

# 선체 외곡판 제작을 위한 롤 성형 공정 개발

## Development of Roll Forming Process for the Manufacture of Ship Hull Plates

\*#심도식<sup>1</sup>, 양동열<sup>2</sup>, 이돈진<sup>1</sup>, 한명수<sup>1</sup>,

\*#D. S. Shim<sup>1</sup>(brainwork@dsme.co.kr), D. Y. Yang<sup>2</sup>, D. J. Lee<sup>1</sup>, M. S. Han<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>대우조선해양(주) 산업기술연구소 프로젝트연구그룹, <sup>2</sup>KAIST 기계항공시스템학부

Key words : Incremental roll forming, ship hull

### 1. 서론

선체의 외곡면(Ship hulls)은 다양한 형태의 이중 곡률과 비틀림(twisting)의 특성을 가진 3차원 복합 곡면(compound surface)들로 구성되어 있다. 현재 조선 현장에서 선체 외곡판은 롤 벤딩(cylinder roll bending) 공정과 가스 토치(gas flame torch)에 의한 국부적 가열을 이용하는 선상 가열 공정(Line heating process)을 통해 제작된다. 하지만 아직까지도 롤 벤딩과 선상 가열 작업의 대부분이 작업자의 경험에 의해 이루어지고 있어 생산성이 낮다는 단점을 가지고 있으며, 열원에 의한 고온 및 소음 발생 등에 따른 열악한 작업 환경이 해결되어야 할 문제로 부각되고 있다.

이러한 배경으로 선체 외곡판 제작의 생산성 향상을 위해 국내외 많은 연구자들에 의해 다양한 공정들이 제안되어 꾸준히 연구되고 있으나, 아직까지 만족할만한 정밀도와 생산성을 가지지 못해 실용화 단계는 미치지 못하고 있는 실정이다.

최근에는 점진적 성형(incremental forming) 원리를 선체 외곡판 제작에 적용하기 위한 시도로 냉간 점진적 롤 성형 공정(Incremental roll forming process)이 제안되었으며[1], 제안된 공정에 대한 기초 연구가 본 논문의 저자들에 의해 수행되었다[2,3]. 그 결과를 바탕으로 롤 성형 공정을 실제 생산 현장에 적용하기 위한 선행 연구로서, 성형 공정 설계를 위한 공정 변수 분석을 실시하였고 두께 8mm의 선박용 강판(AH36)을 활용하여 실제 대형 선박의 외곡판 성형을 시도하였다. 이에 본 논문에서 그 연구 결과를 소개하고자 한다.

### 2. 점진적 롤 성형 공정

Fig. 1은 롤 성형 공정의 기초 연구를 위해 개발된 성형 장치를 보여주고 있다. 그림에서와 같이 모터 구동에 의한 회전과 수직 방향으로 위치 조절이 가능한 1개의 상부롤과 4개의 하부 받침롤(supporting roll)로 구성되어 있다. 4개의 받침롤에 놓여진 금속 판재를 상부롤이 눌러줌으로써 굽힘 변형을 발생시키게 되고, 상부롤이 회전하게 되면 판재와의 접촉부분에서의 마찰에 의해 재료를 이송하게 된다. 이러한 국부적인 굽힘 변형을 일정한 간격으로 전 영역에 걸쳐 발생시켜 이중 곡률을 갖는 판재를 성형하게 된다.

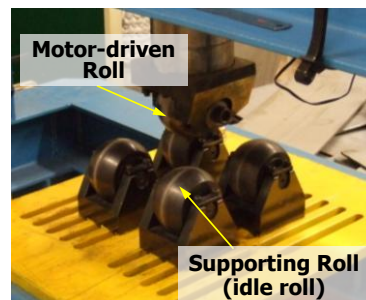
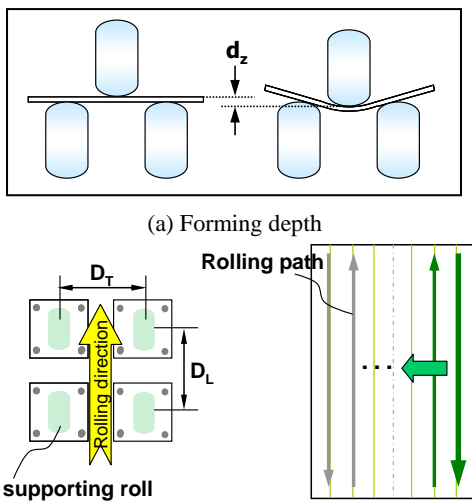


