

금형자동보정방식을 이용한 스프링백현상 제어

최보성¹· 황재현¹· 백일기¹· 이덕영²

Springback Control Using Automatic Die Compensation Module

B. S. Choi, J. H. Hwang, I. K. Baek, D. Y. Lee

Abstract

Recently surround molding parts using stainless steel are applied to international and domestic high grade vehicles, but there are great difficulties in die manufacture because of springback and twist after forming process. To solve this problem, finding the method of reduction springback is very important.

In this study the springback which might happen during making a die that produce stainless steel surround molding parts is predicted and the geometry of die which satisfy the tolerance between product and panel after forming and springback will be suggested using automatic die compensation module.

Key Words : Springback, Twist, Stainless steel, Die Compensation, Forming, Surround Molding

1. 서론

최근 스테인리스 소재를 이용한 Surround Molding 부품은 국내·외 고급차량에 적용되고 있으나, 제품 특성상 성형 후 변형 및 비틀림이 심하여 금형제작에 큰 어려움이 있다.

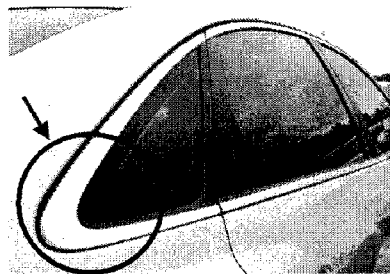


Fig. 1 Surround Molding Part

본 연구에서는 차체에 적용되는 스테인리스 소재 Surround Molding 제품을 생산하기 위한 금형을 제작함에 있어, 발생할 수 있는 제품에 대한 스프링백 문제를 미리 예측하고 금형자동보정방식을 이용한 허용공차내의 적합한 금형조건을 도출하여 제품개발기간 단축은 물론 제품의 질적 향상에 크게 이바지하고자 한다. 해석프로그램으로는 PAMSTAMP 2G 와 Automatic Die Compensation Module 을 사용하였다.

1. (재)울산산업진흥테크노파크 자동차부품혁신센터
2. 대구대학교 공과대학 자동차·산업·기계공학부

2. Surround Molding 제품의 스프링백 현상 및 대책

2.1 Surround Molding 제품의 공정

스프링백 불량에 영향을 미치는 요인에는 재질, 성형조건, 제품형상 등이 있는데[1~3] 특히 본 연구에서 제작하고자 하는 Surround Molding 제품의 경우, 인장력을 부과할 수 있는 Draw 성형 타입이 아니라 제품을 향상시키기 위한 Form 성형 타입이므로 성형조건 변경에 의해 치수정밀도를 맞추기가 더욱 어렵다. 그러므로 본 연구에서 제품형상의 변경에 따른 비틀림 경향과 탄성복원량 예측에 의한 보정방식을 통해 치수정밀도 불량을 제거하고자 한다.

일반적으로 Surround Molding 제품을 만들기 위한 금형공정은 Fig. 2 와 같이 최소 3 개 이상으로 이루어진다.

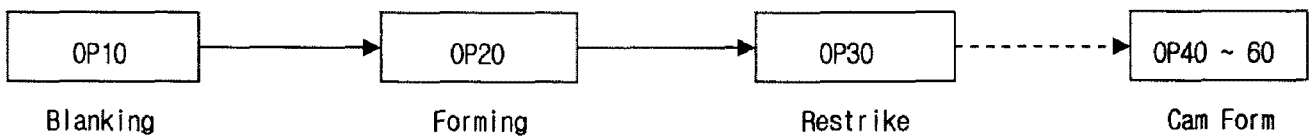


Fig. 2 Surround Molding Part Full Processes

특히 OP30 의 Restrike 공정의 경우 Forming 공정 후 생기는 스프링백 현상을 보정하는 공정이다. 정확한 스프링백 보정방식에 의해 Forming 공정 후 스프링백이 없는 제품을 얻을 수 있다면 Restrike 공정의 생략이 가능하다.

