

4. 實際に平爐滓を使用する場合には、絶えず一定率丈棄てながら進む方法と、銑鐵の燐分が一定%に達する迄 full に使用し、其處で一日間全然使用を中止するといふ方法がある。平爐滓の利用率から云つて、前者は後者に優

れて居る。

最後に、此の小論文に御校閲並びに發表の御許可を賜つた末兼要重役、大村正篤重役に厚く御禮申上ます。(以上)

木炭銑の性質に就て

(日本鐵鋼協會第 12 回講演大會講演)

宮下格之助*

ON THE PROPERTIES OF COLD BLAST CHARCOAL PIG IRON.

By Kakunosuke Miyashita.

SYNOPSIS:—It is a well-known fact that cold blast charcoal pig iron has the far more superior qualities than that of coke pig iron, but is not yet clear that causes. The author studied the relation between the strength and the melting conditions, and finally determined the nitrogen content in the above test pieces.

The nitrogen obtained from these test pieces are, in cold blast charcoal pig 0.0008~0.0010%, in hot blast charcoal pig 0.0012~0.0020%, in electric arc furnace iron 0.0015~0.0035%, in coke pig 0.0017~0.0025%. The strength of cast iron is almost inverse proportional to the nitrogen content in the materials.

From these facts, the author concludes that the small contents of the nitrogen in cold blast charcoal pig iron is one of the main causes giving rise to its superior qualities.

I. 緒言

木炭銑が骸炭銑よりも性質の優れてをることは一般に知られてをるが未だ研究は不充分で原因¹⁾も明にされてゐない。

木炭銑にても冷風低壓のもののみが斷然優れた性質を有して熱風又は電氣爐製のものは骸炭銑と餘り差のないことが實際作業上より知られた事實である。

今迄木炭銑の研究材料として使用されてゐるのは電氣爐又は熱風高壓製のものと及びこれらの再熔解を行へるものであつて肝心なる冷風銑はあまり使用されてゐない。是迄木炭銑の優れた原因の明にされなかつた所以であると考へらる。

一般に鑄鐵の熔解溫度、存在する瓦斯の黒鉛化に及ぶ影響については多くの研究が行はれたが鑄鐵の性質に極めて影響の大なる材料の熱的履歴即ち鑄鐵の狀態及びその後の鑄解の歴史の黒鉛化に及ぶ影響については殆ど研究されて

ゐない。従つて今迄の研究結果では複雑な作業上の諸現象が十分に説明出來ず却つて逆の結果の表はれることが少なくない。

筆者は多數の木炭銑及び骸炭銑を使用して熔解溫度、熱的履歴、不純物等によつて如何に鑄鐵の諸性質が變化するかを測定して木炭銑の合理的熔解方法を見出さんとした。

II. 各種銑鐵の強さ及び熔解溫度の影響

各種の銑鐵(第 1 表)に冷風木炭銑を主材料とし反射爐にて熔解せる A、又は骸炭銑を材料とした B を配合し坩堝爐にて壓縮空氣の量を調節して 1,300°C, 1,400°C, 1,500°C にて熔解し珪素鐵を加へ全部同様な化學成分となし 25mm 角及び 25mm 徑、300mm 長さの乾燥砂型に同一溫度より鑄込み抗張力、横折抗力、衝擊抗力を測定し且つ顯微鏡組織を比較した。坩堝は黒鉛製 10 番でアルミナの裏付を施し溫度の測定は Foster optical pyrometer を使用した。試験片は第 1 圖の如くした、但し横折試験は衝擊試験片の半分を用ひ 80mm スパンとし相對的の強さを求めた。

實驗結果は第 2 表~第 7 表に示した、表中横折抗力は 2 回(第 2~5 表)又は 4 回(第 6~7 表)の平均值である

* 戸畑鑄物株式會社

¹⁾ Johnson: Found. Trade. J. 21, 1919.

Shaw: Foundry 49, 1921, p. 759.

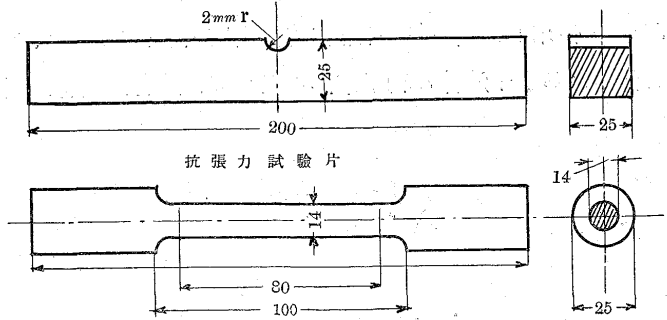
Oberhoffer u. Piwowarsky: St. u. E. 1927, S. 524.

Eckmann, Jordan, Jominy: Foundry: 54, 1926, p. 506.

第 1 表

銑鐵製造方法	銑鐵名	銑破面	化學成分%				
			T.C	Si	Mn	P	S
木炭銑	冷風	安來白	3.5~3.75	0.20~0.40	0.20	0.15	0.020
		暮白	3.7~3.80	0.19~0.30	0.10	0.25~0.30	0.027
		大暮白	3.7~3.80	0.19~0.30	0.10	0.25~0.30	0.025
		大暮鼠	3.7~3.80	0.60~0.8	0.10	0.25~0.30	0.025
		マイソール	3.83	0.40	0.27	0.14	0.025
	熱風	リグレー	3.72	1.72	0.38	0.52	0.012
		スノーデン	4.02	0.83	0.55	0.013	0.015
		木次電氣爐	3.68	0.10	0.10	0.05	0.020
		三菱砂鐵銑	3.71	0.16	0.01	0.12	0.060
		兼二浦山石	3.90	0.21	0.26	0.16	0.026
骸炭銑、熱風	兼鞍釜	3.87	0.65	0.63	0.23	0.070	
		3.90	0.19	0.08	0.31	0.027	

第 1 圖 衝擊試驗片



第 2 表 銑鐵 50%

A (T.C 2.86, Si 0.65, Mn 0.23, P 0.46, S 0.073) 50%

銑鐵	番號	熔解溫度°C	化學成分%					抗張力 kg/mm ²	衝擊抗力 mkg/(25m m) ²	橫折抗力 kg/(25m m) ²	
			T.C	Si	Mn	P	S				
木炭銑	冷風-1	16	1,300	3.08	1.58	0.27	0.37	0.046	31.5	3.68	8,010
		21	1,400	3.06	1.52	0.27	0.40	0.037	—	2.35	7,400
		26	1,500	3.10	1.58	0.20	0.37	0.043	23.0	3.04	7,650
	熱風-1	15	1,300	3.12	1.35	0.17	0.40	0.036	24.6	2.37	6,160
		20	1,400	3.03	1.53	0.17	0.38	0.047	27.0	2.50	6,430
		25	1,500	3.15	1.33	0.15	0.37	0.038	24.0	3.04	5,530
	熱風-2	19	1,300	3.22	1.48	0.20	0.50	0.037	24.8	2.56	6,150
		24	1,400	3.24	1.58	0.25	0.54	0.036	26.5	2.42	6,980
		29	1,500	—	—	—	—	—	—	—	—
	熱風-3	17	1,300	—	—	—	—	—	26.0	3.48	6,450
		22	1,400	—	—	—	—	—	—	4.36	6,370
		27	1,500	—	—	—	—	—	26.5	3.04	6,770
骸炭銑	熱風-1	18	1,300	3.00	1.30	0.18	0.47	0.047	20.5	3.22	6,250
		23	1,400	3.02	1.24	0.25	0.45	0.038	20.7	2.51	6,750
		28	1,500	3.07	1.43	0.23	0.45	0.056	25.5	2.86	6,810

