

二三の廢棄鐵鑛石利用に關する研究 (II)

(昭和5年5月9日受理)

谷 山 巖

第5章 直接製鋼實驗

第1節 概 説 著者は上述の如き種々の實驗より還元劑量と其裝入方法とを適當に調節すれば第16表に示す如く鐵中の含有炭素量は種々に異なるものであることを知つたのである。即ち或時は銑鐵となり又或時はパーライト鑄鐵となり又時には鋼ともなつたのである。直接製鋼法は是迄幾多の研究者によりて行はれて來たが何れも技術的には成功しても經濟的には失敗したのである。そしてそれは殆んどすべてが電力使用量大なる爲めであつた。然し著者は種々の實驗より考察すれば直接製鋼法も決して經濟的に至難の問題でないと思ひ、此問題を解決する爲めに種々の實驗をなせしに大體成功の緒についたのである。

第16表 還元劑と含有炭素量との關係

使用材料	還元劑の種類	還元劑量%	含有炭素量%	使用材料	還元劑の種類	還元劑量%	含有炭素量%	使用材料	還元劑の種類	還元劑量%	含有炭素量%	
鋼屑及び 旋盤屑	骸 炭	5	2.58	海綿鐵	石 炭	17	2.34	チタン鐵 鑛	石炭及骸炭	50	2.81	
	" "	5	2.64		骸 炭	"	2.59		" "	70	3.74	
	" "	6	2.72		石炭及骸炭	18	2.54		" "	35	2.29	
	" "	7	2.89		" "	18	2.64		骸 炭	44	2.79	
	" "	"	3.00		" "	20	2.72		石炭及骸炭	30	2.31	
	黑 鉛	9	3.28		骸 炭	22	2.70		" "	45	2.63	
	木炭及骸炭	10	1.45		黑 鉛	29	3.17		スケール	石炭及骸炭	30	2.31
	木 炭	13	2.25		石炭及骸炭	20	1.40		紫 鐵	" "	70	3.52
	木 炭	17	2.25		砂 鐵	骸 炭	43		2.72			

第2節 鋼屑使用豫備實驗 大體直接製鋼法の原理は鐵中に炭素を多量吸收せしめないやうにして酸化鐵を還元することである。それ故に著者は先づ電氣爐にて鋼旋盤屑をカーバイド鋼滓にて還元して極軟鋼を作らんと試みたのである。普通電氣爐は銑解後酸化性鋼滓を造り不純物(主に酸化鐵及磷等)を除き而して之を捨てし後還元性鋼滓を造りて精鍊するものであるが、著者は酸化性鋼滓を捨てず其儘還元性鋼滓を造りて銑鋼並に鋼滓中の酸化鐵を還元し且つ軟鋼に止めんと試みたのである。電氣爐にて酸化期を省き直ちに精鍊する方法は ⁽¹⁹⁾ Sisco 又は ⁽²⁰⁾ Kritz 氏の著者中に第17表の如き例が述べられてゐるが、それは鑄少き良質の材料を用ひ白色鋼滓又は弱きカーバイド鋼滓にて硬鋼を造るもので所謂坩堝熔解の如き作業である。

(19) Sisco. The Manufacture of electric Steel (1924)

(20) Sisco & Kritz. Das Elektrostahlerfahren. (1929)

第 17 表 酸化期なき作業

摘 要	時間	銻 鋼						鋼 滓										
		C	Si	Mn	P	S	Cr	SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	CaS	Cr ₂ O ₃	CaC ₂	P	
装 入 時	6-50	1.00	0.190	0.37	0.015	0.015	1.23											
熔 解 時	9-45	0.91	0.023	0.33	0.016	0.014	1.18	13.73	2.07	1.67	0.07	59.49	14.36	1.08	0.95	0.27	0.004	
カーバイド鋼滓	10-15	0.93	0.026	0.36	0.017	0.012	1.21	15.57	0.23	1.90	0.07	60.18	14.23	1.30	0.08	1.06	Tr	
取 鋼 中	11-45	1.06	0.207	0.36	0.020	0.010	1.49	20.86	0.09	1.78	Tr	58.65	14.67	1.43	Tr	0.86	Tr	

然し著者の試みは鏽多き材料を以て良好なる軟鋼を造らんとするものである。普通の材料にスケールを加へて充分酸化せしめ完全に溶解せし後酸化鋼滓上に骸炭粉 50 kg を加へ普通の如く目塗りして製鍊せしに 1 時間の後には黒色の鋼滓は灰色となつた。それ故に更に骸炭 50 kg を加へ充分熱を上げしに 30 分後には強きカーバイド鋼滓となり銻鋼は差物なくして全く鎮靜されたのである。此成績と Sisco 氏の成績とを比較せんに Sisco 氏のもの其炭素量多きも著者のものは極めて低い。それ故に著者の實驗は Sisco 氏のものよりも更に進んでゐるのである。又此實驗は鑛石の還元實驗の豫備行爲と考へられ得るのである。

使用材料 鋼施盤屑 2,300kg 鋼 屑 1,000kg 合 計 3,300

作 業 過 程

送 電 時間	熔解時	試料採取 No.1	所要量	50kg 骸炭加入	試料採取 No.2	50kg 骸炭加入	試料採取 No.3	出 鋼	所要量	全所要量
時 分	時 分	時 分	時 分	時 分	時 分	時 分	時 分	時 分	時 分	時 分
11~00	1~00	1~05	2~05	1~10	2~00	2~05	2~35	2~50	1~45	3~50
			(1,300K.W.H.)						(500K.W.H.)	(2,400K.W.H.)

製 品 重 量 3,150 kg 確當り電力使用量 730 K.W.H.

第 18 表 鋼屑還元實驗成績

試番 料號	摘 要	銻 鋼					鋼 滓									
		C	Si	Mn	P	S	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	S	C
No. 1	熔 解 時	0.04	0.01	0.06	0.006	0.033	19.52	21.58	3.84	2.33	6.50	55.06	10.18	0.646	0.095	—
" 2	灰 色 鋼 滓	0.35	0.02	0.20	0.030	0.030	22.68	2.88	—	3.65	1.66	55.28	12.13	0.187	0.125	1.12
" 3	カーバイド鋼滓	0.60	0.03	0.50	0.037	0.019	22.88	0.58	—	3.45	0.68	55.16	12.97	0.097	0.246	6.72

此分析より見れば酸化鐵は充分還元されしことは明かであるが、軟鋼とならず硬鋼となつたのである。此外にも數種の實驗をせしが何れも炭素が多量含まれたのである。それ故に其操業法を種々考案せしに漸く極軟鋼を造ることを得たのである。即ち著者は熔解後鋼滓上に初め骸炭粉 20 kg を加へ 30 分の後 20 kg を加へ更に 20 分の後 10 kg を加へて精鍊せしに、其含有炭素量は 0.13% のものにて其銻鋼は完全に鎮靜されたのである。然し熔解後かくの如く數回に骸炭を加へては長時間を要する故に熔解中に還元せしむる目的にて上述の材料と共に石炭粉及び骸炭粉を加へて作業したのである。此方法も初めは比較的少量の炭素を含みしも次第に骸炭及び石炭量をかへ又其装入方法を種々に考案せしに稍々計畫通りに作業が進行したのである。然し低炭素のものは装入材料と共に還元劑を加へることは炭素を吸収し易き故に熔解後鋼滓上に少しづつ數回に加へねばならぬ。それ故に勢ひ時間が長引くことは免れないが酸化性鋼滓を掻き出す普通の方法よりも電力消費量は少いのである。次に 2, 3 の實驗結果を示して見やう。

第 19 表 鋼屑還元實驗成績

還元	劑	加入方法	熔鋼					操業狀態		差物加入
			C	Si	Mn	P	S	所要時間 時分	電力量 K.W.H	
20	石炭	全部裝入初め	0.86	0.23	0.58	0.061	0.014	2~50	1,850	加へず
"	"		0.51	0.23	0.59	0.037	0.012	2~20	1,700	"
30	20	石炭は裝入初め 骸炭は熔解後	0.35	0.24	0.52	0.035	0.017	3~20	2,100	"
"	10		0.21	0.19	0.46	0.040	0.015	3~30	2,200	少量
"	"	全部熔解後	0.16	0.18	0.44	0.042	0.019	3~50	2,450	"
"	"	數回に加ふ	0.13	0.16	0.39	0.039	0.017	"	"	"

かくの如く酸化性鋼滓を掻き出さないで還元すれば鋼滓中の鐵分が鎔鋼中に還元さるゝ故に、熔融減としての幾%かの鐵分及び滿俺分が回収され得るわけである。又鋼滓掻き出しによる多量の熱量も失はるゝことなく甚だ利益である。普通 3 吨爐の操業にては 2,300 乃至 2,500 K.W.H の電力の減量なるに、此方法ならば 2,000 K.W.H 内外即ち吨當り 700 K.W.H にてすむのである。然しかくすれば隣の還元は免れないが、屑鐵中には大抵 0.05% 以下であるから特別のものゝ外は製品としては差支へないのである。又現今回収され得ざるクロミウム、バナヂウム等の酸化し易き元素を含む屑鐵も利用され得るのである。上述の第 17 表の如く Sisco 及 Kritz 氏は特殊鋼屑を用ひて其特殊元素の回収實驗を示してゐるが、著者も不銹鋼の屑鐵を用ひて良結果を得たのである。

第 3 節 海綿鐵使用豫備實驗 鐵鑛は鋼屑よりも多くの酸化鐵を含むものであり又久慈製海綿鐵は其中間に位するものと考へて差支へないのである。それ故に海綿鐵にて直接製鋼法が成功すれば鑛石にても可能なるべき筈である。著者は此考を以て海綿鐵を用ひて直接製鋼を企てたのである。第 1 回の實驗にては軟鋼とならず硬鋼となつたのであるが、第 2 回の實驗にては骸炭の代りに石炭を用ひ充分注意して行ひしに軟鋼を造り得たのである。

