

第1章 CFRTPの製法と成形

第1節 CFRTPの製法と成形

1. 成形材料の選択
 - 1.1 マトリックス樹脂
 - 1.2 繊維長と成形品の特性
 2. 射出成形用ペレット
 - 2.1 短繊維ペレット
 - 2.1.1 短繊維ペレットの製法
 - 2.1.2 特徴
 - 2.2 長繊維ペレット
 - 2.2.1 長繊維ペレットの製法
 - 2.2.2 成形性良好な長繊維ペレット
 - 2.3 ペレットの成形方法
 3. 不連続繊維プリプレグ
 - 3.1 熱可塑SMC
 - 3.1.1 熱可塑SMCの製法
 - 3.1.2 新規スタンパブルシート基材
 - 3.2 成形方法
 4. 連続繊維プリプレグ
 - 4.1 連続繊維プリプレグの製法
 - 4.1.1 熔融法(ホットメルト法)
 - 4.1.2 溶剤法(ウエット法)
 - 4.1.3 パウダー法
 - 4.1.4 樹脂フィルム含浸法
 - 4.1.5 混織法
 - 4.2 成形方法
 - 4.2.1 プレス成形
 - 4.2.2 オートクレープ成形
 - 4.2.3 ダイレクトコンソリデーション
- ### 第2節 連続繊維CFRTP/TEPEXの製法と成形法
1. TEPEX
 - 1.1 プロフィール
 - 1.2 製法
 - 1.3 TEPEXの種類
 - 1.4 スタンダード材料
 - 1.5 材料のカスタマイズ可
 2. 特徴
 3. TEPEXの選択方法
 - 3.1 ユーザー要求
 - 3.2 TEPEXの機械特性

4. 一般的な成形方法
 - 4.1 プレス成形
 - 4.2 ダイヤフラム成形(圧空成形)
 - 4.3 圧縮成形(flowcore)
 - 4.4 インサート成形
 - 4.5 ハイブリッド成形
5. ヒーター
6. 型
7. 用途
8. 今後の展開と課題

第2章 CFRPの成形法

1. CFRP成形法の進展経緯
 - 1.1 直接成形法と間接成形法
 - 1.2 各種CFRP成形法とその経緯
 - 1.2.1 プリプレグ成形の進展
 - 1.2.2 フィラメントワインディング(FW:Filament Winding)成形
 - 1.2.3 引き抜き(PL:Pultrusion)成形
2. 大型成形物へのCFRPの適用
3. CFRP化による自動車軽量化への取り組み
 - 3.1 自動車部材のCFRP化経緯
 - 3.2 自動車構造部材への展開
 - 3.3 ハイスサイクル成形への取り組み

第3章 CFRP成形時におけるトラブルと対策

第1節 成形時の繊維うねりの発生と成形品に与える影響

1. CFRPに生じる繊維のうねり
 - 1.1 ランダムなうねり
 - 1.2 局所的なうねり
2. 繊維のランダムなうねりの発生と力学特性への影響
 - 2.1 プリプレグシートを用いて成形した一方向CFRP
 - 2.1.1 引張特性と圧縮特性
 - 2.1.2 繊維のうねりの測定方法
 - 2.1.3 繊維のうねりの測定結果
 - 2.2 樹脂埋めした一本の炭素繊維
 - 2.2.1 樹脂の収縮による繊維のうねり
 - 2.2.2 樹脂中の繊維の圧縮特性
3. 繊維の局所的なうねりの発生と力学特性への影響
 - 3.1 オートクレープ成形及びフィラメントワインディング

グ成形

3.2 RTM 成形

第2節 CFRP 成形時におけるボイド発生の影響と対策

1. ボイドの分類
2. マイクロボイドの発生メカニズム
3. マイクロボイド発生と樹脂流速
4. 繊維材の異方性のボイドへの影響
5. ボイド発生の定量的評価手法
6. 樹脂含浸モニタリングと樹脂流動制御

第3節 CFRP 成形時における反り変形と対策

1. 非対称積層平板の熱変形
 - 1.1 なぜ熱変形が起こるか
 - 1.2 古典積層理論が教えるもの
 - 1.3 [0/90]型積層
 - 1.4 [0/θ]型積層
2. スプリングイン
 - 2.1 スプリングインとは
 - 2.2 スプリングインの力学
3. 成形時の反りに対する対策はあるか

第4節 CFRP 積層板の層間破壊と対策

1. 層間剥離を発生させる要因
 - 1.1 層間応力
 - 1.2 局所的な曲げ変形による剥離
 - 1.3 応力集中部と剥離
 - 1.4 曲率を有する部分の曲げ
 - 1.5 単層(ラミナ)の厚さと層間剥離
 - 1.6 三次元的な構造の複合材料
 - 1.7 熱応力
2. 層間破壊を抑制する対策
3. 層間の高靱化
 - 3.1 母材や層間材料の高靱化
 - 3.2 三次元強化構造
 - 3.3 縫合
 - 3.4 Zanchor 法

