成形機内だけでは PU 樹脂の硬化に必要な加熱時間が確保できない。そのため PU-プリプレグを用いて FRTP (以下、PU-FRTP) を製作する際には以下 2 つの追加の加熱条件を設けた。

- ① プリプレグ成形後に乾燥炉にて 1 時間の追加加熱を行ったのちプレス機にて二次硬化を行う。
- ② プリプレグ成形後に加熱を行わず 30 分以内にプレス機による二次硬化を行う。

以上の条件を踏まえた PU-FRTP 成形条件を表 1 に示す。樹脂剤配合比は、 $\alpha$  の配合比に対して  $\beta$  の配合比は B 剤を少し多く添加した配合比となっている。

## 3. 試験

### 3.1 静的 3 点曲げ試験

本研究では PU-GFRTP, PU-CFRTP の 2 種類の FRTP に対して静的 3 点曲げ試験を行った。試験はそれぞれ JIS K7017, JIS K7074 に準拠して行った。試験片寸法は、PU-GFRTP は全長 60mm, 幅 15mm, 板厚 2mm, PU-CFRTP は全長 100mm, 幅 15mm, 板厚 2mm とした。試験機は万能試験機 (株島津製作所, AG-25TB) を使用し、試験速度は PU-GFRTP は 1mm/s, PU-CFRTP は 5mm/s で行った。

### 3.2 光学顕微鏡による断面観察

試作した PU-FRTP の含浸状態を評価するために、光学顕微鏡による断面観察を行った。断面観察は、光学顕微鏡 (GX51, OLYMPUS) を使用して倍率 20 倍で行った。

## 4. 結果および考察

成形した PU-GFRTP ならびに PU-CFRTP の各成形条件における曲げ試験結果を図 2(a), (b) に示す。これらの図からわかるように、どちらの PU-FRTP も樹脂の配合比が B 剤を多く添加したプリプレグを使用し、2.2②の方法で二次硬化を行った条件のものが高い曲げ強度を示した。また、PU-GFRTP の条件 1 と条件 4 を比較すると、条件 1 が 1248MPa に対して条件 4 は 1640MPa であり、条件 4 は約 24% 強度が高くなった。これは硬化剤である B 剤を多く添加することで、イソシアネート基が相対的に増加し、2 次硬化時におけるプリプレグ材同士の化学的結合が改善されたためと考えられる。

図 3, 図 4 には、各 FRTP の断面観察の結果を示す。これらの図から成形品内に大きなボイドは確認されず、200°C 10 分という短時間のプ

レス成形でも十分にプリプレグ同士が溶着し、品質の高い FRTP の成形ができると推測される。

## 5. 結言

本研究では、PU 樹脂を用いて連続引抜成形を行い PU-FRTP を成形し、機械的特性の比較・評価を行った。その結果、以下の結論が得られた。PU-FRTP の成形には、PU 樹脂配合比を変更し、成形したプリプレグを 30 分以内にプレスを行うことで強度の高い FRTP を成形できる。

### 参考文献

- 1) 鈴木茂樹, 自動車用材料の研究開発動向, 日本ゴム協会誌, 80,5(2007),p.172-1783
- 2) 金原勲, FRP 技術の新展開(概論), 日本船舶海洋工学会誌, 26(2009),p.2-9.
- 3) 中村ら, 現場重合型ポリアミド 6 をマトリックスとする FRTP の機械的特性, 日本複合材料学会誌 35,5 (2009), p.195-202.

表 1 PU-FRTP の成形条件

No.		1	2	3	4
使用樹脂		H-6FP22-2			
樹脂配合比	A 剤 : B 剤	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
プリプレグ加熱温度	°C	120			
プリプレグ加熱時間	h	1	1	0.05	0.05
プレス温度	°C	200			
プレス時間	min	10			

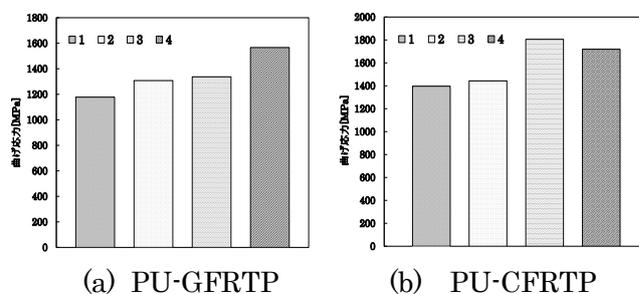


図 2 曲げ強度の測定結果



図 3 PU-GFRTP 断面観察結果



図 4 PU-CFRTP 断面観察結果