

であらかじめ還元し、粉碎、成型して試料とする。この試料を Ar 気流中にて測定する。

文 献

- 1) J. WILLEMS, P. DICKENS and W von dem ESCHÉ : Stahl u. Eisen, 76 (1956) 1, Nov. p. 1404
- 2) 児玉, 堀尾, 稲垣, 高橋: 鉄と鋼, 52 (1966) 9, p. 1353

(44) 高炉送風流量の高精度計測制御

神戸製鋼, 尼崎工場

藤井成美・○林 正照・斎藤正次

High Accuracy Measurement and Control of Blast Volume

Shigeyoshi FUJII, Masateru HAYASHI and Masaji SARTO

1. 緒 言

高炉の出鉄量を増大し、成品品質を向上させる方式として原料の成分、性状の均質化と操業条件の高度な安定化はその最も重要な要素である。当尼崎工場ではその一端として送風量の高精度計測制御に着目し、その実現に努力して来た。

従来流量計の精度は検出部を含めて総合して 2~3% が普通とされ、特に高炉送風量のように圧力、温度の変化する場合にはその影響を含めると数%に達しても止むを得ないものとされて来た<sup>1)~3)</sup>。

この誤差の内容とその影響を検討し、また高炉は連続操業であることを考慮して、流量計の絶対誤差としてのオリフィス誤差は除外し、その他使用中に変動し得る流量計の総合誤差を製作可能限界の ±0.5% 以下にできる圧力温度補正付流量計の設置を決定した。設置の前後について操業実績の比較を行ない、新流量計の設置効果を確認した。

2. 高炉送風流量補正方式

尼崎工場の高炉稼働開始後採用した高炉送風流量の計測制御方式は次の 3 方式で、その得失について述べる。

2.1 送風機出口側分流管式流量検出方式 (1953~1960 年)

Fig. 1 の本管オリフィス  $O_1$  と分流管高圧オリフィス  $O_2$  の差圧が等しくなるよう分流調節弁 V で加減し、V 以後に取り付けたオリフィス  $O_3$  を通過して大気に放出する。 $O_3$  の差圧から補正流量  $q_n$  を計測することができる。

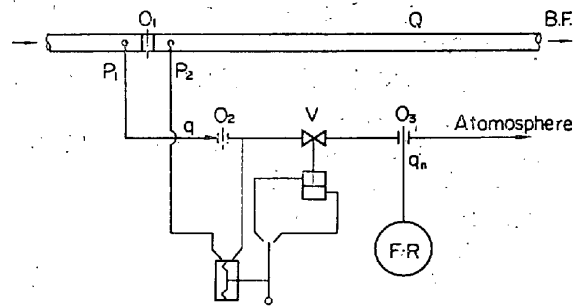
この方式の特徴は

- (i) 補正演算器、圧力温度発信変換器が不要である。
- (ii) 回路が純機械的で簡単機械的故障が少ない。

欠点は

- (i) 分流管のオリフィス管径小さく、塵埃誤差、および
- (ii) 粘度、粗面度係数による誤差……………±1~2%
- (iii) 大気温度変動による誤差……………±2~3%
- (iv) オリフィス  $O_1$ ・ $O_2$ ・ $O_3$  累積誤差……………±3.5%

などがあり精度向上は期待できない。



$$Q = K\sqrt{\Delta P} \quad q = k\sqrt{\Delta P} \quad Q = \frac{K}{k}q = q_n$$

Q, Blast flowrate, q, Proportional flow rate,  $O_1$ , Orifice of main pipe,  $O_2$ , Orifice of branch pipe,  $O_3$ , Orifice of branch pipe, V, Control valve,  $q_n$ , Corrected flow rate, K, k, Const,  $\Delta P$ , Differential press.

Fig. 1. Principle of branch orifice system.

2.2 送風機入口側流量検出方式 (1961~1965 年)

送風機入口圧の変動は -2~3 mmH<sub>2</sub>O で、流量への影響は無視できる。しかし気温は 6 deg あたり、±1% の流量変化に相当し、年間気温変化 ±20 deg, 日間気温変化 ±10 deg はおのおの ±3.3%, ±1.6% になる。

この方式の特徴は

- (i) 1 日の気温変化を無視すると最も簡素化され、計測の信頼性も高い。

- (ii) 補正演算回路は簡単である。

欠点は

- (i) 送風量の漏風があれば真風量不明。
  - (ii) オリフィス必要直管長確保困難。
  - (iii) 送風機切換ごとに計測器の切換えが必要。
- などのことがあり、送風量の高精度計測制御は困難である。

2.3 送風機出口側圧力温度補正付流量検出方式 (1966~)

送風機出口側の圧力、温度の年間平均変動率は 1965 年の実績では Table 1 のとおり各  $\sigma_P=6\%$ ,  $\sigma_T=4\%$  であつた。この圧力温度補正方式の特徴は

- (i) 高炉への実際送風量が判り、
- (ii) 送風機運転の指針となる。

欠点は

- (i) 圧力、温度補正用発信変換器、演算器が必要で高価となり、
- (ii) 回路は複雑で総合精度は普通 2~3% になる。

3. 採用圧力・温度補正付流量計の精度 (1966 年 5 月~)

高炉操業の安定性を表示する一指針として、毎日の装入回数と鉄中の Si% の変動率があげられる。1966 年

Table 1. Annual blast variation of press. and temp. ('65).

