

파인블랭킹 공정에서 V-링에 의한 재료의 변형 거동에 관한 연구

이춘규¹ · 민경호[†]

한국폴리텍VII대학 창원캠퍼스 금형디자인과¹

한국폴리텍II대학 인천캠퍼스 기계시스템과[†]

A Study on the Deformation Behavior of Material by V-Ring in Fine Blanking Process

Chun-Kyu Lee¹ · Kyung-Ho Min[†]

Changwon Campus of Korea Polytechnic VII Dept. of Die & Mold Design¹

Incheon Campus of Korea Polytechnic II Dept. of Mechanical System[†]

(Received October 30, 2017 / Revised November 21, 2017 / Accepted November 24, 2017)

Abstract : Press processing is one of the best machining methods capable of mass production, satisfying dimensional, shape and quality among the methods of processing a metal plate. Among them, Fine blanking is a method of obtaining a precise cross-section such as machining of the shear surface shape. In this research, Using SCP-1 and SHP-1 materials. The deformation behaviors of the material flow affecting the die height of the shear section in accordance with the position of the V-ring in the Fine blanking were compared and analyzed. Result of interpretation, It was confirmed that the force acts on the position where the material flow direction accurately forms the die roll that the material of SCP-1 is at a position of 1.5 mm and the material of SHP-1 is at 2.0 mm. As a result, it was confirmed that the state of forming the shear surface by the V-ring was excellent. Using analysis results, In the experiment, the height of the die roll was considered by applying The position of the V-ring was 1.5 mm in SCP-1 and 2.0 mm in SHP-1. As a result of comparing the height of the die rolls, the height values of the die rolls were different from each other. It has been considered that the tendency of the die rolls to coincide with each other. It is considered that the difference of the die roll height is caused by the pressure input of the V-ring. In this study, the deformation behavior of the material(In addition to the position of the V-ring, the flow direction of the material depends on the shape of the V-ring and the Indentation amount) is considered to be an important factor in determining die roll height.

Key Words: Die roll height, Fine blanking, V-ring, V-ring position

1. 서 론

프레스 가공은 금속 판재를 가공하는 방법 중에서 치수와 형상 및 품질을 만족시키고, 대량생산이 가능한 가장 좋은 가공방법 중 하나이다.

프레스 가공법 중에서도 파인 블랭킹 가공은 1923년경 독일에서 개발되어 기술이 축적되어 왔으며, V-형 돌기로 피가공재를 고정하는 장치를 이용하여 판 두께 전체를 평활하게 전단하는 공법이

Fritz Schmid에 의해 고안되었다. 그 후 F. Boesch와 Schmid¹⁾가 일반 프레스를 개조하여 2~3mm의 연질 재를 비교적 단순한 형상으로 하여 판 측면 전체에 대하여 파단면을 발생시키지 않고 전단하는데 성공하고 나서부터 이 가공법에 필요한 소성가공 이론, 금형, 피가공재, 프레스, 가공조건 등에 연구가 추진되었다. K. Lange²⁾는 V-형 돌기에 의해 발생되는 정수압 응력이 파단을 억제하는 효과에 대하여 연구하였으며, Guanggi³⁾ 등은 범용 프레스를 이용하여 파인 블랭킹 기술을 실현시키기 위한 연구를 실시하였다.

W. Konig⁴⁾등은 유한 요소법을 이용하여 블랭크

1. 한국폴리텍VII대학 창원캠퍼스

† 교신저자: 한국폴리텍II대학 인천캠퍼스

E-mail: khmin@kopo.ac.kr

두께의 1/30까지 해석하여 응력 분포 곡선을 가시화하였다.

국내에서도 이종구^{5,6)}는 파인블랭킹 금형에서 삼각 돌기가 제품의 가공 특성에 미치는 영향과 파인블랭킹의 전단부 변형 거동에 관한 연구를 통하여 유한요소법으로 해석하고 실험을 통하여 AI 판재의 전단부에 영향을 미치는 인자에 대하여 규명하였다. 또한 김종호⁷⁾ 등은 간이 파인 블랭킹 금형의 개발을 통한 범용 압축 프레스에서의 원형 정밀 전단 가공성 연구를 하였으며, 김윤주, 곽태수^{8,9)} 등이 파인블랭킹에서 전단면에 미치는 다이 틈새의 영향과 V-형 돌기의 영향에 관한 연구를 유한 요소법으로 해석하였다.