第 3 表 銑鐵 50%

A (T.C 2.88, Si 0.71, Mn 0.24, P 0.46, S 0.073) 50%

銑鐵	番號	熔解溫度°C	化學成分%					抗張力 kg/mm ²	衝擊抗力 mkg/(25m m) ²	橫折抗力 kg/(25m m) ²	
			T.C	Si	Mn	P	S				
木炭銑	冷風-1	35	1,300	3.00	1.51	0.26	0.29	0.056	31.6	3.60	7,330
		40	1,400	3.10	1.43	0.25	0.28	0.054	24.0	3.04	6,370
		45	1,500	3.00	1.45	0.23	0.28	0.038	21.3	3.04	6,110
	熱風-1	34	1,300	2.96	1.54	0.17	0.40	0.043	24.1	2.86	6,610
		39	1,400	3.26	1.34	0.17	0.42	0.056	22.8	3.22	5,480
		44	1,500	3.12	1.62	0.20	0.42	0.038	23.0	1.82	4,910
	熱風-2	38	1,300	3.00	1.69	0.35	0.47	0.048	27.1	2.35	6,820
		43	1,400	3.20	1.41	0.26	0.48	0.046	23.5	2.15	6,300
		48	1,500	3.15	1.67	0.27	0.48	0.056	23.9	2.86	6,125
	熱風-3	36	1,300	2.88	1.23	0.10	0.39	0.053	—	3.30	4,750
		41	1,400	3.01	1.27	0.15	0.38	0.053	—	2.51	6,390
		46	1,500	3.00	1.67	0.15	0.39	0.045	22.2	2.86	5,180
骸炭銑	熱風-1	37	1,300	—	—	—	—	—	22.0	3.22	4,940
		42	1,400	—	—	—	—	—	24.0	3.30	5,850
		47	1,500	3.13	1.51	0.13	0.26	0.045	21.3	3.44	5,350

第 4 表 銑鐵 50%

A (T.C 2.83, Si 0.71, Mn 0.24, P 0.46, S 0.068) 50%

銑鐵	番號	熔解溫度°C	化學成分%					抗張力 kg/mm ²	衝擊抗力 mkg/(25m m) ²	橫折抗力 kg/(25m m) ²	
			T.C	Si	Mn	P	S				
木炭銑	冷風-1	85	1,300	3.00	1.47	0.23	0.41	0.049	30.7	3.79	9,620
		90	1,400	3.00	1.35	0.25	0.41	0.049	24.0	4.78	8,720
		95	1,500	3.10	1.35	0.16	0.41	0.050	25.7	3.90	8,050
	冷風-2	86	1,300	3.02	1.34	0.16	0.38	0.045	29.8	5.70	9,970
		91	1,400	—	—	—	—	—	25.5	3.83	7,630
		96	1,500	3.10	1.22	0.22	0.39	0.059	25.5	2.51	6,960
	熱風-1	84	1,300	3.18	1.64	0.23	0.38	0.047	20.0	2.67	6,450
		89	1,400	3.24	1.67	0.14	0.40	0.040	24.3	2.54	7,110
		94	1,500	3.20	1.37	0.16	0.41	0.040	18.6	3.13	5,090
熱風-2	88	1,300	3.11	1.62	0.23	0.49	0.040	27.6	2.67	7,140	
	92	1,400	3.05	1.50	0.23	0.47	0.046	27.0	3.11	8,450	
	98	1,500	3.05	1.50	0.20	0.50	0.048	23.3	—	7,350	
熱風-4	—	1,300	3.05	1.59	0.33	0.25	0.043	26.2	2.67	8,160	
	—	1,400	3.07	1.67	0.33	0.25	0.043	26.3	3.11	7,840	
	—	1,500	3.05	2.02	0.33	0.25	0.041	—	—	—	
熱風-5	—	1,300	3.06	1.38	0.15	0.31	0.038	25.2	3.60	7,750	
	—	1,400	3.10	1.35	0.15	0.31	0.038	24.7	2.86	7,700	
	—	1,500	3.03	1.37	0.15	0.31	0.038	23.3	—	7,230	
電氣-1	86	1,300	—	—	—	—	—	28.2	3.22	5,580	
	91	1,400	—	—	—	—	—	—	3.79	6,750	
	96	1,500	—	—	—	—	—	22.6	3.79	7,000	
骸炭銑	熱風-1	87	1,300	3.07	1.30	0.31	0.41	0.044	27.5	2.57	7,940
		91	1,400	3.18	1.23	0.25	0.36	0.040	18.0	3.69	7,940
		97	1,500	3.13	1.14	0.22	0.42	0.048	22.0	2.40	7,750

第 5 表 銑鐵 50%

A (T.C 2.88, Si 0.69, Mn 0.24, P 0.46, S 0.063) 50%

銑鐵	番號	熔解溫度°C	化學成分%					抗張力 kg/mm ²	衝擊抗力 mkg/(25m m) ²	橫折抗力 kg/(25m m) ²	
			T.C	Si	Mn	P	S				
木炭銑	冷風-1	100	1,300	3.00	1.28	0.13	0.37	0.044	30.3	2.51	7,880
		105	1,400	2.83	1.19	0.13	0.39	0.047	26.5	2.51	6,440
		110	1,500	2.85	1.30	0.11	0.38	0.047	24.5	2.69	6,330
	熱風-1	99	1,300	3.00	1.70	0.16	0.39	0.038	23.8	2.40	6,710
		104	1,400	3.18	1.50	0.18	0.41	0.036	24.3	—	7,230
		109	1,500	3.18	1.57	0.11	0.39	0.038	22.8	3.60	6,200
	熱風-2	103	1,300	2.98	1.74	0.18	0.41	0.036	23.7	2.56	6,980
		108	1,400	3.00	2.07	0.23	0.51	0.038	23.3	—	7,080
		113	1,500	3.04	2.10	0.18	0.50	0.045	22.3	2.56	6,270

鉄	熱風-3	101	1,300	2.85	1.21	0.14	0.37	0.045	26.4	2.69	6,550
		106	1,400	3.03	1.24	0.11	0.37	0.048	—	2.72	6,580
		111	1,500	3.07	1.35	0.13	0.37	0.050	17.2	2.86	6,380
電氣-1	114	1,300	3.17	1.17	0.13	0.33	0.041	25.7	3.28	6,340	
	116	1,400	3.00	1.13	0.13	0.37	0.042	24.0	2.75	6,800	
	117	1,500	3.00	1.27	0.13	0.33	0.046	22.0	2.95	6,380	
骸炭鉄	熱風-1	102	1,300	3.00	1.21	0.13	0.37	0.040	23.3	2.40	6,980
		107	1,400	3.07	1.35	0.11	0.37	0.045	27.0	—	7,080
		112	1,500	3.10	1.25	0.11	0.37	0.043	22.4	2.35	7,270
鉄	熱風-2	160	1,300	3.12	1.36	0.18	0.45	0.068	24.0	2.36	6,350
		161	1,400	3.11	1.28	0.20	0.44	0.071	24.8	2.08	6,630
		162	1,500	3.09	1.26	0.22	0.45	0.075	24.1	2.18	6,750

