

## 테일러드 도어인너 패널의 현장 트라이아웃

이종문\* · 김상주\* · 김영탁\*\*

(2000년 11월 6일 접수)

## Field Try-out of Tailored Door Inner Panel

J. M. Lee, S. J. Kim and Y. T. Keum

### Abstract

Forming more than two parts of sheet metal in a single stamping operation lowers production costs, reduces weight, and heightens dimensional accuracy. The tailored blank (TB) is a laser-welded or mash-seam-welded sheet metal with different thicknesses, different strengths, or different coatings. Recently, automotive manufacturers have been interested in tailored blanks because of their desire to improve the rigidity, weight reduction, crash durability, and cost savings. Therefore the application to auto-bodies has increased. However, as tailored blanks do not behave like un-welded blanks in press forming operations, stamping engineers no longer rely on conventional forming techniques. Field try-outs are very important manufacturing processes for an economic die-making. In the field try-outs, the rounded geometries of tool and the drawbead shape and size in die face are generally modified when the forming defects can not be removed by the adjustment of forming process parameters. In this study, the field try-outs of tailored door inner panel are introduced and evaluated. The behaviours of laser tailored blank associated with different thickness combinations in the forming process of door inner panel are described focusing on terms of experimental investigations on the formability.

**Key Words** : Tailor Welded Blank, Field Try-out, Door Inner Panel, Forming Process

### 1. 서론

대량생산을 전제로 하는 프레스 소성가공은 산업 전반에 걸쳐서 다양한 기술로 발전하고 있다. 특히, 자동차 분야에서 비약적으로 발전되고 있는 성형공정은 기존의 생산방식과는 달리 강한 부분에는 강도가 높은 소재를 사용하고, 약한 부분에는 일반소재를 사용하여 부품 수

를 줄여 개발 기간을 단축시키는 추세이다.

자동차는 내·외부 및 보강재 판재 등을 포함하여 약 300개 이상의 부품들로 상호 결합하여 차체를 이루고 있는데, 최근에는 이런 차체의 판재 수들을 줄이고 강도와 원가절감을 고려하여 테일러드 블랭크(tailored blank)라는 판재기술로써 차체 고품질에 박차를 가하고 있다. 성질과 두께가 서로 다른 둘 이상의 박판소재를 레이저

\* 성철사  
\*\* 한양대학교 기계공학부

또는 매쉬심(mesh seam) 용접으로 일체화하여 제품수를 줄이는 합체박판 기술은 금형수, 생산기간을 줄임으로써 생산비 절감 및 경량화, 차체 정밀도 향상에 있어 매우 유효한 생산방식이다. 이 생산방식은 외국 선진 자동차사에서는 일찍이 실제 차체개발에 적용하고 있으며, 국내 자동차 메이커에서도 기존 4-5개 차종은 물론 개발 중인 차량에도 한정된 부품에서 벗어나서 여러 판재에 적용을 검토하고 있다.

Bhatt 등<sup>(1,2)</sup>은 용접조건과 합체박판의 성형성이 밀접한 관련이 있음을 밝히고 합체박판의 성형성을 높일 수 있는 최적 용접 조건을 제시하였다. Shi 등<sup>(3)</sup>은 용접판재에 있어서의 성형성에 대하여 연구하였고, Saunder 와 Wagoner<sup>(4)</sup>는 여러 가지 성형성 평가 실험을 수행하였고, Karima 등<sup>(5)</sup>은 유한요소법을 이용하여 프레임 부재의 성형해석에 레이저 용접판재의 성형성을 적용하였다. 합체박판의 성형에서 또 다른 중요한 특성은 다이페이스에서 가공 공정수를 줄이는데 있어서 금형에서 일반적으로 적용하고 있는 드로브 적용의 위치 및 구간이나 드로브의 종류와 크기 그리고 위치에 따라 성형성에 큰 차이가 있기 때문에 이 부분에 대해서도 활발한 연구가 진행되고 있다. 드로브에 관한 연구는 1978년 Nine<sup>(6)</sup>에 의해 단일 원형 드로브에 대한 연구를 시작해서 많은 연구가 있었다.<sup>(7,8)</sup>