이춘규¹⁰⁾는 파인블랭킹 공정에서 V-링 압력과 클리어런스가 다이 롤 높이에 미치는 영향에 대한 연구를 통하여 V-링의 압력이 다이롤의 형성에 미치는 영향에 대하여 연구하였으며, 파인블랭킹 공정에서 전단면의 크기 변형에 관한 연구를 통하여 전단면의 크기에 영향을 미치는 인자들을 강소성 유한요소법을 기반으로 하는 상용 프로그램인 Deform 2D¹¹⁾를 사용하여 비교하여 실험 연구하였다.

본 연구에서는 V-링의 위치에 따른 재료의 변형 거동에 대해 해석을 실시하여 분석¹²⁾하고, 이를 토대로 실험을 통하여 다이 롤 높이에 대하여 비교 고찰하고자 한다.

2. 재료분석 및 실험방법

2.1. 피가공 재료 분석

본 실험에서 사용한 피 가공 재료는 범용 기계식 프레스를 사용했기 때문에 비교적 전단 가공의 용이함과 금형의 강성 및 프레스 기계의 공칭압력을 고려하여 두께 3.0mm의 냉간압연 강판(SCP-1)과 산세처리강판(SHP-1)을 사용하였다.

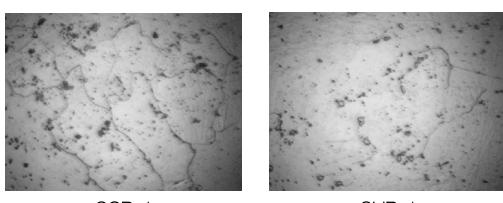


Fig. 1 SEM micrographs of the test piece

Fig. 1은 실험에 사용된 재료의 SEM을 통해 관찰

한 사진을 나타냈으며, Table 1은 재료의 성분분석 표를 나타낸다.

SEM을 통해 미세구조를 관찰한 결과, 두 재료 모두 폐라이트 기지조직에서 불순물로 C, P, S, Cr, Mn, F 등을 함유한 것으로 조사되었다.

Table 1 Component analysis of the test material

	Elt.	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc (%)	Units	
SCP-1 (SPCC)	C	3.48	0.748	0.126	wt.%	(Containing impurities)
	P	5.42	1.402	0.043	wt.%	
	S	0.22	0.148	0.045	wt.%	
	Cr	1.36	0.329	0.242	wt.%	
	Mn	0.87	0.264	0.496	wt.%	
	F	32.28	1.607	3.743	wt.%	
	Fe	196.30	3.963	95.305	wt.%	
				100	wt.%	Total

	Elt.	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc (%)	Units	
SHP-1 (SPHC)	C	3.62	0.695	0.168	wt.%	(Containing impurities)
	P	6.71	0.946	0.078	wt.%	
	S	0.29	0.195	0.063	wt.%	
	Mn	0.68	0.302	0.513	wt.%	
	F	16.85	1.499	3.460	wt.%	
	Fe	440.42	7.663	95.718	wt.%	
				100	wt.%	Total

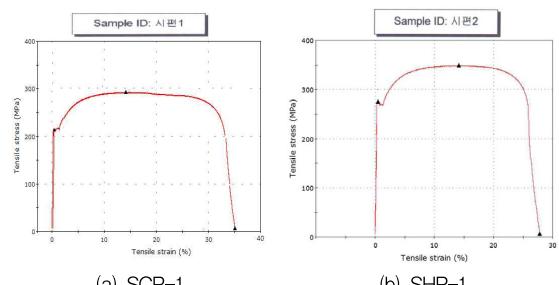


Fig. 2 Results of the tensile test

기계적 시험을 위해 판재용 인장 시험편(KS 5호)을 준비하고 인장 시험한 결과를 Fig. 2 와 Table 2에 나타낸다. 실험결과 냉간압연 강판(SCP-1)은 최

대 인장강도 294.6N/mm^2 , 항복강도 221.3N/mm^2 으로 조사되었으며, 산세처리강판(SHP-1)의 최대 인장강도는 349.2N/mm^2 항복강도 275.5N/mm^2 로 조사되어, 파인블랭킹에 의해 전단이 양호한 재질임을 알 수 있었다.

