

## 롤포밍을 위한 박판 미세구조물 기초 연구

정동원 · 김형중 · 최두선\* · 제태진\* · 박재현\*

제주대학교 기계에너지생산공학부, \*한국기계연구원

### A study on basis design of micro structure for the roll forming

Dong-Won Jung, Hyeong-Jong Kim, Doo-Son Choi\*, Tae-Jin Jae\* and Jae-Hyun Park\*

Faculty of Mechanical, Energy and Production Engineering, Cheju National University, Jeju-Do 690-756, Korea

\*Korea Institute of Machinery & Materials

Sandwich sheets consisting of two or more different material layers are widely used in various industries due to the diversity of properties they possess, such as high electrical conductivity, high corrosion resistivity, high strength, etc. The production of sandwich sheets by a rolling process, which is a more efficient and economical approach compared to other types of processes, has become an increasingly important subject of study. In this study, the focus of the analysis is to evaluate stress and strain of the micro structure by the roll forming.

**Key Words** : roll forming, sandwich structure, wire mesh

### 서론

자동차, 항공, 선박, 가전, 건축 및 방위 산업 등 현대 사회의 핵심 기간산업은 제품의 대부분을 금속 판재를 이용하여 제품을 생산한다. 따라서 향상된 물성 특성을 갖춘 금속 판재를 이용함으로써 기존 제품의 성능을 더욱 향상시킬 수 있다. 이러한 관점에서, 현대 사회는 에너지 자원이 점차 고갈되어 가고 있고 소비자의 기호 수준이 향상되어 고성능의 제품을 요구하고 있으므로, 높은 에너지 효율성과 구조의 안정성 및 신뢰성을 동시에 만족시킬 수 있는 초경량 고강도 재료 개발이 활발히 진행되고 있다. 특히, 고속 운행과 강한 내충격성을 요구하는 자동차, 항공 및 방위 산업 분야에서는 초경량 고강도 박판의 내부 구조물 개발이 절실히 요구되고 세계적으로 샌드위치 구조의 박판재 개발이 세계적으로 각광받고 있다.(Arnold, 1959 : Afonja, 1973 : Denchiyuu, 1984)

샌드위치 구조는 무게에 비해 뛰어난 굽힘강성과 강도 때문에 가벼우면서도 견고한 구조물에 많이 사용되는데, 대부분의 경우 샌드위치 구조는 상판, 하판, 중간 구조물로 구성되며, 이들은 구조적 형태를 유지하면서 서로 접합이 되어있다. 이러한 구조물은 우수한 방음성과 단열성을 가지고, 무게에 비해 월등한 강도가 큰 장점이 있으나 제작 및 가공상의 어려움이 단점으로 지적된다(한 등, 2001).

본 연구에서는 기존의 롤포밍 머신을 응용한 조립식 롤 금형을 설계하여 내부구조물에 적용 가능한 여러 기본 및 다중 복합형상에 대하여 설계 해석을 실행함으로써 성형성과 강도를 고려한 최적화된 형상을 연구 수행하였다.

롤 포밍은 다른 성형법에 비하여 내부구조물을 대량생산 할 수 있는 장점이 있는 반면 형상의 소형화에 따른 롤금형 제작에 많은 어려움이 따르며 형상에 많은 제약을 받는다. 또한 내부구조물의 형상은 기존에 많이 사용하고 있는 wire mesh 형상에 비하여 제

작공정의 간소화와 형상크기에 비례하는 샌드위치 판넬의 두께변화, 강도 등을 고려하여야 한다.

### 내부 구조물 해석

#### 해석모델 및 방법

본 연구에서는 내부구조물의 기본적인 V, U 형상에 대한 해석을 Dynaform을 사용하였으며 기본적인 형상에 대한 해석모델은 Fig. 1에 나타내었다. 그리고 구조물의 재료는 자동차, 항공 및 방위 산업 분야에서 많이 사용되는 STS304를 사용하였으며 기계적 성질은 Table 1에 나타내었다. 동일한 피치에 대한 동일한 조건에 대해 V-pattern 형상과 U-pattern 형상에 대한 금형설계 후 기본적인 형상에 대한 응력해석, 변형률 해석, 그리고 tool force에 대한 해석을 수행하였다.

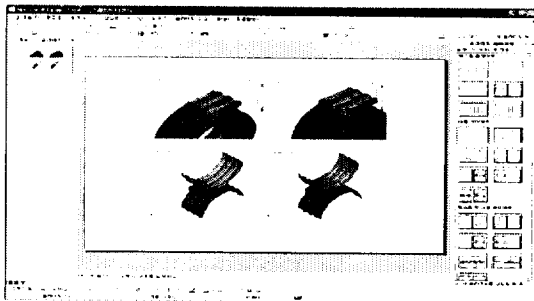


Fig. 1. Analysis models (V-pattern & U-pattern).

