

미래를 주도하는 첨단 항공우주기술(5)



꿈을 가능케 만드는 재료

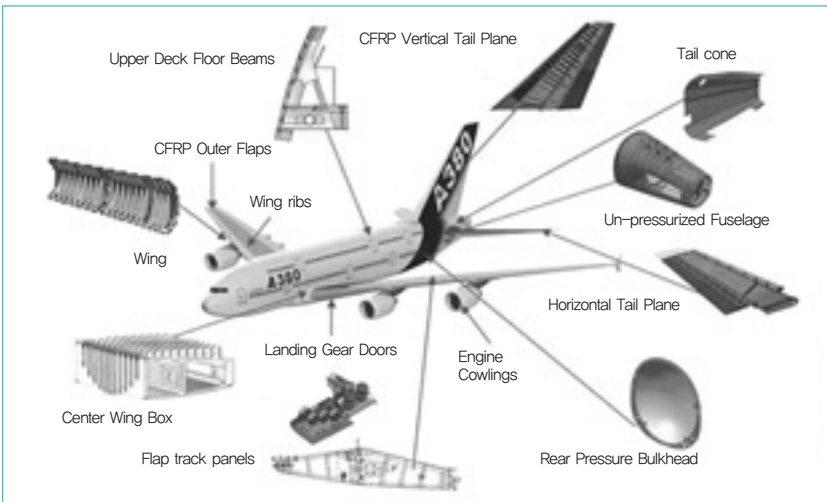
복합소재

항공기와 우주선을 만드는 데 있어서 이전 없어서는 안될 재료로 꼽히는 복합소재, 이번호에는 꿈을 가능케 하는 재료, 복합소재에 대해 알아본다.

복합소재란 무엇인가?

복합소재를 말 그 자체로 풀어 설명하자면 복합적으로 만든 소재가 된다. 다시 말해 두 종류 이상의 소재를 복합적으로 결합하여 만든 재료를 의미하는 것으로 이는 고강도, 고인성, 경량성, 내열성 등의 특징을 지니고 있다고 하겠다. 하지만 어원을 떠나서라도 최근 만들어지고 있는 여러 형태의 복합소재 부품을 살펴보면 복합소재를 단 한마디로 설명하기는 매우 어렵다.

Major monolithic Carbon Fiber Reinforced Plastic(CFRP) and Thermoplastics applications



그 이유는 복합소재가 매우 다양한 얼굴을 지니고 있으며 게다가 현재 만들어지고 있는 복합소재는 그 다양함 만큼이나 용도가 날이 갈수록 넓어지고 있기 때문이다.

예를 들어 단순하게 모양을 만들어 주는 부품으로 사용하던 초창기와는 달리 현재는 주요 하중을 견디는 구조 부재로 사용되고 있으며 심지어는 주 강도를 유지하고 있던 과거의 금속부품 자리를 밀어내고 있을 만큼, 복합소재는 날이 갈수록 사용률이 증가하고 있다는 점이다.

복합소재를 이루는 물질

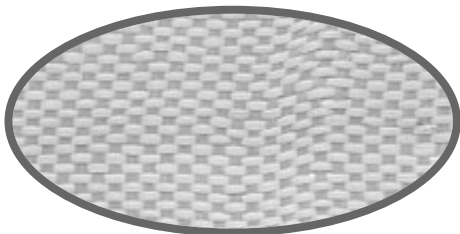
그럼 복합소재를 이루고 있는 것들에 대해 알아보자. 우선 복합소재가 만들어지게 되는 주요 재료 중 하나가 바로 수지인데 말 그대로 수지는 밀가루 반죽처럼 물렁물렁해지거나 유동성을 가지게 되는 물질로 19세기 중엽에 셀룰로이드 천연의 고분자 물질로 발견되었으며 20

세기 초 최초의 합성수지 계열이 만들어지면서 사용 용도가 본격화 되었다.

그런데 이것을 섬유와 연결하여 경화를 하도록 만들게 되면 안에 있는 섬유다발이 큰 인장력을 견디도록 할 수 있으며 반대로 수지와 함께 일정한 압축력도 함께 견디도록 만들 수 있게 되는 것이다.

