

비행의 원리

1. 로켓

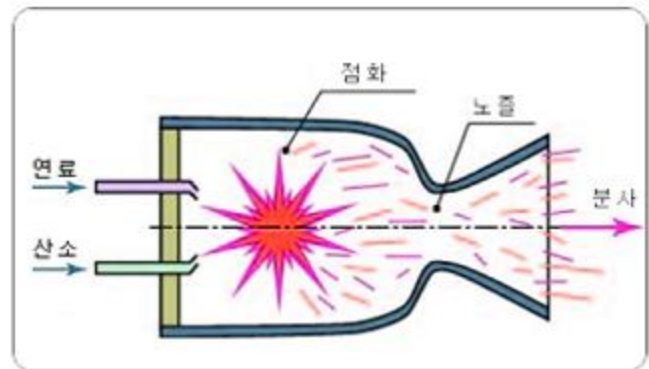
1) 로켓 추진 원리

로켓 추진 원리는 추진 장치에서 배출되는 가스가 로켓에서 나오면서 가스가 로켓을 밀게 되어 로켓이 앞으로 나아가게 되는 방식을 취한다. 이 원리는 뉴턴의 역학 법칙 중 세 번째 법칙인 작용·반작용의 법칙을 이용한 것으로서 모든 작용하는 힘에는 같은 크기의 힘이 반대 방향으로 작용한다는 원리이다.

이러한 추진 작용은 다른 비행기와 다르며 보통 제트기는 베르누이의 원리를 사용하여 날개 위와 아래의 압력 차이에 의해 부력을 얻게 되는 방식이다. 로켓의 추진시스템은 외부의 공기가 필요하지 않을 뿐만 아니라 자체 내에 추진제를 저장하였기 때문에 비행속도나 제트의 속도에 관계없이 작용·반작용의 법칙에 의해 가속된다. 이 로켓 추진 장치는 독일의 폰 브라운 박사에 의해 개발되어 세계 2차대전의 미사일에 사용되다가 패전 이후 독일의 기술자들이 구 소련과 미국으로 흘러 들어가 우주 개발의 핵심 인력이 되기도 하였다.

$$F = ma$$

힘 F 는 질량 m 이 일정하면 가속도 a 에 정비례한다. 만약, 로켓의 질량이 일정할 때 추력 F 가 일정하다면 가속도 a 도 일정하게 되어 로켓은 일정한 속도로 등속 비행을 하게 된다. 하지만, 로켓의 추진제가 전체 무게의 70~80%를 차지하므로 추력 F 가 일정하더라도 질량 m 이 줄어들어 가속도 a 는 커지게 된다. 결국, 로켓의 속도는 계속 증가하게 된다.



그러므로 로켓 추진의 기본원리는 뉴턴의 제2법칙과 제3법칙으로 귀결된다.

2) 로켓의 구조

일반적인 로켓의 구조는 화학 추진제를 연소시키는 연소실과 연소실의 가스를 방출하여 방향성을 주는 노즐로 구성되어 있다. 이를테면 그 노즐에 방향성을 주면 반대쪽에 추력이 생겨 대기가 없는 우주 공간에서도 비행이 가능하다. 이러한 법칙을 뉴턴의 운동법칙인 $F=ma$ 라는 공식을 사용하게 된다.

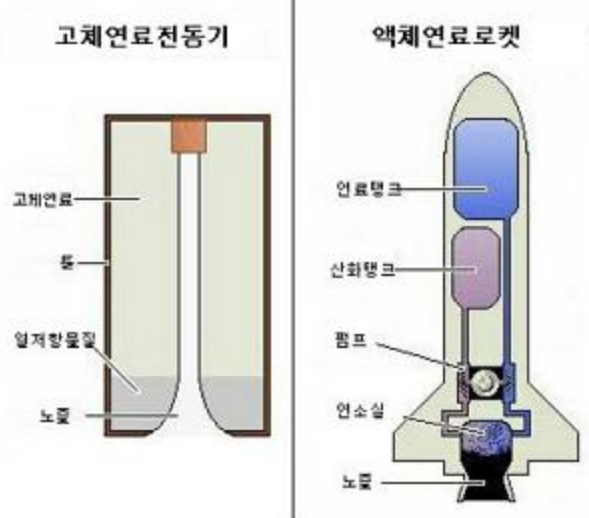
최근에는 다단계 로켓이 많이 사용되며 이의 구성은 단이 두 개 이상으로 이루어져 각각의 단마다 로켓 기관과 추진제가 사용된다.

다단계 로켓은 일반적인 로켓보다 빠른 속력

또는 오랜 시간 비행을 목적으로 하는데 사용되며 주로 장거리 비행과 우주여행을 위해 사용되곤 한다.

그리고 이 다단식 로켓은 상층부를 뺀 93%가 거의 연료로 되어 있기 때문에 1단으로 이루어진 로켓보다 속력이 약 3배 정도 빠르다.

