

金属板材の面内反転負荷試験機の開発と高精度材料モデリング

Advanced material modeling based on in-plane reverse loading test for sheet metals

桑原 利彦 Toshihiko Kuwabara

工学研究院 先端機械システム部門 教授

Professor, Division of Advanced Mechanical Systems Engineering,

Institute of Engineering

研究領域：製造技術

Keywords: plasticity, sheet metal, combined hardening, Bauschinger effect, SD effect

URL : <http://www.tuat.ac.jp/~kuwabara/>



Point

- ・ 金属板材に引張=>圧縮, 圧縮=>引張, 引張=>圧縮=>再引張などの面内反転負荷を与え, 応力-ひずみ曲線を連続して測定するための試験方法を確立. 本試験方法により, 成形シミュレーションに必要となるバウシンガ効果や弾性率の塑性ひずみ依存性などを高精度に測定できるので, 材料モデルの高精度化に役立つ. 現在, 本試験機の製品化を推進中.
- ・ In-plane reverse loading test method for sheet metals has been established. This testing method enables the accurate measurement of the Bauschinger effect and the strain dependence of the elastic modulus. A commercial version of the testing machine is under development.

1. 研究 (技術、開発) の概要

当研究室で開発した金属板材の面内反転負荷試験機を **Fig. 1** に示す. Fig. 1a は, 試験片の面内に連続反転負荷を加えるために考案された櫛歯金型である. Fig. 1b は試験機の全体図を示す. 櫛歯金型は, 一対の下金型と一対の上金型から構成されている. 下金型 1 は, ダイセット下板に固定される. 下金型 2 は, スライドガイドの移動台上に固定され, 左右に動く. まず試験片を下金型の上に載せ, チャックにてその両端を下金型に固定する. 次に, 位置決めピンを基準にして, 上金型を試験片の上にかぶせ, さらに, 上金型の上にコロを置く. 最後に, 油圧シリンダ B によってダイセット上板を降下させ, 試験片にしわ抑え力を負荷する. この状態で, 油圧シリンダ A によって下金型 2 を左右に駆動する. これにより, 試験片を座屈させることなく, 試験片の面内に

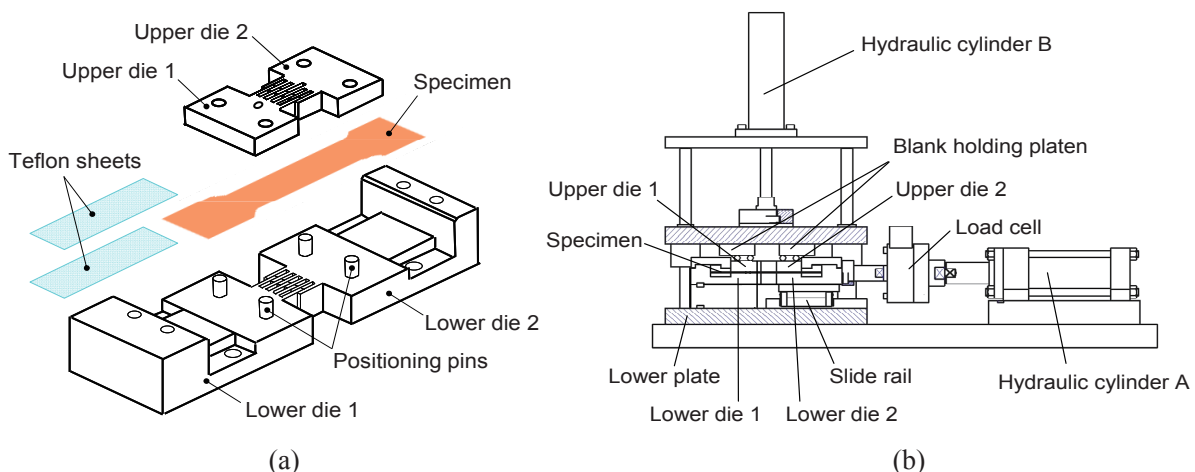


Fig.1 Experimental apparatus for application of in-plane stress reversals to a sheet specimen:

(a) configuration of comb-shaped dies and (b) an overview of the testing apparatus^{2,3)}.