實驗 第 1

使用材料							作業成績					
粉末状 海綿鐵	鋼施盤屑	合計	骸炭	施盤屑 割合	還元劑 割合		所要時間	所要電力	製品重量	海綿鐵 歩溜量	率	K.W.H/T
kg	kg	kg	kg	%	%		時分	K.W.H	kg	kg	%	
3,000	200	3,200	240	7	8		2 20	1,950	1,700	1,500	50	1,160
製品成績			C. 1.02	Si. 0.06	Mn 0.06	P. 0.085	S. 0.054	Ti. Tr				

實驗 第 2, 3, 4

實驗 番號	使用材料						作業成績						
	團鐵状 海綿鐵	鋼施盤屑	合計	石炭末	骸炭末	合計	還元劑 割合	所要 時間	所要 電力	製品 重量	海綿鐵 歩溜量	率	
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	%	時分	K.W.H	kg	kg	%	
第 2	300	100	400	6	10	16	4.3	2~10	750	255	155	51.7	
" 第 3	300	100	400	6	5	11	3.0	2~00	750	254	154	51.2	
" 第 4	300	100	400	6	—	6	1.7	2~00	750	250	150	50.0	

製品成績

實驗 番號	還元 劑量	鎔鋼					鋼滓									
		C	Si	Mn	P	S	C	SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	S	TiO ₂
第 2	4.3	0.42	0.11	0.26	0.102	0.027	1.55	15.20	13.51	5.52	1.06	29.50	20.59	0.032	0.167	11.30

	C	Si	Mn	P	S	C	SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	S	TiO ₂
第 3	3.0	0.23	0.05	0.024	0.093	0.23	16.80	18.97	7.72	1.63	23.55	17.90	0.032	0.108	13.46
第 4	1.7	0.16	—	0.022	0.084	0.11	16.44	20.12	8.25	1.74	20.75	17.51	0.078	0.068	14.13

第4節 チタン鐵鑛使用實驗 チタン鐵鑛と鋼屑との半分づゝより成る裝入材料に石炭 30 kgと骸炭 20 kgとを加へて還元實驗せしに、1 時間半の後大部分溶解した。其時の銻鋼の炭素量は 0.55%で鋼滓は黒色の酸化鐵に富めるものなりし故に更に骸炭 30 kgを加へて 45 分の後試料を採りしに白色となつたのである。其時の成績は次の如きもので銻鋼は充分鎮靜された。

使用材料						作業成績					
チタン鐵鑛	鋼屑	合計	石炭	骸炭	還元劑割合	作業時間	使用電力	製品重量	銻歩溜量	率	K.W.H/T
kg	kg	kg	kg	kg	%	時 分	K.W.H	kg	kg	%	
500	500	1,000	30	20	9	2 20	1,700	720	220	44	8,000

製品成績

銻鋼						鋼滓									
C	Si	Mn	P	S	Ti	C	SiO ₂	FeO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	S
0.58	Tr	0.06	0.049	0.021	—	0.0	21.80	14.28	10.28	9.32	1.51	24.82	15.98	0.03	0.17

チタン鐵鑛使用第2實驗

使用材料					作業成績					
チタン鐵鑛	鋼屑	合計	石炭	炭	作業時間	使用電力	製品重量	歩溜率		
kg	kg	kg	kg	kg	時 分	K.W.H	kg	%		
500	100	600	50	—	2 00	1,000	325	45.0		
製品成績					C. 0.40	Si. —	Mn. 0.04	P. 0.047	S. 0.018	Ti. —

第5節 砂鐵使用實驗

使用材料						作業成績					
砂鐵	鋼屑	合計	石炭	同割合	作業時間	使用電力	製品重量	砂鐵歩溜量	率	K.W.H/T	
kg	kg	kg	kg	%	時 分	K.W.H	kg	kg	%		
500	100	600	38	7	2 00	750	360	260	52	2,900	
300	100	400	16	5	2 00	750	252	152	51	5,000	

製品成績

實驗	C	Si	Mn	P	S	Ti
第 1	0.31	0.04	0.18	0.071	0.010	—
第 2	0.18	—	0.11	0.067	0.012	—

第6節 スケール使用實驗

使用材料								作業成績					
スケール	鋼屑	合計	石炭末	骸炭末	全元還劑	同割合	使用時間	使用電力	製品重量	スケール歩溜量	同率	K.W.H/T	
kg	kg	kg	kg	kg	kg	%	時 分	K.W.H	kg	kg	%		
2,000	300	2,300	80	20	100	4	2 45	1,550	1,490	1,180	59	1,314	
製品成績								C. 0.23	Si. 0.03	Mn. 0.12	P. Tr	S. 0.021	Cu. 0.22

第7節 紫鑛使用實驗

使用材料						作業成績				
紫鑛	鋼屑	合計	骸炭	還元劑割合	作業時間	使用電力	製品重量	紫鑛歩溜量	同率	
kg	kg	kg	kg	%	時 分	K.W.H	kg	kg	%	
250	50	300	20	7	1 50	750	185	135	54.0	

製 品 成 績

銻 鋼						鋼 滓							
C	Si	Mn	P	S	Cu	SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	MnO	CaO	P ₂ O ₅	S	C
0.32	0.25	0.33	0.069	0.010	0.12	22.86	1.62	4.69	0.30	56.29	0.04	1.39	0.80

第8節 直接製鋼法に關する考察 電氣爐にて鑛石より直ちに鋼を製造することは是迄幾多の研究
者によりて行はれてゐるが、何れも技術的には成功しても經濟的には成功してゐないのである。然し
既往の研究家の成績を熟考するに何れも其作業工程複雑にして且つ電力消費量極めて大である。それ
に反し著者の實驗は作業簡單にて電力消費量少き故に經濟的に進んでゐると思ふのである。今著者の
實驗結果と既往の研究家の成績とを比較對照する爲めに 2.3 の研究者の實驗成績を拔萃して見やう。

(1) 1898年に Stassano⁽²¹⁾氏がなせし研究が恐らく此種の研究の嚆矢であらう。同氏は種々研究せ
し結果發表せし所によれば3相15 K.W. Stassano式製鋼爐に粉末狀鑛石100 kgに對し石灰石35 kg炭
化石灰5 kg木炭24 kg及び其25%の硅酸曹達を加へて團鑛として裝入熔解したのである。其時の製
品の成分及噸當り電力使用量は次の如きものである。

使用鑛石の成分

Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₄	SiO ₂	CaO	MgO	P	Al ₂ O ₃	S
68.70	3.23	17.15	1.00	5.67	0.15	2.00	0.12

製 品 成 績

C	Si	Mn	P	S	鋼1噸に付 K.W.H
0.25	0.07	0.12	0.010	0.065	4,468
0.26	0.03	0.21	0.010	0.040	4,392
0.30	0.14	0.24	0.015	0.070	4,030
0.80	0.22	0.30	0.015	0.045	4,205

(2) Goldschmidt 及 Neumann⁽²²⁾氏は1903
年に北部伊太利産鑛石を粉碎して選鑛を行ひたる
材料1,000 kgに對し石灰石125 kg木炭160 kgピツ
チ120 kgを加へて團鑛となして爐に入れた。これ
に要せし電力は噸當り 3,123 K.W.Hであつたとい
ふ。而して彼は鐵鑛石100 kgより 65.114 kgの鐵を
還元せらるゝとせば鐵1 kgに付理論上 1,987.6 K
W.Hの電力を要すると述べてゐる。

鐵 鑛 石 の 成 分

Fe ₂ O ₃	93.02	MnO	0.62	SiO ₂	3.79	CaO+MgO	0.50	S	0.058	P	0.056	H ₂ O	1.72
--------------------------------	-------	-----	------	------------------	------	---------	------	---	-------	---	-------	------------------	------

(3) R. M. Keeney⁽²³⁾氏は上部に2本の黒鉛電極及び底部にも電極を備ふる製鋼爐にて鐵鑛石 6.82
kg 骸炭1.02 kg及び石灰石 3.66 kgを混合裝入して軟鋼を造りしに1時間40分にて 3.3 kgの鋼を得た。
然し出鋼し得たりしものは 1.22kgで他は爐内にて凝固したといふ。而して其成績は裝入鐵分の約 85
%だけ還元し20回の操業中炭素分は 0.08乃至 2.25%、磷分は 0.01乃至 0.12% (平均 0.59%)硫黄は
0.02乃至 0.14%(平均 0.59%)であつて、裝入磷の約 77%、硫黄量の約 87%、除去せられてゐる。又鋼
1噸に付き 3,659乃至 8,953 K.W.H平均 6,243 K.W.Hの電力を消費し、18乃至 67 kg(平均 41 kg)の電
極を消費してゐる。然し大なる爐にて適當に作業すれば鋼1噸に對する電力消費量は 2,628 K.W.H電

(21) Elektrochem & Metal Ind Vol. VI. 1908. 及 Vol. IX. 1911.

(22) Stahl und Eisen. s. 687 及 885 1904.

(23) Tran Iron & Steel Institute Vol. I. 1902.

