液體 二元 推進劑 使用砲

李鍾哲·張大成 譯

니트로글리세린(Nitroglycerine)이란 單語는 火藥을 취급하는 專門科學技術者들에게까지도 强한 反應을 불러일으키고 있다. 우리들중 얼마나 많은 사람들이 아직까지도 별 생각없이 주머니속에 니트로글리세린을 지녀 왔던가? 만일 當身이 獵銃 사냥꾼이거나, 또는 덫치는 사람이라면 많은 종류의 無煙火藥이 複基推進劑(Doubl Base Propellant)이기 때문에 最近까지도 그랬을런지 모른다. 니트로글리세린의 評判은 아마도 오랜옛날 初期 경험으로부터 찾을 수 있으며, 그 명맥은 아직도 살아있다.

니트로글리세린에 대한 이러한 참고사항은 獵銃彈이 아주 위험하기 때문에 지니고 다닐 수 없다는 것을 意味하지는 않으나 니트로글리세린과 관련된 일은 누구에게나 强한 감정적인 反應을 불러 일으킨다는 사실을 좀더 강조하려는 것이다.

이 사실들은 液體 二元推進劑(Bipropellant)에도 해당될 수 있으며, 이 推進劑는 窒酸을 酸化劑로 사용한다. 窒酸이란 물질은 化學技術者가 아닌 많은 사람들에게는 은연중에 赤煙窒酸을 의미하는 것으로 알고 있다.

赤煙形態의 窒酸은 數種의 로케트推進劑에 사용하고 있으나 宇宙服과 같은 복장을 하고 서서히 움직이면서 조심스럽게 自身들의 任務를 수행하고 있는 사람들을 연상케 한다.

우리는 방금 地上에 도착한 宇宙船으로 다가가는 地上要員들을 쳐다볼 때마다 누구나 비슷한 광경을 연상케 된다.

赤煙窒酸은 그 물질의 酸化特性을 最大化할 수 있기 때문에 가장 큰 관심을 기울일만 하다. 이것은 構造上 反應力이 대단히 크다.

液體推進劑를 사용하는 砲設計의 근거를 窒酸에 둔다면 窒酸의 反應性을 극대화 시킨다는 것은 不必要하며 바람직한 일도 아니었다. 물처럼 흰濃度 90%의 窒酸은 상용의 70% 實驗用窒酸보다 酸度가 낮다. 이러한 사실은 火藥을 부주의하게 취급할 수 없는 것과 마찬가지로 90% 窒酸을 부주의하게 취급할 수 있다고 까지는 말할 수 없다.

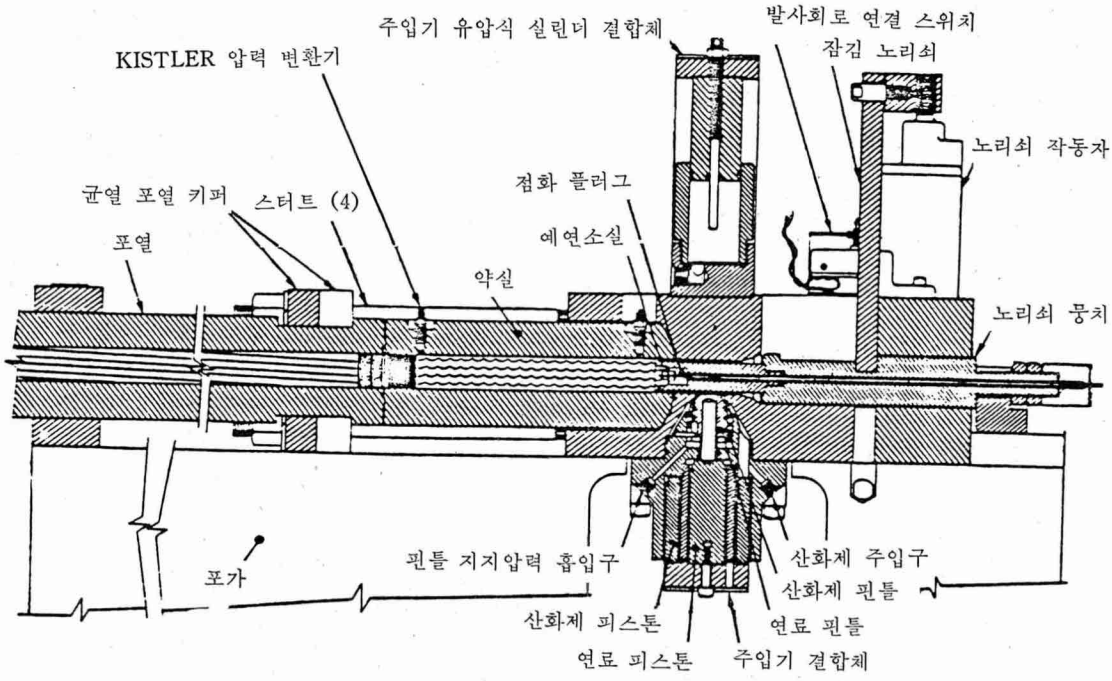
또한 니트로글리세린이 複基推進劑와 동일하지 않은 것과 마찬가지로 窒酸은 赤煙窒酸과 동일하지 않다. 90% 窒酸은 취급에 대단한 주의를 要하며, 우리가 지난 數年間 砲의 開發에 진보를 거듭한 것과 마찬가지로 주의를 기울여 취급하여 왔다.

