FEA 시뮬레이션을 이용한 Hotstamping B Pillar 성형기술개발
Development of FEA Simulation Technology on Hotstamping B Pillar

김효섭[1], *#김동학[1], 김광순[1]
H.S.Kim[1], *# D.H. Kim(dhkim@hysco.com)[1], K. S. Kim[1]
[1] 현대하이스코 연구개발팀(울산))

Key words : Hotstamping, FEA simulation, B Pillar

1. 서론

최근 자동차 업계는 Oil 가격 상승, Co2 절감을 통한 환경 문제 개선을 위해 경량화 차체의 개발에 많은 투자를 진행하고 있다. 특히 미국의 경우 PNGV(Partnership for a new generation of vehicles)를 통해 1 리터당 34km 를 주행하는 차량을 개발해왔고, 유럽의 경우 3 리터에 100km 를 주행하는 차량을 개발해 왔다. 또한, 자동차 선진국인 미국, 유럽 등은 승객 및 보행자 보호를 위해 FMVSS, ECE 등의 법규강화를 추진중이며, IIHS(Insurance Institute for Highway Safety: 고속도로안전보험협회)에서는 자동차 충돌시 수리비 절감을 위한 RCAR(Research Council for Automobile Repairs) 개발을 독려하기 위해 매년 차량의 파손시 수리비를 소비자에게 제공하고 있는 실정이다. 이러한 여러방면의 에너지절감, 환경문제 개선, 법규만족을 실현하기위해 완성차, 자동차부품, 철강업체는 Tube 액압성형공법(Hydroforming), 맞춤형재단용접방식(TWB) 등의 신공법 연구 및 고장력 강판의 연구에 많은 투자를 실시하고 있다.

핫스탬핑(Hotstamping)공법은 일반적으로 고장력 강판을 사용한 차체부품 제작시 주로 발생하는 저연신의 문제를 해결하기 위해 유럽 업체를 중심으로 발전되어온 신개념의 공법이다. 특히, 핫스탬핑 공법을 사용할 경우 상온상태에서 약 350 ~ 590MPa 급의 소재를 850℃ 가열한 후 고연신 상태에서 성형을 실시하고 냉각 시스템을 이용한 급랭을 통해 퀜칭 효과를 동시에 얻을 수 있다. 퀜칭이 완료된 제품의 경우 인장강도가 약 1,350 ~ 1,500Mpa 에 이른다. 이는 일반 고장력 강판을 사용할 경우대비 30~50%의 강도를 추가 확보할 수 있어, 차량 경량화를 달성할 수 있으며, 특히 강화되는 충돌법규에 적합한 최적화 설계를 가능하게 한다. 또한, 기존의 프레스 공법에서 발생가능한 Springback 을 최소화 하므로서, 용접조립성능을 대폭 개선할 수 있다.

그러나 가열된 소재의 프레스 성형은 고연신에 따른 주름발생 및 국부적인 압력 분포에 따른 파단 발생이 가능하며, 이를 유한요소법을 이용하여 예측하기는 많은 어려움이 뒤따르고 있다. 특히, 제품 형상에 따른 냉각 속도의 차이는 최종 성형제품의 강도를 불균일하게 분포시켜 원하는 충돌성능을 얻기에 부적합할 수 있다. 본 논문에서는 차량 측면 충돌시 직접적으로 영향을 받은 B Pillar 에 대하여 열간 프레스 성형을 예측하는 해석을 실시하였으며, 시험 금형 제작을 통해 해석과 실제품의 오차를 최소화 하고자 하였다.

2. 핫스탬핑 공법

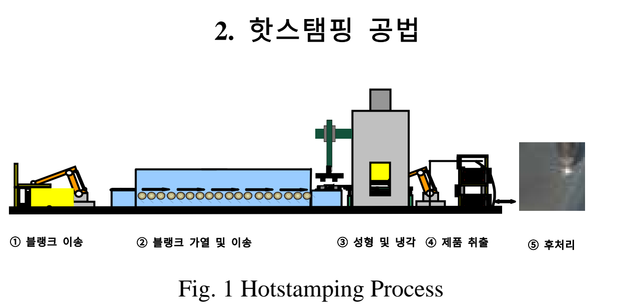


Fig. 1 Hotstamping Process

Fig.1 은 핫스탬핑 공정을 도식화 하였다. 핫스탬핑 공정은 크게 가열로에 안착시키는 이송공정, 블랭크를 가열시키는 가열로, 성형 및 냉각을 실시하는 프레스 공정, 제품의 취출 및 적재 공정 그리고 마지막으로 제품의 trim 및 Hole 을 절단하는 후처리 공정 등 다섯가지 공정으로 나눌 수 있다. 여기서 블랭크를 가열시키는 가열로는 핫스탬핑의 온도를 설정하는 중요한 공정으로 가열로내부의 온도는 950℃ 이며 블랭크는 최종 930℃까지 가열된다. 가열이 완료된 블랭크는 로봇에 의해 유압프레스로 이송되며, 냉각시스템이 갖춰진 금형에 의해 프레스 가공 및 퀜칭이 이루어지게 된다. 단, 930℃까지 가열된 블랭크는 가열로를 나오면서 냉각되기 시작하며, 실제 스탬핑이 이루어질때는 850℃까지 냉각된다.

3. 금 형

핫스탬핑 금형은 일반금형과 다소 상이한 구조를 가지고 있다. 우선 금형의 내부에 냉각수를 순환시켜 금형의 온도를 일정수준으로 유지하며, 성형된 제품의 온도를 급랭 시키는 냉각시스템이 있다. 또한, 블랭크 홀더의 경우 제품을 일정한 가압력을 가하여 성형시 주름을 억제하는 구조가 아니라, 블랭크의 흐름을 제어하는 단순 가이드의 역할을 수행한다. 금형의 셋업은 열이 부여된 블랭크가 안착시 제품의 형상과 유사하게 안착 가능하도록 더불엑션 타입을 적용하였다.

