

すなわち, Magnetite が塩基度の増加とともに減少し, Ca-ferrite は $B=1.5$ 付近から急増しているが Hematite の組成はあまり変化しない. slag は $0.5 \sim 1.5$ の範囲が最も多く, それ以後は塩基度の増加につれて減少している.

これら組織成分から前述の Fig. 2 の粉化現象を考察してみると $500 \sim 600^\circ\text{C}$ における粉化は微細なクラックによる還元粉化³⁾と考えられるが $B=1.5$ の焼結鉱が 350°C 付近で粉化する原因は還元開始による粉化とは考えられない. $B=0.5 \sim 1.5$ の範囲には非晶質の slag が多く Meltilite および Lime Olivin の組織変換点⁴⁾であることから熱的影響をうけ, あるいは Ca-ferrite の晶出開始時期であるため, 強度が低下した⁴⁾ものと思われる.

学振法の塊鉄還元試験結果では Fig. 4 のごとく前報¹⁾と同様に塩基度 1.0 までは急激に被還元性は向上し, $B=1.0 \sim 1.9$ 付近はいく分停滞気味で塩基度 1.9 を過ぎると再び被還元性が向上する傾向がみられる. これは Ca-ferrite の増加と, Magnetite の減少および $B=1.8$ 以上で Calciferrous magnetite [$(\text{Ca}, \text{Fe})_2\text{O}_4$] が増加するためであろう.

4.5 塩基度と気孔率

気孔率の測定には学振法 (パラフィン法), 水銀法⁵⁾, ベックマン法などがあるが, ここでは当所が従来から行なっている SK 気孔率測定法によつて行なつた. すなわち水銀は常圧下で 14.1μ 以上の気孔に侵入でき, ヘリウムは 0.00018μ 以上の気孔内に侵入できることから, 水銀の出入りし得る気孔をマクロ気孔 ($+14 \mu$), 水銀は出入りできずヘリウムのみが出入りし得る気孔をマイクロ気孔 (-14μ) とし, 両者の合計を全気孔として表わしている. 以上の結果を Fig. 4 にまとめてあるが, 気孔率と還元粉化開始温度とは関連性がある. 先に還元粉化が 350°C 付近で起こるのは還元開始による粉化ではなく, スラグ部分が熱的影響を受けるためと述べたが, このような鉱物組織の多くなる焼結鉱, すなわち $B=1.5$ 付近の焼結鉱はマイクロ, マクロ気孔率とともに最低を示すものと思われる. 従つてマイクロ的な気孔のみ, あるいはマクロ的な気孔のみ (水銀法) の測定はさらに検討を要するようである.

5. 結 言

大型荷重軟化装置を作製し, 塩基度 $0.5 \sim 2.5$ 範囲内の焼結鉱について, 常温強度, ミクロ組織および SK 気孔率と高温荷重軟化性状の関係を調査した. 結果はおよそ次のごとくである.

- (1) 還元粉化開始温度は $B=1.5$ 付近が最も低い.
- (2) 600°C までの還元粉化はほとんどガス圧を上昇させないようである.
- (3) 同一塩基度でも粒度が小さくなるほど, あるいは荷重が少なくなるほど還元粉化は減少する.
- (4) 粒度とガス圧の関係は, 比較的高塩基度の場合, 供試粒度の大きい方がガス圧上昇は遅く, 比較的低塩基度 (実験のときは $B=1.3$) の場合は供試粒度の大きいと著しく粉化するため, かえつてガス圧上昇は早い.
- (5) 常温における $+10 \text{ mm}$ の強度指数と還元粉化開始温度は塩基度の変化に対して同様の傾向を示す.

(6) 還元粉化開始温度と気孔率の間にも関係が認められる.

文 献

- 1) 古賀, 坂本, 田中, 辻, 平原: 鉄と鋼, 50(1964) 11, p. 1566
- 2) 吉永, 辻: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1667
- 3) 渡辺, 大竹: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1893
- 4) 渡辺, 大竹, 羽田野: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1563
- 5) 渡辺, 吉永: 鉄と鋼; 52 (1966) 3, p. 488
- 6) 安達: 鉄と鋼, 52 (1966) 3, p. 491
- 7) 城本, 西田, 萩原: 鉄と鋼, 52 (1966) 3, p. 262
- 8) 石光: 学振 54 委, 第 4 回, 回転強度試験法に関する懇談会資料, S 38, 12

(10) 石灰配合ペレットの 2, 3 の特性について (石灰配合ペレットの製造に関する研究—II) 1300~1303 ページにつづく

(11) 石灰配合ペレットの還元軟化特性について

(石灰配合ペレットの製造に関する研究—III)

神戸製鋼所, 中央研究所

国井 和扶・西田礼次郎・○小泉 秀雄

On the Softening of the Pellets Containing Lime During Reduction.