液體推進劑 使用砲는 彈皮가 있는 일반 彈藥을 사용하는 것보다는 軍需的인 측면에서 물론 한가지 以上의 중요한 利點을 갖고 있으나, 아마도 더욱 중요한 利點은 사용한 彈皮를 再裝塡하기 전에 除去하거나 저장 또는 처분할 필요가 없다는 것이며, 이러한 사실들은 砲台를 만일 탱크나 비행기에 설치하여야 할경우 대단히 중요시될지도 모른다.

美國의 Economist 誌에 지적된 바와 같이 液體推進劑는 간이장소에 부착된 간이隔室內에 저장할 수 있으며, 大氣壓에서는 연소되지 않으므로 우연한 충격發生에 따른 推進劑의 손실이나 危險없이 심지어 저장고 이외의 地域에도 저장할 수 있다.

한편, 同誌는 美 General Electric 社의 液體推進劑 使用砲에 대하여 기술한바 있으며 이는

NAVAIRSYSCOM 液體 二元推進劑 使用砲



窒酸암모늄系의 推進劑를 사용하고 있다.

美海軍의 二元推進劑 體系는 기계적 構造가 보다 간단하며, 加熱된 砲列內에서 砲口內不發의 요인인 遲發이 발생하지 않는 등의 附加的인 장점과 위에 열거한 利點을 갖고 있다.

在來式 推進劑의 燃燒率은 가장 간단한 형태에 있는 推進劑의 크기 및 表面積에 의하여 결정된다.

二元推進劑內의 燃燒率은 90% 窒酸과 水素—炭素系의 液體연료는 정상적으로 混合되지 않기 때문에 粒子의 크기에 따라 조절된다. 두 流體가 藥室에 동시 注入되면 물—기름 형태의 에멀젼을 형성하며, 이때 분산단계에 있는 燃料液滴의 크기가 燃燒率을 決定하게 된다. 동시에 燃料液滴의 크기는 注入器에 의하여 作動壓力등 여러 因子들이 광범위하게 조절될 수 있으나, 일반적으로 25mm 試驗砲의 作動壓力은 1,500~2,500 psi의 범위에 있다.

통상 砲는 連續發射時 상당한 熱을 수반하며 發生된 熱은 어떠한 方法으로든 제거하여야 한다. 二元推進劑 使用砲는 注入된 流體가 冷却劑 역할을 하기때문에 發生熱을 除去한다는 면에서는 대단히 효과적이다.

오랜時間 連續發射時에는 藥室이 加熱됨에 따라 推進劑의 上昇溫度를 보상하기 위하여 注入器內의 여러가지 因子를 變化시키므로서 液滴의 크기를 증가시킬 수 있다. 特히 長點중의 하나는 加熱된 砲列內에서 砲口內不發이 發生될 경우 燃料와 酸化劑가 급격히 混合되지 않는다는 점이다.

燃料와 酸化劑가 混合되지 않는다는 것은 지연發火時, 이때 發生된 壓力은 적절하므로 砲가 손상되지 않는다는 뜻을 의미한다.

海軍砲의 경우 連續發射時 彈은 폐쇄기內에 자동적으로 삽입되며, 注入된 流體에 의하여 砲身內의 Forcing Cone으로 밀어내게 된다.

최종적으로 잠김 노리쇠 運動으로 發射回路 連결스윗치를 작동시켜 電氣的으로 彈을 發射하게 된다. 이 간단한 發射裝置의 싸이클은 중요한 特性을 가지고 있어 세부적으로 논의코져 한다.