種類	鐵分	SiO ₂	C	Mn	Si	P	S
鐵鑛石	57.00	9.25	—	—	—	0.120	0.140
製品	—	—	0.08	0.17	0.07	0.088	0.027

極消費量は15乃至20kgに減じ得べく、又理論上1,927 K.W.Hを要すると述べてゐる。使用鑛石及び製品の成分の1例を示せば左表の如し。

(4) 佛蘭西 La, Neo-Métallurgie⁽²⁴⁾ 工場にては120 K.W. 爐に鐵鑛石を粉碎し木炭又は石炭を混じて團鑛となし、次に鐵鑛石のみを團鑛とし木炭と共に装入し更に其後鑛石及び燃料を粉碎したるものを混合して其儘装入した。是等の場合には何れも脱硫脱磷行はれ低及び高炭素鋼を得たが唯後者が熔解速かであつた。又電力消費量は赤鐵鑛を以て軟鋼を製造する場合に鋼1噸に付き3,430 K.W.Hであつたが、200 K.W. 爐なれば2,600 K.W.H. 更に大型爐なれば、2,500 K.W.Hにて足ると。

(5) 此外 P. Flodin⁽²⁵⁾ 氏は300 kgの電氣爐にて鋼を製造せしに随當り2,700 K.W.H を使ひしも、3 噸爐になると、2,162 K.W.Hにて足ると。Stanfield⁽²⁶⁾ 氏は製鋼爐にて鐵鑛石100に對し木炭15.5、石灰8、タール7、及びチタン磁鐵鑛30の割合に配合せしものを用ひたるに第1回の操業にては精鍊時間、4½時間、電力23 K.W.H で26 kgの鋼を得たるを以て製鋼1噸に付き3,600 K.W.Hの電力を要することゝなる。又 Arnon⁽²⁷⁾ 氏はフェロ合金又は鋼製造に用ひて居る120 K.W. Chaplet 爐にて實驗せしに電力消費量3,100 K.W.H 電極消費量30kgを要した。Humbert 及 Herty⁽²⁸⁾ 兩氏は6 噸 Heroult 式爐にて鑛石に4%の屑鋼を用ひて實驗せしに2,709 K.W.H を要したりと思ふ。其製品は右表の如きものである。

C	0.270
Mn	0.310
Si	0.050
S	0.058
P	0.031

上述せる如く各研究者は殆んど團鑛其他の加工を施してゐるのであるが、著者は原鑛の儘用ひる故にそこに多少經費の節約が出来るわけである。次に鐵鑛石は金屬鐵に比して電流の通り悪き故に時間と電力の消費量大である。それ故に著者は鐵鑛石に鋼旋盤屑を混じて作業せしに熔解極めて速かにて従つて電力及び電極の消費量が少かつたのである。Humdlt 氏は4%の鋼屑を用ひてゐるが底部には鋼屑よりも装入鑛石中には鋼旋盤屑を用ひる方結果極めてよい。又其量は少くとも10%を用ひねば效力ない。

かくして作業したる著者の成績を述べんに、先づ其歩留りは含有鐵量の83乃至85%であり、而して其電力消費量は銑鐵を製造する場合と殆んど大差はない故に1,200 K.W.H位にて作業出来る。又極軟鋼を造るとしても次に述ぶるアームコ鐵製造の例より考へても1,300 K.W.Hならば作業困難でなからうと思はるゝのである。既往の研究者の結果は3 噸爐にて2,160 K.W.Hが最低記録である。然るに著者の實驗は其半に近き1,300 K.W.Hとは少々不合理なる如く思はるゝが、これは鑛石のみにて作業

(24) Metallurgie 1910.

(25) The Journal of the Iron & Steel Inst Vol. II. 1928.

(26) Canada. Dep of Mine 1909.

(27) 石原富松氏論文 金屬の研究 第6卷 第11號

(28) 石原富松氏論文 金屬の研究 第6卷 第11號

すれば鑄解順調に進まざるも鋼屑及鋼旋盤屑を配合すれば極めて迅速に作業出来るのである。先きに海綿鐵の實驗にて詳細に述べし如く海綿鐵單味なれば作業困難で賤當り 1,850K.W.H の電力を要するも其 10 %内外の旋盤屑を混すれば僅かに 900 乃至 1,000K.W.H の少量にて足るのである。此理由により著者の成績は他に比して良好なるわけであり、従つて電極消費量及び其他の經費も少くてすむのである。

第9節 經濟的考察 上述の如き直接製鋼法が果して經濟的に引き合ふか否かを調べんに、先づ今日鹽基性平爐鋼は賤當り略々 55 圓内外にて製造せられ得る故にこれより以下でなければならぬ。然るに前述の如く鑛石は其含有鐵分の 83 乃至 85 %還元するものであり、又電力は賤當りにて 1,300 K.W.H にて作業出来るものである。

今山陰産砂鐵を用ひ電力 1K.W.H に付き 2 錢とすれば鑄鋼賤當り 66圓となる故に到底採算はとれないが、若し久慈砂鐵を用ふれば 54 圓にて製造し得る。又これは鐵滓よりチタンを利用すれば夫々 5 圓の節約が出来るのである。又若し電力を 1 錢とすれば前者に於て 53 圓後者に於て 41 圓となり立派に工業的價値を發揮するのである。更にチタンを利用すれば一層有利に展開せらるゝのである。次に紫鑛は電力 2 錢にて鑄鋼賤當り 58 圓、1 錢にて 45 圓となり極めて廉價となるのである。チタン鐵鑛は前章に於て述べたる如き意味にて塗料其他に利用すれば經濟的に作業出来るのである。

直接製鋼法は技術的にも亦經濟的にも有利なることを確め得たが、然し此處に注意すべきは磷の問題である。原料に磷分少き時は製品にも磷分少きも、鑛石中に多量の磷を含む時は製品中にも磷の還元量多き故に不良なる結果を來たすのである。磷を除く爲めには還元せし鑄金を酸化し再び還元せねばならぬ故に經濟上少からぬ支障を來たすのである。然し初め軟鋼を造りて酸化還元せしむれば大なる經費は嵩まる。又薄鐵の如きを製造する時は磷鐵を加へる必要なき故に寧ろ利益である。

次に電氣爐の特長は安價なる鋼屑を用ひることにあるが、服部博士⁽²⁹⁾が本誌に詳しく論ぜられたる如く今日に於てさへ鋼屑は拂底して其價は日々騰貴しつゝある故に、將來は一層暴騰して銑鐵と比敵するやうな價否寧ろそれ以上の價格となるであらう。若し銑鐵のみを用ひねばならぬ時代來らば炭素其他の元素を除去するに莫大なる時間と電力を要するであらう。然る時は銑鐵を酸化せしめて鋼を製造する方法よりも、鑛石を還元して鋼を製造する方法即ち著者の主張する直接製鋼法が却つて安價となるであらう。又今日電氣爐材料にて困る問題は鋼旋盤屑に眞鍮屑及銑屑の混入することである。銑屑は電力消費量を多くするが其製品には差支なきも眞鍮屑は製品に銅分を多量含有せしむる故に甚だ有害である。それ故に銅分に極度の少量を規定せるものは鑛石又は銑鐵より製造せねばならぬわけである。かく論じ來れば専ら鋼旋盤屑を使用する現代の電氣製鋼法は行きつまり直接製鋼法を可能ならしむる時代が來るであらう。

第 20 表 直接製鋼實費調

種 目	吨當り代價	吨當り所要重量	吨當り所要經費			種 目	吨當り代價	吨當り所要重量	吨當り所要經費		
			山陰砂鐵使用	久慈砂鐵使用	紫鑛使用				山陰砂鐵使用	久慈砂鐵使用	紫鑛使用
山陰砂鐵	8.00	2,000	16.00			電 極	440.00	11	4.84	4.84	4.84
久慈砂鐵	2.00	"		4.00		電力 (KwH)	0.02	1,300	26.00	26.00	26.00
紫鑛鐵	4.00	"			8.00	工 費			5.00	5.00	5.00
滿 僂	170.00	6	1.02	1.02	1.02	繕 費			5.00	5.00	5.00
硅 素	210.00	4	0.96	0.96	0.96	雜 費			2.00	2.00	2.00
小 計		2,010	17.98	7.98	9.98	分 析			1.00	1.00	1.00
石 灰	17.50	100	1.75	1.75	1.75	小 計			43.84	43.84	43.84
マゲネシア	54.00	20	1.08	1.08	1.08	總 計			66.21	54.21	58.21
螢 石	35.00	16	0.56	0.56	0.56	電力 1 錢とすれば			53.21	41.21	45.21
還 元 劑	10.00	100	1.00	1.00	1.00						
小 計		231	4.39	4.39	4.39						

第 6 章 アームコ鐵製造實驗

上述の如き諸實驗にて極軟鋼も造り得し故にもう少し進んでアームコ鐵又は純鐵を造ることも敢へて不可能ではないだらうと思ひ、2 吨のスケールに石炭の微粉末 (2 mm 以下) 500 kg を充分混合して注意深く作業した。處が 2 時間にて大部分溶解せし故に試料を採りて分析せしに 0.03 % の炭素量であつた。それより更に注意深く精鍊を續けしに 3 時間にて完全に其目的を達したのである。然しこれは還元劑の加入が非常に困難でやゝもすれば吸炭し易い故に其大き及び量の吟味は無論のこと其他の全作業に極めて精細なる注意を拂はねばならぬ。

然しこれにて得し製品は電解鐵又はアームコ鐵と殆んど同じ品質のものである故に、電解鐵と同じく 150 圓にて販賣せば少々時間と電力を消費しても優に收支相償ふであらう。寫眞第 19 圖は著者製造のアームコ鐵であり同第 20 圖は日本電解鐵會社のものである。そして其成分は各々次の如きものである。著者製造のものは歐米産に比し未だ充分とはいひ難いが作業法を研究すれば優秀なるものを得ると思ふのである。

