

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 21 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560128

研究課題名(和文)実プレス加工における焼付き発生の予測技術の開発

研究課題名(英文)Development of prediction method of galling generation in press forming

研究代表者

王 志剛 (Wang, Zhigang)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：30244510

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：板成形は自動車の車体などの薄肉部品の製造技術として広く用いられている。量産の障害となる焼付きについては現象解明が不十分なため設計段階での検討はほとんどなく、生産しながら対処している。本研究では、プレス成形における焼付き発生位置の特徴を検討できる角筒絞り試験装置を開発し、実験とCAE解析とを併用して、臨界温度と滑り距離を支配因子とする新たな焼付き発生の判断基準を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：A prediction method of galling generation on die and product surface in press forming has been developed by using a newly devised square cup drawing test. In this method, the temperature and sliding distance are considered as the control factors of galling generation. The predicted results show a good agreement with the experimental results.

研究分野：塑性加工

キーワード：成形加工 塑性加工 金型 トライボロジー

1. 研究開始当初の背景

板成形は、自動車の車体などの薄肉部品の製造技術として広く用いられている。板成形用金型はしわ、破断及びスプリングバックなどの成形欠陥を考慮して設計されるが、量産の障害となる焼付きについては、現象解明が不十分なため設計段階での検討はほとんどなく、生産しながら対処している。一方、有限要素解析法 (FEM) の発達に伴い、板成形時の摩擦条件因子が把握できるようになってきており、これまでに蓄積されてきた焼付き現象に関する基礎データを実加工に適用する機運が出てきている。しかし、現状では板成形における焼付きの発生条件には諸説があり、量産時の焼付き現象の観測も不十分であるため、量産時の焼付き現象を予測できない状況が続いている。

2. 研究の目的

プレス成形における焼付き現象を统一的に整理できる焼付き発生支配因子と焼付き発生条件を明らかにし、板成形における焼付きの予測と抑制技術の基盤となる知見を得ることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 角筒絞り加工において金型と成形品の温度を計測し、実測した温度分布と FEM 解析結果との相関を調べ、焼付き発生支配因子を決定する。

(2) 複合変形モードにおいても同一の焼付き発生支配因子で焼付き現象を整理できるかを検証する。

4. 研究成果

(1) 焼付きの発生条件を検討できる角筒絞り試験法を開発した。

プレス成形法における変形モードを検討し、焼付き発生部位の力学的特徴を抽出し得る角筒絞り試験法を提案した(図 1)。角筒絞り試験法を利用して、ダイと成形品表面における焼付きの発生位置と成長プロセスを明らかにした。正方形の隅を丸めた形状のblankを用いた場合のダイ表面における焼付きは、ダイ曲げ部と絞り部との境界付近の下端面付近に発生している。加工回数の増加に伴い、焼付きは上方へ成長する。一方、成形品表面における焼付きは、ダイ表面における焼付き発生部位に対応する曲げ部と絞り部との境界付近のカップ開口部付近で発生することがわかった。

(2) 焼付き発生箇所の力学的な特徴を明らかにした。

有限要素解析法を用いて、成形品表面および金型表面の焼付き発生箇所の力学的特徴を検討し、そのトライボロジカルな特異性と焼付き支配因子を明らかにした。成形品表面上の焼付きは、成形中最も高い温度を遭遇した箇所の付近で発生し、ダイ表面上の焼付き

は、成形品の最高温度が現れる位置との接触経路の終端で発生する可能性が最も高いことがわかった。

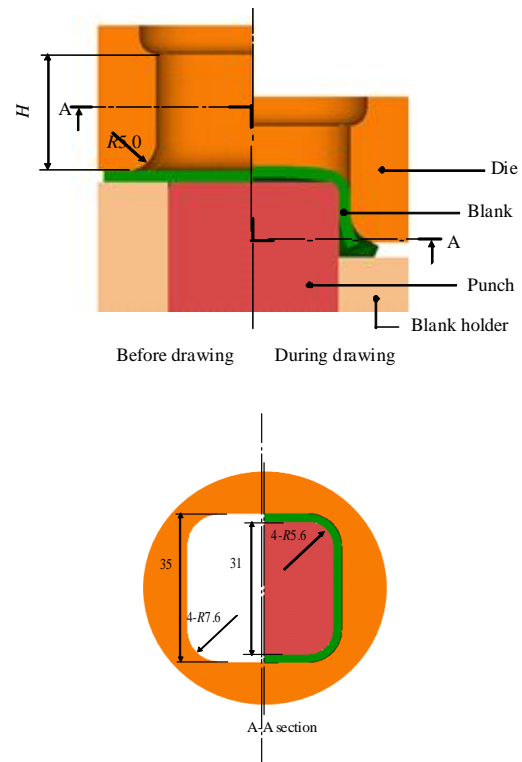
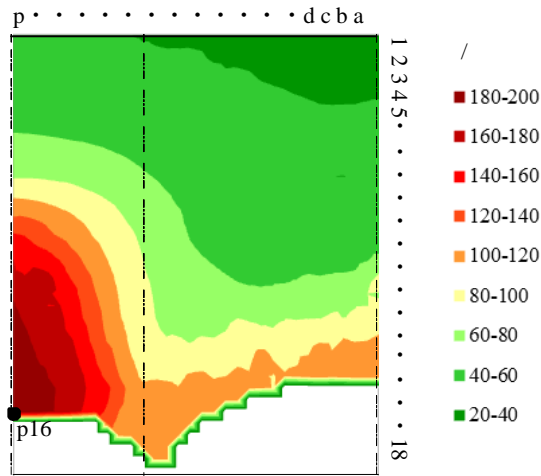


