微細結晶粒材の曲げ加工における結晶方位データベースの構築

Construction of database for grained materials with bending

○学 平尾 哲朗(高松高専・専)
Tetsuro HIRAO, Takamatsu National College of Technology正 酒井 孝(成蹊大学)
Takashi SAKAI, Seikei University正 橋本 良夫(高松高専) 小俣 均((株)アマダ) 小山 純一((株)アマダ)
Yosio HASIMOTO, Takamatsu National College of Technology Hitoshi OMATA, AMADA CO., LTD. Jun-ichi KOYAMA, AMADA CO., LTD.

Key Words: Bending property, Spring back, Fine crystal grain, SEM-EBSD analysis

1 緒 言

金属材料を合金化せずに強ひずみ加工を施すことで、リサイクル性や強度、耐食性に優れた「スーパーメタル」を創製することができる。これを広範囲な産業分野へ応用することでさらなる軽量化が実現化され、燃費向上による省エネルギー化や二酸化炭素放出量の低減に寄与することができる。さらにこのスーパーメタルは、微細化を促進する合金元素を添加することなく Hall-Petch 則に従い高強度化が実現できるため製品廃棄後のリサイクル性が良く、資源問題に大きく貢献できる。また、高強度だけでなく高延性も実現するため、塑性加工における被加工材として大きな可能性をもっていると考えられる。しかしながら、その加工特性は依然として不明であり、市場に流通する前に十分な加工特性を把握する必要がある。

本研究では微細結晶粒材の加工特性を把握するために、塑性加工に伴う結晶方位データをデータベースにまとめて統計的に処理を行い、塑性加工に有用なデータを調査した。これらを明らかにすれば、加工特性を制御して結晶粒微細化材の高精度塑性加工を実現できるだけでなく、新たな塑性加工方法の提案に応用できると考えられている。

2 これまでに得られた成果とデータベース構築へのつながり

これまでに各種鉄鋼材料(SUS,SPCC,SS の各材)に対して ARB(連続強圧延)法による結晶粒微細化を行い、NFG 鋼(熱間強圧延材)と併せて引張試験や各種機械的性質や曲げ試験によるスプリングバック特性について調べてきた。また、有限解析ソフト AITAS により解析的にこれらの結晶粒微細化材のスプリングバック量を予測した。これらの研究より、下記の結果を得た。

1 つ目に、スーパーメタルの塑性加工特性は、従来材料のものと大きく異なることが明らかになった。また、これに関して、曲げ加工によるスプリングバック特性も大きく異なることが明らかになった。さらに、結晶粒微細化材のスプリングバック量は、材料定数やその他の微視的な特異因子の影響で、有限解析ソフト AITAS では十分な予測ができないことがわかった。

2 つ目に、スーパーメタルの塑性加工技術を確立するためには、塑性加工にともなう結晶方位データをまとめて統計的

に処理する必要があることがわかった。微細結晶粒材の曲げ加工特性を正確に把握するためには、微細結晶粒材の特異な加工特性を支配する微視的要因を明らかにすることが急務であり、これまでに試験的に結晶学的な観点から結晶回転、集合組織、大・小角粒界、その他の影響に着眼して曲げ部の結晶方位観察を行ってきた。これまでの定量データが、曲げ部の SEM-EBSD 観察から得られた。統計的処理を行うために、さらなるデータの補充が必要であると考えられる。

3 解析方法とデータベースの構築手順

3.1 解析方法

結晶粒の観察方法として SEM-EBSD 解析を用いた。曲げ試験を行った試料において Fig.1 に示す ND 面の 3 点の SEM-EBSD による方位観察を行った。

解析面を機械式による 800 番のエメリーペーパー、ダイヤモンド、コロイド研磨の順で仕上げたあとに SEM 装置の真空チャンバー内にセットした。チャンバー内を真空にして SEM 画像を観察し、解析点を定め、EBSD カメラを真空チャンバー内に挿入し、菊池線を確認して解析を開始した。

SEM-EBSD 解析により得たオイラー角データを、方位集計プログラムにより ND 面の方位分布を算出した。この自作したアプリケーションの画面の様子を Fig.2 に示す。この特徴として、視覚的にわかりやすく逆極点図を表示するとともに、右下に ND 面の結晶方位の割合が表示されるように工夫した。Fig.2 の左上の大角粒界、小角粒界はオイラー角のデータから方位を求め、周りの隣接方位から方位差を求めた。そして方位の角度差を算出し、 $\theta > 15^\circ$ を大角粒界 $5^\circ < \theta < 1^\circ$ を小角粒界と定義した。大角粒界が減少し小角粒界が増加することは、強圧延により動的再結晶に起因する再結晶粒の形成が進んでいることを表している。

Fig.3 は、Fig.2 に示したアプリケーションから得られたデータを、データベースに入力するインターフェイスである。

結晶方位の分割に関しては、Fig.4 に示すように逆極点図を半径方向、 θ 方向それぞれ 10 分割する作業を行った。Fig.4 の斜線を引いている範囲に集まっている方位を、それぞれ $[0\ 0\ 1]$, $[1\ 0\ 1]$, $[1\ 1\ 1]$ の方位の分布と定義して Fig.2 の方位集計計算を行った。この作業は、将来的にさらに方位分布を細分化するとき有用となる。

3.2 データの応用

Fig.3 に実験データの入力インターフェイスを示したが、このプログラム作成と同時に、Figs.5,6 のような出力プログラムも作成した。これは任意の結晶方位の割合を入力することで、それに対応したスプリングバック量を定量的に推定することができるものである。これと逆にスプリングバック量を制御したい場合、一義的ではないものの、そのスプリングバック量を実現できる材料の結晶方位の割合について出力することができる。

Fig.1 Analytical points of SEM-EBSD analysis.

Fig.2 Viewing image of analytical software.

Fig.3 User interface of proposed data base.

このようなデータベースの構築により、微細結晶粒材の高精度塑性加工を実現できることになる。また、このデータベースの幅広い援用が、従来金属の新しい塑性加工方法にも応用できると考えている。

4 結 言

省略

Fig.4 Definition of orientation distribution.

Fig.5 User interface of proposed software;

1. output of spring back degree

Fig.6 User interface of proposed software;

2. output of orientation ratio