

# 高強度 輕量複合材料

李 興 周 (陸士教授·工學博士)

## 1. 序 論

프라스틱과 合成製品의 世界的 권위자인 조오지 루빈(George Rubin)博士는 손가락 하나만으로 거뜬히 들어올릴 수 있을 정도의 가벼운 自轉車를 비롯하여 닭털 만큼이나 가벼운 골프공이 멀지 않은 장래에 유행할 것이라고 예언하였다.

宇宙科學分野에서 개발하고 있는 黑鉛과 붕소섬유로 만들어진 合成樹脂를 사용한다면 이같은 製品들이 未來生活의 일부를 차지할 것이다. 따라서 鋼鐵萬能時代의 終末이 不遠間 到來할 것이라고 예고하였다<sup>1)</sup>.

소련이 1957년 10월 4일에 發射한 스푸트니크(Sputnik) 1號 人工衛星의 지구궤도 進入成功은 全世界를 놀라움과 흥분에 도가니로 몰아 넣었으며 새로운 宇宙時代에 대한 希望과 美·소의 치열한 宇宙競爭을 유발하였던 것이다<sup>2)</sup>.

人工衛星의 발사는 크게 나누어 로켓(Rocket)의 推進問題, 推進되는 로켓의 制御(Control)問題 및 材料의 문제로 나누어 지는데 로켓의 速度가 音速의 3倍(Mach 3) 以上이 되면 로켓의 先體部分의 溫度는 約 1,000°C 以上으로 올라가는데 로켓의 內部에는 推進劑와 制御裝置를 위한 電子裝備를 적재하기 때문에 通常적으로 100°C 以上으로 溫度가 올라가는 것을 許容하지 않으며 더욱 이 制限된 推進劑의 量으로 보다 많은 裝備를 推進하여야 하기 때문에 가벼워야 하는 것이 先決條件이다<sup>3)</sup>.

즉, 高溫에서도 견딜 수 있고 高強度를 지녔으면서도 가벼운 材料의 開發이 要求되었고 이러한 要求條件을 同時에 만족시킬 수 있는 새로운 材料의

開發에 拍車를 加했던 것이다. 많은 研究結果<sup>4~8)</sup> 高溫에서는 견딜 수 있고 高強度이면서 가벼워야 하는 要求條件을 同時에 만족시킬 수 있는 새로운 材料를 宇宙材料(Space Material) 또는 高性能材料(High Performance Material)라고 부르고 이들의 개발을 계기로 둘 이상의 相互二律背反的인 要求條件을 同時에 만족시킬 수 있는 諸般特性을 지닌 새로운 材料를 만드는 것을 材料의 設計(Material Design)라고 命名하여 世界 도처에서 새로운 재료의 개발을 위한 研究가 활발히 進行中이다<sup>9)</sup>.

## 2. 材料의 性質

알루미늄 合金이나 유리섬유로 補強된 플라스틱이 航空分野를 비롯한 여러 分野에 사용되어 왔으나 비교적 적은 剛性度(Stiffness,  $5 \sim 10 \times 10^3$  kg 중/mm<sup>2</sup>) 때문에 使用分野에 많은 制限을 받아 왔다.

高性能材料의 一種인 붕소섬유(Boron Fiber)는 약  $30 \times 10^3$  kg 중/mm<sup>2</sup>의 彈性係數를 가지고 있다. 한 方向의 規則的인 排列로 補強된 붕소섬유 複合材料는 알루미늄 合金보다 2~3倍의 높은 彈性係數를 가지면서도 무게는 알루미늄 合金보다 약 25% 정도 가볍다. (도표 참조)

붕소섬유 複合材料를 高強度, 高價인 티타늄(Titanium) 材料와 비교하여도 剛性度(Stiffness)와 強度(Strength)면에서는 거의 비슷하고 무게는 약 50% 정도 줄일 수 있다. (도표 참조)

高性能材料 중에서 특별히 脚光을 받고있는 炭素나 黑鉛섬유 및 붕소섬유는 높은 剛性도를 가질 뿐만 아니라 比剛性度(Specific Modulus, 즉, Modulus/Density)가 鋼鐵材料에 比하여 대단히 높

〈표 1〉

재료의 특성 비교

종류	성질	강성도(A) ( $10^3 \text{kg중/mm}^2$ )	인장강도(B) ( $\text{kg중/mm}^2$ )	밀 도(C) ( $\text{g/cc}$ )	비강성도(A/C) [( $\text{kg중/mm}^2$ )/ ( $\text{g/cc}$ )]	비인장도(B/C) [( $\text{kg중/mm}^2$ )/ ( $\text{g/cc}$ )]	용 점 ( $^{\circ}\text{C}$ )
강철		20	21	7.9	2,500	2.7	1,400~1,600
나무		1	5	0.8	1,250	6.3	300
붕소		45	351	2.51	18,000	140	2,000
주철		10	5	7.9	1,260	0.6	1,400
팅그스텐		35	14	15.8	2,200	0.9	3,000
특수강		20	73	7.9	2,500	8.9	1,400~1,600
프라스틱		1.5	4	2.0	750	2	250~1,500
E. R. P.		0.8	21	2.5	320	8.4	250~2,500
흑연		53	281	1.5	35,000	190	3,500

기 때문에 兵器分野에 많이 應用될 것으로 기대된다. 炭素나 黑鉛纖維의 특성이 어떻게 변하는가를 알아내기 위하여 이들 섬유를 연구하는 많은 사람들이 섬유의 조직변화에 대하여 집중적인 努力을 경주하였으나 正確한 解答을 얻지는 못했다.

그러나 높은 強度를 갖는 炭素나 黑鉛纖維는 結晶組織(Crystal Structure)을 갖고 있다는 것을 밝혀냈다.

