

II 資料の(1)

講演

熔鑛爐ガス中の塵埃量並に水分量の測定に就て

八幡製鐵所研究所

技師末藤作次

1. 緒言

御承知の通り何れの製鐵所に於きましても熔鑛爐ガスの利用と云ふ問題は製品の生産費を低下せしめる重要な因素でありますから現在各國共此ガスを出来るだけ經濟的に利用する事に努力されて居る事と思ひます。而して其の利用に當りましては常にガス量、ガス中の塵埃量並に水分量等を精確に測定する事が必要でありますから既に皆様の工場では夫々異つた獨特の装置を御使用になつて居られる事と思ひますが私は八幡製鐵所に於きまして早くから使用して居ります塵埃量並に水分量の測定装置と、其の方法に就きまして御話を申し上げ各位の御参考に供したいと存じます。元來熔鑛爐の普通作業状態に於きまして、或る場所に於ける高爐ガス中の塵埃量並に水分量等を精確に測定する事は極めて困難な事で御座います。何となればこのガスの温度、壓力は爐の作業状態に著しく影響をされまして時々刻々に變化し塵埃量、水分量は當時の爐状況及装入原料即ち鑛石、コークス等の大小其堅さ及び水分含有量並に送風壓力等の諸因素によつて變動するからで御座います。従つて斯かる實驗は或る時間連續的に數回測定致しまして其平均値から推断する以外に良い方法は無い様で御座いますから、私共は從來此の方法を実施して來た次第であります。

2. 測定場所並に方法

ガス輸送管を流れるガスの流れには配管状態によつて直線的の流れと渦流とが有りますから測定には渦流の起らない輸送管の直線部に於て測定する事が大切であります。又此等の測定結果を可及的精確ならしめる爲にはサンプリング・チューブから吸引するガスの流速を輸送管

内のガスの流速と略同一にする必要が有りますので、先づ輸送管内のガスの流速を求めまして然る後次に相當するガス量がガス計量器を通過する様に排氣機のコックを調整する事が必要であります。即ち

$$V_m = \frac{1}{4} \pi D^2 \times v_p \times \frac{T_m}{T_p} \times 60$$

但し

- V_m = ガス計量器通過ガス量 (m^3/min)
 D = サンプルング、チューブの内徑 (cm)
 v_p = 輸送管内のガスの流速 (cm/min)
 T_m = 計量器通過ガスの絶対温度 ($^{\circ}C$)
 T_p = 輸送管内のガスの絶対温度 ($^{\circ}C$)

3. ガス中の塵埃量及水分量測定器具

(第1圖参照)

