

プレス成形中の金型変形計測の高精度化に関する研究

日大生産工(院) ○船田 寿岳 日大生産工 高橋 進

1. 緒言

近年、自動車の軽量化を進めるため高張力鋼板やアルミ合金板などの適用が拡大している。しかし高張力鋼板の成形には高い成形力が必要となり、それにより金型が変形し、圧力分布に変化が生じ、製品の成形性に影響を及ぼすが、シミュレーションでは金型は剛体で通常解析される。そこでシミュレーションでの圧力分布が得られる金型が設計できれば、よりシミュレーション結果に近い成形品が得られると考える。

本研究では、上記課題の要素技術である金型変形シミュレーション結果の検証データとするためのたわみ計測システムを考案した。そのシステムを使用した実金型を用いた金型変形計測実験ならびに、金型変形をシミュレーション可能とするために、解析のための条件決定をおこなった。また、実際の金型変形計測結果とシミュレーションでの金型変形結果を比較・検討をしたので報告する。

2. 金型変形計測システムの考案

金型の変形を計測するため Fig.1 のようなシステムを考案した。3箇所の変位計より変形に伴う対象板と変位計間(A,B,C)の距離の変化量(A',B',C')を計測し、左右の変位計での距離の変化量の平均と中央部の距離の変化量との差を、たわみ量と定義した。計測機器は渦電流変位計を使用した。

金型の変形によって左右の渦電流変位計はある一定の角度をもつことが考えられる。したがって渦電流変位計と測定対象物の平行度が計測結果に及ぼす影響を検討した結果、変位計が測定対象と 2.5° まで計測誤差±1.0%以内となっているため、平行度は 2.5° まで計測が可能であることがわかった。

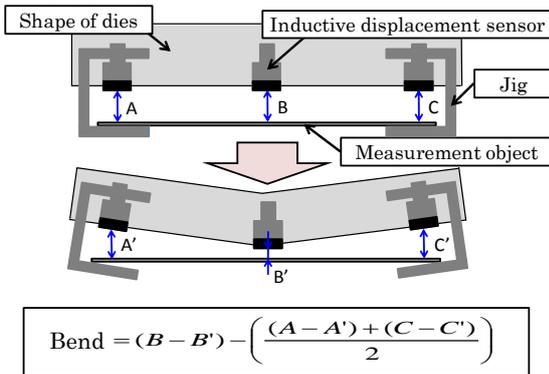


Fig.1 Calculation method of bend

3. ブランクホルダの変形計測による検証データ取得

3.1 実験方法と結果

プレスにて加圧時のブランクホルダ(Fig.4)の変形挙動を計測し、解析の検証データを取得した。ブランクホルダの変形を容易に発現させるために、シム(17×70×1.2mm)(Fig.3)をブランクホルダの中央部に設置し、空打ちの状態に加圧を行いブランクホルダの変

形を計測し前章で示した方法でたわみを算出した。

Fig.6 に時間と距離の変化の関係を示す。この結果よりたわみ量は-0.789mmであった。ブランクホルダの3箇所距離の計測結果において、2段階の変化が見られた。これはクッション力と成形力とで発生していると考えられる。

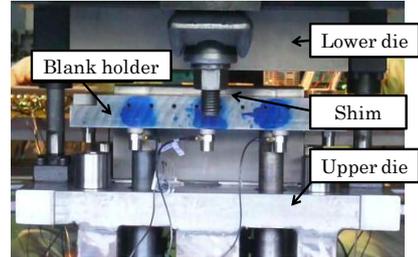


Fig.2 Die set

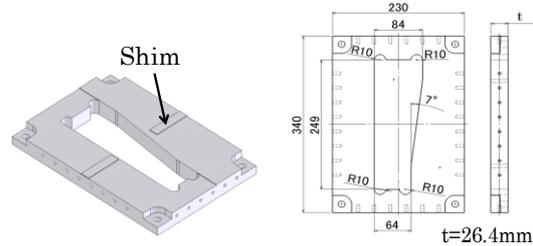


Fig.3 Location of shim

Fig.4 Blank holder

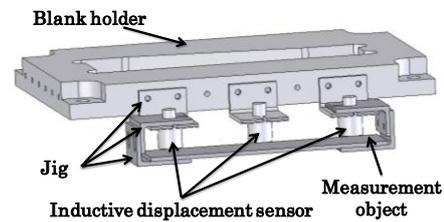


Fig.5 Measurement system of die deformation

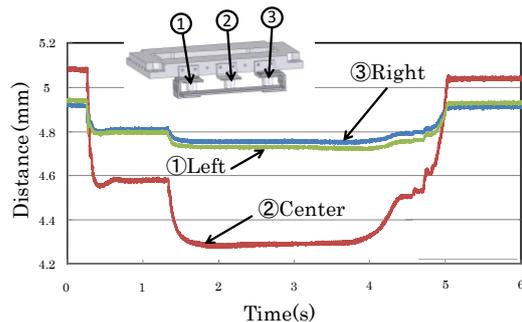


Fig.6 Distance to measurement object at each device

3.2 解析精度の検証

ブランクホルダのたわみを大規模解析ソフト(ADVC:アライドエンジニアリング社製)で解析し、前述の実験結果と比較した。物性値等をヤング率 210GPa, ポアソン比 0.3, 摩擦係数 0.15, クッション力 147kN, 成形力 1470kN として解析した。

Accuracy improvement of die deformation measurement system during press forming

Jugaku FUNADA and Susumu TAKAHASHI

要素数 88,010, 節点数 21,402, 解析時間約 1min での解析結果より, たわみ量は -0.814mm となり, 実験結果との誤差は 3.2%であった.

