

미세패턴 프레스 금형을 이용한 대면적 내부구조재 제작에 관한 연구

김형종¹, 제태진¹, 최두선[#], 김보환², 허병우², 성대용³, 양동열³

A Study on Fabrication of Inner Structure Plate for Large-area Using Micro Patterned Press Mold

H. J. Kim, T. J. Je, D. S. Choi, B. H. Kim, B. W. Huh, D. Y. Seong, D. Y. Yang

Abstract

Sandwich structures, which are composed of a thick core between two faces, are commonly used in many engineering applications because they combine high stiffness and strength with low weight. Accordingly, the usage of sandwich structure is very widely applied to the aircraft, the automobile and marine industry, etc., because of these advantages. In this paper, we have investigated the buckling protection of an inner structure plate and the useful corrugated configuration for contact, and the fabrication method of the inner structure plate for large area using the continuous molding process. Also, we have guaranteed the accuracy of the molding process through the micro corrugated mold fabrication and secured the accuracy and analyzed aspect properties of the inner structure plate fabricated for a large area using the partial mold process.

Key Words : Ultra-light weight structured material(초경량 금속구조재), Inner structure plate (내부구조재), Micro corrugated press mold(미세 골판형 프레스 금형)

1. 서 론

최근 자동차, 항공기, 선박 등 수송기계들의 판재나 구조물을 첨단기능성 재료로 제작하여 에너지 효율을 증대시키고 대기 오염을 감소시키는 동시에 강도나 강성 및 내충격성을 현저히 증대시키는 초경량 금속구조재에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 샌드위치 구조재는 무게에 비하여 높은 강성 및 강도를 지니고 있으며 높은 에너지 효율성과 구조의 안정성 및 신뢰성을 동시에 만족시킬 수 있는 초경량 고강도 재료 개발에 관하여 연구가 활발히 진행되고 있다.¹⁻³ 현재까지 시도된 내부구조재의 주요 형상들은 크럼핑 공정을 통하여 쉽게 제

작이 가능한 피라미드 구조와 박판 성형을 통한 내부 구조 제작에 대한 연구가 진행되었다.^{4,6}

이러한 연구들 중 Wadley 등은 골판형 롤을 이용하여 허니콤 구조재를 제작할 수 있는 방법과 상용철망을 크럼핑하여 손쉽게 피라미드 구조를 제작할 수 있는 방법을 제시하였다.⁷

박판성형을 통한 내부구조재의 제작 방법 중 대표적인 성형 방법으로 프레스를 이용한 성형 방법이 있다. 프레스 성형 방법을 통해서도 일정 형상의 제품에 대한 정밀 내부구조재 제작이 가능하지만 연속 공정으로 대면적 내부구조재 제작에 문제점이 있다. 이를 보완하고자, 작은 면적의 금형으로 동일 판재상에 연속적으로 타발하는 방

1. 한국기계연구원 나노공정장비연구센터

2. 나라엠앤디㈜

3. 한국과학기술원

교신저자: 한국기계연구원, E-mail : choids@kimm.re.kr

식인 부분 연속 성형 공정에 대한 연구가 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 딴플 형상 및 골판 형상에 대한 부분 연속 공정을 위하여 구멍게이지를 이용한 방법과 형상게이지를 이용한 방법을 통하여 대면적 내부구조재 제작 방법을 제시하였다. 또한, 미세패턴 금형 가공 공정을 확립하고, 금형 제작을 통한 금형 가공 정밀도를 확보하였다. 제작된 금형을 이용하여 대면적 내부구조재 제작 실험과 성형 시제품 제작을 통한 박판 성형 특성을 분석하였다.

2. 프레스 금형 설계 및 제작

2.1 미세 딴플 프레스 금형 설계

ISB (Inner Structured and Bonded) 판재의 내부 구조재는 다양한 패턴 형태를 가질 수 있다. 본 연구에서는 딴플 형상과 골판 형상에 대한 내부구조재 제작을 위해 각각의 프레스 금형을 설계하였다. Fig. 1 에 미세패턴 딴플 형상을 갖는 프레스 금형을 설계하였다. 딴플 형상에 반경은 1.0mm 로 설계하였고 패턴간의 피치는 4.4mm 로 설계하였다.