(Study of the pellets containing lime—III)

Kazuo KUNII, Reijiro NISHIDA and Hideo KOIZUMI.

1. 緒 言

前報¹⁾において石灰配合ペレットの品質は製造条件によつて受ける影響が特に大きく, その条件を適切に選ばば酸性ペレットに比してそん色のないものが得られ, 特に還元軟化に関しては, むしろすぐれていることが明らかになつた.

高炉内におけるペレットの軟化現象は, 粉化とともに重要な問題であるので, このように石灰配合ペレットの還元軟化特性がすぐれていることは高炉使用に際して意義が大きいものと考えられる.

本研究は石灰配合ペレットの還元特性がすぐれている原因を調べる目的で還元ペレットの諸性質を測定し; 検討したものである.

2. 試 験 方 法

試験は各試料を小型還元試験装置を用いて, 還元率がそれぞれ 30, 50 および 70% になるまで還元したものを冷却後とり出し気孔率, 顕微鏡組織, 軟化特性を調べた.

2.1 試 料
試験に供した試料は当社の 20 t/day 試験工場で製造したもので, 石灰配合ペレットの代表として, 塩基度 = 0.95 (No. 2), 酸性ペレットは石灰無添加で塩基度 = 0.3 のもの (No. 1) である. 焼成温度はいずれも 1300°C であるが, 石灰配合ペレットについては, 焼成温度の影響が大きいことを考慮に入れて 1200°C で焼成したもの (No. 3) も採用した. また比較のためエリーペレットについても試験を行なつた.

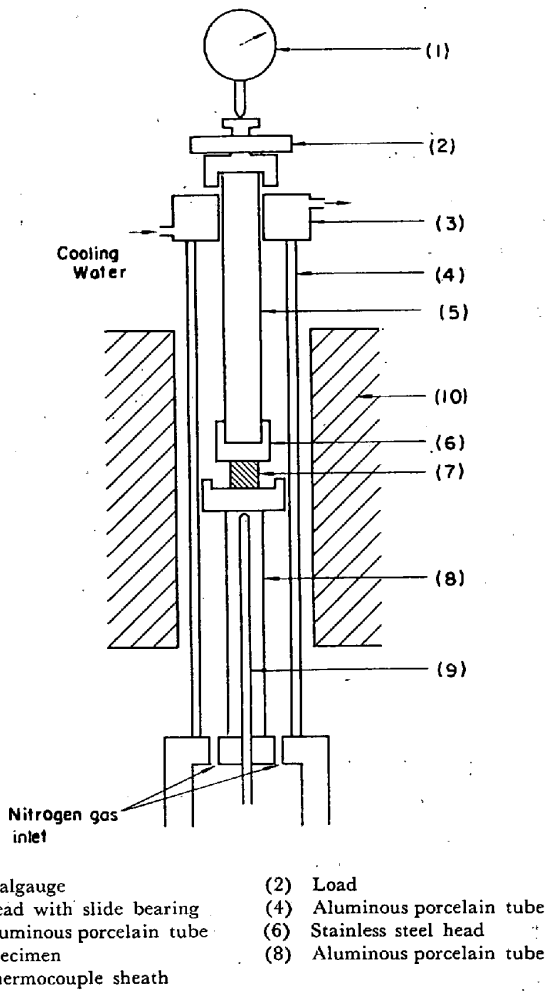


Fig. 1. Apparatus for softening test.