Table 2 Material property

	Yield stress (N/mm ²)	Maximum tensile strength (N/mm ²)	Elongation at break(%)	Hardness (Hv)
SCP-1 (SPCC)	221.3	294.6	33.26	105.6
SHP-1 (SPHC)	275.5	349.2	27.82	114.5

2.2. 실험방법

실험에서는 두께 3.0mm의 냉간압연 강판(SCP-1)과 산세처리강판(SHP-1)을 사용하여, V-형 압입링의 위치를 이동시키면서 전체 재료 두께의 90%를 전단한 상태에서 전단면의 크기 및 다이 롤의 크기와 파단면의 발생 유무를 고찰하며, 해석에 의한 고찰과 전단 실험에서 얻어진 결과와 재료의 변형거동과의 관계를 비교하고자 한다.

Table 3 Dies condition used in simulation

Test order	Test material	V-ring force	Die parts
1	SCP-1	140MPa	1-15
2	SHP-1		2-15
3	SCP-1		1-20
4	SHP-1		2-20
5	SCP-1		1-25
6	SHP-1		2-25

V-링의 형상은 높이는 소재 두께의 20%인 0.6mm를 적용하였으며, 각도는 편측 45°, 선단부 모서리는 마모를 고려하여 R0.5mm를 적용하였다. 제품의 전체 둘레에 대하여 적용하였고, 위치는 전단선에서부터 1.5mm, 2.0mm, 2.5mm로 설정하였으며, 클리어런스는 재료 두께의 1%t를 적용하고, V-링의 압력은 전체의 실험에 대하여 동일한 조건인 140MPa를 설정하였다.

실험에 사용되는 금형 파트는 Table 3 과 같이

1-15, 2-15, 1-20, 2-20, 1-25, 2-25 으로 나타내고 숫자의 전반부 첫째자는 실험에 사용된 재료의 종류를 나타내며, 후반부 두 자리는 전단선에서부터 V링의 위치를 나타내고 있다.

실험과 해석을 비교하기 위하여, 해석 프로그램은 DEFORM을 사용하였으며, Damage value는 여러 참고 문헌을 확인한 결과 0.5~1.5 사이의 값이 가장 많이 적용된 것으로 조사되어, 본 실험에서는 0.9로 설정하였다.

경계 조건으로 X축은 재료의 끝단 부분은 움직임이 발생되지 않도록 고정하였고 블랭킹 편치의 움직임은 Z축 방향으로 스텝간격 0.01mm로 설정하여 최대 재료의 두께인 3.0mm 까지 충분 스텝을 적용하였다. 이때에 V-링은 완전한 압입이 이루어질 수 있도록 하기 위하여 140MPa의 압력을 전단이 발생되기 전에 가해지도록 설정하여 완전한 압입을 이루도록 설정하였다.

3. 전단해석 및 실험

3.1. 전단해석

해석프로그램을 이용하여 실험한 결과 Table 4와 같이 냉간압연 강판(SCP-1)의 경우에는 V-링의 위치가 전단선에서 1.5mm의 위치가 가장 적합하게 재료의 유동이 다이 롤이 발생되는 위치로 향하면서 발생하는 것으로 조사되었으며, 산세처리강판(SHP-1)의 경우에는 전단선에서부터 2.0mm의 위치가 가장 유효한 전단면을 만들 수 있도록 재료가 유동하는 힘의 방향이 나타나는 것으로 조사되었다.

