

# CAE 를 활용한 롤러헤밍 공정의 주요변수 분석

## Investigation of Process Parameters in Roller Hemming with CAE

\*#김세호<sup>1</sup>, 김민석<sup>2</sup>, 노재동<sup>2</sup>, 주용현<sup>3</sup>, 김정호<sup>3</sup>, 신현식<sup>3</sup>

\*S. H. Kim(mvksh@daegu.ac.kr)<sup>1</sup>, #M. S. Kim<sup>1</sup>, J. D. Rho<sup>1</sup>, Y. H. Ju<sup>3</sup>, J. H. Kim<sup>3</sup>, H. S. Shin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>대구대학교 기계·자동차공학부, <sup>2</sup>대구대학교 대학원 기계공학과, <sup>3</sup>한국 GM(주) 생산기술연구소

Key words : Roller hemming, CAE, Roller path, DOE(Design of Experiment)

### 1. 서론

헤밍공정은 차량 외관의 플랜지부를 금형으로 가압하여 내판과 결합하는 공정으로 도어, 후드, 트렁크 리드, 휠하우징, 선루프 부위 등에서 활용되고 있는 필수 공법이다. 기존의 프레스금형이나 테이블탑을 이용한 헤밍공법은 복잡한 자동차부품에 적용하기 어려워 최근 로봇을 이용한 롤러헤밍 공법이 개발되어 사용되고 있다. 기존의 롤러헤밍 공법은 생산성과 품질이 떨어져서 많이 사용되지 않았으나 로봇팔의 경로 및 롤러의 교환을 통하여 생산유연성을 확보할 수 있는 장점이 있다. 또한, 여러가지 부위에도 동일 형상의 롤러 사용이 가능하며, 롤러 접촉면적이 매우 작아 작용압력이 큰 효과가 있으며, 외판의 굽힘부에서 유입되는 롤인(Roll-in) 양이 타공법에 비하여 작은 장점이 있다. 최근 들어 롤러헤밍에 관한 연구<sup>1,2</sup>가 활성화되면서 주요 공정변수의 최적화를 통한 작업의 효율화에 힘입어 프레스 헤밍공정이 어려운 부위에 롤러 헤밍공법이 확대 적용되고 있는 추세이다.

현재의 롤러헤밍 공정은 현장에서 시행오차 방법에 의하여 공정설계가 수행되어 단시간 및 저비용의 공정 및 롤러설계를 위해서는 보다 체계적인 설계방법의 구축이 요구된다. 이를 위해서는 프레스성형 공법의 설계에서 큰 활용도를 보이는 유한요소해석 등의 도입이 필수적이다.

본 논문에서는 자동차 부품의 3 단계 헤밍공정을 대상으로 프리헤밍 단계의 파단, 주름 등의 불량률을 파악하고자 제어가능한 변수인 롤러형상, 각 단계 헤밍각도, 플랜지 높이 등의 영향을 실험계획법을 이용하여 파악하고, 공정

에서 중요한 영향을 미치는 공정변수를 도출하였다.

### 2. 롤러헤밍 공정 CAE

본 논문의 공정해석 대상은 Fig. 1 에 도시한 중형차량의 트렁크 리드(Decklid)이다. 본 제품은 Fig. 2 에 도시된 바와 같이 3 단계의 헤밍공정에 의하여 생산된다. Fig. 1 에 도시된 구간의 헤밍공정 효과를 해석으로 확인하기 위하여 Fig. 3 과 같이 판재와 롤러의 운동궤적을 단순화시킨 2 차원 부분분석모델을 제작하였다. 이상의 조건을 바탕으로 롤러의 궤적을 직선과 곡선 구간으로 구분하여 각 구간의 주름발생 및 하중의 크기 및 진동여부의 변화를 파악하였다. Fig. 4 에 곡선구간에서 각 헤밍단계별 헤밍 공정해석 후 변형형상을 도시하였다.

