

熱硬化性樹脂概論

講師 藤井 善通

1. 身の回りの高分子材料について(0:00~18:45)

衣類：_____（衣服），_____（毛布），_____（靴下）

工業資材：_____ ゴム＋有機繊維 or 無機繊維
_____ ゴム＋金属 or 有機繊維
_____ 表面はゴム，強化するために袋状の繊維

複合材料に用いる熱硬化性樹脂の種類

_____（常温で_____）硬化剤を加えて固める

エポキシ樹脂＋ガラス繊維 or 炭素繊維（高強度且つ絶縁性）

成形品例：電気用の部品，ゴルフシャフト，回路盤，ボーイング787

_____（常温で_____）硬化剤を加えて固める

ポリエステル樹脂＋ガラス繊維（耐食性，断熱性，綺麗な表面光沢）

成形品例：造形物，ヨット，浴槽

複雑な形状も容易に成形が可能である．ガラス繊維で補強することで高強度となる．

成形が容易（加熱が不要，圧力も不要）

_____（室温で_____）熱を加えて成形を行う．

フェノール樹脂＋ガラス繊維（耐熱性，断熱性）

成形品例：鍋のフタ，工業部品，電気絶縁用部品

加熱や加圧して成形を行う，高温に対して強い

Note

熱硬化性樹脂概論

講師 藤井 善通

2. ポリマーとは？(18:46~32:17)

直鎖上の同じ構造が連なった状態で_____を行っているもの。

一般的にポリマーが_____繰り返されているものを高分子と呼ぶ。

長くなると粘度が高くなり_____となる。短くすると_____や_____となる。

実際には縮れたり、固まった状態となって存在している。

熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂の比較

熱可塑性樹脂

線状高分子（固体）を加熱し、圧力を加え、
流れる状態（液体）とする。

型を冷却（固体）し、固める。

- ・ _____（成形の構造のまま）
- ・ _____（結晶化がある）

の2種類がある。

結晶構造の方が_____が高く、結晶化をコントロールして剛性を向上させる。

粘度が高いため成形が難しい。

（高温と高圧力を必要とする）

再加熱により再利用することができるため、_____が高い。

熱硬化性樹脂

室温で低粘度の_____と_____を混ぜることにより、_____が起こる。重合反応により液体から固体へと変化する。

ばらばらの分子が一つの分子となる。三次元の_____を作る。

このポリマーは荷重を伝達することができる。形を保つことができる

一度硬化した熱硬化性樹脂は高温状態でも_____。分解が生じる。

Note

熱硬化性樹脂概論

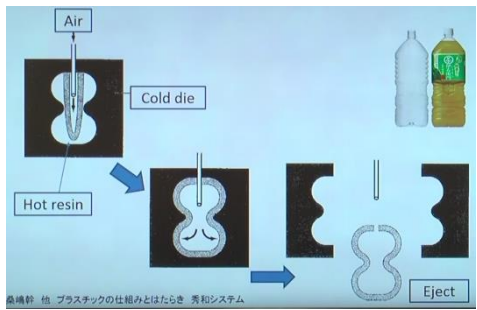
講師 藤井 善通

3. 熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂の成形について (32:18～51:01)

熱可塑性樹脂では、融点以上の温度で溶融させて成形する必要がある。
ガラス転移温度以下では剛性が高く、温度が高くなるとゴムのようになくなる。
プラスチックは温度が高くなると_____が大きく低下する
この現象を利用して、成形を行っている。

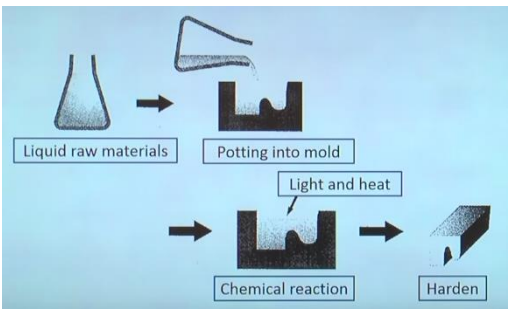
Key words: Tg: _____, Tm: _____

熱可塑性樹脂の成形プロセス



加熱溶融した樹脂を金型へ流し込み、高圧の_____を入れる。
型の形状に沿って樹脂が膨らむ。その後、型を_____し、脱型を行い、成形物を取り出す。

熱硬化性樹脂の成形プロセス



原材料は_____のため、オープンモールドでも成形が可能である。硬化剤の添加や_____により化学反応を起こし、液体から固体へと変化させる。硬化したものを成形物として取り出す。