電氣-1	303	1,300	2.99	1.69	—	—	—	—	—	2.51	7,890	
	304	1,400	3.00	1.72	—	—	—	—	—	2.79	8,450	
	305	1,500	3.03	1.75	—	—	—	—	—	2.70	8,280	
骸炭鉄	熱風-1	318	1,300	3.10	1.59	—	—	—	—	—	2.61	7,200
		319	1,400	3.09	1.62	—	—	—	—	—	2.87	6,910
		320	1,500	3.03	1.55	—	—	—	—	—	3.40	7,570
炭鉄	熱風-2	321	1,300	3.01	1.69	—	—	—	—	—	2.26	6,560
		322	1,400	3.00	1.72	—	—	—	—	—	2.51	7,570
		323	1,500	2.99	1.75	—	—	—	—	—	2.24	7,030
鉄	熱風-3	324	1,300	3.03	1.58	—	—	—	—	—	2.51	6,680
		325	1,400	2.98	1.63	—	—	—	—	—	1.88	6,310
		326	1,500	3.05	1.52	—	—	—	—	—	2.77	7,520

第6表 鉄鐵 33%

A(T.C 2.83, Si 0.68, Mn 0.24, P 0.47, S 0.071)67%

鉄 鐵	番 號	溶解温度°C	化學成分%					衝擊抗力 mkg/(25mm) ²	横折抗力 kg/(25mm) ²		
			TC	Si	Mn	P	S				
木炭鉄	冷風-1	336	1,300	3.06	1.38	0.18	0.35	0.044	3.4 ⁰	9,220	
		337	1,400	3.00	1.54	0.18	0.35	0.046	2.6 ²	8,180	
		338	1,500	3.02	1.46	0.18	0.37	0.052	3.0 ³	7,740	
木炭鉄	冷風-2	330	1,300	3.05	1.36	0.18	0.35	0.035	3.40	7,770	
		331	1,400	3.07	1.41	0.18	0.35	0.038	2.83	7,630	
		332	1,500	3.04	1.37	0.18	0.35	0.040	2.85	6,560	
木炭鉄	熱風-1	333	1,300	3.06	1.33	0.18	0.43	0.038	2.72	8,440	
		334	1,400	3.00	1.06	0.18	0.41	0.046	2.79	6,830	
		335	1,500	3.14	1.23	0.18	0.41	0.060	4.08	7,540	
木炭鉄	熱風-2	356	1,300	3.04	1.28	0.23	0.46	0.053	2.93	7,590	
		357	1,400	3.02	1.21	0.20	0.37	0.051	2.33	7,260	
		358	1,500	2.89	1.20	0.22	0.42	0.048	3.28	8,440	
木炭鉄	熱風-4	353	1,300	3.10	1.38	0.26	0.33	0.052	3.21	8,400	
		354	1,400	—	—	—	—	—	—	—	—
		355	1,500	3.07	1.16	0.30	0.32	0.053	3.28	7,950	
木炭鉄	熱風-5	359	1,300	3.03	1.46	0.20	0.36	0.048	3.68	7,830	
		360	1,400	3.13	1.43	0.23	0.38	0.048	3.13	8,260	
		361	1,500	3.09	1.68	0.22	0.31	0.050	3.40	8,540	
木炭鉄	電氣-1	339	1,300	3.00	1.51	0.18	0.35	0.052	2.9 ⁵	7,990	
		340	1,400	2.86	1.56	0.18	0.35	0.051	3.0 ⁰	7,650	
		341	1,500	2.96	1.47	0.18	0.34	0.053	3.28	8,000	
木炭鉄	電氣-2	348	1,300	2.88	1.52	0.18	0.37	0.065	3.03	7,880	
		349	1,400	2.88	1.43	0.18	0.36	0.067	3.22	8,240	
		350	1,500	2.88	1.56	0.18	0.36	0.070	3.58	7,450	
骸炭鉄	熱風-1	342	1,300	—	—	—	—	—	3.22	6,740	
		343	1,400	2.95	1.41	0.18	0.39	0.055	3.22	8,250	
		344	1,500	3.14	1.41	0.18	0.38	0.058	3.28	7,900	
骸炭鉄	熱風-2	345	1,300	2.98	1.34	0.32	0.39	0.070	3.12	8,750	
		346	1,400	2.87	1.29	0.28	0.40	0.069	4.28	8,400	
		347	1,500	2.98	1.63	0.18	0.39	0.084	3.50	8,680	

第7表 鉄鐵 33%

B(T.C 3.01, Si 1.82, Mn 0.73, P 0.21, S 0.043)67%

鉄 鐵	番 號	溶解温度°C	化學成分%					衝擊抗力 mkg/(25mm) ²	横折抗力 kg/(25mm) ²	
			TC	Si	Mn	P	S			
木炭鉄	冷風-1	300	1,300	2.98	1.68	—	—	—	3.52	9,220
		301	1,400	3.02	1.53	—	—	—	2.27	7,220
		302	1,500	2.99	1.59	—	—	—	2.89	8,080
木炭鉄	冷風-2	306	1,300	2.88	1.65	—	—	—	—	8,500
		307	1,400	2.98	1.63	—	—	—	2.29	6,940
		308	1,500	2.93	1.58	—	—	—	2.05	7,450
鉄	熱風-1	309	1,300	2.90	1.32	—	—	—	2.43	7,500
		310	1,400	2.93	1.48	—	—	—	3.00	7,250
		311	1,500	2.89	1.45	—	—	—	2.44	6,980

鉄鐵を 50% 使用せる第 2~5 表の結果を平均すると第 8 表に示す如くなる。

第 8 表

強 さ	溶解温度°C	木 炭 鉄					骸炭鉄 熱風-1
		冷風-1	熱風-1	熱風-2	熱風-3	電氣-1	
抗 張 力 kg/mm ²	1,300	31.02	23.12	25.80	26.20	26.95	23.32
	1,400	24.83	24.60	25.07	26.30	24.70	22.50
	1,500	23.70	22.10	23.17	24.35	23.70	22.50
衝 撃 抗 力 mkg(25mm) ²	1,300	3.40	2.58	2.54	3.08	3.25	2.85
	1,400	3.17	2.76	2.56	3.59	3.27	3.17
	1,500	3.16	2.92	2.86	2.95	3.37	2.76
横 折 抗 力 kg/(25mm) ²	1,300	8210	6655	6772	5917	5960	5940
	1,400	7232	6897	7202	6447	6775	6607
	1,500	7035	5997	6581	6110	6690	6607

Piwowarsky²⁾ 氏が鑄鐵は高温熔解を行ふ程強さの増すことを唱へてより他の學者³⁾ も同様に考へた。本実験によれば熔解温度の影響は鉄鐵の種類によつて異なることが解る。即ち冷風木炭鉄は低温熔解のとき強さが著しく大であつて熔解温度の上昇につれて強さは減少する。熱風木炭鉄は低温熔解に於ても強さは冷風に比して小さい、温度の上昇につれて同様に弱いものとなる。電氣爐製木炭鉄は極く低温にて作つても尙その性質は熱風木炭鉄に似る。骸炭鉄は木炭鉄に比べて強さは小さく、熔解温度によつて餘り強さは變化せず却つて幾分増加する傾がある。

之らの顯微鏡組織を觀るに寫眞(1)に示す如く冷風木炭鉄を低温熔解せるものは、黒鉛が極めて細く遊離セメントタイトの存在せぬ良好な組織であるが、熔解温度の上昇につれて黒鉛は大形となり同時に遊離セメントタイトが表はれる熱風木炭鉄は低温熔解にて既に黒鉛は大形となり遊離セメントタイトを生じ熔解温度の上昇によつて更に黒鉛は大形になり遊離セメントタイトも増加する。電氣爐鉄及び骸炭鉄は熔解温度の高低に係らず常に黒鉛は大形に且つ多くのセメントタイトを生ず。結局鉄鐵の製造に高温熔解を行ふたもの