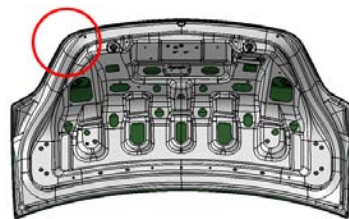


Fig. 1 Decklid used in the finite element simulation

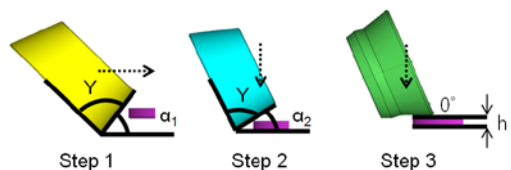


Fig. 2 Schematic procedure of roller hemming

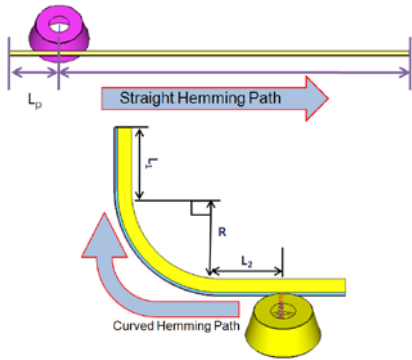


Fig. 3 Simplified model for the simulation of roller hemming process



Fig. 4 Subsequent deformed shapes of the panel during the roller hemming process with CAE

### 3. 공정변수 영향 분석

2 절에서 기술한 직선구간과 곡선구간에 대하여 유한요소해석을 수행하였으며, 주요 설계 변수 인자 선정 및 최적의 공정변수를 도출하기 위하여 실험계획법을 사용하였다. 사용된 공정변수는 Fig. 2 에 정의한 바와 같이 1 공정 굽힘각( $\alpha_1$ ), 2 공정 굽힘각( $\alpha_2$ ), 롤러의 테이퍼각 ( $\gamma$ ), 굽힘부 플랜지 높이( $h$ )의 4 가지이다. 각 공정변수를 3 수준으로 설계하여 직교 배열표를 구성하였으며, 이에 따라 9 번의 유한요소해석을 실시하였다. 최적모델을 구성하기 위한 반응으로는 주름의 높이 평균, 측정부에서의 높이방향 오차, 최대하중, 하중평균 등을 활용하였다. S/N 비 계산 시 망소특성을 적용하였으며, 직선구간과 곡선구간에 대하여 분산분석을 실시하였다. Fig. 5 와 Fig. 6 에 각각 직선구간과 곡선구간의 S/N 비와 평균의 평균값을 도시하였다.

분산분석 결과 직선제직의 경우 플랜지 높이  $h$ , 롤러 테이퍼각  $\gamma$  순으로, 곡선제직의 경우 플랜지 높이  $h$ , 1 공정 굽힘각  $\alpha_1$  순으로 헤밍품질에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

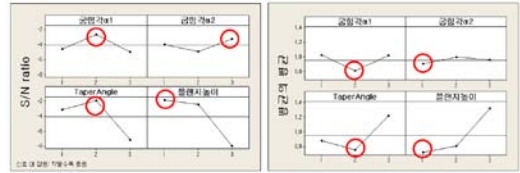


Fig. 5 Plots of S/N ratio and average according to process parameters in the simulation of straight hemming path

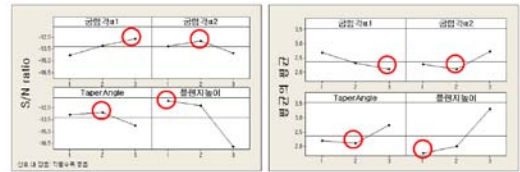


Fig. 6 Plots of S/N ratio and average according to process parameters in the simulation of straight hemming path

### 4. 결론

본 논문에서는 유한요소해석 및 실험계획법을 사용하여 롤러헤밍 공정의 주요공정변수를 파악하고 각 공정변수의 경향을 파악하였다. 특히, 롤러헤밍 공정에서 품질에 가장 큰 영향을 미치는 곡선부의 헤밍기구는 플랜지 높이 및 프리헤밍 단계의 굽힘각임을 확인하였다. 본 연구결과를 실제 공정에 활용할 경우 성형품질의 향상을 기대할 수 있으며, 유사 롤러헤밍 공정의 초기설계에 적용이 가능할 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. Lin, G., Li, J., Hu, S., and Cai, W., "A Computational Response Surface Study of Three-dimensional Aluminum Hemming using Solid-to-shell Mapping," *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, **361**, 360-368, 2007.
2. Jonkers, B., *Simulation of the Robot Roller Hemming Process*, M.S. Dissertation, Univeristy of Twente, 2006.