

레이저 용접 테일러드 블랭크의 기본 성형특성 III : 신장성형 특성

박기철* · 한수식* · 진조관* · 권오준*
(1998년 2월 25일 접수)

Forming Characteristics of Laser Welded Tailored Blanks III : Stretch Forming Characteristics

K.C.Park, S.S.Han, J.K.Jin and O.Kwon

Abstract

In order to analyze the stretch forming characteristics of tailored blanks, laser welded blanks of different thickness and strength combinations were prepared and stretching tests were done. The stretching formability of laser welded blanks was reduced as increasing the deformation restraining force (strength \times thickness) ratio between two welded sheets. Weld line movement was attributed to strain concentration at weaker sheets and resulted in fracture at weaker side, so that fracture could be predicted by the forming limit of the weak sheet. In the case of a welded blank with the similar deformation restraining force ratios between two welded sheets, crack occurred at weld and its forming limit was about 15% less than the base sheet. The effects of lubrication and weld line position on stretching formability were also investigated by experiments. Lower friction did not always give better formability for tailored blanks. Stretching formability was observed to be improved as increasing the area of weak sheet.

Key Words : Tailored Blank, Stretching, Formability, Limit Dome Height

1. 서 론

테일러드 블랭크 (tailored blank)란 복수의 강판을 목적에 맞게 용접 등에 의하여 조립한 프레스 가공용 소재를 말하며 '80년대 후반부터 사용되고 있는 용어이고, 최근 자동차 차체에 있어서 일반적으로 사용되게 되었다.⁽¹⁾ 자동차 차체에서는 테일러드 블랭크를 이용하는 장점으로 구성 판넬수의 감소, 판두께와 재질의 최적 배치, 결합강

도 향상, 경량화가 가능하고 소재형상의 자유도가 크다는 점을 들 수 있다. 그러나 불균일재의 프레스 성형, 박판의 맞대기 용접 등 생산기술상의 문제가 많은 단점을 극복하여야 한다. 따라서 테일러드 블랭크 적용에 있어서 중요한 것은 용접과 성형기술이다. 용접기술에는 레이저(laser) 용접과 메시심 (mash seam) 용접이 실용화 되었으나 이들은 나름대로의 장단점이 있어 적용 부품과 생산량을 고려한 신중한 선택이 요구된다. Prange⁽²⁾는 레이저 용접의

* 포항제철 기술연구소 박판연구팀

경우가 매시심 용접에 비하여 성형성 및 피로강도 특성에서 유리하다고 보고하였다.

테일러드 블랭크의 성형성은 단일 강판의 경우와는 달리 용접선의 특성 변화, 용접선 양쪽의 재질, 두께 불연속에 따른 거동변화를 모두 고려하여야 한다고 알려져 있다.^(3,4,5,6) 이러한 테일러드 블랭크의 효율적인 설계와 금형 제작 및 성형시에는 용접부와 모재간의 재질과 연성의 차이, 용접선 양측 모재의 변형저항 차 그리고 판 두께가 다름에 따른 공구접촉 상태의 차이 등에 대한 일련의 연구 결과가 필요하다. 본 연구는 국내 자동차사에서 조만간에 적용이 시작되고 급속하게 사용량이 증가할 것으로 예상되는 테일러드 블랭크의 기본 성형특성을 파악하는 데 목적이 있다. 테일러드 블랭크의 성형성에 대한 연구는 Prange,^(2,3) Azuma,⁽⁶⁾ Yamasaki,⁽⁷⁾ Lee,⁽⁸⁾ 김형목⁽⁹⁾ 등에 의하여 이미 상당히 되어 있으나 대부분 각 연구자의 관점에 따라서 단편적으로 되어 있으며 시험결과도 아직은 그대로 믿기 보다는 검증은 해보아야 하는 점들이 있다. 본 연구는 두께와 강도가 서로 다른 테일러드 블랭크 시편을 준비하여 주요 변형모드에서의 전반적인 성형특성을 연구하였다. 저자들은 이미 테일러드 블랭크 시편의 인장⁽¹⁰⁾ 및 신장플렌지⁽¹¹⁾ 변형 특성에 대하여는 보고한 바 있는데, 본 고에서는 신장 변형특성을 정리하였다. 본 연구의 목적은 박강판의 성형모드에 따른 성형특성의 분석을 통해 자동차사의 차체제작자들이 테일러드 블랭크 설계와 적용에 있어서 기본 성형특성에 대한 이해를 돕고 설계에 지침으로 사용하도록 하는 것이다.

2. 실험방법

2.1 시편준비

테일러드 블랭크의 성형특성 시험을 실시하기 위하여 두께와 강도가 서로 다른 강판을 Table 1 과 같이 준비하여 레이저 용접하고 성형시험을 실시하였다. 용접부의 경도는 고장력강판의 경우는 모재강판의 약 2배 그리고 극저탄소강의 경우는 모재의 약 2.5~3배에 다다른 것을 저자들이 이미 보고하였다. 그리고 레이저 용접부의 폭은 대략 0.5~1.0 mm 정도임을 경도 분포에서 알 수 있었다. 그리고 CQ(0.7t) 와 CHSP35E(1.2t) 매시심 용접 강판을 입수하여 그 성형특성을 레이저 용접강판의 경우와 비교하였다.

