

# 난성형부품의 성형공정개발을 위한 디지털트라이아웃

심현보#

## Digital Tryout Technique for the Conventional Stamping Process of Hard-to-Form Parts

H. B. Shim

(Received December 20, 2012 / Revised January 23, 2013 / Accepted January 29, 2013)

### Abstract

A tryout is a series of process optimization for robust stamping before transfer to the press shop. During tryout, the drawbead control, blank shape determination, binder surface modification, etc., are carried out mainly by a trial-and-error approach. As the level of difficulty of the stamping process increases, the formability becomes more sensitive to the contour of deformed shape, i.e. the blank shape. A digital tryout technique, which simulates a real tryout process, is proposed in this study for challenging stamping processes. Since digital tryout is carried out on a desktop, not in a press shop, a precise control of the deformed contour can be achieved if an optimal blank design technique is utilized. In this work, the proposed digital tryout technique is validated by successful applications to different automotive parts.

**Key Words** : Digital Tryout, Beadless Stamping, Optimal Blank, Radius Vector Method

### 1. 서 론

자동차 산업과 관련한 박판성형분야의 당면과제는 경량화, 원가절감, 치열한 시장경쟁에 따른 개발기간단축과 소비자 취향의 다양화에 따른 복잡한 형상의 성형요구 등으로 요약될 수 있다. 제품개발기간 단축은 주로 트라이아웃 기간의 단축요구와 관련이 있으며, 복잡한 형상의 제품은 단순한 형상에 비해 국부적으로 변형이 집중되기 쉽고, 또 고강도강판의 사용확대 추세와 더불어 공정개발의 어려움을 가중시키고 있다.

일반적으로 소재의 강도가 증가될수록 성형성이 저하되며, 또 제품형상이 복잡할수록 국부적으로 변형이 집중되기 쉽기 때문에 성공적으로 성형이 이루어지는 조건을 찾기가 매우 어려워지고 있다. 이러한 관점에서 성형공정에서 성형성을 저해하는 요인을 찾아 이를 해결한다면 성공적으로

성형이 이루어질 가능성이 높아진다.

성형하고자 하는 제품의 형상과 소재가 결정된 상태에서 성형성에 영향을 줄 수 있는 금형 및 공정요인으로는 금형면의 표면거칠기, 윤활, 블랭크의 형상, 드로비드 등을 들 수 있다. 이 중에서 블랭크형상과 드로비드는 기계가공된 금형으로 시험성형, 즉 트라이아웃과정에서 시행착오를 통해 결정되는데 형상이 복잡하거나 소재의 강도가 높을수록 성공적으로 성형이 이루어지는 조건을 찾기 위한 시행착오 횟수가 증가된다.

트라이아웃은 기계가공된 금형으로 시험성형을 통해 성공적으로 성형이 이루어지는 조건을 찾는 과정을 의미한다. 이 과정동안 블랭크 형상결정, 드로비드의 조절 바인더면 형상의 수정 등이 이루어지면서 건설한 성형조건을 도출하게 된다. 즉 미리 결정된 형상으로 가공된 블랭크로 성형할 땐, 주름이나 파단등과 같은 성형불량여부를

# Corresponding Author : School of Mechanical Engineering, Yeungnam University, E-mail: hbshim@yu.ac.kr

조사하고 성형불량이 발생하였다면 성공적으로 성형이 될 때까지 반복적으로 블랭크 형상수정이나 드로비드의 조절, 경우에 따라서는 바인더면의 수정 등과 같은 작업을 수행하게 된다.

블랭크 형상의 수정작업은 성형후 윤곽선을 기준으로 이루어지는데 주름이나 파단등과 같은 성형불량이 발생된 부분 근처의 성형후 윤곽선을 조정하는 방법으로 이루어지며 이때 드로비드의 수정도 함께 이루어진다. 파단이 발생된 부위는 소재공급을 원활하게 하기 위한 대책, 즉 성형후 윤곽선을 줄이거나, 드로비드 높이를 낮추거나 제거하고, 주름이 발생된 부위는 반대로 소재공급 속도를 늦추는 대책, 즉 성형후 윤곽선을 늘리는 등의 조절작업을 하게 된다.

그런데 블랭크형상 수정작업은 성형후 윤곽선을 기준으로 성형전의 형상을 조절하기 때문에 성형후 윤곽선의 위치가 성형전 블랭크의 어느 위치에 해당하는지 상관관계를 명확하게 알면 작업이 보다 간편해질 수 있다. 특히 고강도강을 사용하거나 형상이 복잡하여 성형난이도가 높은 제품의 경우 성형가능여부가 블랭크형상에, 보다 구체적으로는 성형후 윤곽선에 민감하게 영향을 받기 때문에 블랭크형상 수정작업이 어려워진다[1].

