

加熱條件が及ぼす鋼材各種疵に就いて

(昭和 28 年 10 月本会講演大会にて講演)

設樂 正雄*・岡田芳太郎**・森田 一人**

ON THE EFFECT OF HEATING CONDITION ON STEEL PRODUCTS

Masao Shidara Dr, Eng; Yositaro Okada; Kazuto Morita

Synopsis:

The reheating furnace operation was standardized to elevate the quality and the yield. Many kinds of the test were made from the viewpoint of the combustion engineering and statistical control. The range of testing were as follows.

1. Interrelation between the thickness of scales on the ingot and the furnace atmosphere or reheating time.
2. Interrelation between the heat consumption and the furnace atmosphere or the reheating time.
3. Interrelation between the resultant effect of the steel product and the heating condition.
4. Interrelation between the separability of the scale and the furnace atmosphere or the rolling temperature.

In the consequence of these tests, the standardized operation of the reheating furnace was performed.

I. 緒 言

今回品質或は歩留り向上を目的として熱管理的見地より、加熱炉に於ける操炉法を標準化するため、長期に亘り次に述べる如く各種の試験を行い標準作業法の一指針とした。

先づ試験した加熱条件としては、

(1) 炉内雰囲気 (空気率)

加熱期 均熱期

a. 酸化性 酸化性

b. 還元性 酸化性

(2) 在炉時間

(3) 抽出鋼塊の表面スケール厚さ

(4) 抽出温度

(5) 予熱 (装入) 温度

(6) 鋼塊表面の Washing

(7) 炉内雰囲気, 抽出温度とスケールの剝離状況

加熱期 均熱期

a. 還元性 酸化性

b. 還元性 還元性

c. 酸化性 酸化性

以上数項目挙げ之等加熱条件と鋼材各種疵の傾向を統

計的に比較検討した。

註①資料数鋼塊約 3600 本, ②全て鋼塊はリムド鋼である。

II. 試験方法

測定は約半年に亘り、特別に試験のための操業は行わず、若干指定項目を設けたが他は殆んど普通操炉中より調査したものである。

a. 炉内雰囲気を指定

加熱期	均熱期	
i) 酸化性	酸化性	3 週間連続操爐
ii) 還元性	酸化性	" " "
iii) 中性	酸化性	" " "

註 測定終了後完全な中性焔操炉少なく酸化性還元性に之を分類した。

b. 鋼塊表面スケール採取

圧延開始直前に於て鋼塊 1 本毎数ヶ所より表面スケールを採取しマイクロメーターに依り厚さを測定した。

c. 装入, 抽出温度及び Washing

* 八幡製鐵所熱管理課々長, 工博

** 熱管理課

光高温計にて1本毎測温し Washing は観察により其の程度を大, 中, 小に分類した。

d. スケールの剝離状況

炉内雰囲気指定し次の様に変化させた。

加熱期	均熱期	
還元性	酸化性	1 週間連続操炉
還元性	還元性	" " "
酸化性	酸化性	" " "