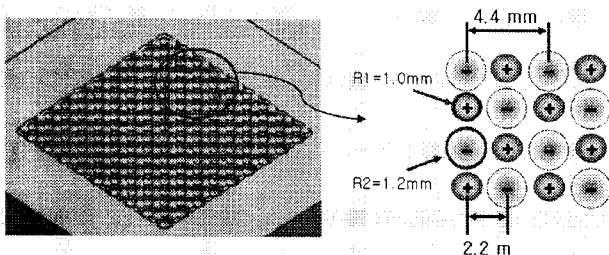


Fig. 1 Schematic of dimple press mold

2.2 미세 골판형 프레스 금형 설계

미세 골판형 내부구조재 형상인 경우 대면적 내부구조재 제작을 위하여 형상게이지를 이용한 방법을 적용하여 Fig. 2 에 미세 골판형 내부구조재 제작에 맞는 형상게이지를 설계하였다. 형상게이지의 크기는 폭이 160mm 이고, 피치는 40mm 로 설계하여 부분 연속 성형 실험을 통하여 대면적 내부구조재 크기 160mm×160mm 가 제작 가능하도록 설계하였다.

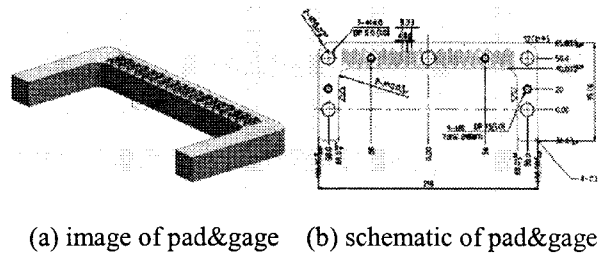


Fig. 2 Manufactured of corrugated press mold

미세 골판 형상에 대한 내부구조재 제작을 위해 접합면을 고려한 좌굴방지 및 굽힘/인장 성형에 유리한 내부구조를 설계하여 Fig. 3 에 나타내었다. 미세 골판형 프레스 금형의 패턴간 피치는 9.33mm 이고, 패턴의 상하 접합면의 크기는 0.65mm 로 설계하였다. 또한, 하부 금형에 형상게이지를 조립하였으며 조립된 금형의 크기는 160mm×40mm 로 설계 되었으며 성형 후 내부구조재의 높이는 1.8mm 가 되도록 하였다

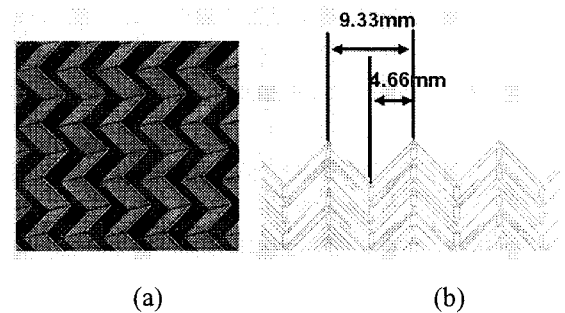


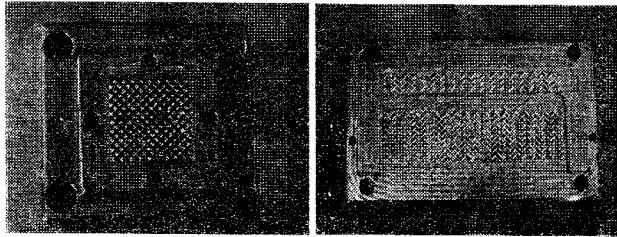
Fig. 3 Schematic of corrugated press mold; (a) image of corrugated shape, (b) pitch and height in the mold

2.3 미세패턴 프레스 금형 제작

미세 딴플 프레스 금형 및 미세 골판형 프레스 금형 제작을 위한 금형 소재로는 가공성이 우수하고 열처리 공정없이 고강도를 갖는 프리하든강 (HPM1)을 사용하였다. 프리하든강은 특수용해 처리로 편흔의 원인인 내부 결함을 방지함과 동시에 경도가 HRC40 인 고경도강으로써 정밀한 패턴 형상가공과 성형 시 필요조건인 피삭성과 고경도를 모두 갖춘 금형 재료이다.

먼저 $\Phi 10.0$, $\Phi 6.0$ mm 평 엔드밀을 이용하여 형상 주위 바닥면 및 금형의 윤곽을 가공하였으며, $\Phi 3.0$, $\Phi 1.0$ mm 볼 엔드밀을 이용하여 패턴 형상에 대한 황삭, 중삭 그리고 정삭가공을 수행

하였다. Fig. 4 에 제작된 미세딴플 금형 및 미세 골판형 프레스 금형을 나타내었다.



