

アルミニウム押出材料の高強度化技術の開発

機能素材加工課 佐藤 智*1 デジタルものづくり課 酒井康祐*2

1. 緒言

近年、輸送機器への軽量化要求に対応するため、これまで主体としてきた鉄鋼材料から、アルミニウム合金やマグネシウム合金などの軽量材料に置換する取組みが進められてきた。さらなる軽量化には、部材の薄肉化が効果的であるが、そのためには、より高強度な材料が必要となる。

結晶粒微細化による金属材料の高強度化は、基本的な化学組成を変えることなく、優れた強度特性が得られる方法として良く知られている。この加工法の一つとして、バルク材に巨大ひずみを導入する、強ひずみ加工(SPD: Severe Plastic Deformation)が知られている。古くから、HPT(High Pressure Torsion)やECAP(Equal-Channel Angular Pressing)など、様々な加工方法が研究されてきた。しかし、対象となる部材形状が限定されるため、実用化は進んでいない。一方で、ARB(Accumulative Roll Bonding)は、板材の接合-圧延を繰返す事で導入するひずみを増加させる加工法で、連続加工できる量産化技術として注目されている。中空形状など、比較的自由的な断面形状を得ることができる押出加工を応用したSPD法は、CEC(Cyclic Extrusion and Compression)などが開発されてきた。しかし、自由的な断面形状の加工が可能で、単工程で完了でき、かつ連続加工が可能な加工法はみられなかったため、H30年度に「押出強ひずみ加工法」を考案した。その概略をFig.1に示す。本手法は、ダイス内部で据込、押出、せん断加工を繰返すことで、試料に導入するひずみを蓄積させることに特徴を有している。

本研究では、微細結晶粒による高強度化が有効な部材として、添加元素による強度向上が困難な熱交換器(フィン、伝熱扁平管)に注目し、純アルミニウム材料の押出強ひずみ加工法による試験加工と結晶方位解析(以下EBSD)による組織観察を行った。

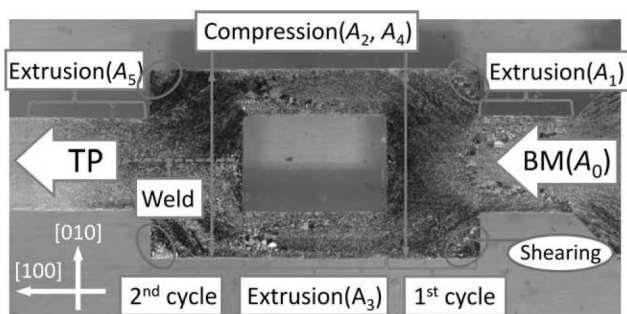


Fig. 1 The principle of severe plastic extrusion and example of macrostructure obtained thereby.

2. 実験方法

供試材料は、直径約30mm、長さ約50mmのA1050-H112である。試料は、電気炉で400、500、600°Cに予備加熱した後、サーボプレス機:H1F200-2に設置した金型内に導入し、加工を行った。Fig.1に示すように、試料の断面積は、工程ごとに变化する。このとき、試料の断面形状は、押出(A₁, A₅):Φ10mm-約79mm²、据込(A₂, A₄):Φ20mm-約310mm²、押出(A₃):120mm²とした。なお、押出(A₃)では、試料が半月状に押出されるよう、Φ20mmの円柱形状の中央に、幅10mmの矩形金型を設けた。また、比較のため、500°Cで予備加熱した試料について、Φ10mmへの直接押出加工も実施した。

得られた試料について、イオンミリング(Ar)で前処理した後、EBSDによる組織観察を行った。

3. 実験結果および考察

本研究で実施した、400~600°Cの強ひずみ押出加工と500°Cの直接押出加工のいずれも、装置の能力超過(過負荷)により、単工程で加工を完了できなかった。装置の加圧限界は、工程を分割し、徐々に負荷を与えることで、向上する。しかし、破損した金型が飛散する危険があるため、試験を中止することとした。

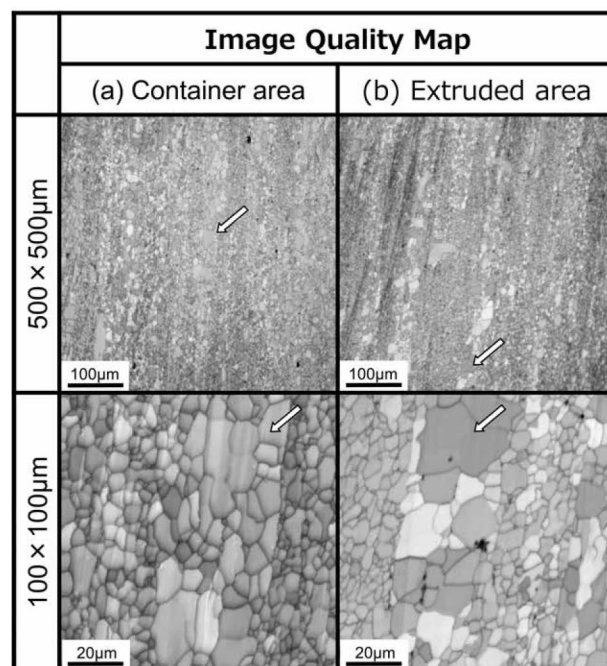


Fig. 2 IQ maps of (a) container and (b) extruded area microstructures.

