

Al 판재의 디프 드로잉 공정에서의 집합조직 변화 고찰

조재형, 최시훈, 오규환

서울대학교 재료공학부

Texture Evolutions in Al sheet during the deep drawing process

Jae-Hyung Cho, Shi-Hoon Choi, Kyu Hwan Oh

School of Material Science and Engineering

College of Engineering

Seoul National University

San 56-1 Shinrim-Dong, Kwanak-Ku, Seoul 151-742, Korea

Abstract

α 형과 β 형 섬유조직의 압연 집합조직을 초기 집합조직으로 갖는 알루미늄 판재의 디프드로잉 공정시 집합조직 변화를 고찰하였다. 플랜지 변형 단계에서는 Bs 성분은 감소하였으며, Goss, Cu, P 등의 성분들은 증가하였다. 컵의 윗쪽에서는 아랫쪽에 비하여 Goss, Cu 성분은 증가하고 P 성분의 변화는 적었다. 이는 컵의 윗쪽에서는 플랜지에서 받은 평면변형의 정도가 컵의 아랫쪽에 비하여 크기 때문이다. 실제 디프드로잉 공정에서의 변형량에서는 결정들이 안정방위로의 회전경로인 α_D 형의 섬유와 β_D 형의 섬유로 이동하게 된다.

1. 서론

판재의 다양한 성형공정 중에서 디프드로잉 공정은 복잡한 변형경로를 거치게 되므로 재료는 복잡한 변형이력을 동시에 받게 된다고 알려져 있다[1]. 디프 드로잉 공정에서 판재가 겪는 변형경로를 이해하고 이러한 변형이력을 거치는 재료의 집합조직 변화를 고찰해 보고자 한다.

변형의 초기 단계에서 블랭크는 플랜지에서 평면변형이 주로 일어나게 되는데 이때의 평면변형의 방향은 반지름방향(ϵ_{11})으로 인장변형과 원주방향(ϵ_{22})으로의 압축변형이 발생하며, 두께 방향으로의 약간의 인장변형이 발생한다. 그러나, 변형이 진행됨에 따라 블랭크의 끝부분에서는 상당한 양의 두께 증가가 일어나게 되는데, 이 경우 재료는 평면변형으로부터 벗어나게 될 뿐만 아니라 아이어닝등의 두께 방향의 변형이 있어 더욱 복잡한 변형이력을 예상할 수 있다. 컵의 벽면에서는 반지름 방향으로의 인장변형이 발생하며, 두께방향으로는 압축변형이 발생한다.

집합조직 해석에 사용한 방법은 WIMV 법이며 시편의 대칭성으로서 압연 방향(RD)

과 압연 방향에 수직인 방향(TD)은 단사정계로 고려하였다[2,3]. 이것은 디프드로잉 공정시 RD와 TD 방향 사이에 존재하는 시편은 전단변형률에 의해 발생하는 이어링 현상으로 인하여 시편대칭성이 단사정계이기 때문에 그 결과와 비교하기 위해서 해석범위를 확대하였다.

2. 실험 방법

시편의 초기두께는 2.5mm이며 블랭크직경은 360mm, 펀치직경은 180mm이다. 플랜지 변형만을 받은 재료의 집합조직 변화를 관찰하기 위해서 펀치 스트로크를 51mm 진행한 후 플랜지의 RD 방향과 TD 방향에서 극점도 시편을 각각 취했다.

펀치 스트로크를 105mm 진행시키면 완전한 컵이 만들어 지는데, 컵바닥면을 기준으로 컵벽의 1/2 지점과 2/3 지점의 시편을 각각 취했다. 컵벽에서 두 군데의 위치를 따로 측정하는 것은 1/2 지점과 2/3 지점의 시편은 각기 다른 정도의 플랜지 변형과 컵벽면에서의 변형을 받기 때문이다. 플랜지와 컵벽면에서 취한 시편의 좌표축은 반지름 방향(ϵ_{11}), 원주방향(ϵ_{33}), 두께방향(ϵ_{22})의 세방향을 기준하였다. X-선 회절기를 이용하여 $\{111\}$, $\{220\}$, $\{200\}$ 세개의 불완전극점도($0^\circ \leq \alpha \leq 80^\circ$)를 측정하고 이를 이용하여 방위분포함수(ODF)를 계산하였다. 시편은 단사정대칭(monoclinic symmetry)으로 고려하고 결정은 입방정대칭(cubic symmetry)으로 고려하였기 때문에, 오일러 공간의 기본 영역인 $0^\circ \leq \varphi_1 \leq 180^\circ$, $0^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$, $0^\circ \leq \varphi_2 \leq 90^\circ$ 에서 방위분포함수의 변화를 고찰하였다.

