

Surface texturing이 fretting fatigue 성능에 미치는 영향에 관한 기초연구

A Fundamental Study on Influence of Surface Texturing on Fretting Fatigue Performance

**최영식¹, 이준원¹

*#Y. Choi(yycc@cau.ac.kr)¹, J. Lee¹

¹중앙대학교 기계공학부

Key words : Fretting fatigue, Surface texturing, Maximum shear stress, Friction coefficient

1. 서론

최근 기계요소 수명향상을 위해 프레팅 피로(fretting fatigue)의 메커니즘에 관한 연구가 활발하게 수행되고 있다. 프레팅 피로는 두 요소의 접촉 표면에 압력이 작용하면서 접선방향으로 반복적으로 작은 변위가 유발될 때, 접촉면에 생성되는 미세균열에 의해 발생된다. 이는 매우 낮은 외력에 의해서도 발생하고, 프레팅 피로 현상이 일어나면 마모와 부식이 일어나기 때문에 기계요소의 수명을 급격히 단축시킨다. 이러한 요소의 예로는 항공기의 결합이음 조립구조, 리벳, 볼트, 베어링, 유니버설 조인트, 기어 등이 있다.

프레팅을 유발하는 주된 요인으로는 수직접촉 압력, 반복 변위의 크기, 접촉면의 마찰 전단응력, 잔류응력, 표면 거칠기, 사이클 횟수 등이 있다. 보통 프레팅 피로는 크랙을 유발하고 진행시키는데 있어, 작은 횟수의 사이클 보다 10000-100000회의 사이클 반복이 더 중요하게 작용한다. 이러한 요인들은 서로 상호작용을 하기 때문에 각 요인별로 프레팅에 미치는 영향을 판단하기란 매우 어려운 일이다. 프레팅 피로를 평가하기 위한 여러 파라미터가 도입되었지만, 최적의 파라미터는 아직 정립하지 못한 상태이다^{1,2}.

본 연구에서는 기계요소의 많은 파라미터 중 접촉면의 표면 형상에 초점을 맞추고, 표면 형상 가공을 위한 표면 텍스처링(surface texturing)이 프레팅 피로에 미치는 영향을 규명하려고 한다. 이를 위해 유한요소해석을 통해 표면 텍스처링이 윤활 특성에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

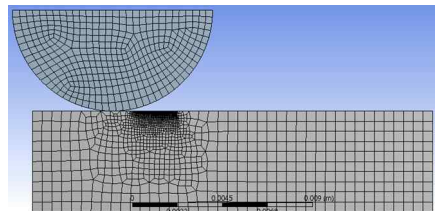


Fig. 1 Mesh elements

2. 해석 방법

유한요소해석을 위해 범용 유한요소해석 프로그램 ANSYS를 사용하였다. Fig. 1은 유한요소해석을 위한 지름 10mm의 반원과 가로 20 mm 높이 10mm의 직사각형 메쉬(Mesh) 요소를 나타내고 있다. 재료는 항공기 부품에 많이 사용되는 알루미늄 합금(aluminum alloy)으로 설정하였다.

프레팅 피로에서는 윤활제에 의한 성능 향상을 기대할 수 없기 때문에 두 요소의 접촉면은 건조 조건(dry condition)으로 가정하였으며, 마찰계수는 0.1로 가정하였다³. 반원의 상부에는 200 N의 힘을, 직사각형 하부 요소는 2.4 mm/s의 속도를 주었으며, 강제 운동(rigid body motion)을 피하기 위해 상부 반원에는 x축으로 고정을, 직사각형 판의 하부는 y축으로 고정하였다.

3. 결과 및 분석

해석은 동일한 깊이의 8개의 딥플을 폭을 세 단계(50, 75, 100 μm)로 변화하여 상부의 반원이 지나갈 때 수행되었다. Fig. 2는 유한요소해석 결과 상부 반원이 하부의 딥플을 지날 때 하부요소에 생성되는 최대전단응력(maximum shear stress)의 분포를 보여주고 있다.

