

역설계를 이용한 상용 벤틸레이티드 디스크의 성능향상을 위한 설계

박인백*, 이수도, 권태완(부산대학원 지능기계과), 이석희(부산대 기계공학부)

Design of ventilated disc for improvement using reverse engineering

I. B. Park*, S. D. Lee, T. W. Kwon (Dept. of Mechanical and Intelligent System Eng., PNU)
S. H. Lee (School of Mechanical Eng. PNU)

ABSTRACT

Ventilated disc was improved for reducing judder and heat. But the crack among vent holes occurs due to stress concentration. We investigate the stress distribution of vent holes. The vent holes with shape of a right angle, a chamfer and rounding was analyzed. The result of FEA was that rounded vent holes have a minimum stress. Also Maximum stress distributed within holes. Therefore We suggest that the rounded vent holes is good to reduce the crack.

Key Words : Ventilated disc (벤틸레이티드 디스크), Vent hole (타공), Stress (응력), FEA (유한요소해석)

1. 서론

차량의 안전 기술은 차량의 성능에 따라 비약적인 발전을 해왔다. 차량의 성능에 있어 고효율, 고사양으로 생산되어짐에 따라 안전 시스템 기능의 신뢰성을 높이는 방향으로 연구되어지고 있다. 그 중 차량의 기본적인 안전 시스템 기능은 차량을 정지하기 위한 브레이크 시스템이다. 과거 브레이킹 시도 시 감속력 향상을 위해 1980년대 연구된 철도 차량의 바퀴에서 착안한 벤틸레이티드(Ventilated)패턴을 이용한 연구[1]는 이전 슬리드 개념의 디스크에 공기 홀을 설계하여 브레이킹 시도 시 발생하는 패드와 디스크의 마찰열을 홀로 인해 냉각성능을 향상시켜 브레이크의 응답을 보다 빠르게 하였다. 또한 불균형적인 접촉문제인 저더(Judder)에 대한 연구는 브레이킹 시도 시 브레이크 디스크와 패드의 마찰열로 인하여 디스크와 패드의 표면상 변형을 최소화하는 방법[2]을 연구하였으며, 브레이킹 시도 시 발생하는 소음과 진동에 대한 연구[3], 분진으로 인한 패드 및 디스크의 연구[4]등이 수행되었다. 이러한 연구를 토대로 디스크의 표면에 마찰열 및 저더를 최소화하기 위해 벤트 홀과 사선 슬릿을 시도하여 애프터 마켓 또는 상용자동차에 적용하고 있으나 가공 부위에 크랙과 절개가 일어나는 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 상용화된 디스크를 3d스캐너로 측정하고 벤트 홀에 대한 구조적 형태와 크랙의 발생 원인을 재 규명하여 적절한 벤트 홀 제시하고자 한다.

2. 상용 브레이크 디스크 측정

기존의 벤틸레이티드 디스크의 압력과 마찰열을 해석하기 위해 형상구조를 보다 정확하게 측정할 필요가 있다. fig. 1은 디스크를 해석하기 위한 연구 수행방법으로 3d스캐너를 사용하여 pro-e로 모델링하였다.

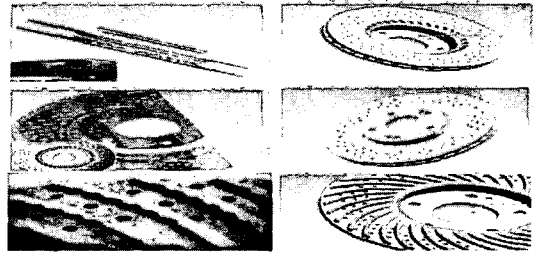


Fig. 1 Modeling of disc by 3d-scanner

3. 벤트 홀의 해석

Fig. 2는 Fig. 1의 디스크에서 모델링한 벤틸레이티드와 벤트 홀을 단일형상으로 절개한 것이다.

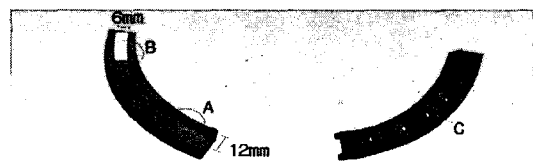


Fig. 2 Structure of ventilated and hole shape

벤틸레이티드의 냉각효율은 솔리드형태의 디스크보다 20-30%의 냉각효율을 가지기 위해 설계된다 [5]. 이와 같은 역할로 벤트 홀은 벤틸레이티드 홀의 반경과 같은 위치에 분포하여 디스크와 패드간의 분진가스와 마찰열을 최소화하기 위해 설계된다[6]. 그러나 벤틸레이티드 홀의 공기 유입면적과 유출면적이 다르면 냉각효과가 증가되거나 감소되는 현상을 가지게 된다[7]. 이점에서 상용디스크의 b지점 6mm의 벤틸레이티드 홀에 면적크기와 a지점의 12mm의 면적이 차이와 b지점의 30도의 면으로 인해 냉각효율은 떨어진다. 벤트 홀의 경우 fig.3처럼 캘리퍼에 주어진 패드의 압력으로 마찰열과 압력을 수반하게 되는데, 이를 해석하기위해 fig.3과 같이 3d-스캔한 모델링을 ansys를 사용하여, 요소는 solid 5, 4800개의 연성요소로 마찰 및 열, 응력을 해석하였다.

