

기계요소의 정밀 열변형 예측을 위한 열전달 모델에 관한 연구

장지웅*(부산대학교 기계기술연구소), 진민호(부산대학교 대학원 정밀기계공학과), 강성수(부산대학교 기계공학부)

주제어 : 열전달 모델링, 열전도도, 대류계수, 최적화 프로그램

핵심기계요소의 열변형은 전체 시스템의 성능에 큰 영향을 미친다. 자동차, 항공기, 선박등에서의 용접구조물, 열처리된 부품과 같이 과도한 반복 열하중을 견디는 기계요소의 경우 정밀 열변형 예측기술이 매우 중요하다. 산업현장에서는 대부분 이러한 열변형 문제를 FEM을 이용한 수치해석 방법을 이용하여 해결하려고 하고 있으나 정밀 열변형 예측을 위한 명확한 예측 모델이 제시되어 있지는 못한 실정이다. 본 논문에서는 이러한 주요 생산 기술을 이용하여 양산되는 핵심기계요소에서의 열변형을 정량적으로 예측할 수 있는 모델정립을 위해서 가장 중요한 부분인 정밀 열전달 해석에 관하여 연구하고자 하였다. 용접이나 열처리와 같은 주요 생산 기술에서는 대부분 열변형이 급속한 냉각시 발생한다. 용접의 경우 모재가 순간적인 입열 후의 급속한 냉각에 따라 잔류하게 되는 변형이 문제가 되고 있고 열처리의 경우 퀴칭에 의한 열변형이 가장 큰 변형인자이다. 특히, 급랭시에는 마르텐사이트 변태와 같이 재료의 미시조직 변화에 따른 상변태의 영향을 무시할 수 없다. 그림1에서와 같이 온도, 응력, 상변태사이의 연계해석이 수반되기 때문이다. 이와 같은 급속한 냉각에 따른 변형이라는 문제에 대한 정밀 열전달 해석기법 모델을 정립하는 것은 매우 중요한 문제라고 생각된다. 연구 대상은 가장 대표적인 기계요소인 기어와 모양이 유사한 링기어(Ring Gear)를 선정하고 강종은 기어의 소재로 많이 이용되는 대표적인 HSLA강인 SCr420 으로 하였다. 급랭시 링기어의 열전달 해석 모델정립을 위해서 몇 가지 열적물성치 실험을 하였고 이를 이용하여 열전달 시뮬레이션을 수행하고자 하였다.

열전달 해석의 중요 물성치중 하나인 열전도도(Thermal conductivity)를 온도와 상(phase)에 대하여 구하였다. 열전도도를 온도의 함수뿐 아니라 급랭시 생성되는 마르텐 사이트조직에 대해서도 측정함으로써 상변태에 의한 영향을 고려할 수 있었다. 그리고 냉각시 대류계수 'h'값(Convective coefficient)를 측정하기 위해서 4개의 단면에 열전대를 부착하여 냉각곡선을 그림 2에서와 같이 부위별로 획득하여 열전달 결과에 의해서 변형양상의 예측에 대하여 고찰할 수 있었다. h 값은 최적화 알고리즘을 이용한 유한요소 프로그램을 작성하여 Inverse method로 각 단면에 대하여 온도에 따라서 획득하였다. 즉, h 값은 온도와 위치의 함수로서 모델링 되었다.

본 연구에서와 같이 급랭시 정밀 열전달 모델링을 위하여 획득한 물성치는 상변태와 같은 조직변화에 따른 열전달에 미치는 영향을 보다 더 구체적으로 묘사할 수 있었다. 획득된 물성치를 이용하여 FEM 코딩과 상용프로그램을 통하여 시뮬레이션 하였고 실험결과와 정확한 일치를 볼 수 있었다.

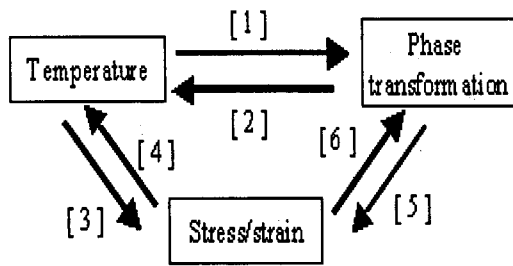


Fig. 1 Coupled effects in rapid cooling

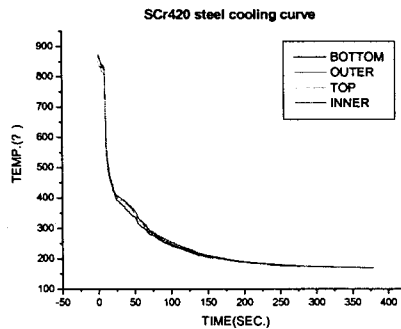


Fig. 2 Cooling curves in each position