증육된 벽부를 가진 더블 싱크 제품의 프로그레시브 금형 설계

장원석¹· 최홍석¹· 이희도²· 강신철²· 안국찬³· 김병민[#]

Progressive Die Design for a Component of Double Sinks with Locally Thickened Wall

W. S. Jang, H. S. Choi, H. D. Lee, S. C. Lee, K. C. Ahn, B. M. Kim

(Received October 12, 2010 / Revised October 27, 2010 / Accepted October 29, 2010)

Abstract

Thickening process in sheet metal forming is being increased to improve the strength as well as to reduce manufacturing process such as welding. This process can make it possible to obtain part locally thicker than that of initial sheet thickness. In this study, design method for manufacturing the component which has double sinks with local thickened wall is proposed. Deep drawing and upsetting processes are applied in order to form double sinks and thicken its walls. Used material is SPHC440 with the thickness of 2.0mm and initial blank size is determined on the basis of the final product. Distance between the center of double sinks and first drawing ratio to avoid fracture are the most significant factors during deep drawing. FE-analysis is implemented in order to determine the appropriate values. Progressive die is designed based on the proposed method and FE-analysis. As a result of experiment, locally thickened component can be manufactured, which has double sinks with the thickness about 3mm at the corner and wall.

Key Words : Thickened Wall, Progressive Die, Double Sinks, Deep Drawing, Process Design

1. 서 론

최근 자동차 및 전자 부품 산업에 있어 공정수의 저감, 강도 향상 등을 위한 목적으로 증육 공법의 적용이 시도되고 있다. 증육 공법(Wall thickening forming)은 판재 성형 시 필연적으로 얇아지는 부위를 단조와 같은 압축력을 가하여 본래 소재 두께보다 두껍게 성형하는 공정이다 [1]. 증육 공법을 적용하기 용이한 부품은 주로 딥 드로잉 공정에 의해 제조되는 컵, 보스(Boss) 또는 싱크(Sink)와 같은 형상을 가진 제품이다. 특히 자동차 산업에서 부품 간의 체결 및 지지

역할을 하는 마운트(Mount)류, 태핑 플레이트(Tapping plate)와 같은 부품은 기존에는 판재와 싱크부를 각각 제조하고 이를 용접하여 제작해 왔으나 공정수의 증가와 용접부의 강도 문제로 인해 프로그레시브 (Progressive) 금형을 이용한 딥드로잉으로 일체화하는 노력이 있어왔다. 여기서 싱크의 벽부 및 코너부를 증육시키기 위해 딥드로잉 후 단조를 수행함으로써 용접에 의한 제품의 강도에 비해 2~5 배까지의 강도 향상 효과를 피할 수 있다.

국내의 증육 공법에 관한 연구는 그것의 경제 및 산업적 중요성에도 불구하고 체계적으로 이루어

1. 부산대학교 대학원 정밀가공시스템

2. ㈜신영 기술연구소

3. 진주산업대학교 자동차공학과

교신저자: 부산대학교 기계공학부, bmkim@pusan.ac.kr

어지지 않고 있으며 그 정도 또한 미흡한 실정이다. 국외의 증육 관련 연구에서 Abe 등[2]은 원추형 편치에 의한 드로잉과 압축 성형을 이용하여 자동차 부품인 스틸 호일 디스크(Steel foil disk)의 코너부를 국부 증육 성형하였으며, Kunio 등[3]은 CVT의 폴리 피스톤 일부를 업세팅으로 증육시켜 경량화와 동시에 강도를 증대시켰다. 또한 Maeda 등[4]은 예비 치형성형품을 업세팅하여 드라이브 플레이트의 링기어를 일체 증육하는데 성공하였으며, 일본 도요타 자동차의 Ishihara 등[1]은 복동식 프레스를 이용하여 12 공정으로 제조되는 자동차 변속기용 피스톤을 3 공정만으로 성형하는 동시에 증육까지 가능하도록 하였다.

