

A Study on Thickness Measurement of Free Curved Surface

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/45370

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



自由曲面薄板成形品の板厚測定に
関する研究

A Study on Thickness Measurement of
Free Curved Surface

自然科学研究科システム創成科学専攻

奥川 裕理恵

Abstract

At present, for thickness inspection of sheet metal processed product having free curved surface in a manufacturing process, some typical points are generally measured with a point micrometer for accuracy and practicality. In this case, it is difficult to measure the thickness of whole range with non-destructive method. The study deals with an automatic measurement and evaluation system for free curved plate thickness using an industrial robot and two laser displacement sensors. The robot is used as a workpiece positioning device and the static dual-head thickness measuring unit composed of faced two displacement sensors measures the thickness of the workpiece with non-destructive method. The basic measuring procedure comprises three steps. First, the workpiece shape is measured. Then, a thickness measuring path including the surface normal vectors and the measurement forwarding vectors is generated from the acquired shape data. Finally, the thickness is measured when the robot moves to match the calculated normal direction and the laser irradiation direction at each measuring point. In this paper, thickness measurement accuracy in the basic measurement is verified from error factors of the system. For the measurement of the workpiece with complicated shape, the shape and thickness measurement method are proposed. To measure the workpiece having high inclined surface, a shape measurement path to obtain high density and precision data is generated. In addition, to measure the workpiece having deep convex shape, a thickness measurement path considering collision between workpiece and laser lights is generated.

プレス成形品など自由曲面を持つ薄板成形品の板厚検査は、現状ではポイントマイクロメータなどを使用した手作業での測定が一般的に行われており、作業者の技量に依存する、測定時間が長いという問題点がある。製品の設計値との比較や作業者の技量に依存しない板厚管理のためには面データとして板厚を管理し、視覚的な評価が可能であることが望まれる。

本論文では、板厚測定作業の自動化を目的として、測定器に三角方式のレーザ変位計を2台対向させて設置したレーザ方式板厚計と、測定対象物の位置決め装置として6軸産業用ロボットを使用した板厚測定システムを提案した。システムは板厚測定の前段階として形状測定を実施し、実形状データに基づいた板厚測定を行う。一定方向に形状測定を行い、測定対象面の法線方向に板厚測定を行う測定を基本測定とするが、本論文では基本測定における板厚測定精度をシステムの誤差要因から検証した。また提案するシステムを用いて、より複雑形状の測定を可能にするための形状・板厚測定方法を提案した。

本システムを用いた板厚測定は形状測定結果を基に生成されるため、板厚測定精度は形状データに大きく影響されるが、高傾斜面では測定密度が低下する、入射角度が大きくなることで測定精度が低下するという問題が発生する。そこで傾斜面に対して測定姿勢を傾

斜させることで、高傾斜面に対する高密度・高精度な形状データを取得することが可能となる形状測定経路を生成した。

板厚測定においては、法線方向にレーザを照射する場合、深い凸面を持つ測定物では測定物が死角となり測定が行えない場合がある。そこでレーザ光と測定物との干渉を回避するよう傾斜させた測定姿勢を持つ板厚測定経路を生成し、傾斜角度と測定値から板厚相当値を算出することとした。提案した測定経路による測定実験により生成した測定経路の有用性を確認した。

本論文は、第 1 章緒論と第 8 章結論を含め、全 8 章で構成されており、各章の内容は以下のように要約される。

第 2 章では、提案する板厚測定システムの構成と板厚測定原理、測定結果の提示方法について述べた。提案するシステムは測定物の位置決め装置として産業用ロボット、測定器としては 2 対のレーザ変位計から構成されるレーザ式板厚計から構成され、ロボットが動作することで、変位計に対する測定物の適切な姿勢を実現する。板厚は、対向させて設置した一对のレーザ変位計で測定対象物を挟み込んで、各変位計が測定物間までの距離を測定し、センサ間の設置距離を既知としてその差分から算出する。板厚測定結果は、視覚的な評価のために三次元形状と関連付けてカラーマップ等により作業員への提示を行う。

第 3 章では、本システムを用いて実施される形状測定、板厚測定の各測定のための基本的な測定経路生成方法と、生成した測定経路からのロボット動作プログラム生成方法を述べた。本システムでは実形状データに基づいた板厚方向を算出するために、形状・板厚の 2 種類の測定を実施する。形状測定では、レーザ変位計に対して平行に測定物を走査させることで、測定対象物形状を取得する。また板厚測定では、板厚方向となる測定対象面の法線方向を取得した形状データから算出し、法線方向とレーザ照射軸が一致するようなロボット動作プログラムを生成して測定を行う。

