

연료전지 분리판의 고온 강성 인자 연구

김정현¹, 우동욱², 이상욱[#]

Assessment of the Stiffness Factor of the Separator Plate at the Elevated Temperature

J. H. Kim, D. U. Woo, S. W. Lee

Abstract

The focus of this study is to estimate the stiffness factor of the separator plate of MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell) at the elevated temperature. The process factors affecting the stiffness of the separator plate were chosen to determine the most important factor using the finite element analysis with the Taguchi method. The most influential factor, picked out by the ANOVA, turned out the pitch in the separator plate.

Key Words : Separator plate, Elevated temperature, Taguchi method, MCFC

1. 서론

세계의 여러 나라에서는 가까운 미래에 고갈될 것으로 예견되는 화석 연료의 대체 에너지 마련에 힘쓰고 있다. 또한 화석 연료의 사용으로 인한 환경오염을 줄이고자 청정에너지를 개발하고 있다. 그 대표적인 예로 용융탄산염 연료전지(MCFC : Molten Carbonate Fuel Cell)가 있다. 용융탄산염 연료전지는 용융탄산염을 전해질로 사용하여 전기화학반응에 의해 무공해 발전이 가능한 시스템으로 환경 친화적인 발전 기술 장치로 부각되고 있다[1].

MCFC는 여러 장의 단위전지를 적층하여 구성되며, 단위전지는 크게 전극부, 매트릭스부, 분리판부로 구성된다. 이 중에서 분리판부는 전극-매트릭스의 밀착성 유지, 가스(산소와 수소)의 유로 확보, 생산된 전기를 모으는 집전 역할 등 중요한 역할을 수행하고 있다. 분리판은 전극 및 매트릭스와 잘 밀착되어야 하는데, 이는 접촉저항을 최소화하여 전력손실을 줄이고 단위전지를 적

층하였을 때 균등한 스택 높이를 보장받기 위해서이다. 그러기 위해서는 실제 운전 중에 있는 연료전지 내에서 분리판의 열에 의한 변형이 최소화 되어야 한다[2-4].

본 연구에서는 연료전지의 운전온도(650 °C)에서의 분리판 강성을 파악하고, 설계자의 입장에서 분리판의 강성에 영향이 있는 공정 파라미터들을 선정하였다. 또한 공정 파라미터들 중 어떠한 인자가 분리판의 강성에 가장 큰 영향을 미치는지를 알아보려고 한다.

2. 연료전지 분리판

2.1 분리판의 형상

분리판은 용융탄산염 연료전지의 구조 중 핵심 부분이라 할 수 있으며 stainless steel의 종류인 STS310S로 제작되었다. 내열성, 내식성이 매우 뛰어나고, 박판으로 되어있으며, 프레스 가공을 통하여 제작된다[5]. 그림 1은 분리판의 모습을 보여주고 있다.

1. ㈜세원 이씨에스
2. 순천향대학교 기계공학과 대학원
교신저자: 순천향대학교 기계공학과,
E-mail: swlee@sch.ac.kr

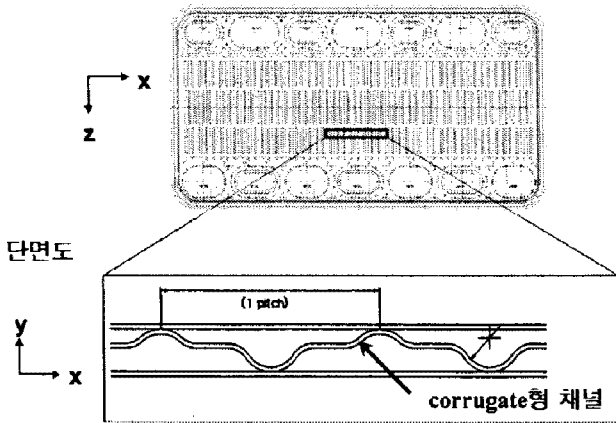


Fig. 1 Separator plate

2.2 분리판의 물성치

고온용 챔버를 장착한 Instron사의 model 3369를 사용하여 고온 인장테스트를 하여 물성치를 측정하였다[6]. Table 1은 운전 온도(650°C)에서의 STS310S의 물성치를 나타낸다.

