

연료전지 분리판의 스프링백 저감에 관한 연구

김정현¹, 이상욱[#]

A Study on the Reduction of Springback for the Separator Plate of MCFC

J.H. Kim¹, S.W. Lee[#]

Abstract

The focus of this study is placed on the reduction of springback in the separator plate which is one of main components of the MCFC stack. Firstly, the current design (round punch and die) is accessed using FEM to find out how much it springs back after the forming operation. In this study, the two kinds of modified designs are proposed in order to reduce the amount of springback. With the linear punch in the first modified design the amount of springback rather increased. In the second modified design of die with holes, the amount of springback decreased drastically due to the effect of compression at the die corner.

Key Words : Springback, separator, MCFC

1. 서론

환경 친화적인 발전 기술 장치로 부각되고 있는 용융탄산염 연료전지(MCFC: Molten Carbonate Fuel Cell)는 용융탄산염을 전해질로 사용하여 전기화학반응에 의해 무공해 발전이 가능한 시스템이다 [1]. 연료전지는 단위전지를 적층하여 하나의 스택을 구성하며 크게 세 부분으로 구성되어 있고 전극부, 매트릭스부 및 분리판부가 그것이다. 분리판은 전극 및 매트릭스와 잘 밀착되어야 하는데, 그 이유는 접촉저항을 최소화하여 전력손실을 줄일 수 있고, 단위전지를 적층하였을 때 균등한 스택 높이를 보장받을 수 있기 때문이다.

현재 사용되는 분리판은 굽힘가공을 통해 제작이 되고 있다. 굽힘가공은 박판성형법 중에서 가장 많이 쓰이는 방법의 하나로서 소형에서부터 대형에까지 널리 이용되고 있으나 간단하면서도 몇가지 난점을 포함하고 있다. 그 대표적인 예가

바로 스프링백이다. 스프링백은 수작업시에는 크게 문제가 되지 않았으나, 굽힘가공을 전용 프레스에서 행하면서 한 공정에서 요구 형상이 얻어 져야 되므로 문제가 되었다. 스프링백은 탄소성 거동이 적용되는 굽힘가공 후, 하중을 제거하게 되면 재료 내부에 복원능력이 발생하여 원래 요구하는 형상에서 벗어나는 모양을 갖게 되는 것을 말한다.

연료전지의 분리판도 굽힘가공 후 스프링백 발생으로 인하여 분리판의 최종형상뿐만 아니라 편평도에도 영향을 받는다. 본 연구에서는 현재 사용되고 있는 분리판에서 성형 후 발생하는 스프링백을 저감할 수 있는 방법을 제안하는데 목적이 있다.

2. 기존 설계에 대한 해석

Fig 1에 분리판의 일부 모습을 나타내었다. 분리

1. 순천향대학교 기계공학과

교신저자: 순천향대학교 기계공학과,

E-mail: swlee@sch.ac.kr

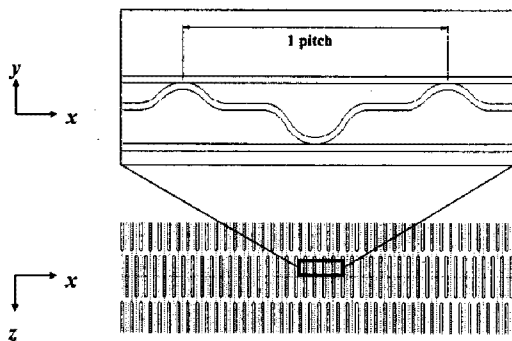


Fig. 1 A part of the separator plate

Table 1 Material properties used in the finite element simulation

Material : SUS 316L	
Young's modulus (E)	185.232 GPa
Poisson's ratio (ν)	0.3
Lankford value (R)	1.81
Yield stress (σ_y)	230.157 MPa
Stress-strain curve	$\sigma = K(\epsilon_0 + \epsilon_p)^n$ $\epsilon_0 = 0.022638$, $K = 1257.614$ MPa, $n = 0.4483$

판은 옆에서 보았을 때 요철 형상이 길게 반복되는 형태로 제작된다. 전체 형상의 길이는 1피치를 20 mm로 하였을 때 전체가 60피치로 1,200 mm이다. Table 1은 분리판의 재료인 SUS316L의 물성치를 기술하였다.