使用材料

作業成績

スケール	鋼屑	施盤屑	計	微粉石炭	同割合	作業時間	使用電力	製品重量	スケール歩溜量	率	K.W.H/T
kg	kg	kg	kg	kg	%	時分	k.W.H.	kg	kg	%	
2,000	100	200	2,300	500	22.0	3 00	1,800	1,440	1,140	57.0	1,500

製 品 成 績

C. 0.035 Si. 0.02 Mn. 0.000 P. 0.000 S. 0.009 抗張力kg/mm. 34.9 延伸率%. 45.0 ブリネル硬度數. 114

第 21 表 電解鐵及歐米産アームコ鐵の成分

名 稱	C	Si	Mn	P	S	降服點	最大應力	延伸率	收縮率
						kg/mm ²	kg/mm ²	%	%
會社型錄	0.013	0.000	0.000	0.000	0.002				
電解鐵 著者分析	0.050	0.050	0.030	0.014	0.012				
"	0.030	0.000	0.008	0.021	0.000				
アームコ鐵 (30)	0.013	Tr	0.017	0.005	0.025.				
" (31)	0.020	0.000	0.050	0.011	0.015	24.65	42.60	51.00	76.0

第 7 章 還元劑と還元率並に含有炭素量との關係

如何なる材料を用ひても還元劑の種類及量並に其裝入方法を異らしむれば種々の炭素含有量の銑鐵及び鋼を製造することが出来るのである。還元劑は木炭、石炭及び骸炭を用ひて實驗せしに其還元力は木炭、石炭及び骸炭の順であつた。次に還元劑の量多ければ還元率は大であるが其製品に多量の炭素を含むことは免れないのである。然し其含有炭素量は前述の如く加炭劑の比重に正比例するものであつて、木炭又は石炭は骸炭に比して其含有炭素量は少い。これは前兩者は容易に發散してよく燃焼し加炭の作用をなさないが、後者は固體の儘にて長く熔融金屬と接觸する故に充分加炭作用を行ふのである。

それ故に鋼を造る場合は裝入材料と共に木炭又は石炭を用ひ唯上表面にのみ骸炭を撒布してカーバイト鋼滓を造る助けとなさしめねばならぬ。又銑鐵を造る時は 60 %以上の骸炭を裝入材料と共に加へ 4 時間以上を置かねばならぬ。そして熔解後銑滓上に浮べる骸炭を 1 部掻き出さねば作業し難い又炭素は銑滓中に含ましめねば熔解後は銑鐵の如き比重大なるものを加へるか、又は電極を送電せし儘銑鉄中に挿入するにあらざれば骸炭や電極の破片にては中々困難である。それ故に C の 2.8 乃至 3.2%のもの即ちパーライト鑄鐵が最も造り易いのである。次に還元劑は其大きさによりて非常に異なるので餘り微粉末なるものは還元作用はなすが、よく燃焼し且つ鋼滓上に浮びて加炭の用をなさないものである。又餘り大なる時も充分作用せざる内に銑滓上に浮上る故に還元及加炭の兩作用充分ならざるのみならず銑滓化作用を阻害するのである。それ故に極軟鋼又はアームコ鐵を製造する場合は微粉末を多量用ひるべきであるが、其他の場合は 3 乃至 8 mm 位の大きさのものを其含有炭素量に比例して使用するが適當である。

次に著者の實驗せる各種の成績を還元劑量と含有炭素量とを兩軸として圖示すれば第 2 圖の如くなる。これは銑鐵製造には骸炭を主とし鋼製造には石炭（又は木炭）を主として用ひたるものである。又骸炭を還元劑として鐵鑛石より各種の鐵を製造する時の還元劑量と製品との比較的の關係を示せば第 22 表の如くなる。これは⁽³²⁾井上匡四郎氏の研究による第 23 表の如き鐵鑛と還元劑量及び還元率との關係に略々一致するものである。

第 22 表 各製品に對する還元劑量

名 稱	使 用 材 料		銑		鋼		
	全鐵分	金屬鐵	3.5%C	2.8%C	1.5%C	0.5%C	0.2%C
鋼旋盤屑	100%	90%	10.0%	6.0%	3.0%	1.5%	1.0%
海綿鐵	770	56	36.5	22.0	10.5	4.0	2.0
鐵鑛石	60	-	62.5	44.0	21.0	9.0	5.0

第 23 表 鞍山鐵鑛石製鍊材料比較

鐵分	SiO ₂	骸炭量	鑛石量	骸炭/鑛石	石灰量	銑滓量	生産割合
65	6	0.90t	1.45t	63%	0.36t	0.36	1.00t
54	20	1.15	1.74	66	1.00	1.00	0.60
40	41	1.55	2.35	66	2.60	2.58	0.37

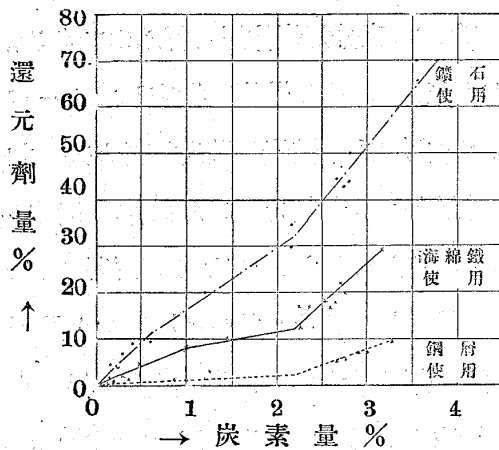
(30) Amer. Soc. Steel treating. Feb. 13. 1928. (31) Iron. & Steel Inst. Nov. 1916.

(32) 鐵と鋼 第 12 年 第 9 號 736 頁

第 8 章 粉鐵鑛の處理に關する考察

粉末狀の鐵鑛は其種類並に數量に於て決して少くないのである。即ち砂鐵を初めとし紫鑛、泥鑛、煙道塵等より滿鮮に於ける貧鑛の磁選精鑛も皆粉末狀である。然し此等の粉鐵鑛は鑄鑛爐其他の作業に適せざる故に其利用に關し種々研究されてゐるが、其主なる方法は第 24 表の如きものであつて殆んど團鑛又は燒結鑛とするのである。此中最も廣く行はれてゐるものは燃料を入れて還元燒結せしむ

第 2 圖 還元劑量と含有炭素量との關係



るものである。本論文中の砂鐵製海綿鐵は其溫度低き爲め燒結はしないが矢張此種に近きものである。此外一酸化炭素又は水素を用ひて直接鋼を製造せんとする企ても試みられてゐるが未だ工業的價値は存在しない。

第 24 表 粉鐵鑛處理法

1. 燒結法
 - A. 燃料を添加せずに行ふ法 - 瘤結法
 - B. 燃料を添加して行ふ法 - 燒結法
2. 製團燒結法
3. 團鑛法
 - A. 膠結劑を混和せざる法
 - B. 膠結劑を混和する法

粉鐵鑛の處理は目下世界に於ける緊要なる問題である故に諸所に於て盛んに研究されつゝあり幾多の貴重なる論文が發表されてゐるのである。然し現今の研究は前述せし如くすべて團鑛又は燒結鑛とするものであるから其設備費及び作業費に少からぬ經費を要するのである。それ故に若し原鑛のままにて利用することを得れば甚だ得策である。然るに上述せし著者の實驗は粉鑛に粉炭を混じ還元熔融して鋼又は鉄鐵を造らんとするものであるから、粉鐵鑛の完全利用となることは勿論又粉炭の利用ともなり得るのである。若し燒結鑛中に充分金屬鐵あれば先きに實驗せし海綿鐵の如く作業容易であつて其歩溜りよき故に甚だ有利であるが、一般に燒結鑛は還元するが目的ではなく單に燒結するが目的であるから金屬鐵量は極めて少く唯第二酸化鐵が第一酸化鐵に還元したに過ぎないのである。充分還元して金屬鐵を多くせんとすれば時間と經費が非常に増大する故に到底經濟的作業は困難であると曰はれてゐる。今山田賀一氏の研究による燒結鑛の成分を示せば第 25 表及び第 26 表の如きものである。此中 38.98% のものは例外で經濟的作業にては上部の如き極めて少きものであると。

(33) 後尾文献参照

(36) 後尾文献参照

(34) 及 (35) 川口、嘉村、三田、足立及荒川、杉本、齋藤、Meyer. (詳細後尾)、大河内及眞島

(37) 山田賀一、鐵と鋼 第 12 年 第 5 號

第 25 表 燒結鑛の分析成分

分析試料	燒結溫度 °C	金屬鐵 %	第 1 酸化鐵量 %	第 2 酸化鐵量 %	全鐵量 %	不溶殘渣 %	殘留炭素量 %	
燒結鑛	3% 骸炭	950	0.44	30.18	28.72	59.34	14.12	0.42
	"	1,000	0.52	34.98	24.98	60.12	14.33	0.10
	"	1,050	0.52	36.75	23.29	60.56	14.56	0.09
	"	1,100	0.55	42.14	18.63	61.33	15.10	0.04
	"	1,150	0.74	48.22	10.16	59.12	17.28	0.06
	6%	1,100	19.14	35.28	9.53	63.98	15.96	0.17
	9%	1,100	31.84	23.62	13.10	68.56	17.44	0.24
	"	1,150	38.98	18.93	6.61	64.52	18.24	0.08
原 鑛	—	0.10	22.33	36.67	59.10	14.21	—	—
(鞍山磁精鑛)	—	0.00	25.32	36.28	61.60	14.66	—	—
純粹なる磁鐵鑛 Fe ₃ O ₄	—	0.00	24.15	43.30	72.45	0.00	—	—

