

그루브 압축에 의한 알루미늄의 집합조직

김영석*, 박종진**

Texture Development by Groove Pressing in Aluminum

Y. S. Kim and J. J. Park

Abstract

Groove pressing which is analogous to groove rolling in the aspect of deformation mode was designed and influence of the uncommon shear deformation on the development of texture and R value was investigated. Textures developed by the groove pressing were measured as well as predicted. It was found out that the main component in the developed texture was $(40^\circ 45^\circ 0^\circ)$ in ODF which was regarded as a rotated Bs component and rarely observed in a plain rolling. The maximum R value was predicted to be 3.8 in 45° direction which might be attributed to the new component.

Key Words : Groove Pressing, Groove Rolling, R Value, Shear Deformation, Aluminum

1. 서론

일반적으로 알루미늄 판재의 성형성을 지배하는 소성비 R은 여전히 1.0에 못 미치는 낮은 값에 머무르고 있다. 그 이유는 변형 집합조직이나 재결정 집합조직 등이 대부분 소성비를 저하시키는 열등한 성분들로 구성되기 때문이다. 알루미늄 판재의 소성비를 향상시키고자 하는 기존의 연구들은 다음과 같이 요약할 수 있다. Kamijo⁽¹⁾ 등은 Al-Mg 합금을 고온에서 압연하여 향상된 소성비를 발견하였으며, 또한 Nagai⁽²⁾ 등은 용탕직접압연(Melt Direct Rolling)을 통하여 강한 전단변형 집합조직을 발달시켜 소성비를 향상시켰다. 그러나 이러한 압연방법들

은 높은 에너지를 필요로 하며 중심층에서는 여전히 평면변형 집합조직이 발생하는 문제를 가지고 있다. 이를 극복하기 위하여 Hu⁽³⁾와 左海哲夫⁽⁴⁾ 등은 이주속 압연을 통하여, 또한 김근환⁽⁵⁾ 등은 지름이 상이한 상하 압연롤을 통하여 두께방향으로 매우 균일한 전단변형 집합조직을 얻었으며 소성비가 향상되었음을 발견하였다.

2. 실험 및 해석

본 연구에서는 그루브(groove) 압연과 유사한 변형 모드를 수반하는 그루브 압축을 고안하고 이러한 변형 장치에 의해서 발생하는 전단변형과 집합조직에 대하여 연

* 홍익대학교 대학원
** 홍익대학교 기계공학과

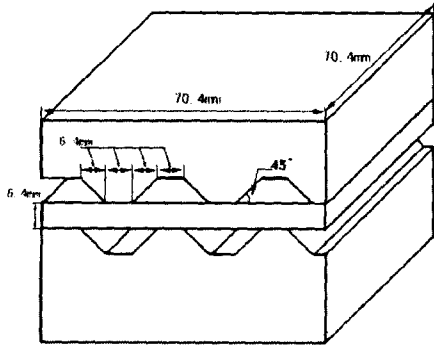


Fig. 1 Schematic drawing of the groove pressing apparatus

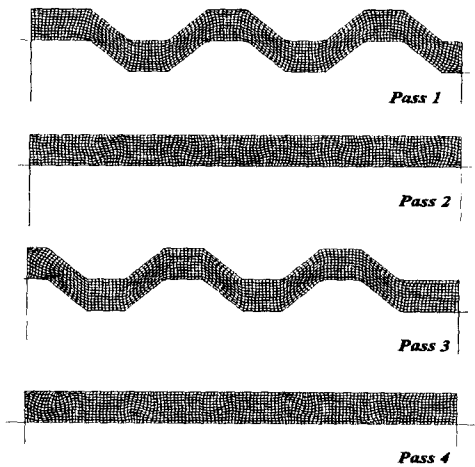


Fig. 2 Deformed cross sections and distorted grids at the four stages of compression

구하였다. 그루브 압축에서는 판재 방향을 조절하여 전단변형을 RD와 ND로 정의되는 평면이나 TD와 ND로 정의되는 평면에 발생시킬 수 있다. 특히 그루브 압축에서의 전단변형은 평압연에서 발생하는 전단변형과 매우 상이하며 판재 표면보다는 내부에서 크게 발생하는 특징을 나타낸다.

