

롤 성형기를 이용한 금속 내부구조물 기초 실험

김형종*(제주대 대학원 기계공학과), 정동원(제주대학교 기계공학과),
최두선, 제태진, 박재현(한국기계연구원)

A study on basis of metal inner structure by roll forming machine

H. J. Kim, D. W. Jung(Mecha. Eng. Dept. Cheju Univ.), D. S. Choi, T. J. Jae, J. H. Park(KIMM)

ABSTRACT

Sandwich structures, which are composed of a thick core between two thin faces, are commonly used in many engineering applications because they combine high stiffness and strength with low weight. Depending on the application of a particular sandwich structure, various types of cores can be used. 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 paper, we have studied the embossing structure of sheet type and developed embossing roll mold with $\Phi 3$ pattern and roll forming system.

Key Words : inner structure(내부구조물), roll forming machine(롤 성형기), embossing roll mold(엠보싱 롤 금형), roll force(압연력)

1. 서론

최근 들어 구조재 강판의 다기능화를 요구함에 따라 합성수지, 플라스틱을 이용한 복합 구조재 강판의 개발에 많은 연구개발이 있어왔다. 이러한 메탈-플라스틱-메탈 구조의 강판은 정형 되어지는 성형성의 한계로 특별히 방진/제진 기능이 요구되는 일부 제품에만 선보였으나, 금속-내부패턴금속-금속 구조 강판은 성형성, 비강성이 우수하여 건축, 자동차, 전기전자제품의 외판 등에 널리 사용이 가능한 차세대 구조재 강판이다. 이와 같은 연구 개발 분야에 적합한 재료중의 하나인 샌드위치 구조물은 얇은 두 외재(Face Sheet)와 내재(Core)로 접착된 구조물이며 내재는 보통 가볍고 전단에 강한 재료를 사용하는 반면 외재는 인장에 강한 재료가 사용된다. 따라서 샌드위치 구조는 높은 강도와 강성을 가지며 가벼운 중량을 지니게 된다.

기존에 많은 연구가 되고 있는 wovened metal 인 경우 와이어끼리 접합이 되지 않아 쉽게 변형하고

수작업으로 비교적 제작단가가 높고 대량생산이 어렵고 expanded metal type 인 경우 용접이 어렵고 마름모꼴 격자모양으로 인한 이방성 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 강도 및 강성이 높고 용접을 통한 스킨판재와 접합성 또한 뛰어나고 대량생산도 가능한 sheet type 의 embossing 구조에 대한 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 $\Phi 120 \times 150$ roll 금형크기에 pattern size $\Phi 3$ mm 에 roll 금형을 설계 제작하였고 토크측정 및 load 측정이 가능하도록 센서를 부착하여 실험을 통한 최적 조건을 찾을 수 있는 roll forming machine 을 개발하였다. 또한 CSP IN 소재에 대한 기초 실험 결과 발생된 소재의 힘 현상과 롤 위치 조정이 필요하여 성형성이 좋은 AI 판재에 대하여 비교 실험하였고 소재의 미성형부 존재시의 영향에 대하여 roll force 및 형상에 대하여 기초실험을 수행하여 비교 분석하였다.

2. 롤 성형 시스템 구축

2.1 롤 금형 설계 및 제작

Fig. 1 은 연구에 사용된 embossing 형상을 갖는 롤 금형 도면이다. Roll size 는 $\Phi 120 \times 150\text{mm}$ 이고, pattern 의 크기는 $\Phi 3\text{mm}$ 이고 pitch 6.8mm 로 상부 금형과 하부 금형 한세트로 설계되었다.

설계된 도면을 통해 일반 금형강(SKD11)을 이용하여 황삭을 한 후 열처리(예열 : 840°C , 본열 : 1030°C)를 하여 금형의 경도(Hrc 55-57)를 향상시켰고 엠보싱 형상으로 가공된 리머로 마무리 작업을 하여 금형을 제작하였다. Fig. 2 는 실제 가공중인 금형의 모습과 제작이 완료되어 성형기에 조립한 모습이다.

