

鋼塊鑄型に就て

(昭和二年十一月日本鐵鋼協會第三回講演大會講演)

森 寺 一 雄

Some studies on the materials of Ingot Mould. by Kazuo Moritera.

Yawata Imperial Steel Works.

The materials of Ingot mould are one of the largest factor affecting the economical operation of the steel works. To obtain a good result on this point we should supply cheap moulds sufficiently and reject the old moulds that have got damages on the inner surface, or prefer a suitable material to the mould that will give more durable life.

Hence for the former reason I selected the molten metal of the blast furnace and performed, so called, direct casting, and have found this very profitable. I made also some consideration upon their appliances. For the latter purposes I studied the sand mould for casting, and the variation of the chemical and physical properties affected by repeated heatings on the special cast iron containing Si, Cr and Mn in different percentages. From these results I decided the most suitable compositions for ingot moulds. The conclusions abstracted are as follows:—

1. Taken 44% molten iron directly from the blast furnace and mixed with 56% cupola iron, 2,600kg. square ingot mould was cast. In practical use of the mould 4% loss in life and 9% gain in cost have been proven. If we take 20% of the residual molten steel from the converter or open hearth furnace and 80% of the molten iron from the mixer, casting a mould with the composition of C below 3% Si about 4% I am sure it will be more economical giving a suitable material for the mould.

2. Some improvements in sand moule give a strong and hard casting, but they cannot prevent the changes of the materials by repeated heatings.

3. Silicon content of about 2.5% gives the worst result, but decreasing Si a little and increasing C, or adding more Si and subtracting C will give better results. Si 3.5~5%, C below 3% gives the best results, Carbon must always be below the eutectic percentage of the ternary equilibrium diagram of Fe-C-Si.

4. Chromium increases the hardness and strength of the casting and prevents the altering of the characteristic of the materials by heat. The composition must be changed according to the Si percentage. When the composition are as follows

Si	Cr	C
3.5	2.0	3.3
2.5	1.3	3.4
2.0	1.0	3.9
1.5	0.4	3.4

on repeated heating until 800°C, the expansion and contraction are reversible and the changes of hardness, strength, and structure by repeated heatings are the least. But when Cr increased more, cementite appears and casting becomes brittle accompanied by internal stress which result the destruction of the mould when the hot molten steel are cast. In such cases it is prevented by annealing the mould at 600°C for 4 hours.

5. It is such better to add Cr with more Si content.

6. It is preferable to have less Mn as this element increases the changes of the materials by repeated heatings.

目 次

I 緒 言	4 熱 膨 脹
II 鑄型の種類	5 顯微鏡組織
III 鑄型の使用回数(命數)及破損原因	XI 鑄物の耐熱性に及ぼす珪素の影響
1 鑄型の形状及大小	1 試 料
2 造塊工場の設備	2 繰返加熱に依る機械的性質の變化
3 成 分	3 繰返加熱に依る組織の變化
4 取扱上の注意	4 化學成分の變化
5 鑄 型 臺	5 熱 膨 脹
IV 鑄型の形状、命數、消費量の關係	6 加熱時間と熱膨脹
V 鑄型に鎔鑪湯應用の利益	7 熱 間 硬 度
VI 鑄鋼の際鑄型が熱せらるる溫度	8 珪素鋼の性質
VII 鑄型材の化學成分	9 Fe-C-Si 三元平衡狀態圖
VIII 加熱に依る鑄鐵の變化	XII 鑄鐵の耐熱性に及ぼすクロームの影響
1 繰返加熱に依る變質	1 試 料
2 熱 膨 脹	2 繰返加熱に依る機械的性質の變化
IX 耐熱鑄物の應用	3 變 態 點
X 鑄物の耐熱性に及ぼす鑄造砂型の影響	4 熱 膨 脹
1 試 料	5 顯微鏡組織
2 鑄 型	XIII 鑄鐵の耐熱性に及ぼす滿俺の影響
3 機 械 試 驗	XIV 結 論

I 緒 言

製鋼工場に於ける鋼塊鑄型は、鋼材の品質及工場の經濟に大なる影響があるから、此効果を擧ぐるには、低廉なる鑄型を供給して、傷つける古きものは惜みなく之を新しきものと取替へて、古鑄型の疵より誘引せらるる鋼塊の缺點を少くする鑄型多量製作主義に依るか、或は品質優秀なる鑄型を造つて命數を大ならしめ以て費用を輕減すると同時に良鋼塊を作る良質鑄型製作主義かの二策を選ばねばならぬ。

前者の多産主義に依る法は、一に工場經營の如何に俟つの外はなく、何れの工場にても最善の努力をつくして居るが、地方的狀況に依りて異り、從來の方法に依るときは、自らその能力に限りあり。然るに我製鐵所にては、鎔鑪を有し、主要なる原料として銑鐵を容易に得らるることと、製鋼、鋼材、工作工場を有するが故に、種々の屑鐵を安價に得らるるの特典を多分に有するがために、多産主義に對して最も可能性がある。尙從來の如く型銑を鎔鑪又は反射爐にて再熔解して製造するときには、余の計算に依れば、熔解費に全鑄型費の 21 % を要することとなる。従つて direct casting を行へば此費用を節減し得ることは明かなことである。茲に於て余は、當所に於て實地作業に鎔鑪出銑湯を種々の割合に熔銑爐湯と混合し、經濟的に良成績を得た結果を述べ、更に之が應用に就きて、工場の配置、設備、原料の配合等を考察した。

次に後者の良質主義に就ては、是迄多くの研究あり、殊に耐熱、耐酸鑄物の研究は屢々試みられた

けれども、鑄型としての應用に關しては、炭素、珪素、クローム等の成分を多少加減したるに止まり、未だ満足なる成績を得られず。余は當所に於ける鑄型の化學成分と命數との統計を取り、最も優秀なりし鑄型の化學成分を指摘し、或は鑄造方法の耐熱性に及ぼす影響、珪素、クローム、滿俺等の耐熱性に及ぼす影響等を研究して、鑄型材質の改善を計つて居る。茲には、之迄經驗した事の一端を述べ、實地應用上の詳細なる事柄や、經濟上の問題に就ては、他の機會に譲りたいと思ふ。

II 鑄型の種類

鑄型は、鋼板、條鋼、特殊鋼等鋼材製品の種類に依りて其の形狀、重量を異にし、多種多様にして、本所にて使用する主なる例を擧ぐれば第 1 表の如くである。

第 1 表 鑄型の種類 (製鐵所)

名稱	内 法 mm					重量 kg	名稱	内 法 mm					重量 kg
	上 部		下 部		高さ			上 部		下 部		高さ	
	縦	横	縦	横				縦	横	縦	横		
B1	570	229	610	267	1,320	1,434	C45	450	430	405	375	1,600	3,520
B2	780	270	813	305	1,400	2,205	C51	440	410	500	470	1,800	2,658
B3	930	270	960	305	1,680	3,895	C54	473	473	500	540	1,900	3,525
B4	1,035	350	1,067	380	1,680	4,576	C62	560	460	620	520	2,000	3,520
B5	1,130	420	1,168	457	1,680	5,102	C70	560	450	700	500	2,000	3,581
B6	1,140	450	1,210	460	2,000	6,267	C75	690	500	750	560	1,900	5,400
B16	673	229	711	267	1,450	1,900	S51	455	425	515	485	1,620	4,158
SB1	620	186	636	207	1,320	1,419	S52	560	560	520	520	1,900	3,310
SB2	780	270	813	305	1,400	2,277	S75	690	500	757	567	1,900	5,690
SB3	930	300	965	335	1,680	3,645	200	180	180	230	230	340	265
SB4	1,035	370	1,070	410	1,680	4,750	230	320	140	300	120	715	330
SB5	1,130	420	1,168	457	1,680	5,180	340	390	170	350	140	800	788
SB6	1,140	440	1,210	480	1,900	6,300	650	320	320	260	260	910	650
SB7	1,130	600	1,200	640	2,200	7,600	BO26	250	235	220	170	1,220	410

是等は形狀、大きさ、及び造塊法に依りて、大約次の 4 種に大別せらる。

B 型 厚板鋼塊鑄造用にして、斷面小判形をなしその大きさにより番號を附して更に小別す。

C 型 主として條鋼鋼塊鑄造用にして、斷面略々正方形をなし、其の大きさに依り番號を附して更に小別す。

S 型 C 型と同様に斷面正方形なるも、上注専用にて、下端閉さる、押湯を附し桿材、車軸等上の鋼材を作るに用ふ。

特殊鋼鑄型 特殊鋼鋼塊鑄造用にして一般に C 型の型狀小なるものである、鋼塊重量を附して區別す。

BO型 珪素鋼板用とす。

此他に鍛鋼材用として、八角形(朝顔形)の鑄型を用ひることがある。

III 鑄型の使用回数(命數)及破損原因

1 個の鑄型にて何個の鋼塊を鑄造し得るか、即ち鑄型の使用回数(之を命數と稱す)を個々の鑄型について、數年來調査しつつあるが、此命數は鑄型の改善、取扱者の注意等に依り、年々増加しつつある。第 2 表は、不時の破損に依る例を除外して、大正 14 年度に於ける各種鑄型命數の 1 例である。

第 2 表 鑄型の命數

使用工場	種類	試験鑄型數	平均命數	最大命數	使用工場	種類	試験鑄型數	平均命數	最大命數
一製鋼	C51	646	124	228	三製鋼	B 3	62	46	55
二製鋼	C54	279	170	284	"	B 4	46	43	56
三製鋼	C54	85	131	197	"	B 5	20	44	55
"	B 1	33	83	103	"	B 6	16	44	59
"	B 2	124	53	85	"	B16	119	76	129

此結果に依れば、鑄型の命數に影響する主なる條件は次の如くである。

1. 鑄型の形狀及大小

B 型は C 型に比し遙かに命數が少い。是 B 型は形狀不均一にして鑄鋼の際加熱せらるる溫度が局部的に異り、従つて膨脹收縮の差を生じ、機械的に破壊するがためである。此の破壊せる鑄型の 90% までは、腹切と稱し、Photo. 1 の如く、胴中央の横割 A にして、又之と直角の方向に隅の縦割 B 及上端隅の斜割 C あり。横割 A は、之に鑄造せる鋼塊胴に引割を起す原因となるから、此横割を生じたるものは最早使用に堪へず。

製鐵所にて最も普通に使用せらるる鑄型の寸法及重量の關係を例示すれば第 3 表の如く、中央部斷面の縦と横との比は、B 型にては、約 2.5~3.3 にして、C 型にては、1~1.3 とす。

第 3 表 主要鑄型の大小及重量 (製鐵所)

種類	内 法 mm							厚 さ mm			高さ mm	重 量 kg		
	上		中		下		中	上	中	下		鑄型	鋼塊	鋼塊 / 鑄型
	縦	横	縦	横	縦	横								
B 1	576	229	593	235	610	241	2.53	89	95	102	1,320	1,434	1,168	0.81
B16	673	229	692	248	711	267	2.79	95	101	108	1,450	1,900	1,530	0.80
B 2	780	270	796	287	813	305	2.77	100	105	110	1,400	2,205	1,948	0.88
B 3	930	270	947	287	965	305	3.30	110	115	120	1,080	3,895	2,857	0.73
B 4	1,035	350	1,051	365	1,067	380	2.88	125	132	140	1,680	4,576	4,013	0.88
B 5	1,130	420	1,149	438	1,168	457	2.62	130	137	145	1,680	5,102	5,263	1.03
B 6	1,140	450	1,175	455	1,210	460	2.58	120	130	140	2,000	6,267	6,220	0.99
C51	440	410	470	440	500	470	1.07	87	98	110	1,800	2,658	2,363	0.89
C54	473	473	506	506	540	540	1.00	110	115	120	1,900	3,525		
C62	560	460	590	490	620	520	1.21	95	97	100	2,000	3,520	3,686	1.05
C70	560	450	630	475	700	500	1.33	85	93	100	2,000	3,581	4,032	1.13
S51	455	425	485	455	515	485	1.07				1,620	4,158	2,490	0.60
S52	560	560	540	540	520	520	1.00				1,900	3,310		
S75	690	500	723	533	757	567	1.36				1,900	5,690		

鑄型重量は各 10 個の實測平均値

鋼塊重量は鑄型の上端より 250mm 下りたる所まで熔鋼を鑄込みたる場合その容積に比重を 7.3 と假定し算出せる値

第4表 鑄型の大き及重量 (英國某所)

種類	内法 mm							高さ mm			重量 kg		
	上		中		下		中	厚さ mm			鑄型	鋼塊	
	縦	横	縦	横	縦	横		縦/横	上	中			下
41	521	343	546	375	572	406	1.46	95	105	114	1,676	3,150	2,500
42	610	343	667	413	724	483	1.62	102	108	114	1,841	3,980	3,600
43	572	305	654	384	737	464	1.70	140	127	114	1,207	3,000	2,300
44	597	419	629	445	660	470	1.41	102	102	102	1,829	3,650	3,700
45	610	432	610	432	610	432	1.41	64	86	108	1,829	3,300	3,400
46	305	305	451	362	597	419	1.25	89	95	102	1,829	3,150	2,500
47	667	337	684	359	711	381	1.91	102	121	140	1,905	4,000	3,400
48	305	305	476	410	647	515	1.16	102	102	102	1,829	3,650	3,300
49	610	457	635	495	660	533	1.28	95	98	102	1,829	3,750	4,100

又英國某所に於ける此關係を例示するに第4表の如く、縦と横との比は何れも1.9以下である。厚板用鋼塊鑄型の命數が他の型に比し小なる主原因は、此断面の縦、横の比の大なるがためである。

次に同一形状のものにては、型の大なるものほど命數が少い、是鑄鋼の際加熱せらるる温度高く、時間長ければ、材質の變化著しきためである、然るにB型に於ては、B4以上(鑄型重量4.5噸、鋼塊重量4匁)は命數に異りなし。是使用度數少きため取扱宜しき事にも依れども、一定の大きさ以上になれば、加熱の影響に對し抵抗力がより以上増大するためであらう。

2. 造塊工場の設備

C型造塊に對し第二製鋼工場にては teeming crane を用ふる上注ぎ pit casting にして、鑄型内の熔鋼固まれば直ちに型抜して均熱爐に裝入す、其間20~30分間なるも、第一及第三製鋼工場にては可動車(moving car)を用ふる上注法にして、造塊終らば、之を分塊工場まで運搬して型抜するが故に、此間30分以上長き時は3時間にも及ぶことがある、そのために熱の影響を受け、後者は前者に比して遙に命數が少い。

又第二製鋼工場にてはピット内にて自由に鑄型の方向を變更して配列せらるるも、第一及第三製鋼工場にては、ハンドル(鑄型の耳)のために、臺車に配列せらるる型の位置一定し、相互間の距離短きために、鑄鋼の際鑄型が次の鑄型と接する二面は之と直角の他の二面に比し常に温度高く且長く熱せらるるを以て、此高熱せらるる二面が著しく傷み型の命數を小ならしむ。斯の如く高熱せられた二面は、型の内面に honey comb (龜裂) を生じ、胴の中央は、熔蝕せられて凹み、之が鑄造せる鋼塊の肌を粗惡ならしめ、且 Photo. 2 に示す如く鋼塊胴部に瘤を生じ、型抜困難なるのみならず、瘤の所に横割が出来る。

3. 成分

普通鑄物の成分は、鐵以外に C, Si, Mn, P, S なるが、此中 P, S はなるべく少きものを選び、鑄物の性質を加減するには、C, Si, Mn の含量を適宜増減す。第5表は大正14年に本所にて製造及使用せられたる各種鑄型を C, Si の含量に依りて分類し、其の各の命數を比較したものである。

第5表 鑄型の成分と命數の関係

C%	Si%	一製鋼		二製鋼		三製鋼															
		C51		C54		C54		B1		B2		B3		B4		B5		B6		B16	
		個數	平均命數	個數	平均命數	個數	平均命數	個數	平均命數	個數	平均命數	個數	平均命數	個數	平均命數	個數	平均命數	個數	平均命數	個數	平均命數
3.7~4.0	2.0~2.3	16	109	6	146*	1	58			1	55	6	47							1	74
"	1.5~2.0	327	120	42	160	5	125	2	118	33	47	35	45					12	41	5	75
"	1.0~1.5	116	116	13	189	3	133			5	49	12	49					* 1	54	3	74
3.3~3.7	2.0~2.3	20	128	34	164	11	139	4	74	21	58	2	57	11	43	1	55			17	71
"	1.5~2.0	132	135	130	176	46	128	17	82	48	55	4	43	27	39	16	43	* 1	48	86	77
"	1.0~1.5	18	136	23	174	19	138	9	81	12	56	1	34	6	43	2	42			4	78
3.0~3.3	2.0~2.3			* 1	129					1	70										
"	1.5~2.0	6	140	* 1	258					1	38			1	43	1	46			1	69
"	1.0~1.5			2	175									1	40					2	45
平均			124		170		131		83		53		46		43		44		44		76

* 印は例外に付平均値に算入せず

此の結果に依れば C 型は C=3.0~4.0%、Si=1.0%~2.3% にして、此範圍にては C, Si 共に少い方がよい。然るに従來本所にては原料の關係上炭素含量の高きものが用ひられて居る。但し此の範圍にては、1 及 2 項の影響及次の取扱に依る影響に左右せらるる方遙かに大なれば C, Si が多少變更せらるるとも大局に關係せず。故に此命數を大ならしむるには特殊の成分より成る耐熱鑄物たるを要す。

B 型にて最も普通に用ひらるるものの成分は、C=3.3~3.7%、Si=1.5~2.0%、なるも命數は、C=3.3~3.7%、Si=2.0% 以上のものが良成績である。B 型は酸化腐蝕せらるるまでに使用せられずして、寧ろ小判形の不均齊なる形なれば、加熱せらるる溫度が局部的に異り、膨脹收縮に依る内部應力のために機械的に破壊せらるるが故に、或程度迄 Si を多くして軟き鑄物を利用する方がよい様である。然るに普通の鑄物にては、C, Si を多少變更するも、800°C 附近まで熱せらるる時は變態に伴ふ熱膨脹の異狀變化あるを常とす。従つて加熱冷却に於ける熱分布の不均一に依り或部分は膨脹する間に他の部は收縮するが故に、内部に應力がかかりて割れ、此作用が鑄鋼毎に繰返され、割は益々擴大せらるることとなる。故に 800°C まで變態點なく、何回繰返加熱するも熱膨脹の異狀變化なく、又非可逆膨脹せざる鑄物を要す。

4. 取扱上の注意

第二製鋼工場に於て C54 鑄型 515 個に就て廢棄原因を調査せるに

縦割	41	耳缺げ	8
型入鋼塊打抜中の割	8	自然破損(酸化、龜裂、熔蝕)	458

即ち自然破損せるもの 458 個は鑄型の壽命を完うしたるものにて他の 57 個は取扱上の不注意より廢棄せるものである。

使用回数内譯

大正 11 年度第二製鋼工場に於ける C54 鑄型 515 個に就て使用回数の内譯を示すに

命數	50 以下	51~100	101~150	151~200	200 以上
個數	7	43	205	181	79

即ち 100~150 回使用せられたるもの 205 個にして全試験數の 40% を占め、此時の平均命數は 153 回であつた。此酸化變質に依る自然破損にても頻繁に引續き使用せず充分冷却し掃除して内面には黒鉛を一様に塗布し注意して使用し鑄鋼後なるべく速に型拔せば更に命數は延びるであらう。

