

원형컵 드로잉의 공정설계 변화에 따른 제품품질에 미치는 영향

이재명* · 이상민* · 최영윤* · 류호연* · 김종호*

Influence of Process Design Scheme on Product Qualities in Cylindrical Cup Drawing

J. M. Lee, S. M. Lee, Y. Y. Choi, H. Y. Ryu and J. H. Kim

Abstract

A systematic investigation for process design in deep drawing is necessary for quality improvement of drawn cups. This study has been concentrated mainly on the influence of process design scheme on product qualities in cylindrical cup drawing. Three types of process design scheme were chosen in this study. That is, Case 1 is to finish drawing a cup of 50mm in diameter in one stage, Case 2 and Case 3 are redrawing the drawn cups of 55, 65mm in diameter to the final size respectively. Though experiments the maximum drawing force in two-stage cup drawing could be reduced up to 35% as compared with that of one-stage cup drawing. In addition, the Case 2 and Case 3 processes showed better product qualities than the Case 1 process when comparing distributions of thickness, hardness, dimensional accuracy.

Key Words : Deep Drawing Process, Tensile Strength, Elongation, Drawing Force

1. 서 론

현재 금속성형분야에서는 다량생산과 경제적 생산수단으로 박판 성형법(sheet metal forming)이 성형품의 강도에 비해 경량이며, 제조원가가 낮고, 양호한 표면가공 및 높은 정밀도를 얻을 수 있기에 각광을 받고 있다. 특히 박판 성형공정인 디프 드로잉 공정은 자동차산업 등의 발달과 함께 그 중요성이 날로 증가하고 있으며, 이에 대한 이론적, 실험적 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에서 Karzhavin⁽¹⁾은 다단의 축대칭 컵 연구에서

폴립 처리하지 않은 디프 드로잉의 경우 5가지의 파단 현상이 공정별로 다른 형태로 생성됨을 발표하였다. 또한 Yang⁽²⁾은 원형컵 드로잉 공정에서 재드로잉과 역 재드로잉을 실험하여 두 공정을 통한 성형특성 차이를 비교하였으며, Kim⁽³⁻⁴⁾은 스테인리스강판(STS 305)의 성형 조건을 실험적으로 연구, 중간 폴립 열처리 없이 성형할 수 있는 최적 조건들을 연구하여 기존의 디프 드로잉공법(conventional deep drawing process)에 아이어닝(ironing)작업을 복합시킨 아이어닝 디프 드로잉 공법(deep drawing process combined with ironing)을 실험을 통해 타당성을 입증하였다.

* 서울산업대학교 금형설계학과

하지만 컵 제품의 경우 몇 단계 공정을 거쳐 제작되는 것이 일반적이며, 여러 번의 공정을 필요로 하는 제품의 경우 중간 공정 설계에 따라 제품의 품질이 좌우되므로 중간공정 설계방법에 대한 체계적인 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 같은 치수의 최종제품을 성형하는데 있어 1회 공정의 디프 드로잉공정으로 성형한 제품과 2회의 공정으로 성형된 제품에 대한 종합적인 비교, 검토를 통해 제품의 품질향상을 위한 최적의 공정설계조건을 제시하고자 한다.

2. 실험방법

본 실험에 사용한 시편의 종류는 두께 0.5mm의 스테인리스강판(STS 304), 냉간압연강판(SPCC), 인탈산동판(C1201)이며, 이들 시험편의 기계적 성질을 파악하기 위하여 인장시험편을 Fig.1에 나타낸 것과 같이 KS B0801의 13호 시험편으로 제작하여 기계적 성질을 파악하였다.

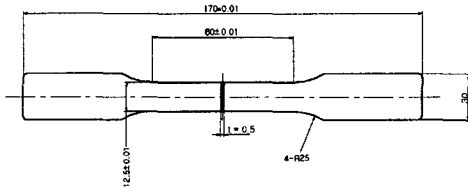


Fig. 1 Shape and dimension of tensile specimen

본 연구에서 적용한 드로잉 공정설계는 직경 100mm의 블랭크를 1회의 드로잉 가공으로 직경 50mm의 컵을 성형한 Case 1과 직경 55, 65mm로 1차 드로잉한 중간공정의 제품을 직경 50mm로 다시 재드로잉하는 Case 2, Case 3의 세 가지 종류로 나누어 설계하였다.