Period	Cond. Press. (kg/cm <sup>2</sup> )		Temp. (°C)	
	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation
Annual	1.09	0.08	106.4	9.5
July	1.05	0.06	121.0	4.2
Jan.	1.10	0.07	92.6	5.2

1 月度, 1 高炉の装入回数のバラツキは  $\sigma=3.1$  回以上で送風量に換算すると 2.5~3% に当り,  $\sigma=1$  回以内という基準を考慮して計測精度の目標をオリフィスを除き,  $\pm 0.5\%$  以内とした。

使用計測器には測温抵抗体 ( $0^\circ\text{C}$ :  $100\ \Omega$ ), 圧力, 差圧, 電送器, 演算器, 記録計, 積算計 (いずれも 10~50 mA) の全電子式を採用した。(Fig. 2)

試験方法としては

(i) 隔膜式差圧電送器に  $1/100\ \text{mmH}_2\text{O}$  の精密微

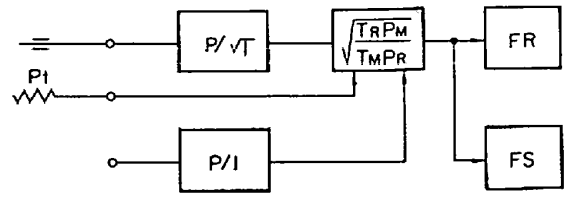


Fig. 2. Correcting system of flow rate.

Table 2. Test results.

Press. const. ( $1.25\ \text{kg/cm}^2$ )

S : Standard ( $\text{Nm}^3/\text{min}$ ). A : Actual ( $\text{Nm}^3/\text{min}$ ).

Temp.		80°C			90°C			100°C		
		S	A	A-S	S	A	A-S	S	A	A-S
Flow rate										
%	$\text{Nm}^3/\text{min}$									
0	0	22	0	$\pm 0$	16	0	$\pm 0$	10	0	
20	320	338	338	$\pm 2$	333	333	$\pm 3$	328	330	$\pm 2$
40	640	675	677	+2	666	669	+3	657	660	+3
60	960	1013	1008	-5	999	994	-5	985	983	-2
80	1280	1351	1344	-7	1332	1327	-5	1314	1309	-5
100	1600	1688	—	—	1665	—	—	1642	—	—

Temp.		110°C			120°C			130°C		
		S	A	A-S	S	A	A-S	S	A	A-S
Flow rate										
%	$\text{Nm}^3/\text{min}$									
0	0	5	0	$\pm 0$	0	0		—	0	
20	320	324	324	$\pm 0$	320	321	+1	316	318	+2
40	640	648	652	+4	640	645	+5	632	637	+5
60	960	972	972	$\pm 0$	960	962	+2	948	951	+3
80	1280	1297	1293	-4	1280	1279	-1	1264	1262	-2
100	1600	1626	—	—	1600	—	—	1580	—	—

Table 3. Test results.

Temp. const ( $120^\circ\text{C}$ )

Press.		0 $\text{kg/cm}^2$			0.5 $\text{kg/cm}^2$			0.75 $\text{kg/cm}^2$		
		S	A	A-S	S	A	A-S	S	A	A-S
Flow rate										
%	$\text{Nm}^3/\text{min}$									
0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	320	215	213	-2	262	261	-1	283	281	-2
40	640	431	434	+3	524	527	+3	566	569	+3
60	960	646	654	+8	787	792	+5	848	853	+5
80	1280	861	872	+11	1049	1052	+3	1131	1132	-1
100	1600	1076	1083	+7	1311	1314	+3	1414	1415	-1

Press.		1.0 $\text{kg/cm}^2$			1.25 $\text{kg/cm}^2$			1.5 $\text{kg/cm}^2$		
		S	A	A-S	S	A	A-S	S	A	A-S
Flow rate										
%	$\text{Nm}^3/\text{min}$									
0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	320	302	301	-1	320	321	+1	337	340	+3
40	640	604	606	+2	640	645	+5	674	683	+9
60	960	906	909	+3	960	962	+2	1011	1020	+9
80	1280	1208	1208	$\pm 0$	1280	1279	-1	1348	1362	+14
100	1600	1510	1508	-2	1600	1600	$\pm 0$	1685	—	—

Table 4. Test results.

