

場合には面白いと考へる。本法に就ては詳細なる文獻<sup>7)</sup>があるから夫れに就て見られ度い。

此の外に日本高周波重工業會社に於て實施せる特殊な直接製鐵法があると聞いて居るが著者は之に就ては全然無智であるから割愛する。尙又所謂タタラ吹による製品に就ては之が特殊の存在であるから茲には省く事とした。

#### IV 結 言

時局に際し屑鐵の不足は益々甚しくなつて來るから之が使用を節減し又之が不足に對し代用品を如何にして供給す可きやと云ふ問題を考察した。而も屑鐵を必要とする單純平爐及電氣爐は主として所謂良質鋼の製造に充てらるるものであつて軍需用鋼材の如き機械用鋼は殆んど之に依存す可きものであるから良質の屑鐵又は其の代用品を潤澤に且速急に得る事は最も緊要なる問題である。

而して單純平爐用屑鐵代用品としては量と質との見地から熔鑄爐と轉爐との一貫作業による轉爐鋼を主體とし之に回轉爐法に依るルツペを一部併用する事とし酸性平爐用としては鹽基性平爐を以て精鍊せる所謂精製鋼を用ひ電氣爐用としては鑄物或は構造用鋼製造には前述の轉爐鋼及ルツ

ペを配合する程度で宜しいが特に高級なる鋼の原料としては挾雜物の特に少き富鑛を獲得し得る場合に限りウイーバーク法、其他に依る海綿鐵を利用するがよい。又酸性岩基源のチタン含有少き砂鐵例へば眞砂或は挾雜物少き富鑛の粉末又は南洋地方に多量存在するが如き含ニッケル土鑛或は之に類する粉末鑛を處理するには前記のエルー式電弧爐製鐵法を最適の方法とし之等は何れも所謂處女性に富む高級の屑鐵代用品を供給し得るものである。特に後者は時局柄ニッケル資源の確保に對し意義あるものと思考される。

#### 参 考 文 獻

- 1) T. Swinden & F. B. Cawley "Acid Bessemer rimming Steel." Iron Age Nov. 16, 1939.
- 2) Second report of the Steel Casting research committee. "Nitrogen & Oxygen in Steel" Foundry trade Journal. Oct. 15, 1936
- 3) フリードリツヒ, ヨハンセン氏「ノルツプ式レン法の現況に就て」鐵と鋼 第二十五號 第十一號
- 4) R. K. Process Iron Age Nov. 2 1939
- 5) 日下氏 海綿鐵製造の基礎研究 鐵と鋼 第二十四年 第十二號
- 6) 小塚氏 砂鐵製鍊の實地操業に就て 鐵と鋼 第十八年 第五號 附錄
- 7) 上野氏 久慈海綿鐵よりバナヂウム鋼製造の半工業的實驗概要 鐵と鋼 第十八年 第五號 附錄

## 砂鐵の直接製鋼に關する研究(第2報)

### 低磷砂鐵よりバナヂウム鋼の製造

(日本鐵鋼協會第20回講演大會講演 昭和13, 10)

佐野正夫\*

STUDY ON THE DIRECT STEEL MANUFACTURE FROM IRON SAND (II).  
MANUFACTURE OF VANADIUM STEEL FROM LOW-PHOSPHOR IRON SAND.

Masao Sano.

SYNOPSIS:—In manufacturing vanadium steel by a direct steel making process from low-phosphor vanadium-bearing ores as the source material, a flux of sodium carbonate or sodium dicarbonate was used. Addition of this flux enhanced the yield of vanadium and enabled to manufacture easily an excellent vanadium steel with the high vanadium content.