次に同年度同所に於ける小判型 SB3, 80 個の使用回数の内譯は、

命數	30 以下	31~40	41~50	51~60	61~70	71 以上
個數	1	21	30	18	7	3

41~50 回の命數を有するものが 80 個中 30 個を占めその割合は 37.5% である。

5. 鑄型臺

上注鑄造の際には熔鋼が鑄型の下に敷ける臺に打付かりて之を熔蝕す、此熔蝕されたる臺を用ふる時は臺と鑄型底邊との間に隙間ありて之に熔鋼が流込み凝固の際收縮を妨げて Photo. 2 の如く鋼塊底部に横割を生じ鋼材の切捨を多くしてその歩留を減少す。故に鑄型臺も多量製産主義にて低廉なるものを造りていためるものは取替ふるか、又は熱及機械的作用に對し強靱なるものを選ばねばならぬ。

IV 鑄型の形狀、命數、消費量の關係

鋼塊鑄造に要する鑄型消費量を第 1 表及第 2 表より算出すれば第 6 表の通りである。

第 6 表 鑄型の形狀、命數、消費量の關係

使用工場	種類	1 個重量 kg	命數	1 回 消費量 kg	鋼塊重量 kg	鋼塊 1 吨當 鑄型消費量 kg
一製鋼	C51	2,658	124	21.4	2,363	9.00
二製鋼	C54	3,525	170	20.4	2,970	6.86
三製鋼	"	3,525	131	26.9	2,970	9.05
"	B 1	1,434	83	17.3	1,168	14.80
"	B16	1,900	76	25.0	1,530	16.40
"	B 2	2,205	53	41.5	1,948	21.30
"	B 3	3,895	46	84.5	2,857	29.70
"	B 4	4,576	43	106.4	4,013	26.50
"	B 5	5,102	44	116.0	5,263	22.00
"	B 6	6,267	44	142.5	6,220	23.00

同重量の鋼塊にても、C 型(條鋼用)よりも、B 型(厚板鋼用)が消費量多し。B 型にて 3 吨以下の鋼塊にては鋼塊の大なるものほど鋼塊 1 吨當りの鑄型消費量は多くなれども、鋼塊 4 吨以上になれば命數は餘り異らずして、鑄塊吨數を増すが故に鋼塊吨當りの消費は減少し、3 吨厚板鋼塊の場合が

鑄型消費量最大となる。

第 6 表の統計中鋼塊重量は全能率を出したる理想的數値なるが實際上は平均して此重量の 80%位となり、又命數も鑄型不時の破損等に依り減少するが故に鋼塊 1 吨當り鑄型消費量は第 6 表に示せるものよりも増加す。最近 10 年間に於ける出鋼量と鑄型拂出高より算出せる鋼塊 1 吨當り鑄型消費量を示せば第 7 表の如くである。

第 7 表 鋼塊 1 吨當鑄型消費量 (kg)

年 度	C51 一製鋼	C54 二製鋼	C62 一製鋼	S 一製鋼	S51 二製鋼	B平均 一製鋼
大正 5	10.9		6.9	23.0		32.7
6	11.5		7.6	29.4		33.5
7	11.7		21.2	27.6		51.9
8	11.1		8.5	18.6		48.5
9	12.5		8.1	19.5		46.0
10	10.9		5.7	20.5		40.3
11	12.2	8.1	14.2	29.0		30.4
12	10.9	7.5	12.4	22.1	29.0	58.1
13	10.2	7.2	13.2	20.6	13.0	90.5
14	10.9	6.6	7.6	21.3	25.0	24.7
15	10.2	8.4	9.1	16.1	20.6	38.1
平 均	11.18	7.56	10.41	22.52	21.9	40.4

V 鑄型に銻鑄爐湯應用の利益

鑄型費を低廉ならしめんがために製鋼工場に於ては鑄型使用回數を出来るだけ多からしめんとし、従つて甚だしく熔蝕龜裂せる型を無理に使用せんとする傾向がある。然るに之は鋼塊の品質を粗悪ならしめ歩留を減少する虞ありて角を矯めんとして牛を殺すの感あり、故に鑄型費を低廉ならしめんがためには、鑄型の形の研究及び其取扱上に周到なる注意を拂ひ毀損を小ならしむる事の必要なるは勿論なれども、此他に高級の鑄物を造りてその使用回數を大ならしむるか、或は使用回數は或程度まで限定して傷めるものは使用せず極めて廉價なる鑄型を造る多量製産主義を採るかせねばならぬ。

後者の目的のために、本所戸畑作業場に於て大正 14 年 4 月より 12 月に至る間鑄型製作に銻鑄爐より流出する熔銑を利用して鑄型を作つて見た。

その最極端の例として銻鑄爐湯のみを以て鑄型を作りたるに鑄造温度の加減、キリング、脱炭その他適當の方法を施したるも巢多く表面粗悪となりて使用に堪へず失敗に終つた。次に熔銑爐湯と銻鑄爐湯とを取鍋内にて混合して鑄造するに銻鑄爐湯混合歩合 60% 位までは熔銑爐湯のみにて鑄造するものと外觀上何等異らざる鑄型を得られ實際にも使用に供せられた。

多くの實驗中個々の配合量に就ては明かならざれども大體に於て銻鑄爐混合歩合は 35~53% の範圍にてその平均 44% を混じて C 型及 B 型の鑄型を造り、又之と同時に熔銑爐のみの普通鑄型をも造りて兩者を同様に併用し使用成績を比較したるに第 8 表の如くである。かくして造りたる兩種鑄型

第8表 命数の比較

鑄型種類	A 熔銑爐湯のみ		B 銻鑄爐湯混合		命数差 A-B	命数減少率 $\frac{A-B}{A} \%$
	實驗數	平均命數	實驗數	平均命數		
C51	207	121	292	116	5	4.12
C54	33	172	35	168	4	2.33
B 2	11	51	39	47	4	7.85
B 3	22	48	38	45	3	6.25
B 6			15	43		

の各々に就き化學分析して各元素の含量範圍及個々の平均を擧ぐれば次の如く銻鑄爐湯を利用せるものは炭素含量範圍廣く不均齊なるを免れないが各元素の平均含量は兩者類似す。

	C	Si	Mn.	P	S	實驗數	
A	熔銑爐湯のみ	3.44~3.98	1.13~2.24	0.68~1.03	0.035~0.251	0.0152~0.078	273
	平均	3.77	1.57	0.89	0.083	0.029	
B	銻鑄爐湯のみ	3.21~4.17	1.23~2.57	0.71~1.24	0.03~0.111	0.014~0.098	431
	平均	3.79	1.72	0.86	0.09	0.026	

(平均は多くの鑄型個々の平均成分である。)

此の結果に依れば熔銑爐にて熔解して鑄造したる普通の鑄型と銻鑄爐湯 44% を混合して鑄造したる鑄型との平均命数は後者が僅かに少い。

然るに鑄型製造に要する兩者の費用を比較するため C51 鑄型の製造費用を材料費、熔解費、砂型その他の工費の3つに分け其の割合を當所の經驗に依り下の如く定む。

普通鑄型全費用を標準として之を 100% とす	銻鑄爐内にての材料熔解費	21%	
型銑その他一切に要する材料費	65%	砂型その他の工費	14%
銻鑄爐湯(前者と同價とす)	65%		

然れば熔銑爐湯、銻鑄爐湯及兩者を混合して造る場合の鑄型費を比較するに材料費、工費は何れも同一にして只熔解費が銻鑄爐湯配合量に比例して異り次の如くなる。

	配 合	材料費 %	熔解費 %	工費 %	合計 %	差 %
A	熔銑爐湯のみ	65.0	21.0	14.0	100.0	0
B	銻鑄爐湯 44%	"	11.7	"	90.7	9.3
C	同 50%	"	10.5	"	89.5	10.5
D	銻鑄爐湯のみ	"	0	"	79.0	21.0

即ち銻鑄爐湯のみにて鑄型を造る時は從來の鑄型よりも 21% 廉くなり、大正 14 年度に於て實際作業せる銻鑄爐湯 44% を混じたるものにて 9.3% 廉くなる。今之を第8表の使用成績と比較するに C51 型にては銻鑄爐湯 44% を混じたために命数の減じた割合は 4.1% に過ぎないから此の方法に依り安價なる鑄型を多量に造る低廉多量製産主義に依る方が經濟的に有利である。更にこの目的を貫徹する爲に混銑爐及轉爐よりの熔銑運搬に便利なる位置に鑄型鑄造工場を設置し混銑爐湯に轉爐湯の造塊殘湯 20% 位を混合し炭素含量を低下し硅素鐵を加へて炭素 3%、硅素 4% 位の鑄型 (XI 章参照) を鑄造せば經費を節減すると同時に良鑄型を得られ且つ使用後の鑄型廢品は硅素鋼其他適當なる鋼材製造用の平爐原料となさば一層經濟的に有利であると思はる。

VI 鑄鋼の際鑄型が熱せらるる温度

取鍋より熔鋼を鑄型に鑄込む際に鑄型自身の熱せらるる温度は鑄型の形状、熔鋼の温度、注入熔鋼量等に依りて多少の差異あり、又同一鑄型にても上注、下注及定盤上の配列等に依り部分的に温度の差異あり、尙鑄型は數 10 回使用せらるるが其度毎に繰返加熱せられ而して一度注入したる鋼塊を抽出し、鑄型が充分冷却したる後に再び次の注入をなす場合もあれば、或は型不足等の爲に冷却せる型の備なく前回使用せられたる型が未だ充分に冷却せざる内に、次の熔鋼を注入せらるる事ありて、其等の場合に加熱せらるる温度及び時間は多少の差異を生じ従つて鑄型の命數に影響を及ぼす。小判型 B16 に第 1 圖の如く幅廣き面と狭き面に上中下 3 ケ所に徑 5mm. 深さ 50mm. (壁の中心まで) の孔を穿ち各孔に夫々 6 本の白金、白金ロヂウム、サーモカップルを孔の先端まで挿入し孔口は石綿にて密閉し外氣の流入を防ぎ熔鋼注入と同時に 6 ケ所の温度を測定し、コールド、ジャンクションの所には夫々水銀寒暖計を置き、メーターに現れたる温度の補正をした。熔鋼は 15 吨鹽基性平爐にて軟鋼厚板材に供する爲に製鍊せられたるものにて、此の注入温度はオプチカルパイロメーターにて測りたるに、1,580°C であつた。

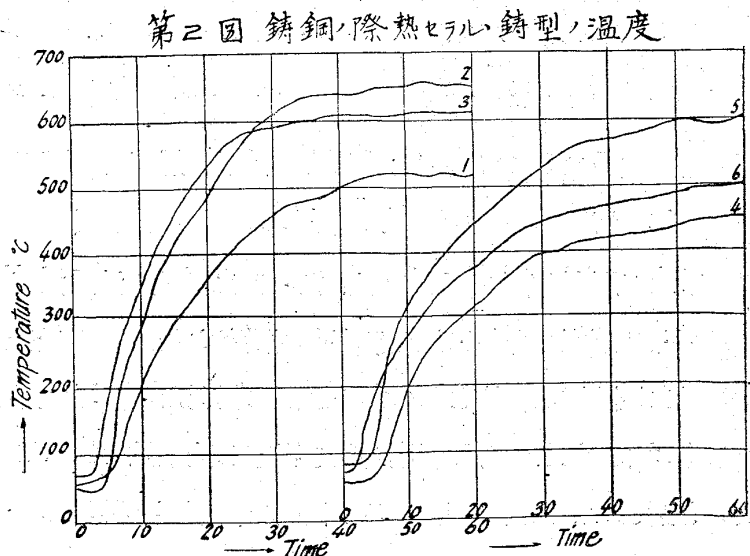
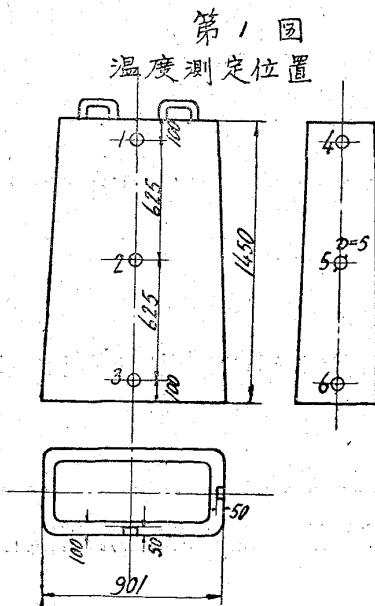
造塊法は 6 本溝の定盤に放射狀に 6 個の鑄型を列べ下注法に依る。此の結果は第 2 圖の如く初めは底部が熱せらるるが後には中部上部の順となり注入し始めてから 55 分にして最高温度に達し以後極めて緩かに冷却せらる、此の最高温度は次の如し。

1. 510°C 2. 640°C 3. 600°C 4. 430°C 5. 580°C 6. 480°C

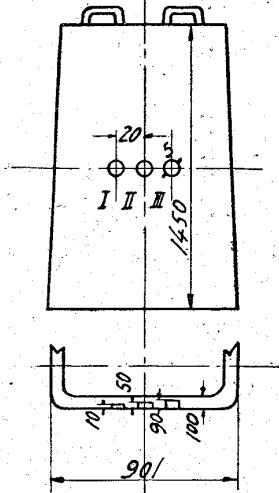
次に 2 の位置が最高温度であつたから此附近にて第 3 圖の如く I, II, III の孔を穿ち各孔の深さを變へて前の方法を以て温度を測定するに第 4 圖の如く

- I 50 分にて最高温度 580°C II 45 分にて最高 730°C III 37 分にて最高 750°C となる

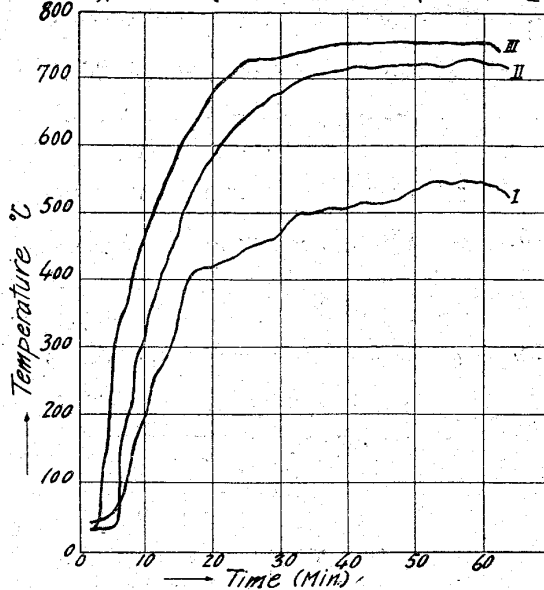
斯の如く鑄型が加熱せらるる温度及び速度は場所に依つて異なる。B16 にては廣面中央の内側表面



第3図
温度測定位置



第4図 鑄鋼の熱せられ、鑄型温度



より 10mm.の 所にて 750°C と
なり、之より外方 40mm. を隔
つる所にて僅に 20°C 下降する
に過ぎないから内側表面にても
750°C と大差なく最高 800°C 位
である。次に最低温度は狭面頭
部の外面にして此の位置に於け
る温度を前の實驗に依り推算す
るに大約 340°C である。

VII 鑄型材の化學成分

鋼塊鑄造用鑄型には鋼、可鍛
鑄鐵或は鑄鐵に條鋼を鑄込みた
るもの等を使用せる例もある

が、一般には鑄鐵を採用せらる。此の鑄鐵成分中最も重要視せらるるものは C, Si, Mn の量にして P, S 其他の不純物はなるべく少きものを可とす。

C は黒鉛及化合炭素 (セメントイト) の二つの形にて存在し、黒鉛の形狀過大なるもの又は其量過
多なるものは、多孔質となり、力弱く加熱せらるるに當り成長及び酸化變質し易い、従つて黒鉛の形
狀及び其の量は鑄型の如く繰返加熱せらるる鑄鐵の耐熱持久の性質に大なる影響を與ふるものと思は
る。

化合炭素は灼熱せられて分解し黒鉛及地鐵となり再び冷却するも元に還らず。其の行程中膨脹變形
し、その程度は温度に依りて異なる。然るに鑄型の熱せらるる温度は局部的に大差あり、従つて膨脹變
形の程度も亦局部的に相違し裂罅の原因をなす。

故に黒鉛と化合炭素の割合は適當に加減するを要し、普通黒鉛と化合炭素の比は 7:3 となす。

珪素は黒鉛の成生を助くる作用あれば黒鉛と化合炭素の割合を調整するに必要な成分なるも珪素
を多く含む鑄鐵の化合炭素は分解し易ければ成可く少くして鑄造方法に注意し軟き鑄鐵を作り黒鉛を
多く含む様にす。

滿俺は鑄鐵の強靱性を増大するも、黒鉛の成生を妨げ硬化す。

燐は湯の流れを良くするが故に小鑄物の場合には或量を必要とするも鑄型の如き簡單なる大鑄物の
場合には態々燐を増してまで湯の流れを良くする必要はない。

燐は強靱性を弱め熱に耐ゆる力を少からしむるが故に少きを望む。

硫黄は赤脆性を與へ鑄物を脆弱ならしむるが故に成可く少からしむ。今日一般に知れたる鑄型材の
化學成分は第 9 表の如くである。

第 9 表 諸家の鑄型材化學成分 (%)

作 者	C	Si	Mn	P	S	Cr
Jhonson	最 高	1~1.5	0.4~0.8	0.08以下	0.05以下	
Richard Moldenke	3.75	1.25	0.8	0.2 以下	0.06以下	
Payne.		1.25~1.50	0.6~1.0	0.2 以下	0.06以下	
Thomas West	3.87	1.67	0.29	0.095		
J. J. Porter.		1.25~1.67	0.6~1.0	0.2 以下	0.06以下	
J. H. Hruska	3.5~3.75	1.0~1.5	0.75~1.2	0.15以下	0.06以下	
"	2.5~3.5	1.0	1.0~1.8	0.15以下	0.06以下	0.25~0.5
鹽 川 弘	2.5~3.5	1.0~2.0	0.5~1.5	0.2 以下	最低	0.05~0.5
鑄鋼	E. Shivety	0.22~0.47	0.05~0.25	0.4~0.6	0.06~0.09	0.04~0.06
	J. H. Hruska	0.35~0.45	0.2~0.35	0.5~0.7	0.04以下	0.04以下

本所に於ての既往經驗により最も優秀と認められし普通鑄鐵製鑄型にて、最近の統計に依り使用回數最大なりし各種鑄型の化學成分を例示すれば第 10 表の如くである。

第 10 表 普通鑄型の化學成分 (%) (製鐵所)

種類	命數	C	Si	Mn	P	S	種類	命數	C	Si	Mn	P	S
C51	228	3.46	1.80	0.57	0.153	0.060	B 4	56	3.80	1.57	0.47	0.126	0.067
C54	284	3.38	1.64	0.54	0.116	0.056	B 5	55	3.56	2.00	0.47	0.108	0.070
B 1	103	3.60	1.61	0.54	0.102	0.062	B16	129	3.59	1.94	0.52	0.155	0.061
B 2	85	3.51	2.00	0.52	0.160	0.071							