第4章 CFRP/CFRTP の接着・接合

第1節 CFRTP の溶着技術

1. 溶着技術
 - 1.1 溶着面の用意
 - 1.2 加熱
 - 1.3 加圧
 - 1.4 分子間拡散

1.5 冷却

2. 溶着技術の種類

3. 連続繊維 CFRTP への適用事例

第2節 金属同士または金属と CFRP を強固に接着する技術 NAT(Nano adhesion tech.)の現況

1. はじめに射出接合技術があった
 2. NAT 理論
 - 2.1 強い接合力の理由:NAT での破壊理論
 - 2.2 接合力に関する著者考察
 - 2.3 1 液性接着剤を使用する
 - 2.4 「染み込み処理」とその代替方法
 - 2.5 含溶剤型 1 液性エポキシ接着剤
 3. NAT 処理した金属合金の電顕写真
 - 3.1 耐水性,耐湿熱性
 - 3.2 NAT 接着物における接着力の耐久性
 4. 1 液性エポキシ接着剤の改良
 5. CFRP と NAT
 - 5.1 炭素繊維とマトリックス樹脂間の接着力
 6. Al 合金薄板材と CFRP プリプレグの多層接着による交互積層板
 7. 金属合金材と CFRP の接着:重要視点
 - 7.1 線膨張率
 - 7.2 接着剤層の疲労破壊
 8. 今後,NAT でやるべきこと
- #### 第3節 CFRP と金属のレーザ直接接合
1. 金属とプラスチックのレーザ直接接合法とその特徴
 2. レーザによる金属とプラスチックの直接接合部の特徴と強度特性
 3. 金属とプラスチックのレーザ直接接合機構
 4. CFRP と金属のレーザ直接接合

第5章 CFRP の加工技術

第1節 CFRP の切削・研削加工技術

1. CFRP の機械加工の実例
2. CFRP の切削加工
 - 2.1 切削用工具
 - 2.2 CFRP 専用工作機械
 - 2.3 CFRP の切削機構
3. CFRP の研削加工
 - 3.1 砥石について
 - 3.2 CFRP の研削加工
 - 3.3 研削加工の応用例

4. 加工後のCFRP 製品性状の評価
第2節 アブレイシブウォータージェットによる複合材料
航空機構造体の加工

1. AWJ による加工
 - 1.1 トリミング
 - 1.1.1 エンドエフェクター
 - 1.1.2 カッティングヘッド
 - 1.2 AWJ 加工の特性
 - 1.3 トリミング加工の傾向および見解
 - 1.4 形状加工
 - 1.5 ドリル(穴あけ)
2. ハイブリッドウォータージェットシステム

第3節 CFRP の放電加工

1. CFRP 放電加工の技術開発状況
 - 1.1 放電加工の加工メカニズム
 - 1.2 CFRP の放電加工
2. CFRP のワイヤ放電加工
 - 2.1 ワイヤ放電加工での加工状態
 - 2.2 ワイヤ放電加工での加工面観察
3. CFRP の形彫り放電加工
 - 3.1 形彫り放電加工での加工状態
 - 3.2 形彫り放電加工での短絡パルス
 - 3.3 CFRP 放電加工における単パルス放電痕
4. CFRP 放電加工のまとめ

第6章 CFRP/CFRTP の成形・加工事例

株式会社エーシーエム

企業概要
事業内容
CFRP 成形/ 加工技術の特徴
CFRP 成形/ 加工品の種類・特徴
原料仕入れ先・納入先

ミズノ テクニクス株式会社

企業概要
事業内容
CFRP 成形/ 加工技術の特徴
CFRP 成形/ 加工品の種類・特徴
原料仕入れ先・納入先

サカイオーベックス株式会社

企業概要
事業内容
複合部材開発グループ内容

炭素繊維開織加工
炭素繊維開織糸織物
CFRTP 成形用材料(セミプレグ, プリプレグ)
原料仕入れ先・納入先
サンワトレーディング株式会社

企業概要
事業内容
CFRTP 成形/ 加工技術の特徴
CFRTP 成形/ 加工品の種類・特徴
原料仕入れ先・納入先

第7章 CFRP のリサイクル技術

第1節 CFRP の亜臨界・超臨界流体法によるリサイクル
技術

1. 亜臨界・超臨界流体とは
2. 亜臨界・超臨界流体を用いる CFRP のリサイクル
 - 2.1 亜臨界・超臨界水を用いる CFRP のリサイクル
 - 2.2 亜臨界・超臨界アルコールを用いる CFRP のリサイクル
 - 2.3 その他の亜臨界・超臨界流体を用いる CFRP のリサイクル

第2節 CFRP の亜臨界流体法によるリサイクル技術

1. 亜臨界流体による加溶媒分解反応
 - 1.1 亜臨界流体の特性
 - 1.2 亜臨界流体中でのプラスチックの解重合反応
2. 繊維強化プラスチック (FRP) のリサイクル
 - 2.1 炭素繊維強化プラスチック (CFRP)
 - 2.1.1 亜臨界ベンジルアルコールによるリサイクル法
 - 2.2 ガラス繊維強化プラスチック (GFRP)

第3節 CFRP の常圧溶解法によるリサイクル技術

1. CFRP リサイクル技術
2. 常圧溶解法
 - 2.1 概要
 - 2.2 CFRP の溶解処理
 - 2.3 回収CF の不織布化
 - 2.4 回収CF 不織布の用途開発
3. CFRP リサイクルのLCA
 - 3.1 方法
 - 3.2 結果

第8章 CFRP の性能評価

第1節 CFRP のクリープ挙動

- 2.3 現場重合型熱可塑エポキシ樹脂の機械的強度の発現
- 2.4 熱可塑エポキシFRTPの機械的特性
- 2.5 熱可塑エポキシFRTPの再溶解性
- 2.6 熱可塑エポキシFRTPの耐薬品性
- 3. 現場重合型ポリアミド(PA)6
 - 3.1 重合機構
 - 3.2 現場重合型PA6のポリマーアロイ化