

溶融亜鉛メッキライン新直火還元バーナーの開発

Development of a New Reducing Flame Burner for Continuous Galvanizing Line

住友金属工業(株)和歌山製鉄所 大石公志・北村 務・宮内澄隆
鉄鋼技術研究所 鈴木 豊*・岡田誠司
住金マネジメント(株)技術開発センター 上仲基文

1. 緒言

和歌山製鉄所のNo.3溶融亜鉛メッキライン(3CGL:図1)では無酸化加熱帯(以下NOF)に直火還元加熱方式を採用している。当初採用した直火還元バーナーは、実炉での無酸化加熱可能な最高加熱鋼板温度が680℃であったが、今回自社開発したバーナーはオフライン試験の結果で、還元良好域が広く最高900℃まで良好な無酸化加熱が可能となった。そこで、開発型バーナーを実機適用し、鋼板加熱温度約790℃まで良好な結果を得ているので報告する。

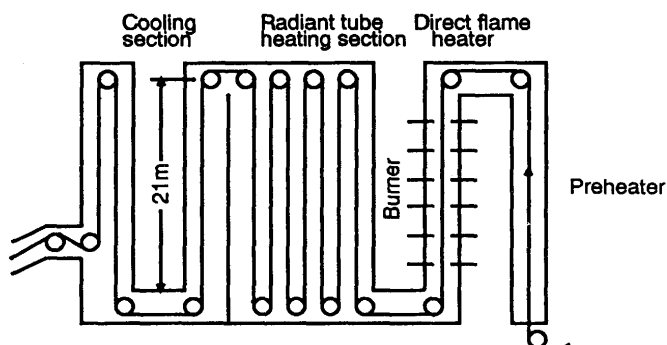


Fig1. Continuous annealing furnace

2. バーナー開発

空気比が1.0より小さい燃料過剰状態で燃焼させた場合、その燃焼排ガスが弱酸化性であっても、火炎自体は還元性を示すことが知られている。すなわち、火炎の酸化・還元性は燃焼ガス中の安定成分によって決まるのではなく、反応性の高いラジカル種によって支配されると考えられる。還元性を持つと思われる水素ラジカルは平衡状態の理論計算から、火炎温度が高いほどあるいは空気比が低いほど濃度が高くなることがわかっている。

そこで、還元バーナーの開発条件としては以下の項目を考慮した。

- 1) 非予混合型で空気予熱が可能なこと。(火炎温度上昇によるラジカル種増加)
- 2) 燃料ガスと空気の混合性が良いこと。(未燃焼酸素による局所酸化防止)
- 3) 小さな複数火炎より単一火炎を形成するタイプであること。(還元領域の拡大)
- 4) バーナータイルの火炎保持能力がなくても安定火炎が形成できること。

(タイル壁面でのラジカル種消失防止)

3. 開発試験

3-1. バーナーの比較

試験に用いた2種類のバーナー、従来型のバーナー(Type A:多孔ノズルタイプのノズル混合型)と、前項の条件を考慮した開発型バーナー(Type B:スリットノズルタイプの旋回流混合型)を図2に示す。

開発型バーナーはノズルミックスタイプで旋回流を与え混合を促し、リング状のスリットから吹き出すことで、安定して単一火炎を形成できるようにした。

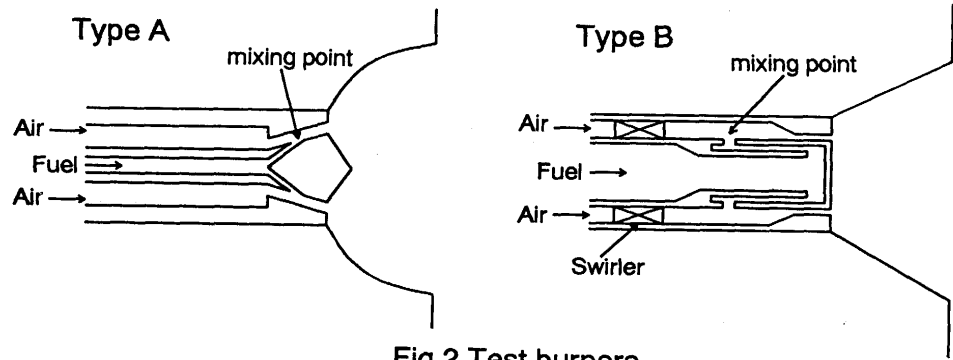


Fig.2 Test burners

3 - 2 . 試験内容

図 3 の試験炉を用いて還元バーナーの還元加熱特性評価試験を行った。主要な試験条件を表 1 に示す。鋼板を炉上部より挿入し、燃焼条件を変えて直火還元加熱後、炉下部の冷却ボックスで鋼板温度 8 0 °C 以下まで冷却し鋼板表面状態を目視にて評価した。

