

久慈海綿鐵よりバナヂウム鋼の製造

(日本鐵鋼協會 第六回講演大會講演)

上野建二郎

目次

- I 緒言
 II 久慈海綿鐵熔解の意義
 III 5kg 熔解用電氣爐による實驗
 IV 50kg 熔解用電氣爐による實驗。1. 強還元性鑛滓にて出鋼せる場合 2. 磷分除去に關する實驗
 a. 1 鑛滓法 b. 2 鑛滓法 c. 3 鑛滓法
 3. バナヂウムの發見並にバナヂウム鋼の製造實驗 4. 砂鐵製バナヂウム鋼の機械的性質
 5. 砂鐵製バナヂウム鋼の顯微鏡組織
 V 本邦各地産砂鐵中のバナヂウム含有量
 VI 結論

I. 緒言

岩手縣久慈製鐵所に於ては數年前同地方に於ける砂鐵を原料として海綿鐵の製造を行はれたが製造せる海綿鐵中に多量の酸化チタニウムを含有して來る爲に製鐵原料として直ちに使用する事を得ず遂にその企圖は中止の已むなきに到つた事は實に遺憾な事である。我大阪工業試験所に於ては砂鐵研究の第一歩として此の酸化チタン含有の海綿鐵を電氣爐に於て熔解して鋼を作ると共に酸化チタンの含有量高き鑛滓を得、更にこの鑛滓を適當に處理してこれより酸化チタンを採取するの計畫を立て囑託齋藤大吉博士御指導の下に私が主として此の研究を行つて居つた。然るに中途圖らずも此の久慈海綿鐵を強還元性鑛滓の下に熔解する時はバナヂウムが還元されて多量に鋼中に來る事を發見した爲にバナヂウム鋼の製造に腐心し昨今漸く

これに成功し得たのである。

此處にその研究の經過を概説し大方の御教示御批判を仰ぎたいと思ふ。猶詳細なる實驗數値は本文の餘りに冗長となるを恐れ省略し、近く發行の大阪工業試験所報告に譲る事にした。以上豫め御斷りしておく。

II. 久慈海綿鐵熔解の意義

久慈海綿鐵は第1表に示す如く金屬鐵分僅かに50%、酸化鐵30%、酸化チタン15%以上の粗惡なるものである。かゝる粗惡なる試料ではあるがこれは我國最初の砂鐵製海綿鐵であり且つ又大量に入手し得べき唯一のものである。從て當所は敢てこれを用ふる事にしたが併しかゝる粗惡なる海綿鐵より優良なる鋼を作り得るならば、更に良質なる海綿鐵よりするは容易なる事明かであり從て毫も不都合なる事無意味な事は無いと考へられる。且つ又この久慈海綿鐵は鑛石と海綿鐵との中間に位するものであるから鑛石より直接製鋼を行ふ場合の事をも推察し得るの便益がある。久慈海綿鐵を熔解する事を其れが粗惡なるの故を以て無意味なりと批評せられる人が時として有るから敢て此處に十數言を費した次第である。

第 1 表

久慈海綿鐵成分

金屬鐵分	全鐵分	炭素	珪素	磷	酸化チタン
48.4	69.2	0.36	0.93	0.03	15
49.6	73.4	0.44	1.30	0.10	18

III. 5kg 熔解用電氣爐による實驗

海綿鐵 5kg 乃至 10kg を熔解し得る小型電氣爐に於て熔解した。此の電氣爐の構造は第2表の如くで有る。要するに單相エルー型、極めて小さなもので有る。唯小さなだけに天井、電極保持裝置其他と火花と距離が非常に近いため水冷式としたのが其の特徴である。圖面は省略する。

第 2 表

小型電氣爐の構造

型式 單相エルー型廻轉式

操業電壓 50V~75V

操業電流 300A~600A

電極の直徑 48mm

電極の上下裝置 手動式、水冷して加熱を防ぐ

電極の保持裝置、水冷して加熱を防ぐ

爐床 マグネサイトクリンカー + コールタール

天井、珪石煉瓦 水冷して加熱を防ぐ

爐床の寸法 30 cm × 20 cm

天井迄の高さ 15cm

熔解實驗 久慈海綿鐵は前陳の如く金屬鐵分僅かに 50% にして酸化鐵を多量に含有するが故に出鋼率を増大するため且つ又酸化チタンの鑛滓含有量を増大する爲には此の酸化鐵を還元する事を要する。かゝるが故に先づ適當量の黒鉛末を石灰其他と共に海綿鐵と混合して熔解を試みた處還元率は殆んど 100% に達し白色の鑛滓を得たが炭素は鐵に多量に吸収せられ其の結果白銑を得た。次の諸例(第3表)はこれを示したものである。

第 3 表

C	Si	Mn	P	S
2.83	0.78	0.24	0.106	0.010
2.58	0.14	0.51	0.043	0.008
2.30	0.16	0.03	0.046	0.007
1.95	—	0.20	0.052	0.008
1.56	—	0.23	—	0.007
1.26	—	0.27	—	0.007
1.10	—	—	0.072	—

此處に於て炭素の吸収を減じて鋼を得べく種々考慮の結果次の如き事を考へた。もし久慈海綿鐵

を石灰其他適當なる熔劑によりて熔解すれば鑛滓は酸化鐵を多量に含有する酸化性鑛滓を得るから其の下の熔鋼は充分低炭素となる。かく熔解した後炭素劑を投入すればこれは直接熔鋼と接觸しないから炭素の吸収は餘り起らず然も鑛滓中の FeO に働いてこれを漸次還元し遂に還元性の鑛滓を得られる。然して投入炭素量を適當に加減すれば任意の成分の鋼を得られる譯であると。かくして是を實驗の結果炭素 0.1% 以下の低炭素鋼より炭素 1.0% に到る高炭素鋼を作り得たのである。次の諸例(第4表)はこれを示せるものである。併しながら此の熔解方法は谷山氏も試みられ成果を得られた事を後に於て知つた。

第 4 表

	鋼の成分				鑛滓の成分		
	C	Mn	P	S	SiO ₂	CaO	MgO
C 0.1 以下	0.06	0.06	0.039	0.026	—	—	—
	0.07	0.04	0.050	0.110	12.3	18.5	40.1
	0.07	0.04	0.076	0.120	12.4	13.0	43.4
C 0.1~0.2%	0.115	0.08	0.076	0.090	15.1	13.0	40.7
	0.14	0.08	0.098	0.080	10.4	8.1	45.8
	0.16	0.01	0.071	0.130	15.0	13.8	41.7
C 0.2~0.3%	0.21	0.59	0.117	0.216	—	—	—
	0.26	0.19	0.093	0.020	10.8	17.6	44.7
	0.28	0.16	0.071	0.024	19.5	21.0	20.1
C 0.3~0.4%	0.32	0.12	—	0.063	—	—	—
	0.35	0.05	—	0.120	14.7	11.0	43.0
	0.35	0.12	0.074	0.032	—	—	—
C 0.4~0.5%	0.41	0.87	0.064	—	—	—	—
	0.41	—	0.101	—	10.4	17.1	41.8
	0.50	—	0.076	0.018	5.2	26.5	—
C 0.7~0.9%	0.74	0.32	0.088	0.017	14.1	30.8	22.4
	0.87	0.31	0.097	0.021	14.4	25.8	18.3
	0.88	0.30	0.070	0.005	11.7	28.7	18.0
	0.91	0.29	0.050	0.013	15.2	30.5	7.3
	1.03	0.26	0.100	—	24.1	16.6	29.2
1.10	0.49	0.045	0.005	31.5	17.2	17.2	