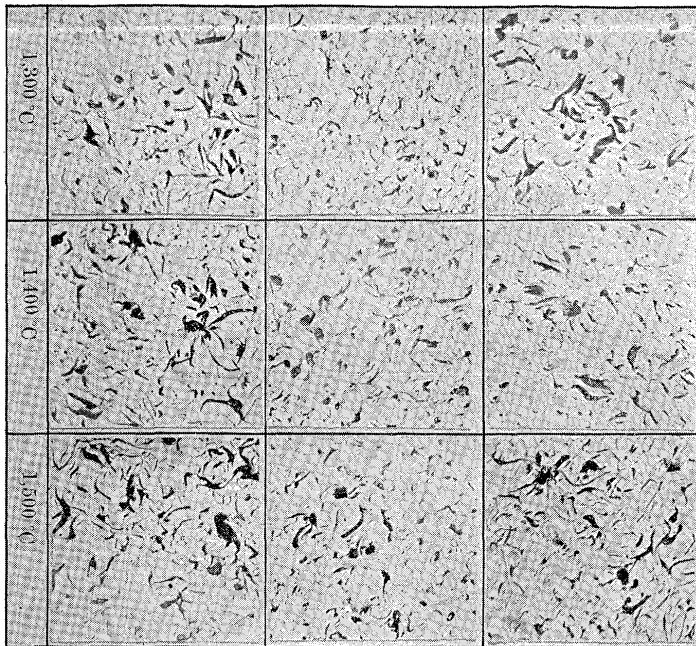
²⁾ Piwowsky: St. u. E. 1925, S. 1455.

³⁾ Bardenheuer: Die Giesserei, 1928, S. 693.

Klingenstein: Giesserei Zft. 1927, S. 333.

寫 眞 (1)

熱風木炭銑 冷風木炭銑 骸炭銑 ×40



程黒鉛は大形に且つ遊離セメントを多量に生ずる。骸炭銑にあつては強さが小なるばかりでなく遊離セメントを残留し易く従つて熱傳導度を不良ならしめるから熱間材料として木炭銑の使用を優れりとする。

III. 鑄鐵爐作業と銑鐵の性質

鑄鐵の強さが其の生れた鑄鐵爐の状態によつて變化することは從來あまり研究されてゐない。同一製造所の銑鐵にても時により性質に不同がある。前記實驗に照らし高温熔解を受けたと考へられる銑鐵程性質の不良なることが知られた。更に是を確めるため、中國山中の 15 瓏木炭鑄鐵爐

第 9 表

木炭銑 番 號	風 溫	風壓	銑破面	化學成分%				
				T.C	Si	Mn	P	S
1	熱	低	白鼠	3.54	0.26	0.12	0.28	0.011
2	熱	高	白鼠	3.50	0.51	0.04	0.25	0.038
3	冷	低	白鼠	3.61	0.19	0.05	0.25	0.033
4	冷	低	白鼠	3.57	0.14	0.06	0.24	0.030
5	冷	中	白鼠	3.78	0.45	0.12	0.23	0.008
6	冷	中	白鼠	—	—	—	—	—
7	熱	高	白鼠	3.77	0.47	0.11	0.23	0.010

寫 眞 (2) 鑄鐵爐作業と銑鐵の性質

高壓熱風 低壓冷風 高壓冷風 低壓熱風 ×40



を使用し、風壓と溫度を種々に變へて銑鐵を作り前同様な實驗を行つた。其の使用銑鐵は第9表に示す。

此等の銑鐵を 33% 使用した場合の強さを第 10 表に掲げる。表中抗張力及び横折抗力は 2 回の平均値である。

第 10 表

番 號	使用 銑鐵	溶解 溫度 °C	化學成分%					抗張力 kg/ mm ²	衝擊抗 力 kg / (25 m m) ²	横折抗 力 kg/ (25 m m) ²
			T.C	Si	Mn	P	S			
590	1 號	1,300	3.09	1.49	0.18	0.40	0.050	27.9	3.13	7,840
591		1,400	3.12	1.52	0.18	0.40	0.048	28.5	2.83	6,920
592		1,500	3.09	1.31	0.18	0.40	0.045	28.9	3.98	7,360
593	2 號	1,300	3.11	1.31	0.18	0.41	0.035	24.5	3.40	7,055
594		1,400	3.14	1.30	0.18	0.41	0.045	27.2	3.68	7,630
595		1,500	3.09	1.29	0.18	0.42	0.036	24.3	3.60	7,990
596	3 號	1,300	3.07	1.42	0.18	0.42	0.043	31.4	4.70	9,460
597		1,400	3.14	1.41	0.18	0.41	0.045	31.2	3.40	7,630
598		1,500	3.00	1.22	0.18	0.40	0.044	—	3.03	7,400
599	4 號	1,300	3.03	1.69	0.18	0.40	0.035	30.1	3.22	9,120
600		1,400	3.08	1.39	0.18	0.42	0.040	27.5	2.85	7,080
601		1,500	3.11	1.59	0.18	0.41	0.050	26.5	—	8,620
602	5 號	1,300	3.17	1.41	0.17	0.42	0.042	25.0	4.28	8,200
603		1,400	3.13	1.39	0.17	0.42	0.040	26.6	3.68	7,000
604		1,500	3.14	1.27	0.17	0.41	0.042	22.7	3.68	7,150
605	6 號	1,300	3.06	1.45	0.17	0.47	0.050	—	3.68	7,140
606		1,400	3.08	1.21	0.17	0.52	0.055	—	3.22	6,420
607		1,500	—	—	—	—	—	—	—	—
608	7 號	1,300	3.07	1.36	0.17	0.42	0.035	25.2	2.66	6,995
609		1,400	3.15	1.54	0.17	0.43	0.035	—	3.03	7,440
610		1,500	3.14	1.54	0.17	0.42	0.042	24.7	2.48	6,860

此等の結果より同じ製造所の木炭銑にても製産状態殊に風の溫度壓力によつて著しくその性質は異なり、冷風低壓にて作ることが必要である。又之等の試料の組織を觀ると 3 號、4 號以外は何れも黒鉛が大形に、遊離セメントも表はれて骸炭銑の如き組織となつてゐる (寫眞 2)。

3 號、4 號を使用しても熔解溫度の上昇につれて次第にその組織が熱風高壓の銑鐵に似て來る。即ち木炭銑にても低溫低壓にて作つたものを更に低溫度にて熔解したものが最も良好な性質となることが知られる。

IV. 不純物の影響

次に外氣より鑄鐵に入る不純物の影響に就て探求せんとする。冷風木炭銑及び骸炭銑を坩堝にて熔解するに當り、一方には蓋を作り外氣の侵入を防ぎ、他方は開放し外氣と

自由に接觸せしめ、夫々 1,500°C の高温熔解を行ふた。冷風銑の場合に蓋を着けると黒鉛は小形に遊離セメントの存在せぬ良好なもの出来るが、蓋を着けざるものは黒鉛が大形に遊離セメントも表はれる。之に反して骸炭銑の場合には殆ど蓋の有無が組織に影響を及ぼさず常に大形の黒鉛と遊離セメントを生ずる。故に良好なる冷風木炭銑を熔解するに當つては外氣より吸收される不純物に充分な注意を拂ふ事が必要である。

外氣よりは主に酸素及び窒素が吸收されるが、茲には比較的解析し易い窒素について實驗せんとす。

赤血鹽 $K_3[Fe(CN)_6]$ を熔鐵中に投入すると分解して發生機の窒素を發生し鐵中に入らしめることが出来る。この方法により鑄鐵に及ぶ窒素の影響を研究した。

