

# ECAP 공정에 따른 Zn-Al 합금의 집합조직 발달 및 소성 유동에 대한 실험적 연구

정재용<sup>1</sup> · 하태권\* · 정효태<sup>1</sup>

## Texture Development during ECAP and High Strain Rate Compression Behavior in Zn-Al Alloy

J. Y. Jung, T. K. Ha, H. T. Jeong

Dept. of Metal and Materials Engineering, Kangnung National University, Gangneung 210-702

### Abstract

High temperature deformation behavior and texture evolution during ECAP(equal channel angular pressing) of Zn-0.3Al alloy were investigated in this study. ECAP was conducted at temperatures from 40°C to 160°C on the plate type specimen of 5mm thickness and 20mm width. The specimens obtained by ECAP showed typical texture with basal poles tilted away from the ND toward ED. A series of compression tests was carried out at temperatures from RT to 200°C under the strain rate from 0.03 to 10/s. With the strain rate increased, serration behavior was observed to be prominent.

**Key Words** : Zn-Al Alloy, Texture, ECAP, Mechanical Properties, HCP, Plastic Flow

### 1. 서 론

등통로각압축법으로 불리는 ECAP(Equal Channel Angular Pressing) 가공법은 다결정 일반 금속재료에 유효변형을 1.0 이상의 심한 전단 변형을 가하여 초미세결정립 재료로 변환시키는 가공법이다. 이 방법은 재료의 단면적 감소 없이 매우 큰 변형량을 부여함이 가능하고 공정 후에도 재료 내부에 기공이 발생

하지 않는 균일한 고강도 초미세결정립 재료를 얻을 수 있는 장점이 있다.[1-4] 하지만 ECAP에 의해 성형 가공된 재료는 이방성을 가진다.[5]

본 논문에서는 단상과 이상의 조성에서 모두 초소성을 나타내며 입방정 금속에 비해 이방성이 크고, 제한된 슬립계를 가지는 Zn합금에[6-7] Al 함량을 0.3Wt.% 정도로 함유한 단상합금을 제조 후 ECAP 공정을 이용하여 가공

1. 강릉대학교 금속재료공학과  
E-mail : tkha@kangnung.ac.kr

횡수와 온도변화에 따른 집합구조의 변화와 초소성재료의 제조를 위한 가공열처리 공정을 모사하기 위해 고온압축시험을 행하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 ECAP 공정

그림 1과 같이 수직통로와 수평통로 사이의 내부각( $\Phi$ )이  $90^\circ$ 이고 만곡각( $\Psi$ )은  $30^\circ$ 인 가공다이를 사용하였으며 가공다이는 SKD61을 사용하여 제작하였다. ECAP 가공중의 윤활제는  $\text{MoS}_2$ 를 사용하여 4mm/sec의 속도로 가공하였으며,  $40^\circ\text{C}$ ,  $60^\circ\text{C}$ ,  $100^\circ\text{C}$ ,  $160^\circ\text{C}$ 에서 회전 없이 각 1, 2, 4Pass씩 시행 하였다.

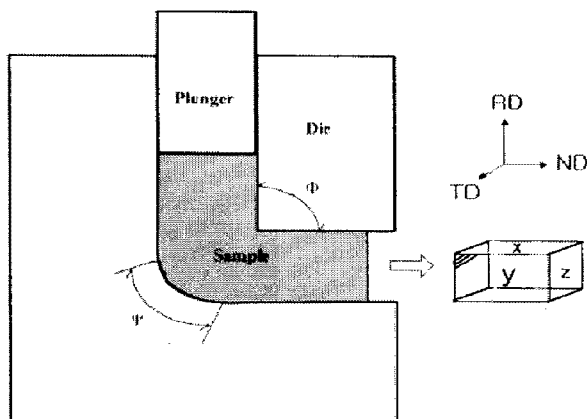


Fig. 1. A schematic illustration of ECAP process and sample geometry.

### 2.2 집합조직의 측정 및 분석

ECAP시험을 통해 얻어진 시편 X면의 집합조직을 분석하기 위하여 BRUKER®사 XRD(X-Ray Diffraction) 장비를 이용하여 (002), (100), (101) 극점도를 반사법(reflection method)으로  $75^\circ$  까지 측정하였다. 방위분포함수(orientation distribution function, ODF)는 LaboTex ver.2.1 프로그램의 ADC 방법으로 계산하였고, 주된 집합조직 성분들을 분석하였다.

