

CFRTP の引抜成形における金型表面改質の影響

日大生産工(院) ○仰木 虹一郎 日大生産工 平林 明子 平山 紀夫

1. 緒言

炭素繊維強化熱可塑性複合材(CFRTP)は、軽量、高強度、高剛性であることから、自動車分野をはじめ、各種構造材として採用が検討されている。CFRTP の成形法は各種検討されているが、近年では、現場重合型のモノマーを用いて CFRTP を引抜成形する手法が検討されている。引抜成形法とは、強化材に樹脂を含浸させたものを金型内に引き込み、金型内で加熱硬化して繊維強化複合材を得る連続成形法¹⁾である。引抜成形法は、「長さ方向に強度および弾性率の大きい製品が得られる」「連続成形であり、自動化が可能である」「補強繊維はロービングを主とし材料費が比較的安価である」という長所がある。一方、金型内で賦形、硬化させるために、樹脂の硬化・重合時間に見合う金型長さが必要になるため、引抜成形品と金型表面との摩擦抵抗により、引抜抵抗が大きくなる²⁾という短所がある。特に高速化を図る際は金型長さを長くする必要があり、引抜抵抗はさらに大きくなる。引抜成形法では、添加剤の添加量、添加材の粒径³⁾、金型温度⁴⁾を評価し、引抜抵抗を小さくする検討が報告されている。しかし、金型表面改質による引抜抵抗低減の効果についてはほとんど公表されていない。

本研究では、現場重合型樹脂を母材とする CFRTP の引抜成形における金型表面性状と引抜抵抗の関係を評価し、適切な金型表面性状を明らかにすることを目的とし、本報告では、引抜抵抗の評価方法について検討した結果について述べる。

2. 評価方法概要

引抜抵抗の評価方法は、「試験片成形、引抜抵抗測定試験」、二つの手順を順番に行う。本研究では、成形時の外乱の影響を排除するため、実際の引抜成形における牽引力を測定するのではなく、引抜抵抗を測定する目的の簡易金型を設計試作し、引抜成形法により連続繊維を引き込み、型内で加熱重合させる。通常の引抜成形では連続的に成形を行うが、本研究では重合過程で成形を停止し、金型を含めて試験片とする。

次に、引抜抵抗測定試験では、成形した試験片を、引張試験機に取付け、成形した複合材を金型から引抜く際の荷重(引抜抵抗)を測定する。本手法では実際の引抜成形時の引抜抵抗を計測することはできないが、金型内の材料の重合時に引抜抵抗が増大すると仮定し、金型表面性状による違いを明らかにすることを目的とする。従って実際の引抜成形時には金型は加熱されているが、本手法で示す引抜抵抗測定試験は常温にて行う。

3. 使用材料

母材は、現場重合型PA6(ナガセケムテックス(株))を用いた。現場重合型PA6は、εカプロラクタムに触媒および活性剤を添加し、110°Cで溶融後、攪拌し、150°C以上の温度化で重合するが、空気中の水分で活性剤が失活するため、注意が必要である。強化材には、炭素繊維ロービング(HTS40-F22-12K、帝人(株))を用いた。

4. 評価方法

4.1 試験片成形

先行研究⁵⁾の引抜成形を参照し、幅5mm厚さ0.2mmのCFRTPを成形可能な長さ100mmの簡易金型を設計・試作した。成形引抜時の概略図をFig.1に示す。また、成形条件をTable1に示す。成形の工程は、「加熱、引抜、保温、冷却」の四工程である。金型を成形温度まで加熱後、110°Cに溶融混合した現場重合型PA6を後述する含浸部に供給すると同時に繊維を引抜く。金型出口から樹脂が含浸した炭素繊維を確認した後、引抜を停止する。保温工程では、引抜停止後、加熱時の温度で30分間保温を行う。保温により、樹脂を完全に重合させる。冷却工程では保温後、金型温度が40°C以下になるまで冷却を行う。

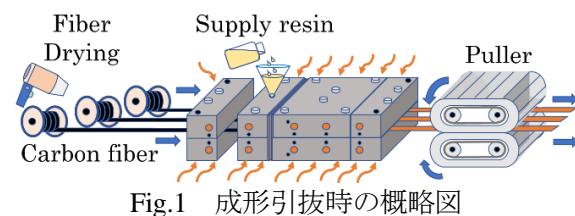


Fig.1 成形引抜時の概略図

Table1 引抜成形条件

| | |
|---------------|------|
| 繊維加熱部温度 [°C] | 180 |
| 含浸部温度 [°C] | 90 |
| 成形部温度 [°C] | 160 |
| 引張部温度 [°C] | 160 |
| 成形速度 [mm/min] | 160 |
| 繊維体積含有率 [%] | 45.2 |

