

연탄연소 가스의 성분 및 처리연구

林 鎮 男*

Study on the Flue (briquet) Gas Components and Treatment of the Gases

*Rhim, Jin Nam

Department of Chemical Engineering, Engineering College, Han Yang University

Abstract

Theoretical equation was established for calculating the conversion of carbon monoxide in the primary flue gas into carbon dioxide by contacting the primary flue gas with the secondarily introduced fresh air. The experimental results confirmed the usefulness of this equation.

Though the combustion mechanism of the briquet (22 holes) may be much complicated, the mechanism of combustion could be simplified by careful attention upon the gas phase reaction; the considerable extent of carbon monoxide in the primary flue gas could be converted into carbon dioxide by the intimate contact with hot fresh secondary air which was heat exchanged during its introduction through the pipe installed at the center or the side of the briquet furnace.

The gas treating experiment was made to decrease the carbon monoxide content in the flue gas by using ash-briquet. The ash-briquet was placed on the upper part of burning briquets. The gas analysis showed the following; when temperature of ash-briquet was below about 600°C, adsorption of carbon monoxide and dioxide into the porous briquet was verified. As the temperature went up to about 600°C desorption of the gases from the ash-briquet was observed.

1. 서 론

본 실험연구의 목적은 연탄의 연소가스의 성분 조사와 이의 적절한 처리방법을 규명하고자 하는데 두어졌다. 따라서 여기서는 일반 가정용 연탄로의 구조를 다소 변경하여 로의 중심부 또는 측면에 신설한 2차 공기의 도입용 파이프를 설치하였으며 이를 통하여 들어온 공기에 의한 1차연소 가스속의 CO의 CO₂로의 전환반응 촉진률 도모하였다.

즉 1차공기에 의한 연소가스속의 CO의 파이프로부터 도입된 2차공기에 의한 CO₂로의 전환율을 계산할 수 있는 이론식을 수립하였으며 실측치에 의하여 이의 타당성과 유용성을 확인하였다. 연탄의 연소기구는 대

단히 복잡하나 2차공기가 연소중에 있는 연탄과 접촉함이 없이 도입되어 1차공기에 의한 연소가스와 접촉할 때 이 1차공기속의 CO량은 상당한 감축을 보이는데 이는 2차공기에 의한 단순한 희석치보다도 적은 값으로서 2차공기에 의한 기상반응을 입증한다.

일방연탄재를 연소중에 있는 2개의 연탄위에 두었을 때 이재의 온도 약 600°C를 경계로 하여 이 이하의 온도에서는 연탄가스의 흡착이 이상의 온도에서는 탈착이 동반함을 확인하였다.

2. 이론식의 전개

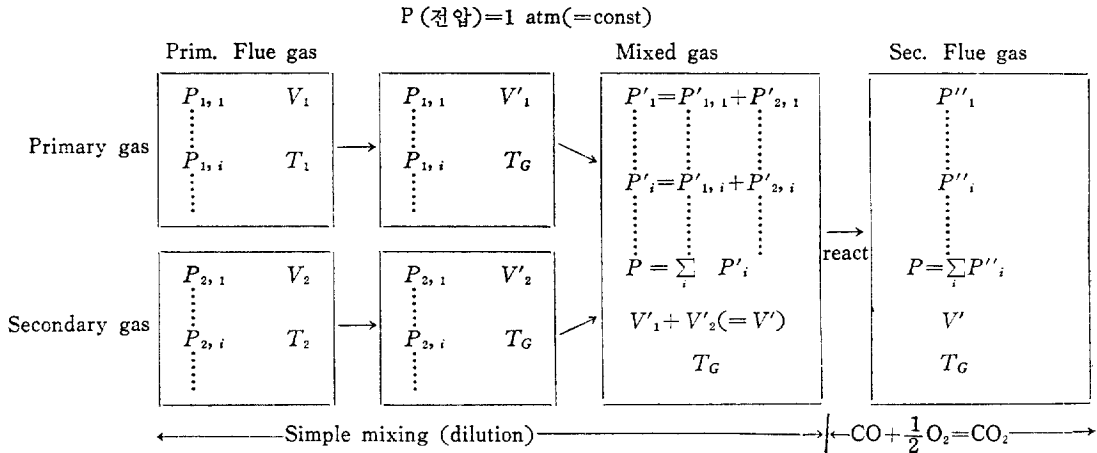
이론식의 전개에 있어서 1차연소 가스의 2차연소에 의한 산화과정이 아래 약도에 표시된 바와 같이 3단계에 걸쳐 진행된다고 생각한다. 단계 1에서는 온

*漢陽大學校 化學工學科

도, 부피(여기서는 1, 2차 공기의 유입속) 및 조성이 상이한 1차연소 가스(1차 공기에 의한 연소가스)와 2차 공기가 동일한 온도 T_G (연탄 상부 기상내의 연소가스의 온도)로 된다. 이 단계에서 조성은 그대로 있

으나 부피는 변한다. 단계 2에 있어서는 온도 T_G 하에서 두 가스의 혼합이 일어난다.

단계 3에 있어서는 CO의 CO₂로의 전환 반응이 일어난다.



$$V'_1 = V_1 \frac{T_G}{T_1} \quad (1)^{1)} \quad \text{따라서}$$

$$V'_2 = V_2 \frac{T_G}{T_2} \quad (2)^{1)}$$

$$P'_{1,i} = \frac{V'_1}{V'_1 + V'_2} P_{1,i} \quad (3)$$

$$P'_{2,i} = \frac{V'_2}{V'_1 + V'_2} P_{2,i} \quad (4)$$

$$V_1 = \tau v_1 = \tau S U_1 \quad (5)^{2)}$$

$$V_2 = \tau v_2 = \tau S U_2 \quad (6)^{2)}$$

(1), (2) 식을 (3), (4)에 대입하고 다시 (5), (6) 식을 이에 대입함으로써

$$P'_{1,i} = \frac{\frac{U_1}{T_1}}{\frac{U_1}{T_1} + \frac{U_2}{T_2}} P_{1,i} = \frac{P_{1,i}}{1 + \left(\frac{U_2}{U_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \right)} \quad (7)$$

$$P'_{2,i} = \frac{\frac{U_2}{T_2}}{\frac{U_1}{T_1} + \frac{U_2}{T_2}} P_{2,i} = \frac{P_{2,i}}{1 + \left(\frac{U_2}{U_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \right)^{-1}} \quad (8)$$

$$P = 1 \text{ atm} = \sum_i P'_i = \sum_i (P'_{1,i} + P'_{2,i})$$

$$= \sum_i \left[\frac{P_{1,i}}{1 + \left(\frac{U_2}{U_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \right)} + \frac{P_{2,i}}{1 + \left(\frac{U_2}{U_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \right)^{-1}} \right]$$

$$= \frac{1}{1 + \left(\frac{U_2}{U_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \right)} \sum_i P_{1,i} + \frac{1}{1 + \left(\frac{U_2}{U_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \right)^{-1}} \sum_i P_{2,i} \quad (9)^{1)}$$

이상의 계산은 2차 공기의 도입관이 연탄로의 연소가스 출구의 반대쪽 측면에 설치된 경우($T_1 > T_2$)에 대한 식으로서 두 온도가 상이할 경우에 일반적으로 적용되는 식들이다.