剝離状況の判定は Roll パス回数, 柴の投入状態等観察に依り, “上”, “中”, “下”に判定した。

e. その他

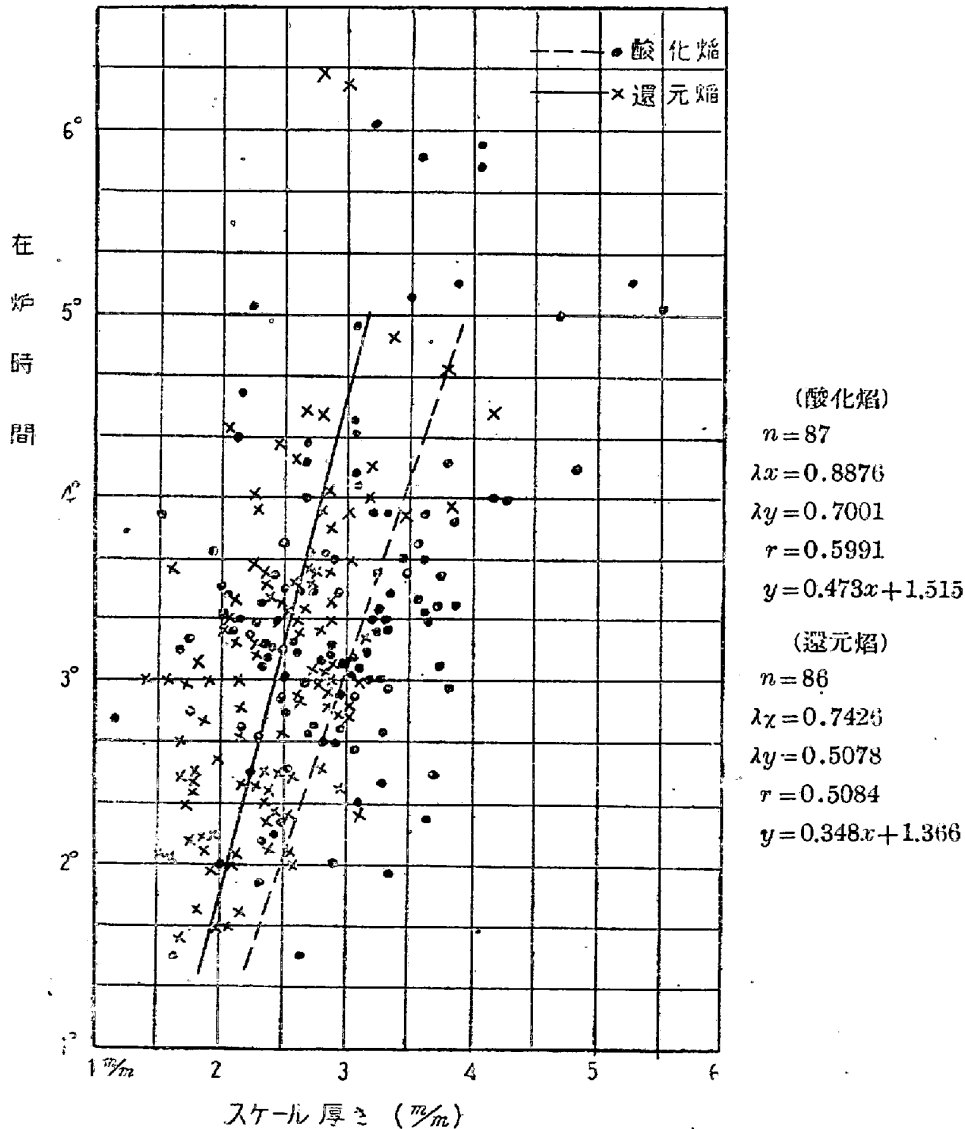
在炉時間, 使用ガス量, 各ダンパー開度, 及び鋼材表面疵 (1本毎) 等を記録し, 熱量原単位は one charge 毎計算した。

