

重石合金의 武器로의 活用

김 성 수 譯

武器體系에서 重石의 應用範圍는 날로 증가되고 있다. 현재 重石合金(W-Ni-Fe 또는 W-Ni-Cu)은 中口徑 또는 大口徑 裝甲貫通 運動에너지彈의 貫通子 材料로 사용되어지고 있으며, 이 合金의 제조방법은 液狀燒結工程이다.

小口徑彈의 경우에는 주로 炭化重石 彈芯이 사용되는데, 이 材料 역시 燒結工程으로 제조된다.

最近에 重石合金은 미리 성형된 破片材料로서 對飛行機, 그리고 對미사일彈頭에 응용되어지고 있기도 하다.

이처럼 重石의 應用範圍가 넓어짐에 따라 科學的, 軍事的, 그리고 經濟的 側面에서 이 金屬에 대한 關心度는 점차 커지고 있다. 여기서는 軍事的 側面에서 對戰車 中口徑, 또는 大口徑彈으로서의 重石의 응용성, 그리고 이러한 彈의 製造單價에 영향을 주는 經濟的 因子들에 관해 기술하려 한다.

裝甲材料

近年에 이르러 戰車의 防禦性 증강에 따른 裝甲材料의 技術的 향상은 彈의 設計者나 이들을 지원 하는 金屬學者들에게 彈의 性能向上이라는 宿題를 던져주었다.

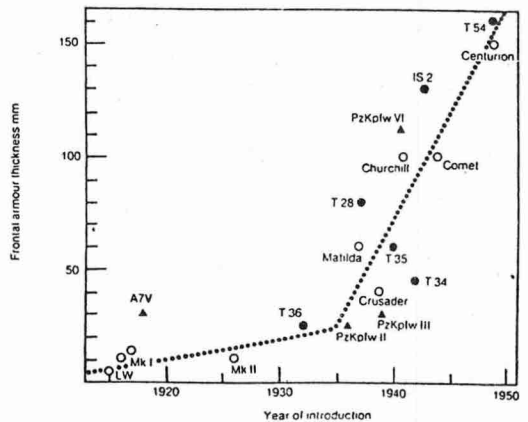
美國의 아브라함스, 英國의 쉘린저, 그리고 소聯의 T80 과 같은 現代戰車의 裝甲板의 材料와 두께 등은 완전히 秘密에 싸여 있으나 과거 戰車의 發展過程을 조사해 봄으로써 어느정도 유추할 수 있다.

《國防과 技術 1985.6》

그림 1은 第1次大戰부터 1950年代까지의 前面 裝甲板의 두께 增加를 보여주고 있다. 기간 중 戰車의 前面 裝甲板의 두께는 10倍 이상 增加했음을 알수 있다.

앞으로도 効果적인 防護力 增加를 위한 개발 노력이 계속될 것이다. 現在 상황으로 보아 貫通彈들은 유격裝甲이나 車體나 驅動裝置를 감싸고 있는 板材 등과 같은 다양한 目標物을 관통할 수 있어야 한다. Chobham 裝甲처럼 秘密에 싸여있는 裝甲에 대해서는 言及하기가 제한되지만 이들 裝甲을 파괴하기는 매우 힘들다는 것만은 말할 수 있다고 본다.

FIG 1 THICKNESS OF ARMOUR VS TIME



裝甲 貫通彈

1940年代 이후 彈의 設計者들은 鐵綱과 같은 裝甲材를 파괴하는 方法으로 목표物에 대해 彈의 運動에너지 密度를 極大化시키는 것을 목표로

삼았다. 이런 이유로 옛 사람들은 가늘고 긴 화살을 사용했고, 1940년대 초기에는 높은 밀도와 속도를 갖는 아口径彈(Sub-Calibre Projectile)¹⁾이 사용되었다. 이彈의 효력은空氣와彈의 마찰을 줄이고 가능한 작은面積에 에너지를集中시킬 수 있다는 것이다.