## 2. 디지털 트라이아웃

최적블랭크란 성형후 목표형상으로 성형이 되는 블랭크의 형상을 의미한다. 최적블랭크를 사용하면 소재절감, 소재유동의 개선, 트라이아웃 과정에서 시행착오 횟수 단축 등의 효과가 있기 때문에 소재비용의 절감뿐만 아니라 제품개발 기간을 단축시킬 수 있는 장점이 있다[2]. 트라이아웃에서 요구되는 목표윤곽선으로 성형이 되는 블랭크형상은 성형해석과 최적블랭크 설계기술을 이용하는 노비드성형공법(beadless stamping)을 적용하면 찾을 수 있다. 따라서 노비드공법을 이용하면 트라이아웃과정을 컴퓨터상에서 실시할 수 있을 뿐만 아니라 노비드공법의 장점인 소재유동의 최적화가 가능하기 때문에 난성형제품의 성형성문제를 해결할 수 있다[1].

즉 금형에 드로비드를 완전히 제거한 금형형상 데이터와 미리 설정된 목표형상으로 성형이 되는 블랭크형상을 찾아 성형해석을 수행한 뒤 성형불량여부를 조사하고, 불량이 발생하였다면 성공적으로 성형이 이루어질 때까지 목표형상을 수정한

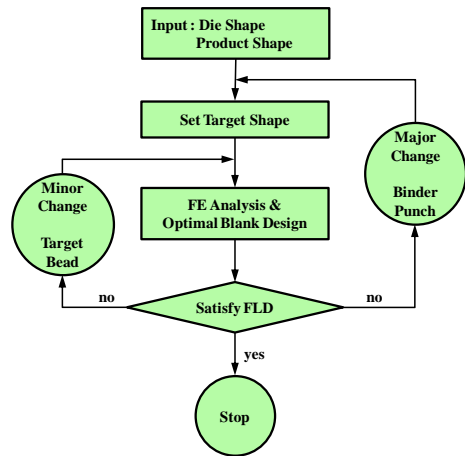


Fig. 1 Flow chart of digital tryout

뒤 이 과정을 반복하는 방식으로 이루어진다. 이때 목표형상으로 성형이 되는 블랭크형상은 최적블랭크 설계기술을 적용하면 된다. 디지털트라이아웃은 현장에서 실제로 이루어지는 트라이아웃과정을 그대로 컴퓨터상에서 시행하기 때문에, 성형난이도에 따라 목표형상의 변경만으로 충분하거나 바인더형상의 수정이나 필렛반경의 조절등과 같은 금형의 수정작업도 필요한 경우가 있다. 이때 현장기술자의 경험을 활용한다면 보다 쉽게 작업을 완료할 수 있다.

디지털트라이아웃은 실제 트라이아웃에 비교할 때 다음과 같은 장점을 제공한다.

첫째, 컴퓨터상에서 간편하게 수정작업이 이루어지기 때문에 보다 많은 시도를 할 수 있다. 즉 다양한 목표형상에 대해 검증할 수 있기 때문에 성형공정을 더욱 최적화할 수 있다.

둘째, 블랭크형상만으로 유동을 조절하기 때문에 조절해야 할 변수가 줄어들고, 드로비드를 제거함으로써 소재사용량 절감효과 뿐만 아니라 유동방해 요인을 제거하여 성형성이 향상된다.

셋째, 성형성이 좋지 않은 고강도강의 경우에도 고가의 장비를 요구하는 핫스테핑이나 하이드로포밍 등과 같은 신성형공법 대신 일반적인 스탬핑으로도 성형이 가능해질 수 있다.

넷째, 디지털트라이아웃을 거쳐 결정된 최적블랭크 형상이라도 블랭크 가공방법과 소재이용율을 고려하여 합리적으로 변경할 수 있다. 즉 최적블랭크의 가공에는 일반적으로 블랭킹공정을 필요로 하는 경우가 많은데 이는 일반적으로 채택

하는 시어링(shearing)에 비해 블랭킹금형 비용과 블랭킹공정이 추가되는 문제가 있다.

### 3. 디지털트라이아웃을 이용한 개선사례

#### 3.1 Example 1

Fig. 2(a)는 금형의 형상을 나타낸 것으로 금형의 특징을 살펴보면 바인더 면이 2 단으로 되어 있으며, 직변부위에는 직각에 가까운 수직벽면이 2 단 굴곡으로 되어 있어 성형해석시 과단과 주름이 많이 발생할 것으로 예상된다. 설계원안의 블랭크 형상은 920mm×260mm 의 직사각형이며 Fig. 2(b)와 같이 편치의 외각형상에서 약 10mm 간격의 거리를 두고 드로비드가 설치되어 있다.