熱硬化性樹脂の成形法 1. _____→2. _____→3. _____

- _____：型の形状に沿った状態で繊維を形づける。
- _____：繊維表面の空気を追い出し、樹脂を含浸させる。
- _____：賦形・含浸を終えてから樹脂を硬化させ、成形物を作る。

複合材料では、強化繊維と樹脂の_____が重要である。
反応速度を温度や硬化剤の量を調整し、コントロールする。

Note

熱硬化性樹脂概論

講師 藤井 善通

4. マトリックス樹脂の役割について(51:02~1:07:28)

- ・強化材である繊維をつかみ，形状を保つ．
- ・強化繊維の荷重伝達を有効にする．

十分に樹脂と繊維が _____ できることが重要である．

製品の品質は樹脂の粘度，温度，硬化剤，添加物の組合せで決定する．

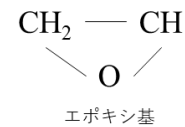
エポキシ樹脂

エポキシ基が両端にあれば，反応が起こり，巨大分子となる．

多官能のエポキシと硬化剤がイオンの反応することで3次元の _____ を作ることができる．

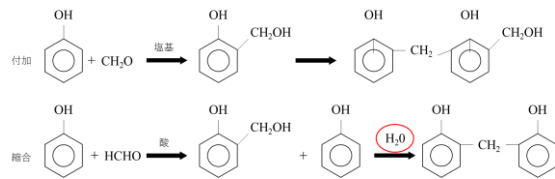
エポキシ樹脂の硬化剤には2つのタイプがある

_____ (反応性が良い)， _____ (高温用途に用いられる)



フェノール樹脂

- ・ _____ により水が出てくる．
- ・ _____ に非常に優れている．
- ・ 高温状態での成形が必要となるため，金型が必要となり大型製品は作れない



ポリエステル樹脂

- ・ _____， _____ で硬化反応が起こる
- ・ _____ という活性な反応が起こるため，硬化が起こる．
- ・ 大型製品の成形に適している．



Note

熱硬化性樹脂概論

講師 藤井 善通

1. 身の回りの高分子材料について

衣類 ポリエステル繊維 (衣服), アクリル繊維 (毛布), ナイロン繊維 (靴下)

工業資材 自動車用タイヤ ゴム＋有機繊維 or 無機繊維

高圧用のホース ゴム＋金属 or 有機繊維

電 線 表面はゴム, 強化するために袋状の繊維

・ 複合材料に用いる熱硬化性樹脂の種類

エポキシ樹脂 (常温で液体) 硬化剤を加えて固める

エポキシ樹脂＋ガラス繊維 or 炭素繊維 (高強度且つ絶縁性)

成形品例: 電気用の部品, ゴルフシャフト, 回路盤, ボーイング 7 8 7

ポリエステル樹脂 (常温で液体) 硬化剤を加えて固める

ポリエステル樹脂＋ガラス繊維 (耐食性, 断熱性, 綺麗な表面光沢)

成形品例: 造形物, ヨット, 浴槽

複雑な形状も容易に成形が可能である. ガラス繊維で補強することで高強度となる.

成形が容易 (加熱が不要, 圧力も不要)

フェノール樹脂 (室温で粉体 (固体)) 熱を加えて成形を行う.

フェノール樹脂＋ガラス繊維 (耐熱性, 断熱性)