III. 爐内雰囲気, 在爐時間と鋼塊表面スケールの厚さ

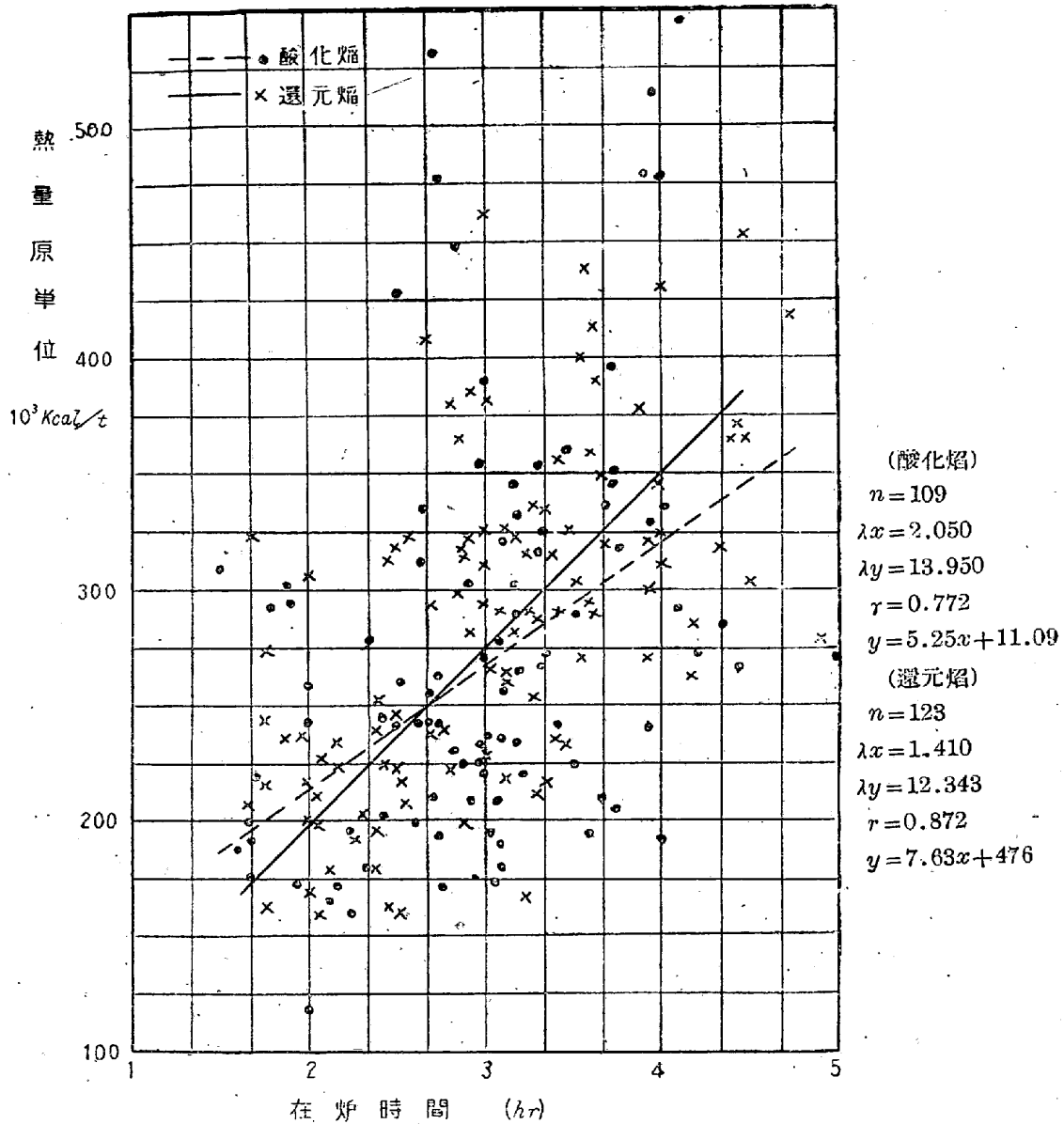
一般に述べられている如く在炉時間, 空気率が大きなる程スケールの生成量を増大し, 在炉時間が延長する程還元性と酸化性の開きを大にしている。(第1図参照)

IV. 在爐時間, 爐内雰囲気と熱量原単位 (第2圖参照)

在炉時間と熱量原単位との間には酸化性, 還元性両雰囲気共当然関係があり作業が円滑に進行している場合の在炉時間 2°30' ~ 3°00' に於ては両雰囲気別には熱量原単位は大差なく, 之以下では還元性が減少し, 以上では酸化性が減少している。第2図の傾向は積極的に還元性雰囲気にするため若干 C.O.G を多量に使用したためと



第1圖 在爐時間, 爐内雰囲気 (酸化焰, 還元焰) とスケールの厚



第2圖 在爐時間，爐内雰囲気（酸化焰，還元焰）と熱量原單位

考えられる。

V. 加熱条件と各種疵の傾向

(第1～4表及第3圖参照)

緒言で述べた加熱条件別に鋼材表面各種疵^{*}、及び無疵合格を第1表～第4表に分類し、之等の傾向を分散分析法或は X^2 検定法で調査した。其の方法は第1表～第4表より各種疵発生百分率を角変換表(百分率 $P \rightarrow =\sin^{-1}\sqrt{P}$)により変換して検定し、其の傾向を調査したもので其の計算は別に変わった事はなく此処では省略するが例として第3圖に酸化性操炉の場合を図示する。(検定数値は酸化性還元性を含む)

^{*} 鋼材各種疵…(a) 痘疵 (b) 剝疵 (c) Bottom, Topを除いた断面割, (d) 亀裂疵, (e) 波疵 (f) スケール疵

今回は比較的疵発生が多い痘, 剝, 亀裂, 各疵に就いて重点的に調査した。

VI. 爐内雰囲気, 抽出温度とスケールの剝離状況

全て第5表～第6表より分散分析法で調査したものである。剝離状況の判定は上, 中, 下に分類し, „上” が最も良好な場合で „中” が之に次ぎ „下” が最も不良な場合である。