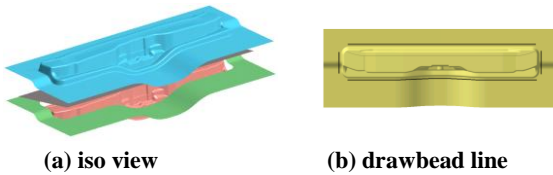


Fig. 2 Original stamping die

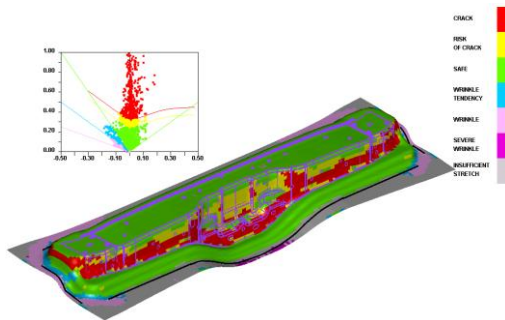


Fig. 3 Forming limit diagram (original design)

Fig. 3 은 설계원안의 성형해석 결과이며 제품의 둘레전체에 심각한 과단현상이 발생되는 것으로 나타났는데, 이는 과도하게 크게 설정된 블랭크와 직각에 가까운 직변부위에 설치되어 있는 드로비드 때문으로 판단된다. 즉 수직에 가까운 벽면인 직변부위에는 성형동안 소재가 원활하게 공급되어야 함에도 불구하고, 지나치게 큰 블랭크와 드로비드에 의해 유동이 방해되기 때문에 과단이 발생하는 것으로 판단된다. 또한 성형한계도상에서 성형한계곡선보다 훨씬 위에 위치하는 부분이 많아 실제 트라이아웃에서도 성공적인 성형조건을 찾는데 많은 노력이 소요될 것으로 판단된다.



(a) draw bead line



(b) product shape and target shape

Fig. 4 Modified design

제품의 형상특성이 길이에 비해 폭이 좁기 때문에 드로비드를 완전히 제거하면 폭방향으로 강제운동이 쉽게 발생될 수 있어 폭방향으로는 블랭크형상의 미세한 변경에도 성형후 윤곽선이 매우 민감하게 변하기 때문에 트라이아웃이 어려워진다[1]. 이 문제를 해결하기 위해 Fig. 4(a)와 같이 직변의 일부에만 드로비드를 설치하여 성형동안 폭방향으로의 강제운동은 방지하고 소재유입은 쉽도록 계획하였다. Fig. 4(b)는 최종제품의 형상과 이 공정에서 성형하고자 하는 목표형상을 비교한 것으로 최종제품은 목표 형상으로 성형된 제품을 다시 트리밍을 실시하여 얻는다. Fig. 4의 비드라인과 목표형상은 시행 착오를 통해 가장 양호한 해석결과를 나타내는 것으로 결정하였으며 한 것이다. 이와 같이 비드라인과 목표형상은 성형해석결과를 검토하여 시행착오를 통해 결정하는데 이 과정이 바로 디지털트라이아웃(digital tryout)이 된다.

최대형상오차를 기준으로 허용오차를 7.0mm 로 설정하였으며 이를 만족할 때까지 최적블랭크 설계를 진행하였으며 Fig. 5 는 설계단계별로 블랭크 형상과 성형후 형상을 목표형상과 비교하고 있다. Fig. 5(a)는 목표형상으로부터 Dynaform 의 BSE 기능을 이용해서 생성한 블랭크로 성형해석한 것을 비교한 것이다[3]. 그림에서 볼 수 있듯이 BSE 기능을 이용하여 생성된 블랭크는 성형후 형상이 목표형상과 크게 차이가 나고 있다. 목표형상으로 성형이 되는 블랭크형상을 찾기 위해 반경벡터법을 이용하여 블랭크 형상을 수정한다[4]. Fig. 5(b)는 2 번째 설계단계의 결과를 비교한 것으로 목표형상과 많이 가까워졌지만 여전히 차이가 있어 계속 진행한다. Fig. 5(d)는 4 번째 설계단계를 나타낸 것으로 최대형상오차가 허용오차 내로 줄어들어 최적블랭크 설계절차를 종료한다.