第4表により知り得る事は硫黄並に燐の多い事である。硫黄の多いのは別に心配は不要である。何故ならば鑛滓中の石灰の含有量が大きなるものに有つては硫黄が充分除去せられて居るからである。然して鑛滓中の石灰の含有量が非常に減少した原因は爐床爐壁と電弧との距離が非常に近いので爐床が非常に侵蝕され従て MgO の含有量が増

加した爲である。従て大型電氣爐に於てはかくの如き事は起らず従て S に關しては何等の心配はない。併しながら磷は多い事は困つた事である。磷の除去せられる條件は鑛滓中に石灰の多い事 FeO の相當に多い事である。従て酸化チタニウムに富むだ FeO の少い鑛滓を作る事と矛盾して來るから都合が悪い。何とかしてこれを除去する方法を講ずる必要が有る。

IV. 50kg 熔解用電氣爐による實驗

以上小型電氣爐に於ける熔解實驗に於ては爐床の侵蝕される事、溫度の制御困難なる事、鑛滓の流出困難なる事等のために S, P は多くなり、且又酸化チタニウム含有量大なる鑛滓を作り得なかつた。従てかゝる困難なき程度の爐を作りこれにて更に實驗を進める事となした。その電氣爐の詳細は第5表に示した如くでありその特徴は水道の水壓を利用して電極を上下する如くした所にある。圖面は省略する。

第 5 表

中型電氣爐の詳細	
型式、	单相、エル型廻轉式
操業電壓、	75V 95V
操業電流	750A—1,500A
電極の直徑	63mm
電極の上下装置	水道の水壓による
爐床	マグネサイト、クリンカー+コールタール
天井	硅石煉瓦
爐床の寸法 約	40cm×30cm
爐床より天井迄	約 40cm

1. 強還元性鑛滓にて出鋼せる場合 1 鑛滓にて強還元性鑛滓にて熔解する時は磷は還元されて多量に鋼の方に来る事は小型電氣爐に於ける場合と同様である。次はその諸例を示すものである。

第 6 表

No.	C	Si	Mn	P	S	出鋼率 %
1	0.23	0.07	0.23	0.063	0.011	70
2	0.55	0.24	0.60	0.071	0.004	72
3	0.60	—	0.37	0.075	0.006	69
4	0.70	—	0.55	0.096	0.006	69
5	1.13	—	0.51	0.110	0.006	71

出鋼率は非常に大である。硫黄は非常に小で 0.01% 以下を示して居る。又此の方法にて熔解した鋼は非常に沈靜で Si, Mn を加へないでも立派な鑛塊を得られる。これは V 及 Ti を含むためである事は後に到つて分明した。従てもし磷分少き原料を用ひたならばこの方法によつて立派な鋼を得る事が出来る譯である。

2. 磷分除去に關する實驗 鋼中の磷を少くする方法として冶金學的に考へられる方法としては次の3つである。

- 1 鑛滓法 = 高石灰半還元性鑛滓
- 2 鑛滓法 = 酸化性鑛滓 + 還元性鑛滓
- 3 鑛滓法 = 還元性鑛滓 + 酸化性鑛滓 + 還元性鑛滓

即ち1 鑛滓にて磷を除去するには高石灰の鑛滓を作り其の還元を餘り強くもなく弱くもなく換言すれば其の酸化の程度を餘り弱くもなく強くもなく丁度中間位にして溫度を低く保ち磷を $Cu_3(PO_4)_2$ の形で鑛滓中に保有させる方法が考へられる。

2 鋼滓にてやるには酸化チタンを含む鑛滓を酸化性鑛滓とし次にこれを流出後鐵鑛、石灰等を投入して還元性鑛滓を作る方法が考へられる。

又3 鑛滓にてやるには酸化チタンを含む鑛滓を還元性の鑛滓とし酸化チタンに富むだ鑛滓を作り次にこれを流出後鐵鑛、石灰を投入して酸化性鑛滓を作り次に又この鑛滓を流出後最後に又再び還元性鑛滓を作り酸素を除去して出鋼する方法が考へられる。

これ等の3方法に就て行つた實驗結果は次に示す如くである。

a 1 鑛滓法 この方法に於ては磷を充分に除去する事を得なかつた、第7表はこれを示したものである。出鋼率も小である。従て鑛滓中の酸化チタ

ンの%も小である譯である。従てこの方法は餘り感心した方法ではない。

第 7 表

1 鑛滓法 諸例

No.	C	Si	Mn	P	S	出鋼率 %
1	0.35	—	0.22	0.079	0.005	60
2	0.51	0.02	0.09	0.042	0.021	56
3	0.52	0.06	0.17	0.068	0.029	51
4	0.97	—	0.24	0.040	0.002	52

b. 2 鑛滓法 この方法に於ては磷を充分に除去する事を得た。

第8表はこれを示したものである。Sも亦小である従て優良なる鋼と云ふ事が出来る。併しながら出鋼率が小なる事は此の方法の缺點である。

第 8 表

2 鑛滓法 諸例

No.	C	Si	Mn	P	S	出鋼率 (%)
1	0.29	0.28	0.43	0.033	0.024	50
2	0.34	—	0.54	0.029	0.004	46
3	0.55	0.01	0.24	0.021	0.006	63
4	0.81	0.10	0.34	0.043	0.004	57
5	0.16	—	0.25	0.034	0.016	59
6	0.28	—	0.29	0.030	0.008	58
7	0.35	—	0.36	0.029	0.014	60
8	0.36	—	0.24	0.016	0.015	51
9	0.37	—	0.34	0.043	0.013	53
10	0.58	—	0.54	0.044	0.004	67
11	0.59	—	0.38	0.040	0.005	60
12	0.33	—	0.10	0.018	0.016	60

鑛滓中の酸化チタン 2 鑛滓法に於ける第1鑛滓中の酸化チタンの量を増加せしむる爲には其の含有鐵分を減少せしめなければならない。即ち其の鑛滓の酸化性を減じなければならぬ。従て磷を除去する条件と相矛盾して来る。

