

3D 測定マクロスコープを用いた平押し法による四角形の成形品の加工面の観察

笹田 昌弘*

Observation of cut surface of square shaped product obtained by push-back blanking using 3D measurement system

Masahiro SASADA*

1. 緒言

平成27年度工学部重要機器整備費によりワンショット3D測定マクロスコープ VR-3200（株式会社キーエンス社製）を導入した。本装置により、対象物の形状の広範囲を短時間に非接触にて3D測定できる。また、マクロスコープとしての利用も可能である。研究室では、金型により成形された成形品の形状を評価しており、本測定機の導入より効率良く形状を観察することができるようになり、様々な研究テーマにて利用している。測定機を利用し容易に形状を測定できることから、学生が考察を進めやすくなった。

本測定機について紹介する。導入した測定機の主要部を図1に示す。主要部分のおおよその寸法は、高さ496mm、幅330mm、奥行き330mmである。電動XYステージを搭載しており、最大200mm×100mmの範囲を測定することができる。繰り返し精度は、高さ測定 $0.5\mu\text{m}$ 、幅測定 $1\mu\text{m}$ （広視野モード）あるいは $0.5\mu\text{m}$ （高倍率モード）である。

本報告では、平押し法による成形品の加工面の形状を比較した結果を報告する。

機械部品を製造する際に、プレス機と金型を利用した成形が利用される。金型を利用する加工法の一つにせん断加工がある。せん断加工は、パンチとダイを利用して材料を分離させる加工法である。



図1 ワンショット3Dマクロスコープ
（株式会社キーエンス社製）

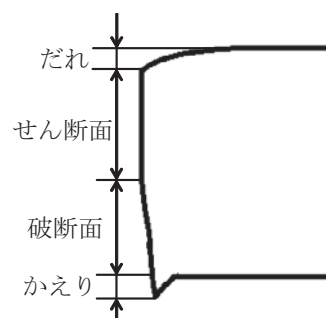


図2 せん断加工による加工面

せん断加工により得られる加工面には、図2に示すように、だれ、破断面、かえりが発生する場合がある。精密部品の場合には、これらを低減することが望まれる。かえりは、作業者ならびに製品を傷つける場合がある。かえりの発生を防ぐために考えられた加工法の一つに平押し法¹⁾がある。本方法により金型を利用して容易にかえりなしせん断加工が行える。これまでに、成形品の形状が丸形の場合には、スクラップとなるさん幅の影響が報告されている²⁾。また、材料の外周を変位拘束することにより、さん幅が小さい場合でも成形が可能となることが報告されている³⁾。しかし、成形品が四角形の場合の報告は少ないようである。角部の丸みを R とし板厚を t とすると、 $R/t \geq 0.2$ の場合については報告されている⁴⁾。角部分の材料変形は複雑であることから、角部の丸み R がさらに小さい場合についての検討は重要である。

以上より、平押し法によりえられた四角形の成形品の加工面に及ぼすさん幅の影響を実験により確認することとした。

2. 実験方法ならびに観察方法

設計・製作した実験用金型を利用して平押し法の実験を行った。平押し法は2工程により行った。平押し法では図3に示すように、第1工程にて半抜きを行い、第2工程では平板を用いて成形品を分離させる。第1工程におけるパンチ下の材料が成形品となり、ダイ上の材料がスクラップとなる。試験片の材質はJISA1100P-H24である。試験片形状は、一辺の幅 W は13、14、15または18mmの正方形であり、厚さ t は3mmである。

第1工程で利用した金型の模式図を図4に示す。一辺10mmの正方形の穴を有するダイを利用した。ダイの角部の丸み R は0.2mmである。クリアランスが板厚の-3%となるようにパンチの形状を決

*教授 機械工学科

Professor, Dept. of Mechanical Engineering

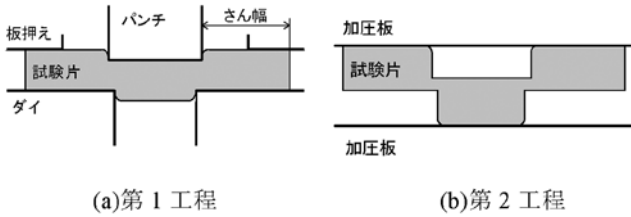


図3 平押し法の工程

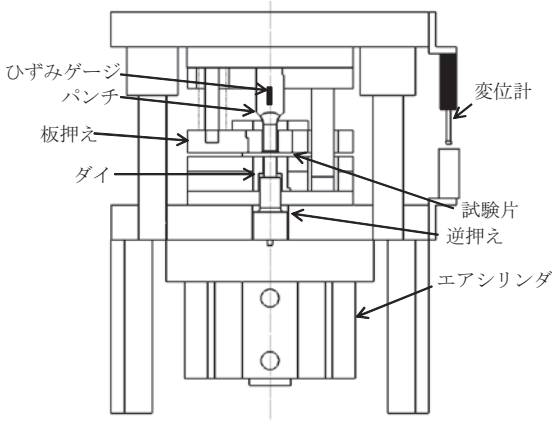


図4 金型概略図 (第1工程)