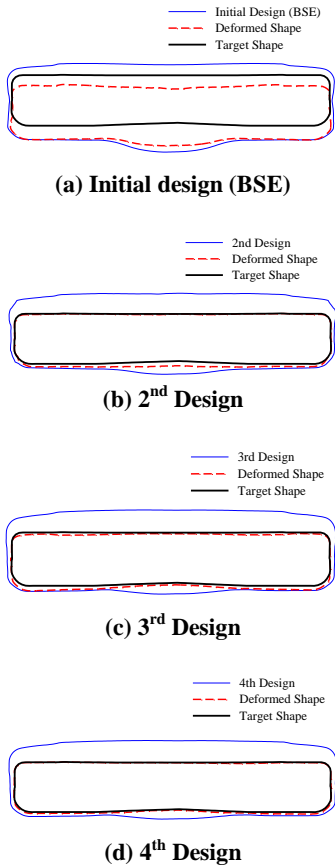


Fig. 5 Evolution of optimal blank design stage

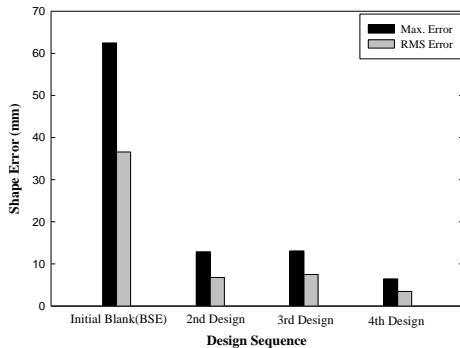


Fig. 6 Change of shape error

일반적으로 성형난이도가 높은 제품일수록 성형한계도는 성형후 윤곽선 형상에 민감하게 영향을 받는다. 최적블랭크는 목표형상으로 성형이 되는 블랭크 형상이기 때문에 최적블랭크 설계법의 정확도는 디지털트라이아웃의 성패에, 그리고 수렴성은 시도가가능한 시행착오의 횟수에 영향을 준

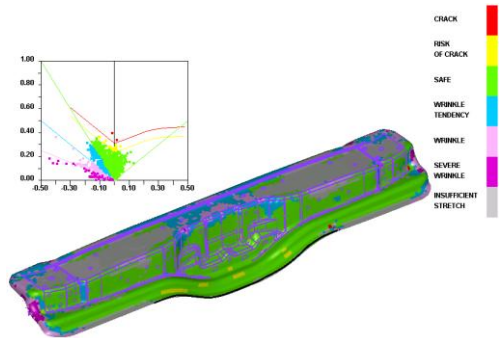


Fig. 7 Forming limit diagram (optimal blank)

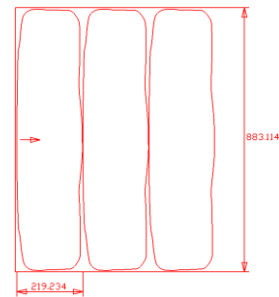


Fig. 8 Nesting (optimal blank)

다. Fig. 6은 Fig. 5에 나타난 최적블랭크 설계에서 적용한 반경벡터법의 수렴성을 보여주기 위해 최대값과 제곱근평균값으로 표현한 것으로 매우 빠른 속도로 형상오차가 감소하고 있음을 보여주고 있다. 반경벡터법은 디지털트라이아웃의 구현에 충분한 정도의 정확도와 수렴성을 지니고 있는 것으로 판단된다.

Fig. 7은 최적블랭크로 성형해석한 결과이며 Fig.3의 설계원안의 결과와는 달리, 대부분 성형한계곡선 아래에 있어 디지털트라이아웃을 통해 성공적으로 성형이 되는 공정조건을 찾을 수 있음을 알 수 있다.

Fig. 8은 도출된 최적블랭크형상을 다시 최적배치한 모습을 나타내고 있다. 최적블랭크의 형상이 직사각형에 가깝지만, 윤곽선이 곡선이기 때문에 블랭킹공정이 필요하다. 블랭킹공정으로 블랭크를 생산하기 위한 최소량의 소재는 블랭크 1장당 소요량은 883mm×219mm로 나타났다. 그렇지만 블랭킹공정은 블랭킹금형이 필요하기 때문에 블랭킹금형에 따른 원가상승 및 개발기간 문제, 공정 추가에 따른 작업상의 문제점, 여기에 성형의 주요 단계가 아닌 보조단계로 인식되는 블랭킹 공정이

