

昭和十五年八月二十五日發行

論 說

白點に關する研究(其の2)

鹽基性アーク爐熔解法に關する研究

(日本鐵鋼協會第20回講演大會 昭和13年10月)

松山 寬慈* 伊木 常世* 村本規矩治*

EIN SCHMELZVERFAHREN DES STAHLES IM BASISCHEN LICHTBOGENOFEN.

K. Matsuyama, T. Iki, K. Muramoto.

SYNOPSIS:— Der Verfasser zuerst beobachtet die Neigung zur Flockenbildung von Stahlblöcken, indem er sie in verschiedenen Öfen hergestellt hat.

Um die Flockenbildung zu vermeiden, nimmt er den basischen Elektrostahl aus, der am meisten dazu neigt, und stellt ein Schmelzverfahren fest, wonach:

- (1) Soll der Stahl in seiner Oxydationsperiode gewissermassen gekocht werden.
- (2) Soll der Stahlbad nach dem Abschlacken nimmer zu still stehen.
- (3) Soll der Stahl kurz vor dem Abstich eingehend desoxydiert werden, indem man gewisse Mitteln darin eingesetzt hat.

Dieses Verfahren ermöglicht mit basischen Elektroöfen den Stahl zu gewinnen, der sowenig zur Flockenbildung neigt, wie der saure Siemens-Martin-Stahl.

目 次

I 緒 言

II 試験方法

III 鹽基性電爐鋼の鍛鍊と白點

IV 製鋼法を異にする鋼材と白點

V 鹽基性アーク爐の精鍊法に關する

第一次實驗

- (1) 石灰石を使用する實驗 (2) 鋼滓に關する實驗 (3) 沸騰に關する實驗 (4) 實驗結果に對する考察

VI 鹽基性アーク爐の精鍊法に關する

第二次實驗

- (1) 實驗方針 (2) 實驗經過 (3) 實驗結果に對する考察

VII 結 論

I. 緒 言

前回の實驗¹⁾に於ては吾々は小形試験片に水素を浸透す

る方法及熔鋼に水素を導入する方法により可なり系統的に實驗を行ひ所謂白點水素説に對する確證を得やうとした。

而して同實驗の結果白點の起因としては(1)鋼中に多量の水素が存在することを主とし(2)鋼材中に存在する熱或は變態歪を副とすることを確め得た。依て今回は更に鹽基性アーク爐の熔解作業に以上の内主として上の(1)の結論を適用して大形鋼塊の白點防止實驗を行た。

先づ第一次實驗として鹽基性アーク爐に於て熔鋼中の水素量を特に減ずる様な熔解方法例へば酸化期に充分な沸騰を行ひ脱酸期を可成的短縮する如き方法を試みた。其の結果は確に從來のものよりも白點に對し鈍感な鋼塊を作り得たのであるが、夫れでも尙酸性平爐鋼塊程ではなかつた。

依て第二次實驗として鹽基性アーク爐に於て酸性平爐の熔解法に相似の方法を試みた。其の結果は偶然にも極めて良好であつて現場的實驗としては略所期の成果を収めることが出來た。依て茲に一應從來の實驗經過を報告すること

* 吳海軍工廠製鋼部

とした。

II. 試験方法

鋼材の白點現出傾向を知る爲次の如き方法を採用。即ち各試験熔解に就て 1.2t の 12 角形鋼塊を製造し、之を鍛錬温度に加熱し同温度に長く保つことなく徑 245mm (鍛造比 2:8) に鍛造し、鍛錬直後 2 分して鋼塊の頂部側は空冷し底部側は 800°C 附近より水冷する。然る後更に之を標準の熱処理を行ひ各部分とも中央部の断面に就き硝酸腐蝕をし、且破断して白點の現出傾向を調べた。

本試験法は強ひて白點を現出させる様な稍積極的方法であるが、本法を鹽基性アーク爐に於て白點現出の傾向のある數熔解の鋼塊に適用した處著しく白點を生じたのに反し酸性平爐に於て白點の全然現出せぬ數熔解の同質同重量の鋼塊に對して適用すると殆んど白點を生ぜぬ事實竝に III 項の試験に於て、極めて明瞭に白點現出の有無を検し得られる點等から見て本方法は白點現出の傾向を知るに妥當な方法と考へる。

III. 鹽基性電爐鋼の鍛錬と白點

鹽基性アーク爐に於て熔解試験を行ふに先立ち同爐で熔製した鋼塊に就て鍛錬に依る白點現出の状況を調べ上記試験方法の檢證を行た。供試鋼塊は 3t 鹽基性アーク爐で熔製した標準 Ni·Cr 鋼 1.2t 鋼塊 3 本である。第 1 表に試験經過を一括表示した。表に依て明かな通り是等鋼塊は何れも鍛錬後空冷した場合は全く白點を生ぜず水冷した場合にのみ白點を生じたのであつて、從來の熔解法に依る鹽基性アーク爐鋼塊としては白點現出傾向は稍少ない方であつた。

第 1 表 鍛錬試験要領

鋼塊 分數	型拔時間	加 熱	試 驗 經 過
1/3	注型後 2 時間 (赤材にて鍛 錬工場送付)	350°C 豫熱 後 1,250°C に 4 時間灼 熱	頂部 鍛錬後空冷→熱處理(白點なし) →鍛錬温度に上げて 800°C より 水冷→熱處理(白點あり)
			底部 鍛錬後水冷→熱處理(白點あり)
2/3	注型後 10 時間 (空中放冷)	同 上	頂部 鍛錬後空冷→鍛錬温度に上げて 800°C より水冷→熱處理(白 點あり)
			中央 鍛錬後空冷→熱處理(白點なし)
			底部 鍛錬後水冷→熱處理(白點あり)
3/3	注型後 2 時間 (石灰中冷却)	同 上	頂部 24 時間灼熱し鍛錬後水冷→熱處 理(白點あり)
			中央 鍛錬後鍛錬温度に 24 時間灼熱し 800°C より水冷→熱處理(白點 なし)
			底部 鍛錬後水冷→熱處理(白點あり)

た。

1/3 鋼塊の頂部側を鍛造し空冷後熱處理したものには白點を現出しなかつたが、之を更に鍛錬温度迄加熱し爐から取出し 800°C 附近より水冷すると白點が出た。從來鍛錬後の空冷で白點の出なかつたものは再加熱後急冷した場合にも白點が出ない様に謂はれて居るが、さうでない場合もあり得ることを知た。

2/3 鋼塊の試験結果は 1/3 鋼塊の場合と略同様である。3/3 鋼塊に就て頂部側は鍛錬温度に 24 時間保持して後鍛錬し 800°C 附近より水冷した所白點が出たが、中央部を徑 245mm に鍛造して更に鍛錬温度に 24 時間保持し 800°C 附近より水冷した所白點は出なかつた。

以上の試験結果から次のことが明かとなつた。

(1) 鋼塊の注型後の冷却方法(型より抜て空冷するとか或は石灰中に徐冷するとか等)は白點の現出に對して大なる影響のないこと。

(2) 鍛錬温度に鋼塊を保持する時間は餘程長くないと白點防止に効果が少ないこと。

(3) 鍛錬後の冷却速度は白點と密接な關係があること。以上の如くであつて本研究に採用した試験方法は白點現出傾向を比較的正確に且敏感に示すことを知た。

IV. 製鋼法を異にする鋼材と白點

特殊鋼の製造には一般に高周波爐、アーク爐及平爐を使用するが、大形鋼塊は主として酸性平爐及鹽基性アーク爐に依て製造されて居る。而して後者に依て製造されたものは前者に依るものに比較して一般に純度、脱酸度竝に靱性は優秀であるに拘らず白點現出の傾向が大であるとされて居る。依て前記試験方法に依り標準 Ni·Cr 鋼及 Ni·Cr·Mo 鋼に就て種々の製鋼法と白點現出傾向との關係を試験して見た。第 2 表に其の試験結果を要約表示した。