그러나 2차 공기의 도입관이 연탄로의 중심부에 설치되어 2차 공기가 위 연탄을 막 떠나는 1차 연소가스의 온도 T_1 에 거의 같은 온도까지 예열되는 경우는 $T_1 = T_2$ 로서 위의 (7), (8), (9) 식은 다음과 같아진다.

$$P'_{1,i} = \frac{P_{1,i}}{1 + U_2/U_1} \quad (7')$$

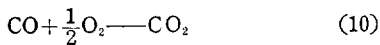
$$P'_{2,i} = \frac{P_{2,i}}{1 + (U_2/U_1) - 1} \quad (8')$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$= \frac{1}{1 + (U_2/U_1)} \sum_i P_{1,i} + \frac{1}{1 + (U_2/U_1) - 1} \sum_i P_{2,i} \quad (9')$$

위의 도표의 끝 부분은 결국 1차 공기에 의한 연소가스와 2차 공기와 순간적으로 혼합되게 되었다가 바로 이 혼합가스속의 CO가 그 속의 O₂에 의하여 다시 CO₂로 전환하는 것으로 생각될 수 있으므로



반응에 있어서 단순한 혼합회색 직후의 각 성분의 분압을 P'_{CO} , P'_{O_2} , P'_{CO_2} 라 하고 CO의 X몰분율이 반응하였다면 이때의 각 성분의 분압은 각각 $P'_{\text{CO}}(1-x)$, $P'_{\text{O}_2}(1-\beta x/2)$, $P'_{\text{CO}_2}(1+\alpha x)$ 이다. 여기 $\alpha = P'_{\text{CO}}/P'_{\text{CO}_2}$, $\beta = P'_{\text{CO}}/P'_{\text{O}_2}$ 이다.

따라서 2차 공기와의 기상반응 종료후 떠나는 연소가스의 분석치를 P''_{CO} , P''_{O_2} , P''_{CO_2} 라고 하면 Reaction Quotient Q_p 의 적용으로

$$\frac{P'_{\text{CO}_2}(1+\alpha x)}{P'_{\text{CO}}(1-x) \left[P'_{\text{O}_2}(1-\frac{\beta x}{2}) \right]^{\frac{1}{2}}} = \frac{P''_{\text{CO}_2}}{P''_{\text{CO}} P''_{\text{O}_2}^{\frac{1}{2}}} \quad (11-1)$$

또는

$$\frac{1+\alpha x}{\left[(1-x)(1-\frac{\beta x}{2}) \right]^{\frac{1}{2}}} = \frac{Q''_p}{Q'_p} \quad (11-2)$$

이 성립하여야 한다.

위 식의 P'_{CO} , P'_{CO_2} , P'_{O_2} 는 (7), (8)식 또는 (7'), (8')식과 1차 연소가스의 분석치 $P_{1,i}$ 와 2차 공기의 조성에 의한 $P_{2,i}$ 로부터 계산될 수 있으므로 (11)식은 x 를 계산하는데 사용될 수 있다.

더욱 (10)식으로 표시되는 반응에 대한 평형정수 K_p 는 다음식으로 계산되어 reaction quotient와 비교함으로써 반응의 진행여부 및 경향을 알 수 있다.

$$\log K_p = \log \left(\frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CO}} P_{\text{O}_2}^{1/2}} \right)_{\text{equil}} = \frac{14,770}{T_G} - 1.384 \log T_G + 0.00061 T_G - 6.8 \times 10^{-5} T_G^2 - 0.975 (T_G^\circ \text{K}) \quad (12)$$

3. 실험장치와 실험방법

본 실험에서 사용한 연소장치는 재래의 고정식 화덕의 구조 (Fig. 1)를 한것으로서 2차 공기 유입 도관이 화덕의 외접부 (Fig. 2) 및 중심부 (Fig. 3)에 설치한 점이 다르다.

Fig. 4는 연소가 끝난 연탄재를 연소중에 있는 연탄 위에 둔 경우에 대한 실험을 나타낸다. 각 그림에 있어서 1, 2, 3.으로 표시된 덮개의 크기 및 구조는 Fig. 5에 표시된 바와 같으며 여기서 덮개 a는 철제로서 중앙부의 구멍을 늘린 것으로서 (직경 3.5 cm) 덮개 b도 역시 철제로서 직경 0.5 cm의 구멍을 사방 1cm의 간격으로 274개를 뚫어서 CO와 2차 공기와의 양호한 접촉을 도모한 것이다. 그리고 덮개 c는 두께가 4cm 인내화벽돌제로서 복사열의 방출을 막기 위한 것이다. 실험에 쓰인 연탄은 시판의 동질의 것을 한몫으로 구입, 실험종료까지 사용되었다. 본 실험 실시기간중의 기온은 $-5^\circ\text{C} \sim +5^\circ\text{C}$ 의 범위내에 있었다. 가스분석은 Shimadzu 제 GC-4A형 Gas Chromatograph를 사용했으며 연소가스 사료의 채취는 1차공기에만 의한 연소가스 분석(P_i)의 경우에는 덮개 b의 바로 밑에서 2차 공기가 취입했을 경우에는 화덕의 연소가스 배출구 b점에서 행하였다.

Carrier gas로는 Helium를, 그리고 O₂, N₂, CO 분석에는 column 충전물로서 molecular sieve 5A를 그리고 air 및 CO₂ 분석에는 60~80 mesh의 activated charcoal을 사용하였으며, CO 및 CO₂ 분석을 위하여는 감도를 각각 32배, 16배로 올려야 했으며 매번의 분석은 상온에서 행하였다.

그리고 모든 분석치는 전기준으로 종합하였다.

온도의 측정은 9개의 지점에서 거의 동시에 하였다. 온도 측정점은 Fig. 2, 3에서는 A~I이며 Fig. 4에서는 A~K이었다. 2차 공기 공급시에도 같은 지점이 취해졌으며 연탄 3개의 경우 (Fig. 4)에는 이 이외에 2개의 지점이 추가되었다.

