

308 ECAP 処理した Al および Al-Mg 合金の疲労強度特性

- Fatigue properties of ECAP processed Al and Al-Mg alloy -

静岡大学[院] ○鈴木 陽介 静岡大学 石井 仁

1 緒言

近年、金属材料の機械的性質の向上を目的とした様々な強化法があるが、その中で結晶粒の微細化による強化法は、材料の強化が図れるだけでなく、材料の化学組成を変えない為、リサイクル性に優れている点が注目されている。

本研究ではこの結晶粒微細化法の 1 つである ECAP (Equal Channel Angular Pressing) と呼ばれる冷間押出加工法を純アルミおよびアルミニウム合金の棒材に施し、それらの機械的性質を硬さ・引張・疲労の各試験を行うことにより調査し、金属材料強化に対する ECAP の効果および有効性を検証する。

2 実験方法

2.1 供試材

本研究で用いた材料は純アルミ A1050 と Al-Mg 合金 A5052 の棒材である。実際に ECAP を施すアルミバルク材はφ13mm、長さ 80mm の丸棒とし、調質のため 350℃-1 時間の焼鈍しを行った。

ECAP に際し、直交する垂直および水平孔路を持つダイスを準備した。ECAP を複数回行う場合には、1 回の ECAP 毎にバルク材の向きを 90 度ずつ変え、押し出した。このように ECAP を 1 回行った 1 パス材、4 回行った 4 パス材、8 回行った 8 パス材の各試料を作製し、結晶組織の観察、機械的性質の調査を実施した。

2.2 引張試験、疲労試験

引張試験片を図 1 に示す。引張試験は室温、大気中でクロスヘッドスピード 1mm/min にて破断するまで行った。

疲労試験は図 2 に示す試験片を作製し、回転曲げ疲労試験機を用いて回転数 1800rpm にて行った。繰返し数が 10^7 回を越えても破断しない場合は試験を打ち切った。

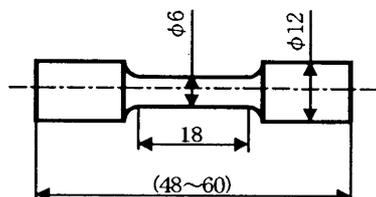


Fig.1 Specimen for tensile test

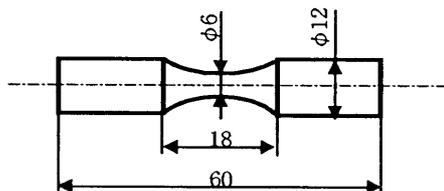


Fig.2 Specimen for fatigue test

3 試験結果 及び 考察

3.1 結晶組織

図 3 に A1050、A5052 の 4 パス材、8 パス材の各結晶組織を示す。結晶は A1050 4 パス材では 1~2μm 程度に、8 パス材では 1μm 以下に微細化されていることがわかる。また、A5052 4 パス材では ECAP により受ける剪断の方向に平行な剪断帯組織が観察され、8 パス材では大きさが 200nm 以下の等軸結晶が観察された。

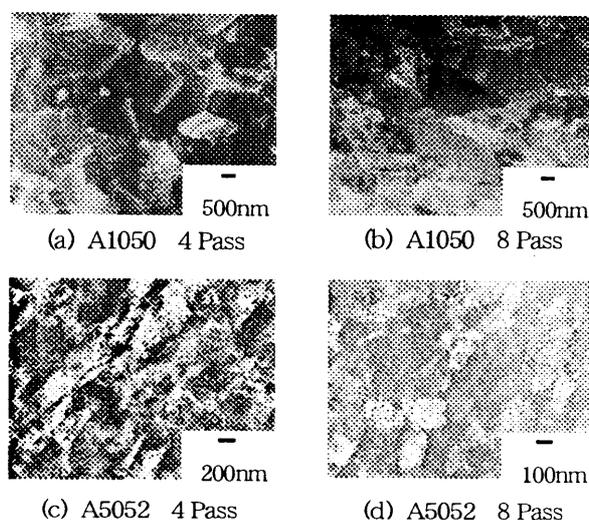


Fig.3 TEM micrographs of ECAP materials

3.2 硬さについて

図 4 にピッカース硬さ試験機を用いて得られた ECAP 材の硬さを示す。図より ECAP を重ねることにより硬さが増加し、A1050 よりも A5052 の硬さ増加の割合が大きいことが確認された。

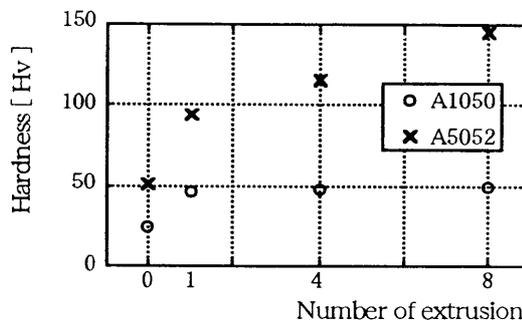


Fig.4 Vickers hardness of ECAP materials

3.3 引張特性について

引張試験によって得られた公称応力-歪み線図を図 5 に示す。図より、ECAP を施すことにより、引張強さが向上することがわかる。しかし、A1050 では 4 パス以降の引張強さ