(イ) 酸性平爐鋼 Ni·Cr 鋼 2 熔解及 Ni·Cr·Mo 鋼 4 熔解に就て 1.2t 鋼塊各 1 本宛を製造し試験したが白點は全く現出しなかつた。

(ロ) 鹽基性電爐鋼 Ni·Cr 鋼 2 熔解及 Ni·Cr·Mo 鋼 8 熔解に就て同様試験した所大部分のものが白點現出傾向が可なり大であつた。

(ハ) 酸性電爐鋼 試験的に操業した 6t 酸性アーク爐で製造した標準 Ni·Cr 鋼 1.2t 鋼塊 1 個に就て白點試験を行た所全く白點を現出しなかつた。

第2表 製鋼法を異にする鋼材と白點

製鋼爐の種類	熔解番號	鋼種	白點	
			水冷	空冷
酸性平爐	47086	Ni·Cr 鋼	なし	なし
	47494	"	"	"
	48240	Ni·Cr·Mo 鋼	"	"
	48450	"	"	"
	49522	"	"	"
	49523	"	"	"
鹽基性アーク爐	20575	"	あり	あり
	20591	"	"	"
	20611	"	"	"
	21425	"	"	"
	21440	"	"	なし
	21461	"	"	少しあり
	23496	Ni·Cr 鋼	"	"
	23512	Ni·Cr·Mo 鋼	"	"
	23523	"	なし	なし
	25623	Ni·Cr 鋼	あり	あり
	酸性アーク爐	20325	"	なし
高周波爐	6600	"	あり	あり
	6821	"	なし	なし

(=) 高周波爐鋼 前述の如く酸性平爐鋼と鹽基性電爐鋼との間には白點に對し顯著な差のあることが判明したので、次には 500kg 鹽基性高周波爐を用ひ一は鹽基性アーク爐製精鋼材(鋼屑を一旦熔解精鍊した中間鋼塊)を装入し、他は酸性平爐鋼屑を装入して同質標準 Ni·Cr 鋼を製造し共に 195mm 丸棒(鍛造比 2.8)に鍛鍊後白點試験を行た。其の結果前者には白點を著しく現出したが後者には全く生じなかつた。

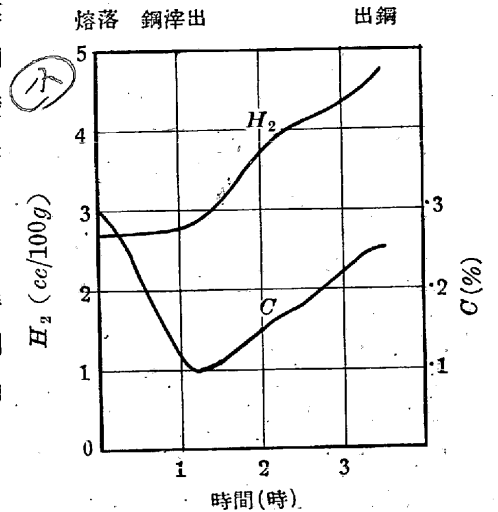
以上の實驗結果と略同様のことは従來も謂はれて居ることではあるが²⁾本試験方法を適用することに依り極めて明瞭に各種の製鋼爐で熔製した鋼塊の白點現出傾向の多寡を確認し得た。仍て之が爾後の實驗並に考察に對する確かな根據となつた。

V. 鹽基性アーク爐の精鍊法 に関する第一次實驗

上記實驗に依て明かな通り本試験法に依る鹽基性電爐鋼は白點現出傾向が可なり大であるから、先づ以て鹽基性アーク爐で白點防止の試験を行ふことが白點防止對策の捷徑であると考へたので本實驗を行た。

實驗方針としては緒言にも述べた様に先づ鹽基性アーク爐で熔鋼中の水素量を少なくする様な熔解方法を試み熔製した鋼塊に就て白點試験を行ふことにした。従來の鹽基性アーク爐の操業

時に於ける熔鋼中の水素量の變化は略右圖に示す如くであつて一般に酸化期には水素量は左程低下せず脱酸期には可なり増加する傾向がある
従て本實驗に於ては先づ酸化



期に可成的水素を驅逐し脱酸期の水素増加を防止する立前

の下に試験を行ふこととした。
(1) 石灰石を使用する實驗 従來鹽基性アーク爐に於ては多量の燒石灰を使用して居る。燒石灰は吸濕性が極めて大であるから之が直接熔鋼と接觸する場合は勿論假令直接接觸せずとも爐内の水素ガス分壓を大ならしめて熔鋼の水素増加の因をなすことは豫想せられる處である³⁾⁴⁾。依て先づ酸化、脱酸兩期に用ひる燒石灰の代りに全部石灰石⁵⁾を使用する實驗を行た。試験爐は 3t 鹽基性アーク爐で鋼質は標準 Ni·Cr 鋼である。

第3表及第1圖に本試験熔解の経過を示す。寫眞 No.1 に白點試験片の切斷部腐蝕面及破斷面を示す。本試験の結果を表示すれば下表の如く。

鋼塊分數	1/3	2/3	3/3
白點 (水冷)	あり	"	"
白點 (空冷)	あり	"	1個あり

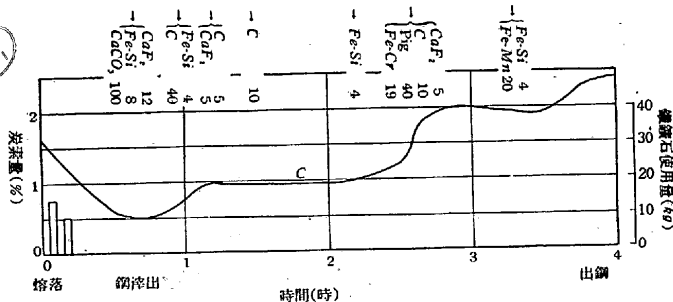
燒石灰の代りに石灰石を使用するのみでは鹽基性電爐鋼の白點防止には殆んど効果のないことが明かとなつた。

第3表 D.21129

装入量 (kg)	造鋼滓材料 (kg)	種類	鋼滓出迄	注出迄	操業時間 (時一分)	電力消費量 (KWH)	鋼浴熱度 12mm 徑 測熱棒
初装入量	石灰石	200	100	熔落迄	3~55	1,880	熔落 6秒不切
スクラップ 4,000	Pig Fe·Cr	40	19	酸化期	0~50	550	鋼滓出前 3秒トケ
	Fe·Mn	20	20	脱酸期	3~05	910	出鋼前 5秒バラ
	Fe·Si (Siとし て25%)	20	20	炭粉	65		
	計	200	187	計	7~50	3,340	

注出温度 在鍋時間	鋼塊	注型温度 (°C)	注型時間 (分-秒)	ノズル 徑(mm)		ケース 温度 (°C)	型抜 時間 (時-分)	型抜後の處理
				取鋼	樋			
1,633°C 2分30秒	1/3	1,537	1~15	36	32	112	1~35	{ 赤材として鍛 錬工場送付 空冷 石灰埋
	2/3	1,549	1~15			113	7~35	
	3/3	1,549	1~13			93	1~00	

第1圖 D 21129



(2) 鋼滓に関する實驗 脱酸期の鋼滓の變化が白點に

及ぼす影響を調査する爲 3t アーク爐を使用し標準 Ni·Cr 鋼を熔製した。此際次記3種の熔解法⁶⁾を採用した。第4表に熔解記録を示す。

- (a) カーバイドスラッグ法(従來の方法)
- (b) マンガン法
- (c) ライミイスラッグ法

本試験熔解の末期に於ける精鍊鋼滓の分析結果は第5表の通りである。

第5表 鋼滓の分析結果(%)

成分	熔解法			熔解法		
	カーバイドスラッグ法	マンガン法	ライミイスラッグ法	カーバイドスラッグ法	マンガン法	ライミイスラッグ法
SiO ₂	19.15	17.84	15.96	CaF ₂	10.25	9.64
FeO	80	1.73	2.46	TiO ₂	10	10
Al ₂ O ₃	3.15	3.84	2.84	C	1.41	93
Cr ₂ O ₃	21	20	44	P	0.005	0.002
CaO	55.23	53.05	43.53	S	298	396
MgO	9.52	10.98	19.66	MnO	45	89
						68