소재의 인장시험은 시편의 폭이 12.5 mm 인 ASTM 표준시편을 사용하여 10 mm/min 의 인장속도로 시험하였으며, 모재의 인장시험 결과는 Table 1에 보여주는 바와 같이 정리하였다. 그리고 이 시편들로 제작한 용접강판의 인장특성은 이미 보고한 바 있다.⁽¹⁰⁾

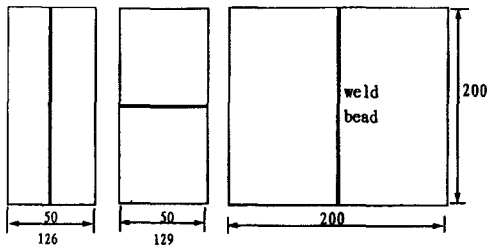
2.2 신장성형 시험

신장 (stretching) 성형은 박강판의 표면적이 늘어나는 변형모드로 이러한 변형하에서의 파단현상과 용접선 이동 등에 관한 변형 특성을 실험하였다. 테일러드 블랭크의 신장 성형특성은 Fig.1 과 같은 금형과 소재를 사용하여 신장성형시험을 실시하였다.

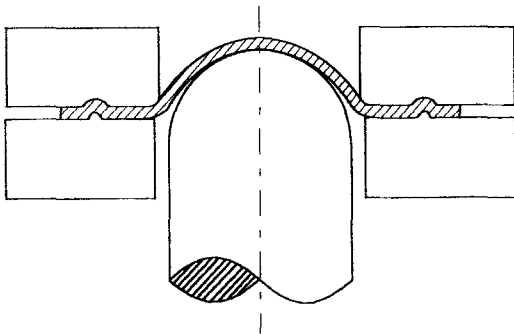
용접소재의 특성에 따른 성형성의 비교를 위한 한계성

Table 1 Averaged mechanical properties of experimental sheets

specimen	YS (kgf/mm ²)	TS (kgf/mm ²)	El (%)	r _{15%}	n _{10~20%}	fitting curve $\sigma(\text{kgf/mm}^2) = K(\epsilon_0 + \epsilon_p)^n$		
						K	ϵ_0	n
CQ 0.75t	17.1	30.3	44.3	1.68	0.234	56.52	0.00928	0.2683
CQ 1.0t	19.8	31.7	40.2	1.40	0.211	56.98	0.01112	0.2437
CQ 1.2t	18.7	29.8	44.2	1.60	0.222	54.90	0.01571	0.2640
CQ 1.6t	17.9	29.3	47.5	1.34	0.226	54.57	0.01339	0.2682
CQ 1.8t	20.0	31.5	43.1	-	0.213	-	-	-
CHSP35E 0.7t	22.9	36.6	38.3	1.75	0.219	66.85	0.01317	0.2549
CHSP35E 1.2t	23.6	33.8	39.5	-	0.205	-	-	-
CHSP40R 1.0t	33.1	43.1	30.1	1.03	0.172	74.63	0.01663	0.2176
CHSP60C 1.2t	45.7	57.8	23.9	0.97	0.167	103.59	0.02196	0.2312



(a) stretching test specimens



(b) stretching test tool.

Fig. 1 Tools and specimens for the limiting dome height test. The diameter of punch is 100 mm

형높이(Limit Dome Height, LDH) 시험은 냉연강판용 방청유 도유조건에서 200 mm×200 mm 시편으로 실시하였다. 실험은 펀치속도 200 mm/min 에서 실시하였으며, 파단발생 순간의 신장성형 높이를 구하였다. 그리고 용접선 방향 파단시의 성형한계를 시험하기 위하여 동일 강판 레이저 용접 시편에서 길이방향으로 용접선을 일치시켜 50 mm×200 mm, 126 mm×200 mm와 200 mm×200 mm 크기의 시편을 준비하였다.

금형과 소재의 마찰조건에 따른 성형성의 차이는 50 mm×200 mm 및 129 mm×200 mm 크기 시편에 용접선과 주 변형의 방향이 직교하게 준비하여 시험하였다. 마찰조건은 방청유 도포조건 (마찰계수=0.15) 과 드로잉유(drawing oil) 도포조건 (마찰계수=0.12) 그리고 펀치와 소재의 접촉부에 비닐을 깔고 시험하는 세가지 조건으로 수행하였다.

소재 조건별로 동일 성형높이에서의 성형특성을 알아보기 위하여 시편의 길이방향에 수직으로 용접된 129 mm×200 mm 시편을 준비하여 일정한 성형높이 (22.5 mm) 까지 성형하고 변형분포와 용접선의 이동특성을 분석하였다. 그리고 용접선의 위치가 신장성형성에 미치는

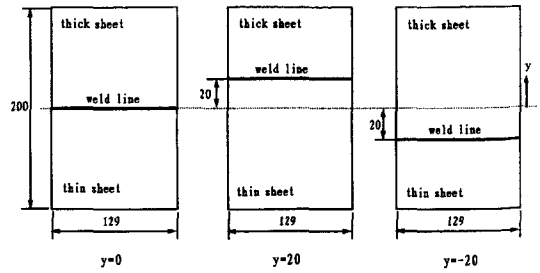
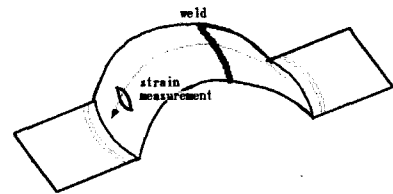
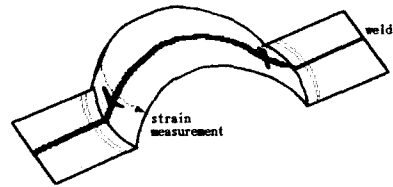