국내에서는 주로 현장에서 경험에 의해 증육 공정 및 그를 이용한 제품을 여러 시행착오 끝에 설계하고 제작하는 경우가 많다. 한편 국내에서 공개된 증육 공정 관련 문헌에서 Choi 등[5]은 플라스틱을 이용하여 보스부를 가진 부품의 증육 공정 설계 방법을 제안하였는데 초드로잉에 의해 체적을 확보하고 점진적으로 직경을 줄여나가면서 최종적으로 단조를 수행하는 것이 유효함을 유한요소해석과 실험으로 검증하였다.

현재까지의 증육 공정에 대한 연구는 싱크부가 하나인 비교적 간단한 부품에 한정되어 있었다. 그러나 부품의 형상이 복잡해지고 요구되는 강도가 증가함에 따라 2 개 이상의 싱크부를 가진 부품의 증육 공정 설계가 필요하다. 이러한 부품은 드로잉 공정에서 서로 간섭을 일으키게 되고 공정 변수를 적절히 설계하지 않을 경우 싱크 사이가 얇아져 파단이 발생할 우려가 있다. 따라서 하나의 싱크를 가진 부품에 비해 성형 난이도가 높다고 할 수 있다.

본 연구에서는 증육된 2개의 싱크(이하 더블 싱크)를 가지는 부품의 프로그레시브 금형설계 방법을 제안하였다. 이를 위하여 최종 제품의 치수를 기반으로 초기 블랭크 형상을 결정하고 적절한 초드로잉 및 싱크 간의 거리 등을 선정하였다. 제시된 더블 싱크 설계 방법과 유한요소해석을 적용하여 프로그레시브 금형 및 공정 설계를 수행하였으며 이를 바탕으로 제품을 제작한 결과, 초기 두께 2mm의 판재에서 싱크 두께가 최대 3mm 이상 증육된 더블 싱크 부품을 제조할 수 있었다.

Fig. 1 Schematic drawing of the part with double sinks

Fig. 2 Photograph of previous product assembled by welding

2. 프로그레시브 금형 설계 절차

2.1 더블 싱크제품

본 제품은 차량의 개폐장치를 구성하는 부품의 일부로써 센터필라(Center pillar)와 쿼터필라(Quarter Pillar) 같은 도어 개폐장치가 장착되는 부분에 위치한다. Fig. 1에 본 연구에서 개발하고자 하는 더블 싱크를 가진 제품의 개략도를 나타내었다.

이러한 더블 싱크 제품은 Fig. 2에 나타난 바와 같이 너트와 플랜지를 별도로 제조하고 용접을 통하여 최종 제품으로 완성되었다. 기존 용접에 의한 제품은 공정 수가 증가할 뿐만 아니라 용접 공정에 의한 생산성도 저하된다. 또한 정밀한 치수 관리를 위해서 용접 시 별도의 지그를 구성해야 하는 등 여러 문제점이 있다. 그러나 무엇보다 큰 문제점은 강도적인 측면을 들 수 있는데 제품에 정적 하중 및 비틀림 하중이 작용할 경우 용접부에서 파손이 빈번하게 발생할 우려가 있다.

따라서 이러한 싱크 및 플랜지를 가진 부품은 딥드로잉으로 일체화하는 것이 여러 가지로 유리

Fig. 3 Flow chart for manufacturing the component of double sinks with local thickened wall

하다. 우선 프로그레시브 공정에 의해 소성가공함으로써 생산성이 상당히 뛰어나고 용접 공정을 제거할 수 있다. 여기에 증육 공정을 적용하여 싱크부 및 코너부를 두껍게 할 경우 용접 제품에 비해 3~5 배 가량의 부하 능력을 가지게 된다.

2.2 더블 싱크 제품의 공정 설계 절차

Fig. 3 은 증육된 더블 싱크를 가진 제품 제조를 위한 공정 및 금형 설계 순서도 이다. 설계 절차는 총 5 단계로 구성되어 있다. 우선 절차 A 는 제품을 분석하여 초기 블랭크 직경을 계산하는 과정이다. 절차 B 는 초드로잉 공정 설계 과정을 나타낸다. 이 때 고려되는 중요한 변수는 펀치 중심 간의 거리로써 적정한 값이 결정되지 않는 경우 싱크 사이의 플랜지부에서 파단이 발생할 수 있다. 한편 절차 C 는 재드로잉률과 싱크 중심 간의 거리 감소율을 결정하는 과정으로써 초드로잉 시 싱크 중심과 최종 제품의 싱크 중심이 일치할 때까지의 유한요소해석을 수행한다. 절차 D 는 업세팅 전까지의 재드로잉을 수행하는 과정이다. 마지막

Fig. 4 Considered parameters for determining initial blank size

막으로 절차 E 는 A~D 를 거쳐 형성된 싱크부를 원하는 제품 형상으로 업세팅하여 증육하는 공정이며 제품의 두께를 평가한다.