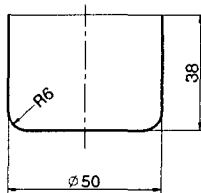


Fig. 2 A finished cup after drawing

Fig. 2의 완제품을 성형하기 위해 트리밍여유, 드로잉률, 펀치와 다이 각 반지름 등을 고려하여 Fig. 3과 같은 세 가지 경우의 공정설계에 맞게 다이, 펀치, 블랭크홀더(blankholder)를 설계, 제작하였으며 각 시험편을 공정 변화시켜 Fig. 4의 만능 박판성형성 시험기에서 블랭크홀더, 윤활, 금형틈새, 펀치와 다이 각 반지름, 드로잉속도(약 125mm/min) 등을 일정하게 유지시킨 후, 실험을 수행하였다.

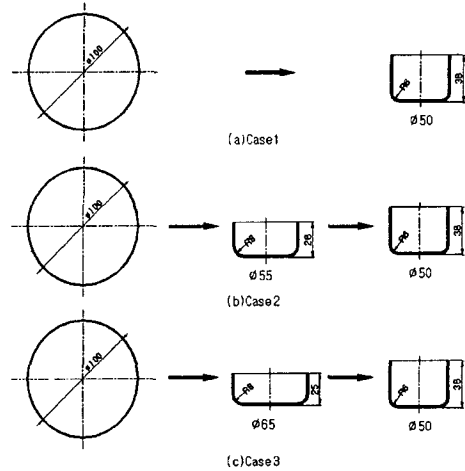


Fig. 3 Process design scheme for deep drawing

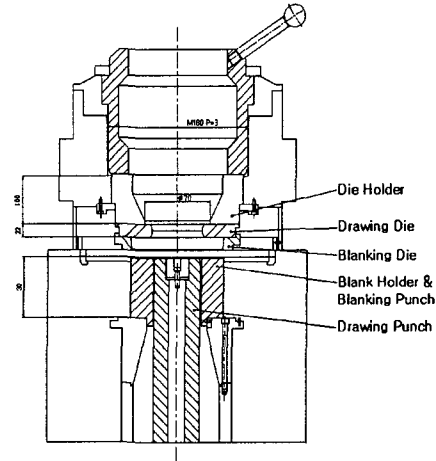


Fig. 4 Sectional view of assembled die parts in universal sheet metal testing M/C

3. 실험결과 및 고찰

3.1 시편의 기계적 성질 시험결과

Fig. 5는 인장시험 후 시편의 두께 분포를 나타내는 것으로 파단이 발생한 부위를 중심으로 2mm간격으로 양방향 50mm까지 측정된 결과를 나타내고 있다. SPCC가 파단지점의 두께가 0.32mm로 가장 큰 두께 변화를 나타내고 있으며 연성이 높은 STS 304의 경우는 시편의 전 영역에 걸쳐 큰 두께변화분포를 나타낸다. 가공경화치수와 균일연신률이 큰 STS 304는 넓고 균일한 분포를 보이고 있는 반면, SPCC와 C1201은 상대적으로 국부적인 변형이 큰 것으로 나타났다.

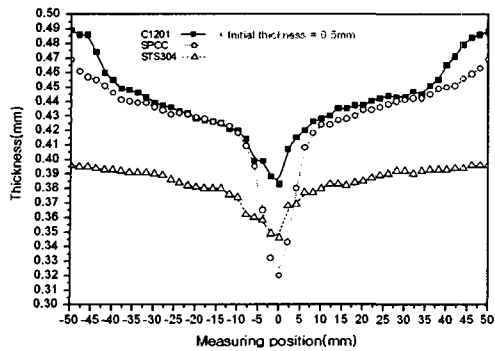


Fig. 5 Thickness distributions of fractured specimen in tensile test

3.2 각 공정별 드로잉 실험결과

3.2.1 드로잉하중 결과 비교

Fig. 6(a), Fig. 6(b), Fig. 6(c)는 소재별 각 공정조건에 따른 드로잉하중과 스트로크선도를 나타내는 것으로 최대드로잉하중은 1회의 공정으로 성형하는 Case 1공정보다는 2회로 공정분할하면 하중감소를 기대할 수 있고, SPCC와 C1201의 경우엔 하중감소 비율이 17~31%, 9~35%로 나타났으며, 공정분할에 있어서는 Case 3 공정이 감소효과가 큰 것으로 나타났다.