實驗の結果は明かにそれを示して居る。次の第9表に示す如く鑛滓中の酸化チタンの量が大なるものは鋼中の磷が多くなり鋼中の磷の少いものは酸化チタンの量が少い。

第 9 表

鋼中の磷	鑛滓中の 酸化チタン	鋼中の磷	鑛滓中の 酸化チタン
0.016	21.4	0.040	32.9
0.029	20.1	0.043	27.0
0.033	28.8	0.044	30.3
0.034	27.1	0.054	29.5

C. 3 鑛滓法 この方法に於ては磷は充分除去せられた。第10表は此の諸例を示したものである。硫黄は非常に小であり従て優良なる鋼と云ふ事が出来る。且つ又第1鑛滓中の酸化チタンの含有量は非常に大となり 35% 以上を示して居る。且つ又鐵分は小である。従て酸化チタンの採取を目的となす上に於て本方法が一番良いと云ふ事が明かである。蓋し鐵分は最も酸化チタンの採取の際有害なるものであるからである。

第 10 表

3 鑛滓法 諸例

No.	C	Mn	P	S	TiO ₂ in Slag
1	0.36	0.30	0.012	0.006	—
2	0.41	0.26	0.016	0.007	35.8
3	0.55	0.23	0.020	0.013	—
4	0.61	0.11	0.019	0.013	—
5	0.69	—	0.034	0.005	35.2
6	0.61	0.60	0.045	0.002	—

3. バナヂウムの発見並にバナヂウム鋼の製造實驗 これより先小型電氣爐に於ける實驗に於て強還元性鑛滓の下に出鋼せる鋼は其の中の磷を定量する時磷モリブデン酸アンモンの沈澱が橙色を呈する事よりバナヂウムが存在する事を知り得た。併しこの現象はバナヂウムが微量存在する時に於ても起るものであるから著者は恐らく微量にして問題とする程度では無いと思ひ又磷分除去の實驗に腐心して居つた爲その暇無く敢て定量するに到らなかつた。然るに其後此の強還元性鑛滓の下に出鋼せる鋼が鍛鍊其他に際して以外にも特殊鋼的性質を有し又其の破面は非常に微密な事を心附いた爲、これは恐らくバナヂウムの爲であらうと考へるに

到つた。そこで試に此の鋼を分析した處實に 0.3~0.15% のバナヂウム存在を發見した。そして逆に久慈海綿鐵、久慈砂鐵に就て分析した所前者に 0.38%、後者に 0.30~0.35% の存在を見たのである。第 11 表は 1 鑄滓還元性鑄滓法にて熔解した諸例を示したものである。

第 11 表

No.	C	Mn	P	S	V	Ti
1	0.40	0.09	0.120	0.054	0.23	0.15
2	0.44	0.19	0.045	0.026	0.27	0.26
3	0.85	0.13	0.050	0.003	0.20	0.24
4	0.91	0.99	0.045	0.030	0.25	0.18
5	1.32	0.38	—	0.014	—	0.16
6	2.60	0.07	0.035	0.008	0.22	0.25

第 11 表に示す如く V 及 Ti の小量は還元されて鋼の中に来る事が分る。然して通常のパナヂウム鋼として知られて居る處のものも 0.30~0.15% の V であるから此の鋼は明かにバナヂウム鋼と稱して良い譯である。然しながら遺憾な事には磷が多い。磷を除去する爲に前に陳べた 2 鑄滓法 3 鑄滓法による時は V も勿論鑄滓中に保有される様になり従つてバナヂウム鋼を得る事は出来ない。此處に於て種々考慮の結果 V が P よりも還元困難な點に着目し特殊の 3 鑄滓法を行へば磷分少きバナヂウム鋼を得る事が出来ると云ふ推定を得た。即ち今海綿鐵中の V が 0.38% であるのに鋼中の V が 0.20% となつたと假定すれば鋼中及鑄滓中の V の量は次に示す如くなる。

V(kg)

海綿鐵 1 kg 中 =	0.0038
鋼 中 = (出鋼率 70%)	0.0020 × 0.70 = 0.0014 (37%)
鑄滓中 =	0.0024 (63%)

即ち 63% は猶鑄滓中に存在する事となる。従て今第 1 鑄滓を還元性鑄滓として且つ熔鋼の溫度を上昇させて鑄滓中の磷を充分熔鋼の方に來る様にし次に鐵鑄、石灰、螢石等を投入して酸化性鑄滓を作つて磷を鑄滓中に除去し次に第 1 鑄滓を再び

投入して更に炭素劑を加へて強還元性鑄滓を作ると V, Ti が鑄滓中から還元して鋼に來るから磷分少きバナヂウム鋼が出来るであらう。かく考へて實驗の結果次の第 12 表に示す如く全く豫想通りの結果を得た。

第 12 表

	C	Mn	P	S	V	Ti	
例1	第1鑄滓流出の時	0.40	0.09	0.120	0.003	0.20	0.10
	第2鑄滓	0.20	0.02	0.020	—	0.00	0.00
	第3鑄滓	0.41	0.23	0.035	0.005	0.23	0.13
(出鋼の時)							
例2	第1鑄滓流出の時	0.42	0.18	0.010	0.010	0.17	—
	第2鑄滓	0.15	0.07	0.002	0.008	0.04	—
	出鋼の時	0.45	0.49	0.026	0.010	0.11	—
例3	第1鑄滓流出の時	0.60	0.20	0.053	0.012	0.16	—
	第2鑄滓	0.30	0.17	0.005	0.018	0.03	—
	出鋼の時	0.63	—	0.020	0.010	0.14	—
例4	第1鑄滓流出の時	0.36	0.16	0.044	0.018	0.13	—
	第2鑄滓	0.22	0.30	0.004	0.014	0.07	—
	出鋼の時	0.67	0.31	0.030	0.022	0.15	—

即ち第 1 鑄滓の時磷分多き V 鋼が出来第 3 鑄滓の時磷分少き V 鋼が出来ることが分る。かくの如くして作つた磷分少き V 鋼の例を示せば次表の如くである。

第 13 表

No.	C	Mn	P	S	V	Ti
1	0.23	0.34	0.018	—	0.13	—
2	0.28	0.59	0.023	0.037	0.16	—
3	0.41	0.23	0.035	0.013	0.23	0.13
4	0.56	0.56	0.019	0.008	0.16	—
5	0.41	0.45	0.023	0.019	0.19	—
6	0.40	0.41	0.023	0.019	0.13	—
7	0.56	0.26	0.026	0.030	0.17	—
8	0.44	0.37	0.024	0.030	0.21	—
9	0.50	0.33	0.016	0.001	0.22	—
10	0.63	0.21	0.031	0.020	0.15	—
11	0.94	0.13	0.039	0.008	0.24	—