冷風木炭銑及び骸炭銑を坩堝にて 1,300°C の低温熔解を行ひ珪素鐵を加へ同様な化學成分とし、之に赤血鹽を加へ充分攪拌し乾燥砂型に鑄込みたるものにつき強さ及び組織を比較した。

衝撃抗力は第 11~14 表に掲げた、横折抗力は第 11~14 表の試料にて行ひ、其の 2~4 回の平均値を圖示した(第 2 圖)。抗張力は第 13~14 表の試料にて行ひ之を第 2 圖に示した。

此等の結果より冷風木炭銑には窒素が極めて有害である

第 11 表 冷風木炭銑 50%

番號	投入赤血鹽	T.C	Si	Mn	P	S	衝撃抗力 mkg/(25 mm) ²
263	ナシ	3.00	1.83	0.20	0.37	0.049	3.40
264	0.1%	2.95	1.86	0.18	0.37	0.042	2.16
265	0.2	2.96	1.89	0.18	0.38	0.050	2.25
266	0.3	2.96	1.93	0.18	0.36	0.045	2.85
267	0.5	2.94	1.93	0.17	0.36	0.045	2.56
268	1.0	2.97	1.43	0.18	0.32	0.048	2.48

第 12 表 骸炭銑 50%

番號	投入赤血鹽	T.C	Si	Mn	P	S	衝撃抗力 mkg/(25 mm) ²
258	ナシ	3.05	1.68	0.21	0.36	0.048	2.85
259	0.1%	3.03	1.57	0.21	0.36	0.045	3.03
260	0.2	3.05	1.65	0.21	0.37	0.049	2.48
261	0.3	3.02	1.62	0.21	0.36	0.050	2.40
262	0.5	3.00	1.59	0.21	0.36	0.045	2.85

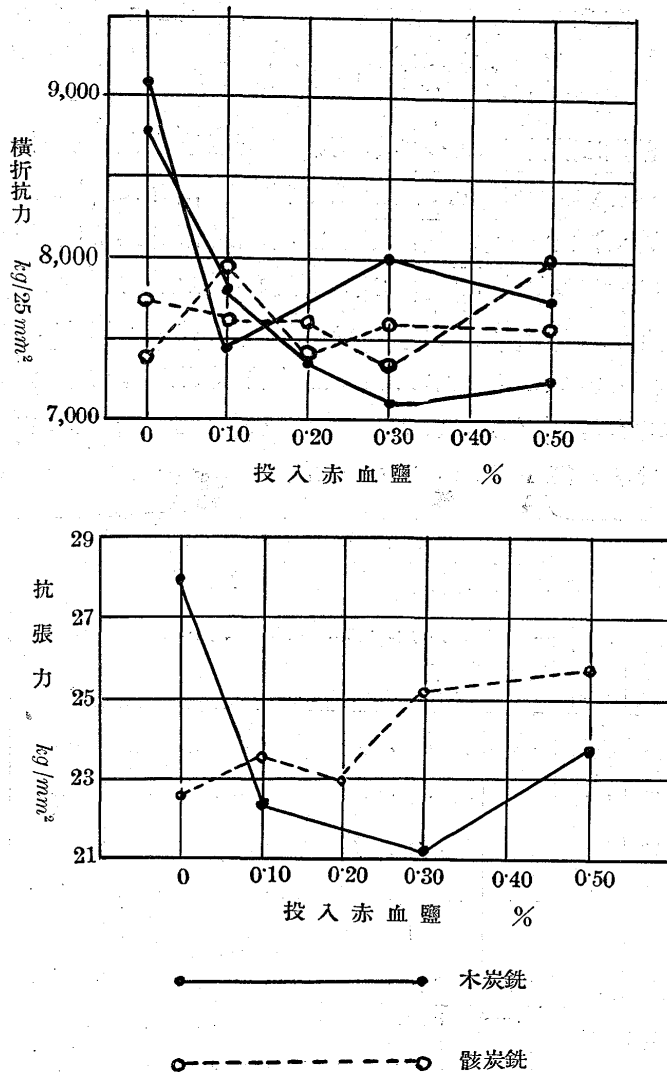
第 13 表 冷風木炭銑 60%

番號	投入赤血鹽	T.C	Si	Mn	P	S	衝撃抗力 mkg/(25 mm) ²
400	ナシ	2.98	1.67	0.20	0.28	0.038	3.13
403	0.1%	3.04	1.60	0.23	0.28	0.039	2.85
404	0.2	—	—	—	—	—	—
405	0.3	3.12	1.38	0.22	0.28	0.030	3.03
406	0.5	3.11	1.65	0.23	0.28	0.032	2.48

第 14 表 骸炭銑 60%

番號	投入赤血鹽	T.C	Si	Mn	P	S	衝撃抗力 mkg/(25 mm) ²
431	ナシ	3.10	1.33	0.20	0.29	0.036	2.75
434	0.1%	3.12	1.23	0.20	0.29	0.030	2.94
435	0.2	3.10	1.20	0.20	0.29	0.030	2.86
436	0.3	3.11	1.38	0.20	0.29	0.032	3.79
437	0.5	3.07	1.32	0.20	0.29	0.032	—

第 2 圖



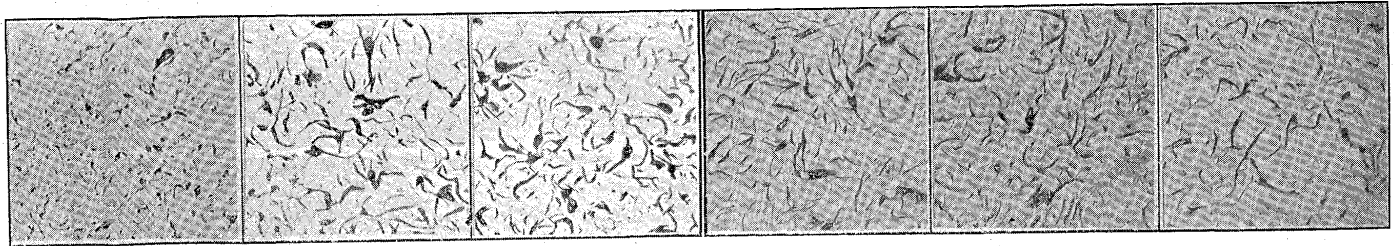
が骸炭銑には殆ど影響の無い事が知られる。此等の組織は寫眞 3 に示す如く冷風木炭銑の低温熔解を行へるものは黒鉛は微細にして遊離セメントは出来ず之と全く同様な熔解を行ひ赤血鹽 0.1% (N₂, 0.02%) を加へると黒鉛は急に大形となり遊離セメントを生じ、窒素を更に加へると黒鉛化は充分に行はれず黒鉛は小形となるが極めて弱くなつて来る。骸炭銑の場合には赤血鹽の量により組織はあまり變化せざれど多量に加へると黒鉛化が行はれず黒鉛は小形となつて来る。

寫 眞 (3)

冷風木炭鉄

骸炭鉄

×40



赤血鹽 0% 赤血鹽 0.1% 赤血鹽 0.2% 赤血鹽 0% 赤血鹽 0.1% 赤血鹽 0.2%

V. 鑄鐵の熱履歴

鑄鐵は熱履歴によつて其の不純物の量が變り強さも變化すべきであつて實地には重要な事柄であるが未だ餘り研究されてゐない。木炭鉄と骸炭鉄は其の製産法が異なり熱履歴も亦異つてゐる。されど木炭鉄もある熔解法によれば次第に骸炭鉄の性質に似て來ることが考へられる。依て次の實驗を行つた。冷風木炭鉄及び骸炭鉄を坩堝にて1,400°Cに數回繰返し熔解を行ひ之を25%使用してその強さを測定した。第15~14表はその成績である。