第 4 章では、本システムが持つ測定誤差要因を検証し、その結果からシステムの測定誤差を推定した。3 章で述べた形状・板厚測定方法を基本測定と定義し、基本測定を検証対象とした。真の板厚測定点を形状測定が実施された点であるとする、測定位置決め誤差はロボットの繰返し位置決め誤差と形状測定誤差から生じる位置決め誤差の合計となり、測定姿勢誤差は、ロボットの角度誤差と形状測定誤差から生じる法線ベクトルの角度誤差の合計となる。測定位置決め誤差が必要条件を満たす場合、板厚測定精度は姿勢誤差と変位計の測定精度により求められ、各誤差要因を用いて板厚測定誤差を検証した結果、本システムを用いた板厚測定における測定精度は対象物の板厚と設定した測定間隔によって変化することが明らかになった。また、平板と半円筒面の基本的な形状に対する測定実験を行い、推定した誤差以内での板厚測定が可能であることを確認した。

第 5 章では、高傾斜面に対して入射角度と測定密度を考慮した形状測定経路生成方法を述べた。提案手法では、基本形状測定後の形状データにおけるレーザ入射角度を算出し、入射角度が一定値を超える測定位置を求め、その領域に対して再度測定姿勢を変更した傾斜形状測定を実施した。傾斜形状測定経路は周辺形状点群を用いて生成し、測定姿勢は測定対象面に対する入射角度が小さくなる姿勢とし、必要とする測定密度を満たすような測定点群を生成した。

第 6 章では、レーザと測定物との干渉と、測定姿勢の連続性を考慮した板厚測定経路生成方法を述べた。深い凸面を持つ測定物に対して、測定面の法線方向にレーザを照射する基本板厚測定を実施した場合、測定物が死角となってレーザが遮断され、測定が行えない場合がある。本研究では、形状データから測定物をモデル化し、測定物モデルとレーザ光モデルの干渉を検出することで、干渉が生じない測定姿勢を算出した。また、干渉のみを考慮した測定経路では、ロボットの動作量が増大する、不連続な動作になるという問題が発生するため、姿勢補間手法を用いることで連続性を考慮した測定経路を生成した。

第 7 章では、一般的な金属面とは異なる表面テクスチャを持つ測定物に対する本システムの適用可能性を述べた。本システムでは、一般的な金属面を測定対象として想定しているが、近年では機械的・機能的性質向上のために成形品表面に微小凹凸であるテクスチャが付与されている場合がある。また、CFRP のような織物材料などは成形過程において織り目による凹凸が生じる場合がある。このような表面テクスチャを持つ測定物に対しても本システムを用いた板厚評価を可能にするための測定手法を提案した。本システムでは形状測定結果を基に板厚測定経路を生成するため、表面テクスチャを持つ測定物の場合、測定物概形とテクスチャが混在した測定結果が得られる。測定物概形とテクスチャ形状を分離させることで、概形に基づいた板厚測定経路生成が可能となるが、本論文では提案手法の有用性を確認することを目的として概形を製品 CAD データから取得し、テクスチャの影響を受けない板厚測定経路を生成した。

学位論文審査報告書（甲）

1. 学位論文題目（外国語の場合は和訳を付けること。）

自由曲面薄板成形品の板厚測定に関する研究

2. 論文提出者 (1) 所 属 システム創成科学専攻

(2) 氏 名 奥川 裕理恵

3. 審査結果の要旨（600～650字）

当該学位論文に関し、平成28年2月1日、第1回学位論文審査委員会を開催し、提出された学位論文及び関連資料について詳細に検討した。平成28年2月1日の口頭発表後、第2回学位論文審査委員会を開催し、慎重に協議の結果、以下の通り判定した。

本論文では、板厚測定作業の自動化を目的として、レーザ変位計を2台対向させて設置したレーザ方式板厚計と、測定対象物の位置決め装置として6軸産業用ロボットを使用した板厚測定システムを提案した。システムは板厚測定の前段階として形状測定を実施し、実形状データに基づいた板厚測定を行う。一定方向に形状測定を行い、測定対象面の法線方向に板厚測定を行う測定を基本測定とするが、本論文では基本測定における板厚測定精度をシステムの誤差要因から検証した。また提案するシステムを用いて、より複雑形状の測定を可能にするための形状・板厚測定方法を提案した。形状測定では、高傾斜面に対する高密度・高精度な形状測定経路を生成し、板厚測定では、測定物とレーザ光との干渉を考慮した板厚測定経路を生成し、実験により生成した測定経路の有用性を確認した。

以上のように本論文は従来にない板厚測定作業の自動化の方法を研究開発しており、その成果の産業への貢献度は高いと予想され、学術的価値も高いと評価できる。よって、本論文は博士（工学）論文に値すると判定する。

4. 審査結果 (1) 判 定 (いずれかに○印) 合 格 ・ 不合格

(2) 授与学位 博 士 (工 学)