국내에서는 오수익 등<sup>(9)</sup>이 TWB의 성형성을 블랭크 가압력을 변화시킬 수 있는 블랭킹 가압 제어 프레스를 이용하여 연구하였으며, 금영탁 등<sup>(10)</sup>은 레이저 용접판재의 모재와 용접부를 분리하여 파단 시 변형률을 측정하여 성형한계를 연구하였다. 또한 김현영 등<sup>(11)</sup>은 레이저 용접판재의 실제 성형에 대하여 상용프로그램으로 해석 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 레이저 용접으로 접합한 자동차 도어인너 패널을 최적으로 성형시키기 위해 수 차례 트라이아웃을 수행하였다. 그리고 각 트라이아웃에서 도출된 문제점을 기반으로 금형을 수정하였으며 수정된 금형을 테일러드 도어인너 패널의 각 트라이아웃에 적용한 내용과 결과를 기술하여 테일러드 도어인너 패널의 성형 시 시행착오를 줄일 수 있는 방안을 제시하고자한다.

## 2. 도어인너 트라이아웃

Fig. 1은 테일러드 도어인너의 최종 성형품을 나타낸 그림이고, Fig. 2는 드로우 패널을 나타내고 있다. Fig. 2에서 보는바와 같이 테일러드 도어인너 패널은 하나의 금형에서 왼쪽과 오른쪽이 동시에 성형되도록 설계되었

으며, 초기 용접선을 기준으로 고장력 1.6t와 0.7t의 두 개의 판재로 구성되어 있다.

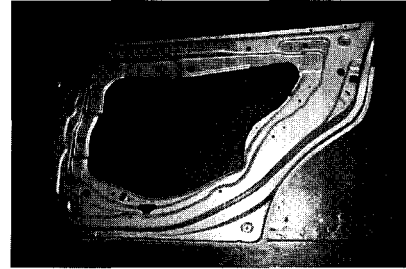


Fig. 1 Door inner panel

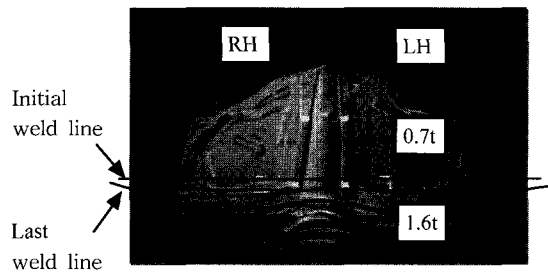


Fig. 2 Draw panel of door inner

### 2.1 1차 트라이아웃

Fig. 3은 1차 트라이아웃 후 용접선이 이동된 위치를 보여주고 있으며, Fig. 4는 1차 트라이아웃에서 발생된 문제점과 에러를 줄이기 위한 대책방안을 나타내었다.

