

3. 材質に関する研究

鑄型の材質は、その寿命に密接に関係するものであり、いろいろと研究されている。

材質に関する問題の中、まず1項にその製造方法を取り上げた。一般に鑄型はその大部分がキューボラで溶製されているために、使用キューボラの性質形状、化学成分の管理、原料管理、溶解作業および鑄造作業などが問題となる。

鑄型製造用に用いられているキューボラは、その性質上比較的大型のものが多く、また低温溶解を行っているものが多い。化学成分については、かなりバラツキがあるが、比較的共通した範囲が認められ、[C]: 3.6~3.9%, [Si]: 1.3~1.8%, [Mn]: 0.5~0.8%, [P]: 0.25%以下, [S]: 0.08%以下が多い。地金の配合は、鑄型の材質に大きく影響するといわれ、木炭銑などを使用するなどいろいろ苦心が払われているが、まだ明らかでない所が多い。

キューボラの操業は、装入などは比較的機械化されており、漸次自動制御方式もと入れられているが、一般作業とあまり差はない。鑄造作業に関しては、造型に関する報告が多いが、特に変った点はないようであり、寿命に影響の大きいと思われる鑄造方案については、まだ発表されていない点が多い。

つぎに2項として鑄型の組成と寿命との関係をまとめたが、調査、研究は広く行われているにも拘わらず、結果は必ずしも一致していない。これは使用条件など関係する因子が複雑であることなどに起因している。5つの主元素についての調査では、調査範囲内では寿命との関係が認められることが多いが、結果は必ずしも一致していない。特殊なものとしてTi, Ni, Mo, 低硫などの影響が調べられており、それぞれ効果が認められている。

3項には、組織、硬度、熱処理と、寿命との関係を調査した報告を集めた。組織について緻密で均一なもの程、寿命が長いとされている。黒鉛形状については、大型鑄型の場合は、黒鉛の長さが0.25~0.35 mm程度で、比較的揃っているものが、良いとされているが、小型鑄型については、明らかにされていない。

硬度については、一般に寿命と密接な関係が認められているが最適硬度範囲は、条件により必ずしも一致していないが、HBで120~140辺である。熱処理については、まだ十分研究されていない。その他、高温における組織や、高炉熔銑中の微量成分の影響などが、基礎的問

題として調べられている。

ダクタイル鑄鉄の、鑄型への適用については、4項にとりまとめた。ダクタイル鑄鉄は、比較的新しい材質であり、鑄型への適用例は、外国でもあまり多くないようであり、日本でも、現在その優秀な性質に着目して、製造者、使用者相協力して、鑄型への適用を試験中で、実用化に向っている。一応の結論として、大型鑄型については、冷却速度が緩慢であるために黒鉛の球状化が十分でない点と、歪により生ずる変型の問題があり、今後解決を要する要因も多いが、中型以下の鑄型では、いちじるしい寿命の延長、原単位の切下げを見ている。このようにまだ歴史も浅く、適用範囲も狭いが、将来の発展が約束されているといえよう。

最後に、特殊な製造方法による鑄型についての、資料を5項に集めた。特殊な製造方法としては、特殊な溶解方法によるものとして、高温溶解、接種、塩基性電弧炉による溶解、特殊な原料によるものとして、高炉銑その他の使用が、報告されている。

以上より鑄型の材質と寿命との関係が、一応明らかにされたが、引続き研究が要望されている。

3.1. 製造方法について

3.1.1 鑄型・定盤製造用キューボラについて

一般に鑄型・定盤製造用に使用されているキューボラは普通の機械部品鑄物製造用と変えることはなく、また操業においては特に異なつた処はない。

つぎに調査した15工場における28基のキューボラについて各項目に分類、まとめてみた。^{M-49)} (図3.1.1~6参照)

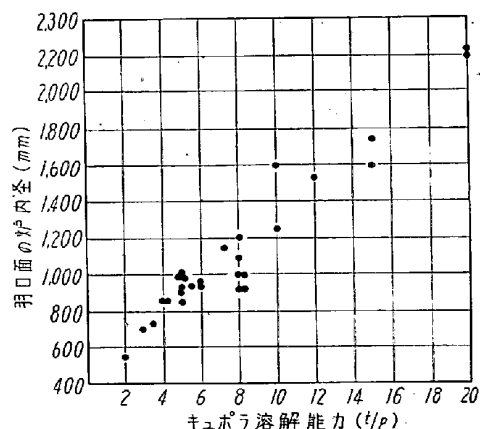


図 3.1.1 キューボラの溶解能力と炉内径との関係

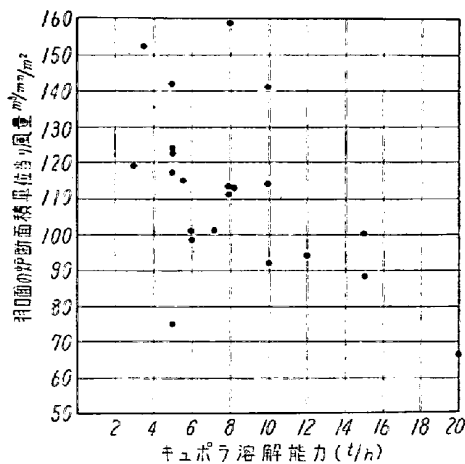


図 3.1.2 キュボラの溶解能力と風量との関係 (1)

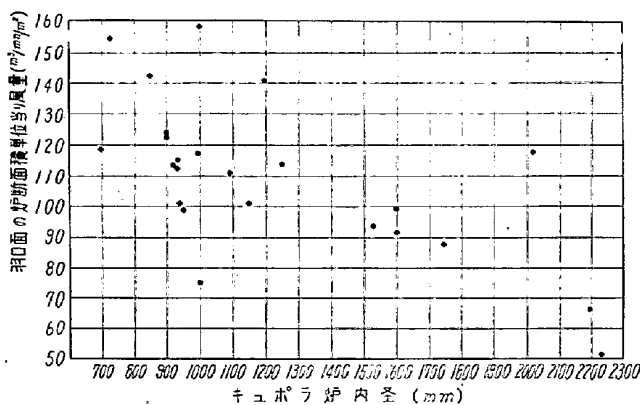


図 3.1.3 キュボラの炉内径と風量との関係

A 溶解能力

炉の溶解能力は表 3.1.1 のごとく 5~10 t/h のものが多い。

表 3.1.1 キュボラの溶解能力と基数

溶 解 能 力	基 数
2 t/h	1
3	1
3.5	1
4	2
5	6
5.5	1
6	2
7	1
8	5
10	3
12	1
15	2
20	2

つぎに炉の内径と羽口面における単位炉断面積当りの風量によつて区別すれば表 3.1.2 のごとく約半数近くがキュボラの機械部品鑄物溶解に対していわゆる経済的操

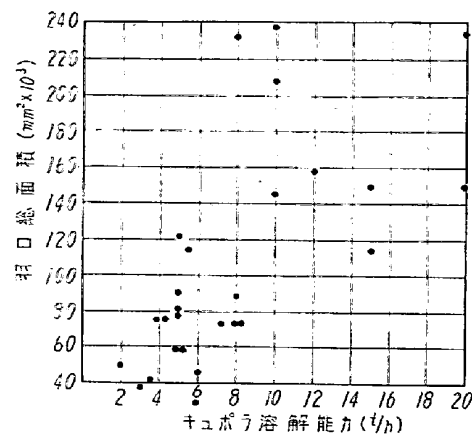


図 3.1.4 キュボラの溶解能力と羽口面積との関係

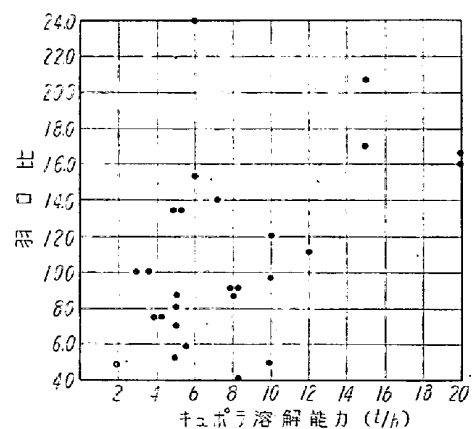


図 3.1.5 キュボラの溶解能力と羽口比の関係

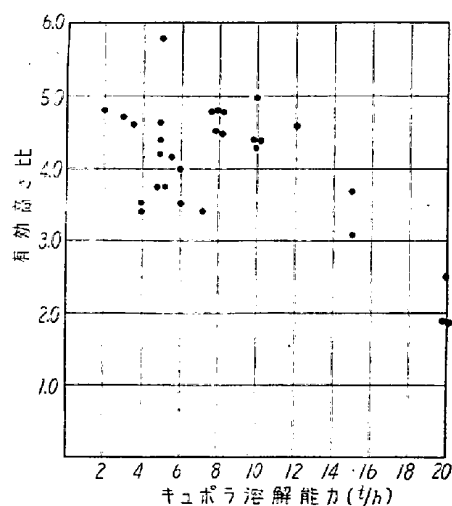


図 3.1.6 キュボラの溶解能力と有効高さ比との関係

業を行つている。すなわち正常より低温溶解を行なつていふと考えられる。

B 羽口

a. 羽口段数—表 3.1.3 に示すごとく大体 1 段と 2 段で、2 段の方がやや多い。

b. 羽口個数—表 3.1.4 に示すごとくまちまちであるが 2 段では 12 個、1 段では 8 個が最も多い。

c. 羽口比—図 3.1.5 に示すごとく羽口比は溶解能力の増大とともに増加している傾向にある。

d. 有効高さ比

有効高さ比は図 3.1.6 に示すごとく溶解能力が大きくなるとともに小さくなる傾向がある。

3.1.2 化学成分の管理について

各工場における鑄型の目標成分および定盤の実際成分例を示せば表 3.1.5~表 3.1.7 のごとくである。これらの表を約すれば図 3.1.7 のごとくで、鑄型成分として最も多く採用されている成分範囲は、

C 3.6~3.9% Si 1.3~1.8% Mn 0.5~0.8%
P 0.25% 以下, S 0.08% 以下のごとくである。

表 3.1.2 キュボラの内径に対する溶解速度

炉の内径 mm	溶 解 速 度 t/h				
	V/A=61~80	V/A=81~100	V/A=101~120	V/A=121~140	V/A=141~160
601~700	() 5	(4.4) 6	(2.0) 3	(4.3) 5.5	(3.5) 3.5
701~800			(5.0) 6, 8,		(4.7) 5
801~900			8, 5, 6, 5.5		(5.9) 8
901~1000			(6.2) 8, 8		(9.0) 10
1001~1100			(7.6) 7		
1101~1200			(9.2) 10		
1201~1300	() 12, 10	() 15			
1301~1400					
1401~1500					
1501~1600	() 15	() 15			
1601~1700					
1701~1800					
1801~2000	() 15	() 15			
2001~2200					
2201~2400					

(注) 括弧内数字は溶解速度の標準値を示す。 V/A=羽口面における炉断面単位面積当り風量 $\text{m}^3/\text{mn}-\text{m}^2$, V/A=141~160 $\text{m}^3/\text{mn}-\text{m}^2$ 高温溶解
V/A=121~140 $\text{m}^3/\text{mn}-\text{m}^2$ 正常操業
V/A $\leq$ 110 $\text{m}^3/\text{mn}-\text{m}^2$ 経済的操業
(日本鋳物協会: キュボラハンドブック参照)

表 3.1.3 羽口の段数

段 数	基 数
4	1
3	1
2	15
1	12

表 3.1.4 羽口の個数

段数	個数	基数
4	21	1
3	16	1
2	19	1
	18	2
	16	2
	12	6
	10	1
	8	3
1	12	1
	8	9
	6	2

鋳型定盤の化学成分と寿命との関係は使用条件その他寿命におよぼす因子が大きく働くために明確な関係は出ていない。

3.1.3 地金配合および溶解作業

A 地金配合

地金配合は鋳型寿命に大きく影響するといわれている。

表 3.1.5 各工場における鋳型の目標成分

会 社 工 場 名	対 象 鋳 型	化 学 成 分 (%)				
		T.C	Si	Mn	P	S
日本製鋼所	小型	3.6~3.9	1.2~1.8	0.5~1.0	<0.20	<0.08
〃	扁平型	3.6~3.9	1.0~1.6	0.6~0.8	<0.20	<0.08
〃	八角大型	3.6~3.9	1.0~1.4	0.6~0.8	<0.15	<0.05
〃	定盤	3.6~3.9	1.0~1.4	0.6~0.8	<0.20	<0.08
笹谷工業	80~120 kg2本立	3.6~3.9	1.5~1.8	0.5~0.7	<0.20	<0.06
〃	3~5t	3.4~3.7	1.4~1.7	0.6~0.8	<0.2	<0.06
増清鋳工	角大型	3.7~3.9	1.4~1.6	0.5~0.7	<0.2	<0.05
〃	扁平大型	3.8~4.0	1.6~1.8	0.3~0.5	<0.2	<0.05
〃	小型	3.6~3.8	1.4~1.6	0.5~0.7	<0.2	<0.055
〃	大角定盤	3.6~4.0	1.5~1.9	0.5	<0.3	<0.08
永瀬鉄工	KB10. KB9. K-10	3.9~4.2	1.6~1.8	0.5	<0.25	<0.03
〃	KB7. HB6. HB5.	3.6~3.9	1.5~1.7	0.6	<0.3	<0.04
〃	K62. K66A K683	3.6~3.9	1.4~1.6	0.6	<0.3	<0.04
前田鉄工	K62. K63-3. MS6	3.85	1.35	0.60	<0.25	<0.06
〃	MB65. Mu50 K10.	3.85	1.5~1.6	0.5	<0.25	<0.06
〃	KH60 A					
〃	BB B2	3.85	1.50	0.55	<0.25	<0.06
〃	TC B06 No型	3.80	1.30	0.60	<0.30	<0.06
佐久間鋳工	K62. K68	3.7~3.9	1.4~1.5	0.5~0.6	<0.2	<0.1
〃	HB5. HB4.	3.7~3.9	1.6~1.8	0.4~0.6	<0.2	<0.1
〃	B16	3.7~3.8	1.5~1.6	0.5~0.6	<0.2	<0.1
〃	特殊鋼	3.5~3.6	1.5	0.5~0.6	<0.2	<0.1
日本鋳造	25t 20t八角	4.00	1.40	0.5	<0.20	<0.05
〃	16t 扁平					
〃	KB9. HB10. HB8.5	3.90	1.5	0.5	<0.2	<0.05
〃	K62. K68-3 HB45.6.	3.90	1.5	0.6	<0.25	<0.06
〃	No. 3. No. 4	3.80	1.6	0.6	<0.30	<0.07

会 社 工 場 名	対 象 鑄 型	化 学 成 分 (%)				
		T. C.	Si	Mn	P	S
川 鉄・知 多	中 型	3.7~4.0	170~	0.50	0.200	<0.070
久 保 田 鉄 工	大 型・中 型	3.8~4.0	1.8~	0.70	0.200	<0.06
大 阪 鑄 造	小 型 付 属	3.8~4.0	1.2~1.4	0.6~0.8	<0.20	<0.08
〃	W. R. 100	3.7~4.0	1.2~1.5	0.6~0.8	<0.20	<0.08
〃	S. B 350	3.6~3.7	1.0~1.5	0.6	<0.2	<0.08
〃	M. S 500~1,500	3.7~3.8	1.4~1.5	0.5	<0.2	<0.08
〃	5,000	3.8~3.9	1.5~1.6	0.5	<0.2	<0.07
〃	M. S. 1,800~3,000	3.7~3.8	1.7~1.8	0.5	<0.15	<0.06
榎 本 鑄 造	大 型	3.7~4.0	1.2~1.6	0.5~0.7	<0.15	<0.06
〃	中 型	3.7~4.0	1.2~1.6	0.5~0.7	<0.15	<0.07
〃	小 型	3.7~4.0	1.2~1.6	0.5~0.7	<0.20	<0.07
日 伸 製 鋼	八幡製鉄 B~8	3.78	1.33	0.55	<0.150	<0.060
〃	八幡製鉄 C~6	3.75	1.28	0.55	<0.150	<0.070
〃	80 kg 2 本立	3.80	1.60	0.50	<0.150	<0.060
〃	80 kg 2 本立	3.70	1.60	0.80	<0.300	<0.070
神 戸 鑄 鉄	大 型	3.5~4.0	1.0~1.8	0.3~0.8	<0.15	<0.05
〃	中 型	3.5~4.0	1.0~1.8	0.3~0.8	<0.18	<0.06
〃	小 型	3.5~4.0	1.0~1.8	0.3~1.0	<0.2	<0.06
八 幡 製 鉄	角 型 鑄 型	3.60~3.90	1.20~1.60	0.50~0.80	<0.300	<0.070
〃	扁 平 鑄 型	3.60~3.90	1.20~1.60	0.50~0.80	<0.300	<0.070
富 士・釜 石	K 69 (木炭鉄)	3.90	1.20	0.60	0.100	0.060
〃	Ku 2C	3.80	1.50	0.60	0.100	0.060
〃	K69 (普通配給)	3.90	1.30	0.60	0.100	0.060