기존 설계 해석

반복패턴인 분리판의 문제점을 파악하기 위해 0.5피치를 솔리드 요소로 모델링하였다. Fig 2는 0.5피치를 모델링하여 배치한 모습과 성형 후 모습이다. 평면변형조건을 주었고 양단에는 대칭 조건을 주었다. 성형속도는 1 m/sec로 설정하여 해석하였다.

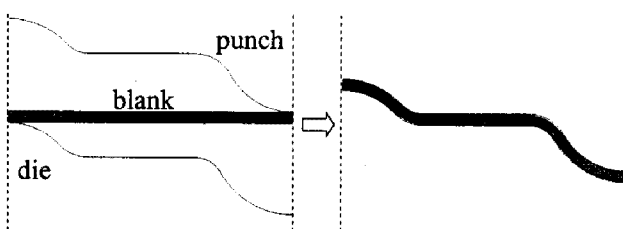


Fig. 2 Layout of the current design (round punch & die)

Fig 3은 스프링백 전, 후의 국소 x 방향 응력분포를 나타내고 있다. 특이한 점은 성형후에 블랭크의 응력분포가 대부분 스트레칭의 효과를 받고 있다. 블랭크가 늘어난 길이는 초기 길이의 약 10% (1 mm)로 측정됐다. 스프링백 후 블랭크의 오른쪽 끝단에서 큰 거동이 있었으며 그 값이 성형깊이의 약 1% (0.032 mm)였다. 이를 통해 분리판이 스프링백으로 인해 변형이 있음을 예측할 수 있다.

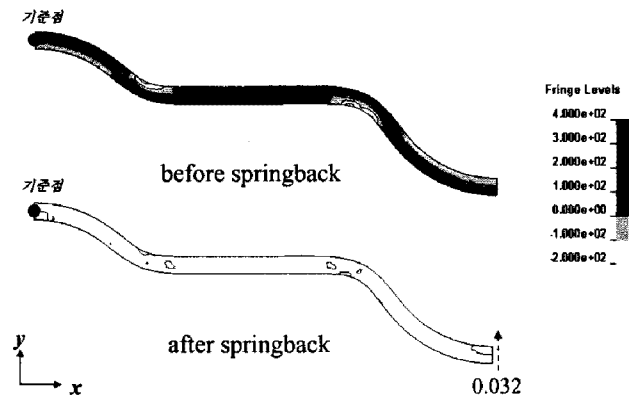


Fig. 3 The distribution of local x -stress of the blank before and after springback in the current design

Fig 4는 0.5피치를 성형할 때 예상되는 성형력을 나타내고 있다. 성형력은 약 2.75 kgf/mm^2 로 나왔으며, 이를 통해 전체 60피치 형상을 성형하려면 약 805 ton의 성형력이 요구됨을 알 수 있다.

