

펀칭조건이 가공용 냉연강판의 신장플랜지 성형성에 미치는 영향

박기철, 전영우, 한수식

Effect of Punching Conditions on the Stretch Flange Formability of Cold Rolled Steels for Deep Drawing.

K.C. Park, Y.W.Jeon, S.S. Han

Abstract

In order to investigate the effect of punching condition on the stretch flange formability of sheet for deep drawing, hole expansion tests at various edge conditions were done. Edge conditions were changed by altering tool clearances, artificial defects, grinding, and deburring. For a determination of optimum edge condition of side panel of automobile, punched section analysis and forming results were studied and the laboratory test results were used. In case of considered side panel, tool clearance should be less than 15% and punched edge should be uniform without defects for safe forming.

Key Words : Stretch Flange Formability, Punching, Edge condition, Punching defects

1. 서론

신장플랜지 성형성은 일반적으로 소재의 연성과 밀접한 관계가 있다고 알려져 있는 성형특성으로 일부 부품의 경우 이 성형성이 소재의 적용 여부를 결정 짓는 중요한 항목이다. 신장플랜지 성형성은 페라이트나 베이나이트 등의 비율등 재료 조직적인 측면에서도 그 특성이 좌우되는 점¹⁾도 있으나, 본 연구에서는 소재의 단면 특성에 따른 신장플랜지성의 변화를 실제 부품에서의 파단발생 현상 분석 및 실험실적 실험을 통하여 연구하였다.

본 연구에서 고려한 실제부품은 일체화 성형된 사이드 패널이며 파단발생 부분의 블랭크와 파단위치 그리고 성형기구를 Fig.1에 나타내었다. 이 부품은 Door 위치의 Hole 과 외곽 형상을 블랭킹한 후 1차 드로잉 가공에서 곡률이 큰 Door hole 주변에 파단이 발생한 것이다. 이 부품의 파단원인 및 이 부품 가공에 사용된 강판의 절단조건에 따른 성형성의 변화를 연구하였으

며, 적정 블랭킹 조건을 제시하였다.

2. 실험방법

2.1 시편내역 및 인장시험

본 실험에 사용된 시편은 Fig.1의 부품가공에 사용되는 강판들로 Table 1에 그 기계적 특성을 나타내었다. 인장특성은 KS13B 시편을 사용하여 10mm/min의 속도로 시험하여 구한 것이다. 인장시편의 변형특성과 성형후 형상의 비교를 위하여 인장시험 전에 0.1" 직경의 원형그리드를 에칭하였고 파단후에 이를 이용하여 시편길이 방향의 변형을 측정하여 신장플랜지 성형성의 평가치인 구멍넓힘률과 비교하였다.

2.2 양호재와 파단발생재의 블랭크상 특징

양호재와 파단발생재의 블랭크상 특징을 비교하기 위하여 단면의 비높이 및 전단면과 파단면의 비를 조사하였으며 절단면에 흠이 있는 지 관찰하였다. 비높이는 마이크로메타를 이용하여 Fig.2와 같이 측정하여 구하였다.

2.3 소재의 신장플랜지 성형한계 시험

신장플랜지 성형성은 구멍넓힘시험법으로 평

포항제철 기술연구소 박판연구그룹
(790-785 경북 포항시 남구 괴동동 1번지)

가하였다. 시험방법은 다음과 같다.

(1) 다이직경이 18.50mm 이고 펀치 직경은 18.40mm 인 공구강 금형으로 구멍을 펀칭한다.

(2) 블랭크홀더력 (BHF) 이 50ton 인 조건에서, 직경 50mm (profile radius=4.5mm) 의 펀치로 5mm/min 의 속도로 가공한다.(Fig.3)

(3) 육안으로 관찰되는 관통 크랙 발생 시점에서 시험중지 후 파단직경을 측정한다.

(4) 구멍뒤틀림비를 다음식과 같이 구한다.

$$\text{Hole expan. r. (\%)} = (D_f - D_o) / D_o \times 100 \quad (1)$$

윗 식에서 D_o 는 펀칭된 초기구멍의 직경이며 D_f 는 파단발생시의 직경이다. 동일시편을 4회 시험하고 그 평균으로 구하였다.