우선 Forming 공정 성형해석 및 스프링백 해석을 통한 변형 예측과 실제 판넬을 비교하여 해석의 타당함을 보이고 판넬의 비틀림과 뜨는 불량에 대한 대책을 제시하고자 한다.

2.2 성형 및 스프링백 해석결과와 실판넬 비교

Forming 공정 성형해석시 판넬의 안정적인 안착을 위해 Guide 를 설치하였으며 툴 구성은 Fig. 3 과 같다.

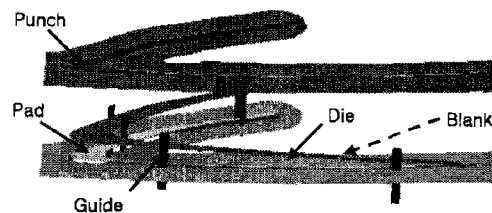


Fig. 3 Tool Setting for Forming Process

판넬 안착후 Pad 가 판넬을 잡아주고 Die 와 Punch 에 의해 Form 성형이 이루어진다. 재질은 SUS430 을 사용하였고 화학조성은 Table 1 과 같다.

Table 1 SUS430 Chemical Composition

Composition	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	N
%	0.02	0.54	0.10	0.020	0.001	0.27	19.19		0.43	0.57	0.02

최대인장강도 519MPa, 신율 28.2%의 기계적 성질을 가지며 성형시 Padding력은 6.8 Ton, Cushion Stroke은 15mm, Blank Mesh는 0.5mm로 균일하게 하였다. 마찰계수는 모든 틀에 0.1을 적용하였고 성형속도는 Padding시 2m/s, Forming시 5m/s로 하였다.

Forming 해석 후 판넬의 변형을 살펴보기 위해 Fig. 4와 같이 스프링백 해석 및 Gravity 해석을 수행하였다.

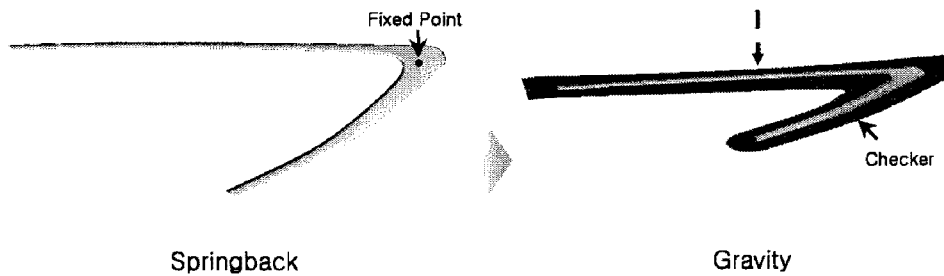


Fig. 4 Springback and Gravity Analysis

스프링백 해석결과 및 CMM을 통해 측정된 결과는 Fig. 5와 같고 품질 문제가 예상되는 부위의 비틀림 경향과 판넬의 뜨는 양이 거의 유사함을 알 수 있다.