이들 온도는 필요에 따라 연탄의 평균온도 T_s (Fig. 7 이후)로 정리되었다. 온도 측정기구로서는 Hoskin의 Pyrometer (Max. 1,400°C)와 Thermocouple Alumel-Chromel을 사용하였다. 1 및 2차 공기의 유속은 1 및 2차 공기의 유입구에 부착시킨 단면적 S 가 일정한 아크릴 투명판 내부로 연기를 보내어 일정한 거리를 지나가는 시간을 stop-watch로 측정하였으며 1 및 2차 공기의 유입량 조절은 Fig. 6과 같이 유로의 단면

적 S 의 $1/2$, $1/4$, $1/8$, $1/16$ 이 되도록 절개된 fitting을 전기 투명관에 부착시키므로써 이루어졌다. 1 및 2차 공기의 유속은 연탄의 연소진행에 따르는 온도상승에 따라 다소 커지는 경향이 있으나 그 속도의 변동에 있어서 최대 15%에 이르는 일이 최소화하며 더욱 1 및

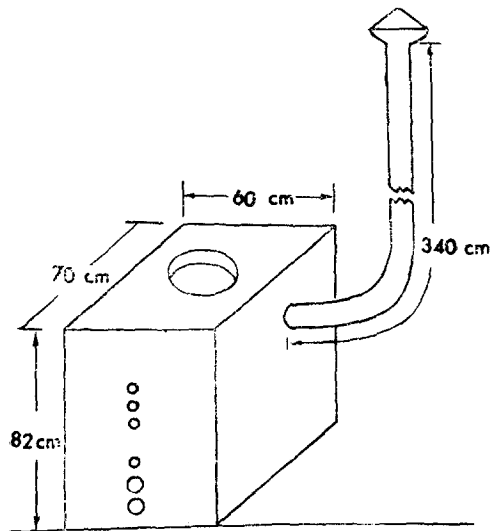
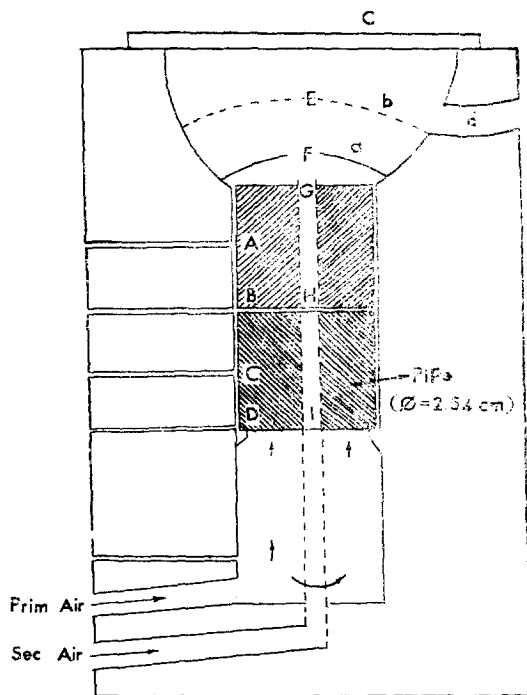
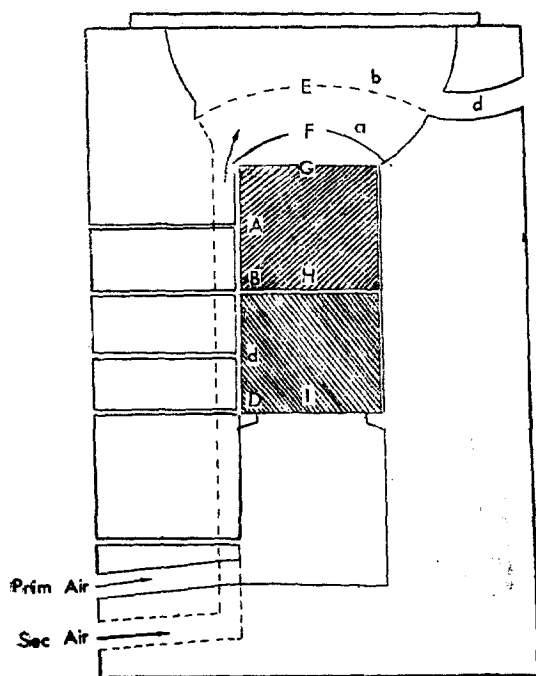


Fig. 1 화덕의 외형



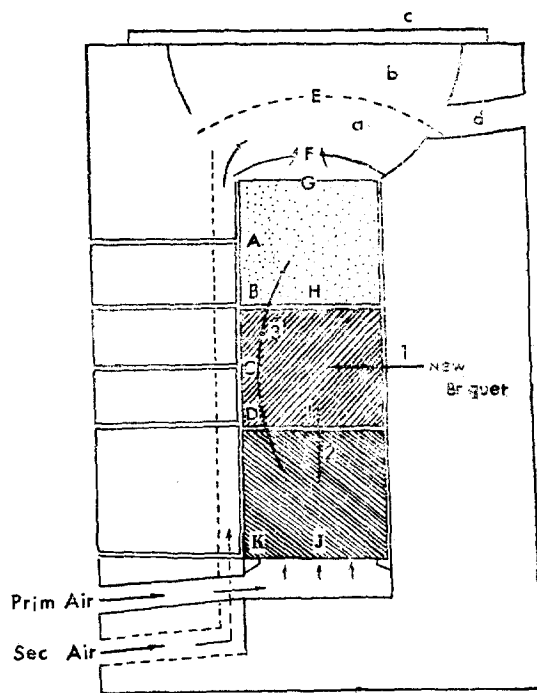
A~I: 온도측정지점

Fig. 3



A~I 온도측정지점

Fig. 2



A~K: 온도측정지점 a, b, c: 덮개

Fig. 4

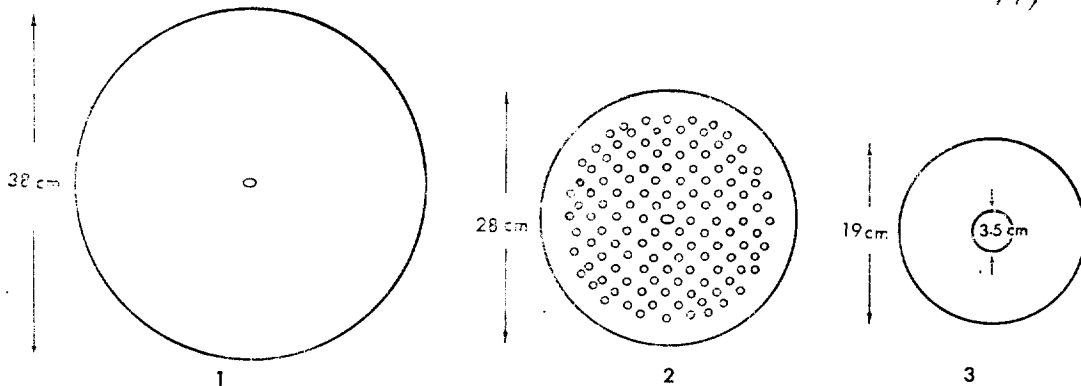


Fig. 5

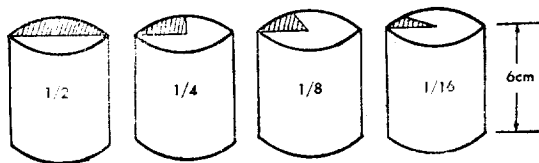


Fig. 6

2차 공기의 유입속도의 비가 계산에 관여함으로 평균

여기 모든 실험결과는 Fig. 7~14에 표시된 바와 같으며 Table 2~5에는 (7)~(12) 식에 의한 이들 실험치에 대한 해석결과가 실려 있다. 모든 이들 그림에서의 공통점은 성화기 즉 연소가 활발한 시기에는 산소는 감소하고 CO와 CO₂는 증가하는 경향이 있는 점이다.

