

鎂帶在坩堝中燃燒只產生氧化鎂嗎？ ——談氧化鎂化學式求法的校正？

國中組化學科第二名

花蓮縣立花崗國中

作者：張書憲、馬心華
詹裕文、石豐銘

指導老師：邱智宏

一、研究動機

在化學課程第七章中，我們學到求化學式的實驗。課本上利用鎂帶在坩堝中生成氧化鎂的反應，來求出氧和鎂的重量比，進而除上原子量求出氧化鎂（ MgO ）的化學式。由課本上的敘述及計算好像很容易就能求出鎂和氧的原子數比絕對為 1：1，但事實上經過我們多次重覆的實驗，它們的比值較 1：1 實在相差得太遠，令人難以相信氧化鎂的化學式即為 MgO 。因此引起我們探討這個實驗的動機。是不是操作的技巧需要改進呢？鎂在高溫時是不是只和氧反應？難道和空氣中大量的氮一點反應都沒有嗎？有沒有改進比值誤差的方法呢？這些更激起我們濃厚的興趣！

二、實驗目的

1. 探討求氧化鎂化學式實驗誤差的主要原因。
2. 鎂帶在坩堝中燃燒後產物的探討及分析。
3. 試改進求氧化鎂化學式的實驗方法。

三、實驗步驟

1. 鎂帶處理：

剪約 15 cm 長鎂帶→浸入稀鹽酸中洗滌→用蒸餾水沖洗
→擦乾。

2. 實驗過程：

坩堝稱重→坩堝加約 15 cm 的鎂帶稱重→在泥三角上用小火

加熱→中途掀開蓋子數次→(打開蓋子)強熱→冷卻至室溫
→稱重。

3. 數據處理：

(坩堝加鎂帶重) - (坩堝重) = (鎂帶重)

(加熱後總重) - (坩堝加鎂帶重) = (氧重)

四、實驗結果

1. 實驗(一)

照課本的步驟先用小火加熱，中途掀開蓋子數次，然後打開蓋子加強熱冷卻後稱重再加熱、冷卻、稱重、直至重量不再增加太多為止。

2. 實驗(二)

(1)選擇大口徑的坩堝(直徑約 6 cm)鎂帶約 30cm。

(2)一開始加熱即用強火，加熱中不掀開蓋子。等冷卻後再慢慢掀開蓋子，讓空氣進入後，再蓋上蓋子、加熱、數次後打開蓋子強熱。以下步驟和實驗(一)同。

3. 實驗(三)

(1)將坩堝中燃燒後的產物，用試管收集，加入蒸餾水十數滴，加熱後產生的氣體，測其嗅覺、溶於水的酸鹼性，及溶於水後滴入鹽酸的反應。

(2)純粹的氧化鎂也加水、加熱做同樣的試驗。

4. 實驗(四)

將實驗(二)的產物加蒸餾水約五滴，先用溫火烤乾，再強熱，以下步驟和實驗(一)相同。

五、討論

1. 實驗(一)

(1)本實驗原先使用有效數字到小數第二位的天平。由於課本上使用 15cm 的鎂帶，重量僅 0.1 克上下，如果稱重時，稍有一點不慎，相差的百分比即可達到百分之十以上。所以特

地借來一部微量天平做精密的探討。

(2)預備實驗中，曾經使用 0.5 克以上的鎂帶，或用 1 至 2 克的鎂粉代替鎂帶來減少誤差。結果積壓在中間的鎂帶和鎂粉，無論如何強熱，均無法完全燃燒。所以實驗中除實驗(一)照課本外，其餘均採用能完全燃燒的最大數量約 30cm 的鎂帶，重量則在 0.25 克上下。

(3)由實驗(一)的結果，很難令人相信氧化鎂的化學式為 MgO ，其原子數比即為 1 : 1。由實驗的仔細觀察，主要原因有下列幾點：

a 在加熱中途將蓋子掀開數次，無論操作如何仔細小心，都會有大量的氧化鎂灰燼蜂湧而出，隨著熱空氣飄散使實際燃燒後的重量減輕很多。

b 加熱途中將蓋子掀開主要是讓空氣進入坩堝中，使鎂帶能繼續燃燒。事實上，加熱中由於空氣膨脹，可以進入坩堝內的空氣量不會太大。事後再打開蓋子強熱，仍會有許多未反應的鎂起激烈的反應，使氧化鎂的粉末四處飛揚。

c 課本上說一開始使用溫火加熱，事實上鎂的熔點 $929^{\circ}C$ ，再隔上一層坩堝，要使其生成氧化鎂極不容易，而且所需時間太長了。

d 由實驗(一)的前二個數據和後二個數據比較，顯然後二組較為接近理想一點。探其原因，後者使用大坩堝（直徑約 4 cm）一次能容的空氣量較前者使用的小坩堝（直徑約 2 cm）幾乎大三倍以上，使反應能在密蓋的坩堝中更趨於完全，而且受熱飛揚的氧化鎂碰壁而凝結住的機會也增多，以至於實驗的比值較為接近理想。