Fig. 3과 Fig. 4에서 보는 바와 같이 초기 용접선이 이

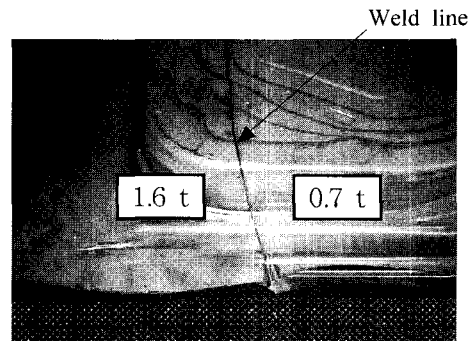


Fig. 3 Weld line movement after forming

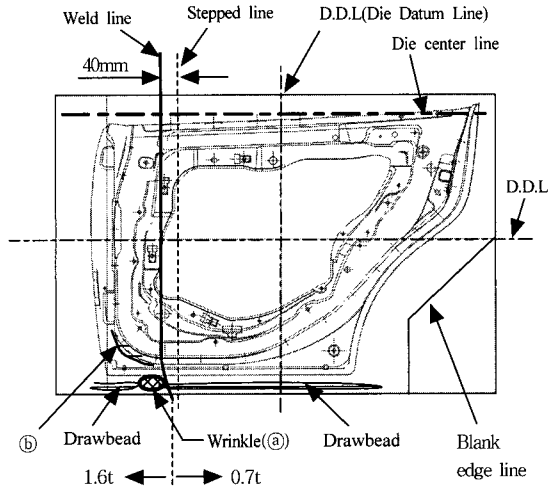


Fig. 4 First try-out panel of door inner

동된 모습을 살펴보면, 펀치 쪽에서는 두꺼운 판재 쪽으로, 다이페이스에서는 얇은 판재 쪽으로 이동된 모습을 볼 수 있다. 이것을 자세히 분석해 보면 펀치 어깨부에서 다이페이스까지는 삼각형의 형식으로 용접라인이 변한다. 즉, 펀치 어깨부가 끝단으로 성형되면서 일정한 각도를 유지하고 용접선이 변하면서 다이페이스 끝에서는 확연하게 용접선이 얇은 부분으로 이동되었음을 알 수 있다. 초기 설계에서 용접선과 단차가공라인의 간격은 40mm로 설정하였고, 트리아아웃시 용접선의 위치는 단차가공부에서 두꺼운 판재 쪽으로 30mm 떨어진 곳에 위치시켜 트리아아웃을 실시하였다. 이것은 초기 용접선의 위치를 어디에 놓고 성형하느냐에 따라서 트리아아웃 승패가 좌우되기 때문이다. 실제로 10~40mm까지를 실험해 보면, 이것의 위치에 따라서 성형의 결과가 다르다는 것을 알 수 있다. 이것이 테일러드 블랭크의 주 성형요점 일 것이다. 트리아아웃 결과 판재의 상태는 다이페이스부에서 얇은 쪽으로 약 20mm 이상의 살결침 현상과 심한 주름이 발생하였고(㉑부), ㉒부에서는 측벽을 따라서 판재의 터짐이 발생하였다. ㉑부의 원인은 초기에 용접선을 30mm 위치에서 패널이 이동되면서 소재 유입량이 많아서 단차부의 높이 때문에 더 이상 이동되지 못하고 급형의 단차부에서 찍히는 현상이다. 그리고 ㉒부의 터짐은 R10에서 R3으로 변하는 부분으로서 단차부에서 유입이 되지 못하기 때문에 형상부에서 판재 터짐이 발생되었다. ㉑부의 대책 사항으로는 두꺼운 판재의 이동을 억제시키는 것이 중요하다. 따라서 드로비드를 조절하여 유입을 억제할 수 있는 조건으로 맞추었고, ㉒부는

R3으로서는 성형이 불가능이 판단되어 R6이상으로 설계 변경을 진행하였다.

### 2.2 2차 트리아아웃

Fig. 5는 2차 트리아아웃 결과를 나타내었다. 2차 트리아아웃 때 발생된 문제점은 ㉑부에서 살결침 현상이 나타났고, ㉒부 300mm 구간에서 심한 주름이 발생되었다. ㉑부의 원인은 1차 트리아아웃 때와 같은 현상이고 ㉒부의 원인은 초기 설계 때 가공부의 공정수를 줄이기 위해서 다이페이스에 릴리프를 적용한 것이 두 패널의 두께차이에 의한 단차로 인하여 판재가 유입이 되면서 발생하는 현상이다. 대책사항으로는 ㉑부는 용접선을 단차부 쪽으로 5mm로 이동시키고, ㉒부는 일반 판재의 성형 시 적용하는 다이페이스 릴리프 면적을 단차부가 적용받지 않는 조건으로 다이페이스를 용접하여 조건을 달리 하였다.

### 2.3 3차 트리아아웃

Fig. 6은 3차 트리아아웃 결과이다. 용접선을 단차가공부에서 5mm로 놓고 성형을 실시하였다. 이 경우 약 90mm성형에서 용접선이 다이페이스 끝에서 단차가공부와 같은 위치가 되었다. 즉, 전체 성형깊이 약 150mm와 90mm에서 용접선과 단차부의 라인이 일치했