流體內의 空氣量

液體推進劑를 사용하여 速射를 하기 위해서는 推進劑의 신속한 이동과 밸브의 밀폐作用과 같은 신속한 靜止作用이 요구된다. 一元推進劑를 사

용하면 空氣 방울이나 空洞現象에 의한 氣泡가 存在한다 하여도 이와같은 조건을 만족 시킬 수 있다. 만일 이 一元推進劑를 아무런 사고없이 펌프하여 燃燒室에 적송할 수 있다고 가정하면 彈體의 公差로 인하여 충진된 藥室內에 약간의 液體內의 空氣量(이하 空氣量으로 명명)이 存在한다고 확신할 수 있으며, 이에 따라 압축시 一元推進劑와 空氣방울이 混合되는 바람직하지 못한 동일한 상황이 발생한다. 速射를 달성하기 위해서는 推進劑가 형태에 관계없이 신속하게 注入되어야 한다.

海軍砲에서는 전형적으로 推進劑의 注入을 35밀리 秒內에 완료하고 35밀리 秒內에 點火를 완료하는데 推進劑의 급격한 注入에 따라 空氣量은 流體內에 균일하게 混合된다.

또한 推進劑의 表面積이 증가됨에 따라 燃燒率이 증가된다. 二元推進劑의 경우 燃燒率은 空氣量의 氣泡보다는 燃料液滴의 表面積에 의하여 조절된다. 따라서 불가피한 流體內의 空氣量은 有用하므로 통상 3%까지 압축한 5%의 空氣量이 필요하다는 사실을 알수 있다.

槪念的으로 생각할때 분산된 空氣는 液體圓柱의 경도를 저하시키며, 注入 끝部位에서 彈頭의 위치에 대한 變異를 극소화 시킨다. 彈體의 길이 및 회전탄대의 직경에 許容되고 있는 경미한 제작상의 公差는 砲列入口 Forcing Cone 內의 멈춤점에서 경미한 彈頭의 位置變異를 초래한다.

만일 분산된 空氣量의 體積이 너무 적을 경우 彈體의 크기가 다소 큰 彈藥은 Forcing Cone 內에 정지하여 注入된 流體에 너무 적은 體積을 허용하므로서 油壓에 의한 폐쇄기의 잠김작용이 이루어질 수 있다. 이외에도 空氣量이 적으면 전체 藥室體積의 근소한 차이조차도 압축空氣의 차이를 발생시켜 點火特性의 변화를 가져오게 된다. 요약하면 一元推進劑 體系에서는 이러한 문제점들이 해결되기 어려울지 모르나 二元推進劑를 사용하는 砲에서는 空氣量이 충분하므로 문제시 되지 않는다.

點　火

二元推進劑 砲시스템은 彈皮를 사용하지 않으므로 雷管에 電氣的인 點火裝置가 필요없다. 따라서 發射싸이클은 더욱 加速化된다. 이점이 雷管을 사용하는 推進시스템과는 다르다.

砲體系가 發展을 거듭하는 동안 推進劑 에멀젼의 범위를 산출하는 6가지의 각각 상이한 注入器를 設計하여 시험하고, 각각의 特性을 도출하였다. 燃料의 表面積에 대한 범위는 $39cm^2/cm^3$ 이하로부터 크게는 $119cm^2/cm^3$에 달하였다.

우리가 사용한 試驗砲는 $39\sim59cm^2/cm^3$의 범위에서 運用하였으며, 더큰 表面積에서는 더큰 壓力으로 조절하였다. 注入器는 특수한 시험치구를 부착 사용하여 측정하였으며, 시험결과 推進劑의 出力은 高爆火藥의 폭발壓力에 근접될 수 있었다.

이같은 結果는 너무나 현저히 나타났기 때문에 燃料의 表面積으로 燃燒率을 정확히 조절할 수 있다는 사실에 대하여 의심할 여지가 없었다. 이러한 燃燒率의 조절은 우리의 실험실적 硏究가 25mm 砲에만 局限되었으나 次後 各種 口徑의 砲에도 적용가능함을 나타내 주고 있다.

海軍砲가 부착된 航空機는 보통 60 kw의 有用出力을 갖는다. 設計上 순환 發射速度인 1개 砲列當 1,000發/分을 사격하기 위해서는 5~10 kw의 出力이 소요될 것이며, 이는 彈藥 한發當 75 joule 정도의 發射펄스를 사용한다고 가정하면 대단히 合理的이라고 간주된다.