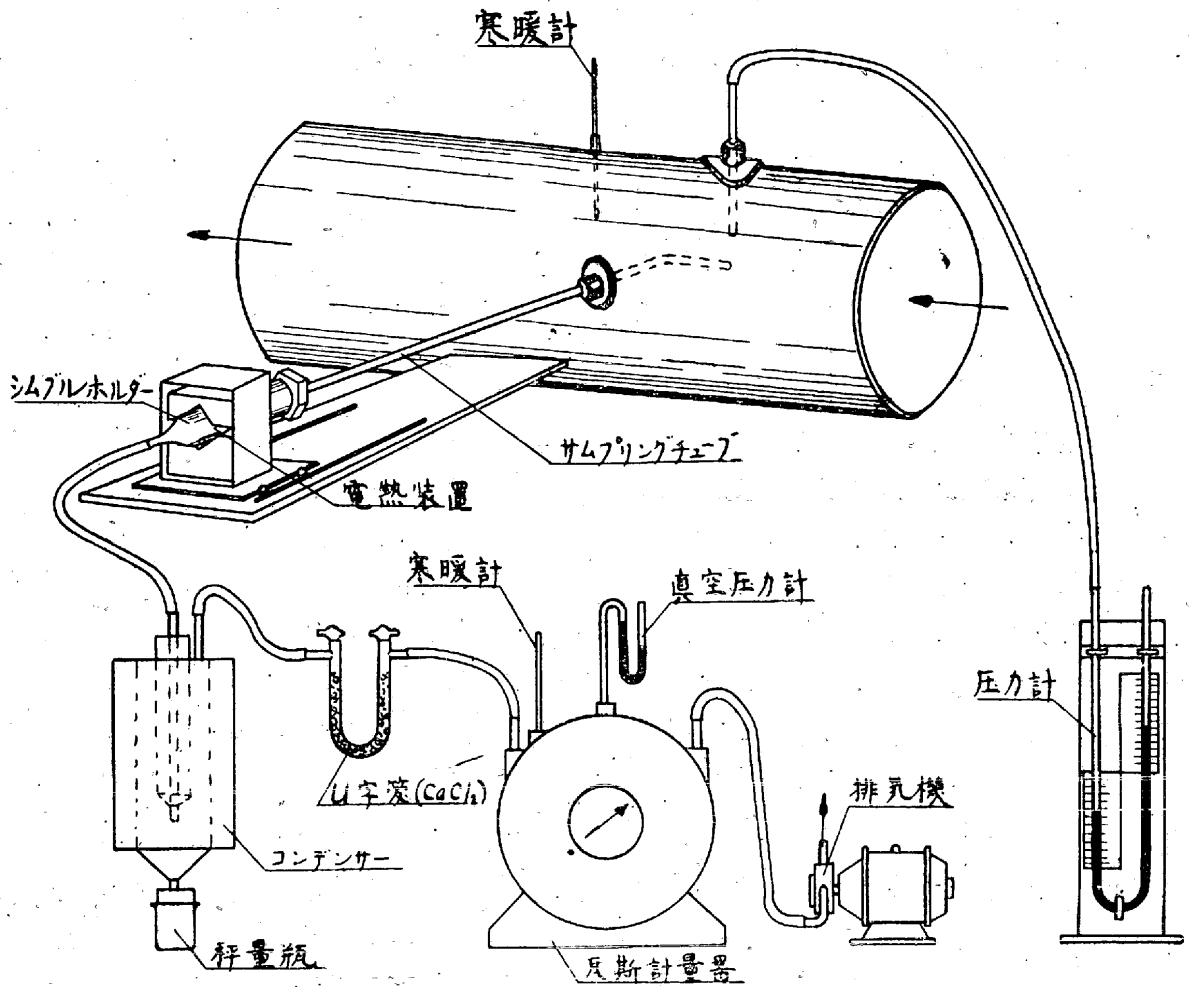
(1) サンプルング、チューブ 銅管又は鋼管にて製作された内徑 11 mm, 長さ 1,200 mm 内外のものであつて其一端即ち輸送管に封入される部分は、塵埃の沈積を防ぐために緩かに彎曲され他端はシムブルホルダーに接続される。

