

武器와 尖端技術

② 構造材料

편 집 실 譯

軍事用途別로 본 構造材料

여기에서 다루는 構造材料는 前號에서 記述한 裝甲材料 및 耐壓殼材料 이외의 것, 즉 航空機의 機體材料나 미사일의 先端쪽의 部材, 擧海艇의 船底部構造, 戰鬪用 車輛의 防彈材, 엔진各部의 素材등에 關係 各々 分野別로 사용되는 材料를 살펴보기로 하겠다.

航空機

航空機의 機體材料에 要求되는 技術은 輕量이고 比強度가 높아야 하고, 그리고 超高速機일 경우에는 耐熱強度가 높아야 하는 것이 그 條件이 될 수 있다.

航空機 材料의 大部分은 알루미늄合金이 사용되고 있다. 이를테면 機體의 外板이나 스트링거, 프레임, 結合金具 등의 各部位에 사용되고 있다.

超재탈민(알루미늄-銅合金의 2024合金)이나 超超재탈민(알루미늄-亞鉛-마그네슘-銅系合金의 7075合金)은 대표적인 合金으로 잘 알려져 있다. 이 두가지 合金은 引張強度의 向上을 목적으로 개발된 것으로 比強度(引張強度/比重)에 있어 최대의 특징을 가지고 있다.

그러나 戰後의 航空機技術의 급격한 발달과 함께 航空機事故도 많이 발생하게 됨에 따라 機體材料에 사용되는 金屬材料의 疲勞과피가 중대한 문제가 되었다.

그것은 1969년에 機體에 생긴 작은 흠이 原因

이 되어 일어난 美空軍機 F111 추락事故에서 시작되어 본격적인 構造設計의 再檢討가 수행되었다. 耐損傷設計를 基盤技術로 한 ASIP(航空機 構造完全性 保證계획)가 확립되었고 航空機設計에 조직적인 手法를 도입하게 되었다.

美國의 F16 戰鬪機나 B1 爆擊機는 開發設計단계서부터 적용되었고, 老朽化를 目前에 두고 있는 F4도 耐損傷에 대한 再檢討가 있었다.

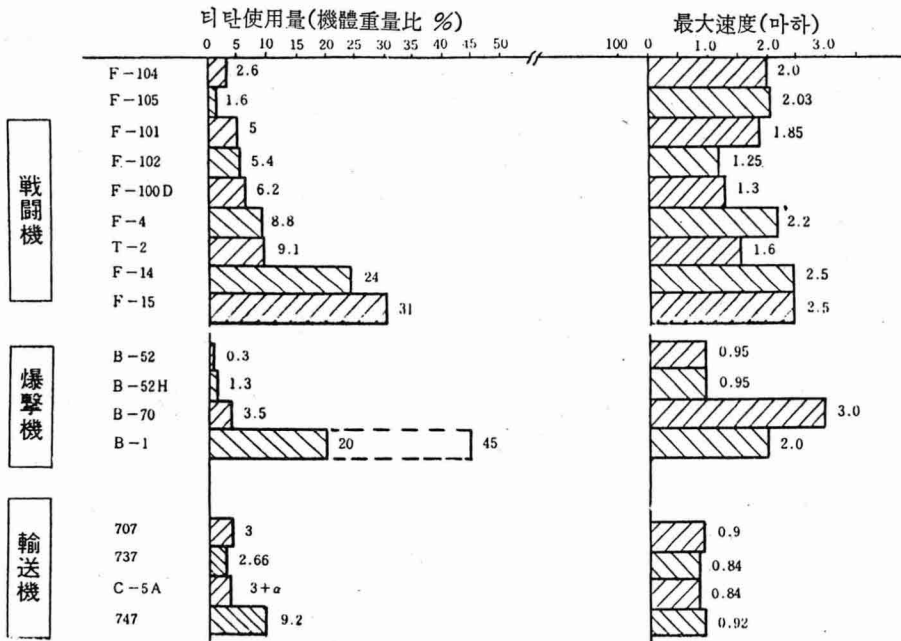
이러한 經緯로 機體部材로 쓰이는 材料에는 만일 균열이 생긴 경우라도 瞬時間에 퍼지는 일이 없는 극히 높은 破壞靱性值가 要求되고 있다.