특히 안에 들어가는 섬유의 종류로는 유리섬유, 탄소섬유, 아라미드 등이 있으며 그 중 아라미드라고 부르는 합성섬유는 수지와 결합하여 초강력 구조물로 바뀔 수 있다.

예를 들면 유리섬유·탄소섬유·아라미드섬유 등이 이에 속하는데 최근에 만들어진 대부분의 복합소재 구조물은 대부분 위의 몇 가지 재료들을 혼합하여 구조물을 만들고 있다.

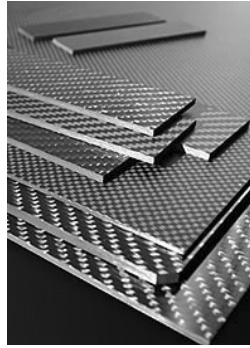


아라미드(aramid) 섬유

이중 아라미드(aramid)는 고분자(高分子) 아미드기(CO-NH)가 2개의 방향족 고리에 직접 결합된 섬유로 미국의 듀폰(Dupont)이 개발하였으며 나중에 인조섬유를 지칭한 말로 '캐블러'라는 명칭을 사용하게 되었다.

이 섬유는 종래 방탄조끼에 사용했던 티탄과 철의 합금 섬유에 비견할 정도의 강도를 지니며 무게도 훨씬 가벼워 방탄조끼의 경량화에 사용되었으며 착용감도 금속섬유보다 우수하고 매우 보기 좋아 여러 가지 응용제품으로 만들어졌다.

특히 CFRP(carbon fiber reinforced plastic)로 불리는 탄소섬유강화플라스틱의 경우는 재료의 무게에 비하여 인장, 압축 강도 등이 매우 좋아 항공기와 같이 가벼운 재료를 필요로 하는 곳에 사용하기에 매우 적합한 물질로 인식되고 있으며 점차 그 사용의 범위가 넓어지고



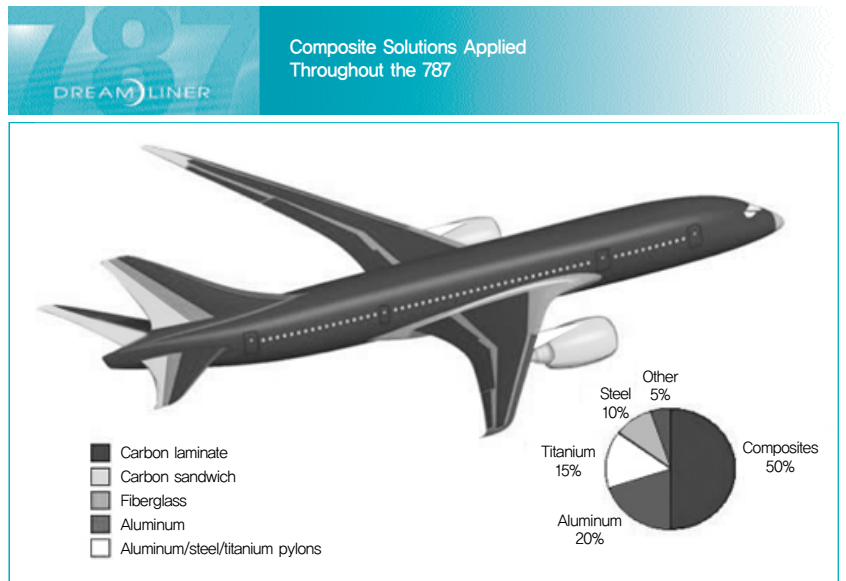
탄소섬유강화플라스틱 CFRP (carbon fiber reinforced plastic)

있는 추세이다.

또한 섬유강화금속(FRM: fiber reinforced metal)이란 것도 있는데 이는 금속 안에 매우 강한 섬유를 넣은 것으로, 금속과 같은 기계적 강도를 가지면서도 무게는 무척 가벼운 재료로, 특히 금속외피 구조를 필요로 하는 부분에 사용되기도 한다.