1950年代 이후 이 개념은 Amour Piercing Discarding Sabot(APDS)彈에 응용되었다. 이彈의構造를 살펴보면彈의 중앙에炭化重石, 또는重合金의高密度貫通子(Core)가 들어있고,飛行安全條件을 만족하는 형상을 가진金屬外皮(Ballistic Sheath)가 그 주위를 싸고있다(그림 2). 이組合物은輕金屬으로 된 Sabot²⁾에 의해砲身に裝着되어 급속히 팽창하는推進劑氣體에 의해作動하게 된다.

發射後, Sabot은空氣摩擦에 의해砲口를 벗어나자마자 벗겨지며彈子만이目標物을 향해高速으로 날아가게 된다.

FIG 2 SCHEMATIC APDS

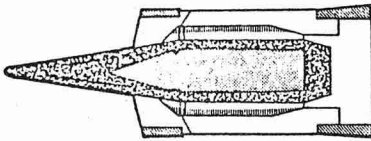
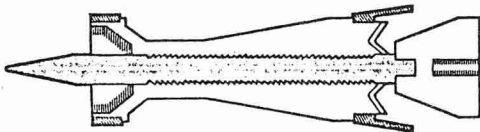


FIG 3 SCHEMATIC APFSDS



그러나 APDS도新銳戰車의 두꺼운裝甲板을 뚫기에는能力이 부족하여現代武器에는그다지 이용되지 못하고 있다. 따라서設計者들은目標物에 대한彈의 에너지密度를 좀더增大시키기 위해 새로운構造의彈을 개발하여야 했고, 그리하여 등장한彈이그림 3과 같은 Amour Piercing Fin Stabilized Discarding Sabot(APFSDS-

DS)이다.

APFSDS가 APDS와 다른 점은彈子の直徑에 대한 길이비가크고 날개가 부착되어安定性を 유지한다는 것이다.

Sabot의機能은彈子の몸체에 있는 홈을 통해引張應力이 걸리는것 외에는 APDS와 같다.³⁾ 이렇게彈의構造를改善시킴으로써 에너지集中度는 높일 수 있었지만, 대신材料의物性이 현격히 증대되어야 한다는 숙제를 안게 되었다.

要求되는 材料의 物性

높은 에너지密度를 얻기 위해서는 무엇보다도高密度材料를 선택하여야 한다. 15g/cc 이상의密度를 갖는材料中에重石과우라늄 두가지元素가 비교적 값이싸고資源적으로 풍부하다.

그러나우라늄은 관심있는材料이기는 하나政治的인 문제, 그리고環境汚染問題로 그 사용이 제한되고 있다.

重石은 고유의 높은融點때문에鑄造工程이나固相燒結方法으로는生産單價가 비싸지고理論密度를 얻기 힘들다.

따라서 약간의低融點金屬元素를 첨가하여熔融溫度에서燒結하는 소위液狀燒結工程으로 제조하는데 이러한燒結體를重合金이라 부르고 있다.

重合金에서重石의含量은 90~97%이고, 나머지는 니켈에銅,鐵 또는코발트가 첨가된다.典型的인重合金의組成은 90W-5Ni-5Fe, 90W-7.5Ni-2.5Cu, 그리고 97W-1.5Ni-1.5Fe이다.

이合金의微細組織은 둥그런形態의重石粒子가 이들粒子를 결합시키는金屬基地相 속에 박혀 있는 형태로存在한다. 그리고液狀燒結工程으로 제조된重合金은理論密度의 99.5% 이상의燒結密度를 갖는다.

彈의構造가 APDS로부터 APFSDS로 바뀌에 따라彈子에 걸리는應力이 커지고引張應力

1) 아口径彈: 砲의 구경보다直徑이 작은彈.

2) Sabot: 砲口徑과彈의直徑이 다른 경우砲口徑에 맞도록彈外皮에 끼워져서裝藥이 폭발되면 추진력을彈에 전달한 후砲口 밖에서 떨어져 나가도록 고안된 부품.

3) APDS는 Sabot에 의해 압축응력 상태가 걸림.

이 걸리므로 材料物性이 약할 경우 砲內에서 彈子가 파괴될 가능성이 높아졌다. 더구나 彈子의 材料는 홈 部位에서 발생하는 應力集中현상까지도 감당하도록 고려되어야 한다.