### 2.3 고속압축시험

압축시험은 Gleeble시험기를 이용하여 변형율은 0.3에서 10/s까지 실행 하였고, 시험온도는 상온에서  $200^\circ\text{C}$  까지 수행하였으며 압하율 50%까지 압축하였다. 압축시험에서는 주로 유동응력곡선을 얻는데 이용되었다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 집합조직의 해석

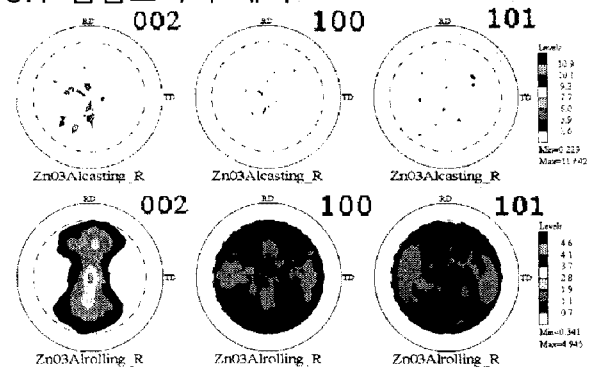


Fig. 2. (002), (100) and (101) pole figures of AS-Cast and hot-rolled specimens.

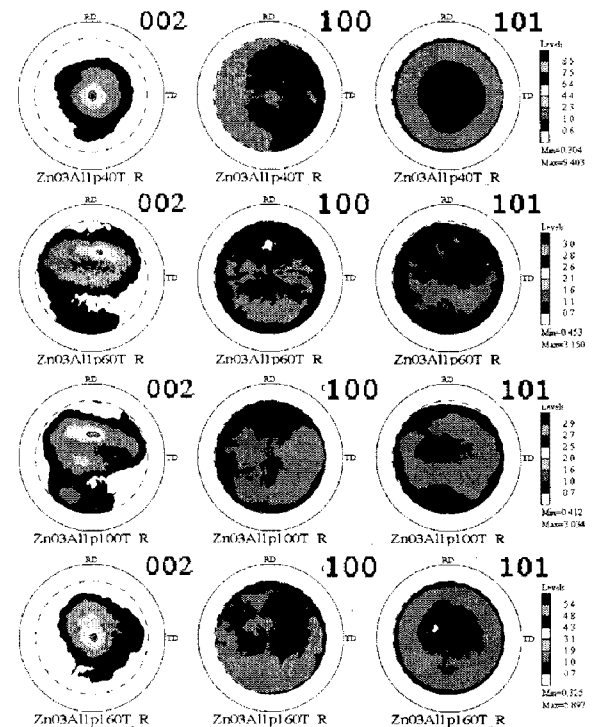


Fig. 3. (002), (100) and (101) pole figures of ECAPed Zn-03Al through 1Pass.

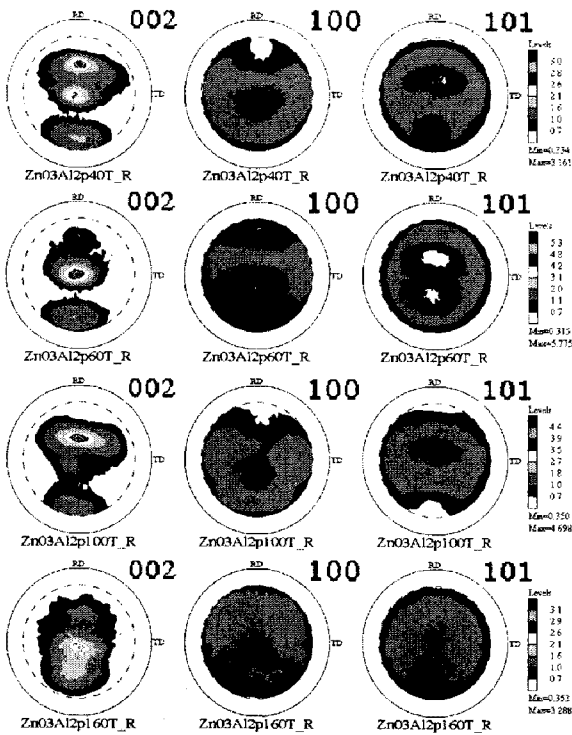


Fig. 4. (002), (100) and (101) pole figures of ECAPed Zn-03Al through 2Pass.