引張・圧縮の連続反転負荷を加えることができる。ひずみ計測にはひずみゲージを用いる。

プレス成形中の板材のある部位では、曲げ曲げ戻し変形のように、材料の内部で反転負荷が発生する場合がある。また素材の製造時と加工時で負荷方向が反転する部位もある。このような部位のスプリングバック量を精密に予測するためには、反転負荷に伴う応力低下（バウシニング効果）や弾性率の低下を精密に測定し、定式化する必要がある²⁻⁷⁾。測定例を Fig.2 に示す。

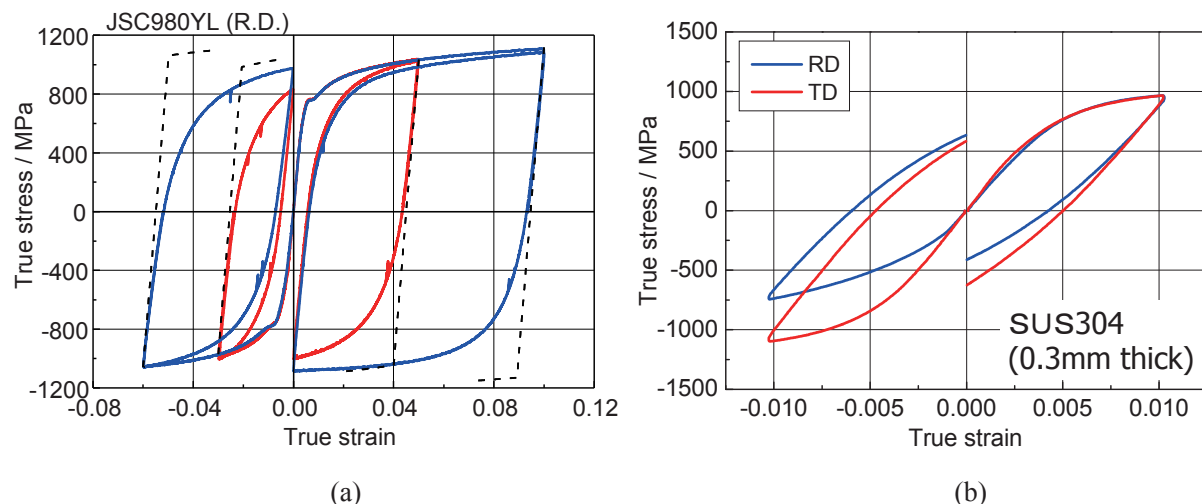


Fig.2 Stress-strain curves under reverse loading for (a) 980MPa steel sheet⁶⁾ and (b) 0.3 mm thick SUS304 sheet⁵⁾. It is noted that the flow stresses of SUS304 are different between tension and compression.

2. 研究（技術、開発）の独創性

金属板材の面内圧縮試験法¹⁾を改良して面内反転負荷試験機を開発した。最大ひずみ振幅は±10%である。板厚 0.3mm 以下の極薄板材の反転負荷試験に関しては、本試験法が唯一の方法である。

3. 今後の展開

複数の企業との共同研究により、面内反転負荷試験機を製品化予定であり、今後普及に務める。最大ひずみ振幅を±15%にまで向上させたい。さらに本試験方法の国際標準化を推進したい。

4. 関連資料・文献・参考事項

- 1) 桑原利彦・森田佳之・宮下洋介・高橋進, 面内反転負荷を受ける金属薄板の弾塑性変形挙動, 塑性と加工, **36**-414 (1995), 768-774.
- 2) 白神 聡: 複合応力経路を受けた鋼板の材料モデリングと塑性不安定, 平成20年度東京農工大学工学府機械システム工学専攻修士論文, (2008).
- 3) Kuwabara, T., Kumano, Y., Ziegelheim, J., Kurosaki, I, Tension-Compression Asymmetry of Phosphor Bronze for Electronic Parts and its Effect on Bending Behavior, *Int. J. Plasticity*, **25** (2009), 1759-1776.
- 4) Murakoso, S. and Kuwabara T.: Measurement and Analysis of Ultra-Thin Austenitic Stainless Steel Sheet under Biaxial Tensile Loading and In-Plane Reverse Loading, *J. Solid Mech. Mater. Eng.*, **3**-12 (2009), 1330-1339.
- 5) 桑原利彦・齋藤怜奈・平野孝明・大橋信昭: 電子部品用SUS304ステンレス鋼板の引張/圧縮応力の非対称性とその曲げおよびスプリングバック挙動への影響, *鉄と鋼*, **95**-11 (2009), 732-739.
- 6) 乃万暢賢・桑原利彦: 高張力鋼板の曲げ曲げ戻しFEM解析とスプリングバック検証実験, 第61回塑性加工連合講演会論文集, (2010), 363-364.
- 7) Verma, R. K., Kuwabara, T., Chung, K. and Haldar, A., Experimental evaluation and constitutive modeling of non-proportional deformation for asymmetric steels, *Int. J. Plasticity*, **27** (2011), 82-101.