따라서 이같은 엄격한 要求에 부응할 수 있을 만한 材料, 즉 板厚方向의 靱性向上, 疲勞強度의 향상에 중점을 둔 알루미늄合金이 개발되었다. 이를테면 알루미늄-銅-마그네슘系 合金에서는 超재탈민의 銅量을 약간 줄임과 함께 不純物元素인 鐵, 珪素量을 규제함으로써 強度를 유지하면서 疲勞特性, 靱性を 향상시킨 보잉社의 合金이나, 알루미늄-亞鉛-마그네슘-銅系合金의 超超재탈민과 거의 같은 組成이면서 동일한 特性을 가지고 強度를 높인 2224合金 등 數種의 新合金이 나왔다.

이들은 各々 機體部材의 要求에 따라 구분해서 사용되며, 疲勞균열의 傳播抵抗이 증시되는 主翼下面表面에 알루미늄-銅-마그네슘系 合金을 사용하고 上面表面에는 알루미늄-亞鉛-마그네슘-銅系 合金을 사용하는 것처럼 전체적인 輕量化를 피하고 있다.

將來의 航空機用 알루미늄合金은 더욱 輕量化의 方向으로 推進되어 현재의 알루미늄合金보다

各種航空機の機體에 있어 티탄材料利用率(機體重量比 %)



10% 높은 剛性和 比強度가 높은 알루미늄-리튬系 合金이 등장할 것으로 보인다. 구체적으로 超高速化에 대응하기 위해 현재 Al_3Fe_4Ce , Al_3Fe_2Mo , Al_3Fe_4Mm 등의 耐熱性이 뛰어난 알루미늄合金의 研究가 進行되고 있다.

또한 疲勞에 강한 構造用 新材料로서 최근에 갑자기 주목받기 시작한 것으로 아라미트強化 알루미늄積層材(ARALL)가 있다. 이것은 皮材로는 알루미늄合金薄板, 芯材로는 뛰어난 疲勞強度와 靱性強化性能을 가진 아라미트纖維를 사용한 多層積層板을 만들어서 各各 素材의 特性을 살린 것이다. 다만 지금은 研究開發단계의 재료이기 때문에 實用化까지는 加工性和 費用面에서의 評價를 거쳐야만 한다.

한편, 티탄 및 티탄合金도 航空機의 高荷重, 高速性 등의 가혹한 요구에 맞는 것으로 機體構造部材 등에 사용되고 있다.

티탄材의 特徵은 比強度가 높고 상당한 高溫領域까지 強度가 유지되는 特性이 있어 알루미늄合金이나 스테인레스鋼보다도 뛰어나서 機體의 輕量化란 點에서 충분히 활용될 수 있다.

더우기 耐力도 引張強度의 比가 크기때문에 設計面에서 有利하고, 酸·알칼리性, 海水에 대한

耐食性, 應力腐蝕性 등에서 양호한 特性이 있다.

이러한 特性을 고려하면서 輕合金을 航空機재료로 사용한다면 마하 2 이하의 것에는 알루미늄合金으로 되지만 이를 超過하는 경우에는 空力加熱 등의 點에서도 高溫에 강한 티탄合金이 가장 적합하다고 하겠다. 實際로 F14나 F15, B1 등의 마하 2 이상의 超高速機를 보면 全體의 20% 를 티탄合金이 차지하고 있다고 한다.

현재 사용되고 있는 티탄合金의 대부분은 Ti_6Al_4V , $Ti_5Al_{2.5}Sn$, $CPTi$ 이고, 이들을 現有裝備에서의 使用例를 보면 F15의 경우 主翼의 4개 빔이나 下部表面, 胴體構造, 엔진周圍, 캐리슬 円柱, 尾翼, 垂直尾翼의 빔 등에 사용되고 있다.