黑鉛纖維 연구자들은 흑연섬유가 結晶組織을 가질 경우 약  $70 \times 10^3 \text{kg중/mm}^2$ 의 탄성계수를 갖는다고 믿고 있는데 이것은 鋼鐵이 갖는  $15 \times 10^3 \text{kg중/mm}^2$  彈性係數에 비하면 거의 2배에 해당된다.

單結晶의 構造를 갖는 흑연섬유는 앞에서 說明한 바와 같이  $70 \times 10^3 \text{kg중/mm}^2$ 의 높은 彈性係數를 갖는 반면 多結晶構造를 갖는 흑연자체는  $10 \times 10^3 \text{kg중/mm}^2$  정도의 낮은 彈性係數를 갖는데 이것은 흑연섬유의 結晶사이에 存在하는 制限性(Constraint) 때문에 轉位(Dislocation)가 일어나기 어렵기 때문인 것으로 알려지고 있다.

깁슨(Gibson)이나 랑글로이스(Langlois) 등 흑연섬유 연구자들은 흑연섬유를 밀집(Dense)하게 結晶化(Crystalization)시킨 결과 약  $30 \times 10^3 \text{kg중/mm}^2$ 의 높은 彈性係數를 갖는다는 사실을 발견하였다.

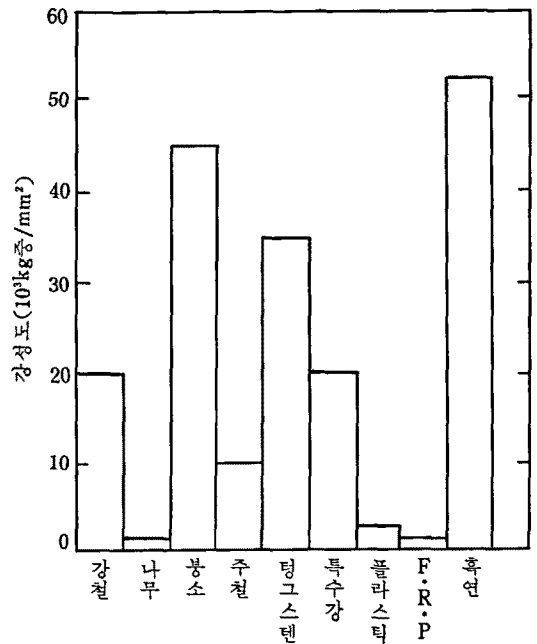
高強度 섬유의 表面(Surface)과 内部에 결합이 있는 경우는 인장강도가 현저히 저하된다. 저하된 인장강도를 증가시키기 위하여 高強度 섬유의 표면 결합은 쉽게 고칠 수 있으나 内部的인 결합은 고치기 힘들다.

이외에도 高強度 섬유로는 美國 듀퐁(Du Point) 會社에서 製造한 애로매틱 폴리아미드 섬유(Aromatic Polyamide Fiber)가 있는데 듀퐁에서 이 섬유를 케블라(Kevlar)라는 商名을 붙였다.

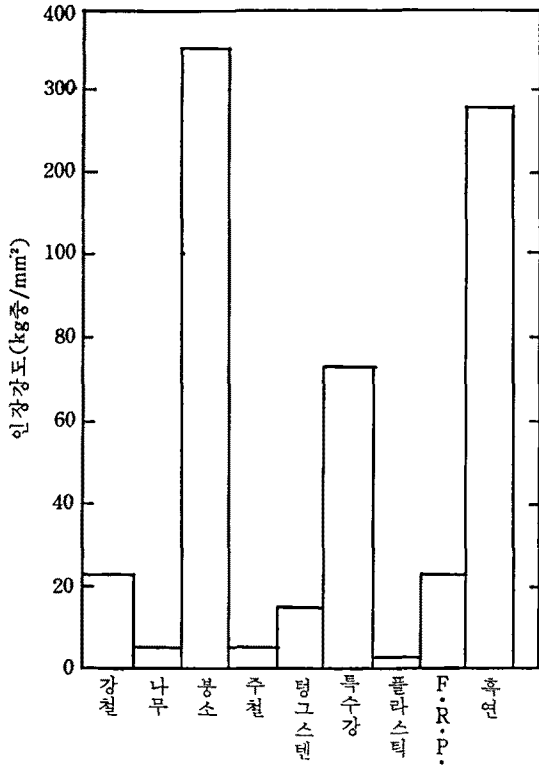
케블라 섬유는 높은 인장강도는 갖지만 剛性도가 낮은 단점이 있다. 케블라에 탄소나 黑鉛纖維를 附加하여 만든 複合材料를 하이브리드 複合材料(Hybrid Composite Material)라 한다.

이 材料는 케블라 섬유로부터 높은 충격력을 얻고 炭素나 黑鉛纖維로부터 높은 강성도를 얻어서 충격저항력이 크고 높은 강성도가 있기 때문에 여러方面에 多目的으로 널리 쓰이고 있다. 이미 說明한 高強度 섬유와 그들의 複合材料의 特性을 鋼鐵 및 알루미늄과 비교하면 표 1과 같다.

