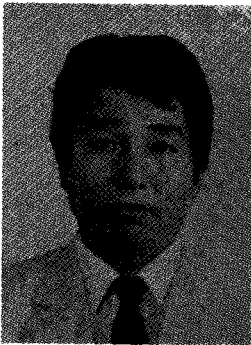


21世紀初의 航空機用 新素材



金 弘 球
(産業技術情報院 責任研究員)

目 次

1. 머리말
2. 超音速 旅客機
3. 宇宙 往復船
4. 맺는말

<이번호에 전제>

1. 머리말

최근 新素材의 비중이 커지고 있는 것으로는 航空機, 超電導, 自動車, 人工心臟, 電池, 宇宙 스테이션 및 超高層 빌딩 등이 있지만, 세계가 하루 생활권에 돌입하고 있는 현 시점에서 航空機의 중요성은 점점 더 커지고 있다. 특히 日本 通産省의 예측에 의하면, 新素材 市場이 1999년까지 年 平均 10% 정도의 성장을 이루며 2001년에는 총 규모가 9兆 5,000億 내지 12兆 6,000億圓에 도달할 것으로 전망하고 있으며 이중에서도 航空機用 新素材가 성장을 주도할 것이므로 본고에서는 2001년의 항공기용 신소재를 크게 超音速 旅客機와 宇宙 往復船으로 나누어 선진 각국의 기술 동향을 언급하고자 한다.

초음속 여객기

초음속 여객기(Super Sonic Transport : SST)는 최고속도 마하 2~5, 승객 200~400명을 태워 나르는 대형 비행기이다. 이 SST 재료기술에 대한 경계는 최고속도 마하 3이며, 마하 3 이하의 기체라면 기존 재료로도 커버가 가능하지만 그 이상에서는 재료의 전환이 필요하다.

마하 2.2 콩코드(Comcord)에서 효과가 입증된 듀랄루민(고장력 Al 합금)이 기존 재료의 대표이지만, 마하 3을 넘으면 기체 표면의 온도가 Al합금의 냉열한계를 넘어서기 때문에 Ti 합금이 사용된다.

이미 군용기에서는 마하 3의 비행기록을 올린적이 있는데 예를 들면, 미공군의 초음속 정찰기 SR-71의 주구조가 Ti 합금이다.

그러나, 2001년의 SST는 극히 현실적으로 듀랄루민을 주구조에 사용할 수 밖에 없을 것이다. 그 최대의 이유는 현재의 항공기 메이커나, 항공회사가 가진 생산 메인터너스 설비가 Al합금에 적합하기 때문이다. 항공기에서의 10년은 개발의 일주기에 지나지 않는다. Ti 합금에 적합한 생산설비의 신설은 항공기 메이커에 거액의 투자를 요구하고, 항공회사

에는 Ti 합금용의 메인テナンス 설비 신설과 기존설비의 병용을 필요로 한다. 따라서 불과 10년후라 할지라도, 현재의 생산 메인テナンス 설비 전부를 바꾸면서 까지 개발할 만큼의 시장 수요가 있을 것인지 어떨 것인지를 고려하여야 한다.

그러므로 콩코드와 점보 여객기의 항속거리를 합친 항공기의 개발이 타당한데, 그것은 마하 2 수준으로 충분하며, 굳이 마하 3을 넘는 항공기를 개발할 필요가 없다. 마하 3을 넘으면 RAM JET 등의 전혀 새로운 엔

진, 새로운 제트 연료가 필요하게 되고, 개발 리스크도 급상승한다. 물론, 앞으로 20년후의 차세대라면 마하 5도 생각할 수 있다.

