

注目の集まるCFRP、CFRTPについて、メーカーの成形加工事例も踏まえた最新技術を解説!

CFRP/CFRTPの加工技術と性能評価

～量産を実現する最新技術～

S&T出版 CFRP/FRTP 検索

2012年5月30日発行	B5判上製本 369頁	価格 本体 60,000円+税 (STbook会員:56,952円+税)	STbook会員とは当社ホームページの登録会員 (ログイン機能)です。(無料)
ISBN978-4-907002-36-7 C3058 (ISBN978-4-86428-047-1と同じ書籍です)			

著者

■澤岡 竜治 東レ(株)	■中村 隆 名古屋工業大学	■永尾 陽典 神奈川工科大学
■馬場 俊一 サンワトレーディング(株)	■石川 源 (株)エーシーエム	■平野 義鎮 (独)宇宙航空研究開発機構
■浅田 史朗 三菱レイヨン(株)	■齊藤 毅 ミズノテクニクス(株)	■塩谷 正俊 東京工業大学
■上田 政人 日本大学	■北口 哲也 サカイオーベックス(株)	■仲井 朝美 岐阜大学
■松崎 亮介 東京理科大学	■岡島 いづみ 静岡大学	■幾田 信生 湘南工科大学
■福田 博 東京理科大学	■佐古 猛 静岡大学	■西田 裕文 ナガセケムテックス(株)
■末益 博志 上智大学	■後藤 元信 名古屋大学	
■武田 真一 (独)宇宙航空研究開発機構	■柴田 勝司 日立化成工業(株)	
■安藤 直樹 大成プラス(株)	■中田 政之 金沢工業大学	
■片山 聖二 大阪大学	■武田 展雄 東京大学	
■田代 徹也 大阪府立大学工業高等専門学校	■水口 周 東京大学	
■Mohamed Hashish (株)フロージャパン	■小柳 潤 (独)宇宙航空研究開発機構	

目次

第1章 CFRTPの製法と成形 第1節 CFRTPの製法と成形 第2節 連続繊維CFRTP/TEPEXの製法と成形法	第6章 CFRP/CFRTPの成形・加工事例 株式会社エーシーエム ミズノ テクニクス株式会社 サカイオーベックス株式会社 サンワトレーディング株式会社
第2章 CFRPの成形法	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 第2節 CFRPの亜臨界流体法によるリサイクル技術 第3節 CFRPの常圧溶解法によるリサイクル技術
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 第2節 CFRP成形時におけるボイド発生の影響と対策 第3節 CFRP成形時における反り変形と対策 第4節 CFRP積層板の層間破壊と対策	第8章 CFRPの性能評価 第1節 CFRPのクリープ挙動 第2節 CFRP積層構造のヘルスモニタリング・ライフサイクルモニタリング 第3節 CFRPの界面強度の温度・時間依存性評価 第4節 CFRPにおける高速衝突損傷評価 第5節 CFRP構造の雷撃損傷と評価
第4章 CFRP/CFRTPの接着・接合 第1節 CFRTPの溶着技術 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 第3節 CFRPと金属のレーザ直接接合	第9章 炭素繊維の圧縮破壊と繊維構造
第5章 CFRPの加工技術 第1節 CFRPの切削・研削加工技術 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 第3節 CFRPの放電加工	第10章 CFRTPの高含浸技術 第1節 CFRTPにおける界面特性と含浸性技術 第2節 CFRTPの高含浸化技術

書籍申込用紙

書籍名：A084(CFRP/CFRTP)

購入冊数

冊

DM

会社名 団体名				※左記ご記入の上、 FAX 03-3261-0238 までお申込みください。 ※E-mailアドレスまたはFAX番号を必ずご記入下さい。
部署・役職				■お申込み方法 必要事項をご記入の上、FAXでお申込みください。 または当社ホームページからお申し込みください。
ふりがな	住所	〒		
氏名				■商品の発送 お申込み日の翌営業日までに書籍、請求書、納品書を佐川急便で発送いたします。 ※未刊書籍は発刊次第お送りいたします。
TEL		FAX		■お支払 銀行振込・ゆうちょ銀行払込(郵便振替)にてお願いいたします。 クレジットカード払いは受け付けておりません。 書籍・請求書到着後、1か月以内にお振込みください。 銀行振込・ゆうちょ銀行払込(郵便振替)の手数料は、ご負担ください。 原則として領収書は発行いたしません。 ゆうちょ銀行払込取扱票(郵便振替票)は、書籍に同封しております。
E-mail	※申込みに関する連絡に使用するため、可能な限りご記入ください。			振込予定日
STbook会員(無料)に <input type="checkbox"/> 登録する <input type="checkbox"/> 登録済み		※E-mailアドレスが必須です。 ※左に✓印をつけてご入会いただくと、この申込からSTbook会員価格で購入できます。		月 日
今後、弊社からのご案内が不要な方は 以下に✓印をつけてください。 <input type="checkbox"/> 郵送DM不要 <input type="checkbox"/> E-mail不要		通信欄		
TEL 03-3261-0230 FAX 03-3261-0238 http://www.stbook.co.jp/ 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町2-8 DSビル3F				

