

回転式 ECAP 法による結晶粒の極微細化

一般の金属材料は、異なった方向を向いた多数の単結晶（結晶粒）が集まって出来ている。これら結晶粒を極微細化すると、従来は得られなかった材料特性を示すことが期待されるため、微細結晶粒材料は材料科学分野のフロンティアとして注目を集めている。

微細結晶粒金属材料創製には強加工法が最も有効であり、様々な手法がある。その中で、ECAP（Equal-Channel Angular Pressing）法は素材形状が強加工の前後でほとんど変わらず、型を何回も通過させることで原理上は材料に何回でも加工を与えられるという特長を持つため、新しい強加工手法として注目されている。通常、ECAP法では加工を10回ぐらい繰り返すので、加工の度にビレット（素材となる金属試料）を型に再挿入する。そのために、加工したビレットの再挿入までの間の温度管理など加工条件の制御が難しいという問題があった。このような問題を一気に解決したのが、当研究部門金属材料組織制御・評価研究グループで開発した回転式 ECAP（Rotary-Die ECAP）法である。

回転式 ECAP 法では型に断面積が等しい十字の貫通孔があり、この孔に等しい長さのパンチが挿入されている（図1(a)）。ただし、左右方向の孔の片側と下部のパンチの動きは壁

や底板で拘束されている。回転式 ECAP 法では、まずビレットを上部より挿入して押し込み加工用パンチで圧縮し、拘束されていないパンチ方向（左方向）に押し出し、上部パンチの頭が型の上表面と平行になったところで加工が終了する。この状態では試料全体が横向きになっているが（図1(b)）、型を90°回転させると加工前と同じ状態に戻る（図1(c)）。これを再度押し込み、1回目と同じ加工を2回、3回と繰り返すことで、試料を再挿入する操作なしに加工を続けることができる。この結果、1回のパスに必要な時間を短縮することができると同時に加工条件の制御が容易になる。回転式 ECAP 法をアルミニウム合金鋳造材に適用した例を図2に示す。加工によって結晶粒が2~3 μmまで微細化するとともに材料の延性が大幅に向上した（伸びは約130%）。

多数の結晶粒からなる金属材料は、米粒が集まってできた「おにぎり」のようなものである。おにぎり自体は強度や伸びが低いですが、これを「餅つき」すると弾力性を発揮し、伸びや強度が出る。本研究グループで開発された回転式 ECAP 法は、いわば金属材料の「餅つき法」であり、この手法を用いてナノオーダーの極微細結晶粒材料開発に挑戦している。

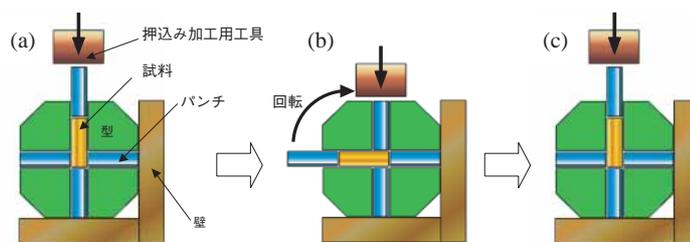


図1 回転式 ECAP 法の加工手順
(a)初期の状態。(b)1回目の加工後。(c)型を90°回転させた状態。

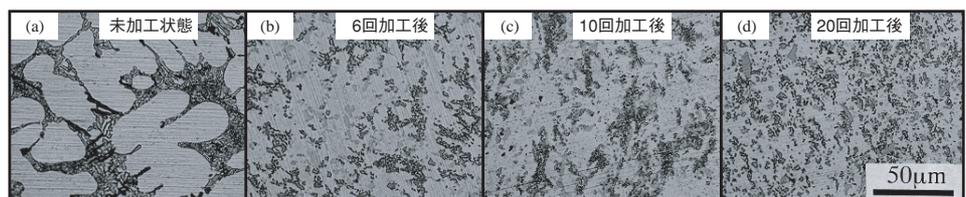


図2 ECAP加工回数によるアルミニウム鋳造合金（AC4C）のマイクロ組織の変化
加工温度は330℃。



さいとうなおみ
齋藤尚文
naobumi-saito@aist.go.jp
基礎素材研究部門

関連情報

- 特許 3268639「強加工装置、強加工法並びに被強加工金属系材料」、米国特許 No. 6,209,379
- Yoshinori Nishida, Hiroaki Arima, Jin-Chun Kim, and Teiichi Ando: Scripta Materialia, 45, 261-266 (2001).
- Yoshinori Nishida, Teiichi Ando, Masakazu Nagase, Suk-won Lim, Ichinori Shigematsu, Akira Watazu: Scripta Materialia, 46, 211-216 (2002).
- 西田義則, 有馬弘晃, 金 鎮千, 安藤禎一: 軽金属, 50 卷, 655 (2000).