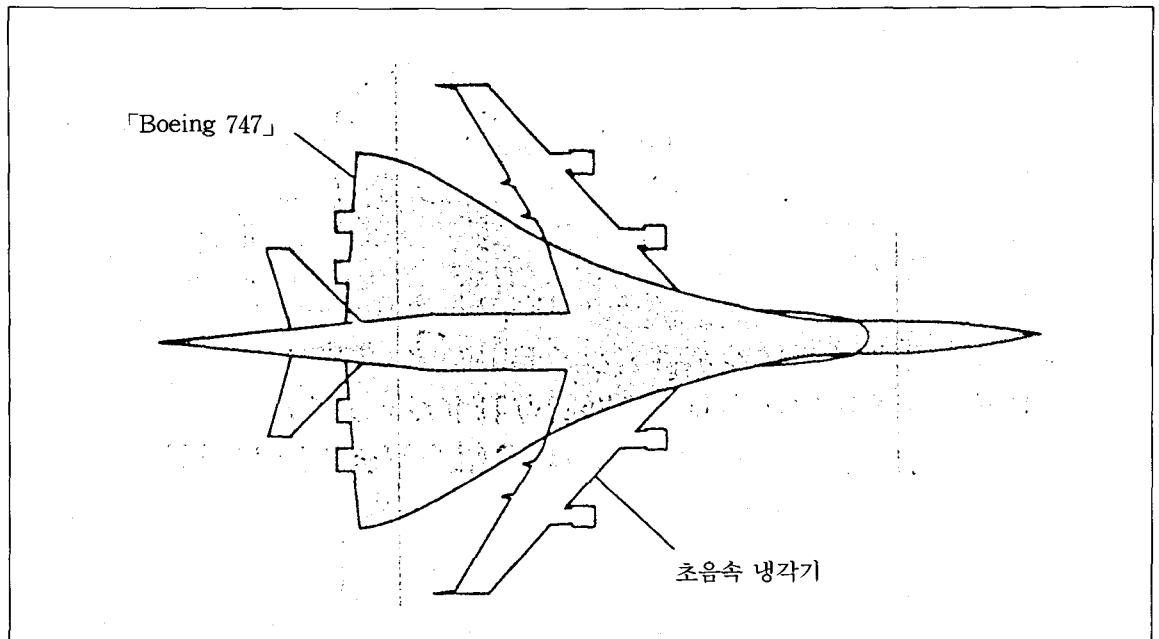
결국, 기체재료나 엔진 구조는 기본적으로 바꾸워 지지 않고, 최고속도는 마하 3을 넘지 않는다. 그대신 엔진과 기체의 경량화나, 공기력 저항을 감소시키는 설계를 해야 할 것이다. 여기서 최고속도 마하 2.5 주구조는 AI합금이라고 하는 설계가 구체적으로 떠오르게 된다. (<표 1>, <圖 1> 참조). 단지, 항속거리를 연장하는 것이 절대조건이기 때문에 기체중량을 경량화하고 엔진의 추진효율을 올릴 필요가 있다.

먼저 기체중량을 가볍게 하기 위하여, 복합재료가 많이 사용되고 있는데, 특히 탄소정유나 아라미드 정유로 플라스틱을 강화한 복합재료는 경량화 효과가 크기 때문에, 이미 군용기에서는 기체중량의 반 이상에 사용하는 예가 나오고 있다. 민간기의 경우, 경량화 효과는 제쳐두고 큰폭의 코스트 상승과 항공기 재료로써의 사용실적이 아주 미흡하기 때문에, 이 종류의 선진 복합재료의 상용률은 아

<표 1> 현재의 장거리 여객기와 차세대 초음속 여객기의 비교

	보잉 747	차세대 초음속 여객기
승객수	366	300
순항속도(km/h) (마하)	1000 (0.85)	2700 (2.5)
항속거리(km)	1만~1만4천	1만2천
전체 길이(m)	70.7	91.3
날개 폭(m)	59.6	39.4
날개 면적(m ²)	511	962
중량(t)	380	330

<도 1> 미국 Boeing사의 747과 차세대 초음속여객기의 기체규모 비교



직 10% 전후에 머무르고 있다.

그러나, 금후 10년에 코스트와 안전성의 문제가 상당히 해결될 것으로 보여 지는데, 탄소섬유는 이 10년 사이에 반 이하로 값이 내리며, 95년까지 세계의 생산능력은 현재의 배 이상에 달할 것으로 예정될 뿐아니라, 양산효과에 의하여 한층 더 코스트 다운이 기대되고 있다. 원재료 코스트 뿐만 아니고, 현재는 수작업에 의지하고 있는 복합재료 부품의 제조공정이 앞으로 대폭 자동화되어 프로세스 코스트도 떨어질 것이다.