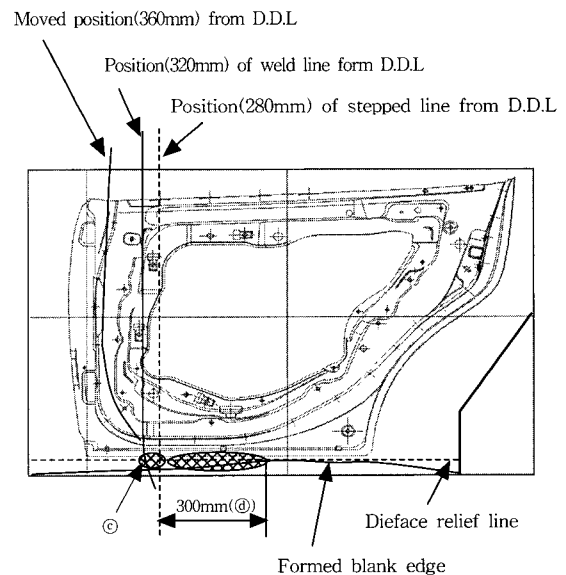
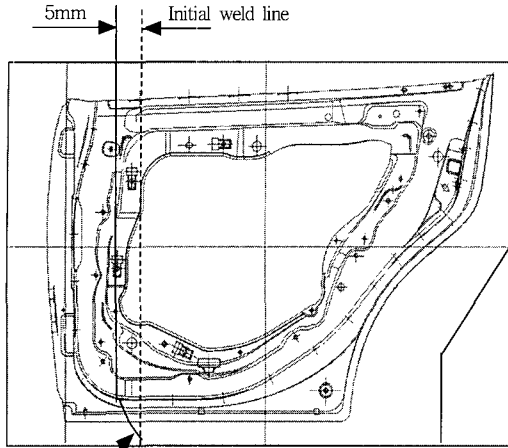


Fig. 5 Second try-out panel of door inner



At the punch height of 90mm, the weld line is located an stepped line

Fig. 6 Third try-out panel

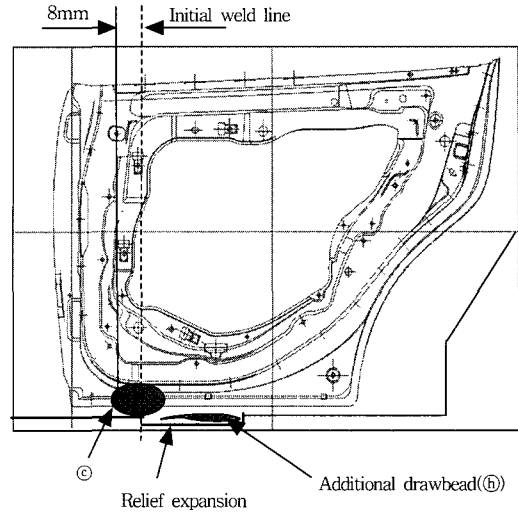


Fig. 7 Fourth try-out panel

기 때문에 더 성형을 할 경우 살거침 또는 판재의 찌힘 발생이 예측되었다

3차 트라이아웃 때 테일러드 블랭크의 성형특성과 트라이아웃의 방향이 설정되었다. 즉, 테일러드 블랭크는 다이페이스에서 용접선이 이동하므로 초기에 제품 특성을 고려하여 용접부와 단차가공부의 간격을 약 40mm 내외로 설정하는 것은 적절하지 않다. 그러므로 초기 트라이아웃에서 몇 개의 판재를 성형하여 용접라인의 이동 위치를 정확히 분석하고 적절한 위치를 잡아 트라이아웃 시간을 줄이는 것이 최적의 방안이라고 판단된다.

#### 2.4 4차 트라이아웃

Fig. 7은 4차 트라이아웃 결과이다. 3차 트라이아웃 때 용접선을 5mm의 위치에 놓고 성형 한 결과 90mm에서 용접선과 단차라인이 일치되었으므로 4차 트라이아웃 때는 8mm의 위치에 놓고 성형하였다. 트라이아웃 결과는 초기에도 나타난 현상이지만 용접선과 단차부 간격의 8mm의 공간이 초기부터 양 끝단을 누르고 있기 때문에 8mm 안쪽에 있는 판재는 분산되지 않고 얇은 쪽이 유입되면서 ㉓부가 살물림으로 진행됨을 알 수 있었다. 대책사항으로는 얇은 판재의 이동을 억제시키면서 완전 성형 시 용접선과 단차라인이 일치되도록 금형에 적용하는 것인데, ㉔부에 깊이가 크지 않은 간이 드로비드를 설치하였다. 8mm 단차공간에서 판재의 상태는 Fig. 8에 나타났다.