Fig. 2 Specimens to analyze the effect of the weld line location on LDH



(a) perpendicular to weld test



(b) parallel to weld test

Fig. 3 Strain measurement direction of LDH test specimens

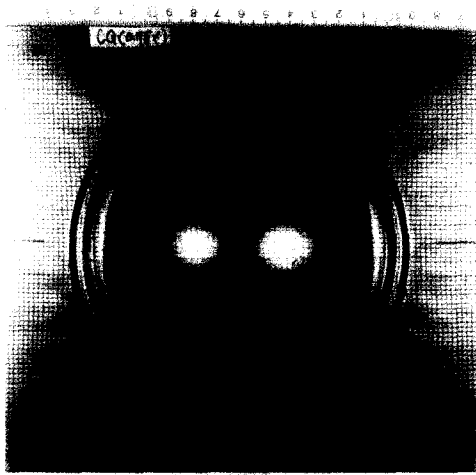
영향을 분석하기 위해서 Fig.2와 같은 세가지 위치의 용접선에 대하여 LDH 시험을 하고 시편의 변형 분포를 측정하였다.

성형제품내의 변형은 한번이 2 mm 인 정사각 격자 또는 0.1'' 원형그리드를 예칭한 후 시험한 시편을 측정하였다. 변형의 측정은 Cam Sys, INC의 ASAME Advanced Table Model (Version 3.8) 을 사용하였다. 그리고 LDH 시험 시편에서 변형률의 측정은 Fig.3 과 같은 위치에서 하였다.

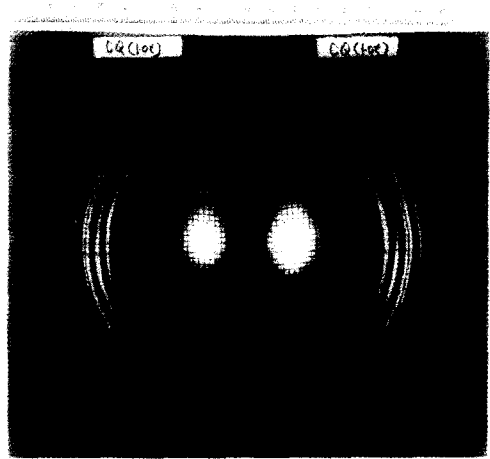
3. 실험결과 및 고찰

3.1 테일러드 블랭크의 한계성형높이 실험 결과

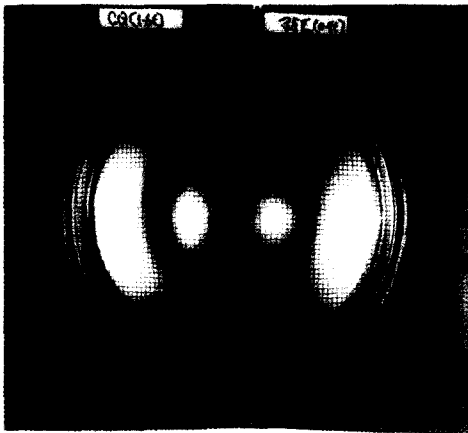
Fig.4의 (a) 시험편 사진과 같이 단일 강판(CQ (0.75t))의 경우에 파단발생은 펀치와 소재의 접촉 경계



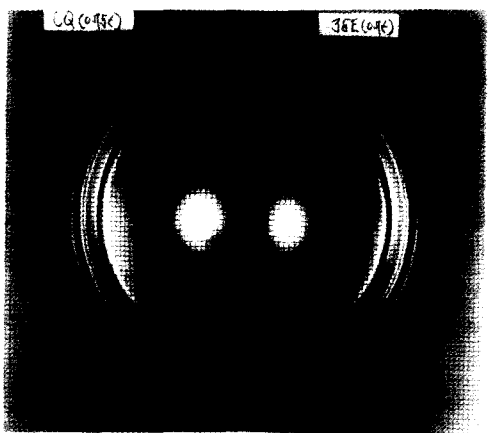
(a)



(a)



(b)



(b)

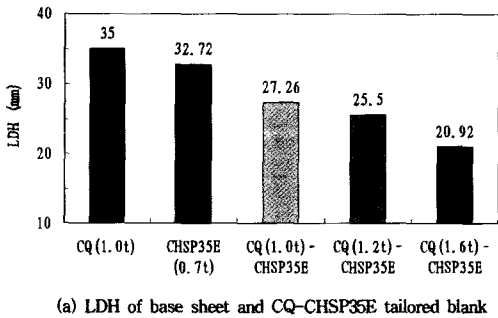
Fig. 4 Limit dome height test specimens
(a) CQ(0.75t), (b) CQ(1.6t)-CHSP35E(0.7t)

Fig. 5 Limit dome height test specimens with similar deformation restraining force (TS t) base sheets
(a) CQ(1.0t)-CQ(1.0t),
(b) CQ(0.75t)-CHSP35E(0.7t)

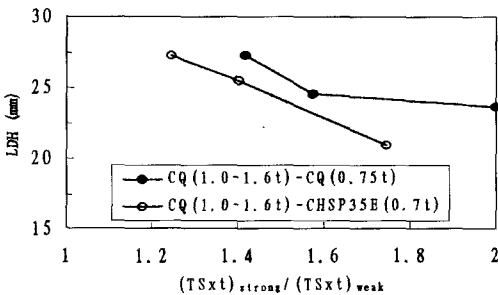
부에서 변형이 집중하여 발생하나 용접부 양측의 강도에 차이가 있는 (b)의 테일러드 블랭크[CQ(1.6t)-CHSP35E(0.7t)]에서는 변형저항이 작은 소재의 용접부 인접부에서 발생한다. 이러한 테일러드 블랭크의 파단 발생 현상은 강도가 작은 쪽이 큰 쪽에 비하여 변형량이 많아져서 변형이 집중하기 때문이다. 그러나 용접선 양측의 모재 강도가 거의 같은 경우 [CQ(1.0t)-CQ(1.0t)와 CQ(0.75t)-35E(0.7t)]에는 Fig.5와 같이 용접선에 수직하게 파단이 발생하였다. 이는 용접선 좌.우의 변형저항에 차이가 거의 없으므로 연성이 부족한 용접부에서 파단이 발생하였기 때문으로 볼 수 있다.