第 4 表

熔解法及 熔解番號	装 入 量 (kg)	作 業 記 録				炭素(爐中) 分析		操 業 電 力 消 費 量 (時-分) (KWH)	鋼 浴 熱 度 12mm 徑測熱棒	
		時 刻 (時-分)	差 物 (kg)	時 刻 (時-分)	差 物 (kg)	時 刻 (時-分)	C (%)			
カーバイドスラッグ法 (D. 20535)	初裝入量	12~05	赤鐵鑛 20	2~05	螢石 5	12~0	263	熔落迄 2~45	1,870	熔落 6秒不切
	スクラップ 4,000	12~10	" 15	"	炭石粉 5	12~35	169			
	差物量内譯	12~15	" 15	2~55	Ni 26	1~0	094	酸化期 1~05	600	鋼滓出前 4秒トケ
	Pig 5	12~25	" 20	"	Fe·Mn 18	1~35	131			
	Ni 26	1~05	Fe·Si 8	"	Fe·Cr 8	2~30	134	脱酸期 2~45	740	出鋼前 5秒バラ
	Fe·Cr 8	"	石灰 100	"	銑鐵 5	3~05	210			
	Fe·Mn 18	"	螢石 15	3~15	石灰 10	3~15	210	計 6~35	3,210	
	Fe·Si 20	1~10	炭石粉 40	"	炭石粉 10					
	(Siとして25%)	1~50	Fe·Si 4	3~17	Fe·Si 8					
	Al 0									
マンガン法 (D. 20541)	初裝入量	自12-0	赤鐵鑛 181	1~50	炭石粉 5	11~50	456	熔落迄 3~05	2,121	熔落 6秒不切
	スクラップ 4,000	至1-5	11回に分けて投入	"	Fe·Si 2	12~20	433			
	差物量内譯	2~45	螢石 10	2~20	Fe·Si 3	12~42	324	酸化期 1~30	490	鋼滓出前 3秒バラ
	Pig 9	1~10	Fe·Mn 10	2~45	炭石粉 5	1~0	202			
	Ni 4	1~20	" 10	"	Ni 4	1~13	150	脱酸期 2~17	590	出鋼前 5秒バラ
	Fe·Cr 15	"	石灰 100	"	Fe·Cr 15	1~40	178			
	Fe·Mn 28	"	螢石 13	"	Fe·Mn 8	2~15	178	計 6~52	3,200	
	Fe·Si 12	1~25	炭石粉 10	3~05	石灰 10	2~20	183			
	(Siとして25%)	"	Fe·Si 3	3~15	" 5	2~50	221			
	Al 0.5	1~40	" 4	"	Al 0.5	2~55	226			
ライミイスラッグ法 (D. 20548)	初裝入量	12~35	赤鐵鑛 20	1~45	炭石粉 20	12~30	342	熔落迄 3~0	1,890	熔落 6秒不切
	スクラップ 4,000	12~45	" 20	2~40	" 5	1~0	275			
	差物量内譯	12~50	" 20	3~05	Ni 4	1~15	202	酸化期 1~10	560	鋼滓出前 3秒バラ
	Pig 9	1~0	" 10	"	Fe·Cr 2	1~30	173			
	Ni 4	"	螢石 10	"	螢石 5	2~0	202	脱酸期 2~10	610	出鋼前 5秒バラ
	Fe·Cr 2	1~05	赤鐵鑛 10	3~20	Fe·Mn 19	2~37	207			
	Fe·Mn 19	1~40	石灰 100	"	銑鐵 9	2~42	202	計 6~20	3,060	
	Fe·Si 33	"	螢石 13	"	炭石粉 5	3~30	241			
	(Siとして25%)	"	Fe·Si 13	"	Fe·Si 20					
	Al 0.5				Al 0.5					

註:— 各熔解とも 1.2×3本を熔製し注型後 1~2時間して型拔し 1/3は赤材として入爐、2/3は石灰徐冷、3/3は空中冷却した。表中炭石粉とあるは炭粉1,石灰2を混合せるもの。

白點試験の結果は下表に示す如く鋼滓の此の程度の變化

熔解法	鋼塊 分數	白 點	
		水 冷	空 冷
カーバイド スラッグ法	1/2 2/3 3/4	あり 〃 〃	あり 〃 〃
マンガン法	1/2 2/3 3/4	〃 〃 〃	〃 〃 〃
ライミイ スラッグ法	1/2 2/3 3/4	〃 〃 〃	二三あり 數個あり あ

は白點防止に對し何等
効果のないことが明か
となった。

(3) 沸騰に關する實
驗 以上(1)及(2)
の實驗に依て明かな如
く單に鋼滓の成分を變
へたり、或は石灰石を
使用して水素の侵入を

防ぐ様にしたのみでは白點防止には餘り効果がないので、
次には積極的に熔鋼中の水素を追出す爲沸騰⁷⁾に關する試
験を行た。鹽基性アーク爐では一般に酸性平爐に比べ銑鐵
の使用量が少ない。従て熔落時の炭素量は低く鑛石による
沸騰も其の程度が少ない。装入材料に水分或は水素が多い
と熔落時熔鋼中に水素が多く爾後沸騰が行はれなければ水
素量は容易に減少しない譯であるから、鹽基性アーク爐に
於ても激しい沸騰を行ひ水素ガスを逸出せしめやうと試み
た。

i) 第1回試験熔解 3t 鹽基性アーク爐を使用して標
準 Ni・Cr 鋼に就て沸騰の試験を行た。本熔解に就て熔落
時の炭素量は 0.65% で湯熱を考慮して直に鑛石投入を開
始した。鑛石は最初 20kg 後は 10kg 宛 10 回に分けて
合計 110kg を使用した。鋼滓出直後 Fe・Si 8kg (Siと
して 0.10%) を投入し爾後カーバイドスラッグで精鍊を
行ひ脱酸注出した。熔解を可及的一定條件下で施行する爲
に装入材料中の鋼屑は全部酸性平爐製 Ni・Cr 鋼を用ひ、
差物は豫め約 800°C に 2 時間加熱して水素を大部分逸出
せしめて置き脱酸期には燒石灰の代りに石灰石を其の儘使

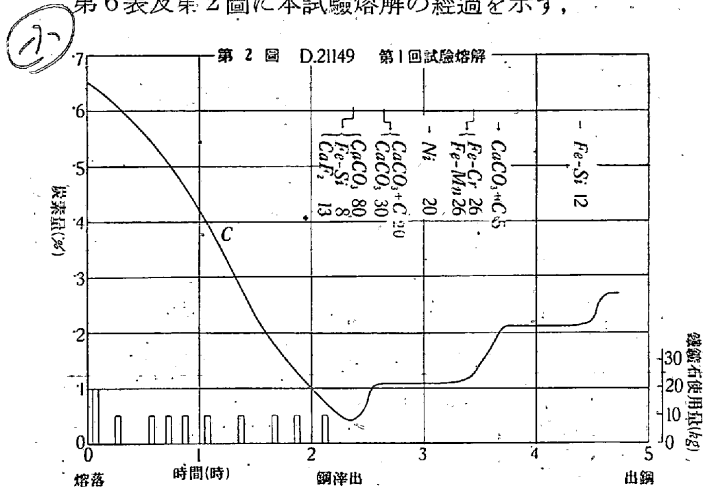
第 6 表 D. 21149

装 入 量 (kg)		熔落迄 酸化期 脱酸期 計	操業 時間 (時-分)	電力消 費量 (kWH)	鋼浴熱度 12mm 徑測熱棒
初裝入量	差物量内譯				
スクラップ 3,440	Fe・Si 20 (Siとして25%)	2~25	1,070	鋼滓出前 4 秒トケ	
銑 鐵 500	Ni 20	2~25	700	出鋼前 5 秒1.切	
Ni 21	Fe・Mn 26	計	4,260		
Fe・Cr 38	Fe・Cr 26				
計 3,999					

注出溫度 在鍋時間	鋼塊	注型 溫度 (°C)	注型 時間 (分-秒)	ノズル 徑 (取鋼)	ケース 溫度 (°C)	型拔 時間 (時-分)	型拔後の處置
1,633°C 2分30秒	1/2	1,525	0~45	36	91	2~30	赤材として鍛 鍊工場送付 空 冷
	2/3	1,537	0~57		100	10~00	
	3/4	1,537	1~00		111	1~30	石灰埋