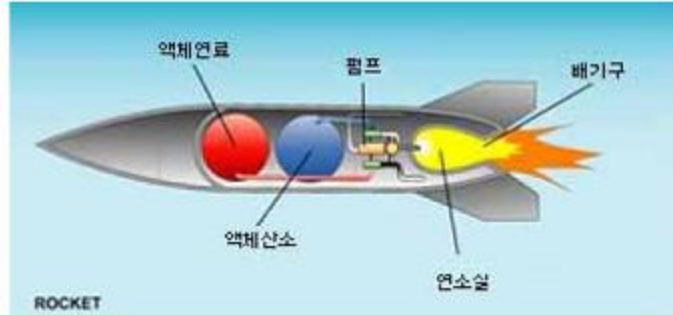
우주여행에 있어 다단 로켓이 필요한 이유는 지구의 인력권을 탈출하기 위함이며 이때 로켓은 '부스터'라고 하는 첫째 단의 추진력에 의해 발사된다. 각각이 한 단씩 추진제를 사용하여 다 소모하면서 본체의 무게가 급격히 줄어들면서 가속도가 틀어 점점 속도가 빨라지게 하는데 연료를 소모하면 분리해서 버린다. 요즘은 단수를 줄이려고 1단 로켓에 보조 탱크를 장착하는 경우가 많다.



3) 로켓의 연료

연료는 주로 고체나 액체 등을 사용하며 산화제+연료+속매제 등이 사용된다.

하지만, 이에 차이점이 있다. 고체 연료의 경우 산화제나 연소제 모두 고체 형태나 젤리의 형태를 띠고 있으며 대부분은 연료 중앙 부위에 그레인이라는 원통형 구멍이 뚫려 있어 연소시 연소 면적을 넓혀준다. 이는 그 크기에 비해 추력이 좋고 저렴한



비용에 제작이 간단하기 때문에 군용이나 우주 발사체에 보조 로켓 등에 사용되곤 한다. 그리고 액체 연료의 경우 어려움이 따르는데 이는 메커니즘이 복잡하고 개발비용이 비싸서 제작에 어려움이 따른다.

주로 쓰이는 연료로는 등유(케로신)와 산화제인 액체 산소를 혼합하여 사용하고 있으며 추력을 조절할 수 있다는 점과 연소 가스가 친환경소재인 물과 이산화탄소가 대부분이라는 점이 최대의 장점으로 꼽히고 있다.

현재로선 우주 발사체의 주 엔진으로 자주 사용되고 있다.

2. 비행기

1) 비행기



행선까지의 광범위한 영역을 지칭한다. 항공기는 경항공기와 중항공기 등으로 분류되는데 이는 공기와의 비중을 기준으로 하기 때문에 경항공기는 주로 공기보다 가벼운 수소 헬륨가스, 열 공기 등의 부력으로 공중으로 부양할 수 있다. 이것에 동력기관의 유무에 따라 비행선과 기구로 다시 분류가 된다. 중항공기의 경우 공기에 대해서 상대적인 운동을 하는 날개에서 발생하는 양력을 사용하여 비행을 한다.

대개 고정된 날개를 가진 비행기 또는 회전하는 날개를 가진 헬리콥터를 중항공기로 분류하곤 한다.

보통 항공기라는 용어는 대기 중에 인간의 힘으로 만들어 띄웠거나 하늘을 날아다니는 생명체가 아닌 거의 모든 기구의 총칭이며 비행기보다는 약간의 상위 개념으로 인식된다. 다만, 로켓 추진력을 사용하는 미사일, 우주선 등은 항공기라는 표현은 사용하지 않으며 이를 포함할 경우 비행체라고 부른다. 대체로 항공기라 함은 고정익기, 회전익기 등 기구, 비



이와 같이 비행기의 구조상 하늘을 날게 하는 힘은 매우 중요한 잣대가 되며 추진 장치에 따라 다시 프로펠러기와 제트기로 분류를 한다. 프로펠러기는 초반에 크랭크축을 돌리기 위한 피스톤이 왕복하는 구조를 사용하는 것이 주로 사용되었으며 현재에는 가스터빈으로 프로펠러를 돌리는 터보 프롭기를 사용한다.

2) 작용하는 힘

비행기 주위에 발생하는 힘

비행기는 하늘에 있을 때 추력, 항력, 중력, 양력 이렇게 크게 4가지의 힘을 이용한다.

추력- 엔진에 의해 앞으로 뻗어 나아가는 힘, 비행기의 속도를 내는 추진력.

항력- 비행기가 앞으로 나갈 때 비행기의 본체에 의해 방해받는 힘, 저항력

중력- 비행기가 날고 있을 때 비행기의 자중에 의해 지구 중심 반대 방향으로 작용하는 힘

양력- 비행기에서 뜨는 힘, 날개, 회전 동력 등에 의한 힘.

에어 포일 주위의 공기의 흐름

날개에서 왜 양력이 발생하는지 의문이 들 것이다. 우선 항공기의 조종석부터 꼬리날개를 이은 횡축을 기준으로 그 단면을 잘라서 나오는 날개의 단면 모양을 에어포일(airfoil)이라고 한다. 이 에어 포일 주위의 공기 흐름은 아주 이상적인 성질을 가지고 있지만 공기 자체의 어떠한 성질에 의해 복잡하게 형성되기도 한다. 이 과정은 동일시간 내에 일어나므로 위쪽의 공기는 아래쪽의 공기보다 훨씬 더 많은 양을 이동시킨다. 따라서 같은 시간 내에 많은 공기를 이동시킨 윗면의 속도가 아랫면의 속도보다 크기 때문에 그것에 의한 힘으로 위에서 누르는 압력보다 속도가 느린 아랫면에서 올려주는 힘이 더 커지므로 비행기의 동체가 날 수 있는 것이다.