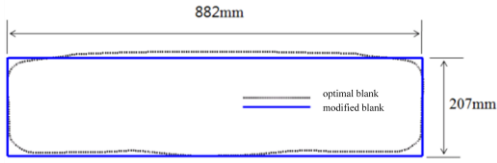


Fig. 9 Modification of blank shape from optimal blank

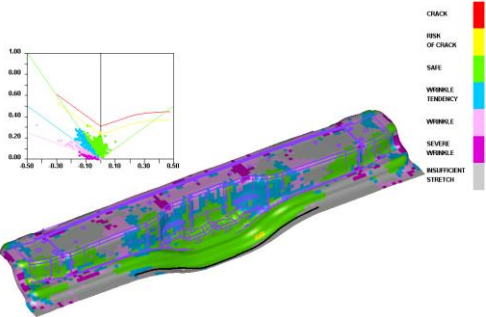


Fig.10 Forming limit diagram(modified blank)

후단에 위치한 주성형단계에 영향을 미친다는 기술자의 책임감, 성형 최종 단계의 트리밍과 더불어 2 회 의 윤곽선가공을 요구한다는 것에 대한 심리적 부담감 등의 문제점 때문에 특별한 경우가 아니면 블랭킹 공정을 선호하지 않는 실정이다.

이 문제를 해결하기 위해 도출된 최적블랭크가 직사각형에 가깝다는 점으로부터 Fig.9 와 같이 블랭크형상을 직사각형으로 변형시켜 보았다. 직사각형으로 변형할 때 Fig.7 의 성형해석결과와 최종제품의 형상을 모두 고려하였고, 그 결과 Fig.9 와 같은 시어링이 가능한 형상인 882mm×207mm 의 직사각형 블랭크가 도출되었다.

Fig.10 은 Fig.9 의 직사각형블랭크로 성형해석한 결과로 Fig.7 의 최적블랭크의 해석결과보다 더 양호한 결과를 보여주고 있는데 그 이유는 최적블랭크를 직사각형으로 변형시킬 때 최종제품에서 트리밍으로 제거되는 부분을 미리 축소시킴으로써 소재유동이 개선되었기 때문에 나타난 결과로 판단되며, 부수적으로 소재 사용량도 더욱 감소되었다.

Table. 1 은 지금까지 진행한 디지털트라이 아웃의 결과를 종합한 것이다. 즉 설계원안은 제품의 전 둘레에 드로비드를 적용한 금형으로 920mm×280mm 의 직사각형 블랭크로 성형하는데 해석결과 크랙이 극심하게 발생하는 것으로 예측되고 있으나 노비드공법을 적용한 결과 크랙 가능성이 대부분 제거되었고, 소재사용량도 19.2% 가 감소

Table 1 Results of process improvement (example 1)

	Blank Size	Remark
Original design	920×260 (239,200 mm <sup>2</sup> )	▪ severe crack
Optimal blank	883×219 (193,377 mm <sup>2</sup> )	▪ beadless stamping ▪ free of crack ▪ blanking ▪ 19.2% less blank
Modified blank	882×207 (182,574 mm <sup>2</sup> )	▪ beadless stamping ▪ free of crack ▪ shearing ▪ 23.7% less blank

하였다. 그렇지만 최적블랭크는 윤곽선이 곡선이기 때문에 블랭킹이 요구되는 문제점이 있다. 따라서 도출된 블랭크형상을 다시 시어링으로 제작 가능한 형상으로 변형시키기 위해 성형후 형상과 최종제품의 형상을 고려하여 직사각형블랭크를 도출하였고, 그 결과 소재 사용량은 설계원안에 비해 23.7%가 감소할 뿐만 아니라 크랙발생 가능성도 완전히 해결되었다.

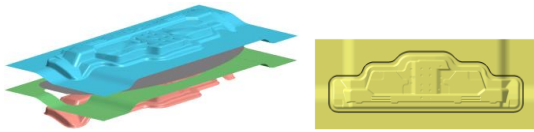
이상과 같이 디지털트라이아웃을 적용한 결과 성형성이 크게 개선될 뿐만 아니라 블랭킹공정의 추가없이 소재사용량도 대폭으로 절감될 수 있는 공정조건을 도출할 수 있음을 확인되었다. 뿐만 아니라 일부 적용된 드로비드도 유동조절이 아닌 강제운동 방지목적이기 때문에 트라이아웃 동안 유동조절을 위한 드로비드의 수정작업이 필요 없어짐에 따라, 공정개발 기간도 획기적으로 단축이 가능할 것으로 판단된다.

