

吸濕せる黑色火薬の燃焼に就て

(昭和22年10月25日 受理)

會員 又 木 武 一 *

黑色火薬の成分中には木炭、硝石等の水分を吸収し易き成分を含有する爲吸濕の結果、燃焼状況不良となり使用不能に至る事實あるを以て此處に壓搾せる黑色火薬の含有水分量と燃焼状況との關係を實驗研究せんとす。

I. 着火性と燃焼速度

黑色火薬に一定量以上の熱エネルギーを加ふれば薬内の一局部にて隣り合った多數の分子が同時に分解され、此の分解に因り更に之と隣接せる多數の分子が活性化分解され連鎖反應機構に依り次々に傳播して燃焼を起すに至る。

今黑色火薬の活性化エネルギーを E_A 、火薬の温度 T に於て黑色火薬の有するエネルギーを E とせば黑色火薬分子を着火せしむるに必要なエネルギーは $(E_A - E)$ である。今外部よりエネルギーを受けたる場合連鎖反應を生起する爲に必要な燃焼中心生成分子の数を N とせば火薬の温度 T に於て黑色火薬を着火せしむるに必要なエネルギーは、 $N(E_A - E)$ なり。然るに實際黑色火薬が水分を吸収している場合には水分を蒸發せしむる爲更に餘分のエネルギー F を加へる必要がある。故に黑色火薬を着火せしむるに必要な全エネルギーは $\{N(E_A - E) + F\}$ なり。

今外部より熱エネルギーを與へて黑色火薬に着火せしむる場合に就て考へて見るに單位時間内に外部より試料に加へられるエネルギーを A とし、加はる時間を t とせば加はる全エネルギーは At なり。其の中 $1/3$ が燃焼中心生成に有効なりと思ふせば着火の條件は次の如し

$$At/s < N(E_A - E) + F \quad \text{不着火}$$

$$At/s = N(E_A - E) + F \quad \text{着火}$$

試験に於て試料に加へる熱エネルギーを一定にせば A/s は一定なり。又同一種の黑色火薬を使用し薬温 T を一定、試料の壓搾成型を同一條件にて行へば $(E_A - E)$ 及び N は一定である。

故に t は F に比例す。然るに F は黑色火薬の含有水分量 m に比例するを以て

$$t = km \quad \text{但し } k \text{ は常數}$$

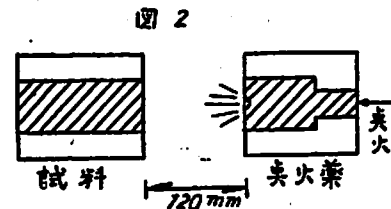
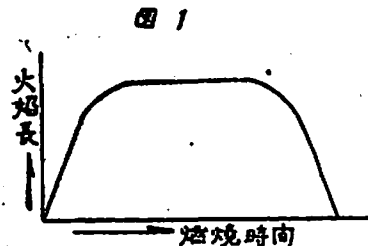
即ち着火に至る迄の時間 t は含有水分量 m に比例す。

次に燃焼速度に就て考察す。今熱エネルギー源と未反應黑色火薬分子との關係に就て考察するに着火の場合には兩者間に或間隔を有すれども、燃焼を繼續している場合には反應分子と未反應分子は互に隣合っている實状である。一方黑色火薬1gの發生する熱量は665calにして、20°Cの水1gを蒸發するに必要な熱量は686calなり。

然るに黑色火薬の實用範圍に於ける水分含有率は10%以下なるを以て黑色火薬が發生する熱量の $1/10$ にて水は充分に蒸發せらるることとなる。且壓搾せる黑色火薬の燃焼速度は略1cm/secで極めて速きを以て燃焼せる黑色火薬に隣接せる未反應の黑色火薬分子は充分豫熱せらるる結果、含有水分は殆ど蒸發せる状態となり、從て F は略省略せられ之を0と見做す事を得。故に燃焼繼續時に於ける未反應分子の着火條件は次の如し。

$$At/s = N(E_A - E)$$

然るに前と同一要領にて A 、 s 、 N 、及び



(EA-E)一定なるを以て t は一定なり。

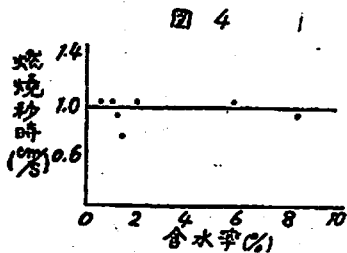
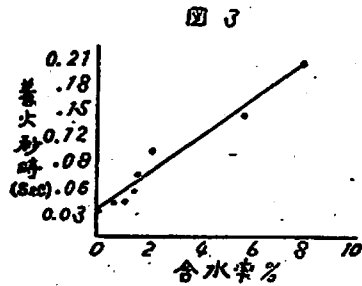
t の一定なる事實は燃焼速度一定なる理にして含有水分に依る影響なし。即ち黑色火薬の含有水分量少き場合、燃焼速度は含有水分に關係せず一定なり。