3.2. 전단실험

전단실험에는 해석에서 나타난 결과를 참고하여 V-링의 위치는 냉간압연 강판(SCP-1)의 경우에는 전단선에서부터 1.5mm를 설정하고, 산세처리강판(SHP-1)의 경우에는 전단선에서부터 2.0mm의 위치를 설정하여 실험을 실시하였다. 이때에 V-링의 압력은 완전하게 소재로 파고 들어갈 수 있도록 하기 위하여 해석에서 사용한 값과 동일하게 140MPa를 적용하여 전단이 진행되기 이전에 완전한 압입이 이루어질 수 있도록 하였으며, 전단 속도는 10m/min을 적용하였으며, 전체 재료 두께의 90% 부분까지 전단을 실시하였으며, 전단에서 파단면은 발생되지 않았으며, 실험결과를 Table 5에 나타내었다.

Table 4 Deformation patterns, flow velocities and die roll height

Test order	Analysis		Die roll height
1			0.212
2			0.196
3			0.220
4			0.184
5			0.231
6			0.193

Table 5 Die roll height of experiment

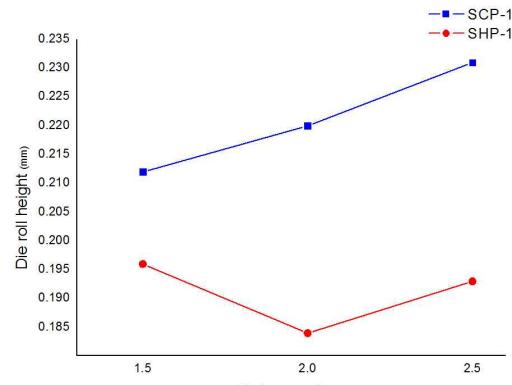
Die parts	Test material	Experiment	Die roll height
1-15	SCP-1		0.248
2-20	SHP-1		0.237

4. 실험결과 고찰

4.1. 해석 결과 고찰

해석을 실시하며 재료의 움직임 즉, V-링에 의한 재료의 유동하는 힘의 방향을 확인한 결과 SCP-1에서는 V-링의 위치 1.5mm, SHP-1에서는 2.0mm의 위치에서 다이 둘 방향으로 가장 많은 힘이 전달되는 것으로 고찰되었으며, 해석 결과 Fig. 3과 같이 SCP-1에서는 V-링의 위치가 1.5mm의 위치에서 0.212mm로 소재 두께 3.0mm에 대하여 7.07%로 가장 낮은 다이 둘 높이를 나타냈으며, SHP-1에서는 2.0mm의 위치에서 0.184mm로 소재 두께 3.0mm에 대하여 6.13%로 가장 낮게 되는 것으로 나타났다.

다이 둘 높이는 전단과정에서 발생하는 눌린면으로 인장시험에서 나타난 것과 같이 1차 실험한 SCP-1이 연질의 재료이므로 SHP-1에 비하여 다이 둘의 높이가 높게 되는 것으로 나타났다.

**Fig. 3** Die roll height for v-ring position

4.2. 실험 결과 고찰

해석에 의하여 얻어진 결과를 참고하여 실험을 실시한 결과 Fig. 4와 같이 SCP-1에서는 V-링 위치 1.5mm에서 0.248mm로 소재 두께 3.0mm에 대하여 8.27%의 다이 둘 높이를 나타냈으며, SHP-1에서는 V-링의 위치 2.0mm에서 0.237mm로 소재 두께 3.0mm에 대하여 7.90%로 다이 둘 높이가 발생되었다.

해석에 의해 얻어진 결과와 실험에 의하여 얻어진 결과를 비교한 결과 V-링의 높이에 대한 변화되는 경향은 비슷하게 나타났으나, 실제 실험에 의하여 얻어진 값과는 약간의 차이를 나타내었다. 이는 실험 과정에서 V-링의 압입이 재료 면에 대하여 완전하게 압입되지 못한 상태로 전단이 이뤄짐에 따른 결과 값의 차이로 사료된다.

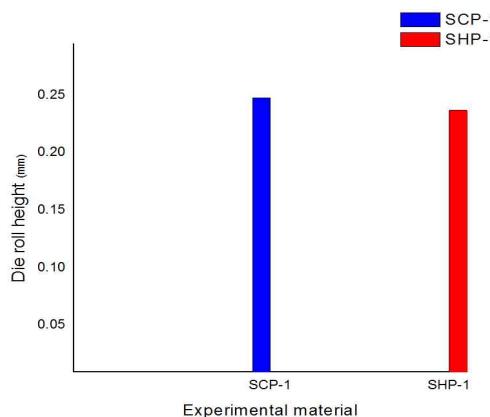


Fig. 4 Die roll height for experiment materials

5. 결론 및 토의

본 연구에서는 V-링의 위치에 따른 재료의 유동이 전단 단면 다이 롤 높이에 영향을 미치는 변형 거동에 대하여 해석과 실험을 통하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻게되었다.

