

역설계 시스템 적용을 통한 자동차 전방 모서리부의 프레스 성형물 검사

한민식*(동아대 대학원), 박재덕(동아대 대학원), 김민주(동아대),
이승수(동아대), 전연찬(동아대)

The Inspection of Press Forming Product of forward conner parts at automobile through Application of Reverse Engineering System

M. S. Han(Mech. Eng. Dept., DAU), J. D. Park(Mech. Eng. Dept., DAU), M. J. Kim(Mech. Eng., DAU),
S. S. Lee(Mech. Eng., DAU), E. C. Jeon(Mech. Eng., DAU)

ABSTRACT

This study is an inspection of press forming product and mould using reverse engineering system. The inspection process on production field involves a lot of errors because of the hand-work so we focussed on improving the measured precision through performing the effective inspection using 3D non-contact scanner. By so doing that, we improved the precision of press forming product by analyzing the cause following the inspection result. Through the inspection, we applied it to the reverse engineering and we could improve the inspection process.

Key Words : Inspection(검사), Press Mould(프레스 금형), Projection Moire Topography(영사식 모아레), Reverse Engineering(역설계)

1. 서론

최근 소비자의 요구조건이 다양해지고 유행의 주기가 점점 짧아지고 있는 시대적 요구조건을 충족시키기 위해 소품종 대량생산 시대에서 다품종 소량생산 시대로 전환되고 있다. 이러한 시대적 배경에서 제품의 경쟁력을 높이기 위해 각 제품 개발 기간의 단축이 중요한 요소가 되었다. 제품의 디자인이 소비자의 구매 여부를 결정하는 중요한 요인이 되면서 직선 중심에서 자유 곡면 중심의 제품이 선보이고 있다. 다양한 곡면을 디자인하기 위해 많은 수학적 인 정의를 필요로 하게 되었다.

그러나 자유 곡면 중심의 제품 설계는 복잡한 과정과 많은 시간을 소요하는 문제점을 가지고 있어 개발 기간 단축이라는 시대의 흐름에 적합하지 않다. 자유 곡면을 가지는 많은 제품들은 점토나 석고, 수지, 나무등으로 만든 실물 모형에서 3차원 데이터를 획득하여 이를 3차원 형상을 재구성하는 역설계를 이용하고 있다.¹⁾ 이와 같은 방법 등을 통해 개발 기간을 단축할 수 있고, 곡면 설계에 대한 문제점을

해결할 수 있다.^{2~3)}

초기 역설계 공정에서는 접촉식 측정방법이 사용되었다. 그러나 접촉식 측정 방법은 측정 대상과 프로브와의 접촉으로 인한 표면 손상의 우려가 있고, 탄성 변형을 일으키기 쉬운 물체 또는 연성 재질 및 박막의 경우 측정이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 또한 점 데이터 획득에 있어 데이터 처리 시간이 길어진다. 그래서 이와 같은 문제점들을 해결하기 위해 다양한 비접촉식 측정방법이 연구, 사용되고 있다.⁴⁾

비접촉식 측정방법의 경우 측정 정밀도는 떨어지는 반면 접촉식 측정방법이 가지고 있는 많은 문제점을 해결할 수 있다. 비접촉식 측정방법은 측정 원리 및 구현 방법에 따라 광 측정법, 슬릿법 주사법, 영사식 모아레법, 백색광 주사 간섭법 등 다양한 형태의 측정 방법이 존재한다.⁵⁾

이러한 역설계 방법을 생산 제품의 검사에 활용할 수 있다. 제품 및 금형의 검사에 비접촉식 검사법을 활용하여 수작업에 의한 오차를 줄이고 적은 시간에 효과적으로 곡면의 검사를 수행할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 주로 수작업으로 이루어지는 제품 및 금형의 검사를 역설계 방법을 이용하여 적은 시간에 측정 정밀도를 높여 생산성 향상에 기여하고자 한다.