Fig. 1 Experimental setup

### 3. 공정 변수

점진적 성형 원리에 따라 초기 형상을 목적 형상(target shape)으로 제작하기 위한 공정 변수들을 Fig. 2에 정리하였다. Fig. 2(a)에 나타난 상부롤의 압하량( $d_2$ )에 따라 곡면의 굽힘 성형량이 결정되고, 하부롤 간의 간격( $D_T$ ,  $D_L$ )은 성형 곡면의 종곡률과 횡곡률의 상대적 비율과 주곡률 방향(principal direction)을

결정하게 된다(Fig. 2(b)). 최종 목적 형상에 따라 하부롤의 구성이 결정되면, Fig. 2(c)에서와 같이 미리 설계된 성형 경로(rolling path)를 따라 판재를 이송시키면서 상부롤의 압하량을 제어하여 최종 목적 곡면으로의 성형을 진행하게 된다. 이러한 하부롤 배열, 상부롤 압하량, 성형 경로 등의 공정 변수들은 목적 곡면에 대한 CAD 데이터로부터 곡면 분석을 거쳐, 가공 정보 생성 알고리즘을 통해 자동적으로 산출된다.



(a) Forming depth (b) Configuration of support rolls (c) Rolling path  
Fig. 2 Process parameters

#### 4. 성형 결과 및 결론

롤 성형 공정의 현업 적용을 위한 선행 연구를 위해 실제 조선 현장에서 건조되고 있는 세 종류의 대표 선박을 선정하고, 이를 구성하고 있는 선체 외곡면에 대한 곡면 형상을 분석하였다. 그 결과, 대표 실곡면으로 분류될 수 있는 4 가지의 형상들을 Fig. 3 에 나타내었다. 각각의 대표 실곡면에 대한 기하 특성(geometric characteristics)에 따라 앞서 언급된 공정 변수를 결정하여 성형 실험을 실시하였으며, 그 성형 결과를 대표 목적 곡면과 함께 나타내었다. 그림에서와 같이, 롤 성형 공정을 통해 다양한 형태의 중/형곡률과 주곡률 방향 또는 비틀림 특성을 가지는 대표 실곡면의 제작을 완료하였으며, 이를 통해

점진적 롤 성형 공정에 대한 현업 적용 가능성을 확인할 수 있었다. 이러한 검토 결과를 토대로, 대형 후곡판 부재를 성형하기 위한 대형 롤 성형 장치를 현재 제작 중에 있으며, 향후 실제 생산 현장에의 적용을 위한 관련 연구를 진행 중에 있다.

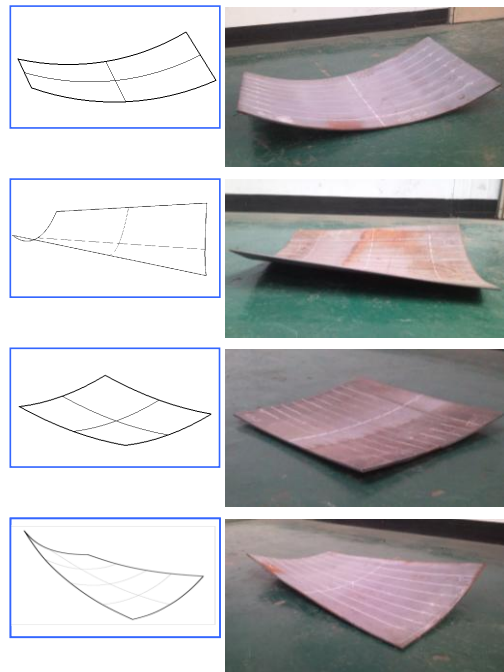


Fig. 3 Four types of typical hull shapes and experimental results

#### 참고문헌

1. Yoon S.J., Yang D.Y., "An Incremental Roll Forming Process for Manufacturing Doubly Curved Sheet Blanks with Enhanced Process Features," Annals of CIRP, 54, 221-224, 2005.
2. Shim D.S., Jung C.G., Seong D. Y., Yang D. Y., Han Y. S., Han M. S., "A Study on the Line Array Roll Set Process for the Cold Fabrication of a Doubly Curved Metal Plate," KSTP, Oct., 292~295, 2006.
3. 심도식, 윤석준, 이석렬, 성대용, 양동열, 한용섭, 한명수, "점진적 롤 성형 공정의 선박 곡가공 적용을 위한 공정 변수 분석," 2005년 한국소성가공학회 추계학술대회.