안전성에 관해서는 운용기의 1차 구조재료로써, 금후 10년 사이에, 여러가지의 내구성, 안정성에 관한 데이터가 축적되어, 그것이 민간기 분야에 전용될 것이다. 경량화보다 코스트 비중이 더 큰 일반 여객기에서는 복합재료가 불리하나, SSI에서는 무엇보다도, 경량화가 요구되므로, 복합재료가 유리하게 될 것 같다. 마하 2.5급의 초음속 여객기는 공기마찰 가열에 의해서, 일반부에서는 150~170℃ 기수부나 앞날개에서는 200~220℃의 설계온도(내열성)가 요구되며, 복합재료는 많은 양의 에폭시 수지를 사용한 것이 아닌, 비스말레이드 수지나 폴리이미드 수지와 같이 내열성이 높은 매트릭스 수지를 탄소섬유나 아라미드 섬유로 강화시킨 내열 복합재료가 주로 사용될 것이다.

한편, 추진효율의 향상이 기대되는 엔진으로는 초음속 비행시의 연비를 유지하면서, 아음속 비행시의 연비를 저감시키기 위해 제트 비기속도를 제어 할 수 있는 가변 사이클 엔진이 사용될 전망이며, 재료로는 경량이면서 고내열성의 단결정 합금, 급냉 응고합금, 입자분산 합금 등의 신 합금이 사용될 것이다. 그리고 프랑스 Aerospaciale 회사의 SST 계획은 엔진에 초내열성의 C/C Composite를 사용하는 것이다.

이와 같이 현재는 로켓트 추진계 등 우주개발 분야에서만 실용화되고 있는 C/C Composite나 세라믹 복합재료가 내열성 경량성을 만족시키기 때문에 SST의 엔진용 재료로서

사용될 가능성이 크다.

3. 우주 왕복선

항공기에 사용되는 재료의 표준이 되는 것은 기체 표면의 설계온도(내열성)이다. 마하 2.5 초음속 여객기(SST)의 설계온도가 최고 300℃ 인데 비해 마하 25로 우주를 날으는 우주 왕복선(Space Plane)은 가장 내열성이 요구되는 Nose Cone의 설계온도가 2700℃를 넘으며 앞날개에서는 1100~2000℃가 된다.

Space Plane에서 가장 구체적으로 개발이 진행되고 있는 것은 미국의 NASA(국가우주항공국) 계획에 의한 실험기 X-30 으로, 미국 General Dynamics CO., McDonnell Douglas CO. 등의 유력 항공 우주 메이커 5개 회사가 결성한 연구개발팀이 정부 자금을 받아, 1997년 시험 비행을 목표로 하고 있다.

Space Plane은 그 극한적 요구사항 때문에 신소재의 집합체라고 볼 수 있는데, 가장 내구성이 요구되는 Nose Cone과 앞날개는 C/C Composite 그 자체를 냉각없이 사용할 수 있는 한계온도는 1500℃ 수준이므로, 실제로 C/C Composite 구조체 가운데에 열전도성이 좋은 히트 파이프를 설치하여 연료의 Hz 가스를 순환시키는 Active Cooling 시스템으로서 냉각 시키면서 비행한다. 이 히트 파이프는 Li를 첨가한 w합금을 사용한다.

내열성이 약간 낮아지는 기체의 주구조에 사용되는 Ti_3Al 이나 $TiAl$ 이라고 하는 Ti-Al 계의 합금간 화합물과 Ti 베이스의 금속간 화합물은 800~1000℃의 설계온도 영역에서 사용해야 하는데, 일반적으로 Ti 합금의 최고 사용온도가 600℃ 미만이므로 큰 폭으로 내열성을 상승시켜야 한다.

특히 강도나 강성이 요구되는 부분에는 Ti-Al 금속간 화합물을 Sic 섬유로 강화시킨 복합재료를 사용하며, 같은 양으로 Ti 합금을 강화한 복합재료도 개발되어, Space Plane 주구조의 대부분이 Ti 베이스의 신 합금과 그 복합 재료로 구성된다.