Temperature	650 °C
Young's modulus (E)	105.119 Gpa
Yield stress (σ_y)	142.504 Mpa
Stress-strain curve	$\sigma = K(\epsilon_0 + \epsilon_p)^n$ $\epsilon_0 = 0.021, K = 734.095 \text{ MPa},$ $n = 0.4674$

Table 1 Properties of STS310S at 650°C

3. 유한요소 해석

3.1 분리판의 모델링

연료전지 분리판은 일정한 모양의 형상으로 반복되므로 반복패턴 중 가장 작은 단위의 형상만을 통해 전체 분리판의 강성을 예측하고자 한다. 그림 2는 분리판의 반복패턴(1 Pitch)과 실제로 강성해석을 실시하는 반복패턴의 절반을 모델링한 그림이다.

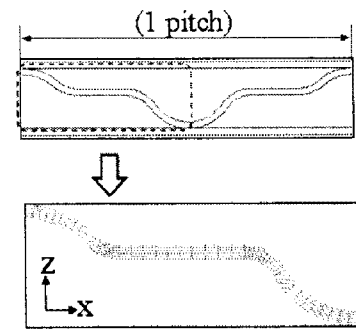


Fig. 2 FE-model of the separator plate

3.2 강성 평가 기준

해석은 분리판의 반복형상 중 가장 작은 단위 형상만을 모델링 하였으며, 상판과 하판은 내부 응력을 계산하지 않는 강성 요소(rigid element)로 모델링하였다.

유한요소 해석을 하기 전에 강성을 어떻게 평가할 것인지에 대한 기준을 정하였다. 분리판은 위, 아래가 반복되는 형태로 그 구조의 특성상 초기에 그림 3에 표시된 편평부 구조가 무너지면 분리판에 일정한 높이가 유지될 수 없는 점을 감안하여, 높이를 유지하려는 초기의 강성을 기준으로 그림 4와 같이 초기 기울기로 강성을 평가한다.

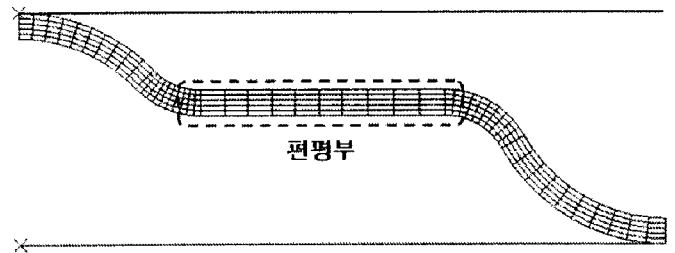


Fig. 3 Flat region of separator plate

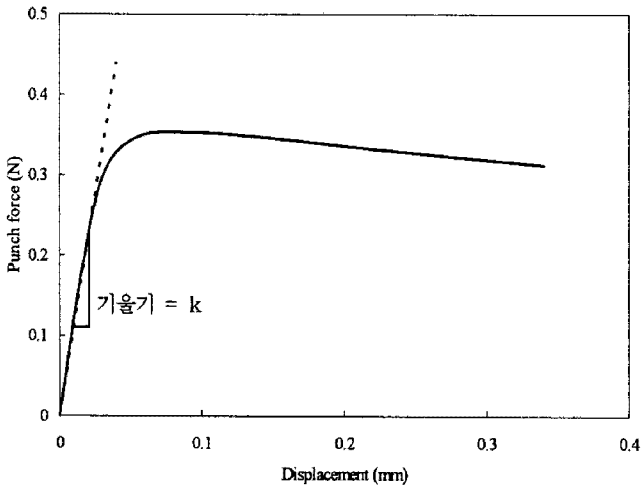


Fig. 4 Force-displacement diagram

반복패턴을 모델링 하였으므로 분리판 양단에 대칭조건을 주고 전체적으로 평면변형조건을 주어 해석을 실시하였다. 강성은 식 (1)로 나타낼 수 있다.

$$F = k * x \quad (1)$$

여기서 F 는 Punch force (N), k 는 Stiffness (N/mm), x 는 Punch displacement (mm)를 각각 나타낸다.