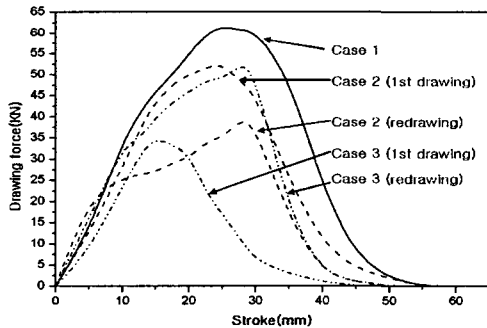


Fig. 6(a) Drawing force-stroke curve for STS304 material

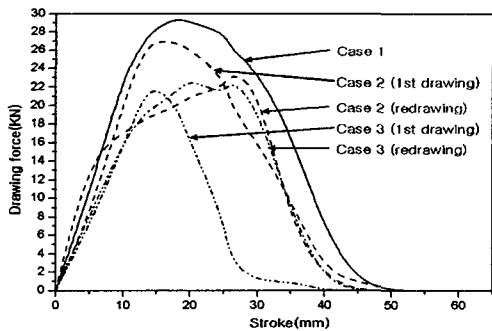


Fig. 6(b) Drawing force-stroke curve for SPCC material

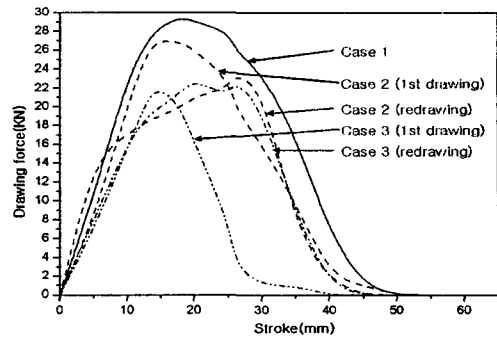


Fig. 6(b) Drawing force-stroke curve for SPCC material

3.2.2 제품의 두께 분포 비교

Fig. 7(a), Fig. 7(b), Fig. 7(c)은 방향에 따른 두께 측정데이터를 평균 처리한 후 각 공정조건에 대해 소재별 두께 분포를 비교한 것으로 똑같은 블랭크 치수일지라도 연성이 작고 값이 작은 C1201소재가 높은 두께 분포를 나타내고, 연성이 큰 STS 304 소재가 파단이 일어나기 쉬운 편치 각 반지름 부위에서 제일 심한 두께 변형을 나타내고 있다.

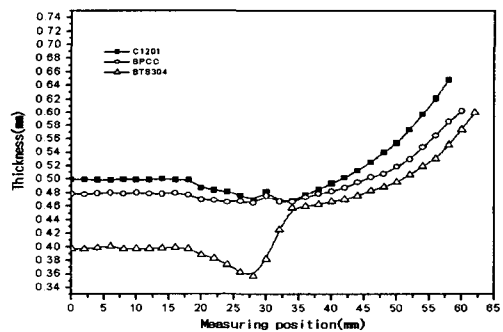


Fig. 7(a) Thickness distributions of drawn cups for blank materials (Case 1)

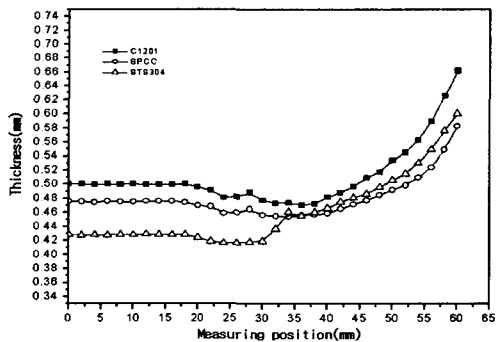


Fig. 7(b) Thickness distributions of drawn cups for blank materials (Case 2)

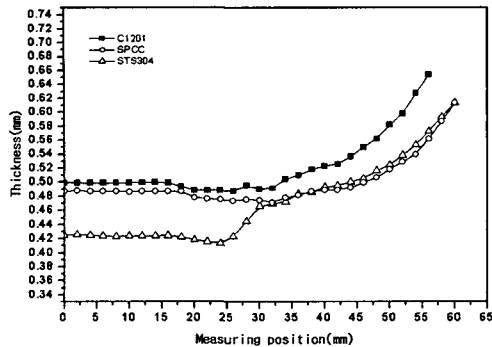


Fig. 7(c) Thickness distributions of drawn cups for blank materials (Case 3)

3.2.3 제품의 치수정밀도 비교 .

