

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	CFRPのクローズドループリサイクル実現を目指したリサイクル炭素繊維の品質評価と応用
Title(English)	
著者(和文)	酒井明日香
Author(English)	Asuka Sakai
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12734号, 授与年月日:2024年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:青木 才子,大塚 英幸,松本 秀行,森 伸介,久保内 昌敏
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12734号, Conferred date:2024/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	酒井 明日香	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	青木 才子	准教授	久保内 昌敏	教授
	審査員	大塚 英幸	教授		
		松本 秀行	准教授		
		森 伸介	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「CFRP の クローズドループリサイクル実現を目指したリサイクル炭素繊維の品質評価と応用」と題し、以下の5章から構成されている。

第1章「緒論」では、研究の背景として CFRP (炭素繊維強化プラスチック) を構成するエポキシ樹脂のリサイクルにおける課題を概観している。更には CFRP のリサイクルにおける課題、および低環境負荷なリサイクル技術の確立が求められる社会的意義を述べている。併せて、リサイクル炭素繊維の製品適用およびクローズドループリサイクル実現に向けた取り組み課題を指摘している。

第2章「硝酸分解法により回収されたリサイクル炭素繊維の物性評価および物性向上メカニズムの考察」では、自動車用部品として成形された CFRP 部品の試作廃棄品を用い、エポキシ樹脂が完全硬化した CFRP 廃部品からのリサイクルを検討している。硝酸分解法での CFRP 廃部品の樹脂分解率の時間変化を確認し、経過時間毎に回収されたリサイクル炭素繊維の品質評価を行った。その結果、リサイクル炭素繊維はバージン炭素繊維よりも繊維と樹脂との密着性が向上するとともに、繊維強度が向上する事を明らかにしている。これに対して、繊維と樹脂との密着性向上のメカニズムを考察するため、XPS (X 線光電子分光法) を用いた炭素繊維表面の元素分析を行い、リサイクル過程で硝酸由来の官能基が炭素繊維表面に付与される事でリサイクル炭素繊維表面の官能基存在量が増したことが原因であることを明らかにした。更に、繊維強度向上のメカニズムを考察するため、TEM (透過型電子顕微鏡) を用いて炭素繊維の断面を観察した結果、繊維表層に製造過程で生じたポイドが確認され、リサイクル炭素繊維ではそのポイドの存在量が減少する事で繊維強度向上に寄与する事を指摘している。これらのメカニズム分析結果および考察から、高品質なリサイクル炭素繊維を得るための最適なリサイクル条件の検討を行っている。

第3章「短時間かつ低環境負荷な CFRP リサイクルスキームの検討」では、前章の硝酸分解法では、24 時間と比較的長い樹脂分解時間を要し、リサイクル技術の実用化にはこの樹脂分解時間を短縮する必要性を指摘して、短時間かつ低環境負荷な分解方法を検討している。そこで、樹脂分解時間を短縮化するために、硝酸分解に加えてアルカリ処理を併用した方法を提案し、アルカリ処理により 8 時間程度に短縮できることを明らかにした。さらに、アルカリの中でも安全に取り扱いができる炭酸水素ナトリウムを使用した反応系を検討し、同じ pH に調整した水酸化ナトリウムと比較しても、炭酸水素ナトリウムが酸との反応で炭酸ガスを発泡する効果により、より短時間で樹脂分解が可能であり、低環境負荷な条件で樹脂分解時間の短縮を可能とする方法である事を見出している。これに加えて、この炭酸水素ナトリウムを用いた短時間のスキームで得られるリサイクル炭素繊維も、前章と同様に高い品質が得られることも実証している。

第4章「CFRP のクローズドループリサイクル実現を可能とする最適なリサイクル材使用方法の提案」では、コストと品質面で最適な不織布中間基材によるリサイクル炭素繊維の利用を提案し、実際にリサイクル炭素繊維を不織布状に加工して CFRP を成形し、バージン不織布から成形した CFRP 成形品とその機械的特性を比較している。その結果、第2章で述べたように高品質なリサイクル炭素繊維から成形したリサイクル CFRP は、バージン CFRP よりも優れた機械的特性を持つ事を示した。加えて、連続繊維シートから成形される CFRP 部品に対して、リサイクル不織布を連続繊維シートでサンドイッチ積層する事で、連続繊維シートからの成形品と同等以上の機械的特性を発現する事を明らかにし、これによりクローズドループリサイクル実現を可能とするリサイクル材の使用法を提案している。

第5章「結論」では、本研究を総括して、本研究における成果と今後の展望を述べている。

これを要するに、本論文は、CFRP 硬化品を対象とした硝酸分解によるリサイクル手法を取りあげて、得られる炭素繊維が高品質となること、炭酸水素ナトリウム処理を組み合わせることで短時間かつ環境に優しい分解方法となること、さらに、得られた炭素繊維によるリサイクル CFRP について積層構成を工夫することで、バージン成形品と同等以上の機械的特性を発現することを示しており、本リサイクル法がクローズドループリサイクルとして実用可能な手法であることを実証したものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文は、博士 (工学) の学位論文として十分価値のあるものと認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。