

초고강도 강판 성형용 드로비드 설계

김병규¹· 정지용¹· 김동진²· 김교성²· 김영탁[#]

Design of Drawbeads for Advanced High Strength Steel Sheet Forming

B. G. Kim, J. Y. Jeong, D.-J. Kim, G.-S. Kim, Y. T. Keum

Abstract

In this study, the guideline for designing the drawbeads used in the stamping dies for advanced high strength steel (AHSS) sheets is investigated. In the drawbead drawing test, the drawbead forces for verifying the equivalent drawbead model(EDM) and the sheet strains for finding marginal strains from FLC_0 are measured. In the finite element analysis (FEA), the bending allowance, R/t , is obtained. Based on the forming and bending allowances obtained, the design guideline of the drawbead for determining height and width, which depends on the restraining force and the forming allowance, is prepared by using EDM.

Key Words : Advanced High Strength Steel Sheet, Drawbead, Drawbead Restraining Force(DBRF), Drawbead Design Guideline, Equivalent Drawbead Model(EDM)

1. 서 론

최근 자동차 차체는 안전성 확보와 경량화를 위해 초고강도 강판의 적용이 확대되고 있다. 하지만 초고강도 강판은 항복응력이 크고 연신율이 작은 재료이기 때문에 성형성이 좋지 않고, 성형 후 과대한 스프링백 현상으로 형상불량의 결함이 발생한다. 초고강도 강판의 성형안정성 확보를 위해 박판에 장력을 부여하여 강성을 증가시키고, 주름, 파단, 스프링백 등의 결함을 방지하는 역할을 하는 드로비드의 적용이 필요하다. 이를 위해 성형조건에 적절한 드로비드를 활용하기 위한 설계 기술이 요구되고 있다.

본 연구에서는 초고강도 강판 780DP, 780TRIP, 980DP, 1180CP에[1] 대하여 성형조건에 따른 적절한 드로비드 설계용 가이드라인을 드로비드 실험과 성형해석을 통해 구한다.

2. 드로비드 특성 실험

드로비드 인출력(DBRF)과 드로비드 상압력(DBOF), 드로비드 통과 후의 변형률 측정을 위해 Keum등이[2]제안한 드로비드 실험을 수행하였다. 실험 금형은 Fig.1에 나타낸 비드 형상과 같이 비드의 폭(W) 12mm, 비드 어깨반경(R_s) 3mm, 수비드와 암비드 사이의 간격(cl) 1.7mm으로 드로비드의 높이(H) 3mm와 4mm인 타원형 드로비드와 6mm인 원형 드로비드로 제작되었다[3]. 실험에 사용된 4종의 초고강도 강판의 두께는 모두 1.2mm로 시편의 크기를 길이 1100mm, 폭 10mm로 하여 실험하였다. 980DP와 1180CP는 4% 내외의 균일 연신율을 보여 원형 드로비드의 적용에 어려움이 예상되어 실험을 생략하였다.

Fig. 1은 강종별로 측정된 타원/원형 드로비드의 인출력과 상압력 이다. 인장강도와 비드 높이가

1. 한양대학교 일반대학원, 자동차공학과

2. POSCO 기술연구소

교신저자: 한양대학교 기계공학부, ytkeum@hanyang.ac.kr

증가함에 따라 인출력과 상압력이 증가된다. 한편 상압력은 인출력보다 높아 드로비드 적용시 높은 BHF(Blank Holding Force)가 요구됨을 알 수 있다. 타원/원형 드로비드를 통과한 시편의 길이 방향 변형률은 Fig. 2와 같이 높이가 3mm인 경우 약 6%, 4mm일 때 약 10%, 6mm일 때 약 19%로 드로비드의 높이가 증가할수록 커지는 경향을 보였다.

Fig.3는 등가 드로비드 모델(EDM)[3~4]로 구한 드로비드 인출력과 실험치를 비교한 것이다. 등가 드로비드 모델로 구한 드로비드 인출력은 실험결과와 0~8.4% 정도의 오차를 보인다.