(2) シムブル 厚さ 1 mm, 内徑 45 mm, 長さ 100 mm の底付圓筒濾紙で重さ 6 g 内外のものであります。

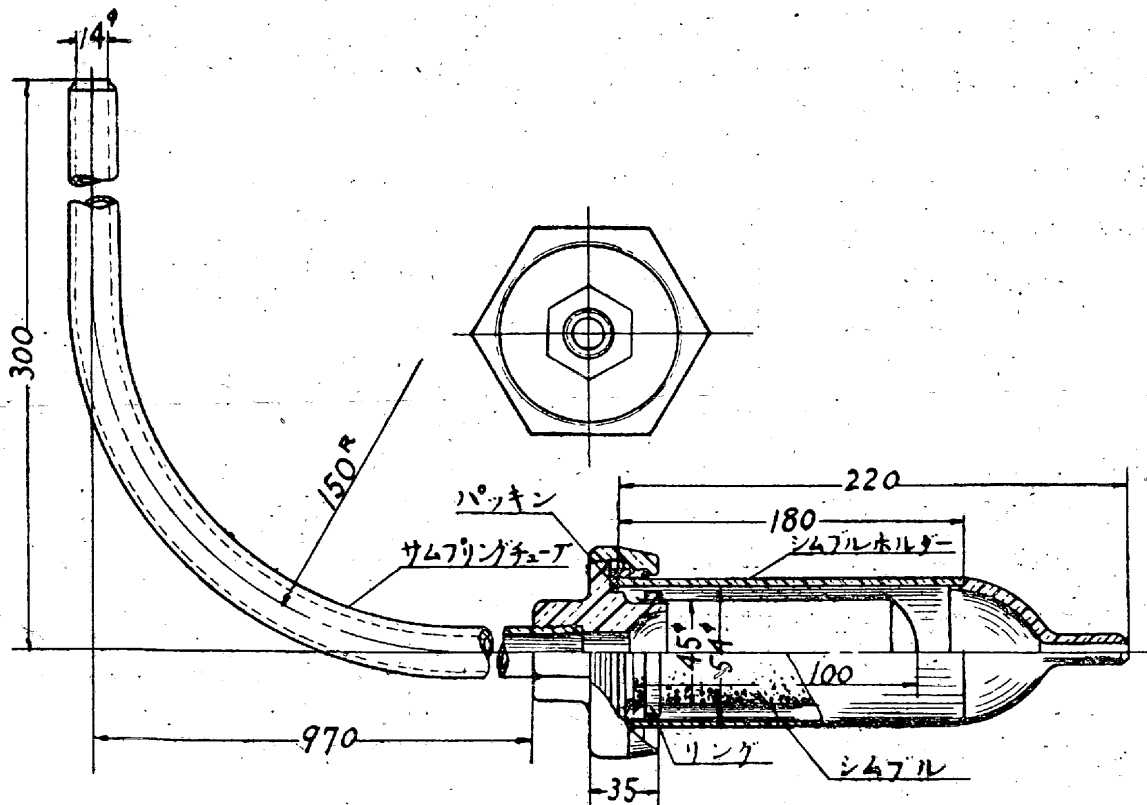
(3) シムブルホルダー 此の構造は第2圖に示す通りでありまして、其内部にシムブルを挿入致します。此のシムブルはリングによつて該ホルダー内に保持され容易に取換へ得る様になつて居ります。

(4) 復水器(コンデンサー) 水冷却二重装置のものでありまして其の下部に硝子製の秤量瓶を取付けて、凝縮したガス中の水分は此の秤量瓶に滴下する様になつて居ります。

第1圖 塵埃量及び水分量測定装置



第 2 圖



(5) U字管 内部に鹽化カルシウム (CaCl_2) を填充して置きます。

(6) ガス計量器 品川製作所製 5 燈用の濕式標準ガスマートルを使用して居りますが最小目盛 0.1l 通過能力毎時間 0.87m^3 のものであります。

(7) 排氣機 理化學器械製作株式會社製のリコー回轉ブローB型 (小型電動機 $1/16\text{HP}$ 直結) のもので水柱 1m の抵抗で 1 分間 50l の石炭ガスを壓送又は吸引し得る能力を持つて居ります。

(8) 電熱装置 シンプルホルダーの外周に B.S.24 番のニクロム線を巻付けて使用して居ります。

以上の測定器具の接続は第 1 圖で御了解出来ます様にサムプリングチューブから吸引されますガスはシンプルを通過する際にガス中の塵埃は濾過せられ、後復水器及び U 字管に於て水分が除去されまして、ガス計量器を通過し排氣機より大氣中に放出されることになるので御座います。此の際熔鑛爐ガスの如く水分を多量に含有するものにありましては、シンプル内で水分が凝縮してシンプルを濡すおそれが有りますので前記の加熱装置に依つて飽和點以上の温度に加熱することが必要であります。

4. 塵埃量の測定

一定量のガスが任意シンプルを通過する時其のガス中に含まれて居た塵埃量は測定に使用したシンプルの重さの増加によつて知ることが出来ます。但し此際注意せねばならぬことはシンプルその物の重さが大氣中の濕氣によつて可成影響を蒙ること御座います。特に清淨ガス中の塵埃量測定に於きましてシンプルを通過したガス量に對し塵埃量が至つて少い場合には此の變動によりまして誤差の程度も顯著となりますので、之に對し補正の必要が起つて参ります。

