

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	二軸配向高分子フィルムのレーザー穿孔における加工 - 構造 - 特性の関係
Title(English)	Processing-Structure-Property Relationship in Laser Perforation of Biaxially Oriented Polymer Films
著者(和文)	チャリニー ウィノタパン
Author(English)	Charinee Winotapun
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10676号, 授与年月日:2017年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:鞠谷 雄士,扇澤 敏明,森川 淳子,浅井 茂雄,塩谷 正俊
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10676号, Conferred date:2017/9/20, 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

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	Charinee Winotapun	
		氏名	職名		
論文審査 審査員	審査員	主査	鞠谷 雄士	教授	塩谷 正俊
		審査員	扇沢 敏明	教授	
			森川 淳子	教授	
			浅井 茂雄	准教授	

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“Processing-Structure-Property Relationship in Laser Perforation of Biaxially Oriented Polymer Films (二軸配向高分子フィルムのレーザー穿孔における加工-構造-特性の関係)”と題し、英文で書かれ、7章からなっている。

第1章“General Introduction (緒論)”では、果物・野菜などの品質保持期間を拡張するための調整雰囲気包装(MAP)の概念について述べた後、市販包装フィルムに用いられる汎用樹脂の二軸伸長フィルムはガス透過性が低いため、MAPの条件を満たすにはレーザー穿孔が必要であることを示し、フィルムの高次構造が微小孔形成挙動に及ぼす影響を明らかにしようとする本研究の目的と意義について述べている。

第2章“Fundamental laser perforation behavior of the PP films prepared by simultaneous equi-biaxial stretching (同時等二軸伸長で作製したPPフィルムの基礎的なレーザー穿孔挙動)”では、延伸倍率の異なる同時等二軸伸長ポリプロピレン(PP)フィルムに炭酸ガスレーザーを照射することにより、円形孔とその外縁が形成される様相を詳細に解析している。すなわち、照射部形状の走査型電子顕微鏡および共焦点レーザー顕微鏡による観察と定量解析、高速度ビデオによる穿孔挙動のその場観察を通じ、レーザー照射時間の増加に伴い、フィルム表面の凹みと外縁の形成、孔の貫通と外縁の成長、体積消失が順次起こること、孔の貫通がレーザー照射中に起こること及び孔径の拡大速度が照射時間に比べて十分に速いことに起因して孔径と体積消失量はレーザーエネルギー密度(fluence)の増加に対し飽和傾向を示すことなどを見出している。

第3章“Laser perforation behavior of the PP films prepared by sequential and simultaneous biaxial stretching of various MD and TD stretch ratios (逐次及び同時二軸伸長で作製した様々なMD、TD延伸倍率PPフィルムのレーザー穿孔挙動)”では、様々な条件で伸長したPPフィルムの高次構造とレーザー穿孔挙動との関係について検討している。まず、同時二軸伸長に比して逐次二軸伸長では二段目伸長の幅方向(TD)に優先配向することが3次元複雑折と熱収縮率異方性に反映されることを示し、さらに、レーザー穿孔では高配向度の方向の孔径が大きくなること、同じ配向度ではフィルムが薄いほど、同じフィルム厚みでは配向度が高いほど孔径が大きくなることを明らかにしている。一方、孔周りに形成される外縁の幅・高さの異方性は配向度の影響を強く受けるが孔径のアスペクト比は比較的1に近いことを示し、レーザー穿孔はフィルム溶融に伴って顕在化する表面張力と熱収縮に支配されるが、孔形状には表面張力、外縁形成には熱収縮の影響が大きいと結論している。

第4章“Laser perforation behavior of the PLA films prepared by simultaneous biaxial stretching (同時二軸伸長で作製したPLAフィルムのレーザー穿孔挙動)”では、延伸倍率の異なる同時二軸伸長ポリ乳酸(PLA)フィルムのレーザー穿孔について検討し、第3章でPPについて得た結果と同様の基本挙動を確認するとともに、孔の外縁の外側では高次構造変化がみられないこと、外縁には延伸倍率に依存した複雑折が生じることを明らかにし、さらに、熱処理により結晶化したPLAフィルムは非晶フィルムに比べ穿孔開始のfluence閾値が高く、また同じfluenceでは孔径が小さいことを示し、これらは、熱収縮率の低下及び結晶融解に要する付加的エネルギーに起因した結果であると考察している。一方、PPに比べPLAは炭酸ガスレーザーの吸収率が高いことから、同程度の厚みのフィルムについて、低いfluenceでレーザー穿孔が可能であることを示している。

第5章“Estimation of temperature distribution during laser perforation of polymer films (高分子フィルムのレーザー穿孔における温度分布の推定)”では、レーザー照射で生じるフィルム厚み方向および半径方向の温度分布、さらにレーザー照射後の熱伝導による温度分布変化を理論的に解析している。温度の解析結果と前章までで得た実験結果との比較から、PPフィルムについては、表面温度が融点を超えると表面形態の変化が始まること、孔の貫通は熱分解の開始温度以下で起こること、体積消失は昇温速度依存性を考慮して解析した熱分解温度より低温で始まることを示し、一方、非晶PLAフィルムについては、表面がガラス転移温度を超えると形態変化が始まるが、貫通孔形成時の表面温度は熱分解温度を超えていることを明らかにするとともに、これは吸収係数が大きく昇温速度が速いことに起因する現象であると考察している。

第6章“Gas permeability of laser perforated PLA films of various biaxial stretch ratios (レーザー穿孔したさまざまな延伸倍率のPLAフィルムのガス透過性)”では、レーザー穿孔したPLAフィルムのガス透過性に及ぼすフィルム厚み、孔数、孔形態の影響について検討している。まず、フィルム自体の酸素ガス透過性に対する炭酸ガス透過性の比を表す β 値は3.1程度であり、これは酸素より二酸化炭素の方がPLAとの親和性が高いことを意味すると考察している。一方、穿孔前後のフィルムのガス透過性の差から求めた孔のガス透過性は、フィルム厚みの薄化、孔面積の増大とともに増加し、 β 値は0.8程度であることを示し、この値はガスの拡散速度の分子量依存性に基づく理論値に近い値であると述べている。さらに、孔面積が同程度の場合、フィルム厚みの増加及び孔とその外縁の形状のアスペクト比の増大に伴い β 値は僅かに増加することに注目し、これは微小孔中のガス透過に壁面素材とガスの親和性が影響を及ぼすことを示唆する結果であると考察している。

第7章“General Conclusion (結言)”では、本研究で得られた結果を総括するとともに、今後の展望について述べている。

以上、これを要するに本論文は、レーザー穿孔における温度変化、照射部の形態変化の基本的な様相を明らかにするとともに、フィルムの材料特性および高次構造がフィルム穿孔挙動に及ぼす影響の詳細を議論したものであり、学術上貢献するところは極めて大きい。よって本論文は、博士(学術)の論文として十分に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。