(1) スケールの剝離状況 „上” の場合

a. 炉内雰囲気

危険率5%で有意差はないが若干酸化性が „上” の判定が多いようである。

第1表 酸化性操爐に於ける在爐時間, スケールの厚さ, 抽出温度と各種疵

		在 爐 時 間								2mm以下	
		2° 以下		2°~3°		3°~4°		4° 以上			
		本數	%	本數	%	本數	%	本數	%	本數	%
痘	上	0		1	0.3	6	1.3	3	1.4	0	
	下	1	3.6	3 1/2	1.1	21 1/2 ^{上下} ₂	4.7	2	1.0	1	1.5
剥	上	1/2	1.7	1	0.3	6	1.3	3 1/2	1.7	0	0.5
	下	0		1 1/3 ^側 ₁	0.4	0 ^{上下} ₁		2 ^側 ₁	1.0	1/3	
表面割	上	0		1	0.3	2 1/4	0.5	1	0.5	0	
	下	0		上下 1/2		0		1	0.5	0	
断面割	B.T	0		4 1/2	1.4	9 1/6	2.0	1/2	0.2	0	
	その他	0		2	0.6	7 1/2	1.6	12 1/2	6.0	0	
龜裂	上	0		1 3/4	0.5	5	1.1	6 ^{上下} ₁	3.0	0	
	下	3	10.7	1	0.3	2 ^{上下} ₁	0.4	2 ^側 _{1.0}	1.5	0	
スケール		1	3.6	2 1/2	0.7	10 7/12	2.3	4	1.9	0	
波		0		0		3	0.7	5 1/2	2.6	0	
その他		0		12 5/6	3.9	28 1/2	6.2	16	7.7	2	2.9
一級合格		22 1/2	80.4	293 1/12	89.6	353 1/2	77.0	146	70.2	64 2/3	95.1
計		28		327		459		208		68	

第2表 還元性操爐における在爐時間, スケール厚さ抽出温度と各種疵

		在 爐 時 間								2mm以下	
		2° 以下		2°~3°		3°~4°		4° 以上			
		本數	%	本數	%	本數	%	本數	%	本數	%
痘	上	2	1.5	7	1.5	11	2.6	2 1/2	1.1	5	1.9
	下	1	0.8	7	1.5	5	1.2	8 1/3 ^{上下} ₁	3.6	3	1.1
剥	上	2	1.5	7	1.5	5	1.2	2	0.8	5	1.9
	下	1	0.8	2	0.4	0		0		2	0.8
表面割	上	0		1 1/2	0.3	2	0.5	0		0	
	下	0		1		0		0		0	
断面割	B.T	1/2		9 1/3	2.0	13 1/2	3.2	4	1.7	1 1/2	0.6
	其他	0		9	2.0	11 1/2	2.7	15 1/2 ^M ₁	6.3	1	0.4
龜裂	上	0		0		5	1.2	0		0	
	下	0		0		0		2 1/2	1.1	0	
スケール		1	0.8	9 1/4	2.0	10 3/4	2.5	3 1/2	1.5	4 1/2	1.7
波		2	1.5	2 1/2	0.5	7	1.7	4	1.7	2	0.8
その他		0		21 5/6	4.7	34 1/4	8.1	22	9.3	9	3.4
一級合格		120 1/2	92.7	382 7/12	83.1	319	75.2	170 1/3	71.9	228	87.0
計		130		460		424		237		262	