用した。

第6表及第2圖に本試験熔解の経過を示す、



熔製した鋼塊に就て白點試験を行た結果は寫眞 No. 2 及

鋼塊分數	白 點	
	水 冷	空 冷
1/2	あり	あり
2/3	〃	〃
3/4	〃	なし

左表に示す様に白點現出傾向
は依然大であつて現行熔解法
と殆んど差異を認めなかつた

ii) 第2回試験熔解 第
1 回試験熔解の成績は豫期に
反して依然として白點現出の

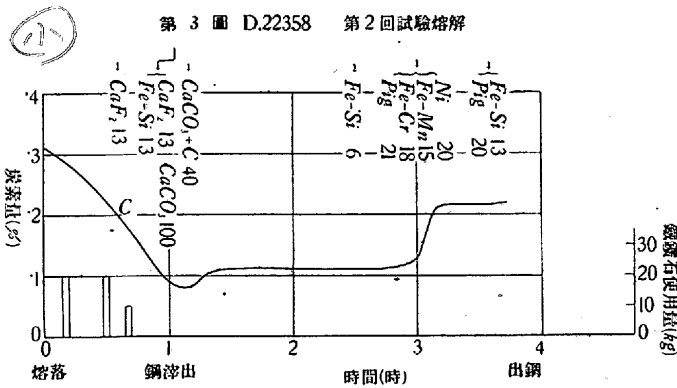
傾向が大である。即ち鑛石を多量に使用しても良結果が得
られない。之は使用した鑛石に相當量の水分を含有して居
る爲ではないかと考へ、使用鑛石の含水量を試験した所
0.3~0.6% 程度の水分があることを知た。此の水分は
600~700°C に加熱すれば大部分消失するので本實驗では
使用すべき鑛石は豫め 600°C に 8 時間加熱脱水した。其
の全使用量は 50kg であつた。其の他の試験條件は第1回
試験の場合と同様とした。

第7表及第3圖に試験経過を示す。

第 7 表 D. 22358

装 入 量 (kg)		熔落迄 酸化期 脱酸期 計	操業 時間 (時-分)	電力消 費量 (kWH)	鋼浴熱度 12min 徑測熱棒
初裝入量	差物量内譯				
スクラップ 4,000	銑 鐵 41 Ni 20	1~15	550	鋼滓出前 4 秒トケ	
銑 鐵 50	Fe・Cr 18 Fe・Mn 15	2~35	500	出鋼前 5 秒バラ	
計 4,050	Fe・Si 32 (Siとして25%)	計	3,220		

注出溫度 在鍋時間	鋼塊	注型 溫度 (°C)	ノズル徑 (mm)		ケース 溫度 (°C)	型拔 時間 (時-分)	型拔後の處置
			取鋼	樋			
1,642°C 3分	1/2	1,525	36	34	80	10~00	空 冷
	2/3	1,537			75	10~00	
	3/4	1,537			74	2~00	石灰埋



鋼塊分數	白 點	
	水 冷	空 冷
1/3	あり	二三あり
2/3	1個あり	〃
3/3	あり	〃

白點試験の結果は下表に示す如く第1回試験の場合に比して左程良好とはならなかった
iii) 第3回試験熔解
以上の試験熔解の出鋼前の水素分析を施行した結果は後述

する如く水素量は何れも可なり少量であった。然し熔鋼の水素分析の絶対値は現在の分析法では餘り正確を期し難いので、是等の水素分析結果には大して考慮を拂はず主として可成的操業上に於て水素の侵入を防ぐ熔解法を検討することとした。そして以上の2回の試験熔解の不成績であった理由が要するに熔鋼の脱水素作用が旨く行はれなかつたことよるとして考へて見て次の諸點が不満足に思はれたのである。

(a) 赤鐵鑛による沸騰が兩回とも不十分であつたのであるまいか(第1回は鑛石使用量が多かつたが含水量も大である爲脱水素の効果に疑問があるし第2回は脱水した鑛石を使用したか使用量が少なかつた)。

(b) 脱酸期は第1回、第2回とも約2時間半を要し然も鋼滓出直後 Fe・Si を第1回は 8kg (0.1%) 第2回は 13kg (0.15%) 投入して鋼浴を鎮靜させたこと。

(c) 脱酸期の鋼滓が終始良好なカーバイドスラッグであつたこと。

依て第3回試験熔解は次の方針に基いて行た。

(a) 鐵鑛石は加熱脱水したものを可及的多量に使用する尙鑛石は熔鋼の熱が充分となつて後投入する如くする。

(b) 沸騰の効果を大にする爲 6t 鹽基性アーク爐に輕裝入して鋼浴の厚さを淺くし鑛石の反應を普遍的にする。

(c) 脱酸期の鋼滓は強ひてカーバイドスラッグとせず鋼滓出直後の Fe・Si の投入を避け出鋼直前に Fe・Si, Fe・Mn 等を装入脱酸する。

(d) 脱酸は餘り過度にしない。

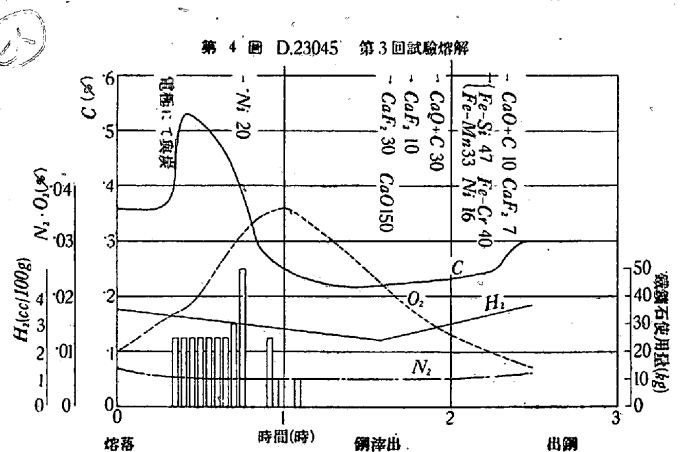
(e) 脱酸期の時間は出来るだけ短縮する。

即ち第3回試験熔解の経過は第8表及第4圖に示す通で製

第8表 D. 23045

装 入 量 (kg)		操作時間 (時-分)	電力消費量 (kWH)	鋼浴熱度 12mm 徑測熱棒
初装入量	差物量内譯	熔落迄	3~50	5,520
スクラップ 5,100	Ni 36	酸化期	1~40	1,230
銑 鐵 450	Fe・Cr 40	脱酸期	1~00	690
	Fe・Mn 33			
	Fe・Si 47	計	6~30	7,440
計	5,550 (Siとして2%)			

注出溫度 在鋼時間	鋼 塊	注型溫度 (°C)	注型時間 (分-秒)	ノズル徑 (mm)		ケース溫度 (°C)	型拔時間 (時-分)	型拔後 の處置
				取鋼	樋			
1,642°C 3分	1/4	1,537	0~54	34	34	75	2~00	空 冷
	2/4	1,549	1~02			76	〃	〃
	3/4	1,549	1~02			74	〃	石灰埋
	4/4	1,537	1~00			73	〃	〃



鋼塊分數	白 點	
	水 冷	空 冷
1/4	數個現出	な し
2/4	な し	〃
3/4	二三現出	〃
4/4	な し	〃

造した 1.2t 鋼塊 4本に就て白點試験を行た結果は下表の如く白點現出傾向は極めて小で成績甚だ良好であつた。

本熔解に於ても装入材の差物は前回同様とし唯石灰石の

代わりに焼成直後の燒石灰を使用した。

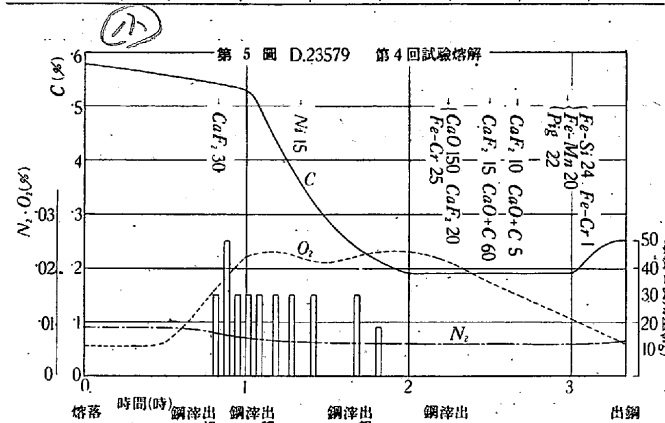
iv) 第4回試験熔解 第3回試験の成績が良好であつたから之を確認する爲同一方針の下に試験を繰返し施行した。本試験熔解では熔落時の炭素量は 0.58%で熔落 35分後 1回鋼滓出を行ひ鑛石の投入を開始し爾後3回に互て鋼滓出を行た。鑛石は毎回 30kg 宛 10回合計 305kg を投入した。脱酸期は1時間である。

