

大塑性ひずみ付与装置とその検証試験

Apparatus for Providing Large Plastic Strain on Material and its Application

正〇 山下実(岐阜大金型センター) 正 佐藤丈士(岐阜機材研) 正 服部敏雄(岐阜大工)

Minoru YAMASHITA, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu
Joji SATO, Res. Inst. Machinery & Mater. 1288 Oze, Seki
Toshio HATTORI, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu

Key Words : Large Plastic Strain, Shear Deformation, Cyclic Operation, Straining Device

1. 緒言

金属材料の機械的性質を向上させるために、強ひずみ加工を利用して結晶粒の微細化を図るという方法がある。その代表的な方法として ECAP 法があり、近年、マグネシウム合金などに適用され種々検討されている。しかし、ECAP 法では、非加工材料全体にひずみを与えることは不可能である。また、その工程に手間がかかるという問題もある。

そこで、本研究では矩形ブロック形状の材料に塑性単純せん断変形を繰返し与えることによって、結果的に非常に大きな塑性ひずみ付与できる装置を考案・試作した¹⁾。まず、材料に付与したひずみの精度について調べ、装置の動作検証を行った。さらに、マグネシウム合金 AZ31B-O にやや大きい塑性ひずみを付与しその効果を調査した。

2. 実験装置

試作した繰返しせん断変形付与装置を Fig.1 に示す。ブロック試験片に塑性単純せん断変形を繰返し与えることによって、結果的に大ひずみを蓄積するものである。装置の外観およびせん断変形付与部の拡大写真を Fig.2 に示す。試験片寸法は紙面に対して、縦×横×奥行=20×20×10 mm の直方体である。試験片の左右面は Fig.2 中央上部のクランク軸に連結された 2 本の揺動バーの動き合わせて動く。ただし、試験片挿入部の体積を一定に保つよう回転中心はカム機構により揺動角度に合わせて写真左右方向に移動する。

本装置では、試験片の形状が最大に傾いた時、単純せん断ひずみ $\gamma = 0.1$ を与えるように設定してある。すなわち、Fig.1 に示す 1 サイクルを経て元の形に戻ると、0.4 のせん断ひずみが与えられたことになる。このサイクルを繰返して結果的に非常に大きなひずみを与えることができると考えた。本装置の主な特徴は、試験片の形状が加工前後で変化しないことである。さらに、材料に割れを生じさせることなく大きな塑性ひずみを与えるために、Fig.3 に示すように油圧シリンダで試験片の一面に規定の圧力を加えながら、ひずみを付与できる機構を持たせた。同図の下側工具以外の部品はその動きが規定されているため、試験片全体を圧縮応力場とし割れを防止するのである。この機構は、部品や試験片の加工精度に起因する割れも生じにくくすることができ、試験片に付与するひずみの均一化にも寄与する。

3. ひずみ付与試験

まず、繰返しせん断変形付与装置によって試験片に割れを発生させずに、所望のひずみをどの程度正確に与えることが

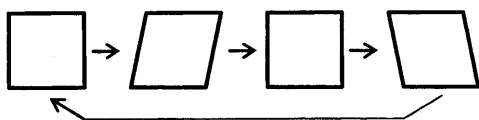


Fig.1 Accumulation of shear strain by cyclic operation.

できるか検証実験を行った。供試材は、板厚 10 mm の純アルミニウム(A1050-H112)板および純銅(C1100-1/4H)板である。また、薄板に対する適用性を検討するため、板厚 1 mm の純アルミニウム板を 10 枚積層してブロック試験片と同様な寸法としたものについても調査した。供試材の機械的特性を Table 1 に示す。

繰返しせん断変形を与えたときのひずみ量を測定、評価するため、Fig.4 に示すように試験片表面に格子をけがき、実験後、格子座標値からひずみを算出した。また、板厚 1 mm の純アルミニウム積層試験片については、表面と表面から 3 枚目および 5 枚目の板で付与したひずみを測定した。