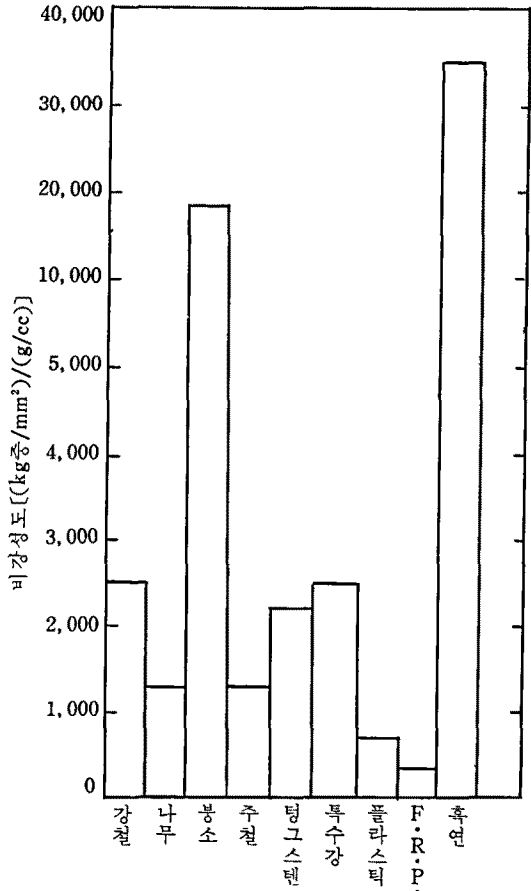
이 材料는 케블라 섬유로부터 높은 충격력을 얻고 炭素나 黑鉛纖維로부터 높은 강성도를 얻어서 충격저항력이 크고 높은 강성도가 있기 때문에 여러方面에 多目的으로 널리 쓰이고 있다. 이미 說明한 高強度 섬유와 그들의 複合材料의 特性을 鋼鐵 및 알루미늄과 비교하면 표 1과 같다.



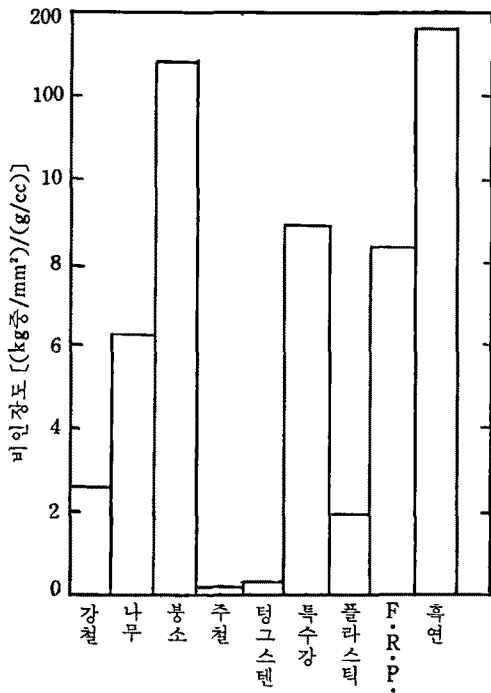
〈그림 1〉 材料의 剛性度 비교



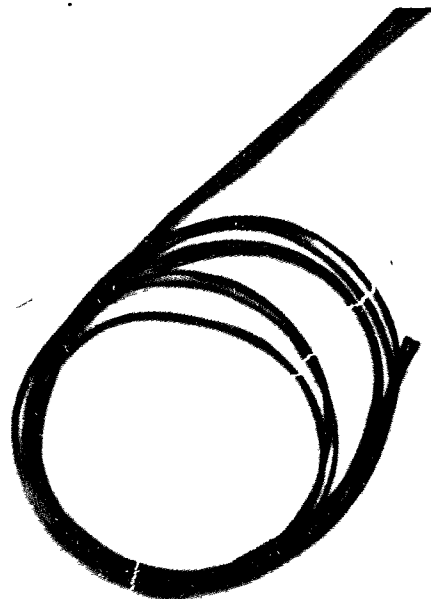
〈그림 2〉 材料의 인장強度 비교



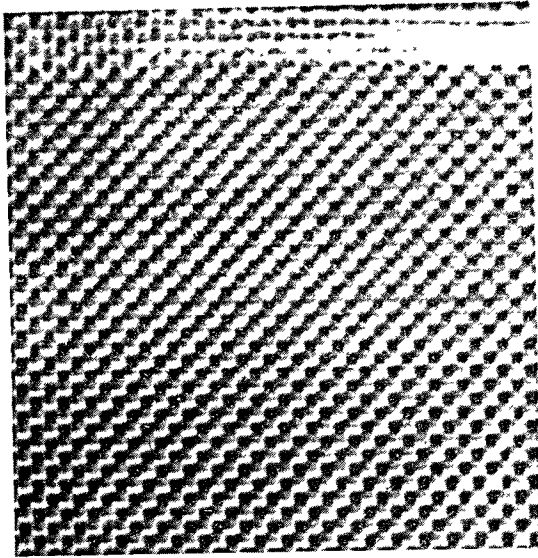
〈그림 3〉 材料의 比剛性度 비교



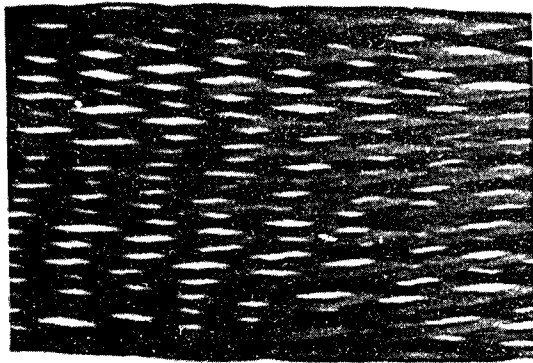
〈그림 4〉 材料의 비인장強度 비교



〈그림 5〉 흑연 섬유 실(Roving of Graphite Fibers)



(a) 一方向 編織物(Woven Roving)



(b) 二方向 編織物(Woven Fabric)

<그림 6> 흑연섬유 편직물(Weaven of Graphite Fibers)

### 3. 活用分野

#### 가. 地上兵器에 應用

現代 地上兵器의 3大具備條件을 定義하면, 첫째 火力이 강해야 하고, 둘째 機動性이 良好하며, 셋째 自體防護를 위한 防彈性이 優秀해야 한다는 것이다.

한 例로서 地上의 王子라고 일컫는 탱크를 들어 보면 탱크의 構造는 크게 세가지로 나누어 지는데

첫째는 發射裝置, 둘째는 射擊統制裝置, 셋째는 機動裝置이다.

탱크의 火力을 증강하기 위해서는 가능한 砲彈發射를 위한 포신을 大口徑化 하려고 할 것이며 大口徑의 포신을 사용할 경우 必然的으로 機動性의 低下를 가져오며 彈丸發射速度에 甚대한 영향을 미칠 것이다.

