

## チルドロールの研究

(電気爐による熔解方法に對する考察)

(昭和 26 年 9 月本會北海道支部講演大會にて講演)

神居 詮正\*・川村 信一\*\*

## STUDY ON CHILLED ROLL

(Improvement in the method of melting by the electric furnace)

Norimasa Kamii &amp; Shinichi Kawamura

## Synopsis:

It has been a general belief that the chill-cast rolls produced through the process of electric furnaces were apt to break off easily; because the graphite nuclei were dissolved by too intense heat; the iron lost its own property; and the manganese contained therein increased its quantity.

To correct these defects and eliminate the enlargement of graphite nuclei, it is necessary to keep the temperature of the furnace between 1450°-1550°C.

The reaction inside the furnace is divided into the following two periods: oxidation period, in which the authors aim at the proper adjustment of the charging and at the oxidation refining, and reduction period, in which the authors make complete deoxidation and desulphurization of the molten pig iron and the control of Fe-Si, the depth of the chill and then tapping.

The authors consider theoretically on the elimination of each element by oxidation, reduction period and recarburization, and the standard of the operation of the 3 tons Héroult electric furnace.

## I. 緒 言

チルドロールはチルキヤストロールとも言い、適當な成分の鑄鐵を反射爐等で熔解し第1圖のようなロール鑄型に鑄込んで、金型に接した部分のみを急冷、すなわちチルして、約 20mm の深さのセメントライトパーライト組織の硬い部分と、他の部分は徐冷による軟い且つ強靱性を保つて、所要の機械的要求に應ずるロールのことである。特に高温用のロールとしては、500°C 附近の高温に繰返して使用しても安全であつて他の鍛鋼ロールや表面焼入ロールのように、表面硬度が低下しないことが、チルドロールの特色である<sup>1)2)3)4)</sup>。

さて、もと日鐵輪西製鐵所では、終戦後昭和 22 年頃より、自家用の歴延用チルドロール製作を計畫して、試作研究を開始した。最初は研究のため、1/3 寸法のものを作試し、その断面を研究したり、熔解も最初は坩堝爐を用いた。ついで、熔銑爐や電気爐等にて熔解し、種々調査研究した結果、線材工場のような小型チルドロール製作可能となり、現在では、標準熔解法を設定するに至つた。ただし、當所では、材料の関係から、すなわち、

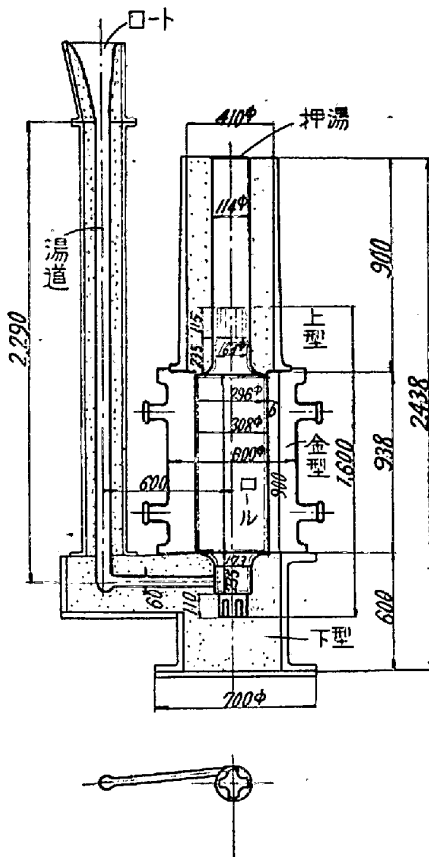
ロール切粉を主成材料とする關係から、熔銑爐の使用が困難なので、現在ではもつぱら電気爐を使用し、その操業標準化を圖り、反射爐製のチルドロールと同等以上のものを製作できるに至つたので、こゝに、電気爐による熔解法について考察する次第である。