3. 드로비드 설계

3.1 드로비드 어깨 반경

초고강도 강판의 스트레칭과 드로잉 성형 조건에서의 굽힘 한계(R/t)를 성형해석을 통해 예측하고, 드로비드 어깨 반경(R_s) 설계를 위한 기준을 설정한다.

스트레칭 성형 조건은 Fig. 4에 나타난 금형 형상으로 시험하였다. 박판의 폭을 100mm로 하여 길이 방향의 양단을 고정하고, 펀치의 반경을 1.5~20.4mm로 하여 박판 두께에 대한 펀치 반경의 비(R/t)에 따른 파단이 발생하는 펀치 높이를 확인하였다. 파단까지의 펀치 높이가 성형성을 의미하므로 성형성이 급격히 증가하는 R/t 값이 스트레칭 성형 조건에서의 굽힘 한계가 된다[5].

Fig. 5는 드로잉 성형 조건의 금형 형상을 나타낸다. 다이와 블랭크 홀더를 박판 두께만큼의 위치에 고정하고, 박판과 금형의 마찰력만을 고려하여 성형되도록 해석하였다. 다이 어깨 반경을 1~8mm로 변경하여 다이 어깨 반경에서 파단이 발생하는 최소 다이 어깨 반지름과 박판 두께의 비(R/t)를 드로잉 성형에서의 굽힘 한계로 설정하였다.

파단 여부의 판단은 초고강도 강판의 성형한계 평가를 위해 제안된 금형으로 실험하여 얻은 FLC를 이용하였다[1].

해석 결과, 각각의 성형 조건에서의 굽힘 한계는 Fig. 6과 같다. 스트레칭과 드로잉 조건이 동시에 일어나는 드로비드의 어깨 반경(R_s)은 각 조건 굽힘 한계(R/t)의 중간 영역 값으로 설정할 수 있다.

