

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 デジタルものづくり課 酒井康祐

1. 緒言

近年、輸送機器の軽量化要求が特に厳しくなっており、主体としてきた鉄鋼材料から、Al 合金や Mg 合金などの軽量材料に置換することが、これまでも進められてきた。さらに、部材の薄肉化することで、効果的に軽量化できるが、それには高強度な材料が必要となる。

材料強化法のなかでも、結晶粒微細化は、基本的な化学組成を変えずに、優れた強度特性が得られる強化法として知られている。この加工法として、バルク材に巨大ひずみを導入し、極めて微細な結晶粒が得られる強ひずみ加工(Severe Plastic Deformation)が知られている。従来から、HPT(High Pressure Torsion)や ECAP (Equal-Channel Angular Pressing)が主に研究されているが、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、圧延加工を応用した SPD 法の ARB(Accumulative Roll Bonding)は、板材の接合-圧延を繰り返す事で導入する相当ひずみを増加させる加工法で、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では、CEC (Cyclic Extrusion and Compression)などが SPD 法として開発されているが、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ない。

そこで、本研究は、微細結晶粒を有する中空押出部材のために、H30 年度に開発した押出強ひずみ加工法を用いた試験加工を行い、その加工条件の最適化と強度特性評価を行い、押出加工技術の高度化を目指すものである。

2. 実験方法

供試材料は、直径約 30mm、長さ約 50mm の A1050-H112 である。400°C の電気炉内で予備加熱した試料を、サーボプレス機：H1F200-2 に設置した金型に導入し、熱間加工を行った。中空押出品の冷水配管を模擬するため、最終押出部のダイス形状を、外形を幅 10mm×高さ 5mm の矩形とし、中空部を幅 7mm×高さ 3mm とし、その表面には凹凸形状を設けた。

得られた試料の中心部近傍において、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

図 1 に、試験加工中断後に観察した金型内部の状態を示す。試験加工では、計 20mm の変位を徐々に与えたが、

金型間に異常な空隙が生じ、加工を中断した。金型の空隙は、試料がバリとして過剰に流動することで、上下に金型を押し広げて生じたと考えられる。今後、コンテナとダイスの設計を見直すことで、改善に取り組む。

図 2 に母材と押出材の結晶粒界を EBSD で解析した結果を示す。なお、図 2 の太線は大傾角粒界($\theta_1 > 15^\circ$)、細線は小傾角粒界($5^\circ < \theta_2 < 15^\circ$)をそれぞれ示している。母材では、小傾角粒界からなる亜結晶粒が多く観察される。押出材では、粒内で観察された小傾角粒界が減少するとともに、大傾角粒界で形成された結晶粒が増加した。