또한 彈子部分이 大氣中에 노출됨으로 材料의 腐食防止도 아울러 고려되어야 한다.

彈의 運動性能과 관련시켜 최적의 機械的 性質을 결정하기 위해서는 彈의 延伸速度, 衝擊荷重效果, 그리고 목표물의 應力狀態 및 多樣性등이 고려되어야 하는데, 이는 매우 어렵고 복잡한 문제이다.

그러나 비록 彈의 設計나 목표물의 構造등에 따라 약간의 差異는 있을지 모르지만, 彈의 強度나 延伸率 사이에는 最適値가 存在함을 경험적으로 알수 있다. 그림 4, 5와 6에서와 같이 X-ray 기술에 의하여 이를 증명하는 사진을 얻게 되었다.

60° 傾斜를 이루고 있는 11mm 鋼板을 各物性이 다른 모델彈으로 충돌시켰을때 鋼板의 破壞樣相을 보여주고 있는것이 그림 4, 5, 6이다.

FIG 4 STA 90W-7.5Ni-2.5Cu

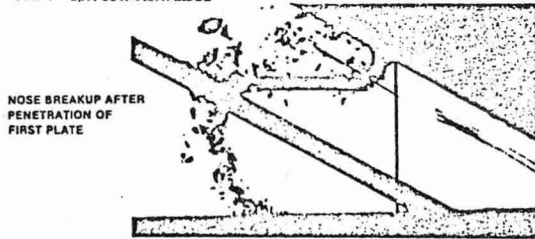


FIG 5 90W-5Ni-5Fe HEAT TREATED

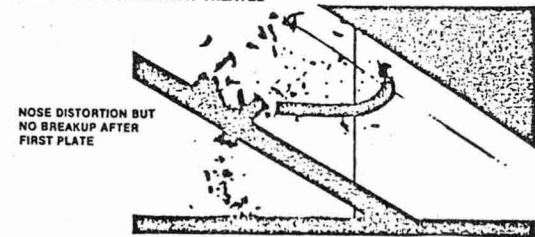
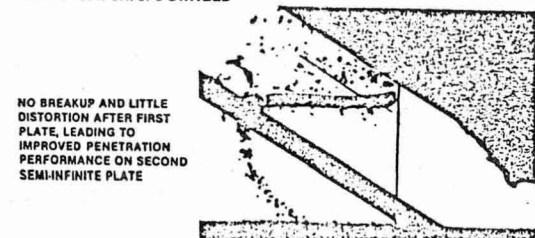


FIG 6 90W-5Ni-5Fe SWAGED



材料가 비교적 취약한 경우(90W-7.5Ni-2.5Cu)에는 그림 4에서 처럼 앞板은 貫通시켰지만 뒷板은 거의 뚫지못하고 있는 것을 볼수 있다.

그리고 彈이 貫通 도중 여러 部位에서 파괴되어 에너지密度를 낮추고 있고, 파괴에 따른 質量分散이 에너지集中度를 低下시키고 있다.

반대로 매우 軟化한 材料의 경우에는 그림 5에서 처럼 앞板을 貫通하면서 彈이 굽어지고 있다. 이것 역시 鋼板과 彈의 接觸面積을 증가시켜 運動에너지를 감소시키게 된다.

그림 6은 그림 5의 彈보다 強度가 높고 延伸率은 그림 4와 비슷한 彈의 鋼板貫通樣相이다. 파괴에 따른 質量分散이 약간 줄어든 것을 볼수 있고 彈의 貫通形狀도 거의 直線을 유지하고 있다. 이 結果로부터 彈의 裝甲板 貫通能力을 증대시키기 위해서는 적당한 強度와 延伸率을 組合시킴으로써 彈의 破壞分散과 塑性變形을 동시에 줄이는 것이 필요하다는 것을 알수 있다.

以上の 내용을 요약하면 裝甲貫通運動彈으로서 요구되는 機械的, 物理的 特性은 高強度, Notch Toughness, 高密度, 그리고 적당한 延伸率 등이다.

