

민감도를 이용한 최적블랭크 설계법의 CAD 형식으로 표현된 금형에의 적용

심현보*· 손기찬**· 황현태**

An Application of Optimal Blank Design by Sensitivity Analysis to Stampings of General Shaped Parts

Hyun-Bo Shim*, Ki-Chan Son**, Hyun-Tae Hwang**

Key Words: optimal blank(최적블랭크), blank design(블랭크 설계), Sensitivity analysis(민감도법)

Abstract

The optimal blank design method by sensitivity analysis has been applied to the formings of oil-pan, tailored blank and front panel have been chosen as the examples. Die shape is prepared by a commercial CAD system. Excellent results has been obtained between the numerical results and the target contour shapes. Through the investigation, the proposed systematic method of optimal blank design is found to be effective in the practical forming processes.

1. 서론

박판성형공정 중 블랭크의 설계는 짧은 시간과 적은 노력으로 최적의 블랭크를 설계하는 방법이 요구되어진다. 블랭크설계는 현장 작업자의 숙련된 경험을 요하였고 이에 따른 시행착오로 제품의 개발에 많은 시간과 비용이 소비되어 왔다. 이러한 시행착오를 줄이기 위해 여러 방법이 고려되어 왔으며 근래에 들어 컴퓨터의 발달과 함께 수치해석 기법의 발전으로 유한요소법을 이용한 박판성형 공정의 해석이 신뢰할 만한 수단으로 사용되고 있다. 초기 블랭크 설계 예측 방법으로 수학적인 소성해법인 미끄럼 선장법[1]과 평면응력[2] 특성과 전소성변형 이론에 변형경로를 최소일의 경로로 가정[3~4]하였다. 해석용 유

한요소 프로그램을 이용하여 수치적인 시행착오로 블랭크를 선정하는 방법[5~9]등이 있다. 이러한 최근의 연구 동향들은 해의 정확성을 보장하면서 계산 시간의 단축을 피하는 효율성을 추구하고 있으나 실제 플랜지 부위의 변형 경로, 각 질점들의 이동 속도의 차이 등에 대한 고려를 동시에 수행하지는 않았다. 김낙수등[7]은 플랜지 외곽선상의 질점들의 거동을 선형적으로 가정하여 1차식에 의해 초기블랭크를 예측한 바 있다. 박상후[8]는 이상소성이론에 근거하여 체적가감법으로 설계하는 방법을 제안하였고 서대교등[9]은 역추적기법을 이용하여 오목형 단면이 있는 컵의 최적블랭크를 설계한 바가 있다.

최근 손기찬등[10,11]은 민감도법에 의한 최적블랭크 설계기법을 제안하고 이를 간단한 형상인 정사각형컵, 콜로버형 컵, 그리고 L형상의 컵을 대상으로 성형후 균일한 트림 여유(trimming allowance)를 가지는 최적블랭크 형상을 설계하고 이를 실험으로 확인하여 타당성을 입증한 바 있다. 이 방법에서는 민감도를 초기 블랭크의 외곽선상에 위치한 질점 위치의 변화량이 최종제품에서의 그 질점에서의 위치 변화량의 비로 고려

* 영남대학교 기계공학부

** 영남대학교 대학원

한다. 즉 성형후의 외곽선이 목표 외곽선과 일치하지 않을 경우 이를 목표 외곽선과 일치하도록 성형전의 블랭크의 모양을 수정해 주어야 하는데 성형전의 블랭크 모양은 목표 외곽선과 성형후 외곽선의 차이 및 민감도를 이용하여 수정해주며 성형 후의 모양이 목표외곽선과 일치할 때까지 몇 차례 반복해 준다.

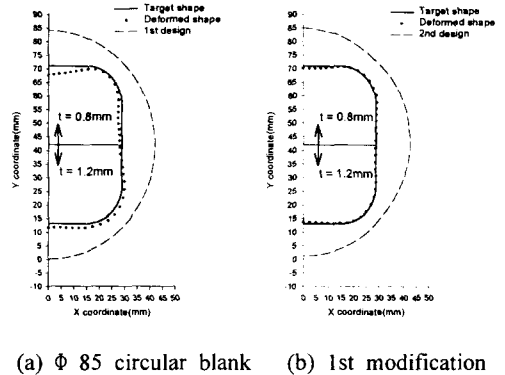
이 방법을 이용하여 레이저 용접소재의 정사각형 컵 성형, 오일팬의 성형, 그리고 Numisheet '99의 벤치마크 문제인 AUDI의 front door panel의 최적블랭크에 적용하여 실제 공정에의 적용가능성을 조사하였다.