補正の方法は測定に使用する任意シンプルの重さを測る時其内から 1 個の標準シンプルを設定して其の重さを測り此の標準シンプルは實驗室に保存して置きます。そして測定終了後任意シンプルの重さを測ります時、同時に其の重さを測つて其の増減した量を塵埃捕集に使用した任意シンプルの重さに加減して補正を行ふのであります。例へば、

$$W_1 = \text{任意シンプルの測定前の重さ} \dots\dots\dots (g)$$

$$w_1 = \text{測定後の重さ} \dots\dots\dots (g)$$

$$W_a = \text{標準シンプルの測定前の重さ} \dots\dots (g)$$

$$w_a = \text{測定後の重さ} \dots\dots (g)$$

としますと、

$$w_a - W_a$$

は測定中に標準シンプルの濕氣による重さの増減を表はす譯でありまして、

$$W_1 + (w_a - W_a)$$

は任意シンプルの補正された測定前の重さを表はすこととなります。従つて任意シンプルに捕集された全塵埃量 W_d は

$$W_d = w_1 - [W_1 + (w_a - W_a)]$$

で算出することが出来るのであります。

一般にガス中に含まれて居る塵埃量を表はしするには單位容積中の塵埃の重さを以つて示すのが普通であります。だから前述の様にシンプルに捕集されました全塵埃量を知つた後之に對し幾何のガス量がシンプルを通過したかを測定し兩者の關係から塵埃量を決定するのであります。此際ガス量の測定にはガス計量器を使用致します。

5. 水分量測定並に同量水蒸氣容積の計算

ガス計量器を通過するガスはコンデンサー及び U 字管内の鹽化カルシウム (CaCl_2) に依つて水分を除去されたガス即ち乾燥ガスであることに注意せねばなりません。

従つて此の水分に對しガス計量器から読み取つたガス量を補正せねばなりません、而して水分量と云ふのはコンデンサーと鹽化カルシウムによりまして捕集されたものの和であります。

従つてガス計量器内のガスの温度及壓力の下で、此の捕集水分が蒸發した時に占むる水蒸氣の容積を計量器の読みより得たるガス量に加へねばなりません。

而して水 1g 分子は標準状態に於きまして 22.412l の水蒸氣の容積を占めますので、水 1g は $\frac{22.412}{18} = 1$ の水蒸氣となる譯であります。だから水の $W_w\text{g}$ がガス計量器の温度及壓力の下で占むる水蒸氣の容積 (V_v) は、

$$V_v = \frac{22.412}{18} \times \frac{760}{273} \times \frac{W_w \times T_m}{P_m} = 3.46 \times \frac{W_w \times T_m}{P_m} \dots (l)$$