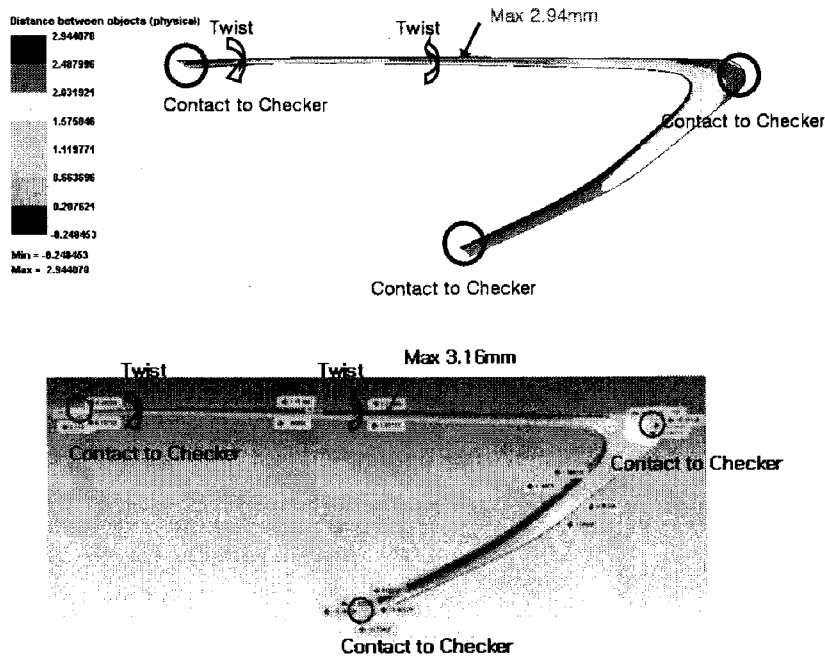


Fig. 5 Simulation and CMM Test Result

Surround Molding 제품에서는 주로 가늘고 긴 부위의 뜨는 현상과 비틀림 현상이 문제가 되는데 해석결과와 비틀림 경향과 측정에서의 비틀림 경향이 동일하고 뜨는 양도 해석결과 최대 2.94mm, 측정결과 최대 3.16mm로 거의 일치함을 알 수 있다.

2.3 제품 수정을 통한 비틀림 경향 파악

앞서 언급한 바와 같이 소재가 이미 정해져 있고 Form 성형인 경우 성형조건 변경에 의해 비틀림 변형량을 감소시키는 것은 매우 어렵다. 그러므로 제품형상의 변경, 즉 플랜지의 길이를 조절함에 따라 나타나는 비틀림 경향을 파악하고 그 양을 줄이는 방안을 제시한다.

플랜지 길이를 조절하기 위해 Fig. 6 과 같이 Blank 를 선정하였다.

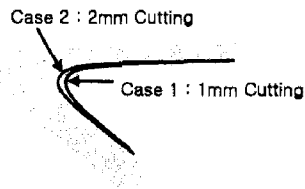


Fig. 6 Blank Shapes for Twist Control

성형 및 스프링백 해석을 수행한 결과는 Fig. 7 과 같고 그 값을 Table 2 에 나타내었다.

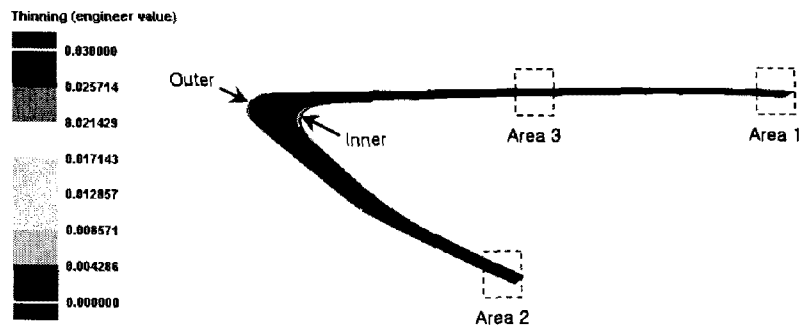


Fig. 7 Comparison Area of Result

Table 2 Result Values

Classification	Position	Origin	1mm Cutting	2mm Cutting	Comparison
Thinning(%)	Inner	23.31	21.92	18.65	
	Outer	-11.22	-10.50	-8.93	
Twist(mm)	Area 1	0.37	0.25	0.15	
	Area 2	0.51	0.48	0.46	
Rising(mm)	Area 3	2.94	3.04	2.97	

제품 플랜지 길이를 줄임에 따라 인장부 최대 신율이 감소하고 압축부 최소 신율이 증가하여 신율 차이를 줄일 수 있다. 판넬의 비틀림량 또한 플랜지의 길이가 짧아짐에 따라 감소함을 알 수 있으나 뜨는 양에 대해서는 아무런 영향이 없음을 알 수 있다.

