

# 초음파탐상 및 단층촬영법에 의한 Al 피스톤의 미세결함 평가 Ultrasonic and Computed Tomography Imaging of Small Defects in Aluminium Piston

\*양진석<sup>1</sup>, #황정호<sup>1</sup>, 유승목<sup>1</sup>, 임채호<sup>1</sup>, 조인성<sup>1</sup>, 이정근<sup>2</sup>

\*J. S. Yang<sup>1</sup>, #J. H. Hwang(jhwhang@kitech.re.kr)<sup>1</sup>, S. M. Yoo<sup>1</sup>, C. H. Lim<sup>1</sup>, I. S. Cho<sup>1</sup>, J. K. Lee<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>(주)동양피스톤

Key words : Piston, Industrial Computed Tomography, Ultrasonic

## 1. 서론

자동차 엔진용 피스톤은 알루미늄 주물품으로서 경량이면서도 엔진 내부의 높은 폭발 압력과 고열을 견디어야 하는 핵심부품이다. 최근 들어 자동차 배출가스 규제가 강화됨에 따라 엔진 연소실 내부의 압력과 온도가 기존보다 더욱 상승하게 되어 엔진 피스톤도 이러한 강화된 조건에 견딜 수 있는 고강성 제품이 적용되고 있다. 이에 따라 기존의 외관 및 표면의 결함검사 뿐만 아니라 피스톤 강도에 큰 영향을 주는 기공이나 크랙과 같은 내부결함 검사의 중요성이 커지고 있어 피스톤 제조공정에서 신뢰도와 경제성이 높은 비파괴 검사기법의 개발과 적용이 요구되고 있다. 또한 대량 생산품인 피스톤의 전수검사를 고려할 경우 검사 시간 단축을 위한 고속 영상취득 및 처리기법 연구와 더불어 자동화 검사장비의 개발이 더욱 필요하게 되었다. 기존의 비파괴검사법 중에서 피스톤의 비파괴 검사에는 초음파 C-Scan에 의한 결함의 영상화법이 주로 적용되어 왔으며, 최근 들어 x-ray를 이용한 산업용 CT를 적용한 측정 사례도 많이 발표되고 있다.<sup>1,2</sup> 본 연구에서는 산업용 CT의 in-line 비파괴 검사시스템으로 적용 가능성을 판단하기 위하여 미세결함에 대한 검출능을 초음파 탐상과 CT 영상을 비교하여 고찰하고자 한다.

## 2. 피스톤의 미세결함 가공

초음파나 CT영상을 사용한 비파괴 검사에서는 결함 크기의 정확한 판별을 위해서 표준화된 마스터시편(혹은 Phantom)을 측정된 영상을 이용한 보정과정을 거친다. 본 실험에서는 피스톤의 형상 요소(Hole, groove, 주조표면, 굴곡 등)가 미세결함의 영상 취득에 미치는 영향이 포함되도록 실제 측정대상 부품인 피스톤에 인위적인 미세결함을

직접 가공하여 사용하였다. 초음파 탐상의 경우 그림 1의 (a)와 같이 상면에 곡면(주물표면)이 있는 경우에는 피스톤 내부 결함 측정이 불가능하여 그림 1(b)와 같이 상면이 평평한 타입의 모델을 측정하여 비교하였다.

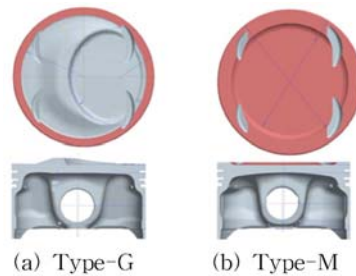


Fig. 1 Types of pistons and cross-sectional shape

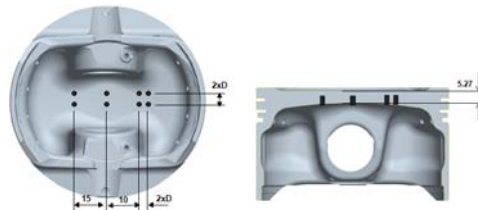


Fig. 2 Drilled hole position in piston

Table 1 Machining conditions of small drill

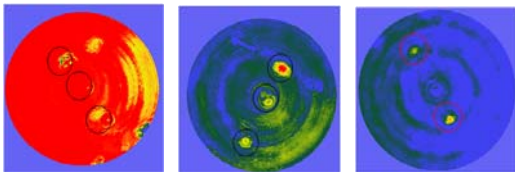
피스톤 시료번호	드릴 직경 (mm)	가공깊이 (mm)	주속 RPM	Feed (mm)
M-1, G-1	φ1.0	3	10,000	300
M-2, G-2	φ0.5	3	15,000	150
M-3, G-3	φ0.3	1.5	15,000	80

미세결함은 그림 2와 같이 φ1.0, 0.5, 0.3의 3종류 hole을 연소실 반대편에 피스톤 상면이 관통되지 않게 가공하였다. φ1.0, φ0.5 드릴은 2열로 총 8개, φ0.3은 1열로 4개를 가공하였다. 표 1은 드릴 가공

시 사용한 질삭조건이다.