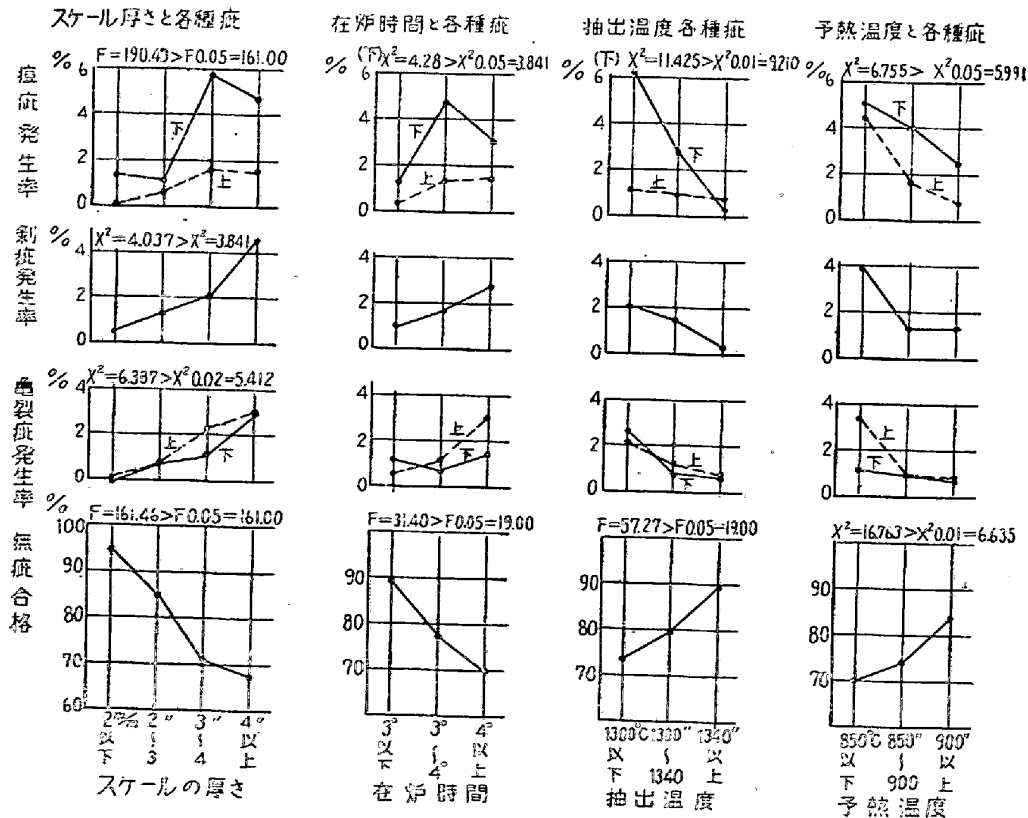
スケールの厚さ						抽出温度					
2~3mm		3~4mm		4mm以上		1300°C		1300~1340°C		1340°C以上	
本数	%	本数	%	本数	%	本数	%	本数	%	本数	%
3	0.6	6	1.7	1	1.5	2	1.1	7	1.0	1	0.7
6 _{上下} 1	1.1	20 _{上下} 1	5.7	1	1.5	11	6.2	16 ¹ / ₂ _{上下} 2	2.4	1/2	0.3
4	0.7	4	1.1	3	4.5	3 ¹ / ₂	2.0	7 ¹ / ₂	1.1	0	
3	0.6	0 _{側上下} 2, 1		0		0		3 _{側上下} 2, 1	0.4	1/3	0.3
1 ³ / ₄	0.3	1 ¹ / ₂	0.4	1	1.5	1 ¹ / ₂	0.8	2 ³ / ₄	0.4	0	
0		_{上下} 1/2		1	1.5	1 _{上下} 1/2	0.6	0		0	
6 ¹ / ₂	1.2	7 ¹ / ₅	2.0	1/2	0.8	3	1.7	7 ² / ₃	1.1	3 ¹ / ₂	2.4
10	1.9	7	2.0	5	7.6	2	1.1	19 ¹ / ₂	2.8	1/2	0.3
4	0.7	7 ³ / ₄	2.2	1 _{上下} 1	1.5	3 ³ / ₄	2.1	8	1.1	1	0.7
4	0.7	2 _{側上下} 1 1	0.6	2	3.0	3 _{上下} 1	2.0	5 _{上下} 1	0.7	側 1	
8 ¹ / ₄	1.5	9 ⁵ / ₆	2.8	0		2 ¹ / ₄	1.3	15 ¹ / ₃	2.2	1/2	0.3
4 ¹ / ₂	0.8	3	0.9	1	1.5	4	2.2	4 ¹ / ₂	0.6	0	
23 ¹ / ₂	4.4	27 ⁵ / ₆	7.9	4	6.1	8 ⁵ / ₆	5.0	41	5.9	7 ¹ / ₂	5.1
455 ¹ / ₂	85.1	250 ⁵ / ₁₂	70.9	44 ¹ / ₂	67.4	190 ² / ₃	73.4	553 ⁴ / ₅	79.4	130 ¹ / ₆	89.2
535		353		66		178		698		146	