機動性의 向上을 위해서는 탱크를 가볍게 만들면 되나 탱크를 가볍게 만들기 위하여 탱크의 輕量化나 小型化를 추진 할 경우 탱크의 火力이 弱化되고 砲彈의 운반에 甚대한 제한을 초래하며 나아가 自體防護를 위한 防彈力의 弱化를 초래할 것이다.

탱크의 自體防護를 위해서는 탱크의 防彈벽을 두껍게 만들면 可能은 하겠으나 이렇게 할 경우 機動性이 低下되며 移動함에 있어 많은 연료를 소모하여 最大航續距離가 단축되고 積載할 수 있는 彈丸의 數에도 현저한 감소를 가져올 것이다.

탱크의 사격통제장치는 高度로 발달하였기 때문에 發射된 彈丸은 반듯이 命中하여 標的에 맞지 않는다는 것은 想像조차 할수 없다는 口號, 즉 發射되거든 잊으라(Fire and Forget)는 말이 유행하고 있다. 즉 사격통제장치(Fire Control Equipment)는 高度로 精確한 電子裝備를 갖추고 있다는 이야기이다.

高度의 電子裝備는 裝備周圍의 溫度가 35°C 이상이 되면 精確한 作動을 期待하기 어렵기 때문에 適合한 溫度(Optimum Temperature)를 유지할 수 있도록 溫度調節(Temperature Control)이 용이해야 한다.

現在보다 우수한 對戰車火器의 開發에 몰두하였던 많은 연구자들은 進一步된 燒夷彈을 開發하여 아무리 두꺼운 鐵甲板이라도 관통시키며 파괴시킬 수 있다고 장담하고 있다. 즉 이들은 1,600°C 以上の 高溫에서는 鐵은 반드시 용해(Melting)된다는 사실을 포착하여 새로운 燒夷彈을 개발하므로써 부딪치는 충격에 의한 파괴보다는 녹이면서 鐵板을 관통하여 20~30cm의 鐵板도 뚫고 들어가 탱크내부에 적재한 砲彈이나 乘務員들에게 致命打를 가할 수 있게 되었다.

對戰車砲彈은 대부분 燒夷彈으로서 강렬한 충격과 高溫에 의한 용해열을 이용한다는 사실을 인

지할 때 그에 대한 방책으로서는 外部에는 高衝擊抵抗材料(High Impact Resistant Material)를 사용하고 中間에는 특별히 開發된 高溫抵抗窯業材料(High Temperature Resistant Ceramic Material)를 사용하며 內部에는 絶緣材料(Insulation Material)를 사용하여 高度의 精密性을 지닌 射擊統制裝備을 保護하는 것이다.

앞에서 言及한 高溫材料는 다음 사항을 상기해 볼때 쉽게 이해할 수 있다. 家庭에서 飲食物을 끓일 때 燗배기를 사용하는 예를 자주 볼수 있는데 이것을 관찰한 사람은 누구나 燗배기가 高溫에 견딜 수 있는 材料로 만들어졌을 것이라고 추측하기는 어렵지 않다. 옛날의 부뚜막은 벽돌이나 진흙 또는 시멘트로 만들어 졌거나 거기에 타일을 부착한 것이 대부분인데 이들 또한 高溫에 견딜수 있는 材料이다.

우리는 歷史를 통하여 高麗時代의 청자를 비롯한 대부분의 磁器는 높은 온도에서 구워서 만든다는 사실과 많은 窯業系統의 재료는 高溫에 견딜 수 있기 때문에 부역의 확대용으로 많이 사용되어 왔다는 사실을 쉽게 알수 있다.

火力, 機動性 및 防彈性의 三大具備條件을 同時에 만족시킬 수 있는 材料로서는 外部에 輕量의 高強材料인 炭素나 흑연섬유의 複合材料 또는 충격에 강한 케블러(Kevlar)섬유 複合材料 내지는 그들의 하이브리드(Hybrid) 複合材料를 사용하므로써 충격 흡수력을 증가시키고 중간층에는 輕量이면서도 高溫에 견디며 強度가 높은 硼소섬유나 그들의 複合材料와 같은 高溫窯業材料를 사용하며 內部에는 나일론과 같은 비교적 저렴하면서도 高強度인 化學纖維의 복합재료를 사용한 多層複合材料(Multi Layered Composite Material)가 유망하다.

뱅크에 이러한 材料를 사용하여 敵의 대전차 燒夷彈 공격을 막고 전체적인 무게의 輕量化를 추진하여 機動性을 增加시키며 火力의 增大를 도모할 수 있다.

高溫材料를 사용하였기 때문에 燒夷彈 공격에 강할 뿐만 아니라 앞으로 開發될 것으로 예상되는 強烈的 熱에너지를 이용한 레이저武器에 더욱 効果的이다.

地上兵器中에서 중요한 役割을 담당하는 迫擊砲는 비교적 초기에 개발된 武器의 一種인데 그 重要性은 現代에 이르러 더욱 높아지고 未來에는 더

욱 各광을 받을 것으로 예측된다. 그것은 迫擊砲가 다음과 같은 몇가지 利點을 갖고 있기 때문이다.

操作이 간편하기 때문에 迫擊砲의 운영에는 많은 인원이 필요치 않고 相對的으로 적은 훈련과 간단한 裝備만으로도 전투에 있어 고도의 戰力을 발휘할 수 있다.

즉, 野戰砲兵 105M 4~6門을 운영하는데는 1개 中隊의 兵力이 필요하고 各種高價의 裝備와 附隨的인 器具가 뒤따른다. 물론 迫擊砲 部隊에서는 이와같은 부수적인 裝備가 전혀 없는 것은 아니다 그 數量과 價格面에서 비교가 안된다.

