

XRD 結晶方位データベースを応用した レーザ加工材のスプリングバック量の推定

成蹊大学[院]
(株)アマダ

○菊田進作
小俣 均

成蹊大学
(株)アマダ

酒井 孝
小山純一

Estimation of Spring-back Degree for Laser Processing Materials by Using XRD Crystal Direction Database

Shinsaku KIKUTA, Takashi SAKAI, Hitoshi OMATA and Jun-ichi KOYAMA

1 緒 言

切断用レーザ加工機は複雑な形状の切断を可能とし、高速・高能率な加工を実現することから、その普及率は年々増加の傾向にある。しかし、レーザ加工材の切断周辺部は多大な熱的影響を受け、レーザ照射部とその他の部位において結晶組織や機械的性質が異なる。このことから、二次加工である曲げ加工において、スプリングバック量を正確に推定するのはとても困難であり、加工精度阻害の原因となっている。スプリングバック特性を精細に理解するためには、降伏応力やヤング率等の機械的性質を支配する結晶粒の方位特性を考慮する必要がある。

そこでレーザ加工材の高精度な曲げ加工を実現するために、微視的な材料特性である結晶方位¹⁾を取り入れた曲げ加工システムとしてデータベースを構築した²⁾。そして、このデータベースから抽出した曲げ加工によるスプリングバック量と板厚における結晶方位分布の定量データを応用して、3母数ワイブル分布と統計的手法によるスプリングバック量の推定を試みた。

2 供試材および実験方法

本研究の供試材には、板厚 1.2 mm のアルミニウム合金板 A6022 - H18 材を長さ 100 mm × 幅 50 mm にレーザ切断した試験片を用いた。

曲げ試験は汎用の万能試験機と金型を組み合わせ、高精度角度センサによる少数第二位までの正確なスプリングバック量を調査した。また、結晶方位測定では微小部 X 線回折装置を用いて、非曲げ部と曲げ部に対して行い、描いた正極点図から結晶方位分布関数 (ODF : Orientation Distribution Function) を求めた。

Fig. 1 は結晶方位分布関数による A6022 - H18 材の曲げ前後における結晶方位分布をそれぞれ表示したものである。曲げ加工後の {100} 極点図は、中心から 25°と 90°離れた位置に極密度の集積がみられた。ならびに、ND 逆極点図 (IPF) では {100} と {112} 方位から {110} 方位へ分布が変動している。これは ODF ($\varphi_2=45^\circ$) によると、FCC 金属のせん断集合組織である {112}<110>・{111}<211> とレーザ照射によって発達した再結晶集合組織の Cube 方位 {001}<100> が、曲げ加工と結晶すべり系によって、Brass 方位 {011}<211> および P 方位 {011}<111> へ結晶回転・分散したと考えられる。

このような結晶方位の変化を精細に把握するため、結

晶方位集積プログラム³⁾を作製した。このプログラムは ODF によって得られた方位密度から、ND 逆極点図の各頂点 {100}、{110}、{111} 周辺と ODF の断面 $\varphi_2=45^\circ$ における代表的な方位の集積割合を算出し、結晶方位特性のパラメータとしてデータベースへ入力できる。Fig. 1 に示した ND 逆極点図 (IPF) と ODF ($\varphi_2=45^\circ$) における結晶方位の集積割合を Fig. 2 に示す。この結果から、結晶方位分布の特徴を定量データとして理解した。

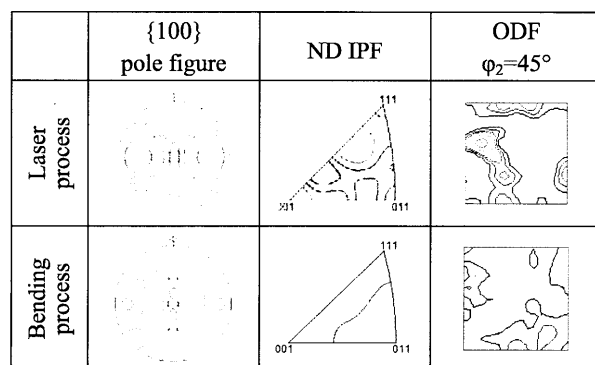
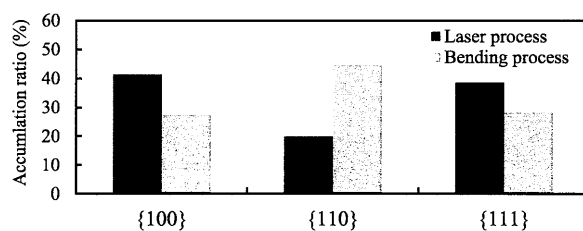
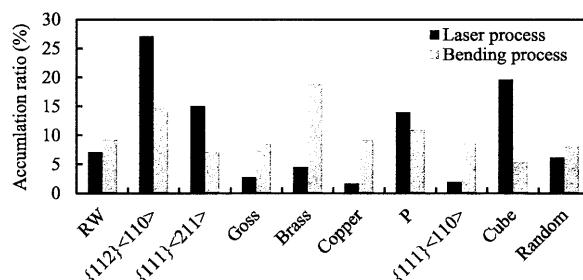


Fig. 1 Crystal orientation distribution of A6022-H18 with laser and bending process.



(a) IPF accumulation ratio with laser and bending process



(b) ODF accumulation ratio with laser and bending process

Fig. 2 Quantitative analysis of crystal orientation distribution.

