

스피닝 공정에서의 스프링백 현상에 관한연구

박중언*, 이우영(한국기술교육대학교)

최석우, 나경환, 김승수(한국생산기술연구원)

Study on the Appearance Spring back of Spinning Process.

J. E. Park*, W. Y. Lee (Korea University of Technology and Education)

S. Choi, K. H. Na, S. S. Kim(Korea Institute of Industrial Technology)

ABSTRACT

Spinning process is a chipless metal forming method for axi-symmetric parts, which is more economical, efficient and versatile method of producing parts than the other sheet metal forming process such as stamping or deep drawing. It is a point deformation process where a metal disc, cylindrical workpiece, or preform in contact with a rotating chuck is plastically deformed by axial or axial-radial Motions of a tool or roller. in this study the variation of spring back with respect to various forming roller corner radius(R_r) and angle of roller holder(α) is investigated. Good as a result will help to get more precise shape by control of spring back.

Key Words : Spinning process, Feed rate, Angle of roller holder, Spring back, Deformation process, Tool path.

1. 서론

스피닝(Spinning)공정은 맨드릴(Mandrel)에 판 또는 관등을 장착하여 회전시킨 후 회전하는 소재의 표면을 성형공구로 맨드릴의 축 방향과 반경방향으로 점진적으로 누르면서 맨드릴과 같은 형상의 축대칭 원형제품을 만드는 비절삭 점진 성형공정⁽¹⁻⁷⁾으로 비교적 복잡한 형상도 손쉽게 성형이 가능하고 맨드릴과 성형롤러만 있으면 되므로 다품종 소량생산의 경우, 매우 경제적인 공정으로 활용되고 있다(Fig. 1). 또한 스피닝(Spinning)공정에 의한 제품은 재료의 흐름방향으로 결정립이 재배열되어 피로강도가 개선이 되고 알루미늄, 구리, 마그네슘 및 그 합금, 강철, 티탄, 지르코늄 등 모든 금속소재가 성형가능하기 때문에 다양한 산업분야의 제품 생산에 적용되고 있다. 그러나 아직까지 국내의 경우 낮은 치수 정밀도 및 형상정밀도 제품 성형에만 적용되고 있는 실정으로 이는 정밀도 향상에 대한 연구, 특히 스프링 백(Spring back)에 대한 연구가 미진하여 고부가가치 제품성형에는 적용하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 선행연구

자들의 연구⁽⁵⁻⁷⁾에 이어 Conventional Spinning 공정에서 두께편차와 스프링 백을 최소화하기 위한 성형조건에 대하여 연구해보고자 한다.

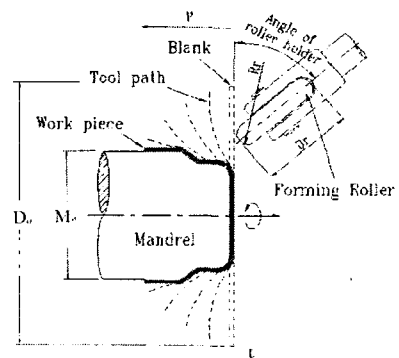


Fig.1 Spinning process

이를 위해 스프링 백 유무에 가장 큰 영향을 줄 것으로 예측되는 성형롤러의 코너반경(R_r), 성형롤러의 설치각도(α) 및 성형속도(v)만을 변화시키며

이들의 성형변수가 스프링 백에 어떠한 영향을 주는지 실험해 보고자 한다. 아울러 실험 결과를 기존의 프레스 드로잉 공정으로 생산한 상용 제품과 두께 및 직경 분포를 비교 분석하여 최적의 성형조건을 제시하고 본 공정의 유용성을 확인해 보고자 한다.

2. 실험

본 실험에 사용한 소재는 두께 3mm의 드로잉용 열간압연 강판을 직경 206mm로 블랭킹(Blanking)한 후 소재 중심에 맨드릴에 고정시키기 위한 직경 16mm의 구멍을 피어싱(Piercing)하여 실험했으며 이때 사용된 소재의 기계적 성질 및 화학성분을 표 1에 나타내었다.

Table 1. Mechanical properties and chemical compositions

기계적성질				화학성분(%)		
재질 (SPHD)	두께	인장강도 (kg/mm ²)	연신율(%)	P	C	Mn
			2.5~3.2mm			
	2.8	28이상	33~35	0.04	0.10	0.50

그림 2는 본 실험에 사용된 맨드릴과 제품 형상을 나타내었다.



