

Axle Shaft에서 보조 홈의 형상이 주 홈의 응력집중 완화에 미치는 영향

The effect of shape of sub-groove on the stress concentration reduction of main-groove in an axle shaft

*신재명¹, #한근조², 한동섭²

*J. M. Shin¹, #G. J. Han(gjhan@dau.ac.kr)², D.S.Han²

¹동아대학교 기계공학과, ²동아대학교 기계공학과

Key words : Axle Shaft, Stress Concentration, Finite Element Analysis

1. 서론

중장비용 액셀 샤프트(axle shaft)는 축 중심선이 일치선상에 있지 않고 임의의 각도를 이루어 교차할 때 자유로이 동력을 전달하기 위한 장치이며, 2개의 축이 고정된 또는 변경하는 각도로 하나의 축에서부터 다른 축으로 토크 및 회전운동을 전달하는 기계장치이다. 이러한 액셀 샤프트는 차량용과 산업용으로 분류되며 산업용 제품은 대부분 대형이고 2,940 ~ 9800N 이상의 무게를 가지고 있으며, 긴 전장으로 인해서 처짐에 의한 마모가 발생하게 된다. 중장비용 액셀 샤프트의 마모와 피로에 의한 스플라인의 고장이 60%, 피로에 의한 크로스베어링 고장이 25%, 피로에 의한 요크 고장이 10%, 기타가 5%로 나타난다.⁽²⁾ 따라서 액셀 샤프트의 피로에 의한 고장을 줄이기 위해서는 축의 노치(notch)부에서 발생하는 응력집중현상을 완화시켜야한다. 본 연구에서는 하나의 축에서부터 다른 축으로 토크 및 회전을 전달하는 장치인 액셀 샤프트에서 보조 홈의 형상이 주 홈의 응력집중 완화에 미치는 영향을 구조해석을 통해서 분석해보고자 한다.

2. 해석모델 및 경계조건

2.1 해석모델

본 연구에서 해석모델은 Fig.1과 같이 액셀 샤프트에 주 홈부만 있는 모델과 주 홈부 부근에 보조 홈부를 갖는 모델 두 가지를 선정하였다.

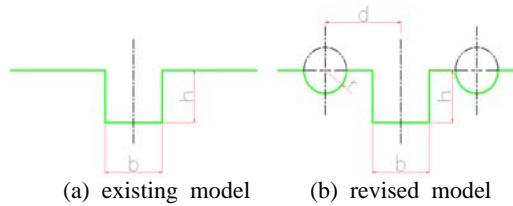


Fig 1. Symbol of dimension

주 홈의 폭(b)에 대한 주 홈의 중심에서 보조 홈의 중심까지 거리(d)의 비 3, 4, 5 세 가지와 주 홈의 높이(h)에 대한 보조 홈의 반경(r)의 비 0.3, 0.5, 0.7, 1 네 가지를 설계 변수로 선정하였다.

2.2 경계조건과 해석 방법

Fig. 2는 토크와 경계조건을 나타낸다. 고정부(fix part)로 축의 스플라인을 완전 구속하였고, 두 축의 베어링 지지부에 회전 반경 방향을 구속하였다. 그리고 슬라이딩부(sliding part) 축의 스플라인에 토크 2,499N·m 를 작용하였다.



Fig 2. Torque and Boundary Conditions

Fig. 3은 범용 해석프로그램인 ANSYS 12를 사용하여 4절점 사면체요소로 유한요소모델을 생성한 것을 나타낸다.



Fig 3. Meshed shape of an axle shaft

3. 해석결과 및 고찰

Fig 4(a)는 주 홈부만 있는 엑셀 샤프트의 해석 결과로 주 홈부에서 최대상당응력이 642.26 MPa 발생하였다. Fig 4(b)는 주 홈부 부근에 보조 홈부가 있는 모델로 $\frac{d}{b}=3, \frac{r}{h}=0.5$ 일 때, 주 홈부에서 최대상당응력이 528.68 MPa이 발생하였다.

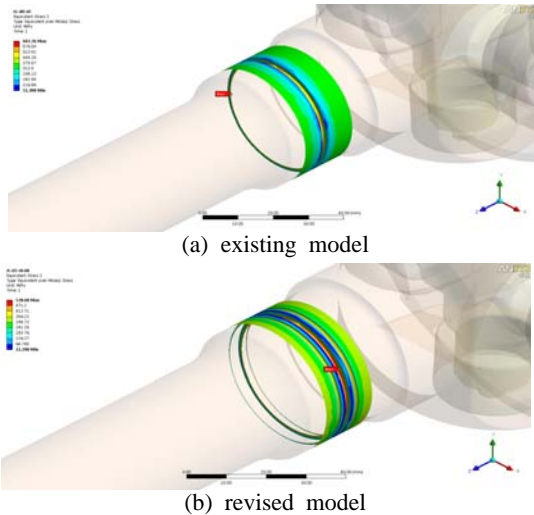


Fig 4. Stress distribution of groove in an axle shaft

Fig. 5는 설계변수(d, r)에 따른 최대상당응력 값을 나타낸다. 해석결과 d 의 값이 작아질수록 엑셀 샤프트의 주 홈부에서 발생하는 최대상당응력이 작아짐을 알 수 있으며 r 의 값이 0.5mm일 때 노치부에서 발생하는 최대상당응력값이 가장 작다. 그리고 엑셀 샤프트의 노치부에서 응력집중 현상을 가장 효율적으로 완화시키는 보조 홈의 위치와 반경은 $\frac{d}{b}=3, \frac{r}{h}=0.5$ 일 때 인 것을 알 수 있다.

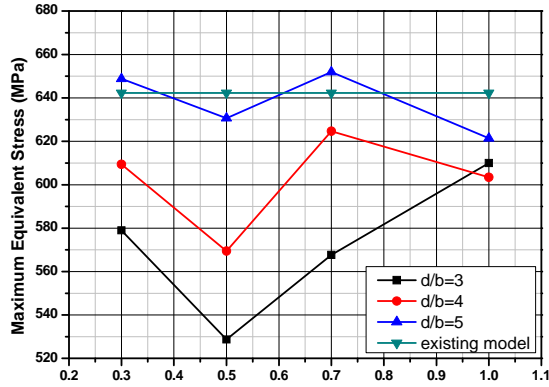


Fig 5. Maximum equivalent stress with respect to the distance and radius ratio of sub-hole

4. 결론

본 연구에서는 Axle Shaft에서 사용될 수 있는 완화 홈 모델에 대해 유한요소해석을 통하여 홈의 설계 변수에 따른 영향을 분석하여 다음의 결론을 도출하였다.

1. 주 홈부 부근에 보조 홈부를 두어서 주 홈부에서 발생하는 최대상당응력값을 최대 17.76% 줄일 수 있었다.
2. 주 홈부의 중심에서 보조 홈의 중심까지의 거리(d)가 작아질수록 주 홈부에서 발생하는 응력 집중현상을 효율적으로 완화시키는 것을 알 수 있었다.

후기

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

1. 박일수, 심재준, "하중 종류에 따른 다단축의 응력 집중 완화에 대한 연구," 한국 동력기계 공학회지, 14권 1호, 47-52, 2002.
2. 김용, "각도변화에 따른 중장비용 엑셀 샤프트의 강도평가," 한국 정밀공학회지, 추계학술대회논문집, 343-344, 2007.
3. 한동섭, 이수홍, 한근조, "교차각이 프로펠러 샤프트의 강도에 미치는 영향," 한국 정밀공학회 추계학술대회논문집, 237-238, 2008.
4. 고재용, 2009, "ANSYS와 유한요소법"