Table 1.

Run No.	Primary air		Secondary air			Number of Briquet	Fig.	Table
	Inlet Opening	Ave. Vel. U ₁ (cm/sec)	Inlet Opening	Ave. Vel. U ₂ (cm/sec)	Pipe position			
1	1/16	12.0	—	—	—	2	7	2
2	1/16	11.1	1	40.0	side	2	8	2
3	1/16	10.0	1	25.0	center	2	9	3
4	1.	52.0	—	—	—	2	10	4
5	1	46.1	1	24.4	side	2	11	4
6	1	71.4	1	16.1	center	2	12	5
7	1/16	11.2	—	—	—	3※	13	—
8	1	49.0	—	—	—	3※	14	—

※ 탄의 충전순서는 Fig. 4 참조할 것

유속의 비 U_2/U_1 를 취하여 실험결과의 해석을 간단화 하였으며 이로 인한 오차는 문제가 되지 않는다.

연탄은 22공탄을 사용했으며 중심부의 구멍을 직경 2.8cm로 늘려서 2차 공기 도관이 로 중앙에 설치되었을 경우에 이에 삽입토록 하였다.

실험결과 및 해석

실험결과를 요약하면 위의 Table 1과 같다.

다음에 reaction quotient를 비교하여 보면 $Q_p < Q_p' < K_p$ 의 순으로서 1차 공기에 의한 연소가스의 reaction quotient Q_p 는 2차 공기와의 순간적인 혼합으로 Q_p' 로 떨어졌다가 CO의 CO₂로의 산화 반응이 일어난 결과 Q_p'' 의 큰값으로 변하게 된다. 그러나 그 온도하의 K_p 값과 비교하여 보면 아직도 훨씬 작은 값

으로서 반응은 아직도 더욱 진행할 여지가 다분히 남아 있다.

하여간 2차 공기에 의하여 1차 연소가스속의 CO는 상당량이 CO₂로 전환됨을 알 수 있다. 2차공기의 도관이 연탄로의 중심(center)에 있을 때와 로의 측면 외접부(side)에 있을 때를 비교해 보면 Table 2의 side의 경우의 평균전환율(0.40)보다 Table 3의 center의 경우의 평균전환율(0.55)이 크고 Table 4와 5를 비교하여 보아도 side의 평균전환율(0.21)보다 center의 평균전환율(0.31)이 더욱 크다.

즉 중심도관을 통한 2차 공기 도입이 더욱 좋은 전환율을 주는데 이는 주로 양호한 열 교환으로 인한 신속한 기상반응 ($CO + 1/2O_2 \rightarrow CO_2$)의 결과로 고려된다.

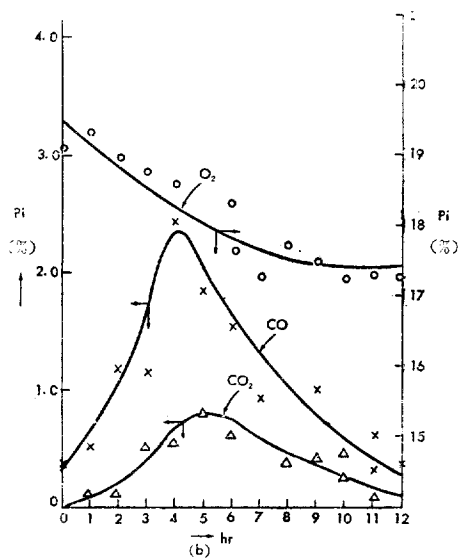
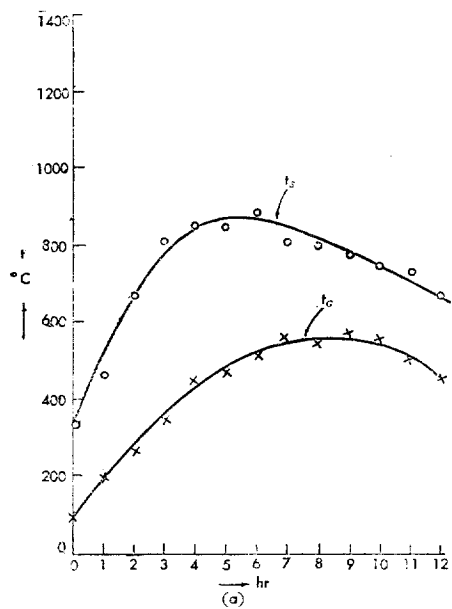


Fig. 7

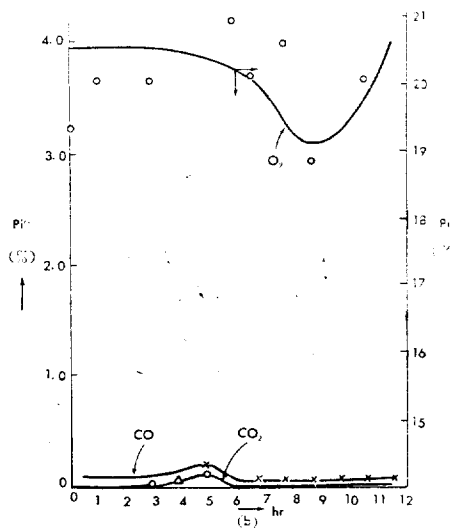
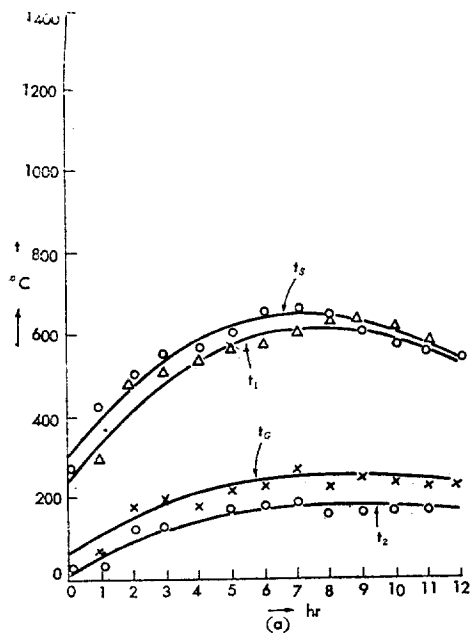


