HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	機械学習を用いたプレス加工における加工状態認識とバリ高さ推定に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	鶴谷, 知洋
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13992号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/78298
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Tomohiro_Tsuruya__review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　氏名　鶴谷　知洋

審査担当者　主　査　教　授　佐々木 克彦
副　査　教　授　梶原 逸朗
副　査　教　授　中村 孝

学位論文題名

機械学習を用いたプレス加工における加工状態認識とバリ高さ推定に関する研究
(Study on forming state recognition and burr height estimation in press working using machine learning)

プレス加工は金型を用いた加工であることから, 加工コストが安く材料歩留まりも良いため, 自動車を中心に電気製品, 住宅関連製品, 日用品などの分野において量産加工技術として広く普及している. プレス加工における品質検査では不良品の発生を見逃した場合, 加工速度が大きいことから大量の不良品が継続的に生産される恐れがある. そこで本研究では, このような不良品の大量発生を防止し不良の発生そのものを回避するために, インプロセスで加工状態を認識する手法の構築を目的としている. 特に, 深絞り加工と打ち抜き加工を対象とし, 金型に設置した AE(Acoustic Emission) 情報と機械学習を用いた高精度の不良品認識とバリ高さ推定による, 量産加工における品質向上や生産コスト低減を目指している.

第 1 章では, プレス加工において不良品の大量発生を防止するには, インプロセスで加工状態を認識することが求められることを明確にしている. プレス加工は金型内部で行われるため直接のセンシングは困難であり, 金型のセンシングが行われていることを述べ, 金型のセンシングでは閾値などの単純な手法の適用は加工状態の認識精度に不安があり, 機械学習を用いることにより高精度化が期待できることを示している.

第 2 章では, 本研究で適用する機械学習について, アルゴリズムの分類とそれぞれの特徴, 何度か現れたブームと現在に至るまでの変遷, 適用範囲や目的などの現在の状況, 本研究で適用を図る手法の概要について示している.

第 3 章では, 引張試験における AE 信号を測定し, 応力ひずみ線図と得られた AE 信号から, 塑性変形時および破断時の波形データと周波数領域の特徴について明らかにするとともに, 試験片の状態判別の可能性について検討している. その結果, 塑性変形時は連続型 AE が, 破断発生時は突発型 AE が発生することを確認している. また, 塑性変形時および破断時の周波数領域での顕著なピークの存在を確認しっている. カウントレートにおいても塑性変形時は連続型 AE を, 破断発生時は突発型 AE を確認できたことで, 高速な処理で加工中に製品の割れなどの認識ができる可能性があることを示している.

第 4 章では, 深絞りにおける AE 信号とカウントレートの測定とデータ解析を行い, 引張試験で得

られた結果と比較し, 深絞りの加工状態の認識における AE の有効性を確認している. その上で, 機械学習を用いて深絞りにおける加工状態認識実験を行い, 手法の有効性を検証している. その結果, 深絞り中の AE 信号の測定と解析により, 引張試験中の AE 信号の周波数領域と同じ特徴を確認し, 深絞り中の加工状態認識の可能性を示している. さらに,AE データを用いたニューラルネットワークによる加工形状態認識実験を行った結果, 認識率は最大で 97.3% となることを示し, 本手法の有効性を明確にしている.

第 5 章では, 打抜きにおける AE, 加工荷重, ひずみのデータ測定と製品のバリ高さを測定し, ショット数の増加と測定データおよびバリ高さについて解析している. また, 機械学習を用いた打抜きにおけるバリ高さ推定実験を行い, 本手法の有効性を検証している. その結果, ショット数の増加にともないバリ高さが変化していることを確認し, さらに, 加工品の周囲のバリ高さの発生状況を解析し,R 部よりも直線部でバリ高さが大きくなる傾向があることを明確にしている. また, 加工実験前後のパンチ表面の観察と摩耗量の測定を行い, 摩耗が進行していることを示している. さらに, 打抜き中の AE, 加工荷重, ひずみのデータ測定と得られたデータの解析を行い, ショット数の増加にともなうデータの変化を確認し, バリ高さ推定の可能性を示している. さらにまた, 打抜き加工中の測定で得られたデータによるバリ高さ推定実験を行い, 最高で 2.61μm の精度で推定ができ, 本手法の有効性を明確にしている.

これを要するに, 本研究はプレス加工による量産加工での品質向上と生産コスト低減のために, 深絞り加工と打抜き加工中の AE 情報およびバリ高さの取得を行い, それらを用いたニューラルネットワークによる機械学習を実行し, 深絞り加工における加工状態認識の高精度化と打抜き加工におけるバリ高さ推定の手法の開発を行っており, 塑性加工分野に貢献するところ大なるものがある. よって著者は, 北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める.