### 3.2 Example 2

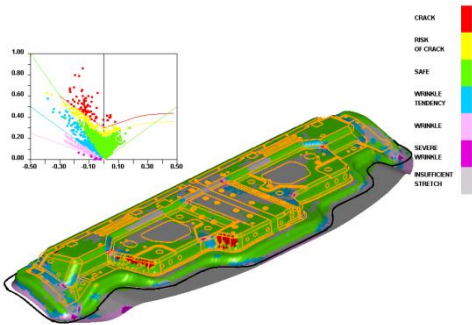
Fig.11(a)는 예제로 사용된 금형으로 전면 구간은 윗면에서 보았을 때 성형동안 인장-압축영역에 있는 오목한 모서리와 양축인장 영역에 있는 볼록한 모서리를 동시에 지니고 있고, 측면에서 보았을 때 벽면의 각도도 90°에 가까울 뿐만 아니라 2 단 굴곡으로 되어 있어 좁은 영역내에서 과단과 주름이 동시에 발생할 가능성 있는 것으로 판단된다. 설계원안의 블랭크 형상은 직사각형이 아닌 반원에 가까운 형상이며 편치의 외각형상에서 약 15mm 간격의 거리를 두고 전 둘레에 드로비드가 설치되어 있다.

Fig.11(b)는 이 금형에 드로비드가 설치된 모습을 보여주고 있다

Fig.12 는 설계원안의 성형해석 결과로 금형의



(a) iso view (b) drawbead line  
**Fig.11 Original stamping die**



**Fig.12 Forming limit diagram (original design)**



(a) drawbead line

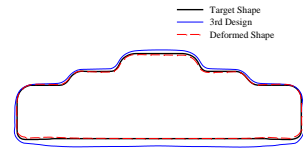


(b) product shape and target shape  
**Fig.13 1<sup>st</sup> modification (drawbead, target shape)**

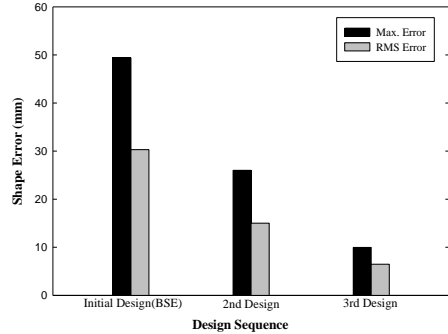
수직벽면 양쪽 측면에 심각한 파단현상이 나타나고 있다.

이 문제를 해결하기 위하여 드로비드를 완전히 제거한 뒤 Fig.13(a)과 같이 전면과 측면의 일부 구간에 “ㄱ”자 형태의 드로비드를 설치하여 성형동안 양측면의 움직임을 구속하고 전면중상부와 후면은 소재가 쉽게 유입될 수 있도록 계획하였다. Fig.13(b)는 최종제품의 형상과 목표형상을 비교한 것으로 최종제품은 목표 형상으로 성형된 제품을 트리밍을 실시하여 얻는다. 목표형상은 하사점에서의 펀치와 바인더의 위치, 그리고 드로비드를 고려하여 설정하였는데, 드로비드와 성형후 목표형상은 디지털트리아아웃을 통해 가장 양호한 해석 결과를 제공하는 것으로 결정한 것이다.

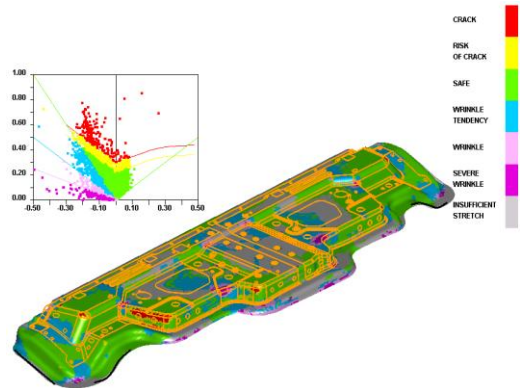
Fig.14(a)는 성형후 윤곽선과 목표형상과의 최대



(a) optimal blank



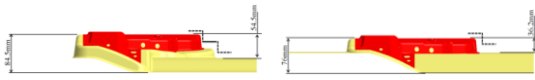
(b) change of shape error  
**Fig.14 Optimal blank design (1<sup>st</sup> modification)**



**Fig.15 Forming limit diagram (1<sup>st</sup> modification)**

형상오차가 10.0mm 이내가 될 때까지 반경 백터법을 3 회 적용하여 결정한 최적블랭크형상과 성형후 형상을 목표형상과 비교한 것이다. 설계단계별 형상오차를 나타낸 Fig.14(b)에서 최종단계에서는 최대형상오차는 10.0mm 이지만 제품근평균오차는 6.0mm 정도로 일부분을 제외한 나머지부분은 목표형상과 일치하고 있다. 블랭킹공정으로 최적블랭크를 생산하기 위한 최소량의 소재는 블랭크 1 장당 1129mm×340mm 로 나타났다.