그래서 생산된 금형 제품을 모아레(Moire) 방식과 위상천이(PMP : phase measuring profilometry)의 장점을 이용한 exyma-E300을 이용하여 역설계를 수행하였다. 그리고 결과 데이터와 CAD 데이터의 비교를 통해 금형 제품의 오차를 검사하고 제품의 문제점 및 오차 요인을 분석함으로써 제품 정밀도 향상, 검사 공정의 자동화 및 생산 공정 개선을 도모하고자 한다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험 장치

2.1.1 Exyma-E300

exyma-E300은 측정영역에 비하여 높은 측정 분해능을 가지는 모아레 방식과 간결한 시스템 구성에 용이한 위상천이 방식의 장점을 결합시킨 비접촉식 3D Scanner이다.

스캐닝 모드를 3단계(fast, precision 그리고 high precision mode)로 선택함으로써 작업 효율성을 향상시킨 제품이며 본 제품의 사양을 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Exyma-E300 Specifications

Scanning Area(mm)	300×225×200
Scanning Time	Fast Mode(0.7sec)/ Precision Mode(1.8sec)/ High Precision Mode(3.5sec)
Optimal Scanning Distance	800mm
Maximum Number of Data Point (per Scan)	300,000 points
Operating Temperature	15℃ ~ 30℃
Scanning Method	Moire & PMP Method
Product Size(mm)	295×210×78
Product Weight	2.6kg
Camera Resolution	640×480pixels
Power	AC110 ~ 240V, 50Hz/60Hz
Light Source	Laser Class II Type
PC/OS	Pentium IV 1GHz, 512MB Ram & higher, Windows2000/NT

2.2 실험 방법

본 실험에서 사용된 측정물은 실제 현장에서 생산 중인 제품으로써 자동차 전방 모서리부분의 제품이다. 이 제품은 Hitachi Zosen사의 1,200ton 프레스를 이용하여 순차금형(Progressive mould)방식으로 성형하였다. Fig. 1은 본 실험에 사용된 제품을 성형하는데 사용된 프레스를 나타내고 있다.



Fig. 1 1200 ton-hydraulic press

본 실험에 사용되어진 제품의 재질은 심가공용 3종 냉간압연 강판으로서 본 제품의 재질에 관한 데이터는 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Material preperities of cold-rolled steel plate

Chemical compositons (%)					Hardness	
C	Si	Mn	P	S	HRB	HV
Max 0.08	-	Max 0.40	Max 0.30	Max 0.30	Max 57 Max 65	Max 105 Max 115
Min elongation percentage (%)						Tensile strength kgf/mm2 (N/mm2)
0.25 ~ 0.4	0.4 ~ 0.6	0.6 ~ 1.0	1.0 ~ 1.6	0.6 ~ 2.5	2.5 ~	
36	38	40	41	42	43	
						Min 270

본 실험에서는 오차를 최소화하고, 측정시 나타날 수 있는 불필요한 데이터의 개질을 방지하기 위해 다음과 같은 조건으로 측정하였다.

1) 모아레 및 광학식 방식의 3차원 측정기의 경우 가시광선에 대해 민감한 부분이 있으므로 빛을 차단하여 암실 조건에서 실험을 행하였다.

2) 정확한 데이터의 획득을 위해 측정물은 빛의 반사율이 높은 흰색 계통의 도료를 사용하여 도색을 하였다.

Fig. 2에서 보여지는 것처럼 측정물(①)을 흰색 도료를 사용하여 도색하였으며, 3차원 측정기를 사용하여 측정을 하였다. 이때 측정물의 크기가 exyma-E300(②)의 최대측정범위보다 넘어서므로 한번에 전체 형상을 얻어내는 것이 불가능하다. 따라

서 본 실험에서는 측정물을 여러 부분으로 나누어 측정하였다.



Fig. 2 Equipment setting

획득된 데이터를 역설계 프로그램을 사용하여 필터링(filtering)하고 3차원 서피스(surface) 형상을 구하였다. exyma-E300은 CCD 카메라를 사용하는 영사식 모아레법을 사용하므로 렌즈에 의한 퍼스펙티브 오차가 발생할 수 있다. 따라서 좀더 정확한 데이터를 획득하기 위해 데이터를 서피스 형상으로 만든 뒤 사각 외곽부를 잘라내었다.

