한국소성가공학회 2005 년도 춘계학술대회 논문집 pp. 423~427

박판 내부구조재의 성형성 향상에 관한 연구

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

A Study on the improvement of Formability of sheet metal inner structure

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

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 Φ3 pattern and roll forming system.

Key Words : sheet metal(박판), roll forming machine(롤 성형기), dimple press mold(딤플 프레스 금형), roll force(압연력)

1. 서론

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.[1]
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 양면 dimple 구조에 대한 연구를 수행하였다.[2]
현재 박판성형공정을 해석하기 위해 사용되고 있는 여러 방법중 복잡한 형상의 제품을 성형 해석할 수 있는 방법으로는 비선형 유한요소해석법이 타 방법에 비해 적용범위가 넓으며 비교적 정확한 해석 결과를 얻을 수 있다.[3]
본 연구에서는 미세패턴 형상을 갖는 해석모델을 설계하여 소재에 대한 펀치 속도 변화시 응력 및 단면 두께에 대한 성형 해석을 수행하여 프레스 속도에 따른 영향을 비교하였다. 또한 프리하든강(pre-hardening)을 이용하여 미세패턴 형상을 갖는 dimple 프레스 금형을 제작하였고 UTM 기를 이용하여 force 의 변화에 따른 형상의 변화를 비교분석하였다.

2. 내부구조물 해석

2.1 해석모델 설계

해석은 박판금속성형에 유용한 Dynaform 을 사용하였으며 미세패턴의 dimple 형상을 갖는 프레스 성형 해석 모델을 fig. 1 에 나타내었다.

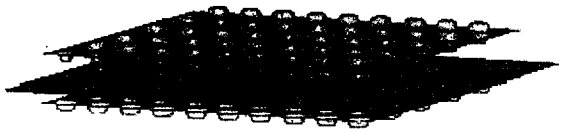


Fig. 1 Drawing of press mold with embossing

그리고 구조물의 재료는 자동차, 항공 및 방위산업 분야에서 많이 사용되는 STS304 와 CSP1N 를 사용하였으며 각각의 소재에 대한 기계적 성질을 Table 1 에 나타내었다.

Table 1 Mechanical properties of CSP1N & STS304

	CSP1N	STS304
Mass Density(g/cc)	7.85	7.9
Tensile Strength(MPa)	625	520
Young's Modulus(GPa)	180	210
Poissons Ratio	0.29	0.3

2.2 해석방법

성형 해석 시 다이와 펀치는 강체로 가정하였으며 die 는 고정시키고 punch 의 z 축 방향으로의 상하이동을 .통해 성형해석을 수행하였다.

실제 공정에서 펀치 속도는 1000mm/sec 정도이다. 그러나, 외연적 유한요소해석에서는 해에 영향을 미치지 않고 해석시간을 감소시키기 위해서 일반적으로 5000~30000mm/sec 정도의 펀치 속도를 사용한다.[4]

STS304 와 CSP1N 0.5t 소재를 블랭크로 사용하여 펀치의 속도 변화에 따른 응력해석 및 단면 두께 변화에 대한 해석을 수행하였다. Table 2 에는 사용된 해석조건에 대하여 나타내었다.

3. 프레스 금형 제작 및 성형실험

3.1 Dimple 금형 제작

Table 2 Analysis conditions

Blank	**CSP1N, STS304**
Size	**50 by 50**
thickness	**0.5**
velocity	**500, 5000**

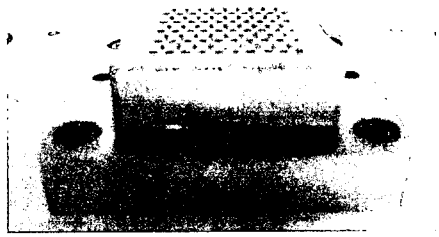


Fig. 2 Drawing of press mold with embossing

박판 내부구조물을 얻기 위해 dimple 형상을 갖는 프레스 금형을 설계 제작하였다. 해석에 사용된 형상설계를 이용하여 금형을 제작하였다. 금형은 50 by 50 패턴 형상은 02 이고 피치는 5mm 이다. 금형의 소재로는 금형강(SKD11)을 사용하지 않고 프리하든강을 사용하였다. 금형강을 사용하는 것보다 열처리 및 그 외의 공정을 줄여 납기의 단축 및 비용의 감소시킬 수 있었다. Fig. 3 은 제작된 프레스 금형의 모습을 나타내었다. Table 2 에는 프리하든강의 기계적 특성을 나타내었다.