目次

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. 射出成形用ベレット
 - 2.1 短繊維ベレット 2.2 長繊維ベレット 2.3 ベレットの成形方法
 - 3. 不連続繊維プリプレグ 3.1 熱可塑性SMC 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 4.2 成形方法
- 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
 - 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 2.2 樹脂埋めした一本の炭素繊維
 - 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. ボイドの種類
- 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 1.2 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
 ミズノテクニクス株式会社
 サカイオーベックス株式会社
 サンワレーディング株式会社

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) 2.2 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
 - 1.1 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

- 1. 高分子材料の構造と粘弾性
 - 2. 時間-温度換算則
 - 3. 樹脂のクリープコンプライアンス
 - 4. CFRPのクリープコンプライアンス
- 第2節 CFRP積層構造のヘルスマニタリング・ライフサイクルモニタリング
- 1. CFRP積層構造のヘルスマニタリングの必要性
 - 2. 日本の航空機CFRP構造ヘルスマニタリングの現況
 - 2.1 光ファイバセンサによる航空機構造衝撃損傷検知システム技術の開発
 - 2.2 FBG/PZTハイブリッドシステムによる航空機構造の損傷モニタリング技術の開発
 - 2.3 ライフサイクルを通じたストレーンマッピングによる構造健全性診断技術の開発
 - 2.4 光相関ブリリアン散乱計測法による航空機構造センシング技術の開発
 - 3. CFRP構造のライフサイクルモニタリング技術への拡張
 - 4. ライフサイクルモニタリング技術のL型CFRPアングル材への適用

第3節 CFRPの界面強度の温度・時間依存性評価

- 1. 序論
 - 1.1 背景 1.2 複合材料の強度と界面強度の関係
 - 1.3 これまでの界面強度評価方法 1.4 新しい界面強度評価手法
- 2. 界面強度の時間依存性
 - 2.1 試験方法 2.2 試験結果と破面観察結果 2.3 応力-ひずみ線図
 - 2.4 時間依存クリティカルポイント応力 2.5 時間依存の界面強度
- 3. 界面強度の温度・時間依存性
 - 3.1 試験方法 3.2 実験結果と破面観察
 - 3.3 粘弾性有限要素解析 3.4 温度・時間依存の界面強度
- 4. 検討
- 5. 結論

第4節 CFRPにおける高速衝突損傷評価

- 1. 複合材料中の応力波伝播
- 2. 複合材料の衝撃特性評価
- 3. 複合材構造の衝撃特性評価
- 4. エンジンロータ・バーストに対する旅客機胴体の損傷許容評価
 - 4.1 JAXAでの評価試験 4.2 試験結果と評価
- 5. 高速衝撃のシミュレーション
- 6. 超高速衝突のシミュレーション

第5節 CFRP構造の雷撃損傷と評価

- 1. 日本における雷環境
- 2. 雷保護に対する規格
 - 2.1 風力発電ブレードに対する雷撃保護規格 2.2 航空機構造に対する雷撃保護規格
- 3. 複合材料構造の耐雷対策
 - 3.1 風力発電ブレードに対する耐雷対策 3.2 航空機構造の被雷とその対策
- 4. 雷撃試験設備と評価
 - 4.1 風力発電ブレードの雷撃試験 4.2 航空機構造の雷撃試験

第9章 炭素繊維の圧縮破壊と繊維構造

- 1. 単繊維軸方向圧縮試験
- 2. 炭素繊維の軸方向圧縮強度と引張強度
- 3. 炭素繊維の軸方向圧縮強度とボイドサイズ
- 4. 炭素繊維強化複合材料の圧縮強度
- 5. 炭素繊維の構造解析

第10章 CFRTPの高含浸技術

第1節 CFRTPにおける界面特性と含浸性技術

- 1. 連続繊維強化熱可塑性樹脂複合材料作製のための繊維状中間材料
 - 2. 界面特性と含浸性の協調関係
 - 2.1 界面特性 2.2 ぬれ性 2.3 含浸性
 - 3. In-situ樹脂ハイブリッド複合材料
- 第2節 CFRTPの高含浸化技術
- 1. 現場重合型熱可塑性樹脂
 - 1.1 検討されている現場重合型熱可塑性樹脂 1.2 現場重合型熱可塑性樹脂の比較
 - 2. 熱可塑エポキシ樹脂
 - 2.1 重合機構 2.2 現場重合型熱可塑エポキシ樹脂の重合
 - 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