2. 일반적인 금형에의 적용

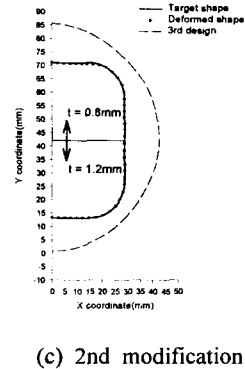
2.1 레이저용접 판재의 정사각형컵 성형

민감도법을 이용한 최적블랭크 설계방법을 두께 1.2mm 와 0.8mm의 판재를 레이저 용접한 소재의 정사각형 컵 성형에 적용하였다. 블랭크 모양의 초기 가정으로 $\phi 84$ 의 원형 블랭크를 택하였고 민감도를 구하기 위한 미소 편차량은 0.5mm로 택하였으며 목표형상은 편치행정 20mm에서 2mm의 균일한 플랜지 트리밍 여유폭을 가지는 형상으로 설정하였다.

Fig. 1(a)는 최초로 가정한 $\phi 84$ 의 원형 블랭크로 성형 해석한 결과로 편치행정 20mm 일 때의 플랜지외곽선 모양으로 성형모양이 목표형상과 차이가 있으며, Fig. 1(b)는 민감도법을 이용하여 블랭크를 1차 수정한 후의 성형후의 모양, 그리고 Fig. 1(c)는 2차 수정후의 최종성형모양을 나타내고 있는데 외곽선의 모양이 목표형상과 일치하고 있음을 알수 있다. 최근 자동차산업에서 널리 이용되고 있는 레이저용접된 판재에서도 민감도법이 성공적으로 적용되고 있음을 보여준다.



(a) $\phi 85$ circular blank (b) 1st modification

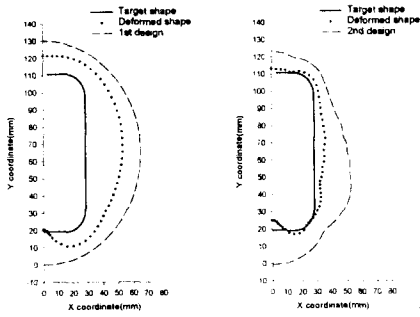


(c) 2nd modification

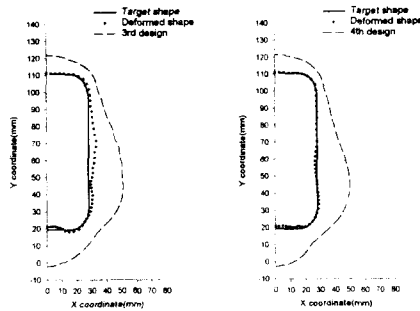
Fig. 1 Flange contours after deformation

2.2 Oil-Pan의 성형

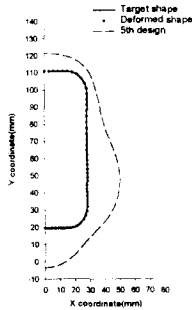
오일팬은 깊이가 2단으로 되어 있기 때문에 깊이가 얇은 쪽과 깊은 쪽과의 드로잉속도의 차이에 의한 주름현상이 얇은 쪽의 벽면부근에서 발생되기 때문에 드로잉 속도를 일치시켜주기 위한 목적으로 드로오비드(draw bead)를 설치해 준다. 따라서 오일팬 형상의 최적블랭크를 설계하기 위해서는 컵의 높이차 및 드로오비드의 영향을 모두 고려해야 하기 때문에 목표형상을 제공해주는 최적블랭크를 설계하기가 쉽지 않은 형편이다. 실제로 오일팬 생산업체에서는 금형의 트라이아웃 과정에서 시행착오법으로 블랭크의 모양을 결정해 주고 있기 때문에 재료의 실수율이 낮고 이에 따른 소재 원가부담이 상당한 편이다.



(a) Φ 130 circular blank (b) 1st modification



(c) 2nd modification (d) 3rd modification



(e) 4th modification

Fig. 2 Flange contours after deformation

이러한 매우 복잡한 변형역학을 지닌 오일팬의 성형에 민감도법을 적용하여 보았다. 블랭크 모양의 초기 가정으로 Φ 130mm의 원형 블랭크를 택하였고 앞의 정사각형 컵의 성형에서와 같이 민감도를 구하기 위한 미소 편차량은 0.5mm로 택하였으며 목표형상은 편차행정 20mm에서 2mm의 균일한 플랜지 트리밍 여유폭을 가지는 형상

으로 설정하였다.

Fig. 2(a)는 최초 가정된 Φ 130 원형 블랭크로 성형 해석한 결과인데 최종상태에서 플랜지의 외곽선의 모양으로 성형모양이 목표형상과 많은 차이가 나타났는데, Fig. 2(e)에서 4회의 수정으로 플랜지 외곽선의 형상이 목표형상과 거의 일치하고 있음을 알 수 있다. 즉 4회 수정후의 블랭크의 모양이 본 공정에서의 최적블랭크가 된다.

Fig. 3은 원형 블랭크와 최적블랭크를 이용하여 유한요소 해석한 성형 후 제품의 형상을 3차원적으로 나타낸 형상으로, 최초로 가정한 Φ 130의 블랭크는 성형후 플랜지의 면적이 많이 남아 있으나 최적블랭크의 경우 성형후에 목표한 바의 균일한 트리밍 여유폭을 가지고 있음을 보여준다.