で計算出来るのであります。

但し式中

$$T_m = \text{ガス計量器通過ガスの絶対温度} \dots\dots (t^\circ\text{C})$$

$$P_m = \text{絶対壓力} \cdot (\text{水銀柱mm})$$

第1表 扇風機出口主管

測定回数	ガス輸送管		ガス計量器			圓筒濾紙				秤量瓶			含濕作業状態			含濕標準状態		
	温度	压力	温度	真空度	ガス量	補正重量	實驗前重量	實驗後重量	塵埃量	實驗前重量	實驗後重量	水分量	ガス量	水分量	塵埃量	ガス量	水分量	塵埃量
	°C	水柱(mm)	°C	水銀柱(mm)	(l)	(g)	(g)W ₁	(g)W ₂	(g)	(g)	(g)	(g)	(l)	(g/m ³)	(g/m ³)	(l)	(g/m ³)	(g/m ³)
1	37.9	83.1	27.0	50.0	458.8	0.0127	6.3770	6.5259	0.1362	73.04	94.10	21.05	470.2	44.79	0.2897	415.7	50.67	0.3277
2	38.6	84.6	26.4	45.6	532.5	"	6.8242	6.9427	0.1058	77.70	93.50	15.80	538.9	29.32	0.1963	476.2	33.18	0.2222
3	38.5	83.1	29.1	53.9	628.6	"	6.6808	6.8142	0.1207	76.88	98.00	21.12	627.1	33.68	0.1925	554.3	38.10	0.2178
4	37.7	66.2	28.2	78.0	706.2	"	6.6845	7.0871	0.1099	76.39	97.70	21.31	679.7	31.35	0.1617	602.8	35.35	0.1823
5	38.1	85.3	29.0	95.9	339.5	"	6.5872	6.6700	0.0701	70.00	83.55	13.55	322.2	42.05	0.2176	285.9	47.39	0.2541
6	35.5	96.7	28.1	59.1	386.5	"	5.6432	5.7752	0.1193	73.70	100.00	26.30	398.3	66.03	0.2995	357.9	73.48	0.3333
7	35.1	90.7	"	87.9	350.7	"	6.2384	6.3390	0.0879	68.61	94.40	25.79	350.5	73.59	0.2508	315.2	81.82	0.2789
8	35.8	81.6	24.1	66.8	514.1	"	7.5755	7.7594	0.1712	76.59	117.85	41.25	541.1	76.25	0.3164	481.2	85.74	0.3558
9	35.7	62.6	24.5	59.0	532.6	"	6.3175	6.4622	0.1320	77.89	107.00	29.11	547.3	53.19	0.2412	488.4	59.60	0.2703
10	36.0	61.4	"	82.4	357.3	"	5.8377	5.9218	0.0714	74.05	94.25	20.20	358.3	56.38	0.1993	319.4	63.24	0.2248
平均	36.9	79.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50.66	0.2365	-	56.86	0.2667

備考 測定月日, 測定時刻, 大気壓

6. 單位ガス量中の塵埃量竝に水分量測定

測定中にシムブル内に捕集されました全塵埃量 (W_d) とシムブルを通過したガス量 (V_s) 即ちガス計量器の読み (V_m) と上式による水蒸氣の容積 (V_v) との和 (V_m + V_v) の比から單位容積内の塵埃量は求める事が出来るのであります。換言すれば單位容積内に含まれて居る塵埃量は $\frac{W_d}{V_s}$, 即ち $\frac{W_d}{V_m + V_v}$ で求められるのであります。

然し吾々が實際要求する處は輸送管内に流れるガスの一定容積中の塵量埃及水分量であります。故に V_s を輸送管内のガスの温度及壓力に換算する必要があります。今 V_p を輸送管内のガス量 (測定狀況), 即ち含濕作業状態のガス量と致しますと

$$V_p = V_s \times \frac{T_p}{T_m} \times \frac{P_m}{P_p} \dots\dots\dots (l)$$

但し式中

- V_s = シムブル通過ガス量 (l)
- T_p = 輸送管内のガスの絶對温度 (°C)
- P_p = ρ 絶對壓力 .. (水銀柱 mm)
- T_m = ガス計量器通過ガスの絶對温度 (°C)

$$P_m = \rho \dots\dots\dots \text{絶對壓力 (水銀柱 mm)}$$

の式で計算出来るのであります。

此のガス量 (V_p) を標準状態 (含濕) に換算して之を V_{s0} としますと輸送管内に流れるガスの含濕標準状態の單位容積中に含まれて居る塵埃量 (α) は次式から算出されます。即ち

$$\alpha = \frac{W_d}{V_{s0}} \dots\dots\dots (g/l)$$

同様に輸送管内のガス中に含まれて居る水分量 (β) は次式から算出する事が出来るのであります。

$$\beta = \frac{W_w}{V_{s0}} \dots\dots\dots (g/l)$$

7. 測定結果の一例

以上申上げました方法で熔鑄爐より排出されましたガスが, ダストキアッチャー及びヘッドルウオッシャーを通過し, 更に撒水器付扇風機 (disintegrator) を通過しました即ち一回清淨ガス主管内のガスに就て測定致しました結果は, 第1表に示す通りであります。