2.4 금형자동보정방식을 이용한 적합 금형형상 도출

금형자동보정방식을 이용한 해석프로세스는 Fig. 8 과 같다. 우선 제품을 기준으로 하여 툴을 모델링한 후 성형해석 및 스프링백 해석을 수행한다. 이 때 스프링백 해석 후 나온 모델 결과가 원하는 범위의 허용공차를 가지면 적합 금형형상으로 판단되어 제시되고 만일 원하는 범위를 벗어나면 금형이 수정되어 성형해석 및 스프링백 해석이 다시 수행된다. 이러한 반복된 과정을 거쳐 최종적으로 스프링백 후 제품과 가장 근접한 부품 성형을 위한 금형 형상이 제시된다.

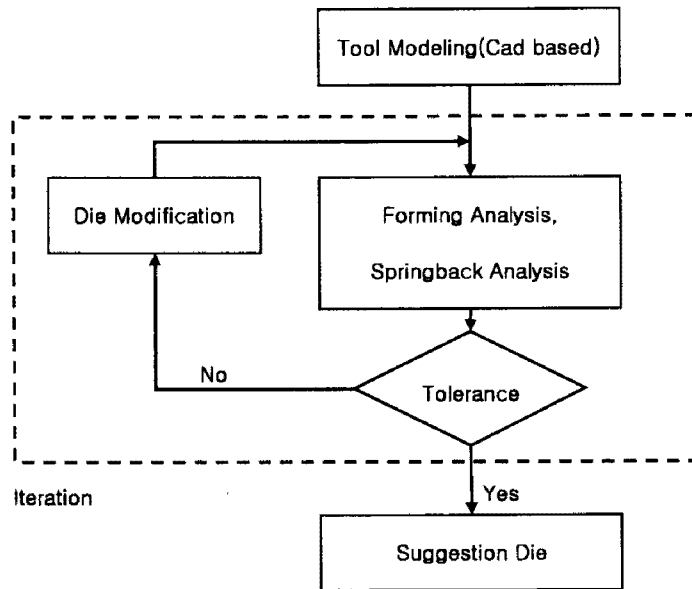


Fig. 8 Automatic Die Compensation System

Fig. 9 는 해석결과와 제품간의 허용공차를 만족하기 위한 각 반복 단계에서의 자동보정제시된 금형형상을 나타내고 Fig. 10 에서 각 단계의 해석결과를 보여준다.