(a) dimple (b) corrugated

Fig. 4 Manufactured of press mold

2.4 프레스 금형 가공 정밀도 측정

제작된 미세 골판형 형상계이지 및 프레스 금형을 3 차원 측정기(3D scanner)를 이용하여 가공 정밀도를 측정하였다. 가공 정밀도 측정은 금형의 바닥면에서부터 접합면까지의 거리를 10 회 측정하였으며, Fig. 5 에 측정결과를 보여주고 있다. 금형 가공 정밀도를 분석해 본 결과 약 0.005mm 이하의 가공 정밀도를 얻었으며, 형상 프로파일 측정을 통해 피치 정밀도를 확인하였다.

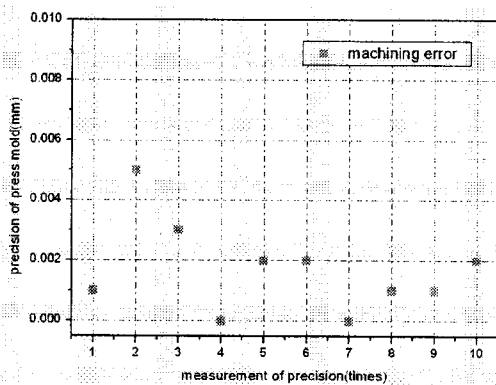


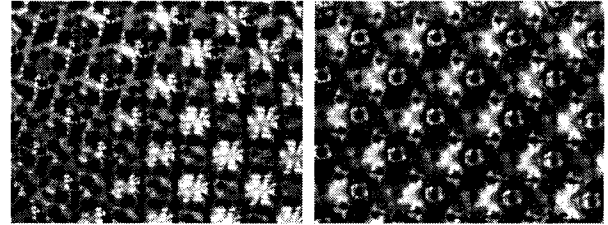
Fig. 5 Machining error for height of mold

3. 성형실험 및 시제품 제작

3.1 미세 딴플 내부구조재 제작

미세 딴플 금형으로 소재 STS304 두께 0.2mm 를 이용하여 힘의 변화에 따른 성형 실험을 통하여 성형 시제품의 특성을 분석하고자 하였다. 2ton ~ 10 ton 의 하중으로 성형 실험을 하여 각각의 성형 특성을 나타내었다. Fig. 6 은 2ton 과 8ton 의 하중으로 성형 실험하였을 때의 성형품의 내

부구조재의 형상을 나타내었다. 2ton 의 하중으로 성형 하였을 때는 미성형 패턴 형상을 보이면서 형상이 명확하지 못하였지만 8ton 의 하중으로 성형 하였을 때는 양호한 딴플 형태를 보였다. 또한, 10ton 의 하중으로 성형하였을 때는 소재의 성형 한계를 벗어나서 소재가 파괴되는 현상으로 보여주었다.



(a) 2 ton (b) 8 ton

Fig. 6 The inner structure according to force variation(STS304 0.2t)jj

Fig. 7 은 UTM 을 이용하여 2ton ~ 8ton 의 하중을 주었을 때의 변위를 나타내었다. 이 그래프를 통하여 미세패턴 딴플 금형으로 판재를 성형하였을 경우 하중의 변화에 따라 변위의 변화폭을 볼 수 있다. 2ton 의 하중까지 성형하였을 때 변위는 최대 1.6mm 를 나타내었고 6ton 의 하중까지 성형을 하였을 때 변위는 약 2.3mm 이고 8ton 인 경우에 소재의 최대 변위는 2.6mm 를 나타내었다.

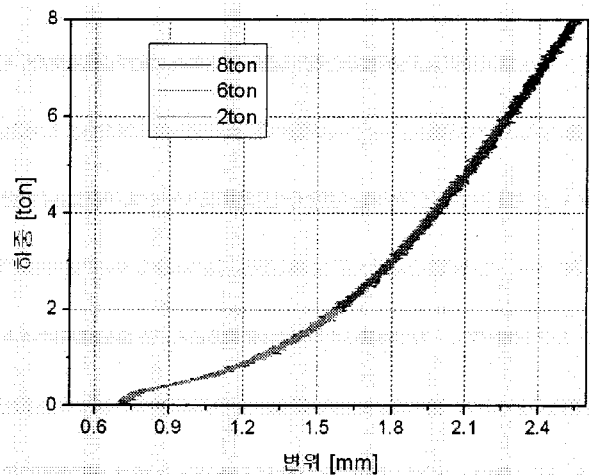
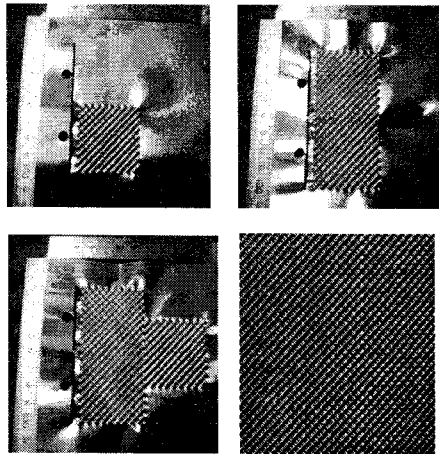