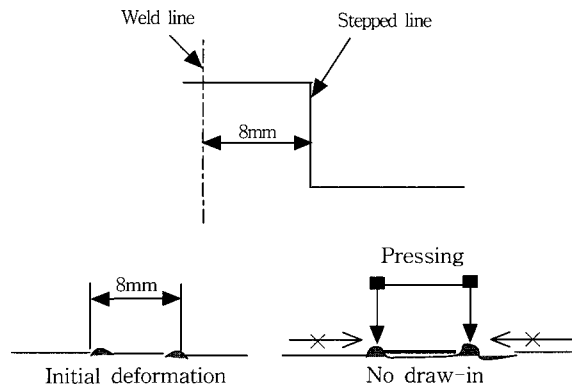


Fig. 8 Panel shapes in 8mm away from machining parts

#### 2.5 5차 트라이아웃

Fig. 9는 5차 트라이아웃 결과이다. Fig. 9에서 보는바와 같이 얇은 쪽의 소재유입을 억제하기 위하여 깊이가 낮은 비드를 설치하였고(㉔부) 두꺼운 판재가 얇은 판재 쪽으로 크게 유입되는 것을 억제하기 위해서 드로비드를 ㉓와 같이 연장하였다. 트라이아웃 결과는 ㉔비드를 설치함으로 인하여 얇은 쪽의 판재가 유입이 되지 않을 정도로 강하게 판재를 누르기 때문에 성형 50mm에서 크랙이 발생되었고, ㉓부 비드의 연장은 다이페이스 전면

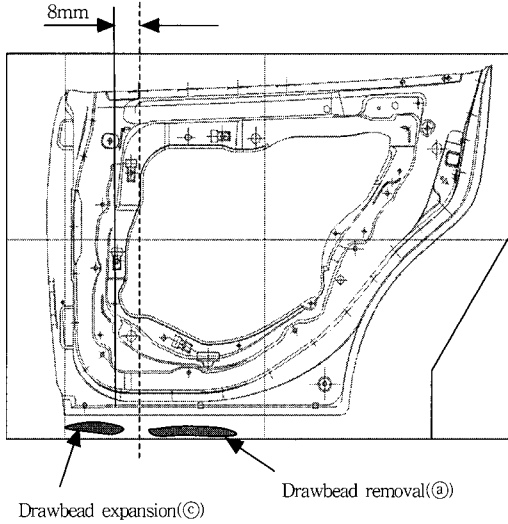


Fig. 9 Fifth try-out panel

부에서의 살결침은 줄어들었지만 다이페이스 끝단부에서 살물림이 남아 있어 큰 효과는 없었다.

### 2.6 6차 트라이아웃

Fig. 10는 6차 트라이아웃 결과이다. Fig. 10를 분석해 보면 Fig. 9의 ㉠부에 설치한 드로비드와 ㉡부의 드로비드 연장도 효과가 없었기 때문에 삭제하고 트라이아웃을 실시하였다. 따라서 두꺼운 판재의 유입을 자연스럽게 억제할 수 있는 드로비드를 Fig. 10의 ㉢와 같이 설치하였다. 결과를 분석하면 유입억제용 드로비드(㉢)를 설치함으로써 두꺼운 판재가 끌려가는 현상이 다소 완화되어 ㉣부의 살결침 현상을 조금 줄일 수 있었다.

