

鹽基性電氣爐による高 Mn-Cr 鋼の熔解結果に就て

(昭和 21 年 10 月本會講演大會講演於東京)

下 川 義 雄*

ON THE MELTING OF HIGH Mn-Cr STEEL BY THE
BASIC ARC FURNACE.

Yoshio Shimokawa

Synopsis:—

- (1) Erosion of the refractories (magnesia, silica and schamott brick) by the high Mn-Cr molten steel was studied. Magnesia brick was not eroded at all by all steels. And it was confirmed that there is no difference in the erosion by the Mn-Cr steel containing 5 to 15% Mn.
- (2) The melting of high Mn-Cr-V steel by the basic arc furnace was performed. It was confirmed that the manufacture of high Mn-Cr steel would be performed comparatively easily by the basic arc furnace.
- (3) The possibility of the melting of the high nitrogen high Mn-Cr steel by the basic arc furnace was discussed. By the fundamental experiments the manufacture of the high nitrogen steel would be possible by the addition of Mn-nitride and properly mixed Mg, Ca and Si nitride on the bald molten steel just before the tapping.

I. 緒 言

戦時中不銹鋼耐熱鋼等に高 Mn-Cr 系鋼種が相當研究され含窒素 Mn-Cr 鋼の研究も可成り行はれた。併しアーク爐による斯る鋼種の熔解に関しては餘りその例を聞かない。筆者は之れに関し若干の基礎試験を行つたので本報にその結果を簡単に報告する。基礎試験が缺除しているため含 Mn 鋼浴の耐火物侵蝕試験、高 Mn-Cr 鋼の實地熔解試験、含窒素鋼作製のための若干の基礎試験を行つたが以下順を追つて述べる。

II. 含 Mn 鋼浴の耐火物侵蝕性に就て

マグネシヤ及び硅石煉瓦、シヤモット製ノズル及びストバー煉瓦より夫々直徑 25mm 長さ 100mm の圓棒を削製之れを高周波電氣爐中に熔解せる第 1 表の如き Mn 量の異なる鋼浴中に 15 分間浸しその侵蝕状況を比較した。温度は大體造塊温度を目標として光高温度計の読みで 1420°C 位に保つ様に調節した。

實驗結果を總括すれば第 2 表の通りである。第 2 表中 A は試料の先端、B は先端より約 30mm 中の位置である。又値は各位置で 4 ヶ所測定した平均値であ

第 1 表 試験鋼浴の成分

記號	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %
1	0.24	0.14	0.27	0.012	0.035	—
2	0.16	0.28	4.69	0.023	0.028	12.10
3	0.16	0.39	7.89	0.027	0.020	11.71
4	0.28	0.74	11.88	0.027	0.015	11.16
5	0.22	1.13	14.74	0.012	0.015	11.10

る。尙硅石以外は熔鋼の試料内部への浸透は見られなかつた。この實驗より次の諸點が明らかとなつた。

1. マグネシヤは Mn 量の多少に拘らず侵蝕を受けない。
2. 硅石は Mn 鋼浴に全然耐蝕性が無い。
3. シヤモットも一般に Mn 鋼浴に耐蝕性十分とは云へない。従つてシヤモット製ノズル、ストバーは Mn 鋼浴には信頼性が無く、他の耐火物製例へばマグネシヤ、グラファイトシヤモット等を使用すべきであると思はれる。
4. 含 Mn 鋼浴の耐火物侵蝕性は Mn 量 5~15% の範圍では全然差は認められは、従つて鋼浴の