알루미늄보다 가볍게 강철보다 단단하게 실제항공기에 적용된 사례를 살펴보면 대표적인 예가 승객을 실어 날라야 하는 여객기에서 그 모습을 잘 살펴 볼 수 있다.

최근 복합소재의 존재로 인해 성능을 확연히 높이고 있는 보잉사의 항공기 B787드림라이너는 기존의 통상적인 기체의 복합소재 사용 비율인 30%대를 넘어, 무려 50%가량의 사용비율을 보이고 있다. 이는 그간의 적용률을 훨씬 뛰어 넘는 것으로 보잉은 이 비율을 앞으로도 더욱 높게 적용시킬 계획을 가지고 있다.



787에 적용된 복합소재 사용률

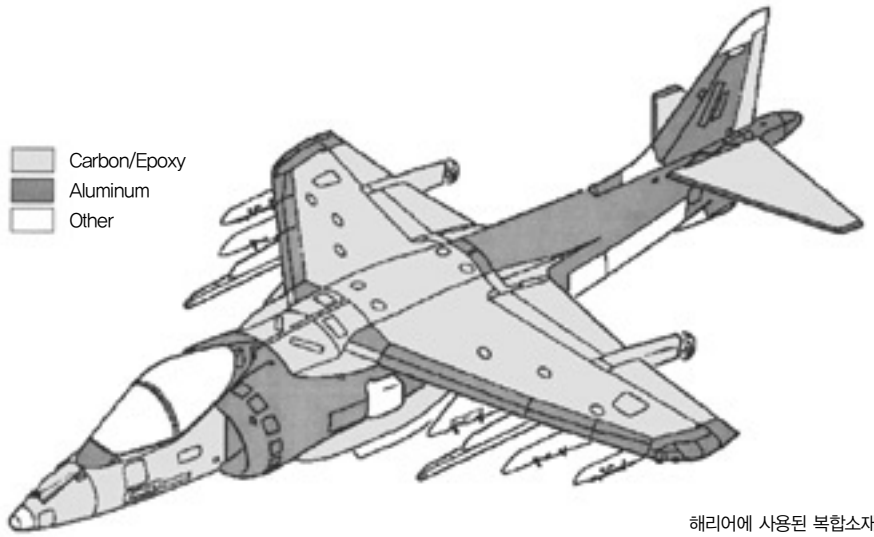
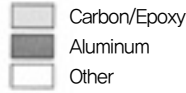
한편 또 다른 예는 첨단전투기의 구조에서도 살펴볼 수 있다. 록히드마틴사에서 근무하는 기술총책임자 밥 보이킨 씨는 제작 중인 복합소재 날개를 소개하면서 “F-22는 26% 이상, F-35는 40% 이상이 복합소재로 기체가 만들어 진다”라며 이러한 기술을 바탕으로 최신편 전투기는 보다 가볍고 튼튼한 항공기를 만들 수 있음을 설명했다.

또한 복합소재를 이용하여 기체를 만들 경우 기존의 금속을 이용한 구조에서는 각 부품



복합소재의 장점

- * 내식성 우수
- * 최적설계 실현 용이
- * 불연속성이나 이방성의 활용이 높다
- * 피로강도가 크다
- * damping 특성이 우수하다
- * 일체 성형에 의한 공정시간 감소 효과



해리어에 사용된 복합소재

을 따로 만들어 한 곳에 결합하는 방법으로 기체를 만들지만 이 복합소재를 이용하면 한 번에 날개나 동체를 한 조각으로 만들어 낼 수도 있다며 복합소재 제작과정상의 장점도 설명을 해주었다.

그는 이렇게 하면 공정도 더욱 짧아져 원가 절감을 하는 데 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라 구조적으로도 더욱 견고한 기체를 만들 수 있게 된다고 설명했다.

특히 항공기는 다른 구조물과 달라 경량으로 만들어야 하는 목표를 가지고 있으며 이를 해결하기 위해서는 구조물이 비행 중 받는 최대한의 하중에 견디기 위한 최소한의 구조재료를 사용하는 것이 좋다. 따라서 이런 구조물을 만들기에는 복합소재가 원하는 부분의 강도를 조절하며 만들기 매우 적절하다는 이야기이다.