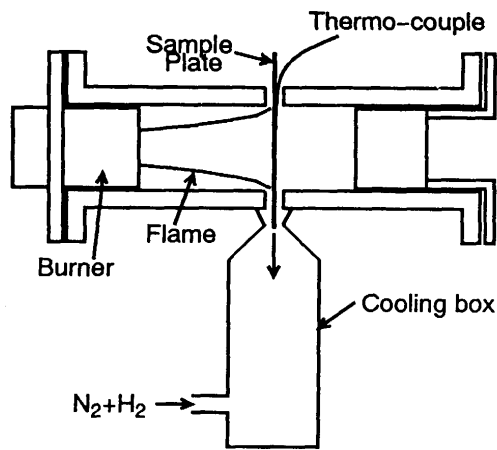


Fig.3 Small test furnace

Table 1 Test conditions

species	ultra-low-carbon
fuel	coke oven gas
burner load	8 0 %
preheated Air temperature	4 0 0 °C
furnace temperature	1 3 0 0 °C
CO concentration in waste gas	1 ~ 3 %
maximum sheet temperature	6 5 0 ~ 9 0 0 °C
cooling atmosphere	N ₂ + 5 % H ₂

Table 2 Comparison of visual evaluation with ESCA

Visual evaluation	Oxide layer thickness (nm)
◎	< 25
○	25 ~ 35
△	35 ~ 60
×	60 <

目視評価レベルと酸化膜厚の関係を、E S C A にて測定したので表 2 に示す。試験に用いた鋼板には、予め約 4 0 ナノメートルの酸化膜が形成されていた。

4. 試験結果及び考察

4-1. 還元加熱特性比較試験結果

(1) 空気比と鋼板表面酸化の評価

炉内CO濃度と鋼板温度における鋼板表面目視評価結果を、従来型バーナーと開発型バーナーについて図4, 5に示す。従来型バーナーでは鋼板温度700℃まで還元加熱可能なのに対し、開発型バーナーは900℃まで還元加熱可能であり性能が大幅にアップしたことがわかる。いずれのバーナーも排ガス中のCO濃度が3%程度、空気比で約0.85において性能が極大となる。

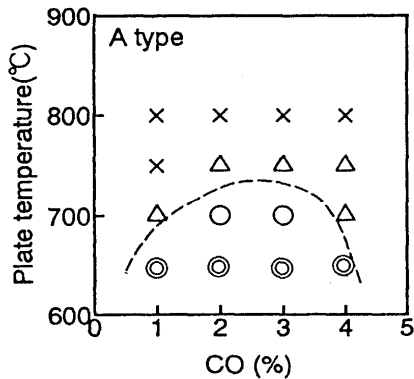


Fig.4 Oxidation/reduction regions of A type

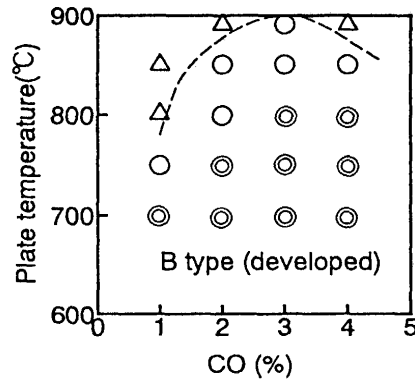


Fig.5 Oxidation/reduction regions of B type

(2) 燃焼負荷と鋼板表面酸化の評価

開発バーナーの燃焼負荷が還元加熱能力に与える影響について調べた(図6)。燃焼負荷が高いほど還元加熱能力は向上し、約50%以下では還元性能が発揮できない。

(3) 燃焼負荷と還元面積の評価

実炉でのバーナータイルから鋼板までの距離は300mmであり、バーナー配置は図7に示したように板幅方向に千鳥配置となっている。このため、還元面積の直径が145mm以上であれば鋼板全幅を還元できる。そこで開発型バーナーの実炉への適用のために、各燃焼条件での還元面積の直径を確認した。その結果を図8に示す。燃焼負荷が高いほど広い範囲で還元できることがわかる。還元性能をふまえて実操業では、燃焼負荷を50%以下とすることは望ましくない。