* 扶桑金屬工業株式會社鋼管製造所。

第 2 表 高 Mn-Cr 鋼浴による耐火物侵蝕試験結果

試料名	鋼浴記號	試料寸法		試料増減寸法		試料増減比率	
		A (mm)	B (mm)	A (mm)	B (mm)	A (%)	B (%)
マグネシヤ	1	26.25	26.50	-0.60	-0.52	-2.3	-2.0
	2	26.00	26.85	-0.50	-0.35	-1.9	-1.3
	3	26.00	26.48	-0.53	-0.47	-2.0	-1.8
	4	26.50	27.00	-0.91	-0.87	-3.4	-3.2
	5	25.17	26.23	-1.01	-0.80	-4.3	-3.0
ストパー	1	27.15	27.27	0.25	-0.13	0.9	-0.5
	2	26.55	27.35	2.85	3.05	11	11
	3	26.57	27.20	2.57	2.90	10	11
	4	26.18	27.05	3.35	4.35	13	16
	5	26.15	27.00	2.05	2.03	8	8
ノズル	1	25.94	26.45	0.17	-0.15	0.7	-0.6
	2	26.22	26.90	4.82	5.50	18	20
	3	26.70	26.70	5.50	5.00	21	19
	4	25.93	26.00	4.83	3.60	19	14
	5	26.10	27.08	3.70	4.63	14	17
硯石	2	25.20	26.83	8.23	9.33	33	35
	3	26.25	26.63	折レ			
	4	25.80	26.80	折レ			
	5	26.25	25.50	折レ			

Mn 量を僅か減じて耐火物の侵蝕を防止しようとする考へは無益である。

5. 以上の結果から鹽基性孤光爐で高 Mn-Cr 鋼を熔製する事は取鍋等造塊用耐火物に注意すれば可能である事が判る。

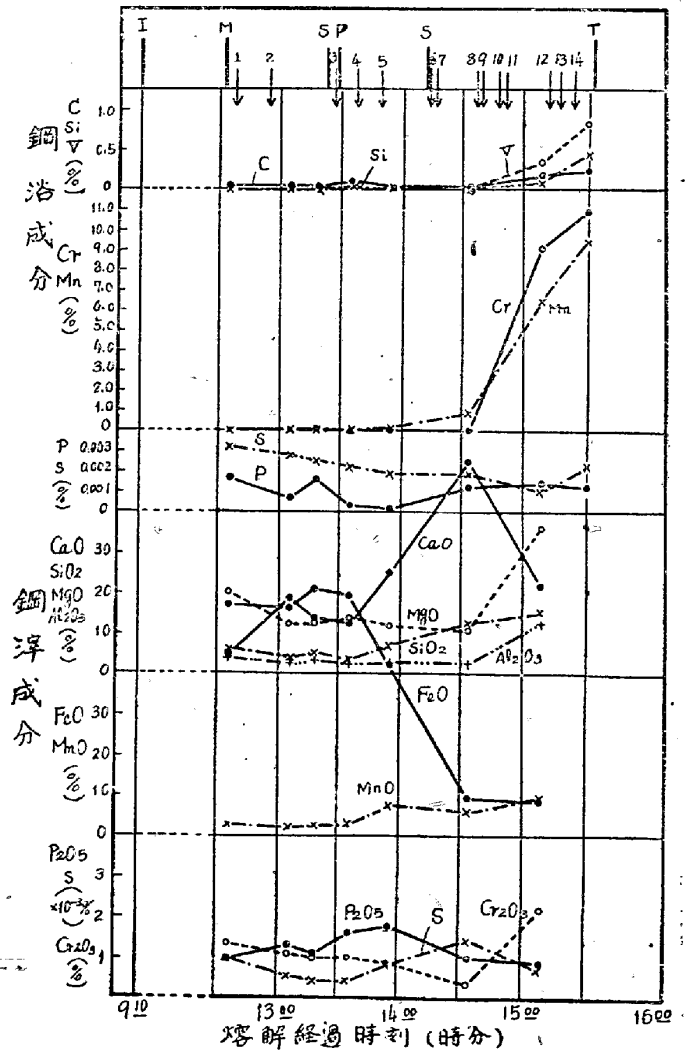
III. 鹽基性孤光爐による高 Mn-Cr-V 鋼の熔解結果

鹽基性孤光爐で實際に高 Mn-Cr 鋼の熔製が可能かどうかを吟味する目的で Demag 製 100 kg 鹽基性孤光爐により高 Mn-Cr-V 鋼を實際に熔解し實際操作の際に問題となる點を明らかにしようとして試みた。