現代에 이르러 대부분의 砲가 현대전에서 要求되는 機動力增加의 必要性 때문에 自走化되어 가는 과정에 있음을 전제해 볼때 迫擊砲는 저렴한 價格으로 용이하게 自走化할 수 있는 또 하나의 長點이 있다.

흔히 팔레스타인(Palestine) 戰爭이라고 불리는 제 1차 中東戰爭을 비롯한 數次의 中東戰에서 이스라엘(Israel)은 他國에서는 대부분 퇴역한 반캐도차량에 迫擊砲를 탑재하여 아주 뛰어난 效果를 얻은바 있다<sup>9)</sup>.

迫擊砲가 갖는 또 하나의 장점은 그것의 強力한 火力이다. 迫擊砲 포탄이 同一口徑의 野砲彈 보다 火力이 強하다는 뜻은 물론 아니고 더구나 ICBM이나 Beehive와 같은 各種目的의 特殊彈에 비할 수 있는 것은 아니나 迫擊砲의 구조상 時間當 발사속도가 野砲에 비하여 일반적으로 뛰어나기 때문에 直射火器로 직접 조준사격을 할 필요가 있는 標的이나 충격력이 필요한 표적이 아닌 一般的인 標的에 대해서는 一定時間內에 보다 많은 火力을 퍼부을 수 있는 迫擊砲의 效用性은 매우 뛰어난 것이라 아니할 수 없다.

迫擊砲는 현대의 戰術狀況에 매우 적합하고 效用性이 높은 武器이다. 왜냐하면 迫擊砲는 高角度火器이기 때문에 地形의 特性에 거의 구애받지 않는 융통성이 풍부한 火器이며 第4次中東戰爭에서 보듯 散在한 步兵들에게는 아주 効果적이다.

迫擊砲는 이러한 장점들만 가지고 있는 것은 아니다. 射距離가 짧다든지 精確性이 多少 不足하다는 등등은 그 단점으로 지적될 수 있으나 砲兵火力의 效果는 精確性에 못지 않게 그 火力의 強度와 운용의 융통성에 의하여 增大되는 法이고 精確性이

多少 부족하다고 해서 크게 問題될 정도는 아니다.

高角度 화기인 迫擊砲는 射距離內에서 차폐물이나 장애물 등에 제한을 받지않고 있을 뿐만 아니라 運用이 간편 용이하며 아무곳에나 位置시켜 사용할 수 있기 때문에 砲陣地의 선정에 제한을 받지않는다.

迫擊砲 조작의 간편성은 우리에게는 重要한 利點의 하나임에 틀림없다 近來에 들어 경제 및 과학기술이 대폭 向上되었음은 틀림없지만 아직도 國民大多數는 機械에 관한 一般 조작능력이 充分하지 못한 상태에 있다.

따라서 보다 적은 努力과 보다 빠른 시일내에 효과적인 戰力을 발휘할 수 있도록 訓練을 실시해야하는 軍에서는 상대적으로 操作이 간편하고 운용이 용이한 火器의 必要性이 더욱 增大될 수 밖에 없다.

이와 같이 重要한 迫擊砲이지만 단 한가지 치명적인 문제점이 있는데 그것은 바로 機動性이다. 車輛화한다면 문제는 간단한 것이나 車輛화된 迫擊砲를 活用하기에는 급경사와 높은 高地로 인한 特殊한 地形때문에 장애가 너무크다.

이같은 地形의 장애를 극복하고 迫擊砲의 利點을 最大로 活用하려면 박격포 그 자체를 輕量化하는 수밖에 없다.

砲彈發射時 反動을 駐退運動으로 흡수하는 一般野砲와는 달리 박격포는 그 力學的인 構造上 포탄 및 포신 등의 輕量化가 얼마든지 可能的인 形態이므로 만약 輕量의 高強度 複合材料로서 획기적인 輕量化가 이루어 진다면 迫擊砲의 활용도는 거의 경이적으로 增大할 것이다.

## 나 미사일 및 航空機에 응용

로켓나 미사일이 高速으로 비행할 때 그 表面에서는 空氣와의 마찰에 의하여 航空力學的인 加熱現象이 일어나는데 이러한 현상으로 인하여 로켓나 미사일의 表面溫度가 올라간다.

이와같은 航空力學的인 가열현상은 미사일의 속도, 모양, 空氣흐름의 상태 등 諸般要素에 의하여 좌우되지만 그중에서 2가지의 지배적인 要素를 들면, 空氣의 密度와 粘性이 高度에 따라서 변하기 때문에 高度가 하나의 要素가 될수 있고 다른 하나는 로켓나 미사일의 速度라고 볼수 있다<sup>10)</sup>.

航空力學的인 가열현상에 의하여 높은 온도가 형성되는 리딩에지(Leading Edge)나 비행체의 先端부분인 노즈콘(Nose Cone)에서는 航空力學的인 가열현상으로부터 보호하여야 한다. 그 理由를 설명하면 다음과 같다.

(1) 로켓나 미사일에서 많이 사용하는 니켈 카디움(Nickel-Cadium) 電池는 영하 5°C 이하로 내려가거나 영상 30°C 이상으로 올라가면 제기능을 발휘하지 못하기 때문이다<sup>11)</sup>.

(2) 게르마늄 트랜지스터(Germanium Transistor)는 70°C 이상으로 올라가면 제기능을 발휘하지 못하고 70°C 보다 약간 높은 온도에서는 可動은 하지만 大部分의 電子裝備는 零下 5°C보다 낮거나 零上 70°C보다 높으면 기능을 발휘함에 있어 믿을 수 없다<sup>11)</sup>.

(3) 推進劑는 액체추진제나 고체추진제를 막론하고 常溫에서 가장 理想的인 기능을 발휘하고 있다<sup>12)</sup>.

