

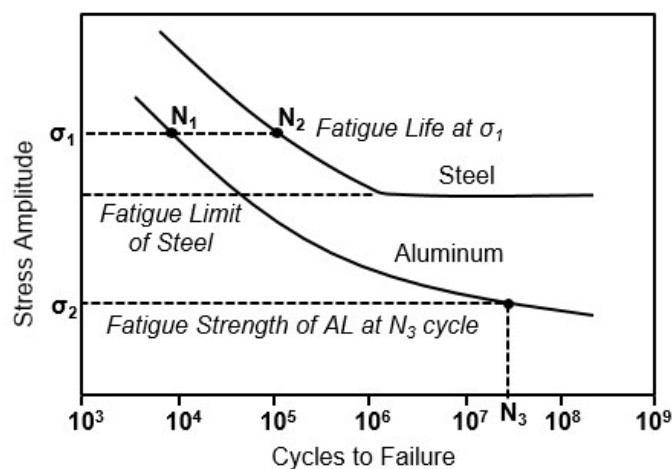
재료의 피로

피로(Fatigue)란 주기적 하중에 의해 진행되는 재료의 손상을 말한다. In materials science, fatigue is the weakening of a material caused by repeatedly applied loads.

피로에 의한 재료의 파괴를 피로파괴(Fatigue Failure)라 하는데, 반복하중에 의해 재료 단면 가장자리에 균열이 발생하고, 이곳에 응력이 집중되면서 균열이 내부로 진전되어 결국 파괴에 이르게 된다.

피로파괴 될 때까지의 하중 반복 횟수를 피로수명(Fatigue Life)이라 하는데, 피로수명은 반복 응력의 크기 이외에도 표면잔류응력, 재료의 종류, 재료의 미세조직, 하중의 종류, 재료의 결함, 표면처리, 온도 등 여러 인자에 영향을 받는다.

아래 그림은 인장압축피로시험을 통해 얻어진 S-N 선도로 특정 하중조건에서의 재료별 피로수명을 보여준다. 동일한 하중조건 하에서 철이 알루미늄에 비해 높은 피로수명($N_2 > N_1$)을 보임을 알 수 있다.



위의 S-N 선도에서 Steel의 경우에는 σ_2 응력 하에서는 반복하중의 사이클 수가 무한히 증가하더라도 파괴가 일어나지 않는데, 이처럼 반복하중의 사이클 수가 무한히 증가하더라도 파괴가 일어나지 않는 응력수준을 피로한도(Fatigue Limit) 또는 내구한도(Endurance Limit)라 칭한다.

철과 티타늄과 같은 재료는 이러한 이론적인 피로한도가 나타나지만, 알루미늄이나 동의 경우, 이러한 이론적인 피로한도가 존재하지 않으므로 통상 특정 사이클(10^7 혹은 10^8 회)에서의 응력을 기준으로 피로한도를 정한다.

재료의 피로강도(Fatigue Strength)는 특정 사이클에서 파괴가 일어나지 않는 응력수준 중 최고의 응력수준 즉, 최대응력을 의미한다. Fatigue strength is the highest stress that a material can withstand for a given number of cycles without breaking. 위의 S-N 선도에서 N_3 사이클을 만족하는 알루미늄의 피로강도는 σ_3 가 된다.

수명의 제한 없이 사용될 수 있는 최대응력을 의미하는 피로한도와는 달리, 피로강도는 주어진 수명 내에서의 견딜 수 있는 최대응력을 의미한다.

피로강도는 여러 인자에 의해 영향을 받는다. 동일한 재료이더라도 하중의 종류 및 온도 등 재료가 노출된 환경에 영향을 받는다. 아래는 예는 구조용합금강의 피로강도를 인장강도로부터 추정된 것으로 비틀림반복하중 하에서 더 낮은 피로강도를 보임을 확인 할 수 있다.

- 회전굽힘피로강도 (Rotation Bending Fatigue Strength) = 0.49 X 인장강도
- 인장압축피로강도 (Tension-Compression Fatigue Strength) = 0.48 X 인장강도
- 비틀림피로강도 (Torsional Fatigue Strength) = 0.31 X 인장강도