앞으로의 航空機用 티탄合金材料로서 高强度化를 도모한 $Ti_{10}V_2Fe_3Al$, $Ti_{15}V_3Cr_3Al_3Sn$ 와 파괴靱性值가 높은 $Ti_{4.5}AlMo_{1.5}Cr$, 가장 耐力이 높고 疲勞強度 등에서 뛰어난 $Ti_2Al_{11.5}V_2Sn_{11}Zr$ 의 4종류가 研究中에 있어 기대되고 있다.

複合材料에 있어서도 宇宙船이나 航空機 중에서 그 構成比가 점점 높아지고 있으며 언젠가는 金屬材料와의 地位가 逆轉되리라는 것도 생각할 수 있다.

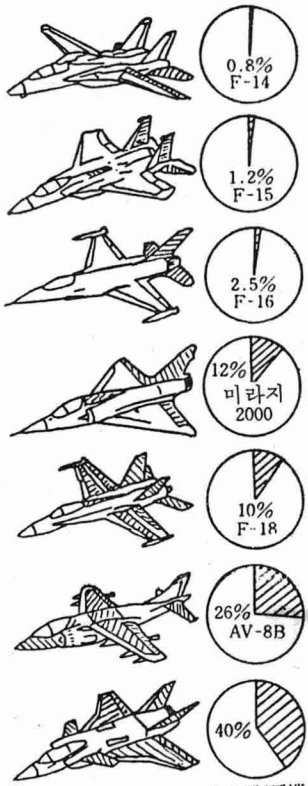
宇宙往復船의 경우 搭載物部の 門쪽에 炭素섬

유/에포키시樹脂가 사용되는것 외에 메인진推力荷重을 받는 곳에는 보론纖維/에포키시樹脂로 보강된 티탄合金, 主翼前端部에는 表面酸化防止用으로서 SiC 를 섞은 C/C 複合材料(炭素纖維強化炭素複合材料), 胴體下部 프레임支柱에는 보론纖維알루미늄材가 사용되고 있다.

今年 새로 쏘아올린 Discovery 4號機에는 後部플랩과 垂直尾翼에 炭素纖維폴리이미트, 모터 케이스에는 게블러/에포키시樹脂의 하이브리트 複合材料가 사용되어, 이로써 대폭적인 輕量化가 달성되었다. 거기에서 耐熱세라믹스타일로 종래 사용되어 온 LI2000 대신에 그것을 더욱 輕量으로 한 FRCI12가 새로이 사용되고 있다. 材質은 실리카纖維와 보론을 함유한 세라믹系 複合材料이다.

다음으로는 尖端複合材料(ACM)가 軍用航空機에 사용되고 있는 예를 소개하겠다.

構造質量에서 차지하는 ACM 比率



장래戰鬪機

- 보론纖維/에포키시樹脂
F14...水平尾翼, F16...水平/垂直尾翼
- 炭素纖維/에포키시樹脂
F15...스피드브레이크, F16...水平/垂直尾翼, AV8...主翼/水平/垂直尾翼/前部胴體, F18...主翼/水平/垂直尾翼
- 高耐熱性 炭素纖維 비스마레이미트樹脂
F16XL 研究機...主翼外板
- 炭素纖維 FRP
미라지 2000...垂直尾翼/에레폰
- 炭素纖維/보론纖維 하이브리트 FRP 미라지 2000...方向舵

金屬複合材料에 있어서도 C5A 大型輸送機의 경우 립이나 리브에 方向纖維 알루미늄材가 사용되는것 말고도 外板과 웨브에 炭化珪素비스카 알루미늄材의 使用이 검토되고 있다.

현재 많이 사용되고 있는 航空機에서도 全構造重量에서 차지하는 複合材料의 適用比率은 10% 정도가 되겠지만 플라스틱系 複合材料를 主流로 하는 航空機의 開發은 앞으로 더욱 더 급속한 속도로 進行될 것으로 생각된다.