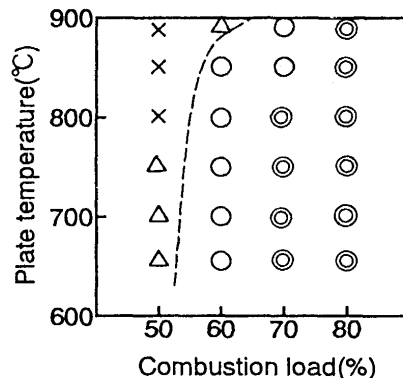


Fig.6 Oxidation/reduction regions of B type

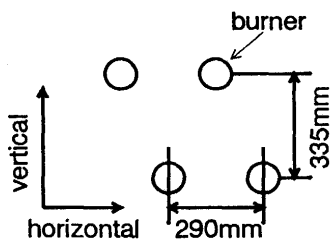


Fig.7 Arrangement of the burner

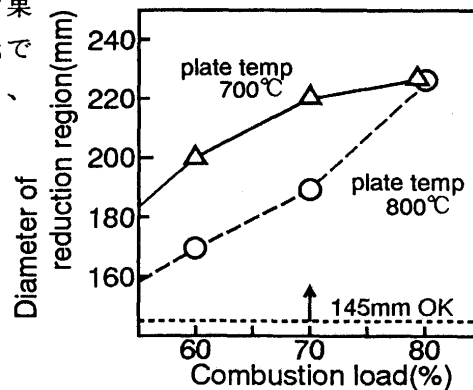


Fig.8 Diameter of reduction region

5. 開発型バーナー実機設置状況

以上の試験結果に基づき、本開発バーナーを1990年5月よりNOF No.3ゾーン(48本)に設置した結果、品質及び操業上特に問題もなく良好であったので1990年12月に残りのゾーン(144本)にも開発型バーナーを適用し、NOF全ゾーンに開発型バーナーを設置した。現在まで順調に稼働している。(表3参照)

Table 3 Installation of developed burner

date	location	note
1990.5~	3 zone	no problem
1990.12~	1, 2, 4 zone	no problem

実機操業条件の例を表4に示す。鋼板サイズ、ラインスピード等の各条件を振っているが全条件において、鋼板表面状態は良好であった。従来型バーナーでは鋼板温度が680℃以上で表面酸化が認められたのに対し、開発型バーナーでは鋼板温度700~786℃でもNOF出側での鋼板酸化は観察されなかった。ラボテストの結果から、さらに高温域まで無酸化加熱が期待でき、バーナー性能が飛躍的に向上したといえる。

Table 4 Operating conditions of NOF with the developed burner

Sheet Size (mm)	Line speed (m/min)	Sheet temperature (℃)	NOF temperature (℃)				Productivity (t/h)
			1zone	2zone	3zone	4zone	
1.40×900	80	700	1290	1284	1241	1203	48
0.65×1069	74	714	1019	1093	1093	1065	24
1.60×1175	54	786	1197	1192	1156	1108	48
1.00×1219	95	703	1198	1190	1165	1112	54
2.00×1219	48	744	1280	1258	1215	1130	55
0.89×1234	69	704	1129	1210	1174	1159	36
0.84×1494	84	713	1189	1183	1151	1138	59
0.85×1655	61	718	1083	1109	1083	1058	41
0.87×1655	70	739	1113	1178	1139	1101	47
0.80×1810	75	704	1140	1163	1121	1109	51

6. 結言

(1) 小型試験炉での試験結果より、開発型バーナーは従来型バーナーに比べ直火還元性能が著しく優れており、バーナー単体で900℃まで良好な直火還元加熱が可能であった。

(2) 本開発型バーナーを和歌山No3. CGLのNOF全ゾーンに設置し、上記の結果を実操業条件に反映した結果、品質及び操業上特に問題もなく良好であった。