實際熔解は前後 3 回行つたがその一例として第 2 回熔解の経過を第 1 圖に、又各熔解の添加物の状況を第 3 表に示した。第 1 圖の第 2 回熔解は還元期に入つた時ボールが折損し修理に手間取り鋼浴温度の低下が著しいため改めて沸騰精錬を行ひ温度再上昇を待つて再び還元期に入つた。従つて酸化期の前半は之れを無視出来るものである。他の 2 回は酸化期中に類似の事故を發生した。

熔解経過中特に注目すべき點は爐床不良の爲め MgO の浮揚が大きかつたが之れは主として酸化期に起り還元期に入つて特に爐床が浮揚するといふ現象は見られなかつた。各回毎に Fe-Cr, Fe-Mn の添加方法を少しづつ變化させたが Fe-Cr は出来るだけ早期に又分割添加回数を少くした方が還元期時間の短縮、合金鐵歩留りの上昇等より見て良好な事が判つた。又各熔解

第 1 圖 熔解経過 (第 2 回) 熔解番號 79



第 3 表 熔解經過に於る添加物一覽表

鋼 番	第 1 回 (796)		第 2 回 (797)		第 3 回 (799)		含窒素鋼 (805)	
	添 加 物	(重量kg)	添 加 物	重量(kg)	添 加 物	重量(kg)	添 加 物	重量(kg)
1	鐵 鑛 石 螢 石	2.0 1.0	鐵 鑛 石	2.0	銑 鐵	13.0	鐵 鑛 石	2.5
2	石 灰 石 螢 石 コークス	3.0 1.0 0.2	石 灰 石 螢 石	2.0 0.2	鐵 鑛 石	2.0	石 灰 石 螢 石 Ca-Si	5.0 0.5 0.5
3	石灰+螢石 Ca-Si Fe-Si Fe-Mn	5.0 0.2 0.5 0.5	石灰+螢石 Ca-Si Fe-Si Fe-Mn	2.0 0.2 0.3 1.0	鐵 鑛 石	2.0	C. P.	1.0
4	C. P.	0.5	石灰+螢石	2.0	石 灰 Ca-Si Fe-Si Fe-Mn	3.0 0.2 0.3 1.0	Fe-Cr 金屬Mn	8.0 5.0
5	C. P.	0.5	鐵 鑛 石	2.0	C. P.	0.5	Fe-Cr 金屬Mn	8.7 5.0
6	Fe-Cr Fe-Mn Fe-V	5.0 3.0 1.4	石 灰 Ca-Si Fe-Si Fe-Mn	4.0 0.2 0.3 1.0	Fe-Cr Fe-Mn Fe-V	12.0 3.0 0.8	C. P.	0.5
7	C. P.	0.5	C. P.	0.5	C. P.	0.5	Fe-Si	1.5
8	Fe-Cr Fe-Mn	7.0 3.0	Fe-Cr Fe-Mn Fe-V	6.0 3.0 1.0	Fe-Cr Fe-Mn	7.5 3.0	窒化 Mn (除滓シタ 上=)	3.0
9	C. P.	0.5	C. P.	0.5	C. P.	0.5	—	
10	Fe-Cr Fe-Mn	5.0 3.0	Fe-Cr Fe-Mn	6.0 3.0	Fe-Mn Fe-V	11.5 0.8	—	
11	Fe-Cr Fe-Mn	5.0 3.0	C. P.	0.5	C. P.	0.5	—	
12	C. P.	0.5	Fe-Cr Fe-Mn Fe-V	6.0 9.0 0.6	Fe-Si	1.2	—	
13	Fe-Mn	6.0	C. P.	0.5	—		—	
14	Fe-V	0.6	Fe-Si	1.2	—		—	
15	Fe-Si	1.0	—		—		—	
装入材料	炭素鋼屑 低 磷 銑 合 計	120 10 130	炭素鋼屑 低 磷 銑 合 計	100 10 110	炭素鋼屑 低 磷 銑 合 計	90 10 100	炭素鋼屑 低 磷 銑 合 計	92 13 105
添加 合金 鐵	Fe-Cr Fe-Mn Fe-V Fe-Si 合 計	22.0 18.5 2.0 2.0 44.5	Fe-Cr Fe-Mn Fe-V Fe-Si 合 計	24.0 19.0 1.6 1.5 45.1	Fe-Cr Fe-Mn Fe-V Fe-Si 合 計	19.5 18.5 1.6 1.5 41.1	Fe-Cr 金屬Mn 窒化Mn Fe-Si 合 計	16.7 10.0 3.0 1.5 30.2