#### 緒 言

本研究は商工省大阪工業試験所に於て前所長莊司市太郎博士並に京大名譽教授齋藤大吉先生の御指導の元に遂行し

\* 北海道工業試験場

たもので其の第1報は昭和11年秋の大會に於て發表<sup>1)</sup>した。その要旨は第1表に示す如く青森縣下北郡二枚橋産出の低磷バナヂウム含有砂鐵を原料とし之を磁力選鑛して媒劑たる燒石灰、螢石及還元劑たる無煙炭を第1表の如き割合に配合して電氣弧光爐に装入し通電開始後原料が少しく



溶解した時に残余の無煙炭を數回に爐中に投入し  $FeO$  を完全に還元し熔融金屬の沈靜を待ち珪素鐵及マンガン鐵を適當量装入したる後出鋼すれば第1表の如き  $V$  鋼が造らる。即ち螢石を砂鐵の2%位添加すれば鋼滓の熔融點が著しく降り製鍊が容易となる。還元劑は一部分を砂鐵に混合して電氣爐に装入し他を製鍊中適時に爐内に加入すれば初めより還元劑を全部混合したるものに比し消費電力量少く又熔鋼に吸収さるゝ炭素量も少くなる。以上の如く低磷高バナヂウム含有砂鐵を原料とし電氣爐を用ひて製鍊する時は製鋼に當り除磷の必要なきを以て之に要する電力不用となり著しく消費電力量を減じ而も優秀なる  $V$  鋼を造り得る事を發表した。

而して炭素含有量の高い鋼は自然  $V$  含有量が高く且製鍊が容易であるが0.3%  $C$  以下の鋼は  $V$  含有量少くて  $V$  を増す事は相當困難であつたが次に記す媒劑を添加する事によつて低炭素鋼にも相當量の  $V$  が入り得るに到た。

第 1 表

砂鐵化學成分	
Fe	60~62%
P	0.01~0.02%
V	0.34~0.38%
TiO <sub>2</sub>	9~11%

  

製品化學成分	
C	0.35~0.65%
V	0.1~0.35%
P	0.015~0.03%
S	0.01~0.02%
Si	0.3~0.4%
Mn	0.4~0.7%

  

砂鐵	
燒石灰	砂鐵の15%
+ 無煙炭	" 12%
螢石	" 2%

  

電氣製鋼	
+ 無煙炭	砂鐵の8~10%

  

バナヂウム鋼	
Fe·Si	
Fe·Mn	

實 験

$V$  を含む砂鐵に主熔劑として燒石灰、融點降下劑として螢石及還元劑として無煙炭を適當量混合して弧光電氣爐を以て製鍊を行ひたる製品の炭素量と  $V$  量との關係は第2表に示す如く No.1 は  $C$  0.22%,  $V$  0.09%, No.3 は  $C$  0.37%,  $V$  0.26%, No.4 は  $C$  0.45%,  $V$  0.23% No.6 は  $C$  0.52%,  $V$  0.32% となる。その  $V$  の還元率は  $C$  0.45~0.91% 間のものは 37~63% となり。又  $C$  1.01~1.80% 間のものは 71~88% となりたり。

然るに炭酸曹達を相當量添加して製鍊を行ひたるに製品の炭素量と  $V$  量との關係は第3表に示す如く No.1 は低

炭素  $C$  0.08%,  $V$  0.06%, No.3 は  $C$  0.24%,  $V$  0.15% No.4 は  $C$  0.36%,  $V$  0.42%, No.7 は  $C$  0.64%,  $V$  0.46%, となり  $V$  還元率は  $C$  0.42~0.88% 間のものは 49~97% を示し前者に比し著しく増加す。又炭素1%以上の高炭素鋼に於ても 93~100% の還元率を示し砂鐵の直接製鋼法による  $V$  鋼製造に於て炭酸曹達は  $V$  の還元率を増加する熔劑なる事を發見した。以下その實驗に就て記述する。

第 2 表

No.	C%	V%	V還元率%	No.	C%	V%	V還元率%
1	0.22	0.09	16	8	0.75	0.28	48
2	0.36	0.20	34	9	0.91	0.37	63
3	0.37	0.26	44	10	1.01	0.46	78
4	0.45	0.23	39	11	1.02	0.42	71
5	0.45	0.29	49	12	1.30	0.43	73
6	0.52	0.32	54	13	1.80	0.52	88
7	0.56	0.22	37				