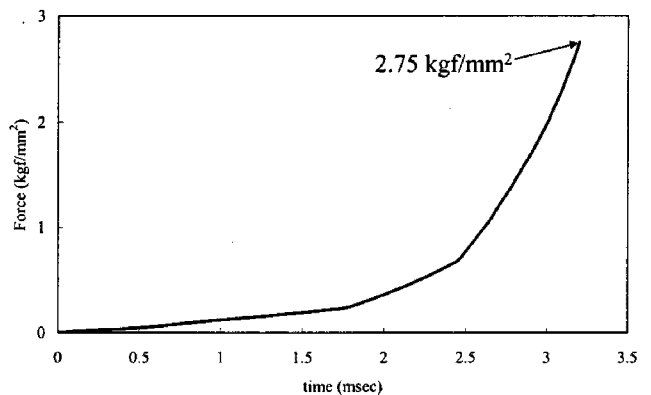


Fig. 4 Variation of the punch force in the current design

3. 개선 설계

분리판이 성형 후 스프링백에 의한 변형이 있음을 확인할 수 있었다. 분리판의 변형은 단위 전지를 적층하였을 때 균등한 스택의 높이를 보

장받을 수 없게 한다. 이는 스택 제작 시 국부적인 집중응력 부위를 유발하게 하는 문제점이 있다. 그러므로 스프링백 발생을 줄이는 대안이 필요하다. 이번 절에서는 기존 형상을 변형시켜 스프링백이 저감될 수 있는 설계를 제안하였다.

설계변경1: 선형 펀치

첫 번째 방법으로 V굽힘에서 스프링백 저감 방법 중에 하나인 선단압축법[2]을 적용하여 선형의 펀치를 제안하였다. 또한 조금 더 확실한 효과를 위해 펀치가 블랭크를 가압하는 정점에 일정한 높이의 돌기를 만들어 가압시키는 보터밍(bottoming)을 함께 적용시켰다. 보터밍의 깊이는 블랭크의 두께변화를 고려하여 0.1 mm로 하였다. Fig 5는 선형펀치로 가공하는 모습을 보여주고 있다. 성형조건은 기존 설계의 해석과 같이 평면 변형 조건, 양단 대칭조건에 성형속도는 1 m/sec이다.

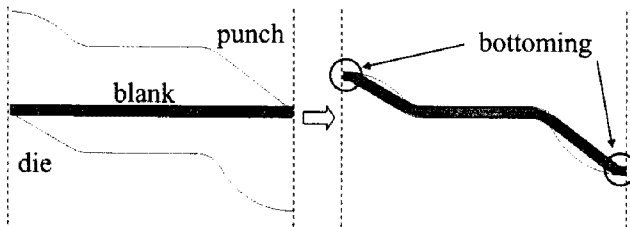


Fig. 5 Layout of the first modified design (linear punch)

Fig 6은 스프링백 전과 후 국소 x방향 응력분포를 나타내고 있다. 보터밍에 의해 양단에서 압축응력이 나타나는 것을 알 수 있다.

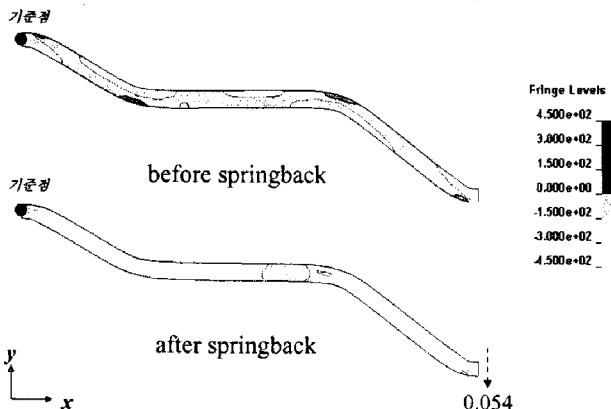


Fig. 6 The distribution of local x-stress of the blank before and after springback in the first modified design

스프링백 후 블랭크의 오른쪽 끝단에서 큰 거동이 있었으며 그 값이 성형깊이의 약 1.6 % (0.054 mm)였다. 이는 기존 설계에서보다 약 0.6 % 크게 나왔으며, 이유는 블랭크가 최단 거리로 성형됨으로서 블랭크 초기 길이대비 약 5 % (0.5 mm)의 증가에 그쳐 스트레칭에 의한 스프링백 감소효과가 나타나지 못했기 때문인 것으로 판단된다. Fig 7은 선형 펀치로 블랭크를 성형할 때 예상되는 성형력을 나타내고 있다. 성형력은 약 2.73 kgf/mm²로 나왔으며 그림에서 마지막에 급히 올라가는 부분을 볼 수 있는데 이 부분은 보터밍에 의해 성형 마지막에 가압이 되면서 일어나는 현상이다.