## II. 電気爐による熔解法に對する考察

従來電気爐熔解によるロールは、折損し易いと言われた原因は、餘りにも高温となる故に、黒鉛核が熔け、鐵固有の性質を失うためであると言われ、又 Mn 量もやや高くなり過ぎる結果と考えられ、この缺點を無くするために、爐内温度は、1550°C 以下に保持する。しかしパーライト鑄鐵において巨大な黒鉛の存在を許さぬように、1400°C 以上の温度を必要とする。爐内に起る反應は電気爐鋼と同一で、酸化期と還元期に分け、酸化期には配合成分の適正と酸化精鍊を目標として、還元期には熔銑の完全脱酸、脱硫と Fe-Si の加減により、チルの

\* 富士製鐵室蘭製鐵所

\*\* 室蘭工業大學



第1圖 チルドロール鑄造方案圖

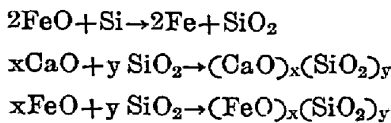
深さを加減して、出銑する。酸化期における各元素の酸化除去についての理論的考察を次に述べる。<sup>5)</sup>

(1) 酸化期は化学反応上次の三つの段階に分けられる。

(イ) Si および Mn の除去。(ロ) P の酸化および除去。(ハ) C の酸化

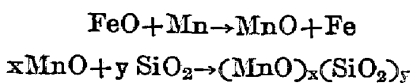
次に各元素の反応について述べる。

(a) Si: 熔解期に起る最初の反応は次のようである。



鉄および Ca の珪酸鹽は直ちに滓に入る。鉄の珪酸鹽は後には、一層強力な CaO が FeO に代り、FeO は熔銑中に移行して、P および C の酸化に大いに関係する。

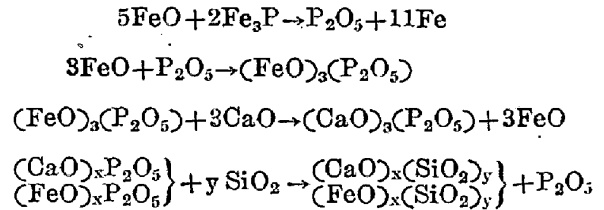
(b) Mn: Mn は Si と全く同様な方法で酸化する。



Mn の珪酸鹽は直ちに滓に入る。それ故に酸化期の滓には Ca の珪酸鹽、Mn の珪酸鹽およびいくらかの Fe の珪酸鹽を含む。理論的には、Si は Mn が全く除去される前に酸化されるのであるが、実際には、いくらか Mn

は Si と同時に除去されるので、Si 程酸化せず、特に鑄鉄の場合は、鋼と違つて、殆んど除去されない状態である。それ故に、Si の成分は規格通りになるのであるが、Mn は豫想通り下らず、最後の成分に非常に悪影響を及ぼしているのので、最近はあまり C、Si を下げぬ程度に鑄石を加えて、MnO を少し低くする操業を行つている。

(c) P: 脱磷は次の反応によつて、起るものと考えられる。



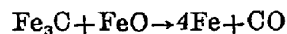
この他に、SiO<sub>2</sub> が熔銑中にあり、又遊離 Si が滓にある限り、P は除去されない。

しかし、チルドロールの場合は、鋼と違つて、P はある程度、湯の流れを良くするので、脱磷は重要ではない。むしろ多く熔銑中に残る方がよい。

(d) S: 電気爐において、還元期にその大部分を除去できるのが特色であるが、酸化期においても、その約20%が除去される。S は熔銑中には、MnS として存在している。その幾分かは、燃えて SO<sub>2</sub> となり瓦斯として除去され、他のものは MnS あるいは、CaS として滓中に入る。

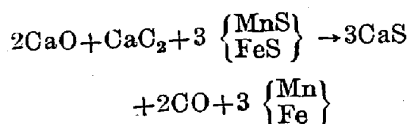
(2) 還元期: 鑄鉄の還元期は鋼程の重要性はなく、ただCを下げずに、又 Fe-Si を加えることにより、チルの深さを測定しながら、還元滓で、酸化期中に入る FeO、MnO を還元して、優秀なチル鑄物を造らんとする意圖の下に還元期を行ふのである。

(3) 加炭: 酸化期中に下るCを補足するために、加炭を行うが、われわれの場合は、コークス粉で行つている。その反応は  $3\text{Fe} + \text{C} \rightarrow \text{Fe}_3\text{C}$  であつて、熔銑中に熔解しない FeO を還元するに使われる。すなわち。