材料開發

앞에서 記述한 機械的 特性을 얻기 위해서는 重合金의 製造工程上的 여러가지 變數가 검토되어야 한다. 彈의 強度는 材料의 均質도와 그림 7과 같은 殘留氣空 또는 介在物 등의 燒結缺陷에 의해 크게 영향을 받는다. 이러한 결함들은 파괴의 原因으로 작용하여 材料의 強度와 延伸率을 급격히 감소시킨다.

양호하게 燒結된 材料는 후에 機械的 加工處理에 의해 材料의 均質도와 強度를 향상시킬 수 있다. 반면 잘못 燒結된 材料는 加工中 파열이 일어날 수 있다.

機械的 加工은 주로 Swaging 이라 불리는 技法이 널리 쓰이고 있다. 그림 8은 加工度에 따른 硬度和 強度의 증가에 반하여 延伸率의 감소를 보여주는 바, 彈의 材料로서 두 性質의 최적 組合値는 두 曲線의 교차점 부근에서 결정될 수 있다.

FIG 7: MATERIAL DEFECTS

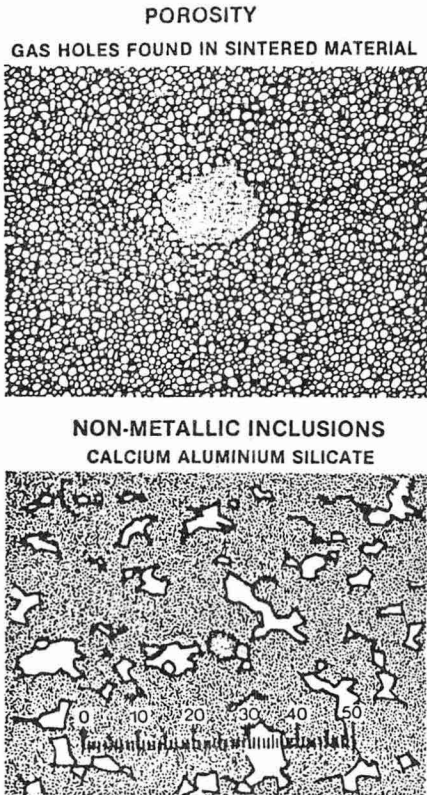
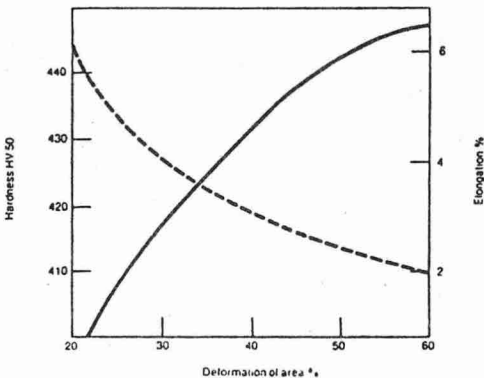


FIG 8 HARDNESS AND % REDUCTION (90W-5NI-5Fe)



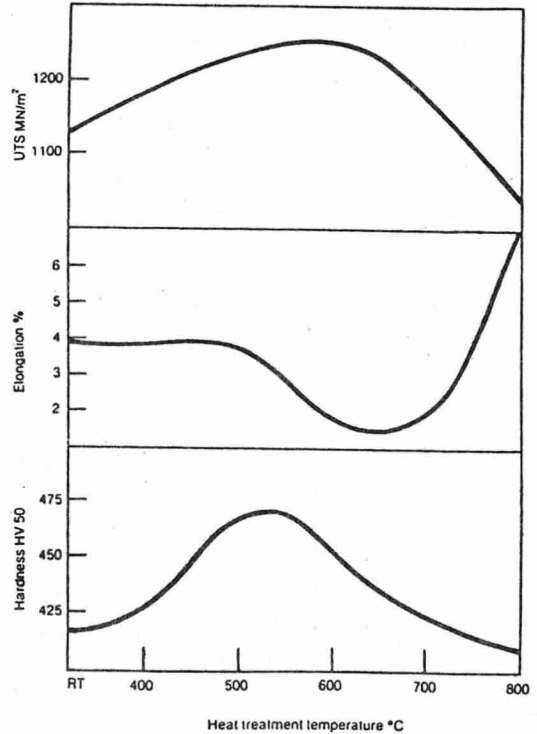
Swaging 工程 후에도 다시 熱處理工程을 행 함으로써 材料의 強度를 10% 정도 더 向上시킬 수 있다(그림 9). 이에 대한 金屬學의 原因에 대해서는 아직 명확히 밝혀져 있지 않으나, 앞으로 技術的 수준을 계속 올리기 위해서는 原因 糾明에 대한 기초연구가 필요하다.