날개 상하면의 압력차

압력차가 발생하는 이유는 아랫면이 정지해있는 반면 윗면은 바람으로 인하여 속도가 빠르기 때문에 윗면은 속도가 느린 아랫면보다 상대적으로 낮은 힘이 발생하게 되므로 동체의 상하면에 그만큼의 압력차가 생긴다. 이것이 바로 속도 차에 의한 압력을 높이는 가장 실질적인 방법이며 이것을 베르누이 방정식을 사용하여 이해하려 한다면 더욱 쉽게 이해할 수 있을 것이다.

양력이 발생하는 원리를 이용한 것들

예를 들자면 야구에서 투수가 공을 던질 때 공의 형태 또는 흐름이 변화하는 것을 자주 볼 수가 있다. 이때 공에 회전이 가해질 때 그 주위로 공기가 지나가는 것을 들 수 있다. 그것은 공기의 흐름 방향과 같은 방향인 곳의 속도가 더 빠를 것이고 또한 그 반대쪽은 그만큼 속도가 느릴 것이다. 이러한 속도 차이는 압력 차이로 변하고 더 나아가서는 힘이 발생하여 공의 형태를 변화시키는 것이다. 이러한 변화를 매그너스(magnus) 효과라고 한다.

그리고 경주용 자동차의 스포일러의 원리 또한 그것과 같다. 그것은 측면에서 볼 때 에어포일 단면을 뒤집어 놓은 모양일 것이다. 자동차가 빠르게 달리다 보면 공기의 저항과 양력이 발생하게 되는데 이렇게 되면 자동차의 성능에도 많은 영향을 미치게 되므로 이러한 장치를 사용하게 된다.

특히 경주용 자동차의 경우 유선형의 차체를 사용하여 가볍고 튼튼하게 만들어야 하기 때문에 이러한 중요성이 더욱 빈번하다. 자동차 스포일러는 날개에서 양력이 발생하는 원리를 반대 방향으로 적용하여 자동차가 땅에 더 착 달라붙어 주행할 수 있도록 도와주어 안정감을 준다.

받음각

받음각이란 바람의 방향에 대해 기울인 판의 각도를 말한다. 이 경우 주의할 것은 받음각이 항공기와 지평선 사이의 각이 아닌 항공기 주 날개의 시위선과 상대풍 사이의 각을 말하는 것이다.

3) 공기 역학

공기 역학 부분은 자동차, 항공기 등 산업 전반에 있어 중요한 부분을 차지하고 있지만 그 중에서도 항공기의 응용이 특히 중요하기 때문에 항공 역학이라고도 부른다. 항공기의 비행에는 공기로부터 받는 힘이나 기계의 각 부분의 기류 등을 측정하거나 연구하는 측면에서 아주 중요한 포인트이며, 유체 역학의 응용 분야이다. 이 경우 다루는 대상에 따라 변하는데 날개이론, 회전날개이론, 비정상 공기역학, 경계층이론 및 난류이론 등이 있다. 공조장치의 효과를 높이기 위하여 공기저항을 줄이고 열바람에 대한 안전성을 높이기도 하며 품질을 줄이기도 한다.

따라서, 이러한 공기 역학은 스타일 면에서도 아주 중요한 부분을 차지하고 있으며 그중 항공 역학은 주로 항공기 운동, 가로속, 세로속, 수직속에 대한 면을 다루며 공기 흐름에 대한 많은 포인트를 남기고 있다.

4) 비행제어



비행제어란 기체의 속도, 자세 등을 비행사의 지시 또는 비행관리시스템(Flight Management Computer: FMC)에 의해 이루어지는 것을 말한다. 이때 비행 제어 시스템이란 컴퓨터, 데이터베이스, 센서와 작동기 같은 하드웨어 등과 모드관리, 자기진단, 화기 제어, 경로 제어 등과 같은 소프트웨어로 구성된다.

현재 점점 기기가 소형화되고 있는 추세이며 정확도 또한 상상을 초월할 정도로 발전을 하고 있다.

그 결과 조종사에게 각종 필요한 정보를 종합하여 제공할 수 있도록 컬러 모니터를 장착한 조종석이 등장하여 조종사의 업무를 경감시켜 안정성 증대에 일조하고 있다.

디지털 비행제어

최근에는 여객기 등의 민간 수송선에도 디지털 FBW(Fly-By-Wire)가 채용되고 있다. 이는 조종면의 제어를 케이블이나 유압 등으로 직접 하지 않고 전기 신호로 하는 방법을 취하고 있으며 복잡한 조종문제를 디지털 컴퓨터에 의해서 해결할 수 있어서 항공기 이착륙, 안전성, 탑승감 등의 개선을 가져올 수 있다.



전투기의 경우 통합 시스템 기술이 컴퓨터로부터 수행되고 있다. 이 기술은 전투 능력을 최대로 향상시키는 것을 목적으로 하며 통합 비행 및 화기 제어 시스템(IFFC: Integrated Flight & Fire Control)이라 불리는 새로운 시스템을 도입한 전투기는 공격할 표적의 순별부터 적절한 무기의 선택, 무기를 발사하기 위한 최적의 자세 등 조종사가 필요로 하는 모든 정보를 완벽한 계산 하에 조종사에게 제공한다.

디지털 비행 제어는 항공기가 고장났을 때 효율적인 대처 방안을 강구하며 그 능력을 가지고 있다. 1990년 맥도널드 더글러스사에 의해 개발된 자기진단 비행 시스템은 NASA의 협조를 받아 F-15기에 장착하여 시험을 하였는데 제어 면에서 부분적인 고장이 났을 때 어떤 부품이 어떻게 고장이 났는지 판단하여 안정적인 효율 관리 능력을 보여주었다. 한편, FBW 대신 광섬유를 통해서 빛을 보내어 신호를 주는 FBL(Fly-by Light)방식을 기반으로 하는 비치 경비행기를 선보인 레이시온사는 1994년 FBW 시스템에 비하여 각 시스템 간 전기적 간섭 효과를 배제할 수 있다는 점에서 호평을 받기도 하였다.

