

# 전기체 복합재 무인항공기 제작

김동민\*, 허명규\*\*, 강공진\*\*\*

## Manufacturing of an All Composite Unmanned Aerial Vehicle

Kim, Dong Min\* Hur, Myung Kyu\*\* Kang Kong Jin\*\*\*

### Abstract

For the development of an all composite unmanned aerial vehicle (UAV), manufacturing consideration in design phase, works for composite parts fabrication, subassembly and final assembly are summarized. In design phase, to maximize the advantage of composite material, manufacturing processes such as cocuring, cobonding and secondary bonding are introduced. For the curing of designed parts, composite tools are designed and manufactured. Assembly jigs are designed to satisfy dimensional tolerance of the structure. Inspection criteria are established and applied to the manufacturing. Technical data about inspection items and methods are summarized as manufacturing specifications for the mass production of the UAV structure.

### 1. 서론

복합재료는 기존의 금속재료에 비해 비강도 (specific strength) 및 비강성 (specific modulus) 이 높을 뿐만 아니라, 일체성형 (cocuring), 일체 접착 (cobonding), 및 이차접착 (secondary bonding) 등을 활용할 수 있어, 구조물의 중량 및 부품수를 줄일 수 있는 장점이 있다. 구조물의 중량감소는 비행체의 성능 향상에 기여하는 요소이고, 부품수 감소, 제작/가공성 향상은 제작 기간 및 비용 절감 효과를 증대시킨다.

흔히 알고 있는 바와 같이, 복합재료의 뛰어난 장점에도 불구하고 항공기 구조재료로서 제한적으로 사용되어 온 것은 일차구조 (primary structure) 부재로서의 신뢰성에 대한 문제 때문이다. 선진국에서는 꾸준히 복합재 설계 데이터를 축적하여 유인기의 주구조물에 적용하는 단계

에 접어들었지만, 항공기 인증을 위한 까다로운 요구조건들을 모두 만족시키기 위해서는 개발시 고려되어야 할 사항들이 매우 방대하고, 소요되는 기간, 인력, 예산 등이 과다하며 관련 항공기 개발 과제가 없어 한정적 연구만 수행되어 왔다.

본 논문에서는 무인항공기라는 특수성으로 인해 양산을 위한 복합재 기체를 제작할 수 있는 계기를 바탕으로 수행된 전기체 복합재 항공기의 개발 내용 중 기체 제작과 연관된 업무를 수록하였다.

### 2. 기체구조 개념

무인항공기의 외형 개략도는 그림 1과 같다. 그림에서 보이는 동체, 왼쪽 날개, 오른쪽 날개, 왼쪽 붐 및 수직미익, 오른쪽 붐 및 수직미익, 수평미익, 파라포일 가드의 7개의 모듈은 단순한 기계적 체결에 의해 손쉽게 분해/조립이 가능하도록 설계하여, 장비 이동성 및 정비성을 높게 하였다. 기체는 모듈별 뿐만 아니라 분해 가능한 각 부품 (조종면, 창, 페어링류 등) 들이 비행체

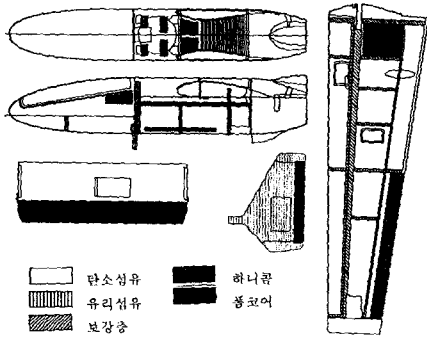
\* 한국항공우주연구원

\*\* 국방과학연구소

\*\*\* 한국항공우주산업 (창원공장)



으로 설계/제작 되었다. 하니콤 샌드위치 구조는 날개에는 반두께(half depth) 구조를 취하였고, 조종면에는 전두께(full depth) 구조를 취하였다.



탄소섬유, 유리섬유, 보강재, 하니콤, 폼코어

그림 5. 복합재 구조 형상

아래 표는 위의 주요 복합재 부품의 특징 및 제작방법을 요약한 것이다.

표 1. 주요 복합재 부품 및 제작방법

주요 부품	형상	제작방법	
동체	주표피	Half-depth sandwich	른저론 일체성형
	벌크헤드	적층판	일체성형
	바닥판	적층판, 보강재	
보강재	적층판		
날개	위표피	Honeycomb sandwich	이차접착
	아래표피	적층판	
	골격구조	적층판	
	전후방 리브	적층판	
	후연	적층판	
수평미익	표피	적층판	이차접착
	스파, 리브	적층판	
수직미익	안쪽 표피	적층판	이차접착
	바깥쪽 표피	적층판	
	스파, 리브	적층판	
봄	튜브	필라멘트 와인딩	
조종면	표피/코어	Full-depth sandwich	일체접착
	리브		
착륙장치 스트러트	적층판		
도어 및 페어링 류	적층판, 하니콤 코어		

4. 기체 조립

기체구조의 조립은 부분품 조립과 총조립으로 이루어진다. 본 무인항공기는 모듈별로 손쉽

게 분해/조립이 가능하고, 비행체 간에 부분품들은 상호 호환성을 가져야 하기 때문에 이를 고려하여 부분품별 조립치구를 설계/제작하여 사용하였다. 총조립은 조립된 부분품들의 모듈별 분해 조립 개념에 의거하여 단순한 기계적 체결에 의해 수행된다.