최근 英國 옥스포드大學에서 進行된 研究結果에 의하면 材質強化는 주로 重石에서 일어나고

點缺陷의 生成이 強度增加의 原因이라고 보고하고 있다. 즉 生成된 點缺陷이 位錯(Dislocation)의 移動을 억제함으로써 材質強化에 기여한다는 것이다.

그러나 이를 뒷받침할 명확한 實驗的 증거는 제시되지 못하고 있다.

FIG 9 THE EFFECT OF POST SWAGING HEAT TREATMENT (90W-5NI-5Fe)



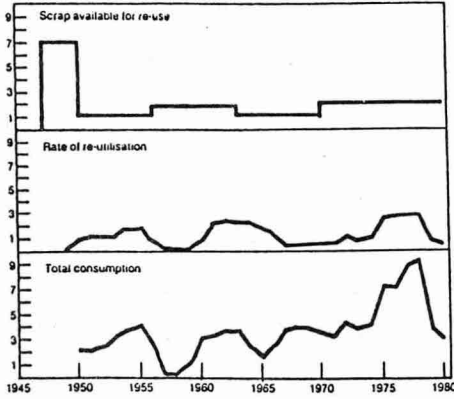
軍用上의 經濟的 檢討

武器에 사용되고 있는 重石의 年間消耗量은 保安上 밝혀져 있지 않다. 왜냐하면 이 資料가 공개되면 戰時에 대비한 裝甲貫通彈의 備蓄量이 밝혀지기 때문이다. 그러나 貫通彈에 쓰이는 重石의 量이 전체 市價에 그다지 큰 영향을 주지 않고 있음은 분명하다.

그 理由는 첫째로, 重石을 戰略物質로 비축하고 있는 일부 國家들도 備蓄量을 일반시장에 별 영향을 주지 않는 범위내에서 定하고 있다. 둘째, 貫通彈의 生産은 주로 長期間에 걸쳐 週期的으로 계약된다. 셋째로, 무엇보다도 중요한 點은 오래된 舊式彈이나 在庫彈을 다시 회수하여 사용할 수 있다는 것이다.

그림 10은 再生할 수 있는 古物量을 보여주고 있는데, 전체 消費量의 약 20% 정도를 차지하고 있는 것으로 보아 이는 二次資源으로서 충분한 價値가 있다고 판단된다.

FIG 10: UK CONSUMPTION AND RE-USE OF TUNGSTEN IN AMMUNITION APPLICATIONS



結 論

武器로의 重石의 응용은 목표물의 성능향상, 彈의 設計, 冶金學的 技術 및 生産工程, 심지어

商業的 側面까지 고려해야 하는 복잡성을 띠고 있다.

彈의 設計가 개선됨에 따라 材料 物性의 구비 조건은 더욱 까다로워졌고, 機械的 性質을 향상시키는 研究가 계속 進行되어야 했다. 보다 根本的인 문제점은 敵戰車의 前面 裝甲板에 대한 情報가 거의 밝혀져 있지 않은데 있다.

따라서 裝甲貫通能力增大를 위한 材料의 物性 向上에 대한 研究는 더욱더 요구될 것이다. 彈의 材質로서 요구되는 여러 機械的 特性의 最適 組合值를 결정하는 研究가 현재 進行되고 있으나, 彈과 目標物과의 相關關係에서 어느 特性이 우선해야 하는지는 아직도 분명치 않다.

이런 理由로 彈藥分野에서 重石合金에 관한 研究는 계속되어야 할것이다.

참 고 문 헌

P. N. Jones, "The Use of Tungsten in Armament Related Products", (Paper presented at Powder Metallurgy Group 1982 Silver Jubilee Meeting, Eastbourne, October 26~27).