2.2.1 초기 블랭크 크기 결정

프로그레시브 공정 및 금형 설계에 있어서 가장 먼저 최종 제품의 치수 및 트리밍 여유를 고려하여 초기 블랭크 직경을 결정하는 것이 중요하다. 일반적으로 블랭크 직경(D)은 제품 형상의 표면적을 이용하여 산출하게 된다[6]. 본 연구에서의 증육된 더블 싱크를 가진 부품의 초기 블랭크 직경은 일반적인 산출식에서 업세팅 여유 및 높이 등을 고려하여 다음의 식(1)과 같이 결정될 수 있다. 이 식에서 업세팅 여유를 위하여 싱크부 높이와 외경에 각각 1.3, 1.1 의 보정계수를 곱하였다. Fig. 4 에 블랭크 직경 결정을 위해 고려된 변수를 개략적으로 나타내었다. 한편 더블 싱크를 가진 제품에 있어 초드로잉 중심, 즉 싱크 중심 간의 거리(L)가 중요한데, 이는 절차 B 에서 결정된다.

$$D = \sqrt{(d_2 \times 2)^2 + 4(h \times 1.3)(d_1 \times 1.1)} \quad (1)$$

여기서

d_1 : 싱크의 외경 (mm)

d_2 : 플랜지의 바깥 반지름 (mm)

h : 싱크부 높이 (mm)

코너반경은 소재 두께의 4~10 배 정도의 범위로 선정한다.

$$L = (R_d \times 2) + \frac{D_d}{2} + \frac{D_d}{2} \quad (2)$$

여기서

 R_p : 펀치 코너 반경 (mm) R_d : 다이 코너 반경 (mm) D_p : 편치 직경 (mm) D_d : 다이 직경 (mm)

L: 초드로잉 공정에서 싱크 중심 간의 거리 (mm)

2.2.3 싱크 중심의 이동 및 재드로잉

초드로잉 이후에는 재드로잉 공정에 의해 싱크 부를 형성시킨다. 더블 싱크를 가진 부품의 재드로잉 공정에서는 재드로잉 공정에 따라 싱크 중심의 거리를 최종 제품의 중심에 맞도록 차츰 줄여나가는 것이 요구된다. 이를 개략도로 나타낸 것이 Fig. 6이다. 초기에 제품의 성형 특성 및 소재의 유입 등을 고려하여 L을 결정하게 되는데 이는 최종 제품의 싱크 간 거리보다 다소 떨어져 있다. 따라서 재드로잉 공정에서 펀치 및 다이의 직경을 줄여나가는 동시에 거리 L 또한 균등하게 감소시켜 나간다. 일반적으로 재드로잉률은 0.8~0.85의 범위에 있으나 더블 싱크와 같은 제품은 양측 싱크 사이에서 소재 유동을 구속 받기 때문에 이보다 약간 더 증가시켜야 한다. 따라서 재드로잉률은 0.9에 가깝게 선정하였으며 싱크 중심간의 거리 감소율도 도 0.9L로 설계하였다. 예를 들어 초드로잉률에서 L이 50mm라고 하였을 때 재드로잉 공정에서는 $50 \times 0.9 = 45\text{mm}$, 3차 드로잉에서는 $45 \times 0.9 = 40.5\text{mm}$ 로 결정하는 것이다. 이러한 방식으로 L이 최종 제품의 싱크 중심 간의 거리 (I)와 동일해 질 때까지 재드로잉을 수행한다. 이것이 절차 C이다. 한편 절차 D에서는 일반적인 재드로잉 방식과 동일하게 펀치, 다이 직경 및 코너 반경을 줄여나가면서 Fig. 7에 나타난 치수에 가까워질 때까지 재드로잉을 수행한다.