부분품 조립치구는 동체 조립치구, 날개 및 봄 조립치구, 수직미익 조립치구, 수평미익 조립치구의 4개를 제작하여 사용하였다. 모듈별 분해 조립을 용이하게 하기 위해서 모듈간 체결되는 주요 점들에 대한 치구의 위치공차는 5/1000인치 이내로 하였다.

그림 6은 동체 조립치구를 보여주는 사진이다. 동체는 동체의 밀면과 엔진장착 구조가 조립되는 벌크헤드인 FS2407면을 기준면으로 사용하였다. 동체 주표피를 치구에 먼저 고정한 후에 치구로부터 각 벌크헤드 장착위치 및 주요 리그들을 고정시켜 조립하였다. 또한 관성항법장치, 페이로드 등과 같이 장비 장착 오차가 비행체 성능에 영향을 미칠 수 있는 탑재장비에 대해서는 장비 장착위치를 치구를 통해 직접 가공토록 하여 정밀하게 장착되도록 조립하였다.



그림 6. 동체 조립치구 사진

그림 7은 날개 조립치구이다. 왼쪽과 오른쪽 날개를 대칭으로 조립하도록 한 개의 치구로 구성하였으며, 일체성형된 골격구조의 전후방 스파를 조립 기준면으로 사용하였다. 조립시 동체에 장착될 리그 및 봄을 장착하기 위한 리그 등을 치구에서 조립토록 설계하였으며, 봄과 수직미익이 조립될 봄 쪽의 구멍을 치구상에서 가공토록 하고, 가공된 구멍을 수직미익 조립시 활용토록 하여 주날개와 미익부의 상호관계가 정밀하게 조립될 수 있게 하였다.



그림 7. 날개 조립치구 사진

수직미익 및 수평미익도 유사한 형태의 치구를 제작하여 조립하였다.

비행체의 총조립 후에 조립의 정확도를 평가하기 위한 전기체 검사를 수행하였다. 그림 8은 주요 측정점을 보여주는 것으로, 그림에 표기된 측정점들에 대한 좌표값을 환산하여 비행체의 대칭성, 날개의 붙임각 및 비트림각, 수직미익 및 수평미익의 장착오차 등을 종합적으로 평가하였다. 그림에서 보는 측정점의 일부는 복합재 부품을 제작할 때 각인되도록 성형틀에 반영된 점들로서 도면상의 위치를 정확히 아는 점들이다.

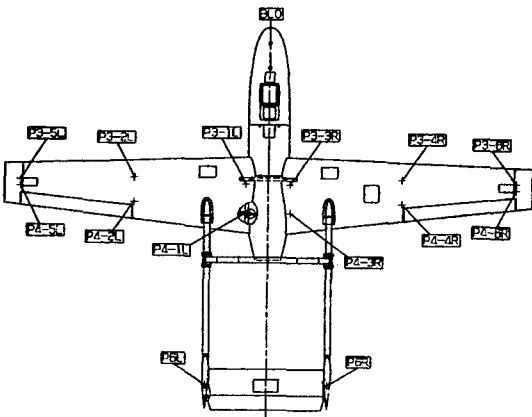


그림 8. 총조립 정렬검사를 위한 측정점

총조립 검사는 조립 치수 및 형상 정확도 등에 대한 검사 방법 및 기준을 정의한 것으로, 개발 항공기의 특성에 적합한 값으로 정의되어야 하는 항목이다. 본 무인항공기의 개발시는

KTX-1 등의 항공기에 적용된 자료들을 참조하여 본 항공기의 특성에 적합한 값으로 재정의하여 사용하였다.

## 5. 결론

본 논문에는 무인항공기 기체의 구조개념, 부품 설계/제작 개념, 조립 개념, 치공구 개념, 총조립 검사 등, 전기체 복합재 항공기 제작과 관련하여 수행된 일련의 업무를 수록하였다. 이러한 업무를 통해 도면, 제작 공정서, 검사 기준서들이 종합적으로 개발하여 양산 품질보증체계를 구축하였다. 아래 표는 도면과 더불어 양산에 적용될 기술자료들을 요약한 것으로 선진 각국의 유사 자료를 참조하여 본 연구개발에 적합한 내용 및 적용값으로 수정 및 재정의하여 기술자료화 하였다.

표 2. 주요 제작 공정 및 검사 기술자료

제 목	주요내용	비 고
120도 복합재 성형	원자재 품질보증, 성형 공정 및 검사	부품 품보
복합재 부품 검사 기준	성형 후 복합재 결합 검사 기준	
복합재료 초음파 검사	초음파 방법을 통한 결합 검사 기준	
복합재 구조물 구멍가공 및 H/W 장착	리벳, 하이락, 볼트 등의 장착을 위한 공정 및 검사	조립 공정 품보
인서트 장착	샌드위치 구조 인서트 장착을 위한 공정 및 검사	
복합재 조립체의 매꿈과 삽입	샌드위치 구조물의 끝단 처리 및 레진 충전 관련 공정 및 검사	
본딩 및 실링	이차접착 및 실링에 관련된 공정 및 검사	
적층판 수리	수리가능 기준 설정 및 방법	총조립 및 외형 품보
외표면 적용 공차	외면 단차 및 표면 거칠기 허용치 규정	
부구조물 검사	각 모듈별 조립 치수 검사 방법 및 기준	
총조립 검사	총조립 기체 정렬검사 방법 및 기준	