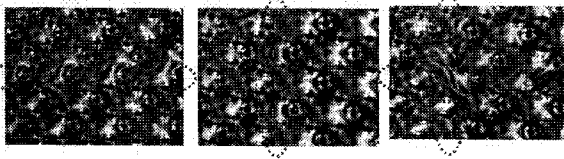
Fig. 7 The curve of displacement-force(STS304 0.2t)

부분성형 공정을 통한 대면적 내부구조재 제작을 위하여 구멍게이지를 이용한 방법과 형상계이

지를 이용한 방법을 적용하였다. 미세 덩플 프레스 금형인 경우 Fig. 8(a)와 같이 구멍게이지를 이용하여 부분 연속 성형 실험을 통하여 대면적 내부구조재를 제작하였다. 이 방법은 성형소재에 핀의 피치와 동일하게 구멍을 내어 소재를 이동시켜 부분 연속 성형함으로써, 대면적 내부구조재 제작이 가능한 방법이다. 그러나, 이 방법의 경우 Fig. 8(b)에서와 같이 박판 성형 중 소재의 변형으로 인한 성형 연결부의 결함이 발생하여 정밀한 내부구조재 제작에 어려움이 있다.



(a) section form using to hole gage



(b) observation of contact surface in plate

Fig. 8 Forming process of inner structure plate using to hole gage

3.2 미세 골판형 내부구조재 제작

미세 골판형 내부구조재 제작을 위하여 형상게이지를 이용하여 부분 연속 성형 실험을 통한 대면적 내부구조재 제작 과정을 Fig. 9 에 나타내었다. 이 방법은 하부 금형에 정밀하게 형상 조정이 가능하도록 형상게이지를 설치하여 패드 및 게이지 역할을 할 수 있도록 하였다. 이 경우 성형 연결부의 겹침이나 찌그림짐 없이 매우 양호한 성형결과를 얻었다. 따라서 형상게이지를 이용한 부분 연속 성형공정이 매우 안정적이며 대

면적의 내부구조재를 제작하는데 매우 유리한 공정임을 알 수 있다.

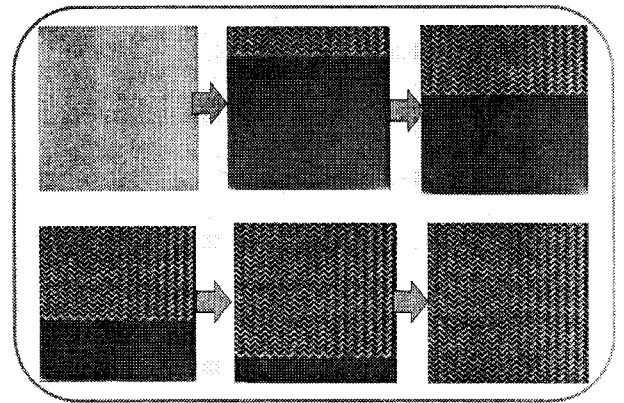


Fig. 9 Manufacture of inner structured plate

3.3 성형 정밀도 및 단면 두께 변형 분석

미세 골판형 내부구조재의 성형 시제품의 정밀도 분석을 위하여 대면적 부분 연속 성형 실험을 통해 제작된 내부구조재의 높이 정밀도를 측정 한 결과 Fig. 10 에서와 같이 약 0.025mm 성형 오차를 나타내었다.

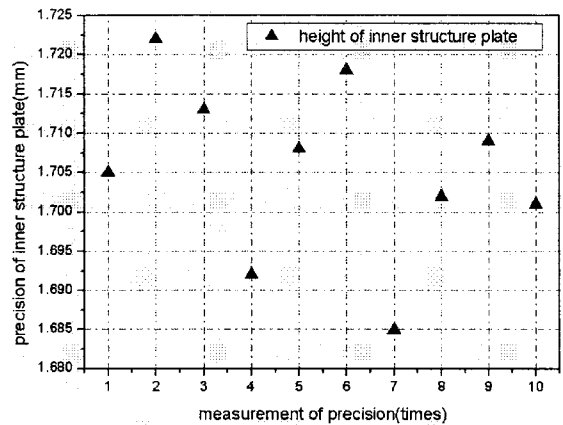


Fig. 10 Thickness of inner structure plate with micro corrugated

또한, 성형된 내부구조재의 내부 두께 변형을 분석하기 위해서 성형 시제품의 단면 절단후 형상을 측정하여 Fig. 11 에 나타내었다. 덩플 형상인 경우 덩플 형상의 꼭지점 부분에서는 두께 변화는 거의 없었지만 곡선부에서 두께 변형이 많이 발생함을 보였고, 골판 형상인 경우에는 꼭지점 부분에서 가장 두께 감소가 크게 발생하였고 곡선부에서는 약간의 두께 증가 현상이 발생하였다.