かくして遂に磷分少き V 鋼を作り得た。併しながら第 12 表に就て見ると第 1 鑄滓のときの V が第 2 鑄滓の時に非常に少なくなつて了ふ事は残念な事である。従て第 1 鑄滓のとき V を鋼中に入れないで磷のみ入れるのが理想的である。此の事に關しては目下研究中であるが其の一例を示すと第 14 表に示す如くである。

第 14 表

第 1 鑛滓のときの熔鋼の成分變化の一例

熔解開始後	時分	Mn	P	S	V
	1 00	0.020	0.004	0.110	0.04
	1 00 石炭投入 1 kg				
	1 15	0.020	0.004	0.180	0.05
	1 20 石炭投入 1 kg				
	1 30	0.039	0.008	0.180	0.05
	1 35 石炭投入 1 kg				
	1 45	0.054	0.025	0.150	0.06
	1 50 石炭投入 500 瓦				
	2 00	0.074	0.036	0.092	0.08
	2 05 石炭投入 500 瓦				
	2 20	—	0.045	0.062	0.19

即ち熔解開始後 1 時間 5 分より 15 分間おきに石炭を投入して行つて其の熔鋼の化學成分を分析したのであるが 2 時間後には P が 0.036, V が 0.08, 2 時間 20 分には P が 0.045, V が 0.19 である。従て 2 時間後の程度にてもう少し熔鋼の溫度を上昇させれば良くはないかと考へられる。

4. 砂鐵製バナヂウム鋼の機械的性質 かくして作つたバナヂウム鋼の機械的性質を検した結果は次に示す如くである。

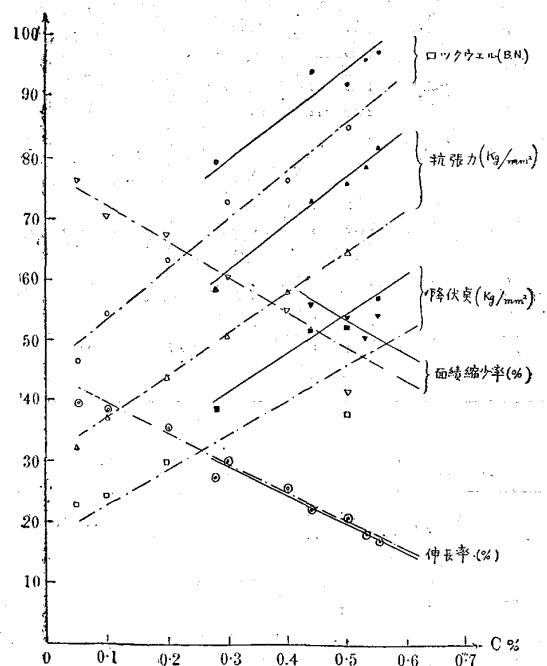
次表は獨逸某會社がバナヂウム鋼の抗張力として與へた數値とこれと同一の熱處理を施した砂鐵製バナヂウム鋼の抗張力試験の結果を對比したものである。明かに砂鐵製バナヂウム鋼の方が優つて居る事が分る。抗張力が非常に大であるがこれは V の外に Ti の影響があるのではないかと思は

れる。

次の第 16 表は瑞典標準鋼を熱處理せる場合の抗張力其他を示したものである。非常に優秀なる成績を示して居る。併しこれを同時に熱處理を施した砂鐵製バナヂウム鋼の抗張力其他を示す所の第 17 表に對比して見ると明かに劣つて居る。即ち砂鐵製バナヂウム鋼は定評ある瑞典鋼より格段の優秀性を示して居る。これを明かに示したのが第 1 圖である。(但し圖上の標示點は燒鈍せるものと燒鈍、標準化、燒戻せるものとの數値の平均値をと

第 1 圖

砂鐵製バナヂウム鋼と瑞典鋼の機械的性質の比較圖



第 15 表

No.	C	Mn	P	S	V	抗張力 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	伸長率 (5cm)%	merit no.	熱處理
獨逸製	0.45	0.75	—	—	0.15	63	45	22	1,500	forge normalise temper
	0.55	0.95			0.25					
當所製 I	0.40	0.41	0.023	0.019	0.13	82.4	52.7	20	1,650	forge normalise
同 II	0.40	0.41	0.023	0.019	0.13	80.9	51.0	22	1,780	forge normalise temper
同 III	0.23	0.34	0.018	—	0.13	53.4	—	35.6	1,400	forge normalise temper
同 IV	0.23	0.34	0.018	—	0.13	55.2	43.4	32.4	1,800	forge normalise

第 16 表 瑞典鋼の抗張力試験結果

No.	C (%)	熱處理	抗張力 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	伸長率 (%) (10cm)	伸長率 (%) (5cm)	面積減少率 (%)	merit No.	硬 度 (ロツクウ エル B)
1	0.05	anneal (920°C)	32.2	24.2	38.5	51.0	73.9	1,640	51
2	0.05	anneal (920°C) normalise(850°C) temper (670°C)	31.8	21.4	40.0	53.0	78.0	1,690	41
3	0.10	anneal (880°C)	37.6	—	37.5	—	65.7	—	53
4	0.10	anneal (880°C) normalise(850°C) temper (670°C)	38.6	24.4	39.2	52.4	73.9	2,020	55
5	0.20	anneal (850°C)	43.2	—	34.0	—	69.4	—	63
6	0.20	anneal (850°C) normalise(850°C) temper (670°C)	43.4	—	36.6	—	64.7	—	63
7	0.30	anneal (840°C)	49.7	29.6	29.5	38.0	60.8	1,890	72
8	0.30	anneal (840°C) normalise(850°C) temper (670°C)	50.7	30.8	30.5	41.0	59.0	2,080	73
9	0.40	anneal (815°C) normalise(850°C)	59.8	—	26.0	—	50.8	—	81
10	0.40	anneal (815°C) normalise(850°C) temper (670°C)	56.3	—	25.5	—	57.1	—	71
11	0.50	anneal (810°C)	63.0	—	19.0	—	40.8	—	83
12	0.50	anneal (810°C) normalise(850°C) temper (670°C)	65.3	37.4	22.0	30.0	40.8	1,960	87
13	0.70	anneal (810°C)	68.6	—	18.0	—	24.1	—	86
14	0.70	anneal (810°C) normalise(850°C) temper (670°C)	75.8	37.8	14.5	20.0	26.5	1,520	93