熔解経過は第9表及第5圖の通である。

第9表 D. 23579

装 入 量 (kg)		操業時間 (時-分)	電力消費量 (kWH)	鋼浴熱度 12mm 徑測熱棒
初裝入量	差物量内譯	熔落迄	2~15	3,420
スクラップ 5,150	銑 鐵 Ni	酸化期	2~21	2,010
銑 鐵 500	Fe·Cr	脱酸期	1~00	750
計 5,650	Fe·Mn Fe·Si (Siとして2%)	計	5~36	6,180

注出温度 在鍋時間	鋼塊	注型温度 (°C)	注型時間 (分-秒)	ノズル徑 (mm)		ケース温度 (°C)	型抜時間 (時-分)	型抜後の處置
				取鍋	種			
1,633°C 3分15秒	1/4	1,583	1~04	34	34	83	3~30	空冷
	1/4	1,577	1~07			91	"	"
	3/4	1,549	1~05			86	"	"
	1/4	1,544	1~09			84	"	"



鋼塊分數	白 點	
	水 冷	空 冷
1/4	あり	なし
1/4	"	若干あり
3/4	多し	あり
1/4	あり	なし

白點試験の結果は略左表の如く成績は餘り良好でなかつた。第5回試験熔解 第3回と第4回試験の結果が充分一致しなかつた爲再び同一條件の下に試験熔解を行つた。

熔落炭素量は 0.5% で熔落後 30分してから鑛石投入を開始し總計 202.5kg の鐵鑛石を使用した。脱酸期は 1時間 で注出前砂型試料の鎮靜度は前2回同様餘り良好ではなかつた。熔解經過は第 10 表及第 6 圖の通りである。各鋼塊

鋼塊分數	白 點	
	水 冷	空 冷
1/4	二三あり	あり
1/4	なし	"
3/4	"	"
1/4	"	"

に就て白點試験を行つた結果は左表に示す如く水冷した方には殆んど白點を生じなかつたが、空冷したものには白點が現出した。從來鋼塊の底部側を水冷したものには白點が良

く現出して鋼塊の頂部側は空冷せられる爲白點が現出し難いのが一般であるが、本試験結果は反對であつた。

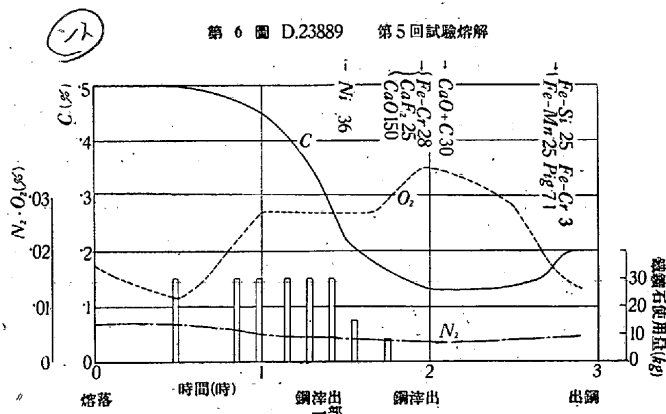
此の原因として考へられることは本實驗に於ては從來使用して居た 1.2t 鋼塊用押湯 (上部内徑 270mm 下部内徑 290mm, 高さ 300mm) の代りに特に 2.4t 鋼塊用押湯 (上部内徑 330mm, 下部内徑 390mm, 高さ 485mm) を附した爲鋼塊の頂部側が可なり長く熔融状態にあり、從て鋼中の水素ガスの偏析集合或は一次結晶の粗大化を促進されたものと推測する。

第10表 D. 23889

装 入 量 (kg)		操業時間 (時-分)	電力消費量 (kWH)	鋼浴熱度 12mm 徑測熱棒
初裝入量	差物量内譯	熔落迄	2~00	3,360
スクラップ 5,150	銑 鐵 Ni	酸化期	1~55	1,950
銑 鐵 450	Fe·Cr	脱酸期	0~55	720
計 5,600	Fe·Mn Fe·Si (Siとして0.2%)	計	4~50	6,030

注出温度 在鍋時間	鋼塊	注型温度 (°C)	注型時間 (分-秒)	ノズル徑 (mm)		ケース温度 (°C)	型抜時間 (時-分)	型抜後の處置
				取鍋	種			
1,642°C 4分	1/4	1,562	1~06	34	34	74	1~20	空 冷
	1/4	1,550	1~06			79	3~20	"
	3/4	1,540	1~03			76	3~22	石灰埋
	1/4	1,535	1~02			73	20~00	*

* (注型後 コークスにてケースと共に加熱し徐冷す)



(4) 實驗結果に對する考察 以上本項第 1 次試験の結果を要約すれば、先づ脱酸期に水素侵入の最大因子と考へられる石灰の代りに石灰石を使用する實驗或は鋼滓の組成を變化して白點に及ぼす影響を試験したが殆んど効果がなかつたので、次には酸化期に充分沸騰して水素ガスを驅逐する方針の下に 2 回試験熔解を行つたが豫期の目的を達し得なかつた。仍て次に沸騰は充分行ひ且脱酸期は極度に時間を短縮することによつて水素を減ずる方針の下に從來と可なり異つた試験熔解を行つた所白點現出傾向の比較的少ない鋼塊を得られた。

第 11 表に是等沸騰に関する 5 回に亙る試験熔解の経過を取纏めて見た。

第 11 表

試験回数	熔解番號	使用アーク爐容量 (t)	熔落の炭素量 (%)	鋼滓の炭素量 (%)	脱炭速度 (c/h)	鐵石用量 (kg/t)	鐵石の如何	Fe-Si の使用期	石灰使用量 (kg/t)	脱酸期 (時分)	出鋼前試料のガス分析値		
											H ₂ (cc/100g)	O ₂ (%)	N ₂ (%)
1	D. 21149	3	65	05	320	27	加熱せず	出鋼前	56	2-25	3'40		
2	22358	3	30	07.5	210	12	加熱す	出鋼前	60	2-03	3'09		
3	23045	6	53	21.6	315	52.6	出鋼前	79	1-00	3'59	0070	0063	
4	23579	6	58	19	335	53.5	出鋼前	61	1-0	3'42	0060	0055	
5	23889	6	50	12	350	35.4	出鋼前		0-55	3'68	0183	0041	

表に於て第 1 回、第 2 回に比し第 3 回以後は鐵石使用量が大きなることと脱酸期の短いことが特に顯著である。次に以上の成績を水素分析の結果から批判して見ることにする。

水素分析方法は實驗の當初は熔鋼を杓に汲出し Al で鎮靜し、内徑 20mm、高さ 120mm の金型に注型し之を引抜き水冷後直に注水式研磨機で表面約 1mm を研削し、底部側約 60mm を切斷し之を真空中で加熱し抽出ガスの水素分析を行った。そして實驗の中途からは熔鋼を汲出し Al で鎮靜し、徑約 45mm、高さ約 130mm の分析試料採取用丸型鐵製ケースに注型し、之を型抜後空冷し中央より 15mm 角長さ 60~70mm のものを削出し分析に供した。然し兩採取方法による結果には殆んど差異は認められなかつた。

同方法による上記 5 回の試験熔解の出鋼前の測定値は第 11 表に示す如く 3~4cc/100g であつて、普通熔解の出鋼前の水素分析値 4~6cc/100g に比し、少量で大體試験が所期

第 12 表

熔解番號	出鋼前水素量 (cc/100g)	白 點	
		水 冷	空 冷
D. 21449	3'40	あり	あり
22358	3'09	なし	少しくあり
23045	3'59	殆んどなし	なし
23250	3'47	あり	あり
23496	4'53(注型中)	少しくあり	なし
23512	2'92	あり	なし
23523	3'68(注型中)	なし	なし
23579	3'42	あり	少しくあり
23845	3'30	なし	なし
23889	3'68	殆んどなし	あり
25623	5'30	あり	なし
26148	4'00	なし	なし
28163	3'67	なし	なし