우리가 수락가능한 燃料의 表面積 범위에 대하여 點火時 25 joule/發을 소비한다는 것은 상식을 벗어난 것이라고 생각된 반면 150 joule을 사용한다는 것은 너무 낭비라고 간주되었다.

따라서 아크點火回路用으로는 75 joule/發로 決定하였다. 느린 아크點火回路는 100~500μH의 誘導電流를 사용하여 0.4~1밀리秒內에 약 1,400A의 피크치(2,000V로 충전된 50μF의 축전기)에 도달하였다. 느린 아크回路는 반복 및 예측이 용이하며, 빠른 아크의 매우 높은 局部溫度 및 壓力特性을 발생시키지 않으면서 빠른 아크와 마찬가지로 推進劑를 點火시킨다.

在來式 固體推進劑를 사용하는 砲에서의 點火過程은 推進劑의 充塡密度가 비교적 낮기 때문에 아주 다른 현상이 발생한다. 여기서는 雷管

에 의한 推進裝藥의 초기壓力, 즉 推進劑 表面의 균일한 연소가 요구된다.

한편, 二元液體推進劑는 5%의 空氣量을 갖지만 높은 密度를 갖는다. 스파크放電은 재래식 點火管의 화염과 비교하면 비록 작으나, 數秒以內에 넓은 壓力값을 가지며, 이는 液體와 空氣가 서로 混合됨으로써 減壓되는 것을 제외하면 상당히 증가시킬 수 있다.

스파크로부터 點火가 이루어지면 彈頭와 推進劑의 円柱는 하나의 시스템을 이루며 運動한다. 彈導의 결과는 Traveling Charge의 영향을 명백히 보여주고 있으며, 壓力—時間의 궤적은 보통 Plateau의 형태를 나타낸다. Travelling Charge은 彈頭를 이동시켜 주는 有效한 方法이며 이의 反復性은 砲口速度를 측정하므로서 얻을 수 있다.

砲口速度 조절

本 試驗에 사용된 標準彈의 중량은 194.4g (3,000 그레인)이다. 이 무게는 20mm 彈의 M50 系列을 시뮬레이션한 것이며 설계목표로는 砲口速度를 1,184m/sec로 두었으나 우리가 사용한 砲身 길이에 적정裝藥을 사용하면 거의 1,341m/sec의 砲口速度를 얻을 수 있다.

또한 더 많은 量의 推進劑를 사용할 수 있도록 砲의 藥室을 확장하고 彈頭質量을 51.8g까지 감소시키므로서 다양한 裝藥對質量의 比를 구하였다. 이 결과로 裝藥/質量比가 0.48~3.55의 범위에서 시험이 가능하였다.

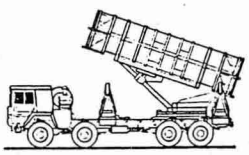
한편, 推進裝藥이 93g에서 184g으로 증가됨에 따라 裝藥의 直徑對길이의 比가 5.1~10.1로 증가 되었으며 팽창율이 18.3으로, 속도는 1,052m/sec에서 약 2,073m/sec까지 다양하였다.

使用된 형태의 調整砲는 그림과 같다. 예측한 바와 같이 速度는 化學量論的 點(Stoichiometric Point; 모든 燃料를 연소시키는데 필요한 酸素의 量) 부근에서 최대이었으며 溫度를 계산한 결과 이 구역에서 최대로 나타났다.

酸素/燃料比가 化學量 點으로부터 멀어지면 溫度는 급격히 강하하여 砲內에서 실제로 混合이 이루어지는 동안 最大溫度의 1000°C 이하가 될지도 모른다.

각종시험은 비록 連續發射단계를 통하여 개발이 진행되었으나 단일 彈種에 대하여 조심스럽게 측정하였으며 注入器의 性能에 미치는 各種 因子와 空氣量의 조건, 點火에너지 및 大氣溫度 등을 變化시켜 측정하였다. 그러나 동일 溫度범위에서 표준 20 mm 試驗彈과 比較하여 볼때 速度 및 標準編差는 거의 유사하다.

二元液體推進劑를 사용하는 砲는 有用性이 있으며 그 性能이 입증된 體系로서 美國 캘리포니아州 海軍武器體系研究所의 科學者들에 의하여 개발되었다.

참고문헌

(National Defense, Oct, 1984)