此の内一般に最も鑄造し易く、且つ比較的良好なるものは次の成分である。

C	Si	Mn	P	S
3.4~3.6	1.6~2.0	0.47~0.57	0.16以下	0.07以下

然るに鑄型の命數は前述(第III章)の如く種々の條件に依りて影響せられ、B型とC型とは稍々其の成分を變へ、B型は軟く機械的に破壊せざるもの、C型は熱に耐へ酸化し難きものを望む。而して本所に於ての統計に依れば第5表に示した様にC型はC=3.3~3.7%、Si=1.5~2.0%、B型はC=3.3~3.7%、Si=2.0%以上のものが好成績である。

VIII 加熱に依る鑄鐵の變化

鑄型に應用せらるる鑄鐵(鼠銑鐵)を變態點以上に熱する時は膨脹して之を常溫まで冷却するも元の大きさに還らず、體積を増す。此際パーライト(化合炭素)は分解して黒鉛及びフェライトとなり、尙強く熱せらるれば黒鉛消失しフェライトは酸化鐵となる。

180回使用せるC54鑄型の胴部内面を見るにPhoto. 3の如く酸化せられて龜裂を生じて居る。此酸化龜裂の程度は内面胴部中央の最も強く熱せらるる所程著しく、此内側表面の顯微鏡組織はPhoto. 4の如く鑄鐵の元の組織は全く變じてパーライトは分解消失し間隙を生じ酸化鐵と化し此の酸化は内部50 mm.位まで進行してゐた。此表面より15 mm.の所にてはPhoto. 5の如くパーライト無くフェライトが黒鉛のあつた跡の窩孔に沿ひ酸化してゐる。

是れ鑄型が使用毎に800°C附近まで繰返加熱を受けるために變質せるものであるから鑄鐵が繰返

加熱せらるることに依りどの位の變化を受けるかを實驗して見た。

1. 繰返加熱に依る鑄鐵の變質

試驗には次の成分の試料を用ひた。

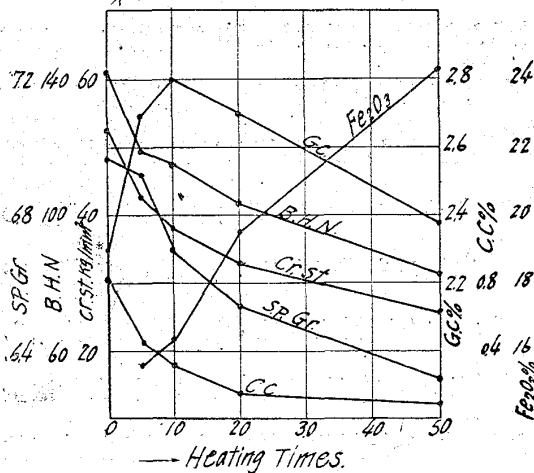
試料	T.C	G.C	C.C	Mn	Si	S
2	3.12	2.30	0.82	0.54	1.36	0.034

此試片は乾燥砂型にて 100×100×100mm. の鑄物を作り、20×20×40 mm. の柱狀試片に正確に仕上げ電氣爐内にて加熱し、800°C に達すれば電流を切り、其の儘爐内にて常溫まで冷却し、かくして 5、10、20、50 回繰返し加熱し各々の物理的性質、化學的成分、顯微鏡組織を試驗した、その結果は第 11 表及第 5 圖に示す。

第 11 表 繰返加熱に依る鑄鐵の變化

試料記號	800°C繰返加熱回數	抗壓力 kg/mm ²	硬度 B. H. N.	比重	化學成分 %			
					G.C	C.C	FeO	Fe ₂ O ₃
2A	as Cast	52.6	141	6.964	2.30	0.82		
2B	5	42.7	119	6.921	2.69	0.45	0.10	15.51
2C	10	37.8	115	6.682	2.80	0.30	0.40	16.31
2D	20	32.8	103	6.529	2.70	0.14	0.57	19.43
2E	50	25.4	82	6.304	2.37	0.08	0.78	24.13

第 5 圖 繰返加熱に依る變化



- (1) 抗壓力、硬度、比重及化合炭素は加熱するほど減ず。
- (2) 黒鉛は初め 10 回までは増加し其以上加熱回數を増せば減少す、酸化鐵は加熱するほど増加す。
- (3) 組織を檢鏡するに鑄込の儘にては地の全部パーライトより成り黒鉛細なるも、加熱すればパーライトの分解して成れる粒狀の遊離炭素附着し、20回より遊離炭素消失し黒鉛に沿ひ間隙を生じ酸化鐵を含む、50 回にては窩孔多くなり地全體に酸化鐵を含む。

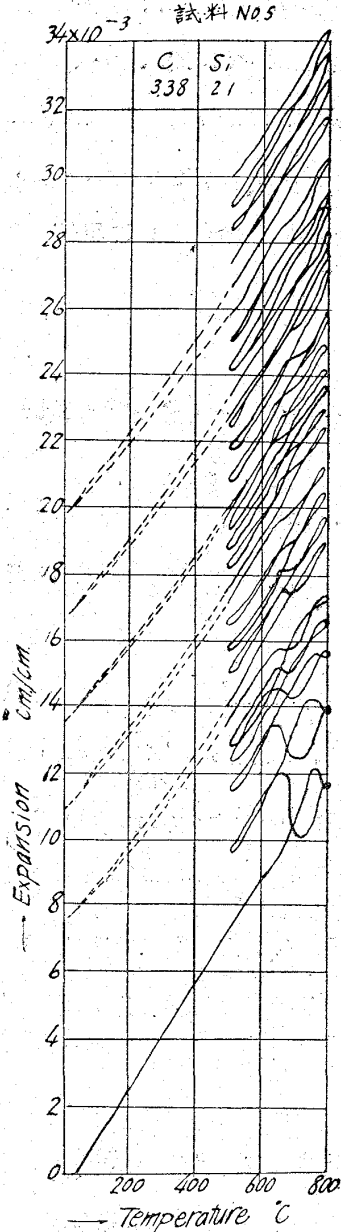
次に加熱溫度を下げ 600°C 及び 700°C に於て同様の試驗をしたるに第 12 表の様になつた。

第 12 表 繰返加熱に依る鑄鐵の變化

試料記號	繰返加熱溫度及回數	彈性界 kg/mm ²	抗壓力 kg/mm ²	硬度 B.H. N.	化學成分 %					
					G.C	C.C	Mn	Si	P	S
3A	as Cast	43.6	63.5	150	3.23	0.72	0.87	1.32	0.06	0.03
3B	700°C 5	37.8	46.5	113	3.24	0.71				
3C	" 10	26.3	39.7	101	3.24	0.70				
3D	" 20	24.0	40.0	96	3.29	0.66				
3E	" 30	23.5	38.7	89	3.47	0.51				

4A	as Cast	45.3	67.0	146	3.14	0.90	0.89	1.32	0.06	0.03
4B	600°C 5	38.7	60.7	140	3.14	0.80				
4C	" 10	41.2	56.2	140	3.16	0.79				
4D	" 20	30.1	49.5	119	3.26	0.57				
4E	" 30	27.2	46.8	117	3.38	0.56				

第6圖 鑄鉄熱膨脹



此結果に依れば加熱回数の増す程、弾性界、抗壓力、硬度は減じ黒鉛は増し化合炭素は減少す。然るに加熱温度が低いから其の變化の程度は小さく顯微鏡組織にてもパーライトが粒狀となり、700°C 50回加熱したるものには黒鉛の周圍に少しくフェライトの現はるる位で酸化鐵は出來ず黒鉛量も減じない。

2. 熱膨脹

次の成分の乾燥砂型鑄込鑄鐵に就て本多式熱膨脹實驗装置にて500°Cより800°Cまでの30回繰返加熱冷却(速度5°C/min,)の熱膨脹を測つた。

試料	G.C	C.C	Si	Mn	P	S
5	2.73	0.65	2.10	0.56	0.12	0.04

第6圖はその結果であつて第1回加熱の時は初めは温度に比例して次第に膨脹するが630°C附近より膨脹率増大し、760°C附近にて異狀變化あり一旦收縮し再び膨脹す。冷却すれば温度下降に従ひ收縮するも700°Cにて異狀變化あり一旦膨脹し此變化終れば再び收縮す。前者はAc₁後者はAr₁の變態である。前の630°C附近より膨脹率の増大するはパーライトの黒鉛化に依るものである。此Ac₁變態は繰返加熱の重なるに従ひ變化量を減じ6回目よりは800°Cまでには殆んど認められずAr₁變態も加熱毎に變化量は漸次減じ20回よりは全く認められず。630°C附近より始まる黒鉛化に依る膨脹量も加熱回数に重なるに従ひパーライトが分解する爲にその變化量を減じ10回附近よりは認められず。

全體として繰返加熱する毎に膨脹し元の長さに還らず殊に初めの2回まではその非可逆膨脹大なるも其後は次第にその割合を減少す。尙注意すべきは此實驗にては500°Cより800°Cまで繰返加熱し5回毎に常温まで冷却した、かくすれば500°Cより直に温度を上昇せる場合よりも膨脹率は常に大である。

故に鑄型も前回使用後充分冷却せず未だ温き時分に使用する方が良い様に思はるるが實際上にはその反對の結果が現はれる様であるから此事に就ては更に研究を要する。

IX 耐熱鑄物の應用

C 鑄型の胴部内面に龜裂 (honey comb) を生じ又 B 鑄型の胴部に横割の出来る主なる原因は鑄鐵が加熱冷却に依り膨脹收縮し殊に 700~800°C に於て熱膨脹の異狀變化ありて或部分は膨脹し他の部分は收縮し又非可逆膨脹に依り加熱前の長さに戻らない等のためにストレスを生じ、又一方此材質は酸化變質せられて粘結性弱まり、従つて此ストレスに耐へ得ない様になり龜裂を生ずる事となる。而して繰返加熱毎に龜裂に沿ひ益々酸化變質して粘結性弱まり龜裂は擴大せらるるに至る。

故に鑄型材に先に實測せる最高加熱溫度 800°C までに熱膨脹に異常變化なく非可逆膨脹せずして何回繰返加熱するも元の長さに戻り、酸化變質せず粘結性の強いものが理想である。

かかる材質を求むるために X—XIII 章に述ぶるが如き特殊な鑄物を作りて耐熱的試験を試みたのである、而して此特殊な鑄物の範圍は今日の工場設備及四圍の經濟的事情を鑑みて容易に製作應用し得られるものたることを考慮してのことである。

X 鑄物の耐熱性に及ぼす鑄造砂型の影響

同じ熔鐵を分けて金型、生砂型、乾燥砂型等異なる鑄型に鑄入せる鑄物は其化學成分は同一でも組織及び性質は異なる。

是等の鑄物に就て繰返し熱せらるる場合に何れが變質し易いかを比較研究した。

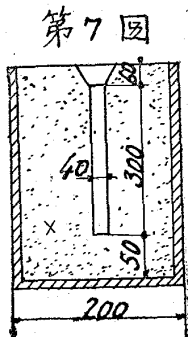
1. 試料

次の成分より成る 3 種の熔銑爐湯を用いた。

	C	Si	Mn	P	S
I	3.43	1.90	0.52	0.129	0.071
II	3.40	1.56	0.49	0.131	0.078
III	3.39	1.90	0.48	0.117	0.075

2. 鑄型

第 7 圖の如き型にて X 部に充填する砂に依りて次の如く 3 種に區別した。



A グライコ砂型

B 乾燥砂型

C 生砂型

A. グライコ砂型は鑄物砂 27%、粘土 30%、グライコ 43% を配合し縁煉機 (edge mill) にて粉碎混和し乾燥型を製作すると同様の方法を以て型を作り型の内面には黒鉛水を筆にて塗布し乾燥爐内にて 400°C 1 時間乾燥した。鑄銑を鑄込む際の鑄型の溫度は 120°C にした。

之に用ひたるグライコは鑄鐵の旋盤屑にして鑄物砂は次記成分のものである。

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	moisture.	ignition loss
71.70	0.88	14.14	1.63	0.82	2.91	1.65	0.43	6.83

B. 乾燥砂型は次記成分の鑄物に適當の水分を含ませて型を造り黒鉛水を筆にて型内面に塗布し乾燥爐内にて 400°C 10 時間乾燥した。

熔鉄鑄込の時の型温度は 22°C とした。

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Ignition loss
71.32	4.46	14.47	0.21	0.56	1.67	2.67	4.10

C. 生砂型は乾燥型と同一の鑄物砂を以て適當の水分を與へて型を作り型内面には乾燥せる黒鉛粉末を振りかけ其儘鑄込んだ鑄込時の型温度は 22°C とした。

ドライコ砂型と乾燥砂型とは同一乾燥作業をなしたるものなれば水分量同一と見做すべきである。乾燥砂型と生砂型との水分の差を知るために生砂型を作りたると同一の砂を 100 gr 分けて取り乾燥爐内にて 400°C に 10 時間熱したるに 15.5 gr 減じた。此の減量は生砂型の水分と見做してよい。

3. 機械試験

以上の如くして作りたる鑄物 9 種類に付きて鑄型底部に相當する部分より 200 mm. を切り取りて試片となし機械試験、熱膨脹試験、化學分析、顯微鏡試験、耐熱性試験をした。

先づ鑄込の儘の各試料の比重、硬度、抗張力、延伸率、抗壓力、衝擊抗力を試験し次に各試料を直径 10 mm. 高さ 20 mm. に仕上げ電氣爐内にて 800°C に 25 回繰返加熱し比重、硬度、抗張力を測定したるに第 13 表の如くである。

第 13 表 鑄物の性質に及ぼす砂型の影響

試料	記號	鑄込の儘						800°C 25 回加熱		
		硬度 B.H.N.	牽引試験 gl=50		抗壓力 kg/mm ²	衝擊抗力 kg/cm ²	比重	硬度 B.H.N.	抗壓力 kg/mm ²	比重
			抗張力 kg/mm ²	延伸 %						
6	A I	150	18.2	0.50	79.2	0.225	7.234	110	46.0	6.387
7	II	130	13.6	1.25	69.0	0.202	7.198	105	40.6	6.417
8	III	144	18.0	0.75	80.5	0.181	7.251	103	47.2	6.460
平均		141	16.6	0.68	76.2	0.203	7.229	109	44.9	6.418
9	B I	121	15.7	1.00	66.2	0.292	7.226	104	42.0	6.428
10	II	110	12.9	1.50	57.1	0.225	7.178	101	38.3	6.446
11	III	118	15.7	1.00	70.5	0.203	7.219	108	47.0	6.451
平均		116	14.4	1.20	64.6	0.240	7.207	107	42.4	6.442
12	C I	121	15.7	1.00	67.7	0.268	7.217	106	41.7	6.373
13	II	121	13.5	1.00	60.0	0.204	7.194	112	37.8	6.388
14	III	123	17.6	1.00	74.5	0.203	7.208	111	43.6	6.454
平均		122	15.6	1.00	67.4	0.225	7.209	110	41.0	6.405

第 14 表 加熱に依る減率 %

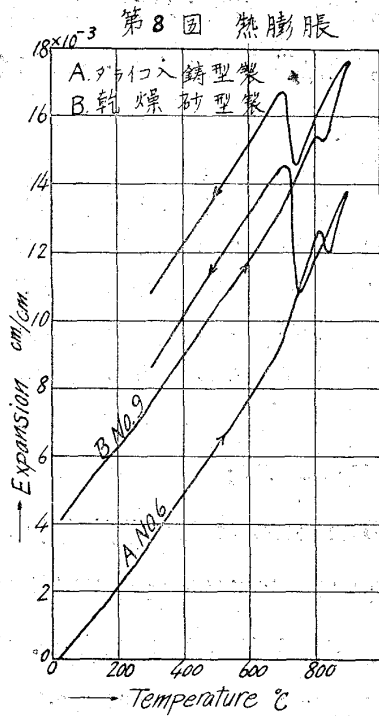
試料	比重	硬度	抗壓力
A	11.2	22.7	41.0
B	10.5	7.8	34.4
C	11.1	9.9	39.2

之より鑄込の儘と加熱後の比重、硬度、抗壓力の差を求め夫が鑄込の儘の値に對する 100 分率を示せば第 14 表の如くである。

此結果に依ればグライコ砂型製鑄物 A は鑄込のままにては硬度、抗壓力、比重、大となるが繰返加熱せば各値共著しく減少し乾燥砂型製鑄物 B は鑄込の儘にては前者より各値小なるも加熱に依る變化の程度は少い、生砂型製鑄物 C は A、B 兩者の中間に位す而して加熱後の各性質は略と一致す。

4. 熱膨脹

本多式熱膨脹實驗裝置を以て何れも同方法にて常溫より 900°C までの加熱冷却の熱膨脹を測定したるに第 8 圖の如くである。



たると第 8 圖の如くである。Ac₁ 變態は類似するも Ar₁ 變態に於ける膨脹がグライコ砂型製 A は最大にて乾燥砂型製 B は最小で従つて Ar₁ 以下の各溫度に於ける非可逆膨脹の程度が A は最も大きく B は最も小さい、即ち前項の加熱に依る機械的性質の變化と一致し A が熱的變化最も甚だしいことを示す。

5. 顯微鏡組織

グライコ砂型製 A は硝酸アルコール溶液にて腐蝕し倍數を大きくして檢鏡するに地が全部ソルビチックパーライトである、ピクリン酸アルコール溶液にて腐蝕すれば Photo. 6 の如く網目に現はれ網目内に小さい渦狀黒鉛が群り境界には黒鉛はない、網目の白く見ゆる所もパーライトである、ピクリン酸曹達にて腐蝕すれば Photo. 7 の如く樹狀晶現はる、かくの如き組織は速かに凝固冷却されたものである。

乾燥砂型製 B は Photo. 8 の如く黒鉛大きく全面一様に分布しパーライトは層狀にして黒鉛の周圍にはフェライトがある。

生砂型製 C は Photo. 9 の如く黒鉛は B よりも小さく渦狀をなし地は概ねパーライトより成り黒鉛の縁に僅かにフェライトがある、樹狀晶なく網目組織僅かに認めらる。

是等を繰返加熱した後の組織は A が最も烈しく變化してパーライト全く消失し黒鉛多く酸化物を含む。

斯の如く鑄造方法に依り渦狀黒鉛を出しパーライト鑄物を造り緻密にして強いものが得られても是れを繰返加熱する時は鑄込のままの時優良なりしものが却つて著しく變質してその強さを減じ鑄造に工夫した効果はない。故に熱に耐ゆる鑄物を得るには特殊な元素を加ふる必要がある。

XI 鑄物の耐熱性に及ぼす珪素の影響

鑄物に珪素が加はれば共晶溫度及變態溫度 A₂ A₁ は上昇し共晶擬共晶に於けるその組成の炭素含量を低下することは Wüst & Petersen,⁽¹⁾ Gontermann,⁽²⁾ Gümlich,⁽³⁾ 本多,⁽⁴⁾ 村上兩博士等の研究に依り明かとなり、又珪素を多量に含むフェライトが耐酸化性の強いことは周知の事實である、又珪素の増すほど化合炭素減少し黒鉛が増加する故に軟くなれども或量例へば炭素 3% の場合は珪素 3% を超ゆれ

ば固溶體に於ける珪素の硬化作用に依りて再び硬くなる。故に珪素を多量に加へたるものは熱に耐へ強さも相當にあるから鑄型に適するものと思はれ次の試料を造りて鑄鐵の熱的變化に及ぼす珪素の影響を試験した。