### 2.7 스프링백에 대한 대책

Fig. 11(a)는 리어 도어 인너를 성형한 후 스프링백 (springback)이 발생된 위치를 나타내고 있고, Fig. 11(b)는 A-A단면에 대한 스프링백 형상을 보여주고 있으며, Fig. 11(c), (d)는 각각 A-A단면 상에서 스프링백이 발생한 부분에 대한 상세 형상을 보여주고 있다. Fig. 11(a)에서 볼 수 있듯이 ㉣부는 하단부 펀치 어깨 R부터 헤밍(hemming)부까지 스프링백 현상이 나타나고, ㉡와 ㉢는 새시(sash)부에서 헤밍부까지 스프링고(spring go) 현상이, ㉣는 150mm 구간에서 스프링백이 발생되었다. 이에 대한 대책방안으로는 ㉡, ㉢, ㉣에서는 스프링백을 감안하여 발생하는 수치만큼 급형 설계에서 스프링고로써

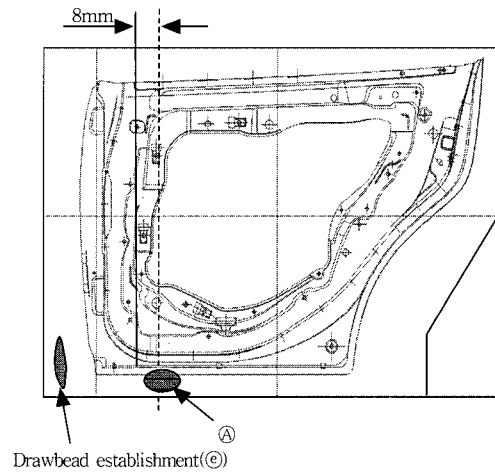


Fig. 10 Sixth try-out panel

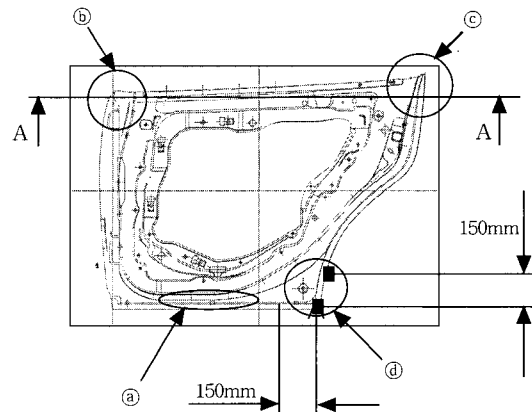


Fig. 11(a) Springback in door inner panel

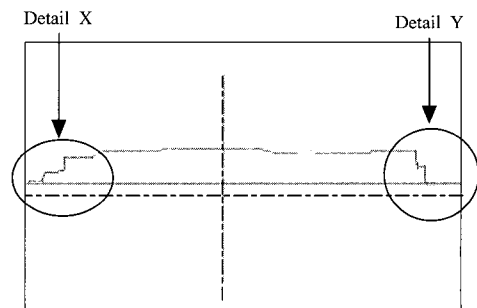


Fig. 11(b) Springback in section A-A

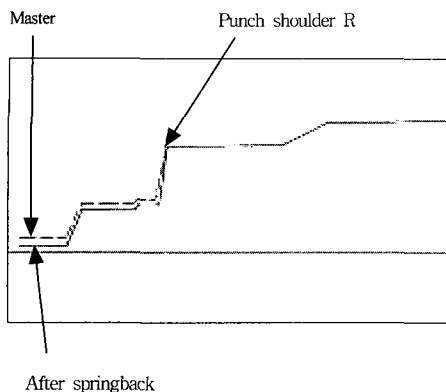


Fig. 11(c) Shape of springback in left section

보정치를 적용하여 형상가공 하였고, ㉔부에서는 리스트라이크(restrike)공정 후 스프링백이 발생되므로 보정치를 적용, 리스트라이크 공정을 수정하여 제품을 성형하였다.

### 3. 결론

본 연구에서는 테일러드 블랭크의 도어인너 패널에 대한 현장 트라이얼을 수행하였다. 각각의 트리아아웃 과정에서 알 수 있었던 것은 테일러드 블랭크와 일반 블랭크의 성형공정 중 가장 큰 차이점은 두께 차이에 의해서 생기는 단차부분의 유입량을 어떻게 적절히 조절하는가에 있었다. 즉, 초기에 용접라인과 기계가공 단차라인과의 간격설정을 각 패널마다 데이터베이스화하여 트리아아웃 시간을 줄일 수 있는 방안을 마련해야 한다. 테일러드 도어인너의 현장 트리아아웃을 통하여 얻은 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 용접선 이동은 단차가공 라인과 밀접한 관련을 맺고 있음을 관찰할 수 있었으며 단차가공 라인과 용접선의 적절한 위치를 트리아아웃으로 결정하였다.