열 차장을 위해서는 外部에는 熱衝擊抵抗이 좋은 材料를 쓰고 内部에는 絶緣이 잘되는 多層複合材料를 사용해야 하며 高溫에서도 機械的인 性質을 상실하지 않는 흑연이나 붕소섬유의 複合材料가 理想的인 것으로 알려지고 있다<sup>13)</sup>

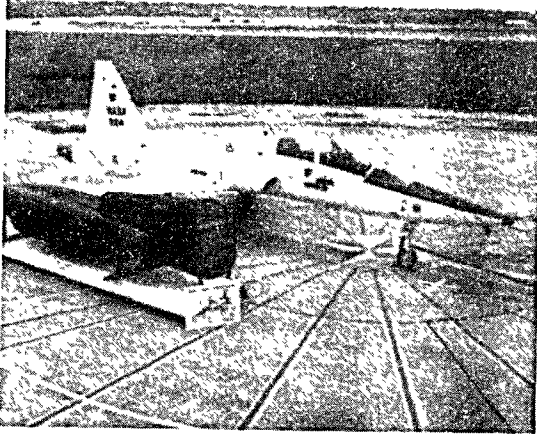
固體推進劑를 사용하는 로켓의 노즐에서는 약 3,000°C의 溫度로부터 노즐을 보호하여야 하기 때문에 再結晶溫度(약 3,000°C)가 높고 熱傳導係數 및 壓縮應力이 큰 재질을 사용하여야 한다<sup>13,14)</sup>.

가벼우면서 高溫에 견딜 수 있는 材料는 흑연판에 흑연섬유를 보강한 材料이다. MOD-3 材料는 흑연판에 흑연섬유를 보강한 대표적인 複合材料로서 高溫에서도 높은 應力을 가지는 반면에 약 2,500°C에서 酸化하는 약점이 있다.

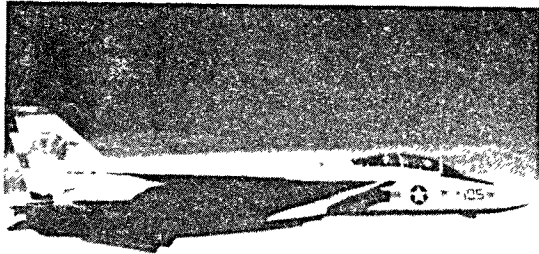
따라서 MOD-3 材料를 노즐에 사용할 때는 内部의 연소가스 접촉부에 耐火性이 강한 금속이나 堯業재료 또는 텅스텐 등으로 내피(Liner)를 만들어 多層複合材料를 제작하여 사용한다.

이 외에도 흑연이나 탄소섬유로 보강된 複合材料는 로켓의 모터 케이스(Motor Case) 推進劑의 탱크 케이스(Tank Case) 등을 만들 수 있다<sup>9)</sup>.

黑鉛纖維로 보강된 複合材料는 製作費의 大小를 論하기 보다는 우수한 성능을 발휘할 수 있는 가벼운 航空機의 製作을 위하여 사용되어 왔으며 美國의 空軍에서는 우수한 黑鉛纖維와 그의 성형법



〈그림 7〉 제너럴 다이내믹스 회사(General Dynamics Corp)에서 흑연섬유 복합재료로 제작한 F-5 戦闘機의 胴體(Fuselage)

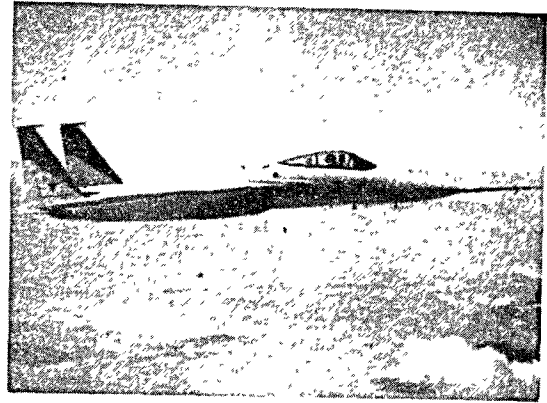


〈그림 8〉 그루만 항공회사(Grumman Aerospace Corp)에서 붕소섬유 복합재료로 제작한 F-14 전투기의 水平尾翼(Horizontal Stabilizer)

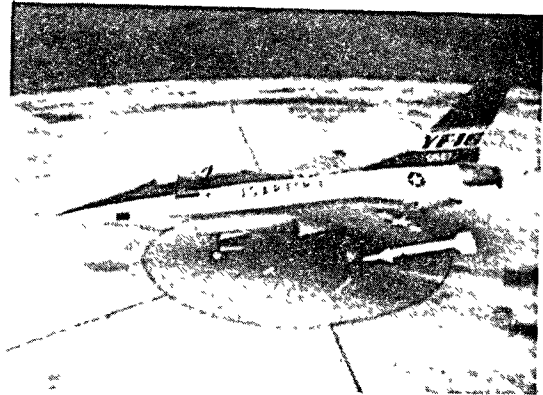
을 개발하여 F-5 戦闘機의 胴體를 만들었고 美國의 海軍에서는 F-14 戦闘機의 리딩 기어 도어(Leading Gear Door)를 흑연섬유 복합재료로 만들었다<sup>15)</sup>.

美空軍의 F-15 전투기의 垂直尾翼(Vertical Stabilizer)는 붕소섬유 복합재료로 만들었으며, F-16 戦闘機에는 크고 작은 部分品에 약 500kgW 이상의 흑연섬유 복합材料를 사용했다<sup>16)</sup>.

F-111 戦闘機의 동체(Fuselage) 및 水平尾部(Horizontal Tail)에 붕소섬유 복합材料를 사용하는가 하면 B-1 爆撃機의 水平 및 垂直尾翼(Horizontal and Vertical Stabilizer)도 흑연섬유 복합材料로 만들고 있다<sup>16)</sup>.



