

프리코트 메탈의 성형한계에 관한 연구

김 호 윤*, 왕 신 일*, 배 원 병**

Study for Forming Limit of Pre-Coated Metal

Ho-Yoon Kim*, Sin-Il Wang*, Won-Byong Bae**

ABSTRACT

This study has been performed to investigate forming limit of PCM(Pre-Coated Metal) widely using appliances. Die set was made for deep drawing test, and some PCMs were tested in rectangular deep drawing test in no-lubricant, 20% clearance, some die materials(STD11(TiCN), STD11(H₁₈C60), STD11(TD), AMOCO), and 6mm/sec punch speed. And Ericshen test was performed in regular conditions. In this experiments, forming limit, forming characteristics, superior die materials, and fracture of PCMs been investigated.

In results, tested PCMs have lower forming limit than base material, because lower elongation, ultimate strength than base material. And two-fracture types - occurring band and flaking - of PCMs have been investigated.

1. 서 론

공학이 점차 발달함으로 인하여 제품의 생산결과로 인한 환경오염에 대한 우려가 커지고 있는 가운데, 환경대응소재의 활용정도가 점차 확대되고 있다. 특히 환경대응소재로 잘 알려진 PCM(Pre-Coated Metal)재의 사용이 급격하게 증가하고 있다.

PCM재란 일반적으로 모재(주로 아연도금강판)에 도장 혹은 필름을 덧입힌 금속판을 말한다[1]. 그러나 이 재료를 이용한 성형가공에 대한 큰 기대에도 불구하고, 현재는 경험과 데이터를 축적하고 있는 상태이다. PCM재의 피막은 일반적으로 강판의 변형에 수반하여 균열이나 박리를 일으키지 않아야 하며, 또한 경도, 내오염성, 내약품성, 내식성, 내열성 등이 요구된다[2]. 특히 가정용으로 사용되는 PCM재의 경우에 도장피막의 손상이 적어야 하기 때문에 신장률이 큰 고분자량 폴리에스테르 수지계 도료가 많이 사용되고 있다[3,4,5].

이러한 PCM재의 성형성에 있어서 주로 문제되는 부분은 도장피막의 박리이며[6], 이에 관한 연구도 해외에서 일부 수행되었다. 그러나 이전의 연구는 모재와 도장피막의 접착력에 대한 연구에 치우쳐 있어서, 성형성이나 성형한계에 관한 연구가 부족한 실정이다.

또한, PCM재는 금형과 접촉하는 부분이 도장막일 경우가 많고, 또한 대부분의 경우 도장막의 인장강도, 연신율 등의 물성치가 모재의 물성치보다 낮다. 따라서 PCM재를 사용한 공정에서는 모재의 특성보다 도장막의 특성에 의존하고, 따라서 도장막의 성형성이나 성형한계에 대한 연구가 수행되어야 한다.

이를 위하여 본 연구에서는 가전제품용 PCM재를 사용하여 사각형 에릭센 시험과 뒤프로잉 시험을 통하여 PCM재의 성형한계를 규명하고, PCM재의 성형에서의 문제점에 대하여 논의하였다.

2. 실험

2.1 실험소재

* 부산대학교 정밀기계공학과 대학원

** 부산대학교 기계공학부

본 연구에 사용된 소재는 현재 가전제품용으로 사용되고 있는 7종의 PCM재로서, 각 PCM재의 인장시험에 의한 물성치는 Table 1과 같다.

Table 1 Materials for experiments

Material	Thi.(mm)	Ini. SR(μ m)	σ_s	elongation
Mat. A	0.78	0.68	23.49	22.16
Mat. B	0.77	1.06	19.21	24.69
Mat. C	0.75	1.63	37.08	19.56
Mat. D	0.53	-	22.87	18.55
Mat. E	0.50	0.28	23.38	24.75
Mat. F	0.53	0.41	26.35	20.20
Mat. G	0.53	0.41	23.60	19.2

Mat. D has embossed surface.

2.2 실험장비

Fig. 1과 2는 에릭센 시험의 개략도 및 딥드로잉 시험에 사용된 장비 및 균형을 보여준다.