註 1. 表中 C. P. はコークス粉に石灰螢石を混合せる還元劑を表はす。

2. 圖中記號 I : 通電 M : 熔解 S : 除滓 P : ボール折れ修理 T : 出鋼

共熔落時より既に過酸化の状態となつたため以後の操作に幾らか困難を感じた。

以上の 3 熔解の熔解結果を總括すれば次の通りである。

(1) 酸化期 不純物除去のため沸騰精錬を行ふ必要があるが過酸化にならぬ様材料配合熔解等に注意する必要がある。併し通常熔解と異なる所はない。

(2) 脱磷脱硫 還元期復磷の傾向は認められる。又脱硫も決して不可能ではない。

(3) 爐床 本熔解では不良であつたが特に爐床の構築保修に注意をすればそれ程不良になるとは考へられない。

(4) Mn の歩留り 鋼滓中の MnO は低 Mn 浴に比して、著しく高かつた。併し $(\text{MnO})/[\text{Mn}]$ なる分配恒数は通常の高 Mn 鋼の場合と比較して大差が無い故之際の Mn 歩留りが特に悪かつたとは考へられない。勿論同一温度に於る Mn の分配恒数 $(\text{MnO})/[\text{Mn}]$ は Cr の分配恒数 $(\text{Cr}_2\text{O}_3)/[\text{Cr}]$ より大きい故 Cr の歩留りに比して Mn の歩留りは不良である。併し何れにせよ還元期に使用される Mn 量は大量である故鹽基度其の他鋼滓の調節により $(\text{MnO})/[\text{Mn}]$ が如何に変化するかを研究し還元期滓をその様な状態に持つて行く必要がある。

(5) Cr 及び V の歩留り 之等は通常熔鋼と大差がないが V は還元期に一度に添加した方が良好であつた。

(6) Cr 及び Mn の添加方法 本熔解の一つの目的は熔解材料の約 35% に相當する大量の合金鐵を如何に處理すべきかを決定するにあつたが結果から見ると還元期初期に既に十分温度を上昇せしめて置き、合金鐵は出来るだけ大量を一時に添加し特に難溶の Fe-Cr は之れを適量の Mn と混合して鋼滓状況を不良にしないように努めつゝ早期に添加し終り、残りの Mn は還元状態の十分進行した後に添加するのが最良のようである。

以上の熔解は種々の缺陷はあつたが鹽基性弧光爐で斯る高 Mn-Cr 鋼の熔製の可能な事を示し技術的にも高周波電氣爐に比して特に困難とは考へられず必要に應じ弧光爐で本鋼種の熔製可能である事を明らかにした。