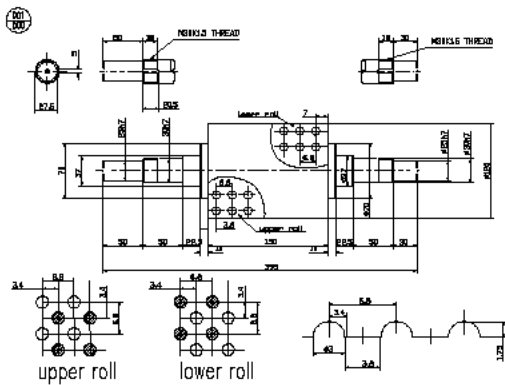


Fig. 1 Drawing of roll mold with embossing

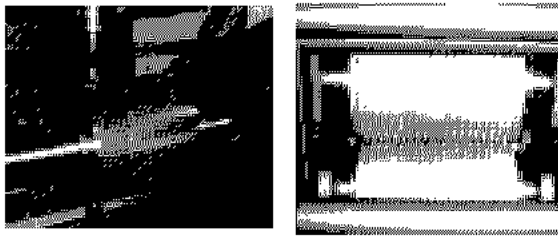


Fig. 2 Manufacturing and assembly of roll

2.2 롤 성형기 개발

롤 성형기를 제작하기 위해 먼저 제작된 롤을 구동할 구동부와 회전 및 토크 측정부를 설계하였고 또한 다단 roll 금형 제작이 가능하도록 다단 공정을 할 수 있는 구조로 설계하였다. 먼저 롤 구동부는 실제로 롤이 회전하면서 판재를 성형하는 부분으로써 판재의 무게에 따라 롤 사이의 간격을 조정하여 성형할 수 있으며 load 센서를 부착하여 성형 중 판재에 작용하는 힘을 계산할 수 있도록 하였고 회전제어 및 토크 측정부에서는 엔코더를 통한 정확한 회전수 제어를 할 수 있고 토크 센서를 통한

정확한 토크 측정이 가능하도록 제작되었다. Fig. 3 은 개발된 롤 성형기를 나타낸다. Fig. 4 는 성형기에 부착된 토크센서 및 로드센서를 나타낸다. 소성가공 이론에 의해 200 kgf-m 까지 측정이 가능한 토크 센서(YDFP-200KM)와 3 tonf 까지 측정이 가능한 로드 센서(YM13-3T)를 선택하여 부착했다.



Fig. 3 Roll forming machine system

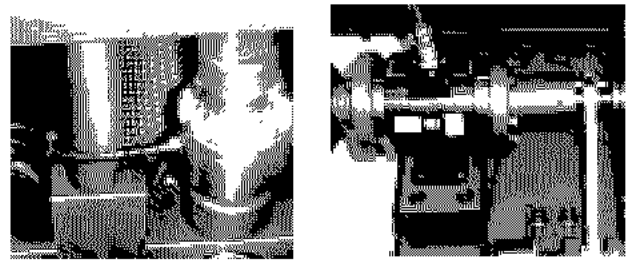


Fig. 4 Torque and Load sensor

3. 가공소재 및 실험방법

3.1 가공소재

본 실험에 사용된 소재는 내부구조재로서 사용이 가능한 CSP 1N 0.5t 와 성형시스템에 대한 기초실험을 수행하는데 있어 성형성이 우수한 Al 판재(0.5t)를 사용하였다. Table 1 에는 CSP 1N(0.5t)에 대한 기계적 특성을 나타내었다.

Young's Modulus	180 GPa
Tensile yield strength	170 MPa

Table 1 Mechanical properties of workpiece CSP 1N

3.2 실험방법

제작된 롤 금형을 성형기에 조립한 후 9 RPM 으로 롤을 회전시켜 CSP 1N 판재를 예비 실험을 수행하였다. 예비 실험을 통해 롤 위치 조정이 필요

하여 여러 차례 실험을 통해 롤의 위치 조정을 수행하여 원하는 상태로 set-up을 완료하였다.

본 연구에서는 성형성이 우수한 Al 판재와 CSP 1N 판재에 대한 최적의 성형 조건에서의 roll force를 비교하였고 Al 판재를 이용하여 성형시 미성형부가 존재하는 경우와 그렇지 않은 경우에 대한 구조재의 형상 및 roll force를 비교하였다. Table 2 에는 사용된 가공조건들에 대하여 나타내었다.

Tool	Embossing roll (Φ 3)
Workpiece	CSP 1N, Al (0.5t)
Workpiece size	200 by 150
롤 분당 회전수	9 RPM

Table 2 Experimental conditions

4. 실험결과 및 고찰

4.1 예비실험 결과 분석

CSP 1N 판재를 성형 실험 한 결과 Fig. 5 에서와 같이 소재의 휨 현상이 나타남을 알 수 있었다. 또한 Al 판재를 미성형부가 없이 절단해서 실험한 결과 소재의 휨 현상을 발견할 수 없음을 확인하였다. Fig. 6은 롤 금형 위치 조정 전과 조정 후를 비교하여 조정 전에는 패턴의 겹치는 현상이 발생하였지만 조정 후에는 원하는 형태로의 성형이 가능해졌다. 그리고 롤의 위치 조정을 통해 구조재의 패턴 배열의 변화를 줄 수 있음을 확인하였다.