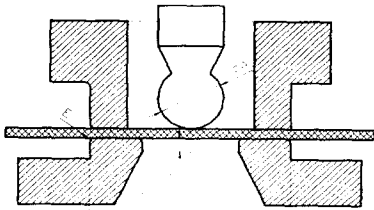


Fig. 1 Schematic diagram for general Ericshen cupping test

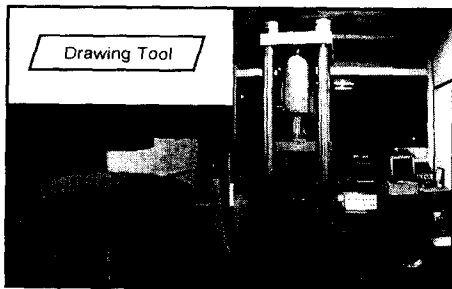


Fig. 2 Tool setup for deep drawing test

2.3 실험조건

Table 2는 딥드로잉 시험에 사용된 실험조건을 나타낸다.

Table 2 Experimental conditions in deep drawingtest

Materials	Mat. A~G
Die Material	STD11(TiCN), STD11(H ₂ C60) STD11(TD), AMPCO
Size of Product	40(W)×40(L)×30(H)
Blank Shape	Optimum shape of 90-Diameter
Lubricant	none
Punch Speed	6mm/sec

3. 실험결과 및 고찰

3.1 에릭센 시험

Table 1에서 제시한 7종의 PCM재에 대하여 에릭센 시험을 하였다. 에릭센 시험을 통하여 얻을 수 있는 결과는 주어진 조건에서 파단이 일어날 때까지의 성형한계이다. 여기서, PCM재의 파단을 규정하여야 하는데, 이는 다른 소재와는 다르게 적용되어야 할 것이다. 일반적으로 소재가 파단이 일어나는 높이를 에릭센 시험에서의 성형한계라고 하지만, PCM재는 그 특성상 도장피막의 박리 또는 균열이 일어나는 높이를 성형한계로 규정하는 것이 적절할 것이다. 따라서, 에릭센 시험도중에 도장피막의 박리 또는 균열이 일어나는 시점의 성형한계를 Table 3에 나타내었다.

Table 3 Stretch limit and fracture type of PCMs in Ericshen test

Material	Stretch limit	Fracture Type
Mat. A	8.49	weakening coating
Mat. B	7.90	occurring band
Mat. C	8.47	weakening coating
Mat. D	7.26	occurring band
Mat. E	7.95	occurring band
Mat. F	8.11	occurring band
Mat. G	7.74	occurring band

Mat. A, C는 8.5mm정도, Mat. B, D, E, G는 7.5mm정도의 성형한계가 나타났다. 이렇게 성형한계가 나누어지는 것은 소재의 두께차이에 의한 것은 아니다. 성형한계를 규정할 때 소재가 파단될 때를 고려한 것이 아니라, 도장피막의 박리 또는 균열을 고려하였기 때문에 소재의 두께와는 무관할 것이다. 이것은 모재가 파단되기 전에 도장피막에 피가 발생하거나 도장피막이 전체적으로 얇아져서 더 이상 도장피막의 역할을 하지 못하기 때

문이다. 띠가 발생하거나 도장피막이 약해지는 기준은 모재와 도장피막의 접착력과 도장피막의 연신율에 크게 의존한다. 도장피막의 연신율이 모재의 연신율보다 더 크면 도장피막이 얇아지면서 성형한계가 증가하고, 그 반대의 경우에는 도장피막에 띠가 발생하면서 성형한계가 감소한다. Fig. 3은 두 가지 경우의 예를 나타낸 것이다.

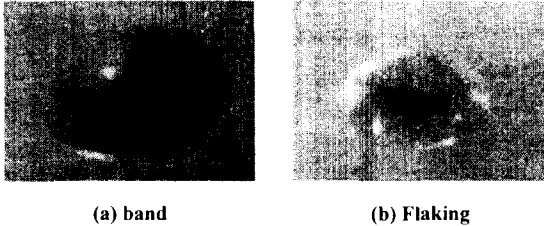


Fig. 4 Two type fractures in Ericshen test

3.2 딥드로잉

딥드로잉 실험의 결과로 나타난 최대하중은 Table 4와 같다.