図 1 角筒絞り試験原理図

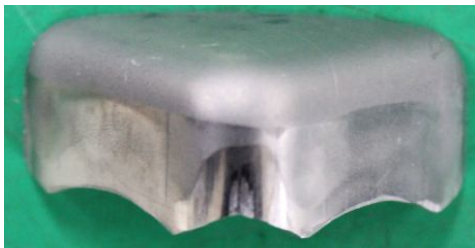
(3) 焼付き発生の支配因子を明らかにした。

上述した焼付き発生支配因子を用いて焼付きの発生が予見可能かを検証した。被加工材の形状を変えて、焼付きの発生位置を制御し、検証実験の結果と有限要素法解析に基づく予測結果とを比較することで提案した焼付き支配因子の有効性を明らかにした(図 2)。その結果、従来の臨界温度説と臨界面圧説とは異なり、臨界温度と滑り距離を支配因子とする新たな焼付き発生の判断基準を確立した。

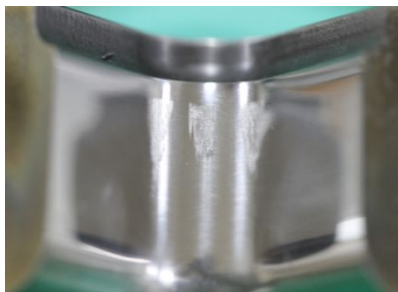
本研究で提案した焼付き発生の予測法を用いて、有限要素解析法により焼付き発生に及ぼす被加工材の変形抵抗、摩擦係数およびダイの形状の影響を調べた。その結果、焼付き発生のリスクはハイテン 440 までの軟質材ではかなり低く、ハイテン 590 では著しく増大し、ハイテン 980 以上の超高強度材では通常の工具鋼と潤滑油による成形が不可能であること、摩擦係数を減らすことによって、焼付きの発生範囲が狭くなること、ダイ形状を最適化することによって、焼付きの発生範囲を狭めることが可能であること、などがわかった(図 3)。これらの予測結果はプレス現場の経験に合致しており、提案した予測法の実用性が高いことを示している。



(a) 予測結果



(b) 実験結果 (成形品における焼付き)



(c) 金型表面での焼付き

図 2 八角形ブランクを用いた角筒絞りにおける焼付きの発生位置とその周辺の温度分布の解析結果

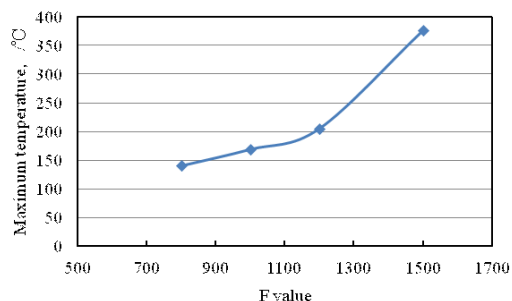


図 3 焼付き発生位置の温度に及ぼす被加工材の塑性係数の影響

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

- (1) 王志剛、楊明緒、副島友希、吉川泰晴、角筒絞り加工における焼付きの発生位置の予測、塑性と加工、55 巻、639 号、pp.336-340(2014)。
- (2) Tomoki. Soejima, Mingxu. Yang, Zhigang Wang, Yasuharu. Yoshikawa, Tribological peculiarity of galling position in square cup drawing, Key engineering materials, Vols. 535-536, pp.334-337(2013)。

〔学会発表〕(計 6 件)

- (1) Zhigang Wang, Mingxu Yang, Yasuharu Yoshikawa, A prediction method of galling position in square cup drawing, 11th international conference on technology of plasticity, Oct. 19, 2014, Nagoya, Japan.
- (2) 安藤俊祐、楊明緒、王志剛、吉川泰晴、板成形における焼付きの生成機構、第 64 回塑性加工連合講演会論文集、2013 年 11 月 1 日、大阪大学吹田キャンパス(大阪府・吹田市)。
- (3) Mingxu Yang, Zhigang Wang, Yasuharu Yoshikawa, Shunsuke Ando, Effect of blank shape on galling behavior in square cup drawing, 16th international conference on advances in materials and processing technologies, Sep. 22, 2013, Taipei (Taiwan).
- (4) Mingxu Yang, Zhigang Wang, Yasuharu Yoshikawa, Shunsuke Ando, Tribological feature of square cup drawing test, 11th international conference on numerical methods in industrial forming processes, Jul. 6, 2013, Shenyang (China).
- (5) Tomoki Soejima, Mingxu Yang, Zhigang Wang, Yasuharu Yoshikawa, Tribological peculiarity of galling position in square cup drawing, 11th asia-pacific conference on engineering plasticity and its application, Dec.5, 2012, Singapore (Singapore).
- (6) 副島友希、楊明緒、安藤俊祐、王志剛、吉川泰晴、角筒絞り加工における焼付き発生位置の特異性、第 63 回塑性加工連合講演会論文集、2012 年 11 月 4 日、北九州国際会議場(福岡県・北九州市)。

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究代表者

王 志剛 (WANG ZHIGANG)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：3 0 2 4 4 5 1 0