Fig. 8

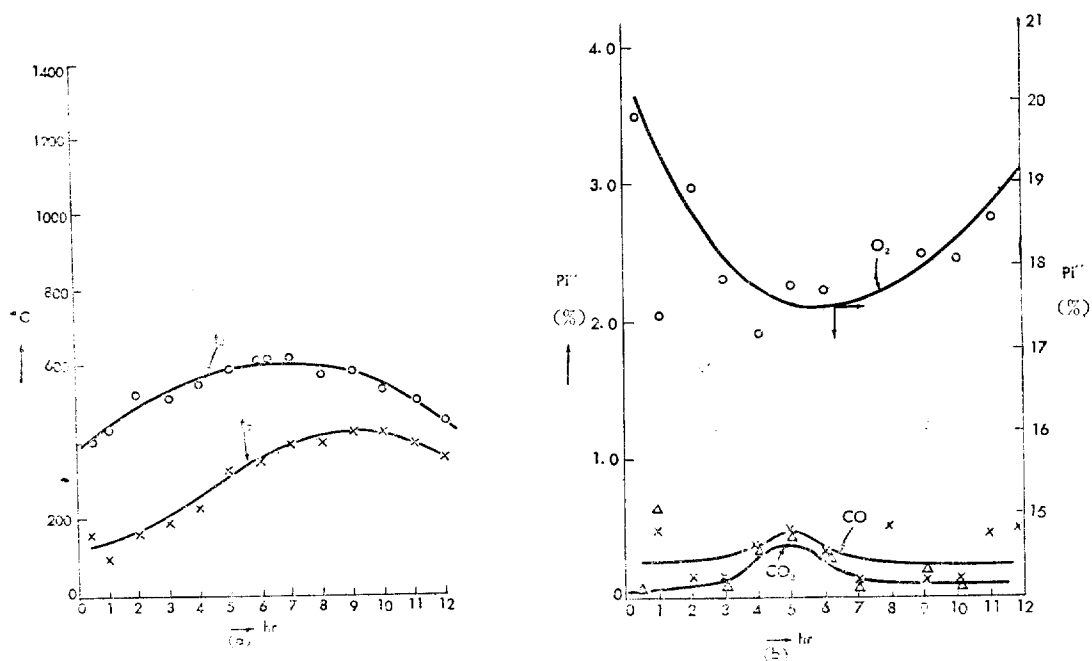


Fig.

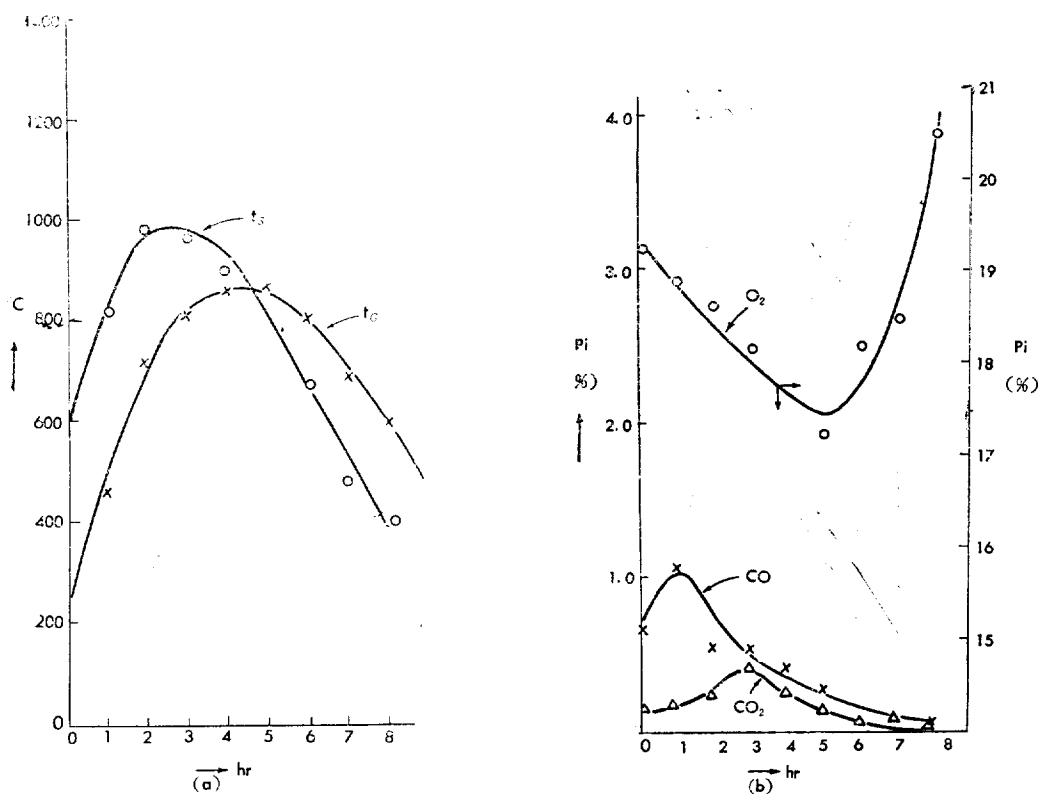


Fig. 10

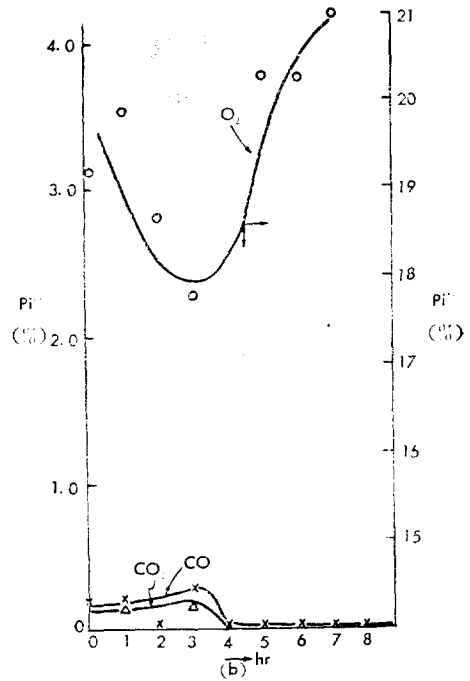
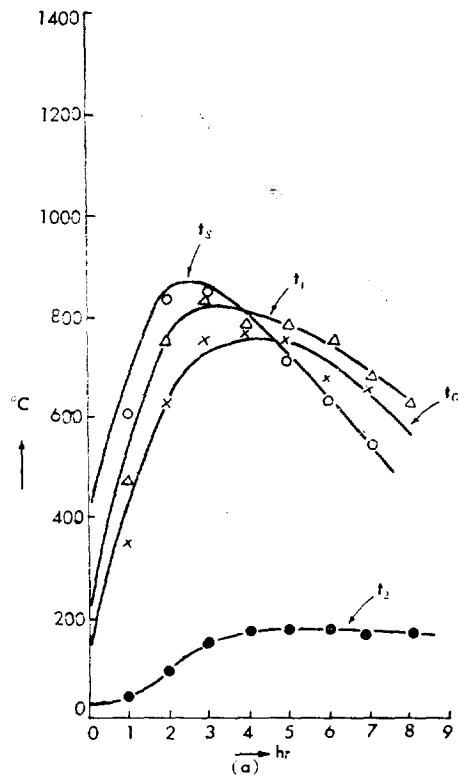