針對以上的缺失，做了實驗(2)的改進。

2. 實驗(二)

(1)加熱中不掀開蓋子，使氧化鎂灰燼散失的可能性減至最小。

(2)冷卻後再慢慢掀開蓋子，讓空氣得以進入，使反應能盡快的完全而且打開蓋子後，發現有厚厚一層的氧化鎂凝結在蓋子

上。

(3)一開始就用強火加熱，使反應的時間大大縮短。

由以上的技巧改進後，使氧化鎂的比值更爲接近1：1，但是仍有一段很大的距離，這使我們懷疑：鎂帶在坩堝中的燃燒只產生氧化鎂，而無其他副產物嗎？以鎂如此活性大的金屬，在高溫下，除了和氧反應外，就不和其他氣體反應了嗎？如果有的話，最可能的就是在坩堝中 $\frac{1}{5}$ 的氧氣消耗完後，剩下 $\frac{4}{5}$ 的氮氣了。

於是我們做了下面的檢驗實驗。

3. 實驗(三)

(1)將鎂帶在坩堝中燃燒後的產物，加入蒸餾水後加熱，發現蒸發生來的氣體有氨的獨特刺激臭，而且溶於水後，又呈鹼性反應，由此可證明此氣體中含有氨(NH₃)氣。爲了更謹慎起見，將收集的水溶液滴入鹽酸，發現液面有霧狀白煙。這結果正和我們化學第七章所學的氯化氫加氨水會產生煙霧狀的氯化銨(NH_{3(aq)} + HCl_(aq) → NH₄Cl_(s))，不謀而合，更確信蒸發出來的氣體，一定是氨氣。

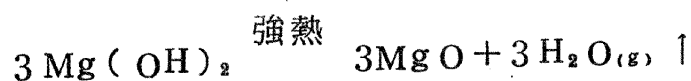
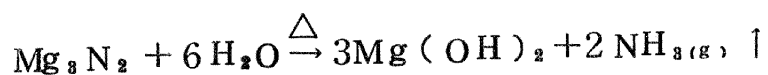
(2)蒸發出來的氣體有氨(NH₃)，而氨中含有氮。可見氮一定是由鎂帶燃燒後的產物而來。由此可見鎂在坩堝中不只發生：

$2\text{Mg}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{MgO}_{(s)}$ 的反應，應該還有

$3\text{Mg}_{(s)} + \text{N}_{2(g)} \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_{2(s)}$ 的反應才對。

由於後者反應的發生，使氧化鎂中氧應有的重量減輕了。於是原先三個鎂原子，可以和三個氧原子化合。現在只和二個氮原子化合，當然比都生成氧化鎂要輕了。

(3)如果把氮化鎂加上蒸餾水，再加熱會有下列的反應發生：



因此我們可以將氮化鎂 (Mg_3N_2) 轉換成我們要求的氧化鎂 (MgO)。所以我們用加蒸餾水的方法，做了實驗(四)的探討，更企圖算帶出鎂帶中有百分之幾的鎂和氮產生反應。

4. 實驗(四)

- (1) 加蒸餾水後，用溫火加熱，爲了防止產物因沸騰而噴出。
- (2) 由實驗的結果，發現鎂原子數和氧原子數的比值已十分接近 1 : 1，已足以令我們相信氧化鎂的化學式即爲 MgO 。
- (3) 由方程式 $\text{Mg}_3\text{N}_2 \rightarrow 3\text{MgO}$ 的轉換

$$\frac{3\text{MgO 中的氧重}}{\text{Mg}_3\text{N}_2 \text{ 中的氮重}} = \frac{48}{28} \quad \text{假設和鎂反應的氮有 } y \text{ 克。則}$$

