

# 선체 외판의 냉간성형을 위한 곡면분류 프로그램 개발 Development of Surface Classification Program for Cold Forming of Ship Hull Plates

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

\*#D. J. Hong (pmac@dsme.co.kr), D. S. Shim, S. M. Ha, M. S. Han,

<sup>1</sup>대우조선해양(주) 산업기술연구소

Key words : Cold Roll Forming, Incremental Forming, Ship Hull Plates

## 1. 서론

선체의 외판은 크게 평판, 단순 곡판, 이중 곡판으로 나눌 수 있으며, 평판은 선체의 옆면에, 이중곡판은 선수 및 선미 부에 위치하고 있으며, 이들 곡판을 단순 곡판들이 연결해 주어 전체적으로 부드러운 곡면을 이루도록 하고 있다.

선체의 외판은 보통 절단된 평판으로부터 1 차 냉간 롤 성형을 하여 실린더 형상의 단순 곡판을 만든 후에 가스 토치를 사용하여 고온으로 가열하고 급속 냉각시킴으로써 재료 내부의 수축을 발생시켜 곡면을 형성하는 방법(선상 가열법 또는 삼각 가열법)에 의해 제작하고 있다. 열간 가공법은 소음과 화염 등에 의한 작업자 보건의 위협 및 생산성의 한계 등의 문제가 있어서 이를 자동화하기 위한 많은 연구가 진행되고 있으며 어느 정도의 성과도 이루어졌다. 또한, 최근에는 점진적 성형(Incremental Forming)의 원리를 이용하여 선체 외판의 이중 곡면을 자동으로 제작하기 위한 점진적 롤 성형 공정(Incremental Roll Forming Process)이 제안되었으며<sup>1,2</sup>, 당사에서는 이를 이용하여 대형 선박 외판의 이중 곡면을 제작할 수 있는 냉간 롤 성형시스템을 개발하였다.

본 연구에서는 상기 냉간 롤 성형시스템에 있어서 곡면의 특성에 따라 성형 방법이 달라지기 때문에 곡면정보 파일로부터 곡면의 특성을 자동으로 분석하여 형상에 따라 곡면을 분류하는 프로그램을 개발하였다.

## 2. 점진적 롤 성형공정의 기본원리

점진적 롤 성형 공정은 Fig. 1 과 같이 두 쌍의 하부 받침롤(support roll)과 한 개의 상부 구동롤(motor-driven roll)로 구성되어 있다. 상부롤은 금속판재를 누르고 있는 상태에서 모터에 의해 고정된 축을 기준으로 하는 회전에 의해 판재와의 접촉 부분에서 발생하는 마찰에 의해 재료를 이송하게 된다. 이와 같이 구성이 간단한 롤 셋을 이용하여 금속 판재에 국부적인 굽힘 변형을 두 방향으로 동시에 발생시키고 이를 판재의 전 영역에 걸쳐 연속적으로 발생시킴으로써 이중 곡률을 갖는 판재를 성형할 수 있게 된다<sup>2</sup>.

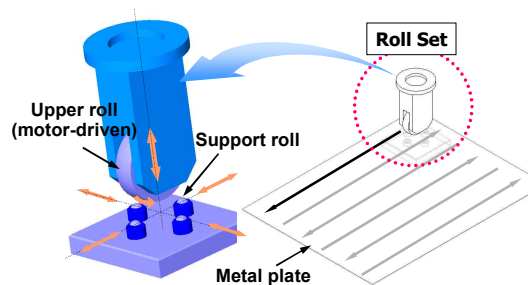


Fig. 1 Schematic diagram of the incremental forming process using a roll set

## 3. 곡면분류 기준의 정의

2 장에서 기술한 바와 같이 점진적 롤 성형공정은 상부롤의 압하에 의해 곡면을 형성하게 되는데, 곡면의 형상에 따라

압하량이 실시간으로 달라진다. 또한, 곡면의 종류에 따라서 어디에서 가공을 시작해야 하는지, 어떤 방향으로 가공하는지, 테두리의 성형은 어떻게 해야 하는지 등이 결정된다. 그래서, 곡면을 분류하기 위해서 Fig. 2와 같이 곡판을 길이방향으로 배치하여 길이방향의 세 성분을 각각 종곡의 곡률반경 값  $R_{L1}$ ,  $R_{LC}$ ,  $R_{L2}$ , 횡곡의 곡률반경 값  $R_{T1}$ ,  $R_{T2}$ ,  $R_{TC}$ , 횡곡  $R_{T1}$  과  $R_{T2}$  의 기울어진 양을 트위스트 각도  $j$  로 정의하였다.