表 3-1-6 鑄 型 成 分 規 格 表

会 社 工 場 名	種 別 鑄 型	鋼 塊 重 量 (kg)	化 学 成 分 (%)						
			C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr
富士・釜石	KD 2C	6,000	3.7~3.9	1.5~1.8	0.4~0.6	0.1~0.15	0.05~0.08		
〃	KG70	6,000							
吾 嬬 製 鋼	二本立小型角型	本体重量647	3.6~3.7	1.2±0.1	0.6±0.1	<0.16	<0.07		
〃	扁平厚板型		3.7~3.8	1.3±0.1	0.6±0.1	<0.16	<0.07		
大 谷 重 工	大 型		3.7±0.1	1.2±0.1	0.6~0.7	<0.16	<0.07		
〃	小 型		3.8±0.1	1.3±0.1	0.5~0.5	<0.16	<0.07		
日本特殊鋼	R 800	700~3,300	3.6~3.8	1.4~1.6	0.5~0.6	<0.5	<0.06		
鋼管・川崎	B0.6 B3.5	3.5~4.0	1.0~1.8	0.4~0.9					
鋼管・鶴見	HB4. HB6	3,900~6,200	3.7~3.9	1.1~1.6	0.4~0.6	0.2~0.3	0.04~0.06		
〃			3.7~4.0	1.1~1.7	0.45~0.65	0.15~0.25	0.04~0.06		
〃	KB, KB10	4,600~10,000	3.8~4.0	1.2~1.7	0.45~0.65	0.15~0.25	0.04~0.06		
大同製鋼	名 型 共 通		3.5~4.0	1.0~2.0	1.00	<0.20	<0.10		
中山製鋼	W. R. S. B		3.2~3.4	1.5~1.8	7	<0.1	<0.08		
〃	M. P 300~800		3.5~3.6	1.4~1.6	0.5	<0.25	<0.08		
〃	900~3,000		3.7~3.8	1.6~1.8	0.5 前後	<0.25	<0.08		
尼崎製鉄	C 85~B 3	80~2,700	3.70	1.2~2.0	0.7	0.2	<0.07		
日新・尼崎	H (H)	1,350	3.6~3.8	1.3~1.8	0.5~0.8	0.2	<0.08		
〃	V (V)	1,210							
〃	S (S)	500							
川鉄・荻合	A型~B I 型		(3.7~4.0)	(1.2~1.5)	(0.5~0.8)	<(0.3)	<(0.08)	<0.15	<0.05
〃			3.6~3.9	1.65~1.75	0.65	<0.28	<0.06		
〃	B4R~B1R	120×2	3.6~3.9	1.7~1.8	0.6~0.7	<0.28	<0.06		
〃	B7R~B5R		3.6~3.9	1.8~1.9	0.6~0.7	<0.28	<0.06		
〃	H型~HAV型		3.6~3.9	1.65~1.75	0.60	<0.28	<0.06		
川鉄・兵庫	I 型		930	3.6~3.7	1.2~1.6	0.65~0.85	<0.2	<0.08	
〃	H 型		3.6~3.6	1.4~1.7	0.65~0.86	<0.2	<0.08	<0.15	<0.05
〃	大 型	4,000	3.7~3.8	1.5~1.8	0.65~0.85	<0.2	<0.08		
〃	普通鑄型								
八幡製鉄	C61. B8	3,200~15,000	3.60~3.80	1.20~1.60	0.50~0.80	<0.300	<0.070		
〃	特殊鑄型								
〃	VS 61. B10. B3	3,000~10,000	3.60~3.90	1.40~1.80	0.40~0.80	<0.300	<0.070		

表 3.1.7 定盤 実 際 成 分 表

会社工場名	定盤 名称	定盤 鑄 型形状	定 盤 鑄型重量	鋼塊重量 (kg)	化 学 成 分 (%)				
					C	Si	Mn	P	S
富士・釜石 〃	2 m上注 3 m上注	長方形 〃	9,500 6,300	}	3.7~3.9	1.5~1.8	0.4~0.6	0.1~0.15	0.05~0.08
吾 婦 製 鋼 〃	A B	角 型 〃	10,750 10,150		3.65	1.25	0.52	0.14	0.06
東 都 製 鋼 〃	三溝定盤 四溝定盤		≒11,500 ≒13,000	}	3.71	1.32	0.48	0.16	0.059
大 谷 重 工 日本特殊鋼	R 800		丸 型		7,450 280	3.6~3.9 3.0~3.2	1.5 1.2~1.4	0.3~0.5 0.5	0.4~0.5 —
川鉄・千葉 〃	5 T用 15 T用	矩 形 〃	2,360 7,680	5,000 15,000	3.6~4.0	1.6~2.0	0.6~0.9	0.16~0.28	0.04~0.10
鋼管・川崎 〃 〃	Y14C X 1 D 号	角 形 長方形 短 形	1,400 13,300 14,500	6,000 24,000 9,000~ 24,000	3.7~4.0	1.0~1.8	0.5~0.7	0.2~0.3	0.04~0.06
鋼管・鶴見	A 型	長方形	1,400	—	3.70~4.00	1.20~1.60	0.30~0.50	0.150~0.250	0.040~0.060
大同・築地 中山製鋼 〃 〃 〃	200 kg 85 kg 350 kg 中鋼用角 厚 鋼 用	丸 型 矩 形 〃 〃 〃	130 5,820 9,050 10,950 10,350	200	3.36	1.50	0.56	0.188	0.115
大 阪 製 鋼 〃	標準 100 kg用 中 形 用	長方形 〃	14,180 6,800	}	3.8~4.0	1.8~2.0	0.5 前後	<0.3	<0.1
大 和 製 鋼 〃	厚 鋼 用 小 型 用		〃		〃	3.7~4.0	1.3~1.6	0.5~0.8	<0.3
住 金 ・ 鋼 管 〃	平炉 8 本立 8	丸 〃	10,580 5,400	}	3.9~4.1	1.3~1.4	0.4~0.5	<0.20	<0.07
日 新 ・ 尼 崎 〃	H W S	矩 形 〃	10,450 8,190		3.50~4.00	1.50~2.10	0.40~0.60	<0.20	<0.08
川鉄・兵庫 〃		角 丸		}	3.7~3.9	1.2~1.5	0.5~0.8	<0.3	<0.08
川鉄・葺合					3.54 3.72 3.6~3.9	1.71 1.83 1.7~1.8	0.765 0.73 0.60	0.252 0.205 <0.28	0.065 0.073 <0.06
神 戸 製 鋼 〃					3 T F 4 T F	5,990 5,840	3.81~3.82	1.31~1.33	0.52
八 幡 製 鉄 〃	上注用 下注用		1,100~ 6,150 14,500~ 22,500	}	3.60~3.75	1.60~1.80	0.50~0.70	<0.250	<0.060

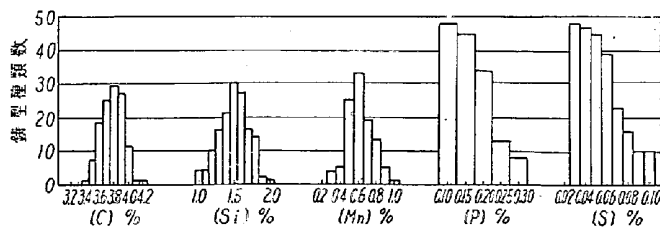


図 3.1.7 鋳型化学成分分布図

るが、M-124) あまり資料は発表されていない。

使用されている鋳鉄は、八幡、室蘭、鋼管、釜石、広畑、千葉、中山等 12 種に亘る高炉鋳の外に大暮・岩手、スエーデンの木炭鋳が使用されている。つぎに各種原料の使用割合の頻度を表 3.1.8~10 に示す。

高炉鋳の使用割合としては 60~70 % が多く、廃鋳型

表 3.1.8 高炉鋳の使用割合

使用割合	数
95%	1
90	1
80	4
75	5
70	13
65	6
60	10
55	1
50	4
45	1
40	1
35	1

表 3.1.9 木炭鋳の使用割合

使用割合	数
40%	1
30	4
25	6
20	10
15	3
10	7

表 3.1.10 廃型の使用割合

使用割合	数
45%	1
40	1
30	2
25	4
20	17
15	9
10	6

の使用割合は 20 % 以下が多い。木炭鋳は大体中型以上に使用されている。また一部にはクレージングを防ぐた

めに鋼屑を大型で 20%、小型で 30% まで配合しており、かなりの成績をあげている。^{M-9)}

B 装入作業

装入方法としては表 3・1・11 に示すごとくバケット、あるいはスキップによるものが多い。

表 3・1・11 原 料 装 入 方 法

原 料 装 入 方 法	工 場 数
バケットに依る	5
スキップに依る	4
一部機械装入に依る	2
機械装入装置を利用しない	5

地金の秤量はほとんどが台秤によるもので、調査した 15 工場の中 13 工場（内 1 工場は自動台秤を使用している。）がこの方法によっており、容積より推定しているのが 1 工場だけある。

また 1 回の地金投入量の 1 時間の溶解量に対する割合は 1/5 から 1/20 の広い範囲内にあるが調査した炉数 28 の内 12 炉が 1/10 で 4 炉が 1/9 となつている。

C 溶解作業

a. 風 圧

風圧は溶解能力の増大とともに多少高くなつている傾向にあるが余りはずりしてない。（図 3・1・8 参照）

b. 風 量

風量は溶解能力の増大につれて増加するが（図 3・1・9）、さきに示した図 3・1・2 のごとく単位炉断面積当りの風量は、溶解能力の増加とともに下る傾向を示している。

c. ベッドコークスの高さ

ベッドコークスの高さはまちまちで溶解能力有効高さなどとは関係が見出せない。（図 3・1・10 参照）

d. コークス比

9～15 %の間で特に変つたことは見受けられない。

e. 溶解温度および出湯温度

出湯温度は 1,370～1,480°C に亘つているが、1,400～1,470°C の範囲が多い。すなわち出湯温度は低い方がよいようである。しかし一方川鉄・知多^{M-101)}では高温溶解の方がよいと報告しており、鋼管^{M-19)}でも高温溶解（出湯温度 1,520°C）による鑄型の試作をした結果材質上の改善が認められた報告がある。

f. 溶解条件と黒鉛化率

川鉄・知多^{M-68)}では黒鉛化率と溶解条件との関係についてつぎのごとく述べている。

(1) 追込コークス比の高い方が G.C./T.C.% は低くなる。

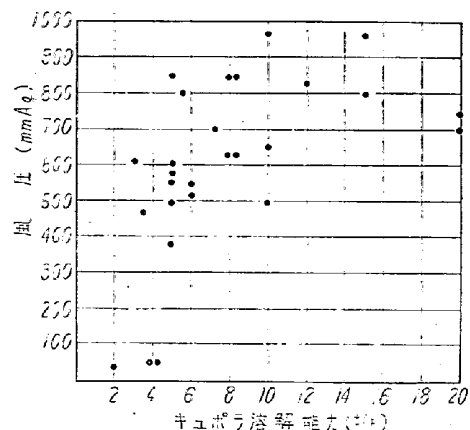


図 3・1・8 キュボラの溶解能力と風圧との関係

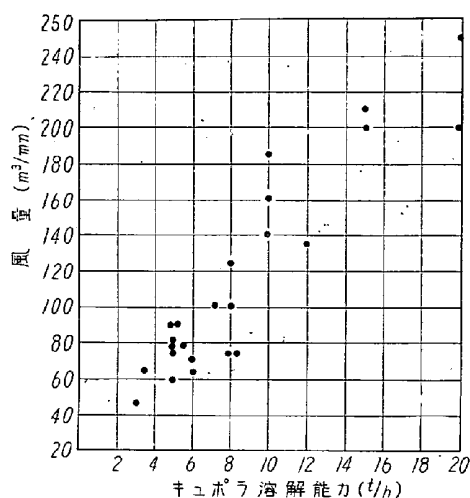


図 3・1・9 キュボラの溶解能力と風量との関係 (2)

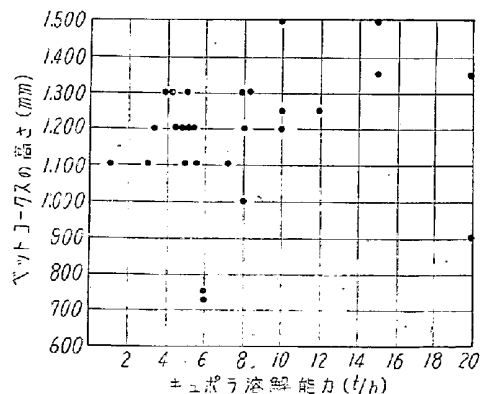


図 3・1・10 キュボラの溶解能力とベッドコークス高さの関係

(2) 溶解速度が増大すると黒鉛化率も大となる。

(3) 出湯温度の上昇につれて黒鉛化率は低下するすなわち鑄型の寿命に対しては化学成分の他に溶解方法が非常に大きな要因となることを示している。

D 計測方法^{M-49)}

a. 風圧および風量の測定方法

風圧および風量の測定方法は表 3・1・12 および表

表 3-1-12 風圧の測定方法

測定方法	工場数
U字管式	7
自動圧力計	3
ブルドン管	1
指示計	1
ピトー管	1
ベロー式	1
リングバランス型	1
合計	15

表 3-1-13 風量の測定方法

測定方法	工場数
自動調節器	4
オリフィス計	5
自動記録計	3
ピトー管	2
リングバランス型	1
合計	15

3-1-13 に示すごとくである。

調査した 15 工場の中 5 工場がアスカニヤ式自動調節器を採用している。

b. 溶湯の温度測定方法

溶湯の温度測定方法はほとんどすべてが光高温計によるもので、浸漬温度計を併用しているのは 3 工場である。

c. 炉頂ガス分析法

炉頂ガスの分析には表 3-1-14 に示すごとく、オルザット式ガス分析計と CO₂ メーターが、主として使用されている。

表 3-1-14 炉頂ガス分析方法

測定方法	工場数
オルザット式	8
CO ₂ メーター	4
両者を併用しているもの	2
分析せず	1
計	15

E キュポラスラッグ

キュポラスラッグについてまとめて見ると

SiO₂ は 40・00～50・30% の範囲で大体一定であるが、CaO は 22・15～40・12% FeO は 1・14～12・21% とかなりばらついており酸化性の強い操業も見受けられる。また CaO/SiO₂ について見ると表 3-1-15 のごとくなる。

出滓方法およびスラッグの処理方法は表 3-1-16 および表 3-1-17 のごとくなる。

F 考 察

以上各項目について調査した結果から見れば鑄型・定

盤製造における溶解作業は一般機械部品鑄物製造の場合とはほとんど変えることはない、ただ鑄型の早期の割れ防止のために装入材料に木炭銑を配合し、鑄型・定盤の化学組成を安定ならしむるためにフロ

表 3-1-15 CaO/SiO₂ の分布

CaO/SiO ₂	炉 数
0.40 ～ 0.49	1
0.50 ～ 0.59	5
0.60 ～ 0.69	6
0.70 ～ 0.79	4
0.80 ～ 0.89	3
0.90 ～ 0.99	3
計	22

表 3-1-16 出 滓 方 法

出 滓 方 法	工 場 数
フロントスラッキング	5
出滓口より栓抜による	7
両者の方法を採用	2
計	14

表 3-1-17 スラッグの処理方法

処 理 方 法	工 場 数
バッグに受ける	7
土間に流す	4
水淬にする	1
バッグに受ける、水淬にする	2
計	14

ントスラッキング法を多く採用している点が異なるだけである。また操業の安定化、ひいては品質のバラツキを少なくするために鑄型・定盤製造用に限らず一般に自動制御方式がキュポラに漸次採用されつつある。

3-1-4 造型および鑄造方案並びに後処理

A 造 型

a. 鑄物砂 (表 3-1-18～表 3-1-22 参照)

鑄物砂には古砂が多く使用され大半が使用砂の 70% 以上使用している。

粒度の分布のピークは 6～48 mesh の間にあり、外型

表 3-1-18 鑄物砂の配合割合の分布 (外型)

古砂の配合割合	工場数
100%	3
90 ～ 99	3
80 ～ 89	4
70 ～ 79	3
60 ～ 69	1

表 3-1-19 粘土の配合割合の分布 (外型)

粘土の配合割合	工場数
1 ～ 5%	4
6 ～ 10	3
11 ～ 15	7
最大 15% 最小 3%	

表 3・1・20 鑄物砂の配合割合の分布(中子)

古砂の配合割合	工場数
100%	1
90 ~ 99	2
80 ~ 89	—
70 ~ 79	5
60 ~ 69	1
50 ~ 59	5

表 3・1・22 粘土の配合割合の分布(中子)

粘土の配合割合	工場数
1 ~ 5%	2
6 ~ 10%	6
11 ~ 15%	6

最大 13% 最小 2%

に比して中子の方に粗い砂を使用している処が 14 工場中 4 工場、細かい砂を使用しているのが 1 工場あり、他は大体同じである。

鑄物砂の性状としては八幡製鉄^{M-113)} がつぎのごとく規定している。

乾態通気度 700 以上、水分 5.0~7.5%，粘土分 11~16%，乾態抗圧力 30 kg/cm² 以上

b. 乾燥方法

(1) 乾燥炉

乾燥炉は表 3・1・23 のごとくに重油炉と石炭炉が半々である。

(2) 乾燥温度

表 3・1・24 砂型乾燥温度の分布

外 型		中 子	
乾燥温度	工場数	乾燥温度	工場数
151 ~ 200°C	1	151 ~ 200°C	2
201 ~ 250	3	201 ~ 250	3
251 ~ 300	3	251 ~ 300	6
301 ~ 350	5	301 ~ 305	3
351 ~ 400	3	351 ~ 400	1

最高乾燥温度

最低乾燥温度

外 型 400 °C

150 °C

中 子 400 °C

150 °C

砂型の乾燥温度は、表 3・1・24 のごとくである。

外型と中子の乾燥温度を変えている工場は表 3・1・25 の

表 3・1・25 外型と中子の乾燥温度の差

外型—中子	乾燥温度差	工 場 数
	0 °C	7
1 ~ 50		4
51 ~ 100		1
101 ~ 150		2

ごとく、半分位で外型の乾燥温度が高くなっている。要約すれば、乾燥温度は外型が 300~350°C、中子が 250~330 °C となる。

c. そ の 他

八幡製鉄^{M-9)} では鑄型内面を緻密にする目的で中子に冷金を使用する試験を B5・9 型で行なつたが大量試験に至らなかつた。しかし中子や外型に冷金を使用することが、ダクタイル鑄鉄製鑄型では注目されてきた。