### 3. 결과 분석

그림 3은 피스톤 상단으로부터 0.07mm 깊이로 이동하면서 각 단면에 대한 초음파 신호를 취득한 결과이다. 탐상 결과 가공한 드릴홀 형상이 피스톤 상단면에서  $\phi 1.0\text{mm}$ 는 2.5mm,  $\phi 0.5$ 는 2.7mm,  $\phi 0.3$ 은 3.1~3.3mm 지점부터 발견되었다. 그림에서와 같이  $\phi 0.5\text{mm}$  hole 까지는 결함존재 여부를 명확히 판단할 수 있었으나 그 이하 크기는 인접한 구멍의 크기나 형상을 명확히 구별하기 어려운 것을 알 수 있다. 사용한 초음파 탐촉자의 수평해상도 한계가 약 0.3mm 정도인 것으로 판단되며 그 이하 크기의 결함 검출을 위해서는 보다 작은 빔 직경을 가진 탐촉자를 사용해야 한다.

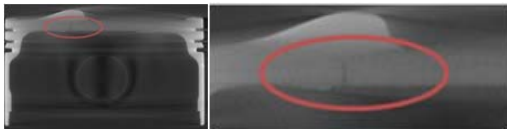


(a)G-1( $\phi 1.0$ ) (b) G-2 ( $\phi 0.5$ ) (c) G-3 ( $\phi 0.3$ )

Fig. 3 Drilled hole images of UT scan



(a)M-1( $\phi 1.0$  hole)



(b) M-2 ( $\phi 0.5$  hole)



(c) M-3 ( $\phi 0.3$  hole)

Fig. 4 Drilled hole images of CT

그림 4는 CT 단층촬영 영상으로서 Wälischmiller사의 RayScan 250(225kV급 fine focus X-ray source)을 사용하였다. 본 연구에서는 165kV의 source 전압

을 사용하였고 이는 측정 대상물의 크기와 밀도에 따라 결정된다. 해상도와 시편크기는 서로 상반된 관계를 갖고 있으며 100mm 크기의 알루미늄 제품인 경우 100~120 $\mu\text{m}$  정도의 해상도로 촬영하게 되는데, 본 연구에서는 해상도 94.5 $\mu\text{m}$ 로 촬영하였다. 촬영 결과,  $\phi 1.0$  및  $\phi 0.5$  hole은 뚜렷이 검출되었으며  $\phi 0.3$ 에서는 미세한 선으로 회미하게 검출되었다.

### 4. 결론

자동차용 피스톤 내부의 미세결함 검출을 위하여 초음파탐상 및 CT 단층촬영에 의한 영상을 비교하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 초음파 탐상 및 단층 촬영 결과  $\phi 0.3\text{mm}$  hole 영상의 취득이 가능하였다. 초음파 탐상의 경우  $\phi 0.3\text{mm}$  이하의 결함은 크기 및 위치의 명확한 판단이 쉽지 않았다.

(2) 초음파 탐상은 검사대상 표면에 굴곡이 있거나 표면의 가공정도가 거친 경우 탐상이 어렵고 대상 표면의 거칠기에 따라 측정 정밀도가 달라질 수 있다.

(3) CT 단층촬영 결과 0.3mm hole 결함검출은 되었으나 명확한 판별을 위하여 결함 크기보다 훨씬 작은 해상도로 설정하여 측정할 필요가 있다.

(4) 결함 검출 소요시간은 CT 단층 촬영시 시편 1개 당 약 30분 소요되었고 초음파 탐상은 그 보다 2배 이상 길었다. 자동차 부품의 1개당 생산시간이 일반적으로 1분 이내임을 감안할 때, 영상 취득 및 판별에 걸리는 시간을 대폭 단축하여야 생산라인에 투입이 가능할 것으로 판단된다.

### 후기

본 연구는 지식경제부에서 지원하는 "산업원천 기술개발사업"의 "3차원 투과 영상 기반 제품 검사 플랫폼 기술 개발"과제로 수행되었습니다. 관계자 여러분께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Thomas P., Zhenhui H., "Advanced NDT with high resolution Computed Tomography", 17th World Conference on Nondestructive Testing, 25-28 Oct 2008.
2. PTB, "Dimensional Measurements with Micro-CT-Test Procedures and Applications", 'Microparts' Interest Group Workshop, 2009.