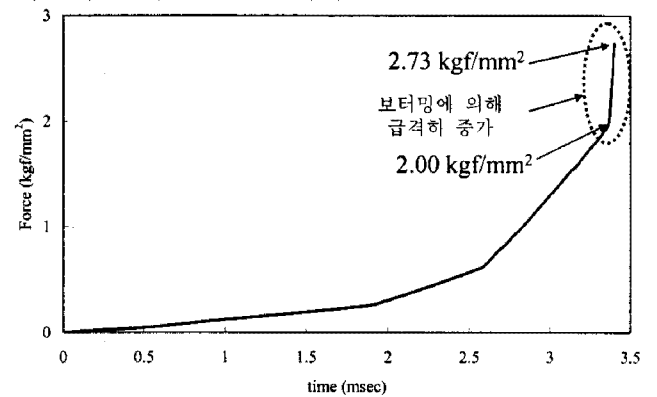


Fig. 7 Variation of the Punch force in the first modified design

설계변경2: 구멍있는 다이

두 번째 방법으로 구멍있는 다이를 제안하였다. Fig 8은 다이에 구멍이 뚫려있는 모습을 보여주고 있다. 또한 다이 코너부의 반경을 달리하여 그 변화에 따른 블랭크의 스프링백 양을 알아보았다.

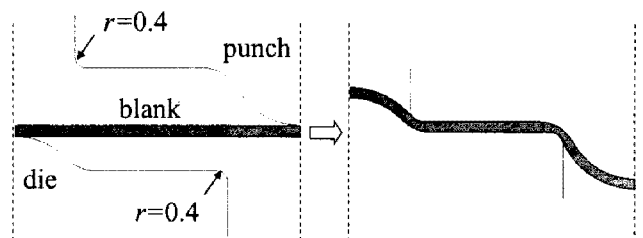


Fig. 8 Layout of the second modified design (die with holes)

Fig 9는 스프링백 전, 후 국소 x방향 응력분포를 나타내고 있다. 블랭크가 꺾이는 다이 코너

부분에서 강한 압축응력이 걸렸으며 이는 r 값에 의한 다이와 펀치의 곡률 차이로 가압이 이뤄졌기 때문이다. 스프링백 양은 성형깊이의 약 0.15 % (0.005 mm)로 나타났고 이는 기존 설계 대비 약 85 %의 스프링백 저감효과가 있는 것이다.

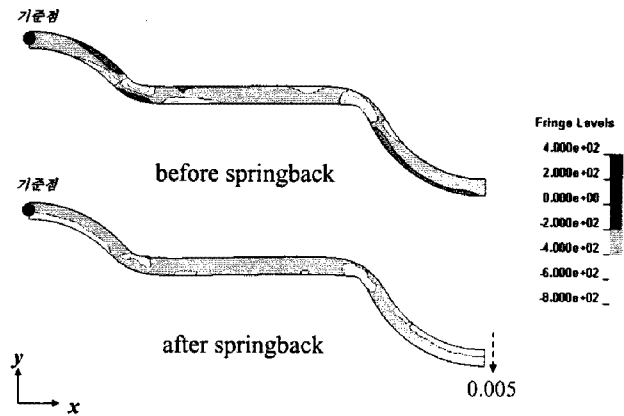


Fig. 9 The distribution of local x -stress of the blank before and after springback in the second modified design

Fig 10은 구멍이 있는 다이로 블랭크를 성형할 때 예상되는 성형력을 나타내고 있다. 블랭크의 닿는 면적이 적어 성형력이 작게 나올 수 있다고 예상됐지만 측정된 성형력은 6.14 kgf/mm^2 로 기존 설계에서 보다 더 큰 성형력이 필요하다는 결과가 나왔다. 그 원인은 다이 코너부에서 다이와 펀치의 곡률 차이로 인해 가압이 되면서 힘이 올라가기 때문이다.