이와 같이 항공기 제어 분야는 엔진까지 통합 운영하는 추력 벡터링 이외에도 인공지능 기술을 이용한다거나 고차원의 프로그래밍어, 다기능 센서가 장착된 자동 조종장치, 비행 시뮬레이터, 능동제어 시스템, 공기역학적인 와류(vortex) 제어에 이르기까지 항공기의 조종성을 향상시키기 위한 연구가 한창이다.

5) 추진 (엔진)

(1) 왕복엔진

최초의 동력비행을 가능하게 해 준 동력장치는 왕복엔진이었다. 실린더, 피스톤, 점화플러그, 크랭크 등의 요소로 구성되어 있는 왕복엔진은 실린더 내에서 피스톤의 왕복운동을 동력으로 활용하는 것이다.



왕복엔진은 그 열역학적 사이클에 따른 분류와 행정수에 따라 나누는 분류법이 있는데 우선 전자의 경우 가솔린 기관(Otto cycle)과 디젤기관(Diesel cycle) 등으로 분류하고, 후자인 행정 수에 따른 분류법으로는 2행정 기관과 4행정 기관, 냉각 방식에 따라 공랭식 엔진과 수랭식 엔진으로

분류한다. 또한, 최근에는 실린더 배열방식에 따라 I형, 대향형, V형, 성형엔진으로 분류된다.

왕복엔진의 구조 및 작동 원리에 대해 설명하면 크게 실린더와 피스톤, 그리고 피스톤의 왕복 운동을 크랭크에 전달해주는 연결대(connecting rod)와 왕복 운동을 회전운동으로 바꾸기 위한 크랭크로 나눌 수 있다.

최근에는 터보 프롬 엔진이 많이 사용되는데 그 이유는 왕복엔진이 구조가 간단하고 만들기 쉬운 반면 침에 비해 무게가 무겁고, 연료가 비싼 단점이 있다.

(2) 가스터빈 엔진

터보팬 흔히들 대형 정보기들의 엔진에서 볼 수 있는 터보팬 엔진은 내부에 터보제트엔진을 포함하고 구조적으로 압축기 앞에 압축용 팬을 추가한 형식이다. 이것은 공기를 앞쪽의 대형 팬이 최초 압축 후 압축기로 보내어 일정량을 터보 엔진 주위로 흘려보내게 된다.



이러한 방식을 사용하여 터보팬 엔진은 터보 제트 엔진에 비하여 압력, 추력 등이 우수하고 중·저속에서 큰 효율성이 있다. 터보팬 엔진은 이 터보제트 엔진을 내부적으로 포함한 형태다. 구조적으로는 압축기 앞에 압축용 팬을 추가한 형식인데, 흔히 볼 수 있는 예로 대형 정보기들의 엔진에서 이러한 터보팬 엔진을 쉽게 접할 수 있다.

터보팬 엔진은 공기를 앞쪽의 대형 팬이 먼저 압축한 후 압축된 공기를 압축기로 보내게 되는데, 공기를 모두 다 보내는 것은 아니고 일정량 (by pass ratio)을 터보제트 엔진 주위로 흘려보낸다. 그래서 터보팬 엔진은 압축, 추력 효율이 터보제트 엔진보다 우수하고 특히 중·저속에서 큰 효율성을 보이게 된다.

터보팬 엔진의 특징으로는 엔진 뒷부분에서 연료를 다시 분사하여 추력을 증가시켜주는 후기연소기(After burner)를 가동시킬 때 큰 추력 증가율을 보이는 것이 큰 장점으로 작용하고 있다.

(3) 가스터빈 엔진(터보팬)

터보 팬 엔진은 현재 개발 중인 제트군용기의 모든 엔진에 사용 중일 정도로 폭이 넓다. 1960년대까지는 터보 제트 엔진을 주로 제트 군용기에 사용하였으나, 기술의 진보에 따라 성능이 훨씬 우수한 터보팬 엔진으로 흐름이 옮겨가게 되었다.



터보제트

크게 압축기, 연소기, 터빈, 노즐 등의 네 부위로 나눌 수 있는 제트엔진은 앞 부분에 위치

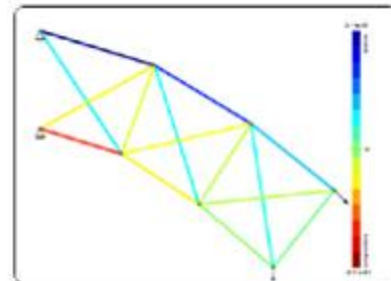
한 압축기의 공기를 연소기에 내보내는 역할을 담당한다. 이때, 압축기는 형식에 따라 원심식(Centrifugal flow type)과 축류식(Axial flow type) 등으로 분류된다. 이후 연소한 제트 가스는 온도와 압력이 높게 급팽창하게 되는데 그 제트가 터빈을 돌리며 노즐로 분사되어 이 제트가스의 반작용방법으로 인해 추진력을 얻게 된다. 터보 제트 엔진방식의 실용화는 2차대전시에 제트전투기 메사슈미트 Me262 기종부터 1960년대에 개발된 전투기에 이르기까지 대부분의 군용기 제트엔진에 사용되었다.