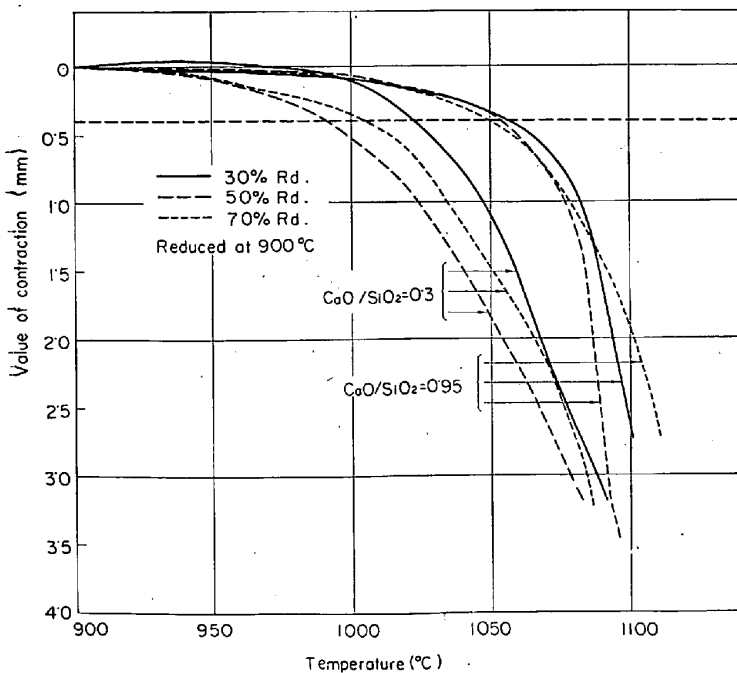


Fig. 2. Temperature-contraction curve.

各試料の化学成分および常温性状は第2報¹⁾に示したので省略する。なおエリーペレットの化学組成は T. Fe 62.97, FeO 0.75, SiO₂ 8.23, Al₂O₃ 0.38, CaO 0.61, MgO 0.46 各 % で気孔率は 22.58%, 圧潰強度は 237 kg である。

2.2 還元方法

還元は小型の還元試験装置を用いて行なつた。試料は各ペレットそれぞれ8個約 50 g で、還元中の重量減少を測定し、還元率が所定の値に達したところで還元を中止し、N₂ ガスを流しながら常温まで冷却してとり出した。

還元温度は原則として 900°C とし、一部 1100°C でも行なつた。還元ガス組成は CO 30%, N₂ 70% としたが、30% 還元に対しては CO : CO₂ = 4 : 1 の割合に CO₂ を混合した。

2.3 荷重軟化試験方法

使用した装置の概略を Fig. 1 に示す。試料は還元ペレット1個を1辺が 8 mm の立方体整形したものを使用した。

Fig. 1 のように試料を反応管内に装入し、N₂ ガスを流しながら加熱する。900°C に達してから約 30 min 間保持した後、試料に 5 kg (7.8 kg/cm²) の荷重をかけ、5 min 間保持した後 1.67°C/min (100°C/hr) なる割合にて昇温し、ダイヤルゲージの読みから収縮量を 5 min おきに測定した。

その他、無荷重時の軟化点の測定はライツ製の高温顕微鏡²⁾を用いて行なつた。試料は粉末を一辺が 3 mm の立方体に加圧成形したものを使用した。

3. 試験結果

1) 温度-収縮曲線の一部を Fig. 2 に示した。いずれの還元率でも石灰配合ペレットは酸性ペレットにくらべ高温で軟化している。Fig. 2 は No. 1 および No. 2 の 900°C 還元に対するものであるが、その他のものについては紙面のつごうで省略し、軟化開始温度を用いて検討する。軟化開始温度については Fig. 2 より明らかなごとく、これを正確に定めることは非常に困難であるため、収縮率が 5% に達する温度を軟化開始点 (T_{5S}) として Table 1 に示した。

T_{5S} の値は No. 2 が一般に高い値を示し、特に 1100°C 還元の場合にはもつとも高い値が得られた。同一塩基度でも No. 3 は全般に低く No. 1 よりも低値を示している。エリーペレットは 30% 還元では No. 2 より高い値を示すが、還元率が高くなるにしたがつて著しく低下し、70%還元では、No. 1 より低くなっている。

2) 高温顕微鏡による軟化点

軟化点としては凝縮あるいは焼結などにより試料が変形し始める温度をとつたが、変形状況が一樣でなく判定が困難であつたため、参考値として示した。その値は荷重軟化の場合とは逆に石灰配合のものほど低い値を示している。また一般に軟化点は 1100°C より高いので荷重軟化とは直接的な関係はないものと考えられる。

Table 1. Results of the test.

