매쉬심 합체박판을 이용한 자동차 Bumper beam의 성형기술에 관한 연구

신외경*(연세대학교 기계공학과/자동차부품연구원), 이수홍(연세대학교 기계공학과),김은석(성우하이텍)

The study for the forming technology of Automobile Bumper beam using the Tailored Blank of Mash Seam Welding

W. G. Shin(Mech. Eng. Dept., Yonsei University/KATECH), S. H. Lee(Mech. Eng. Dept., Yonsei University), E. S. Kim(SungWoo HiTech Co.Ltd)

ABSTRACT

In recent automotive industry, vehicle weight can be reduced by one-step forming of tailored blanks welded with two or more sheets of metal blanks. Tailored blank(TB) welding is a production method for blanks involving welding together materials of different quality, thickness, and coating, and has proved popular in fabrication automotive parts. This paper deals with the forming characteristics of mash seam welded tailored blanks. Using these forming characteristics, the bumper beam was developed using the mash seam welded tailored blank with the different thickness. We performed the forming simulation with respect to strain distribution on blank during the stamping of the bumper rail part. Based on these results, we made some stamping tryouts with selected types of blank designs to investigate the formability of tailored blank with different thickness. During the tryouts, we knew that it was important the BHF(Blank Holding Force). We obtained to reducing 10.5% weight and cost with adapting the bumper beam of automotive component using the tailored blank of mash seam welding.

Key Words : Mash Seam Welding(매쉬심용접), Tailored Blank(합체박판), Bumper Beam(범퍼빔), Bumper Rail(범퍼레일), Reinforced sheet(보강재), Forming simulation(성형해석)

1. 서론

최근 자동차 업계에서 관심을 갖고 연구하고 있는 것이 차량의 고성능, 고속화, 안전성, 편리성 등이며, 자동차에 쓰이는 부품도 소형화, 경량화에 초점을 맞추고 있다. 이 중 차량 경량화를 위해 사용되고 있는 방법이 합체박판(Tailored blank)을 이용하여 차체 중량을 줄이는 것이다. 합체박판이란 둘 또는 그 이상의 동종 또는 이종재질이나 두께를 갖는 박판재를 일체화하여 만든 것으로 필요한 부분에 강도를 보강해 주고, 정밀도를 높일 수 있을 뿐 아니라 성형공정 시 금형개수, 생산시간 등을 줄일 수 있어 생산성을 높일 수 있는 장점이 있다.

자동차 차체는 대부분 성형된 판재로 이루어져 있고 강도가 필요한 부분에 보강재를 사용하게 되는데, 이 과정에서 금형개수, 노동력, 생산시간 증가 등의 부담이 생기게 된다. 그러나, 합체박판을 사용함으로써 강도 및 정밀도는 높이고 중량은 감소시키면서 단일판재를 사용함으로써 생기는 단점을 보완할 수 있게 되므로 향후 자동차 산업 전반에 걸쳐 사용이 크게 증대될 것으로 기대된다.

본 연구는 매쉬심 합체박판의 성형기술을 이용하여 자동차 부품의 Bumper Beam에 적용하였다. 보통의 범퍼빔에서 국부적으로 편중되는 강성 요구부에는 보강재를 점용접으로 부착하여 강성을 향상시키고 있다. 그러나 국부적으로 강판의 두께를 조절하여 보강재를 제거할 수 있다면 중량의 감소 및 생산비용의 절감이 가능해 질 수 있다. 즉 두께 또는 재질이 다른 강판을 일체화 된 형태로서 용접한 후 성형하는 것이 생산성 및 정밀도 향상을 위해서 효과적인 제품임을 알 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 매쉬심용접 된 합체박판으로 Bumper rail의 금형설계 및 성형해석을 수행하

였고, 성형해석결과를 바탕으로 Bumper rail의 단품 시작품을 제작하였다. 또한 매쉬심용접 된 합체박판으로 Bumper beam에 적용되었을 때 경량화 효과를 얻을 수 있었다.

2. 매쉬심 용접의 합체박판

2.1 매쉬심 용접

Fig.1에서 보는 바와 같이 매쉬심용접은 한쌍의 원판모양의 전극사이에 2매의 용접물을 겹쳐서 전극으로 가압한다. 이때 최적의 매쉬심용접을 위해서는 가압력, 용접전류, 용접속도, 판재의 겹침량이 중요한 인자들이다.