B 鑄 造 方 案

a. 鑄 込 温 度

一般に大型鑄型では低く、小型では高くなっている。範囲は 1,200~1,330°C になつているが、1,240~1,300 °C の範囲が多い。八幡製鉄では^{M-113)} 日常作業に温度測定を行なわず取鍋内の溶湯の冷却曲線を参考にして温度の推定を行なつている。

b. 鑄 込 速 度

非常にまちまちで 0.3~15 t/mn の範囲にばらついている。

c. 鑄込時における砂型温度

鑄込時における砂型温度はまちまちで 15~150°C の範囲内にあるが、40~80°C が最も多い。

C 後 処 理

鑄込後の徐冷時間については余り資料がないが、川鉄・知多^{M-101)} において次の基準にしたがつている。

10 t 以上	6 日以上
4~10 t	4 日以上
1~4 t	3 日以上
1 t 以下	2 日以上

もち論、材質、形状によりいろいろ変更しなければならないが普通材 (C 3.7~3.9%, Si 1.80%) では短かく低 Si 材 (Si 1.60%) では長い方がよいと報告されている。

とに角鑄造歪を残すことは寿命に対して悪影響を及ぼす結果となるので、できるだけ徐冷する必要がある。

D 押湯、湯口の位置

押湯、湯口の位置は重要で鑄型の寿命に影響するといわれているが、これに関する研究は本委員会には全然報

告されていない。

E 考察

従来ややもすれば鑄型の寿命におよぼす鑄込温度、鑄込速度、注入時の砂型温度、押湯湯口の位置の影響についての研究は重要であると思われるに拘わらず、等閑視されていた向きがあり、これについての研究発表はわが国においてはほとんどない、さらに研究の必要があると思われる。

3.2 鑄型の組成と寿命との関係

鑄型の組成と寿命との関係についての調査や研究は広く行われているが、得られた結果は必ずしも一致していない。これには次のような種々の原因が挙げられる。

1. 調査期間における使用条件や廃却時期判定の変動
2. 鑄型の品質を左右する因子が極めて多く、かつかなり変動していること。
3. これらの要因間に相互作用のある場合にも、これを無視した統計を行なっていること。
4. 寿命を左右する品質特性の代表値を得にくいこと。従つてこれらの点を考慮に入れて、調査結果を検討しなければならない。

3.2.1 主として5元素について。

A 日本製鋼

日本製鋼^{M-26)}においては、12t扁平型鑄型について、クレーシングおよびそれにもとづく割れによる廃却時の使用回数と化学成分の関係を、メジアン法により検定した。その結果は表3.2.1に示すようにT.C, Si, P, Sについて、相関係数は有意であることが判つた。

さらに図式法により回帰直線を求め、図3.2.1～図3.2.3に示すように全炭素量、PおよびSと寿命の間には有意性が比較的明瞭に認められ、その他の成分については単相検定では寿命との間に相関性を認めることはできなかった。

表 3.2.2 化成成分と寿命との関係 (7t (K1) 鑄型)

成分	T.C	G.C	C.C	Si	Mn	P	S	As	T.C+Si
+	31	40	24	24	40	27	26	34	22
-	31	28	42	30	24	24	32	30	46
α	100%	20%	<5%	10%	<10%	100%	50%	100%	<1%
γ^2			0.184						0.302
γ			-0.43*						-0.55**

つた。

また同様に^{M-50)} 7t, 10t扁平型鑄型(K鋼用)について調査した結果表3.2.2に示すように7t鑄型ではC.C, T.C+Siについての相関係数は有意であることが判つた。

表 3.2.1 化学成分と寿命との関係
(12t 鑄型)

成分	T.C	C.C	Si	Mn	P	S	As
+	32	25	16	29	32	14	26
-	14	21	30	17	14	32	20
α	<1%	<50%	<5%	<10%	<1%	<1%	<50%
γ	0.59**		-0.46*		0.59**	-0.59**	

(注) **相関係数は1% 有意
* 5% 有意

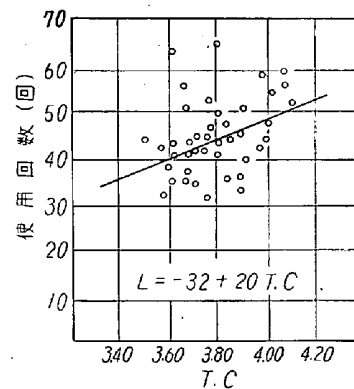


図 3.2.1 全炭素量とSと寿命との関係

が10t鑄型では相関係が認められなかった。

次に化学成分より、鑄型の組織割合を算出して寿命との関係を検定した結果、表3.2.3に示すように7t (K-1) 鑄型では、Mn₃C, Fe-Si, Si/Mn, C.C/T.C, S.Cと寿命との間には明瞭な関係が認め

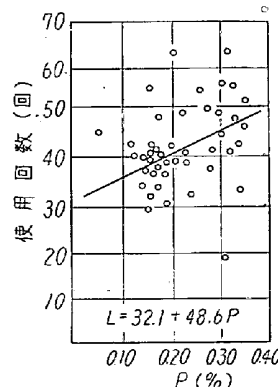


図 3.2.2 Pと寿命との関係

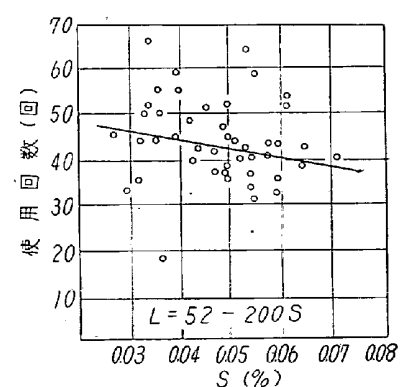


図 3.2.3 Sと寿命との関係

められたが、10t (K-1) 鑄型の場合は明瞭な関係は認められなかった。

B 富士鉄・釜石 富士鉄・釜石^{M-92)}においては6t鋼塊用の下底角型鑄型の寿命と成分の関係について調査検討した結果、C%, Si%と寿命は図3.2.4の相関図表に示されたように非常に関係のあることが知ら

れた。特にSi%は寿命に敏感にひびきSi%が多くなればなるほど溶損が激しくなり寿命が短くなる。もち論Si%に従つてC%を考慮することによつてある程度の寿命を延ばすことはできるが、低炭素、高珪素の鑄型は

表 3・2・3 組織割合と寿命との関係 (7t (K1) 鋳型)

組織割合	Fe ₃ P	MnS	Mn ₃ C	Fe ₃ C	Free Ferrite	Pearlite	黒鉛量	Fe-Si	Si/Mn	C.C/T.C	Sc	Steadite
+	31	24	43	34	42	26	42	23	24	25	22	32
-	25	32	24	34	26	42	26	42	43	43	45	28
α	50%	50%	<5%	100%	<10%	<10%	<10%	<5%	<5%	<5%	<1%	>50%
γ ²			19.4					19.4	19.4	14.5	28.0	
γ			0.44					0.44	0.44	0.382	0.527	

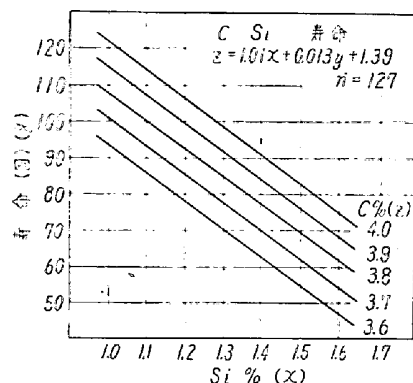


図 3・2・4 寿命と成分の相関図。初期割れが発生する恐れが多くなる。寿命の長い鋳型は一般に高炭素、低珪素のものが多く、高炭素、高珪素になるに従って寿命は短くなる。従ってC%はできるだけ高くなるように配合し、かつSi%が高きに過ぎぬようにしている。

また Si% と C% のバランスがはずれると鋳型の上部にひけが発生し外観を損う結果を招くことになる。図3・2・5 は過去の調査結果から大体の曲線を引いたものであるがこの曲線下では鋳込温度 1,200°C 以上 (光高温計読み) のときは上部にひけが発生する。

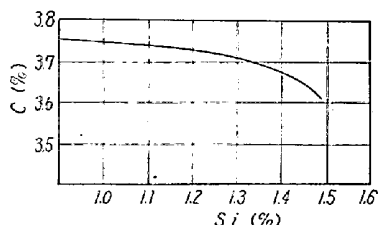


図 3・2・5 "ひけ" と成分の関係図 以上の事柄から溶解条件を考慮した上で表 3・2・4 のごとき成分を得るよう配合している。

表 3・2・4 鋳型の目標化学成分

成分	T.C	Si	Mn	P	S
範囲 (%)	>3.7	1.2±0.2	0.6±0.1	<0.15	<0.08

C 久保田鉄工 久保田鉄工^{M-106} では扁平型 5t 級鋳型50本について、鋳型の化学成分と寿命との関係を簡易統計手法により調査した。その際の仮定としては

a. 50 本の製造期間は 11 カ月にわたっているが、この期間における使用状態には変化がないものとした。

b. 5 主成分以外の他の因子は 50 本に対して共通であるとした。

c. 5 主成分を分析した試料はその鋳型を鋳込んだ取鍋から採取し、この値が鋳型の成分を一応代表してい

るものとした。

(1) 従来法による各成分と寿命との関係

符号検定法により各成分と寿命との関係を従来のごとく、その因子以外の他の因子は一定であるとの仮定で検定すると表 3・2・5 のごとくなり T.C と Mn は高目が S は低目が寿命によいとの結果を得た。

表 3・2・5 化学成分と寿命との関係

T.Cと寿命	両側危険率 5%で正相関	範囲	平均値3.98%
Si	相関なし	1.05~1.30	1.15
Mn	両側危険率 25%で正相関	0.48~0.92	0.63
P	相関なし	0.12~0.19	0.15
S	両側危険率 5%で負相関	0.06~0.10	0.075

(2) 各因子相互間の相互作用の検定

同じく符号検定法により各因子相互間の相互作用の検定をした。

T.C と Si との関係……両側危険率 5%で正相関

T.C と Mn ……相関なし

T.C と P ……

T.C と S ……

Si と Mn ……

Si と P ……両側危険率 1%で負相関

Si と S ……相関なし

Mn と P ……

Mn と S ……両側危険率 10%で負相関

P と S ……相関なし

すなわち T.C と Si とは 同時に変化している場合が多く、Si と P とは Si の多いものには P の少ないものが多いというように逆の変化をしている場合がある。このように各因子間にかんがりの同時変化があることがわかり、お互いに影響を助長し合ったり打ち消し合っているとみななければならない。従って前述の従来法から得られた結果をそのまま信じるということは危険であると思われる。

(3) 簡易分類表による調査

1) 各成分ごとに平均値を算出し、これより高い組と低い組の2組に分け、これを⊕組と⊖組とする。

2) 各成分が2組5成分で $2^5=32$ 組の組合せが考えられるので32組に組分けして各組ごとの寿命の平均を出す。

3) 寿命の高い順に32組を並べ直し傾向を探し出す。

調査結果は表3・2・6、表3・2・7のごとくなり、T.Cは3.75~4.1%の範囲では⊕すなわち高目、Sは0.06~0.09の範囲では⊖すなわち低目が寿命に対してよく、他の元素Si、Mn、Pについては明確な結論を下せないということが判つた。

表 3・2・6 成績上位 (1~13位)

	T.C	Si	Mn	P	S
⊕の数および本数	9組 15本	7組 11本	6組 10本	3組 12本	3組 4本
⊖の数および本数	4組 6本	6組 10本	7組 11本	5組 9本	10組 17本

表 3・2・7 成績下位 (14~26位)

	T.C	Si	Mn	P	S
⊕の数および本数	5組 9本	6組 13本	4組 6本	6組 13本	7組 19本
⊖の数および本数	8組 20本	7組 16本	9組 23本	7組 16本	6組 10本

D 住金車輛鑄鍛事業部 住友金属車輛鑄鍛事業部 M-124)では角型1.9t鑄型について原料銑ならびに化学成分と鑄型寿命との関係を調査した。各配合条件における化学成分と鑄型寿命の関係は図3・2・6、図3・2・7に示す。これから次のことが判つた。

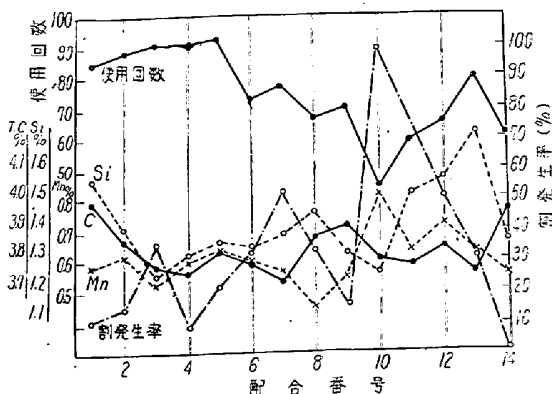


図 3・2・6 原料銑配合別鑄型寿命と割発生率および化学成分 (C, Si, Mn)

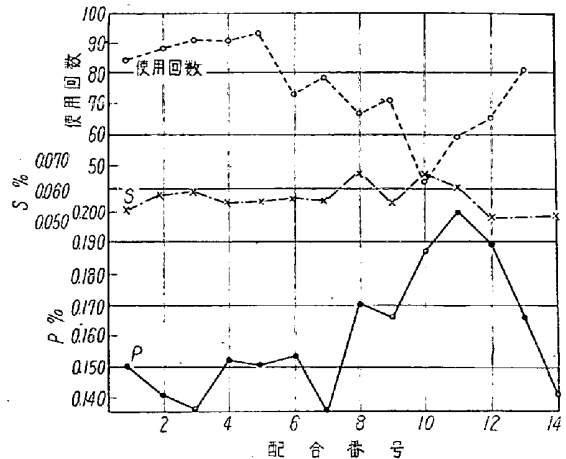


図 3・2・7 原料銑配合別鑄型寿命と化学成分 (PおよびS%)

- T.C=3.6~4.0%の間では鑄型寿命とT.Cの関係は認められない。
- Si=1.1~1.6%の間では鑄型寿命とSiの関係は認められない。
- Mn含有量と鑄型寿命との関係はMn=0.5~0.7%の間では認められないが0.4%のものは寿命が短い。
- P含有量と鑄型寿命との関係はP=0.13~0.20%の間ではP%の高いほど使用成績は悪くなっているが0.16%以下では差は認められない。
- S含有量と鑄型寿命との関係はこの調査範囲内では顕著な関係を認め得なかつた。

3・2・2 特殊元素の影響について

A 含Ti銑の効果

大阪鑄造^{M-53)}ではW.R (単重 453 kg), S.B. (単重 1,255 kg) 型小型鑄型の耐クレーシング性を向上させる目的で含Ti銑を使用した。

a. 配合および代表的成分

含Ti中山銑……………70%

廃型および戻屑……………30%

表3・2・8に代表的製品成分を示す。

表 3・2・8 代表的製品成分

化学成分 (%)	T.C	Si	Mn	P	S	Ti
1	3.77	1.76	0.52	0.185	0.069	0.178
2	3.77	1.86	0.63	0.205	0.072	0.197
3	3.71	1.81	0.64	0.172	0.078	0.201
4	3.65	1.82	0.79	0.164	0.076	0.222
5	3.72	1.79	0.56	0.159	0.081	0.205

通常抗張力 18 kg/mm² のものが Ti 含有量 0.17%

以上において平均 24 kg/mm^2 となり、顕微鏡組織はオーステナイトの樹枝状晶が析出しマトリックスはパーライトとフェライトになっている。

b. 使用成績

含 Ti 銑配合の鋳型は表 3-2-9 に示すように寿命の延長が認められた。

表 3-2-9 普通鋳型と含Ti鋳型の寿命の比較

	材 質	平 均 寿 命		備 考
		W.R 型	S.B 型	
A	普通鋳型	159.8	—	A 社製
B	〃	168	133.5	B 〃
C	含Ti鋳型	190.5	150.3	B 〃

表 3-2-10 化 学 成 分 お よ び 機 械 的 性 質

鋳型 No.	化 学 成 分 (%)						切代部の機械的性質			試験棒の機械的性質			BHN	備 考
	T.C	Si	Mn	P	S	Ni	抗張力	抗折力	撓み	抗張力	抗折力	撓み		
113	3.81	1.72	0.44	0.165	0.045	0.61	kg/mm^2	kg	mm	kg/mm^2	kg	mm		
116	3.88	1.77	0.46	0.160	0.045	0.63	8.4	685	3.8	17.7	1,240	5.4	120	Ni 添 加
114	3.91	1.64	0.45	0.165	0.058	0.45	9.1	730	3.4	17.8	1,300	5.3	140	
							9.4	785	4.5				133	
115	3.85	1.64	0.42	0.160	0.031	0.58	10.6	870	4.4	17.3	1,160	4.8	119	Ni 添 加 脱 硫
117	3.88	1.67	0.44	0.160	0.037	0.57	11.3	855	4.5				138	
119	3.79	1.95	0.46	0.155	0.065		8.5	650	3.6	16.3	1,130	4.2	117	普 通 鋳 鉄
121	3.76	1.92	0.46	0.155	0.050		8.7	705	3.6				130	
118	3.86	1.52	0.45	0.165	0.032		9.6	775	3.8	16.3	1,160	4.6	117	脱 硫
120	3.88	1.58	0.44	0.155	0.032		10.3	770	4.7				144	

