

# 중형급 광생물 반응기 케이스 제작에 관한 연구 A Study on the Production of Medium Sized Grade Flat Panel Photo-bioreactor Case

#\*안동규<sup>1</sup>, 안영수<sup>2</sup>, 이호진<sup>2</sup>, 정상화<sup>1</sup>

#\*D. G. Ahn<sup>1</sup>(smart@chosun.ac.kr), Y. S. Ahn<sup>2</sup>, H. J. Lee<sup>2</sup>, S. H. Jeong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 기계공학과, <sup>2</sup>조선대학교 일반대학원 기계공학과

Key words : Flat Panel Photo-bioreactor Case, Finite Element Analysis

## 1. 서론

최근 에너지 자원 고갈 해결을 위하여 신재생 에너지 자원 개발에 대한 관심이 높아지고 있다. 바이오 연료의 원천 자원인 미세조류의 광배양은 광합성을 통하여 CO<sub>2</sub> 가스를 고정시키며, 식량 자원의 감소에 영향을 미치지 않아 전 세계적으로 많은 관심이 집중되고 있다.<sup>1</sup> 미세조류의 생산성 향상을 위해서는 효율적인 광생물 반응기 설계/개발이 필요하다. 광생물 반응기 케이스의 경우 관형, 평판형등 다양하게 개발되고 있다.<sup>2</sup> 특히 광조사 면적이 넓은 평판형 광생물 반응기 케이스(Flat panel photo-bioreactor case)에 대한 연구로 최근 확대되고 있다. 평판형 광생물 반응기의 경우 특징 형상 배치에 의한 생산성 및 구조적 특징이 결정된다.<sup>3</sup> 본 연구에서는 중형급 평판형 광생물 반응기 케이스 제작에 관한 연구를 수행하였다.

## 2. 설계 및 구조해석

중형급 평판형 광생물 반응기 플라스틱 케이스의 크기는 660 mm × 1400 mm × 110 mm 로 설계하였다. 미세조류와 배지액에 의한 케이스의 배플림 현상을 방지하기 위하여 케이스 설계시 특징 형상의 보강재를 설계/배치하였다. 수평 방향의 보강재 구조 같은 경우 상부에서 하부로 내려갈수록 조밀하게 배치하여 케이스에 작용하는 압력에 대하여 변형이 적어지도록 설계하였다. Fig. 1. 은 기초 케이스 디자인 설계안이다. 기초 케이스 디자인 설계를 기준으로 하여 보강재 부분의 깊이를 왼쪽의 케이스는 최대 9 mm 에서 5 mm 까지, 오른쪽의 케이스는 최대 8 mm 에서 4 mm 까지 설계하여 총 5 가지 모델링을 하였다.

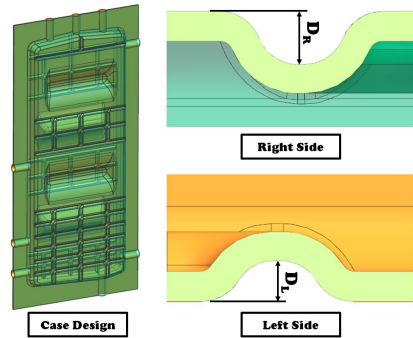


Fig 1. Design of flat panel photo-bioreactor case

설계된 케이스는 강성 특성을 분석하기 위하여 유한요소해석을 수행하였다. 케이스 내부에 작용하는 내부압력인 정수압을 선형분포로 가정하여 외부 평면부를 고정단으로 유한요소해석을 수행하였다.

## 3. 구조해석 결과 고찰

케이스 설계 안들의 보강재 부분의 깊이에 따른 최대 변위량 변화를 Table 1 과 같다.

케이스의 최대변위를 비교한 결과 Type E 의 케이스 설계안에서 최대 변위가 15.5 mm 로 가장 작게 나타났다. 5 가지 설계안들에 대하여 케이스의 최대 변형 발생부위는 케이스 오른쪽 부분의 하단 중앙부에서 발생하는 것을 알 수 있었다. 케이스 설계 안들에 대한 응력 분포는 케이스 설계안 모두 항복응력보다 매우 낮은 값을 나타냄을 알 수 있었다.

이 결과로부터 반응기 케이스에 가장 적합한 설계는 보강재 깊이가 가장 깊은 Type E 케이스 설계로 선정하였다.