Fig. 2 Multi cup product at mandrel

제품 성형을 위한 툴 패스(tool path)는 3회의 동일한 레적을 모든 조건들에 있어 동일하게 적용되도록 고정하였고, 성형롤러의 코너반경(Rr), 성형롤러의 설치각(α), 성형속도(ν)만을 변화시켰으며 적용된 성형변수를 표 2에 정리하였다.

그림 3에는 모든 성형조건에 동일하게 적용된 툴

스 (Tool path)를 나타내었다.

Table 2. Experimental conditions of spinning

Blank Diameter(Do)	206mm
Blank Thickness(to)	2.8mm
Clearance(c)	2.8mm
Material	SPHD
Mandrel Diameter(Md)	∅144.5mm
Forming Roller Dia.(Dr)	∅180mm
Forming Roller Corner Radius(Rr)	6, 8, 10, 12mm
Angle of Roller Holder(α)	5°, 7°, 10°
Spindle rpm.	598
Forming Roller Feed Rate(ν)	0.5, 1.0, 1.5(mm/rev)

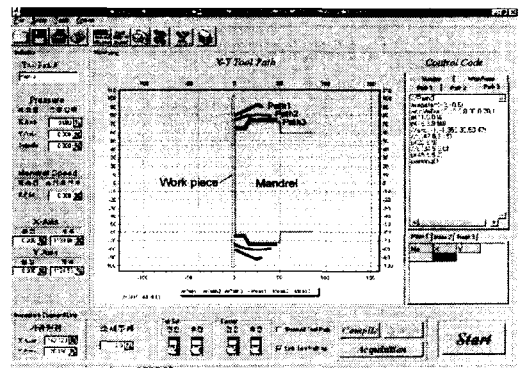


Fig. 3 Experimental conditions of tool path

3. 실험결과 및 고찰

그림 4는 클리어런스는 프레스 드로잉 조건과 같은 2.8mm로 맞추고 성형롤러 설치각(α)은 10°, 성형롤러 코너반경(Rr)은 6mm로 고정하고 성형속도를 각각 0.5mm/rev, 1.0mm/rev, 1.5mm/rev로 하여 성형했을 때의 성형품 두께분포를 나타낸 것이다. 전체적으로 프레스 드로잉 제품보다 0.5mm정도 얇게 나타났고 측정위치 증가에 따라 두께도 약 0.3mm정도 증가하는 경향을 보였으며 이중 1.5mm/rev일 때가 고른 두께분포를 나타내었다.

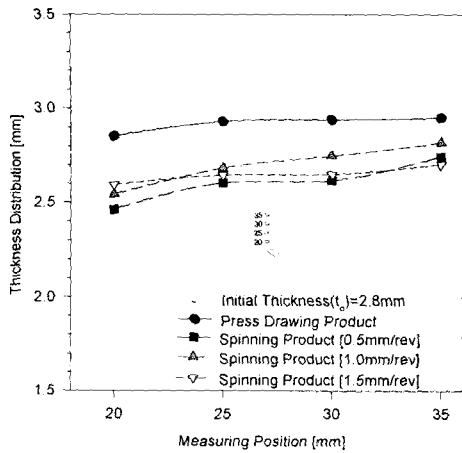


Fig. 4 Comparison of thickness distribution with respect to various feed rate ($\alpha=10^\circ$, $Rr=6mm$)

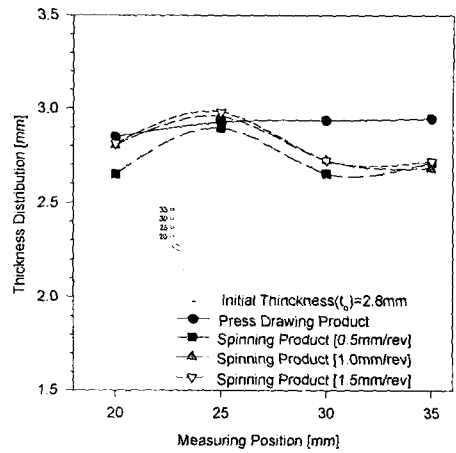


Fig. 6 Comparison of thickness distribution with respect to various feed rate ($\alpha=10^\circ$, $Rr=10mm$)

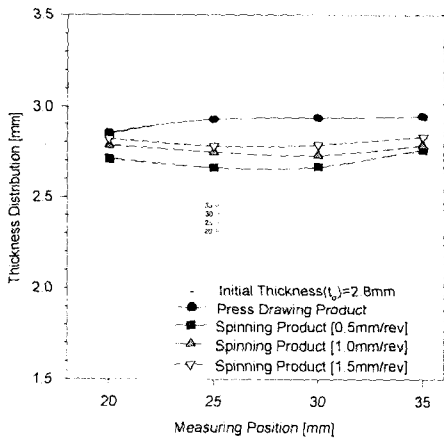


Fig. 5 Comparison of thickness distribution with respect to various feed rate ($\alpha=10^\circ$, $Rr=8mm$)