용접선 양측의 변형저항에 차이가 있어서 약한 쪽 모재에서 파단이 발생한 CQ-CHSP35E 시편들과 모재강판의 LDH 시험 결과를 Fig.6의 (a)에 정리하였으며 용접 소재의 구성과 변형저항 (인장강도와 소재두께의 곱)비에 대하여 시험 결과를 정리하면 Fig.6의 (b)와 같다. 용접선 양측소재의 변형저항비가 커질수록 신장성형성이 불리해짐을 알 수 있다. 그리고 파단발생부 소재의 성형성이 낮은 경우 동일 변형저항비에서도 신장 성형성이 상대적으로 낮아짐을 알 수 있다. CQ-CHSP35E 테일러드 블랭크의 LDH 성형시험 시편의 변형분포를 측정하여

Fig.7 에 나타내었다. 용접선 양측 소재의 변형저항에 차이가 커질수록 변형저항이 큰 쪽의 소재는 변형이 작아지고, 변형저항이 작은 쪽 소재에는 작은 성형높이에서도 용접선 이동이 많아서 용접선 인접부에서의 변형 집중이 심해지고 따라서 전반적인 변형은 작지만 파단이 발생하였음을 알 수 있다. 이러한 테일러드블랭크의 접합소재간 변형저항 차이에 따른 변형특성 때문에 변형저항비와 한계 성형높이는 반비례하는 관계가 된다.



(a) LDH of base sheet and CQ-CHSP35E tailored blank



(b) LDH and the deformation restraining force (TSxt) ratio

Fig. 6 The limit dome height test (200 mm 200 mm blank) results of single sheets and tailored blanks

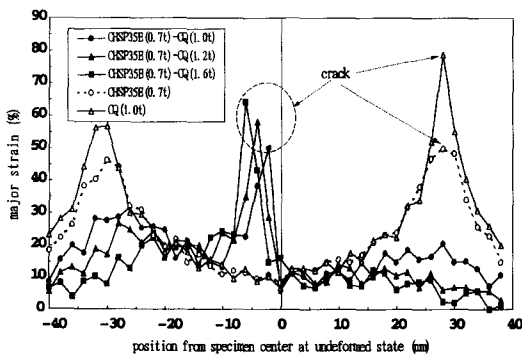


Fig. 7 Strain distribution of 200 mm × 200 mm LDH test specimens

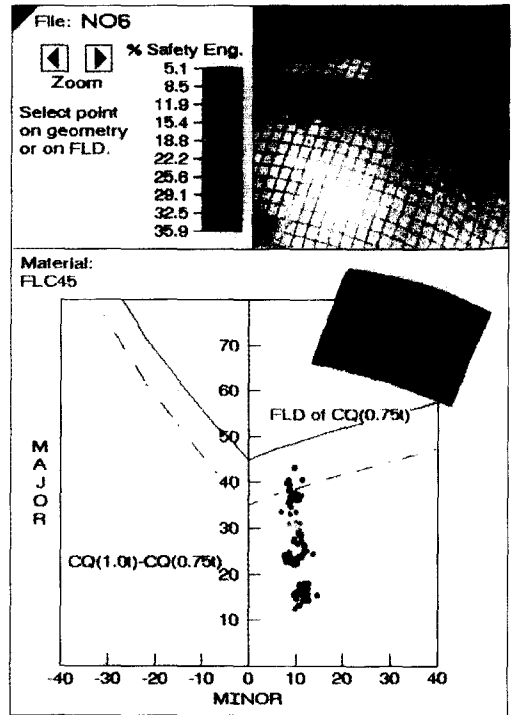


Fig. 8 Strain distribution near the cracked region of the CQ(1.0t)-CQ(0.75t) specimen

용접부 양쪽 소재중 두께가 작은 쪽에서 파단이 발생한 CQ(1.0t)-CQ(0.75t) 에 대하여 파단발생부의 변형률을 측정하여 Fig.8 과 같이 실험으로 측정하여 구한 CQ(0.75t) 강판의 성형한계도에 나타내었다. Fig.8 의 성형한계도에서 실선은 실험으로 구한 파단성형한계이며 점선은 파단성형한계에서 주변형률을 10% 낮춘 곡선으로 파단성형한계와 함께 파단위험 영역을 설정하며 제품 설계시 기준이 되는 설계곡선(design curve)이다. 용접선 양측의 변형저항력이 달라서 변형은 변형저항이 작은 소재에 집중하며 이에 따라 파단발생부에서는 모재가 파단위험 영역에 도달하여 발생한 것임을 알 수 있다. 따라서 파단발생부 소재의 성형성이 우수한 경우에는 동일 변형저항비에서도 신장성형성을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

3.2 레이저 용접부의 성형한계 특성

용접부의 성형한계 특성을 분석하기 위하여 시편의 폭을 50, 126, 200 mm 의 동일두께, 동일재질의 용접시편 [CQ(1.0t)-CQ(1.0t)]을 이용하여 시행한 성형한계 시