第 3 表

No.	C%	V%	V還元率%	No.	C%	V%	V還元率%
1	0.08	0.06	12	8	0.76	0.49	83
2	0.20	0.23	39	9	0.80	0.57	97
3	0.24	0.15	25	10	0.88	0.44	75
4	0.36	0.42	71	11	1.03	0.56	96
5	0.42	0.29	49	12	1.06	0.55	93
6	0.54	0.35	59	13	1.40	0.59	100
7	0.64	0.46	73				

炭酸曹達の添加量の影響

砂鐵に適當の熔劑を加へ之に炭酸曹達を添加して製鍊すれば  $V$  含有量の大なる  $V$  鋼を造り得る事を知りたればその添加量の影響を研究し第4表の如き結果を得たり。

第 4 表

No.	砂鐵 kg	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 添加量		製品	
		重量 kg	砂鐵に對する量%	C%	V%
1	50	0.3	0.6	0.45	0.25
2	50	0.5	1.0	0.65	0.51
3	50	1.0	2.0	0.52	0.35
4	50	1.5	3.0	0.54	0.34
5	50	2.0	4.0	0.53	0.48
6	50	4.0	8.0	0.63	0.44

第4表 No.1 は炭酸曹達添加量砂鐵の0.6%にて製品の  $C$  0.45,  $V$  0.25 となり  $V$  の還元率良好でない No.2 は炭酸曹達添加量砂鐵の1%にて製品の  $C$  0.65,  $V$  0.51 となり  $V$  の還元率の増加を見たり No.5 は炭酸曹達添加量砂鐵の4%にて  $V$  の還元率大なり即ち炭酸曹達を砂鐵の1%以上混合する事に依り砂鐵中の  $V$  を鋼中に大部分を移行する事を得るのである。No.6 は炭酸曹達の混合量

砂鐵の 8% にして製品鋼中の C 0.63%, V 0.44% となり其の混合量の割合に V の増加の少きは弧光電氣爐の如き高温度に於て炭酸曹達は分解して一部分は氣化して爐外に排出せられる故に一定量以上装入なしても其の効果は少いのである。即ち砂鐵の 1~7% 位を適量とす。

炭酸曹達の添加時の影響

次に炭酸曹達の添加時の影響を研究し次の結果を得た。炭酸曹達を砂鐵其の他の媒劑と初めより混合した場合

例 1 装入物: 砂鐵 50kg; 燒石灰 6kg; 無煙炭 6kg; 螢石 1kg; 炭酸曹達 15kg

操業時間				
時分	操作	時分	操作	
0 0	通電開始	1 25	無煙炭 0.5kg 投入	
15	無煙炭 1kg 投入	1 45	" " "	
30	" " "	2 15	" " "	
45	" " "	2 30	Fe·Si 150g 投入	
1 05	" " "	2 35	Fe·Mn 250g 出鋼	

  

製品化學成分%				
C	V	P	Mn	Si
0.54	0.34	0.04	0.03	0.32

例 2 装入物: 砂鐵 50kg; 燒石灰 6kg; 無煙炭 6kg; 螢石 1kg; 炭酸曹達 15kg.

操業時間				
時分	操作	時分	操作	
0 0	通電開始	2 30	Fe·Si 150g 投入	
15	0°15'~1°50' 間に無煙炭 5kg を適時少量づゝ投入	2 30	Fe·Mn 150g 投入	
30				
45				
1 00				
1 23				
1 50		2 35	出鋼	

  

製品化學成分%				
C	V	P	Mn	Si
1.03	0.567	0.027	0.6	0.42

例 3 装入物: 砂鐵 50kg; 燒石灰 6.5kg; 無煙炭 6kg; 螢石 1kg; 炭酸曹達 1kg.

操業時間				
時分	操作	時分	操作	
0 0	通電開始	1 25	無煙炭 0.5kg 投入	
15	無煙炭 1kg 投入	1 45	" " "	
30	" " "	2 05	" " 1kg "	
45	" " "	2 20	Fe·Si 200g "	
1 05	" " "	2 50	Fe·Mn 250g 出鋼	

  

製品化學成分%				
C	V	P	Mn	Si
0.8	0.57	0.035	0.56	0.42

例 4 装入物: 砂鐵 50kg; 燒石灰 5.5kg; 無煙炭 6kg; 螢石 1kg; 炭酸曹達 2kg.