又、還元期の初めには、加炭の意味で相当量のコークス粉を投入している。過剰の FeO のある場合は、湯は沸騰し、荒れる傾向があるから、これを鎮静するために FeSi を少量加える。この反応は  $\text{Fe-Si} + 2\text{CO} \rightarrow \text{Fe} + 2\text{CO} + \text{SiO}_2$  で、非常に早く完了する。滓は電気爐鋼と同様、カーバイト滓、後には白色滓を用いる。この反応は鋼の場合と同様であるが、チルド鑄物の場合は、鋼と違つて湯が荒れず、材質的にも、鋼程精密を要しない。

(4) 脱硫: 脱硫は次の反応によつて行われる。



鋼の場合は實際上 0.010% まで下るが、鑄鐵の場合でも、分析では、0.01% まで下つた場合もある。

### III. 操業法

チルドロールの鑄造熔解には、以上のような理論的考察が下される。

第1表は使用材料である。

第1表 使用材料

名 稱	%	C	Mn	Si	P	S
ロール屑	30	3.00	0.7	0.7	0.3	0.09
鋼屑	15	0.35	0.3	0.35	0.04	0.03
M-20 製鋼用銑	25	4.24	1.1	0.75	0.55	0.22
超低珪素銑	30	4.02	0.73	0.52	0.02	0.15
計		3.2	0.95	0.61	0.22	0.15
目 標		2.9—3.0	0.7	0.6	0.3	0.05

熔落時間は、その材料の形状、装入位置、又は通電状況により、長短がある。第2表より解るように、平均3時間である。ただ、あまり時間が長過ぎると、どうしても酸化期が長くなり、熔落の成分も思わしくない。それ故電圧 130V、電流 4,000~5,000Amp の高電力で、3時間内で熔解するのが望ましい。

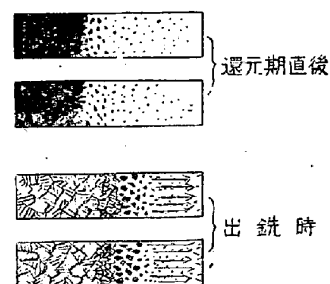
(a) 酸化期：電氣爐製鋼と違って、酸化精錬はあまり問題にする程ではないが、Mn の除去の困難である鑄鐵電氣爐熔解には、酸化精錬を行う方がよいと思われる。

第2表によると、特に、配合 Mn 成分も高いが、豫想外に、Mn は酸化されていない。又材料中に含まれている種々の瓦斯の除去から言つても、一部酸化法で、酸化精錬を行うことがよいと思われる。且つ鑄鐵の酸化期は、先に述べたように、鋼の場合よりも、低温である故に、滓の状態も悪い故に、この酸化精錬を行うと、やよくなる。石灰は鋼と違って、脱磷は考慮に入れない故 100kg で熔解する。あて配合成分が同一である故、熔解で取る試料は第2表より解る通り、毎回殆んど同じである故除滓までは、爐熱と滓が良くなるを待てばよい。ただ爐熱は低くても悪く、又先に述べた黒鉛核の問題により、高過ぎても悪い。この適宜な温度は作業の訓練により、試料の注湯中に解るので、爐内状況が良くなつたところで除滓を行う。

(b) 還元期：除滓の終つた裸銑の上に、酸化期中に下つた C の補充に、コークス粉による加炭を行う。先に

述べたように加えたコークス粉は、全て加炭されたのではなくて、ほとんど燃えて、CO 瓦斯となり FeO 中の酸素および爐内の酸素と化合する。この CO 瓦斯の悪影響を防ぐために、Fe-Si の粉末を少量投入する。次いで還元滓の造滓剤を投入する。造滓剤は、石灰 80kg、コークス粉 10kg、螢石 20kg である。この装入が終つたら電圧 100V、電流 4,000~5,000 Amp の動力を通じて、還元滓ができるまで 30~40 分間期待する。