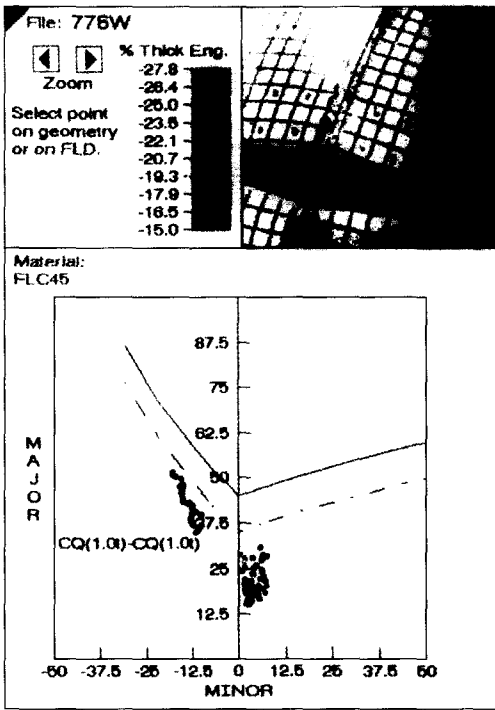


Fig. 9 Forming limit diagram of CQ(1.0t) and limit strains near cracked region of CQ(1.0t)-CQ(1.0t) tailored blank

험결과는 Fig.9 에서 보여주고 있다. Fig.9 에는 실험으로 구한 단일 강판의 파단성형한계를 실선으로 설계곡선은 점선으로 나타내었으며 테일러드 블랭크 파단 인접부에서 측정된 변형분포는 점으로 표시하였다. 50 mm 폭 시편의 경우는 -13~-20% 정도의 부변형률(minor strain) 범위에 변형이 분포하며 126 mm 폭 시편의 경우는 0%~4%, 200 mm 시편의 경우는 5%~8%의 부변형률 범위를 나타내었다. 단일강판의 평면변형 파단한계는 45% 이나 테일러드 블랭크의 경우는 30% 정도이다. 그리고 성형한계도의 모양을 따라서 파단인접부 변형이 분포하므로 레이저 용접 테일러드블랭크의 경우 용접부에서 파단이 발생하는 경우 성형한계는 단일강판에 비하여 약 15% 정도 성형한계가 낮아짐을 알 수 있다.

3.3 레이저와 매시심 용접시편의 신장 성형성 비교
 CQ(1.8t)-CQ(0.7t) 레이저 용접강판과 CHSP35E(1.2t)-CQ(0.7t) 매시심 용접강판의 용접부 경도 특성은 Fig.10에 보여주는 바와 같다. 레이저 용접부의 경도는 매시심 용접부보다 좁은 영역에서 높게 분포하고 있음을

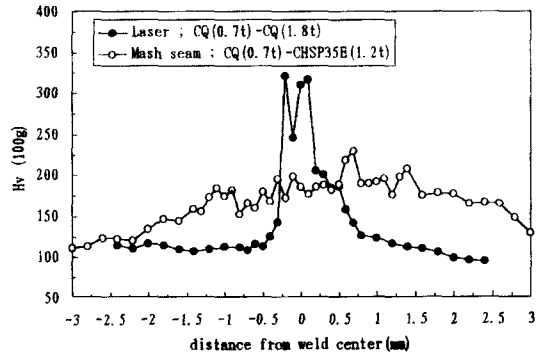


Fig. 10 Hardness distribution near the weld seam of laser [CQ(0.7t)-CQ(1.8t)] and mash seam [CQ(0.7t)-CHSP35E(1.2t)] welded blanks

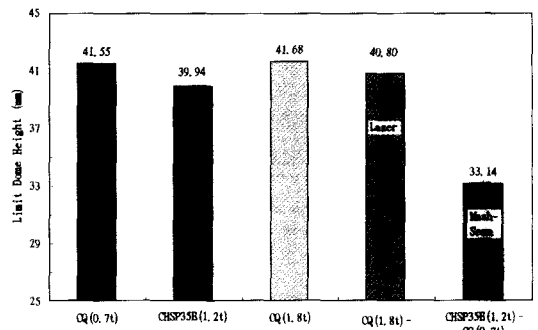
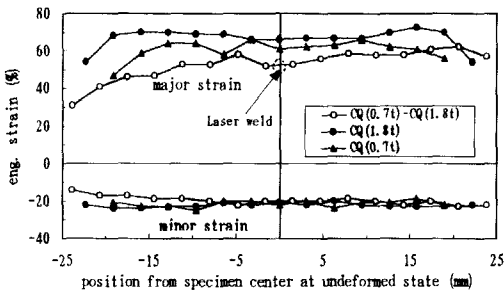
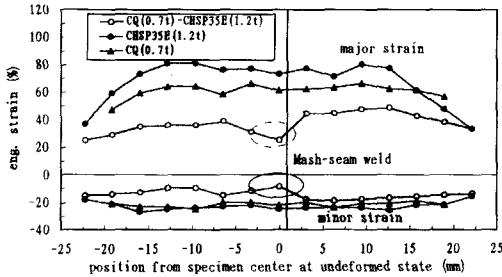


Fig. 11 Limit dome height of 50 mm width specimens with weld lines parallel to the load axis

알 수 있는데, 레이저 용접부의 폭은 약 1 mm 이고 매시심 용접부의 폭은 약 5 mm 정도이다. 이들 두 테일러드 블랭크로 길이 방향의 용접부를 갖는 50 mm 폭의 시편을 만들고 LDH 성형시험을 실시하였으며, 그 결과를 용접하지 않은 모재의 실험결과와 비교하여 Fig.11에 나타내었다. 레이저 용접강판의 경우에는 성형성이 모재에 비해 그다지 떨어지지 않았으나 매시심 용접강판의 경우에는 모재강판과 성형성에 차이가 많음을 알 수 있다. 성형시편에서 Fig.3의 (b)와 같이 파단 인접한 부분의 변형을 측정하여 모재강판의 경우와 비교하여 Fig.12에 정리하였다. 레이저 용접강판의 경우는 모재와 용접부의 한계 변형 차이가 약 15%-20% 정도이며 매시심 용접강판의 경우는 40% 정도임을 알 수 있다. 이러한 성형성의 차이는 Fig.10에서 알 수 있는 바와 같이 레이저 용접부의 폭이 매시심 용접부의 폭 보다 좁기 때문에 발생한 것으로 볼 수 있다.