の目的にそふて行はれて居ることを示して居る。鹽基性アーク爐に於て熔解試験を行ったものに就て出鋼前の熔鋼の水素分析を行った結果を纏めると第 12 表の通である。

同表に明かな如く本試験熔解に於ては方針は兎も角分析値としての水素量の多少が白點現出傾向の大小を決定する資料は得られなかつた。白點現出傾向の極めて少ない酸性平爐鋼の數熔解に就て出鋼前の試料の水素分析を行った結果は概ね 5cc/100g 前後であつた。鹽基性アーク爐に於ては上記試験熔解例の如く注意して熔解を行へば酸性平爐鋼よりも水素含有量の少ない鋼塊 (3~4cc/100g 程度) を造り得る。之は酸性平爐に於ては爐内ガス中に相當量の水蒸氣の存在が免れ得ない爲熔解の末期には熔鋼の水素量が増加し之を防止することが困難であるのに反し、鹽基性アーク爐に於ては附加材の吟味によつて熔鋼中の水素を低減することは比較的容易な爲と考へられる。

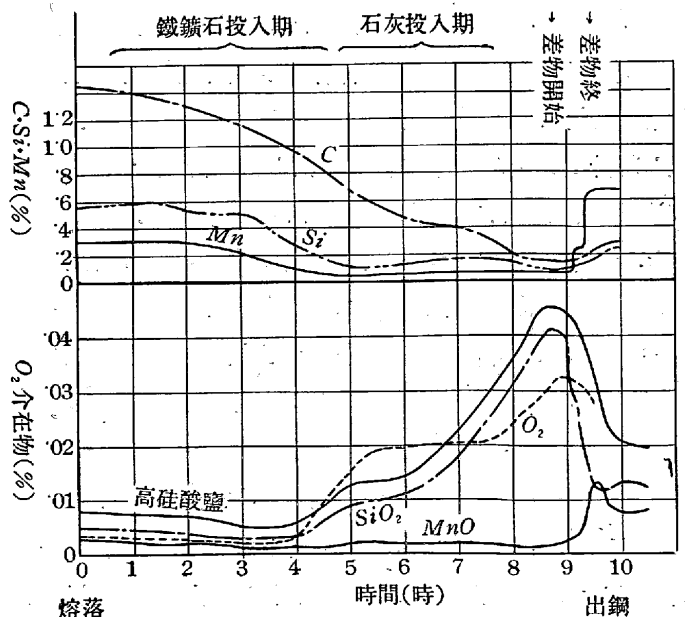
然しながら斯くの如く實際操業上に於て水素含有量を可成的少なくする方針の下に造た鹽基性電爐鋼が尙酸性平爐鋼に比較して白點現出の傾向が大であることは兩者の間に本質的に何等かの差異が存在し、之が白點現出に對して著しく影響するものと考へられる。即ち述間の事實は從來の如き純白點水素説⁸⁾だけでは説明がつかぬ。

VI. 鹽基性アーク爐の精鍊法 に関する第二次實驗

(1) 實驗方針 第一次實驗の結果鹽基性アーク爐に於て單に熔鋼中の水素を低減する方針の下に熔解を行ったのでは酸性平爐鋼と同程度に白點現出傾向を小ならしめること

27x29=729

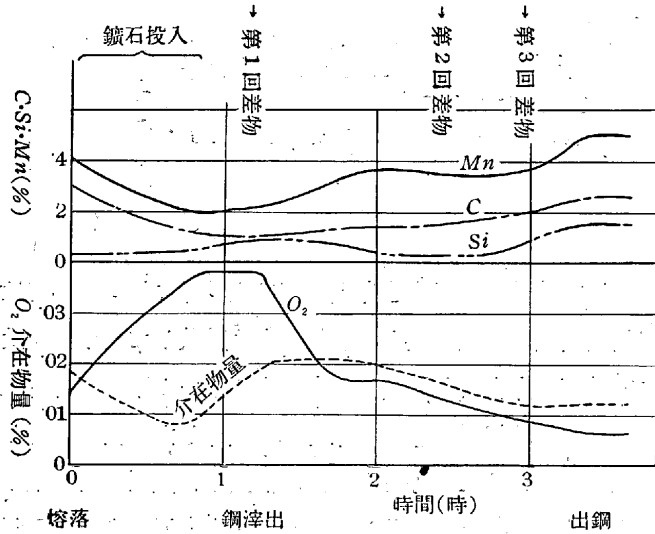
第 7 圖 酸性平爐



が出来なかつた。仍て鹽基性アーク爐に於て熔鋼の水素量を低減すること以外に酸性平爐に類似する熔解方法を試み白點に對して酸性平爐鋼と同程度に鈍感な鋼塊を得やうと考へた。

酸性平爐の操業時に於ける熔鋼内の酸素量 (Herty 法) 及介在物量 (硝酸法) の變化は第7圖に示す如く、一般に精鍊の進行に伴ひ鋼中の酸素量及珪酸鹽量は増加し差物終了後減少する。

第8圖 鹽基性アーク爐



之に反し鹽基性アーク爐では鋼中の酸素量は精鍊の進むと共に著しく減少し、從て珪酸鹽量も亦少ない。(第8圖參照)

從て試験熔解としては鹽基性アーク爐に於ても熔解末期迄可成的鋼中の酸素を多量ならしめて鋼浴を不鎮靜状態にして置き、最後の差物で充分脱酸して鋼浴に多量の酸化物を生成せしめ様と企てたのである。之が爲下記の様實験方針を採用した。

- (1) 熔落炭素量は 0.4~0.5% を目標とする。
- (2) 熔落後熔鋼の昇熱するを待ち鑛石投入を行ふ。
- (3) 鋼滓出時に鋼滓は其の 1/3~1/2 程度を掻き出す。
鋼滓出直後 Fe·Si は投入しない。
- (4) 脱酸期に炭粉は使用しない。鋼滓は石灰、銀砂及螢石で調節する。
- (5) 熔鋼中の Mn 量は終始 0.3% 程度にする。
- (6) 脱酸劑として Fe·Si 及 Fe·Mn は最後に投入し脱酸を充分行ふ。鑛石差物は何れも 800°C に5時間加熱したものを使用する。
- (7) 酸化期、脱酸期とも 1.5 時間程度とする。

(2) 實験經過

i) 第6回試験熔解 6t 鹽基性アーク爐を使用して標準 Ni·Cr 鋼を熔製した。熔落炭素量 0.79%, 鑛石は7

鋼塊分數	白 點	
	水 冷	空 冷
1/4	なし	なし
2/4	少しあり	"
3/4	なし	"
4/4	"	"

回に分けて計 450kg を投入した。鋼滓出後 (約 1/2 を掻き出す) 鋼滓は炭粉を使用せぬ爲酸化鐵多く終始黒色であるが、其の粘性は螢石及銀砂の使用により満足に調節せられた。

出鋼前の Fe·Si の使用量は Si として 0.3% であった。

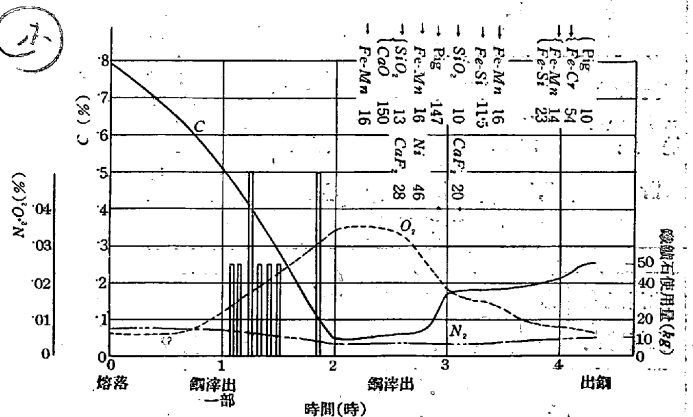
熔解の經過は第13表及第9圖に示す通で製造した1.2t 鋼塊4本に就て白點試験を行った結果は寫眞 No. 3 及上表に示す如く 2/4 鋼塊の水冷したものに白點を生じただけで成績は極めて良好であつた。

第13表 D. 25003

装 入 量 (kg)		操業時間 (時-分)	電力消費量 (kWh)	鋼浴熱度 12mm 徑測熱棒
初装入量	差物量内譯	熔落迄	2~30	3,360
スクラップ 5,100	銑 鐵 157	酸化期	2~35	2,100
銑 鐵 400	Ni 46	脱酸期	1~45	1,290
Fe·Si 20	Fe·Cr 54	計	6~50	6,750
	Fe·Si 345			
	(Siとして3%)			
	Fe·Mn 62			

