

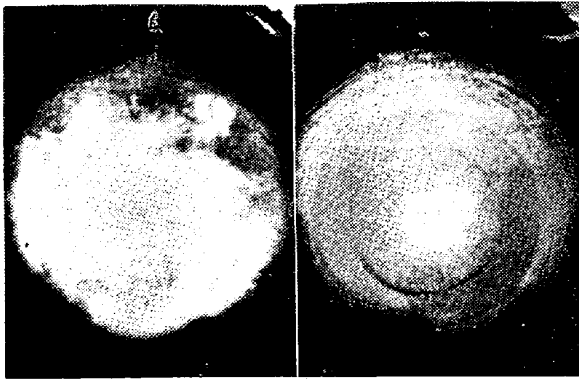


Fig. 5. Flame appearances observed from the inspection hole.

つた火焰の写真で、右側が普通燃焼における火焰、左側が中段から全空気量の 2/3 を 3 次空気として口径 40mm のノズル 8 本で吹きこんだ場合の火焰の状況である。

IV. 観 察

(1) 3 次空気は比重差とバーナーの injection によつて、吹きこみ位置より下方にもさがり、火焰を形成する。吹きこみノズル口径に 2 cm のものを使用した場合には、燃料との混合もよく、吹きこみ位置で殆んど燃焼が終り、火焰温度は吹きこみ位置より少し下の所で最高になる。(Fig. 2) ノズル口径に 4 cm のものを使用した場合には、燃料との混合は悪く、吹きこみ位置よりさらに上部でも火焰がのこり、その黒度も大きい。この場合には炉内全体に火焰が充満したようになる。

(2) 2 次空気として全空気の 1/3, 3 次空気として全空気の 2/3 を用いた場合には、通常燃焼の場合と吹きこみ燃焼の場合との合成されたような結果となり、燃焼は一般に良好で、火焰黒度も全空気を 3 次空気として吹きこんだ場合よりも小さい。

(3) 上段、下段の 2 段から 3 次空気を吹きこんだ場合には、はつきり 2 段燃焼がみられるが、上、中、下段の 3 段吹きこみでは、火焰温度、黒度は通常燃焼の場合に似ている。

(4) 吹きこみ段数、および吹きこみ口数の多い場合には炉内各断面の火焰温度分布は均一になり、この場合火焰のふく射黒度の各種測定法による測定値がよく一致する。

(43) 炉内燃焼における燃焼速度

資源技術試験所

○前沢昌武・白沢忠雄・小泉忠義

大場信吾・高井利雄

Rate of Combustion in an Experimental Furnace.

Masatake Maezawa, Tadao Shirozawa,

Tadayoshi Koizumi, Shingo Ōba

and Toshio Takai.

I. 緒 言

工業用炉における加熱では、被熱物の加熱条件に適した燃焼制御または火焰温度制御が必要である。燃料に重油を使用するときは、燃料の性質、バーナー構造、燃料の霧化状態、燃焼用空気との混合などが、その燃焼状態に複雑に影響する。とくに、温度制御に対しては燃料と空気との混合過程が重要な因子になる。このような炉内燃焼に関する基本的研究は殆んど行われていないので、従つて定量的な関係が明らかでなく、設計に際しては経験と試験的方法によることになる。普通、重油バーナーの燃焼用空気はバーナー周囲から供給するので、バーナー条件が決まると火焰の性状もおおむね決定される。ここでは、バーナー周囲のみならずいろいろの位置から燃焼用空気を噴射したとき、燃焼速度がいかに変化するかを実験的に検討したので、その結果について報告する。

II. 実験概要

実験装置は別報(炉内燃焼における火焰輻射(Ⅲ))に示す。実験条件も別報と同じで、使用燃料は A 重油、使用量は 13 kg/h, バーナー噴霧圧 0.8 kg/cm² で、使用燃料とバーナー条件は一定とし、かつ、燃焼用空気の全量は理論空気量の 1.2 倍とし、その供給方法は Table 1 のように変化した。炉軸方向 6 カ所の測定断面における炉壁内面温度、火焰または燃焼ガス平均温度、ガス分析などの測定結果の一例を Fig. 1 に示す。この結果により Appendix (I) の関係で燃焼率(または熱発生率)を求めると Fig. 2 のようになる。燃焼率を Appendix (I) の関係で表わし、未燃焼率と燃焼時間との関係を求めると Fig. 3 のようになる。各実験条件における燃焼速度係数 k , k' の値を Table 2 に示した。なお、Appendix (I) の熱計算の輻射係数は、内壁輻射黒度を 0.4 (測定結果)、炉内ガス平均輻射黒度を 0.5 とした。また、バーナー周囲から全く空気を供給しないとき、空気噴射までの期間は燃料のガス化のみが行われていると見做し、燃料 1 kg 当りのガス発生量は 5 Nm³ とした。

Table 1. Condition of air injection on the side wall of the furnace.