第 17 表 V 鋼抗張力試験結果

No.	C (%)	熱處理	抗張力 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	伸長率 (%) (10cm)	伸長率 (%) (5cm)	面積 縮少率 (%)	merit No.	硬 度 (ロツクウ エル B)
H	0.28	anneal (840°C)	57.6	39.0	27	34	59.5	1,960	77
H'	0.28	anneal (840°C) normalise(850°C) temper (670°C)	58.7	38.0	27	38	56	2,230	81
I	0.44	anneal (820°C)	73.0	51.8	21	30	53	2,190	94
I'	0.44	anneal (820°C) normalise(850°C) temper (670°C)	72	46.0	23	33	55	2,380	94
L	0.50	anneal (810°C)	75.3	—	19.1	—	50	—	91
L'	0.50	anneal (810°C) normalise(850°C) temper (670°C)	75.1	49.7	22	30	57.0	2,200	93
J	0.53	anneal (810°C) normalise(850°C)	81.0	49.3	16	22	48	1,780	95
J'	0.53	anneal (810°C) normalise(850°C) temper (670°C)	76.5	—	19	—	—	—	97
K	0.55	anneal (810°C) normalise(850°C)	81.5	54.1	17	23	54	2,120	97

つたものである)。

即ちバナヂウム鋼は抗張力、硬度、降伏點に於て著しく優つて居る。伸長率は幾分低くなつたが Merit No. は大であるし又面積縮少率も大である。即ち瑞典鋼に斷然優つて居ると云つて差支へ無い。これを要するに砂鐵製バナヂウム鋼は通常鋼に比し斷然優つて居るのみでなく在來のバナヂウム鋼に比しても優るとも劣らぬ性質を有するものである事が知られる。

5 砂鐵製バナヂウム鋼の顯微鏡組織 上述のバナヂウム鋼並に瑞典鋼の試験片の摺みの部分を切りこれを磨いて顯微鏡組織を見た。寫眞はこれを示したものである。バナヂウム鋼は焼鈍標準化、軟化のみ處理を施せるものに於て著しく緻密なる組織を示して居る。寫眞の倍率はすべて100倍でピクリン酸にて腐蝕せるものである。

V. 本邦各地産砂鐵中のバナヂウム含有量

本邦各地産砂鐵中のバナヂウムの定量を行つたところ第 18 表に示す如き結果を得た。但し表中○印を附した久慈地方の砂鐵は磁撰しないで分析したものであり他は磁撰せるものに付て分析した結果である。蓋し久慈地方以外の砂鐵は機械的に土砂を混合して居る事が歴然として居るが故にこれを除外するのを至當と考へたからである。表によれば久慈地方の砂鐵が一番バナヂウムが多い様である。又大體東北地方が多い様で山陰、山陽、九州は少い様に思はれる。第 2 圖はこれを圖示したものである。岩瀬博士、梅津氏も本講演と殆んど同時に本邦砂鐵中のバナヂウムの分析を發表せられたが大體に於て三者とも一致して居る。多少の開きがあるものも有るが試料が同一のもので無

いから何等不思議とずるに當らぬ。

第 18 表

全國各地産砂鐵中のバナヂウム分析表

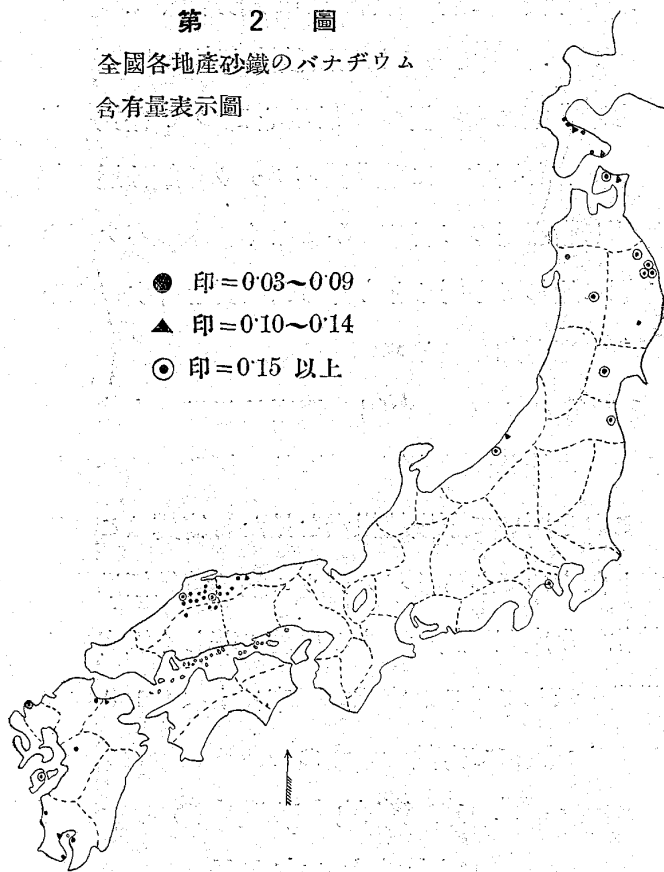
地 名	V %
○岩手縣九戸郡大川目村水無六番坑	0.33—0.33
○岩手縣九戸郡長内村元山五番坑、坑口左	0.28—0.32
島根縣飯石郡吉田村栗原鑛區	0.26
新潟縣刈羽郡石地町海岸波打際(製鐵所寄贈)	0.24
福島縣相馬郡小高町	0.23
神奈川縣七里ヶ濱海岸	0.23
○岩手縣九戸郡大川目村山梨堀割	0.20
島根縣仁多郡字斐伊川筋より大字横田中村境に至る川筋	0.20
宮城縣加美郡色麻村大字四釜荒川	0.20
熊本縣天草郡本戸	0.20
○岩手縣九戸郡長内村元山一番坑右六號	0.19
○岩手縣九戸郡大野村水澤梅ノ木澤中部層	0.18
新潟縣刈羽郡石地町(東大寄贈)	0.18
福岡縣絲島郡北崎村	0.17
島根縣飯石郡吉田村井出下鑛區	0.17
青森縣下北郡地内	0.15
秋田縣仙北郡田澤村玉川筋床	0.15
北海道渡島國龜田郡上尻岸内村	0.15
廣島縣比婆郡八銚村大字油木上石原	0.14
北海道渡島國龜田郡尻岸田	0.14
青森縣下北郡風間村浦村木野部海岸 1.	0.14
同 上 2.	0.13
○岩手縣九戸郡大野村帶島樋坑内	0.13
○岩手縣九戸郡大野村水澤袖山中部層	0.12
鳥取縣東伯郡由良村地盤海岸	0.11
鹿兒島縣肝屬郡垂水村海岸 2.	0.11
同 上 1.	0.10
鹿兒島縣鹿兒島郡谷山村海岸 1.	0.10
島根縣仁多郡三澤村峠鑛區	0.10
大分縣下毛郡大楠村東濱部大新田一帶の海岸	0.10
島根縣能義郡比田村大字東比田字海田	0.10
青森縣下北郡大畑	0.10
新潟縣三島郡寺泊	0.10
鳥取縣日野郡多里村大場鐵穴(赤目砂鐵)	0.10
鳥取縣日野郡黑板村上日野川流域	0.10
北海道膽振國山越郡石倉村	0.10
島根縣仁多郡島上村竹崎字龜石東山下毛	0.09
廣島縣比婆郡小奴可村地内	0.09
島根縣能義郡布部村大字布部字雲谷	0.09