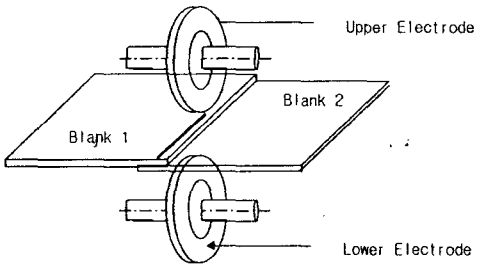


Fig. 1 Mash Seam welding diagram

2.2 매쉬심용접의 합체박판의 특성

본 연구에 적용된 합체박판은 냉연,고장력 강판인 APFC60강의 이종두께(1.4mm-1.6mm)를 사용하였으며 모재에 대한 화학적조성은 Table 1과 같으며 용접조건은 가압력이 12kN, 용접속도는 6m/min, 용접전류는 18kA에서 용접된 합체박판이다. 또한 성형해석을 위해 필요한 판재의 기계적 성질은 Table 2에서 보여주는 인장시험을 통하여 얻은 데이터를 이용하였다.

Table 1 Chemical composition of APFC60 sheet

C (wt%)	SI (wt%)	Mn (wt%)	P (wt%)	S (wt%)	Fe (wt%)
0.1	0.41	1.60	0.015	0.007	Bal.

Table 2 Material properties of APFC60 sheet

Properties	Value
Yield Strength	19.92Gpa
Tensile Strength	410Mpa
K	1.186Mpa
N	0.2713
Elongation	36.4%

Fig 2는 Bumper rail 단품에 사용된 합체박판의 레이아웃을 나타낸 것이다.

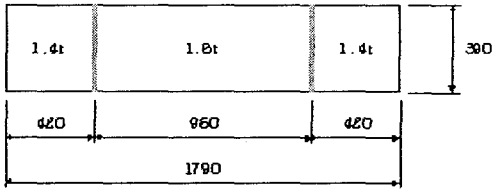
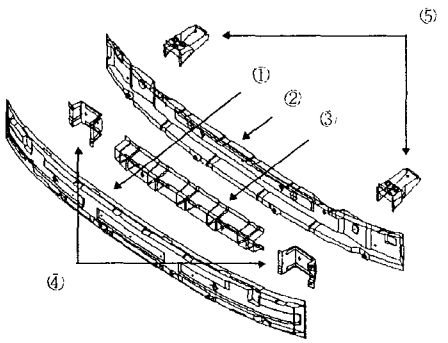


Fig. 2 Tailored Blank lay out

3. 자동차 TB 적용부품 개발

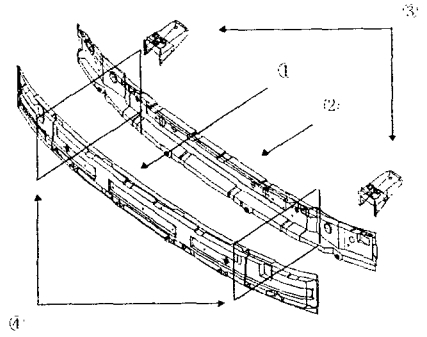
3.1 Bumper Beam의 설계

보통의 범퍼빔에서 국부적으로 편중되는 강성 요구부에는 보강재를 점용접으로 부착하여 강성을 향상시키고 있다(Fig.3). 그러나 국부적으로 강판의 두께를 조절하여 보강재를 제거할 수 있다면 중량의 감소 및 생산비용의 절감이 가능해 질 수 있다. 즉 두께 또는 재질이 다른 강판을 일체화 된 형태로서 용접한 후 Fig.4에서와 같이 성형하는 것이 생산성 및 정밀도 향상을 위해서 효과적인 제품임을 알 수 있다. 본 내용은 Bumper beam의 구성품인 bumper rail 단품의 성형해석과 시작품제작을 수행하였다.