2.2.4 피어싱과 업세팅

증육 공정에서 가장 중요한 것이 업세팅이다. 업세팅 공정의 좌굴을 방지하기 위해 적절한 공정 분할이 필요하다. 또한 증육부 및 코너부의 두께를 만족시키기 위해서는 드로잉 공정에서의 적절한 소재 유입이 요구된다. 소재가 부족할 경우 원하는 증육 치수를 만족시키기 어렵기 때문에

Fig. 5 Schematic drawing of tool structure for first drawing and considered parameters

2.2.2 초드로잉에서의 금형 형상 설계

더블 싱크를 가지는 제품은 1 열 싱크를 가지는 제품과 다르게 2 개의 일체화된 펀치 및 다이를 사용하기 때문에 펀치 사이 중심거리의 간격(L)이 중요하다. L을 최종 제품과 동일하게 두고 초드로 잉을 수행할 경우 싱크부의 체적을 만족할 수 없을 뿐만 아니라 싱크 사이에서 과도한 인장응력이 발생하여 파단이 발생할 수 있다.

Fig. 5 에 초드로잉 금형의 구조를 나타내었다. 펀치의 및 다이의 직경은 블랭크 직경(D)과 초드로잉률 및 클리어런스에 의해서 결정된다. 여기서 클리어런스는 소재 두께의 10% 정도를 부여하는 것이 적당하다. 한편 초드로잉률에 따라 플랜지부의 결함 및 소재 유입량을 알 수 있기 때문에 이는 유한요소해석을 통해 결정한다. 한편 싱크 중심간의 거리는 Fig. 5 에 나타난 바와 같이 다이의 곡률 반경(R_d)과 다이 직경(D_d)에 따라 결정할 수 있으며, 기하학적으로 식(2)를 사용하여 싱크 중심간의 거리를 결정한다. 이 때 R_d 를 증가시키기 위해서는 싱크 사이의 거리(L) 또한 증가됨을 알 수 있다. R_d 의 적정값은 유한요소해석을 통해 초드로잉 시 파단 발생이 없는 범위에서 가능한 크게 결정하는 것이 성형성에 유리하다. 한편 펀치의

Fig. 6 Shift of distance between the center of double sinks during drawing processes

Fig. 7 Comparison of dimension ratio between product and finally deep drawn product (before piercing)

Fig. 8 Schematic view of thickening processes

초드로잉률을 약간 증가시켜 소재의 유입량을 확보하는 것이 필요하다. 절차 E 에 따라 유한요소 해석을 수행하여 단면 치수를 확인하고 두께를 측정한다.

3. 유한요소해석 및 프로그래시브 공정 설계

3.1 유한요소해석 조건

본 연구에서는 성형 중 변형 거동 및 파단 등을 예측하고 적절한 공정변수를 결정하기 위하여 상용 유한요소해석 코드인 DEFORM 3D (ver.10)를 이용하였다. 일반적인 판재 성형공정에 비교하여 판 두께가 비교적 크기 때문에 탄성회복은 고려하지 않았다. 한편 소재는 SPHC440 이고 인장시험을 통해서 식 (3)과 같은 유동응력식을 도출하였다. 공통 조건으로써 편치속도, 마찰상수는 각각 100mm/s, 0.07 로 부여하였다.

$$\bar{\sigma} = 788\bar{\epsilon}^{0.233} [MPa] \quad (3)$$

Fig. 9 FE-analysis results with respect to first drawing ratio

드로잉 시 파단 한계를 예측하기 위하여 연성 파괴조건(Ductile fracture criteria)을 도입하였다[7, 8]. 본 연구에서는 수정된 Normalized Cockroft & Latham 식을 적용하였으며 인장시험과 유한요소 해석 결과를 비교하여 0.8의 임계 손상치(Critical damage)를 얻었다. 따라서 성형 시 변형영역의 손상치가 임계값을 넘을 경우 파단이 발생한다고 판단하였다.

Fig. 8은 유한요소해석 절차를 나타낸 것으로 초드로잉, 재드로잉, 피어싱 및 업세팅 순서로 수행되었다.

3.2 블랭크 직경 결정

초기 블랭크 직경(D)는 식 (1)에 의해 결정된다. 최종 제품의 치수 및 트리밍 여유를 고려하여 계산한 결과 초기 블랭크 직경은 46mm로 선정할 수 있었다.

