

풍력 블레이드용 무인 자동화 트리밍 장치의 제작 Manufacture of Fully Automatic Trimming Equipment for Large Wind Turbine Blade

*강재훈, #김동현

*J. H. Kang, #D. H. Kim(dhkim198@kimm.re.kr)
한국기계연구원 첨단생산장비연구본부

Key words : Automation, Trimming, Wind Turbine, GFRP, Blade

1. 서론

현재 전 세계적으로 풍력산업은 연평균 12% 이상 고성장하고 있으며, 시스템 대형화에 의한 공급률 및 경제성 확보와 육상단지 포화로 인한 대단위 해상풍력단지가 확대되는 추세이다. 현재 주로 생산되고 있는 3MW급 대형 풍력발전 시스템의 블레이드 크기는 약 46m이상에 달하며 소재로서는 유리섬유강화복합재(GFRP)가 일반적으로 적용되고 있다.

GFRP 블레이드의 제작공정은 Fig. 1과 같으며, 국내의 경우 전공정이 수작업으로 이루어 지고 있는 실정이다. 특히, 상하부 접합 후 불가피하게 발생하는 블레이드의 돌출된 핀(fin)을 제거하는 트리밍(trimming)공정과 도장작업전 표면을 평활하게 다듬는 버핑(buffing)공정은 건식가공에 의한 분진과 수공구의 소음으로 인하여 작업환경이 열악하다. 따라서 숙련자의 직무기피율이 증가하고 생산능률이 매우 낮아져 무인 자동화 시스템 도입이 시급한 상황이다.

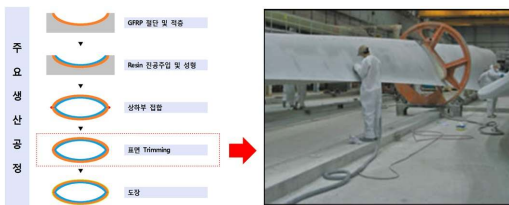


Fig. 1. Manufacturing process of GFRP wind turbine blade

본 연구에서는 GFRP 대형 풍력 블레이드의 트리밍 및 버핑 공정에 무인 자동화 시스템을 도입하여 열악한 작업환경을 개선하고 생산성을 향상하고자 프로토타입의 연구실 규모 장치를 설계, 제작하

였으며, 실제 운용시험을 수행하여 동작구현성을 검증하고자 한다.

2. 자동화 트리밍 장치의 설계

효율적이고 적절한 설계와 제작을 위해 Fig. 2와 같은 단계적인 순서로 진행하였으며, 특히 Digital Assembly 과정을 통해 제작시 발생할 수 있는 간섭 등의 오류를 사전에 확인하여 설계를 보완하였다.

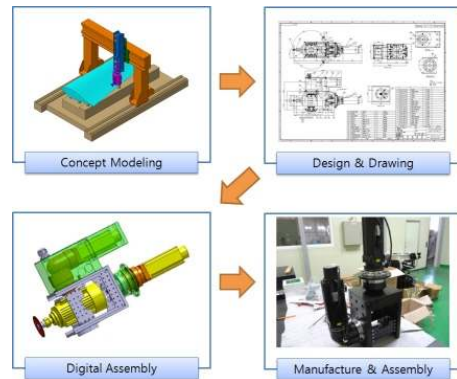


Fig. 2. Manufacturing process of GFRP wind turbine blade

무인 자동화 트리밍 장치의 핵심은 블레이드의 3차원 곡면 형상을 따라 가공이 가능해야 하므로 다축 제어가 가능하고 고능률적인 제거공정이 가능한 틸팅형 툴링헤드에 있다. 또한 대형화되고 있는 블레이드의 크기에 대응이 가능하고 제어가 용이해야 한다. 이러한 조건을 만족하는 다축 제어형 자동화 트리밍 장치의 개념적인 모델링은 다음 Fig. 3과 같다.

이 장치는 대형 공작기계에 주로 쓰이는 문형구

조를 채택하여 틸팅형 툴링헤드의 이송을 안전하게 지지하는 고강성의 컬럼과 블레이드의 전장방향인 X축으로 확장이 용이한 베드 구조형태를 지니고 있다.