① rail 1, ② rail 2, ③,④ reinforced beam, ⑤ stay

Fig.3 Structure of typical bumper beam



① rail 1, ② rail 2, ③,④ reinforced beam, ⑤ stay

Fig.4 Structure of TB bumper beam

3.2 Bumper Rail 단품 성형해석

Bumper rail의 금형설계 및 성형해석을 수행하기 위해서 3차원 CAD 모델을 이용하여 유한 요소모델링을 수행하여 최적의 성형 해석을 위한 성형해석 과정을 수행하였다. Fig. 5는 성형해석단계를 나타낸 것으로서 이러한 순서로 수행되었다. 우선 단일판재의 조건에서 수행하였으며 다음은 합체박판으로 수행하였다. Table.3에서는 Bumper rail의 성형해석을 위한 각 금형의 경계조건 및 성형조건을 나타내었고 Fig. 6은 합체박판에 대한 성형해석을 수행한 결과 FLD 곡선에서의 변형률 분포를 나타낸 것이다. 단일판재에서 파단이 발생되리라 예상되었던 부분이었으나 합체박판에서는 파단이 발생되지 않음을 알 수 있었다. 이는 파단이 예측된 부분에 두꺼운 판재로 합체시키므로 인하여 변형률이 감소되었기 때문이다. Fig. 7은 합체박판에 대한 bumper rail 성형해석이 이루어진 결과물이다.

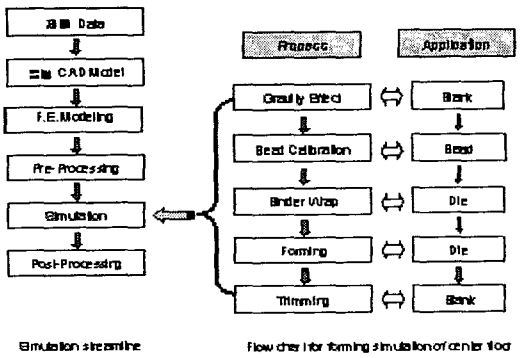


Fig 5. Flow chart for forming simulation

Table. 3 Forming condition for TB analysis

	Forming Condition
Die	x , y :Fix z : Free Velocity - Binding : 2 m/s - Forming :10m/s
Punch	All Fix
Blank Holder	x, y :Fix Z : Free Nodal constraint
Spring	End node : All Fix Blank holding force :500 kN

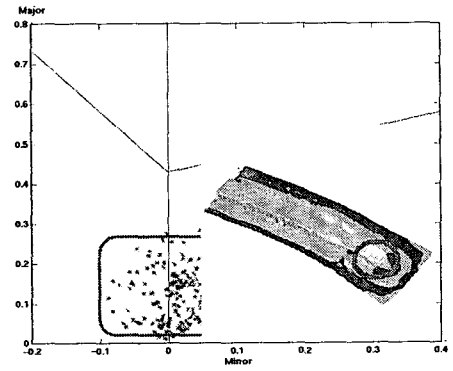


Fig. 6 Strain distribution at FLD curve

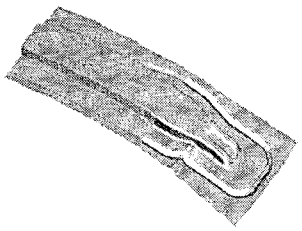


Fig. 7 Deforming shape of TB Bumper rail

3.3 Bumper Rail 단품 시작품 제작

위의 성형해석결과를 바탕으로 매쉬심 합체박판을 이용하여 Bumper rail 단품시작품을 Fig. 8과 같이 제작하였으며 이의 시제품도 Fig. 9에서 보는 바와 같이 양호하게 성형되었다. 초기에는 코너부에 부분적으로 크랙이 발생하였으나 Blank holding force를 조절하여 양호한 성형품을 얻을 수 있었다. 이렇게 성형된 단품을 bumper beam으로 적용하였을 때 이는 기존제품의 부품수가 7개에서 매쉬심 합체박판의 경우 4개로 감소하였으며 중량도 기존제품은 8.07kg에 비해 7.22kg으로 감소하여 10.5%정도의 중량을 감소시켰다.

그러므로 매쉬심 합체박판을 적용하여 부품수 감

소 및 경량화 효과에 상당한 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

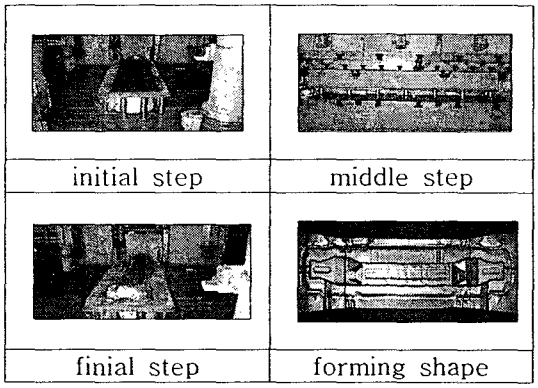


Fig. 8 Forming Process of TB bumper rail

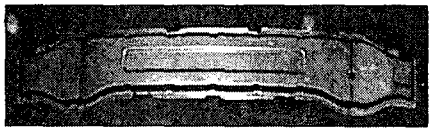


Fig. 9 Forming shape of bumper rail 1

4. 결론

1. 매쉬심용접된 합체박판을 Bumper rail 단품의 금형설계 및 성형해석을 수행하였다.