그리고 특징점을 이용하여 각 부분을 병합(merging)하여 완성된 하나의 형상을 만들었다.

이 완성된 3차원 데이터를 CAD 데이터와의 검사를 통해 일치도를 구하고 오차부의 원인을 분석하였다.

Fig. 3은 본 연구의 실험 방법을 나타내고 있다.

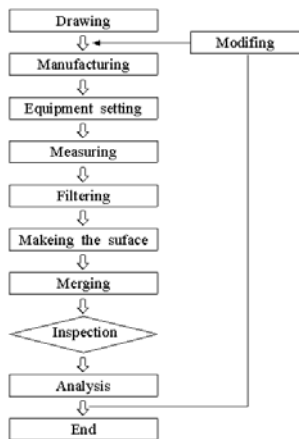


Fig. 3 Flow-chart for the experiment

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 4는 역설계 프로그램을 이용하여 데이터를 머지한 후의 3차원 서피스 형상을 나타내고 있으며,

Fig. 5는 설계 프로그램을 이용하여 설계한 CAD파일을 나타내고 있다.

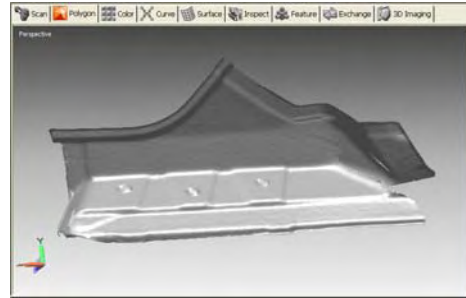


Fig. 4 The 3D shape of final product after merging using reverse engineering program

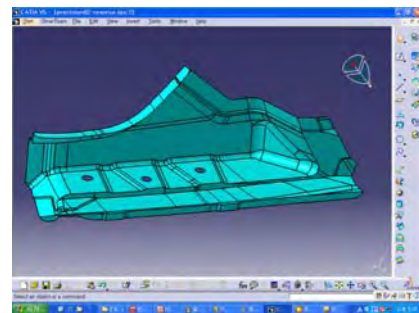


Fig. 5 3D-CAD data by drawing program

Fig. 6은 역설계 프로그램에서 측정 데이터와 CAD 데이터를 불러내어 정렬한 모습을 보여주고 있다. ③은 측정에 사용되어진 제품의 CAD 데이터이고, ④는 측정된 데이터이다. 이 두 데이터를 특징점을 이용하여 정합하고, 정합한 데이터의 편차를 비교 검사하였다. 그리고 검사 결과를 Fig. 7에 나타내었다.

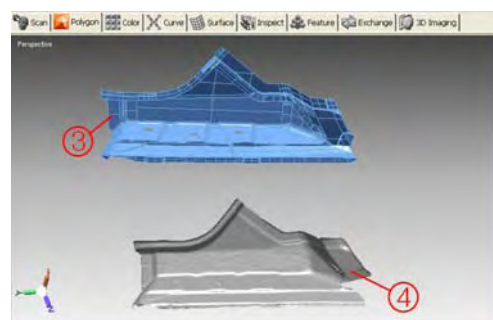


Fig. 6 CAD(③) and measured(④) data before inspection

전체의 형상을 비교했을 때 산포도의 밀집도가 높게 나왔으며, 전체 정규분포가 99.74%로 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

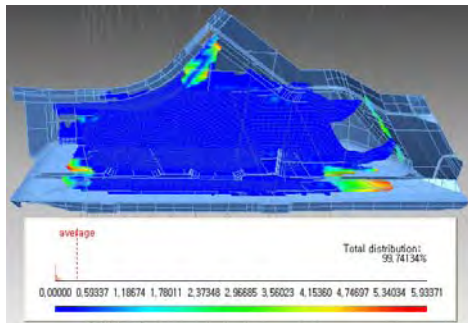


Fig. 7 Comparison of data between CAD and measurement

굽힘 과정을 거치지 않은 부위의 경우에는 오차가 거의 없이 일치하는 것으로 나타났으나 굽힘 가공이 행하여진 부위에서는 오차가 발생하였다. Fig. 7에서 굽힘의 단계가 많이 이루어진 부근 주변으로 색깔의 변화가 있음을 알 수 있다.