(a) base and laser welded sheet



(b) base and mash-seam welded sheets

Fig. 12 Strain distribution near the cracked region of LDH test specimens (base, laser welded and mash seam welded)

3.4 마찰조건 변경에 따른 신장성형특성

주 인장방향과 수직인 방향의 용접부를 시편 중심에 갖는 50 mm×200 mm 시편을 사용하여 마찰조건을 변경하며 한계성형높이 시험을 실시하였다. 방청유(마찰계수 0.15)와 드로잉유(마찰계수 0.12) 그리고 비닐을 깔고 시험한 경우의 용접강판과 단일강판(모재)의 한계성형높이를 Fig.13에 정리하였다. 단일강판의 경우에는 방청유, 드로잉유 그리고 비닐의 순으로 급형과 소재 사이의 마찰 저항이 감소하여 한계성형높이는 급격하게 증가하였다.

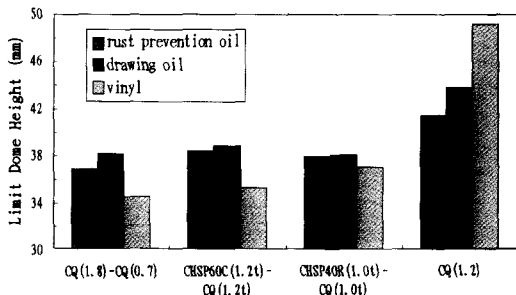


Fig. 13 Limit dome height of 50mm width specimens under three lubrication conditions

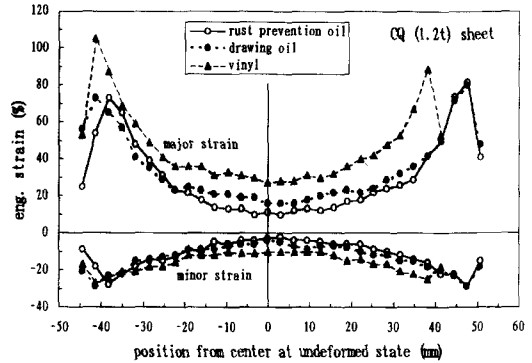


Fig. 14 Strain distribution of limit dome height test single sheet specimens [CQ(1.2t)] under three lubrication conditions

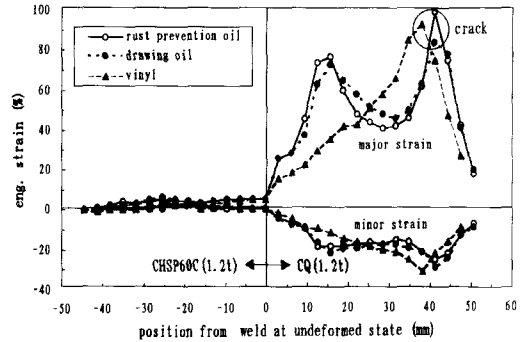


Fig. 15 Strain distribution of tailored blank specimens [CHSP60C(1.2t)-CQ(1.2t)] under three lubrication conditions

그러나 테일러드 블랭크의 경우에는 방청유보다는 마찰특성이 좋은 드로잉유에서 성형성이 좋아졌으나 가장 마찰 저항이 작은 비닐을 깔 경우에는 성형성이 오히려 떨어졌다. 이러한 현상이 발생한 원인을 알아보기 위하여 시편의 길이방향으로 변형률 분포를 측정하였는데 그 결과는 Fig.14 및 Fig.15 에서 보여주고 있다. 단일강판의 경우는 (Fig.14) 마찰특성이 우수해짐에 따라서 변형이 작았던 중심부의 변형이 커져서 한계성형 높이가 높아진 것을 알 수 있다. 그러나 테일러드 블랭크의 경우는 (Fig.15) 방청유를 사용하면 약한쪽 소재에서 변형의 집중이 두 곳에서 발생하는데, 이는 단일강판인 경우에 편치와 소재의 접촉 경계부에 변형이 집중하는 특성과 테일러드 블랭크에서 양쪽소재의 변형저항 차이에 따른 용접부 부근 변형 집중 특성이 함께 나타난 때문이다. 이러한 복합적인 변형 특성은 윤활성이 방청유에 비하여 우수한 드로잉유를 사용하는 경우에도 나타나 변형집중은 방청유 조건과 같이

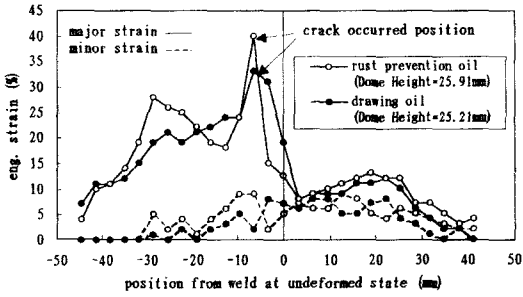


Fig. 16 Effect of lubrication on the strain distribution of limit dome height test (129mmx200mm blank) specimens [EG(1.0t)-CQ(1.6t)]