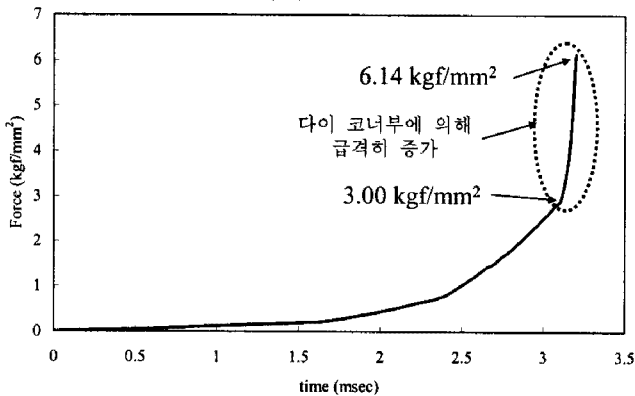


Fig. 10 Variation of the Punch force in the second modified design

Fig 11은 반경 r 에 따른 성형력과 스프링백 양의 관계를 나타낸 그래프이다. 반경 r 이 작을수록 스프링백 양은 감소하고 성형력은 올라감을 알 수 있다.

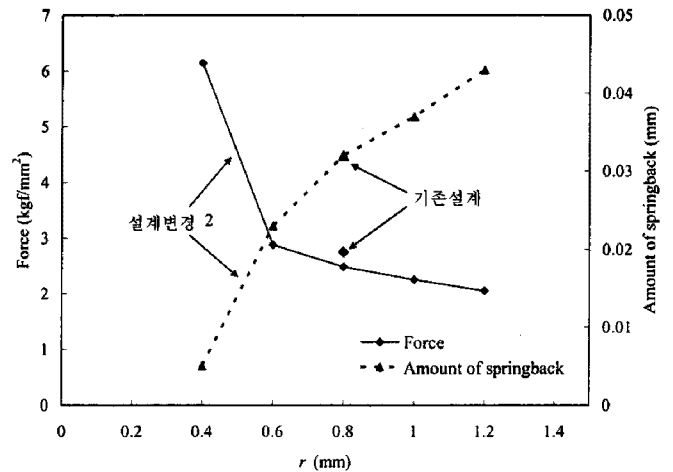


Fig. 11 Variation of the amount of springback and the punch force according to the radius of die corner

4. 결론

(1) 분리판에서 0.5피치의 해석을 통해 기존 설계에서 스프링백의 의한 변형이 있음을 파악하였다.

(2) 선형 펀치로 설계변경할 경우 스프링백 양은 오히려 증가하는 것으로 나타났으며, 블랭크가 최단 거리로 성형됨으로서 스트레칭에 의한 스프링백 양 감소 효과가 나타나지 못했기 때문으로 판단된다.

(3) 구멍있는 다이로 설계변경할 경우 스프링백 양이 급격히 줄어들어 $r=0.4 \text{ mm}$ 일 때 기존 설계 ($r=0.8 \text{ mm}$) 대비 약 85 %의 저감효과가 있었다. 그러나 성형력이 증가하는 문제점이 있었다. $r=0.6 \text{ mm}$ 일 경우 기존 설계 대비 스프링백 양은 28 % 개선되면서도 성형력은 약 5 % 증가에 그치는 긍정적 결과가 도출되었다.

후기

본 연구는 포항산업과학연구원(RIST)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

참고 문헌

- [1] 김윤태, 박관 플랜지 성형에서의 편평도 향상에 관한 연구, 순천향대학교 기계공학과, 석사학위논문, 2004.
- [2] 김세환, 프레스가공의 불량과 대책, 대광서림, 1996.