1) 전단 해석을 실시한 결과 V-링의 위치에 따라 재료의 유동방향 즉, 힘의 방향이 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있었으며 그로 인하여 다이 롤의 높이가 다르게 되는 것을 알 수 있었다.

2) 전단해석 결과 SCP-1에서는 V-링의 위치는 1.5mm에서 다이 롤의 높이가 가장 낮게 되는 것으로 나타났다.

3) 전단해석 결과 SHP-1에서는 V-링의 위치는 2.0mm에서 다이 롤의 높이가 가장 낮게 되는 것으로 나타났다.

4) 해석과 실험을 실시한 결과 다이 롤의 높이에 대한 값의 차이는 발생하였으나, SCP-1이 연질이므로 SHP-1에 비하여 전단과정에서 다이 롤 높이가 높게 됨을 알 수 있었다.

5) 해석과 실험 결과를 비교 고찰한 결과 V-링의 압입량이 전단과정에서 다이 롤의 생성에 크게 영향을 미침을 알 수 있었다.

본 연구에서는 V-링의 위치에 따른 다이 롤의 높이에 변화에 대하여 해석과 실험을 통하여 비교 고찰 하였고, V-링의 압입량이 다이 롤의 높이 변화에 크게 영향을 미치는 것으로 고찰되었으며, V-링의

길이, 높이에 대한 압입력에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다.

참고문헌

- 1) 日本塑性加工協會, 프레스 가공편람, pp. 156-162, 1975.
- 2) K. Lange. "The potential of the fine blanking technique", Feintoil AG, Lyssm, Swiss, pp. 1-6, 1978.
- 3) Guanggi. T., Pengfei. Z., Ronghong. L., Jinwang. N. and Xiaoguang. Z., "Recent development of fine blanking technology in china. Proceed", 4th Int. con. on Technology of Plasticity, Beijing. China, pp. 246-250, 1993.
- 4) W. Konig, F. Rotter and A. Krapoth, "Feinschneiden dicker Bleche Experiment und Theorie", Industrie-Anzeiger, Vol. 106 No. 14, pp. 24-28, 1981.
- 5) 이종구, "파인블랭킹 금형에서 삼각 돌기가 제품의 가공 특성에 미치는 영향", 단국대학교 대학원, 기계공학부, pp 01-45. 1990.
- 6) Jong-Ku Lee, "Study Fine Blanking deformation behavior of the shear zone", Dankook University Graduate School of, Department of Mechanical Engineering, pp01-45. 1990.
- 7) 김종호, 류제구, 최지수, 정완진, "간이 파인 블랭킹 금형의 개발을 통한 범용 유압 프레스에서의 원형 정밀 전단 가공성 연구", 한국정밀공학회지 제 13권 제5호, pp. 157-163, 1996.
- 8) 김윤주, 곽태수, 배원병, "파인블랭킹에서 전단면에 미치는 다이틈새의 영향에 관한 유한 요소 해석", 한국소성가공학회지, 제9권 제2호. 2000.
- 9) Yun-Joo Kim, Tae-Soo Kwak, Won-Byong Bae, Journal of the Korea Society of Precision Engineering, Vol. 17, No. 9, 2000.
- 10) Choon-Kyu Lee, "A study on the effect of factor in the fine blanking process for sheared surface", pp. 33-34, 2008.
- 11) SFTC, Deform 2DTM Ver 8.0 User Manuals, Scientific Forming Technologies Corporations Inc., Columbus, 2004.
- 12) 민경호, 비스라, 황병복, 장동환, "펀치 노우즈의 곡률반경이 표면화장에 미치는 영향", 한국소성가공학회지, 제16권 제8호. 2007.