3.3 초드로잉률 결정

딥 드로잉 시 초드로잉률을 적절하게 선정하지 않으면 컵의 코너 및 벽부가 파단되거나 플랜지부에 과도한 주름이 발생할 수 있다[9]. 게다가 더블 싱크를 가진 제품은 드로잉 시 싱크 사이의 소재 유입이 구속되기 때문에 적절한 초드로잉률을 선정할 필요가 있다. 이런 점을 반영하여 초드로잉률이 더블 싱크 제품의 성형 특성에 미치는 영향을 유한요소해석을 이용하여 파악하였다.

초드로잉률은 실용 한계치로 알려진 0.47~0.53 사이에서 실시하였으며 Fig. 9에 각 초드로잉률 별로 변형된 형상을 손상치와 함께 나타내었다. 초드로잉률이 0.47인 경우, 싱크 사이의 플랜지부

Fig.10 FE-analysis results with respect to corner radius of die

및 코너부에서 소재의 임계값인 0.8 이상의 손상치가 나타났으므로 파단의 위험이 있을 것으로 사료된다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 싱크 사이에서 소재의 유입이 구속되어 과도한 인장력이 발생했기 때문이다. 한편, 초드로잉률이 0.51 이상일 때는 소재의 유입량이 증가하여 플랜지가 없는 컵 형상과 유사하게 되었으며, 많은 양의 주름이 예상된다. 또한 과도한 소재의 유입은 업세팅 공정에서 필요 이상의 싱크 두께를 발생시켜 금형에 무리를 줄 수 있다. 본 연구에서는 더블 싱크를 가진 제품의 초드로잉률을 파단 발생이 없을 뿐만 아니라 재드로잉 공정에도 유리한 0.49로 선정하였다.

3.4 다이 코너반경 (R_d) 결정

펀치 및 코너 반경 또한 드로잉 공정에서 중요한 공정 변수들 중의 하나이다. 초드로잉 공정에서의 펀치 및 다이의 코너 반경은 소재 두께를 t 라고 했을 때, $4\sim 10t$ 를 부가하는 것이 성형성에 양호하다고 알려져 있다[10]. 그러나 Fig. 5에 나타낸 바와 같이 다이 코너 반경 (R_d)은 블랭크의 크기 및 소재의 유동에 영향을 미치기 때문에 더블 싱크를 가진 제품을 성형할 때 특히 중요시된다. R_d 를 크게 할 경우, 길이 L 이 증가하기 때문에 초드로잉 시 싱크 중심 간의 거리 L 과 최종 제품의 싱크 중심 간의 거리 l 간의 차이가 커진다. 이는 곧 불필요한 재드로잉 공정을 유발시킬 뿐만 아니라 이에 따른 과도한 변형 및 가공 경화를 일으켜 품질 측면에서도 좋지 않을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 적절한 R_d 를 선정하기 위하여 유한요소해석을 이용하여 R_d 의 변화에 따른 성형성을 파악하였다.

Fig 10은 R_d 의 변화에 따른 초드로잉 후 변형된

Fig.11 FE-analysis results with respect to distance between center of sinks

Fig.12 Deformed shape after re-drawing processes by FE-analysis

Fig.13 Deformed shape after upsetting processes by FE-analysis

형상과 손상치를 나타낸 것이다. R_d 가 3.0mm 이하인 경우, 싱크 사이 플랜지부에서 임계 손상치 이

상의 값이 나타나는 것으로 보아 파단이 발생할 수 있다. 이는 R_d 의 감소에 따라 싱크에 초드로잉 시 싱크 사이에서의 소재 유입에 구속이 발생할 뿐만 아니라 국부적으로 코너부에 변형이 집중되었기 때문이다. 한편, R_d 가 6.0mm 이상인 경우 파단의 위험은 없지만 소재의 유입이 과도하여 초드로잉 형상 불량으로 나타났다. 따라서 R_d 는 플랜지부의 균열의 위험이 없을 뿐만 아니라 형상적으로도 우수한 4.5mm로 선정하였다.