3 データベースの概要

データベースはMicrosoft社製の Access2010 をツールとして設計した。データベースの各インタフェースを Fig. 3 に示す。スタートフォームである (a) メインメニューから (b) 実験結果入力フォーム, または (c) 材料特性推定フォーム等を選択し, Fig. 4 に示すフローチャートにしたがって操作を行った。データ内容は材料名とレーザ加工条件, 板厚, 目標曲げ角度, スプリングバック量, 結晶方位特性を関連付けて管理し, 試験片 1 本をデータセットの最小単位として入力した。したがって, データを検索した結果, 異なる傾向を示したデータがあれば, 試験片の材料や条件等を容易に検索することができる。

4 スプリングバック量の推定

データベースに入力された A6022 - H18 材の結晶方位特性とスプリングバック特性を抽出し, プロットした 3 母数ワイブル分布を Fig. 5 に示す。この分布から算出した Table 1 に示す各母数と累積分布関数から, スプリングバック量の推定を行った。Table 2 に示す推定値と実験値の比較から, 大変良好な値を得ることができた。

5 結言

レーザ加工材におけるスプリングバック特性と結晶方位特性の相関をデータベースに構築した。これを新しい曲げ加工システムとして統計的手法によるスプリングバック量の推定を行った結果, 十分な予測精度を確認することができた。また, 結晶方位特性をデータベースへ蓄積することで, 近年盛んに行われている集合組織制御への媒体の 1 つとなり, スプリングバック量の制御もできると考えている。

6 参考文献

- 1) 長嶋晋一: 集合組織, (1984).
- 2) 酒井ほか: 第 59 回材料講論, (2010), 243-244.
- 3) 酒井ほか: 第 60 回塑加連講論, (2010), 279-280.

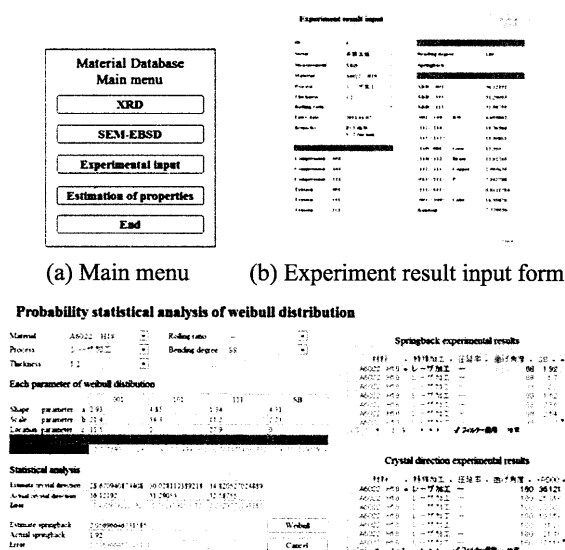


Fig. 3 Overview and user interface of the materials database.

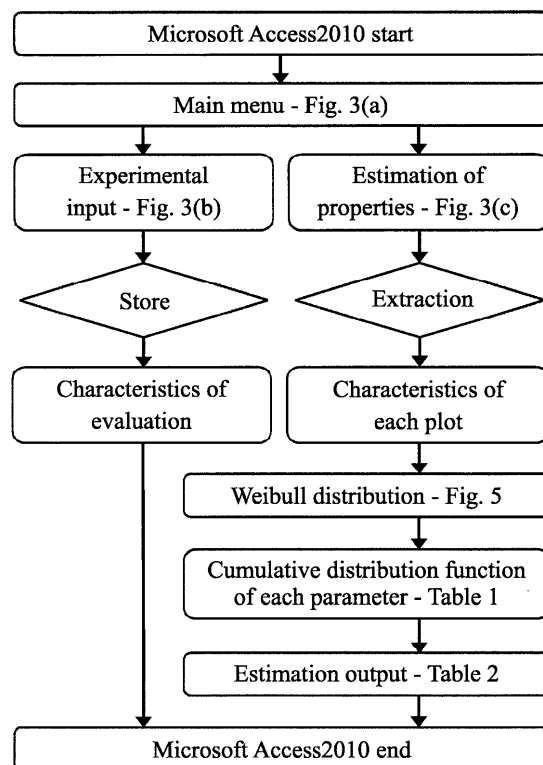


Fig. 4 Flowchart for selection of database operation.

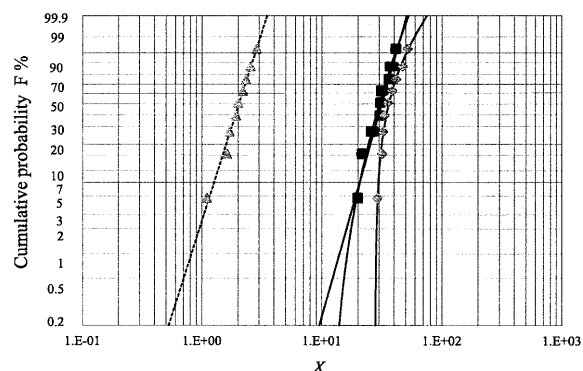


Fig. 5 Weibull distribution for springback degree and crystal orientation distribution.

Table 1 Numerical list of parameters of Weibull distribution.

	[001]	[011]	[111]	SB
Shape parameter	2.93	4.85	1.34	4.31
Scale parameter	21.4	34.3	11.2	2.23
Location parameter	11.5	0.00	27.9	0.00

Table 2 Estimation results of springback degree.

	Springback degree
Estimate springback (°)	2.05
Actual springback (°)	1.92
Error (°)	0.13