

유한요소법을 이용한 SPR 형상설계

Shape Design of SPR by using Finite Element Method

*#조해용¹, 김동범², 김관우¹, 서정³, 이문용⁴, 박병준⁴

*#H. Y. Cho(hycho@cbnu.ac.kr)¹, D. B. Kim², K. W. Kim¹, J. Suh³, M. Y. Lee⁴, B. J. Park⁴

¹충북대학교 기계공학부, ²충북대학원 정밀기계공학과, ³한국기계연구원, ⁴㈜성우하이텍

Key words : SPR, Self-piercing Rivet, Self-piercing Riveting, Finite Element analysis

1. 서론

자동차의 배출가스로 인한 환경오염 문제와 에너지고갈로 인한 고유가 시대에서 연비 향상이 요구된다. 자동차의 경량화 및 성능향상을 위해 자동차 차체 재료에서 High strength steel, Aluminum alloy 등의 사용이 증가되고 있으며, 새로운 판재가 차체에 적용됨에 따라 이종재료의 접합조건의 문제점이 부상하게 되었다.

이종재료 접합에서 서로 용융점이 다르거나, 재료가 비전도성일 경우 스폿용접으로 접합하기가 난해하다. 기존의 용접방식은 후막 도금재인 재료 접합에서 산화 부식이 발생하는 등의 문제점이 있다. 또한 마찰교반접합은 회전하는 공구로부터 마찰의 열이 발생하는 것을 이용한 접합법이다. 이 용접은 강과 알루미늄 합금과 같은 이종재료 접합이 가능하지만 스피드는 충분하지 못한 공법이다.^[1]

이와 반대인 냉간 공정의 SPR 공법은 기존의 리벳과 달리 사전의 구멍을 필요로 하지 않고, 결합 시 사용되는 장비 및 스피드는 스폿용접과 비슷하다. SPR의 접합공정은 상부판재를 피어싱하고 하부판재와 함께 소성변형되어 접합되므로 재료의 서로 다른 용융점 차이는 상관없다.

따라서 SPR 접합에서 리벳과 판재들간의 소성거동을 검토하기 위해 유한요소법으로부터 시뮬레이션 하였다. 유한요소해석 프로그램 DEFORM-2D를 이용하여 SPR 접합 성형성을 예측하고 SPR 접합에 만족되는 리벳과 앤빌의 형상설계 하고자 하였다.

2. 유한요소해석

유한요소해석을 하기 위해 리벳과 앤빌의 초기형상은 기존의 모델 형상을 측정하고 Auto CAD를 이용하여 Fig. 1과 같이 모델링 하였다.

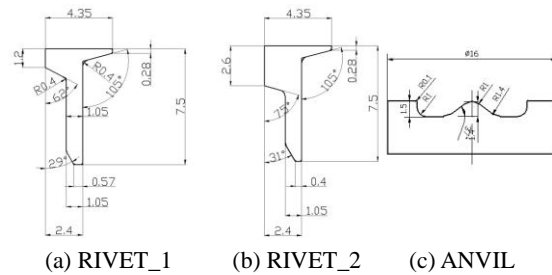
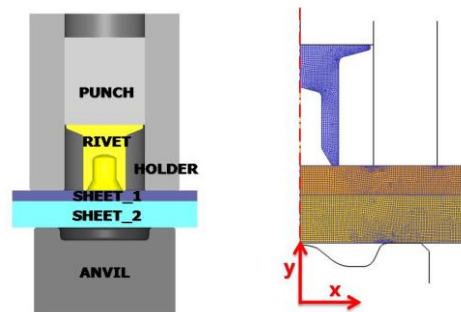


Fig. 1 Modeling of Rivet & Anvil

Fig. 2(a)는 SPR 접합 시뮬레이션을 하기 위해 필요한 각 부품들이 Assembly 된 구조이며, 강소성 유한요소해석 프로그램인 DEFORM-2D를 이용하여 Fig. 2(b)와 같이 리벳과 판재에 요소를 분할하고, 축대칭 시뮬레이션 조건에 맞는 모델링을 하였다.