2. 성형해석결과를 바탕으로 Bumper rail 단품에 대한 시작품을 제작하였다. 시작품 제작시 금형의 BHF의 조건이 중요함을 알았다.

3. 매쉬심 합체박판을 이용한 bumper rail의 단품을 제작하여 beam 적용시 부품수가 7개에서 4개로 감소하였으며 10.5%의 경량화 효과를 얻을 수 있음을 알았다.

참고문헌

[1] Klaus Siegert , Edgar Knabe, 1995, "Fundamental Research and Draw die Concepts for Deep Drawing of Tailored Blanks", SAE Technical Paper Series, No.950921.

[2] Ming F. Shi , Ken M. Pickett, 1993, "Formability Issues in the Appliction of Tailor Welded Blank Sheets", SAE Technical Paper Series No.930278.

[3] Wolfgang Bleck, Zhi Deng, Kostas Papamntellos, 1998, "Christopher Oliver Gusek, A comparative study of the forming-limit diagram models for sheet steels", Journal of Materials Processng Technology 83 P223-230.

[4] Hisashi Kusuda, Toshiyuki Takasago, Fumiaki Natsumi, 1995, "Formability of tailored blanks", Journal of Materials Processng Technology 71 P134-141.

[5] D.J.Lewison, D.Lee, 1999, "Assesment of Experimental Methods for Determination of Forming Limits", NUMISHEET 99 P401-406.

[6] 금영탁, 구본영, 박승우, 유석종, 이경남, 2000, "레이저 용접 합체박판의 성형한계도와 스탬핑 금형 성형해석에 적용", 한국소성가공학회지, 제9권 제1호, P3-9.

[7] 김헌승, 신용승, 김관회, 조원석, 1998, "레이저 용접 차체의 성형해석과 금형설계", 한국소성가공학회지 제7권 제4호, P382-392.

[8] 허영무, 김형목, 서대교, 1999, "용접판재의 성형한계에 관한 실험적 연구", 한국소성가공학회지, 제8권 제5호, P429-436.

[9] 허 훈, 이충호, 정재웅, 1998, "비대칭 시편의 딥드로잉 실험에 의한 박판금속의 성형한계도", 한국소성가공학회지 제7권 제1호, P81-93.

[10] 김정오, 서정, 한유희, 김하영, 1998, "자동차용 강판의 레이저 용접 및 성형성에 관한 연구", 한국자동차공학회 논문집, 제4권, 제5호, pp.59-69, 1996.

[11] 백승준, 구본영, 금영탁, 강수영, 이호기, 1997, "합체성형기술의 개발 현황과 전망", 자동차공학회, Vol.19, No.1, pp.3-10

[12] .C.W.Han, S.H.Uhm, C.H.Lee, 2002,

"Weldability criteria for mash seam tailored blank welds in ultralow carbon steel applied to automotive bodies", Science and Technology of Welding and Joining, Vol.7, No.6, pp.403-407

[13] 최정영, 이창희, 2000, "Mash seam 용접과 Laser 용접을 이용한 Tailored blank의 특성비교", 대한용접학회지, Vol.18, No.3, pp.286-292

[14] 조상명, 조호재, 2003, "평판전극 연속타점에 의한 매쉬심 용접기법 개발", 대한용접학회지, Vol.21, No.5, pp.513-517

[15] Masato Uchihara, Michiyasu Takahashi, Masato Kuita, Yozo Hirose, Kiyoyuki Fukui, 1998, "Performance of mash seam welds in Tailor welded blanks", JSAE, Vol.29, No.4, pp.117-122

[16] 이명호, 신외경, 금영탁, 황보원, 유동열, 2000, "매쉬심 용접관재의 성형특성에 관한 실험적 연구", 대한소성가공학회지, Vol.9, No.6, pp.582-589