Fig. 1에 그루브 압축에 사용된 실험장치가 도시되어 있다. 시편은 열간압연된 Al 1050으로써 두께가 6.4mm이고 가로와 세로가 각각 70.4mm인 장사각형 판재이다. 이러한 시편에 네단계의 압축변형을 가하였다.

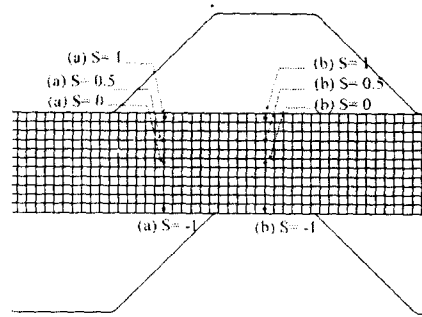


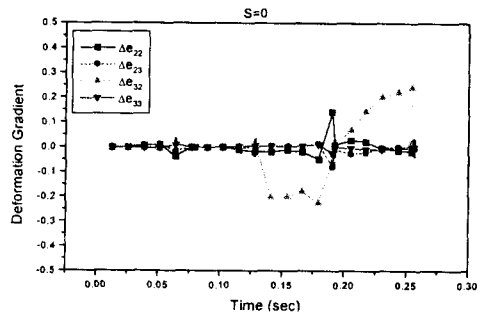
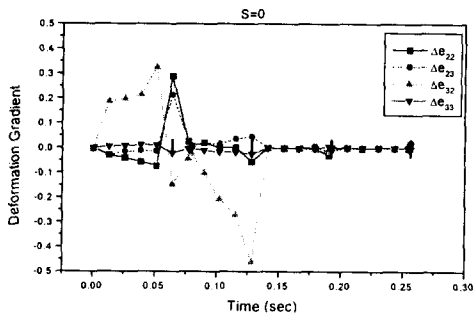
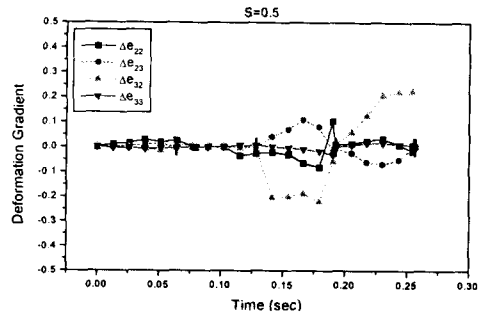
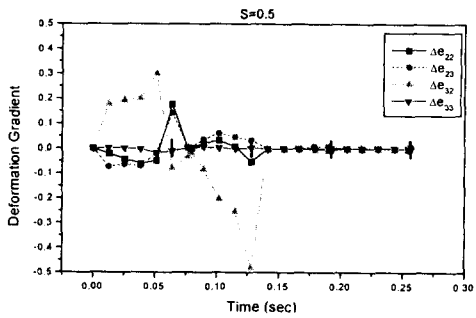
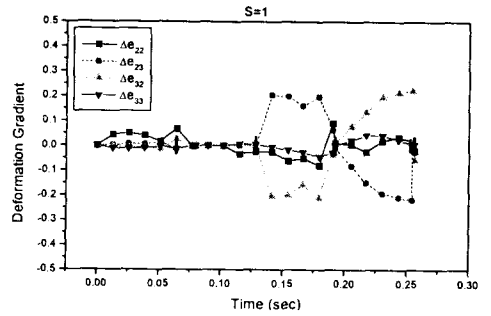
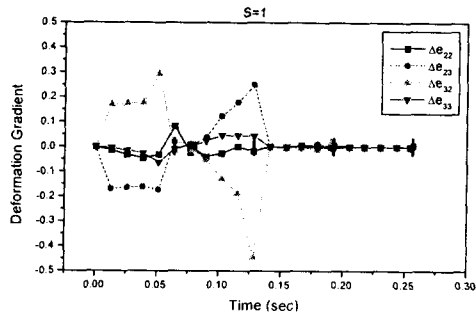
Fig. 3 Designations of regions (a) and (b), and S values for several locations