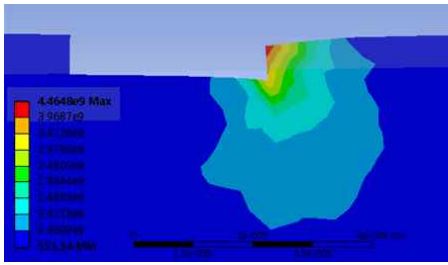


Fig. 2 Maximum shear stress distribution

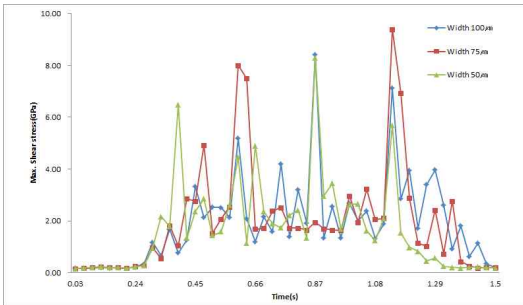


Fig. 3 Peak values of maximum shear stress distribution

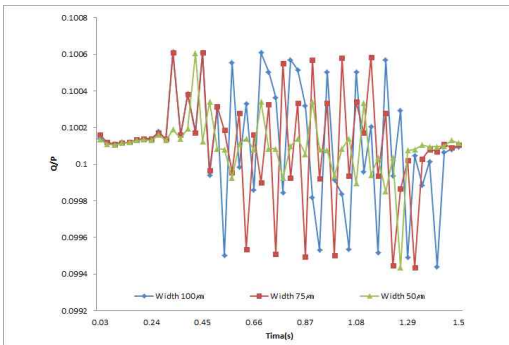


Fig.4 Ratio of tangential(Q) and normal force(P)

Table 1 Average friction coefficient

100 μm	75 μm	50 μm
0.100114	0.100102	0.100100

딴플의 끝 부분에서 최대전단응력이 가장 높게 걸리며 변형이 가장 큼을 볼 수 있다. 동일한 깊이 조건하에 딴플의 폭을 세 단계(50, 75, 100 μm)로 변화할 때 하부 요소에 생성되는 최대전단응력의 피크(peak)값을 그래프로 도시하였다 (Fig. 3). 반원이 딴플을 지나기 전 시점인 0.24 s까지는 유사한 변화를 보이다가 0.6 s와 1.14 s에서의 피크값을 비교해보면 100 μm 에서 50 μm 로 딴플의 폭이 줄 때 75 μm 에서 오히려 늘었다가 다시 줄어드는 경향

을 보인다.

동일 조건 하에서 반원의 접촉 표면에서의 수평력(tangential force)와 수직력(normal force)의 비를 그래프로 도시하였다(Fig. 4). 마찰계수를 나타내는 이 비는 딴플의 폭이 가장 작을 때 변화의 폭이 적게 나왔다. 초기 0.1005를 시작으로 폭이 75 또는 100 μm 일 때 피크값이 유사하게 보이고, 50 μm 일 때 75 또는 100 μm 일 때 보다 피크값이 적음을 볼 수 있다.

Table 1은 위 마찰계수들의 평균값을 보여준다. 딴플의 폭이 줄어들면서 평균마찰계수도 같이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 폭이 100 μm 에서 75 μm 로 변화했을 때는 평균마찰계수가 크게 줄었으나, 75 μm 에서 50 μm 로 변화했을 때는 평균마찰계수의 차이는 미미한 것을 확인 할 수 있었다.

4. 결론

프레팅 피로의 성능을 향상 시키는데 있어 고려되는 많은 파라미터 중 접촉면의 표면 형상, 특히 표면 텍스처링으로 미세 딴플이 생성된 표면이 최대전단응력분포와 마찰계수에 미치는 영향에 대해 분석하였다. 최대전단응력의 피크값이 딴플의 폭이 75 μm 일 때 가장 커지는 것을 확인하였다.

표면 마찰계수(수직력과 수평력의 비)를 비교했을 때 50 μm 에서 가장 적은 변화를 보이는 것을 확인 할 수 있었고, 평균마찰계수도 50 μm 에서 가장 작은 것이 밝혀졌다. 본 연구결과를 바탕으로 단순 미끄럼(sliding)이 아닌 프레팅 해석에 적합한 반복적인 미끄럼을 주었을 때, 딴플의 폭 외에 다양한 파라미터가 프레팅 피로에 미치는 영향에 관한 연구를 진행 중이다.

참고문헌

1. Navarro, C., Munoz, S. and Dominguez, J., "On the Use of Multiaxial Fatigue Criteria for Fretting Fatigue Life Assessment," *International Journal of Fatigue*, **30**, 32-44, 2008.
2. Lykins, C. D., Mall, S. and Jain V., "An Evaluation of Parameters for Predicting Fretting Fatigue Crack Initiation," *International Journal of Fatigue*, **22**, 703-716, 2000.
3. Ripoll, M.R., Podgornik, B., Vizintin, J., "Finite Element Analysis of Textured Surfaces under Reciprocating Sliding," *Wear*, **271**, 952-959, 2011.