純アルミニウム試験片について変形途中の例も Fig.4 に示すが、この場合中央部分にはほぼ所望のせん断ひずみを付与できているものの、外周付近ではひずみ付与の精度がやや劣る。このことは、油圧シリンダによる押さえ圧力を増すと改善される傾向が見られ、押さえ圧力がひずみ付与の精度に及ぼす影響について以下検討した。

純アルミニウムでは押さえ圧力(シリンダ力/試験片の受圧面積)を 40, 80, 120, 160, 200 MPa とした。一方、純銅では

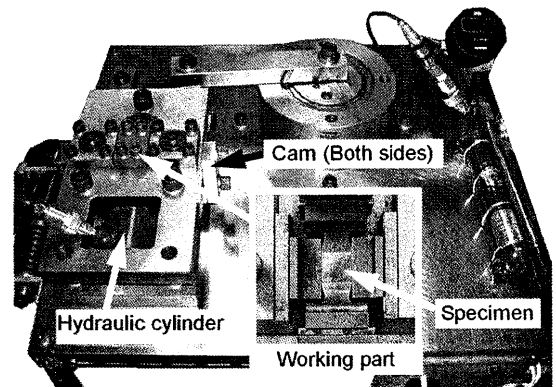


Fig.2 Large strain providing device.

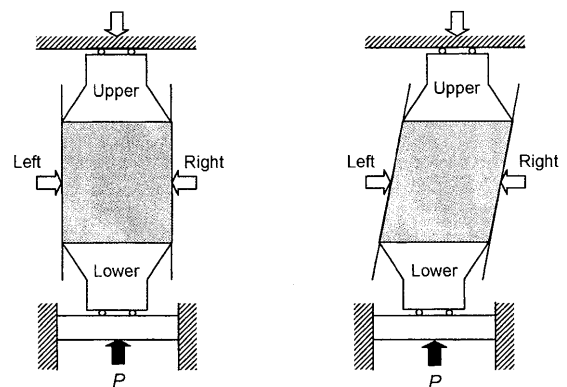


Fig.3 Illustration of working part.

P: Pressure by hydraulic cylinder

Table 1 Mechanical properties of sheet material used for operation test of the developed device.

Material	t (mm)	K (MPa)	n -value	U.T.S. (MPa)	T.E. (%)
A1050	10	150	0.17	98	48.2
	1	147	0.022	131	1.6
C1100	10	420	0.27	225	56.3

t : Sheet thickness, Plastic property: $\sigma = K\epsilon^n$,
U.T.S.: Tensile strength, T.E.: Total elongation

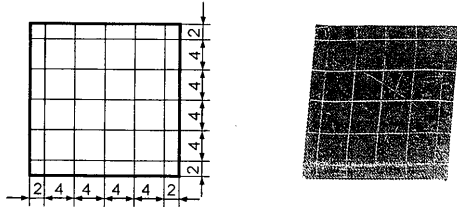


Fig.4 Lattice pattern and sheared specimen.

40, 160, 320, 480 MPaとした。所望のせん断ひずみを0.1~0.9(相当ひずみで0.0577~0.5196)とした場合について、実際に付与したひずみを測定した。

純アルミニウムのブロック試験片について、ひずみ付与実験の結果を Fig.5 に示す。同図横軸は所望のせん断ひずみである。縦軸には所望のひずみに対する実験値の差を率で示した。押え圧力 80 MPa 以下では、加工を進めていくと理想値との差は拡大する傾向が顕著であり、工具で試験片の外周を隙間なく支持していない可能性がある。押え圧力を 120 MPa 以上とした場合では、そうした拡大傾向は見られなかった。押え圧力が 160 MPa の時に最小値を示し、押さえ圧力を 200 MPa とすると理想値との差が大きくなり、ひずみ付与の正確さはかえって低下した。この原因として、押さえ圧力が高過ぎると固定工具(試験片の 20×20 mm の面に接触)にかかる面圧が高くなり、固定工具上の材料すべりに対して有害な抵抗を生じ、付与したひずみの不均一性を増加させるからと考える。

一方、銅ブロック試験片についても、純アルミニウム試験片と同様に押え圧力を増加させていくと、所望のひずみに対する実験値の差異は小さくなった。しかし、変形抵抗が純アルミニウムより大きいため、必要な押さえ圧力は 480 MPa であった。