(53p에 계속)

발생되는 설비나 생산기술에 관련되는 문제와 경제적 문제를 피할 수 없다. 많은 에너지 자원을 필요로 하는 철강업에서 제선, 제강 과정의 새로운 기술개발, 마케트 수요에 대응할 수 있는 품질과 생산비가 실현될 수 있는 제품 개발의 필요성을 역설하였다(그림 1개).

(stal, 러시아어, No.5, 1991, p.1-2).

日本冶金工業의 耐侯性이 우수한 “NAS 304 AW” 制振鋼板 “NAS 젤로혼”, 콘크리트 강화 fiber “NAS RC Fiber”

NAS 304AW는 직경 700mm 이하의 小經 fume 管에 多用되고 있고, 조인트 collar부의 耐孔蝕性, 耐빈틈 부식성은 SUS316과 同等 以上の 성능을 가진다. NAS 젤로혼은 두장의 스테인리스板 사이에 粘彈性 수지를 끼워 넣은 샌드위치 복합판으로서 진동이나 소음을 현저하게 억제시킬 수 있다. NAS RC Fiber는 스테인리스 熔湯으로부터 직접 급랭 응고

추출하는 ME法으로 제조되고 있으며, 수요자의 요구에 부합되는 재료형상의 파이버를 一工程으로 제조할 수 있다(그림 1개, 표 3개).

(特殊鋼, 일어, Vol.40, No.3, 1991, p. 45-46).

최근 인도네시아의 알루미늄 事情

보크사이트의 大鑛床(Al_2O_3 51~54% 矽사이트)이 있지만, 해결해야 할 문제점은 부품 메이커 육성, 공해대책, 노동인구, 빈부의 격차 등이다. 1984년 아사한 알루미늄社의 생산 개시 이래 AI 산업(압출형재, 판, 박, 지붕용 시트, 가정용 기구, 임팩트 판, 자동차 휘일, 다이캐스트)의 메이커, 주소, 생산량을 서술하였다(그림 6개, 표 9개, 참고문헌 4건).

(アルトピア, 일어, Vol.21, No.10, 1991, p.9-18). <♣>

<42p에서 계속>

그런데 Space Plane에는 많은 부분에 Active Cooling 시스템에 사용되므로 열전도성이 우수한 재료가 요구될 뿐아니라 초 경도이어야 한다. 이에 개발된 것이 Be 베이스 금냉응고 합금과 금속간 화합물이며, 또한 Cu를 매트릭스한 섬유강화 복합재료이다. Cu 복합재료는 열전도성이 손상되지 않도록 핏치계 탄소섬유로 강화된다.

이상과 같이 Space Plane에 사용되는 소재는 혁신적인 것이 많기 때문에 현재로서는 연구개발 단계를 벗어나지 못하고 있으며, 해결해야 할 기술적 과제도 많다. 예를 들면, C/C Composite로 대형이면서 복잡한 상태의 구조부재를 형성할 수 있는 기술, 냉각 시스템 때문에 기체 내부에 흐르는 H_2 가스와 Ti계 금속간 화합물이 화학반응을 일으켜 합금이 취화되는 것을 방지하는 기술 등이다.

맺는말

Space Plane이 C/C Composite나 세라믹 타일을 내열 피복재로서 알루미늄합금이나 CFRP를 주 구조재료로 사용하는데 비해, SST는 내열재료로서 주구조를 구성하는 내열 구조재료의 개념을 전계에 적용 시키는 것이다. 이와 더불어 21세기 초에 완성될 Space Plane은 진정한 의미의 최첨단 재료 기술의 전시장이 될 것이며, 이를 위해서 미국의 X-30 이외에 독일의 SÄNGER 계획, 영국의 HOTOL 계획 그리고 일본이 항공우주 기술연구소를 중심으로 기초 연구를 행하고 있으며, 머지않아 300명.가량의 승객을 태운 초음속 여객기가 서울의 김포공항에서 미국의 Seattle 공항까지 2시간만에 도착할 수 있는 마하 5 수준의 SST로 소재 기술의 활용도 가능할 것이다. <♣>