후 기

본 연구는 산업자원부 차세대 신기술 개발사업인 마이크로 첨단복제 생산시스템 개발사업 수행 결과의 일부이며 이에 감사 드립니다.

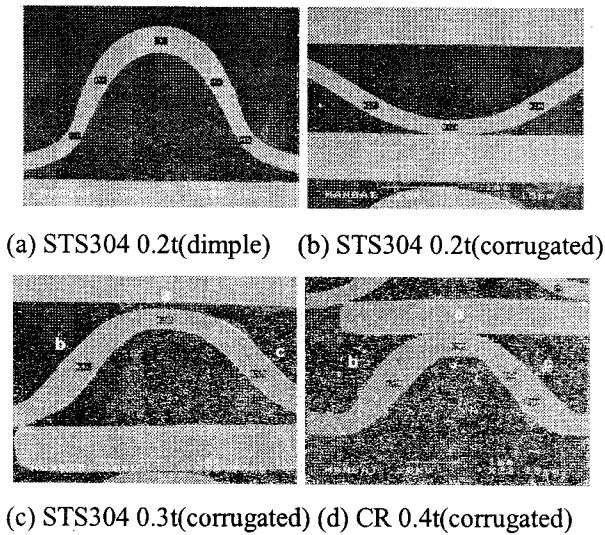


Fig. 11 Section thickness of form sample plate

참고문헌

1. Gibson, L. J., Ashby, M. F., "Cellular solids-structure and properties," Cambridge University press, second edition, 2001.
2. Kim, y., Kim, J., Yang, I., "Influence of stacking conditions on the absorbed energy characteristics of composite tubes," KSPE, Vol. 18, No. 11, pp. 34 ~ 41, 2001.
3. Chang, W., Ventsel, E., Krauthammer, T., John, J., "Bending behavior of corrugated-core sandwich plates," Composite Structures, 70, pp. 81 ~ 89, 2005.
4. Jung, C., Yoon, S., Seomg, D., Yang, D., Ahn, D., "Analysis of design parameter in Ultra light inner structured and bonded metal panel made of the metallic pyramidal structure," Proceedings of the KSPE fall annual meeting, pp. 483~ 486, 2004.
5. Kim, H., Jung, D., Choi, D., Je, T., Park, J., "A Study on the Improvement of Formability of Embossing Structure," Proceedings of the KSPE spring annual meeting, pp. 1269-1272, 2005.
6. Wang, J., Evans, A., Dharmasena, K., Wadley, H., "On the performance of truss panel with Kagome cores," International journal of solids and structures, Vol. 40, pp. 5165-5183, 2003.
7. Wadley, H., Fleck, N., Evans, A., "Fabrication and structural performance of periodic cellular metal sandwich structures," Composites Science and Technology, Vol. 63, Issue 16, pp. 2331 ~ 2343, 2003.

4. 결 론

본 연구에서는 딩플 형상 및 골판 형상에 대한 대면적 내부구조재 제작방법에 대한 연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 부분연속 성형 공정을 위한 대면적 내부구조재 제작방법으로 구멍게이지를 이용한 공정의 문제점을 분석하고 형상게이지를 이용한 공정을 설계를 제안하였다.
- (2) 미세 딩플 내부구조재의 하중 변화에 따른 성형 특성 분석 결과 STS304 두께 0.2mm 인 경우 성형 최적 조건은 하중이 8ton 일 때 최대 변위 2.6mm 임을 알 수 있다.
- (3) 미세 골판형 프레스 금형 제작을 통하여 가공 정밀도 확보하였으며 부분 연속 성형 실험을 통하여 미세 골판형 내부구조재를 제작하여 성형 정밀도를 확보하였다. 또한, 형상게이지를 이용한 경우 대면적 내부구조재 제작시 성형 연결부의 결함은 발생하지 않았다.
- (4) 내부구조재의 단면 두께 변화 측정 결과 딩플 형상인 경우 곡선부에서 단면 두께 변형이 크게 나타났고 미세 골판형 내부구조재인 경우 꼭지점부분에서 약간의 두께 감소와 곡선부에서는 약간의 두께 증가 현상을 나타내었다.