Table 4 Maximum load in deep drawing test

Die Material	STD11 (H _T C60)	STD11 (TiCN)	STD11 (TD)	AMPCO
Mat. A	3120.000	2998.125	2803.125	2925.000
Mat. B	3607.500	3095.625	2925.000	3095.625
Mat. C	3607.500	3558.750	3388.125	3412.500
Mat. D	2510.625	2364.375	2218.125	2291.250
Mat. E	2803.125	2656.875	2340.000	2461.875
Mat. F	2388.750	2218.125	1974.375	2169.375
Mat. G	2486.250	2315.625	2193.75	2364.375

Table 4에서 금형재질에 대한 성형하중의 분포를 살펴보면 7종의 모든 소재에서 STD11(TiCN), STD11(HRC60), AMPCO, STD11(TD)의 순서로 성형하중이 감소하였다. 이것은 소재 코팅과는 무관하게 AMPCO나 STD11(TD) 금형이 STD11(TiCN)이나 STD11(HRC60) 금형보다 성형하중의 측면에서 더 우수하다는 것을 의미한다. 성형하중의 측면에서 우수한 금형은 낮은 블랭크홀더력을 요구하고, 소재의 유입이 더욱 쉬워지게 된다. 이러한 현상은 성형한계를 증가시키는 역할을 한다.

또한 소재재질에 따른 성형하중의 분포를 Table 4에 나타내었다. 두꺼운 소재인 Mat. A, B, C가 높은 성형하중을 나타냈으며, 얇은 소재인 Mat. D,

E, F, G인 소재가 상대적으로 낮은 성형하중을 나타내었다. 또한 동일한 두께에서 Mat. C는 특히 높은 하중을 나타냈으며, 이는 Mat. A, B에 비하여 Mat. C의 항복응력값이 높기 때문이다. 이것은 Table 2에서 확인할 수 있다. 또한 얇은 소재 중에서는 Mat. E의 성형하중이 가장 높게 나타났다.

딥드로잉 공정에서는 펀치 곡률부에서는 인장이, 다이 곡률부에서는 압축이 일어난다. 여기서 소재의 도장피막에서 다이 곡률부의 압축으로 인한 결함이 나타난다. Fig. 5는 대표적인 다이 곡률부에서의 결함을 보여주고 있다. 이 결함은 소재의 압축으로 인하여 도장피막의 박리가 일어나고, 이후 박리된 도장피막이 주름으로 성장하면서 나타난 파단이다. 이러한 결함을 방지하기 위해서는 블랭크홀더력을 증가시키거나, 금형틈새를 증가시키는 등의 방법을 통하여 없앨 수 있다. 이러한 다이 곡률부에서의 결함은 Mat. E에서 가장 두드러지게 나타났다.

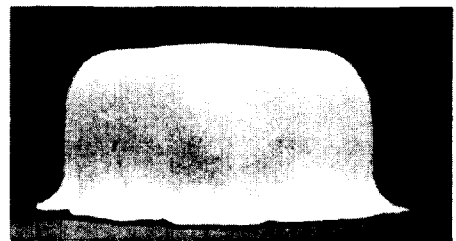


Fig. 5 Failure in the part contact-ing with the die radius in deep drawing test

각 금형재질에 대한 소재의 표면긁힘이 Fig. 6에 나타나있다. Table 4에서 성형하중이 높게 나타난 금형재질에 대해서는 PCM재의 표면긁힘이 심하게 나타나고, 그 반대의 경우에는 표면긁힘이 거의 일어나지 않았다. 이것은 STD11(TD)와 AMPCO 금형이 성형하중에서뿐만 아니라, 표면긁힘의 측면에서도 다른 재질의 금형보다 우수함을 나타내고 있다.

또한 Fig. 7은 가장 표면긁힘이 심했던 STD11(TiCN) 금형을 사용했을 때의 각 소재의 표면을 촬영한 것이다. 사진에서 볼 때, 동일한 조건에서 Mat. D, E, F가 더 적게 긁혔음을 알 수 있다. 이것은 도장피막의 특성이며, 동일한 조건이라면, Mat. D, E, F에 사용된 도장피막을 다른 소재에도 적용하는 것이 더욱 우수한 제품을 생산하

기 위한 방법이라는 것을 의미한다.