(2) 테일러드 블랭크의 두께차이로 인한 홀더부의 살겹침 현상을 적절한 드로우비드 설치로 조정할 수 있음을 보였다.

(3) 사상 및 가공 공정수를 줄이기 위해 다이페이스에 적용하는 릴리프는 테일러드 블랭크 용접부의 다이페이스에는 적용하지 않는 것이 타당하다.

(4) 테일러드 도어인너 패널의 성형에 대하여 사상에서부터 전 트리아아웃을 수 차례 실시하여 테일러드 블랭크의 최적의 성형 데이터를 축적할 수 있었고 향후 트

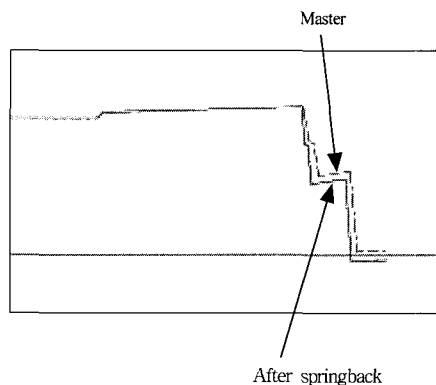


Fig. 11(d) Shape of springback in right section

리아아웃 시 가공시간을 절약할 수 있는 계기를 마련하였다.

### 후 기

본 연구는 부산대학교 정밀정형 및 금형가공 연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터의 일부 지원금에 의한 것입니다.

### 참 고 문 헌

- (1) M. F. Shi, K. M. Pickett, and K. K. Bhatt, 1993, "Formability Issues in the Application of Tailor Welded Blank Sheet", SHEET METAL AND STAMPING SYMPOSIUM, pp. 27~35.
- (2) M. Eisenmenger, K. K. Bhatt, and M. F. Shi, 1995, "Influence of Laser Welding Parameters on Formability and Robustness of Blank Manufacturing An Application to a Body Side Frame", SAE Technical Paper No.950922, pp.171~182.
- (3) M. F. Shi, K. Pickett, and K. K. Bhatt, 1993, "Formability Issues in the Application of Tailor Welded Blank Sheet", SAE Technical Paper series No. 930278.
- (4) F. I. Saunder and R. H. Wagoner, 1995, "The Use of Tailor-Welded Blanks in Automotive", NUMIFORM, pp. 157~164.
- (5) M. Karima and J. Kolodziejcki, 1995, "On the Design of Weld Line Location for Tailor Welded

- Panels", Proceeding of Advanced Technology & Processes, IBEC '95, pp. 78~83.
- (6) H. D. Nine, 1978, "Drawbead Forces in Sheet Metal Forming", Mechanics Of Sheet Metal Forming, pp. 179~211.
- (7) N. M. Wang, 1982, "A Mathematical Model of Drawbead Forces in Sheet Metal Forming", J. of Applied Metal Working, Vol. 2, No. 3, pp. 193~199.
- (8) B. S. Levy, 1983, "Development of a Predictive Model for Draw Bead Restraining Force Utilizing Work of Nine and Wang", J. of Applied Metal Working, Vol. 3, No.1, pp. 38~44.
- (9) 홍주표, 김현영, 오수익, 1997, "레이저 용접판재의 정사각형 컵 드로잉 성형성 연구", 한국소성가공학회지, 제6권, 제1호, pp. 68~80.
- (10) 금영탁, 구본영, 박승우, 유석중, 이경남, 2000, "레이저 용접 합체박판의 성형한계도와 스템핑 금형 성형해석에 적용", 한국소성가공학회지, 제9권, 제1호, pp. 3~9.
- (11) 김현영, 신용승, 김관희, 조원석, 1998, "레이저 용접 차체의 성형해석과 금형설계", 한국소성가공학회지, 제7권, 제4호, pp. 382~392.