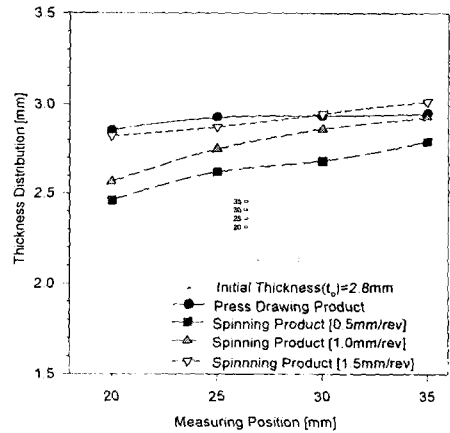


Fig. 7 Comparison of thickness distribution with respect to various feed rate ($\alpha=10^\circ$, $Rr=12mm$)

그림 5는 그림 4와 같은 조건으로 하고 성형롤러 코너반경(Rr)만 8mm로 했을 때 성형속도 변화에 따른 두께분포를 나타낸 것이다. 전체적으로 프레스 드로잉 제품보다 0.4mm정도 얇게 나타났고 성형롤러 코너반경(Rr)을 6mm로 했을 때가 보다 높은 두께분포를 나타내었다.

그림 6과 그림 7도 그림 4와 같은 조건으로 하고 코너반경(Rr)을 각각 10mm와 12mm로 했을 때의 두께분포를 나타낸 것으로 성형속도가 상대적으로 큰 1.5mm/rev 일 때 프레스 드로잉 공정에 의한 제품 두께와 근접하는 경향을 나타냈으며 이중 성

형롤러 코너반경(Rr)이 12mm이고 성형속도가 1.5mm/rev일 때 가장 높은 두께 분포를 나타내었다.

그림 8과 9는 성형롤러 코너반경(Rr)을 12mm로 하고 성형롤러 설치각(α)을 각각 7° 와 5° 로 했을 경우의 성형속도에 따른 두께분포를 나타낸 것으로 프레스 드로잉 제품과 비슷한 수준의 두께 분포를 나타내고 있어 성형롤러 설치각이 작을수록 높은 두께분포를 나타내는 것을 알 수 있었다. 이것은 성형롤러 설치각이 작을수록 소재에 인장응력이 적게 걸리기 때문인 것으로 판단되었으며 성형롤러 설치각을 0° 로 했을 경우는 소재와 성형롤러의 접촉면

적이 많아 소재 표면에 긁힌 자국(scratch mark)이 많이 생겨 본 논문에서는 언급하지 않았다.

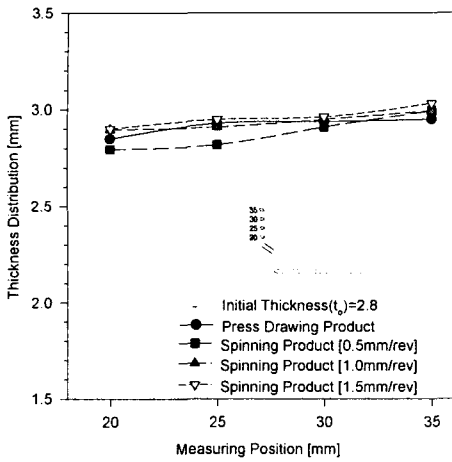


Fig. 8 Comparison of thickness distribution with respect to various feed rate ($\alpha=7^\circ$, $Rr=12\text{mm}$)

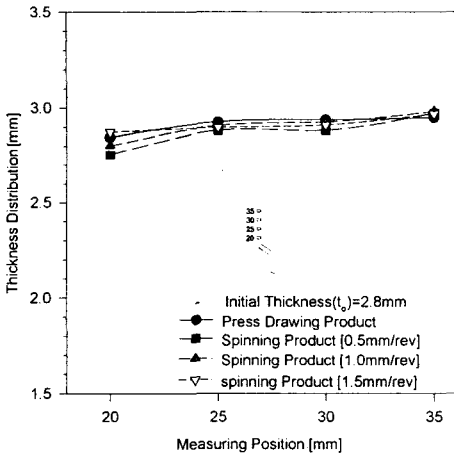


Fig. 9 Comparison of thickness distribution with respect to various feed rate ($\alpha=5^\circ$, $Rr=12\text{mm}$)

그림 10은 성형롤러 설치각과 성형속도에 따른 스프링 백양을 비교하기 위해 표 나타낸 것과 같이 성형롤러 코너반경(Rr)은 12mm로 고정하고 성형롤러 설치각을 5°, 7°, 10°로 변화시키며 성형속도 0.5mm/rev, 1.0mm/rev, 1.5mm/rev로 했을 때의 성형 결과이다.