Table 1. Mechanical properties of STS 304

Elastic modulus	E	$2.14 \times 10^5 \text{ MPa}$
Poisson's ratio	$\nu$	0.29
Yield strength	$\sigma_t$	206 MPa
Tensile strength	$\sigma_t$	519 MPa
Density	$\rho$	$8.03 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$

Table 2. analysis conditions

rolling tool	강체
rolling tool 속도	40 rad/s
feeding 속도	120 mm/s
tool diameter	6 mm

그리고 해석에 사용된 rolling tool은 강체로 모델링하였고 tool의 직경은 6 mm이며 workpiece size는 가로와 세로가 각각 2.2 mm이고 재료의 두께는 0.7 mm를 사용하였다. Table 2에는 사용된 해석조건에 대하여 나타내었다.

#### Dimple roll 금형 설계

기본적인 형상에 대한 해석 후 dimple 형상을 갖는 조립식 roll 금형과 일체형 roll 금형을 설계하였다. Fig. 2에는 조립식 롤 금형 설계를 나타내었고 Fig. 3에는 일체형 롤 금형을 나타내었다.

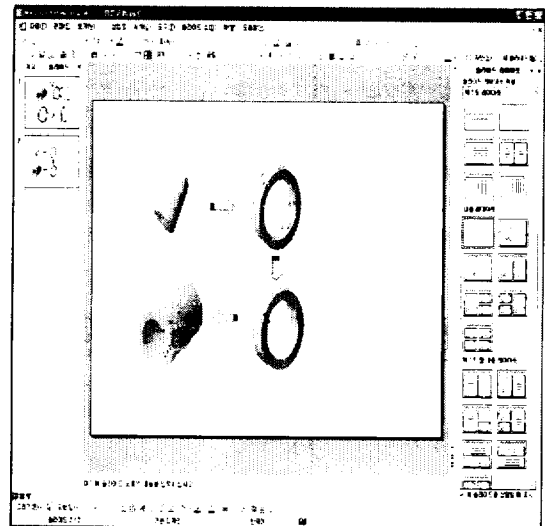


Fig. 2. Roll metallic pattern of Segmental.

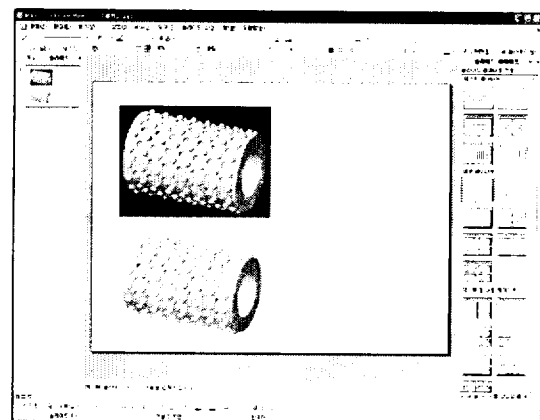


Fig. 3. Roll metallic pattern of Integral.

조립식 롤 금형은 먼저 dimple 형상에 핀을 가공하고 롤에 핀 형상에 맞는 홈을 가공한 후 핀을 홈에 끼워 맞춰서 설계하였다. 핀 형상의 크기는 지름이 4 mm이고 롤의 직경은 60 mm이고 길이는 20 mm이다. 조립식 롤 금형을 이용하여 구조물을 가공할 경우 일체형 롤에 비해 가공형상, 가공물 크기 등에 많은 장점을 가지고 있지만 롤 금형을 제작함에 있어 미세한 패턴 형상을 제작하기 위한 핀가공 기술에 어려움이 있고 가공하는데 있어 많은 비용과 정밀한 가공이 어려운 단점이 있다.

### 실험 결과 및 고찰

#### 응력해석

Fig. 4에 V-pattern 형상과 U-pattern 형상에 대한 응력해석 결과를 나타내었다. V-pattern의 경우 응력의 최대값은 2453.73 N/mm<sup>2</sup> 이었고, U-pattern의 경우 최대값은 1643.24 N/mm<sup>2</sup> 이었다.

U-pattern의 경우 V형상보다 동일한 피치일 경우 단면적이 크므로 해석값이 V형상보다 크게 나타났음을 알 수 있었고 U형상의 경우 V형상보다 응력이 분산됨을 알 수 있었고 V형상의 경우 가공된 홈 부분에 응력이 더 집중됨을 알 수 있었다.

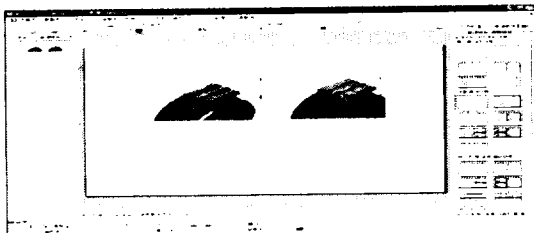


Fig. 4. Stress Analysis(V-pattern &U-pattern).