Fig. 2는 유한요소해석으로부터 예측된 시편 단면에서의 변형된 요소망이다. Fig. 3에 도시되어 있듯이 시편의 상부 표면층은 $S=1$, 중심층은 $S=0$, 하부 표면층은 $S=-1$ 으로 정의하면, 임의의 두께위치를 S 값으로 나타낼 수 있다. 그루브 압축된 시편에서 $S=1$, $S=0.8$, $S=0.5$, $S=0$ 에서의 극점도를 측정하였다. 또한유한요소해석에서 구한 변형률 이력을 이용하여 결정방위와 R 값을 예측하였다.

3. 결과 및 분석

Fig. 4에 각각 영역 (a) 와 (b)에서 발생하는 변형률 이력을 나타내었다. $S=1$ 에서는 $\Delta\epsilon_{23}$ 과 $\Delta\epsilon_{32}$ 가 부호는 다르지만 같은 크기를 나타내므로 네 단계 압축에서 전단변형을 거의 받지 못하고 주로 강체회전을 한 것으로 나타났다. 반면에 $S=0$ 과 $S=0.5$ 에서는 $\Delta\epsilon_{23}$ 에 비하여 $\Delta\epsilon_{32}$ 가 크게 변화하므로 전단변형을 크게 받은 것을 알 수 있다.

초기 집합조직과 그루브 압축 후의 집합조직을 이용하여 소성비를 예측하고 이를 Fig. 5에 도시하였다. 표면층에서 R_m 은 초기의 1.58에서 압축 후 1.25로 감소하였고, ΔR 도 초기의 -1.87에서 압축 후 -1.55로 감소하였다. $S=0.5$ 에서 R_m 은 1.10에서 2.14로 증가하였으며 ΔR 도 -1.26에서 -3.21로 증가하였다. $S=0$ 에서 R_m 은 0.84에서 1.09로 증가하였으며, ΔR 은 0.37에서 -0.25로 감소하였다. R 의 최대값은 3.8로써 $S=0.5$ 에서 45° 방향에서 나타났다. 그루브 압축에서는 $\{110\}\langle 112\rangle$ 에서 약 5° 회전된 $\{40^\circ 45^\circ 0^\circ\}$ 성분이 발생하고 이 성분이 판재의 R 과 ΔR 를 증가시킨다고 판단된다.



(a)

(b)

용탕직접압연⁽²⁾에 의해 제작된 Al 1050 판재는 R_m 이 0.96, R의 최대값은 45° 방향에서 1.5, ΔR 은 -1를 나타내었으며, 비대칭압연⁽⁵⁾에 의해서 제작된 Al 1100 판재에서는 R_m 이 1.04, R의 최대값은 0° 방향에서 1.32, ΔR 은 0.11로 나타났다. 이에 비하여 그루브 압축에서는 R과 ΔR 이 모두 크게 증가한 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

Fig. 4 Comparison of deformation gradient increments at S=1, 0.5 and 0 in regions (a) and (b)

4. 결론

대표적 면심입방정 금속인 알루미늄 판재의 소성 비를 향상시키기 위한 방법으로써 그루브 압축을 제안하고 이것이 집합조직이 미치는 영향을 연구하였다.