複合材料를 대량으로 사용하는 것으로는 美空軍의 ADCA, 美陸軍의 ACAP, 英·佛·伊三國이 공동개발하는 ACA 등의 다음世代 航空機가 1990年代에 등장하겠지만, 이들 機에는 複合材料가 75~80%를 점한다고 한다.

헬機的 로터部에 複合材料를 도입함으로써 이때까지 생각하지 못했던 機構를 만들어 냈다. 유리纖維/에포키시樹脂를 로터허브에 사용함으로써 이때까지의 로터허브에 不可缺했던 패사링·베어링을 不必要하게 만들었다. 이 機構, 즉 베어링없는 로터는 허브에 사용되는 複合材料가 가져온 효과의 하나로서 종래의 헬機에 있던 機體振動을 격감시킬 뿐만아니라 整備도 그다지 어렵없이 할수 있고, 費用節減, 輕量化가 이루어지는 등 利點이 아주 크다. 앞으로는 攻擊用이나 輸送用의 軍用헬機에 적용될것 같다.

헬機는 월남戰에서 크게 活躍함으로써 오늘의 헬機作戰을 發展케했지만 그 反面 베트남의 拳銃彈 한발로 격추되는 취약한 一面을 보였다. 越南에서의 戰訓은 즉각 활용되어 美陸軍材料研究

所가 개발한 세라믹크材 B₄C 를 사용함으로써 해결했다.

B₄C 와 게블러纖維에 의한 複合防彈板은 UH 60A Blackhawk 의 大型시트와 바닥材로 사용되어 그후 作戰에서 조종사나 搭乘員을 敵彈으로부터 防護하는데 크게 공헌했다.

세라믹크材 시트는 至近距離에서 小銃彈을 쫓겨나가게 하는 것은 물론이고 47G 의 壓力에도 파괴되지 않았다.

또한 헬機用 風防材로서의 세라믹스의 利用도 제안되어 있다. 이는 防彈효과가 높은 투명한 스피넬型 세라믹스를 軍用헬機의 前面大型風防에 사용하려는 것으로 低空飛行에서도 狙擊으로부터 防護될 수 있을 것이다.

그러나 費用面에서 너무 비싸기 때문에 費用對效果에 적합치 않는 材料로서 실용화가 어렵다고 예상된다.

미사일

미사일의 構造材料라고 하지만 大氣圈을 왔다 갔다하는 ICBM 과 精密誘導武器인 PGM 은 그 構造設計에 있어 상당한 차이가 있다.

ICBM 은 大氣圈에 再突入할때 극히 높은 空力加熱을 극복하지 않으면 안되는 點에서 宇宙 로켓트와 비슷하지만, 一般미사일인 PGM 은 地形에 따른 運動性能 또는 飛行制御를 하면서 날아가기 때문에 一般航空機와 그다지 차이가 없다고 하겠다.

將來에 外板材 등에 高性能合金, 等方性 그라파이트, 炭素纖維, 아라미트, 폴리미트 등의 新合金이나 新複合材料가 대폭적으로 사용될 것이다.

프랑스의 Exocet 미사일의 彈頭部에는 유리纖維폴리미트樹脂가 사용되고 있다고 한다. 이 複合材料의 特性은 유리화이하의 良好한 電波透過性和 폴리미트樹脂의 耐熱性を 함께 가지고 있다.

미사일技術中에서도 가장 중요한 것은 말할 것도 없이 誘導制御技術이지만 그 눈이 되는 시이커, 즉 미사일內부의 안테나나 受光部品 등의 超

精密機器를 外部의 먼지나 熱로부터 보호하고 더우기 電波나 赤外線(光波)을 잘 통과시키는 돔(窓)의 素材로서 세라믹스가 크게 注目받고 있다.