島根縣仁多郡阿井村土地内眞砂々鐵	0.09
島根縣仁多郡鳥上村大字大呂山ノ奥 ノキ鑛區	0.09
秋田縣山本郡鹿渡村地内	0.09
鹿兒島縣下種ヶ島	0.09
鳥取縣日野郡黑板村大字上管字棚谷	0.09
鹿兒島縣鹿兒島郡谷山村海岸 2.	0.09
北海道膽振國山越郡山越内村	0.09
鳥取縣皆生海岸	0.09
鹿兒島縣熊毛郡北種子村安城金濱砂鑛區	0.08
島根縣飯石郡吉田村管野鑛區	0.08
島根縣仁多郡三澤村楮ヶ谷鑛區	0.08
同 上 後谷鑛區	0.08
同 上 鳥上村竹崎字細谷	0.08
同 上 鳥上村大字山ノ奥	0.08
鳥取縣日野郡阿毘緣村大字阿毘緣字中鐵穴	0.08
熊本縣鹿本郡田底村字平島	0.08
鳥取縣八橋海岸(火山系砂鐵)	0.08
鳥取縣皆生海岸(安來製鋼寄贈のもの)	0.08
廣島縣比婆郡小奴可村	0.07
鹿兒島縣薩摩郡川内海岸波打際	0.06
島根縣飯石郡田井村三谷鑛區	0.06
島根縣飯石郡龜嵩村山似後鑛區	0.06
島根縣大原郡日登村斐伊川鑛區	0.06
鹿兒島縣揖宿郡山川村大字岡兒ヶ水子赤水長崎	0.06
島根縣能義郡布部村大字布部字川筋	0.06
島根縣仁多郡八川村大字上駄床尻官谷鑛區	0.06
福岡縣築上郡高濱	0.06
鳥取縣西伯郡和田村より境町に至る海岸一帯	0.06
岩手縣氣仙郡下有住村	0.06
北海道渡島國龜田郡石崎村	0.06
北海道膽振國山越郡八雲村	0.06
○岩手縣九戸郡大野村中鼻堀割	0.06
鳥取縣八橋海岸	0.06
島根縣仁多郡阿井村第一號眞砂砂鐵	0.05
同 上 第三號赤目砂鐵	0.05
島根縣仁多郡八川村大字八川鳥越鑛區	0.05
廣島縣双三郡作木村地内	0.05
鳥取縣日野郡大宮村字大床(眞砂砂鐵)	0.05
北海道渡島國龜田郡戸井村大字小安村	0.05
北海道渡島國上茅部郡砂原村	0.05
○岩手縣九戸郡大野村水澤袖山上部層	0.05
島根縣仁多郡阿井村第二號眞砂砂鐵	0.04
鳥取縣日野郡山上村大字茶屋字木呂萩	0.04

鳥取縣日野郡黑板村大字土管字人向	0.04
島根縣能義郡十年畑村(眞砂砂鐵)	0.04
鳥取縣生山砂鐵	0.03

第 2 圖

全國各地産砂鐵のバナヂウム含有量表示圖

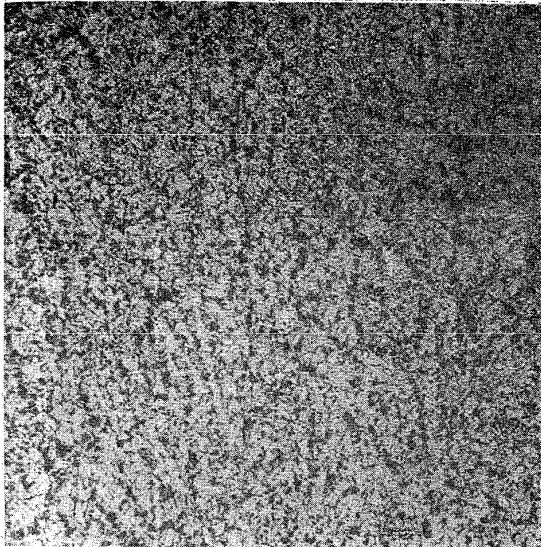


- 印=0.03~0.09
- ▲ 印=0.10~0.14
- ◎ 印=0.15 以上

結 論

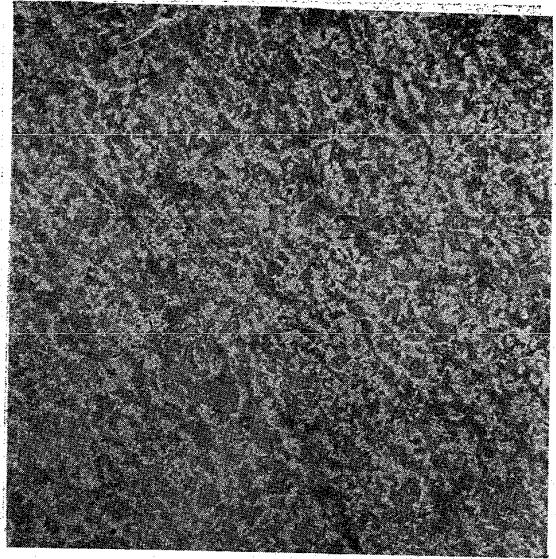
- (1)久慈海綿鐵を電氣爐にて熔解するに當り熔滓成生後炭素材を投入し其の量を適當にすれば任意の炭素量の鋼を得ると共に鑛滓中の鐵分を減少して還元性鑛滓を作る事が出来る。
- (2)海綿鐵中に若し燐分少きときは高石灰還元性1鑛滓法にて優良なるバナヂウム鋼を得られる事を推定出来る。
- (3)海綿鐵中に燐分多い場合には2鑛滓法、3鑛滓法等により通常の電氣鋼を得られる。然して2鑛滓法に於ては第1鑛滓中の酸化チタンの含有率を減少する不都合が有るが3鑛滓法に於てはチタン含有率多くなり且つ又鐵分含有率少く酸化チタン採取上都合良き鑛滓を得られる。