IV. 弧光爐にて含窒素 Mn-Cr 鋼を熔製する 事の可能性に就て。

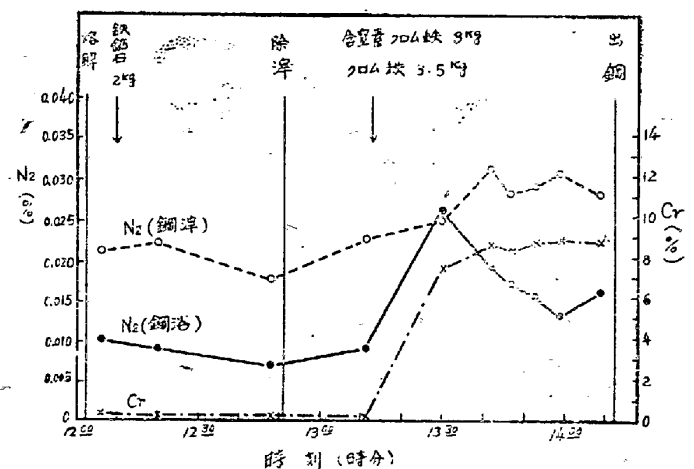
弧光爐で含窒素 Mn-Cr 鋼の熔製が可能かどうかは理論上又實際上極めて興味ある問題であるが之れに關してまだ研究結果のあるのを聞かないので筆者は本問題の研究に着手したのであるが實驗に着手したばかりで戦争末期の混亂に陥り研究を完成し得なかつたのは残念であるが、又他の機会に斯る研究が再び行ひ得る

時が来る事を思ひ當時得られた結果を取纏めて將來の参考としたい。含窒素鋼の製造は次の如き方法で着手した。

(1) 鋼浴に添加し窒素添加後鋼浴成分となる添加物を用ひる方法

鋼浴に添加し窒素添加後鋼浴成分となるものとしては本研究では含窒素 Fe-Cr 及び窒化 Mn がその對稱となる。本方法は高周波爐では常用の方法であり、若し本方法が可能ならば通常熔解と大差なく操業出來最も好都合である。併し本方法は次の實驗で困難な事を知つた。即ち第 2 圖は Cr 鋼を弧光爐で熔製の際クロ

第 2 圖 鹽基性弧光爐熔解途上の N_2 の舉動



ム鐵の一部を含窒素クロム鐵で置換してこの場合の鋼浴及び鋼滓中の窒素の舉動を試験した結果であつて還元期計算量 0.04% 程度の含窒素クロム鐵を添加したに拘らず、クロム鐵添加直後可成り高い鋼浴中の窒素量が操業の進行と共に次第に低下し、その傾向は通常の高周波電氣爐と逆で出鋼時には通常操業と大差ない窒素量迄低下してゐる。鋼滓中の窒素の舉動より見れば窒素は明らかに鋼滓に移動し漸次逸出するものと考へられる故本方法は滓中に十分な窒素を含有せしめ得ない限り、不可能である。窒化 Mn も前述と同様な方法で添加する限り同様な経過を辿る事は明らかであるが、窒化 Mn は窒素量が高い故出鋼直前鋼滓を掻き出し裸湯上に窒化 Mn を添加して出鋼するといふ方法が考へられる。之の方法により一熔解試験熔解をしたのが第 1 表の 805 である。即ち前節の方法と同様にして高 Mn-Cr 鋼を熔製、完全鎮靜後の出鋼直前鋼滓を掻き出して裸湯となし之れに 3kg の窒化 Mn を添加して出鋼した。併し鋼塊の鎮靜不十分で完全な鋼塊が得られなかつた。之の原因については研究の餘地がある。併し、窒素量は 0.15% であつた。兎に角本方法で含窒素鋼を作製する事は實際操業としては相當困難と思

はれる。

(2) 鋼浴に添加し窒素添加後主として鋼滓成分となる添加物を用ひる方法

本方法に属する方法としては窒化 Mg, 窒化 Ca 或は実験は行はなかつたが窒化 Ca-Si 等によつて鋼浴に窒素を添加する方法が考へられる。実験に使用した窒化 Mg, 窒化 Mg は金属 Ca, Mg をアンモニヤで窒化して使用した。本方法は斯る窒化物を大量に得る事が困難であつたためタンマン爐で窒素添加が可能かどうかを試験し、一回だけ高周波電氣爐中に窒化 Mg を添加しその熔解状況を観察した。タンマン爐による結果を第4表に示す。第4表より明らかな如く、窒素添加は可能であるが、その歩留りは一定しない。これは

