電磁式真空天秤の試作*

浜崎 正則**・阿部 哲也**・村上 義夫**

(受付1992年12月4日, 掲載決定1993年2月6日)

Fabrication of Electromagnetic Force Balance for Vacuum Applications

Masanori HAMAZAKI, Tetsuya ABE and Yoshio MURAKAMI

(Japan Atomic Energy Research Institute, Naka Fusion Research Establishment, Naka-Machi, Naka-Gun, Ibaraki)

(Received December 4, 1992, Accepted February 6, 1993)

1. はじめに

清浄な真空状態の維持・継続を本質的に必要とする核融合装置においては、真空容器構成材あるいは真空容器内に挿入する第1壁材等からの放出ガス量を極力低減化しておく必要がある。そのため、これら材料の放出ガス量を事前に計量し、それに基づき放出ガス量の低減化策を講じておくことが重要となる。

従来、放出ガス量の計量には、放出ガス圧を真空計で計測する圧力計測法が多用されている。しかし、この方法は、放出ガス量を高感度で計測できるが、定量性を確保するためにはそれ相応の経験と習熟した取扱い技術が必要とし、したがって誰でも簡単に放出ガス量を計測できるという訳にはいかない。

以上から、放出ガス量を重量変化として計測・定量化することを目的として、真空天秤を試作した。ここでは、現在までに得られた結果について報告する。

2. 製作仕様

試作した真空天秤の仕様を以下に示す。

- ・計測方式 : 電磁力平衡式
- ・動作環境 : 真空
- ・秤量 : 20 g
- ・センサー感度 : $1 \mu\text{g}$
- ・データ出力 : デジタル及びアナログ出力

3. 天秤の基本構成

本天秤は、電磁力平衡式の荷重センサーユニットを用いたもので、電磁式センサー、重量表示器、センサー基板等から構成されている。

電磁式天秤の基本構成をFig. 1に示す。基本構成は一般的な電磁式天秤と同様であるが、センサー部は真空中に置かれている。常に平衡位置が保持されるように光センサーを用いて位置を検出し、電磁コイルに流す電流を制御するとともにその電流値を出力として取りだしている。

Fig. 1 Block diagram of the electromagnetic force balance.

* 平成4年10月29日 第33回真空に関する連合講演会で講演 (29P 17)

** 日本原子力研究所 那珂研究所 (茨城県那珂郡那珂町向山801-1)

Fig. 2 Schematic diagram of a performance test apparatus for the balance.

4. 実験結果

試作した天秤の性能試験を Fig. 2 に示す装置を用いて行った。装置上部にセンサー部があり、白金線等を用いて石英ガラス管内に測定試料をつり下げる。試料は石英ガラス管の外側に設けられた赤外線ヒーターにより加熱できるようになっている。またセンサー部への熱影響を極力低減するため、2 個所に水冷部を設け、さらに赤外光がセンサー部に進入するのを防ぐため管径を細くするなどの工夫がなされている。真空排気系は振動の少ない磁気浮上式ターボ分子ポンプを左右対称に配置している。

(1) 零点の安定性

2.75 g の石英ガラス製バスケットを細いタンタル線で作るして長時間にわたる零点変動を測定した。測定時の圧力は 10^{-5} Pa, 周囲温度は $24 \sim 26^{\circ}\text{C}$ で、最長720時間(1ヶ月間)にわたる連続測定を実施した。測定結果を Fig. 3 に示す。

この場合の変動の標準偏差値 (σ) は、連続1週間、連続1ヶ月のときで、それぞれ200, 430 μg であった。Fig. 3 のうちのある1日の零点変動を詳細にみると Fig. 4 のようになる。

Fig. 3 Fluctuation of null position of the balance obtained for a 30-days operation.

Fig. 4 Fluctuation of null position for May 11, 1992.

Fig. 5 Small fluctuation of null position obtained under a good condition.

一方、比較的短時間で周囲の条件が安定しているときには、零点の変動が極めて小さくなることも認められた。7.0 g の無酸素銅板を白金線で作るして、圧力 10^{-2} Pa, 周囲温度 $28.0 \sim 28.5^{\circ}\text{C}$ で、20時間連続動作させた場合の

Fig. 6 Weight loss curve obtained by heating $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ in vacuum.

Fig. 7 Weight loss curve obtained by heating $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ in vacuum.

例を Fig. 5 に示す. この場合の変動の標準偏差値は $0.58 \mu\text{g}$ となる.

(2) 化学物質の熱分解測定への応用

天秤の計量動作を確認する試験の一つとして, 硫酸銅 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) および蓚酸カルシウム ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) の真空中における熱分解過程での重量変化を測定した.

硫酸銅の測定では, 約 0.41 g の硫酸銅を石英ガラス製のバスケットに入れて天秤につるし, 真空排気を行った. 真空中で試料の重量は次第に減少し, 2 日後におよそ 0.29 g になった. その後 $3.3^\circ\text{C}/\text{min}$ の昇温速度で 600°C まで加熱を行い, その過程での重量変化を測定した. その結果を Fig. 6 に示す. 250°C までに約 0.02 g の重量減が, 600°C までにさらに約 0.12 g の重量減が測定された.

蓚酸カルシウムの測定では, 約 0.058 g の蓚酸カルシウムを石英ガラス製のバスケットに入れて天秤につるし, 真空排気を行った. 真空中では試料の重量が直ちに

0.001 g 程度減少し, その後安定した. 3 時間程度この状態を維持した後 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ の昇温速度で 1000°C まで加熱を行い, その過程での重量変化を測定した (Fig. 7 参照). 600°C までに約 0.007 g の重量減が, 1000°C までにさらに約 0.028 g の重量減が測定された.

これらの測定で温度とともに段階的に重量が減少するのは, これら物質の熱分解の素過程¹⁾に対応していると考えられる.

5. 今後の課題

長時間測定時の零点の変動の要因についてはまだ不明な点もある. 今後は, これらの要因を特定し, 対策を講じることによって本天秤の性能をさらに向上させる計画である.

【文 献】

- 1) 斎藤安俊: 熱分析の基礎 (共立出版, 1990) 236, 249.