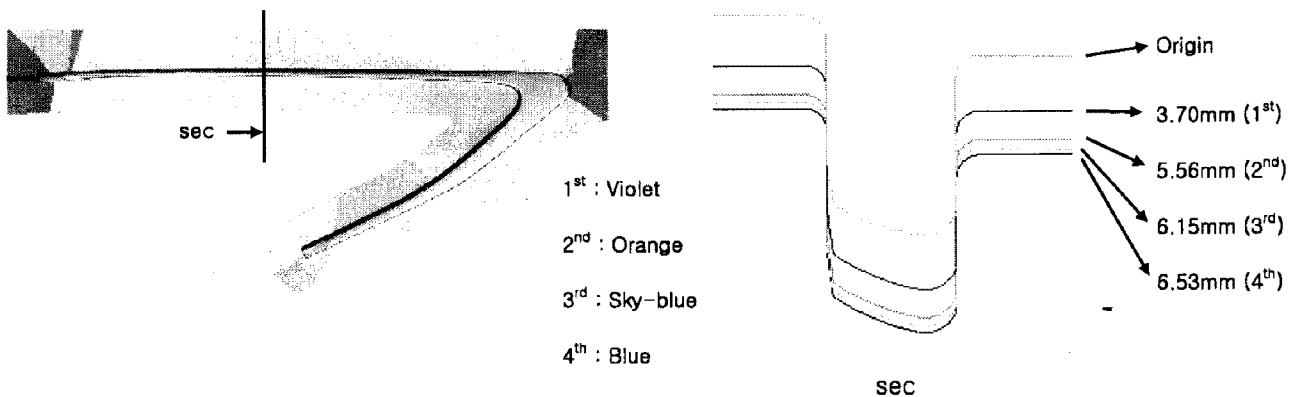


Fig. 9 Compensated Die during Iteration

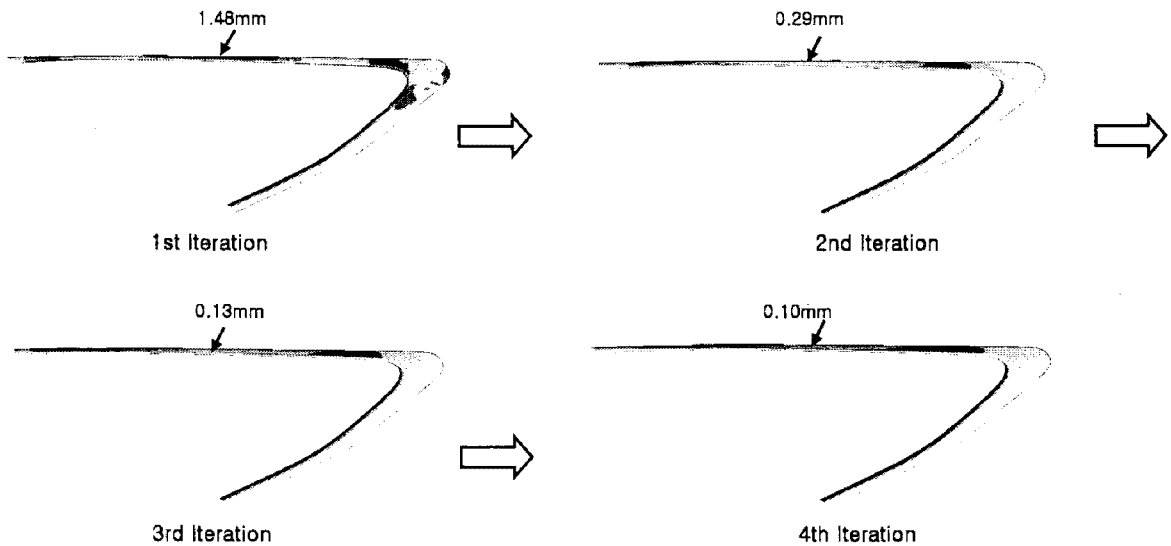


Fig. 10 Simulation Results during Iteration

첫번째 반복단계에서 3.70mm 금형보정 후 해석한 결과는 최대 1.48mm 뜸을 알 수 있고 이는 허용오차 0.1mm 를 만족하지 않기 때문에 두번째 반복단계로 넘어간다. 이때 금형은 5.56mm 자동보정되고 해석결과는 최대 0.29mm 가 뜸다. 이와 같은 방법으로 네번의 반복 단계를 거쳐 허용공차 0.1mm 를 만족하는, 해석모듈에 의해 최종 제안된 금형 형상을 Fig. 11 에 나타내었다.

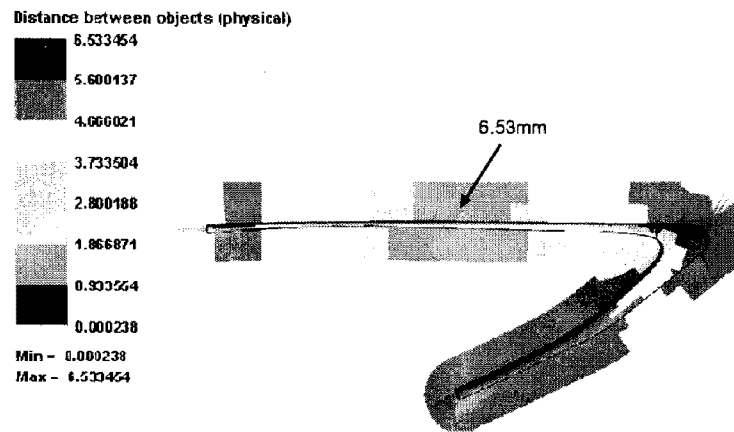


Fig. 11 Suggested Die by Automatic Die Compensation Module

이러한 해석결과를 바탕으로 실제 금형제작시 Forming 공정에 금형보정을 3.2mm 적용하였고 Forming 후 1.5mm 정도의 뜸의 현상이 나타남을 확인할 수 있었다. Forming 후 뜸의 불량은 Restrike 공정에서 금형에 추가로 보정을 줌으로써 해결하였다. Fig. 12 는 Forming 공정시 실제 금형에 적용된 보정량을 나타낸다.