No. of pass	Position of air injection	Quantity of air injection	Number of nozzles	Diameter of nozzles (mm)	Velocity of air injection (m/s)
1	Upper position	2/3	8	20	12.2
2	"	2/3	8	40	3.04
3	"	1.0	8	20	18.5
4	"	1.0	8	40	4.6
5	Middle position	2/3	8	20	12.2
6	"	2/3	8	40	3.04
7	"	1.0	8	20	18.5
8	"	1.0	8	40	4.6
9	Under position	2/3	8	20	12.2
10	"	2/3	8	40	3.04
11	"	1.0	8	20	18.5
12	"	1.0	8	40	4.6
13	Upper, middle, under	each 1/3	4 at each position	20	12.0
14	Upper & under	each 1/2	8 at each position	20	9.0

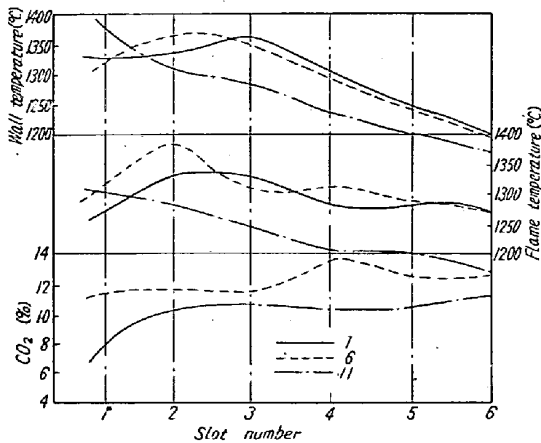


Fig. 1. Effect produced by air injection in a few passes.

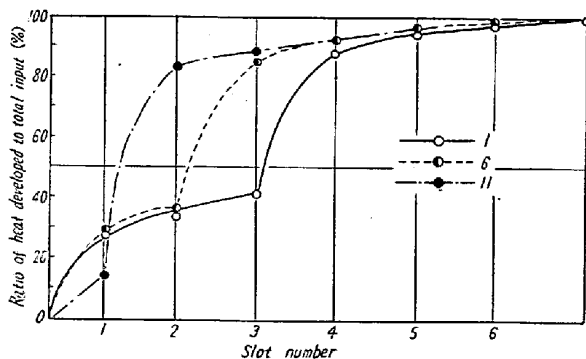


Fig. 2. Rate of heat developed in a few passes.

III. 考 察

いろいろの実験条件における燃焼速度について検討した結果、つぎのような結論になる。

(1) パーナー周囲からまったく空気を供給しない場

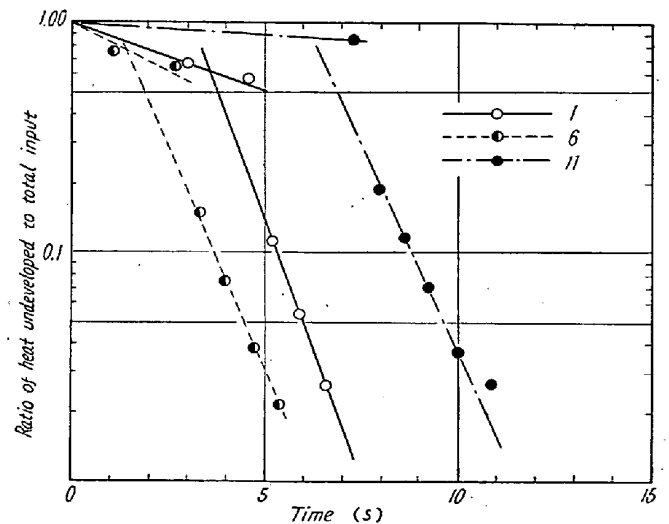
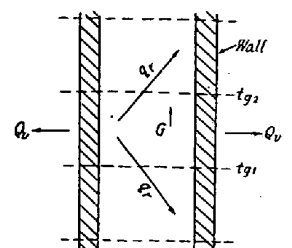


Fig. 3. Rate of undeveloped heat to time.

合でも、側壁の空気噴射の位置までの間に若干の熱発生がある。これは、燃料噴射の吸引作用で噴射空気の一部が下向きに流れること、炉に多少の洩のあることなどが原因と考えられる。

(2) 実験の範囲では、空気噴射速度は燃焼率または燃焼速度に大きくは影響していない。

(3) 燃焼速度係数は実験結果により求めることができるが、おおよそ、この数値により炉内ガス温度分布の推定に役立てることができる。



Appendix (I) 炉内燃焼率の計算方法 (Fig. 4)

Fig. 4. Heat balance in a section of the furnace.