1. 試料

實驗に用ひた試料は型鉄、鋼屑、珪素鐵を適宜に配合して坩堝爐にて溶解し一定の乾燥砂型に鑄込みて、100×100×150mmの鑄物を造り、之より各種試験片を切取つた。試料製作に當りては豫め縦横全面に互り顯微鏡にて組織を検査し均齊にして氣孔のない様に努めた。此化學成分は第 15 表の如くである。

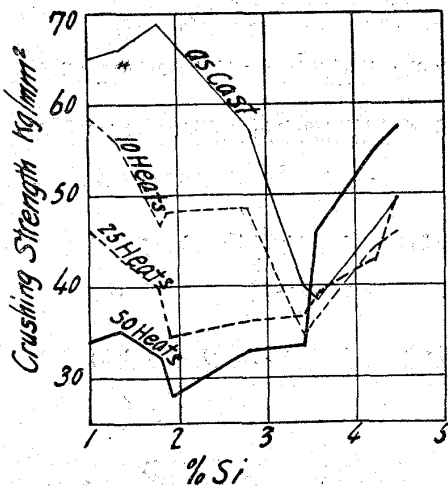
第 15 表 化學成分 (%)

試料	T.C	C.C	G.C	Si	Mn	P	試料	T.C	C.C	G.C	Si	Mn	P
15	3.03	0.64	2.39	1.01	0.40	0.09	20	2.95	0.26	2.69	3.43	0.24	0.07
16	2.99	0.60	2.39	1.35	0.39	0.08	21	2.91	0.21	2.70	3.57	0.28	0.07
17	3.06	0.60	2.46	1.82	0.29	0.08	22	2.94	0.19	2.75	4.33	0.34	0.07
18	3.06	0.55	2.51	1.92	0.32	0.07	23	3.08	0.11	2.97	4.48	0.28	0.07
19	2.99	0.40	2.59	2.82	0.30	0.09							

2. 繰返加熱に依る機械的性質の變化

此等の試料より壓縮試験片(13×13×26 mm)、衝撃試験片(10×10×55mm)を規定の寸法に仕上げ電気抵抗爐にて 800°C に 10回、25回、50 回繰返加熱した、その加熱速度 8.6°C/min. 冷却速度 1.25°C/min. とした。かくの如く熱處理せる試料を夫々壓縮、衝撃ブリネル硬度、顯微鏡の諸試験をなした。第 16、17、18表及び第 9、10、11 圖は此の結果である。

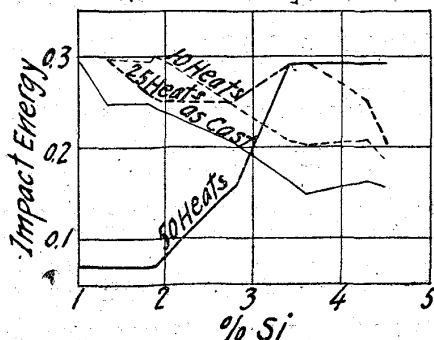
第9圖 抗圧力



第 16 表 抗 壓 力 kg/mm²

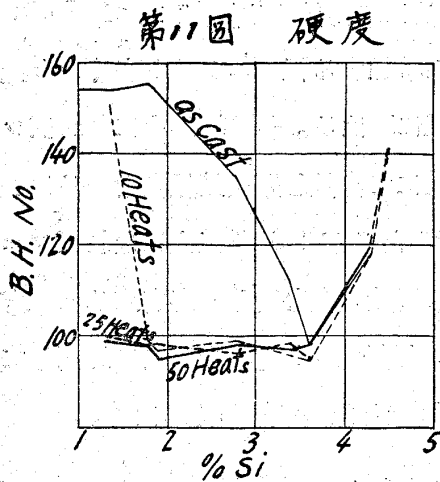
試料	as Cast	800°C 10 heats	800°C 25 heats	800°C 50 heats
15	65	58	46	34
16	66	55	43	35
17	69	46	37	32
18	68	48	34	28
19	57	48	36	33
20	40	35	37	34
21	39	37	40	46
22	46	39	43	55
23	50	47	50	58

第10圖 衝擊抗力



第 17 表 衝 撃 抗 力 kg/mm²

試料	as Cast	800°C 10 heats	800°C 25 heats	800°C 50 heats
15	0.294			0.069
16	0.248	0.290	0.295	0.069
17	0.250	0.292	0.258	0.069
18	0.246	0.293	0.248	0.069



19	0.204	0.246	0.248	0.158
20	0.160	0.205	0.292	0.292
21	0.159	0.203	0.292	0.292
22	0.159	0.207	0.248	0.292
23	0.157	0.183	0.204	0.293

第18表 硬度 B. H. N.

試料	as Cast	800°C		
		10 heats	25 heats	50 heats
15	154			
16	154	151	100	99
17	155	99	98	98
18	154	97	98	95
19	135	99	97	98
20	111	96	98	97
21	98	95	95	98
22	119	118	119	118
23	151	151	152	117

(1) 抗壓力は鑄込のままにては珪素 2.0% 以下は類似し之より 3.5% まで珪素の増すほど減少し更に珪素を増せば増大す。800°C に 10 回加熱すれば珪素少きものは抗壓力減少するが 3.5% 以上のものは減じない。800°C 25 回加熱すれば 3.5% 以下のものは一層減少するも 3.5% 以上のものは減少しない。50 回加熱すれば 3.5% 以下のものは著しく減少するが 3.5% 以上のものは鑄込のままより却つて増大す。

(2) 衝撃抗力は鑄込のままにては 3.0% までは珪素の増すほど減少するが之以上珪素を増すも變らない。10 回加熱すれば各試料とも一樣に鑄込のままよりも力を増す。25 回加熱すれば珪素少きものは 10 回加熱せるものよりも力を減するが 3.0% 以上になれば却つて増す、50 回加熱すれば珪素少きものは非常に弱くなるが珪素増加に従ひ鑄込のままと反對に増大す、即ち衝撃抗力は珪素少きものは繰返加熱に依り初めの 10 回までは鑄造應力の除去に依り増大するも加熱回数を増せば變質して減少するに至る。然るに珪素の増加に従ひ繰返加熱に依る變質程度少くなり 3% 以上を含むに至れば加熱回数重る程却つて増大す。

(3) 硬度は鑄込の儘にては初め珪素含量増すに従ひ稍々硬くなり 2.0% 以上になれば軟くなる。3.5% にて最も軟く更に増加せば再び硬くなる。即ち珪素 3.5% 以下にては珪素の増すほどパーライトを減するがために軟くなり 3.5% 以上にてはシリコフェライトの硬化作用に依り珪素の増すほど硬くなる。然るに繰返加熱すればパーライトは分解するが故に軟くなり 10 回の加熱にてパーライトなき 3.5% 珪素の最低硬度と同様の硬さとなり加熱回数を増せば酸化せられて更に軟くなる。3.5% 以上の珪素を含むものは初めからパーライトを含まないシリコフェライトであるから繰返加熱するも變化しない。

3. 繰返加熱に依る組織の變化

鑄込の儘の組織は Si 1.8% までは地はパーライトにして是以上 Si を増す程漸次黒鉛を増しパーライト減じフェライトを増す。3.5% にて僅かにパーライトを残し 4.3% に至れば全くパーライトを認

めず。Photo. 10 は試料 18, 19, 20, 21 を研磨し Giullet の鹽化銅液にて腐蝕せる組織にして No.18 までは地が全くパーライトなれば一樣に着色せらる。之より Si の増加する程フェライト多くなり此所に銅が沈澱して黒き部分を増しパーライトの部分のみ白く網目状に現はる。4.3% 以上になればフェライト地のみなれば一樣に着色し黒色部のみとなる。之等を硝酸にて腐蝕し顯微鏡組織を見るに、Photo. 11, 15, 19, 23, 26 の如く Si 少きものは地がパーライトのみなるが 2.8% 以上になればフェライト現れ遂には Photo. 23 の如くパーライトは減じて初晶境界に網状組織をなして存在するに過ぎない。4.0% 以上になれば Photo. 26 の如く全くパーライトなし。黒鉛は Si を増せば之に比例して其量を増せども 4.0% 以上になれば炭素は殆んど黒鉛となり形は渦状をなして細かく現はる。

800°C に繰返加熱すれば珪素 1.35% を含む試料 16 は鑄込の儘にては Photo. 11 の如く地が層状パーライトなるが 10 回加熱に依りて Photo. 12 の如く粒状パーライトとなり稍と分解す。25 回加熱すれば Photo. 13 の如くパーライトは一層分解して元の黒鉛の縁に粒状の遊離炭素となりて集り、50 回加熱すれば Photo. 14 の如くパーライト大部分分解して黒鉛の周圍は酸化す。

Si 2.0% まではその含量の増すほど加熱に依る變質甚だしくなり試料 18 は鑄込の儘にて Photo. 15 の組織が 10 回加熱にて Photo. 16 の如くなり 25 回加熱にては Photo. 17 の如くパーライトは大部分分解して元の黒鉛の縁に微粒の遊離炭素を生じ黒鉛の縁が稍と酸化す。50 回加熱せるものは Photo. 18 の如くパーライト全く存在せず、黒鉛減少し其の縁は著しく酸化す。

Si 2.8% 以上になれば變化少く試料 19 の鑄込の儘にて Photo. 19 の如きパーライトは 10 回加熱にて Photo. 20 の如く消失し 25 回加熱にて Photo. 21 の如く黒鉛を増し 50 回加熱にて Photo. 22 の如く黒鉛の縁僅かに酸化するも前の珪素少き場合よりも酸化の度は少い。

Si 3.4% になれば鑄込の儘にて Photo. 23 の如く初晶の境に僅かに存在せしパーライトが 10 回加熱にて消失し Photo. 24 の如くなるも遊離せる黒鉛少く 50 回加熱するも Photo. 25 の如く黒鉛小さく酸化物は全く出来ない。

Si 4.0% 以上になれば Photo. 26 の如く初よりパーライト全く存在せず、50 回加熱するも Photo. 27 に示すが如く變化なし。

4. 化學成分の變化

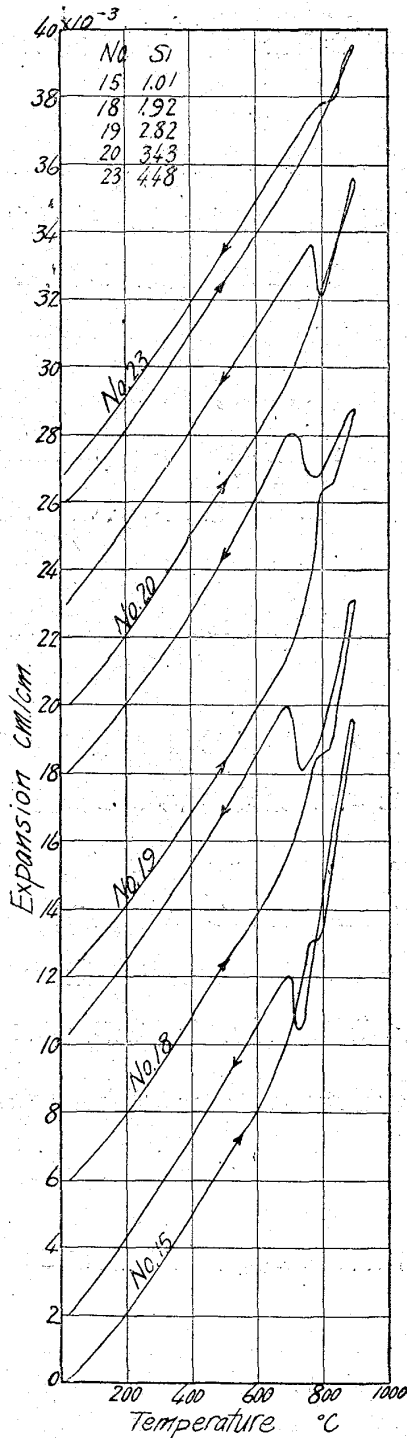
各試料を 800°C に 10 回、25 回、50 回繰返加熱せる試料中衝擊試験後顯微鏡試験せる試料の表面に附着せるスケールを落し周圍より 1 mm 宛を削りて金屬光澤を有する部分のみより分析試料を採取し顯微鏡組織に相當する部分の酸化物の成分を分析せるに第 19 表の如くである。珪素多くなれば鐵の酸化を防ぐが珪酸が多くなることは免れず。

第 19 表 加熱後の化學成分 (%)

試料	加熱回数	Si	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	MO	試料	加熱回数	Si	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	MO
16	10	1.16	0.36	0.12	0.26	0.74	16	50	0.87	0.66	0.54	0.30	1.50
18	25	1.00	0.52	0.16	0.28	0.97	18	10	1.65	0.42	0.13	0.26	0.81

18	25	1.34	0.72	0.18	0.54	1.44	20	25	3.12	0.48	0.17	0.22	0.87
"	50	0.87	1.18	0.28	0.35	1.81	"	50	3.00	0.59	0.25	0.37	1.21
19	10	2.48	0.48	0.12	0.27	0.87	23	10	4.05	0.51	0.13	0.49	1.13
"	25	2.33	0.66	0.23	0.18	1.07	"	25	3.86	0.70	0.23	0.23	1.15
"	50	2.17	0.78	0.31	0.13	1.22	"	50	3.48	1.07	0.39	0.29	1.73
20	10	3.17	0.43	0.14	0.27	0.84							

第12圖 熱膨脹



5. 熱膨脹

本多式熱膨脹装置にて常温より 900°C までに於ける加熱冷却の熱膨脹を測定した。第 12 圖は熱膨脹曲線を示し第 20 表は之より加熱 (Ac) 冷却 (Ar) の變態溫度(加熱冷却の際の熱膨脹曲線に於て異狀變化の起る溫度) 及び各溫度に於ける眞膨脹を示したものである。

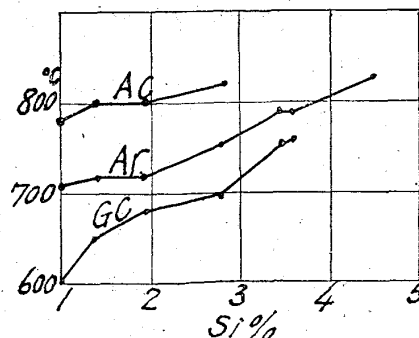
第 20 表 熱膨脹

試料 番號	變態溫度°C		膨脹 ×10 ⁻³ cm/cm							100°C に於ける 加熱 冷却の 差		
	Ac	Ar	加熱 0°C					冷却 0°C				
			黒鉛化 開始 溫度	100	600	700	800	900	800		500	100
15	780	710	600	0.8	7.9	10.3	13.3	19.5	14.5	9.0	3.2	2.4
16	800	720	650	0.8	8.0	9.7	12.1	17.7	13.0	9.4	3.5	2.7
18	800	720	680	0.6	7.8	9.6	12.6	17.1	13.0	10.9	5.4	4.8
19	820	754	700	0.8	7.9	9.6	14.3	16.7	14.9	12.8	7.3	6.5
20	なし	790	750	0.8	7.9	9.6	12.1	15.6	12.1	9.7	4.0	3.2
21	なし	790	760	0.8	8.0	9.6	11.6	15.0	12.0	9.8	3.8	3.0
23	なし	830	なし	0.8	7.9	9.5	11.1	13.5	11.8	7.1	1.8	1.0

第 20 表より引用して變態の起る溫度と珪素量との關係を圖示せば第 13 圖の如く又膨脹量と珪素量との關係を示せば第 14 圖の如くなる。此の結果に依れば、

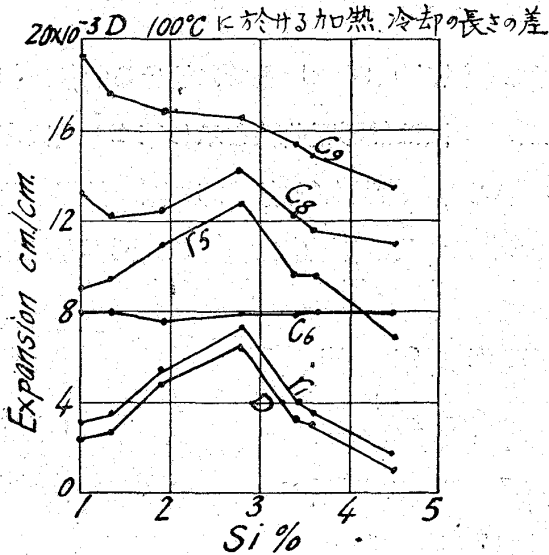
- (1) 珪素含量の増すほど變態溫度及黒鉛化開始溫度は高くなり、且つ其の變態量は次第に減じ 3.0% 以上になれば 900°C まで

第13圖 變態點



第14圖 熱膨張

C₉ 加熱時の900°Cに於ける膨脹
 C₈ " 800°C " "
 C₆ " 600°C " "
 r₅ 冷却時の500°C " "
 r₁ " 100°C " "



には加熱の際の變態は認められないことは本多、村上兩博士の説と同様である。是れは珪素量の増すに従ひて化合炭素を減じ且つ地鐵に於ける Si の濃度を大ならしむるが爲である。澤村學士の研究にては珪素の増す程黒鉛化開始溫度は下降して居るが、それは試料が鑄鐵型鑄込の白鉄鐵の場合にして不安定なセメントトが多量に含まれて居るから余の實驗と異なる理であらう。

- (2) 加熱の際 600°C までは珪素量に關係なく膨脹は略々同様なるが 700°C にては珪素少きものは黒鉛化始まりて膨脹し易いが珪素多きものは未だ黒鉛化しないから珪素量にては餘り影響しない。
- (3) 800°C にては變態點附近にて異常變化があるから膨脹と珪素含量との關係が不規則であるが 3.0% 以上の變態點なきものは珪素多きほど膨脹は小さくなる。

- (4) 900°C にては常に珪素含量多き程膨脹小さくなる。
- (5) 冷却の際變態點以下例へば 500°C~100°C にては 2.8% までは珪素量の増すほど膨脹を増し茲にて最大となりそれ以上珪素量を増さば再び減少す。
- (6) 常溫より 900°C まで加熱し更に常溫まで冷却する間に加熱の場合の 100°C と冷却の場合の 100°C に於ける膨脹の差即ち焼鈍に依る非可逆膨脹を比較するに 2.8% までは珪素量の増すほど膨脹の差は多くなり茲にて最大成長を來し更に珪素量を増せば再び減少す。

之等を約言すれば珪素少き間は化合炭素は多いがその化合炭素は比較的黒鉛化し難い。然るに珪素が次第に増し 2.8% 附近までは未だ化合炭素が多量に存在し且つパーライトの炭素含量は珪素多くなるほど低下するが故に化合炭素少くとも此のパーライト量は多く且つそれが黒鉛化し易きがために最も成長し易く此所に最大値を示す。Si が更に増せば黒鉛化すべき化合炭素が減少し消滅する事、及び地鐵自身が珪素濃度を増して變態量を減ずるがために成長し難くなるのである。