こゝで還元期を使用するのは、勿論、熔銑中の FeO、MnO の除去、脱酸のためではあるが、同時に爐内を還元氣に保つて、C の低下を防ぎ、かつ次に加える Fe-Si の損失を無くするためである。今まで、ほとんどチルの足しか解らなかつた鑄鐵の試料も、次に加える Fe-Si の量の如何で、黒鉛が現われてチルの深さの加減ができる。チルドロール鑄造の妙味も、この Fe-Si の加減一つにかかっていると云うも過言ではない。(第2圖参照)還元滓が充分できたところで、試料を取り、製作するロールの胴徑性質により、Fe-Si を加減して、爐内に投入する。後試料を取り、チルが良好なれば磷銑を加えて、湯流れをよくして、出銑するの。



第2圖 チル試料の破面略圖

### IV. 標準作業

第2表において No. 1~No. 8 までは、試作中のものなるため、No. 11~No. 21 は熔銑爐にて研究試作せるため表にあげない。No. 22~No. 23 の廢品成分を除いては大體目標に達していることが解る。なお、これらの製品に對するチルの深さ、硬度、性質等は、別に研究報告したので、ここには省略してある。

以上述べた操業は、殆んど毎回同一で的確に操業できるので、標準操業を確立した。これを第3表に示す。以上の標準操業によつて現在までチルドロールは 200 本に達した。

### V. 結 言

以上はチルドロールの研究の一部であつて、直徑 296 mm のチルドロールを 1 本犠牲にして、その表面硬度

第 2 表

ロール 番 號	製 作 月 日	胴 徑 mm	C			Si			熔 落
			熔 落	還 元	成 品	熔 落	還 元	成 品	
No. 9	24年10. 7	296	3.14	2.89	2.89	0.61	0.46	0.70	1.01
10	10. 14	//	3.04	3.95	3.04	0.54	0.49	0.78	1.08
* 22	11. 18	//	2.46	2.46	2.41	0.38	0.28	0.47	0.56
* 23	11. 29	//	2.30	2.33	2.25	0.38	0.25	1.01	0.64
24	12. 1	284	2.93	2.93	2.93	0.54	0.50	0.91	0.80
25	12. 8	//	2.80	2.96	2.96	0.29	0.39	0.66	0.98
26	15	//	2.73	2.83	2.78	0.33	0.40	0.77	1.00
27	23	//	3.02	2.97	2.97	0.38	0.36	0.49	0.92
28	27	//	2.67	2.76	2.70	0.18	0.16	0.87	0.95
29	25年 1. 9	296	2.83	2.83	2.82	0.16	0.30	0.61	0.82
30	13	//	2.73	2.79	2.82	0.35	0.61	0.56	0.87
31	2. 2	//	3.06	2.96	2.91	0.31	0.27	0.60	0.96
32	7	281	2.96	3.27	2.98	0.50	0.51	0.71	0.96
33	16	//	3.08	3.08	2.99	0.79	0.79	0.82	0.98
34	27	//	3.06	3.16	3.01	0.79	0.47	0.87	1.01
35	3. 6	330	2.95	3.10	3.05	0.41	0.47	0.54	0.94
平 均			2.93	2.96	2.90	0.51	0.45	0.70	0.94

\* No. 22. No. 23 は平均に加算しない。

第 3 表 操 業 標 準

配合成分 時 刻	C	Mn	Si	P	S
8時—20分	3.1~3.2	0.7~0.8	0.7~0.8	0.3	0.1
9 —30	通電 130V, 4,000~5,000 Amp				
11 —00	石灰投入 80~100kg 熔落試料 (1) 豫想成分 C 2.95, Mn 0.7~0.8, Si 0.5 鑛石投入 15~20kg, 滓次第で石灰・鑛石投入				
11 —20	試料 (2) 直ちに除滓				
11 —30	加炭, コークス粉, Fe-Si, 2kg 造滓剤投入, 石灰 80kg, コークス粉 10kg 螢石 20kg				
12 —10	滓検査 試料 (3) 豫想成分 C 2.96, Mn 0.7, Si 0.40				
12 —20	Fe-Si 投入 8~10kg				
12 —30	試料 (4)				
12 —40	チルが良ければ Fe-P 投入 5~10kg.				
12 —50	試料 (5) 豫想成分 C 2.95~3.0, Mn 0.7, Si 0.5, P 0.4 チルを見て出銑				