Table 2. Value of combustion velocity coefficient.

No. of pass	Value of k	Value of k'
1	0.183	1.06
2	0.177	1.04
3	0.009	1.04
4	0.003	1.04
5	0.24	0.93
6	0.25	0.93
7	0.01	0.95
8	0.006	0.94
9	0.35	1.26
10	0.26	0.70
11	0.021	0.86
12	0.016	0.73
13	—	—
14	0.012	k' 0.116 k'' 0.844

炉軸方向のある測定断面間の、燃焼による発生熱量は

$$Q_d = Q_g + Q_r + Q_v$$

ここで、 $Q_g = C_p \cdot G \cdot (t_{g2} - t_{g1})$: ある区間における燃焼ガス顕熱増加量 (kcal/h)

C_p : ガス平均比熱 (kcal/Nm³°C)

G : 燃焼ガス量 (Nm³/h)

t_{g1} : 区間入口のガス平均温度 (°C)

t_{g2} : 区間出口のガス平均温度 (°C)

Q_r : ある区間の内壁からほかの区間の内壁への輻射伝熱量 (kcal/h)

$$Q_r = \sum g_{r, mn}$$

$$g_{r, mn} = A_m Z_{mn} \left[\sigma \left(\frac{T_{w, m}}{100} \right)^4 - \sigma \left(\frac{T_{w, n}}{100} \right)^4 \right]$$

$A_m Z_{mn}$: ある面とほかの一面との間の輻射係数

$T_{w, m}$: ある面の内壁表面温度 (°K)

$T_{w, n}$: ほかの一面の内壁表面温度 (°K)

σ = ボルツマン恒数

Q_v : ある区間の炉壁から外に逃げる熱量 (kcal/h)

Q_d : ある区間における発生熱量 (kcal/h)

Appendix (II) 燃焼速度の計算方法

一次の燃焼率をつぎの関係で表わす

$$Q/Q_0 = 1 - e^{-kt}$$

この間の未燃焼率は、 $Q_e = Q_0 - Q$ とすると、

$$Q_e/Q_0 = e^{-kt}$$

二次の燃焼における未燃焼率は

$$Q_e/Q_{es} = e^{-k'(t-t_s)}$$

で表わせる。ここで、

Q_0 : 燃料が完全に燃焼したときの発生熱量

(kcal/h)

Q : 一次燃焼の燃焼時間 t までに発生した熱量 (kcal/h)

Q_e : 燃焼時間 t までの未発生熱量 (kcal/h)

Q_{es} : 一次燃焼が終了したときの未発生熱量 (kcal/h)

k : 一次の燃焼速度係数 (s⁻¹)

k' : 二次の燃焼速度係数 (s⁻¹)

t : 燃焼時間 (s)

t_s : 一次燃焼が終了するまでの時間 (s)

(44) 中炭素鋼塊に発生する縦割れ疵の原因とその防止法

住友金属工業、鋼管製造所

谷口千之・栗田満信・○井上 悞

Cause and Prevention of Longitudinal Cracks on Medium Carbon Steel Ingots.

Chiyuki Taniguchi, Mitsunobu Kurita and Akira Inoue.

I. 緒 言

鋼塊表面に発生する縦割れ疵については、溶鋼成分、注入条件、冷却方法あるいは鑄型形状などについて多くの研究が行われているが、決定的な因子は明確化されておらず、また割れ疵の発生機構についても充分な解明はなされていない。当所においては鋼塊縦割れ疵が平炉鋼より電気炉鋼に発生しやすく、とくに、1) 0.50% C 付近で割れ疵の発生傾向がいちじるしいこと。2) Al 投入量の増加とともに割れ疵の発生率が大となり、Al の投入量が 0 の時は割れ疵の発生率が皆無のこと。3) したがって Al の投入量が 0 の時は注入条件あるいは冷却条件の影響が少いこと。などが現場的によく認められていた。しかし当所平炉で溶製している 0.40% C, 0.25% Si, 0.80% Mn 中炭素鋼では縦割れ疵は殆んど発生していなかったが、鋼質調整とくに脱酸度を強化しかつ細粒鋼製作の目的をもって Al 投入量の増量試験を行った所、多数の鋼塊に縦割れ疵が発生した。

この結果縦割れ疵と脱酸度の影響を重視し、従来の経験を加味して割れ疵の発生原因を調査した所、凝固過程中 1,000~900°C で析出する AlN の notch effect が有力な原因であるという推定を下し、引き続き割れ疵防止法として Ti と Al の併用脱酸試験を行い、検討を行った結果、一応の結論をえたのでその結果について報告す