II. 燃 燒 試 験

壓搾せる黑色火薬の燃焼條件を一定にする爲には加へる熱エネルギーは常に同一にして熱源の放出する火焰は強く且放出時間長き事を必要とす。此の條件に適する熱源として最初電氣スパークを使用せしが、熔融せる金屬飛散し且燃焼時間短き爲不適當なり。故に含有水分0%の黑色火薬を壓搾成型せるものを點火薬として使用し其の火焰放出面は火焰長を最大にする爲中央部に凹部を有するものを使用せり。活動寫眞撮影に依る點火薬燃焼時の火焰長と燃焼時間との關係は圖1にして火焰長180mm、燃焼時間2.2sec.なり。

試料は各種含有水分量の黑色火薬を内徑8mm、外徑12mm、長さ17mm、の鍛製円筒に1500 kg/cm²にて1分間壓搾し、壓搾面の反対側を着火面として使用せり。

試験方法は圖2に示す如く點火薬を固定し之より120mmの距離に壓搾せる試料を固定し、點火薬と試料は同一中心線上に置き之と直角に1mの距離に活動寫眞機を置きたり。試験は暗室にて點火薬に點火後寫眞機を廻轉せしめ(1/180sec.毎)點火薬火焰放出より



試料に着火し燃焼終了迄撮影し着火迄の秒時並に試料着火より燃焼終了迄の時間を測定せり。

III. 實 験 成 績

實驗試料は最初0%に乾燥せる黑色火薬を粉狀の儘、水を張つたデシケーターの中に數日間貯藏し各種含有水分率の試料を造り含有水分量を正確に測定せるものを規定の形狀(前述)に壓搾成型して使用せり。時間は活動寫眞撮影後フィルムに依り測定せり。着火秒時は點火薬放出より試料着火迄の時間にて表はし、燃焼速度は試料が着火開始より燃焼終了迄の時間と火薬燃焼長との比を以て表はせり。尙含有水分は0~8%迄のもの8種類の試料に就き實驗を行ひ其の成績は圖3~4の如し。

含水率と着火秒時との關係は圖3.に示す如く直線的關係にあるを以て着火秒時は含水率に正比例す。又燃焼速度と含水率との關係は圖4.に示す如く略一定にして平均0.94cm/sec.なり。即ち燃焼速度は含水率に關係なく一定にして前述の理論的考察を實證し得たり。

表 1.

| | 含水率 (%) | 着火秒時 (sec.) | | 燃焼速度 (cm/sec.) | |
|---|---------|-------------|------|----------------|------|
| | | 一回 | 二回 | 一回 | 二回 |
| 1 | 0 | 0.03 | 0.03 | 0.87 | 0.97 |
| 2 | 0.49 | 0.04 | 0.04 | 1.06 | 1.13 |
| 3 | 1.05 | 0.04 | 0.04 | 1.12 | 0.90 |
| 4 | 1.27 | 0.05 | 0.05 | 0.90 | 0.93 |
| 5 | 1.53 | 0.07 | 0.07 | 0.69 | 0.67 |
| 6 | 2.03 | 0.11 | 0.11 | 1.06 | 0.94 |
| 7 | 5.82 | 0.14 | | 1.07 | |
| 8 | 8.10 | 0.18 | 0.19 | 0.84 | 0.95 |

IV. 結 論

以上壓搾せる黑色火薬の燃焼に對する含水率(10%以下)の關係に就き理論的考察を行ひ之を實驗に依り確認し次の結論を得たり。

1. 着火秒時は含水率に正比例す
2. 燃焼速度は含水率に關係なく一定なり故に含水率増加するに従ひ着火困難となり不點火の原因となるを以て含水率は極力少きものを使用する要あり。