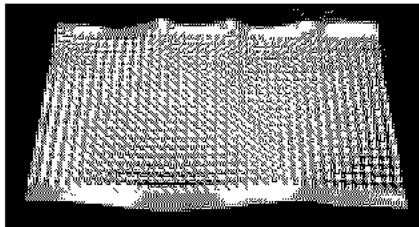


Fig. 5 Undesired result of deformed shape

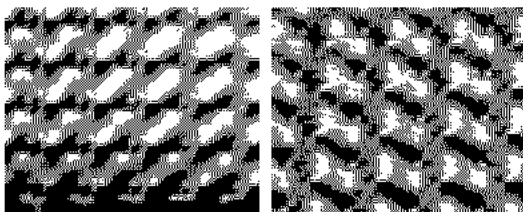


Fig. 6 comparison between before and after of adjusting position

4.2 소재에 따른 Roll force 비교

소재의 변화에 따른 roll force 영향과 성형후의 상태를 고찰해 보기 위해 CSP 1N 판재와 Al 판재에 대하여 실험을 하였다. Fig. 7 은 CSP 1N 판재와 Al 판재에서의 roll force 변화를 나타낸 그래프이다. CSP 판재의 경우 1194 ~ 1219 kgf의 힘이 Al 판재의 경우는 495 ~ 604 kgf의 힘이 작용했다. 또한 동일한 길이에 대해서는 성형시간과는 관계가 없음을 알 수 있었다. CSP 판재의 경우 Al 판재보다 성형하기 위해서는 2 배 정도의 힘이 더 필요함을 알 수 있었다.

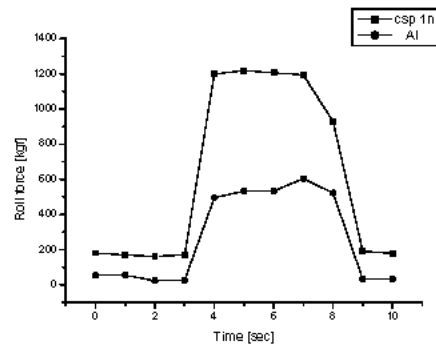


Fig. 7 Comparison of the roll force according as material

4.3 Draw 에 따른 roll force 비교

소재의 길이에 따른 영향을 알아보기 위해 Feeding에 변화를 주어 실험을 하였다. Fig. 8은 성형시 미성형부가 존재하는 경우와 그렇지 않은 경우에 대해 roll force를 비교하였다.

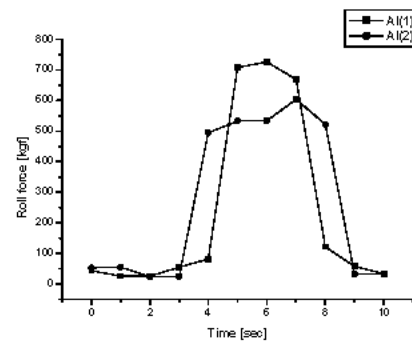


Fig. 8 comparison of the roll force to existence of a Draw

미성형부가 존재하는 경우 Al(1)인 경우 669 ~ 726 kgf의 힘이 작용했고 미성형 부가 없는 소재 Al(2)에서는 495 ~ 604 kgf의 힘이 작용했다. 미성형부가 있을 때의 힘이 조금 더 필요함을 알 수 있었

고 미성형부가 있는 소재의 경우 휨 현상이 발생했다. 성형시간은 소재의 길이에 따라 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 롤 금형 설계 및 제작과 롤 성형기 개발을 통한 롤 성형 시스템 구축을 하였고 기초실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) $\Phi 120 \times 150\text{mm}$ 크기의 패턴 $\Phi 3\text{mm}$ 크기의 롤 금형과 로드 및 토크측정이 가능하고 다단 성형이 가능한 롤 성형 시스템을 개발하였다.

2) 예비실험 결과 나타난 소재의 휨 현상은 금형의 끝부분에서 소재를 눌러주지 못함으로 인해 발생함을 알 수 있었다.

3) 롤의 위치 조정이 가능하여 소재의 패턴 배열의 변화를 줄 수 있음을 확인했다.

4) 미성형부가 존재하는 경우에서 그렇지 않은 경우보다 힘이 덜 소요됨을 알 수 있었고 소재의 휨 현상을 방지하여 더 나은 성형이 됨을 알 수 있었다.

5) CSP 1N 0.5t 소재의 성형 실험을 통해 2.0t 의 내부구조물을 얻을 수 있었다.

후 기

본 논문은 과학기술부 핵심연구개발사업인 마이크로 첨단복제 생산시스템 개발사업 수행 결과의 일부임을 밝혀드립니다.

참고문헌

1. R.R. Arnold, P.W. Whitton, Stress and deformation studies for sandwich rolling hard metals, Proc. Inst. Mech. Eng. 173 (1959) 241-256
2. A.A. Afonja, D.H. Sansome, A theoretical analysis of the sandwich rolling process, Int. J. Mech. Sci. 15 (1973) 1-14
3. 한근조, 안찬우, 안성찬, 홍도관, 한동섭 “좌굴을 고려한 샌드위치형 판 구조물의 모드해석”, 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집(2001), pp702~705
4. M. Denchiyuu, Sandwich rolling analysis and experiments, in : Proceeding of the S-54 Spring Conference, Jpn. Soc. Technol. Plast. (1984) 557-560.
5. 박철민, 박경진, 이완익 “샌드위치 구조물의 형상최적설계”, 생산공학논문집 Vol.1, No.1 (1992)
6. 김형중, 최두선, 제태진, 박재현, 정동원 “롤 포밍을 위한 박판 미세구조물 기초 연구”, 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집(2004)