전체적으로는 프레스 드로잉 제품보다 성형높이 20mm(mm/rev) 위치에서는 약 0.5에서 2.5mm(mm/rev)정

도 직경이 크게 나타났고 성형높이 35mm위치에서는 약 1.5에서 3.5mm까지 크게 나타났으며 이중 성형롤러 설치각이 5°, 7°일 때 성형속도 변화에 큰 영향 없이 비교적 스프링 백이 적고 일정한 경향을 나타내었다.

Angle of Roller Holder(α)	Roller Corner Radius(Rr)	Feed Rate (ν =mm/rev)	NO	
Spinning	5°	12mm	0.5	1
		12mm	1.0	2
		12mm	1.5	3
	7°	12mm	0.5	4
			1.0	5
			1.5	6
	10°	12mm	0.5	7
			1.0	8
			1.5	9
Press Drawing			10	

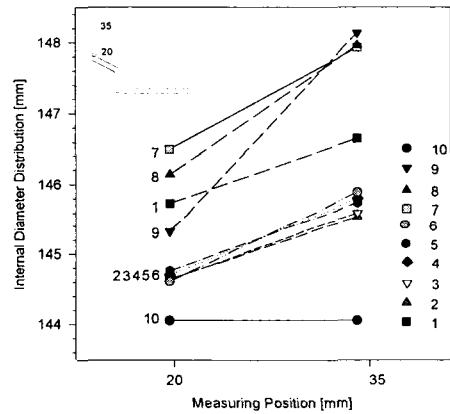


Fig. 10 Diameter distribution with respect feed rate and roller corner radius

본 실험은 초기의 소재두께와 가공완료후의 소재 두께가 일정하게 유지되도록 성형롤러와 멘드렐 사이의 클리어런스를 소재 두께와 같은 2.8mm로 했을 경우들로 가공조건을 적절히 선정하여도 소재 두께를 적극적으로 변화시키지 않는 Conventional Spinning에 있어서는 어느 정도의 스프링 백은 존재하는 것으로 판단되었다.

4. 결론

본 연구에서는 스프링 백(Spring back)공정을 이용한 다단컵 모양의 제품 성형에 있어서 성형롤러 설치각(α), 성형롤러 코너반경(Rr), 성형롤러 이송속

도(ν)의 성형변수들이 두께분포와 스프링 백(Spring back)에 미치는 영향을 연구하였으며 그것들을 정리하면 다음과 같다.

(1)가공경로를 고정시키고 성형롤러 설치각을 각각 5°, 7°, 10°로 실험한 결과 롤러설치각도가 상대적으로 작은 5°이고 성형롤러 코너 반경이 12mm일 때 국부 소성변형이 작아 두께변화가 적은 것으로 나타났다.

(2)소재 두께 2.8mm, 멘드렐의 최대직경 144.5mm인 제품을 성형해본 결과 성형롤러의 코너반경이 작을수록 스프링 백양이 적고 클수록 직경감소율이 적은 것으로 나타났다.

(3)최초의 소재 두께를 유지하며 프레스 드로잉 제품정도의 치수 및 형상정밀도를 동시에 만족시키기 위해서는 멘드렐의 형상변경이 수반되어야 할 것으로 판단되었다.

참고문헌

- (1)SME. 1984, "Spinning", Tool and Manufacturing Engineers Handbook, chapter 9.
- (2)Masujiro Hayam 回轉塑性加工學pp.235~610(1981)
- (3) Masujiro Hayama 著. 新回專加工學(理論と應用) pp.169~272(1992)
- (4). 葉山益次郎. 新回專加工學, p25 6~300(1981)
- (5) A. Baba. 1988, "스피닝의 고정도화 동향과 전망 Journal of the JSPT, vol.29, No.324, pp.13~20.
- (6)Triouleyre : CAD/CAM System and Spinning Process. Proc. int. Conf on Rotary Forming, 1989.pp63~69
- (7) 김중호, 박규호, 나경환, 김승수. 1999, "알루미늄 원통컵의 스피닝 성형성에 영향을 미치는 작업조건 연구", 한국소성가공학회지 제8권 제5호, pp.465~470.