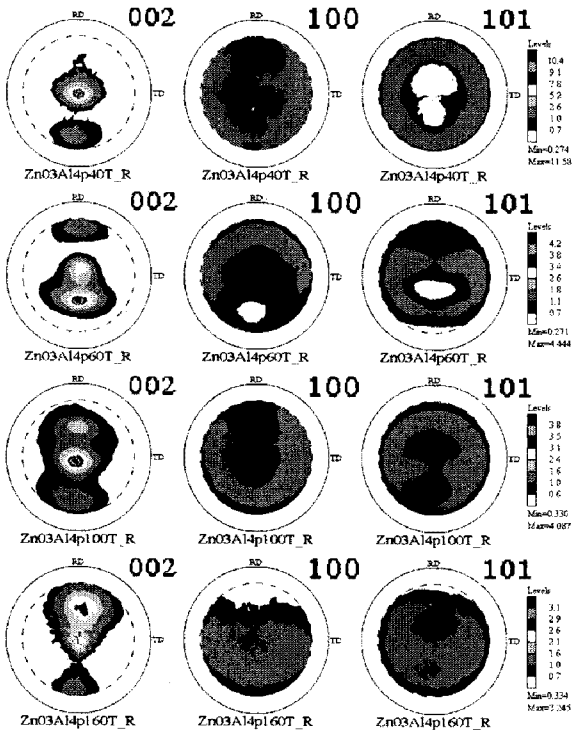


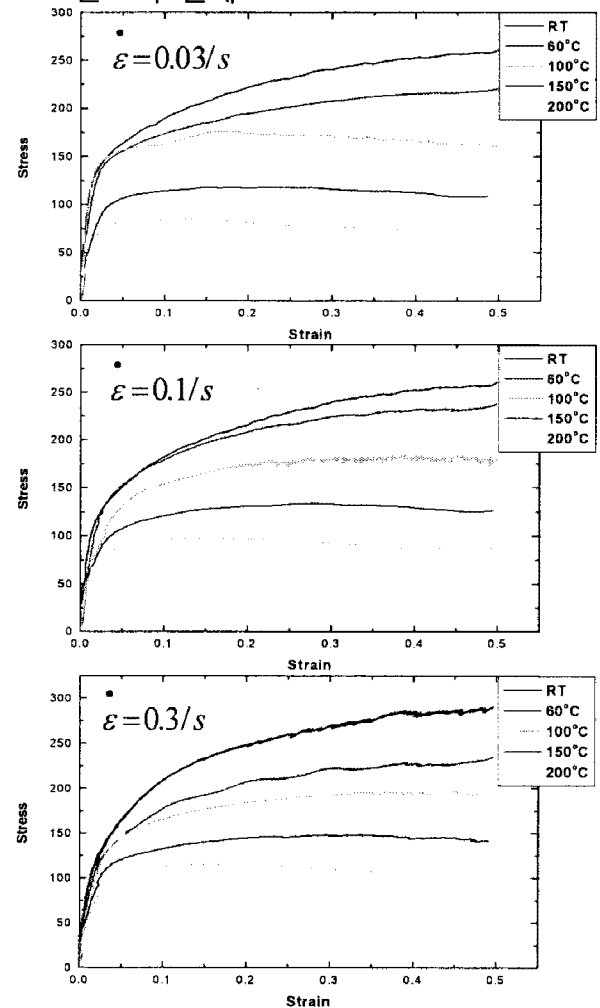
Fig. 5. (002), (100) and (101) pole figures of ECAPed Zn-03Al through 4Pass.

그림 2 는 구조상태와 열간 압연판재의 집합조직을 나타낸 것으로 구조상태의 경우 조

대한 결정립들에 의한 집합조직으로 basal pole 이 ND 부근에 위치하는 방위를 나타내는 반면, 열간 압연판재의 경우에는 basal fiber texture 가 RD 방향으로 분산된 전형적인 조밀 육방정의 압연집합조직을 보여주고 있다.

그림 3 에서 5 는 ECAP 한 후 각 Pass 별 집합조직의 변화를 나타내고 있다. 압연 집합 조직과는 달리 basal pole 이 RD 방향으로 편향된 집합조직이 강하게 발달되는 것을 알 수 있으며, 이는 pass 수가 증가함에 따라 더욱 두드러지는 것으로 나타났다. 전단집합 조직이 발달하게 되면, 이러한 집합조직은 ECAP 가공 공정의 전단변형특성에 의한 것으로 판단된다. 슬립계가 작동하기 용이하게 배치되므로 소성변형능력이 향상되고 아울러 초소성 변형에서 결정립계 미끄러짐을 보완해 줄 수 있는 슬립계가 많아지므로 초소성 변형특성도 향상될 것으로 기대된다.