スケールの厚さ						抽出温度					
2~3mm		3~4mm		4mm以上		1300°C		1300~1340°C		1340°C以上	
本数	%	本数	%	本数	%	本数	%	本数	%	本数	%
6	0.9	11 ¹ / ₂	3.7	0		6	2.7	14 ¹ / ₂	1.6	2	1.4
7	1.1	8 ¹ / ₂	2.7	3	7.0	3	1.4	17 ¹ / ₂ _{上下} 1	2.0	1	0.7
5	0.8	4	1.3	2	4.7	2 ¹ / ₂	1.1	11 ¹ / ₂	1.3	2	1.4
1	0.2	0		0		0		3	0.3	0	
1 ¹ / ₂	0.3	2	0.6	0		1	0.5	0	0.2	1/2	0.4
1	0.1	0		0		1	0.5	0		0	
9 ⁵ / ₆	1.6	16	5.1	0		10 ¹ / ₂	4.8	15 ¹ / ₃	1.7	1 ¹ / ₂	1.1
17 ¹ / ₂	2.8	16 _M 1	5.1	1/2	1.1	14 _M 1	6.4	21 ¹ / ₃	2.4	1/2	0.4
4	0.6	1	0.8	0		1	0.5	2	0.2	2	1.4
0		2 ¹ / ₂		0		2	0.9	1/2	0.2	0	
14 ¹ / ₂	2.3	5 ¹ / ₂	1.8	0		3	1.4	21 ¹ / ₂	2.4	0	
5 ¹ / ₂	0.8	6	1.9	2	4.7	2	0.9	9 ¹ / ₂	1.1	4	2.8
24 ¹ / ₁₂	3.8	39	12.5	6	13.9	18	8.2	55 ¹ / ₁₂	6.2	5	3.5
536 ¹ / ₁₂	84.7	199	63.6	29 ¹ / ₂	63.6	154	70.3	716 ¹ / ₁₂	80.4	122 ¹ / ₂	86.9
633		313		43		219		891		141	

第3表 豫熱温度と各種疵

		酸 化 焰 操 爐								850°C以下	
		850°C以下		850~950°C		900~950°C		950°C以上			
		本數	%	本數	%	本數	%	本數	%	本數	%
痘	上	2 1/2	4.4	9	1.6	3 1/2	0.9	0		3	1.6
	下	2 1/2	5.0	21	3.9	9	2.5	1	2.0	9	4.7
剝	上	1 1/2	1.7	7	1.2	3	0.75	0		2 1/2	1.3
	下	2	2.2	0		1		1/3		0	
表面割	上	0		3 3/4	0.7	1/2		0		0	
	下	0		0		0		0		0	
断面割	B.T	0		10 1/6	1.8	7	1.8	1	2.0	3	1.6
	その他	2 1/2	2.8	32 1/2	5.8	3	0.3	0		4 1/2	2.3
龜裂	上	3	3.3	5	0.9	2 3/4	0.7	1	2.0	1	0.5
	下	0		4	0.9	2	0.5	0		0	
スケール		1	1.0	7 5/6	1.4	8	2.0	3	5.9	3 1/2	1.8
波		3	3.3	7 1/2	1.3	1	0.3	1	2.0	5	2.6
其他		5	5.5	35 1/2	6.5	17 1/3	4.4	2	3.9	13	6.7
一級合格		63 1/2	69.8	413 3/4	73.8	332 7/12	84.0	41 2/3	81.7	148 1/2	76.9
計		91		561		396		51		193	

(注) 豫熱温度と疵の調査で處理本數が第1表及第2表より多いのは、第1表、第2表の酸化焰還元焰操爐中の中性焰気味の Chargeを除いたためである。



第3圖 加熱條件と各種疵の傾向、例(酸化性操爐の場合)

還 元 焔 操 爐					
850°C 以下		850~900°C		950°C 以上	
本數	%	本數	%	本數	%
13 1/2	1.9	6	1.4	1	4.8
9	1.3	6 1/2	1.5	1	4.8
9	1.3	7	1.6	0	
2	0.3	1	0.2	0	
4 上下 1	0.6	1/2 M 1		0	
19	2.7	7 5/6	1.8	0	
27 1/2	3.9	8 1/2	2.0	0	
2	0.3	2	0.5	0	
0		2	0.5	1/2	2.4
17	2.4	5	1.2	0	
7	1.0	5	1.2	0	
42 1/4	6.0	27 1/3	6.3	1	4.7
550 3/4	78.2	350 1/3	81.3	17 1/2	83.3
704		431		21	

b. 抽出温度

有意差有り ($F=6.99 > F_{0.05}=6.94$)