No. 1



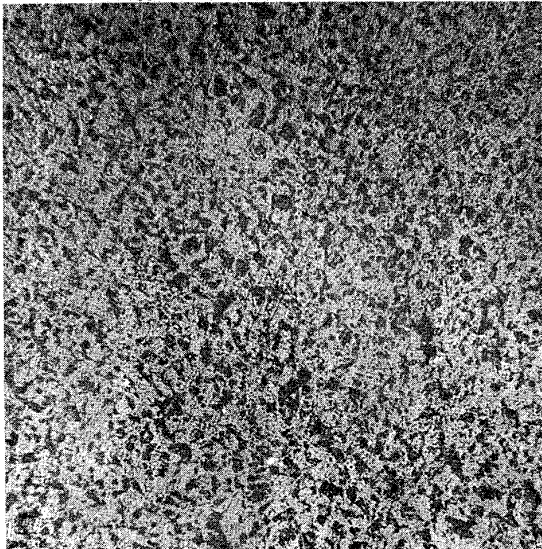
Vanadium Steel C 0.28% annealed at 840°C
V 0.16% normalised at 850°C
tempered at 670°C

No. 4



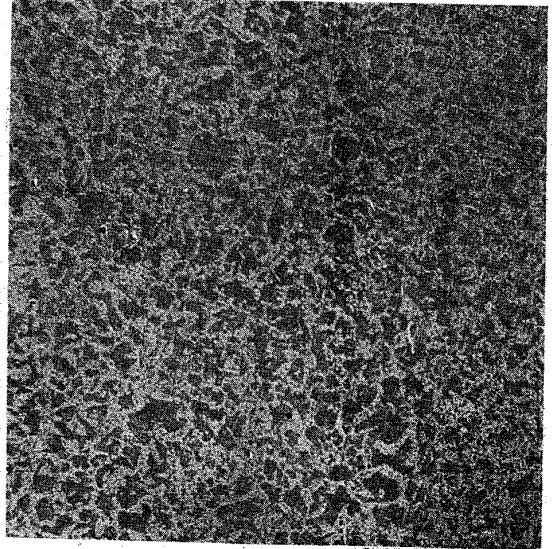
Vanadium Steel C 0.44% forged
V 0.21%

No. 2



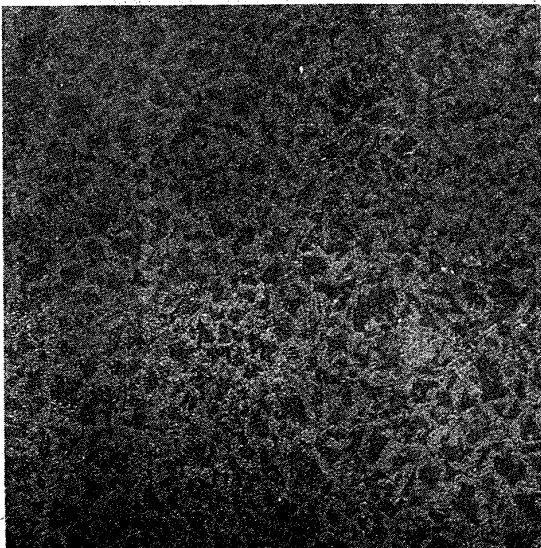
Swedish Steel C 0.3% annealed at 840°C
normalised at 850°C
tempered at 670°C

No. 5



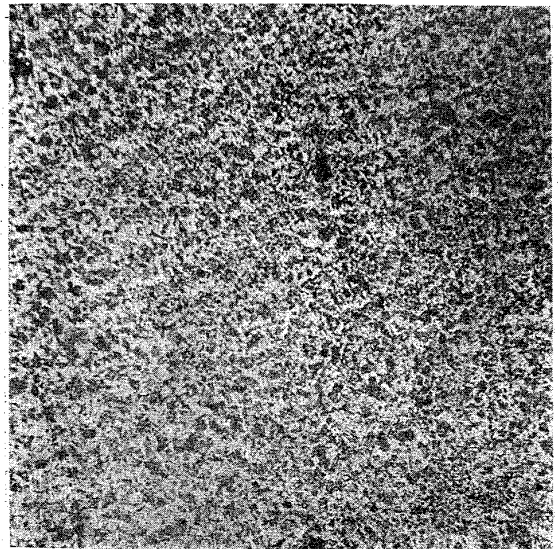
Swedish Steel C 0.4% annealed at 815°C
normalised at 850°C

No. 3



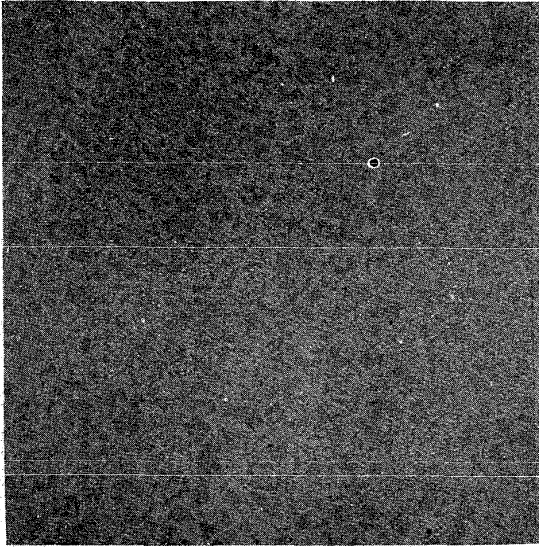
Swedish Steel C 0.4% rolled

No. 6



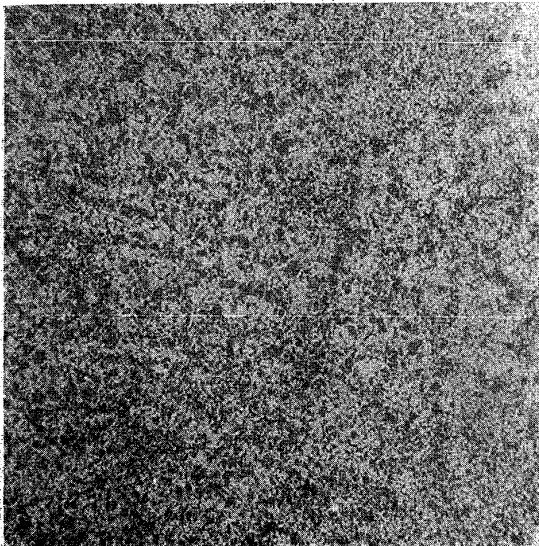
Vanadium Steel C 0.44% annealed at 820°C

No. 7



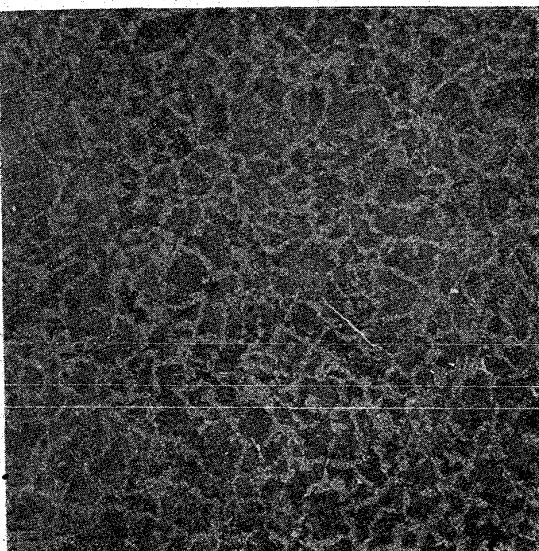
Swedish Steel C 0.4% annealed at 820°C
normalised at 850°C
tempered at 670°C