이러한 결과의 원인 중 가장 큰 이유는 금형 가공 후 나타나는 스프링 백 현상이 발생하였을 것으로 판단된다. U형 굽힘의 경우에는 뒷받침판 붙임 다이를 사용해서 적당한 크기의 배압을 펀치(punch) 아래면 부분의 재료에 가하면서 굽히기를 하면 스프링백 현상을 줄일 수 있다.

라운드 부의 오차에 대한 다른 원인으로는 금형의 마모를 들 수 있다. 금형은 일회성이 아니라 반복해서 사용하는 것이고 금형 작업시 큰 압력을 이용하여 가공하는 것이므로 마모가 일어나는 것은 당연한 현상이다. 금형의 마모에 의해 평판에 필요한 압력 전부가 전달되지 않게 되므로 그 부분 또는 그 부근에 굽힘이 완전히 일어나지 않아 오차가 생기게 되는 것이다.

이를 예방하기 위해서는 적절한 윤활을 통해 금형을 보호하고, 금형의 미세한 마모량일지라도 지속적인 검사를 통하여 수리 및 교체작업을 행하여야 한다.

그리고 제품 형상에 있어 균열 및 주름은 발견되지 않았으므로 금형 설계에 있어서 최소 굽힘 반경의 값들은 문제가 없는 것으로 판단된다.

마지막으로 생각되는 오차는 광학식 측정장비에서 공통적으로 나타나는 난반사 및 측정기 오차이다.

측정값과 CAD data의 비교시 오차의 대부분의 원인은 라운드부에서 나타나고 있으며 이는 레이저 스캐너의 측정시 나타나는 난반사의 영향 및 측정기의 오차라 판단되어진다.

본 실험에 사용되어진 Exyma-E300은 모아레 방식을 사용하고 있다. 모아레 방식의 비접촉식 스캐너의 경우 넓은 면을 빠른 시간에 측정할 수 있는 장점을 가지고 있는 반면 슬립광 외 다른 방식의 스캐

너보다 정밀도는 떨어진다. 따라서 난반사를 없앨 수 있는 연구를 병행하여 난반사를 줄이고 정밀도가 높은 측정 장비를 사용하여 측정을 한다면 좀더 정밀한 제품을 생산할 수 있을 것이라 생각된다.

4. 결론

본 연구에서 프레스 성형된 제품을 3차원 비접촉식 스캐너를 이용해 측정하고 역설계 프로그램을 사용하여 CAD 데이터와 비교해보았다.

이를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 역설계를 통해 얻어진 데이터와 설계 데이터의 비교를 통하여 오차요인을 분석하였다.
2. 측정 데이터와 설계 데이터의 비교를 통한 검사 결과 전체 정규분포가 99.74 %로 높게 나왔으나 라운드 부에서 9 ~ 25% 이상 오차가 나타남을 확인하였다. 여러 결과를 종합하여 스프링 백 현상이 원인이라 판단되었다.
3. 역설계공정을 이용한 프레스 성형물 검사 공정을 제시하였다.

후 기

본 연구는 산업자원부 신소형재 가공청정 공정개발 연구센터 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- (1) H. Z. Lee, T. J. Ko, H. S. Kim, "Rational B-spline Approximation of Point Data For Reverse Engineering", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 16, No. 5, pp. 160~168, 1999.
- (2) H. J. Woo, K. H. Lee, "Rapid Prototyping from Reverse Engineered Geometric Data", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 16, No. 1, pp. 95~107, 1999.
- (3) Y. Choi, J. P. Park, "Reverse Engineering System Based on 3D Digitizer", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 16, No. 4, pp. 102~109, 1999.
- (4) S. Y. Lee, S. G. Lim, "Three Dimensional Measurements Using Machine Vision", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 18, No. 3, pp. 18~22, 2001.
- (5) Y. C. Park, K. M. Jeong, S. J. Jang, K. K. Park, "A Study on the Grating Projection method using Polygon Mirror", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 18, No. 6, pp. 159~165, 2001.