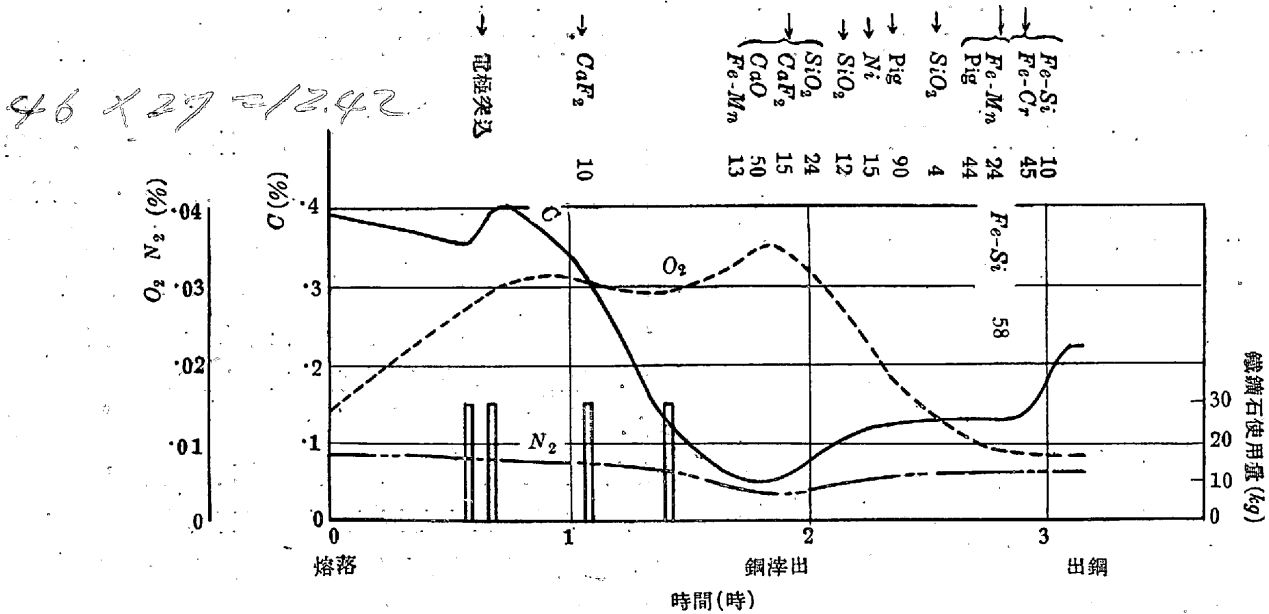
注出温度 在鋼時間	鋼塊	注型時間 (分-秒)	ノズル徑 (mm)		ケース温度 (°C)	型抜時間 (時-分)	型抜後の處置
			取鋼	樋			
1,670°C 3分30秒	1/4	1~0	34	34	75	4~30	空 冷
	2/4	1~10			78	"	"
	3/4	1~2			79	"	"
	4/4	0~58			80	"	"

第9圖 D 25003 第6回試験熔解



ii) 第7回試験熔解第6回試験熔解の結果が極めて良好であつたので引續き同一方針の下に試験を繰返し施行し

第 10 圖 D 25500 第 7 回試驗熔解



た。熔落炭素量は 0.39% で赤鐵鑛は 120 kg を 4 回に分けて投入した。鋼滓は約 1/2 量を掻き出し、石灰、銀砂及螢石を投入して鋼滓を作った。銀砂の投入量は 40 kg 鋼滓の色は黒色で粘性は良好であった。Fe・Si は熔解末期に Si として 0.35% を使用脱酸した。

鋼塊分數	白 點	
	水 冷	空 冷
¼	なし	なし
¼	"	"
¾	"	"
¼	"	"

熔解の経過は第 14 表及第 10 圖に示す通である。製造した 1.2t 鋼塊 4 本に就て白點試験を行った結果は寫眞 No. 4 の通で之を表示すれば下表の如く成績は甚だ良好であった。

第 14 表 D. 25500

装 入 量 (kg)		操業時間 (時-分)		電力消費量 (kWH)	鋼浴熱度 12mm 徑測熱棒
初裝入量	差物量内譯	熔落迄	2~30	3,720	熔落 6秒バラ
スクラップ 5,100	銑鐵 44	酸化期	1~55	1,800	鋼滓出前 4秒バラ
銑 鐵 310	Ni 15	脱酸期	1~15	1,170	出鋼前 5秒バラ
計 5,410	Fe・Cr 45 Fe・Si 68 (Siとして35%) Fe・Mn 37	計	5~40	6,690	

注出温度 在鋼時間	鋼塊	注型時間 (分-秒)	ノズル徑 (mm)		ケース温度 (°C)	型抜時間 (時-分)	型抜後の處置
			取鋼	種			
1,642°C 3分40秒	¼	1~10	34	32	98	3~0	空 冷
	¼	1~7			96	"	"
	¾	1~7			97	"	"
	¼	1~4			94	"	"

(3) 實驗結果に對する考察 第二次試験に於ては鋼浴は終始不鎮靜の状態に置き、最後に充分脱酸して鋼中に多量の珪酸鹽系介在物を生成して出鋼するといふ謂はば熔解法としては幾分粗雜な方法を採用して試験した所白點に對しては成績は極めて良好であつた。注型中の試料に就て鋼中の介在物を硝酸法で定量した結果は下表の通であつて、從來の同種の鹽基性電爐鋼に就て調査した値よりも大であり酸性平爐鋼と略同程度であつて(第7圖及第8圖参照)之は以上の2試験熔解が當初の實驗方針にそふて行はれたことの一例證となるものである。

熔解番號	珪酸鹽量(%)	SiO ₂ (%)
第6回試驗熔解 D. 25003	0.182	0.060
第7回試驗熔解 D. 25500	0.177	0.090

此の種の熔解法が何故白點現出に對して有效であるかは結局何故酸性平爐鋼が鹽基性電爐鋼に比し白點に對し鈍感であるかと謂ふ點に歸するのであつて、此の點に關しては引續き試験を進めて居る。

期の如くして造た鋼塊に就て鍛鍊熱處理後の機械的性質を調査した結果は從來に比し殆んど差異を認められず、鹽基性アーク爐で白點の現出し難い成分鋼塊を造る場合には此の種の熔解方針によつて操業することが望ましい。

VII. 結 論

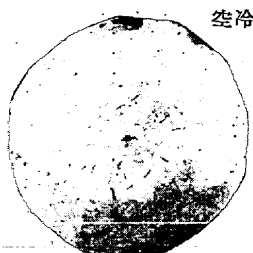
以上實驗結果を要約すれば

1) 本實驗に於て吾人の採用した試験方法は鋼塊の白點現出傾向を極めて正確に示すことを明かにした。

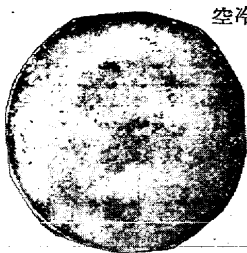
40x22=8.8

(寫眞 No. 1~4 は倍率 %×0.125 とす)