#### 변형률 해석

Fig. 5에 V-pattern 형상과 U-pattern 형상에 대한 변형률 해석 결과를 나타내었다. V-pattern의 변형률 최대값은 2.32이었고, U-pattern의 변형률 최대값은 1.43이었다. 변형률도 응력과 마찬가지로 U형상의 경우 변형이 덜 일어남을 알 수 있었다.

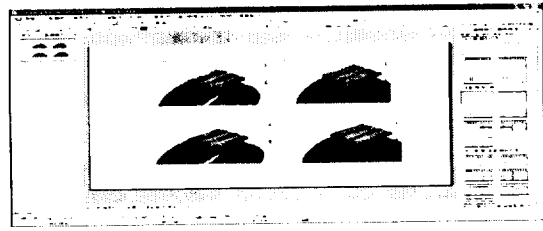


Fig. 5. Strain Analysis(V-pattern U-pattern).

#### Tool force 해석

Fig. 6에서는 V 형상에 대한 tool force에 대한 해석을 나타내었다. V형상에서는 공구에 걸리는 힘이 1250 ~ 1700 N 정도가 필요했다. Fig. 7에서는 U형상에 대한 tool force에 대한 해석을 나타내었다. U형상에서는 공구에 걸리는 힘이 1700 ~ 2700 N 정도가 필요했다. U형상에서가 V형상보다 500 ~ 1000 N 정도에 힘이 더 필요했음을 알 수 있었는데 U형상에서 공구에 걸

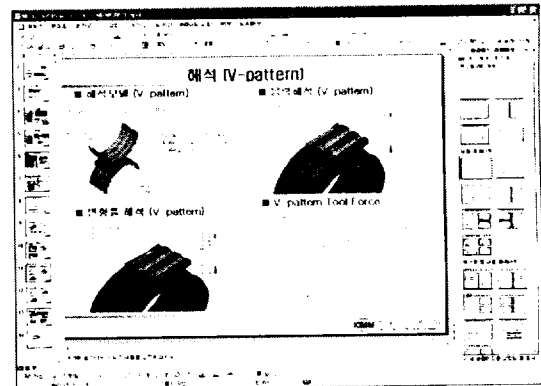


Fig. 6. Tool Force V-pattern.

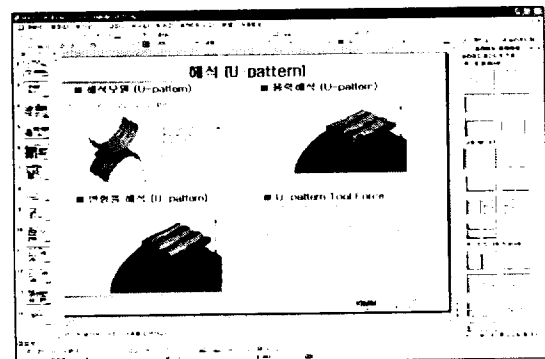


Fig. 7. Tool Force U-pattern.

리는 면적이 더 크기 때문에 V 형상보다 힘이 더 필요했음을 알 수 있었다.

성형 결과를 얻을 수 있을 것으로 보이며 기초형상에 대한 결과를 통해 dimple 형상에 대한 Roll 금형 제작 중에 있다.

### 결 론

본 연구에서는 롤 포밍에 의한 가공에 의해 U, V 형상을 갖는 내부구조물의 응력해석과 변형률 해석 그리고 tool force에 대한 해석을 각각 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) U, V 형상에 대한 응력해석을 통하여 U형상에서 V형상보다 훨씬 응력 집중이 분산됨을 알 수 있었다.
- 2) 변형률 해석을 통해 V형상에서 U형상보다 변형이 많이 발생함을 알 수 있었다.
- 3) tool force를 통해 형상에 따른 면적에 따라 면적이 클수록 공구에 받는 힘이 많이 필요함을 알 수 있었다.
- 4) 본 연구에서는 현재 U, V 형상에 대한 응력 및 변형률 해석을 통해 U형상이 더 나음을 알 수 있었다.
- 5) 기초해석 결과를 통해 현재 우리는 조립식 dimple 형상 roll 금형을 설계하였다.

해석을 통한 결과를 통해 U형상에 대해 더 나은

### 사 사

본 논문은 과학기술부 국책연구개발사업인 마이크로 첨단복제 생산시스템 개발사업 수행 결과의 일부를 밝혀둡니다.

### 참고 문헌

한근조 · 안찬우 · 안성찬 · 홍도관 · 한동섭. 2001. "좌굴을 고려한 샌드위치형 판 구조물의 모드해석". 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, pp. 702-705.

Arnold. R. R., Whitton. P. W. 1959. "Stress and deformation studies for sandwich rolling hard metals." Proc. Inst. Mech. Eng. 173: 241-256.

Afonja. A. A., Sansome. D. H. 1973. "A theoretical analysis of the sandwich rolling process." Int. J. Mech. Sci. 15: 1-14.

Denchiyuu. M. 1984. "Sandwich rolling analysis and experiments. in : Proceeding of the S-54 Spring Conference." Jpn. Soc. Technol. Plast. pp. 557-560.