第 15 表

A 25%, 冷風木炭鉄 50%, M 又は N, O 25%

番 號	使材 用料	化學成分 %					衝擊抗力 mkgf/(25 mm) ²	横折抗力 kgf/(25 mm) ²
		T.C	Si	Mn	P	S		
531	M ₁	3.11	1.18	0.18	0.25	0.030	3.28	8,600
532	M ₂	3.13	1.11	0.14	0.25	0.026	2.85	6,890
533	M ₃	3.16	1.00	0.14	0.26	0.029	3.12	9,220
534	M ₄	3.13	1.41	0.14	0.27	0.030	3.40	8,270
535	N ₁	3.06	1.56	0.14	0.26	0.024	2.75	7,500
536	N ₂	3.17	1.53	0.14	0.26	0.027	—	7,340
537	N ₃	3.12	1.26	0.16	0.27	0.028	3.60	7,300
539	M ₁	3.10	1.60	0.16	0.30	0.027	3.45	8,420
540	M ₂	3.00	1.67	0.16	0.27	0.030	2.40	7,460
541	M ₃	3.07	1.84	0.14	0.25	0.028	2.56	8,050
542	M ₄	3.15	1.66	0.16	0.25	0.030	2.65	8,150
543	N ₁	3.17	1.68	0.16	0.24	0.030	2.85	6,870
544	N ₂	3.18	1.30	0.14	0.24	0.032	3.03	9,000
545	N ₃	3.19	1.42	0.14	0.24	0.033	3.40	7,900

第 16 表

A 50%, 冷風木炭鉄 25%, 又は N, O. 25%

番 號	使材 用料	化學成分 %					衝擊抗力 mkgf/(25 mm) ²	横折抗力 kgf/(25 mm) ²
		T.C	Si	Mn	P	S		
570	M ₀	3.01	1.52	0.18	0.30	0.045	4.05	9,670
571	M ₁	3.06	1.46	0.18	0.30	0.036	4.55	9,750
572	M ₂	3.00	1.52	0.18	0.30	0.036	4.05	9,320
573	M ₃	3.05	1.43	0.18	0.30	0.038	3.70	8,680
574	M ₄	3.01	1.30	0.18	0.30	0.038	2.95	8,280
575	M ₅	3.03	1.18	0.18	0.31	0.045	3.08	8,950
576	M ₆	3.09	1.62	0.18	0.32	0.050	3.03	8,150
577	N ₀	3.13	1.67	0.18	0.30	0.045	4.15	8,800
578	N ₁	3.07	1.81	0.18	0.32	0.036	—	8,250
579	N ₂	3.11	1.64	0.18	0.32	0.038	3.98	8,030

580	N ₃	3.00	1.60	0.18	0.30	0.038	3.41	8,880
581	N ₄	3.04	1.65	0.18	0.31	0.042	3.31	8,650
582	N ₅	3.02	1.66	0.18	0.30	0.045	4.39	8,540
583	N ₆	3.04	1.72	0.18	0.30	0.043	—	8,840
585	O ₁	3.04	1.44	0.18	0.30	0.044	2.94	7,900
586	O ₂	3.06	1.46	0.18	0.30	0.040	2.80	8,240
587	O ₃	3.04	1.52	0.18	0.30	0.043	3.00	8,500
588	O ₄	3.01	1.28	0.18	0.30	0.044	2.89	8,140

第 17 表

A 50%, 冷風木炭鉄 25%, M 又は N, O 25%

番 號	使用 材料	化學成分 %					衝擊抗力 mkgf/(25 mm) ²	横折抗力 kgf/(25 mm) ²
		T.C	Si	Mn	P	S		
550	M ₁	3.04	1.54	0.14	0.38	0.034	3.53	—
551	M ₂	3.09	1.54	0.17	0.38	0.045	2.79	9,630
552	M ₃	3.10	1.52	0.18	0.37	0.048	2.75	8,330
553	M ₄	3.00	1.39	0.18	0.41	0.053	3.30	7,130
554	N ₁	3.14	1.28	0.18	0.36	0.042	3.03	6,400
555	N ₂	3.15	1.40	0.17	0.35	0.040	2.86	6,290
556	N ₃	3.06	1.60	0.17	0.31	0.034	2.45	7,160
557	N ₄	3.00	1.45	0.17	0.31	0.034	2.80	7,960
558	M ₁	3.08	1.52	0.18	0.30	0.030	3.40	9,080
559	M ₂	3.08	1.71	0.18	0.30	0.033	2.56	7,090
560	M ₃	3.04	1.55	0.17	0.27	0.037	3.21	7,180
561	M ₄	—	—	—	—	—	—	—
562	M ₅	—	—	—	—	—	—	7,220
564	N ₁	3.01	1.62	0.18	0.31	0.032	3.03	7,670
565	N ₂	—	—	—	—	—	—	—
566	N ₃	3.03	1.66	0.17	0.30	0.037	2.86	7,910
567	N ₄	3.00	1.71	0.17	0.30	0.040	3.21	7,980

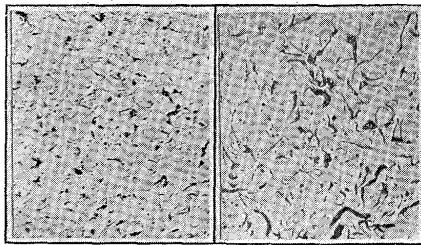
表中 M₀ は冷風木炭鉄を示し M_{1,2,3,...} は冷風木炭鉄を 1 回 2 回 3 回と繰返し熔解を行へることを示す。

N₀ は骸炭鉄、N_{1,2,3,...} は骸炭鉄を 1 回 2 回 3 回と繰返し熔解を行へることを示し O₁ は冷風木炭鉄を坩堝にて 1,300°C の低温熔解を行ひ赤血鹽を 0.5% 加へたるものであつて O₂, O₃ は O₁ を 2 回 3 回と繰返し熔解を行へるものである。

斯くの如く繰返し熔解は材料の強さを變化する。冷風木炭鉄の場合には 2~3 回までは強力なものが得られるが更に回数を増せば急に減少する。骸炭鉄の場合には最初は弱い熔解回数を重ねるにつれて強さは次第に増加し 3~4 回繰返し熔解を行ふと骸炭鉄も冷風木炭鉄も同様に弱いものになる。又冷風木炭鉄を低温にて熔解し赤血鹽を加へ繰返し熔解を行へるものに於ては強さの變化は骸炭鉄の場合によく以て次第に強くなつて來る。

而して此等の組織を観るに冷風木炭鉄を使用せる場合には微細な黒鉛より次第に大形となり、同時に遊離セメントを生じ、骸炭鉄を使用せる場合には熔解回数を重ねても殆んど組織に

寫眞 (4) ×30
海綿鉄 鋼屑



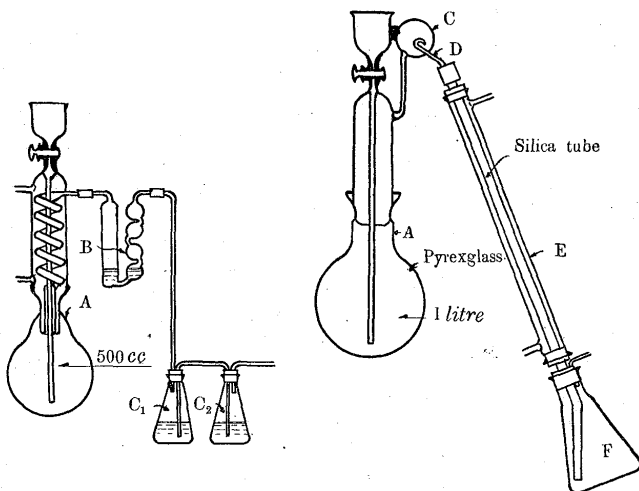
変化は認められず黒鉛は大形で多量の遊離セメントを生ず sponge iron は熱的履歴の最