増加はごくわずかであり、A5052 では破断までの伸びが減少する傾向が見られた。

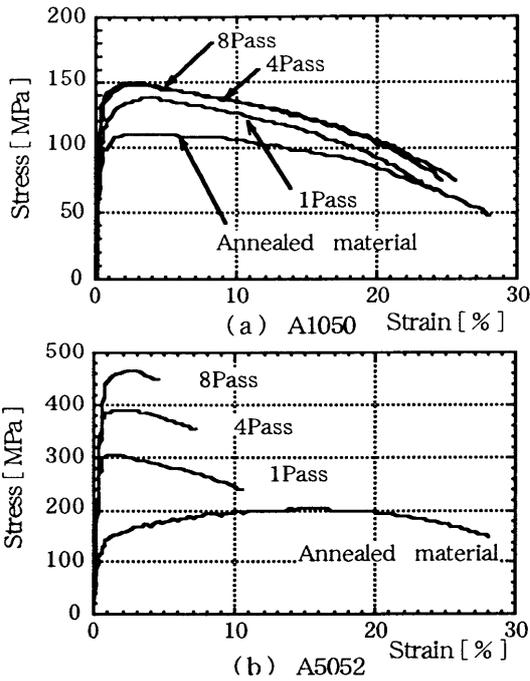


Fig.5 Stress-strain curves of ECAP materials

また、引張試験において破断した A5052 8パス材の試験片を図 6 に示す。ECAP 材では破断面が ECAP より受ける剪断の方向に平行に形成されている。そして、ECAP を複数回繰返しても、同じ破断面が表れることから、最終処理にて形成された剪断帯が材料内に残存していることがわかる。

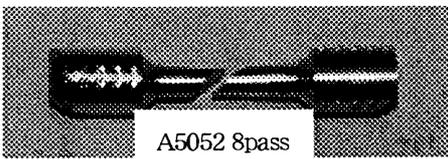


Fig.6 Rupture of tensile specimen

図 7 に本研究で得られた結晶粒の大きさと 0.2%耐力との関係を、ホールペッチの関係と比較した結果を示す。A5052 については A5056 のホールペッチデータを代用した。A1050、A5052 共に、結晶粒の大きさの減少に伴う 0.2%耐力の増加が、ホールペッチの関係とほぼ等しいことがわかる。

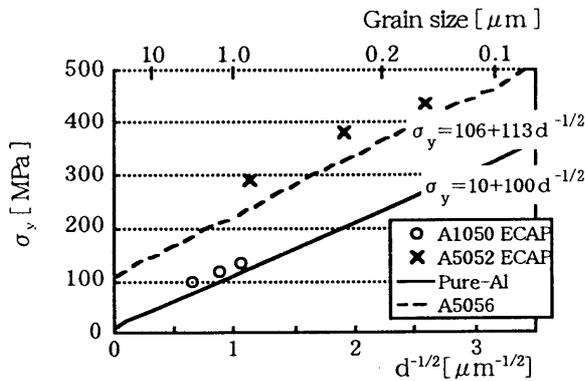


Fig.7 Hall-Petch relation

3.4 疲労特性について

回転曲げ疲労試験により得られた S-N 線図を図 8 に示す。図より 4パス材は Virgin 材に対して疲労限および各時間強度が向上していることがわかる。

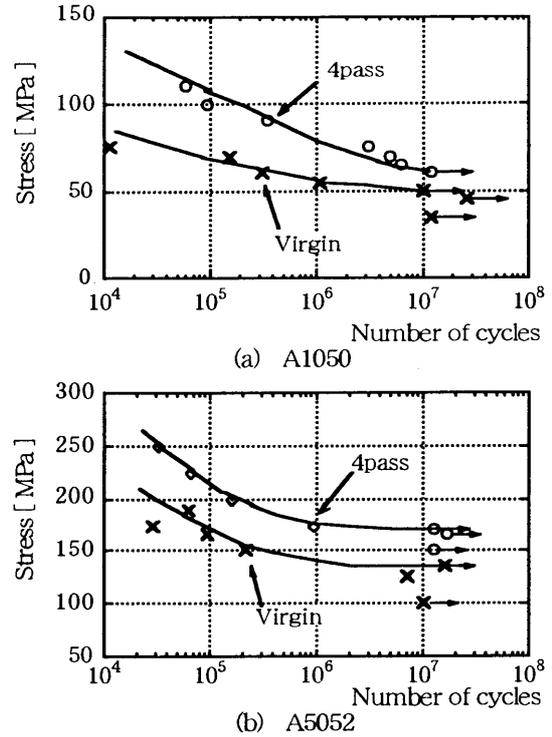


Fig.8 S-N diagram of ECAP material

また、試験片の破断面においては、引張試験片と同様に、ECAP により形成される剪断帯と平行に破断している箇所がある。その箇所を SEM により観察すると、疲労破壊を示す痕跡は確認されなかったものの、試験片の破断過程は試験片外周部で発生した亀裂が剪断帯と平行に進展し、その後、残断面が一気に破断したと考えられる。

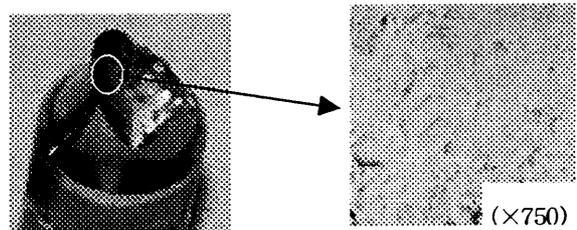


Fig.9 Fatigue fracture surface

4 結言

1. ECAP を施すことにより、材料内には剪断方向に平行な剪断帯組織が形成される。また、ECAP を複数回繰返しても、材料内には最後の処理で形成された剪断帯組織が残存している。
2. 複数回の ECAP を施した Al 棒材は、結晶粒の微細化および著しい硬さの増加が観察された。
3. ECAP により Al 棒材の引張強さ、0.2%耐力が向上し、同時に疲労限、時間強度の向上も確認された。