Fig. 15 는 1 차 수정안의 성형해석결과인데 설계원안과 동일한 위치에서 여전히 심한 파단이 나타나고 있다. 그렇지만 Fig.13(b)의 목표형상은 펀치의 형상에 최대한 가깝게, 또 드로비드를 고



(a) original design (b) modified design  
Fig.16 2<sup>nd</sup> modification (binder surface)

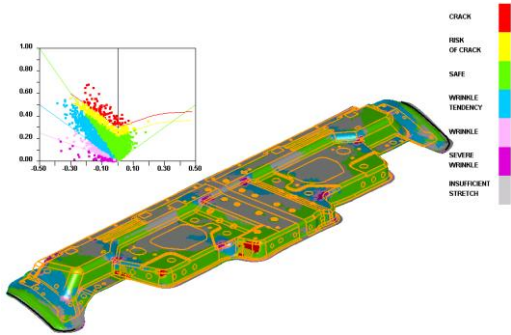


Fig.17 Forming limit diagram (2<sup>nd</sup> modification)

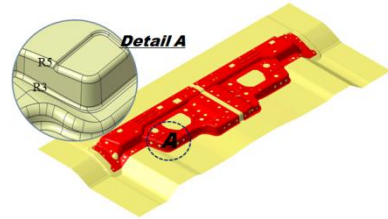
려하여 설계되었기 때문에 이보다 작게 만들기는 거의 불가능한 것으로 판단되며, 이를 해결하기 위해서는 바인더면을 포함한 금형의 수정과 같은 대폭적인 변경이 필요한 것으로 판단된다.

Fig. 16은 설계원안과 2차수정안인 바인더면을 수정한 금형형상을 비교한 것이다. 즉 Fig.16(a)의 설계원안에서는 우측의 바인더부위가 깊이가 54.5mm로 2단굴곡으로 설계되어 있는 것을 Fig. 16(b)과 같이 유동개선을 위해 깊이가 36.2mm의 1단굴곡으로 금형을 수정하였다.

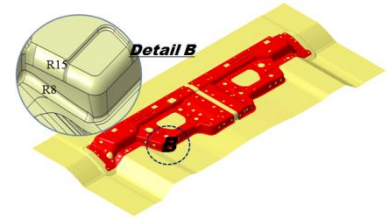
Fig. 17은 2차수정안으로 성형해석한 결과이며 1차수정안보다는 개선되었지만 파단발생 가능성은 여전히 높게 나타나고 있다.

스탬핑금형에서 제품부위의 형상은 일반적으로 수정이 금지되지만 파단발생문제를 해결하기 위해 부득이 제품에 해당하는 부위인 필렛반경을 수정하였다. 즉 Fig.18(a)의 수정전 금형에서 파단이 발생하는 수직벽면부의 상부 필렛반경 R5, 하부 필렛반경 R3를 3차수정안에서는 Fig.18(b)과 같이 각각 R15와 R8로 변경하였고 동시에 드로비드와 목표형상도 수정하였다. 즉 드로비드 라인을 Fig.19(a)와 같이 성형한계도를 크게 초과하는 부분에 소재가 쉽게 유입될 수 있도록 하였고, 성형해석 결과를 참고하여 목표형상도 Fig. 19(b)와 같이 수정하였다.

Fig. 20(a)는 성형후 윤곽선과 목표형상과의 최대형상오차가 10.0mm 이내가 될 때까지 반경 백터법을 4회 적용하여 결정한 최적블랭크형상과 성



(a) original design



(b) modified design

Fig.18 3<sup>rd</sup> modification (fillet radius)



(a) drawbead line



(b) product shape and target shape

Fig.19 3<sup>rd</sup> die modification (drawbead, target shape)

형후 형상을 목표형상과 비교한 것이고, 설계 단계별 형상오차를 나타낸 Fig.20(b)에서 최종 단계에서는 최대오차는 10mm이지만 제품군 평균오차는 3mm 정도로 일부분을 제외한 대부분은 목표형상과 일치하고 있다. 블랭킹 공정으로 블랭크를 가공할 때 필요한 소재량을 산출하기 위해 블랭크를 최적배치한 결과 블랭크 1장당 소요되는 소재면적은 1088mm×302mm로 나타났다.

Fig. 21은 3차수정안의 성형해석 결과로 대부분 성형한계곡선 이하에 위치하고 있어 안정적으로 성형이 이루어짐을 알 수 있다. 성형한계도상에서 성형한계곡선보다 약간 위에 위치하는 곳도 있으나 2차수정안의 해석 결과인 Fig. 17에 비하여 크게 개선되고 있다.