6. 항공기 구조

(1) 트러스 구조

항공기의 구조 부분은 간단하게 따지면 트러스 구조, 응력 외피 구조 및 샌드위치 구조 등으로 나눌 수 있다. 이러한 구조 형태로 인하여 바로 문제가 생겼을 때 사고로 연결을 막기 위해 페일 세이프 구조도 등장하고 있다.

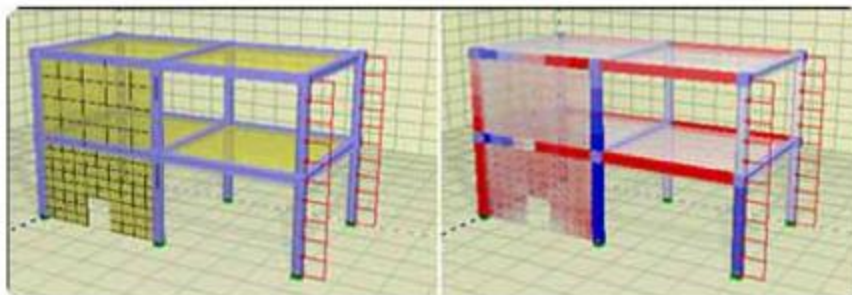
천 외피(fabric cover) 또는 얇은 금속판 외피를 씌운 구조 안에 목재 또는 철관 (steel tube)에 의하여 트러스(truss)를 구성한 구조형식을 바로 트러스 구조라 칭하며 이 기체의 하중은 트러스가 전담하고 공기력의 전달은 외피가 담당한다. 제작비용이 저렴해 주로 소형기 제작에 용이하다.



(2) 응력외피 구조

구조 중량에 비하여 강도가 크다는 이점이 있는 이 방식은 구조를 이루는 골조뿐만 아니라 외피도 휨 및 전단 응력에 대한 강도를 갖게 한다.

골조와 외피가 완전히 한 덩어리를 이루는 모노코크 구조형식(monocoque construction)과 골조와 외피가 결합하여 있으므로 외피도 응력을 지탱하도록 만든 반 모노코크 구조형식(semi-monocoque construction)으로 나뉘어진다.



(3) 샌드위치 구조

단위 면적당 강도가 높고 피로 단열, 방음의 특성이 좋고 가볍기 때문에 항공기, 미사일 등

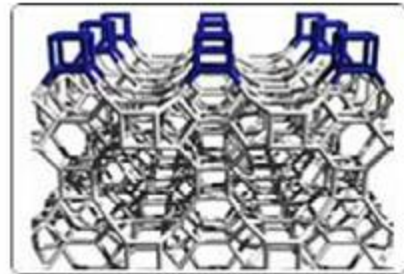
에 적극 활용되고 있는 이 구조는 1940년경부터 실용화되어 2차대전 말기부터 미국을 중심으로 급격히 발달하기 시작했다.

외판, 심재 및 두 부재 사이를 결합하는 접착제로 되는 구성이며 외부판은 축 방향의 인장과 압축 하중을 받고 심재는 전단 응력 및 외판에 수직방향의 압축하중을 받을 뿐만 아니라 축방향 압축하중의 경우 외판의 좌굴과 구겨짐(wrinkling)을 막는 역할을 한다.

접착제는 외판과 심재가 완전히 붙어서 응력의 전달이 적절히 되도록 한다. 근래에는 접합 방법, 제조방법, 다양한 형태 및 새로운 재료의 개발 등에 힘입어 점차 더욱 많이 사용될 전망이다. 샌드위치 구조의 종류를 심재의 형태에 따라 거품형, 발사(balsa)형, 허니컴(honeycomb), 파동형 등으로 나눌 수 있다.

(4) 페일세이프 구조

페일 세이프(Fail-Safe)란 각 구조 요소 중 어느 한 부분이 파손이 생기더라도 다른 구조 요소가 하중을 부담하여 사고로 이어지지 않도록 한다는 개념에서 시작된 것으로 일반적인 항공기의 구조 요소로서는 트러스 구조, 모노코크 구조, 샌드위치 구조 등의 세 종류로 구분되지만 한 구조물은 여러 개의 구조요소 또는 부재가 결합되어 이루지 않는다는 점에서 착안하였다.



이 구조는 구조 요소의 일부에 파손이 생기더라도 구조와 형태를 구성하는데 있어서 여객과 승무원의 안전을 최대한 보장하는 방법으로서 형식으로는 다중하중경로구조(redundant structure), 이중구조(double structure), 대기구조(back-up structure) 및 하중경감구조(load drop ping structure) 등과 같이 네 종류로 구분한다.

3. 비행선

1) 비행선의 원리

보통 우리가 비행선이라 부르는 물체의 정확한 명칭은 '연식 비행선'이라고 하며 친근하게 블립프(blimp)라는 애칭을 사용하기도 한다. 이에 열기구와 독일제 '체펠린'과 같은 경식 비행선은 공기보다 비중이 낮은 경량기종으로 분류된다. 이들은 일반 비행기가 가진 양력을 얻기 위해 '헬륨(He)가스'를 사용하며 이 가스는 1 세제곱 미터당 1.02kg의 양력을 제공하기 때문에 이 단위를 기준으로 적하 양을 조절할 수 있다.