No. 8



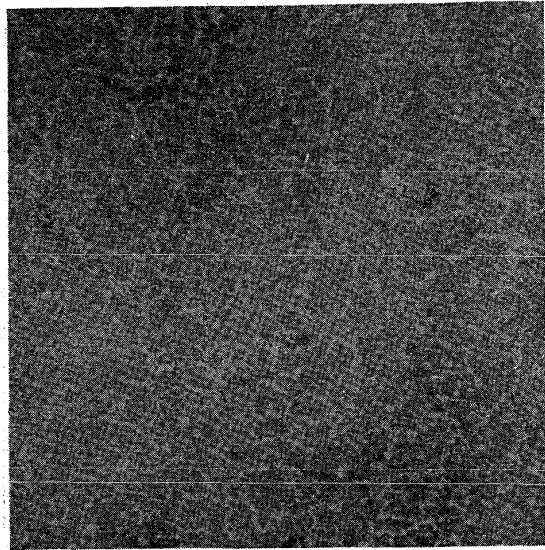
Vanadium Steel C 0.41% annealed at 820°C
V 0.21% normalised at 850°C
tempered at 670°C

No. 9



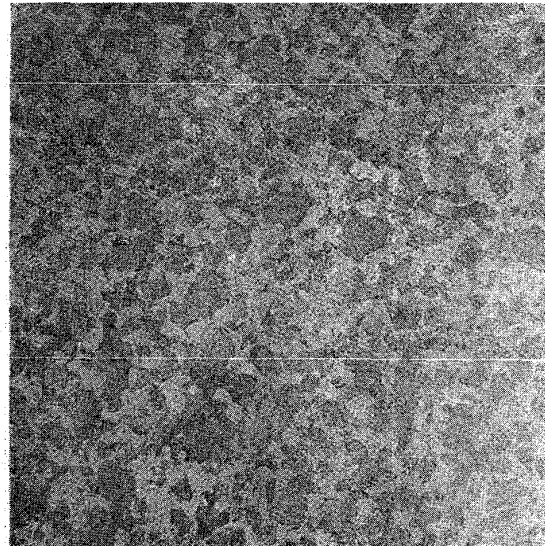
Swedish Steel C 0.5% rolled

No. 10



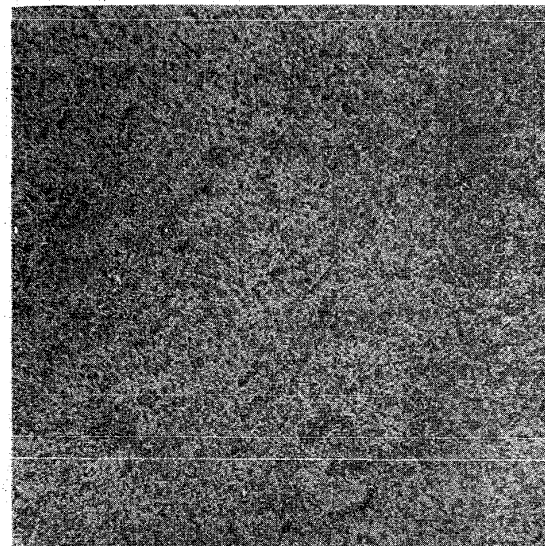
Vanadium Steel C 0.50% forged
V 0.22%

No. 11



Swedish Steel C 0.5% annealed at 810°C
normalised at 850°C
tempered at 670°C

No. 12



Vanadium Steel C 0.5% annealed at 810°C
normalised at 850°C
tempered at 670°C

(4) 3 鑛滓法に於ける第 3 鑛滓に第 1 鑛滓を使用するときは燐分少きバナヂウム鋼を得られる。従て燐分多き海綿鐵には本法を適用するのが最善である。

(5) 砂鐵製バナヂウム鋼は抗張力其他に於て通常鋼に優るは勿論在來のバナヂウム鋼に比しても同等或はそれ以上の優秀性を有して居る。

(6) 顯微鏡組織に於ても砂鐵製バナヂウム鋼の優秀性を確認し得られる。

(7) 本邦砂鐵中にはバナヂウムを必ず含有して居る多いものは 0.4% 少いものは 0.03% 位である。概して東北地方の砂鐵に多い様であり久慈

地方のそれは最高値を示して居る。

本研究は齋藤大吉博士の懇篤なる御指導により成されたものであり、此處に厚く同先生に謝意を表する次第である。又多量の海綿鐵を寄贈せられた久慈製鐵所、川崎車輛會社又砂鐵を寄贈せられた八幡製鐵所、安來製鋼所、東大砂鐵研究室に感謝する。又分析の勞を取られた高須正夫、布村幸治郎兩君の御助力を謝する。

本研究は未だ甚だ不備不完であるが今後大方の御助力御教示を俟ち完成致したく思ひ此處に僭越ながら紙面を汚した次第である。以上

鐵・ニッケル・クロム三元系状態圖

(日本鐵鋼協會 第 5 回講演大會講演)

松 永 陽 之 助

I. 緒 言

鐵・ニッケル・クロム三元系合金は近代の金屬材料として工業上重要な地歩を占めて居るので之に就いての研究は相當多數 1) に上つて居る。それにも拘らず本三元系状態圖の研究は未だ充分でない。是に依つて著者は兩三年前より此の方面の研究に従事して居た、其結果を大體次の様に纏めた。

II. 鐵・クロム二元系

この二元系の状態圖に就いては既に多くの研究

があるが就中最近 P. Oberhoffer 氏 1) の研究に依つて略完成されて居る。第 1 圖は彼の研究に依る状態圖であつて液相線は熱分析に依り固態内の變化は示差熱分析と焼入れした試片に就いての X 線分析に依つて求めたものである。尙圖中點線で示してある磁氣變態點は磁氣分析に依つて求めたものである。この圖に依るとこの二元系は液相に於ては總ての割合に溶解し固相に於ても或溫度及組成範圍に γ 相を生ずる外總ての α 相の固溶體より成る。液相線及固相線は連續曲線を作り最低融點 1,410° クロム 15% に於て合致す、兩者の間隔は相當に大きくクロム 40% 附近に於て最大値

1) Edgar C. Bain and William E. Geriffitho Amer. Inst. of Min and Met. Eng. 75 (1927)
P. Chevenard. Rev. Metal. 24 (1927) 621 697
25(1928), Rosenhain. Iron Steel Inst. Advance Copy (1930).

1) P. Oberhoffer. Stahl u. Eisen 47. (1927) 2020.