

비대칭 압연한 AA1100 판재에서 잔류전단변형에 미치는 롤과 재료간의 마찰의 영향

지영규* · 정효태** · 허무영***

Effect of friction between roll and sample on residual shear strains in AA1050 sheet during asymmetrical rolling

Y. K. Jee, H. T. Jeong and M. Y. Huh

Abstract

Sheets of aluminum alloy 1050 were asymmetrically cold rolled in a rolling mill with different roll speeds. In order to promote the shear deformation during asymmetrical rolling, cold rolling without lubrication was performed. The variation of the shear strain state during asymmetrical rolling was tackled by means of FEM calculations. Asymmetrical rolling gave rise to the development of pronounced residual shear strain gradients throughout the thickness layers.

Key Words: Asymmetrical Rolling, Roll Speed Ratio, FEM, residual shear strain.

1. 서 론

정상적인 압연 변형 시에도 압연재와 압연 롤과의 마찰 및 기하학적인 형상 및 변형상태의 변화 등 여러 가지 인자에 의해서 평면 변형상태로부터 벗어나는 원인이 되는 것으로 알려져 있다. 또한 두께 층에 따라서도 불균일한 변형률 상태가 얻어짐으로 인해 각종 물리적 특성변화가 일어난다.⁽¹⁻⁴⁾ 또한 압연롤의 속도를 다르게 하는 또는 압연롤의 크기를 다르게 하는 그러나 비대칭압연의 경우에도 압연판재의 두께 층에 따라서 불균질한 변형률 상태가 얻어지는데, 그 결과 판재의 두께 층에 따라 각종 물리적 특성의 변화가 얻어진다.⁽⁵⁻⁸⁾

본 연구에서는 정상적인 대칭압연과 비대칭 압연을 하였을 경우에 잔류전단변형에 미치는 마찰계수의 영향을 알아보기 위해서 대칭 압연과 비대칭 압연을 행하였다. 비대칭 압연은 압연롤과 압연재와의 마찰을 크게 얻기 위하여 윤활유를 사용하지 않고 행하였고 이때 얻어지는 변형률 상태를 확인하기 위해서, 상용 Code FEM 프로그램인 DEFORM-2D 을 사용하여 압연공정을 시뮬레이션 하였다.⁽⁹⁾

2. 실험방법

본 연구에서는 6.0 mm 두께의 알루미늄 AA 1050 열간 압연재를 사용하여 열간 압연재를 직경 108

* 고려대학교 대학원 신소재공학과
** 강릉대학교 금속공학과
*** 고려대학교 재료공학부

mm 를 갖는 냉간 압연기에서 무운할 상태에서 냉간 압연하여 최종 두께 3.0 mm 의 시편을 제조하였다. 비대칭압연은 상부, 하부 롤의 직경이 모두 108 mm 를 갖는 압연기에서 행하였고 상부 롤과 하부 롤의 속도 비가 1.5/1.0 의 조건에서 실험 하였다. 본 연구에서는 압연재의 세로단면에서 잔류전단변형을 관찰하기 위하여 압연 전 판재에 0.3 mm 의 구멍들을 미리 만들고 이곳에 0.3 mm 의 구리 선을 삽입한 시료를 제작 하였다. 압연 후 이것의 모양변화를 추적하여 잔류전단변형을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

집합조직을 측정된 결과 대칭압연 시에도 시료의 두께 층에 따라 서로 다른 집합 조직이 형성되었는데, 이것은 시료의 각 두께 층에 따라 상이한 변형상태가 주어졌다는 것을 의미하는 것이다.

그림 1 은 대칭 압연 시 압연재의 세로단면을 관찰한 결과로 동일한 방법에 의한 SEM Image 를 보여준다. 한번의 압연에 의하여 6 mm 에서 3 mm 로 변형한 시료와 3 패스의 대칭압연에 의하여 6 mm 에서 3 mm 로 변형한 시료에서 서로 다른 형태의 잔류전단변형이 일어나고 있다. 표면 층에서 모든 경우에 큰 잔류전단변형이 일어나며, 특히 1 패스에 의하여 압연 할 때에 보다 균일한 전단변형이 일어났음에 주목할 필요가 있다.



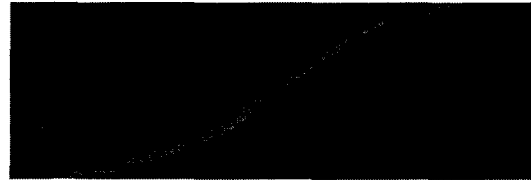
(a) 6.0mm → 3.0mm (1pass) (b) 6.0mm → 3.0mm (3pass)

Fig. 1 SEM images showing residual shear in the TD section after symmetrical rolling

그림 2 한번의 비대칭압연과 3 패스의 비대칭압연에 의 6 mm 에서 3 mm 로 변형한 시료들의 세로단면을 SEM 으로 관찰한 결과로, 매우 다른 형태의 잔류전단 변형이 일어나고 있음을 알 수 있다. 3 패스 시편에서 얻어진 전단변형은 거의 모든 두께 층에서 일정한 방향과 각도를 갖는데 반하여, 1 패스의 시편에서는 빠른 상부 롤과 접촉한 시료 상층에서는 잔류전단변형이 크게 나타나고 있으며, 반면에 느린 하부롤과 접촉한 시료의 하층에서는 거의 수직의 방향으로 변형

이 진행되었음을 알 수 있다.