第4表 タンマン爐による Mn-Cr 鋼の窒素添加試験結果
(試料 200g, Cr 約 10%, Mn 約 15%)

試料記號	添加物	量(g)	N ₂ (%)
1	窒化マグネシウム	1	0.032
2	"	1	0.028
3	"	2	0.050
4	"	3	0.045
5	"	3	0.078
6	"	5	0.12
7	"	5	0.14
8	窒化カルシウム	1	0.024
9	"	2	0.038
10	"	3	0.072
11	"	5	0.10
12	"	5	0.083

添加方法の不備、窒化 Mn, Ca 等の窒素量が一定しなかつた事にもよるが(1)の方法より歩留りの計算の困難な事は確實である。唯本方法の特徴としては添加時著しい發熱を見る事、添加後鋼浴面に鋼滓を生ずる事、脱酸性を有する事があつて、窒化物の適當な組合せにより流動性のよい鋼滓の出現も不可能であると思はれその使用方法によつては著しい特徴を發揮し得るものと思はれる。併し之れに關してはまだ何等の実験をするに到つてゐない。尙取鍋添加は Mg, Ca の激しい燃焼の爲危険を發生する恐れがある。

(3) 鋼滓に添加し鋼浴に間接的に窒素を與へる方法

筆者は石灰窒素の使用を考へたが入手不能であつたため実験は實施出来なかつた。

(4) 以上の方法の適當な組合せ

以上の方法を適當に組合せれば含窒素鋼の製造が必ずしも不可能でない様に思はれる。例へば(1)及び(2)の方法の組合せによつて第5表の如き含窒素鋼製

第5表 含窒素高 Mn-Cr 鋼製造方案

時期	主要操作	注 意 事 項
酸化期	沸騰	1. 通常熔解ノ酸化期ト大差ナシ 2. 酸化期末充分昇熱ヲ行フコト
還元期	強制脱酸	1. 除滓後 Ca-Si 等ニヨリ強制脱酸ヲ行ヒ還元操作ニ入ルコト 2. Fe-Cr ハ比較的早期ニ添加シ完全熔解ヲ早く終了セシメルコト 3. Mn ハ鋼浴ノ相當鎮靜スルノヲ待ツテ添加シ歩留リノ向上ヲ計ルコト 4. 最後ニ Fe-Si ニヨリ完全鎮靜ニ到ラシメルコト
	合金鐵添加	5. 完全ニ鎮靜シ十分昇熱シタ時出來ルダケ迅速ニ除滓ヲ行フ 6. 除滓後計算量約 0.2% N ₂ ニ相當スル窒化 Mn ヲ投入シ、更ニ 0.1% 以上ノ窒化 Ca, 窒化 Ca-Si, 窒化 Mg 等ヲ添加シ爐内ノ冷却ヲ之等ノ燃焼熱ニヨツテ補ヒ且鋼浴表面ヲ之等ニヨツテ生ジタ鋼滓ヲ以テ覆ヒ鋼浴ノ再酸化ヲ防グ
	窒素添加	7. 本操作後出來ルダケ迅速ニ出鋼ス
出鋼		
造塊		1. 高 Mn-Cr 鋼ノ場合ト同様ニ行フ

造の方案が得られる。本方案の實際熔解はまだ其の機會が得られなかつたので机上の一方案に過ぎないが筆者は既述の實驗より本方案による含窒素鋼製造の可能な事を確信して居る。

V. 結 語

本報は鹽基性孤光爐を用ひて高 Mn-Cr 鋼を熔製する際の基礎試料につき研究した結果並びに含窒素鋼製造の可能性について検討した實驗結果について述べたものである。

戦争末期の忙がしい時期に行つた實驗であり結果も又不完全なものであるが従來發表されていない資料を含んでゐるので此處に一應取纏めて報告し將來の研究の基礎資料としたい積りである。

(昭. 21. 12 月寄稿)