Sample	Porosity (%)	Softening ¹⁾ temperature (°C)	T _{5S} (°C)
No. 1 30% Rd.	42.42	1,300	1,022
No. 1 50% Rd.	48.98	1,200	991
No. 1 70% Rd.	57.95	1,160	1,005
No. 2 30% Rd.	38.40	1,200	1,056
No. 2 50% Rd.	46.69	1,160	1,054
No. 2 70% Rd.	52.17	1,120	1,050
No. 1 30% Rd. ²⁾	45.21	1,120	1,042
No. 1 50% Rd. ²⁾	54.66	1,100	1,034
No. 1 70% Rd. ²⁾	63.10	1,000	965
No. 2 30% Rd. ²⁾	41.13	1,200	1,104
No. 2 50% Rd. ²⁾	47.99	1,180	1,097
No. 2 70% Rd. ²⁾	52.43	1,120	1,093
No. 3 30% Rd.	45.35	1,260	995
No. 3 50% Rd.	52.83	1,200	990
No. 3 70% Rd.	60.14	1,180	987
Erie 30% Rd.	44.49	1,280	1,060
Erie 50% Rd.	47.47	1,220	1,020
Erie 70% Rd.	51.76	1,160	980

1) By heating microscope.

2) Reduced at 1,100°C.

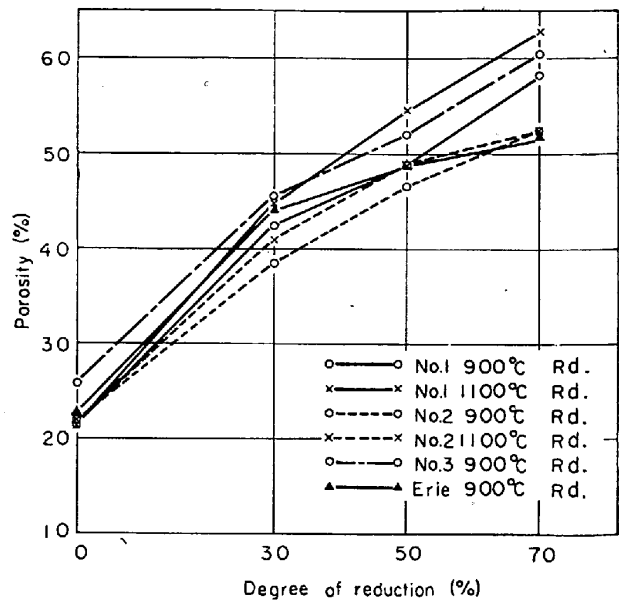


Fig. 3. Relation between degree of reduction and porosity.

3) 気孔率

各還元率における気孔率の値を Fig. 3 に示した。一般に還元が進行するにしたがって気孔率は著しく増大しているが、No. 2 では増大する割合が少なくなっている。またエリーについても同様のことがいえる。同一塩基度でも No. 3 は酸性ペレット (No. 1) と同様の傾向を示している。この気孔率の値は還元軟化特性に大きな影響を与えているものと考えられる。