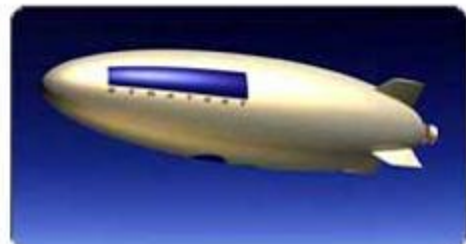
헬륨가스는 천연 소화 물질로 한 때는 구하기 힘들었으나 지금은 천연가스 제조가 활발히 이루어짐에 따라 어떤 곳에서라도 손쉽게 구할 수 있다. 기내의 부압은 1/15기압으로 아주 낮으며 압력이 이처럼 낮기 때문에 가스 누출 속도를 완만히 하여 안전비행을 하려면 몇 시간에서 몇 주가 걸리기도 한다.

기내 부압을 일정하게 유지하기 위해, 공기를 저장하는 주머니인 보조 기낭을 한두 개에서 여러 개까지도 설치하는데 이는 팽창과 압축과정을 합리적으로 진행하고 유지하기 위함이다. 보조 기낭의 부피 변화에 맞춰 헬륨이 늘거나 줄어드는데 보조 기낭의 부피가 제로에 달할 때 그것을 '순수 압력고도'라 칭한다.

활공 상태의 비행선은 헬리콥터가 100%의 엔진 힘으로 공중을 부양할 수 있는데 반하여 제한된 출력만으로도 상당히 오랜 시간 동안 연료 소모나 소음 및 진동 없이도 부양이 가능하다.

그리고 조종사가 기수를 상승시킬 때 기체를 띄워 올리는 힘(양력)은 곧 고속주행으로부터 추가된 속도

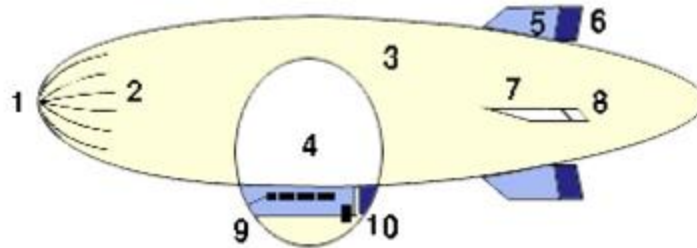
로부터 바뀌게 된다. 비행선은 이러한 운동 활동으로 고출력의 동력원이 필요치 않은데다 고속 비행에 의존하지 않기 때문에 주로 장기간 임무용의 비행기지로 활용되며 정속한 선실, 저진동, 저비용 등의 장점이 있으며 경제적이며 환경 친화적인 소재를 사용함으로써 더욱더 각광받고 있다.



2) 비행선의 구조

비행선은 기본적으로 가스주머니와 뼈대 + 추진장치 + 조종장치 + 조종실 객실 + 화물실 등으로 구성되어 있으며 이 전체는 공기 저항이 작은 유선형 가스주머니로서 선체에 해당한다. 비행선의 가스주머니와 뼈대의 구조에 따라 연식(軟式), 경식(硬式), 반경식(半硬式) 등으로 구분되며 탑승자가 타는 곤돌라에 비해 가스주머니는 구형(球型)인 것이 많다.

1. 연식 : 방추형의 주머니로만 이루어져 있으며 가스주머니에 뼈대가 없다.
2. 경식 : 체펠린 비행선으로 대표되는 방식으로서 선체와 곤돌라의 방식으로 이루어지며 선체는 경금속 뼈대와 외판으로 이루어지며 그 안은 가스주머니나 용기 등으로 이루어진다.
3. 반경식 : 연식과 경식을 상호 보완한 중간형이다.



1. 고정원추 (Nose Cone) 2. 버팀살 (Battens) 3. 기낭 (Envelope) 4. 보조기낭 (Ballonet)
5. 수직 날개 (Vertical Fins) 6. 방향 키 (Rudders) 7. 수평 날개 (Horizontal Fins)
8. 상승하강 키 (Elevators) 9. 곤돌라 (Gondola) 10. 엔진 (Engines & Propellers)

4. 열기구

1) 열기구의 원리

열기구는 커다란 공기주머니에 강한 불꽃을 쏘아 올려 이때 생기는 공기의 부력을 이용하여 나는 비행기구를 말한다. 이는 보통 공기의 무게가 없는 것처럼 보이지만 실제로는 가로, 세로, 높이가 각각 10피트라고 가정할 때 1,000입방 피트로서 상온에서의 무게가 약 76 파운드 정도이다. (1 세제곱 미터의 공기 무게는 1.25kg) 이것이 가열되어 팽창하면 공기의 일부가 기구의 입구를 통하여 방출됨으로써 공기의 밀도가 희박해지면서 열기구 바깥의 무게보다 가벼워진다. 이에 따라 내부공기를 섭씨 100도씨로 올린 4인승 열기구의 경우 0.6톤의 부력이 발생하여 내부의 냉각 공기가 가열됨과 함께 머물러 있던 공기는 방출되는 원리이다. 이는 즉 600kg의 부력을 발생시켜 장비의 무게와 네 명의 사람의 무게를 올릴 수 있는 힘이 생긴다는 것이다.