操業時間				
時分	操作	時分	操作	
0 0	通電開始	1 28	無煙炭 0.5kg 投入	
15	無煙炭 1kg 投入	1 50	" " "	
30	" " "	2 10	" " 1kg "	
48	" " "	2 20	Fe·Si 150g "	
1 08	" " "	2 50	Fe·Mn 250g 出鋼	

製品化學成分%				
C	V	P	Mn	Si
0.88	0.44	0.037	0.32	0.40

製鍊中炭酸曹達を添加した場合

例 5 装入物: 砂鐵 50kg; 燒石灰 6kg; 無煙炭 6kg; 螢石 1kg.

操業時間				
時分	操作	時分	操作	
0 0	通電開始	1 55	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 2kg 投入	
15	0°15'~1°40' 迄に無煙炭 5.4kg を適時少量づゝ投入	1 55	無煙炭 0.4kg 投入	
32				
55				
1 15		2 15	Fe·Si 200g 投入	
1 40		2 20	Fe·Mn 200g 出鋼	

  

製品化學成分%				
C	V	P	Mn	Si
0.25	0.16	0.029	0.52	0.43

例 6 装入物: 砂鐵 50kg; 燒石灰 7.5kg; 無煙炭 5kg; 螢石 1kg.

操業時間				
時分	操作	時分	操作	
0 0	通電開始	1 30	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 2kg 投入	
15	無煙炭 1kg 投入	1 40	無煙炭 0.5kg 投入	
30	" " "	2 10	" " "	
45	" " "	2 25	" " "	
1 10	" " "	2 45	Fe·Si 200g 投入	
		2 50	Fe·Mn 200g 出鋼	

  

製品化學成分%				
C	V	P	Mn	Si
0.36	0.47	0.05	0.74	0.38

例 7 装入物: 砂鐵 50kg; 燒石灰 5kg; 無煙炭 6kg; 螢石 1kg.

操業時間				
時分	操作	時分	操作	
0 0	通電開始	1 35	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 2kg 投入	
	無煙炭 5kg を適時少量づゝ投入	1 55	無煙炭 0.5kg 投入	
15				
35				
50				
1 10		2 10	Fe·Si 200g 投入	
1 25		2 18	Fe·Mn 200g 出鋼	

  

製品化學成分%				
C	V	P	Mn	Si
0.63	0.44	0.04	0.70	0.45

製鍊の例 1~例 4 は砂鐵と媒劑、還元劑及炭酸曹達を適量混合したるものを電氣爐に装入し以て製鍊を行たものである。例 5~例 7 は砂鐵が電氣爐中に於て大體還元された時に炭酸曹達を爐中に添加したものでこの兩者の V の還元率を比較するに後者の方が若干 V 含有量が大なる傾向を示すけれども大體に於て變化なし、されど炭酸曹達は

高温度に於て分解して氣化する傾向を有する故に砂鐵が大體還元された時に電氣爐に炭酸曹達と還元剤とを添加し爐中を強還元性に保持し鋼滓中の V を還元して熔鋼中に移行せしむる方がよいと思はる。

例 8 装入物: 砂鐵 50kg; 燒石灰 5kg; 無煙炭 5kg; 重曹 2kg; 螢石 1kg.

操業時間		操業時間	
時分	操作	時分	操作
0 0	通電開始	2 00	無煙炭 0.5kg 投入
20	0°20'~1°20' 間に無煙炭 5kg を適時少量づゝ投入	2 15	" " "
33		2 20	Fe·Si 150g 投入
50		2 20	Fe·Mn 250g 投入
1 05		2 25	出鋼

製品化學成分%

C	V	P	Mn	Si	S
0.24	0.15	0.032	0.49	0.36	0.02

例 9 装入物: 砂鐵 50kg; 燒石灰 7kg; 無煙炭 5kg; 螢石 1kg.