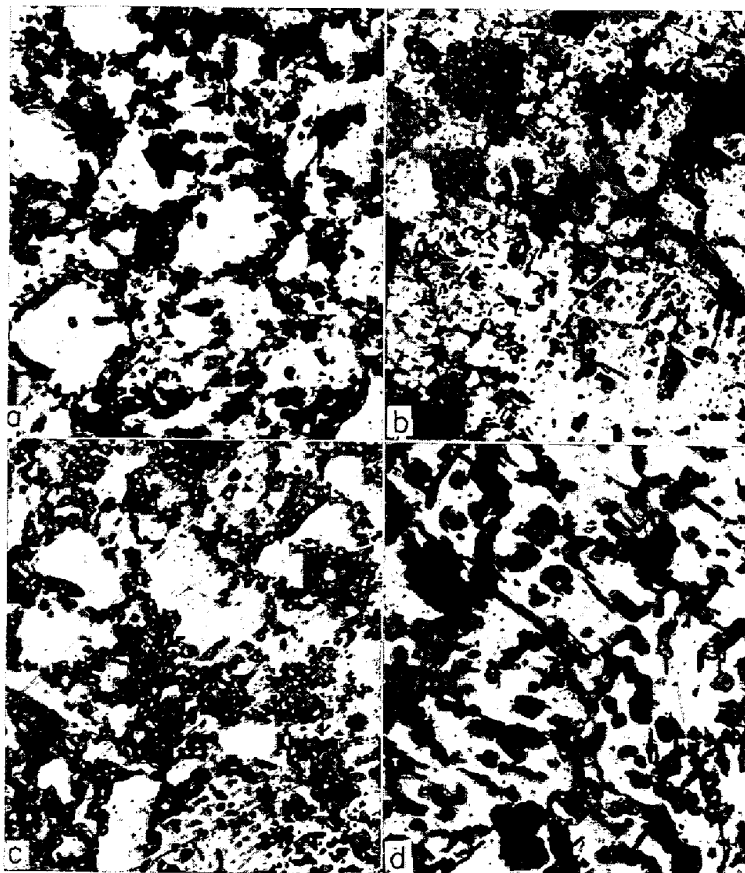
4) 顕微鏡組織

還元ペレットの組織の一部を Photo. 1 に示した。組織の大半はウスタイトと金属鉄であるが、No. 2 にはこれらの他に微細な灰色組織が観察された (Photo. 1-b)。X線マイクロアナライザーによる検討の結果、この灰色組織は還元時に固体反応により生じた FeO-CaO 系の固溶体と考えられる。

No. 3 にはこの組織がみられなかつたことから、この組織の存在は気孔率および荷重軟化に関係するところが大きいと考えられる。

4. 考 察

本試験のように多孔質な物質の強度をとりあつかう場合には、物質自体の強度の他に気孔率が大きな要因として考えられることは明らかである。Fig. 3 の気孔率の値が還元率に明らかに影響を受けているのに反して、荷重軟化点と還元率との関係には一部を除いては明確なものが得られなかつた。この点に関しては還元率が変化すると、気孔率の変化と同時に組織自体の物理的性質が大きく変化する。特に還元ペレットの場合は FeO と金属鉄のごとく性質のきわめて異なつたものから構成されており、これらが複雑な影響を与えているものと考えられる。気孔率の影響を比較する意味



a) No. 1, Reduced to 30% at 900°C, $\times 400$ light gray : wustite
 b) No. 2, Reduced to 30% at 900°C, $\times 400$ dark gray : solid solution
 c) No. 3, Reduced to 30% at 900°C, $\times 400$ black : void
 d) Erie, Reduced to 30% at 900°C, $\times 400$ (3/5)

Photo. 1. Microstructure of the reduced pellets.

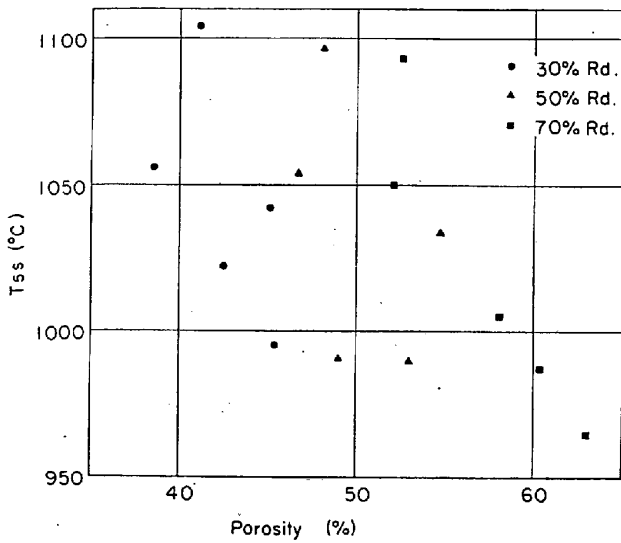


Fig. 4. Relation between porosity and T_{5s}.