Table 2는 디지털트라이아웃을 통해 공정을 개선한 결과를 종합한 것이다. 즉 설계원안은 제품의

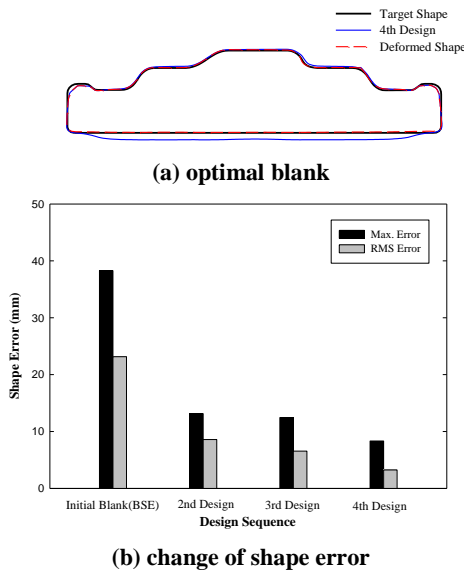


Fig.20 Optimal blank design (3<sup>rd</sup> modification)

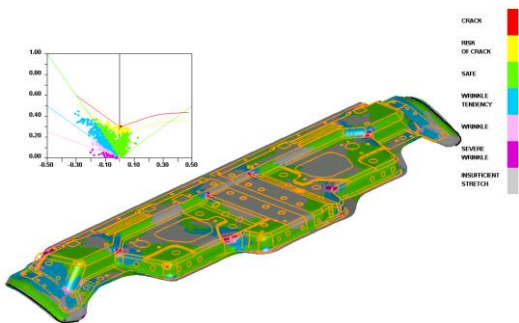


Fig.21 Forming limit diagram (3<sup>rd</sup> modification)

Table 2 Results of process improvement (example 2)

	Blank size	Remark
Original design	1130×385 (435,050 mm <sup>2</sup> )	▪ severe crack
1 <sup>st</sup> modify	1129×340 (383,860 mm <sup>2</sup> )	▪ beadless stamping ▪ severe crack ▪ 11.7% less blank
3 <sup>rd</sup> modify	1088×302 (328,576 mm <sup>2</sup> )	▪ beadless stamping ▪ binder, fillet ▪ free of crack ▪ 24.4% less blank

전 둘레에 드로비드를 적용한 금형으로 크랙발생 가능성이 극심하여, 금형수정없이 노비드공법만으로

로 해결코자 하였으나 크랙발생 가능성이 여전히 높게 나타났다. 바인더면의 수정, 그리고 필렛반경의 수정을 거침으로써 크랙발생 가능성이 대부분 제거되어 성공적으로 성형이 이루어지는 조건을 도출할 수 있었다. 이 과정에서 소재 사용량도 24.4%가 감소하였다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 금형가공후 시행착오과정을 통해 건설한 성형조건을 찾기 위해 시행하는 트리아아웃과정을 컴퓨터상에서 구현하는 디지털트리아아웃 기법을 제시하였다. 성형의 난이도가 높아질수록 성형성은 성형후 윤곽선에 민감하게 영향을 받기 때문에 트리아아웃이 어려워지는 문제를 노비드성형공법을 이용하여 블랭크형상으로 성형 후 윤곽선과 소재유동을 조절함으로써 난성형제품의 성형성문제를 해결하였다.

본 연구에서 제시하는 디지털트리아아웃은 성형해석을 바탕으로 합리적인 방법으로 시행하는 것이기 때문에 보다 최적화된 공정조건을 도출할 수 있도록 할 뿐만 아니라 소재비용절감, 금형개발기간 단축의 효과가 있음을 예제를 통해 확인하였다. 아울러 난성형제품의 생산을 위해 주로 채택되는 핫스탬핑이나 하이드로포밍 등과 같은 고가의 장비 및 고에너지 사용으로 특징되는 신성형공정 대신 일반적인 스탬핑의 적용가능성을 확인할 수 있었다.

#### 참고 문헌

- [1] S. H. Kim, H. B. Shim, 2012, A Study on the Process Optimization by a Beadless Stamping, Trans. Mater. Process, Vol. 21, No.8, pp. 485~492.
- [2] H. B. Shim, 2004, Determination of Optimal Blank Shape by the Radius Vector of Boundary Nodes, Proc. Inst. Mech. Eng. Part B: J. Eng. Manuf, Vol. 218, No. 9, pp. 1099~1111.
- [3] Dynaform 5.7.1 User's Manual, Engineering Technology Associates, Troy, MI, USA
- [4] H. B. Shim, J. K. Park, 2003, Development of Stamping Process Optimization System through the Integration of Blank Design and Nesting, Trans. Mater. Process, Vol. 12, No.7, pp. 615~622.