Table 1 Results of rigidity analysis

	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E
D <sub>L</sub> (mm)	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
D <sub>R</sub> (mm)	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
Displacement (mm)	18.2	17.8	16.9	16.3	15.5

#### 4. 케이스 제작

중형급 평판형 광생물 반응기 플라스틱 케이스는 진공성형 (Vacuum forming) 공정을 이용하여 제작하였다. 초기 판재 두께는 4.5 mm 로 진공압력으로 성형시간은 30 초이다. 성형 재료는 PC (Polycarbonate) 를 사용하였고, 초기 판재 가열온도는 175 °C 이다. 진공성형공정은 재료의 가열, 스탬핑, 진공성형 및 취출의 단계로 수행하였다. Fig 2. 는 진공성형을 통하여 제작된 반응기 케이스이다.

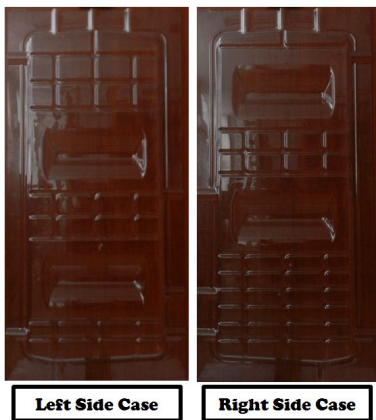


Fig 2. Thermoformed flat panel photo-bioreactor case

시제품 성형 후 두께 분포 및 보강구조 깊이를 분석하여 케이스의 성형성을 평가하였다. 판재 성형 후 평균 두께는 4.1 mm 이며 왼쪽과 오른쪽 케이스의 보강재 깊이는 각각 4.6 - 6.8 mm 와 7.3 - 8.6 mm 범위를 나타내었다. 또한 제품의 보강구조 깊이는 케이스 설계에서 제안된 보강구조들의 형상 조건을 충족시키는 것을 알 수 있었다.

성형된 케이스의 결합은 열융착을 통해 접합을 하였다. 상·하 12 개의 열융착 히터를 사용하였다. 히터 온도, 히터 간의 최종 간격 및 설정 온도 유지시간은 각각 165 °C, 69 mm 및 5 min 을 적용하였다. Fig 3. 은 열융착을 통해 접착된 반응기 케이스이다.

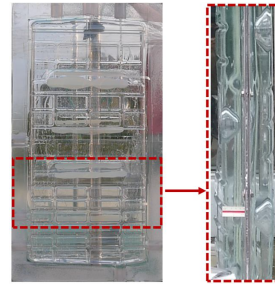


Fig 3. Assembled flat panel photo-bioreactor case

#### 5. 결론

본 연구에서는 중형급 평판형 광생물 반응기 케이스 제작에 관한 연구를 수행하였다. 보강재가 부가된 평판형 광생물 반응기 케이스 설계안들을 도출하였다. 설계된 케이스들에 대한 구조해석을 통한 강성해석을 수행하여, 케이스 제작시 충분한 강성을 가지는 평판형 광생물 반응기 케이스 설계를 도출할 수 있었다. 이 결과를 이용하여 진공성형 공정을 이용하여 PC 재료로 구성된 평판형 광생물 반응기를 제작하였고, 열융착을 통하여 반응기 케이스를 접합하였다. 최종적으로 반응기 케이스를 성공적으로 제작할 수 있었다.

#### 후기

본 연구는 2010 년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP) 의 지원을 받아 수행한 연구 과제임. (과제번호 : 20103020090020)

#### 참고문헌

1. Chen, C. Y, Yeh, K. L., Aisyah, R, Lee, D. J., and Chang, J. S., "Cultivation, Photobioreactor design and harvesting of microalgae for bio biodiesel production : A critical review", *Bioresource Technology*, Vol. **102**, Issue 1, pp. 71-81, 2011
2. Bitog, F. P., Lee, I. B., Lee, C. G., Kim, K. S., Hwang, H. S., Hong, S. W., Seo, I. H., Kwon, K. S., and Mostafa, E., "Application of Computational Fluid Dynamics for Modeling and Designing Photobioreactors for Microalgae Production: A Review," *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. **76**, No. 2, pp. 134-147, 2011.
3. Klein, P. W., *Fundamentals of Plastics Thermoforming*, Morgan & Claypool publishers, New York, PP. 41-44, 2009