3.2 드로비드 인출력 한계

다이 어깨에서의 최대 변형률에 따른 드로비드의 최대 인출력을 유한요소법으로 예측하고 평가

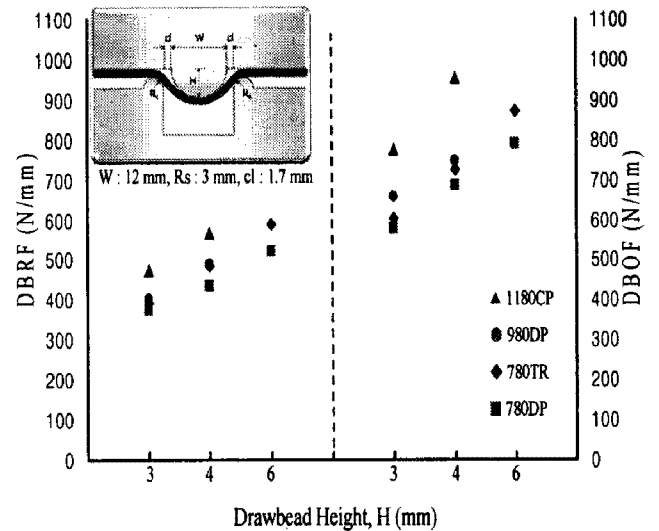


Fig. 1 Drawbead forces of AHSS sheets

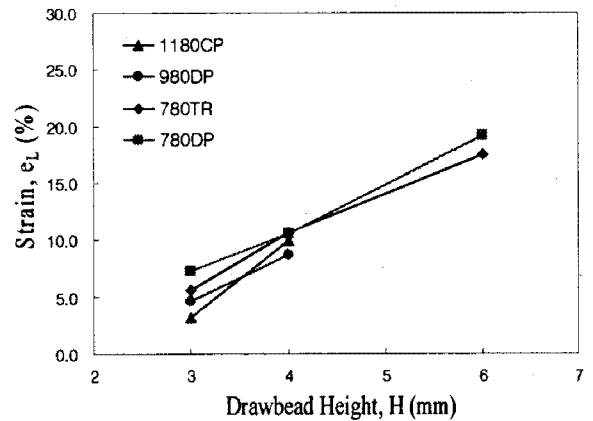


Fig. 2 Strains after passing drawbeads

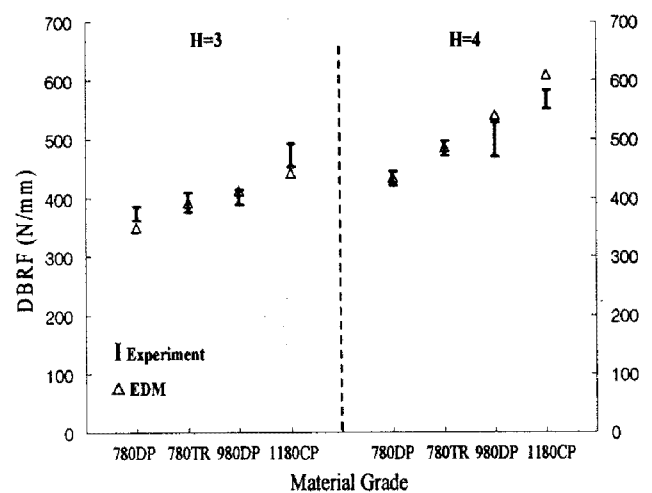


Fig. 3 Comparison of drawbead restraining force (DBRF) between experiment and equivalent drawbead model (EDM)

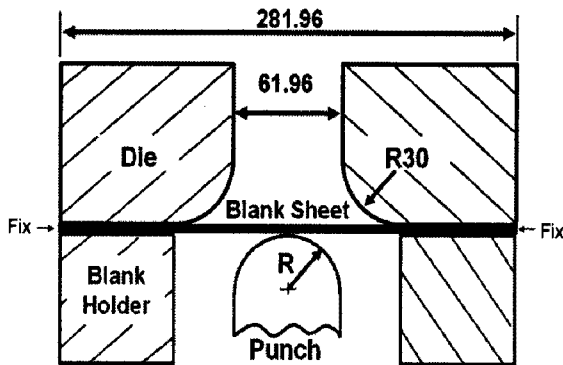


Fig. 4 Schematic of tooling for stretch bending

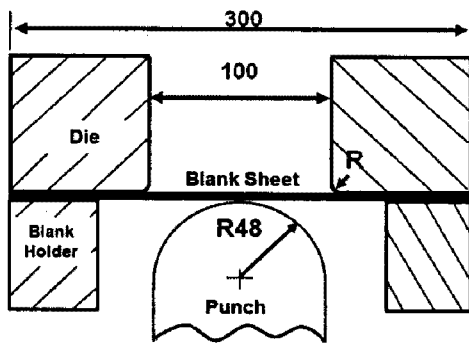


Fig. 5 Schematic of tooling for draw bending

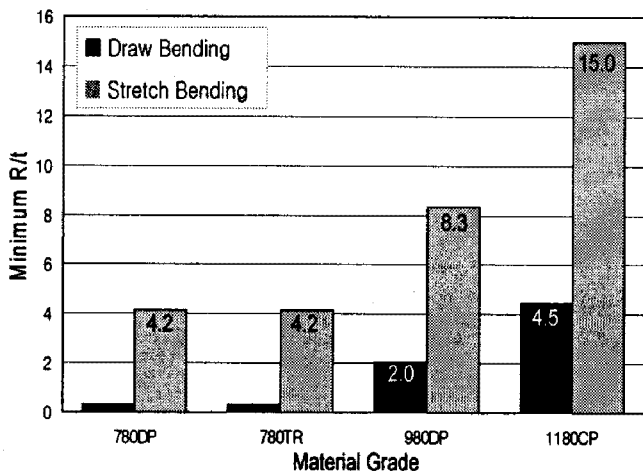


Fig. 6 Bending allowance of AHSS sheets

하였다. 금형 형상은 Fig. 5과 같고, 박판의 길이를 $(100+R)$ mm로 하여 다이 어깨 반경의 영향만 받아 성형되도록 하였다. 또한 박판의 양단을 고정하여 성형시 발생하는 반력이 드로비드로 발생될 수 있는 최대 인출력 이므로, 다이 어깨 반경의 최대 변형률 지점의 변형률 변화에 따라 드로비드 인출력 한계를 평가하였다.