第 26 表 各種燒結鑛の分析成分

種 類	金屬鐵 %	第 1 酸化鐵量 %	第 2 酸化鐵量 %	全鐵量 %	不溶殘渣 %	矽石 %	殘留炭素 %
レバノン	0.20	23.10	37.63	60.93	8.23	7.32	0.04
燒結瑞典	0.78	9.59	51.63	62.00	8.06	6.28	0.02
燒結鞍山	0.56	25.02	35.42	61.00	15.95	14.72	0.02
燒結本溪湖	0.00	9.17	56.89	66.06	3.39	2.91	0.00
燒結八幡	0.72	33.36	13.41	47.49	18.58	16.59	0.98

燒結鑛は粉鐵鑛に比し幾分作業

容易で電力消費量少きも賤當り、
2 圓の經費を要すると長谷川氏は⁽¹⁾
述べられ又岡田陽一氏も其設備費⁽³³⁾
に 10 萬圓を要し作業費に賤當り 1
~2 圓を要すると述べられてゐる。

それ故に粉鐵鑛を用ひると燒結し
て用ひるに何れが經濟的なるかは
大に研究の餘地がある。今兩者の
場合を比較せんと思ふのであるが
先きに海綿鐵を用ひて銑鐵を造り
し場合は製品賤當り電力 1,000
K.W.H を要し又砂鐵より製造せし
時は同じく 1,200 K.W.H を要し
たのである。燒結鑛は海綿鐵に比
して金屬鐵極めて少きものである
が、假に兩者の中間を要するもの

とし 1,100 K.W.H と假定すれば燒結せぬものとの差は電力 100 K.W.H 即ち 2 圓の節約となる。(電力 1 K.W.H に付き 2 錢) 然し燒結鑛は 2 圓高き故に製品に對しては結局其 2 倍 4 圓高價となる
それ故に粉鐵鑛のまゝ用ひる方が製品賤當り 2 圓だけ安きわけである。又作業費其他に於て燒結鑛の
方が節約せらるゝとしても原鑛のまゝ用ひる場合と大差なくなる。それ故に寧ろ燒結する手数を省き
粉鐵鑛のまゝ用ひる方が得策と思考せらるゝのである。以上の如き理由により粉鐵鑛は電氣製鋼爐に
て粉炭及び旋盤屑を適當量配合して作業すれば最も經濟的に成立し得ると確信するのである。

第 9 章 結 論

1、現今工業上に利用せられざる砂鐵、チタン鐵鑛及び紫鑛等の所謂廢棄鐵鑛を利用する目的にて
鹽基性 3 坩電氣爐を用ひ銑鐵及び鋼を製造することを企てたのである。

2、初め豫備實驗として久慈製鐵所製海綿鐵を用ひ其作業方法及び還元率につきて研究せしに、其裝
入量の 7 % 位の鋼旋盤屑を配合すれば熔解速かにて極めて經濟的であることを確めた。又還元率は
木炭、石炭、骸炭及び黑鉛の順であるが其含有炭素量は其逆である。

3、久慈製海綿鐵より銑鐵を造りしに其歩留り 57 乃至 63 % で先きに鋼を造りし時より製品の歩

(1) 前出、(33) 鐵と鋼 第 2 年 7 號

留り良好であつた。然し銑鐵を造ることは有利でないから銑鉄より鋼を造りしに稍々有望なるも尙ほ經濟的とはいひ難い。

4、次に砂鐵、チタン鐵鑛、紫鑛及びスケールに 15 % 位の旋盤屑を配合して銑鐵を造りしに其含有鐵量に對し 83 乃至 85 %、裝入量に對し約 50 % の歩留りで、其電力消費量は製品噸當り 1,200 K.W.H にてすむも經濟的には不利である。

5、砂鐵、チタン鐵鑛を還元せし時は其銑滓中に FeO 少く TiO_2 多かりしも何等の故障も感じなかつた。著者は嘗て TiO_2 が還元すると述べしが實驗の結果は不可能で、これは高石灰の場合は還元不可能なりといふ長谷川氏及び Evans 氏の説と一致するのである。それ故に銑滓中より TiO_2 を利用すれば有利に展開され得る。

6、各種の鐵鑛より造りし銑鐵は何れも低炭素のもの多く且つ不純物少き高級品であるからセミスケール又はパーライト鑄鐵として適當である。而して電氣爐製は銑鉄爐製に勝り又銑鉄中に黒鉛核少きもの程其製品は優良であるから全く黒鉛核なき鑛石を用ひ電氣爐にて製造せしパーライト鑄鐵が他の如何なる製造法によるものよりも最も優れてゐるのである。又經濟的にも他の製法に比して有利である。即ち銑鉄爐製は 65 乃至 70 圓であり、電氣爐製は電力 2 錢にて 50 乃至 65 圓であるが、鑛石を用ふれば山陰砂鐵にて 68 圓、久慈砂鐵にて 56 圓、紫鑛は 60 圓となる。然し電力 1 錢とすれば夫々 56 圓、44 圓及び 48 圓の安價となるのである。又若しチタンを利用すれば前兩者は更に 5 圓だけ低下せらるゝのである。

7、還元劑の量及び其裝入方法によりて含有炭素量は種々に異なる故に直接鑛石より鋼を造ることも決して經濟的に不可能ではないと思ひ種々研究せしに、好條件の下に於ては成功すべきことを確めたのである。即ち普通鹽基性平爐鋼は噸 55 圓内外にて出来るが、電氣爐製直接製鋼法は電力 2 錢にてチタンを利用せざれば山陰砂鐵にて 66 圓、久慈砂鐵にて 54 圓となるも、若し電力 1 錢とすれば前者に於て 53 圓後者に於て 41 圓となる。又紫鑛は電力 2 錢にて 58 圓同じく 1 錢にて 45 圓となるのである。

8、チタン鐵鑛は今日チタン製造に有利に利用されてゐる故に製鐵製鋼原料としても彼我相俟ちて有利であらうと思ふのである。

9、アームコ鐵を造りしに完全に其目的を達したのである。然し其作業法は極めて精細なる注意を拂はねばならぬ。

10、上述の如く著者は 0.35 % より 3.74 % の含有炭素量の鐵即ちアームコ鐵、軟鋼、硬鋼、パーライト鑄鐵及び鼠銑鐵の各種のものを製造したのであるが、これは還元劑の種類及び量によりて左右せらるゝものであることを確めたのである。而して各種の還元劑の還元率比較及び含有炭素量を略々決定したのである。

11、著者の實驗は單に廢棄鐵鑛利用といふことに止らず粉鐵鑛處理及び粉炭利用としても確實なる

決論を與ふるものである。

12、又廢棄鐵鑛に限らず貧鐵鑛、磁鐵鑛及び褐鐵鑛等の有用鐵鑛にも有利に應用することが出来るのである。此研究は未だ不完全なるものであり工業的價値を定むるには尙ほ幾多研究の餘地があるのであるが、これだけの實驗にても3年有餘の年月を費し多大の犠牲と多くの人々に少なからぬ迷惑をかけたのである。そしてこれ以上の研究は環境が其自由を許さざる故に止むなく結論に急いだわけである。不完全なる成績なるにも係らず餘りに斷定し過ぎたる傾きあることを著者は密かに恐るゝものであるが、或暗示だけは得られたと思ふのである。それ故に幾分の参考にもならんかと思ひ拙稿と自覺しつゝも敢へて發表する次第であるから、何卒斯界の研究家の補足を乞ひ完全なる解決を熱望する次第である。

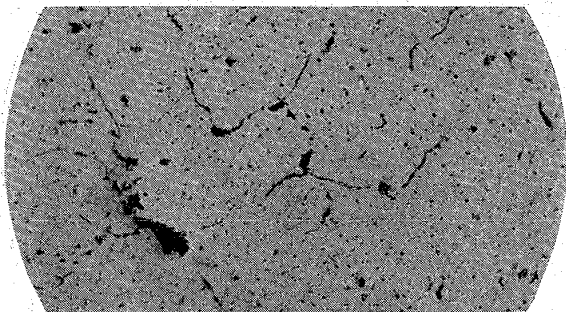
終りに本研究中電氣爐操業に對しては清水重治氏、熔銑爐作業に關しては江戸美昭氏を初め川崎車輛會社關係諸氏の多大の御援助を仰ぎしことを謝し、又研究材料を提供し下されし久慈製鐵所、大阪製鍊株式會社及び出雲渡邊製鋼所に對し深く感謝する次第である。 (完)