も少なく steel scrap は履歴の最も多いものである。寫眞 4 は sponge iron と steel scrap を 5% 使用し全く同様な熔解を行つたものである。sponge iron を使用せるものは黒鉛が極めて細く遊離セメントのあまり存在せぬ良好な組織を示す。之は確に材料の熱的履歴の少いによるものである。

VI. 窒素の分析

以上の實驗より鐵中の窒素はたとへ微量なりとも著しい影響を有することがわかる 依て第 3 圖の如き田澤敏次郎⁴⁾の考案なる方法にて窒素を分析した。この法にて割合に一定な値が得られた (第 18 表、第 19 表)。表中窒素量は數回の平均値を掲げた。

第 3 圖



此等の結果より冷風木炭鉄は明に窒素の含有量少く熱風木炭鉄、骸炭鉄は窒素の量は多い。電気爐鉄は極く低温にて作つても尙窒素量の多なるはアークの下が部分的に強熱されて窒素の固定が行はれる爲めである。同じ鑄鐵爐にても作業方法により窒素量が異なり、熱風を使用せるものは高く、冷風を使用しても風壓を高めたものは窒素量が多

い。冷風、低壓にて作業することが、絶體的に必要であつて、爐の Capacity の大なるもの程良好な鉄鐵は作れない

第 18 表 各種鐵鐵中の窒素

鉄 鐵	熱 履	化 學 成 分 %					N ₂ %
		T/C	Si	Mn	P	S	
木炭鉄	冷風-1	3.61	0.25	0.15	0.14	0.020	0.0009
	熱風-1	3.85	0.68	0.10	0.28	0.023	0.0019
	熱風-2	3.72	1.72	0.38	0.52	0.012	0.0012
	熱風-3	3.88	0.18	0.14	0.14	0.025	0.0016
	熱風-4	4.02	0.88	0.55	0.13	0.015	0.0012
	熱風-5	3.83	0.40	0.27	0.14	0.025	0.0016
	電気-1 電気-2	3.68 3.71	0.10 0.16	0.10 0.01	0.05 0.12	0.020 0.060	0.0016 0.0033
骸炭鉄	熱風-1	3.90	0.21	0.26	0.16	0.026	0.0018
	熱風-2	3.90	0.65	0.63	0.23	0.070	0.0026

第 19 表 鑄鐵爐作業と鉄鐵中の窒素

鉄 番 鐵 號	製 造 方 法		化 學 成 分 %					N ₂ %
	風 温	風 壓	T/C	Si	Mn	P	S	
1號	熱	低	3.54	0.26	0.12	0.28	0.011	0.0022
2號	熱	高	3.50	0.51	0.04	0.25	0.038	0.0019
3號	冷	低	3.61	0.19	0.05	0.25	0.033	0.0013
4號	冷	低	3.57	0.14	0.06	0.24	0.030	0.0014
5號	冷	中	3.78	0.45	0.12	0.23	0.008	0.0016
6號	冷	中	—	—	—	—	—	0.0018
7號	熱	高	3.77	0.47	0.11	0.23	0.010	0.0019

又熔解温度の高いもの程 (第 20 表) 熔解時間の長い程 (第 21 表) 繰返し熔解を行ふ程 (第 22 表) 窒素の含有量は増加し材質は不良となつて来る事が知られる。

第 20 表 熔解温度と窒素

溶解温度 使用 材料	N ₂ %		
	1,300°C	1,400°C	1,500°C
冷風木炭鉄 50%	0.0015 0.0015 0.0015	0.0020 0.0018 0.0018	0.0022 0.0022 —
骸炭鉄 50%	0.0025 0.0026 0.0027	0.0029 0.0030 —	0.0030 0.0027 —

第 21 表 熔解時間と窒素

N ₂ %	熔 解 温 度	0分	20分	40分	60分	80分	100分	120分
	1,300°C	0.0007	0.0007	0.0010	—	0.0010	0.0012	—
0.0007		0.0007	0.0008	0.0015	0.0012	0.0015	0.0017	

第 22 表 熔解回数と窒素

N ₂ %	使用鉄鐵	繰 返 回 數						
		0	1	2	3	4	5	6
冷風木炭鉄	0.0008	0.0010	0.0012	0.0018	0.0024	0.0027	0.0040	
	0.0017	0.0032	0.0039	0.0042	0.0042	0.0047	0.0049	

次に赤血鹽を少量熔鐵中に投入すると、木炭鉄の場合に黒鉛は大形になり遊離セメントを發生するが、骸炭鉄の場合には殆んど變化が認められない。投入赤血鹽と鐵中の窒素の關係は第 23 表に掲げた。

⁴⁾ 田澤敏次郎、製鐵研究、昭和3年3月

第 23 表 赤血鹽量と窒素

使用鉄鐵	熔解溫度	投入赤血鹽 %				
		ナシ	0.1	0.2	0.3	0.5
冷風木炭鉄	1,300°C	0.0015	0.0018	0.0022	0.0025	0.0027
		0.0015	0.0018	0.0023	0.0027	0.0031
		0.0015	—	—	—	—
骸炭鉄	1,400°C	0.0025	0.0029	0.0034	0.0037	0.0049
		0.0026	0.0027	0.0034	0.0041	0.0051
		0.0027	—	—	—	—

VII. 窒素含量と強さ

上記窒素定量を行ひ更に窒素含量と強さとの關係を觀たるに第 4~7 圖の如し。其の結果を通覽するに大體窒素量 0.0015% 以下の場合には窒素の増加する程強さは減少するが窒素量 0.0015% 以上となると却つて窒素の増加する程強さは増加する。

窒素の含有量は極めて微量なるに係らず其の性質に大なる差異を來すや否やに就きて檢するに(第 24 表)冷風木炭鉄を 50% 使用せる場合 1,300°C と 1,400°C の熔解溫度にて窒素量の差は 0.0005% の微量なれど強さは 6 kg/mm², 0.23 mkg/(25 mm)², 980 kg/(25 mm)² だけ低くなつて來る。

第 24 表

強さ	木炭鉄(N ₂ 0.0008%)			骸炭鉄(N ₂ 0.0017%)		
	1,300°C	1,400°C	1,500°C	1,300°C	1,400°C	1,500°C
抗張力	31.02	24.83	23.70	23.32	22.50	22.50
衝擊抗力	3.40	3.17	3.16	2.85	3.17	2.76
横折抗力	8,210	7,232	7,035	5,940	6,607	6,617
窒素量%	0.0015	0.0020	0.0022	0.0026	0.0030	0.0030

實際赤血鹽を 0.1% 投入すると窒素の増加は 0.0003% (第 23 表) の微量なれども抗張力は約 5 kg/mm², 衝擊抗力は約 0.3 mkg/(25 mm)², 横折抗力は 1,000 kg/(25 mm)² (第 2 圖、第 13 表) 減少し大體 0.0003~0.0005% の微量の窒素によつて強さ組織に大なる影響のあることが知られ、田中清治⁵⁾ の研究と同様な結論が得られた。