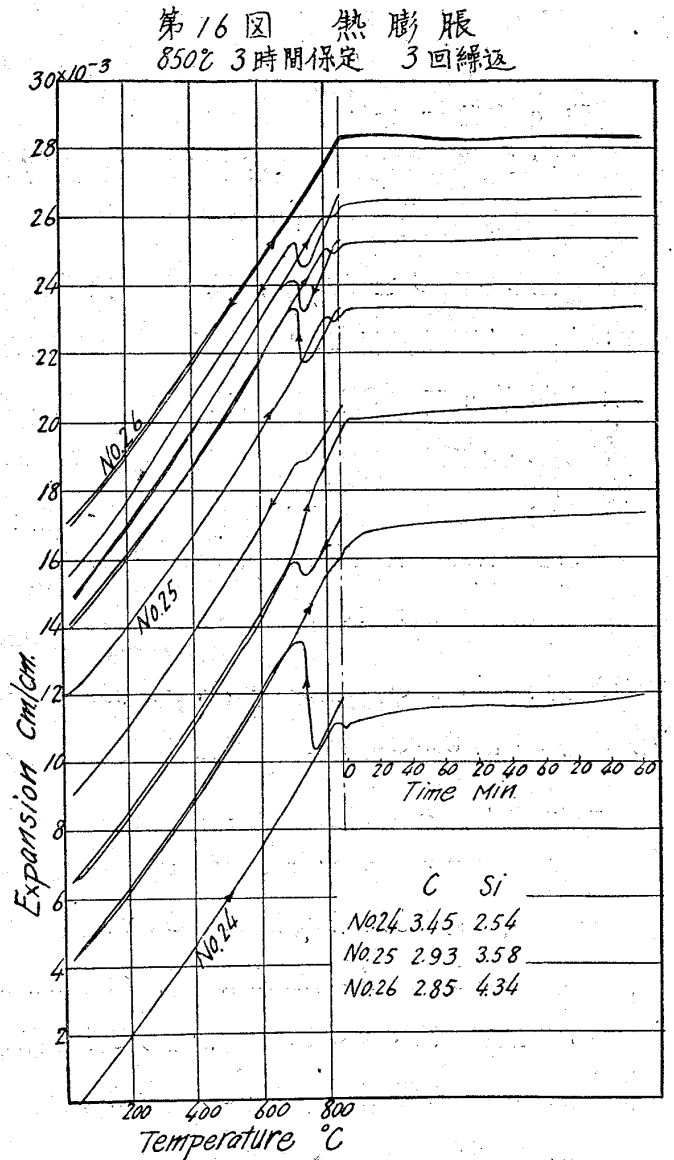
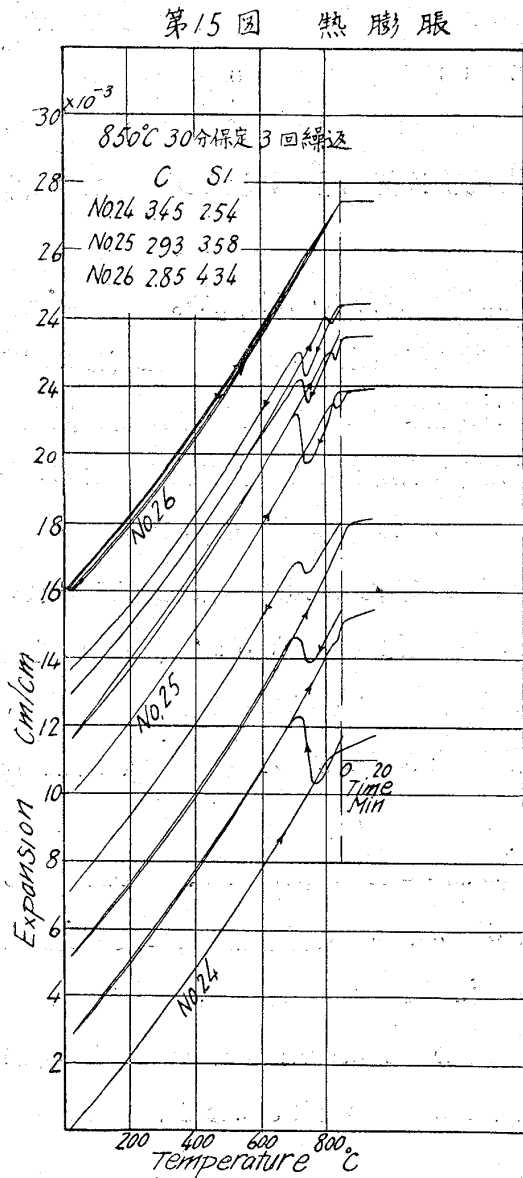
6. 加熱時間と熱膨脹

次に乾燥砂型にて 100×100×300mm の大きさに造つた下記 3 種の試料について本多式装置にて 2 通の膨脹實驗を試みた。

試料	T.C	G.C	C.C	Si	硬度 B.H	抗壓力 kg/mm ²	衝擊抗力 kgm/cm ²	屈曲應力 kg/mm ²	屈曲延 mm	抗張力 kg/mm ²
24	3.45	2.93	0.52	2.54	131	40.3	0.1807	24.0	3.56	12.9
25	2.93	2.85	0.08	3.58	107	43.0	0.1818	26.8	3.56	15.6
26	2.85	2.76	0.09	4.34	140	52.5	0.0902	33.6	3.81	16.2

實驗 1. 常溫より 850°C まで上昇し此の溫度に 20 分保定しその儘爐中冷却す。此間常に溫度、時間、膨脹を測る、此加熱速度及び冷却速度 5°C/min とす、かくして此の方法を 3 回繰返す。

實驗 2. 實驗 1 と同様にし 850°C 保定時間を 3 時間とす。その結果は第 15 圖及び第 16 圖の如く



之より 20°C, 800°C, 850°C に於ける毎回の加熱の際及 3 回目の冷却の際の膨脹及 850°C に於ける保定中の伸びを表示せば第 21 表の如くなる。此結果に依れば次に説明するが如く珪素が鑄鐵の生長を妨ぐ事が一層明かとなる。

第 21 表 熱膨脹 $\times 10^{-3} \text{cm/cm}$

實驗	溫度 °C	試料											
		No. 24				No. 25				No. 26			
		加熱回数											
		1c	2c	3c	3r	1c	2c	3c	3r	1c	2c	3c	3r
EX 1.	20	0	2.9	5.1	7.3	0	1.7	3.0	3.6	0	0	0	0.2
850°C	800	10.9	14.1	16.5	17.3	11.3	12.9	14.1	13.6	10.6	10.6	10.6	10.6

3 時間保定	850	11.2	15.0	17.6	18.1	11.7	13.6	14.5		11.5	11.5	11.5	11.5
	保定中の延び	0.5	0.5	0.5		0.2	0	0		0	0	0	
XE 2.	20	0	4.3	6.5	9.0	0	2.1	2.8	3.7	0	0	0	0.2
850°C 20 分間保定	800	10.9	15.5	18.9	19.8	11.0	0.3	14.0	13.6	10.2	10.2	10.2	10.4
	850 保定中の延び	11.0	16.3	20.0	20.5	11.1	13.1	14.3	14.6	11.1	11.1	11.1	11.2
		0.9	0.9	0.5	0	0.3	0.2	0.3		0	0	0	

註 c—加熱 r—冷却

- (1) 試料 24 (Si 2.54%) は非可逆膨脹するが試料 26 (Si 4.34%)は何回繰返すも元の長さに戻る、試料 25 (Si 3.58%)は稍々非可逆膨脹す。
- (2) 常温より 850°C までに試料 24, 25 には A_{c1} A_{r1} 變態があり試料 26 には無い。
- (3) 850°C に保定中試料 24 は 20 分の時は 3 回とも 5×10^{-4} cm/cm 延び 3 時間の時は初め 2 回は 9×10^{-4} cm/cm 延び 3 回目からは減少す。又 A_{r1} 變態量は加熱回数に重なるほど減じ殊に保定時間の長いものほどその減じ方は著し。是れパーライトが分解して黒鉛化するがためであつてパーライトが消失するまでは時間と共に延び A_1 變態は存在す。
- (4) 試料 25 は 850°C に保定中 20 分間では最初の 1 回目は僅かに延びるが次回目からは延びない。3 時間保定すれば各回とも僅かに延びる。 A_{r1} 變態量は 20 分間保定の時も 3 時間保定の時も各回とも餘り變らない。是れパーライトが初めから少いため黒鉛化しないからである。
- (5) 試料 26 は 850°C に 20 分或は 3 時間保定し 3 回繰返すとも少しも非可逆膨脹なく加熱前の状態に戻る。
- (6) H. F. Ragan 及 H. C. H. Carpenter は 900°C 3 時間加熱にて最大成長に達し、3 時間熱するも 17 時間熱するも同様の結果になる、又 Oberhoffer は 800°C に 33 回繰返加熱して最大成長に達すと云へるも、是等の數値は成分、組織、加熱温度に依りて異なるものにて、炭素 3.45%、珪素 2.54% の鼠銑鐵は 850°C に 9 時間熱するも尙保定中成長を續ける。故に普通の鑄型は成るべく加熱時間を少くする様型拔を速かにすべきは現場の實狀に照合しても明かなことである。

7. 熱間硬度

次に此 3 種の試料の熱間に於ける硬度を測つた、その方法は常に本所に於て使用する衝擊式硬度試験機を用ひた。落高 200mm、落錘重量 4kg、ボール直径 10mm に一定し電氣抵抗爐内にて試料を所定の温度に熱し 20 分 保定後試験した。而して爐より試料を取り出し擴大鏡付測微尺にて測りたる球痕直径と有效衝擊力とよりマーテル硬度數を算出す。

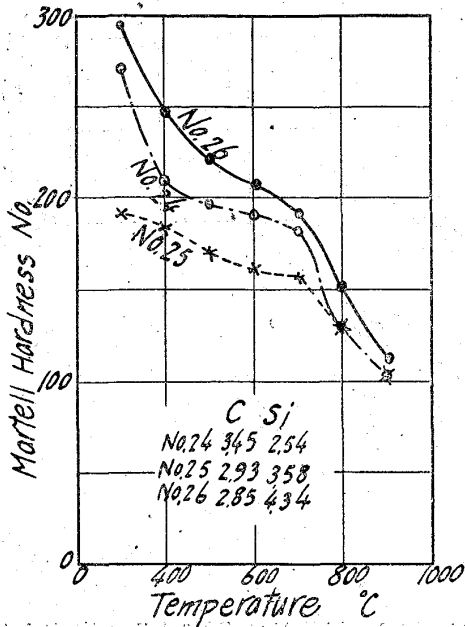
此の結果は第 22 表及第 17 圖の如し。

第 22 表 鑄鐵熱間硬度 (マーテル硬度數)

温度°C	試料			温度°C	試料			温度°C	試料		
	No.24	No.25	No.26		No.24	No.25	No.26		No.24	No.25	No.26
300	271	192	297	400	209	184	248	500	196	170	226

600	192	163	209	800	130	130	151	900	104	104	112
700	184	157	192								

第17圖
熱間硬度



珪素多き鑄物は各温度にて常に硬く、珪素が加はつたため高温度に於ける硬度を減ずることはない。

8. 珪素鋼の性質

以上の實驗に依り珪素が多くなれば鑄物はシリコフェライト及黒鉛より成ること明かであるから余はこのシリコフェライトのみの物理的性質を知るため炭素(0.08%以下)その他の不純物の極めて少く珪素 0.18% より 4.2% の範圍の 16 種の珪素

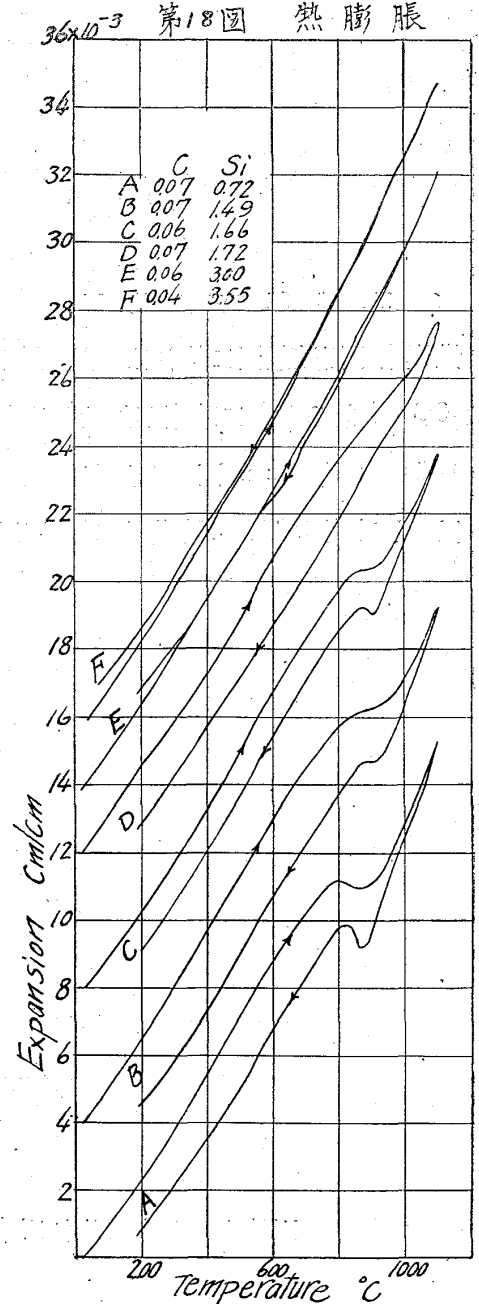
鋼(BO 26 型に鑄込みたる 260 kg の平爐鋼塊を壓延したる珪素鋼板用平鋼)に就て熱分析、磁氣分析、熱

膨脹、熱間硬度、機械試験を試みた。鐵に珪素量の増加するに従ひ Ar₁、Ar₂ は上昇し、Ar₂ は下降することは村上博士の説に依りても明かなことである。又本多式装置に依り熱膨脹を測定すれば第 18 圖の如く珪素の増加に従つて變態温度上昇し、變態量は減じ 1.7% 以上では 1,100°C まで殆んど變態點を認められず、珪素の少いものは加熱後收縮するが珪素の増加に従つて此の收縮割合は減じて 3.0% では全く加熱冷却兩曲線が一致する。次に熱間硬度(前述と同方法に依る)を測れば第 19 圖の如く 700°C 以上の高温度に於ける硬度は珪素の量に依りては變らない。

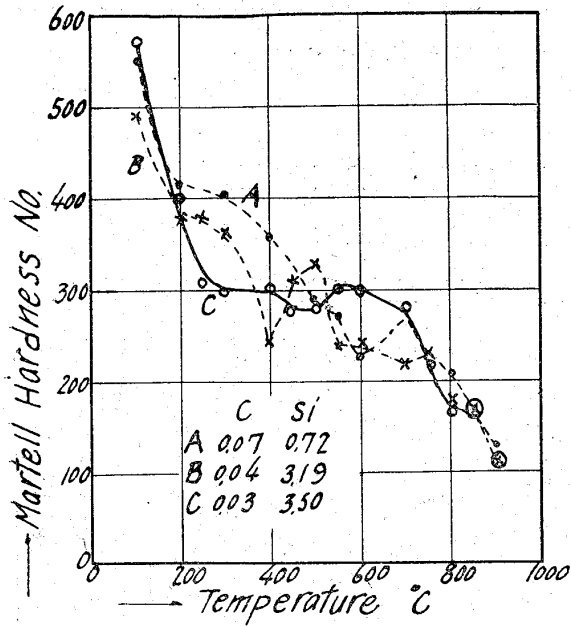
硬度(ブリネル)及抗張力は第 20 圖に示す様に珪素の増加に従ひて増大し珪素 4.0% 以上のものは 1% 以下のもの略々 2 倍になる。

(11) Paglianti の説に依れば抗張力及硬度を増し伸及收縮を減ず。

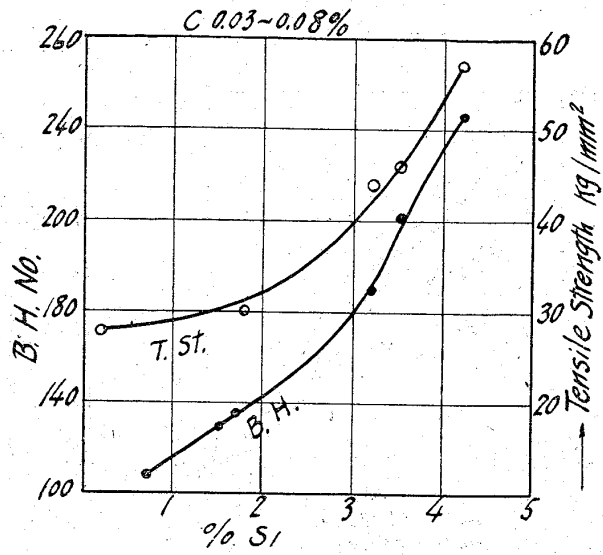
第18圖 熱膨脹



第19圖
熱間硬度



第20圖
硬度及抗張力

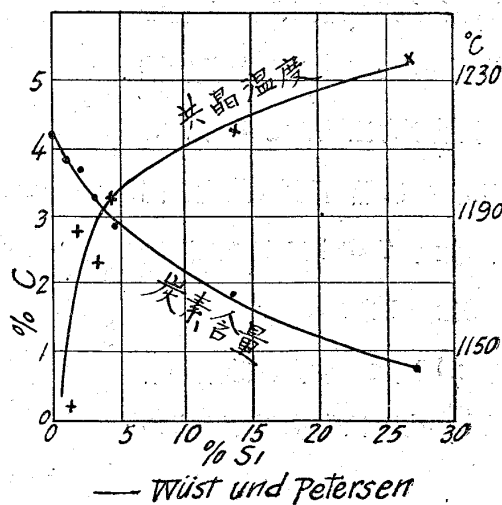


9. Fe-C-Si 三元平衡狀態圖

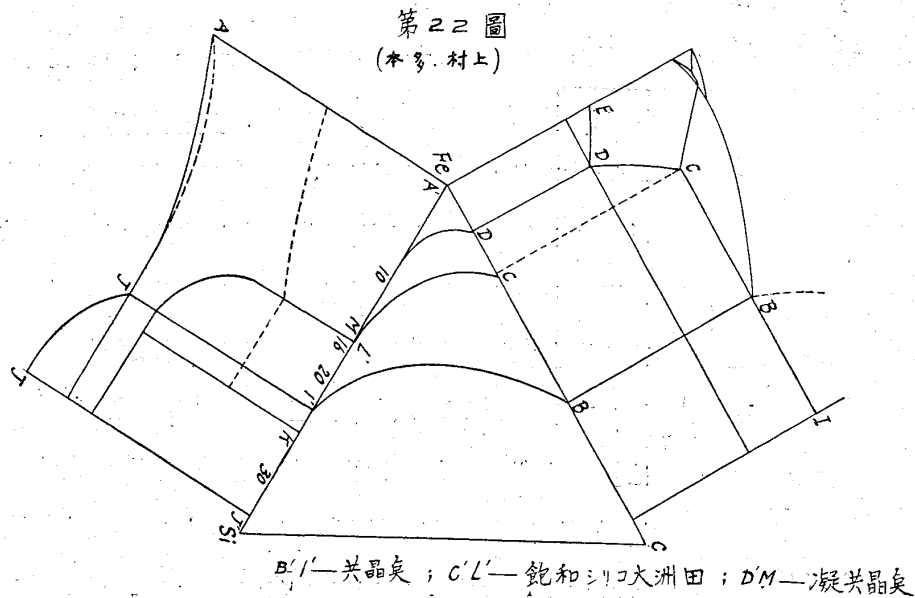
鐵炭素平衡狀態圖に依れば共晶溫度は 1,130°C その炭素含量は 4.3% 凝共晶は 723°C その炭素含量は 0.85% なるが之に珪素が加はれば各溫度は上昇し炭素含量は減少す。