を測定し、また中央より縦断して、内部硬度を測定し、チルの深さ、硫黄印刷等により、その優秀性を實證した。第4表は當所製作によるロールと他工場のロールとの使用実績であり、第5表は廢棄実績であり、これらによつても他との遜色のないことが明らかである。

現在は、いわゆるストレート・カーボン、チルドロールは殆んど製作せず、Ni-Cr, Mo 入の合金ロールのみを製作し、硬度も Hs=67-70 のものを製作している

が。これについては、またの機会に發表したい。

終りに昭和 22 年以來、數年間にわたり、この研究に参加させて下さった富士製鐵室蘭製鐵所長香春三樹次殿 其他多くの關係各位に深く感謝し、このチルドロール研究の一部に文部省科學研究補助費の下附されたことを申添え、感謝の微意を表わす。(昭和 27 年 11 月寄稿)

文 献

- 1) 丹羽口成夫: チルドロール, 金屬第 20 卷第 5 號 1950 57~58
- 2) 菊田多利男: 鑄物本質論, チルドロールの生成の理論的研究・186~229
- 3) 谷口光平: チルド鑄物, 實用金屬材料講座材料編 共立社, 1935
- 4) E. Shüz: Ueber die Wissenschaftlichen Grundlagen Zur Herstellung Von Hartgusswalzen Stahl und Eisen 1922, 1610
- 5) F. T. Sisco: The Manufacture of Electric Steel, 1924
- 6) 大谷孝吉・守屋慶次: ロールについて, Otani Rolls & Rolling Machine, 大谷重工業會社報告 Nov. 16, 1950
- 7) K. H. Wright: Chilled Roll Manufacture, Foundry Trade Journal, Jan. 11 & 18, 1951
- 8) 谷口光平: 合金チルドロールの研究, 日本ニッケル時報 vol. 1. No. 1, 1933

Mn		P			S		熔時 (時)	解 間 分)	使 電 力 KW	備 考
還元	成品	熔落	磷鐵添加前	成品	熔落	成品				
0.84	0.97	0.412	0.378	0.398	0.03	0.008	7.40	3560	廢 棄	
0.91	0.09	0.353	0.290	0.437	0.04	0.022	3.10	3380		
0.64	0.72	0.432	0.419	0.527	0.032	0.009	5.0	1860		
0.92	0.90	0.350		0.498	0.038	0.038	3.20	3380		
0.78	0.88	0.411	0.392	0.486	0.038		3.15	3480		
0.99	1.02	0.396	0.375	0.402	0.024	0.008	3.0	3320		
0.98	1.02	0.363	0.274	0.38	0.018	0.012	4.0	3740		
0.92	0.92	0.391	0.413	0.432	0.038	0.018	2.20	3610		
0.93	0.97	0.382	0.340	0.396	0.016	0.012	2.35	2840		
0.76	0.84	0.401	0.412	0.503	0.036	0.008	2.0	2980		
0.80	0.95	0.390	0.437	0.456	0.022	0.006	3.25	3500		
0.98	0.96	0.363	0.418	0.430	0.032	0.018	3.10	3160		
0.96	1.01	0.385	0.434	0.451	0.016	0.012	3.20	3350		
0.98	0.98	0.429	0.429	0.435	0.014	0.006	2.40	3660		
1.03	1.01	0.402	0.402	0.402	0.010	0.010	2.20	2450		
0.92	0.94	0.400	0.400	0.400	0.016	0.010	3.20	3690		
0.92	0.97	0.389	0.419	0.429	0.016	0.010	3.00	3337		