VIII. 總 括

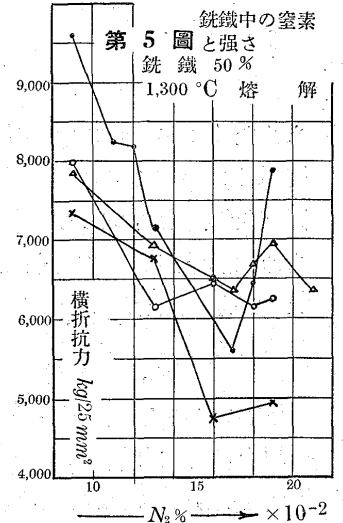
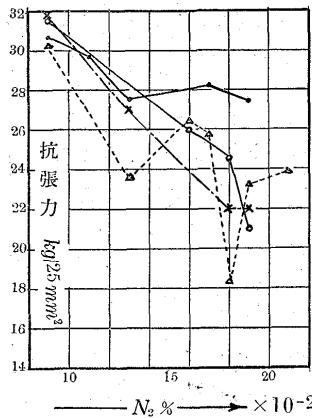
木炭鉄が骸炭鉄に比べて優れた性質を有する原因として従來酸素の存在、磷、硫黃などの不純物の少ないこと、非金屬物質の存在少ないことなどが考へられてゐるが本實驗に依り次の事が知られた。

⁵⁾ 田中清治、鐵と鋼、昭和 7 年 7 月

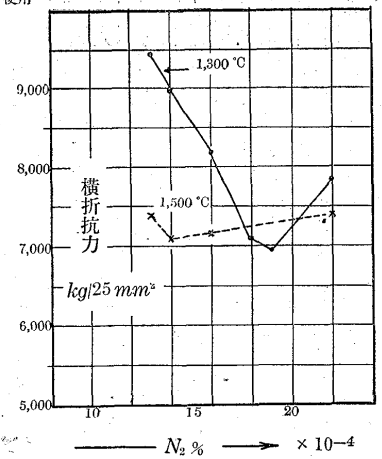
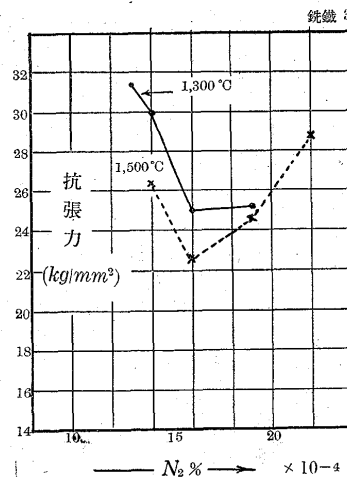
1) 冷風木炭鉄は低温熔解の時のみ黒鉛が小形にセメントタイトの存在せざる所謂 pearlite structure が得られるが熔解溫度の上昇するにつれて黒鉛は大形となりセメントタイトを生ずる。

2) 骸炭鉄は熔解溫度の影響が少ない。常に黒鉛は大形となりセメントタイトを生じ、熔解溫度の上昇により強さは少し増加する。

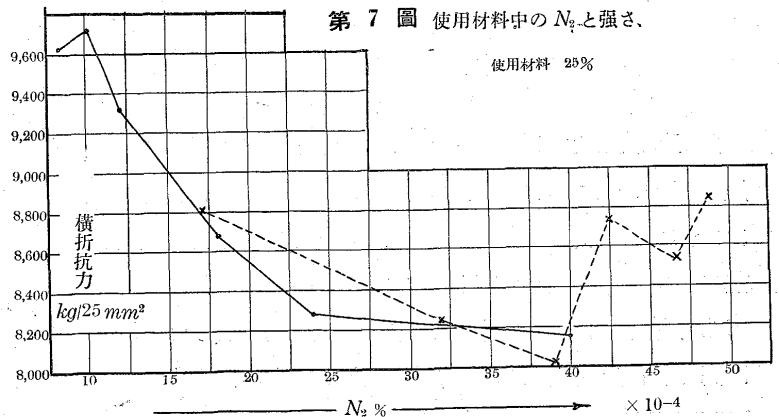
第 4 圖 鉄鐵中の窒素と強さ
鉄鐵 50% 1,300°C 熔解



第 6 圖 熔鑄爐狀態と N₂ 及び強さの關係



第 7 圖 使用材料中の N₂ と強さ、



- 3) 熱風木炭鉄は兩鉄鐵の中間の性質を有する。
 - 4) 電気爐製木炭鉄は充分還元を行ひ低溫にて作つても尙その性質は骸炭鉄に似る。
 - 5) 銻鑛爐にて風の溫度、壓力を變化して鉄鐵を作るに冷風低壓にて作りしものが最も良好なる性質を示す。
 - 6) 冷風木炭鉄を坩堝にて熔解する際外氣と接觸すれば黒鉛を大形に而も多量のセメントイトを出すが骸炭鉄の場合には外氣の接觸が殆ど影響せず。
 - 7) 赤血鹽を極く少量加へると冷風木炭鉄の時は急に黒鉛が大形となりセメントイトを生じて骸炭鉄を使用せる如き組織を示し、骸炭鉄の時は殆ど變化が認められず極く多量に加へると黒鉛が微細なものとなる。
 - 8) 冷風木炭鉄を繰返し熔解を行ひ之を 25% 使用すると熔解回数を重ねたもの程強さは小さくなる、骸炭鉄の場合には次第に強くなつて来る。
 - 9) 低炭鉄の鑄鐵を作る際 sponge iron 及び steel scrap を使用するとき sponge を使用せるものは著しく黒鉛が小形にセメントイトの少ないものが得られる。
 - 10) 鉄鐵中の窒素をアルカリ法にて分析せるに冷風低壓鉄鐵が遙に窒素の含有量は少ない。高温高壓にて作りし鉄鐵程窒素量は多い。電気爐鉄は低溫にて作つて 尙窒素量は多い。
 - 11) 銻鑛爐にて風壓風溫を變化して鉄鐵を作りその窒素を分析せるに高温にて作られたと考へられるもの程窒素は多い。
 - 12) 鑄鐵の熔解溫度の上昇するにつれて窒素量は増加する。
 - 13) 赤血鹽の投入量に比例して窒素量は増加する。
 - 14) 材料を繰返し熔解を行ふ程窒素量は増加する。
 - 15) 冷風木炭鉄は窒素の含量が少ないため他の鉄鐵よりも著しく強いが、之に窒素を増加するとき例へば高温熔解繰返し熔解、赤血鹽の投入、アーク電気爐熔解等を行へば著しく弱くなり骸炭鉄と何等の差のないものとなつて来る。
 - 16) 鉄鐵に窒素を漸次増加するとき、窒素 0.0015% 以下の範圍では強さは減少し、窒素 0.0015% 以上にては強さは増す。
 - 17) 微量の窒素を含有するも強さの影響は著しい。
 - 18) 従來鑄鐵は高温熔解を行ふ程強さは増すとのみ考へられてゐたが、他の條件即ち鉄鐵製造の履歴が重く影響する。
 - 19) 同じ化學組成の鑄鐵でも sponge iron より作つたものは steel scrap より作つたものに比し品質の優秀なるは履歴の異なるによるもので即ち窒素の含量の少なさに因る。
 - 20) 故に窒素量を測定すれば製造の履歴即ち品質の良否を判定することが出来る。
 - 21) 結局木炭鉄が優れた性質を有する原因として種々の説あれども、本實驗により冷風木炭鉄には窒素含量の少ないことが其の優秀性の一大原因なることが知られた。而して窒素は一度鐵中に浸入するときは容易に除去し難きを以つて使用鉄鐵の選擇は最も重要なものである。
- 終りに本文の發表を許可せられし戸畑鑄物株式會社に對し、又御懇切に御指導下された工藤、淺原、菊田の三博士實驗に多大の御便宜を圖られた内藤理學士及び實驗に従事せられた深川三代治氏に厚く感謝の意を捧げる。