Wüst & Petersen 兩氏の研究に依れば第 21 圖の如く珪素含量の増すほど共晶溫度上昇し炭素含量は低下し珪素 3.0% の時共晶に於ける炭素量は 3.4% である。

第21圖



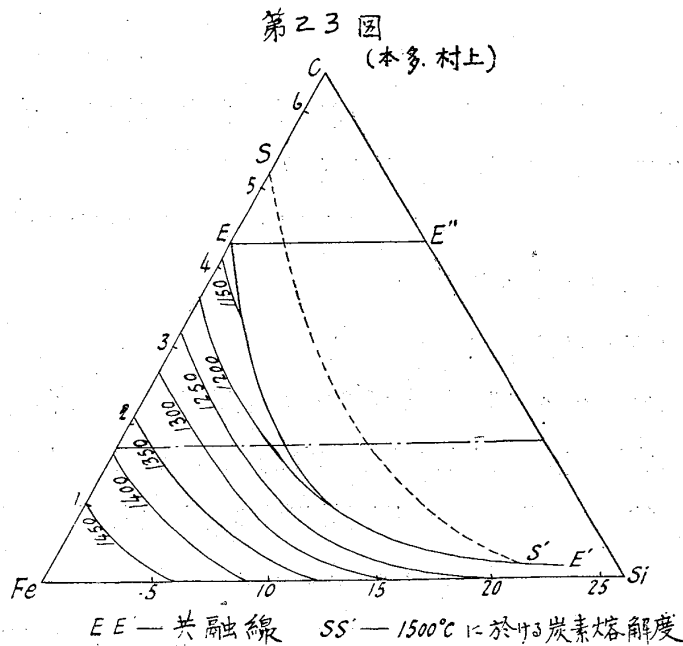
又本多、村上兩博士の研究に依れば第 22 圖の如く共晶に於ける珪素、炭素、溫度の關係は下の様になる。



Si%	2	5	7	10	13	16
C%	3.5	2.3	1.5	1.0	0.8	0.4
温度°C	1,135	1,142	1,158	1,168	1,185	1,191

共晶温度は珪素 0.5% 以下にては Si 1% につき 2.5°C 下降し、炭素含量は珪素 7% 以下にては Si 1% につき C 0.4% を減す。

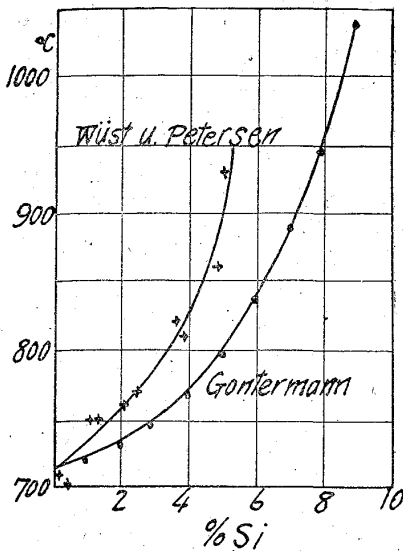
(4) 又 第23 圖は此等の凝固面上の等温線にして 1,150°C より 1,450°C まで 50°C 毎に各温度(結晶を晶出し始むる温度)に於ける炭素、珪素の含量の關係を示したもので珪素の増すほど炭素は少くなる。同



圖中 SS' 線は 1,500°C に於ける炭素の溶解度を假想せるものにて Si 0% の時 C 5.2%、Si 12% の時 C 1.88%、Si 20% の時 C は 0.3% を溶解す。即ち珪素の高くなるほど炭素の溶解度を減少し従つて過

剩の C は熔液上にキツシュとして游離する事となる。

第24圖



→ A₁ に及ぼす Si の影響

Wüst & Petersen⁽¹⁾ 及び Gonterman⁽²⁾ 氏の研究結果も第24圖の

如く珪素の増す程上昇してゐる。

故に珪素 4.0% を含む鑄鐵ならば變態溫度、黒鉛化開始溫度(パーライトありとすれば)が 800°C 以上になるから鑄型に利用して非可逆膨脹なく生長及び酸化を防ぐ事が出来る。然るに注意すべき事は炭素含量は共晶點以下に限らなければキツシュを生じ鑄物を脆弱ならしむるを以て珪素に反比例して炭素量を減少し珪素 4% の時は炭素は 3.0% 以下に止めねばならぬ。殊に大形の鑄型鑄造の際は熔湯の溫度も高く砂型は乾燥砂型にして凝固冷却速度は極めて緩慢なれば黒鉛化し易く結晶粒粗大となり、キツシュを生じ易いから炭素含量は成る可く少なからしむるを要す。

XII 鑄鐵の耐熱性に及ぼすクロームの影響

鑄鐵にクロームを加ふれば鐵と共に複炭化物を作り鐵の炭素に対する可溶性を増し、従つてセメントタイトを安定ならしめ熱を受くるも容易に分解しない事は知られてゐるが鑄鐵のクローム含有量と耐熱的性質の關係及鐵、炭素、珪素、クローム四元素の含有量と鑄鐵の耐熱的性質との關係に就ては未だ明でない。故に炭素及珪素含量の異なる鑄物に於けるクローム含量と加熱に依る諸性質の變化に就て實驗した。

1. 試料

フエロクロームを加へ前と同様の方法を以て第23表の如き成分の試料を作つた、炭素、珪素の含量に依り四族に分類し各族に於てクローム含有量順に配列した。

同一狀況にて鑄造するにクロームの増すほど化合炭素が増して黒鉛が減少す。珪素少き場合にはクロームの爲に化合炭素の増し方は一層甚だし。

1. 繰返加熱に依る機械的性質の變化

此試料より 20×20×40mm の正柱狀試片を作り抵抗電氣爐内にて加熱し 800°C に達すれば電氣を切りて其儘爐内にて常溫まで冷却し再び同様に加熱及冷却し、斯くして 10 回、25 回、50 回夫々繰返加熱し比重、硬度、抗壓力、化學成分、顯微鏡組織の變化を試験した。

A 比重

上記の如く繰返加熱せる試料につきて化學用精密天秤にて水中及空中に於ける重量を計り比重を算出せる結果は第24表、第25圖の如し。

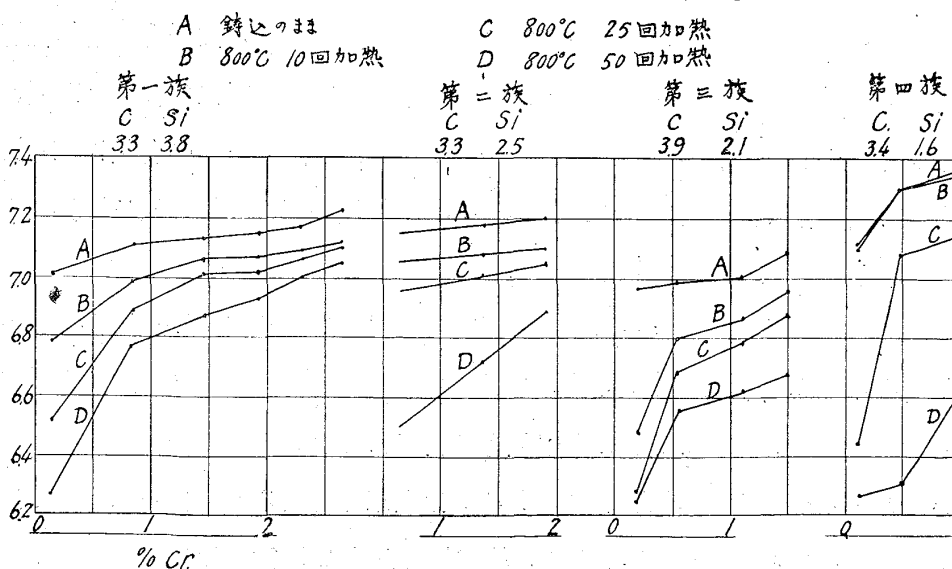
第23表 化學成分(%)

試料	T.C	G.C	C.C	Si	Cr	Mn	P	S
第一族								
27	3.28	2.99	0.29	3.86	0.14	0.55	0.12	0.03
28	3.32	2.66	0.66	3.53	0.83	0.60	0.11	0.04
29	3.32	2.48	0.84	3.53	1.44	0.60	0.11	0.05
30	3.35	2.59	0.76	4.01	1.92	0.60	0.10	0.04
31	3.28	2.45	0.83	3.84	2.30	0.64	0.10	0.04
32	3.31	2.36	0.98	3.88	2.67	0.68	0.10	0.04
第二族								
33	3.34	2.50	0.84	2.54	1.35	0.64	0.11	0.04
34	3.47	2.41	1.06	2.62	1.92	0.63	0.10	0.04
第三族								
35	3.99	3.69	0.30	2.14	0.17			
36	3.95	3.70	0.25	2.17	1.53			
37	3.71	3.07	0.64	2.28	1.08			
38	3.81	3.09	0.72	2.03	1.50			
第四族								
39	3.49	3.05	0.44	1.84	0.11	0.18	0.09	0.03
40	3.41	2.06	1.35	1.65	0.48	0.09	0.17	0.03
41	3.41	1.81	1.60	1.47	0.97	0.09	0.11	0.02

第24表 比重

試料	as Cast	800°C 10heats	800°C 25heats	800°C 50heats
第一族				
27	7.01	6.78	6.52	6.27
23	7.11	6.99	6.89	6.77
29	7.13	7.06	7.01	6.87
30	7.15	7.07	7.02	6.93
31	7.17	7.09	7.06	7.00
32	7.23	7.12	7.10	7.05
第二族				
33	7.18	7.08	7.01	6.72
34	7.20	7.10	7.05	6.89
第三族				
35	6.97	6.49	6.29	6.26
36	6.99	6.80	6.69	6.56
37	7.01	6.87	6.79	6.62
38	7.09	6.96	6.88	6.68
第四族				
39	7.11	7.10	6.44	6.27
40	7.30	7.30	7.08	6.31
41	7.37	7.35	7.15	6.61

第25圖 クローム鑄鉄の繰返加熱に依る比重の変化



此の結果に依れば四族共炭素、珪素の含量に拘らずクローム含量の増す程黒鉛少く質緻密となるから鑄込の儘にては比重を増大す、800°Cにて繰返加熱すればその回数が増すほど比重は減少す、然るにその減少の割合は第一族にては殊に明なる如くクローム含量を増す程少くなる。

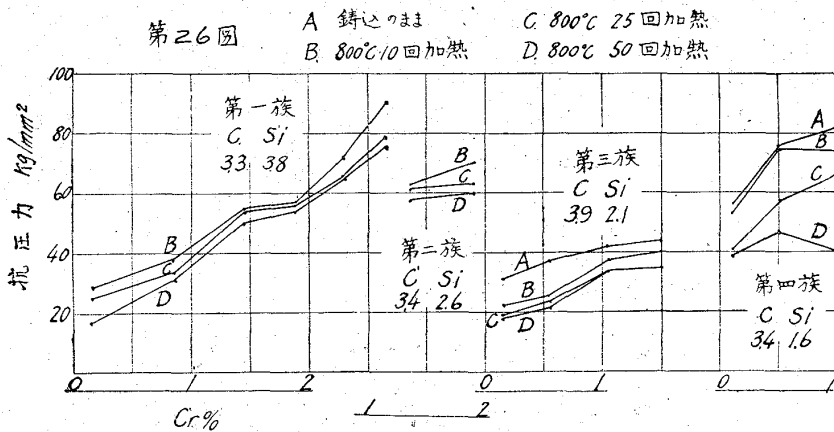
珪素含量少きものにてはクロームを含めば一層化合炭素の量を増し、之が加熱の影響を受け變化し易きがためクローム量を増すとも繰返加熱すれば比重は減少す。

B. 抗 壓 力

20×20×40 mm 試片を繰返加熱し表面にはスケールの附きたる儘加熱前の仕上寸法を標準にして壓縮試験をなしたる結果は第 25 表第 26 圖の如し。

第 25 表 抗 壓 力 kg/mm²

試料	as Cast	800°C 10 heats	800°C 25 heats	800°C 50 heats	試料	as Cast	800°C 10 heats	800°C 25 heats	800°C 50 heats
第 一 族					第 三 族				
27		28.2	24.7	17.4	35	31.1	22.1	18.9	17.8
28		38.4	33.4	30.4	36	36.5	25.0	23.6	21.6
29		55.5	54.0	50.0	37	42.4	36.9	34.6	34.4
30		57.2	55.8	53.8	38	44.0	40.0	35.2	34.8
31		71.5	66.0	64.7	第 四 族				
32		90.0	79.0	75.8	39	56.0	53.0	41.0	39.4
第 二 族					40	76.0	75.5	56.7	46.7
33		63.4	61.5	58.2	41	82.5	70.0	55.7	40.0
34		70.0	62.7	60.0					



鑄込の儘にては炭素、珪素含量の如何に關せず常にクロームの含量増す程抗壓力を増す。

繰返加熱する場合にも大體に於てクローム含量の多きものほど抗壓力を増し繰返加熱に依る變化の程度は珪素、炭素、クロームの含量に依り異なる。

第一族の珪素 3.8、炭素 3.3% の場合にはクローム 2.0% 直下が加熱に依る變化最も小にして之よりクローム量が増し或は減する程變化は甚だし。

此の現象はクローム 2.0% 迄はクロームの増す程パーライトは安定で黒鉛は細く渦状となり緻密となるが爲め熱に耐ゆるが 2.0% 以上にクロームを増せばセメンタイトを生じ、多くなるほど加熱に依る變化を大ならしむ、即ちクローム 2% の處が最も適當である。

珪素量は少いほどクロームは多いほどセメンタイトは出來易くなるが爲に第二族にて珪素 2.6% の時はクローム 1.3% にてセメンタイトが出来る。第三族の珪素 2.1% の時はクローム 1.1% からセメンタイトが出かかり此の直下が適當である。此試料にては炭素含量餘りに多く黒鉛多大にて組織細粒なるため何れも抗壓力は弱い。第四族にては珪素量少いためクロームを加ふればセメンタイト甚だしく多量となり加熱に依り抗壓力を減少す。クローム 0.4% を越ゆべからず。

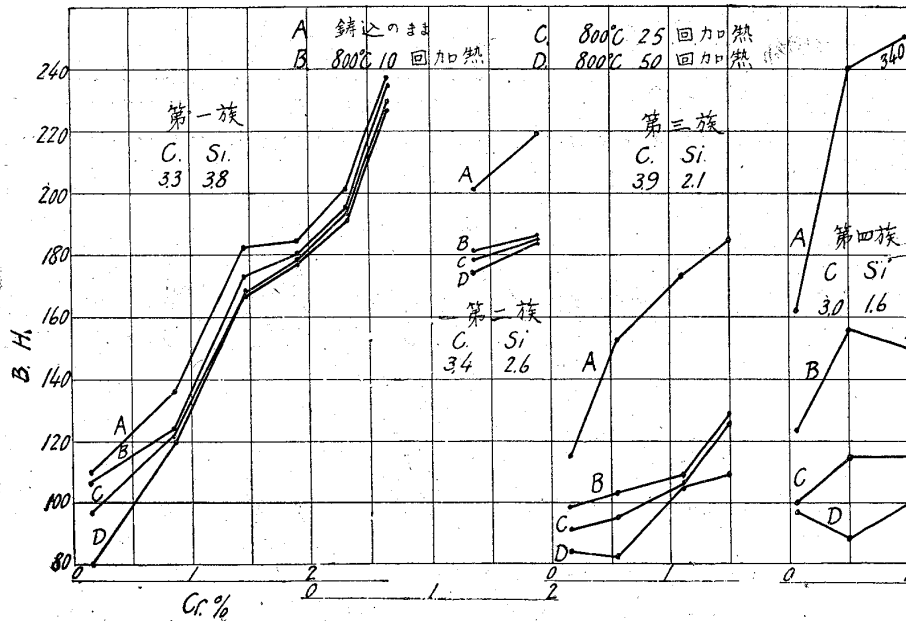
C. 硬 度

壓縮試験せる試料の疵なき部分を探り試料の中心部に就て同一條件にてブリネル硬度を測定せるに

第 26 表 第 27 圖の如し。

第 26 表 硬 度 (B. H)									
試料	as Cast	800°C 10 heats	800°C 25 heats	800°C 50 heats	試料	as Cast	800°C 10 heats	800°C 25 heats	800°C 50 heats
第 一 族					第 三 族				
27	110	107	97	80	35	115	98	91	84
28	136	124	122	119	36	152	103	95	82
29	182	173	117	161	37	173	109	106	105
30	164	180	177	172	38	185	129	126	109
31	201	195	193	191	第 四 族				
32	237	234	229	227	39	162	123	100	97
第 二 族					40	241	156	115	88
33	201	181	178	174	41	340	150	115	100
34	219	186	185	184					

第 27 圖



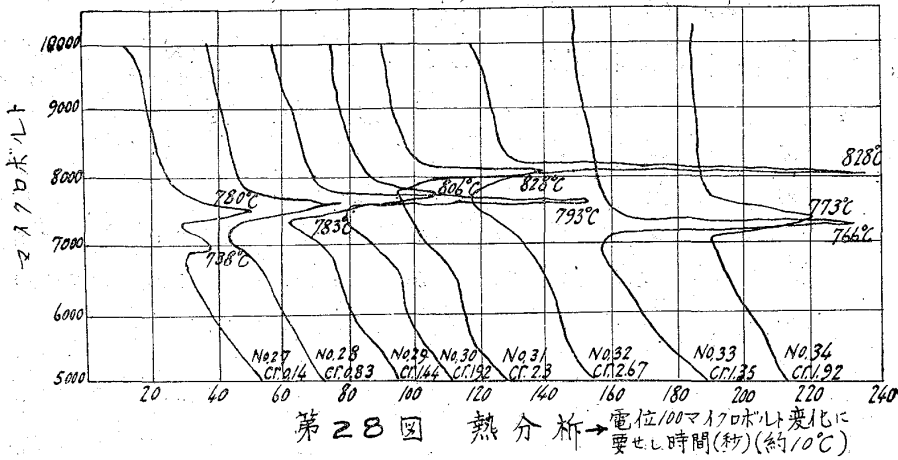
鑄込の儘にては各族ともクロームの増すほど硬度は著しく大となる。繰返加熱に依る變化と珪素、炭素、クロームの關係は抗壓力の場合と同様である。

殊に第四族の珪素少きときはクローム加はれば鑄込の儘にてはセメントイトを多量に含み非常に硬くなり繰返加熱に依り著しく變化す。

3. 變 態 點

ケンブリツヂ製ポテンシヨメーターを用ひて第一族、第二族に屬する試料の冷却の際に於けるインパースレートカーブを畫き其の曲線の異狀變化より物質の變化と其の變化の生ずる溫度とを測つた。試片は 25mm 正立方體に仕上げ、其の一面に直径 5mm、深さ中心に至る孔を開け、之に白金、白金ロヂウムのサーモカップルを差込み電氣爐内にて溫度の變化を測る、此加熱に於ける最高加熱溫度は何れも 1,200°C と定めた。第 28 圖は此の實驗結果にしてクローム含量の増加する程變態點は高くなる。