表 3-2-11 各材質ごとの使用成績

材 質	鋳型 No.	廃却原因	使用回数	平均使用回数
Ni 添 加	113	荒	97	112.3
	114	〃	107	
	116	〃	133	
Ni 添 加 脱 硫	115	〃	146	133.5
	117	〃	121	
普通鋳鉄	119	〃	108	118.0
	121	〃	128	
普通鋳鉄 脱 硫	118	〃	131	129.5
	120	〃	128	

小型鋳型においては共晶状微細黒鉛の析出したものは初期割れもなく、かえつて寿命の延長が認められた。

クレーシングに対しては使用条件の影響も大きいので決定的にはうんぬんし得ないが、含 Ti 銑が大きな役割を示したものと思われ。

B Ni 添加ならびに脱硫の影響

神戸鋳鉄^{M-54)}において Ni 添加および脱硫の影響を

比較検討した。

a. 材質調整の方法

材質の調整方法は脱硫材として Na_2CO_3 を炉前で 1% 添加し、Ni 添加は炉前で Ni として 0.8% 添加した。

b. 使用成績

使用成績の順位から見ると表 3-2-11 に見られるように Ni 添加脱硫のものがよくて、Ni 添加のみのものが最低の成績を示している。

使用条件にも作用されることが考えられるが、材質試験の結果から Ni 添加の影響は現われておらずむしろ脱硫による効果が現われている。

C Mo の効果

川鉄知多^{M-101)}においては 10t 鋼塊用 C10C 型 (単

表 3-2-12 試 験 鋳 型 の 構 成

	材 質 種 別	T.C	Si	Mn	製作数
A	高炉銑普通成分	3.7~3.9	1.80	0.60	10本
B	〃 低 Si 材	〃	1.60	〃	〃
C	木炭銑30%配合材	〃	1.80	〃	〃
D	Mo 0.3%添加材	〃	〃	〃	〃

重 10, 150 kg, 矩形, 下広, 内面コルゲート付) を表 3-2-12 に示すような 4 種の材質で製造し、耐クレーシング性を比較検討した。

a. 製造条件と寿命の関係

- (1) 原料銑配合率は高炉銑を木炭銑におきかえた他は全部同じとした。
- (2) 普通材と Mo 材は高炭素の方がよい、(C = 3.77~3.95%)
- (3) Mn は 4 材質共 0.60~0.65% よりも高い方がよい傾向を示す。
- (4) 出湯温度は各材質共高温溶解の方がよく、1,

380~1,415°C であつた。

- (5) 徐冷時間は普通材 (C=3.7~3.9%, Si=1.80%) では短い方がよく, 低 Si 材 (Si=1.60%) では長い方がよい傾向を示し, 木炭鉄材, Mo 材では判然としない。

b. 使用結果

クレージングの発生状況は普通材, 木炭鉄材はほぼ同程度で最も悪く, Mo 材が極めて優れており, 低 Si 材は中間的傾向である。しかし Mo 材, 低 Si 材のクレージングは量的には少ないが深い感じである。(表 3.2.13 参照)

表 3.2.13 試験結果

	材質種別	平均寿命	鋳型原単位
A	普通材	109 回	9,295 kg/t
B	低 Si 材	112	9,071
C	木炭鉄材	120	8,444
D	Mo 材	131	7,772

表 3.2.14 試験鋳型

鋳型分類	本数(本)	地金配合(%)						化学成分(%)							機械的性質			
		釜石	TiV	銅管	低磷	廃型	銅屑	C	Si	Mn	P	S	Ti	V	抗力張 kg/mm ²	抗力折 kg	タミワ mm	硬度 HB
低硫	4	25	—	20	—	45	10	3.81	1.54	0.58	0.212	0.018	—	—	16.5	660	3.9	167
	2	25	—	20	—	45	10	3.69	1.50	0.57	0.198	0.004	—	—	—	—	—	—
	4	25	—	20	—	45	10	3.80	1.49	0.57	0.239	0.024	—	—	—	—	—	—
普通	4	25	—	20	—	45	10	3.64	1.33	0.60	0.212	0.085	—	—	—	—	—	—
	6	25	—	20	—	45	10	3.57	1.34	0.59	0.194	0.083	—	—	—	—	—	—
Ti-V	5	20	40	—	—	30	10	3.74	1.09	0.67	0.180	0.081	0.07	0.17	22.9	1,200	5.4	223
	5	20	40	—	—	30	10	3.64	1.37	0.58	0.198	0.046	0.07	0.17	—	—	—	—
低炭	2	20	—	—	—	—	80	2.87	1.37	0.82	0.675	0.0718	—	—	40.6	1,550	7.0	217
	2	20	—	—	—	—	80	2.82	1.29	0.71	0.079	0.069	—	—	—	—	—	—
	3	20	—	—	—	—	80	2.82	1.18	0.69	0.075	0.0632	—	—	—	—	—	—
	3	20	—	—	—	—	80	3.12	1.06	0.76	0.108	0.135	—	—	29.8	1,360	6.0	235
球黒鉛	4	60	—	—	30	—	10	3.45	2.21	0.54	0.124	0.0074	—	—	46.9	2,200	14.2	197
	6	60	—	—	30	—	10	3.50	3.22	0.55	0.099	0.0055	—	—	51.3	1,950	10.1	179

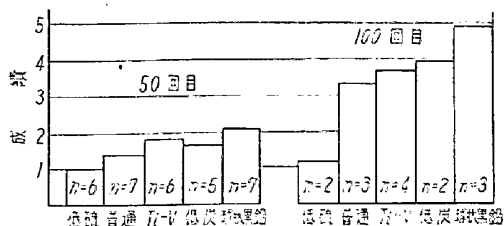


図 3.2.8 50回および100回使用後のクレージング。

Mo 材のみが在来のものに比し 95% の信頼限界では 6~35% 寿命延長が考えられ, クレージングに対しては

確かに有効である。

D 低硫材の効果

大同平井^{M-126}では佐久間鋳工製の低硫材 (CaC₂ を N₂ ガスで吹込み), Ti-V 添加材, 低炭素材, 球状黒鉛材 (OZ 処理, カルシウム球状黒鉛鋳鉄) および普通材の 5 種類について材質と内面肌荒れの関係を検討した。

a. 配合ならびに化学成分

試験鋳型は 220 kg φ 鋳型で配合率, 化学成分および機械試験結果を表 3.2.14 に示す。

b. 使用成績

肌荒れの程度を表現する方法として, 全然クレージングが発生していないものを 1 級, 最も悪いものを 5 級として, 肌荒れの成績を採つた。その結果を図 3.2.8 に示す。

50 回目では低硫材にクレージングが全然発生していない。その他の鋳型には多少発生しており, 中でも球状黒鉛材には長いクレージングが出はじめている。

100 回目ではこの差がさらに拡がって, 低硫材がいちじるしく良好な成績を示し, 普通材, Ti-V 材, 低炭材, 球状黒鉛材と段々悪くなっている。

なお図 3.2.9 は各材質について再生加工 (肌荒れ鋳型を内面削とする) までの耐用回数であるが成績は以上の結果と一致する。

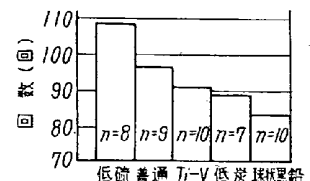


図 3.2.9 再生加工までの耐用回数

3.3 組織、硬度および熱処理について

3.3.1 組織について

鋳型本体にとりつけた症状試験片の破面組織と鋳型の寿命との関係について八幡製鉄で調査した資料および黒鉛形状と鋳型寿命の関係について大型鋳型に関して調査した久保田鉄工の資料および小型鋳型に関して調査した日伸製鋼の資料にもとづいて記述する。

A 破面組織と鋳型の寿命について

八幡製鉄^{M-45)}では鋳型本体につけた症状試験片の破面組織と鋳型寿命の関係を調査した。

a. 破面組織の分類

症状試験片の破面（鋳型本体に接する面）には肉眼で明らかな粗密の差が認められ、この破面模様、組織ならびに成分（主に C, Si%）との関係を約 200 コの症状試験片について調査し、下記の分類が得られた。

すなわち、図 3.3.1 に示すように

(1) A-B 線より高炭素高珪素の I 群においては破面は写真 3.3.1 に示すように不均一になつており、黒鉛は棒状に発達し極めて粗大であり、フェライトがわずかに発生している。

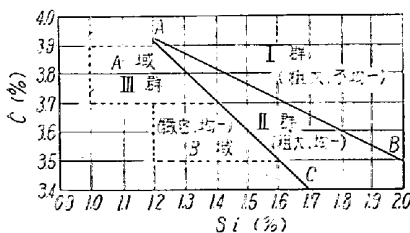


図 3.3.1 破面模様と成分の関係

(2) A-B 線よりやや低炭素低珪素の II 群においては破面は全て均一であるが黒鉛は粗大である。

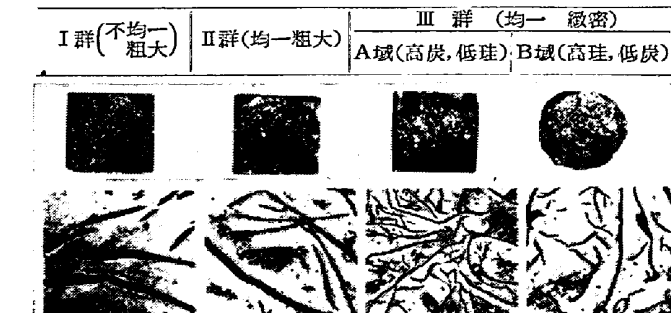


写真 3.3.1 症状試験片の破面模様ならびに顕微鏡組織

b. 破面組織と鋳型の寿命の関係

主としてクレージングで廃却となる TC-61 鋳型（角

下広：単重 5,150 kg）について前述の群別に使用成績をまとめると、表 3.3.1 のようになる。

すなわち破面が不均一でしかも粗大黒鉛を有する I 群の平均寿命は 107.8 回で最低の成績を示し、破面が均一緻密の III 群が平均寿命 132.4 回で最高の成績を示し、II 群の平均寿命は I, III 両群の中間を示している。

これは表 3.3.2 の分散分析の結果からみても群別の成績には明らかに有意差が確認される。

なお、III 群内における A 域と B 域とでは表 3.3.1 に示すように後者の方がやや優れた成績を示している。

表 3.3.1 群別の使用成績の比較 (TC-61 型)

成 績	群 別	I 群	II 群	III 群	総計	(備考) III 群の内訳	
						A 域	B 域
廃 却 本 数		115	62	59	236	20	39
平均寿命(回)		107.8	118.9	132.4	116.8	127.2	135.1
標準偏差		18.64	18.46	17.51	—	—	—
向上率 %*		—	10.3	22.8	—	18.0	25.3

* 向上率 = I 群の平均寿命 107.8 回に対する増加率(%)

表 3.3.2 分散分析結果

要 因	変 動	自 由 度	分 散
群 間	24,895.81	2	12,447.91**
群 内	78,679.19	233	337.68
全 体	103,575.00	235	

$$F_0 = 36.86 > F^2_{233}(0.01) = 4.71$$

すなわち、群間の成績差は有意である。

TC-61 鋳型以外のクレージングが主な廃却原因となつている鋳型の群別の使用成績を図 3.3.2 に示す。使用条件により多少のバラツキはあるが角型、偏平型のいづれにおいても前述の調査結果と同様の傾向を示している。

しかし HC-61 ならびに KB-8 は注入鋼種の関係で顕著な傾向はあらわれてはいない。

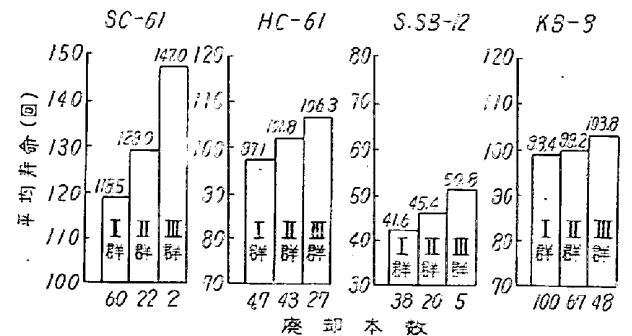


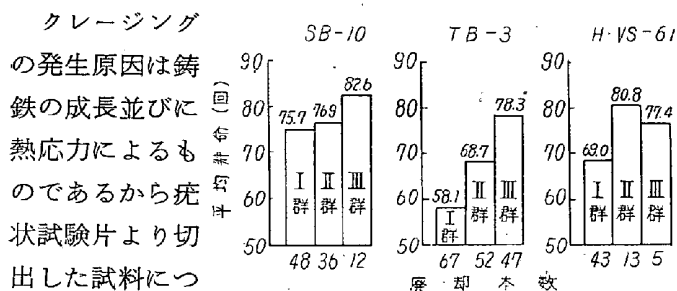
図 3.3.2 クレージングによる廃却鋳型の使用成績

肉厚、形状などの関係で割れ易い鋳型における群別の成績は図 3.3.3 のようになる。すなわち SB-10 ならび

に TB-3 鋳型は予想に反して緻密組織になつても早期割れはなく、むしろ長く使用に耐えている。H. VS-61 型のみはⅢ群がⅡ群よりやや低い平均寿命を示している。

しかしながら調査本数が少ないので結果を直ちには信用できない。

c. 成長熱割試験結果



いて試験した結果、図 3-3-3 割れによる廃却鋳型の成績を図 3-3-4 写真 3-3-2 に示す。

成長試験：25 mm ϕ $\times$ 50 mm の試料をエレマ炉で 800°C $\times$ 1 h $\times$ 50 回反復加熱

熱割試験：50 mm ϕ $\times$ 30 mm の試料を 800°C $\times$ 15 mn 加熱後水冷 80 回繰返し。

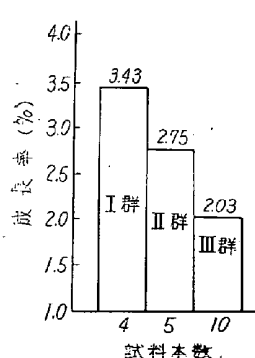


図 3-3-4、写真 3-3-2 に示すように成長試験、熱割試験共に組織の緻密なⅢ群が耐成長性、耐熱割れ性に優れていることを示した。

また、成長率と実際の鋳型の使用成績との関係も調査した結果密接なる相関関係があることが判つた。

d. 結語

以上のごとく疣状試験片の組織が均一でしかも緻密な鋳型が寿命においても優秀な成績を示すことが明らかとなつた。

C	Si	Mn	P	S	C	Si	Mn	P	S
3.90	1.56	0.54	0.230	0.066	3.60	1.48	0.52	0.159	0.046

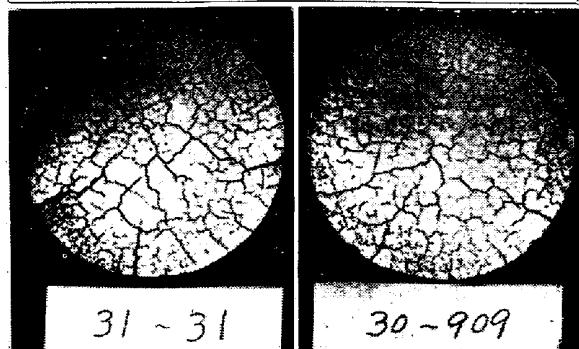


写真 3-3-2 反復加熱による割れ発生状況

B. 黒鉛形状と鋳型の寿命について

a. 大型鋳型

久保田鉄工^{M-76}では扁平大型鋳型(約 10 t)に疣状試料をつけ 78 本について調査した。

(1) 黒鉛の長さおよび大きさと寿命との関係

20 倍の手札版の組織写真を取りこれらの黒鉛の写真における大きさを次の様に分類して調べた。

A：黒鉛が極めて小さくて長さ 1 mm 以下のものが大部分で幅も細いもの。

B：A と大体同じ大きさのものであるが 3~5 mm のものがかなり加わっているもの。

C：1~2 mm の部分と 5~7 mm の部分が混在しているもの。

D：5~7 mm のものが大部分であるもの。

E：7~10 mm のものが大部分で幅も広いもの。

A, B, C, D, E の 5 種類に 78 本を分類して見ると表 3-3-3 のようになり C, D 程度の、黒鉛の大きさが中位で分布にムラの少ないものが良好である。

表 3-3-3 黒鉛の大きさと鋳型の寿命

黒鉛の大きさ	A	B	C	D	E	計
鋳型の本数	14	19	19	12	14	78 本
平均使用回数	107.4	112.6	116.1	115.5	110.5	111.4

(2) 黒鉛の形状と寿命との関係

黒鉛の形状と寿命との関係を黒鉛の形状を鋳型部会分類に従い A, B, C, D, および AB に分けて整理してみた結果を表 3-3-4 に示す。

A：片状黒鉛直線状

B：片状黒鉛彎曲状 (A に比べてやや小さい黒鉛)

AB：A と B との中間型

C：小片状黒鉛

D：粗大黒鉛 (塊状) の混入したもの

これによると A 型が最も良好で D 型が最も悪かつた。

表 3-3-4 黒鉛の形状と鋳型の寿命

分類 実行者	A	AB	B	C	D
F	115.8/17 本	111.0/24	112.8/32	111/1	97.6/5
K	116.2/10	112.5/19	113.0/45	0	99.4/5
平均	115.9/27	111.7/43	112.9/77	111/1	98.5/10