*1 現 商工企画課、*2 現 機能素材加工課

Fig. 2 に、500°Cで直接押出加工を中断し、ダイス内部で室温まで冷却した試料について、コンテナ部と押出部のマイクロ組織を示す。それらの結晶粒径は、コンテナ内部で約28 μm 、押出部で約42 μm であり、局所的に粗大な結晶粒が観察された。

Fig. 3 に、同じく500°Cで、強ひずみ押出加工を中断し、ダイス内部で室温まで冷却した試料について、Fig. 1の据込部(A₄)のダイス中央部と外周部のマイクロ組織を示す。いずれの結晶粒径も、比較的微細で約6.9~9.7 μm であった。また、Fig. 2で観察されたような局所的に粗大化した結晶粒は、いずれ領域でも観察されなかった。

Fig. 4 に、Fig. 2 と Fig. 3 の観察領域で得られた逆極点図形を示す。[100]を押出方向とし、[010]と[001]を直交する試料半径方向となるように分析した。このとき、Fig. 2に示す直接押出材では、試料が単純な円柱形状であることから、[010]と[001]を等価なものと扱った。(a)と(b)で示す直接押出材は、押出方向[100]に対して、(111)が強く観察される集合組織であった。一方、強ひずみ押出加工材の(c)と(d)については、[100]に対する(111)の集積が弱くなり、いずれの試料方向についても、直接押出材ほどに強い集積は観察されなかった。

4. 結言

微細結晶粒を有する押出部材を得るために、押出強ひずみ加工法を用いた純アルミニウムの試験加工を行い、EBSDによる組織解析を行った。その結果を次に示す。

- ・本研究で用いた試験装置では、400~600°Cの加工温度において、強ひずみ押出加工を完了できなかった。
- ・通常の押出材では、局所的に粗大化した結晶粒が観察され、強ひずみ押出材では、比較的均一で微細な結晶粒径が得られた。
- ・強ひずみ押出加工材の集合組織は、いずれの試料方向についても、強い集積は観察されなかった。

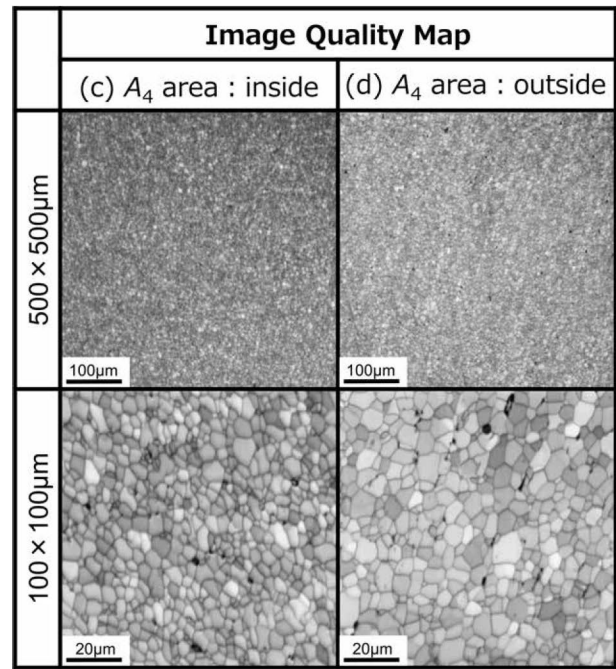


Fig. 3 IQ maps of A₄ area (c) inside and (d) outside microstructures.

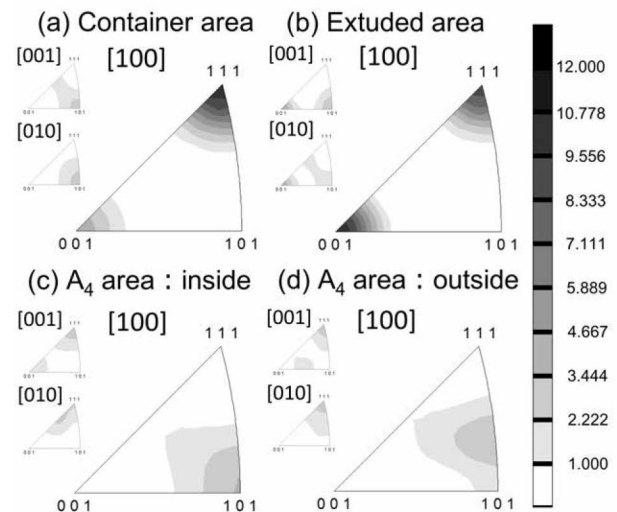


Fig. 4 Inverse pole figures corresponding to (a)-(d) area of Figs. 2-3.

キーワード：強ひずみ加工、押出、アルミニウム、EBSD

Development of High-Strength Technology for Aluminum Extrusion

Functional Material Processing Section; Masaru SATO*¹, Digital Manufacturing Section; Kosuke SAKAI*²

High-strength technology for aluminum extrusion was developed by use of extrusion severe plastic deformation. Pure-aluminum, A1050, its microstructure was analyzed by electron back scattered diffraction pattern. The extrusion process was incomplete, because of overload pressure. The microstructure of extrusion severe plastic deformation at heat affected condition had finer grains. But the grain size was larger than target level >1 μm .