해석에 사용한 프로그램은 유한요소 상용화 해석 프로그램인 ABAQUS를 이용하였다[7].

4. 강성에 영향을 주는 인자 선정

고온에서의 강성을 조절하는 주요 인자를 찾기 위해 다구찌법을 적용하여 영향력이 큰 인자를 찾고자 한다. 다구찌법은 설계변수의 조건을 최적화하는 기법으로 최소한의 실험만으로 원하는 결과를 도출할 수 있다는 것이 특징이다[8].

4.1 공정 파라미터 결정

강성에 영향을 미치는 파라미터는 그림 5와 같이 분리판의 두께 (Thickness), 볼록부의 반경 (Radius), 분리판의 높이 (Height), 반복형상의 피치 (Pitch), 볼록부 어깨의 반경 (Fillet radius) 등이 있다.

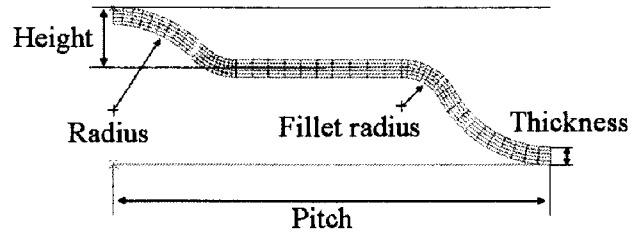


Fig. 5 Process factors affecting the stiffness

공정 파라미터들은 실제 현장에서 적용 가능하고, 설계자가 독립적으로 설정할 수 있다고 판단되는 파라미터를 우선으로 하여 선정하였다. 선정된 다섯 가지 공정 파라미터를 토대로 설계가 가능한 범위에서 Table 2와 같이 그 수준을 결정하였다.

Table 2 Process factors and levels

Factor	Level 1 (mm)	Level 2 (mm)	Level 3 (mm)
Thickness	0.3	0.4	0.5
Radius	2.4	2.7	3.0
Height	1.0	1.2	1.4
Pitch	8	10	12
Fillet radius	1.0	1.2	1.4

4.2 ANOVA 분석

분리판의 강성에 관여하는 다섯 가지의 공정 파라미터 중 어떤 파라미터가 강성에 가장 큰 영향을 미치는지를 알아 보기 위해 통계전산 프로그램인 SPSS를 사용하여 ANOVA 분석을 실행하였다. 분석결과는 다음과 같다.

Table 3 Result of ANOVA

Factor	Sum of Squares	DOF	F
Thickness	61.8	2	22.5
Radius	8.0	2	2.9
Height	36.4	2	13.2
Pitch	120.1	2	43.6
Fillet radius	6.7	2	2.4
Error	9.6	7	
Total	242.6	17	

5. 결론

ANOVA 분석 결과 Pitch > Thickness > Height >

Radius > Fillet radius 순으로 나타났으며, 이는 분리판의 Pitch 가 고온 강성에 가장 큰 영향을 미치는 인자임을 알 수 있다.

후 기

본 연구는 포항산업과학연구원(RIST)의 지원으로 수행하였으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] 김윤태, 2004, 박판 플랜지 성형에서의 편평도 향상에 관한 연구, 석사학위 논문, 순천향대학교 기계공학과.

- [2] 김정현, 2006, 정하중을 받는 주름판의 고온 강성에 관한 연구, 석사학위 논문, 순천향대학교 기계공학과.
- [3] 김정현, 이상욱, 2006, 용융탄산염 연료전지 분리판의 운전온도에서의 강성 해석, 한국소성가공학회 추계학술대회 논문집, pp. 334~347.
- [4] 김정현, 이상욱, 2006, 연료전지 분리판의 스프링백 저감에 관한 연구, 한국소성가공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 345~348.
- [5] 우동욱, 이상욱, 2006, 곡률을 가진 쉘드슬롯판의 편평도 향상 연구, 한국기계가공학회지, 제 5 권 제 3 호, pp. 23~28.
- [6] Instron, 인스트론코리아, Instron User's Manual.
- [7] ABAQUS, ABAQUS User's Manual.
- [8] 이상복, 1990, 알기 쉬운 다구찌기법, 상조사.