クロム鑄鉄 第一族



第28圖 熱分析

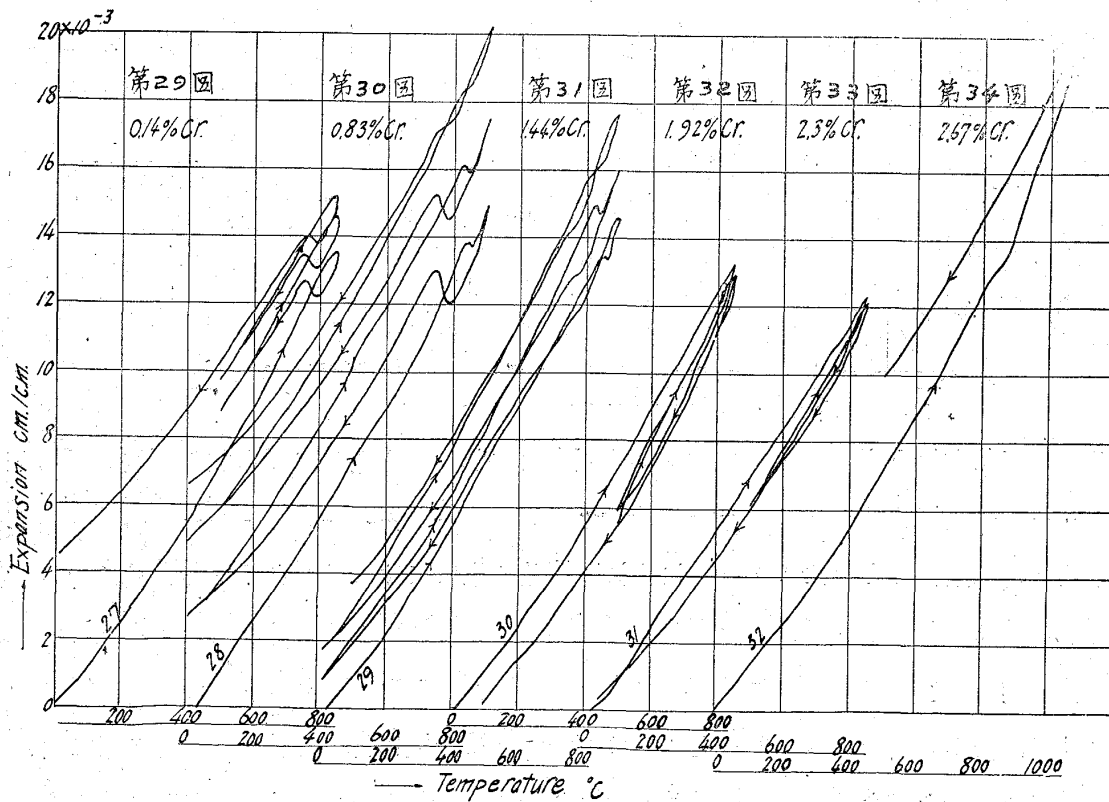
Russell 氏は 0.4~0.5% C 及び、0.8~0.9% C の鋼の變態點を測定して居るが、その結果もやはり Ac_1 點はクロムの増すほど上昇して居る。珪素多くなれば試料 29、33 の如くクロム量は同量なるも變態點は珪素量の多き程高くなる。

此の變態は地 (Matrix) の A_3 變態である。No. 27 の 738°C 變態は A_1 である。

4. 熱膨脹

本多式装置にて熱膨脹實驗を試みた。

(1) 第 29 圖は試料 27 を 500~850°C 間に 3 回繰返加熱せし場合の熱膨脹曲線にして、普通鑄物の如く加熱毎に膨脹して元に還らざるも少しにてもクロムを含み珪素多量の爲め膨脹度少し、黒鉛



化開始溫度は 620°C Ac_1 變態は 830°C Ar_1 變態は 780°C を示す。

(2) 第 30 圖は試料 28 を常溫より 900°C まで 3 回繰返せし場合である。黒鉛化開始溫度 700°C Ac_1 變態 840°C Ar_1 變態點 800°C を示す。 Ac_1 變態以上に加熱し且つ常溫まで冷却せるためクロ

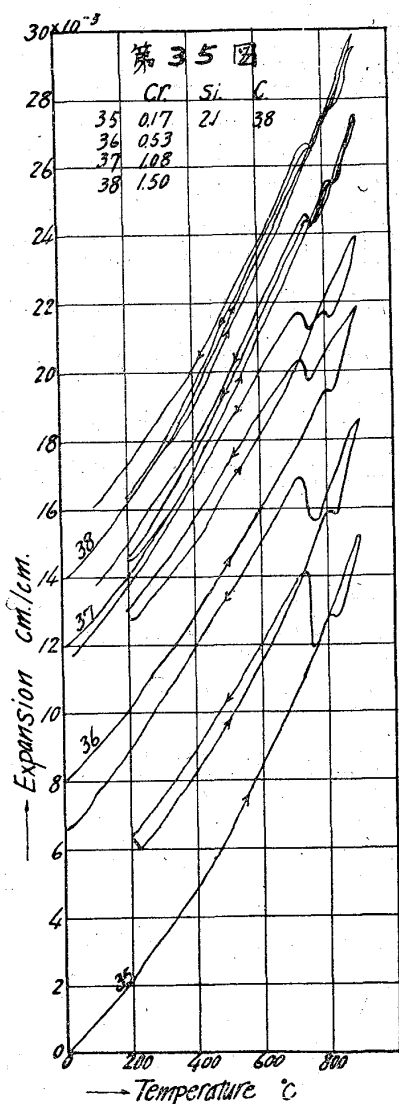
—μ量少き試料 27 よりも非可逆膨脹大である。

(3) 第 31 圖は試料 29 を試料 28 と同様に實驗せるものでクローム量多いだけ Ac_1 變態高く膨脹度少し加熱冷却の場合兩曲線接近す。

(4) 第 32、33 圖は試料 30、31 を $500^{\circ}C$ より $850^{\circ}C$ まで 3 回繰返せし場合の曲線にして變態點なく、加熱冷却兩場合に於て各回とも殆んど一致し非可逆膨脹なし。

かくの如くクロームを加ふれば變態點高くなり、クローム 2% 以上になれば $800^{\circ}C$ まで何回繰返加熱するも非可逆膨脹なし。且つ異常變化なきため各部とも加熱の時も冷却の時も一樣に膨脹或は收縮するため加熱冷却に依り鑄物の内部的應力を生ぜざるものと考ふる事を得。

(5) 第 34 圖は試料 32 を $1,100^{\circ}C$ まで熱した場合の曲線にして $1,060^{\circ}C$ に Ar 變態あり、冷却の際非可逆膨脹あるも加熱温度甚だ高いからである。



(6) 第二族 No 33、34 を $500^{\circ}C$ より $850^{\circ}C$ までの間を 3 回繰返熱膨脹を測りたるに兩者とも非可逆膨脹甚だ少し。

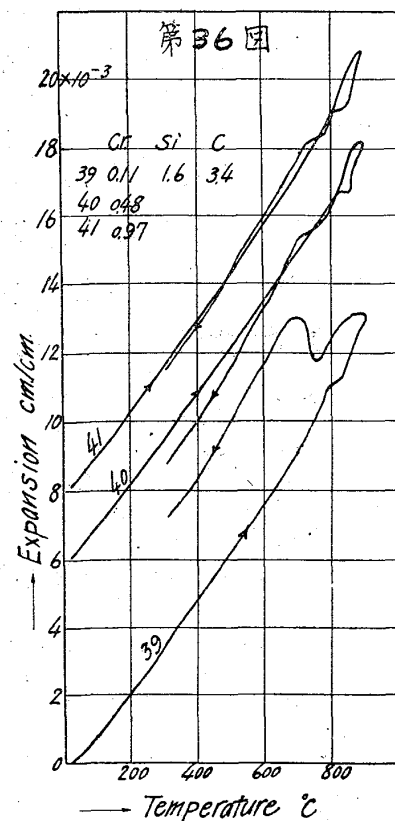
(7) 第 35 圖は試料第三族、35~38 を皆同一條件にて $900^{\circ}C$ まで 2 回繰返したる場合の熱膨脹曲線を縦に配列比較した。

何れも Ac_1 變態 $800^{\circ}C$ Ar_1 變態 $750^{\circ}C$ 附近なるが變態量はクローム含量の増す程小さくなる、従つて繰返加熱に依る非可逆膨脹小となる。

試料 37 の珪素 2.1%、クローム 1.0% には加熱冷却の場合 2 回とも殆んど一致し冷却すれば加熱前の長さに還り、鑄物が成長する事なし。

(8) 第 36 圖は試料第四族 39、40、41 を同一條件にて $900^{\circ}C$ まで 1 回加熱冷却せる場合の膨脹曲線にして 39 は普通の鑄鐵に類似するも 40、41 は非可逆膨脹せず冷却すれば加熱前の長さよりも却つて收縮す。

此の實驗に依れば鑄物は $800^{\circ}C$ 以上に熱する時は非可逆膨脹して繰返加熱する毎に成長するも、クロームを加ふれば、その含量の増す程變態温度高まり變態



量を減じて非可逆膨脹少くなり繰返加熱するも殆んど成長せず。

以上を約言すればクロームの影響は珪素含量に依つて異り珪素 3.8% の時はクローム 1.5% にて、珪素 2.0% の時クローム 1.0% にて、珪素 1.6% の時クローム 0.4% にて 850°C までの加熱に於ける鑄物の非可逆膨脹即ち成長を防ぐ事を得。

5. 顯微鏡組織

(1) 第一族の珪素含量多き試料にてはクローム 0.14% を含む No. 27 は前項珪素鑄鐵にて述べたる試料 20 の組織 (Photo. 23) に類似し僅かにパーライトが散在し他の大部分はフェライトである。炭素含量は試料 20 よりも多いため黒鉛は一層多く群をなして一群毎に菊花状をなす。

之を 800°C に加熱すればパーライトは分解消失するも地は 50 回加熱するも少しも酸化せず。是試料 20 と同様に珪素含量多きためである。

(2) 試料 28 は Photo. 28 の如く地は全部パーライトにして黒鉛は菊花状に群をなして多量に現はる。800°C にて 50 回加熱すれば Photo. 29 に示すが如くパーライトは残り酸化物なし。

(3) 試料 29 は Photo. 30 の如くパーライトの地にセメンタイトを含み黒鉛は甚だ小さく且つ彎曲す。800°C にて 50 回加熱すれば Photo. 31 の如くパーライトは少しく分解するのみ。

(4) 之よりクロームの含量を増すほどセメンタイトの析出多量となり No. 30, 31 にては共晶現はれ黒鉛は稍々減ず。Photo. 32 は No. 31 の鑄込みの儘で之を 800°C 50 回加熱すれば Photo. 33 の如くパーライト粒状となり稍々分解するも、セメンタイトは少しも變化なく酸化物は生ぜず。

(5) 第二族の珪素含量 2.5% 附近にてはクローム 1.35% にて Photo. 34 の如くセメンタイト及共晶を生じ黒鉛は僅少となり非常に硬化す。800°C 50 回加熱すればパーライトは少しく分解するも酸化せず。

(6) 第三族珪素 2.0% 附近にてはクローム含有量 1.0% 以上になればセメンタイトを生じ黒鉛を減ず。クローム少きものは黒鉛多量に生じ、その周圍にフェライト多くなるもクローム量増すほどフェライトを減じパーライトを増す。

800°C 50 回の加熱に依り、クローム少きものは、パーライト消失し、黒鉛も少くなり酸化鐵を生ずるも、クローム 1.0% 以上になれば酸化鐵を生ずる事少し。

(7) 第四族の珪素 1.6% 附近にてはクローム 0.46% にて多量のセメンタイトを生ず。800°C にて繰返加熱すればセメンタイトは分解せざるもパーライトは分解し、50 回にては酸化物を生ず。

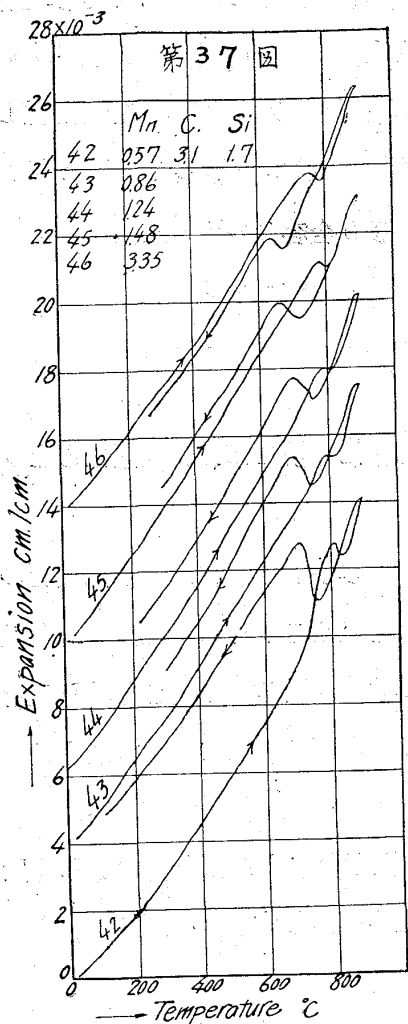
XIII 鑄鐵の耐熱性に及ぼす滿俺の影響

試料、鉄鐵に滿俺鐵を配合して坩堝爐に熔解し一定の生砂型に鑄造し 70 mm 立方體の試料を造つた、

第 27 表 化 學 成 分 (%)

試料	T.C	G.C	C.C	Si	Mn	試料	T.C	G.C	C.C	Si	Mn
42	3.03	2.49	0.54	1.73	0.57	45	3.14	2.29	0.85	1.70	1.48
43	3.14	2.47	0.67	1.75	0.86	46	3.26	2.52	0.74	1.74	3.35
44	3.02	2.23	0.79	1.70	1.24						

その化学成分は第 27 表の如し。滿俺の増すに従ひ黒鉛を減じ化合炭素を増すも其の影響は珪素、クロームの如く大ならず、又化合炭素は一定量に達せばそれ以上滿俺を増すも殆んど變らず。



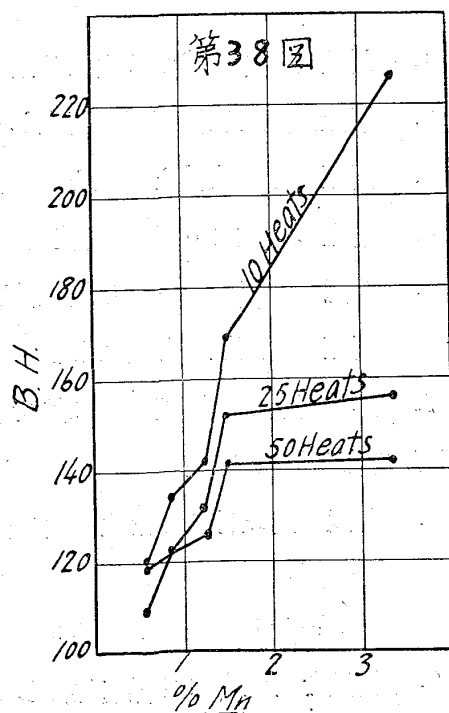
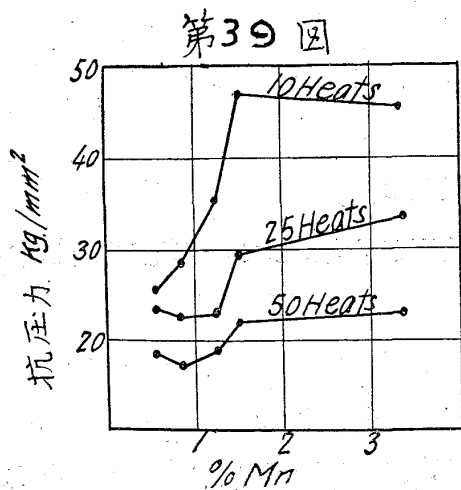
熱膨脹：一前と同様の方法にて熱膨脹を測りたるに第 37 圖の如し。滿俺の増加に従ひ A_c , A_r 變態點を下降する事は G. Rumelin⁽¹⁵⁾ & K. Fick 及 M. Levin⁽¹⁶⁾ & G. Tammann が夫々鐵滿俺二元系合金にて行ひたる結果及 Dejean⁽¹³⁾ が炭素含量を異にする數種の鋼に就て實驗せる結果と類似す。又滿俺の増加に従ひ加熱、冷却兩曲線が接近し非可逆膨脹少くなり 3.35% を含めば却つて收縮す。

繰返加熱に依る機械的性質の變化：一規定寸法に仕上げ 800°C に 10 回 25 回 50 回繰返加熱し硬度、抗壓力を測りたるに第 28 表及第 38, 39 圖の如し。滿俺の増加に従ひ硬度を増しその増加率は滿

第 28 表 硬度及抗壓力

試料	硬度 B.H.			抗壓力 kg/mm ²		
	800°C	800°C	800°C	800°C	800°C	800°C
	10 heats	25 heats	50 heats	10 heats	25 heats	50 heats
42	120	119	109	25.7	23.8	16.3
43	134	122	122	28.8	22.4	17.2
44	142	132	126	35.5	22.8	19.1
45	179	152	141	46.9	29.3	22.0
46	206	156	142	45.8	33.2	23.2

俺 1.5% までは殊に著し。繰返加熱すれば軟化しその變化は滿俺多きものほど著し。抗壓力も硬度と同様に鑄込の儘にては 1.5% ま



では満俺の増すほど大きくなるもそれ以上は却つて弱く、繰返加熱すれば満俺多きものほど變化し、減少す。

組織：一試料 42 は Photo. 36 の如く黒鉛渦狀にして均齊に分布しその縁にはフェライト僅かにあり。満俺を増すに従ひ黒鉛は小さくフェライト無くパーライト粒狀となる。Photo. 37 は試料 44 の組織なり。満俺 3.35% の試料 46 は Photo. 38 の如く地がソルバイトとなる。800°C に繰返加熱したる壓縮試験片に就て酸化變質の状態を檢鏡するに満俺多く地がソルバイトになれるものほど變化烈しく 50 回加熱にてパーライトは全く消失し黒鉛及フェライトとなり全容積の 50% は酸化鐵となる。

以上の各試験結果を約言すれば

- (1) 満俺の増すほど變態點 A_1 を下降す。
- (2) 非可逆膨脹を減す。
- (3) 満俺 1.5% までは化合炭素を増し地はパーライトとなる。尙満俺を増せば化合炭素はあまり増加せずして地がソルバイトとなる。
- (4) 満俺の増加に従ひ硬度、抗壓力を増すが 1.5% 以上はあまり變らず。組織、硬度、抗壓力の變化に及ぼす満俺の量は炭素量及鑄込時の冷却速度に依りて異なるものと思はる。⁽¹⁴⁾ Guillet が 0.2% 及 0.8% の炭素を含む鋼に就て實驗せる結果に依れば 4~7% まで満俺の増すに従ひ強さ硬さを増し延を減す、それ以上満俺を増せば反對に強さ硬さを減じ延を増す。而して強さ硬さの最大及延の最小に達するまでの満俺量は炭素の多いものほど少い。
- (5) 繰返加熱すれば満俺多きもの殊に 1.5% 以上のソルバイト組織をなすものほど變化烈しく酸化物を生ず。故に満俺は鑄型用には態々添加する必要なく 1.5% を超ゆべからず。