예를 들어 만일 전체날개를 만드는데 있어서 주익의 중앙부분은 힘을 가장 많이 받는 부분인데 주익 구조를 일체형으로 만들게 되면 응력을 받는 부분이 전체적으로 흐르면서 하중을 견디게 되므로 기존의 가로대인 주익 스파를 전체 하중을 담당할 때와는 달리 구조재료를 덜 사용해도 충분히 만들 수 있다는 이야기이다.

그리고 만일 특정 부위에 힘이 많이 가해질 경우 이 부분에 섬유를 간단히 추가하여 제작하면 되므로 큰 무게 증가 없이도 목적인 바를 해결할 수 있는 장점이 있다는 것이다.

간혹 "복합소재는 알루미늄보다 가볍고 강철보다 강력하다"고 말하는데 실제로 만들어진 검은색 복합소재를 살펴보면 그 단단한 정도가 플라스틱의 촉감처럼 느껴지지만 하중테스트 결과를 살펴보면 무게를 견디는 강도는 금속 이상임을 바로 알 수 있다.

불가능을 가능으로!

그렇다면 이러한 재료들을 가지고 어떻게 항공기를 제작할 수 있을까?

초창기 복합소재의 개발을 통해 바로 항공기에 접목을 하였던 부분은 구조가 복잡하고 성형하기가 조금 까다로운 부분에 이를 먼저 적용하였다. 예를 들어 동체의 앞쪽 노즈 부분이나 레이돔, 또는 날개와 동체를 연결해 주는 페어링 처리

부분 같은 곳이 복합소재를 이용한 부품으로 만들어졌다. 당시의 기술적인 신뢰도와 복합소재에 대한 인식은 아직까지 금속을 대체할 만한 재료로 받아들이지 않고 있었으며 그 이상의 목적을 가지고 있지도 않았다.

그러나 기술의 발달은 점차 주요 구조재로 쓰일 수 있는 부분으로 확대되었으며, 대표적인 구조 사용의 예가 바로 글라이더이다. 글라이더의 경우 구조재로 복합소재를 이용하게 되자 기체는 날개의 길이를 길면서도 얇고 가벼운 구조로 만들 수 있게 되었으며 섬유의 적층 정도에 따라 구조에 필요한 강도를 유지할 수 있었기 때문에 날개 구조를 최적화시켜 만들 수 있게 되었다. 이는 글라이더의 가로세로비를 크게 하여 항력을 줄이고 활공비를 최대로 높이도록 만들었다.

이렇듯 글라이더에 적용된 기술은 결국 최신의 항공기인 보잉 787 드림라이너에 적용되



복합소재를 사용함으로써 글라이더의 날개구조를 최적화 할 수 있었다.



전진의 항공기 su-47

어 항공기의 연비를 높이는 데 일조를 하고 있으며 더불어 판매 촉진에도 도움을 주고 있다.

실례로 보잉 787 드림라이너의 날개를 보면 날개 끝으로 갈수록 상반각이 커지는 모습을 볼 수 있다. 이는 글라이더의 날개 구조와 흡사하게 탄성에 의한 구부러짐의 결과이며, 이 경우 자연스럽게 상반각이 더해져 기체의 가로 안정을 높여 줄 뿐만 아니라 날개 끝에서 발생하는 유도항력을 줄여 결과적으로는 전체 저항 감소를 만들어 주고 있는 것이다.

이런 날개 구조는 날개 전체에 걸리는 하중을 최적으로 계산하여 불필요한 강도를 만들어 내는 부분은 모두 제거하고 날개 끝에는 최소한의 재료를 사용함으로써 새 날개처럼 자연스러운 날개를 만들어 주며 결국 이는 보잉사의 최신 항공기에 모두 적용되어 타사와의 경쟁력을 만들어 내는 주요한 포인트로 작용하고 있다.

한편 전투기의 제작 과정 중에도 점차 복합소재의 비율이 높아지고 있는데 복합소재 사용의 성공적인 예가 바로 전진익을 이용한 X-29나 Su-47같은 항공기의 등장이다.