두곳에서 나타나며 두 변형집중부 사이의 변형이 증가하여 전체적인 변형량은 증가하나, 마찰특성이 더욱 우수한 비닐을 편치와 소재사이에 넣어 성형한 경우에는 변형집중이 편치와 소재의 접촉 경계부 한곳에서만 발생하여 전체적인 변형이 작아지며 이에 따라서 성형한계높이가 감소하였다. 즉, 마찰력이 어느 정도 존재하는 경우에는 테일러드 블랭크의 특성상 용접부 인근에 변형이 집중하는 곳이 생기게 되어 단일강판의 경우에 변형이 집중하는 부분과 함께 전체적인 변형이 커지게 하는 역할을 한다. 그러나 윤활성이 더욱 좋아지면 두 변형집중부 사이의 경계영역이 없어져서 변형 집중이 한 곳에서만 발생하며 이에 따라 한계성형높이가 감소하는 것으로 볼 수 있다.

Fig.16은 129×200 시편에 대하여 방청유와 드로잉유 두 조건에서의 한계성형높이시험 시편의 변형을 분포를 비교한 것이다. 방청유 도유조건에서는 LDH 가 25.91 mm 이었으며 드로잉유 조건에서는 한계성형높이가 25.21 mm 이었다. 그리고 변형 분포는 방청유 도유조건에서 두개의 변형집중부가 나타나나 드로잉유 도포조건에

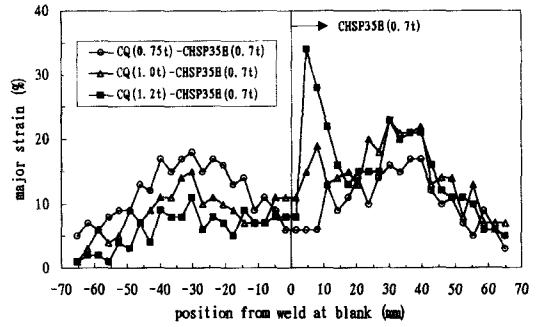


Fig. 17 Strain distribution of 200mmx129mm LDH test specimens at 22.5mm dome height. Test was done using the rust prevention oil

서는 한쪽의 변형집중부는 거의 사라져가고 있으며 이에 따라 전체적인 변형은 작아짐을 알 수 있다. 50 mm 폭 시편에서는 드로잉유 도포조건에서 LDH 값이 가장 높는데 비하여 129 mm 폭 시편에서 드로잉유 도포 조건은 방청유 도포 조건 비하여 성형성이 불리하다. 이는 시편의 크기에 따라서 신장성형성이 가장 좋아지는 가공조건이 달라짐을 의미하며 이로부터 테일러드 블랭크 성형에서는 부품별로 최적의 윤활조건이 다르게 나타날 수 있다는 것을 알 수 있다.

3.5 용접소재 조건별 용접선의 이동과 변형분포

소재조건과 윤활조건을 변경하며 22.5 mm 높이로 신장성형한 경우의 용접선 이동량과 변형률의 분포를 측정하였다. 소재와 시험 조건별 용접선의 이동량은 Table 2 와 같다. 윤활성이 좋아질수록 그리고 용접부 양측 소재의 변형저항비가 커질수록 용접선의 이동량이 커지는 것을 알 수 있다. 용접선의 이동과 변형집중 현상의 관계를 보

Table 2 Limit Dome Height test results of tailored blanks with 200 × 129 mm specimens. Weld bead is located at the center of the specimen perpendicular to the major elongation direction

specimen	lubrication condition	weld movement direction	weld movement (mm)
CQ(0.75t)-CHSP35E(0.7t)	rust prevention oil	CHSP35E	0.5
CQ(1.0t)-CHSP35E(0.7t)		CQ(1.0t)	1.0
CQ(1.2t)-CHSP35E(0.7t)		CQ(1.2t)	2.9
CQ(0.75t)-CHSP35E(0.7t)	drawing oil	CHSP35E	0.8
CQ(1.2t)-CHSP35E(0.7t)	tallow	CQ(1.2t)	3.5

기 위하여 방청유 도포조건에서 용접선의 이동이 0.5, 1.0, 2.9 mm로 세가지 값을 보여주고 있는 CQ-CHSP35E 용접 시편의 변형을 분포를 측정하여 그 결과를 Fig. 17에 나타내었다. 용접선 이동량이 작은 경우에는 변형집중이 용접부 인접부에서 거의 나타나지 않으나 용접선 이동이 많아질수록 변형저항이 작은 소재의 용접선 인접부에서 변형집중이 심해짐을 알 수 있다.