〈그림 9〉 맥도넬 다글라스 회사(McDonnell Douglas Corp)에서 붕소섬유 복합재료로 제작한 F-15 전투기의 水平 및 垂直尾翼(Horizontal and Vertical Stabilizer)

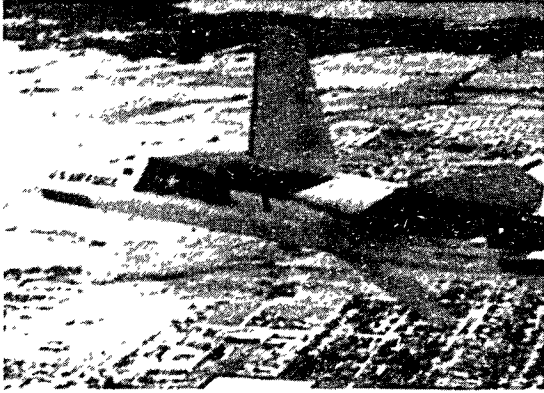


〈그림 10〉 제너럴 다이내믹스 회사(General Dynamics Corp)에서 흑연섬유 복합재료로 제작한 F-16 전투기의 水平 및 垂直尾翼(Horizontal and Vertical Stabilizer)

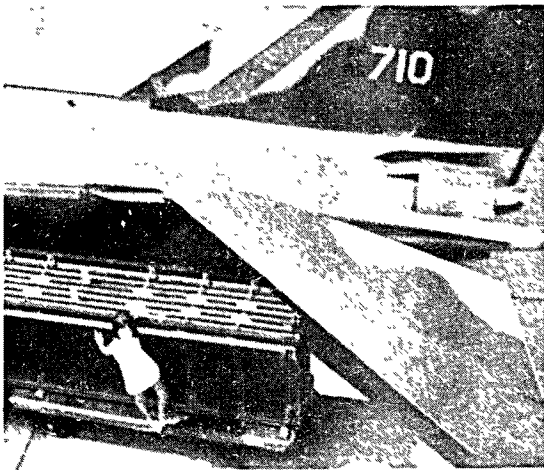
흑연섬유 複合材料는 軍用飛行機 뿐만 아니라 民需用 항공기에도 사용되는데 보잉 747 점보제트(Boeing 747 Jumbo Jet) 여객기의 플로어 덕킹(Floor-Decking)은 알루미늄합금을 사용하지 않고 페이싱 쉬트(Facing Sheet)를 이용한 하니콤 構造材(Honeycomb-Structural Material)로 만들었다<sup>9)</sup>.

보잉 747 旅客機에서는 下降 선회 능을 좋게 하기 위하여 윙스포일러(Wing Spoiler)를 흑연섬유 複合材料로 만들었으며 이 외에도 100여개의 크고 작은 部分品에 흑연섬유 複合材料를 사용하여 가볍게 만들었기 때문에 燃料의 소모를 감소시킬 뿐만 아니라 알루미늄 합금을 사용했을 때 보다도 飛行機의 수명을 더 연장하고 있다<sup>9)</sup>.

ATS-6 人工衛星(Satellite)에서 送受信器의 지

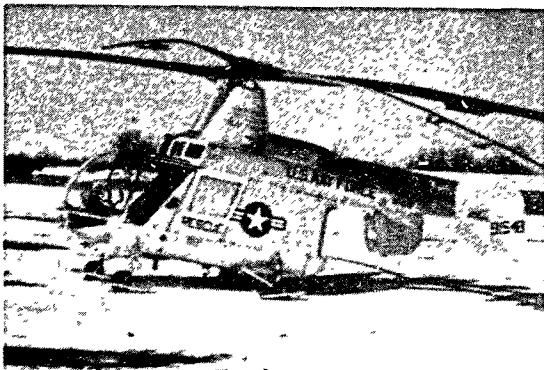


(a) F-111 전투기



(b) F-111 水平尾部

<그림 11> 제너럴 다이내믹스 회사(General Dynamics Corp)에서 봉소섬유 복합재료로 제작한 F-111 전투기의 동체 및 수평미부(Fuselage and Horizontal Tail)



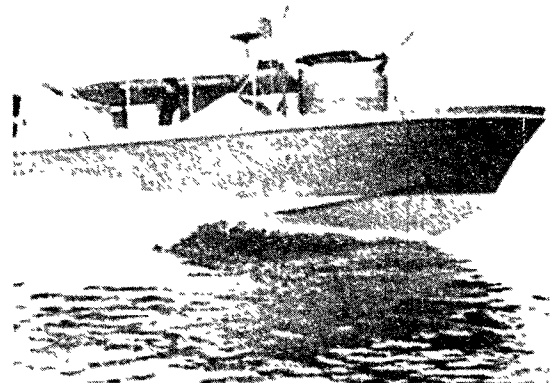
<그림 12> 輕量の 高强度 複合材料를 使用한 키먼(Kaman) HH-43B 헬리콥터

지대(Supporter)와 트러스(Truss)에 흑연섬유 복합材料가 응용되고 있으며, 이 외에도 헬리콥터 輕飛行機 및 大氣罔再突入宇宙船(Reentry Vehicle) 과 캡슐(Capsule) 등에도 사용된다<sup>9)</sup>.

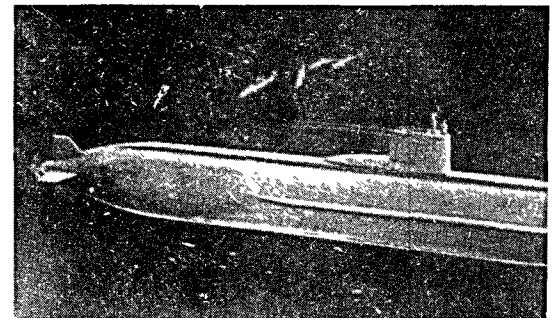
#### 다. 기타 活用分野

輕量の 高强度 複合材料는 주로 高强度의 섬유를 보강한 複合材料로서 高速艇, 潜水艦, 高壓容器 등에도 사용되며 개인 運動器具의 테니스 라켓, 골프 클럽, 낚시대, 民需用 자전거 및 戰術用 분해조립식 자전거 등 사람이 직접 運搬해야만 하는 개인 장구를 만드는데 효과적이다.