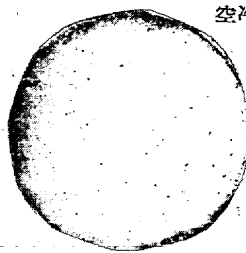
寫眞 No. 1



空冷



空冷

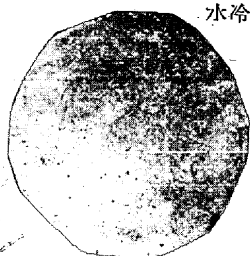


空冷

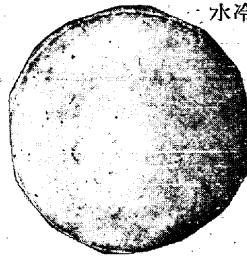
D. 21129 1/2

D. 21129 1/2

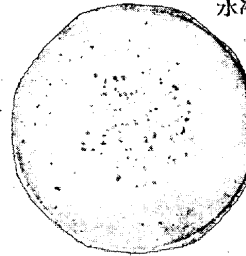
D. 21129 1/2



水冷



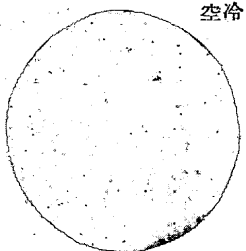
水冷



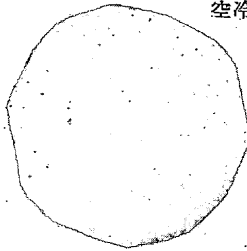
水冷

40x22=8.8

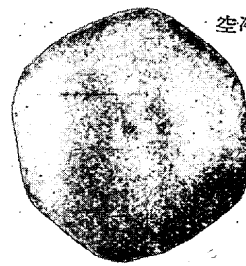
寫眞 No. 2



空冷



空冷

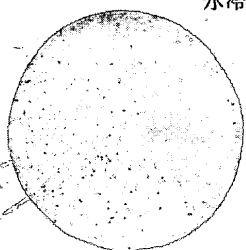


空冷

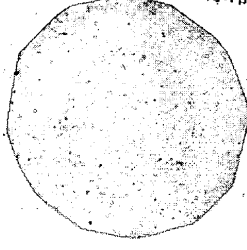
D. 21149 1/2

D. 21149 1/2

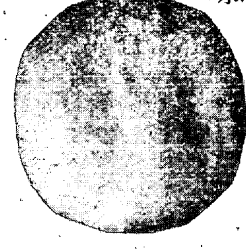
D. 21149 1/2



水冷



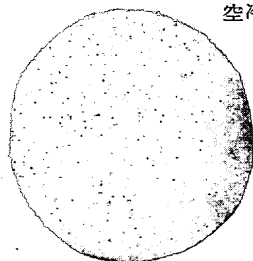
水冷



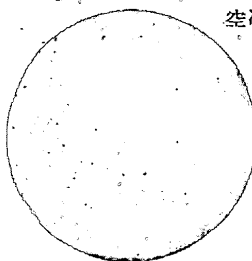
水冷

57x24=13.68

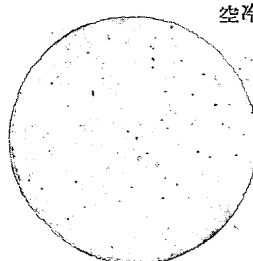
寫眞 No. 3



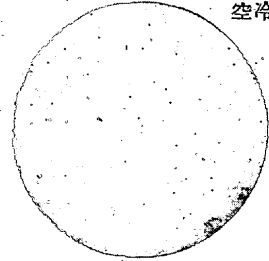
空冷



空冷



空冷



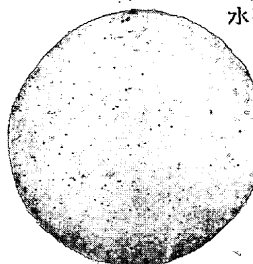
空冷

D. 25003 1/4

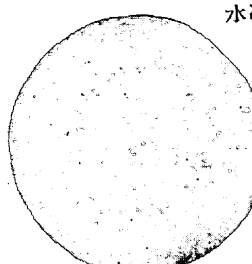
D. 25003 1/4

D. 25003 1/4

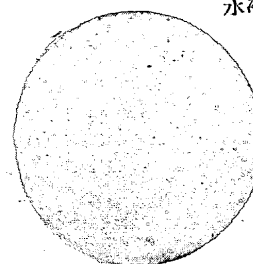
D. 25003 1/4



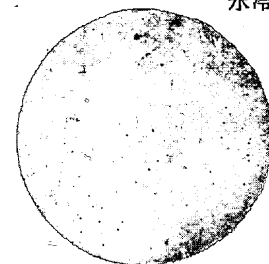
水冷



水冷



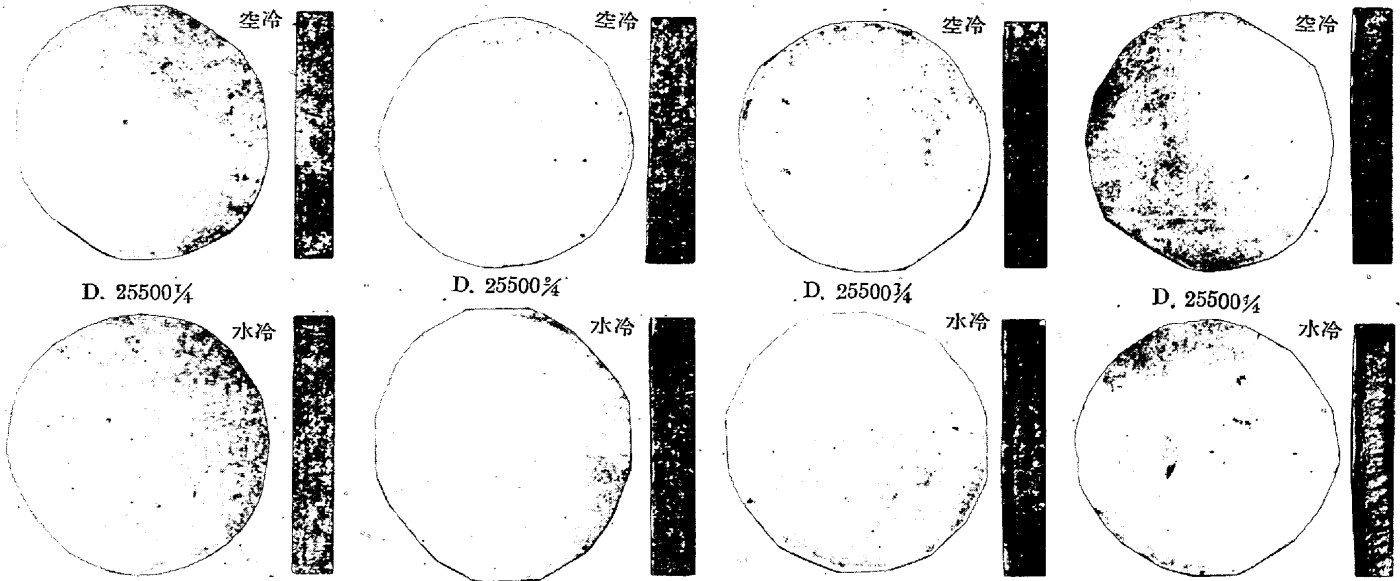
水冷



水冷

57X24 = 13.68

寫眞 No. 4



2) 鋼塊の白點現出傾向は鹽基性電爐鋼が最大であつて鹽基性高周波爐鋼之に次ぎ酸性平爐鋼及酸性電爐鋼は少ない。

3) 鹽基性アーク爐に於て單に熔鋼中の水素を驅逐する方針で熔解を行つても白點は防止し難いことが明かとなつた。即ち適當なる沸騰精鍊を行ひ鋼滓出後鋼浴を終始可成的不鎮靜の狀態に置き出鋼直前に脱酸劑を一時に投入して充分脱酸する如き方針により操業すれば酸性平爐鋼と同程度に白點現出傾向の少ない鋼塊を得ることが出来る。但し此の際非金属介在物の増加は免れない。

4) 酸性平爐鋼と鹽基性電爐鋼とは其の白點現出傾向は著しく異なるけれども其の水素含有量には大差がない。同一成分鋼塊の白點現出傾向は其の水素量の多寡には必ずしも比例しない。殊に水素分析結果の完全と謂ひ難い現在に於て尙更である。

以上白點防止の現場的實驗としては略所期の成果を収めることが出来たのである。本試驗結果は從來の純白點水素

説では充分説明出來兼ねる次第で此の點に関しては引續き實驗中であるから何れ後日報告出來ることと考へる。

本實驗の遂行に當て終始御教示に與た製鋼部長宇留野四平閣下に深甚の謝意を表し併せて色々便宜を與へられた製鋼部及製鋼實驗部の各職員に對し御禮申上げる次第である。

文 獻

- 1) 松山, 佐々川, 伊木 鐵と鋼 24(昭和 13 年) 234
- 2) E. Houdremont und H. Korschan. Stahl und Eisen. 55(1935)297
- 3) 小林 學振 19 小委員會報告 IV 86 頁
- 4) 久芳 鐵と鋼 23(昭和 12 年)966
- 5) J. E. Mercer and D. K. Barclay Foundry Trade Journal (1938)405
- 6) 松山 鐵と鋼 23(昭和 12 年)124
- 7) A. F. Myrzymov. Metallurg 13(1938)39
- 8) H. Bennek, H. Schenck und H. Müller Stahl und Eisen 55(1935)321