4.2 金型

金型は、繊維加熱部、含浸部、断熱材、成形部、引張部から構成される。成形時の金型構成をFig.2に示す。繊維加熱部(1)は、温度低下により重合阻害を防止するために設け、含浸部(2)では、投入口から供給された混合樹脂を内部で繊維に樹脂を含浸させる。断熱材(3)は成形部温度が含浸部に伝導しないように設け、成形部(4)で樹脂を重合する。この成形部の内面は、現状はフライス加工面であるが、今後、異なる表面加工を施し評価する試験片本体となる。寸法は上下とも、幅112mm、長さ100mm、厚さ30mmである。引張部(5)は、引抜抵抗を測定する際、引張試験機にチャックするCFRTP部分を成形するための金型（長さ40mm）である。CFRTP成形部寸法は、ロービング1本を強化材として繊維体積含有率50%とするため、幅5mm、深さ0.2mmとした。成形部は3本製作し、同一条件での引抜抵抗測定試験を3回行える仕様とした。

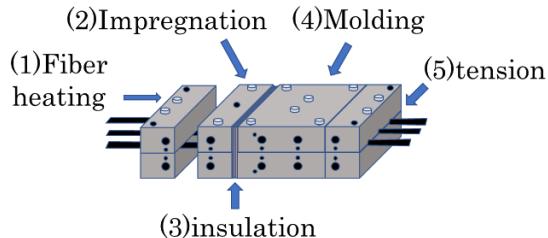


Fig.2 金型構成概略図

4.3 引抜抵抗測定方法

上記に記載した冷却工程後、成形部金型のみの状態にし、試験用治具に固定する。固定後、引張試験機（LSC-1/30-2、東京試験機(株)）にて、引抜抵抗評価を行う。引抜抵抗評価試験時の概要図をFig.3に示す。試験機の測定範囲は1000Nであり、引抜速度1mm/minにて試験した。測定された最大荷重を引抜抵抗、金型内面の面積で除した値を引抜抵抗率と定義する。本報告では、同一成形において得られた3本のCFRTP（No.1～No.3）に対し、チャック方法をそれぞれ変更して試験を実施した。No.1は簡

便に試験を実施するために、一般的にCFRTPの引張試験に使用されるアルミタブを接着せず、CFRTPを直接試験機のつかみジグでチャックして試験を実施した。No.2はアルミタブを接着し、試験を実施した。No.3はアルミタブを使用するが接着はせず、CFRTPを挟むだけで試験を実施した。

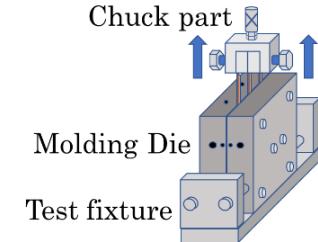


Fig.3 引抜抵抗評価試験概要図

5. 結果

引抜抵抗測定試験の結果をTable2に示す。No.1に関しては、引抜抵抗が引張試験機の測定範囲を超えてしまい測定不能であったが、試験後にチャック部を観察した結果、CFRTPが損傷しており、正しく計測できない可能性が示唆された。No.2、No.3は同様の結果が得られているが、試験数を増やし、より安定した結果となる試験方法を追求する。

Table2 引抜抵抗測定結果

| No. | 1 | 2 | 3 |
|-------------------------------|-------|-------|--------------|
| ストローク [mm] | 1.49 | 1.11 | 1.27 |
| 引抜抵抗 [N] | 1018 | 975 | 932 |
| 引抜抵抗率 [N/mm ²] | 0.979 | 0.973 | 0.896 |
| チャック部 CFRTP処理 | タブ無 | タブ有 | タブ有 (接着無) |

6. 結言

本研究では、引抜成形金型に生じる引抜抵抗を明らかにすることを目的に、その評価方法について検討した。本報告では、評価用金型を設計試作し、引張試験機により引抜抵抗を測定できることを確認した。

本報告で示した金型は、同じ寸法の成形部金型を複数製作しており、今後、成形部分の表面に異なる加工を行うことで、金型表面性状と引抜抵抗の関係を評価する。

参考文献 省略