第6表より 1300~1330°C の範囲が最も „上” の判定が多く、1330°C以上が之に次ぎ、1300°C 以下が最も少ない。

(2) スケールの剝離 „中” の場合
何れの場合も大差ない。

(3) スケールの剝離状況 „下” の場合

a. 炉内雰囲気

有意差なし

b. 抽出温度

有意差有り ($F=9.18 > F_{0.05}=6.94$)

第6表より 1300~1330°C の範囲が最も „下” の判定少なく、1330°C 以上が之に次ぎ、1300°C 以下に最も多い。

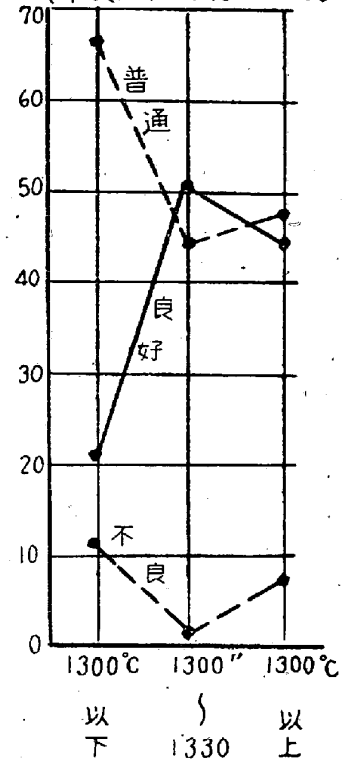
VII. 結 論

以上加熱条件と各種疵或はスケールの剝離状況等色々述べたが、之より考察して一応作業標準の指針を定めれば次の如くなる。

1. 在炉時間

在炉時間は加熱炉以外の他の条件に非常に左右される

(良好) $F=6.99 > F_{0.05}=6.94$
% (不良) $F=9.18 > F_{0.05}=6.94$



第4圖 抽出温度とスケールの剝離状況

が、長期の実績より加熱期を2時間前後均熱期を40分~1時間とし、計2時間30分~3時間を標準在炉時間とする。

a. 殆んどの各種疵は在炉時間3時間以内に少なく且無疵合格が多い。

b. 炉内鋼塊温度分布を Schmidt の方法に依り求めても大体均熱され適当である。

2. 炉内雰囲気

直接還元性操炉が良好(酸化性が良好と認めたものはない)と認めたのは亀裂疵のみで、他は何れも直接関係を見出さないが、第1図に述べた如く還元性は酸化性に比較してスケールの生成量を減じ、且在炉時間が延長すれば尙著しい。スケールの厚さと各種疵に就いては、殆んどの疵がスケールの薄い程少なく、且つ無疵合格が多い。亦熱量原単位も第2図で述べた如く、標準在炉時間附近では酸化性、還元性別に大差ない点より、加熱期は還元性、均熱期はスケールの剝離性を考慮して酸化性とする。

3. 抽出温度

上痘, 剝, スケール, 疵に対しては直接傾向を見出さないが、その他の疵に対しては温度の高い鋼塊に少なく且無疵合格は多い。又、スケールの剝離状況も 1300°C~1330°C が、最も良好な点より、Washing を考慮して

第4表 Washing と 各種疵

		酸 化 性 操 爐				還 元 性 操 爐			
		有 (大, 中, 小)		無		有		無	
		(Washing)		(Washing)		(Washing)		(Washing)	
		本 數	%	本 數	%	本 數	%	本 數	%
痘	上	6 1/2	1.8	15	2.3	9	1.7	11 1/2	1.6
	下	6 上下 1	1.2	11 上下 2	1.7	10 1/2	1.9	10	1.4
剝	上	9 1/2	1.9	15 1/2	2.3	6	1.1	6	0.8
	下	1/3		1		1 側 1		2	
表面割	上	1		2 1/4		1		3 1/2	
	下	1/2		上下 1/2		0		1 上下 1	
断面割	B.T	7 2/3	1.5	11 1/2	1.7	15	2.8	13 1/2	1.9
	其他	11 1/2	2.3	24 不明 1/2	3.6	11 不明 1	2.0	32 1/2	4.6
龜裂	上	3	0.6	7 3/4	1.2	3	0.6	4	0.6
	下	4	0.8	2 上下 2	0.3 0.3	1/2		0	
スケール		2 5/6	0.6	16 3/4	2.5	6 1/4	1.2	14 3/4	2.1
波		4 1/2	0.9	4	0.6	10 1/2	2.0	7 1/2	1.1
その他		13 1/2	6.2	28 2/3	4.3	28 2/3	5.4	47 1/4	6.7
一級合格		420 1/6	82.2	518 7/12	78.2	429 7/12	80.5	554 1/2	78.2
計		511		663		534		709	