3. 실험 결과 고찰

판재의 초기 집합조직은 알루미늄합금의 전형적인 압연집합조직이라 알려진 α 형과 β 형의 두 섬유조직의 발달이 두드러진다. α 형은 Goss $\{110\}\langle 100\rangle$ 에서 Bs $\{110\}\langle 112\rangle$ 의 영역에 걸쳐 있는 성분들이며 β 형은 Bs $\{110\}\langle 112\rangle$ 에서 S $\{123\}\langle 634\rangle$, Cu $\{112\}\langle 111\rangle$ 에 이르는 성분들이다[4].

표 1은 집합조직의 발달 정도를 나타내는 집합조직지수(texture index)이다. 플랜지 변형 및 컵벽면 변형이 진행되면서 결정들의 배향정도가 증가하고 있다. 표. 2는 극점도로부터 계산된 주요방위의 ODF 값이다. RD 방향의 집합조직 성분들은 플랜지 변형만을 받은 경우 P, Goss, Cu 성분들이 증가하고 있다. 그러나, 컵의 벽면에서 위치에 따라 집합조직 성분의 변화를 관찰하면 Goss와 Cu는 컵의 윗쪽으로 가면서 증가하는 양상을 보이거나 P의 경우는 약간의 변화가 관찰되었다. 즉 플랜지, 컵벽의 2/3, 컵벽의 1/2 지점의 순으로 재료가 겪게 되는 플랜지 평면변형이 감소한다. 이와같이 총 평면 변형량의 차이에 따라 집합조직의 발달이 차이가 나게 된다. 평면변형에 의한 결정의 회전경로와 안정방위를 T-B-H(Taylor Bishop Hill)모델과 R-W(Renouard Wintenberger)방법을 이용하여 계산한 결과, 이 변형성분에서는 모든 결정방위가 변형 초기에는 Goss, $\{011\}\langle 100\rangle$ 성분과 Y, $\{111\}\langle 112\rangle$ 를 연결하는 α_D 형의 섬유와 Y 성분,

{111}<112>와 P 성분을 연결하는 β_D 형의 섬유로 이동하며 변형이 증가하면 최종안정 방위인 P 방위로 이동하는 현상이 관찰되었다[5]. 그림 1-a), 1-b)는 RD, TD 방향에서 각 위치에 따른 ODF의 $\varphi_2 = 45^\circ$ 인 면에서의 분포이다. 실제 디프드로잉 공정에서 판재가 겪는 변형량으로는 그 양이 작아서 결정들이 최종 안정방위에 도달할 수 없게 된다. 안정방위로의 회전경로인 α_D 형의 섬유와 β_D 형의 섬유를 향하여 이동하게 된다. RD 방향으로부터 90° 회전된 상태의 초기 집합조직을 가지는 TD 시편의 경우 처음에 약하게 발달하던 P 성분이 디프드로잉 공정이 진행되면서 증가하는 양상을 보여 주고 있다. 이는 RD 에서와 마찬가지로 플랜지와 컵의 1/2 지점으로 갈수록 플랜지에서의 평면 변형의 양이 증가하여 P 방위가 발달하기 때문이다.

표 1. Texture Index $J = \frac{1}{8\pi^2} \int f(g)^2 dg$

	초기	flange	wall(1/2)	wall(2/3)
RD	3.74	5.1	5.5	6.17
TD	3.74	4.2	4.8	-

표 2. 판재의 초기 집합조직과 디프드로잉공정 후 주요 집합조직 성분

		P	Goss	Cu	
		{011}<111>	{011}<100>	{112}<111>	{113}<110>
RD	초기 판재	1.5	5.9	5	0
	flange	2.5	7.8	22	0
	wall(1/2)	5.6	7.1	26	0
	wall(2/3)	3.2	12.7	28	0
TD	초기 판재	4	0	0	15.7
	flange	6.1	0	0	21.8
	wall(1/2)	9.5	0	0	4.2

참고문헌

1. 이동녕, "소성 가공학", 문운당
2. S. Matthies, G. W. Vinel and K. Helming, "Standard Distributions in Texture Analysis", Akademie-Verlag Berlin, vol. 1, pp. 1-115, 1987.
3. H. J. Bunge, C. Esling, Quantitative Texture Analysis, pp. 1-72, 1982.
4. J. Hirsch and K. Lüicke, Acta metall. vol. 36, no. 11, pp. 2863-2882, 1988.
5. Y. Zhou, J. Savoie and J. J. Jonas, Materials Science Forum, vol. 157-162, pp. 879-884, 1994.