이와 같이 시료에 따라 압연방법에 따라 잔류전단변형이 다르게 얻어지는 것을 알아내기 위하여 FEM 시뮬레이션을 행하였다. 그림 3 은 그 결과를 보여주는데, 대칭압연 보다는 비대칭압연에서 또한 재료와 압연롤 사이에서 마찰계수가 클수록 잔류전단변형이 크게 얻어졌다. 또한 시뮬레이션 결과 마 비대칭압연 시 상부롤에서 마찰이 더 심하게 얻어짐을 알아낼 수 있었다.

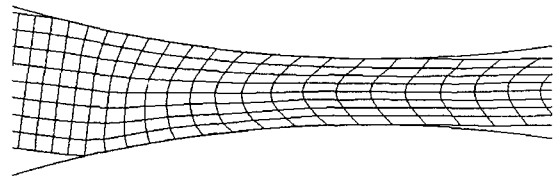


(a) 6.0mm → 3.0mm (3pass)

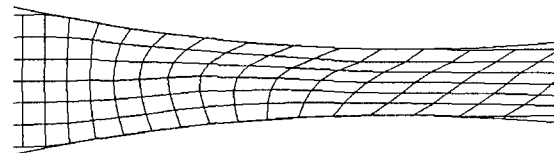


(b) 6.0mm → 3.0mm (1pass)

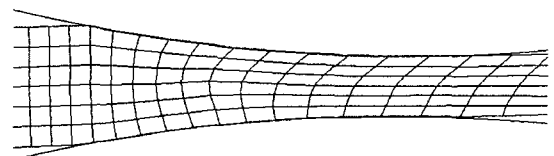
Fig. 2 SEM images showing residual shear in the TD section after asymmetrical rolling with roll speed ratio of 1.5/1.0.



(a) $\mu = 0.3/0.3$ for upper and lower roll, symmetrical rolling



(b) $\mu = 0.4/0.2$ for upper and lower roll, asymmetrical rolling



(c) $\mu = 0.3/0.3$ for upper and lower roll, asymmetrical rolling

Fig. 3 FEM results showing shape change after (a) symmetrical rolling (b), (c) asymmetrical rolling.

그림 3(a)는 직경 108 mm 를 갖는 냉간 압연기에서 무윤활 상태에서 6.0 mm 에서 3.0 mm 로 냉간 압연하는 공정을 유한요소 해석한 결과이다. 압변률과 소재 사이의 마찰계수 μ 를 대칭압연이기 때문에 상부/하부 모두 0.3 으로 하였다. 압연 시 압연은 평면변형이 아니고, 특히 표면 층에서는 중립점 전에 양의 전단 변형이 중립점 후에 음의 전단변형이 작용하게 되고 양의 전단변형량이 음의 전단변형량에 비하여 많으면 그림 3(a)와 같이 양의 잔류전단응력이 얻어지는 것이다. 여기서는 대칭압연이기 때문에 상/하부 롤의 의한 마찰 효과가 동등하게 얻어져 잔류전단응력도 대칭성을 갖고 얻어졌다.

그림 3(b)와 (c)는 직경 108 mm 를 갖는 냉간 압연기에서 무윤활 상태에서 비대칭압연 시 상하 롤속도비가 1.5/1.0 일 때 상부롤과 소재 그리고 하부롤과 소재의 마찰계수 μ 가 각각 0.4/0.2 와 0.3/0.3 인 경우를 유한요소해석한 결과이다. 실제 잔류전단응력을 관찰한 그림 2(b)와 비교하면, 그림 3(b)가 훨씬 실제와 유사한 것을 알 수 있다. 따라서, 같은 무윤활압연하는 공정이라도 상부롤과 하부롤의 속도가 다르면 각각의 계면에서 서로 다른 마찰계수가 얻어지고 있음을 확인 할 수 있었다.

4. 결 론

- (1) 비대칭 압연 시 실제 실험 시편과의 비교에서 보면 마찰계수의 값이 상, 하부롤과 시편 사이에서는 상당이 큰 차이를 갖는 값을 갖는 다는 것을 확인할 수 있었다.
- (2) 다단계 패스에 의한 대칭 압연에 비하여 1 패스의 압연 시 보다 균질한 잔류전단변형을 얻을 수 있었다.

(3) 대칭압연 보다는 비대칭압연에서 또한 재료와 압연롤 사이에서 마찰계수가 클수록 잔류전단변형이 크게 얻어졌다.

후 기

본 연구는 한국과학재단의 목적기초연구(No. R01-2001-00261-0)의 지원을 받았습니다.

참 고 문 헌

- (1) 허무영, 2001, 한국소성가공학회지, vol 11, pp. 14-23.
- (2) O. Engler, M.Y. Huh, C.N. Tomé, 2000, Metall. Mater. Trans. A, vol. 31A, pp. 2299-2315.
- (3) M.Y. Huh, J.H. Kim, K.Y. Ha and S. Lee, 1996, Mater. Sci. Forum, vols. 217-222, pp.571-576.
- (4) M.Y. Huh and O. Engler, 2001, Mater. Sci. Eng., vol. A308/1-2, pp. 74-87.
- (5) K.H. Kim and D.N. Lee, 2001, Acta Mater, vol. 49, pp. 2583-2595
- (6) S.H. Lee, D.N. Lee, 2001, Mechanical Sci., vol. 43, pp. 1997-2015
- (7) S.H. Kim, J.H. Ryu, K.H. Kim and D.N. Lee, 2002, Mater. Sci. Res. Inter., vol. 8, pp. 20-25
- (8) Y.K. Jee, H.T. Jeong and M.Y. Huh, 2003, Trans. Mater. Proc. Vol. 12, pp.244-250
- (9) DEFORM-2D, Ver. 7.1, 2001, Science Forming Technologies Cooperation, Columbus, OH.