3.5 싱크 간 중심 거리(L)의 결정

싱크 간 중심 거리(L)를 선정하기 위하여 초드로잉 및 다이 코너 반경을 고정한 후 L의 변화에 따른 유한요소해석을 수행하였다. Fig. 11에 싱크 중심 간 거리에 따른 초드로잉 해석 결과를 나타내었다.

L이 32mm일 때 싱크 사이 플랜지부에서의 손상치가 0.8 이상이 나타난 것을 알 수 있으며 이 경우 파단이 예상된다. 게다가 싱크 사이의 단면에서 국부적으로 단면 감소가 크게 발생하였다. 한편, L이 40mm인 경우, 성형 상의 문제점은 발견되지 않았으나 공정수가 증가할 우려가 있기 때문에 적절한 싱크 중심 간의 거리로써 36mm가 가장 우수하다고 판단된다.

3.6 싱크 중심간의 거리 감소를 결정 및 재드로잉 해석

초드로잉에 의해 형성된 컵 형상을 이용하여 점진적으로 재드로잉을 수행하였다. 여기에서 결정되어야 할 주요 변수는 싱크 중심 간의 거리 감소율(ΔR) 및 재드로잉률이다. 재드로잉률은 통상 0.8~0.85의 범위에서 수행되고 있으나[9] 더블싱크를 가진 제품은 상당한 구속력을 받기 때문에 이를 적용하기는 어렵다고 생각된다. 따라서 재드로잉률을 0.9로 선정하여 드로잉을 수행하였다. 한편, 초드로잉 시 싱크 중심 간의 거리(L)를 제품 싱크 간의 거리(L)만큼 줄이기 위해서는 거리 감소율을 결정해야 한다. 본 연구에서는 재드로잉률인 0.9와 동일하게 ΔR 을 0.9로 선정하여 $L=1$ 이 될 때까지 재드로잉을 수행하였다. 또한 $L=1$ 이 된 후에는 제품의 치수에 가까워질 때까지 재드로잉을 수행하였다. 여기서 펀치 및 다이의 코너 반경은 알려진 바와 같이 이전 드로잉 공정의 코너 반경에 0.8배 정도를 곱하는 것으로 하였다[10]. 이에 따라 업세팅 전까지의 재드로잉은 9공정의

로 설계되었다. Fig. 12에 재드로잉을 수행한 후 변형된 형상을 각 공정 별로 나타내었다.

3.7 업세팅 해석 결과

기계적 강도 향상을 위하여 싱크부를 증육함과 동시에 최종 제품의 치수를 내기 위하여 업세팅을 수행하였다. 업세팅 전 피어싱을 실시하였으며 업세팅은 좌굴 등의 결함을 방지하기 위하여 총 3공정으로 수행되었다. Fig. 13은 업세팅 해석 결과를 나타낸 것으로 싱크부의 벽 및 코너부 두께가 초기 소재 두께보다 두꺼워짐을 알 수 있다. 해석 결과 좌굴과 같은 결함은 발생하지 않았다.

4. 더블 증육 싱크를 가진 제품 제작 및 검증

4.1 제품 제작

본 연구에서 제시한 설계 방법의 타당성을 검증하기 위하여 프로그레시브 금형을 이용하여 더블 싱크를 가진 제품을 제작하였다. Fig. 14에 제품 제작을 위한 금형 사진을 나타내었다. 총 공정수는 드로잉 10 공정, 피어싱 1 공정, 업세팅 3 공정으로 이루어졌다. 주름을 방지하기 위한 블랭크 홀더는 펀치와 일체로 설계하였으며 드로잉 공정에서의 제품 취출을 위한 녹 아웃(Knock-out) 펀치에는 스프링 장착하여 100~200kgf의 하중을 부여할 수 있도록 하였다. 한편, 업세팅 공정에서는 증육 성형이 가능할 수 있도록 650kgf의 비교적 큰 카운터 하중을 부여하였다.

