

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	レーザ用光部品の精密接着技術に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	高橋明理
Author(English)	Akari Takahashi
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12524号, 授与年月日:2023年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:佐藤 千明,大竹 尚登,水谷 義弘,山崎 敬久,赤坂 大樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12524号, Conferred date:2023/9/22, 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		高橋 明理	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	佐藤 千明		教授	審査員	赤坂 大樹	准教授
	審査員	大竹 尚登		教授			
		水谷 義弘		准教授			
		山崎 敬久		准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「レーザ用光部品の精密接着技術に関する研究」と題し、全6章から構成されている。

第1章「緒論」では、レーザを用いた製品とその周辺部品における接着技術の重要性について述べている。具体的には、レーザダイオードモジュールや光ピックアップ、並びに光ファイバなどを例に、接着剤の硬化に伴う接合部の変形を考慮した精密接着技術を適用しないと、光部品の光軸や焦点のずれを引き起こし、光学特性が低下すると述べている。さらに、接着部の構造や製造プロセスについての設計手法が、現状では実験や試作の積み重ねに立脚しており、長時間を要するとしている。従って、接着剤の硬化に伴う光部品の変位を解析できる手法を確立すれば、実験や試作の回数を減らせるため、製品の開発期間を短縮できると述べている。

第2章「UV 硬化型接着剤評価の基本技術」では、光部品の接着工程について具体例を示すとともに、その設計項目について検討している。また、UV 硬化型接着剤の種類と硬化反応のメカニズム、硬化度の評価方法、並びに硬化反応を表現する数理モデルについて述べている。さらに、接着剤等の高分子材料について、その粘弾性や膨張および収縮量の測定方法に関する先行研究を示すと共に、その問題点を指摘している。続いて、本研究で対象としたカチオン重合 UV・加熱併用硬化型エポキシ接着剤の特徴を示し、その硬化度の測定には、一般的な赤外分光や熱分析ではなく、UV 照射中、その後の暗反応、および加熱硬化の過程を同一の方法で評価可能な蛍光を用いる手法を採用することを示している。

第3章「UV 硬化型接着剤の物性評価とモデル化」では、本研究で用いた接着剤について、その硬化前、硬化中、および硬化後の諸物性を第2章に記した方法により評価した結果を示すと共に、それらを数理モデル化できることを示している。具体的には、まず本接着剤の硬化前のレオロジー特性を明らかにし、次に本接着剤の硬化中の硬化度を測定し、その結果に硬化反応モデルを適用して定式化した結果を示している。具体的には、UV 照射中の反応、暗反応および加熱による反応の3段階についてそれぞれをn次式モデルで定式化し、それらを重ね合わせて全段階の硬化度を表現している。さらに、本接着剤の硬化過程における粘弾性、硬化収縮、熱膨張率および吸湿膨張を測定し、これらを硬化度の関数として定式化している。また、硬化後の接着剤について、粘弾性の測定結果に時間-温度換算則を適用し、その粘弾性マスターカーブを作成すると共に、これを用いてより長時間の緩和弾性率を推定している。このように、接着剤の硬化度の変化を硬化条件に対して定式化し、かつ硬化中の諸特性を硬化度の関数として表すことで、硬化度をパラメータとして接着剤の諸特性の変化を予測可能にできると述べている。

第4章「接着剤の硬化過程における光部品の変位の有限要素法解析」では、有限要素法による光部品の変位の解析方法および解析結果について記している。ガラス製の光部品の銅基板上に接着した構造を対象とし、第3章で数理モデル化した接着剤の諸物性を用い、接着剤の硬化に伴う光部品の変位を有限要素法により解析している。この解析より、光部品の変位は、UV 照射中よりも暗反応中に多く発生することを明らかにしている。また、接着部に照射される UV 照射強度が不均一な場合には、硬化収縮により接着層の厚さ方向の変位が発生するだけでなく、接着層面内方向にも変位が発生することを見出している。さらに、接着部の形状や加熱条件が変位に与える影響についても述べている。

第5章「接着剤の硬化過程における光学部品の変位の測定」では、第4章の解析対象と同一の供試体を実際に用い、UV照射により接着剤を硬化させ、その時のガラス製光部品の表面を、白色干渉顕微鏡を用いて連続的に撮影することで、それらの画像を解析することにより接着剤層面内方向と厚さ方向の変位を算出している。また、実験と解析の結果には定性的な傾向の一致が得られたことを示すと共に、本研究における接着剤の数値モデルと解析手法は概ね妥当であり、光部品の接着の際の位置ずれを予測可能な手法が開発できたと述べている。一方、厚さ方向変位の予測値は実験値より小さく、結果に乖離があることを示すと共に、その原因を推定し、改善に向けた課題や方策を挙げている。

第6章「結論」では、各章の成果を総括すると共に、本研究で得られた知見、並びに残された課題を整理している。

以上を要するに、本論文は、レーザ用光部品をカチオン重合UV・加熱併用硬化型エポキシ接着剤で接合した構造体を対象とし、その接着剤の硬化条件が光部品の変位に及ぼす影響を高分子化学および材料力学的観点で検討し明らかにするとともに、位置ずれを予測可能な手法を開発したものであり、工学上および工業上寄与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な価値が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。