돔에 사용되는 材料는 赤外線이나 電波에 대해 透過率이 높은 것이 아니면 안되고, 나아가 低屈折率로 큰 風壓에 견딜 수 있는 機械的 強度와 空力加熱에 대한 耐熱性, 耐衝擊性 등의 性質이 요구된다.

戰鬪機에 탑재되는 미사일(AAM, ASM 등)의 경우 航空機의 離着陸으로 어쩔 수 없이 가혹한 환경에 노출된다. 이를테면 滑走路의 모래, 破片類 등이 미사일彈頭部를 때리기 때문에 그러한 外界로부터의 衝擊에 견딜만한 硬度를 갖춘 構造를 가지지 않으면 안된다.

거기에서 미사일 그 自體의 高速化가 이룩됨에 따라 환경조건은 더욱 더 惡化해서 돔材料로는 아주 高性能의 것이 요구될 것이다.

PGM 등의 戰術미사일의 誘導方式은 통상 두가지가 있어 “電波追尾型미사일”과 “高速赤外線追尾型”으로 분류되고, 各各 能動과 半能動, 受動型을 가지고 있다.



휴즈社의 미사일用 赤外線 시커

우선 電波追尾型미사일의 돔은 큰 溫度變化가 있거나 하면 安定된 低誘電率과 低誘電損失이 유지되어 있지 않으면 안되며, 또한 큰 形狀構造를 갖지 않으면 안됨으로 이때까지는 유리纖維 FRP 가 素材로서 많이 사용되어 왔다.

그러나 최근에 와서 세라믹스의 스티프케스트法 熔融실리카가 Patriot 미사일에 試驗的으로 사

용한바 극히 좋은 성과가 있었다고 한다.

그 외의 세라믹 돔에 관해서는 美陸軍材料研究所에서 연구를 하고 있으며, 그 중에서도窒化珪素(Si_3N_4),窒化알루미늄(AlN),酸化알루미늄(AlON)이 有力한 候補로 떠오르고 있다.

이러하면 미사일先端부에 돔材로 사용한窒化珪素와 종래의 돔材의 두가지를 나란히 해서 마하 5의 條件下에서 雨滴實驗을 했더니 종래것은 크게 腐蝕을 일으키는데 대해 세라믹 돔은 아무 異常도 볼수 없었던 사실이 확인되었다. 이 같이 뛰어난 性能을 가지므로 앞으로 戰略미사일에 도 CVD法 窒化珪素나 窒化알루미늄을 사용하는 3D 複合材가 사용될 것이 예상된다.

한편, 高速赤外線 追尾型미사일의 '돔에 사용되고 있는 몇가지 材料에 대해 살펴보면, 우선 빛의 透過率의 경우 鹽化칼륨이나 臭化칼륨 등의 알하리이트가 가장 뛰어난 性質을 가지고 있다고 생각되지만 耐候性이 안좋은 데다가 機械強度가 낮은 것이 短點이다. 겔마늄은 200°C 이상으로 加熱되면 빛의 透過率이 半減하므로 低速미사일에만 사용된다.

高速미사일이 마하 3으로 날아갈때 先端部分에 일어나는 力學的 現象이 어떤 것인가를 한마디로 나타내면 돔先端에 걸리는 壓力은 $12.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 이 되고, 空力加熱에 의한 溫度는 600°C 로上昇한다.

따라서 高速飛行中の 戰鬥機 등에서 발사되는 赤外線 追尾型미사일에는 높은 耐熱衝擊性能이 요구됨으로 해서 高强度세라믹스燒結 多結晶體를 사용하게 되었다. 이를테면 F15에 탑재되어 있는 AIM9L이나 日本의 81式 地對空誘導彈의 돔에는 弗化마그네슘燒結 多結晶體가 사용되어 왔고, 航空機의 제트엔진으로부터 放出되는 高溫 CO_2 가스 가운데의 赤外스펙탈(波長3~5미크론)을 잘 透過한다.