純アルミニウム板を積層したブロック状試験片に対する実験結果を Fig.6 に示す。表面と表面から 3 枚目および 5 枚目について評価した。押さえ圧力が 160, 200 MPa の場合について示すが、いずれもひずみが拡大する傾向は見られなかった。しかし、押さえ圧力が 200 MPa の場合では、1, 3, 5 枚目の

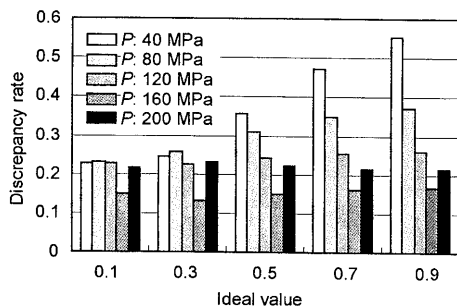


Fig.5 Discrepancy rate between ideal value and practice of shear strain.

Material: Pure aluminum (A1050) block
 P : Pressure on lower face of specimen

いずれについてもほぼ同様なひずみを与えることができた。このことから、先述のブロック材料におけるひずみ付与試験でも、試験片内部のせん断ひずみは、表面部のものと同様であると判断できよう。

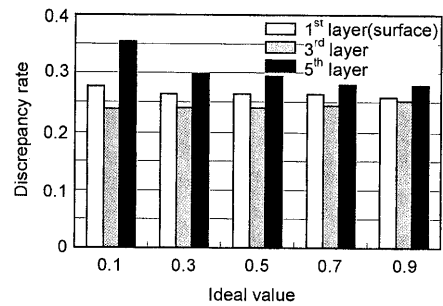
4. マグネシウム合金板 (AZ31B-O) への適用

大塑性ひずみ付与の効果と板厚 0.5 mm の AZ31B-O について調査した。マグネシウム板を 2 枚積層し、その両側は板厚 1 mm の純アルミニウム板を配置したブロック状試験片に、せん断ひずみ $\gamma = 2, 4$ を与え機械的特性の変化を調べた。引張試験片寸法が小さいため、塑性ひずみゲージを利用して応力-ひずみ線図を得た。引張方向は Fig.3 の上下方向である。

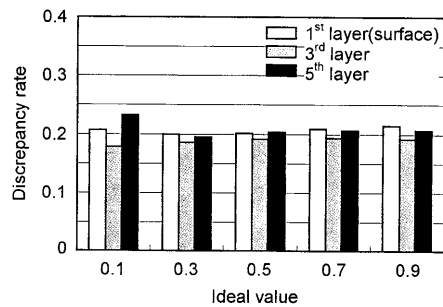
付与したせん断ひずみが多いほど、引張り強さおよびビッカース硬さは増大したが、飽和する傾向を示した。せん断ひずみ $\gamma = 4$ を与えたものについて、応力-ひずみ線図を Fig.7 に示す。引張り強さおよびビッカース硬さはそれぞれ約 33%、約 17% の上昇を見た。一方、伸びにはほとんど変化が見られなかった。

参考文献

- 1) 山下実ら, 大塑性ひずみ付与装置, 特開 2005-246426.



(a) Pressure on lower face of specimen: 160 MPa



(a) Pressure on lower face of specimen: 200 MPa

Fig.6 Discrepancy rate between ideal value and practice of shear strain.

Material: Pure aluminum (A1050, $t = 1.0$ mm) sheets

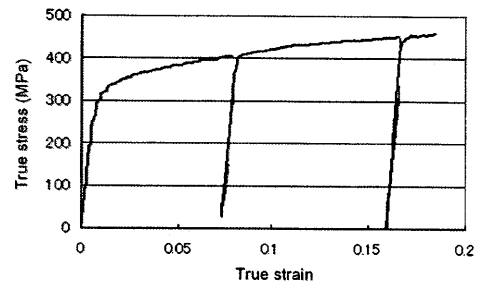


Fig.7 Stress-strain curve of AZ31-O strained $\gamma = 4$.