文 献

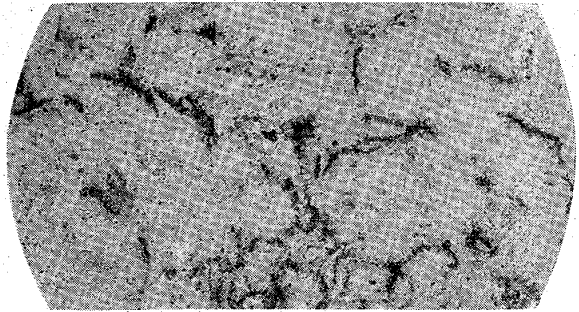
- | | |
|---|---|
| <p>1、長谷川熊彦 鐵と鋼 第12年第2,4號
 2、谷山、北川 " 第14年第4號
 3、小花 冬吉 日本鑛業會誌 第4輯
 武信 謙治 " 第100號
 岸 一太 東北大學金屬材料研究
 山口、武部、大村、理化學研究所彙報第3輯第5號
 大河内、眞島 鐵と鋼 第5年第10號
 井上、梅津 " 第8年第1,2,4號
 梅津 七藏 " 第10年第8號
 " " 第16年第3號
 井上 克巳、外二名、九大工學彙報、第2卷第1號
 門多、郡司 臺灣總督府中央研究所報告
 齋藤 雄治 金屬の研究 第4卷第6號
 岩瀨、齋藤、福島、箕作 " 第7卷第1,3號
 J. H. Heskett I. & S. I. 1920
 R. Durre S. u. E. 1920
 4、中村 幸雄 鐵と鋼 第6年第7號
 5、末兼 要 " 第4年第4號
 6、小島甚太郎 " 第12年第1號
 7、川合 得二 " 第1年第7號
 8、齋藤 大吉 " 第2年第4號
 9、J. W. Enans Canada dept of Mine 1906
 10、Thronton Titanium 1929
 11、久能、稻川 鐵と鋼 第7年第10號
 12、清水 重治 北光 第26號
 13、Williams & Sims Tech paper Bau. Mines
 No. 418. 1928.
 14、Piwowarsky Stahl und Eisen Mai 26. 1925.
 15、Bardenhauer Die Giesserei Heft 33. 1929.
 16、谷村 照 九大工學彙報 第1卷第3號
 17、Wüst The Foundry Trade Journal Vol.
 15. 1923.
 Corsallis " " Dec
 30. 1926.</p> | <p>Thyssen Emmel Stahl und Eisen 1926.
 Kringenstein " "
 Gilles Giesserei geitung April 15. 1926.
 Carl Rein " " Jan 1. 1930.
 松浦 春吉 機械學會誌 第29.卷第106號
 堀切 政康 鐵と鋼 第14卷第6,7號
 瀬戸 靜夫 " 第14卷第12號
 18、E. K. Smith & F. B. Rigann Foundry
 Jan 15. 1929.
 19、F. T. Sisco The Manufacture of Electric
 Steel
 20、Sisco and Kritz Das Elektrostahl verfahren
 1929.
 21、Stassano Elektrochem & Metal Ind Vol. VI.
 1908, Vol. IX 1911
 22、Goldschmidt & Neumann S. u. E. 1904.
 23、R. M. Keeney Tran Iron & Steel Inst
 Vol. I. 1902.
 24、Metallurgie 1920.
 25、P. Flodin. The Journal of Iron & Steel
 Inst Vol. II. 1928.
 26、Stanfield Canada dept of Mine 1909.
 27、Arnou
 28、Humbert } 石原富松氏直接製鋼法論文中より
 金屬の研究 第6卷第11號
 及 Herty }
 29、服部 漸 鐵と鋼 第15年第4號
 30、Amer. Soc. Steel treating Feb 13. 1928.
 31、Iron & Steel Inst. Nov. 1916.
 32、井上匡四郎、俄國一氏直接製鋼法論文中より
 鐵と鋼 第12年第9號
 33、岡田 陽一 " 第2年第6,7號
 平川 良彦 " 第11年第10號
 梅根常三郎 " 第14年第6號</p> |
|---|---|

山田 賀一 鐵と鋼 第12年第5號
 大平 一郎 鐵と鋼 第11年第6號
 内野 天牛 製鐵研究會記事 大正13年9月
 永川 啓藏 製鐵研究報告 大正13年8月
 福井 眞 鞍山鐵鋼會誌 昭和5年8月
 井上 克巳 九大工學彙報 第2卷第1號
 31、川口 正名 鐵と鋼 第9年第2,4號
 " " " 第10年第2號
 35、嘉村 平八 " 第9年第2號
 " " " 第10年第7號
 杉本 惣吉 " 第12年第6號
 大河内, 眞島 " 第5年第10號
 小澤 重明 " 第6年第11號
 三田, 鈴木, 淺輪 鞍山鐵鋼會誌 31. 1929
 足立, 荒川 日本鑛業會誌 35. 1919

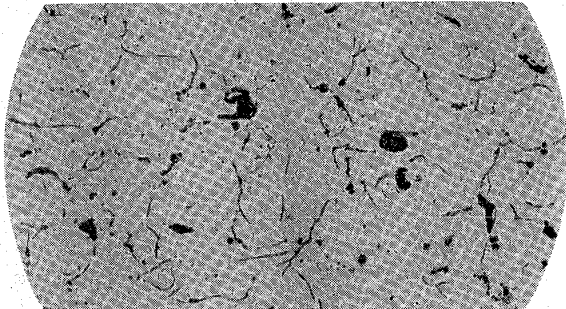
齋藤 雄治 金屬の研究 第4卷第10號
 H. H. Meyer Méteil. Kaiser-Wilh. Inst.
 Eisen-Fors. 10. 1928
 36、S. G. Smith. I. & C. T. R. Jan. 1924.
 E. G. Tournier Iron Age Mar. 1927.
 " " " July. "
 " " " Feb. 1928.
 I. Ruhrmann S. u. E. Aug. 1926.
 L. Rocaut Revue de Metallurgic Memolies
 May 1926.
 R. Wallace E. & M. J. Sep. 1926.
 Franke. Berlitung Handbuch der Briket.
 37、山田 賀一 鐵と鋼 第12年第5號
 38、岡田 陽一 " 第2年第6,7號



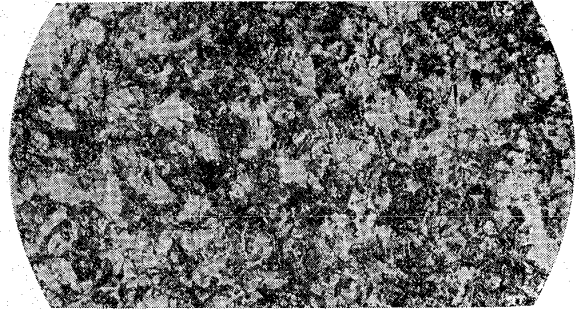
第1圖 a 鋼屑使用電氣爐製 ×100
 (%) C. 2.54 Si. 1.86 Mn. 40.4 抗張力 40.4 kg



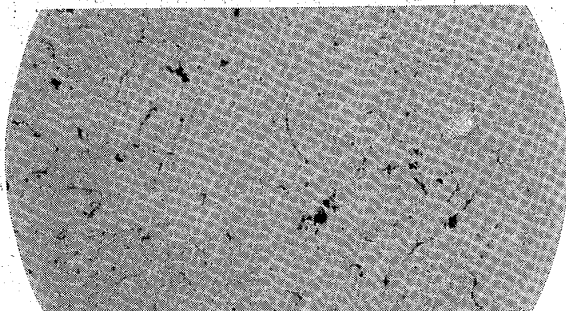
第1圖 b × 100
 ピクリン酸腐蝕



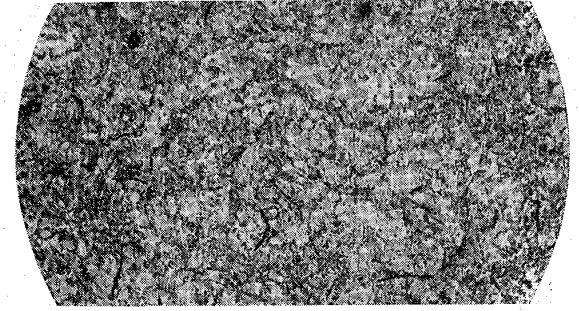
第2圖 a 鋼屑使用電氣爐製 × 100
 (%) C. 2.61 Si. 2.11 Mn. 0.87 抗張力 38.9 kg



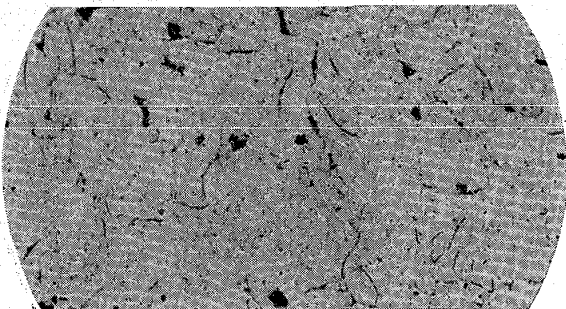
第2圖 b × 100
 ピクリン酸腐蝕



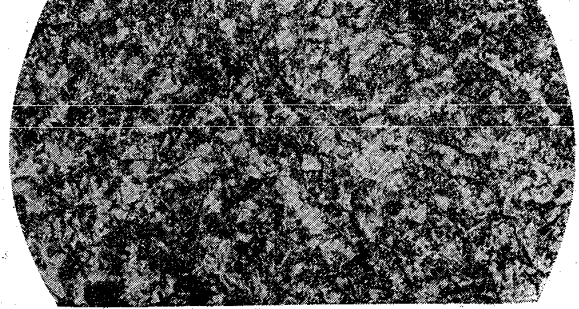
第3圖 a 鋼屑使用電氣爐製 × 100
 (%) C. 2.75 Si. 1.80 Mn. 1.02 抗張力 42.1 kg