Fig. 8은 각 소재별, 공정별 조건에 따라 성형된 제품의 평균 끝높이를 나타낸다. STS 304인 경우 Case 1 공정으로 성형된 제품의 높이(40.8mm)보다 재드로잉에 의해 성형된 제품들의 높이(39.1, 38.3mm)가 낮은 결과를 보이며, SPCC와 C1201에서는 Case 1 공정으로 성형된 제품높이는 Case 2의 제품높이보다 낮고, Case 3의 제품높이보다 높은 결과를 나타낸다. 가공경화지수가 높은 STS 304의 경우 한번의 드로잉 성형 시에는 좋은 성형성을 보이나, 재드로잉 성형시에는 가공경화의 영향으로 성형성이 점차 둔화되지만, 두께 분포면에서는 더 균일한 분포를 보여주고 있어 스테인리스 판재의 드로잉 공정설계는 제품의 성형깊이, 또는 두께분포 등의 중요도에 따라 공정설계를 달리 할 필요성이 있다.

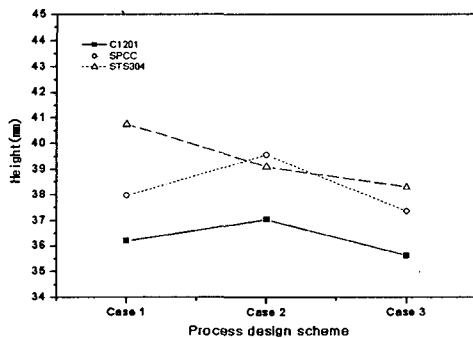


Fig. 8 Comparison of cup height for the change of process design scheme

4. 결 론

본 논문은 드로잉 공정변화에 따른 드로잉 가공특성을 조사하기 위해 원형컵 드로잉 시험을 위한 1차 드로잉, 재드로잉을 위한 금형을 설계, 제작하여 비교 검토하였으며, 이들의 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 최대 드로잉하중은 1회의 공정으로 성형하는 Case 1공정보다는 2회로 공정분할 한 Case 2와 Case 3공정에서 최대 35%의 하중감소효과를 보이고 있다. 가공경화지수가 높은 STS 304의 경우에 Case 2와 Case 3의 하중감소가 15%로 나타났다. 따라서 공정설계시 드로잉하중은 1회의 가공으로 성형하는 것보다 공정분할 때 감소효과가 있으며, 1차 드로잉하중과 재드로잉하중이 비슷할 때 좋은 성형조건이라 할 수 있다.

(2) 두께 분포에 있어서는 Case 1보다 공정을 분할한 Case 2, Case 3가 더 균일한 분포를 나타내고 있으며, STS 304와 같이 가공경화지수 값이 아주 클 때에는 가공경화현상이 두드러져 펀치 밀면에서의 두께가 다른 재료(SPCC, C1201)에 비해 현저히 감소되었다. 가공경화성이 작은 SPCC, C1201 소재의 경우 펀치 밀면과 펀치 각 반지름 부위에서의 원소재 두께변화율이 작고, 특히 C1201소재에서는 펀치밀의 소재두께가 거의 변형되지 않는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- (1) V. V. Karzhavin, "Problem of Fracture of Axisymmetric Articles During Multiple - Step Deep Drawing", Allerton Press, Inc, pp. 96~101, 1987.
- (2) 양선규, "박판 원형컵의 재드로잉가공 특성에 관한 연구", 서울산업대학교 석사학위논문, 1996.
- (3) 김두환 "스테인리스강 305의 디프 드로잉 가공에 관한 실험적 연구." 한국소성가공학회지, 제7권, 제3호, pp. 439~444, 1998.
- (4) 김두환, "원통형 디프 드로잉 용기의 벽두께의 감소 최소화에 관한 실험적 연구", 한국소성가공학회지, 제7권, 제4호, pp. 393~399, 1998.