表 3-3-5 基地のフェライト量と鋳型の寿命

フェライト量	0 %	1~20	21~50	51~100
本数	13 本	58	7	1
平均使用回数	116.5回	112.3	109.1	102.0

(3) 基地のフェライト量と寿命の関係

基地のフェライト量と寿命の関係を表3・3・5のごとくフェライト量により4段階に分類した。基地は健全なパーライトのものが成績良好であつた。

(4) 結 語

- 1) 大型鑄型の組織については黒鉛が0.25～0.35 mm 程度で比較的揃っているものがよい。
- 2) 形状はA型が最もよい。
- 3) 地は完全パーライトがよい。

b. 小型鑄型

日伸製鋼 M-56) では普通鋼鋼塊用 80 kg 2 本立鑄型について疣状試験片をつけて調査した。

(1) 黒鉛の長さや寿命の関係

50 倍の顕微鏡写真における黒鉛の平均長さを求め鑄型寿命との関係を求めた。

その結果を図3・3・5に示す。バラツキ大きく関係が得られなかつた。

(2) 黒鉛の数と寿命の関係

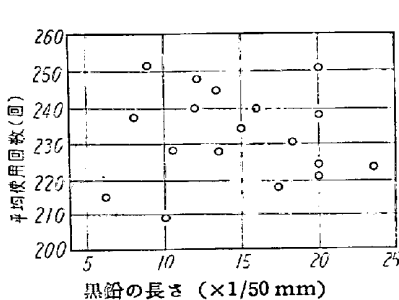


図 3・3・5
黒鉛の長さや鑄型の寿命

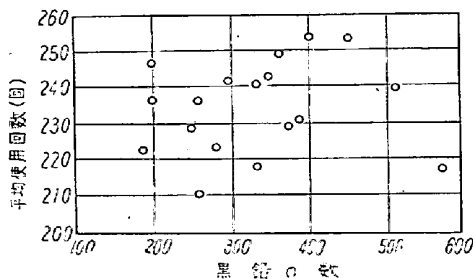


図 3・3・6 黒鉛の数と鑄型の寿命

(3) 結 語

小型鑄型においては黒鉛の長さ、および数と鑄型の寿命の関係はバラツキ大きく何らの結果も得られなかつた。これは組織写真が代表的でないことや黒鉛の平均の長さおよび数を測定し、定量的に表わすことの困難に基づく測定誤差等に起因するものと思われる。

3・3・2 硬度について

硬度と鑄型寿命の関係につき、大型鑄型に関して調査した八幡製鉄および神戸製鉄の資料、ならびに小型鑄型

に関して調査した日伸製鋼の資料にもとづいて記述する。

A 大型鑄型

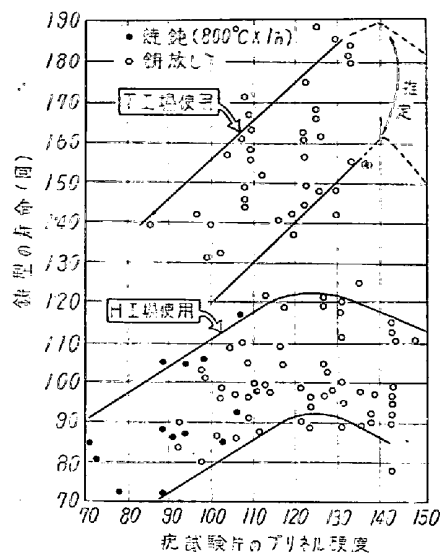


図 3・3・7 C-61 鑄型の
硬度と寿命の関係

八幡製鉄 M-56, M-114) ではクレーシングが主な廃却原因となつている C-61 鑄型 (角, 下広, 単重: 5・150 kg) について鑄型本体の中央部につけた疣状試験片の硬度と鑄型寿命の関係を調査した。その結果を図3・3・7に示すように硬度と鑄型の寿命の間には密接な関係

があり、鑄型寿命の最高値を示す硬度があること、また同じ C-61 鑄型でも使用条件 (表3・3・6 参照) によつて最高の寿命を示す硬度範囲が異なることが明らかになった。

表 3・3・6 C-61 鑄型の使用条件

使用工場	注入鋼種	注入温度	型抜迄の時間	使用サイクル	注入場所
H	軌条	1,540～70°C	40～60	1・5～2回/日	ピット
T	フープ SS材	1,570～80°C	〃 〃	〃	ピット又は台車

従つて成分的に H 工場のものは T 工場よりやや高目の Si % を狙つて硬度の適正化を計つており目標硬度としては表3・3・7のごとくになっている。

表 3・3・7 鑄型の目標ブリネル硬度 (1 例)

鑄 型	H 工 場	T 工 場	K 工 場
C-61	125	140	—
B-8・5	—	—	115

神戸製鉄ではクレーシングが廃却原因となつている大型鑄型について、疣状試験片の硬度と鑄型の寿命の関係を調べたところ、相関が認められ各鑄型に適した硬度を現在調査中である。

1 例として扁平型 10 t 鑄型、花型 15 t 鑄型について求めた結果を図3・3・8ならびに図3・3・9に示す。

扁平型 10 t 鑄型

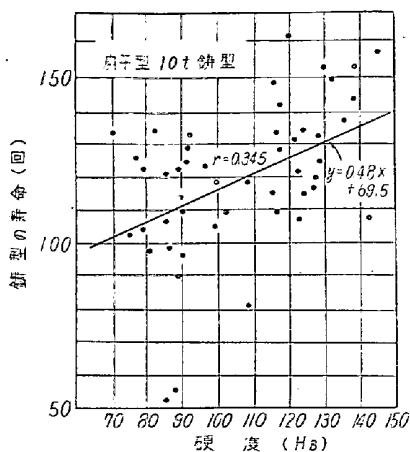
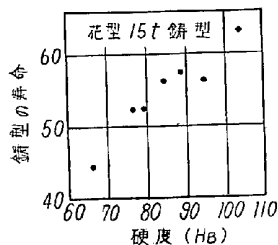


図 3-3-8

10 t 鑄型の硬度と寿命の関係

図 3-3-9 15 t 鑄型の
硬度と寿命の関係

はそれ以上であつたが、曲線 I の鑄型を使用していた時は 7~8 分ないし 10 分に型抜時間が短縮されているこ

調査本数：53 本

 $r(51,002) =$ $0.3195 < r_0$ $= 0.345 < r$ $(51,000) = 0.351$

高度に有意な相関がみとめられた。

B 小型鑄型

日伸製鋼^{M-56}では普通鋼塊用 80 kg 2 本立鑄型につけた疣状試験片の硬度と鑄型の寿命の関

係を求めた。その結果を図 3-3-10 に示す。

同一の鑄型にかかわらず製造使用時期の異なる曲線 I と曲線 II の間には明瞭な差があるが、鑄型の使用条件の相違から生じたと考えられるもので曲線 II の鑄型は型抜時間が 15 分、またはそれ以上であつたが、曲線 I の鑄型を使用していた時は 7~8 分ないし 10 分に型抜時間が短縮されているこ

とが大きな原因の一つと考えられる。これより使用条件に応じた鑄型の最適硬度が得られた。

C 結 語

以上の様に硬度は、鑄型寿命と密接な関係があり、鑄型寿命の最高値を示す一定の硬度範囲があることが明らかとなつた。

これは、硬度が鑄型の化学成分組織等の製造履歴の総合結果として現われるものと考えればうなづけることで、このように硬度は鑄型製造上の有力な判定基準となること。

しかも同一鑄型であつても使用条件によりその適正硬度が異なつてくることが明らかとなつた。

3-3-3 熱処理について

神戸鑄鉄^{M-100}では大型鑄型について熱処理の影響を調査した。

鑄型重量 5 t 以上の大型鑄型の最近の成績を廃却原因別焼鈍別に表 3-3-8 に示す。

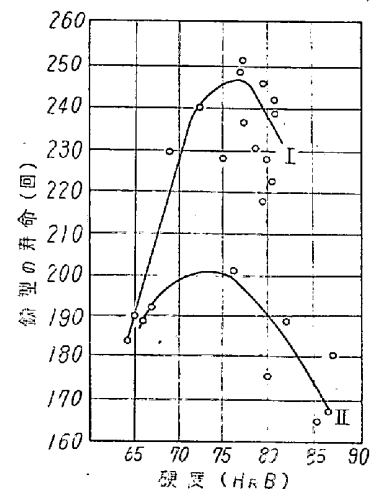
図 3-3-10 80kg 鑄型の硬
度と寿命の関係

表 3-3-8 最近の大型鑄型の廃却原因別、熱処理別一覧表

使用者	鑄型名称		本数	使用回数	亀 甲 荒			亀 甲 割			割			鑄型重量
					本数	(%)	回数	本数	(%)	回数	本数	(%)	回数	
N	6 t 角 型	鑄 放	12	133	11	92	137				1	8	96	t 5'910
		軟化焼鈍	9	150	9	100	150							
S	10 t 扁平型	鑄 放	19	58	11	58	56	7	37	59	1	5	68	t 10'950
		軟化焼鈍	41	59	20	49	59	19	46	59	2	5	55	
H	8 t 扁平型	鑄 放	36	89	25	70	88	11	30	93				t 9'770
		歪取焼鈍	9	85	5	56	92	4	44	75				
		軟化焼鈍	5	97	2	40	99	3	60	96				
	10 t 扁平型	鑄 放	181	114	97	54	113	83	46	116	1	1	140	t 10'900
		歪取焼鈍	36	109	16	45	112	20	55	108				
		軟化焼鈍	21	104	6	29	126	14	67	99	1	4	121	
	8.5 t 扁平型	鑄 放	105	112	32	30	95	71	67	116	2	2	81	t 10'300
		歪取焼鈍	25	96	11	44	94	14	56	97				
		軟化焼鈍	24	103	7	29	98	16	67	107	1	4	70	
M	6.5 t 扁平型	鑄 放	88	117	59	67	120	28	32	111	1	1	103	t 7'570
		歪取焼鈍	14	115	8	57	116	6	43	114				
		軟化焼鈍	11	108	6	55	113	4	36	104	1	9	92	
	6 t 角 型	鑄 放	97	107	97	100	107							t 6'010
		歪取焼鈍	16	108	16	100	108							
		軟化焼鈍	15	117	13	87	114	2	13	137				
	6 t 角 型	鑄 放	72	100	71	99	100	1	1	65				t 6'280
		歪取焼鈍	6	103	6	100	103							
		軟化焼鈍	9	110	9	100	110							
K	15 t 花 型	軟化焼鈍	7	55	5	71	55	2	29	54				t 14'180

表 3・3・8 に記載のように廃却原因は殆んどすべての場合クレージングによる内面荒, 内面荒割であり, 歪取り焼鈍, 軟化焼鈍共に熱処理による鑄型の寿命の向上は見られない。なおこれについては配合別, 化学成分別に区分けして綿密に焼鈍の効果を調べたのであるが, 鑄放しと歪取り焼鈍, 軟化焼鈍の間には鑄型の寿命において何等の有意な差はなかつた。

その理由としては

軟化焼鈍は, 廃却原因がすべてクレージングであることからしてその効果のないことは当然でむしろクレージングに対しては鑄放しよりも弱いものと考えられる。

歪取り焼鈍は極めて初期の割れには効果があるが, その危険をすぎて回を重ねて使用した場合は殆んど鑄放しのものと同じと考えてよいと思う。

従つて廃却原因がクレージングであることがこの特徴を発揮できなかつた理由と思われる。

以上焼鈍は全く効果がなかつたが, これはどの鑄型にもあてはまることではなく近年高炉鉄の質が向上し, かつ上記鑄型は長期間の使用で形状も検討されてきて安定しているので初期割れがなくなつたため焼鈍の効果がなかつたものと思われる。

従つて飽くまでも新しい形状不安定(形状的に未経験)な鑄型に対しては軟化焼鈍, 歪取り焼鈍共に充分効果があるものと思われる。

3・3・4 その他の基礎的研究について

材質に関するその他の基礎的研究として"高温における鑄鉄の組織"について調査した日本鑄造の資料と"鉄鉄の熱割性に及ぼす各種元素の影響"について調査した富士鉄の資料にもとづいて記述する。

A 高温における鑄鉄の組織について

日本鑄造^{M-52)}では地金配合の異なる2種の鑄型材について, 高温顕微鏡で観察を行なつた。

常温組織として黒鉛, パーライト, フェライト, セメントタイト, ステナイトが認められるが600~800°Cの間において組織変化が生じてくる。800°Cに保持されるとオーステナイトと変形されたセメントタイトが存在し, 更に長時間を経るとセメントタイトは球状に近くなり, 粗大黒鉛に近接した処ではセメントタイトが消失し, 白色のオーステナイト地が生ずる。

冷却後の組織においては粗大黒鉛とフェライトと球状化されたパーリチックセメントタイトが認められる。

鑄型内面においてはかかる状態が繰り返されるものと考えられる。特に酸素の存在によりセメントタイトの分解が促進されるためにオーステナイト地へのセメントタイトの固溶が促進されるので常温組織では黒鉛, フェライトおよびわずかの球状のパーリチックセメントタイトとなるものと考えられる。

これは廃却鑄型の顕微鏡組織にて確認できる。

以上のことは使用時に鑄型の受ける熱的履歴に伴なう組織変化の基礎実験としてクレージング発生機構の解明の一助となるのではないかと考えられる。

B 鉄鉄の熱割性におよぼす各種元素の影響について

富士鉄釜石^{M-125)}では高炉溶鉄をそのまま鑄造し特に繰返し加熱・冷却処理をうける材料として使用された場合に, 高炉溶鉄成分としてはいかなる程度のものが適当であるかを知る目的で単純な急熱急冷処理による熱割性におよぼす Ti, Cu, Sn, Cr, V, Al, Si, Mn, P, S 等の各種元素の影響を調査した。

a. 実験方法およびその結果

スエーデン鉄を原料鉄として用い, クリプトル炉で溶解し, 各種元素を単独に添加後 1,350°Cで引張試験用として25mmφのものおよび耐熱割試験用として56mmφの2種類を乾燥砂型に鑄造した。

(1) 供試鉄の化学組成 (%)

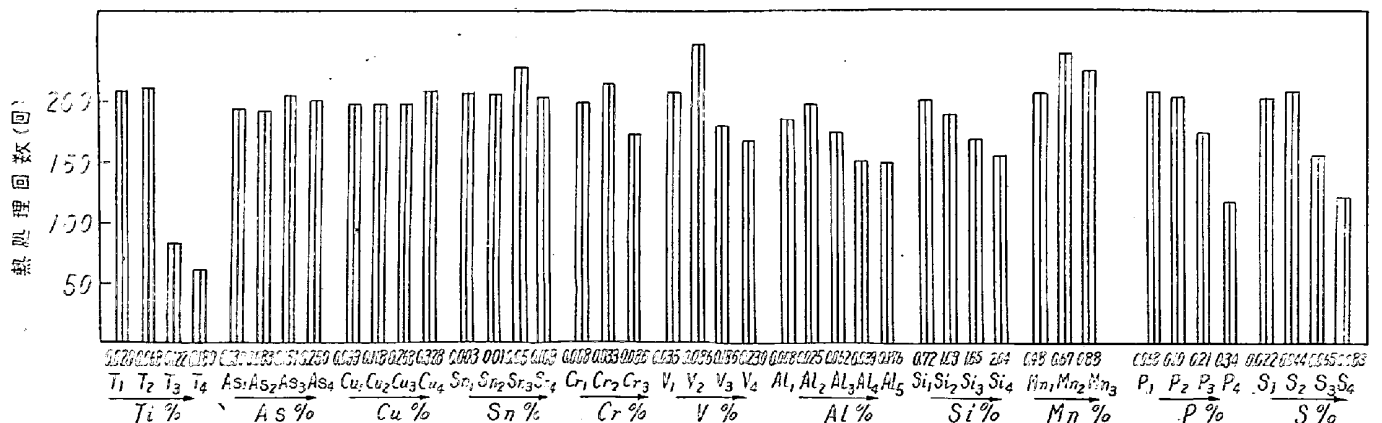


図 3・3・11 破断までの熱処理回数と各種元素含有量との関係

C	Si	Mn	P	S	Cu	(2) 熱割試験方法
4.23	0.74	0.48	0.067	0.021	0.024	50 mm ϕ $\times$ 20 mm 試料を 850°C $\times$ 5 mn. 加熱後水冷
Cr	Ti	As	Sn	V	Al	を破断迄くりかえす。
0.007	0.014	0.009	0.003	0.012	0.006	実験結果を表3.3.9, 図3.3.11に示す。

表 3.3.9 機械的性質および組織におよぼす各種元素の影響

元 素	記 号	含有量(%)	抗 張 力 kg/mm ²	伸 び(%)	硬 度 HRB	組 織
Ti	T1	0.020	15.6	1.0	69	Gf(太い)+P
	T2	0.068	16.5	0.8	73	Gf+Ge+P+F
	T3	0.122	23.5	0.5	83	Ge+P+F
	T4	0.180	25.1	0.5	83	Ge+P+F
As	As1	0.030	15.5	1.0	68	Gf+P
	As2	0.083	14.8	0.8	72	Gf+P
	As3	0.151	15.6	0.7	72	Gsf+P
	As4	0.250	19.1	0.7	72	Gsf+GK+P
Cu	Cu1	0.099	17.1	0.9	73	Gf+P
	Cu2	0.118	17.5	0.8	73	Gf+P
	Cu3	0.268	16.9	0.8	78	Gf+P
	Cu4	0.328	18.2	0.8	80	Gf(太い)+P
Sn	Sn1	0.003	15.5	1.0	69	Gf+P
	Sn2	0.010	17.3	0.9	70	Gf+P
	Sn3	0.050	19.1	0.8	76	Gsf+P
	Sn4	0.109	21.0	0.7	80	Gsf+P
Cr	Cr1	0.008	16.1	1.0	70	Gf+P
	Cr2	0.033	17.0	0.9	73	Gf+P
	Cr3	0.086	18.7	0.9	78	Gsf+P+C(僅か)
V	V1	0.035	15.6	1.0	70	Gf+P
	V2	0.076	18.1	1.0	72	Gf+P
	V3	0.186	19.3	0.8	75	Gsf+P+C(僅か)
	V4	0.230	23.0	0.7	81	Gsf+G+P+C(僅か)
Al	Al1	0.008	15.6	1.0	69	Gf+P
	Al2	0.025	14.6	1.1	68	Gf+P+F
	Al3	0.062	17.0	1.0	66	Gsf+P+F
	Al4	0.089	17.4	0.9	65	Gsf+Cr+P+F
	Al5	0.176	16.8	0.9	71	Gsf+Cr+P+F
Si	Si1	0.72	15.8	0.9	71	Gf+P
	Si2	1.09	14.0	1.1	70	Gf+P+F
	Si3	1.65	12.6	1.0	68	Gf+P+F
	Si4	2.04	10.8	1.1	65	Gf+P+F
Mn	Mn1	0.48	15.7	1.0	69	Gf+P
	Mn2	0.67	18.9	1.0	72	Gf(太い)+P
	Mn3	0.88	20.0	0.9	80	Gf(少ない)+Gsf+P
P	P1	0.068	15.8	1.0	70	Gf+P
	P2	0.10	19.8	0.9	73	GK+Gf+P+St(僅か)
	P3	0.21	19.8	0.7	79	GK+Gsf+P+St(多い)
	P4	0.34	22.5	0.7	83	GK+Gsf+P+St(多い)
S	S1	0.022	15.0	1.0	68	Gf+P
	S2	0.044	12.6	1.0	70	Gf+P
	S3	0.065	13.9	0.8	73	Gsf+Gc+P
	S4	0.083	14.6	0.8	73	Gsf+Gc+P