2.4 펀칭 금형 클리어런스에 따른

신장플랜지 성형성 시험

S2 소재를 이용하여 Table 2 와 같은 다섯 가지의 다이와 펀치조건에서 펀칭한 구멍을 준비하여 신장플랜지 시험을 각 3회 실시하였다. 그리고 펀칭한 단면의 버 높이가 단면의 굽힘,전단, 파단면의 비를 측정하였다.

2.5 옛지부 결함을 가지는 시편의

신장플랜지 성형한계

폭이 2mm 이고, 두께는 0.7 과 0.3mm 인 스트립을 펀칭다이와 소재 사이에 두어 펀칭홈을 인위적으로 유발한 시편을 만들고 (Fig.4) 이를 이용하여 다음 두가지 조건(Fig.5)에서 신장플랜지 시험을 실시하였다.

- (1) 절단홈을 그대로 둔 시편(A 경우),
- (2) 절단홈을 압착하여 평탄하게 가공한 시편(B 경우)

그리고 절단홈을 정리하는 방법에 따른 성형성의 변화를 시험하기 위하여 펀칭상태와 그라인더로 단면을 고른 상태 그리고 그라인더 작업후 버를 줄로 제거한 상태에서의 구멍뒤틀림시험을 수행하여 그 결과를 비교하였다.

3. 실험결과 및 토의

3.1 Side Panel 블랭크 단면분석

곡률형상 블랭크의 가장자리부에 블랭킹 다이의 파손에 따른 것으로 추정되는 절단홈 및 과도한 burr 발생이 있었으며 가공결과 절단홈 발생부에서 크랙이 시작되었다.

정상적인 시편과 절단홈이 발생한 시편의 단면 사진은 Fig.6 에 그리고 분석 결과를 Table 3 에 정리하였다. 크랙발생 블랭크의 절단홈 부근은 심한 버와 깨끗하지 못한 단면상태에 었다.

3.2 변형을 분석과 신장플랜지 성형성

가공크랙이 발생하지 않은 블랭크의 최대 변형부인 Fig.7 에서 측정된 최외각부 최대 변형률은 (min(%),maj(%)) = (-36%,98%) 이었으며 파단 발생시의 파단부 주변 최대 변형률은 (-32%,82%) 이었다. 그러나 파단발생 블랭크의 구멍뒤틀림률은 Table 4 에 정리한 것과 같이 120% 이상이다. 따라서 파단발생 블랭크는 소재가 가지는 성형성을 충분히 발휘하지 못하고 파단이 발생한 것으로 볼 수 있다. 파단발생블랭크의 절단홈 부분의 면을 고르고 버를 제거하여 시험한 결과 사용가능한 수준으로 파단길이를 줄일 수 있었다.

Fig.8 은 세가지 시편의 인장시편 파단후에 시편길이 방향으로 측정된 변형률 분포이다. 파단부에서의 변형이 구멍뒤틀림률과 비슷한 값을 가지나 0.1" 직경의 그리드로 측정된 극한변형률로는 구멍뒤틀림시험과 같은 성형성의 차이가 나지 않음을 알 수 있다.

3.3 클리어런스에 따른 성형한계 분석

금형 클리어런스에 따른 단면의 변화와 버높이 그리고 구멍뒤틀림비를 Table 5 에 나타내었다. 클리어런스가 작아짐에 따라서 전단면의 비율이 높아지고, 전단면 비율이 높을수록 신장플랜지 성형성이 우수한 것을 알 수 있다. 그러나 버의 경우는 극심하게 작은 클리어런스에서는 다시 높아지는 현상이 나타났다.

사이드 패널과 같이 100% 정도의 신장플랜지 성형성을 요하는 부품의 경우에는 Table 5 의 결과를 참고로 하면 13% 정도 또는 그 이하의 클리어런스를 가지는 조건에서 가공하는 것이 약간의 변형여유를 가진 상태임을 알 수 있다. Fig.9 는 16% 와 7% 클리어런스에서의 절단면 사진이다.