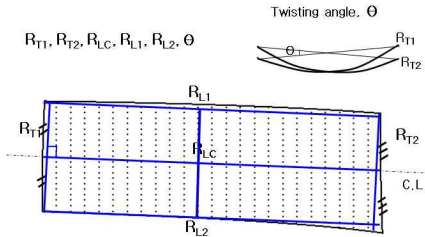


Fig. 2 Definition of curvatures on surface

선박의 선수와 선미를 이루는 이중 곡판은 횡곡과 종곡이 모두 곡률을 가지는 경우를 말하는데, 이 경우에도 대칭인 경우와 비대칭인 경우로 나뉜다. 대칭은  $R_{L1}$ ,  $R_{LC}$ ,  $R_{L2}$  과  $R_{T1}$ ,  $R_{TC}$ ,  $R_{T2}$  가 서로 거의 동일한 값을 가지는 경우를 말하고, 비대칭은 이들이 서로 각각 다른 값을 가지거나 종곡 또는 횡곡이 원으로 표현할 수 없는 비원호인 경우를 포함한다. 또한 트위스트 각도가  $R_{T1}$  에서  $R_{T2}$  로 가면서 변하는 경우도 비대칭에 포함된다. 또, 외중곡면(Saddle 곡면은) 횡곡과 종곡의 곡률방향이 서로 다른 경우이다.

#### 4. 곡면분류 프로그램

Tribon CAD로부터 추출한 실선체의 외판 곡면에 대한 점 정보를 가지는 XML 파일로부터 곡면의 특성을 분석하고 그 결과를 이용하여 곡면을 형태에 따라 분류할 수 있는 프로그램을 Fig.3 과 같이 개발하였다. 곡면의 분류를 위해서 XML 파일을 통해 입력된 곡면상의 점 정보를 이용하여 Fig.3 의 하단부와 같이 곡면을 모델링하였다. 모델링된 결과를 이용하여 Fig. 2 에서 정의한 종곡  $R_{L1}$ ,  $R_{LC}$ ,  $R_{L2}$  과 횡곡  $R_{T1}$ ,  $R_{T2}$ ,  $R_{TC}$  를 추출하고 추출된

횡/종곡선을 이용하여 트위스트 각도  $j$ , 그리고 원호와 각각의 횡종곡선과의 수직 방향에 대한 오차값 등을 계산하였다. 이들 값으로부터 곡면이 횡/종 방향에 대하여 대칭인지, 비대칭인지를 판단하도록 하였고, 비대칭인 경우, 곡률반경이 변하는 것인지, 비원호 형태인지도 알 수 있도록 하였다. 또, 이런 결과들을 이용하여 복수로 입력된 XML 파일들을 해당 곡면의 특성에 따라 자동으로 디렉토리별로 분류할 수 있도록 하였다.

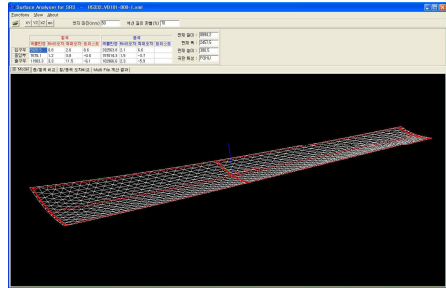


Fig. 3 Surface classification program

#### 5. 결론

본 연구에서는 점진적 냉간 롤 성형 시스템에서 성형하고자 하는 곡면정보 파일로부터 곡면의 특성을 분석하여 분류하는 프로그램을 개발하고, 이를 이용하여 생산중인 호선에서 추출된 곡면을 곡면 특성에 따라 분류하고 이를 이용하여 실제 성형함으로써 개발된 프로그램의 유용성을 확인하였다.

#### 참고문헌

- 이돈진, 정성욱, 이현호, 이광호, 김상준, 노중화, 한명수, 한중만, 손영석, “후판 3 차원 이중 곡면용 냉간 성형 시스템 개발,” 제어자동화시스템 학회 심포지엄, 180-183, 2008
- 심도식, 양동열, 이돈진, 한명수, “선체 외곡판 제작을 위한 롤 성형 공정 개발,” 한국정밀공학회 추계학술대회, 517-521, 2010
- 이돈진, 이찬행, 심도식, 이광호, 임채목, 한명수, 고명석, “선체 외곡판 냉간 성형 시스템 개발,” 한국정밀공학회 추계학술대회, 111~112, 2011