操業時間		操業時間	
時分	操作	時分	操作
0 0	通電開始	1 30	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 2kg 投入
15	無煙炭 5kg 適時少量づゝ投入	1 50	無煙炭 0.6kg 投入
30		2 10	Fe·Si 150g 投入
45		2 10	Fe·Mn 250g 投入
1 05		2 15	出鋼

製品化學成分%

C	V	P	Mn	Si
0.54	0.39	0.034	0.63	0.37

製鍊例 8 は炭酸曹達の代りに重曹を混合したもので初めから砂鐵其の他の原料とよく混合して溶解したものである。

例 9 は重曹を加へない配合を以て製鍊を開始し砂鐵が大體還元されて溶解した時に適當量の重曹を爐中に添加し之に還元剤である無煙炭を 0.6kg 投入して爐内を強還元性に保持したる製鋼法を示し共に V 含有量の大なる V 鋼を造り得たり。

例 10 装入物: 砂鐵 50kg; 燒石灰 5kg; 炭酸加里 2kg; 無煙炭 5kg; 螢石 1kg.

操業時間		操業時間	
時分	操作	時分	操作
0 0	通電開始	2 05	Fe·Si 150g 投入
20	1°35'~1°48' 間に無煙炭 5kg 適時少量づゝ投入	2 05	Fe·Mn 250g 投入
35			
50			
1 13		2 10	出鋼

製品化學成分%

C	V	P	Mn	Si
0.59	0.23	0.029	0.65	0.41

例 11 装入物: 砂鐵 50kg; 燒石灰 7kg; 無煙炭 5kg; 螢石 1kg.

操業時間

時分	操作	時分	操作
0 0	通電開始	1 40	無煙炭 1kg 投入
15	無煙炭 1kg 投入	1 50	炭酸加里 2kg 投入
35		2 05	無煙炭 1kg 投入
50		2 20	Fe·Si 150g 投入
1 10		2 28	出鋼

製品化學成分%

C	V	P	Mn	Si
0.60	0.34	0.03	0.52	0.40

製鍊例 10 は炭酸曹達の代りに炭酸加里を混合したるものである。例 11 は砂鐵が大體、還元されて熔鋼となりたる時に電氣爐中に炭酸加里を添加したるものにしてこの添加によりて砂鐵中の V を熔鋼に多量移行すべき効果を認め得なかつた。

上記の實驗により V 含有砂鐵に燒石灰、螢石及還元剤と共に相當量の炭酸曹達又は重曹を添加し V 鋼を生成の温度にて製鍊する時は V の還元率を増し V の高い V 鋼を造り得る事を知りたり。

この作用及効果を按ずるに V は元來還元し難き金屬にして製鋼中に於て鐵が先づ還元し V の大部分は鋼滓中に入り爐内を長く還元性に保持するときは漸次還元せられて熔鋼中に熔入するものである。然るにこの際公知原料の外に曹達物質の相當量を添用して製鋼する該曹達物質が鋼鐵の生成温度に於て製鍊中は如何なる作用を惹起するかを學理的解説は未だ之を爲すの域に達せざれども恐らく鋼滓中に於て V は燒石灰に依りてバナヂン酸カルシウムを炭酸曹達又は重曹によりてバナヂン酸曹達を化成するものなるべく、而してバナヂン酸曹達はバナヂン酸カルシウムに比して還元剤に依りて V に還元し易き性質を有する爲炭酸曹達又は重曹を砂鐵に對して 1~8% 量だけ併用に於て V の還元率を比較的短時間に著しく増加して還元 V を熔鋼中に多量熔入せしめ従て曹達物質を添用せざる場合に比し V を多量含有する鋼を簡単に且經濟的に化成する効果を現實的に招致するに至るものなるべし。

結 論

V を含有する砂鐵に燒石灰、螢石及還元剤を適量加へ之に炭酸曹達又は重曹を砂鐵の 1~8% 添加し弧光電氣爐を以て製鍊すれば V の還元率を増し之を加へざる時に比し V を多量含有する優秀なる V 鋼を造り得る事を知りたり