3.6 용접선의 위치가 신장성형성에 미치는 영향

용접선의 위치가 신장성형성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 Fig.2 와 같이 용접선의 위치를 달리하여 신장성형성 시험을 수행하였다. 시험에 사용한 소재는 CQ(1.8t)-CQ(0.7t) 레이저 용접소재이다. Fig.18 은 모재와 세가지 위치에 용접선을 갖는 시편에서의 LDH 값을 비교하여 나타내고 있는데, 얇은 소재쪽의 길이가 길수록 LDH 값이 높아지고 있음을 보여준다. 이는 Fig.19 에 나타낸 세가지 용접선 위치에서의 시험편 변형률 측정 결

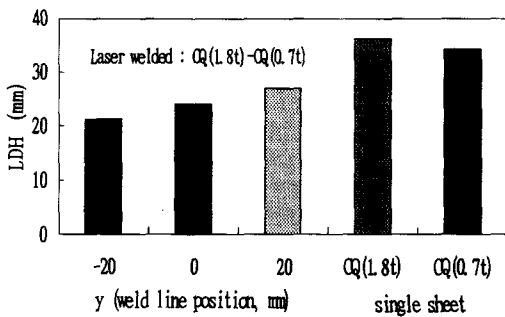


Fig. 18 Limit dome height at three weld line locations and base sheets

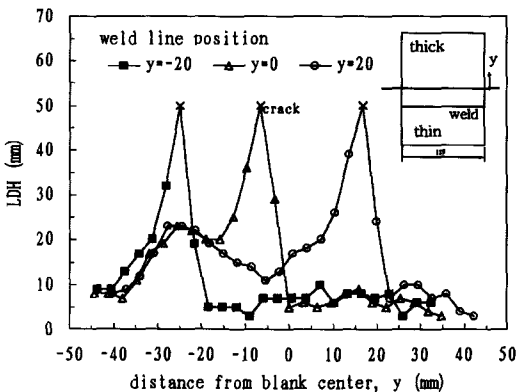


Fig. 19 Strain distribution of LDH specimens [CQ(1.8t)-CQ(0.7t)] at three weld line locations

과에서 알 수 있듯이 두꺼운 쪽 시편은 변형이 거의 되지 않으므로 변형이 많이 발생하는 얇은 쪽의 길이가 긴 경우 성형성이 우수해졌다. 즉 신장성형성에서는 변형저항이 작은 소재의 면적이 넓을수록 변형에 기여하는 소재가 많아지므로 성형성이 우수해짐을 알 수 있다.

4. 결 론

테일러드 블랭크의 신장 성형특성을 평가하기 위하여 강도와 두께가 서로다른 시편으로 레이저 용접강판을 제작하고 신장 성형시험을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 접합강판의 두께나 강도에 차이가 있는 테일러드 블랭크의 신장성형에서는 소재간의 변형저항차가 커질수록 용접선 이동이 심해지고 신장성형성은 나빠짐을 알 수 있었으며 파단은 변형저항이 작은 모재부에서 발생하였다. 따라서 파단 예측은 모재의 성형한계도로 가능하였다. 그러나 동일 소재나 변형저항력이 거의 같은 소재로 제작된 테일러드블랭크는 용접선 수직방향의 파단이 발생하였으며 이 경우 성형한계는 모재에 비하여 15% 정도 낮아졌다.

(2) 테일러드 블랭크의 성형에서 윤활조건에의 향상으로 성형성이 반드시 나아지는 것은 아니었다. 시편의 형상에 따라서 윤활성의 개선 정도가 성형성에 역효과를 낼 수 있는 조건은 시편의 크기에 따라 다르나 일반적으로는 윤활성의 개선에 의하여 변형의 집중부가 한 곳에서만 생기게하여 성형성을 불리하게 하였다.

(3) 용접부의 폭이 작은 레이저 용접강판의 경우가 매시심 용접 강판에 비하여 용접부의 경도는 크지만 신장 성형성이 우수하였다.

(4) 용접선의 위치에 따라서 신장 성형성에 차이가 있었으며, 얇은 소재의 면적이 넓은 조건일 수록 변형이 가능한 영역이 넓어져서 성형성에 유리하였다.

참고문헌

- (1) 夏見文章, 1996, "테-라-트"프"라-크의 魅力", 프레스 技術, Vol.34, No.8
- (2) W.Prange, C.Schneider, 1992, "A New Material for New Ways of Design", SAE 920429.
- (3) W.Prange, 1997, "Tailored Blanks - Production Procedures and the Behavior of the Welded Parts

- ", ULSAB Seminar (Seoul Motor Show '97).
- (4) 夏見文章, 小原昌弘, 1997, "テ-ラ-ト"フ-ラ-ソ-ク-の-フ-レ-ス-成-形", Journal of the JSTP, Vol.38, no.432, pp.45~51.
- (5) M.F.Shi, K.M.Pickett and K.K.Bhatt, 1993, "Formability Issues in the Applications of Tailor Welded Blank Sheets", SAE930278.
- (6) K.Azuma, K.Ikemoto, K.Arima, H.Sugiura and T.Takasago, 1990, "Press formability of Laser Welded Blanks", Sheet Metal in Forming Process (16th Biennial Congress IDDRG), pp.305~311.
- (7) Y.Yamasaki, M.Yoshida, M.Kabasawa and M.Ono, 1996, "Effect of chemical composition, mechanical properties and thickness of base steels on formability of laser welded blanks", Sheet Metal in Forming Process (19th Biennial Congress IDDRG), pp.357~366.
- (8) A.P.Lee, E.Feltham and J.V.Deventer, 1996, "Tailor Welded Blank Technology for Automotive Applications", SAE 960817.
- (9) 김형목, 허영무, 양대호, 서대교, 1997, "매쉬-심 용접 판재의 성형한계", 한국소성가공학회 '97 추계학술대회 논문집, pp.222~225.
- (10) 박기철, 한수식, 김광선, 권오준, 1998, "레이저 용접 테일러드 블랭크의 기본 성형특성 I: 인장변형 특성", 한국소성가공학회지, Vol.7, No.1, pp.23~35.
- (11) 박기철, 한수식, 김광선, 권오준, 1997, "레이저 용접 테일러드 블랭크의 기본 성형특성 II: 신장플렌지 성형특성", 한국소성가공학회지, Vol.7, No.1, pp.36~48.