Table 3 Mechanical properties of workpiece HP4

항복점(N/mm2)	66 ~ 80
인장강도(N/mm2)	75 ~ 90
연신율(%)	> 15
표면경도(HRC)	38 ~ 44

3.2 실험장치 및 방법

Fig. 3 은 본 실험에 사용된 UTM(Universal Test Machine)으로 프레스 용량은 1000kgf 이다. 실험에 사용된 소재는 csp1n 0.5t 를 사용하였고 20KN ~ 60KN 의 힘의 변화를 주면서 성형 실험을 하였다.

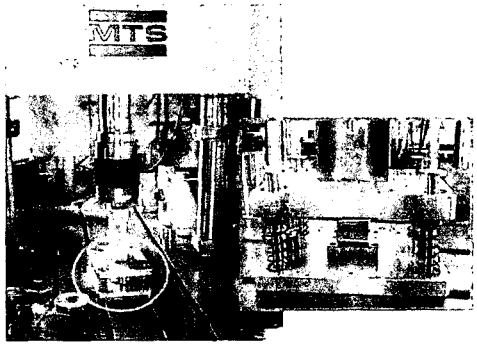
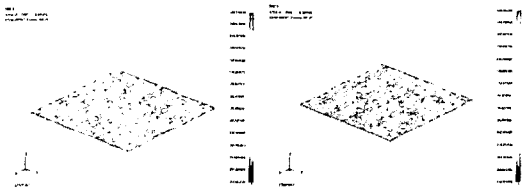


Fig. 3 Drawing of press mold with embossing

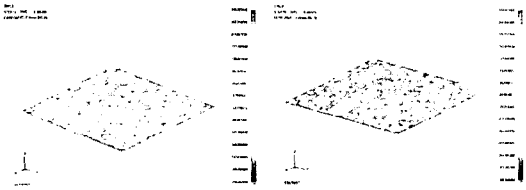
4. 실험결과 및 고찰

4.1 속도 변화에 따른 응력 비교

해석을 통해 속도 500mm/s, 5000mm/s 일 때각각의 소재에서의 응력분포를 해석을 통해 Fig. 4 에 나타내었다. Table 4 에는 각각의 응력값을 비교하였다.



(a) 500mm/s(sts304) (b) 5000mm/sec(sts304)



(c) 500 mm/sec(csp1n) (d) 5000 mm/sec(csp1n)

Fig. 4 sts304 & csp1n stress comparison

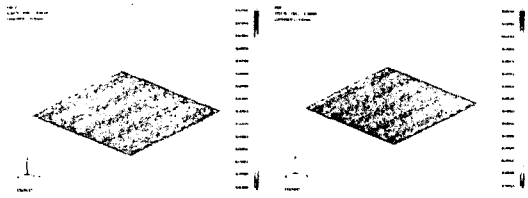
속도의 증가에 따라 응력값이 증가함을 알 수 있고 sts304 소재의 경우 csp1n 소재보다 약 1.3 배 정도의 응력이 더 크다는 것을 알 수 있고 형상부분에서 응력집중이 많이 발생함을 알 수 있었다.

Table 4 Comparision of stress

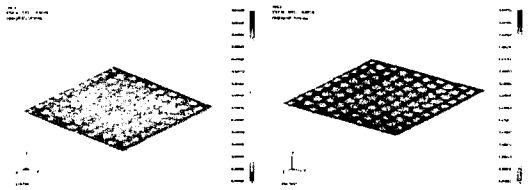
	Sts304 0.5t		Csp1n 0.5t	
속도(mm/s)	500	5000	500	5000
응력 max (N/mm2)	957.839	1040.9	686.38	829.967
응력 min (N/mm2)	458.729	505.623	440.965	468.686

4.2 속도 변화에 따른 단면 두께 비교

해석을 통해 속도 500mm/s, 5000mm/s 일 때각각의 소재에서의 단면 두께 변화를 해석을 통해 Fig. 5 에 나타내었다. Table 5 에는 각각의 단면 두께 변화를 비교하였다



(a) 500mm/sec(sts304) (b) 5000 mm/sec(sts304)



(c) 500mm/sec(csp1n) (d) 5000 mm/sec(csp1n)

Fig. 5 sts304 & csp1n thickness comparison

Table 5 Analysis conditions

	Sts304 0.5t		Csp1n 0.5t	
속도(mm/s)	500	5000	500	5000
두께 max (mm)	0.5259	0.5233	0.5205	0.5157
두께 min (mm)	0.3810	0.3800	0.3657	0.3632

속도의 증가에 따라 단면두께 변화는 큰 차이가 없음을 알 수 있었고 형상 돌출 부분에서 단면 두께 변화가 최대로 나타나서 sts304 소재의 경우 단면 두께 변화는 24%정도였고 csp1n 소재의 경우 약 27% 정도를 나타내었다. 그리고 형상의 외곽부

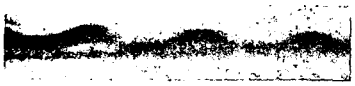
분에서 약간의 두께가 증가하는 모습을 보여주고 있다.