で、同一還元率ごとの気孔率と軟化開始点(T_{5s})との関係を Fig. 4 に示した。T_{5s} と気孔率とは同一還元率においてほぼ逆比例関係にあることがわかる。また、同一気孔率の場合は還元率が高いほど T_{5s} は高い。

つぎに顕微鏡組織と気孔率、軟化点との関係であるが、灰色組織すなわち FeO-CaO 系固溶体のある No. 2 では気孔率が低く、軟化開始点 T_{5s} は高くなっている。したがって No. 2 では第 1 に還元時における固溶体生成の固体反応によつて気孔率が減少し、その結果還元強度が上昇したものと考えられる。また第 2 にはこの固溶体の組織自体が FeO よりち密であり、これが結晶粒の間に存在して全体の強度を維持していることが考えられる。このことは同一塩基度で焼成温度の低い No. 3 は軟化開始点が低く気孔率も高いが、この場合には固溶体が存在していないことからもうなずける。

焼成温度の差によつてこのように還元時の組織が異なる原因については明らかではなく、さらに検討を必要とする。

5. 結 言

石灰配合ペレットの還元軟化特性を調べる目的で部分還元した試料の諸性質を測定し、つぎの結果を得た。

(1) 軟化開始温度は石灰配合ペレット (塩基度 = 0.95) において約 1050°C で酸性ペレット (塩基度 = 0.3) の 990~1020°C に比して高い値が得られた。

(2) 気孔率は還元率が増すにしたがつて著しく増大するが、石灰配合ペレットはその割合が酸性ペレットに比して少ない。

(3) 顕微鏡観察を行なった結果、塩基度 = 0.95, 1300°C 焼成のものには FeO と金属鉄の他に灰色の微細組織が存在する。この組織は X 線マイクロアナライザーによる検討結果より FeO-CaO 系の固溶体と考えられる。

(4) この固溶体が石灰配合ペレットの還元軟化特性を向上させていると考えられる。

文 献

- 1) 国井, 西田, 小泉, 勝間田: 鉄と鋼, 52 (1966)

9, p. 1300

- 2) P. DICKENS, WILHELM, and J. WILLEM: Stahl u. Eisen., 79 (1959) 13, p. 905

(49) H₂+CO+N₂ 混合ガスによる鉄鉱石の還元について

九州大学, 工学部

工博 八木貞之助・○桑野 禄朗

日本特殊鋼

斎藤 泰郎

On the Reduction of Iron Ore by H₂+CO+N₂ Mixed Gas.

Dr. Teinosuke YAGI, Rokuro KUWANO and Yasuro SAITO.

1. 緒 言

今日では溶鉱炉に吹込む熱風に水蒸気あるいは燃料を添加することが広く採用され製鉄作業の生産性向上に大いに役立つている。

しかしながら水蒸気や燃料の分解によつて水素および一酸化炭素が生成し、従来と比べ還元ガス組成は変化し、炉内における反応のようすもまた変化しているものと考えられるが、これらの点については今後検討の余地が多く残されている。

そこで炉内反応を解明するための基礎的実験として水素ガス濃度および一酸化炭素ガス濃度の変化が鉄鉱石還元にどのような影響をあたえるか明らかにするためガス組成および還元温度を変えて、その影響および還元利用率などについて検討した。

2. 実験装置および方法

2.1 装 置

実験装置の概略を Fig. 1 に示す。反応管は枝管付不透明石英管を用い温度は試料上 5mm の点で測定した。

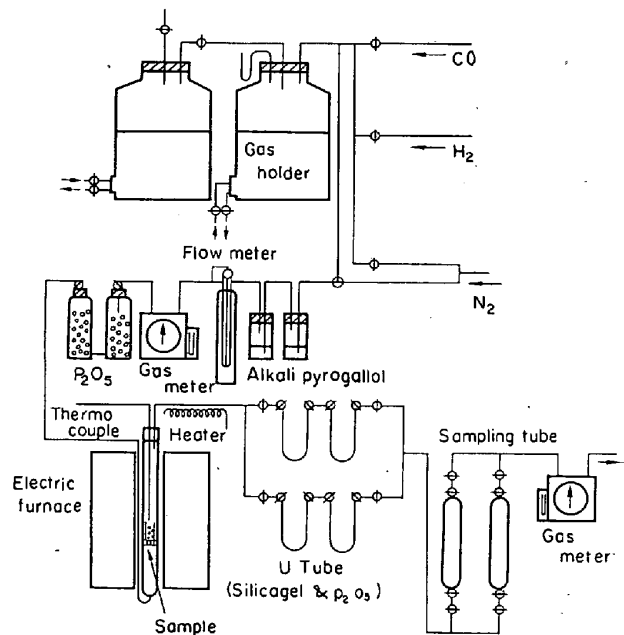


Fig. 1. Experimental apparatus.