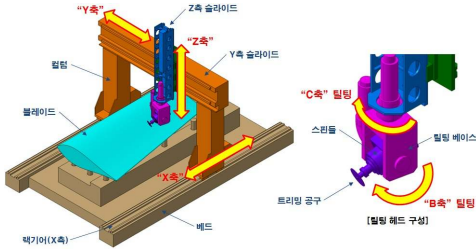


Fig. 3. Concept model of trimming equipment and tilting type tooling head

트리밍 가공시 X축으로 문형구조의 컬럼이 이송하면서 블레이드 양쪽 가장자리의 돌출 핀을 컷팅방식으로 제거하고, 버핑 툴로 교체한 후 각 이송축(X, Y, Z축)과 틸팅헤드의 회전축(B, C축)을 동시제어하여 3차원 곡면의 블레이드 표면을 평활하게 연마한다.

틸팅헤드의 B축과 C축은 각각 $\pm 135^\circ$, $\pm 45^\circ$ 범위에서 작동하도록 설계하여 3차원 곡면형상의 블레이드 표면에 대한 버핑 작업이 가능하도록 제작하였다. 특히, B축의 경우 트리밍 공정에서 블레이드의 양 날끝의 상, 하단부를 커팅하기 위해서 90° 이상의 둔각인 $\pm 135^\circ$ 범위로 작동이 가능하도록 설계하였다.

3. 자동화 트리밍 장치의 제작

앞서 수행한 모델링과 상세 설계를 통하여 제작을 완료하였으며 그 결과는 Fig. 4와 같다.

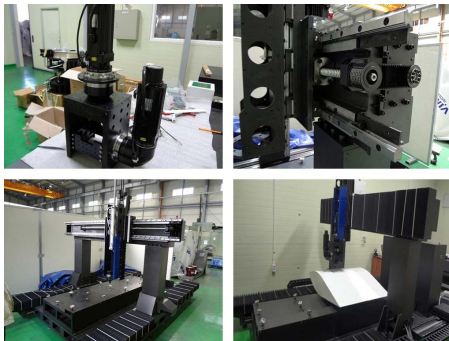


Fig. 4. Photograph of assembled trimming equipment

틸팅형 툴링헤드의 B축과 C축에는 감속기와 서보모터를 적용하였으며 Y축과 Z축에는 서보모터와 볼스크류, LM가이드를 적용하여 정확한 이송이 가능하다. X축에 랙&피니언 방식을 적용하여 블레이드의 전장에 따라 확장 및 축소가 가능하도록 제작하였으며, 각 축에는 벨로우즈 커버를 장착하여 건식 버핑 가공시 발생하는 GFRP 분진으로부터 이송계의 습동면과 각종 정밀부품을 보호하고 성능을 보장할 수 있도록 제작하였다.

스핀들은 후반부 모터 직결형으로 ER콜렛 타입의 툴이 장착가능하도록 제작하여 기존 수작업에 사용하던 다이아몬드 전착 커팅 휠과 샌딩 페이퍼 등이 활용 가능하다. 부가적으로 집진장치를 장착하여 트리밍 및 버핑 가공시 발생하는 분진을 포집하여 가공효율을 높이고 작업환경을 개선하였다.

자동화 트리밍 장치의 제어는 CAM 소프트웨어에서 3차원 곡면 형상의 블레이드 가공 데이터를 추출하여 PLC에 입력하는 방법을 채택하였다.

전체적인 기구부는 용접구조물이며 이송부는 상용화되어 있는 볼스크류 및 LM 가이드를 적용하여 제작단가를 절감하였다. 또한, 각 이송부 및 틸팅헤드에도 상용화된 서보모터를 채택하여 전장의 구성 및 제어가 용이하도록 제작하였다.

4. 결론

대형 풍력블레이드의 트리밍 및 버핑공정을 효과적으로 수행하여 생산성을 높이고 작업환경을 개선할 수 있는 문형 구조의 무인 자동화 장치를 실험실 규모의 프로토타입으로 설계하고 제작 완료하였다. 향후 동작 구현성의 적정성 여부를 확인하기 위한 시운전을 통해 장치의 문제점을 수정, 보완하고 GFRP 소재의 블레이드를 이용하여 실장 테스트를 수행함으로써 현장적용형 Full scale 장치를 완전 국산화 개발하도록 연계할 예정이다.

참고문헌

1. 김명진, "풍력 발전기용 블레이드의 설계에서 제작까지," 설비저널, 38, 21-28, 2009.