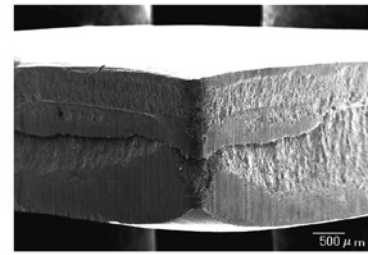
定した。パンチ食い込み量 (Ps1) を、板厚の80%とした。板押えはばね式を利用し、板押え力として100Nを作用させた。また、湾曲を低減するため逆押えを利用し、逆押え力として3140Nを作用させた。

第2工程では二枚の平板により半せん断された試験片を圧縮し、分離させる。第2工程終了後に、さん幅部分に成形品が保持されていた場合には、25Nを作用させて分離した成形品のみを評価対象とした。

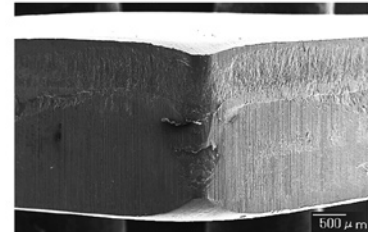
加工速度は、第1工程ならびに第2工程ともに0.05mm/sである。潤滑油は動粘度150mm²/sのパラフィン系基油を利用した。各工程の変位は、ダイセットに取り付けられた変位計により計測した。

3. 実験結果及び考察

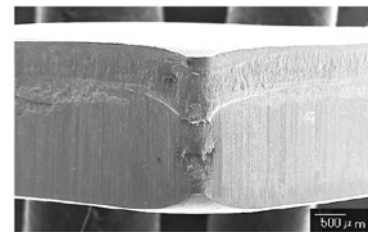
第2工程後の試験片の加工面を電子顕微鏡にて観察した結果を図5に示す。下面より板厚の80%の場所までが第1工程にて形成された加工面であり、それ以上が第2工程にて形成される加工面である。試験片の幅 W が13, 14と15mmでは、直辺部に第1工程にて破断面が発生することがわかる。試験片の幅 W を18mmまで増加させることにより、直辺部のき裂を防止できる。一方、角部に関しては、本実験条件の範囲では第1工程にてき裂が発生することがわかる。丸形の成形品の場合については、第1工程のさん幅部分の外側方向への移動がき裂発生に影響することが報告されている²⁾。そこで、図6に示す線上の試験片の変形形状を測定し比較することとした。第1工程後の試験片の上面の直辺部を含む形状を測定した結果を図7に示す。さん幅部分の上面が傾いており、パンチ刃先に近づくとき高さが低くなる。第1工程後の直辺部が外側へひろがっていることも確認できる。これらのことから、第1工程においてダイス刃先付近の材料が外側へ移動していることが考えられる。試験片の幅が大き



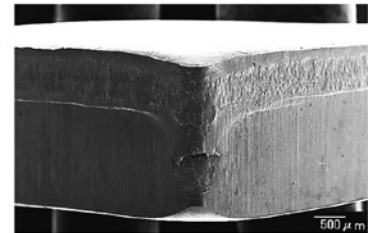
(a) W=13mm



(b) W=14mm



(c) W=15mm



(d) W=18mm

図5 電子顕微鏡による成形品の観察

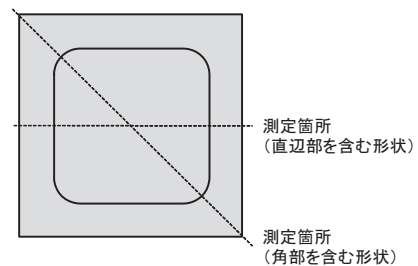
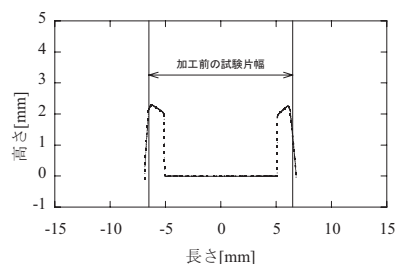


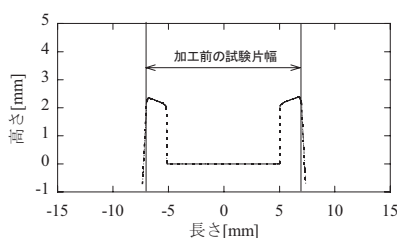
図6 第1工程後の試験片上面の形状測定

い場合には、外周付近の材料が内側の材料の広がり拘束することが考えられる。つまり、試験片の幅が大きくなることにより、さん幅部分の外側への移動が低減される。試験片の幅が小さい場合には、ダイ刃先付近の材料の外側への移動の影響が大きくなることが考えられ、第1工程にて直辺部にき裂が発生する原因の一つとして考えられる。