經過實驗(四)，可得 $\frac{48}{28}y$ 克的氧。所以實驗(四)較實驗(二)所

增加的氧重應等於 $\frac{48}{28}y$ 減去 y 。

$$\text{即： } \boxed{\text{實驗(四)氧的重} - \text{實驗(二)的氧重}} = \frac{48}{28}y - y \cdots \cdots (1)$$

將實驗的數據代入公式(1)可求出氮參加反應的重量

$$\textcircled{1} \quad 0.2020 - 0.1820 = \frac{48}{28}y - y \quad y_1 = 0.0281$$

$$\textcircled{2} \quad 0.1408 - 0.1338 = \frac{48}{28}y - y \quad y_2 = 0.0098$$

$$\textcircled{3} \quad 0.1491 - 0.1365 = \frac{48}{28}y - y \quad y_3 = 0.0176$$

$$\textcircled{4} \quad 0.1514 - 0.1424 = \frac{48}{28}y - y \quad y_4 = 0.0126$$

由 y 及 Mg_3N_2 中 Mg 和 N 的重量比，可求出和氮反應的鎂重，除上鎂帶的重即可求出和氮反應的百分比。

$\frac{\text{Mg}_3\text{N}_2 \text{ 中 鎂 重}}{\text{Mg}_3\text{N}_2 \text{ 中 氮 重}} \times y \div \text{鎂 帶 重} \times 100\% = \text{鎂 帶 中 和 氮 反 應 的 百 分 比}$
--

.....(2)

將實驗的數據代入公式(2)，可算出鎂和氮反應的百分比

① $\frac{72.93}{28} \times 0.0281 \div 0.3105 \times 100\% = 24\%$

($\text{N}_2 = 28$, $3\text{Mg} = 72.93$)

② $\frac{72.93}{28} \times 0.0098 \div 0.2282 \times 100\% = 11\%$

③ $\frac{72.93}{28} \times 0.0176 \div 0.2402 \times 100\% = 19\%$

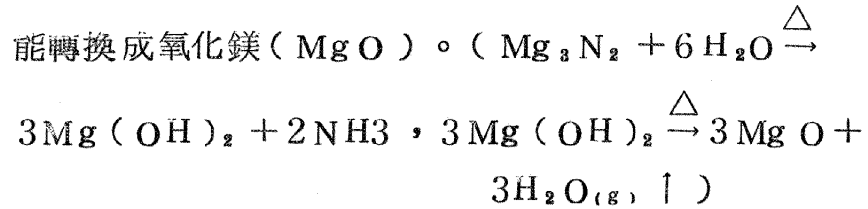
④ $\frac{72.93}{28} \times 0.0126 \div 0.2375 \times 100\% = 14\%$

(4)由上面的計算發現鎂帶和氮反應的百分比從11%到24%之間不等，但是大致可以發現鎂帶量愈多，和氮反應的百分比也就愈多。因為坩堝中氧的量一定，一旦用完後，剩下較多的鎂當然和氮的反應也就相對增加。

六、結 論

- 1 鎂帶在坩堝中燃燒後的產物，除了有氧化鎂，還有氮化鎂的產生，亦即有 $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$ 及 $3\text{Mg} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2$ 兩種反應。由此可見課本上的實驗構想先天上就有了基本上的偏差。
- 2 鎂帶在坩堝中和氮反應的百分比，隨鎂帶量的增加而增多。大約從11%到25%之間。
- 3 要改進此實驗使氧化鎂原子數的比值盡量接近1 : 1 應注意下列數項：
 - (1)用大型坩堝；容量愈大愈好。

- (2) 鎂帶約用 30 cm，以能完全燃燒的最大量。
- (3) 一開始即用強火加熱，且加熱途中不宜掀開蓋子，等冷卻後掀開蓋子，再重新加熱，以防止氧化鎂的散失。
- (4) 完全燃燒後，加大約 5 滴的蒸餾水，使氮化鎂 (Mg_3N_2)



七、參考資料

1. 化學課本第七章化學式的求法及實驗。(p10 ~ p12)
2. 化學課本教師手冊第一冊及第二冊。
3. 無機化學美亞書局 G. C. Demitras et al 原著 p. 395.
4. 無機化學黎明書店 Huheey 原著 p604.
5. 簡明化學辭典第 7 版 美亞書局 p573- p575.

評語：先以實驗證明教科書中之摻作欠周密，結果欠正確；繼討論實驗技巧之改進並研討 Mg_3N_2 生成之影響及改進方法，所建議之改進方法，均合理亦實用，可供修訂教科書之參考。