

조절을 통하여 복합재료 부품의 수명을 향상시킬 수 있다.

향후 열간노출후 피로특성 변화와 지속적인 열간노출과 가온과 냉각을 반복할 경우 물성의 비교검토, 또한 부품의 열간 노출시 가장 영향을 미치는 인자중의 하나인 수분의 영향을 고려한 물성변화를 연구함으로써 복합재료 부품의 수리시 예측되는 다양한 결함에 대한 학술적, 기술적 기술자료로 활용가능하리라 사료된다.

12. 섬유강화 복합소재에 의한 경량의 선박용 동력전달축 개발

재료공학과 배 창 원
지도교수 김 윤 해

섬유강화 복합재료(Fiber reinforced composite materials)는 무게비 강도 및 강성도가 크고 내환경성이 좋으며 또한 방향성이 있으며 성형성이 우수한 특징을 가지고 있다. 현재 선박에 사용되고 있는 금속재 동력전달축과 비교할 때 무게절감 효과를 가져오고, 우수한 기계적 특성 및 내식성 등의 이점을 지니고 있는 소형 선박용 복합재료 동력전달축을 개발하여 그 기술을 바탕으로 대형선박용 동력전달축 개발에 대한 기초를 마련하고자 하였다.

복합재료의 성형방법중에서 축, 파이프 등의 성형에 많이 이용되고 있는 필라멘트 와인딩(Filament winding) 성형법을 이용하여 소형 선박에 사용하고 있는 직경 약 40mm의 복합재료 동력전달축을 개발하기 위해 먼저 복합재료의 응력해석에 많이 이용하고 있는 고전 적층판 이론(Classical laminated theory)에 의해 적층 복합재료의 응력해석을 통해 복합재료 축을 설계하였다. 또한 선급의 강선규칙에 의하여 프로펠러 축의 동력전달 토크에 의하여 발생하는 전단응력과 축의 비틀림 진동에 의하여 발생 가능한 최대 전단응력을 중공축의 비틀림 모멘트 및 응력의 계산식에서 외경 40mm, 내경 16mm 길이 300mm인 복합재료 중공축의 비틀림 토크를 계산하였다.

본 연구에서 사용한 보강재는 강도가 우수하고 가격이 저렴하여 많이 사용되고 있는 (주)한국화이버의 유리섬유(ERS 2310 FW) 로빙을 사용하였고, 기지재료는 국도화학(주)의 그 특성이 뛰어나 많이 사용되고 있는 에폭시 수지(KBR-1729), 경화제(KBH-1085) 및 경화촉진제(BDMA)를 사용하였으며 그 혼합비는 무게비로 100 : 80 : 3으로 정밀 계량하여 교반기에서 혼합하여 수지조에 부어서 함침되도록 하였다.

복합재료 동력전달축의 제작에 사용한 필라멘트 성형기는 컴퓨터 프로그램에 의하여 와인

딩 정보를 입력시킨 다음 스펀들캐리지, 크로스피드를 전기적 신호로써 속도와 위치를 제어하여 심축 직경의 변화에 무관하게 일정한 각도로 와인딩할 수 있도록 설계되어 있는 3축 필라멘트 와인딩 성형기를 사용하여 헬리컬 와인딩 방법으로 와인딩하였다. 필라멘트 와인딩 성형시 실제 축과 동일한 크기의 중공축을 만들기 위해 16mm의 환봉을 심축으로 사용하였으며, 섬유는 장력은 일정한 토크를 조정할 수 있는 퍼머히스토크 컨트롤러(PHT 5D)를 사용하여 심축 굽기에 관계없이 섬유의 장력이 29.4N으로 일정하게 장력이 걸리도록 하여 시험편을 제작하였다. 시험편 제작후 경화는 경화오븐을 이용하였으며, 경화시 표면의 방울이 만들어지는 현상을 없애고 수지의 균일한 분포를 위해서 경화오븐 내에서 15rpm으로 회전시키며 경화하였다. 또한 복합재료 동력전달축과 금속재와의 접착제에 의한 접합 특성을 파악하기 위하여 사용한 접착제는 LOCTITE사의 Hysol EA 9302.2NA이다.