한편, 低熱源후레아로부터 放射되는 赤外線(波長 8~12미크론)을 檢知하는 시이커나 航空機에 탑재되어 있는 前方監視赤外線장치(FLIR)에는 II~VI族系化合物의 硫化亞鉛이나 세렌화亞鉛의 多結晶體가 돔材로 사용되고 있다.

硫化亞鉛이나 세렌화亞鉛의 제조는 HIP(熱間



F15에 탑재된 AIM9L(사이드와인더)미사일

靜水壓프레스)法이나 CVD(化學氣相)法에 의해 合成된 것으로 單結晶에 비해 싸고 大型粒狀으로도 되기 때문에 널리 이용되고 있다.

이같은 세라믹스製 赤外線돔을 채용한 미사일에는 Chaparral, Stinger, Redeye 등이 있다.

艦艇

戰鬥艦艇의 構造部材로서 요구되는 성능은 比強度가 커고, 熔接性, 加工性이 좋고 靱性, 疲勞強度가 높으며, 거기에다 耐應力腐蝕性을 가지고 있어야 한다. 이러한 性能要求는 航空機나 步兵裝甲車의 경우와 공동된 사항이지만, 船體構造에는 鋼材材料가 많이 사용되고 있다. 부분적으로 알루미늄合金, 티탄合金, 複合재료 등이 사용되고 있다.

알루미늄合金의 사용은 艦全體의 輕量化를 도모하고 高速化를 추진하는데 安성마춤의 材料이다. 주로 사용되는 合金의 종류에는 耐蝕性이 가장 뛰어난 5052, 5083合金이 있다.

또한 앞으로의 對潛戰에서 큰 活躍이 기대되고 있는 高速艇의 SES(表面效果船)이나 SWATH(半沈水型 雙胴船)에는 거의 全面的으로 알루미늄合金의 사용이 검토되고 있다.

그러나 大型 戰鬥艦의 上部構造로 사용하는데 대해서는 포클랜드紛爭이후 알루미늄材의 燃燒하기 쉬운 性質이 드러나, 被彈對處에 문제가 있다는 是非때문에 크게 論議의 대상이 되고 있다. 當事國인 英國海軍은 즉시 알루미늄材의 사용을 대폭적으로 억제하는 조치를 취했고, 美海

軍에서는 일부를 제외하고 鋼構造로 교체하고 있다고 한다.

高分子系 複合재료에는 金屬에 없는 몇가지 性質이 있다. 그 하나가 극히 높은 比強度로, 이를테면 應力 $70\text{kg}/\text{mm}^2$ 의 條件下에서 유리纖維 FRP와 高張力鋼을 비교하면 약 4배나 강하다는 것을 알수 있다. 유리纖維 FRP는 成形이 용이하고 耐腐蝕성이 뛰어났을 뿐만아니라 非磁性材이기 때문에 軍用上으로 機雷掃海艇에 적합하다는 것을 알고 各國에서 FRP化가 이루어졌다.

英國의 일톤(450톤), 프레곤(625톤), 佛, 벨기에 共同開發의 엘리탄(510톤), 소聯의 쓰니어(350톤)이 이미 建造되어 있다.

步兵裝甲車輛

裝甲車 등에 사용되고 있는 알루미늄합금은 주로 熔接構造用으로 車體構造에 적용되므로 熔接性과 應力 및 耐腐蝕성이 重視되고 있다.

美陸軍이 세계에서 최초로 熔接性이나 應力 및 耐腐蝕성이 뛰어난 알루미늄-마그네슘系의 5083 합금을 M113 裝甲車의 裝甲板으로 사용한 것을 契期로 各國에서 알루미늄합금을 裝甲板으로 채택하게 되었고, 오늘날에는 5083합금보다도 耐彈성이 뛰어난 알루미늄-亞鉛-마그네슘系 합금이 主流를 이루고 있다.