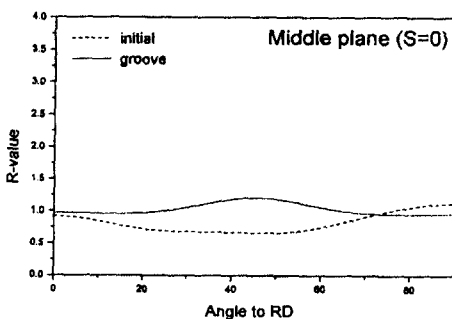
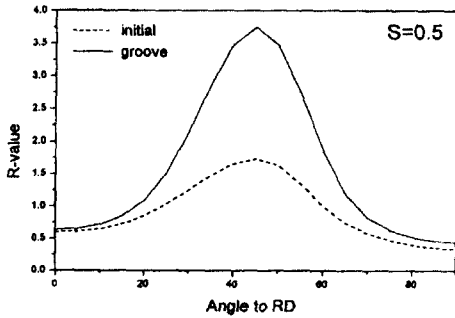
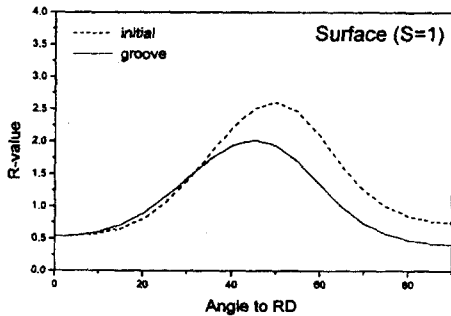


Fig. 5 Predicted R values at initial and compressed stages

본 연구에서 얻은 결과를 다음과 같이 요약하였다.

(1) 그루브 압축에서 표면은 강제회전을, 내부는 전단변형을 크게 받는다. 따라서 그루브 압축된 시편의 변형률 이력은 그루브 위치에 따라 일정한 패턴의 불균일성을 나타내고 또한 두께 위치에 따라 불균일하다.

(2) 본 연구에서 사용한 시편의 초기 집합조직은 β 섬유 집합조직이었으며, 이는 그루브 압축 후에 $\{40^\circ 45^\circ 0^\circ\}$ 성분으로 발달하였다. 이 성분은 평압연에서는 발견되지 않는다. 그리고 무운할 평압연에서 표면에 발생하는 전단변형 집합조직 성분인 $\{001\}\langle 110 \rangle$, $\{111\}\langle 110 \rangle$, $\{111\}\langle 112 \rangle$ 은 거의 관찰되지 않았다.

(3) R값은 압연방향과 45° 를 이루는 방향에서 최대 3.8로 나타났다. 이러한 R값의 향상은 $\{40^\circ 45^\circ 0^\circ\}$ 성분에서 기인하는 것으로 판단된다. 기존의 용탕직접압연과 비대칭압연에 의한 경우에 비하여 R과 ΔR 이 모두 크게 증가한 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

후 기

본 연구는 학술진흥재단 '98 신소재분야(1998-017-E00098) 지원에 의하여 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분과 또한 본 연구에 많은 도움을 주신 서울대 이동녕 교수님과 금오공대 박노진 교수님께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) T. Kamijo and H. Fukutomi, 1995, "Microstructural and Crystallographic Aspects of Recrystallization", Proc. of 16th Riso International Symposium of Material Science, p.377.
- (2) Y. Nagai, N. Tsuji, T. Sakai and Y. Saito, 1996, "Microstructure and Texture of A1050 Aluminum Strips Produced by Melt Direct-Rolling Method", 日本金屬學會誌, 第60卷, 第8号, p.708.
- (3) J. Hu, K. Ikeda and T. Murakami, 1996, 日本金屬學會誌, 第60卷, 第11号, p.1130.
- (4) 左海哲夫, 第174回 塑性加工 ツソポゾウム, 日本塑性加工學會, 日本機械學會, 東京, 平成 9年, p.33.
- (5) 김근환, 1996, 비대칭 압연한 알루미늄 합금판재의 집합조직 및 소성변형비, 박사논문, 서울대학교 금속공학과.