(註) 第4表は、第1表、第2表より處理總本數は若干増加しているが、資料を多くするため中性焙操爐中のものを多く採用したことに依る。

第5表 爐内雰囲気とスケールの剝離状況

操爐法	還元焰～酸化焰				還元焰～還元焰				酸化性～酸化性			
	上	中	下	計	上	中	下	計	上	中	下	計
本 數	106	199	28	333	93	108	111	312	141	125	16	282
%	31.8	59.8	8.4		43.9	50.9	5.2		50.0	44.3	5.7	

1330°C ± 10°C が最も適當と考える。

4. 予熱温度

抽出温度と同様温度の高い鋼塊が殆どどの疵が少なく無疵合格の多い事、且均熱化の早い点から見ても高い程良く、900°C 以上は是非確保すべきである。

5. Washing

リムド鋼塊には余り影響はなく、却つて Washing した鋼塊に若干の疵及び無疵合格に良好な場合がある。

然し Washing に就いては、今回の其の程度を大、中小、に分類すれば約 80% は小程度で、仮に Washing

と鋼材各種疵とが關係があつても、今回の程度では其の影響よりも、Washing する程加熱温度の高い事が強く影響したと考えられ、出来得れば Washing は避けるべきと考える。今回の調査に於いては殆ど抽出温度と同じ傾向を示し、Washing 其のものゝ傾向としては誤解の恐れあるため省略した。

6. 南北ガス切替時間

蓄熱室温度勾配より考えて加熱期は 20分～30分、均熱期は 15分～20分の範囲が適當であると考え。然し之も炉内鋼塊温度の状況に依り時間的に固定せず、適當

第6表 抽出温度とスケールの剝離状況

抽出温度		1300°C以下	1300~1330°C	1330°C以上
上	本数 %	43 21.1	200 50.5	59 44.7
中	本数 %	138 67.6	177 44.7	63 47.7
下	本数 %	23 11.3	19 4.8	10 7.6
計		204	396	132

に延長或いは短縮する事が望ましい。

以上今回は品質歩留向上を目的として、加熱条件と鋼材各種疵、或はスケールの剝離状況等長期の実績より調査し之より加熱作業の標準を定め、且試験終了後約1ヶ月半に亘り之を再確認し、良好な結果を得たものである。之が加熱炉関係の参考資料ともなれば幸甚である。

最後に本試験の実施に当り御指導を頂いた管理局高橋港部長、鋼材部藤木俊三部長並びに試験の遂行に当り直接御便宜を頂いた厚板課永江賢吉課長、同真島笹市樹長の御協力を厚く感謝致します。(昭和28年12月寄稿)

焼入油の老化について(I)

(油脂の老化)

(昭和28年10月本会講演大会にて発表)

多賀谷 正義*・田村 今男**

ON THE DETERIORATION OF QUENCHING OILS (I)

(Fatty Oils)

Masayoshi Tagaya Dr. Eng., and Imao Tamura

Synopsis:

To study the process of deterioration of quenching oils in long service, various sorts of fatty oil were heated at 170°C in a oil bath and blown with dry air of 10±1 l/hr/(300 cc of oil) according to the Indiana Method. Then several properties of oils were determined at some interval of time.

The properties of fatty oils varied with the blowing time as follow:

(1) The quenching ability of fatty oils was rapidly lowered and given by a parabolic formula of the blowing time;

$$t-t_0 = \alpha_G \cdot \sqrt{\tau}$$

This was attributed to rise of the beginning temperature of the convection stage in cooling process with lapse of blowing time. For this reason, it was possible to consider that the boiling point rose on account of the oxidation and polymerization of oils.

(2) The viscosity in logarithm linearly increased with the blowing time;

$$\log \eta - \log \eta_0 = \alpha_\eta \cdot \tau.$$

(3) The specific gravity increased and the iodine value decreased linearly with the blowing time;

$$G - G_0 = \alpha_G \cdot \tau,$$

$$I_0 - I = \alpha_I \cdot \tau.$$

(4) α_G , α_η , α_G and α_I increased parabolically with the iodine value (I_0) of oils except the peculiar oils such as castor oil, sperm oil, etc.

* 大阪大学教授, 工博 ** 大阪大学工学部