알루미늄-亞鉛-마그네슘系 합금의 開發에서 各國은 美國을 능가하기 위해 最高水準의 기술을 傾注해서 완성시킨 것으로 보인다. 各國이 개발한 것은 대략 引張強度級 $40\text{kg}/\text{mm}^2$ 의 재료이지만 化學成分은 다소 다른것 같다. 이를테면 英國에서는 Scorpion 偵察裝甲車와 MCV80 步兵戰鬪車에 7039합금을, 프랑스의 AMX10 APC에는 7020합금을 채용하고 있다.

알루미늄합금에 의한 裝甲板의 比重은 鋼의 약 $\frac{1}{3}$ 이지만 小銃彈에 대한 耐彈性を 얻기위해 鋼의 3배의 板두께가 필요하지 않다는 것이다. 즉 그 浬만큼 鋼板使用時보다 대폭적인 輕量化를 도모할 수 있어 機動性的 향상이나 空中輸送作戰에 크게 도움이 된다.

알루미늄합금은 裝甲板 이외에 部材나 軍用트

럭 등에도 사용되고 있다. 步兵裝甲車의 裝甲板材料로서 알루미늄합금 이외에도 研究開發이 進行되고 있어 가까운 將來에 輕量新合金이 등장하게 될것이다.

엔진

가스터어빈에는 後方으로의 噴射를 推進力으로 하는 航空機用의 제트와 車輛이나 船舶등과 같이 軸出力을 이용한 重構造型 터어빈의 두가지가 있지만, 특히 航空機用 엔진은 高推力化가 요구되기 때문에 터어빈入口 溫度의 上昇이나 高効率化, 大出力化가 急tempo로 추진되고 있다.

가스터어빈의 效率는 燃料가 연소해서 발생하는 가스의 溫度가 높을수록 좋기 때문에 터어빈入口의 材料로는 高溫에 견디는 素材가 사용되고 있다.

제트엔진이 開發되었을 무렵에는 700°C 였지만 지금은 $1,400^\circ\text{C}$ 에 견디는 것이 要求되고 있다. 따라서 現在 제트엔진에는 주로 超耐熱合金, 알루미늄합금, 티탄합금이 사용되고 있다.

엔진의 總重量에 대한 超耐熱合金의 비율은 엔진運轉溫度의 上昇에따라 比例로 증가해서 1980年代에는 50%를 초과하고 있다. 가장 많이 사용되고 있는 곳은 브레이트나 벤, 디스크 등으로 거기서 사용되는 超耐熱合金은 高溫下(가스溫度 약 $1,600^\circ\text{C}$, 材料溫度 $1,200^\circ\text{C}$)에서 強度維持가 될뿐만 아니라 靱性, 熱疲勞強度, 耐高溫腐蝕성에 뛰어나고 良好한 成形加工性이 있어야 한다.

그 가운데서도 熱疲勞, 低사이클疲勞, 高溫가스 흐름에 대한 腐蝕對策은 제트엔진用 超耐熱合金을 개발할때 가장 重要한 技術的 課題가 되어있다. 對潛艇機 등은 그 임무의 性格上 波浪飛沫을 받기 때문에 海水에 의한 腐蝕을 방지하는 엔진部材가 요구되며, 엔진表面을 알루미늄합금으로 코팅하는 등을 생각할 수 있지만 900°C 이상의 溫度가 되면 마도릭스間에 相互擴散을 일으켜 效果가 상실되고 말기 때문에 코팅에 의한 耐酸化, 耐腐蝕性 向上은 가장 重要한 技術的 課題가 되었다.

動翼用 니켈기초超耐熱合金

(重量 %)

| 合金 | C | Cr | Co | Mo | W | Nb | Ti | Al | Ni | 其他 |
|-------------|------|------|------|-----|------|----|-----|-----|----|----------------|
| No. 64 BC | 0.15 | 12.0 | 20.0 | 5.0 | — | — | 4.0 | 6.0 | 殘 | B0.30 |
| RiKiloy4123 | 0.15 | 16.0 | 10.0 | 2.0 | 10.0 | — | 4.0 | 2.0 | 殘 | B0.015, Zr0.05 |
| RiKiloy4123 | 0.15 | 16.0 | 10.0 | 3.0 | 6.0 | — | 4.0 | 2.5 | 殘 | B0.015, Zr0.05 |
| TM47 | 0.11 | 12.8 | 9.5 | — | 8.7 | — | 3.9 | 3.9 | 殘 | B, Zr, Ta |
| TM49 | 0.11 | 12.1 | 11.9 | — | 8.8 | — | 5.7 | 5.7 | 殘 | B, Zr |