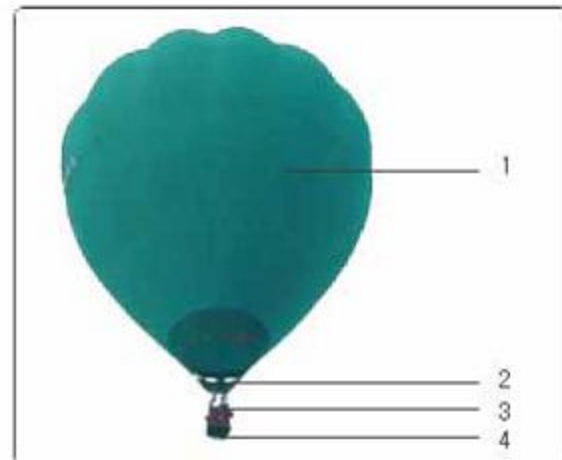


2) 열기구의 구조

기구는 부분 상 4개의 파트로 나뉘어 있다.

1. Envelope - 구피
2. Burner - 연소장치
3. Fuel Cylinder - 연료용기
4. Basket or Gondola - 탑승장치

부속장비로는 비행을 시작할 때 구피에 찬 바람을 넣어주는 송풍기(Inflation Fan)와 고도계, GPS, 무전기, 나침반, 지도, 소화기 등이 있다.



5. 인공위성

인공위성의 원리



뉴턴은 만유인력의 법칙인 사과가 땅에 떨어지는 모습을 통해 지구의 중력이란 걸 깨달았다. 그리고 이로 인해 지구의 인력을 달까지 확장할 수 있는 기초를 제공하였다. 뉴턴은 이미 달이 직선으로 움직이지 않고 지구 주위를 회전한다는 점에 대해 왜 라는 의문을 가지고 공공이 생각을 하고 있었다. 일찍이 갈릴레오가 확립시킨 '외력이 없으면 운동하고 있는 물체는 일정한 속력으로 직선

운동을 계속 한다'라는 관성의 개념을 믿고 있었던 뉴턴은 사과가 떨어지는 모습을 통해 좀 더 다른 생각을 하게 되었다. 뉴턴은 물체의 속력 또는, 운동방향이 바뀌는 원인 자체가 힘에 있다고 보고 사과의 경우에도 달의 경우에도 똑같이 적용되어 달이 지구 주위를 돌 수 있도록 지구의 어떠한 힘이 끌어당긴다고 생각한 것이다.

뉴턴은 달이 중력 속에서 지구 주위를 회전하는 포사체와 동일하다는 가설을 설정하였다. 그는 높은 산의 꼭대기가 지구 대기권밖에 있을 때 공기저항에 의해 포탄의 운동이 거의 변하지 않을 것이라고 생각하고 달의 운동과 높은 산꼭대기에서 발사한 포탄의 운동을 비교하였다. 예를 들어 수평방향으로 포탄을 발사하면 포물선 궤도를 따라 움직이다가 곧 지구로 떨어질 것이고, 좀 더 빠른 속도로 발사한다면 포물선 궤도는 덜 휘어지고 포탄은 더 멀리 날아간다는 것이었다. 또한, 어느 정도의 빠른 속도로 발사한다면 포물선궤도는 원 궤도가 되기 때문에 포탄은 계속해서 원운동을 하게 될 것이다. 이렇게 원 궤도를 따라 움직이게 된 포탄은 지구주위의 궤도에 영원히 머물게 될 것이다. 포탄과 달은 지구표면과 평행한 접선속도라는 것이 있는데 이 속도가 커지게 되면 지구의 중심으로 떨어지는 운동보다 지구주위를 도는 원운동이 생기게 된다. 만약, 달의 속력을 감소시키는 공기저항이 없다면 달은 영원히 지구의 주위를 돌게 될 것이다. 어떠한 하나의 가설을 이론화시키려면 가설에 대한 검증이 필요하다. 뉴턴의 경우 달이 직선 궤도 아래로 떨어지는 것이나 사과 같은 물체가 지표면에 낙하하는 것이 정확히 비례하는가를 증명함으로써 자신의 가설을 검증할 수 있다고 보았다. 그리하여 지표면위로 낙하하는 물체의 질량이 그 물체의 가속도에 전혀 영향을 주지 않듯이 달의 질량도 직선궤도를 벗어나기 때문에 아래로 낙하하는 것에 영향을 주지 않는다고 생각하였다. 달이나 사과 같은 물체가 낙하하는 현상은 지구중심에서 달이나 사과까지의 거리에만 관련되어야한다. 만약 달과 사과가 낙하하는 거리가 정확히 비례한다면, 지구중력이 달까지 영향을 미친다는 가설은 중요한 의미를 갖는다.

지구중심으로부터 달 중심까지의 거리는 지구중심에서 지표면의 사과까지 거리의 60배이다. 사과가 지구중심을 향해 낙하하게 되는 처음 1초 동안은 약 4.9m 떨어지게 될 것이다. 뉴턴은 케플러 법칙으로부터 지구의 만유인력은 거리의 역자 승으로 약해져야 한다(지구와 달의 인력은 중심사이의 거리의 제곱에 반비례함을 명확히 하여야 함) 고 판단하였다. 만약

달이 사과보다 $(1/60)^2$ 배 떨어져 있을 경우 지구로 떨어지는 달의 낙하거리는 지표면 사과의 낙하거리인 4.9m의 $(1/60)^2$ 배 만큼 떨어져야 하는데 이때의 달의 낙하거리는 1.4mm이다. 이로써 뉴턴은 자신의 가설을 증명하였다. 달은 중력이 없을 때의 접선 아래로 매초 1.4mm씩 떨어진다. 그리하여 달이 지구주위를 도는 것처럼 지구와 행성이 태양 주위를 돌고 있다는 것이 확인되었다. 행성들이 태양주위의 닫힌 경로로 떨어짐에도 태양과 충돌하지 않는 이유는 접선속도 때문이다. 그런데 이때 행성의 접선속도가 0이 되면 행성은 태양에 그대로 떨어져 충돌하게 된다. 이처럼 접선속도의 크기가 충분하지 못한 행성들은 과거에 이미 태양과 충돌하여 소멸되었을 것이다. 현재 태양계를 형성하고 있는 행성들은 접선속도의 크기가 충분한 행성들이다.