(a) Circular blank (b) Optimal blank

Fig.3 Comparison of the deformed shapes

2.3 AUDI Front door panel의 성형

민감도법을 Numisheet '99의 벤치마크 문제인 AUDI사의 front door panel에 적용해 보았다. IGES 형식으로 제공 받은 금형면 정보를 이용하였으며 초기블랭크 모양도 같이 제공받았다. 이 문제에서는 바인더랩 및 드로오 비드가 있고 금형면의 정보가 CAD 형식으로 되어 있다.

Fig. 4(a)는 Numisheet 99'에서 제시한 초기 블랭크로 성형 해석한 결과로 최종상태에서 플랜지 외곽선의 성형모양이 목표형상과 약간 차이가 나타났으나 Fig. 4(c)의 2회의 수정을 통하여 결정된 최적블랭크로 성형해석한 결과 플랜지 외곽선의 모양이 목표형상과 전구간에서 허용오차내에 들어감을 확인할 수 있다. 이 문제는 일반적인 금형에서 보여줄 수 있는 특성인 바인더랩, 드로오비드, 그리고 CAD 형식의 금형면을 모두 포함하고 있기 때문에 본 공정을 성공적으로 해석함에 따라 실제 자동차 부품의 생산등에 사용되는 CAD로 설계된 자유곡면형식의 금형면에 대

해여도 민감도법이 성공적으로 적용되고 있음을 확인할 수 있다.

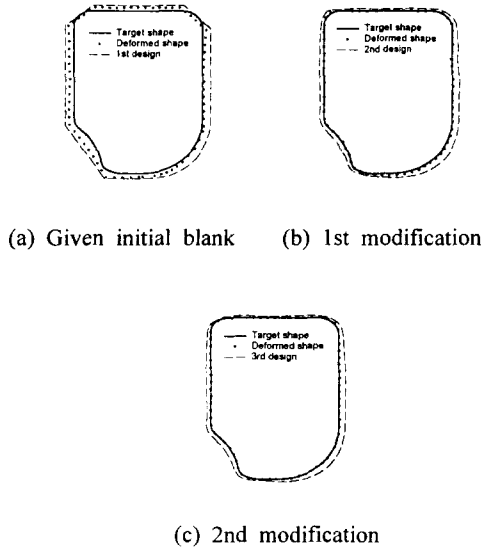


Fig.4 Flange contours after deformation

3. 결론

본 연구에서는 제안된 민감도법을 이용하여 레이저 용접된 판재, 복잡한 변형역학을 지닌 오일 팬의 성형, 그리고 드로우 비드, 바인더 랩, CAD 형식의 금형면으로 표현된 문제에도 성공적으로 적용함으로써 민감도법에 의한 최적블랭크 설계 기법이 우수함을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

[1] V.V. Hazek and K. Lange, "Use of Slip Line Field Method in Deep Drawing of Large Irregular Shaped Component", Proc. of 7th NAMRC, pp.65~71, 1979

[2] X. Chen and R. Sowerby, "The Development of Ideal Blank Shapes by The Method of Plane Stress Characteristics", Int.J.Mech.Sci., Vol. 34,

No. 2, pp.159~166, 1992

[3] K. Chung and O. Richmond, "The Mechanics of Ideal Forming", Trans. of the ASME, J.of Applied Mechanics, Vol. 61, March, pp.176~181, 1994

[4] K. Chung and O. Richmond, "A Deformation Theory of Plasticity Based on Minimum Work Paths", Int.J. of Plasticity, Vol. 9, pp.907~920, 1993

[5] H. Iseki and R. Sowerby, "Determination of the Optimum Blank Shape When Deep Drawing Nonaxisymmetric Cups, Using a Finite-Element Method", JSME, Vol. 38, No. 4, 1995

[6] C.H. Toh and S. Kobayashi, 'Deformation Analysis and Blank Design in Square Cup Drawing', Int.J.Mach.Tool Des.Res., Vol.25,No.1, pp.15-32, 1985

[7] 김종엽, 김낙수, 허만성, CAE를 이용한 자동차 Cross Member의 블랭크 설계, '97 한국 CAD/CAM 학회 pp239~246, 1997

[8] 박상후, 이상적 성형 이론과 변형경로 반복법을 이용한 최적블랭크 설계에 관한 연구, 한국과학기술원 석사학위 논문(1995)

[9] 박민호, 김상진, 서대교, 오목형 단면 딥드로잉에서의 성형성, 한국소성가공학회지 5권 2호, pp. 138~144 (1996)

[10] 손기찬, 심현보, 전성문, 임의형상 컵 디프드로잉에서의 최적블랭크에 관한 연구, 한국소성가공학회 '98 추계, (인하대, 1998.10.16), 1999

[11] 손기찬, 민감도법에 의한 최적블랭크 형상 설계에 관한 연구, 영남대학교 석사학위 논문 (1998)