본 연구에서는 복합재료로 제작하고자 하는 소형 선박용 동력전달축의 응력해석을 통해 외경이 약 40mm 되는 중공의 동력전달축을 설계하였다. 설계 결과에 따라 필라멘트 와인딩 성형법에 의해 시제품을 제작하여 섬유함유율, 공동률, 적층 두께에 따른 인장특성, 정적 비틀림 특성 및 금속재와 복합재료축의 접합특성 등을 평가하여 소형선박에 사용 가능한 섬유강화 복합재료 동력전달축을 개발에 대해 연구하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 고전적층판 이론에 의한 외경 40mm의 소형 선박용 복합재료 동력전달용 중공축의 응력해석 및 설계를 한 결과 내경과 외경비 (D_1/D_0)를 0.4로 하고 와인딩 각도가 45°로 할 때 최적 설계임을 알 수 있었다.
2. 소형 선박 동력전달용 복합재료 중공축의 비틀림 모멘트 및 응력을 규정에 의해 구한 결과 축의 외경 40mm, 내경 16mm, 길이 300mm일 때 축의 비틀림 토크 $T = 2,022.8\text{N}\cdot\text{m}$ 인 것을 알 수 있었다.
3. 섬유함유율을 측정한 결과 60.1%로 섬유함유율은 적절한 것으로 판단되며, 공동률을 측정한 결과 1.1%로 상당히 낮은 것으로 보아 필라멘트 와인딩 성형시 장력이 적절했던 것으로 판단되며 또한 경화과정이 적절했던 것으로 판단되었다.
4. 적층 두께에 따라 인장 특성 평가를 한 결과, 2-layers(적층두께; 1.5mm)에서 4-layers(적층두께; 3.00mm)의 구간에서는 적층 두께가 변화함에 따라 강도의 값이 급격하게 변화하는 것을 알 수 있으며 이것은 하중에 대한 기지재료의 영향보다 강화섬유에 의한 강화가 지배적이라는 것을 보여주는 것으로 판단된다. 5-layers(적층두께; 3.75mm) 이상의 경우에는 먼저 계면 박리가 발생하여도 수지와 섬유간의 평균적인 특성은 거의 일정한 강도값을 가지는 것으로 사료된다. 또한, 적층두께에 따른 연신율의 변화는 5-layers(적층두께; 3.75mm) 이상에서는 연신율이 서서히 포화되는 것을 알 수 있었다.
5. 외경 40mm, 내경 16mm, 길이 300mm인 복합재료 축의 정적 비틀림 시험을 행한 결과 비틀림 토크와 비틀림 각이 거의 선형적으로 변화하다가 비틀림 시험용 지그와 비틀림 시험편을 연결한 기계적 접합부가 파손됨을 알 수 있었다. 이 부분의 파손양상은 접합 볼트 구멍주위가 응력집중으로 파손되면서 토크가 급격히 떨어지는 양상을 보였다. 복

- 합재료 축의 정적 비틀림 강도가 접합부의 비틀림 강도보다 높은 것을 알 수 있었으며 접합부가 파손될 때의 최대 비틀림 토크는 약 2316N-m으로서 계산된 비틀림 토크보다 높으며, 그 때의 비틀림 각도는 0.505 라디안(28.93°)임을 알 수 있었다.
6. 접착제 Hysol EA 9302.2 NA를 이용하여 외경 40mm, 내경 16mm, 길이 300mm인 복합재료 축과 금속재와의 접합강도를 평가한 결과 비틀림 토크와 비틀림 각이 거의 선형적으로 변화하다가 갑자기 접착제의 접합부위가 파손되는 양상을 보였으며, 순간적으로 접착제 접합부에 슬립이 발생하여 토크가 급격히 떨어지는 양상을 보였다. 이 때의 비틀림 강도는 약 450N-m이며, 비틀림 각도는 0.046 라디안(2.63°)임을 알 수 있었다.
 7. 경량화 정도를 확인하기 위해 동일한 치수의 금속재 축과 복합재료축의 무게를 계량한 결과 복합재료 축이 약 76%의 경량화가 된 것을 알 수 있었다.

13. 滿載航海中 非定常 熱解析에 의한 멤브레인형 LNGC의 BOR 算定에 관한 研究

냉동공조공학과 이정혜
지도교수 김경근

액화천연가스(LNG)의 수요가 전세계적으로 늘고 있는 가운데, 최근 국내에서 소비하고 있는 에너지중에서 천연가스가 차지하는 비율이 10%를 넘어, 발전부문을 제외한다면 상당한 양에 해당한다. 이러한 LNG를 수송하는 LNG 운반선(LNGC)은 화물탱크의 모양에 따라 Moss 방식과 멤브레인(Membrane) 방식으로 대별되어지며, 이러한 LNGC에 관하여는 설계 및 시공기술분야, 구조 및 응력해석 분야, 유동 및 유체해석 분야, 냉열 이용분야, 열해석 등 여러 연구분야가 있지만, 그 중에서도 LNGC의 열해석에 관하여서는 관련연구가 극히 미비하여 국내외적으로 많은 연구의 축적이 필요한 분야이다. 그러므로 프랑스의 GTT사를 비롯하여 일본, 노르웨이 등 일부 조선선진국에서 보유하고 있는 LNGC의 열설계기술보다도 일층 높은 수준의 열설계기술을 개발하는 것이 본 논문의 목적이다.

LNGC의 열해석을 위하여서는 한국의 인수기지에서 중동의 공급기지로의 1-항차 전체에 대한 이해가 필요한데, 운항모드별로는 1%의 화물을 적재하여 운항하는 공선항해기간과 적재전 화물탱크를 냉각시키는 쿨다운(Cool-down)기간, 화물을 적재하는 적재>Loading)기간 및 98% 정도의 화물을 적재하여 운항하는 만재항해로 구분할 수 있다. 또한, 1-항차를 열전달모드별로 구분하면, 공선항해 시작후 약 6일간의 공선 비정상 열전달(Unsteady state during B.V) 구간,