4. FEA Model 제작

Fig. 2 FEA Model

FEA Model 의 경우 Hypermesh 를 이용하여 Mesh 작업을 실시하였다. 또한 금형의 거동의 경우 설비조건을 고려하여 실제 시제품 제작시 사용한 것과 동일한 속도비를 적용하여 해석 실시하였다. (Fig.3 참조)

열간성형해석의 경우 냉각성형해석에 사용되는 블랭크의 기계적물성, 마찰조건, 블랭크 홀딩조건 이외에 열용량(Heat Capacity), 열전달계수(Thermal Conductivity), 선팽창계수(Expansion Rate) 등이 적용되며, 블랭크의 기계적물성의 경우 온도별로 상이한 값을 적용하였다. 본해석에 사용한 성형인자는 Table.1 과 Fig.4 와 같다.

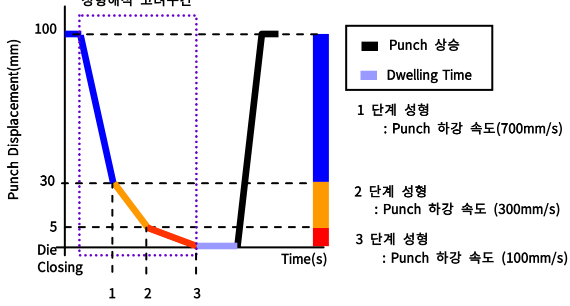


Fig. 3 Punch Closing Time

Table 1 FEA Simulation Factors

Blank Thickness	1.2t
Mesh 개수	184,26
Holding Gap	0.3
Friction Coef.	0.125
Heat Capacity	4.86e+5 (J/Ton ℃)
Thermal Conductivity	5.19e-2(W/mm ℃)
Mechanical Equivalent of Heat	1e-3
Punch Moving (mm)	100
Holding Gap (mm)	0.3, 0.5
Die Temperature	20℃ (Prototyping base)
Blank Temperature	850 ℃

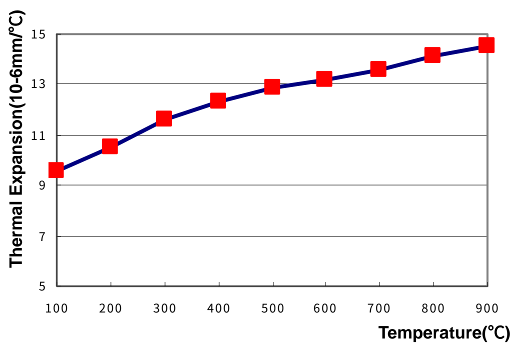
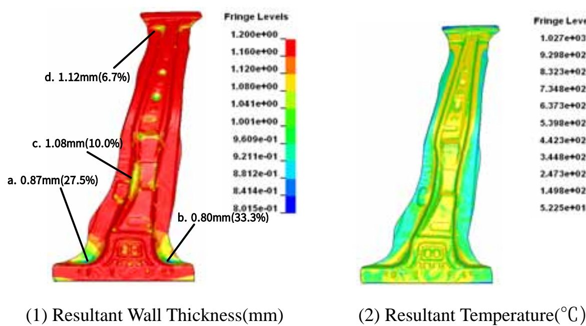


Fig.4 Thermal Expansion Rate

5. 해석결과



(1) Resultant Wall Thickness(mm) (2) Resultant Temperature(℃)

Fig.5 Simulation Result

열간 성형 해석 결과는 Fig.5 와 같다. a,b 구역의 결과 두께는 성형 깊이가 과도하여 33.3%와 27.5%의 비교적 큰 두께 감소를 나타내었다. 이러한 과도한 두께감소 구간은 시제품 제작시 Crack 등의 문제 발생이 예상된다. 결과 온도의 경우 제품 구간에서 500 ~ 700°C를 나타내었다.

6. 시제품 제작 결과

시제품 제작 결과는 Fig.6 과 같다

ProtoTyping Sample	Minimum Thk.(mm)	Thinning (%)	Remark
	1.16	3.3	Thickness Distribution 1.13 ~ 1.2mm
	1.17	2.5	
	1.13	5.8	
	0.90	25.0	Crack Occurred during proto-typing

Fig.6 Prototyping Result

7. 결 론

열간성형해석과 시제품 제작 결과는 유사한 연관성을 나타내고 있다. 이러한 결과는 핫스탬핑을 이용한 자동차용 부품 제작에 기준이 될 것으로 사료된다. 그러나 정밀한 열간 해석 결과 도출을 위해, 성형의 한계를 나타내는 FLD 는 온도분포에 따라 정의되어야 할 것이며, 프레스 성형조건인, Blank Size, Blank Holding 및 냉각 시스템이 고려된 금형의 3D 해석 등이 추가적으로 연구될 예정이다.

참고문헌

1. Arthur B.Shapiro, "LS_Dyna Features for Hot Stamping", 9th International LS-Dyna Users Conference
2. Arthur B.Shapiro, "Teat Transfer in LS_Dyna", 5th European LS_Dyna Users Conference
3. H.Hoffmann, H.So, H.Steinbeiss, "Design of Hot Stamping Tools with Cooling System", Annals of the CIRP vol. 56, Jan. 2007
4. A.Turetta, S.Bruschi, A.Ghiotti, "Investigation of 22MnB5 Formability in Hot Stamping Operation", Journal of Material Processing Technology 177 396~400, 2006