Fig. 11

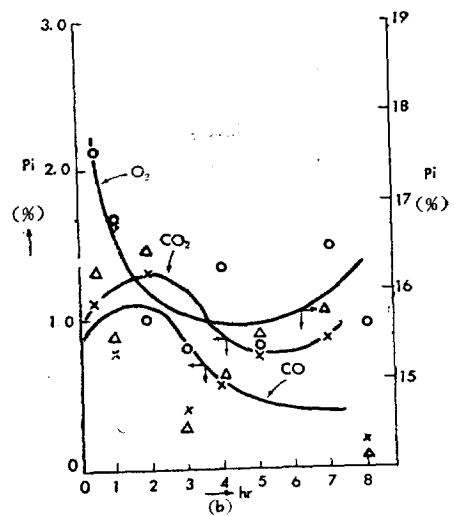
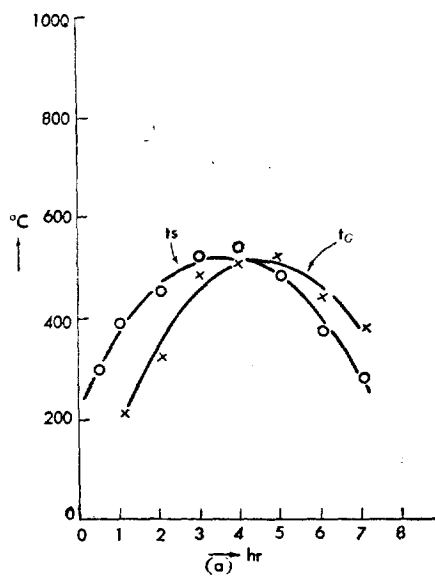


Fig. 12

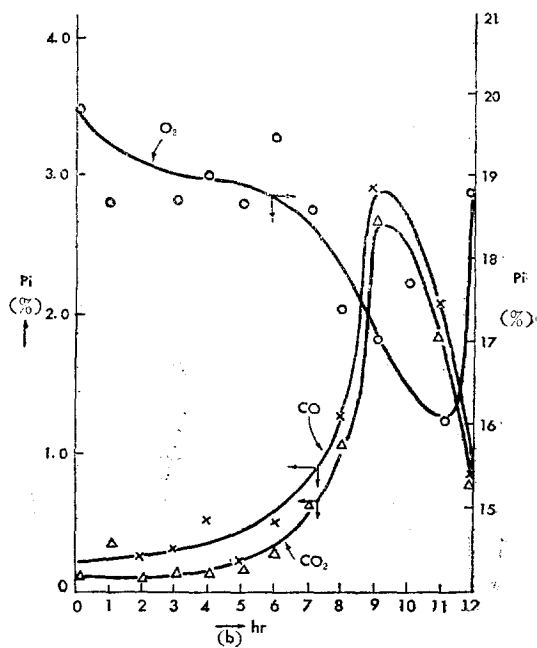
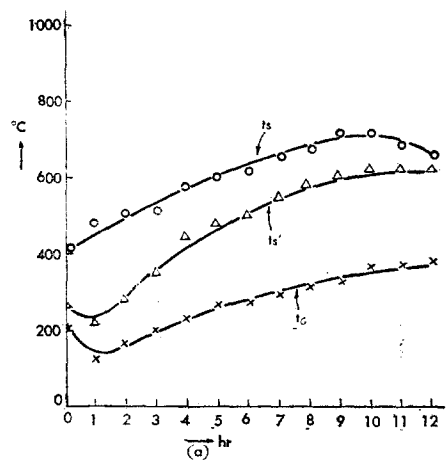


Fig. 13

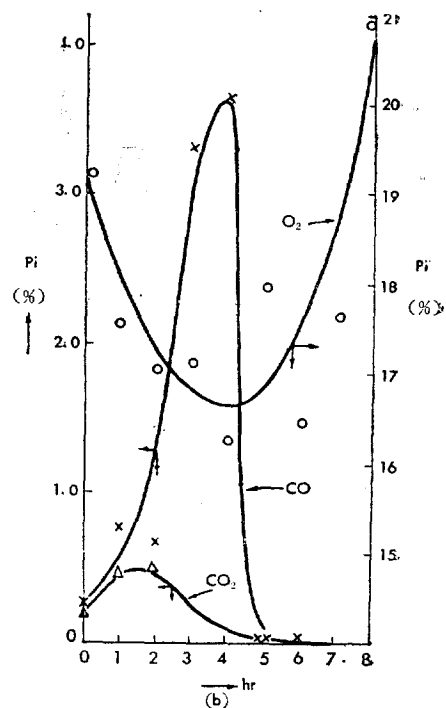
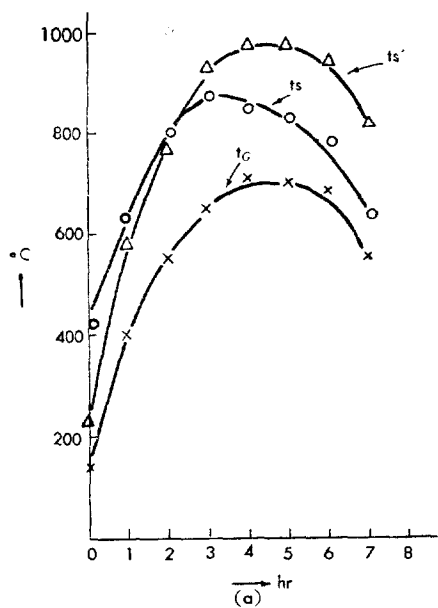