3.4 절단면 홈에 의한 성형한계 분석

절단면 조건, 표면 조정 방법에 따른 성형한계의 차이를 Table 6 에 정리하였다. 절단면에 발생한 홈에 의하여 신장플랜지 성형성은 매우 저하함을 알 수 있었으며, 절단면에 홈이 있는 경우 발생한 홈을 압착하는 경우가, 홈을 그대로 둔 경우에 비하여 성형성이 감소하는 것으로 나

타났다. 이는 절단홈 압착에 따른 추가적인 소성 변형 때문으로 판단된다.

그리고 절단홈 부분을 Grinding 하고난 후 생성되는 약 0.3mm 높이의 burr 를 제거하여야 성형성의 향상을 도모할 수 있음을 알 수 있다.

4. 결론

(1) 파단발생 부품의 파단부 주위 변형은 70-80%, 양호재 부품 최대 변형은 98% 그리고 소재의 성형한계는 120% 이상이므로 절단홈 부분의 과도한 변형집중에 의한 파단임을 알 수 있었다.

(2) 신장플랜지 성형성은 소재의 극한 연신률과 관계가 있으나, 구멍넙힘시험과 같은 정도의 기계적 특성에 따른 차이는 나지 않았다. 그리고 편칭 단면에서 전단면의 비가 높을수록 신장 플랜지 성형성이 우수하였다.

(3) 파단발생재로 0.7mm 높이의 절단홈을 유발시킨후 시험한 결과 85%, 0.3mm 높이의 절단홈이 있는 경우 107% 정도의 hole expansion ratio를 나타내어, 절단홈이 있는 경우 심각한 성형성의 감소를 가져옴을 알 수 있었다. 그리고 절단홈을 상.하에서 압착하는 경우에는 성형성이 나빠졌으며 이는 추가적인 소성변형에 의한 가공 경화 때문으로 생각된다.

(4) 절단홈 부분을 Grinding 한 상태에서는 약 0.3mm 높이의 burr 가 있으며 이를 제거하여야 성형성의 향상을 도모할 수 있었다.

참고문헌

- (1) 조열래 등, 1999, "TS-780MPa 급 페라이트-베이나이트 복합조직 열연강관의 기계적 성질에 대한 Si 첨가 영향", 제4회 철강기술 심포지움, 대한금속학회, pp.51-66.

Table 1 Mechanical properties, averaged value in plane, of specimens.

	t (mm)	YS (kgf/mm ²)	TS (kgf/mm ²)	U-El (%)	El (%)	n _{10-20%}	Γ _{15%}
S1	0.68	16.9	29.6	24.8	46.0	0.225	1.64
S2	0.69	18.4	30.8	24.2	45.1	0.218	1.51
S3	0.69	19.8	30.8	23.2	43.1	0.207	1.48

Table 2 Punching tool dimensions.

No.	Die dia. (mm)	Punch dia. (mm)	clearance, c/t (%)
1	18.50	18.00	36%
2		18.28	16%
3		18.33	13%
4		18.40	7%
5		18.45	4%

Table 3 Results of blank edge analysis.

Edge		burr height (mm)	sheared(%)/ fractured(%)
Cracked Blank	uniform	0.026	79 / 21
	defect	0.315	double shear, bending and tearing
Safe Blank		0.043	95 / 5

Table 4 Hole expansion ratio of sheets.

Specimen	S1	S2	S3
hole exp. ratio	132%	123%	123%
max. strain at edge	118%	118%	114%

Table 5 Edge con. and hole exp. ratio.

cond.	c/t (%)	bending(%)/ sheared(%)/ cracked(%)	Burr Height (mm)	Hole expansion ratio (%)
1	36%	16/32/52	0.197	77
2	16%	5/38/57	0.026	107
3	13%	3/41/56	0.023	110
4	7%	0/70/30	0.014	120
5	4%	0/93/ 7	0.099	137