FLC₀까지의 변형률과 인출력의 관계를 Fig. 7에 나타냈다. 드로비드 실험 금형과 동일한 타원/원형

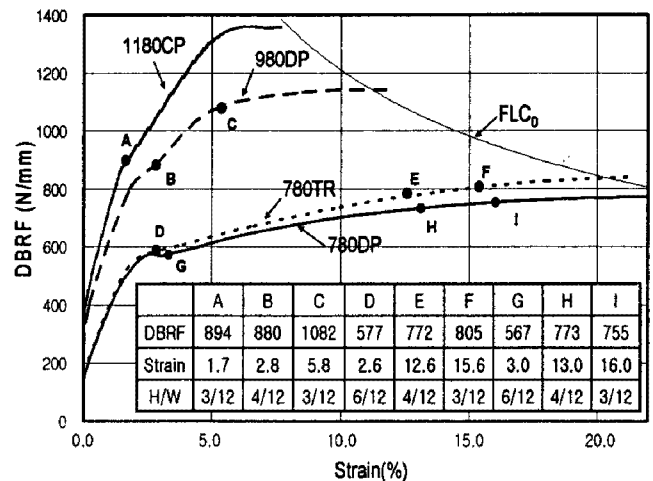


Fig. 7 Forming allowance of AHSS sheets

드로비드를 적용할 경우 점A ~ I까지가 강종별 드로비드 인출력 한계와 드로비드 통과로 발생하는 변형을 제외한 성형 여유가 된다. 점A, B, C, D, G일 경우는 성형 여유가 약5%이하로 1180CP와 980DP는 타원형 드로비드의 적용과 780DP와 780TRIP은 원형 드로비드 적용이 극히 제한적임을 확인할 수 있다.

3.3 드로비드 설계 안내도

강종별 타원형 드로비드의 높이(H)와 폭(W)에 따른 드로비드 인출력과 성형 여유(Δ)를 제시하는 드로비드 설계 안내도를 Fig. 8에 나타냈다.

설계 안내도는 등가 드로비드 모델을 이용하여 강종별 드로비드 형상에 따른 드로비드 인출력을 구하고, 보간을 통해 등인출력 곡선으로 나타냈다. 드로비드 형상은 수비드와 암비드 사이 간격(c)은 1.7mm로 하고, 드로비드 어깨 반경(Rs)은 앞서 제시한 굽힘한계 범위의 값으로 설정하였다. 드로비드 폭과 높이의 범위는 폭(W) 6mm부터 24mm까지 2mm간격으로 각 폭(W)에서 한계 높이까지 1mm의 간격으로 하였다.

780DP와 780TRIP는 드로비드 폭(W)에 따라 적용에 어려움이 있는 원형 드로비드가 되는 높이를 한계로 설정하고, 드로비드 어깨 반경(Rs)을 4mm로 설정하였다. 980DP는 타원형 드로우비드 H/W가 각각 1/4이 되는 높이가 드로비드 한계 높이가 되고, 드로비드 어깨 반경(Rs)을 8mm로 설정하여 등인출력 곡선과 성형여유(Δ)를 나타냈다.

드로비드 설계 시 요구되는 드로비드 인출력과 성형여유(Δ)를 만족하는 드로비드 형상을 결정할 수 있다.

4. 결론

초고강도 강판의 성형 조건에 따라 적절한 드로비드 설계 기준을 제시하기 위해 드로비드 실험과 유한요소 해석으로 드로비드 특성을 파악하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 드로비드 실험과 등가 드로비드 모델의 인출력들이 최대 8.4%의 오차를 보여 드로비드 설계에 등가 드로비드 모델의 활용성을 확인하였다.

(2) 성형 조건에 따른 초강도 강판의 굽힘 한계 (R_t)로부터 적용 가능한 드로비드 어깨 반경을 결정할 수 있다.