XIV 結 論

1. 製鐵所にて使用する主なる鑄型 28 種の寸法及重量を示した。
2. 鑄型命數及破損原因を調査した。
3. 鑄型の化學成分と命數との關係を示した。
4. 鑄型の命數より 1 回分使用量及鋼塊 1 匁當りの消費量を算出した。
5. 最近 10 年間に於ける鑄型消費量を示した。
6. 鑄型に鎔鑪湯を利用し經濟的利益なることを知つた。
7. 熔鋼鑄込の際鑄型自身の熱せらるる溫度は胴内面が最高にして 800°C、上部外面が最低にて 340°C なることを知つた。
8. 普通の鑄型材にては次の成分が優秀である。

C	Si	Mn	P	S
3.4~3.6	1.6~2.0	0.47~0.57	0.16以下	0.07以下

9. 鑄鐵を高溫度にて繰返加熱して成分、組織、機械的性質の變化を試験した。鑄鐵を高溫度にて

繰返加熱すればパーライトは分解し粒状遊離炭素が黒鉛の縁に集まり更に熱すれば此遊離炭素消失し、黒鉛及間隙に沿ひ表面より内方に向ひ漸次酸化して遂には黒鉛消失し鐵は酸化し表面龜裂す。是と同様に硬度、比重、抗壓力、屈曲應力、延伸を減ず。實驗の1例に依れば 800°C 50 回加熱すれば化合炭素全く消失し Fe₂O₃ 24% を含み硬度、抗壓力は鑄込の儘の半分に減じ比重は約 10% 減じた。

10. 普通の鑄型用鑄鐵を 500°C より 800°C まで 30 回繰返加熱してその間の加熱膨脹を測定した。繰返加熱すればその都度非可逆膨脹し元の長さに還らず。

11. 鑄物砂にグライコを混じた鑄型及生型、乾燥型の 3 種を用意し夫々に同一熔鉄を鑄込みたる各試料の加熱に依る材質の變化を試験したるにグライコ型製は凝固冷却速度早きため鑄込みの儘にては緻密にて強く繰返加熱すれば最も著しく變化す、乾燥型製の緩慢に凝固冷却せるものほど鑄込のままにては弱く軟いが熱に對して安定である。故に普通の化學成分の鑄物にては鑄造方法の如何に依り鑄込の儘にては優良なる品質を得らるるも鑄型の如き耐熱的性質を要するものには不完全である。

12. 3.0% の炭素を含む鑄鐵に珪素を 1.0% より 4.5% まで順次加へたる各試料を 800°C にて 10 回、25回、50 回繰返加熱して抗壓力、衝擊抗力、硬度、成分組織の變化を試験した。此結果に依れば鑄込の儘にては強力、硬度は珪素 3.5% までは減じそれより珪素の増すに従ひ増大す。加熱に依る變化は珪素 2.5% 附近が最も著しく 3.5% 以上になれば變化なく却つて力を増す。

13. 上記の試料に就き熱膨脹を測つた。珪素 3.0% までは珪素の増すほど非可逆膨脹を増大するが更に珪素を増せば非可逆膨脹生ぜず 850°C に 3 時間保定し 3 回繰返加熱するも元の長さに還る。珪素増すほど變態點 A₁ 及黒鉛開始溫度上昇す。

14. 鑄型には珪素 2.5% 附近が最も不良にして之より上下に遠ざかるほど良し。4% 附近が酸化及非可逆膨脹無く最も良好である。

15. 珪素増すほど共晶溫度上昇し共晶點に於ける炭素含量低下し鐵の炭素熔解度を減ず。従つて過剰の炭素は熔液上にキツシュとして浮游するが故に炭素は珪素に反比例して低下せしめ常に共晶以下とす。

16. 珪素 3.5% 2.5% 2.0% 1.5% の 4 種の鑄物にクロームを 0~3% 加へて鑄物の耐熱性に及ぼすクロームの影響を試験した。

17. クロームは鑄物の變態點を高め強硬ならしむ。パーライトの安定度を増し非可逆膨脹を防ぎ耐熱性を與ふ。

18. クロームの影響は珪素含量に依り異り次の成分の時に非可逆膨脹を止め加熱に依る變質を防ぎ是以上クロームを増せばセメントイトを生ず。

C	Si	Cr	C	Si	Cr
3.3	3.5	1.9	3.9	2.0	1.0
3.4	2.5	1.3	3.4	1.5	0.4

19. 鑄鐵にクロームを加ふれば湯の流を悪くし凝固の際收縮が多くなるからクローム量多過ぎてセメントイトを生じたものは内部歪が多く従つて鑄鋼の際に鑄型が一時に破壊する恐がある。然るに之を 600°C 4 時間以上焼鈍すれば歪を除去せられ (パーライトは粒状となるのみ) 安定である。

20. クロームはパーライトの安定度を増せども強く熱せらるる時は變化する。珪素 4% を含む鑄鐵は鑄込のままにてパーライトを含まず地がシリコフェライトであるからクロームを含むパーライトよりも酸化しない。珪素 4% にクローム 2% 以下を加ふれば更に強く且つ酸化しない。

21. 鑄鐵に滿俺 0.5~3.5% を加へ繰返加熱に依る性質の變化を試験した。滿俺は鑄鐵の抗壓力硬度を増し非可逆膨脹を減ず。黒鉛の發達を防ぎ鑄込の儘にては強硬なるも樹狀晶を生じ易く且つ地がソルバイトになり繰返加熱に依り酸化變質し易い、鑄型としては態々添加する必要なし。

謝辭 本研究並に發表の機會を與へられたる野田技監、久保田部長、井村課長に、御指導を受けたる大石教授に、試料製作現場の實驗に御援助を與へられたる高橋、谷口兩工學士及製鋼工場員諸氏に、又實驗の勞を煩はしたる研究所員諸氏に深厚なる謝意を表す。

参 考 文 献

1. Metallurgie, (1906), 811.
2. " (1910), 644.
3. Wiss. Abh, R. A., (1918), 271.
4. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., (1924). 287.
5. 鐵と鋼, (1927), 121.
6. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., (1924), 132,
7. Mem. Coll. Eng. Kyoto Imp. Univ., (1926). Vol. IV. No. 4.
8. Journ. I. & S. Inst., (1909), 29.
9. Journ. A. Inst. Min. Eng., (1905).
10. 金屬の研究, (1925), 751.
11. Paul Oberhoffer 著 Das Technische Eisen, (1925), 219.
12. " " " 119.
13. " " " 110.
14. " " " 222.
15. Ferrum, 12, 41, (1914).
16. Z.S. Anorg. Ch. 47, 141, (1905).

終り

昭和 2 年 6 月



Photo. 1 破損鑄型 B 3

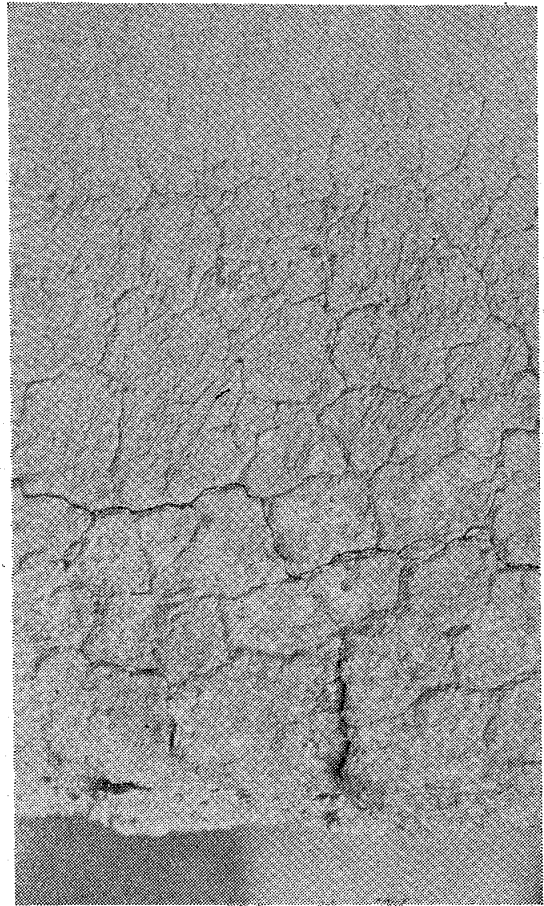


Photo. 3 破損鑄型内面 C54

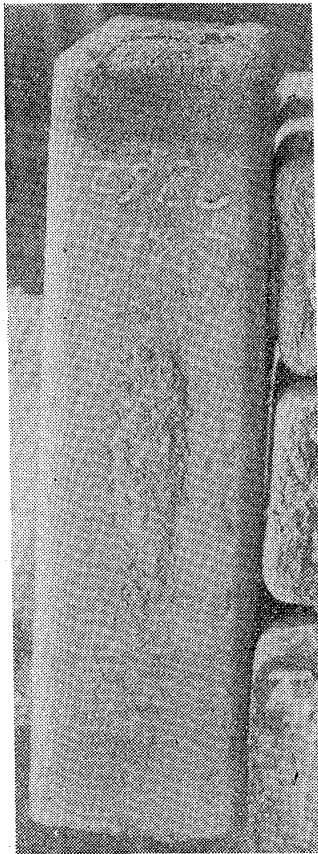


Photo. 2 瘤ある鋼塊

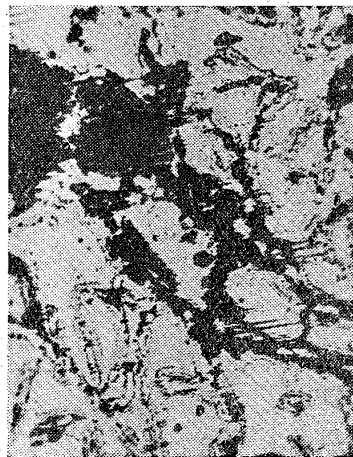


Photo. 4 $\times 80$
破損鑄型内側表面

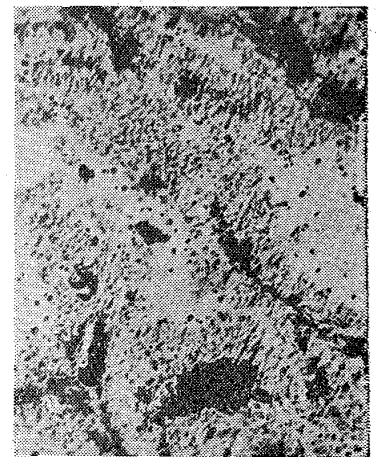


Photo. 5 $\times 150$
同、表面より 15mm.

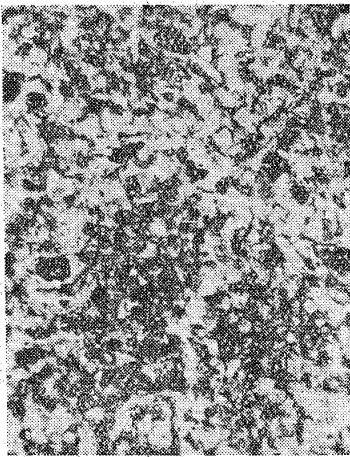


Photo. 6 ×50
No. 6 ダライコ砂型製

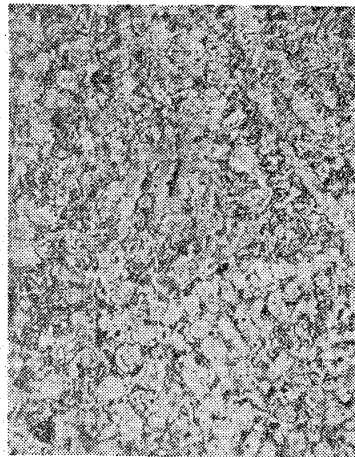


Photo. 7 ×50
No. 6 ピクリン酸曹達腐蝕

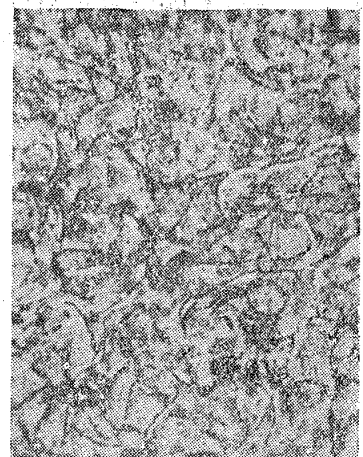


Photo. 8 ×50
No. 9 乾燥砂型製



Photo. 9 ×50
No. 12 生砂型製

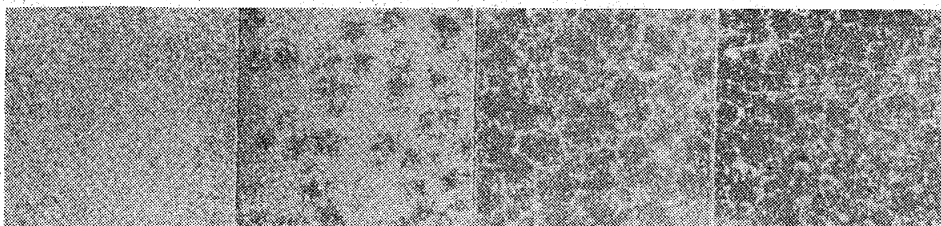


Photo. 11 ×80
No. 16 Si 1.35



Photo. 12 ×80
No. 16 800°C 10 回加熱

Photo. 10 Guillets reagent. ×2



No. 18 Si 1.92

No. 19 Si 2.82

No. 20 Si 3.43

No. 21 Si 3.58

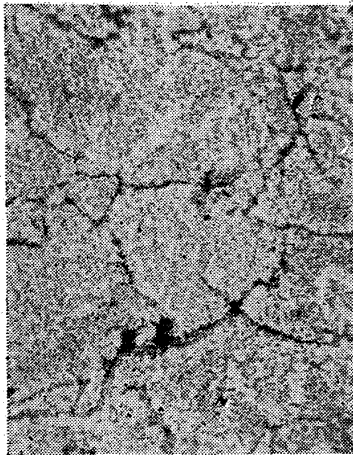


Photo. 13 ×80
No. 16 800°C 25 回加熱



Photo. 14 ×80
No. 16 800°C 50 回加熱

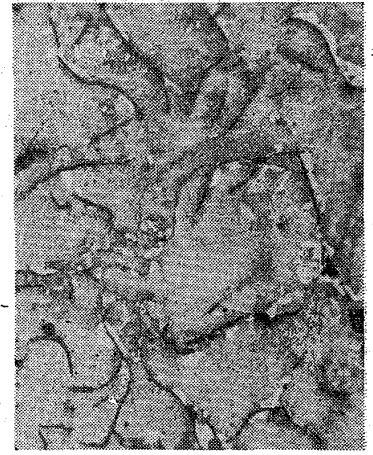


Photo. 15 ×80
No. 18 Si 1.92



Photo. 16 ×80
No. 18 800°C 10 回加熱



Photo. 17 ×80
No. 18 800°C 25 回加熱



Photo. 18 ×80
No. 18 800°C 50 回加熱



Photo. 19 ×80
No. 19 Si 2.82

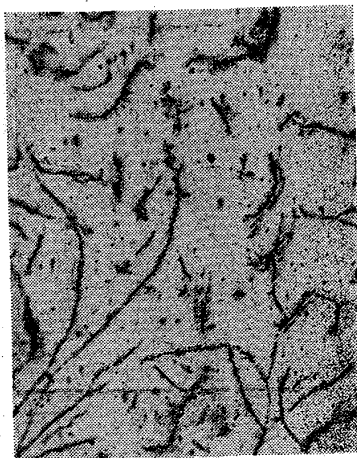


Photo. 20 ×80
No. 19 800°C 10 回加熱



Photo. 21 ×80
No. 19 800°C 25 回加熱

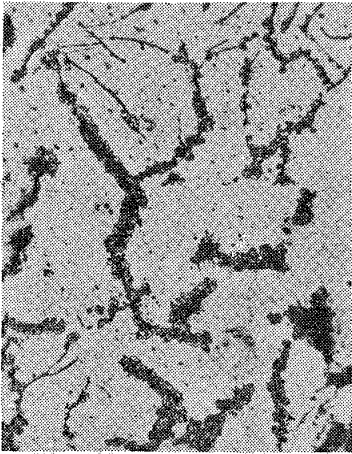


Photo. 22 $\times 80$
No. 19 800°C 50 回加熱



Photo. 23 $\times 80$
No. 20 Si 3.43



Photo. 24 $\times 80$
No. 20 800°C 10 回加熱



Photo. 25 $\times 80$
No. 20 800°C 50 回加熱

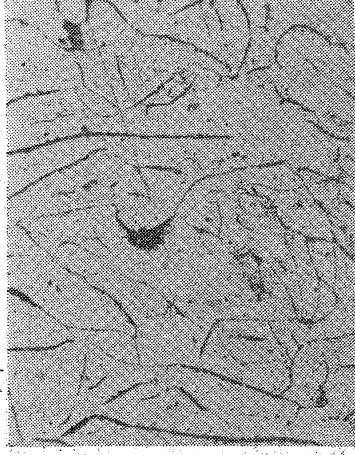


Photo. 26 $\times 80$
No. 23 Si 4.48



Photo. 27 $\times 80$
No. 23 800°C 50 回加熱



Photo. 28 $\times 50$
No. 28 Cr. 0.83



Photo. 29 $\times 50$
No. 28 800°C 50 回加熱

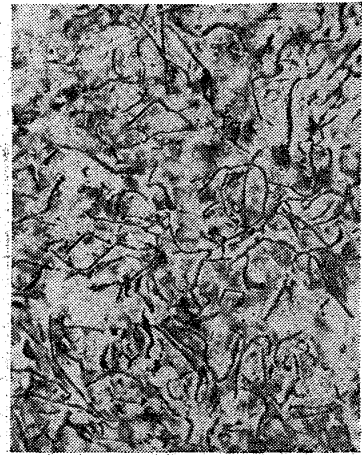


Photo. 30 $\times 50$
No. 29 Cr. 1.44



Photo. 31 ×50
No. 29 800°C 50 回加熱



Photo. 32 ×50
No. 31 Cr. 2.30



Photo. 33 ×250
No. 31 800°C 50 回加熱

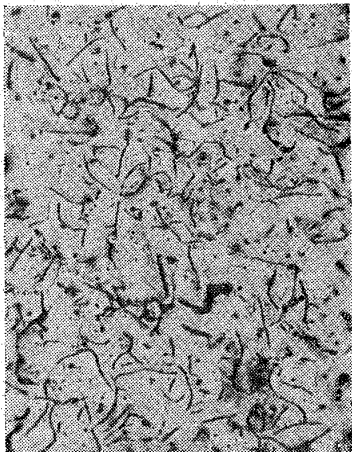


Photo. 34 ×50
No. 32 Cr. 2.67



Photo. 35 ×250
No. 32 800°C 50 回加熱



Photo. 36 ×100
No. 42 Mn. 0.57



Photo. 37 ×100
No. 44 Mn. 1.24

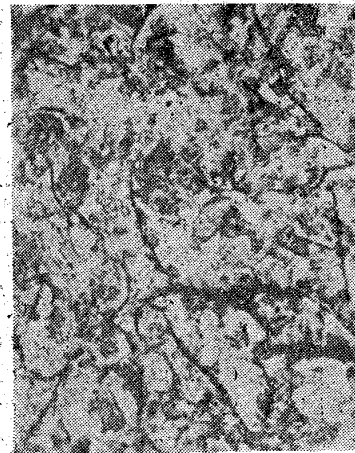


Photo. 38 ×100
No. 46 Mn. 3.35