Fig. 14

Table 2

Time of Reaction	P_{H_2} (%) (Fig. 7)			T (°K) (Fig. 8)		P_{H_2}'' (%) (Fig. 8)			$P_{H_2} (=P_{H_2}'+P_{H_2}, i)$ (%) ($P_{H_2}, i = 21.0\%$) (Eq. (9))			Reaction Quotient Q			$K_p(T_c)$	x_{E_q} (11-2)	
	$i=O_2$	$i=CO$	$i=CO_2$	T_c	T_1	T_2	$i=O_2$	$i=CO$	$i=CO_2$	$i=O_2$	$i=CO$	$i=CO_2$	Q_p	Q_p'			Q_p''
0	19.030	0.380	(0.060)	353	473	293	19.360	0.160	0.120	20.780	0.055	0.009	0.362	0.359	1.705	37.815	0.344
1	19.310	0.530	0.110	423	563	303	20.450	(0.060)	(0.030)	21.110	0.077	0.016	0.476	0.453	1.105	31.925	0.198
2	18.960	1.170	0.110	463	753	393	(21.630)	(0.100)	(0.030)	21.200	0.170	0.016	0.214	0.205	0.646	28.905	0.156
3	18.750	1.160	0.510	473	773	403	20.610	(0.170)	(0.030)	21.030	0.169	0.074	1.015	0.960	0.389	28.105	—
4	18.610	2.430	0.560	483	803	413	(26.250)	0.010	0.020	21.110	0.354	0.082	0.535	0.505	4.430	27.595	0.530
5	18.030	1.840	0.820	503	833	433	(21.280)	0.160	0.050	20.930	0.268	0.119	1.050	0.672	0.677	26.655	—
6	18.300	1.530	0.600	503	843	443	20.980	0.080	0.070	21.070	0.223	0.087	0.915	0.850	0.191	26.655	0.255
7	18.010	0.930	0.570	523	873	453	(21.100)	0.030	0.010	20.800	0.135	0.083	1.477	1.350	0.725	25.165	—
8	7.730	1.940	0.360	533	903	433	(20.630)	0.010	0.010	21.120	0.282	0.052	0.441	0.403	0.220	24.665	—
9	17.490	0.990	0.410	543	913	433	18.870	0.010	(0.030)	21.040	0.144	0.060	0.900	0.910	6.800	24.165	0.656
10	17.270	0.260	0.450	553	883	443	(21.260)	0.010	(0.030)	21.010	0.038	0.065	4.160	3.740	6.510	23.575	0.318
11	17.290	0.310	0.080	553	833	443	20.430	0.020	(0.030)	21.020	0.045	0.012	0.620	0.582	3.320	23.575	0.497
12	17.230	0.370	0.200	543	(833)	(443)	21.680	0.010	(0.030)	21.010	0.054	0.029	1.303	1.170	6.450	24.165	0.611

Table 3

Time of Reaction	P_{H_2} (%) (Fig. 8)			T_G (°K) (Fig. 9)	P_{H_2} (%) (Fig. 9)			$P_{H_2}' (=P_{H_2} + P_{H_2,i})$ (%) ($P_{H_2,i} = 21.0\%$) (Fig. 9)			Reaction Quotient Q				$K_p(T_G)$	$x_{E_2(11-2)}$
	$i=O_2$	$i=CO$	$i=CO_2$		$i=O_2$	$i=CO$	$i=CO_2$	$i=O_2$	$i=CO$	$i=CO_2$	Q_p	Q_p'	Q_p''			
0	19.030	0.380	0.060	393	19.850	0.120	0.080	20.450	0.108	0.017	0.362	0.095	1.500	39.065	0.667	
1	19.310	0.530	0.110	413	17.380	0.480	0.650	20.475	0.151	0.031	0.476	0.192	3.250	32.837	0.720	
2	18.960	1.170	0.110	433	18.940	0.130	0.060	20.410	0.337	0.031	0.214	0.092	1.060	31.855	0.471	
3	18.750	1.160	0.510	483	17.870	0.120	0.060	20.360	0.336	0.145	1.015	0.432	1.181	27.589	0.341	
4	18.610	2.430	0.560	513	17.190	0.370	0.340	20.325	0.695	0.160	0.535	0.230	2.220	25.768	0.576	
5	18.030	1.840	0.820	583	17.760	0.460	0.450	20.150	0.525	0.234	1.050	0.460	2.321	22.231	0.555	
6	18.300	1.530	0.600	623	17.700	0.330	0.260	20.220	0.437	0.173	0.915	0.396	1.873	19.425	0.514	
7	17.300	0.930	0.570	663	18.990	0.100	0.050	19.920	0.266	0.165	1.477	0.624	1.156	18.109	0.248	
8	17.210	1.940	0.360	673	17.700	0.510	0.530	20.070	0.555	0.103	0.441	0.185	2.472	17.705	0.660	
9	17.730	0.990	0.410	693	18.150	0.110	0.180	20.000	0.283	0.117	0.990	0.413	3.841	17.097	0.708	
10	17.270	0.260	0.450	683	18.120	0.120	0.080	19.938	0.074	0.129	4.160	1.734	1.570	17.411	—	
11	17.290	0.310	0.080	663	18.630	0.440	0.410	19.930	0.089	0.023	0.620	0.258	2.160	18.109	0.600	
12	17.230	0.370	0.200	633	17.920	0.510	0.540	19.925	0.106	0.057	1.303	0.538	2.500	19.021	0.560	

Table 4

Time of Reaction (hr)	$P_{1,i}$ (%) (Fig. 10)			T (°K) (Fig. 11)			P''_i (%) (Fig. 11)			$P'_i(=P'_{1,i}+P'_{2,i})$ (%) ($P'_{2,i}=21.0\%$) ($E_g(9)$)			Reaction Quotient Q			$K_p(T_c)$	x $E_g(11-2)$
	$i=O_2$	$i=CO$	$i=CO_2$	T_g	T_1	T_2	$i=O_2$	$i=CO$	$i=CO_2$	$i=O_2$	$i=CO$	$i=CO_2$	Q_p	Q_p'	Q_p''		
0	19.23	0.66	0.16	413	463	293	19.21	0.18	0.18	20.04	0.870	0.087	0.552	0.224	2.280	32.837	0.458
1	18.84	1.07	0.17	623	743	313	19.88	0.21	0.16	20.03	0.475	0.075	0.366	0.354	1.571	19.425	0.320
2	18.61	0.56	0.22	9.03	1.023	363	18.68	0.25	0.18	19.93	0.250	0.090	0.910	0.806	1.664	13.235	0.224
3	18.65	0.53	0.40	1.003	1.113	423	17.78	0.29	0.17	19.80	0.211	0.167	1.770	1.780	1.386	11.567	—
4	19.96	0.42	0.27	1.023	1.053	443	21.25	0.20	0.10	20.51	0.186	0.120	1.440	1.423	1.083	11.470	—
5	17.22	0.27	0.16	1.023	1.053	443	20.27	0.08	0.06	19.30	0.120	0.071	1.427	1.345	1.665	11.470	0.081
6	18.17	0.07	0.05	993	1.023	443	20.31	0.05	0.04	19.72	0.031	0.023	1.673	1.670	1.770	11.761	0.025
7	18.49	0.09	0.04	913	943	433	22.64	0.04	0.03	19.85	0.048	0.019	1.033	0.890	1.576	13.082	0.179
8	20.49	0.03	0.03	833	893	433	21.00	0.03	0.02	20.85	0.014	0.014	0.221	2.190	1.455	14.573	—