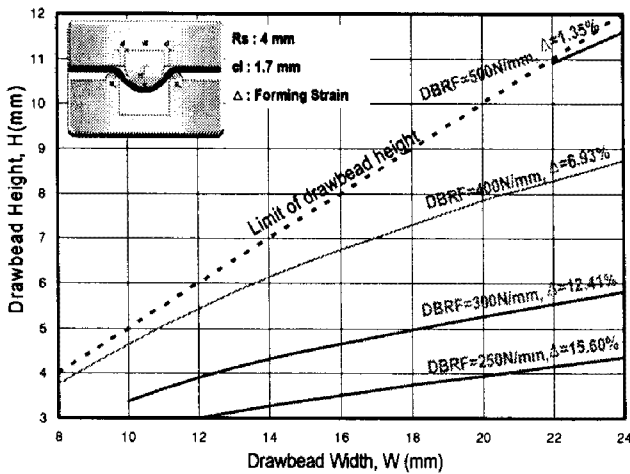
(3) 드로비드 설계 안내도를 활용하여 초고강도 강판 성형용 드로비드를 설계할 수 있다.

후 기

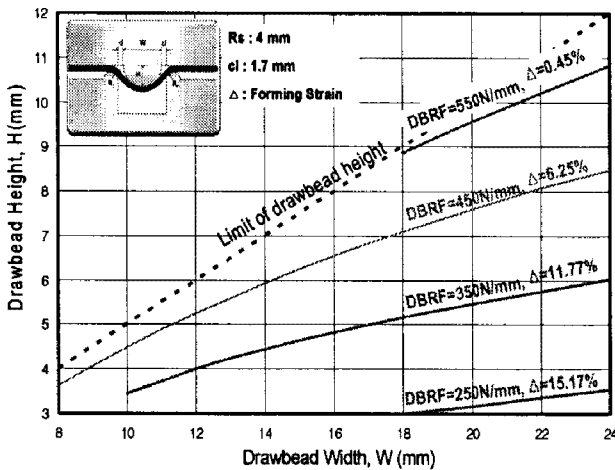
본 연구는 POSCO 기술연구소의 지원에 의하여 이루어졌으며, 관계자 제위께 감사 드립니다.

참 고 문 헌

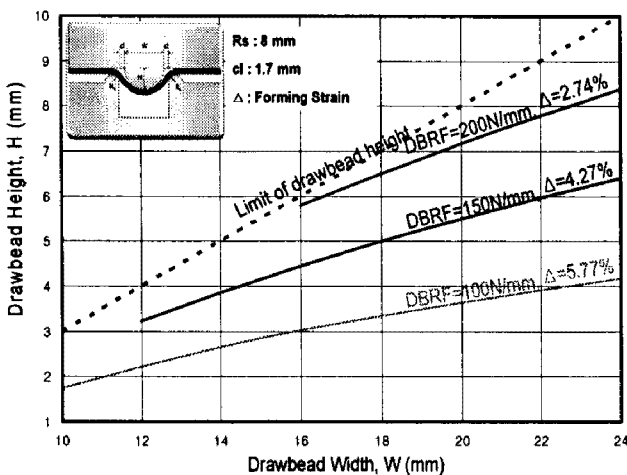
- [1] Y. T. Keum, S. Y. Lee, K. H. Chung, S. H. Park, 2009, Evaluation of formability of advanced high strength steel sheets, Asia Steel International Conference
- [2] S. J. Moon, Y. T. Keum, R. H. Wagoner, 2007, Study on the characteristics of drawbead forces in automotive stamping dies, Transactions of Materials Processing, Vol. 16, No. 6, pp. 457~462
- [3] S. J. Moon, M. G. Lee, Y. T. Keum, 2008, Experimental drawbead dies for measuring drawbead forces, Transactions of Materials Processing, Vol. 17, No. 7, pp. 217~219
- [4] S. J. Moon, J. Y. Lee, Y. T. Keum, 2009, Experimental verification of equivalent drawbead model and application to auto-body stamping analysis, Transactions of Materials Processing, Vol. 18, No. 5, pp. 371~376
- [5] S. Sadagopan, D. Urban, 2003, Formability characterization of a new generation of high strength steel, AISI/DOE road map program, pp. 62~75



(a) 780DP



(b) 780TRIP



(c) 980DP

Fig. 8 Guidelines for drawbead design