Table 6 Edge defects and hole exp. ratio

defect height, t	Mat.	Type	Hole expansion ratio(%)
0.7	S1	A	84
		B	79
	S2	A	90
		B	85
0.3	S2	Punching	107
		P+Grinding	78
		P+G+deBurring	111
0.7	A	P	90
		P + G	91
		P + G + B	99

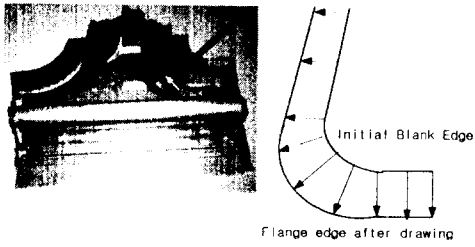


Fig.1 Cracked parts and material flow.

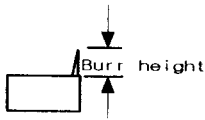


Fig.2 Burr height

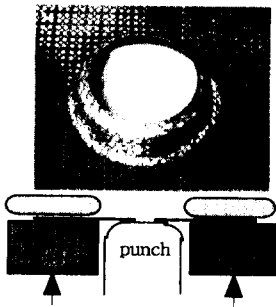


Fig.3 Hole expansion test.

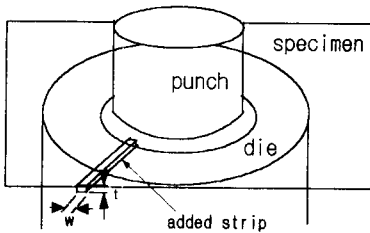


Fig.4 Method of defect making at a position of punched section.

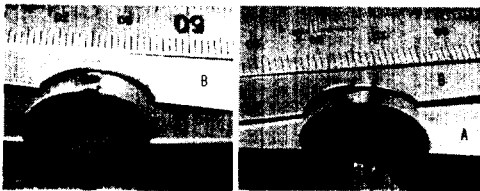


Fig.5 Defected blank section.
A:As defected, B:Flatterned.

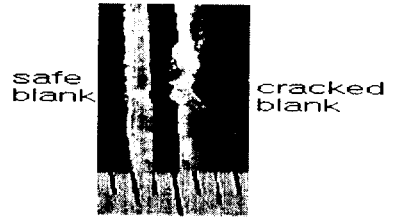


Fig.6 Cracked and safe edge of side panel blank.

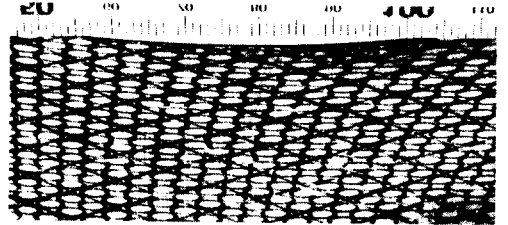


Fig.7 Deformation at stretch flange region.

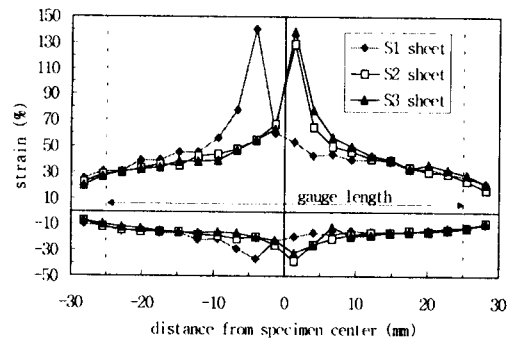


Fig.8 Strain sistribution of tensile specimens.

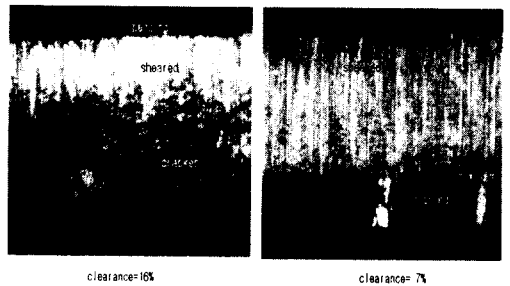


Fig.9 Punched section at two clearance conditions.