自動車産業分野에서는 프레임(Frame), 현가장치(Suspension), 보디(Body) 등에 輕量の 高强度 複合材料를 사용하므로써 自動車의 무게를 輕量化하여 에너지 소모를 감소시키고 大氣汚染을 줄일 뿐만 아니라 그 成型法이 간단하여 製作費를 감소시켜 生産費(Production Cost)를 줄일 수 있다.

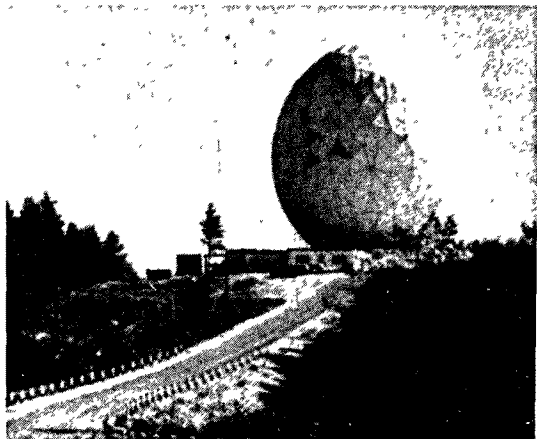


<그림 13> 흑연섬유 복합재료로 만든 고속정



<그림 14> 하이브리드 복합재료로 만든 잠수함





〈그림 15〉 하이브리드 복합재료로 만든 高壓容器

#### 4. 結 論

鋼鐵보다 4배로 가벼우면서 強度는 약 4배정도 강한 輕量의 高強度 섬유를 보강하여 製作된 複合材料는 가볍고 견고하며 녹이 쓰는 일이 없을 뿐만 아니라 衝擊吸收力이 강하고 溫度의 上昇 및 下降으로 인한 熱膨脹 때문에 일어나는 自然破壞 현상이 없기 때문에 현재 鋼鐵로 만들어진 軍裝備의 많은 부분을 輕量의 高強度 複合材料로 置換可能하고 특히 個人이 運搬해야만 하는 小火器와 박격포 應用에 기대되는 바가 크다.

大小口徑을 막론하고 砲를 製作할 때는 가벼우면서 射距離를 연장할 수 있는 방법을 모색중인데 그 理由는 彈痕追跡이나 고도의 電子裝備에 의해서 我軍의 砲陣地가 感知당할 경우 즉시 砲陣地를 移動해야만 하기 때문이다.

射距離 延長을 위해서는 推進裝藥을 藥室에 많이 넣어 사용할 수도 있으나 이렇게 할 경우 砲身이 破裂될 염려가 있으며 推進裝藥을 그대로 쓰고 砲身을 길게하는 경우 自體荷重에 의한 굽힘(Bending) 때문에 드롭(Droop) 現象이 일어난다.

그 외의 方法으로는 RAP彈(Rocket Assistant Propellant)을 사용할 수 있는데 이때는 射擊의 正確性이 떨어지는 短點이 있다. 따라서 射擊의 正確度를 유지하면서 射距離를 延長하고 고도의 機動性을 유지하기 위해서는 輕量의 高強度 複合材料 개발이 요청되며 더욱이 미사일, 항공기, 잠수함과 같은 高度로 精密해야 하고 기동성이 우수해야만 하는 現代兵器를 製作하기 위해서는 우수한

輕量의 高強度 섬유의 製作과 새로운 複合材料 成型方法의 개발이 필연적으로 先行되어야 하며 이들을 위한 積極的인 方策이 要望된다.

#### 參 考 文 獻

- 1) 東亞日報 第17199號, 1977年 8月 26日
- 2) Britannica Encyclopedia, Vol. 20, 1971
- 3) Parker, E.R., Materials for Missiles and Spacecraft, McGraw-Hill Book Co., 1963
- 4) Taylor, R.E., Private Communication, Head of Property Research Center, Purdue University, 1975
- 5) Watt, W. and Johnson, W., the Effect of Length Changes during the Oxidation of Polyacrylonitrile Fibers on the Young's Modulus of Carbon Fibers, Appl. Polymer, 9, 215-227, 1969.
- 6) Touloukian, Y.S., Private Communication, Director of Thermophysical Properties Research Center, 1974
- 7) Bowen, D.H., Fiber Reinforced Ceramics, Fibre Sci and Tech, 1, 2, 85-112, 1968.
- 8) Chamis, C. C., Design Properties of Randomly Reinforced Fiber Composites, NASA Tech Note, TN-6696, 1972.
- 9) 李興周, 徐官世, 輕量의 高強度 複合材料 開發에 관한 研究, KMRC-LS-78-1, 1978
- 10) Steurer, W.H., Materials for Thermal Protection, Materials for Missiles and Spacecraft, McGraw-Hill Book Co, 1963.
- 11) Lipkis, R P., Temperature Control of Spacecraft, Materials for Missiles and Spacecraft, McGraw-Hill Book Co, 1963
- 12) Sutton, G.P., Rocket Propulsion Elements, John Wiley & Sons, 1958
- 13) Levy, A.V., Extream High Temperature Materials, Materials for Missiles and Spacecraft, McGraw-Hill Book Co, 1963
- 14) 李興周 and Taylor, R E., Thermophysical Properties of Carbon/ Graphite Fiber and Mod-3 Fiber Reinforced Graphite, Carbon, Vol 13, 521-527, 1975
- 15) Vaccari, J A., Graphite Composites Taken Aim at the Sky, Mat Eng., 36-38, 1969.
- 16) Hand, A J., Super-Strong Graphite, P. Sci. 73-75, 1973