Gf: 片状黒鉛 Ge: 共晶微細黒鉛 Gsf: 小片状黒鉛 GK: 結節状黒鉛 Cr: ばら状黒鉛
 St: ステダイト P: パーライト F: フェライト C: カーバイド

b. 考察および結語

(1) 材質が脆く粘性のないものは急熱急冷の熱応力のために熱処理の初期の段階にて亀裂が発生して破断する。このような影響を示す代表的元素としては微細共晶黒鉛の発生をいちじるしく促進する Ti を始め P, S が挙げられる。Cr, V などカーバイドを析出しやすく、また V は Ti との共存下で共晶黒鉛の発生を促すので、これら元素含有量の大なるところでは同様な破断傾向が強い。

一般にこれら元素による熱割れは比較的小さい亀裂のものが数少なく、大きい割れの発生しているものが多い。

(2) 黒鉛化をいちじるしく促進するものは繰返し加熱冷却処理によりいわゆる鑄鉄の成長を起し亀裂が発達しやすくなる。これらの元素としては Si, Al 等が挙げられ含有量大なるものは急熱急冷処理に対する破断までの寿命が短くなっている。しかしこの場合比較的小さい亀裂の発生が数多くみられるのが特徴である。

(3) 上記の2条件のいずれにもそれほど強く偏しない元素としては As, Sn, Cu などが挙げられる。As, Sn は伸びを減ずるがパーライトは安定化し、Cu は幾分黒鉛化を促進するがその作用弱かつ伸びの減少も少ないので本試験程度の含有量内では余り大なる影響は認められない。

Mn はカーバイド安定化元素の一つであるが脆性はみられず耐熱割れ性の点からある程度までは含有量大なる方が好ましい。

(4) 主含有元素たる C 含有量は溶鉄中で飽和値を示しその量を溶鉄炉でコントロールすることは容易でない。

実際作業では介在物として混入する過剰のキッシュグラファイトに対する対策が必要である。

その他微量特殊元素としての Ni, Mo, Co, Zn, Zr, Pb, Sb, Cd, B および Mg は表 3・3・10 のごとくわが国で現在使用されている鉄鉄中に含有される量からみて特に考慮の必要はない。

以上の結果から繰返し加熱冷却処理を受ける材料への

表 3・3・10 鉄鉄中に含有される可能性のある微量元素の種類とその最大含有量

最大含有量	元 素
0.1% <	Ti, Cu, Ni, Cr, V
0.1 ~ 0.01 %	Sn, As, Mo, Al, Co, (Cr, V)
0.01 ~ 0.001 %	Zn*, Zr, Pb, Sb, Cd, B, Mg
ほとんど検知し得ない	W, Cb, Ta, Ge, Bi, Te, Ga, Be, Ca.

直接鑄造用高炉溶鉄としては Si 1.0% 程度以下 Mn 0.6 ~ 1.0% 程度のものが適しているところから鑄物用溶鉄より製鋼用(平炉用)溶鉄の方がすぐれている。なおこの際 P, S, Ti はできるだけ少ない方が望ましい。その他の元素については現在の高炉溶鉄の含有程度ならばそれ程考慮を払う必要はなさそうである。

3.4 ダクタイル鑄鉄製鑄型について

ダクタイル鑄鉄は比較的新しい材質である関係から欧米においてもこれの鑄型への応用は余り活発に行なわれてはいないようである。日本における状況は、この鑄鉄が紹介されて以来常温、高温における抗張力および伸びが大きく、また耐酸化性、成長性も極めて優れていることから、これを鑄型に使用すればいちじるしい効果が期待されるのではないかと推定し、製造者・使用者相協力して、この鑄鉄の鑄型への応用試験を積極的に開始し、実用化の方向へ進みつつあるのが現状である。

現在なお試験過程にあるが、一応の結論としては大型すなわち厚肉鑄型については、鑄込後の冷却速度の緩慢より、黒鉛の球状化が完全にならない点と、歪より来る型抜き不能の問題があり、今後解決を要する要因も多いが、中型以下の鑄型においては、その特性を遺憾なく発揮し、いちじるしい寿命の延長・原単位の切下げを見ている。

しかしながら、このように良好な成績をダクタイル鑄鉄は示しているが、実用化については、この材質に取組んでから十分な期間を経てない関係で、現在のところ使用範囲が限られている。

試作および実用化の期間を通じて鑄型分科会へのダクタイル鑄鉄に関する資料としては、新しい材質である関係で、多くは提出されていないが、次の分類にもとづいてこれを取りまとめた。

なお製造法についての資料の提出は殆んど無かつたが、久保田鉄工・神戸鑄鉄の御好意により資料の提示を受けて取りまとめた。

1. 製造方法について
2. 形状別の使用成績
3. 化学成分・組織および機械的性質と鑄型寿命との関係
4. その他

3.4.1 製造方法について

ダクタイル鑄鉄は黒鉛が完全に球状化しなければダクタイル鑄鉄としての特性を発揮しない。従つて製造に当つては、良い球状黒鉛を得るための、原料の吟味、溶解および鑄込条件の検討が必要である。

A 原料鉄

表 3.4.1 原料鉄中の特殊元素の許容範囲

	種 別	化 学 成 分 (%)								
		Al	Sb	As	Bi	Pb	Se	Te	Sn	Ti
A	International Nickel Co	0.05	0.01>	0.05>	0.002>	0.002>	0.03>	0.01>	0.08>	0.07>
B	A. F. S (1956)	0.1>	0.04>	0.09>	0.003>	0.009>				0.08>

黒鉛を完全に球状化するためには、Mg 処理前の溶湯中に黒鉛球状化阻害元素が少ないことが必要であり、外国の例によると、表 3.4.1 に示すごとく、これら阻害元素の範囲を次のように決めている。

これらの不純元素は相互作用があり、添加合金として純Mg0.5%を用い25mmφの乾燥砂型に铸造した場合ではA規格、(ただしSbはB規格)が最大許容量になることが述べられている。その1例として第53回鉄鋼協会で発表された富士鉄青木鳥取両氏の試験結果を図3.4.1および図3.4.2に示した。

以上の結果で見られるごとく、不純元素の影響は極めて大であり、従つて使用する鉄鉄については自ら不純元素の少ない鉄鉄を選定しなければならない。

国内でダクタイル鉄製造に用いられている主なる鉄鉄の化学組成を表 3.4.2 に示した。

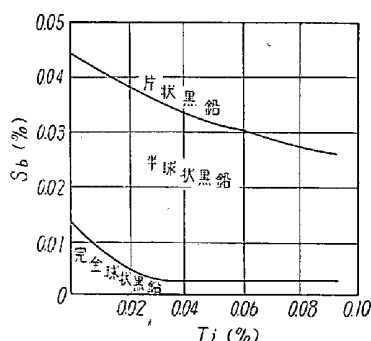


図 3.4.1 Ti-Sb 含有量と黒鉛球状化の関係

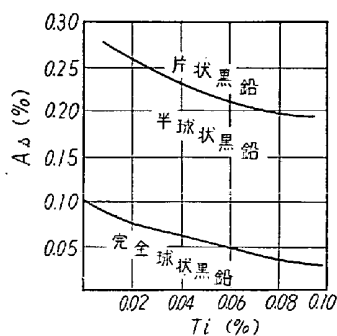


図 3.4.2 Ti-As 含有量と黒鉛球状化の関係

製作時のそれぞれの原料配合については、鑄型の特性と使用条件により決定されるものであるが、配合の1例を示すと表 3.4.3 のごとくである。

なお参考のために普通鉄鉄の例を併せて比較した。

表 3.4.3 原料配合の比較

銘 柄	ダクタイル鉄鉄	普通鉄鉄
釜石ダクタイル鉄	60~80 (%)	— (%)
スエーデン木炭鉄	10~20	15~20
国内木炭鉄	0~10	
ダクタイル故鉄	0~15	—
普通故鉄	—	15~20
高炉鉄	—	60~70
鋼 片	0~5	—

B マグネシウム処理および鑄造

ダクタイル鉄鉄の黒鉛球状化は Mg の添加によつて起るものであり、Mg の添加量および添加方法等は極めて重要な問題である。

Mg の添加量と黒鉛球状化の関係は使用される Mg によつて異なり、純Mgは0.3~0.7%、Mg合金は0.4~1.0%の添加量で球状黒鉛が得られている。

Mg 合金については神戸鉄鉄の例では次のものが用いられている。

Mg	Ni	Cu	Fe+Si
30%	5%	5%	残

表 3.4.2 ダクタイル用原料鉄の化学組成

銘 柄	化 学 成 分 (%)													
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	V	Ti	Sn	Pb	Sb	As	Al
釜石ダクタイル鉄	4.25	1.32	0.26	0.076	0.027	0.09	0.015	0.010	0.070	0.032	0.002	tr	0.009	0.010
八幡ノデュー用鉄	4.34	1.17	0.15	0.052	0.018	0.015	0.009	0.012	0.046	0.003	tr	0.002	0.003	—
国産木炭鉄	4.15	1.05	0.47	0.069	0.024	0.015	0.011	0.013	0.022	0.034	tr	0.002	0.023	0.009
スエーデン鉄	4.15	1.04	0.48	0.028	0.014	0.005	0.005	0.005	0.002	0.002	0.002	0.010	0.006	0.00

添加方法については、純Mgを使用する場合は1回処理が行なわれ、Mg合金の場合は2回処理が行なわれている。

2回処理の方法は、第1段処理として取鍋の底部にMg合金を撒布し、これに受銹し、次に別の取鍋にMg合金を撒布しておいて第1段処理の終わった湯をこれに注いで第2段の処理を行なっている。

Mg処理に伴う問題として温度の問題がある。すなわち、Mg処理およびFe-Siの接種等による時間経過よりくる温度降下があるので、普通铸铁より若干の高温出湯が必要であり表3・4・4に出湯より鑄込の温度を普通铸铁の場合と比較して示した。

表 3・4・4 温度の比較

種 別	ダクタイル铸铁	普通 铸 鉄
出 湯 温 度	1,430~1,500°C	1,400~1,450°C
Mg 添 加 温 度	1,340~1,420	—
鑄 込 温 度	1,250~1,350	1,250~1,350

ダクタイル铸铁は鑄込後の冷却速度の早いことが望ましい。すなわち、冷却速度が早いと黒鉛の球状化が進み易い。従つて冷却速度の促進についての検討が加えられている。八幡製鉄^{M-82)}で中子・外型共に冷金を用いた例では図3・4・3に見られるごとく冷却速度が極めて大になつて冷金の効果が顕れている。

ダクタイル铸铁は普通铸铁に比し引け巣とドロスの問題がある。引け巣に対しては押湯容量の増加および鑄込方法などに検討が加えられ、ドロスに対して

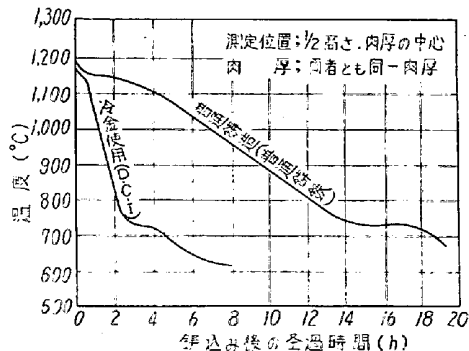


図 3・4・3 鑄造冷却曲線

は脱硫などの処置がとられ大いに改善されてきたが未だ完全の域には達せず、従つて今後さらに改善が必要である。

C 焼 鈍

ダクタイル铸铁は鑄放しのままでは伸びが1~6%で割れ発生の懸念があり、一般に高温焼鈍を行なっている。

高温焼鈍は第2段黒鉛化焼鈍を意味し、基地をフェライト質にするのを目的としている。表3・4・5に焼鈍前後の基地組織を示した。

高温焼鈍温度曲線についての1例を図3・4・4に示した。最近では高温焼鈍が果して必要であるか、否か、につい

て論議されている。すなわち、高温焼鈍を施すと基地をフェライト質にするため、クレージングに弱くなり、かつまた焼鈍に多額の費用と手間を要するためである。

表 3・4・5 焼鈍前後の基地組織

種 別	基 地 組 織	
	フェライト	パーライト
焼 鈍 前	0~20%	80~100%
焼 鈍 後	80~100	0~20

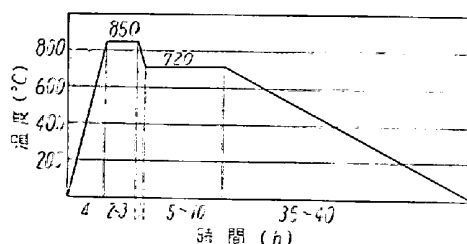


図 3・4・4 焼鈍温度曲線

これがために鑄造歪を取るのみの低温焼鈍 (500~600°C×5~6h) の試験が始められているが、その成果については現在のところ明らかでない。

3・4・2 形状別の使用成績

ダクタイル铸铁は黒鉛の球状化の良否がその性質の大半を占めるものである。球状化を左右する因子はいろいろあるが、その中鑄込時の冷却速度の如何は黒鉛球状化にかなりの影響をもっている。

このことは、すなわち、鑄型の肉厚の大小に影響するので、鑄型の大きさ別に分類し取纏めるのが妥当と考え鑄型の大きさを次の3種類に分類した。

- A 小型鑄型 (1.5 t 以下)
- B 中型鑄型 (1.5~3.0 t)
- C 大型鑄型 (3.0 t 以上)

A 小型鑄型 (1.5 t 以下)

神戸铸铁^{M-21)}よりK製鋼 180 kg 2本立 (鑄型重量普通铸铁745 kg, ダクタイル铸铁 635 kg) 鑄型についての比較結果が報告されている。

その結果は表3・4・5に示したが、66%の寿命延長、44%の原単位の切下げを見ている。

表 3・4・5 180kg 2本立鑄型の使用成績

材 質 別	本数	期 間	平均使用回数	原単位
ダクタイル 铸 鉄	12	S 30°3~S 30°5	379.9	5.0kg/t
普通铸铁	1,991	S 29°1~S 30°3	229.3	9.7 //

久保田鉄工^{M-7)}の報告によると、ダクタイル铸铁の485kg 鑄型を10本試用した結果は平均358.8回を示し、

普通鑄鉄に比し48・1%の寿命延長を見た。またクレージ
ングの発達状況の観察によると、その発生は遅く、発達
しても剥離しにくいことを述べている。

また鋼管・川崎 T.C型について、鋼管・川崎^{M-20)} およ
び神戸鑄鉄^{M-21)} よりそれぞれ報告されている。

T.C鑄型の概要については次の通りである。

上部寸法 下部寸法 高 さ 鋼塊単重 鑄型重量
307mmφ 350mmφ 1,600mm 1,000kg 1,270kg
ダクタイル鑄鉄ならびに比較鑄型の使用成績を表3.4.6
に示した。

表 3・4・6 T.C鑄型の使用成績

試験	ダクタイル 鑄鉄		普 通 鑄 鉄 比 較 型		普通鑄鉄一般型**	
	本数	平均使用 回 数	本数	平均使用 回 数	月 別	平均使用 回 数
1	6 3*	166・3 247・7*	11 —	143・4 —	29年1月 —	149・6 —
2	12 —	394・8 —	6 —	228・0 —	30年2月 30 〃 3月	245・0 278・3

(注) * 印は早期廃却を除いた数字

** 同一時期に使用を開始した鑄型の大多数が
廃却された月別の成績

ダクタイル鑄鉄の早期廃却は製造法の欠陥よりきてい
るので、一応これを除外して比較すると、ダクタイル鑄
鉄は50~70%の寿命延長となつている。

クレージングの状況は

a. 初期には鑄肌の薄い酸化層に毛割れ状の小柄な模
様が生じ、この一部が発達して互いに繋がり大柄なクレー
ジングとなり次第に裂目が大きくなつている。

b. 中期には裂目が大きくなると共に、酸化および生
長のために裂目の周囲の局部的生長、あるいは脱落を生
じて来る。

c. 廃却時には、bの進行による剥離および割れが外
部まで進行している。

以上の報告は、全てダクタイル鑄鉄の優秀性を示した
ものであるが、これに対し、大同製鋼^{M-13)} よりの報告
によると、押湯付565kg.の鑄型でA社製・B社製それぞ
れ10本宛試用した結果。

a. 初期クレージングは若干遅いが、発生後の進行が
早い。

b. 寿命においては余り期待できない
と述べている。

ただし、この結果については、鑄型形状の問題、製造
上の不備等より効果が出なかつた点を指摘していること
から、良質のダクタイル鑄鉄を良い条件で使用すれば、
結果はどのように変わるかは今後の問題として残されてい
る。