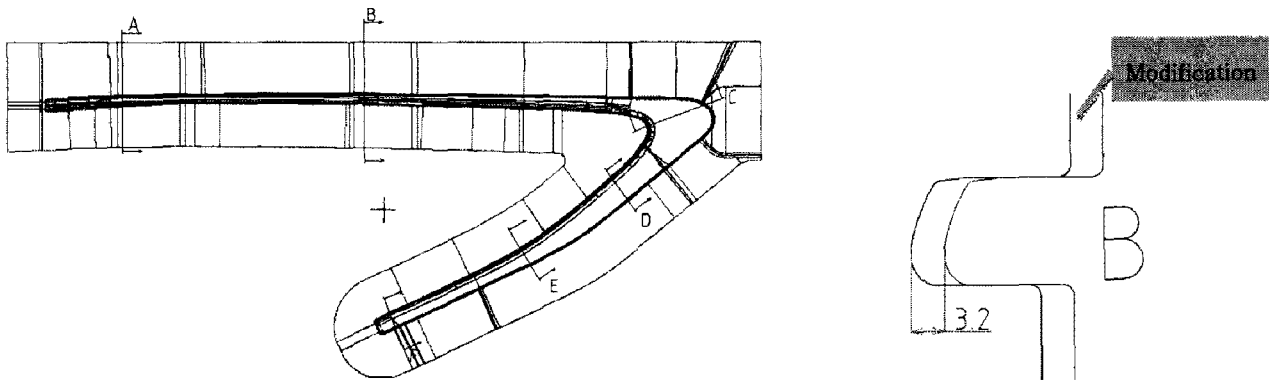


Fig. 12 Die Compensation in Forming Process

3. 결론

Surround Molding 제품을 제작함에 있어 주로 발생하는 비틀림과 뜨는 불량을 제거하기 위해 성형해석 및 스프링백 해석, 그리고 금형자동보정해석을 수행하였고 실제 금형제작에서의 적용검토를 통해 다음의 결론을 얻었다.

- (1) Forming 및 스프링백 해석결과와 실판넬의 3차원측정결과 비교를 통해 판넬의 비틀림 경향과 뜨는 양이 거의 유사함을 알 수 있었다.
- (2) 제품의 변경 즉, 플랜지 길이를 줄임에 따라 판넬의 비틀림량 또한 감소함을 알 수 있었으나 뜨는 불량에 대해서는 아무런 영향이 없음을 알 수 있었다.
- (3) 금형자동보정방식을 적용하여 성형 후 판넬의 뜨는 불량을 해결하기 위한 금형보정량을 구할 수 있었으며 실제 금형제작에 적용하여 해석결과와 매우 유사하게 나옴을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 주관기업 (주)나재의 중소기업기술혁신개발사업과제 “금형자동보정방식을 이용한 SUS소재 Surround Molding 부품개발”의 지원을 받았음.

참 고 문 헌

- [1] W. D. Carden, L. M. Geng, D. K. Matlock, R. H. Wagnor, 2002, Measurement of springback, International Journal of Mechanical Sciences Vol.44, pp.79~101.
- [2] Luc Papeleux, Jean-Philippe Ponthot, 2002, Finite element simulation of springback in sheet metal forming, Journal of Materials Processing Technology, Vol.125-126, pp.785~791.
- [3] F. Pourboghraat, E. Chu, 1995, Prediction of springback and side-wall curl in 2-D draw bending, Journal of Materials Processing Technology, Vol.50, pp.361~374.