第4表 ロール實用實績表

製作所	使用年月日	スタンド	使用回数	壓延時間	壓延總數	備 考
室蘭製鐵所	26.3. 3 8.10	4TH	2	121—35	11,187.363	724
	3.23 8.23					
	26. 6. 5	6TH	*	265—30	6,355.588	717
	26. 6. 20	7TH	2	314—40	7,106.180	735
	26. 12. 20	8TH	2	386—25	10,058.522	711
	26. 4. 12	8TH	*	289—35	7,117.122	716
	26. 5. 15	8TH	2	442—10	11,950.512	718
	26. 1. 25	9TH	2	300—15	6,630.654	714
	26. 1. 10	9TH	2	347—45	7,782.734	716
	26. 4. 25	9TH	2	293—00	5,827.014	719
	26. 4. 12	9TH	*	270—15	4,508.160	725
	26. 2. 20	10TH	2	432—25	8,932.363	710
	25. 11. 30	10TH	2	244—30	5,474.897	713
	26. 1. 25	11TH	3	233—25	4,668.885	741
	25. 12. 7	11TH	3	217—45	4,584.570	744
	26. 1. 25	12TH	2	302—50	7,063.922	733
	26. 7. 20	13TH	7	404—35	8,491.324	724
	24. 9. 12	13TH	3	126—05	2,989.842	755
	26. 7. 25	15TH	3	121—55	2,878.134	761
	26. 7. 13	11TH	3	217—45	4,584.570	744
26. 1. 25	11TH	3	355—55	5,734.615	731	
25. 5. 28	5TH	1	66—05	1,136.025	717	
A工場	25. 2. 21	5TH	5	818—40	10,693.815	713
24. 8. 27	11TH	4	302—20	6,657.915	721	
24. 7. 31	13TH	1	*	1,392.270	720	
24. 7. 26	15TH	6	301—00	4,649.842	723	
24. 8. 6	15TH	7	396—00	5,334.534	740	
25. 5. 10						

\* 記録なし

第5表 ロール廢棄實績表 昭和25年度9月~26度3月

製作所	使用工場	材質	廢棄別	延 數	歴延延數	使用個所	鋼材適當リ ロール消費量	摘 要
室蘭工場	線 材	チルド	ネック折	676	2,499・191	2	0・273	5TH
"	"	"	"	683	2,466・893	2	0・276	5"
"	"	"	"	683	1,367・340	1	1・00	5"
B 工場	"	"	折 損	676	1,950・853	2	0・346	5"
"	"	"	"	683	1,103・502	1	0・37	5"
"	"	"	"	683	112・277	1	6・06	5"
"	"	"	"	683	3,063・663	3	0・223	5"
A 工場	"	"	"	683	4,326・079	3	0・158	5"
O 工場	"	"	"	683	2,577・877	1	0・265	5"
"	"	"	"	683	3,156・520	2	0・217	5"
室蘭工場	"	"	"	436	2,958・155	3	0・147	11"
A 工場	"	"	軟 質	436	2,517・891	4	0・173	11"
"	"	"	"	436	2,517・891	4	0・173	11"
D 工場	"	"	折 損	436	1,130・985	2	0・386	11"

## 鐵及び鋼中マンガン定量法 (學振法) の現場分析 實施上の諸點について

(昭和24年10月本會講演大會にて講演)

岩 橋 俊 勝\*・山 口 善 次 郎\*

### SEVERAL POINTS FOR PRACTICAL ANALYSIS IN DETERMINING MANGANESE IN IRON AND STEEL (GAKUSHIN-METHOD)

*Toshikatsu Iwahashi & Zenjiro Yamaguchi*

#### Synopsis:

Notable difference often was found between Gakushin-method (a method recommended by Japan Society for Scientific Promotion, and followed by the Laboratory of Kamaishi Iron works) and colorimetric method (followed by open-hearth furnace shops of the same works) when analysing manganese in sheet-bars and other steel. Therefore first the authors examined the following points which might cause erroneous results in Gakushin-method (ammonium persulphate-sodium arsenite).

1. Effect of heating temperature and time after added ammonium persulphate.—Though the Gakushin-method specified the heating time to be one minute, when manganese was contained in excess of 0.75%, the manganese was apt to begin to decompose starting from 30 seconds after heating and this decomposition rate increased with the rise of heating temperature.

2. Cooling temperature and time—The best results were obtained at cooling temperature of 20°C and the authors kept running water for three minutes in order to maintain the cooling temperature at 20°C

3. Concentration and quantity of sodium chloride solution required—The present experiment indicated that the best result could be obtained at 1% in concentration and 10cc~15cc in quantity and end point was clear.

4. Selection of standard steel sample according to manganese contents—the present experiment indicated that the best result could be obtained when titrated with arsenite solution which standardized by the standard steel sample containing manganese nearest to that of the sample taken.

\* 富士製鐵, 釜石製鐵所