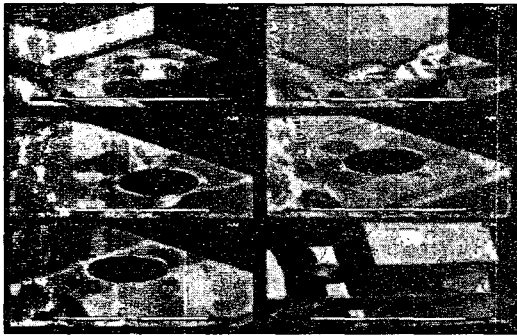


Fig. 3 Analysis a stress of disk with vent-hole and pad



Fig. 4 A Shape of crack at an even surface of disc



Fig. 5 Stress-distribution according to shape of vent hole

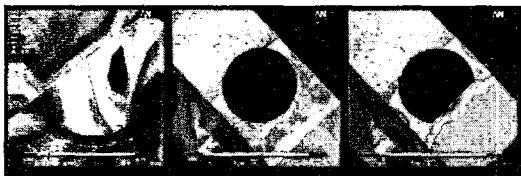


Fig. 6 Stress-distribution of rounded vent hole

fig. 3은 패드가 벤트 홀을 지날 때 생기는 마찰과 응력분포가 디스크의 표면에서 디스크의 원 중심에 수직으로 일어나는 것을 보여준다. 이를 증명하기 위해 벤트 홀이 가공된 벤틸레이티드 디스크를 장착한 실 차량으로 로드테스트를 해본 결과 fig. 4와 같이 디스크의 원에 중심에 수직으로 표면 크랙이 발생했으며, 해석결과와 동일한 결과를 가져왔다. fig. 5는 이러한 홀의 챔퍼를 라운드 모양으로 재설계하고, 홀의 하중에 대한 결과를 토대로 라운드 형상구조인 벤트 홀의 재해석을 fig. 6과 같이 실시하였다. 라운드로 가공된 벤트 홀에서의 결과 분포가 홀의 안쪽으로 최대값을 띄고 있으며, 이는 챔퍼로 가공된 벤트 홀보다 크랙의 발생율이 감소될 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결론

역설계의 3d스캔방식을 사용하여 정확한 내외부의 디스크 치수를 측정한 뒤 모델링 후 벤트 홀의 패턴에 따른 마찰 및 응력을 해석하였다.

1) 디스크 표면에 발생하는 크랙이 디스크의 중심과 수직으로 발생하였으며, 실 차량의 테스트 결과와 동일하였다.

2) 벤트 홀의 가공에 있어 라운드형이 국부적으로 영향이 적게 형성되고, 챔퍼일 경우 디스크 표면에 가깝게 집중적으로 형성된다. 라운드일 경우 고무 분포되어 홀 안쪽으로 응력의 최대값을 가지게 되므로 크랙의 발생율이 감소됨을 유추할 수 있다.

참고문헌

1. M. A. Tranvir, "On the Cooling of Disc Brakes on a Train", Rail International, pp.37-42 1988.
2. A. de Vries and M. Wagner, "The Brake Judder Phenomenon." SAE 920554. 1992.
3. Mikio Matsuzaki, Toshitaka Izumihara and Yosuke Sasaki, Toshiro Miyazaki and Minoru Takamiya, "Study on Low-frequency Disc brake Groan", SAE Paper, 9531660, 1995.
4. G.P. Ostermeyer and M. Muller, "New Development of Friction Models in Brake Systems", SAE technical paper 2005013942, 2005.
5. 한국 자동차 공학회 발간, 자동차 기술 핸드북, 설계편 pp.580-581
6. G. Barigozzi and A. Perdicchizzi, P. Pacchiana and R. Goller, "Aero-thermal Characteristics of an Automotive CCM Vented Brake Disc", SAE technical paper 2005013930, 2005.
7. 조승현, 이일권, 김청균, "벤틸레이티드 디스크 브레이크에서 공냉 효과가 열변형 거동에 미치는 영향에 관한 수치적 연구", 윤활 학회 제29권, 1999.