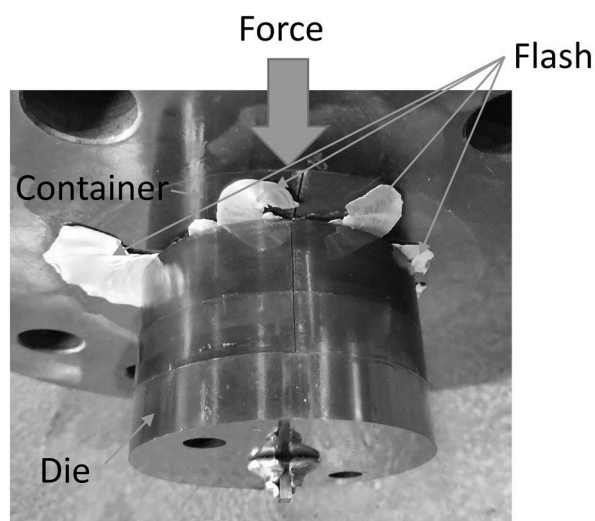


図 1 加工中断後の金型内部の状態

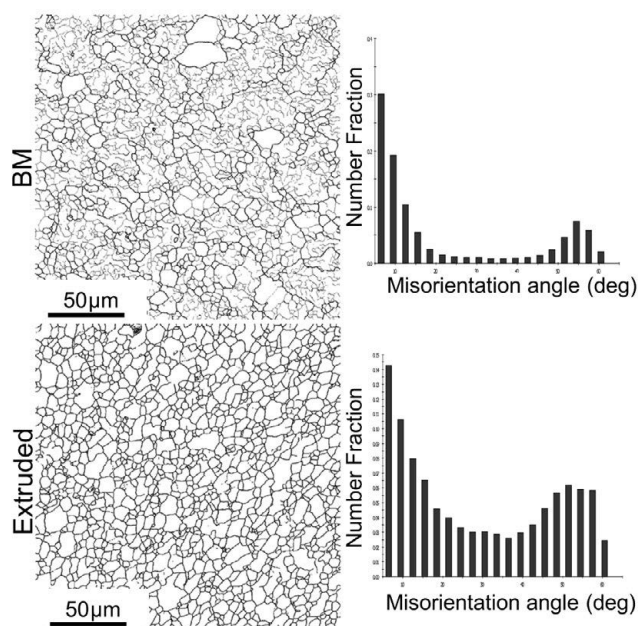


図 2 押出材の結晶粒界マップ

図3に、母材と押出材の結晶粒マップと粒径分布を示す。母材は、数十 μm の粗大粒と微細粒からなる混粒組織であった。押出材は、母材よりも粒径分布のバラつきが少なく、粗大粒が観察されない、平均結晶粒径 $10\mu\text{m}$ の比較的均一な結晶粒からなる組織であった。これは、加工の中断ともない、金型内部で試料が長時間焼鈍されたことで、O材相当まで粒成長した結果と考えられる。このことから、一連の加工プロセスを短時間に完了し、粒成長を抑制させることが出来れば、超微細粒($\sim 1\mu\text{m}$)の形成を期待できる。

図4に、母材と押出材の逆極点図形(IPF)マップと極点図形を示す。母材のIPFマップは、特定方位を示す色が、多くの面積を占めていることが観察され、極点図形によると、(111)に強く集積しているものと考えられる。一方の押出材は、母材と比較して、異なる多くの方位が示されており、異方性が弱くなっていることが分かった。

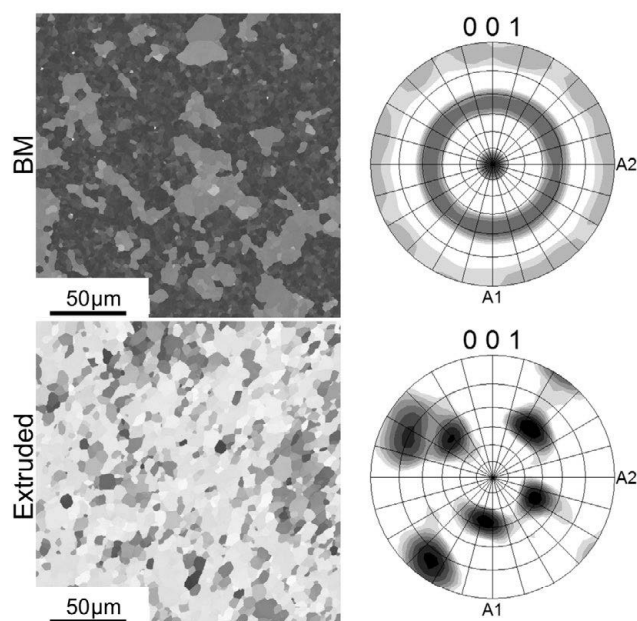


図4 IPFマップと極点図形

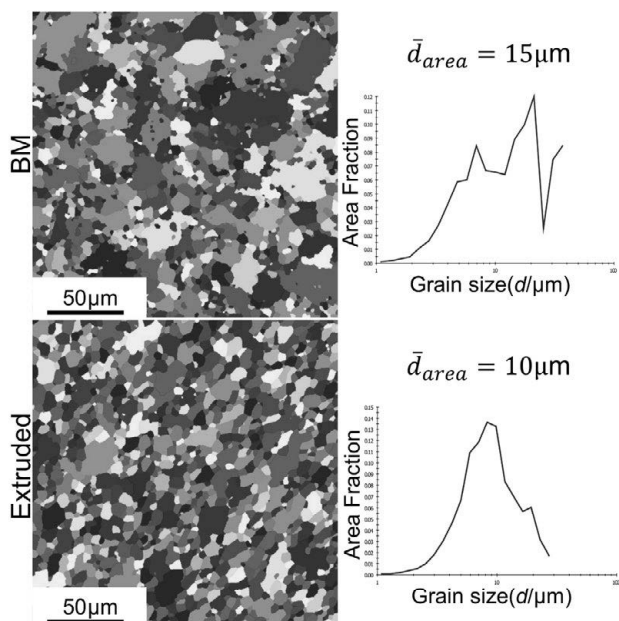


図3 結晶粒マップと粒径分布

4. 結言

微細結晶粒を有する中空押出部材のために、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。

- ・金型のアライメント不良によって、空隙への過剰な流動と、それともなう過負荷が生じ、一連の加工を完了できなかった。
- ・結晶粒境界は、母材では小傾角粒界、押出材では大傾角粒界が多く形成されていることが分かった。
- ・押出材では、粒径のバラつきが少ない、平均結晶粒 $10\mu\text{m}$ の比較的均一な組織であったが、目的とする超微細粒($\sim 1\mu\text{m}$)は得られなかった。
- ・押出材では、母材よりも弱い集合組織が形成されることが分かった。

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, Digital Manufacturing Section; Kosuke SAKAI

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 container-die gap. The microstructure of specimen at extruded condition had high-angle grain boundary, uniform grain sizes, weak texture. But the grain size was larger than target level $>1\mu\text{m}$.