B 中型鑄型 (1・5~3・0t)

この間の鑄型で

該当する報告は、
住金・和歌山^{M-34)}
のF型A型のみで
ある。報告による
と、F型(正錐角
型2・2t)でダク
タイル鑄鉄の比較
試験を行い、その
優秀性を確認し、
F型をA型(正錐
角型2・5t)に転換
するに当つては、

最初より全面的に

ダクタイル鑄鉄で転換し、いちじるしい効果を現わして
いる。

図3・4・5にA型の形状を表3・4・7にF型、A型の成績
を示した。

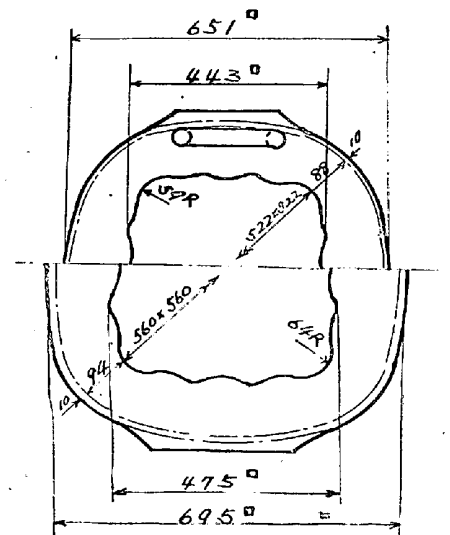


図 3・4・5 A型鑄型の断面形状

ダクタイル鑄鉄で転換し、いちじるしい効果を現わして
いる。

表 3・4・7 F, A 鑄型 の 使 用 成 績

型 別	種 別	製 作 別	調 査 本 数	総使用 回 数	平均回数	最 高 回 数	最 低 回 数	原単位 kg/t	廃 ・ 却 原 因 (%)			
									割 れ	亀裂割れ	亀裂荒れ	その他
A	延性 鑄鉄	A	45	7,593	168・7	222	60	6・7	(2・2) 1	0	(97・8) 44	0
		B	64	11,846	185・1	231	53	6・1	(1・6) 1	0	(96・8) 62	(1・6) 1
F	同 上	A	22	3,772	171・1	215	118	6・0	0	(4・5) 1	(95・5) 21	0
		B	32	4,991	156・1	218	64	6・6	0	(9・4) 3	(87・5) 28	(3・1) 1
	普通 鑄鉄	A	50	4,980	99・8	151	48	11・4	(2・0) 1	(76・0) 38	(22・0) 11	0
		B	43	3,755	87・4	130	55	13・0	0	(95・3) 41	(4・7) 2	0

以上の結果によると、F型においては70～80%の寿命延長が得られ、A型においては型が大きくなつたにも拘わらず、F型以上の成績が得られている。

特長として見られることは、普通鑄鉄の廃却原因は大部分が亀裂割であつたものが、ダクタイル鑄鉄は殆んど亀裂荒で、亀裂発生後の割れの進行に極めて強いことを示している。

住金・鋼管^{M-61)}では引続いてダクタイル鑄鉄は、耐 Stress-Strain 性より薄肉にすることが可能と考えられるのでA型でこれの確認の試験を行なつた。

表3・4・8に薄肉型の寸法を原寸と比較して示した。

使用結果は表3・4・9のごとくである。

原寸に対する薄肉鑄型の使用回数、原単位比率を製作社別に求めると

製作社別	寿命比率	原単位比率	(共にA社原寸 を100とする)
A社	100	93	
B社	99	94	

となり、寿命においては原寸と薄肉は差がなくほぼ同一で、従つて薄肉による減量比率7%が結果的に原単位減となつた。

C 大型鑄型(3・0t以上)

神戸製鋼^{M-44)}の4t正錐型鑄型C型およびF型についての試験結果を表3・4・10に示したが、その結果によると

ダクタイル鑄鉄は、30～40%の寿命延長が見られている。

表 3・4・10 C・F 鑄型の使用成績

鑄 型 種 類	C 型		F 型	
	普通鑄鉄	ダクタイル	普通鑄鉄	ダクタイル
材 質	普通鑄鉄	ダクタイル	普通鑄鉄	ダクタイル
調 査 本 数	99	5	16	5
平均使用回数	172	223	160	228
標準偏差σ	28・7	25・4	18・6	21・5

鋼管・鶴見^{M-43)}からは、表3・4・11に示す鑄型での試験結果が報告されている。

その結果は

a. ダクタイル鑄鉄はクレージングの成長が非常に遅かつた。

b. 割れ疵に対しては優秀で、普通鑄鉄では50～60回位で発生する割れ疵が90回を越えても発生しなかつた。

c. ダクタイル鑄鉄の欠点として指摘されることは、歪のために40回で内面が凸状にそり、型抜き不能を生じ切削して使用したが、90回で再び型抜き不能となつた。

従つてダクタイル鑄鉄の2本の平均は92・5回で、普通鑄鉄の平均113回より劣るが、再度切削修理すれば50回以上は使用可能であろう。

表 3・4・8 A 型 鑄 型 の 概 要

型 別	上 部 (mm)		下 部 (mm)		高 さ (mm)	テーパ	鑄型重量 (t)	鋼塊重量 (t)	鑄型平均断面積 <— 鋼塊平均断面積
	面	隅	面	隅					
原 寸	94	88	100	94	1,950	$\frac{8 \cdot 2}{1,000}$	2・810	max 2・500	0・980
薄 肉	88	83	95	90	1,950	〃	2・610	max 2・500	0・921

表 3・4・9 A 型 鑄 型 の 肉 厚 別 使用 成績

型 別	製作別	調査本数	総使用回数	平均回数	最高回数	最低回数	原単位比率	廃 却 原 因
原 寸	A 社	28	5,480	195・7	226	131	100	1本割れ(3・6%) 他は亀裂荒れ
	B 社	48	9,358	194・9	217	142	102	全て亀裂荒れ
薄 肉	A 社	22	4,321	196・4	226	167	93	〃
	B 社	32	6,175	193・0	223	158	95	〃

表 3・4・11 供 試 鑄 型 の 概 要

鋼塊単重 (最大)	鑄 型 単 重	M/I比	鑄 型 高 さ (mm)	部 位	断 面 寸 法 (mm)		肉 厚 (mm)		
					長 辺	短 辺	平 部	側 部	隅 部
4・000 t	4・700 t	1・15	1,600	上 面	1,020	390	120	117	115
				下 面	1,050	420	155	152	150

表 3・4・12 C61 鋳型の概要

種 別	高 さ (mm)	内面寸法 (mm)		底部の肉厚 (mm)		頭部の肉厚 (mm)		単 重 (kg)	備 考
		底 部	頭 部	辺の中心	コーナ	辺の中心	コーナ		
従来の肉厚	2,100	610φ	520φ	135	135	125	125	5,150	普通鋳鉄製鋳型と同一
薄 肉	2,100	610φ	520φ	120	110	110	100	4,300	

表 3・4・13 C61 鋳型の使用成績

D. C. I. 鋳 型						普 通 鋳 鉄 製 鋳 型			備 考
使 用 工 場	試 験 回 数	鋳 型 番 号	使 用 成 績		普通鋳鉄製 鋳型に対す る延長率	同 一 期 間 使 用 の 成 績			
			使用回数	廃 却 原 因		本 数	平均回数	範 囲	
H 工 場	I 回	ダー 1	155	クレーシング	⊕ 40・1%	360	103・3	82~156	従来の肉厚 単重 = 5, 150kg
		ダー 2	135	〃					
		ダー 3	144	〃					
		平 均	144・7						
	II 回	ダー 4	148	{ 内面の歪 内面の歪 縦 割 れ	⊕ 24・5	367	100・8	61~152	薄 肉 単重 = 4, 300kg ダー 7・8はそれぞ れ 198, 179 回に て研磨し内面の 歪を除く。
		ダー 5	103						
		平 均	125・5						
		III 回	ダー 6	269					
	ダー 7		305						
	ダー 8		292						
	ダー 9		285						
	平 均	287・5							

d. 結論としてダクタイル鋳鉄は割れ、クレーシングに対しては普通鋳鉄に比し優れているが、扁平鋳型に対しては内面のそりが発生し易く、このため型抜き不能を生ずるため、実用化に対しては、これの解決が必要である。

八幡製鉄^{M-82)}よりは、C61 鋳型の試験結果が報告された。特にC61については、従来の肉厚と薄肉の2種類が供試されている。表3・4・12に鋳型の概要を示した。

使用した結果は、表 3・4・13 のごとくである。

以上の結果によると、従来の肉厚の鋳型は40・1%の寿命延長を示した。これに対し薄肉鋳型は、H工場2本の実績の場合24・5%の寿命延長をみたのみであつた。なおこれは2本の中1本が基地が硬過ぎて早く割れた結果によるもので、T工場の4本の結果では76・2%のいちじるしい寿命延長が見られている。

しかしながら、薄肉鋳型は鋳型壁の熱容量が小さいため内面がとくに高温に加熱され、歪み凹凸が生ずる欠点を指摘している。

D 小括

中型以下においては、黒鉛球状化80%以上の良質のダ

クタイル鋳鉄鋳型では、50~80%の寿命延長が確実に得られ、加えて中型以下においては熱容量が余り大きくないことから肉厚を薄くすることも可能で、寿命延長および肉厚の減少による鋳型重量減でいちじるしい原単位の切下げをみている。これに対し大型鋳型においては角型鋳型では30~40%の寿命延長が見られているが、扁平鋳型にあつては内面に歪みによる凸が生じ、そのため型抜き不能を起し内面切削が途中工程として必要となり、また角型においても薄肉になると同じような傾向を示し、この歪み問題がなければ30~70%の寿命延長は期待されることから、今後の問題として形状等の改良による歪み防止が残されている。

3・4・3 化学成分・組織および機械的性質と鋳型寿命との関係

鋳型寿命に影響を与える諸要因として、鋳型の化学成分 (T. C, Si, Mn, Cu, Mg) 組織 (黒鉛球状化の程度) 機械的性質 (抗張力, 伸び, 硬度) との関係について住金・和歌山^{M-84)} および神戸鋳鉄^{M-21)} によりそれぞれ正角型 1・8~2・5 t の鋳型の結果について報告されている。

A 化学成分と鋳型寿命との関係

a. T.C

図 3-4-6 に示したとおり T.C と寿命の相関関係は認められないが、傾向として T.C 3.4% を頂点として、これより T.C が増加すると寿命低下の傾向を示している。

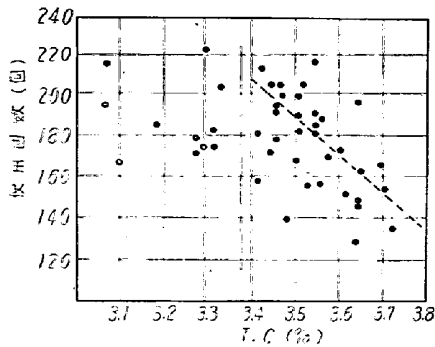


図 3-4-6

T.C と寿命の関係 (住金・鋼管)

b. Si

図 3-4-7 に示した神戸鋳鉄の結果では、Si の増加に伴って寿命が増加する結果を示しているが、住金・和歌山の結果では図 3-4-8 に示したごとく、Si 1.9% を頂点として Si が増加するにつれて寿命が低下している。

またこれは、T.C と合して (T.C+Si)% とすれば、さらにこの傾向は強く、図 3-4-9 に示されるとおり (T.C+Si)% が 5.30% ~ 5.70% の範囲が良好な結果を示している。

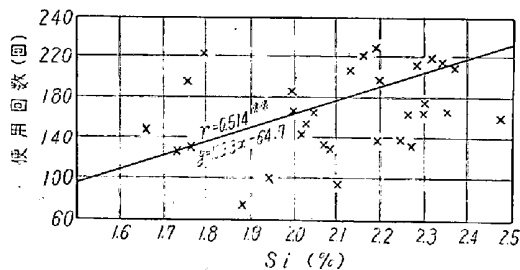


図 3-4-7 Si と寿命の関係 (神戸鋳鉄)

c. Cu

図 3-4-10 に示したごとく明瞭な関係が認められ、Cu は低くなる程寿命は延長している。

d. Mg

住金・和歌山の報告には Mg と寿命の関係はないと

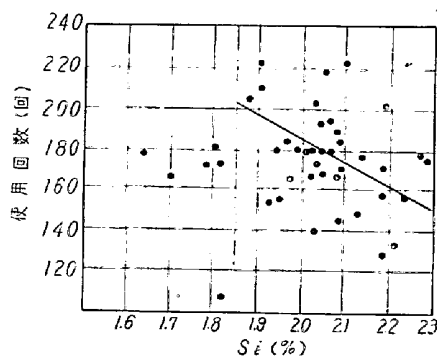


図 3-4-8 Si と寿命の関係 (住金・和歌山)

述べてあるが、神戸鋳鉄の結果では、図 3-4-11 に示すとおり Mg の増加に伴って寿命の低下することを明瞭に示している。

B 組織と寿命との関係

基地組織と寿命との関係は報告がなく判らない。なお

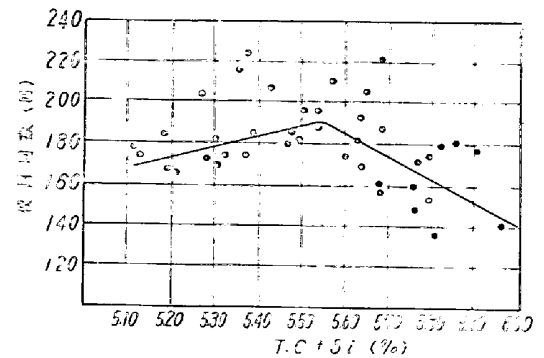


図 3-4-9 T.C+Si と寿命の関係

(住金・和歌山)

黒鉛の球状化程度

と寿命の関係は極めて強く、図 3-4-

12 に示した神戸鋳鉄の球状化点数と

寿命の関係および

住金・和歌山の図

3-4-13 球状化程度

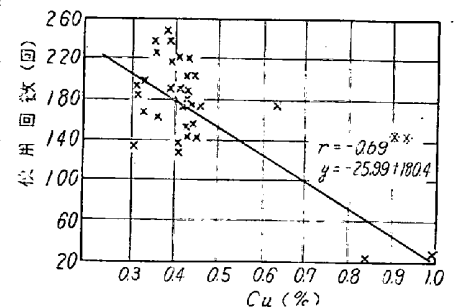
と寿命の結果が明

瞭にこれを示し、

図 3-4-10 Cu と寿命の関係

いずれも黒鉛球状

化の良好なもの程寿命が増加している。



註：図中 $y = 25.99 + 180.4$ は $y = 25.99x + 180.4$ の誤り

図 3-4-10 Cu と寿命の関係

(神戸鋳鉄)

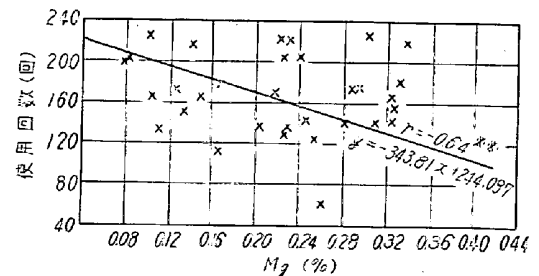


図 3-4-11 Mg と寿命の関係 (神戸鋳鉄)

C 機械的性質と寿命との関係

a. 抗張力、伸び

いずれも関係は認められないと述べている

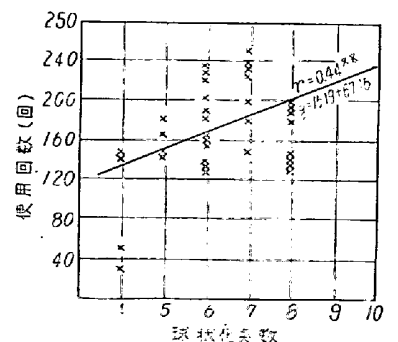
b. 硬度

図 3-4-14 ~ 図 3-4-16

より明らかなごとく、鑄放および焼鈍後ともに Hb100 ~ 200 の間の硬度においては高い方が

鑄型寿命の増加を示ししかも高度の相関を認めている。

鑄型の硬度は、鑄型の化学成分ならびに組織と密接な関係があり、これについて、神戸鋳鉄の調査結果では、



註：図中 $y = 16.19 + 67.16$ は $y = 16.19x + 67.16$ の誤り

図 3-4-12 黒鉛球状化点数と寿命の関係 (神戸鋳鉄)

表3・4・14ならびに、図3・4・17に示したごとく残留パーライト量も関係が強く、残留パーライト量の増加に伴ない硬度は増加している。

Cu, 残留Mg量はこれと逆の関係にあり、さきの化学成分の所で調査されたごとく、Cuはなるべく少なく、またMgは球状化に必要な最少限がよい。

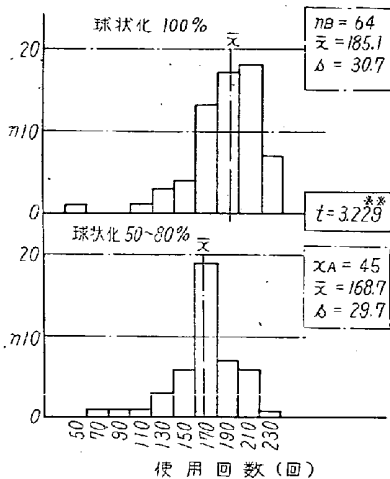


図 3・4・13
黒鉛球状化と寿命の関係
(住金・和歌山)

