

現場重合型 PA6 を用いた CFRTP シートの機械的特性向上に関する研究

日大生産工(院) ○吉岡 海翔 日大生産工 平林 明子 平山 紀夫
名古屋大 石川 隆司 井沢 省吾

1. 緒言

近年、粘度が低いモノマーの状態では繊維に含浸可能な現場重合型ポリアミド6(PA6)が開発され、強化材に連続繊維を用いた複合材料である炭素繊維強化熱可塑性プラスチック(CFRTP)が自動車の構造部材への使用が検討されている。現在、現場重合型樹脂を用いたCFRTP中間基材の連続成形法を開発しているが未反応モノマー残存率の値は約5.5%であり、VaRTM法を用いた先行研究¹⁾の0.4%、ガラス繊維を強化材とした引抜成形²⁾の1.8%と比較して高い値となっていた。その原因として、PA6が開環重合する際に炭素繊維のサイジング剤や空気中の水分により重合阻害を起こしている事が考えられる。そこで本研究では、連続成形に用いる繊維の乾燥条件および重合反応を促進させる金型の温度の条件を検討し、その結果について発表する。

2. 成形方法

2.1 使用材料

母材にはナガセケムテックス(株)の現場重合型PA6を用いた。この製品は樹脂A, Bの二種類があり、 ϵ -カプロラクタムに触媒を混合したものを樹脂A、 ϵ -カプロラクタムに活性剤を混合したものを樹脂Bとし、それらを溶解、攪拌することで重合反応を起こし、PA6となる。強化材には帝人(株)のHTS40-F22-12000を用いた。この製品のサイジング剤にはポリウレタン(PU)が使用されている。炭素繊維の物性をTable1に示す。

Table1 Physical properties of carbon fiber

Name	Tex	Tensile modulus of elasticity [GPa]	Density [g/cm ³]
HTS40-12000	800	240	1.77

2.2 炭素繊維ロービング開繊条件

炭素繊維ロービングに付着したサイジング剤を除去するため、繊維開繊装置を用い、繊維に張力を掛けながら温水中でサイジング剤の除去を行うと共に、繊維幅15mmに開繊を行う。開繊を行なった繊維は湿度36%のデシケーターにて保管した。繊維開繊装置の図をFig.1に示す。



Fig.1 Fiber opening machine

2.3 CFRTP シート連続成形方法

Fig.2 に示した図より、乾燥窒素を充填させたアクリルボックス内(①)に開繊繊維をセットし、ダクト内(②)、金型(③)の順に繊維を通し、引取機(④)にて引き取ることで成形を行う。樹脂含浸は金型入り口直前で樹脂供給装置(⑤)を用い、樹脂を溶解、攪拌し繊維上に滴下させる。成形した CFRTP シートを Fig.3 に示す。



Fig.2 Molding equipment

Development of mechanical properties of CFRTP sheet using in-situ polymerization type PA6
Umuto YOSHIOKA, Akiko HIRABAYASHI, Norio HIRAYAMA
Takashi ISHIKAWA and Shogo IZAWA



Fig.4 Molded CFRTP

3.未反応モノマー残存率

3.1未反応モノマー残存率測定方法

未反応モノマーが湯に溶けることを利用し、成形したCFRTPシートを切断した後、24時間真空乾燥を行った重量(M0)、72時間浸水後に72時間真空乾燥を行った重量(M1)を測定し、式(3.1)より未反応モノマー残存率(Mu)を算出する。また未反応モノマーは成形品内の樹脂からのみ流出するため、正確な比較のため成形品の繊維体積含有率(Vf)は48[%]一定として成形を行った。

$$Mu = \frac{M0 - M1}{M0} \times 100[\%] \quad (3.1)$$

3.2 未反応モノマー残存率測定結果

繊維の乾燥条件を検討するため金型内に入る直前にダクト内部にて温風乾燥を行った繊維と温風乾燥を行わずに湿度36%で保管した繊維の比較、金型温度条件を検討するために金型温度220℃と240℃の比較の4条件にて成形を行い、未反応モノマー残存率の比較を行った。結果をFig.4に示す。

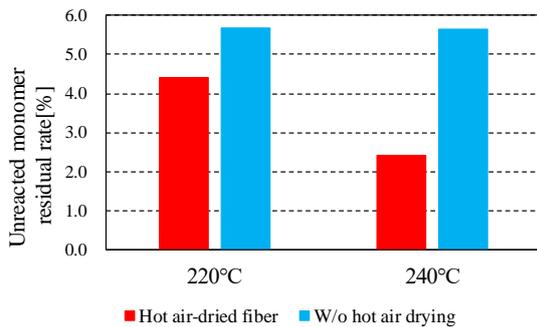


Fig.4 Content of unreactive monomer

Fig.4の結果より、金型温度220℃かつ温風乾燥を行なった繊維と湿度36%で保管した繊維の未反応モノマー残存率はそれぞれ4.41[%]と5.67[%]となり、温風乾燥を行なった場合の未反応モノマー残存率が22%低い

値となり、温風乾燥の効果が確認できた。また、金型温度240℃かつ温風乾燥を行なった繊維湿度36%で保管した繊維の未反応モノマー残存率はそれぞれ2.40[%]と5.65[%]となり、温風乾燥を行なった場合の未反応モノマー残存率が半分以下となり、温風乾燥は効果的であることが明らかとなった。

次に、温風乾燥を行った繊維を対象とし金型温度で比較すると、240℃で成形したCFRTPの未反応モノマー残存率は220℃で成形したCFRTPの未反応モノマー残存率に比べ半減している。理由として、本成形のように薄板状の中間基材の成形では、220℃では重合に必要な反応熱が足りておらず、240℃で加熱を行うことで樹脂の重合反応が促進されたためと考えられる。よって金型温度はより高温の240℃が最適であると考えられる。しかし、220℃、240℃での温風乾燥を行わなかった成形品を比較すると未反応モノマー残存率の値に変化が無い事が分かる。その理由として、炭素繊維が金型内部に入る直前に樹脂を滴下させ含浸を行なっているため、水分を微量に含んだ繊維に触れた際に樹脂に含まれる触媒がその機能を失い、金型内部で加熱する以前に重合阻害を起こしているため未反応のモノマー量が増加したと考えられる。

4. 結言

本研究では連続成形に使用する炭素繊維の乾燥条件及び成形時の金型温度条件の比較、検討を行った。

- ① 炭素繊維を成形直前に熱風乾燥を行うことで繊維内に含まれる水分を除去し、重合阻害を防ぐことで未反応モノマー残存率の低下に成功した。
- ② 金型温度を上昇させることで重合反応をより促進させ、未反応モノマー残存率を低下させることに成功した。

5. 謝辞

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務の結果得られたものです。ここに感謝の意を記します

6. 参考文献

- 1)中村幸一, 平山紀夫, 西田裕文: 日本複合材料学会誌, 35, 5(2009), 195-202
- 2)藤木孝郎: 平成26年度修士論文(未公刊)