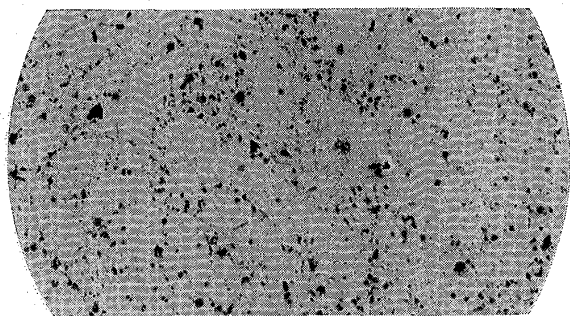
第3圖 b × 100
 ピクリン酸腐蝕



第4圖 a 鋼屑使用電氣爐製 × 100
 (%) C. 3.04 Si. 1.55 Mn. 0.76 抗張力 44.5 kg



第4圖 b × 100
 ピクリン酸腐蝕

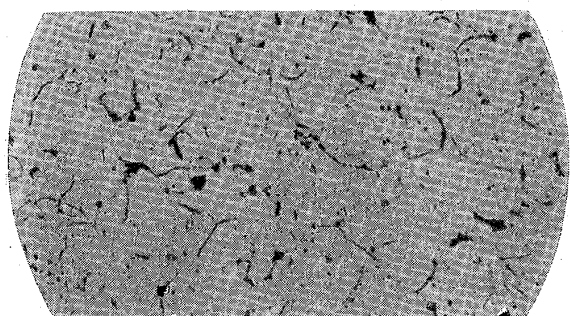


第 5 圖 a × 100

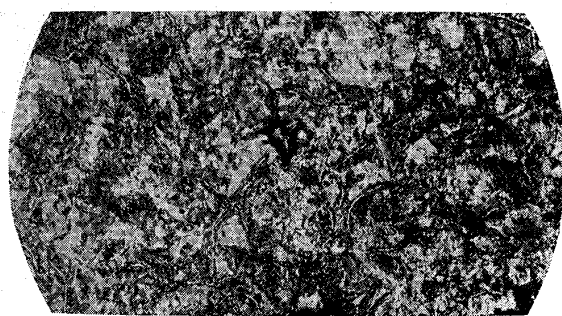


第 5 圖 b × 500

銑鐵及鋼屑使用電氣爐製 C. 2.70 Si. 1.65 Mn. 0.72 抗張力 37.5 kg

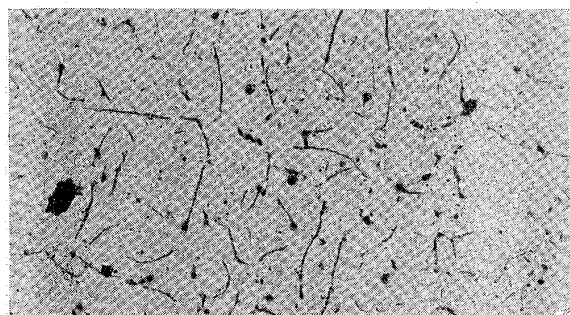


第 6 圖 a × 100



第 6 圖 b × 100

銑鐵及鋼屑使用電氣爐製 C. 2.89 Si. 1.64 Mn. 0.80 抗張力 30.2 kg

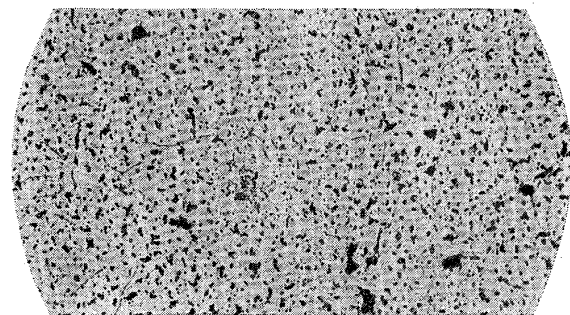


第 7 圖 a × 100

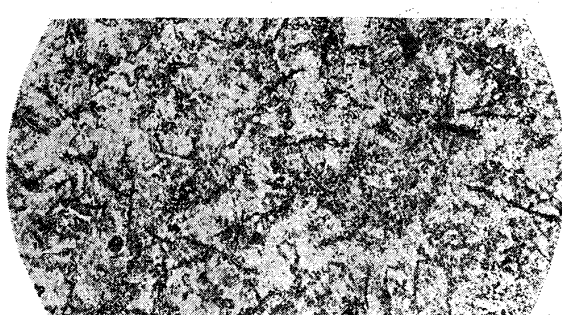


第 7 圖 b × 500

銑鐵及鋼屑使用電氣爐製 C. 2.92 Si. 2.07 Mn. 0.83 抗張力 38.9 kg

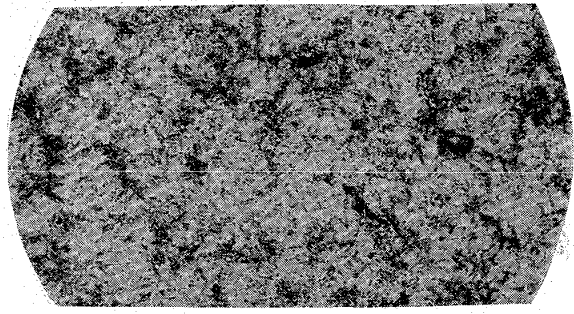
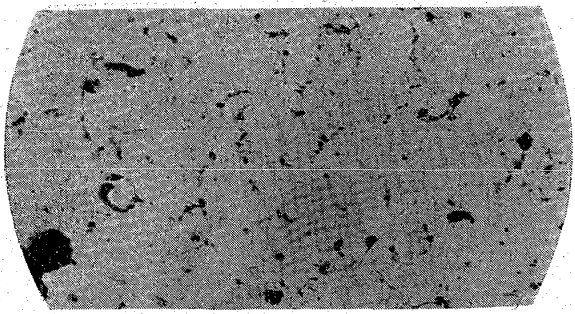


第 8 圖 a × 100

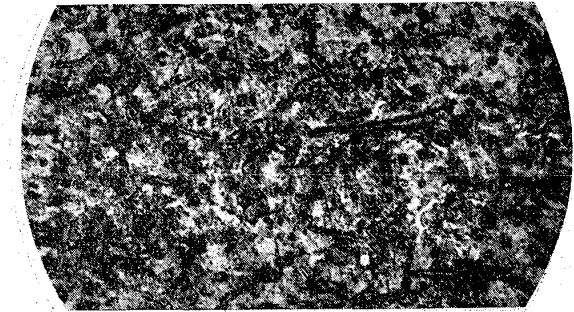
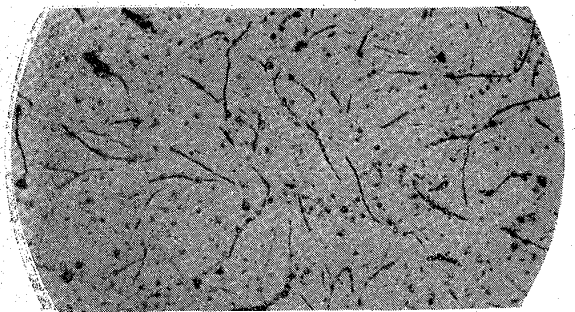


第 8 圖 b × 100

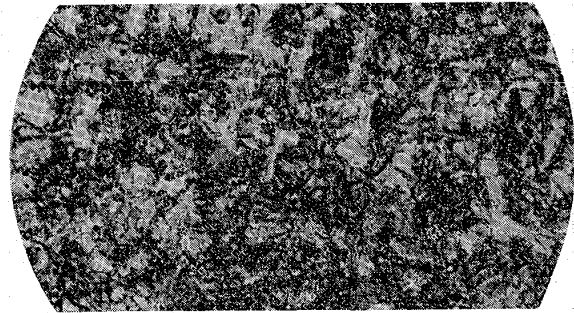
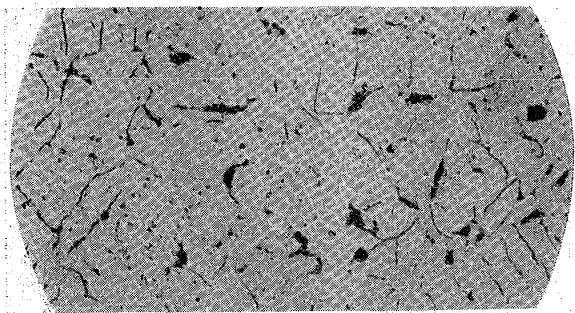
銑鐵及鋼屑使用電氣製 C. 3.09 Si. 2.13 Mn. 0.89 抗張力 37.8 kg



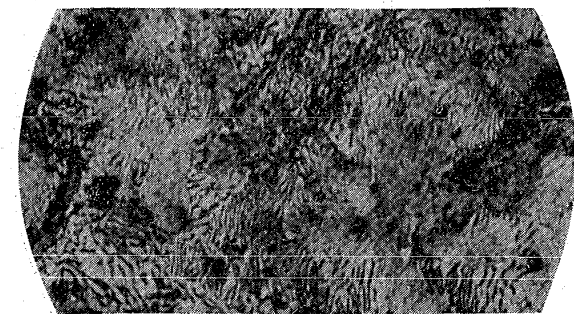
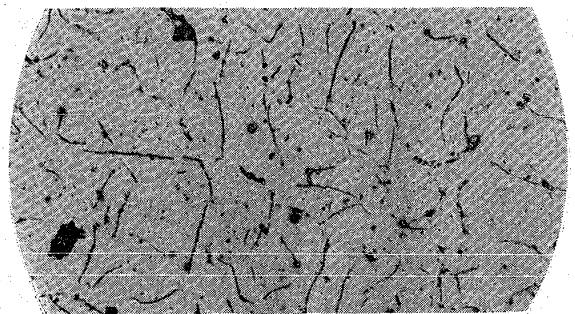
第 9 圖 a × 100 (%) 第 9 圖 b × 100
 銑鐵使用電氣爐製 C. 2.94 Si. 1.71 Mn. 1.16 抗張力 28.4 kg



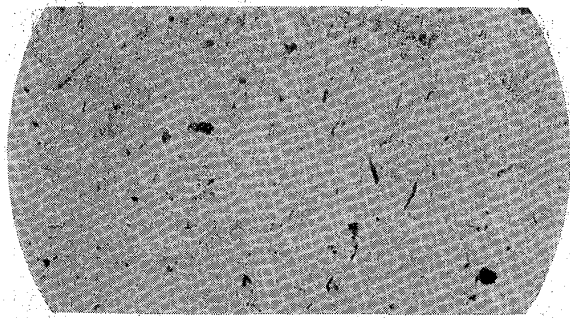
第 10 圖 a × 100 (%) 第 10 圖 b × 100
 銑鐵使用電氣爐製 C. 3.19 Si. 1.63 Mn. 0.87 抗張力 30.3 kg