Table 5

Time of Reaction	$P_{1,i}$ (%) (Fig. 10)			T_c (Fig. 12)	P''_i (%) (Fig. 12)			$P'_i(=P'_{1,i}+P'_{2,i})$ ($P'_{2,i}=21.0\%$) $E_g(9)$			Reaction Quotient Q			$K_p(T_c)$	x $E_g(11-2)$
	$i=O_2$	$i=CO$	$i=CO_2$	$i=O_2$	$i=CO$	$i=CO_2$	$i=O_2$	$i=CO$	$i=CO_2$	Q_p	Q_p'	Q_p''			
(hr)				(°K)											
0	19.230	0.660	0.160	373	17.520	1.110	1.320	19.570	0.540	0.131	0.552	0.547	2.850	36.732	0.452
1	18.840	1.070	0.170	503	16.810	0.790	0.890	19.260	0.875	0.139	0.366	0.359	2.745	26.655	0.476
2	18.610	0.560	0.220	623	15.680	1.340	1.480	19.060	0.400	0.180	0.910	2.630	2.790	19.425	0.017
3	18.150	0.530	0.400	733	15.350	0.200	0.090	18.690	0.430	0.327	1.770	1.757	1.137	17.082	—
4	19.960	0.420	0.270	793	16.250	0.580	0.610	20.170	0.343	0.220	1.440	1.427	2.610	15.478	0.287
5	17.220	0.270	0.160	793	15.390	0.730	0.870	17.920	0.220	0.131	1.427	1.407	3.040	15.478	0.303
6	18.170	0.070	0.050	753	15.609	0.420	0.510	18.620	0.057	0.041	1.673	1.667	3.075	16.485	0.260
7	18.490	0.090	0.040	663	16.470	0.890	1.090	18.970	0.074	0.033	1.033	1.026	3.009	18.109	0.370
8	20.490	0.030	0.030	513	15.600	0.190	0.080	20.590	0.024	0.025	0.221	2.296	1.117	25.768	—

그러나 일방 대체로 전환율 X 의 값에 있어서 너무나 변동 또는 불규칙성이 엿보이는데 이는 시료 채취 중에 개입되는 오차에도 그 원인의 일단이 있겠으나 그 주요 원인은 연탄의 연소현상이 너무나 복잡한데 있는 것으로 고려되며 이에 대한 증거를 Fig. 7과 그리고 Fig. 13과 Fig. 10과 Fig. 14를 대조 함으로서 즉 Fig. 13과 14에서 온도 상승에 따라 많은량의 CO 또는 CO₂가 검출되는데 이는 아래 2개의 연탄의 연소가스가 제일 위의 연탄재에 흡착되었다가 이체의 온도가 500°C 근처에 이르게됨에 따라 서서히 탈착이 시작되고 550°C~600°C에서 급속하게 탈착이 일어나는데서 오는 것으로 해석된다.

연탄재의 CO, CO₂ 등의 가스흡착현상은 연소로 인하여 즉 연탄속의 탄소입자의 가스화로 인하여 그 자리에 생기는 공극(Vacancy)과 가스화되는 탄소입자 주위의 산화철등 산화제의 환원상태가 이에 관여하는 것으로 사료된다. 이렇듯 연탄의 연소기구는 단순치 않으며 연소중의 연탄일지라도 연탄내부의 온도는 균일하지 않고 탄소가 연소로 빠져나간 부분의 온도 여하에 따라서 흡착 또는 탈착이 있을 수 있는 것이다.

결 론

1. 1차 공기에 의한 가스속의 CO의 2차 공기에 의한 CO₂로의 전환율 계산을 위한 이론식을 수립하였으며 실험을 통하여 이 식의 유용성을 확인하였다.

2. 연탄의 연소기구는 매우 복잡하나 1차공기에 의한 연소 가스속의 CO는 도관(Pipe)으로 도입되는 2차 공기와의 접촉으로 상당히 감축될 수 있으며 특히 2차 공기의 도관은 연탄로의 중심에 설치된 것이 연탄로의 외접부에 설치된 것보다 더욱 좋은 결과를 준다.

3. 연탄재는 약 500°C 이하에서는 좋은 CO 또는 C O₂ 등의 흡착제로서 특히 제독제로 이용될 수 있다.

후 기

본 연구를 위하여 연구비를 지급하여 주신 동아일보사 당국에 심심한 사의를 표한다.

Nomenclature

K_p ; Equilibrium constant expressed in partial pressure

P ; Total Pressure

$P_{1,i}$; Partial pressure of component i in the primary gas

$P_{2,i}$; Partial Pressure of component i in the secondary gas

$P'_{1,i}$; Partial pressure of component i in the diluted primary gas

$P'_{2,i}$; Partial pressure of component i in the diluted secondary gas

P'_i ; Partial pressure of component i in the diluted gas mixture

P''_i ; Partial pressure of component i in the converted (flue) gas mixture

Q ; Reaction quotient

Q_p, Q_p', Q_p'' ; Reaction quotient expressed in partial pressure

S ; Gross sectional area of gas inlet

$T(=273+t^\circ\text{C})$; Temperature

$T_1(273+t_1)$; Primary gas temperature

$T_2(=273+t_2)$; Secondary gas temperature

$T_G(=273+t_G)$; Gas conversion temperature

$T_s(273+t_s)$; Briquet temperature

$T_{s'}(=273+t_{s'}^\circ\text{C})$...Ash briquet temperature

τ ; Retention time

U_1 ; Average velocity of primary air at the inlet

U_2 ; Average velocity of secondary air at the inlet

V_1 ; Volumetric flow rate of primary gas

V_2 ; Volumetric flow rate of secondary gas

V_1 ; Reactor volume for primary gas at T_1

V_2 ; Reactor volume for secondary gas at T_2

V_1' ; Reactor volume for primary gas at T_G

V_2' ; Reactor volume for secondary gas at T_G

V' ; Total Reactor volume at T_G

X ; Rate of conversion

Reference

1. Smith and Van Ness "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics" 2nd Edition, Mc Graw-Hill Book Co.
2. Levenspiel "Chemical Reaction Engineering" John Wiley and Sons, Inc.