### 3.2 소성 유동곡선에 대한 변형을 속도와 온도의 관계



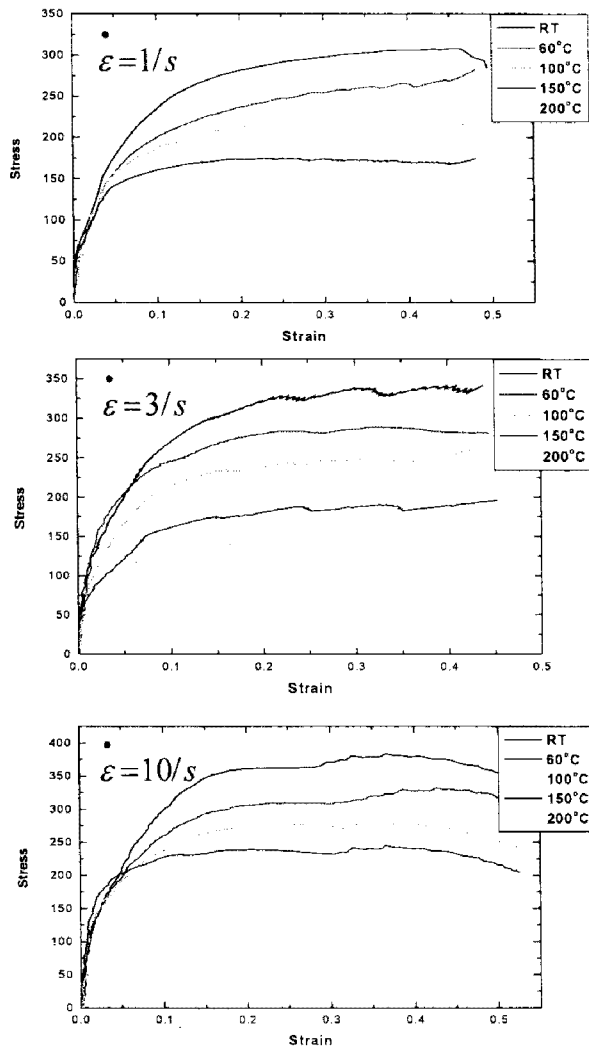


Fig. 6. The results of high speed compression test using Gleeble testing machine.

그림 6 은 고온압축시험결과를 나타낸 것이다. 시험온도가 높아짐에 따라 소성유동응력은 급격히 감소하고, 최대응력을 나타낸 후 변형이 진행됨에 따라 응력이 일정하게 유지되는 것을 관찰 할 수 있으며, 변형속도가 증가함에 따라 미세한 Serration 대신 간격이 넓은 serration 이 많이 나타나고 소성유동곡선상의 oscillation 이 증가함을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

단상의 Zn-0.3wt.%Al 합금은 변형속도가 빨라지고 온도가 낮아질수록 가공연화 현상이

둔해지는 반면, 변형을 속도가 느려 지고 온도가 높아지면 성능이 향상되는 사실을 확인할 수 있다.

ECAP가공온도가 높아짐에 따라 전단집합조직의 발달은 강도가 감소되는 경향을 확인할 수 있었으며, ECAP가공에 의해 발달하는 변형집합조직은 압연집합조직과는 달리 한쪽으로 편향된 전단집합조직이 발달되는 것을 알 수 있다. 이는 pass수가 증가함에 따라 더욱 두드러졌으며, 전단집합조직이 발달하게 되면, 이러한 집합조직은 ECAP가공공정의 전단변형특성에 의한 것으로 판단된다. 슬립계가 작동하기 용이하게 배치되므로 소성변형능력이 향상되고 아울러 초소성 변형에서 결정립계 미끄러짐을 보완해 줄 수 있는 슬립계가 많아지므로 초소성 변형특성도 향상될 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Y. Iwahashi, Z. Horita, M. Nemoto, T. G. Langdon, *Metall. Mater. Trans.* Vol. 29A(1988), p. 2503.
- [2] J. Y. Chang, J. S. Yoon, *J. Kor. Inst. Met. & Mater.* Vol. 40(12) (2002), p. 1309.
- [3] V. M. Segal, *Mater. Sci. Eng.* Vol. A197(1995), p. 157.
- [4] J. S. Hates, Keyte, P. B. Prangnell, *Master. Sci. Technol.* Vol. 16(2000), P. 1259
- [5] I. V. Alexandrov, A. A. Dubravina, A. R. Kilmametov, V. U. Kazykhanov, R. Z. Valiev, *Met. Mater. Int.* Vol. 9, (2003), p. 151.
- [6] C. Van Riet and P. De Meester : *Scripta Metall.*, 19, 795 (1985)
- [7] T. K. Ha, J. R. Son, W. B. Lee, C. G. Park and Y. W. Chang : *mater. Sci. Eng.*, A307, 98 (2001)