4.3 힘의 변화에 따른 내부구조재

Force 변화에 따른 내부구조재의 영향을 알아보기 위해 UTM 을 이용하여 30KN, 40KN, 60KN 의 조건으로 프레스 성형 실험을 수행하였다. Fig. 6 은 force 변화에 대한 성형 실험 결과를 나타내었다. 30KN, 40KN 그리고 60KN 의 힘으로 실험하였을 때 내부구조재의 두께는 각각 1.85mm, 2.00mm 그리고 2.15mm 의 내부구조재를 얻을 수 있었다, Fig. 7 은 60KN 으로 성형하였을 때의 양면 엠보싱 형상을 갖는 내부구조재의 모습을 나타내고 있다.

Fig. 8 은 UTM 을 이용하여 60KN 의 힘을 주었을 때의 변위를 나타내었다. 이 그래프를 통하여 미세패턴 금형으로 판재를 성형하였을 경우 힘의 변화에 따라 변위의 변화폭을 볼 수 있다. 약 10KN 까지는 변위가 매우 적으나 그 이상의 힘을 가할 경우 변위는 급격히 변화함을 보여준다. 또한 그래프의 진행을 보면 약 100KN 이상의 힘을 주었을 때 최대 성형 한계인 2.5mm 의 내부구조재를 얻을 수 있을 것으로 예측된다.

(a) 30KN



(b) 40 KN

(c) 60 KN

Fig. 6 sts304 & csp1n stress comparison

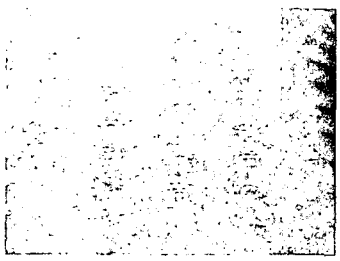


Fig. 7 Two faces embossing shape

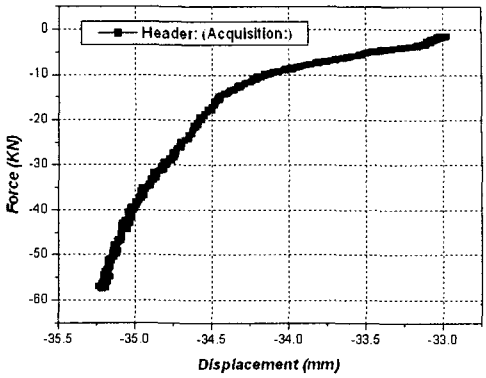


Fig. 8 displacement-force

5. 결론

본 연구에서는 미세패턴 형상을 갖는 해석모델을 설계하여 속도 변화에 따른 소재별 응력 및 단면 두께변형에 대한 해석을 수행하였고 프리하든강을 이용하여 dimple 프레스 금형을 제작하여 UTM 기를 이용하여 힘의 변화에 따른 내부구조물의 형상 변화를 실험하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) sts304 소재의 경우 csp1n 소재보다 약 1.3 배 정도의 응력이 더 크다는 것을 확인할 수 있었다,

2) 성형속도의 증가에 따라 소재 단면 두께 변화는 큰 차이가 없음을 확인하였다.

3) 프레스 성형시 힘의 증가에 따라 구조재의 두께는 증가하였고 약 100KN 의 힘으로 성형시 최대 성형 한계인 2.5mm 의 내부구조재를 얻을 수 있을것으로 생각된다.

해석을 통한 결과를 통해 미세패턴 형상을 갖는 내부구조재를 얻기 위한 금형을 제작하였고 성형 실험을 통해 두께 2.15mm 의 내부구조재를 얻을 수 있었다.

후 기

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

참고문헌

1. 한근조, 안찬우, 안성찬, 홍도관, 한동섭 "좌굴을 고려한 샌드위치형 판 구조물의 모드해석", 한국 정밀공학회 추계학술대회논문집(2001), pp702~705
2. 김형종, 최두선, 제태진, 박재현, 정동원 "롤 성형기를 이용한 금속 내부구조물 기초 실험", 한국정밀공학회 추계학술대회논문집(2004)
3. 안동규, 정동원, 양동열 "2차원 박판성형공정 해석을 위한 강소성 외연적 유한 요소수식화", 한국 정밀공학회 추계학술대회논문집(1994) pp.206 ~211
4. J.C. Nagtegal, L.M. Taylor "Comparision of Implicit and Explicity Finite Element Method for Analysis of Sheet Forming Problems" VDM 1991