成形品例: 鍋のフタ, 工業部品, 電気絶縁用部品

加熱や加圧して成形を行う, 高温に対して強い

Note

熱硬化性樹脂概論

講師 藤井 善通

2. ポリマーとは？

直鎖上の同じ構造が連なった状態で重合を行っているもの。

一般的にポリマーが数百回繰り返されているものを高分子と呼ぶ。

長くなると粘度が高くなり固体となる。短くすると液体や気体となる。

実際には縮れたり、固まった状態となって存在している。

熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂の比較

熱可塑性樹脂

線状高分子（固体）を加熱し、圧力を加え、
流れる状態（液体）とする。

型を冷却（固体）し、固める。

- ・ アモルファス（成形の構造のまま）
- ・ 結晶構造（結晶化がある）

の2種類がある。

結晶構造の方が弾性率が高く、結晶化をコントロールして剛性を向上させる。

粘度が高いため成形が難しい。

（高温と高圧力を必要とする）

再加熱により再利用することができるため、リサイクル性が高い。

熱硬化性樹脂

室温で低粘度の主剤と硬化剤を混ぜることにより、重合反応が起こる。重合反応により液体から固体へと変化する。

ばらばらの分子が一つの分子となる。三次元の網目状態を作る。

このポリマーは荷重を伝達することができる。形を保つことができる

一度硬化した熱硬化性樹脂は高温状態でも溶けない。分解が生じる。

Note

熱硬化性樹脂概論

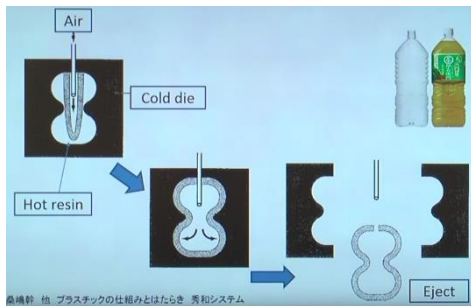
講師 藤井 善通

3. 熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂の成形について (32:18～51:01)

熱可塑性樹脂では、融点以上の温度で溶融させて成形する必要がある。
ガラス転移温度以下では剛性が高く、温度が高くなるとゴムのようになくなる。
プラスチックは温度が高くなると弾性率が大きく低下する
この現象を利用して、成形を行っている。

Key words: Tg: ガラス転移温度, Tm: 融点

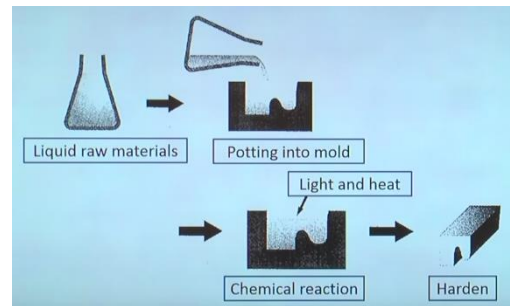
熱可塑性樹脂の成形プロセス



加熱溶融した樹脂を金型へ流し込み、高圧の空気を入れる。

型の形状に沿って樹脂が膨らむ。その後、型を冷却し、脱型を行い、成形物を取り出す。

熱硬化性樹脂の成形プロセス



原材料は液体のため、オープンモールドでも成形が可能である。硬化剤の添加や光・熱により化学反応を起こし、液体から固体へと変化させる。硬化したものを成形物として取り出す。

熱硬化性樹脂の成形法 1.賦形→2.含浸→3.硬化

賦形：型の形状に沿った状態で繊維を形づける。

含浸：繊維表面の空気を追い出し、樹脂を含浸させる。

硬化：賦形・含浸を終えてから樹脂を硬化させ、成形物を作る。

複合材料では、強化繊維と樹脂の接着性が重要である。

反応速度を温度や硬化剤の量を調整し、コントロールする。

Note

熱硬化性樹脂概論

講師 藤井 善通

4. マトリックス樹脂の役割について(51:02~1:07:28)

- ・強化材である繊維をつかみ，形状を保つ．
- ・強化繊維の荷重伝達を有効にする．

十分に樹脂と繊維が接着できることが重要である．

製品の品質はマトリックス樹脂の粘度，温度，硬化剤，添加物の組合せで決定する．

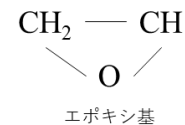
エポキシ樹脂

エポキシ基が両端にあれば，反応が起こり，巨大分子となる．

多官能のエポキシと硬化剤がイオンの反応することで3次元の網目構造を作ることができる．

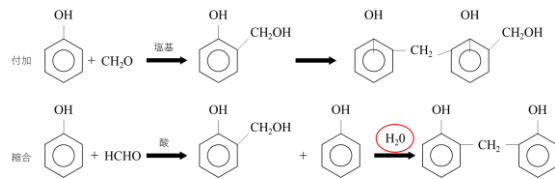
エポキシ樹脂の硬化剤には2つのタイプがある

アミン（反応性が良い），酸無水物（高温用途に用いられる）



フェノール樹脂

- ・縮合反応により水が出てくる．
- ・耐熱性に非常に優れている．
- ・高温状態での成形が必要となるため，金型が必要となり大型製品は作れない



ポリエステル樹脂

- ・常温，常圧で硬化反応が起こる
- ・ラジカル反応という活性な反応が起こるため，硬化が起こる．
- ・大型製品の成形に適している．



Note