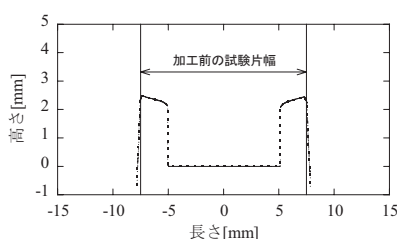
第1工程後の試験片の上面の角部を含む形状を測定した結果を図8に示す。直辺部と同様にさん幅部分の上面が傾いているが、直辺部よりも角部の傾きが緩やかである。また、さん幅部分の外側への



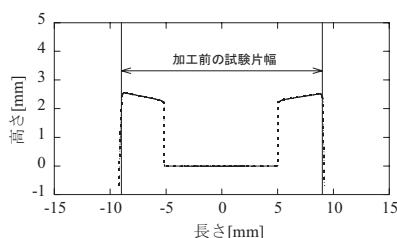
(a) W=13mm



(a) W=14mm



(b) W=15mm



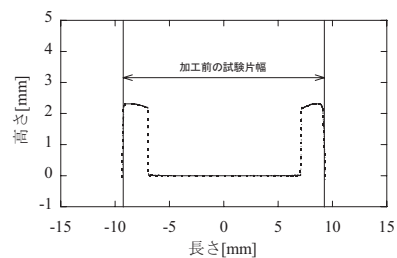
(c) W=18mm

図7 試験片上面の直辺部を含む形状（第1工程終了後）

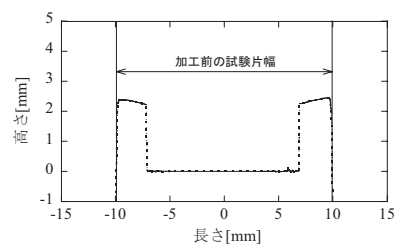
広がりも小さい。しかし、試験片の幅に関係なく角部にはき裂が発生している。図5より、第1工程にて形成される角部のだれが直辺部のだれよりも大きいことがわかる。今後更なる詳細な検討が必要と考えるが、ダイ刃先付近の材料が周囲へ広がっていることが考えられることから、材料変形とき裂発生との関係を角部の形状を考慮して考察することが必要であると考え。

4. 結言

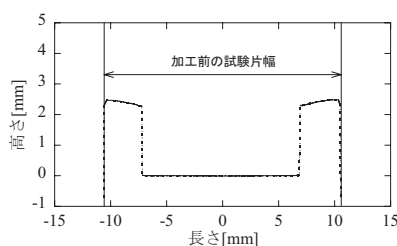
さん幅の異なる試験片を対象に、四角形の成形品を平押し法にて成形した。試験片の幅を大きくすることにより、第1工程で発生する直辺部の破断面は低減できることがわかった。角部に関しては、本実験条件の範囲で試験片の幅を大きくしても、破断面は低減できなかった。今後、材料変形の詳細をさらに観察し、平押し法による四角形の成形品の第1工程におけるき裂の発生について検討することが必要である。



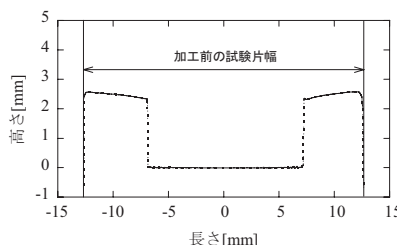
(a) W=13mm



(a) W=14mm



(b) W=15mm



(c) W=18mm

図8 試験片上面の角部を含む形状（第1工程終了後）

謝辞

成形技術を対象とする研究分野では、成形品の形状を測定することは重要である。本装置により測定した結果を基に考察を進め、金型を利用した成形技術の高度化を進めていきたいと考えている。本測定機の導入にご支援いただいた各位に感謝を申し上げる。

参考文献

- [1] 牧野育雄, かえりなしせん断法, プレス技術, 13(5), 93-98 (1975).
- [2] 青木勇, 高橋俊典, かえりなしせん断加工特性に及ぼすさん幅の影響, 塑性と加工, 39(445), 131-136 (1998).
- [3] 笹田昌弘, 齊藤彬, 平押し法における材料への拘束が分離成功条件域ならびに切口面に及ぼす影響, 日本機械学会論文集, 81(830), DOI : 10.1299/transjsme.15-00136 (2015).
- [4] 青木勇, かえりなしせん断加工に関する研究, 平成4年度塑性加工春季講演会講演論文集, 9-14 (1992).