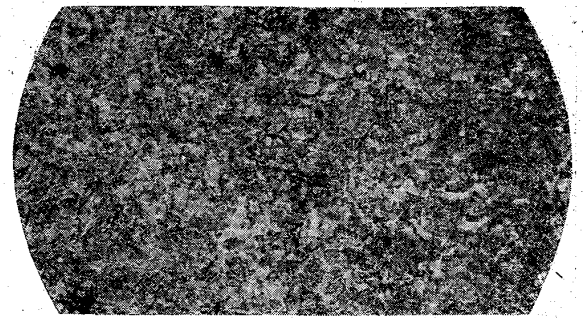
第 11 圖 a × 100 (%) 第 11 圖 b × 100
 銑鐵使用電氣爐製 C. 3.22 Si. 1.60 Mn. 0.89 抗張力 26.2 kg



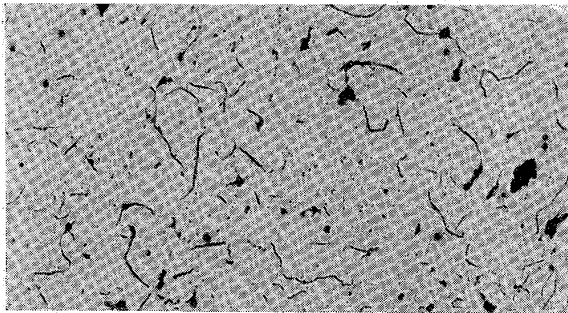
第 12 圖 a × 100 (%) 第 12 圖 b × 500
 銑鐵使用電氣爐製 C. 3.23 Si. 1.54 Mn. 1.12 抗張力 29.6 kg



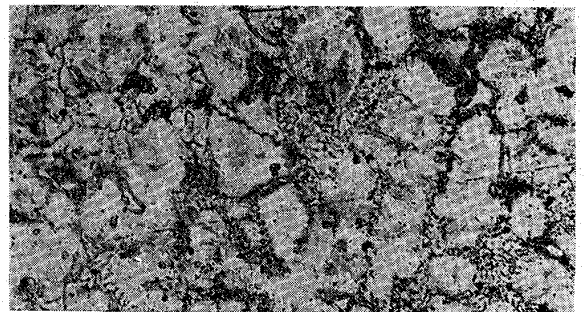
第 13 圖 a × 100
砂鐵使用電氣爐製 C. 2.80



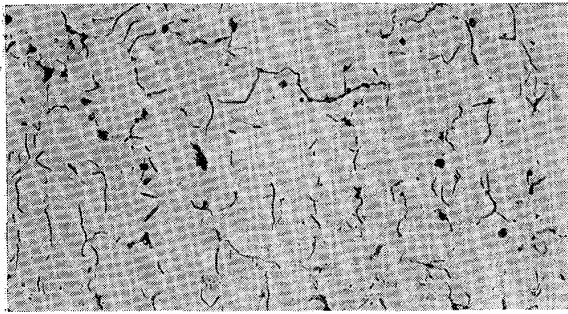
(%) 第 13 圖 b × 100
Si. 1.78 Mn. 0.84 抗張力 42.9 kg



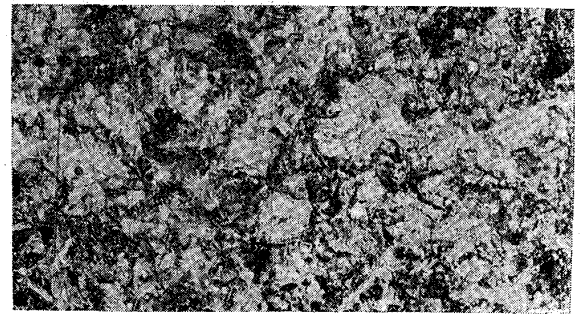
第 14 圖 a × 100
鋼鋸屑使用鎔銑爐製 C. 2.8



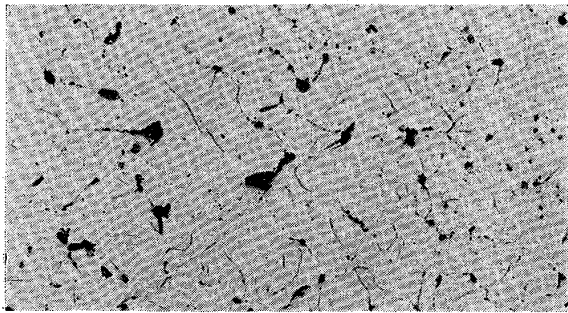
(%) 第 14 圖 b × 100
Si. 1.90 Mn. 1.19 抗張力 31.9 kg



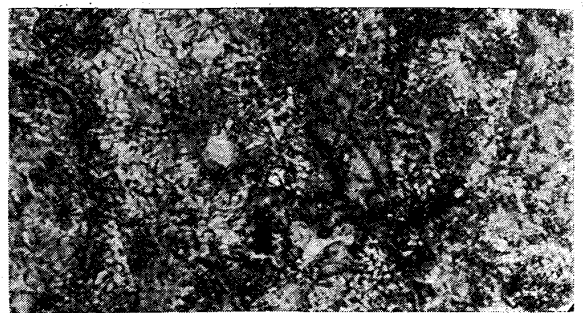
第 15 圖 a × 100
鋼鋸屑使用鎔銑爐製 C. 2.97



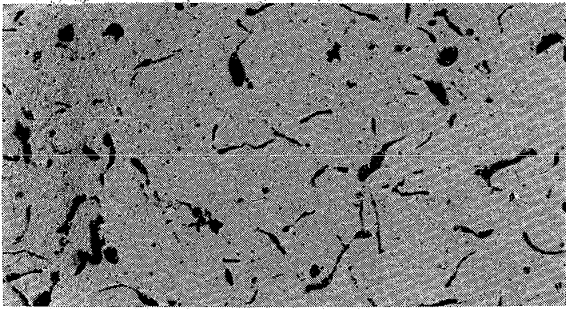
(%) 第 15 圖 b × 100
Si. 2.01 Mn. 1.22 抗張力 36.9 kg



第 16 圖 a × 100
銑鐵及鋼屑使用鎔銑爐製 C. 2.81

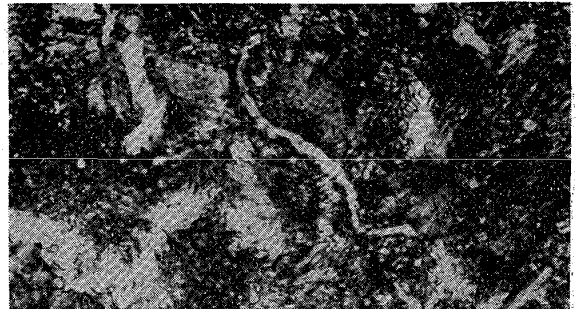


(%) 第 16 圖 b × 500
Si. 1.97 Mn. 1.13 抗張力 26.1 kg

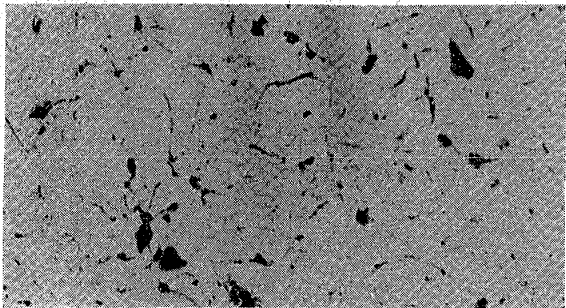


第 17 圖 a × 100

銑鐵及鋼屑使用鎔銑爐製 C. 2.99 Si. 1.08 Mn. 1.03 抗張力 22.8 kg



第 17 圖 b × 500

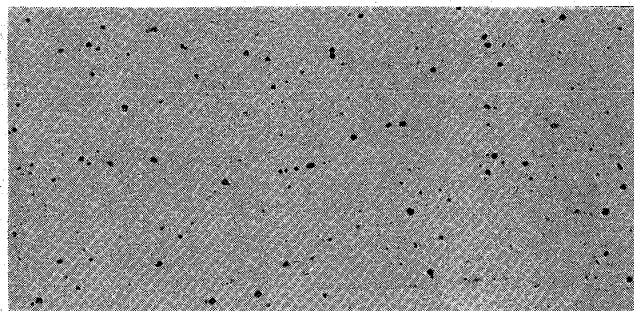


第 18 圖 a × 100

銑鐵及鋼屑使用鎔銑爐製 C. 3.27 Si. 1.07 Mn. 0.36 抗張力 24.7 kg

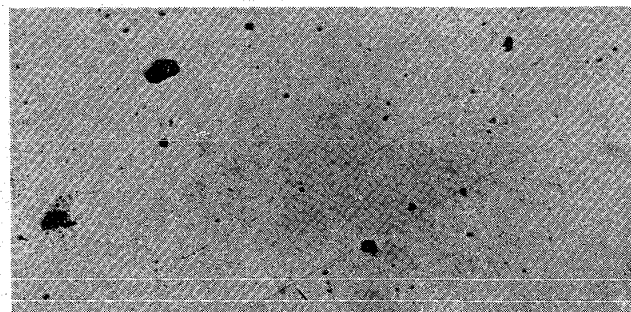


第 18 圖 b × 500



第 19 圖 アームコ鐵 × 100

(%) C. 0.035 Si. 0.02 Mn. 0.000 P. 0.000 S. 0.009



第 20 圖 電解鐵 × 100

(%) C. 0.030 Si. 0.000 Mn. 0.008 P. 0.021 S. 0.000