이러한 기체들은 그전에 만들어진 금속을 이용한 항공기 날개로는 좀처럼 제대로 된 주의를 만들기 어려웠다. 그 이유는 비행 중 발생할 수 있는 강한 뒤틀림 현상 때문인데 후퇴익 날

개보다 조금 다르게 전진익의 경우는 어느 한순간에 심하게 뒤틀림이 발생하는 구조의 변형률이 높았다.

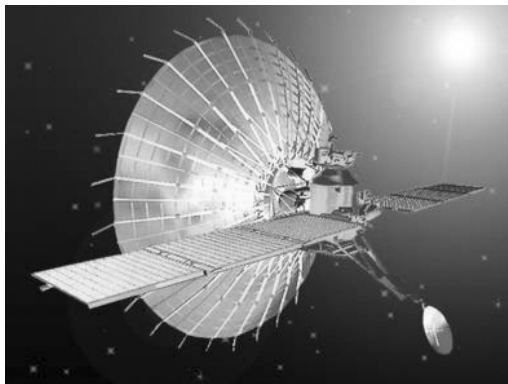
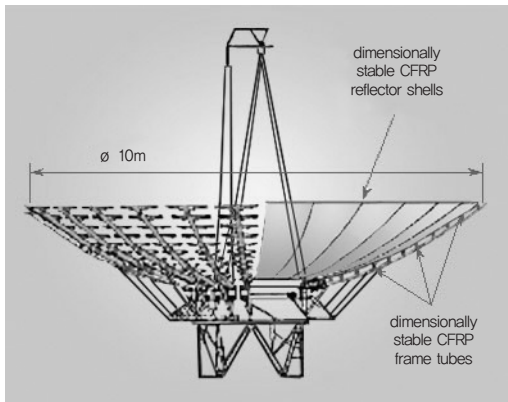
그래서 과거 전진익의 개발은 항공역학적인 효용성에 대해서는 알고 있었지만 구조적인 문제로 인해 쉽게 만들어 낼 수 없었으나 기술의 발달과 복합소재의 등장은 이러한 문제를 한 번에 해결하고 실제 비행을 성공으로 만들어 내게 되었던 것이다.

복합소재가 여는 미래의 항공기

미래의 항공기는 그간 만들어진 항공기의 외형에서 크게 벗어나지 못할 것이라는 항공 기술자들의 의견이 있다. 이는 외형적인 변형은 동력비행 역사가 이루어진 이후 많은 실험을 통해 그 효율적인 방법이 이제 정착이 되었다는 의미이다. 이는 예를 들어 자

동차의 경우도 4바퀴의 자동차 모델이 이제는 거의 표준이 되고 이전에 잠시 시도 되었던 3바퀴식이나 6바퀴식 등은 요즘 좀처럼 볼 수 없는 것과 같은 원리라는 뜻이다.

그러나 외형적인 부분이 그렇다 하더라도 내부적인 부분은 아직도 변화되어야 하는 부분이 많이 남아있다. 그 대표적인 부분이 지금까지 설명한 구조 재료에 관한 항목으로 현재로서도 미래 항공기의 구조재로서 복합소재 비율은 날이 갈수록 늘어날 것이 거의 확실해 보인다.



미래 항공기의 구조재로서 복합소재 비율은 날이 갈수록 늘어날 것이 거의 확실해 보인다.

예전에 미국의 한 만화영화에서는 새롭고 기발한 항공기가 등장한 적이 있다. 이 영화에서는 비행기를 일정한 모양의 틀에 액체를 부어 한 번에 플라스틱 형태로 기체를 찍어 내고 있었는데 당시 이 장면은 약간 과장이 섞인 우스꽝스러운 만화영화로 아이들은 이 프로를 보고 매우 신기해 했다. 하지만 이러한 상상의 세계였던 만화영화의 우스꽝스러운 장면은 이제 얼마 안 있어 우리들 눈앞에 현실로 나타날 예정이며 이제는 어른들이 이러한 항공기를 보고 신기해야 할 날도 멀지 않았음을 예감 할 수 있다. ☺