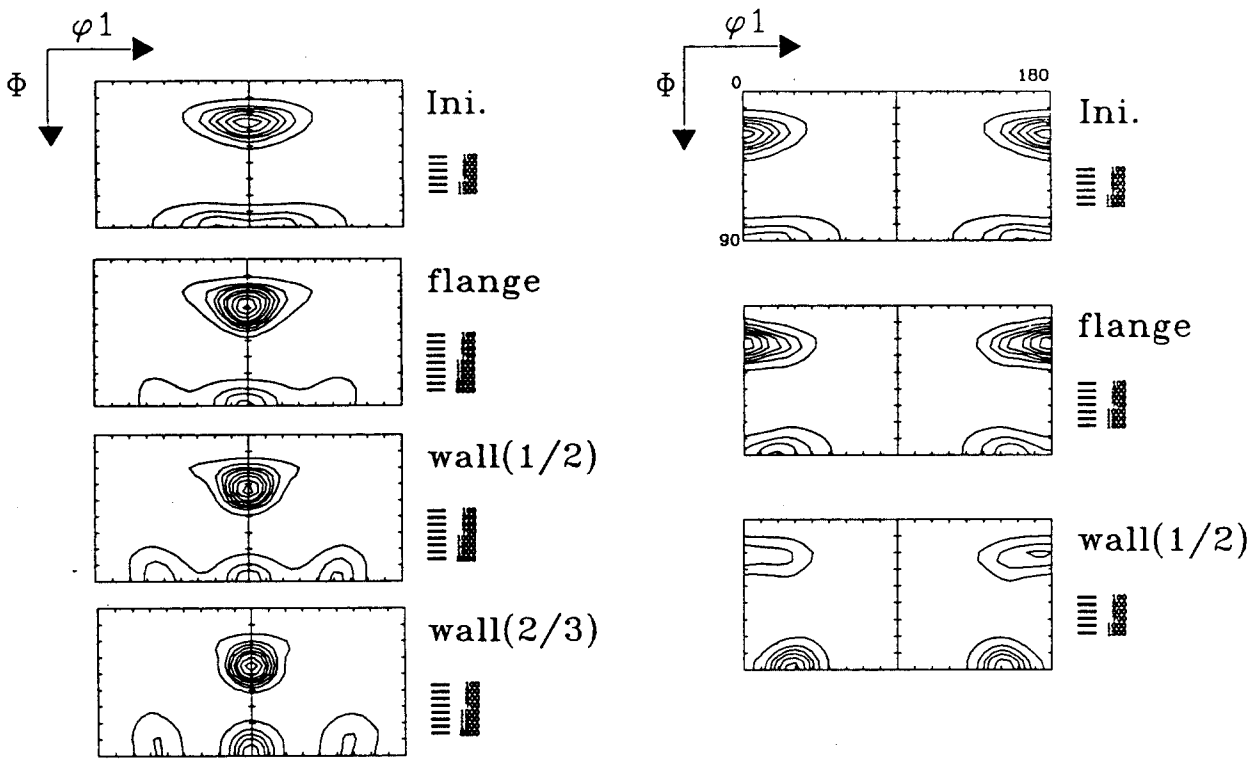


Fig. 1-a) RD, $\varphi_2=45$ Fig. 1-b) TD, $\varphi_2=45$

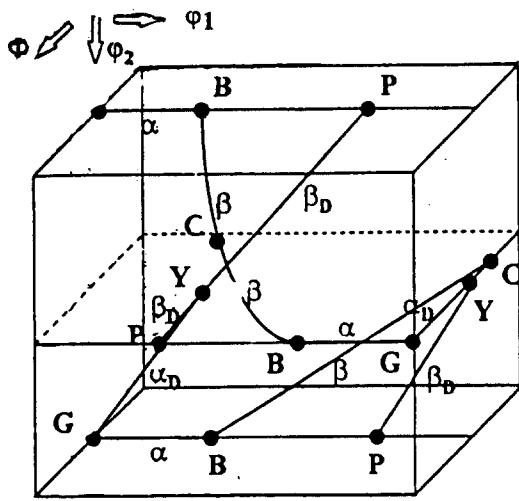


Fig. 2 Schematic representation of orientation in Euler Space during deepdrawing.