4.2 제품과 해석 결과와의 비교

Fig. 15는 앞서 수행된 공정설계 및 유한요소해석 결과를 반영하여 제작된 증육 싱크의 최종 제품을 유한요소해석 결과와 비교하여 나타낸 것이다. 싱크 벽부의 두께가 초기 소재의 두께에 비해 증가된 것으로 보아 더블 싱크를 가진 부품의 증육을 위한 설계 절차가 합리적인 것을 검증할 수 있었다. Fig. 16은 제품 싱크부의 각 위치 별 두께 측정 결과를 나타낸 것이다. 그 결과, 비교적 실제 제품과 싱크부의 두께가 잘 일치하는 것을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 프로그레시브 공정을 이용하여 더블 싱크를 가지는 제품의 제작을 위한 설계 방

(a)Upper die

(b)Lower die

Fig.14 Photograph of the tools

Fig.15 Component with double sinks and comparison with FE-analysis result

Fig.16 Thickness distribution of the product

안을 제시하였다. 그 절차를 따라 설계된 금형 형상을 이용하여 유한요소해석 및 제품을 제작한 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

(1) 더블 싱크를 가진 제품은 초드로잉 공정부터 양측 싱크 사이에서 구속을 받기 때문에 파단이 발생할 우려가 있다. 따라서 이를 방지하기 위해서는 초드로잉틀, 다이의 코너 반경 및 싱크 중심 간의 거리를 적절하게 선정하는 것이 중요하다.

(2) 싱크 중심 간의 거리는 재드로잉 공정에서 차츰 줄여나가는 것이 요구되며 본 연구에서는 재드로잉틀과 동일하게 싱크 중심 간의 거리 감소율을 선정하였다.

(3) 재드로잉을 완료한 후 증육을 위하여 피어싱, 업세팅을 수행하였다. 이 때 업세팅 공정에서는 싱크부의 좌굴이 발생하지 않도록 3공정으로 나누어 성형하였다.

(4) 설계 절차 및 해석 결과를 반영하여 프로그램 레시브 금형을 제작하였다. 이를 이용하여 더블 증육 싱크를 가진 제품을 제조한 결과, 싱크부의 두께 및 코너부가 초기 소재보다 두꺼운 고강도의 제품을 제작할 수 있었다. 또한 유한요소해석 결과와도 비교적 잘 일치하는 것으로 보아 본 연구에서 제시한 더블 증육 싱크 제조를 위한 설계 절차가 타당함을 알 수 있었다.

후 기

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술재단의 전략기술인력양성사업 및 2010년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2009년-K20601000004-09E0100-00410)

참 고 문 헌

[1] S. Ishihara., K. Mine., T. Suzumura., 2003,

- Development of Thickening Process by Thick plate, J. Jpn. Soc. Technol. Plast., 44, pp. 409~413.
- [2] Y. Abe., K. Mori., O. Ebihara., 2002, Optimization of the Distribution of Wall Thickness in the Multistage Sheet Metal Forming of Wheel Disks, J. Mater. Process. Technol, pp.125~126, pp.792~797.
- [3] O. Kunio, Y. Toru., S. Isamu., 1996, Development of Forming Pulley Piston Body for CVT, Automotive Tech, 50, pp. 31~37.
- [4] A. Maeda., K. Araki., 1998, Technology of gear forming by Sheet metal, J. Jpn. Soc. Technol. Plast, 39, pp. 106~110.
- [5] H. S. Choi, B. M. Kim, K. J. Nam, D. C. Ko, 2009, Process design for thickening boss components using plasticine Proc. Kor. Soc. Precis. Eng., pp. 129~130.
- [6] G. C. Jun, 1993, Forming of Sheet Metal, Bando publishing company, pp. 131~153.
- [7] D. C. Ko, J. H. Lee, B. M. Kim, J. C. C, 1994, Prediction of Ductile Fracture in Metal Forming Processes, Trans. Mater. Process., Vol.3, No.2, pp. 169~177.
- [8] Y. M. Won, K. H. Oh, 1996, The Elasto-Plastic Finite Element Analysis of Ductile Fracture in Shape Rolling, Trans. Mater. Process., Vol. 5, No. 1, pp. 72~80.
- [9] S. E. Park, W. H. Han, S. H. Kim, 1997, Press Working Date Book, Gijeon publishing company, pp. 187~228
- [10] K. H. Na, S. W. Choi, T. H. Choi, W. J. Chung, J. H. Kim, H. S. Bae, 2000, A Development of Design Support System for Multistep Deep Drawing Process, Trans. Mater. Process., Vol. 9, No. 6, pp. 638~643.