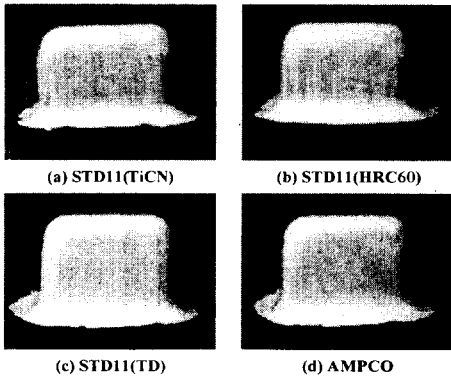


Fig. 6 Scratch for each die material in deep drawing test



Fig. 7 Scratch for some material in STD11(TiCN)

펀치 접촉부에서도 결함이 나타난다. 펀치 접촉부에서의 결함 중에서 대표적인 것을 Fig. 8에 나타내었다. 이 결함은 성형깊이가 깊을수록 크게 나타나는데, 성형한계가 깊어질수록 소재의 압축은 심하게 되고, 그로 인하여 도장피막이 기재로부터 박리가 일어난다. 그러나, 펀치 접촉부에서의 박리는 다이 곡률부에서의 박리와 다르게 나타난다. 다이 곡률부에서는 성형공정동안 박리된 도장피막이 금형과 접촉함으로 인하여 박리가 일어난 후에 2차 박리를 일으키고 파단으로 이어지지만, 펀치 접촉부에서는 펀치와 접촉하지 않는 부분에서 박리가 일어나고, 그 박리된 도장피막이 그대로 유지되기 때문에 도장피막이 찢어지기보다는 박리된 도장피막이 모재로부터 떨어져 나오게 된다. 떨어져 나온 도장피막은 계속된 성형으로 인하여 모재에 다시 집착되기도 한다. 이러한 경우에는 마치 변색된 것처럼 보이고, 작은 주름이 심하게 발생한 것을 볼 수 있다. 그러나 이러한 결함은 Mat. B에서 잘 나타나지 않았다.

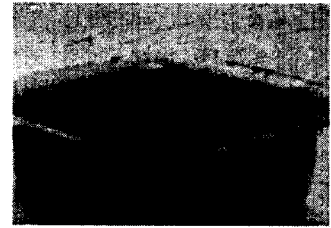


Fig. 8 Flaking in the part contacting with punch

4. 결 론

본 연구는 PCM재의 성형한계에 대한 평가기준을 확립하고, 그 성형특성을 파악하기 위하여 수행되었다. 이에 필요한 연구로서 에릭센 시험과 덮드 로잉 실험을 수행하였고, 그 결과는 다음과 같다.

- PCM재의 성형한계는 일반 관재의 성형한계와는 달리, 도장피막의 결함(균열, 박리 등)에 따라 그 성형한계를 결정하여야 한다.

- PCM재의 성형한계는 모재보다는 도장피막의 특성에 의해 정해지고, 성형 중에 피가 발생하는 도장피막보다는 얇아지는 도장피막이 성형한계의 측면에서 더 우수하다.

- 일반 관재에서는 나타나지 않는 여러 결함이 PCM에서는 발생하며, 이러한 결함은 공정변수의 적절한 조절로 인하여 감소시키거나 없앨 수 있다.

- Mat. D, E, G의 도장피막이 Mat. A, B, C, F에 비하여 성형특성이 우수하게 나타났다.

- PCM재를 성형할 때에는 STD11(TD)나 AMPCO 금형이 다른 금형보다 우수한 하중과 표면조도 등을 보이며, 제품결함도 적게 발생하였다.

REFERENCES

- [1] 町田輝史, "프리코트 메탈 현황", 프레스기술, No. 12, pp.16~26, 1995
- [2] 金井洋, "프리코트 강판", 프레스기술, No. 12, pp.27~30, 1995
- [3] "표면처리 강판의 종류·특성·선택법", 형기술, No. 3, pp.122~127, 1995
- [4] "프레스 현장에서의 표면처리 강판의 성형문제", 형기술, No. 7, pp.60~67, 1991
- [5] 勝又賢, "프리코트 알루미늄 재료개발", 프레스기술, No. 12, pp.31~36, 1995
- [6] 加藤俊之, "表面処理鋼板のプレス成形性", 塑性と加工, Vol. 38, No. 432, pp.35~39, 1997