(a) Assembly of SPR Parts (b) Analysis model
Fig. 2 SPR Parts & Analysis model

Table 1 Riveting considers

(mm)		
Considers	SHEET_1/(thickness)	SHEET_2/(thickness)
Case 1	SGARC340 / 0.8	SILAFONT / 3
Case 2	Al5052 / 1.8	Al6061 / 2.5

Table 1 은 시뮬레이션 될 각 판재들의 접합 조건을 나열 하였다. 접합조건 1 은 이중재료 접합인 자동차용 강판 SGARC340 과 알루미늄 합금인 SILAFONT 이다. 또한 접합조건 2 는 강도와 강성에 차이가 있는 알루미늄 접합이다.

Table 2 Tensile test result of SM45C & Sheets

Specimen		σ_y (MPa)	σ_u (MPa)	Elongation(%)
SM	Hv350	682	982	15.7
	45	1190	1290	9.5
C	Hv450	1490	1695	7.65
SGARC340		191	419	35
SILAFONT		107	223	23
Al5052		77	218	16
Al6061		257	333	15

Table 2 는 유한요소해석에 기계적 물성치를 적용하기 위한 각 소재의 인장시험 결과이다. 리벳의 소재는 SM45C 를 적용하였다. 판재의 접합조건에 따라 SM45C 의 열처리를 통한 경도 별 시뮬레이션 하였다.

3. 유한요소해석 결과

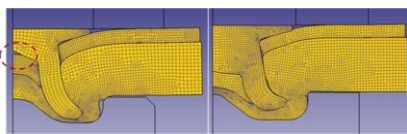


Fig. 3 Riveting result of shape condition(Case 1)

Fig. 3 은 판재의 접합조건 1 에서 리벳의 형상별 성형성 시뮬레이션 결과이다. (a)는 리벳의 물성치를 SM45C Hv340 으로 적용하였으며 RIVET_1 의 형상의 시뮬레이션 결과이고, (b)는 Hv340 과 RIVET_2 의 형상을 적용한 결과이다. (a)에서 리벳과 상부판재 사이에 빈 공간이 생긴 것을 알 수 있다. 이에 따라 RIVET_2 의 형상의 성형성이 좋은 것을 볼 수 있다.

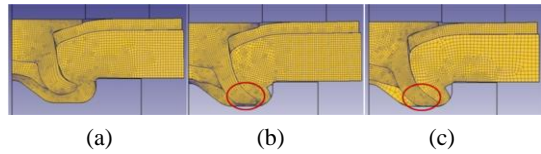


Fig. 4 Riveting result of hardness condition(Case 1)

Fig. 4 는 리벳의 경도별 성형성을 예측하기 위한 시뮬레이션 결과이다. 판재의 접합조건 1 에서 RIVET_2 의 형상으로 동일하게 적용하였다. (a)의 리벳 경도는 Hv340 이며 성형성이 가장 좋았다. (b)와 (c)의 경도는 각각 Hv400, 450 이며 하부판재에 전단이 일어남을 볼 수 있다.

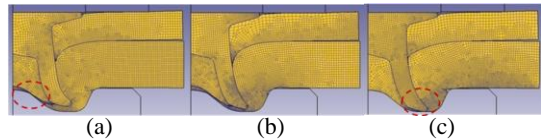


Fig. 5 Riveting result of hardness condition(Case 2)

Fig. 5 는 접합조건 2 에서 RIVET_2 의 형상을 동일하게 적용한 리벳의 경도별 성형성을 예측하기 위한 시뮬레이션 결과 이다. (a), (b), (c)의 리벳 경도는 각각 Hv350, 400, 450 이며 (a)와 (c)의 시뮬레이션 결과에서 하부판재에 전단이 일어남을 알 수 있다. 또한 (b)의 성형성이 가장 좋은 것을 볼 수 있다.

4. 결론

SPR 설계를 위해 SPR 접합을 시뮬레이션하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 판재의 강도에 따른 리벳의 경도는 해석결과를 통하여 결정된다. 즉, 접합조건 1 에서 Hv340, 접합조건 2 에서 Hv400 의 리벳 경도가 적당하다.
2. 접합조건 1, 2 에서 리벳의 형상은 RIVET_2 의 형상을 적용하여야 한다.
3. 판재의 두께에 따라 리벳의 shank 부 구멍 깊이가 결정된다.

참고문헌

1. 김태현, “SPR 공법을 이용한 접합판재의 피로수명에 관한 연구” 공학석사논문