3.3 誤差と計測システムの関係

ブランクホルダ変形解析の Z 軸方向の変位は中央部で -1.285mm , 末端部で 0.017mm , 変位差は 1.302mm であった. しかしシムの板厚は 1.2mm で, 両者の差は 0.102mm により, 解析ではブランクホルダの末端部が上型にめり込んでいることがわかった. したがって実際では起こり得ない接触で解析が行われたため, 解析の接触条件決定に問題があることがわかった.

4. 治具の改良

実験では, 前述のブランクホルダ変形計測実験に使用した治具よりも更なる計測精度の向上を図る為に治具と対象板の接点を図に示される様に面から点にした. 改良前後の構造を以下の Fig.7 に示す. 計測位置の固定化を図ることができ, 金型変形による治具と対象板の接触点が状況により異なるため, 測定距離に影響を与えやすいと考えられる既存の状態に比べ, 接触がどの様な状況でも同様になり, それにより正確な変位を計測することができると思われる.

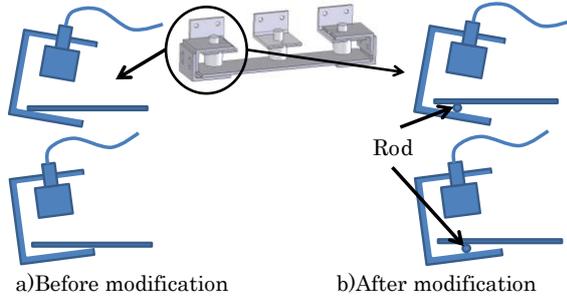


Fig.7 Improvement of jig for distance measurement

5. 自動車部品金型の変形計測による検証データ取得

5.1 実験方法と結果

自動車部品の成形用金型は, 一般的に前述の金型より接触面も多く形状も複雑である. そこで Fig.7 に示す金型を用いて更なるシミュレーションの検討をおこなった. 金型の変形を容易にするために, シム(151×61×2mm)を2枚金型の中央部に設置し(Fig.8), 上下型の金型を支えるライザーを中央部のみ外した. 金型を強制的に変形させるために, 下死点より上型をさらに $1.2\text{mm}\sim 2.5\text{mm}$ の範囲で下降させ, たわみ量はブランクホルダ変形計測と同様に, 金型の変形に伴う3箇所の変位計より計測した(Fig.10).

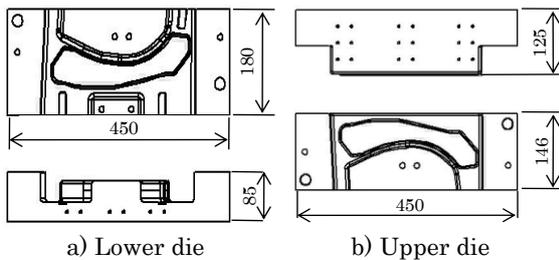


Fig.8 Shape of dies

下死点下降量 2.5mm の時の各部(①,②,③)での対象板までの距離を Fig.11 に示し, 2章で示した算出方法でたわみを求めた. Table1 に下型・上型のたわみを示す.

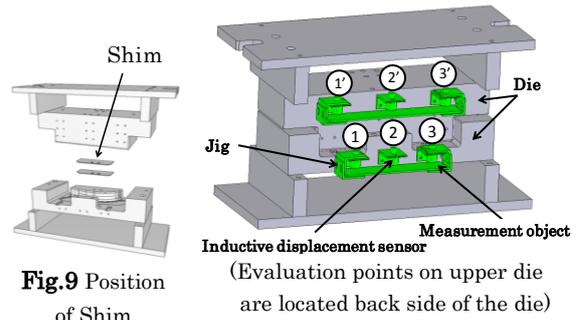


Fig.9 Position of Shim

Fig.10 Measurement of die deformation

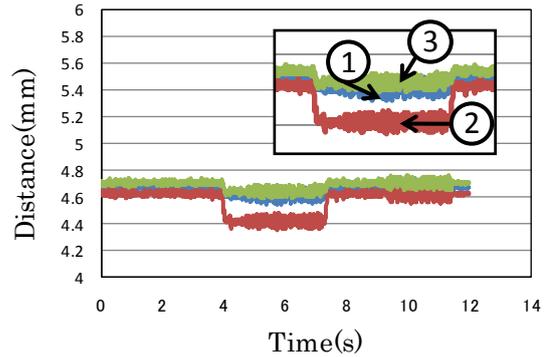


Fig.11 Distance to measurement object at each device of lower die

Table1 Bend from experiment

Die	Bend(mm)
Upper	0.158
Lower	-0.147

5.2 解析精度の検証

解析結果を以下に示す. ヤング率 210GPa , ポアソン比 0.3 , 要素数 $1,313,415$, 節点数 $2,72,202$, 摩擦係数 0.1 , 解析時間約 15min , 上型の下死点からの下降量 2.5mm で行った解析より, たわみを以下の Table2 に示す. 上型・下型それぞれの実験結果との誤差は上型 3.8% , 下型 43.0% であった.

Table2 Bend from simulation

Die	Bend(mm)
Upper	0.152
Lower	-0.258

5.3 誤差と計測システムの関係

上型は治具の改良より正確な変位とたわみが算出できた. 一方で Fig.11 より下型の①, ③の変位計は成形中に治具の接触部と対象板が一時的に離れた. 以上のことを顧慮し, 下型のたわみを算出すると -0.262mm 近傍であることが予測でき, 計測システムの修正が必要である.

6. 結言

本研究から以下の結論を得た.

- (1) 治具と対象板を点接触にさせた治具の回転による計測精度の向上を提案した.
- (2) ブランクホルダ変形解析では接触条件の修正により解析精度が向上すると考えられる.
- (3) 金型変形計測システムでは一部の改良により, 高精度に計測できることが確認できた.