

Title	高密度ポリエチレンのレーザフォーミングに関する研究
Author(s)	岡本, 康寛
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/44660">http://hdl.handle.net/11094/44660</a>
DOI	
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏名	岡本康寛
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第18894号
学位授与年月日	平成16年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	高密度ポリエチレンのレーザフォーミングに関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 宮本 勇
	(副査) 基礎工学研究科教授 小坂田宏造 教授 藤本 公三 助教 阿部 信行

### 論文内容の要旨

本論文は、取り扱いが容易な YAG レーザを用いて金型を用いずにプラスチックを所望の形状に成形するレーザフォーミング法に関する基礎的実験を行い、その加工特性と変形機構を明らかにするとともに曲げ加工を応用した様々な形状の創成についても試みている。

第1章ではレーザフォーミング法の背景とその優位性、また従来の研究と本研究との関連、そしてその意義について述べている。

第2章では、試料表面を結晶が融解する以上の温度で加熱すると、加熱後の試料強度は低下するが、融点以下の加熱であれば試料の強度的な変化はほとんど生じないことを示している。

第3章では、レーザ光がステップ状に照射された場合の非正常熱伝導解析を行うことにより、試料内部の温度分布状態を検討している。試料変形の測定結果と合わせて考えると、板厚方向に温度差が存在する照射終了後の初期段階においてレーザ光照射方向と逆向きに試料が変形し、その後は長さ方向に試料が収縮するにもなって曲げが進行する。また、プラスチック材料は粘弾性を有するために降伏応力よりも低い応力でも最終的に塑性変形を生ずることから、試料の表裏面温度差が小さいときでも変形を生じ、レーザフォーミングが可能となることを明らかにしている。

第4章では、大きな曲げ角を得るためには、変形を生じさせたい箇所にレーザ光を一様に照射する方法よりもレーザ光をスキャンする方法の方が有効であることを示している。また、水溶性アクリル樹脂塗料を浸漬法によって塗布することにより、波長 1064 nm における高密度ポリエチレンの吸収率は 48% から 97% へと増加し、曲げ加工の再現性が得られることを示している。

第5章では、スキャン照射法の加工特性について実験的検討を行っている。曲げ角は試料上でのエネルギー密度がある一定値で最大となるが、その変形形態は送り速度によって大きく異なり、送り速度が小さい方が安定して加工が進行する。したがって精密な変形の制御を行うためには、送り速度を小さく設定してレーザ出力の低い条件で加工を行う必要がある。一方、試料厚さの増大にもなって、最大曲げ角が得られるレーザ出力も増加するが、レーザ光照射条件を適正に設定することにより、厚さの異なる試料に対しても 90° まで変形させることが可能であることを明らかにしている。

第6章では、本手法を用いれば一方向からのレーザ光照射で曲げ方向を制御でき、吸収体の塗布面やレーザ光の走査方法を適当に組み合わせると様々な形状の創成が可能であるとともに、保持具としても利用できることを示している。

第7章では本研究で得られた成果を総括している。

### 論文審査の結果の要旨

レーザフォーミング法は従来の成形法とは異っており、その特徴を利用した種々の適応も試みられている。しかし、従来の適応例は金属材料を主体としたものである。それに対して、本研究ではプラスチック材料を対象としており、金属材料との変形メカニズムの違い及びその特性の差を明らかにするとともに、さらにはプラスチックの材料特性を利用した応用例を示している。主な成果は以下の通りである。

- (1) 試料表面を結晶が十分に融解する以上の温度に保った場合、融解線熱量が減少して結晶化度が低下し、それにより機械的強度も低下する。一方、試料表面を結晶が融解する以下の温度に保てば、レーザ光照射によって試料が加熱されても機械的強度に大きな影響を与えないことを明らかにしている。
- (2) プラスチックは熱伝導率が低く、冷却が遅いことから、レーザ光照射時間に比べて長い休止時間が必要となる。レーザ光照射終了後の初期段階では板厚方向の温度勾配により試料はレーザ光照射方向と逆向きに変形し、その後は長さ方向に試料が収縮するにもなって曲げが進行する。この収縮にもなう曲げが変形の中で占める割合が大きい。また、プラスチックは粘弾性を有することから、試料表裏での温度差が小さな条件でも変形を生ずることを明らかにしている。
- (3) 変形を所持させたい箇所にレーザ光を一様に照射する一括照射法における曲げ角はエネルギー密度で整理でき、エネルギー密度が大きくなると曲げ角も増加する。しかし、一括照射法では照射中に試料幅全域で熱膨張を生じて曲げ角が大きく減少するため、最終曲げ角は小さい。一方、スキャン照射法では熱膨張による曲げ角の減少を抑制する箇所が存在するため、曲げ角は照射中に大きく減少することなく増加し、90°程度の大きな曲げ角も容易に得られる。したがって、大きな曲げ角を得るためには変形を生じさせたい箇所にレーザ光をスキャンする方法の方が有効であることを明かにしている。
- (4) 曲げ角は試料上でのエネルギー密度がある一定値で最大となる。また、精密な変形の制御を行うには、送り速度を小さく設定してレーザ出力の小さい条件で加工を行う必要があることを明らかにしている。さらに、プラスチックは吸収体の塗布面でレーザ光が吸収されることから、一方向からのレーザ光照射で曲げ方向を制御できる。それにより吸収体の塗布やレーザ光の走査方法を工夫することによって一方向からのみのレーザ光照射方向によって様々な形状の創成が可能であることを示している。

以上のように、本論文はプラスチック材料のレーザフォーミングにおける曲げ特性について重要な基礎資料を得るとともに、金属材料と差を示し、その有用性を明らかにしている。また、プラスチック材料の特性を利用したレーザフォーミング法の新たな方向性を示しており、生産工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。