

6. 증기터빈 티타늄 블레이드의 단조공정 개발에 관한 연구

기계공학과 김 윤 환
지도교수 조 종 래

터빈 블레이드는 열효율 증대를 위하여 요구되는 발전소의 가혹한 운전 조건에 적합하고, 수명이 긴 고품질의 재질이 요구되고 있다. 이에 따라 수입 단가의 상승과 납기 지연이 야기되므로 이러한 문제점을 해소하기 위하여 국산화가 절실하다. 이를 위하여 경량이고 고강도인 티타늄 합금(titanium alloy)을 이용한 블레이드의 형단조 공정 개발이 필요하다.

국내에서는 보통 각재(bar stock)를 밀링기계에서 가공하여 블레이드를 제작하고 있으나 이러한 방법은 설비투자 및 절삭시간 등이 많이 소요되므로 단조공정으로의 공법전환이 이루어지고 있다. 따라서 블레이드의 생산을 위한 단조공정 설계의 개발은 아주 시급한 문제이다.

티타늄 블레이드의 단조에 있어서 미세조직의 변화는 블레이드의 기계적 성질에 큰 영향을 줄 수 있다. 따라서 단조공정 중 단조온도, 성형시간 등의 공정변수를 찾는 것이 중요하다. 또한 단조시 블레이드는 날개부분의 형상이 꼬여 있기 때문에 치수 정밀도를 높이기 어렵고, 특히 마무리 단조(finish forging)작업에서는 높은 변형응력 때문에 성형을 하기 위해 큰 힘이 필요하다. 따라서 치수 정밀도를 높이고, 보다 적은 성형하중으로 블레이드를 제작할 수 있는 단조 공정개발이 필요하다.

외국의 선진 발전 설비 전문 업체에서는 1950년대부터 발전소의 열효율 향상을 위하여 저압 터빈의 마지막 단과 그 앞 단에 대하여 소재를 12%Cr 강에서 경량이고 부식 저항성이 우수한 티타늄 합금으로 변경시키기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 현재는 널리 실용화되고 있는 추세이다. 그리고, 최근에는 컴퓨터와 수치기법의 급속한 발전에 힘입어 컴퓨터를 이용한 공정설계 및 금형설계에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

이는 컴퓨터 시뮬레이션을 토대로 한 동시공학적 설계로 기존의 경험과 기하학적 접근을 토대로 한 설계에서 올 수 있는 시행착오를 최대한 줄이며, 설계비용과 시행착오에 따른 비용손실을 최소화하고, 또한 정량적 설계기법의 데이터 베이스로 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

현재 국내에서 사용되고 있는 증기터빈 블레이드는 12%Cr 스테인레스강(STS 430 등) 재질로 제작되고 있는데 티타늄 블레이드로의 교체가 필요한 이유는 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 발전소의 열효율을 향상시키고, 발전 용량을 극대화시키기 위한 목적으로 이러한 터빈에는 기존의 블레이드보다 길이가 긴 것이 필요하다. 이러한 조건에 12%Cr 스테인레

스강을 사용하는 경우 블레이드의 중량 증가에 따른 원심력의 증가로 블레이드에 과도한 응력이 걸리는 문제가 발생되므로 소재의 질량이 기존의 12%Cr 스테인레스강의 60% 수준인 티타늄 합금 소재를 채택함으로써 길이는 길지만 원심력은 기존 소재와 유사한 상태로 유지할 수 있는 방법이다. 둘째는 발전소 저압 터빈의 과중기에서 습중기로 변하는 경계에서 응축된 수분에 의한 부식을 방지하기 위한 목적으로 채택되는데 이러한 블레이드의 부식 피로는 발전소 강제 정지의 큰 원인이 되고 있다. 이러한 경우 부식 피로에 대한 저항성이 우수한 티타늄 블레이드를 채택함으로써 발전소의 안정적인 운전에 큰 기여를 하게 된다.

최근에는 티타늄 합금이나 초합금(superalloy)을 재료로 많은 구조 부품 등을 등은 혹은 열간 상태로 단조함에 있어서 컴퓨터를 이용한 단조공정의 합리적인 설계에 많은 노력을 기울이고 있다. 예를 들면 블레이드의 열간 및 등온단조 중에 생기는 결함, 즉 일정 방향으로 재료가 겹쳐 생기는 랩(lap), 재료표면이나 내부에 발생하는 전단띠(shear band), 금형에 다치지 않는 미성형(underfill) 등을 단조해석 컴퓨터 프로그램의 해석결과에 의하여 방지할 수 있고, 더 나아가 정형단조(net shape)와 근사정형단조(near net shape)를 실현함으로써 생산비의 절감과 품질의 우수함을 이루어 가고 있다.

본 연구에서는 티타늄 터빈 블레이드의 단조공정에 대해 유한요소법을 이용하여 단조공정 중 발생할 수 있는 결함과 성공적인 단조품을 얻기 위해 공정해석 중 주요 공정변수가 미치는 영향을 관찰하고, 열간 및 등온 단조 해석결과를 상호 비교 검토하였다.

7. 쇠파의 유동구조 및 쇠파력에 관한 연구

해양시스템공학과 이 병 성
지도교수 조 효 제

☞ 연구내용

강풍을 동반한 해역에서 특별히 큰 대파고를 가지는 파랑이 쇠파할 때 실린더 구조물에 작용하는 쇠파력 및 쇠파유동장에 대해서 조사한다. 쇠파에 대한 이론 및 실험적 연구는 오래전부터 많은 연구자들에 의해 수행되어 왔지만, 아직까지 쇠파력의 특성파악이 완전하게 정립되어 있지는 않다.

따라서 본 논문에서는 쇠파현상이 일어날 경우 파고 및 유체입자의 속도 변화의 메커니즘을 조사하고, 이와 연계하여 구조물에 작용하는 쇠파력이 얼마만한 크기로 변화하는지 실험적인 방법으로 분석한다. 물론 실제해역에 설치된 구조물들이 쇠파현상에 의한 영향(빈도수)