P / T		0 kg/cm <sup>2</sup>			0.5 kg/cm <sup>2</sup>			0.75 kg/cm <sup>2</sup>		
		80°C			90°C			100°C		
Flow rate		S	A	A-S	S	A	A-S	S	A	A-S
%	N m <sup>3</sup> /min									
0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	320	227	222	-5	273	270	-3	290	289	-1
40	640	454	456	+2	546	548	+2	581	583	+2
60	960	681	684	+3	819	820	+1	871	873	+2
80	1280	908	909	+1	1091	1090	-1	1161	1160	-1
100	1600	1136	1138	+2	1364	1368	+4	1451	1451	±0

P / T		1.0 kg/cm <sup>2</sup>			1.25 kg/cm <sup>2</sup>			1.5 kg/cm <sup>2</sup>		
		110°C			120°C			130°C		
Flow rate		S	A	A-S	S	A	A-S	S	A	A-S
%	N m <sup>3</sup> /min									
0	0	—	—	—	0	—	—	16	—	—
20	320	306	305	-1	320	321	-1	333	338	+5
40	640	612	614	+2	640	645	+5	666	675	+9
60	960	918	918	±0	960	962	+2	999	1005	+6
80	1280	1224	1218	-6	1280	1279	-1	1331	1340	+9
100	1600	1529	1523	-6	1600	1600	±0	1664	—	—

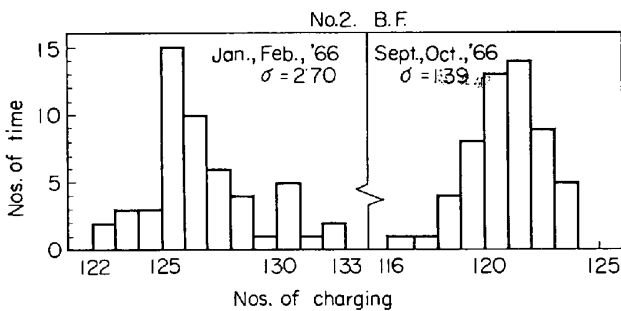


Fig. 3. Distribution of the Nos. of charging.

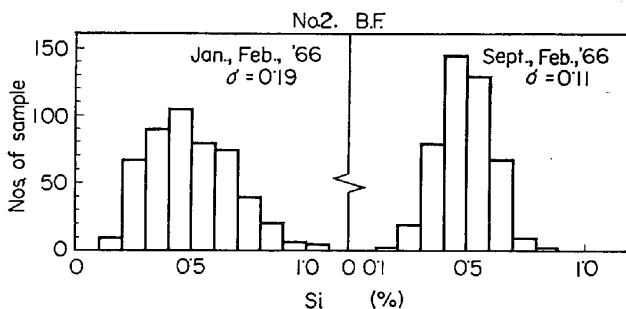


Fig. 4. Distribution of Si content.

の取換, 隔膜の疲労試験が行なわれ, ほぼその目標に近づいている。

4. 新流量計の設置効果

1966 年 1, 2 月度と 9~10 月度の第 2 高炉の製鋼用鉄の操業実績を調査し新流量計設置前後の比較を行なった結果,

(i) 1 日の装入回数の 9, 10 月度変動率は 1, 2 月度の 52%

(ii) 成品鉄鉄中 Si% の 9, 10 月度変動率は 1, 2 月度の 59%

にと 1, 2 月度よりも著しく改善されていることが判明した。1 高炉は鋳物用, 製鋼用鉄の切換えがあるがこれも同様に改善されている。(Fig. 3, 4)

5. 結 言

高炉送風の高精度制御は特に周囲, 時間によつて変化する誤差のバラツキを少なくし, ±0.5% に近づけることにより著しい効果がある。すなわち 1 日の装入回数と, 鉄鉄中の Si% のバラツキを少なくし, 高炉の最適制御, 歩留, 品質の向上に寄与できる。

このような流量の高精度計測制御は計測器メーカーの非常な協力によつて達成されたもので, 関係者には深い謝意を表す次第である。

なお今後このような高精度計測器が長年月にわたり, また周囲温度の著しく変化する場合についても調査検討の予定である。

文 献

- 1) 計測部会資料 (計 24-6-3)
- 2) " (計 33-7-6)
- 3) " (計 34-1-1)

圧計.

(ii) 圧力発信電送器には 2000 mmHg 液柱式圧力計.

(iii) 測温抵抗体には 1/100 Ω までの栓型抵抗を接続し,

(iv) 演算器出力回路に記録計と直列に 1 Ω の標準抵抗を挿入し, 0~50 mV の温度更生用電位差計で出力を確認した。Table 2~4 は最終試験結果を示している。

この表から, 全目盛に互つて ±0.5% の完全実現はできなかつたが, 常用範囲においては ±0.5% が達成されていることを示している。

これに至るまでの間, 差圧電送器のエイジング, 部品