靜翼用 超耐熱合金

(重量 %)

| 合金 | C | Cr | Co | Mo | W | Nb | Ti | Al | Ni | 其他 |
|-----|------|----|----|----|---|------|------|----|------|-----------------|
| Co基 | 0.36 | 29 | 殘 | — | 7 | 0.24 | 0.15 | — | 10.5 | B0.010, Zr0.19, |
| Ni基 | 0.45 | 28 | — | — | 7 | — | — | — | 殘 | B0.012, Zr0.45 |

高크롬·니켈기초超耐熱合金

(重量 %)

| 合金 | C | Cr | Mo | Ti | Al | Ni | 其他 |
|-------|-----|------|------|----|-----|----|------------|
| C N D | 0.1 | 36.5 | 36.5 | 1 | 0.7 | 殘 | Ta5, B0.15 |
| C N E | — | 50 | — | — | — | 殘 | Mn 5 |

현재 사용되고 있는 高効率 가스터빈용의 超耐熱合金은 거의가 니켈기초合金으로, 그 成分이 되는 元素가 稀少金屬이라는 點에서 元素變動에서의 新超耐熱合金은 한계에 달하고 있다.

超耐熱合金용의 코발트는 超音速戰鬥機 一機當 약 1톤이 필요하다고 하지만, 이 코발트는 자일등 數個國에서만 產出된다고 하며, 마찬가지로 크롬이나 텅스텐 등도 極히 중요한 戰略資源이다. 이러한 稀少資源의 供給不安에 대한 대책으로 현재 一方向凝固合金이나, 單結晶合金, 共晶 DS合金, 酸化物分散強化合金(ODS) 등에 기대를 걸고 있다.

한편, 最近에는 파인세라믹스에 있어 엔진材料로서의 높은 可能性이 평가되어 實用化를 서둘고 있다. 종래의 디젤엔진의 경우 全供給에너지의 약 $\frac{2}{3}$ 를 排氣가스와 冷却에 의해 상실하고 만다. 필요한 軸出力으로 사용되는 에너지는 터어보차아지로도 약 37%이다. 만일 冷却으로 빼앗기는 에너지를 줄일 수 있다면 燃料費效率은 크게 높아질 것이다.

세라믹스 엔진이면 라지터가 필요없다. 거

기에다 세라믹스特有的의 결점인 脆性도 高純度天然原料를 化學的으로 처리해서 만드는 酸化物系 세라믹스가 아니고 產出量이 적은 天然原料를 人工的으로 合成하든지, 無機物을 合成해서 만든 非酸化物系 세라믹스를 사용함으로써 해결되었다. 主된 것으로는 窒化珪素, 炭化珪素, 炭化지루코늄, 炭化硼素 등이 있고, 이미 自動車用 엔진의 試驗에 사용되어 성공한 것으로 전해지고 있다.

車輛用 세라믹스 엔진의 개발은 各國에서 戰車엔진에 적용할 것을 연구하고 있지만, 美陸軍에서는 M1戰車의 後繼가 될 XM2, XM3에 탑재하기 위해 AGT 1500 計劃을 추진하고 있다.

車輛用 세라믹스 엔진의 개발이 수행될 것으로 보이지만, 이를테면 偵察用 RPV 등에 탑재된다면 輕量이므로 航續距離가 延長되고 더구나 크게 比推力가 증가되는 效果를 가져올 것이며 그외에도 응용될 分野가 많을 것으로 생각된다.

참고 문헌

(軍事研究, 1985年 4月號)