인공위성의 궤도

인공위성의 궤도는 타원의 모습을 하고 있다. 그리고 정지형 위성 이외에서는 궤도면이 적도면과 어떤 경사(궤도경사각으로 표시)를 가지게 되는데 인공위성이 발사하는 로켓 발사장의 위치와 발사조건에 따라 결정되는 것이 바로 이때의 경사각이다. 일반적인 위성의 경우 지구자전에 따른 접선속도가 로켓의 비행속도에 가중되도록 진동방향 쪽으로 발사된다. 자전속도는 위도가 높아지면서 감소하고 극에서는 0이 되는데 적도상에서는 초속 약 465m이다. 한 예로 로켓을 북위 30°의 위치에서 진동으로 발사하면 지구자전속도에 의한 이득은 초속 약 400m가 된다. 진동으로 발사한 로켓은 항상 지구중심으로 향하므로 점차 남쪽방향으로 남하하여 적도를 넘어 남위 약 30°까지 남하하면 이번에는 북위30°까지 북상하게 된다. 즉, 적도에 대해 경사각 30°의 궤도를 잡게 된다.

로켓자체 힘에 여유가 있을 경우에는 어떤 방향으로든 발사하는 것이 가능하다. 또한 자전속도에 의한 어떤 이점을 무시할 경우, 임의의 경사각을 가진 궤도에서도 발사할 수 있다. 하지만 실제적으로는 각각의 로켓을 순차적으로 이탈시키면서 가는 다단식 로켓을 사용하게 되므로 이 로켓들을 이탈시키기 위한 대책을 마련해야하기 때문에 발사방향에 있어 많은 제약을 받게 된다. 이러한 이유로 궤도변환 조작을 실행하는 경우가 많은데 이 조작은 진동발사를 통해 초기궤도에 진입시킨 후 고도나 궤도면 등을 바꿀 수 있기 때문이다. 정지형 궤도에 의한 변환이 바로 복잡한 궤도변환의 한 예이다. 정지형 궤도속도는 초속 약 3.08km이고 필요한 반지름은 지구 반지름의 약 6.6배가 되는 42,188km이며, 고도는 적도 상공 35,810km이다. 이 궤도는 말 그대로 지구가 자전하는 각속도와 같은 각속도로 적도 상공의 원이나 그것에 가까운 타원궤도를 에워싸며 돌기 때문에 이 궤도를 동쪽으로 주회하는 인공위성은 그 상공에 정지하고 있는 것처럼 보이기 때문에 불린 명칭이다.

로켓의 에너지를 유용 있게 사용하기 위해서는 이러한 궤도에 위성을 한번에 들여보내는 것이 그리 좋지 못하다. 그래서 우선 위성을 장원궤도(발사기정의 위도에 대응한 경사각을 이루는 궤도)에 발사한 후 위성에 내장된 애포지모터(apogee motor)라는 로켓엔진을 원지점 고도에서 작동시켜 궤도면과 고도를 바꿔준다. 이때 위성의 자세를 정확하게 제어하고, 애포지모터의 작동위치나 작동시간 등의 여러 조작을 정밀하게 해주면 추진력이 작용하는 방

향이 바르게 조정되어진다. 정지형 위성의 경우는 초기중량의 반을 애포지모터가 차지하고 있으며 다시 자세제어와 이후의 궤도 수정에 필요한 추진제를 많이 적재해야 한다. 정지형과 유사한 것으로 준정지형 궤도가 있는데 이 궤도는 지구의 광역을 내려다볼 수 있는 정지형 궤도의 인공위성과는 달리 약간 경사각을 가지게 하여 적도 상공을 축으로 하여 8자형으로 남북을 이동할 수 있다.

이 궤도의 위성은 북반구와 남반구에 각각 12시간의 비율로 원형운동을 한다. 이와는 다른 준정지형궤도에는 정지형처럼 적도 상공에 있긴 하지만 정지형보다 약 2,000km 낮은 고도에서 발사하는 방법이 있다. 이 궤도에 들어간 위성은 매일 약 30°씩 동쪽으로 이동하였다가 12일 후에 원래의 위치로 되돌아오는데 이것을 궤도에 몇 대 이상 배치해두면 순차적으로 접근해 오는 위성을 이용할 수 있다.

지구의 적도면은 공전궤도면과 23.4°경사되어 있지만 이들 면은 1년에 2회, 춘분과 추분 날에 교차하기 때문에 정오의 태양방위가 매일 쏠리듯이 지구의 어느 특정지점의 특정 시각에 쏠리게 된다. 이러한 현상은 $360^\circ \div 365\text{일} = 0.99^\circ$ 로 인공위성의 궤도면을 매일 이정도 쏠리도록 하면 특정 시각 특정 지점의 상공에 위성이 나타나게 되는데 이 궤도가 바로 태양 동기궤도이다. 이 궤도는 군사용 정찰위성처럼 특정 지점을 매일 정기적으로 내려다보는데 무척 용이하다.