表 3・4・14 硬度 (H_B) と成分組織の関係

	Si	Cu	残留Mg量	残留パーライト量
H _B	-0.04	-0.47*	-0.38*	0.74**

(注) *5%有意. **1%有意

D 小括

化学成分、組織および機械的性質と寿命との関係についての報告を総括すると。

a. Cu および残留Mgはできるだけ低い方が望ましい。とくにMgの添加は球状化に必要な最少限に止める必要がある。

b. T.C, Si 量については異なった結果もあり、確たる結論は得られないが、他のCu, Mg, 硬度黒鉛球状化の程度などの

強い影響を有する因子の調節が行なわれた後に、再調査を行なえば明確なものが得られると考えられる。

c. 黒鉛の球状化は寿命にいちじるしく影響し、少なくとも80%以上の球状化が望ましい。

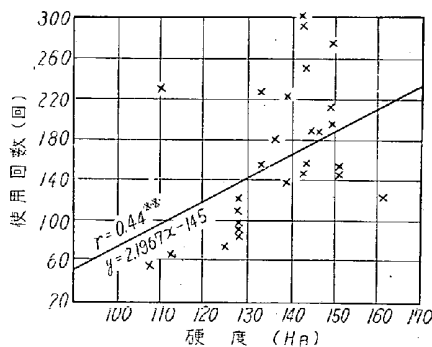


図 3・4・14 硬度と寿命の関係
(神戸鑄鉄)

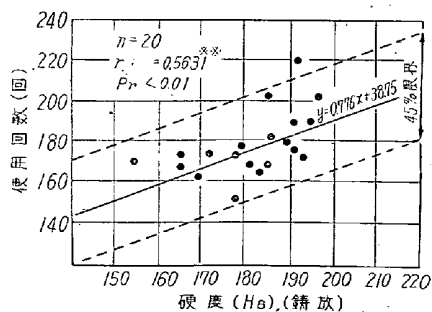


図 3・4・15 硬度と寿命の関係
(住金和歌山)

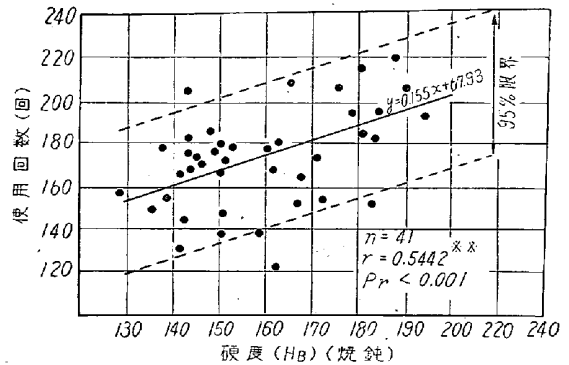


図 3・4・16 硬度と寿命の関係
(住金・和歌山)

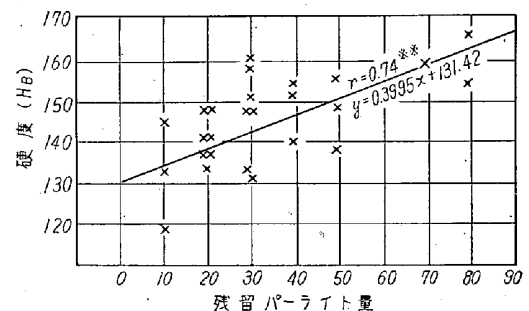


図 3・4・17 残留パーライト量と硬度の関係
(神戸鑄鉄)

d. 硬度 (H_B) 100～200 程度の範囲では高い程良好である。なおこれについては成分、組織とともに熱処理が大きく影響するので、今後検討を進める必要がある。

3・4・4 その他

ダクトイル鑄鉄製鋼型の黒鉛球状化検査法として久保田鉄工^{M-22)}より超音波による非破壊検査方法が報告された。これは水晶発振子により超音波(連続波)を供試体内に送り込み、共振を起させてその状態をブラウン管の影像で観察することができるようにした装置である。球状化検査には共振波形の高さによる方法と音速による方法の2種類

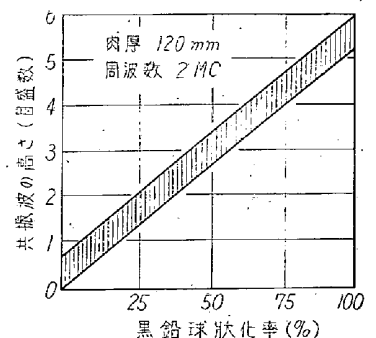


図 3・4・18
共振波と黒鉛球状化の関係

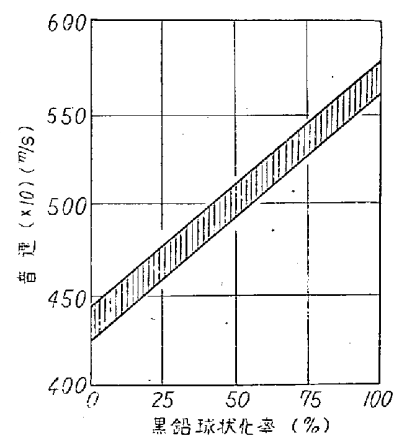


図 3・4・19
音速と黒鉛球状化の関係
は共振波形の高さによる方法と音速による方法の2種類

がある。

A 共振波形の高さによる方法

これは黒鉛球状化が進んでいるほど、超音波の減衰が少なく、共振波形が高くなることを利用したものである。

ただし、共振波形の高さは黒鉛球状化の程度他に、供試体の厚さによっても異なるため、図 3・4・18 に例示したような黒鉛球状化の程度と、共振波形の高さとの関係を数種の肉厚の標準試料についてあらかじめ求めておくことが必要で、そうすることによつて鑄型本体の黒鉛球状化の検査に使用できる。

B 超音波の音速による方法

これは鑄鉄中の音波の速度が、黒鉛球状化が進むにつれていろいろの物理常数が異なるために、早くなることを利用したものである。

図3・4・19は、標準試料について黒鉛球状化の程度と音速との関係を求めたもので、同種の鑄型については、これを基準に行なえばよい。

この方法によれば供試体の肉厚に無関係に図3・4・19を用い得る利点があるが、正確な肉厚の測定と周波数の測定に熟練を必要とする。

C 小 括

以上2つの方法の内、現場的には共振波形による方法が適しており、社内の品質管理に超音波厚み計を用いて黒鉛球状化の検査、とくに厚肉ものの内部検査に極めて有効で実績を挙げている。

3.5 特殊な製造方法による鑄型について

現在一般に使用されている鑄型はキューボラで溶製したC, Si の高い鑄鉄であるが、この節に集録する“特殊な

製造方法による鑄型”は、大別して“特殊な溶解法によるもの”と“特殊な原料銑を配合したものあるいは炉前処理によるもの”および“高炉溶銑を直接注入したものの”とである。しかしながら、それらの中には現在では必ずしも特殊といえないものもある。また実際にはここにまとめたもの以外の方法あるいは材質で製造している例もあるであろう。

3.5.1 特殊な溶解方法による鑄型について

A 日本鋼管

日本鋼管^{M-19)}では昭和30年に高温溶解および接種による鑄型を試作し、調査を行なつた。試作工場は、日本鑄造、前田鉄工、永瀬鉄工、佐久間鑄工、増清鑄工の5社で、試作鑄型は6 t 鋼塊用K60D, K 68-2, 4 t 扁平鋼塊用B40である。

a. 製造条件

高温溶解は1,520°Cの出湯温度を目標としてコークス比、風量等を調節した。接種試験ではCa-Siをt当り3~3.5 kg (Si量として約0.2%)とし、鍋移し、あるいは種で添加した。

目標成分は両試験ともつぎのとおりとした。

表 3.5.1 目 標 成 分 (%)

T.C.	Si	Mn	P	S
3.8~4.0	1.3~1.6	0.5~0.8	<0.5	<0.06

表3.5.2は溶解および地金配合記録であり、表3.5.3は鑄込条件である。

b. 試験材による調査結果

試験鑄型と同一溶湯でテストピースを鑄込み、これについて試験を行なつた結果を表3.5.4, 表3.5.5, 表3.5.6に示す。

表 3.5.2 溶 解 お よ び 地 金 配 合 記 録

試 験	符 号	製 造 所	キューボラ		操 業				地 金 配 合 (%)					
			容 量 t/h	羽 口 比 %	風 圧 mmAg	風 量 m ³ /mn	コ 比 ー ク ス %	出 湯 温 度 °C	釜 石 銑	鋼 管 銑	広 畑 銑	大 暮 木 炭 銑	磨 型 故 銑	そ の 他
高 温 溶 解	A	K	8	12	680	127	15	1,540	40	25	20	—	10	鋼屑 5
	B	L	8	6.9	700	145	16	1,510	40	10	10	20	20	—
	C	M	4	6.25	650	100	16	1,510	20	10	20	30	20	—
接 種	D	K	8	12	680	127	13.5	1,515	40	25	20	—	10	鋼屑 5
	E	N	7	9.5	550	75	9.5	1,420	38*	10	—	20	10	平炉銑*
	F	P	6	23.9	630	80	10	1,420	15	40	15	10	20	16 —

* 普通配合としては釜石銑 48% 平炉銑(鋼管) 6%である。

表 3.5.3 試 作 鑄 型

試 験	高 温 溶 解									接 種								
符 号	A			B			C			D			E			F		
製 造 所	K			L			M			K			N			P		
鑄 型 名 称	K60D			K60D			B40			K60D			K68-2			K68-2		
鑄 型 No.	34	36	37	25	26	27	300	301	302	33	35	41	20	21	22	38	39	40
出湯温度(°C)	1,525~1,550			1,500~1,530			1,500~1,520			1,510~1,520			1,410~1,435			1,410~1,425		
接種温度(°C)	—			—			—			種添加			1,284	1,314	1,293	1,330	1,330	1,340
鑄込温度(°C)	1,200			1,310	1,280	1,310	1,250	1,250	1,240	1,250~1,260			1,235	1,245	1,235	1,270	1,260	1,250
接種後鑄込までの時間(mn)	—			—			—			—			14	15	14	15	15	15

表 3.5.4 試 験 片 の 化 学 成 分 (%)

(30φ T.P.)

試 験	符 号	T.C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ti
高 比 較	A	3.84	1.65	0.44	0.205	0.050	0.11	0.05	0.08
	B	4.01	1.32	0.72	0.173	0.058	0.08	0.02	0.05
	b	3.87	1.33	0.76	0.181	0.038	0.08	0.04	0.05
	C ₁	4.05	1.13	1.17	0.197	0.052	0.08	0.05	0.06
	C ₂	3.94	1.17	0.62	0.205	0.076	0.09	0.05	0.05
高 比 較	C ₃	3.82	1.31	1.14	0.192	0.052	0.08	0.07	0.07
	C	3.91	1.29	1.10	0.208	0.063	0.08	0.10	0.07
	D	3.61	1.57	0.46	0.167	0.076	0.11	0.05	0.08
	e ₁	3.94	1.53	0.54	0.173	0.037	0.09	0.05	0.06
	E ₁	3.81	1.12	0.50	0.213	0.033	0.08	0.06	0.04
接 比 較	e ₂	3.91	1.56	0.48	0.189	0.033	0.09	0.03	0.05
	E ₂	3.89	1.15	0.54	0.227	0.038	0.08	0.03	0.04
	e ₃	3.74	1.47	0.54	0.132	0.044	0.07	0.03	0.07
	E ₃	3.94	1.21	0.58	0.227	0.033	0.08	0.03	0.07
	f ₁	3.91	1.21	0.38	0.203	—	0.08	0.05	0.05
接 種 前	F ₁	3.91	1.39	0.38	0.221	0.038	0.09	0.05	0.07
	F ₂	3.88	1.34	0.40	0.221	0.036	0.10	0.05	0.07

表 3.5.5 試 験 片 の 機 械 的 性 質

試 験	符 号	抗 折 試 験		引張試験 ①35φ ②120φ			硬 度 (10/1,000/30)							
		抗折力 kg	撓み mm	引張強さ ① kg/mm ²	伸 ① %	引張強さ ② kg/mm ²	表 面 よ り の 距 離 mm							
							0	5	10	20	30	40	50	60
高 温 溶 解	A	1,250	3.7	12.9	0.92	9.6	127	118	117	119	133	115	132	—
	B	1,065	3.7	13.3	0.76	12.6	112	110	123	130	128	133	—	—
	b	1,115	2.3	14.2	0.75	11.6	122	126	134	128	117	123	137	—
	C ₁	1,150*	2.9*	12.7	0.78	8.5	128	117	126	110	107	110	113	112
	C ₂	1,110	2.9	12.6	0.89	7.5	122	121	119	109	109	97	101	99
	C ₃	1,320	3.0	13.4	0.72	8.4	138	142	137	125	137	116	127	126
	C	1,250	3.1	13.1	0.70	9.4	131	130	119	116	113	112	117	114

抗折 30mmφ 鑄放し, 引張① 35mmφ より平行部20mmφ×130 ②120mmφより

* JIS 8号 (20 mm φ), 硬度 120mmφ

表 3.5.5 (Continued)

試 驗	符 号	抗 折 試 験		引張試験 ①35φ ②120φ			硬 度 (10/1,000/30)							
		抗折力 kg	撓み mm	引張強さ ① kg/mm ²	伸 ① %	引張強さ ② kg/mm ²	表 面 よ り の 距 離 mm							
							0	5	10	20	30	40	50	60
接 種	D	1,175	3.0	16.2	0.87	10.7	135	133	137	120	128	126	119	117
	e ₁ *	1,100	4.0	15.0	0.69									
	E ₁	980	2.8	10.9	0.73	13.4	135	122	123	123	120	117	116	112
	e ₂ *	1,100	4.2	15.7	0.81									
	E ₂ *	870	2.3	12.4	1.24									
	e ₃	950	3.0	13.1	0.81	8.4	151	143	137	128	141	124	116	122
	E ₃ *	1,140	3.0	—*	—*									
	f ₁	1,015	3.4	13.1	0.98	7.7	116	117	114	109	121	118	124	112
	F ₁	970	3.1	13.6	1.05	9.8	112	109	110	98	100	104	124	101
	F ₂	809	3.0	—*	—*	12.1	121	118	117	114	112	119	108	—

* 鑄巣あり. * 120 mm φ 試験片を採取せず.

表 3·5·6 顯 微 鏡 組 織 (120 mm ϕ 試驗片)

試 験	符 号	グ ラ フ ァ イ ト の 長 さ (鋳物部会制定の記号)													基 地 の 組 織 *		
		表 面 よ り の 距 離 (mm)													フイ エ ト ラ	パーライト	
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60		普通	微 ソ ル ビ テ ック
高 温 溶 解	A	3	3	3	3	3	3+2	4+2	2	2	2	2	2	2+5	1	6	3
	B	4	3	3	3	3	2	3	4	4	4	5+3	3+4	2+4	2	3	5
	b	4	3	3	3	3	3	4+2	4+5	5+2	2	2	2	1	1	3	6
	C ₁	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	nil	5	5
	C ₂	5	3	3	3	2	2	2	2	1	2	2	1	2	0.5	8	1
	C ₃	4	3	3	3	3	4	4	3	2	2	2	2	2	nil	5	5
	C	6	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	nil	4	6
接 種	D	4	4	4	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	0.5	7	2
	E ₁	5	4	3	3+2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0.5	5	4
	e ₃	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	nil	3	7
	f ₁	4	4	3	3	3	2	3	3	3	3	4	3	3	1	7	2
	F ₁	4	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	2	1.5	7	1
	F ₂	6	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	7	1

* 中央部で基地面積に占める割合を示す. ($\times 300$) 視野数 15~20 の平均

鑄型材として有利と考えられる点は

(1) 応力—伸線図の形状がよくなり、伸びが大きくなる。

(2) 基地の組織が軟か目となる.

この2点は熱的ショックに対する抵抗性の増加を期待させる。

c. 試験鑄型の使用結果

試験鑄型の形状、重量および寸法は表 3・5・7 に示すとおりである。それ等の使用結果は型別にまとめて表3・5・8、表3・5・9、表3・5・10に示す。試験鑄型の使用条件はすべて普通鑄型と同一であつて、使用開始より廃却に至る間、ときどき内面の状況を観察した。

表 3・5・7 試験鑄型の形状寸法および重量

使用工場			鋼管・川崎	鋼管・川崎	鋼管・鶴見
鑄型名称			K60D	K68-2	B40
鋼種別			キルド, セミキルド, リムド	キルド, リムド	リムド
上注, 下注の別			上注	下注	下注
形状重量	断面形状		角 (コルゲート付)	角	扁平
	鑄型単重 (A)	kg	5,800	4,850	5,005
	鋼塊単重 (B)	kg	6,000	5,600	4,050
	鑄型重量比 A/B		0.97	0.86	1.24
	頭部寸法	mm	620φ	629φ	1,030×370
	底部寸法	mm	680φ	680φ	1,070×410
および寸法	各辺の比	上下	1 1	1 1	2.78 2.61
	各辺の厚さ	上下 mm mm	116 106	110 145	110 130
法	鑄型高さ	mm	2,200	2,100	1,680
	傾斜	mm/m	12.3	12.2	11.9

表 3・5・8 K60D 試験型の使用成績

試験	メーカー	鑄型 (No.)	使用成績	廃却原因	備考
高温溶解	K	34	87回	割 (縦角)	普通鑄型の平均寿命 (7~9月) 119 回 (内 K 社分 92.0 回)
		36	102回	割 (縦角)	
		37	98回	// //	
	L	25	148回	割 (縦角)	同上 (内 L 社分 137.8 回)
		26	148回	// //	
		27	132回	// //	
接種	K	33	未使用	—	同上 (内 K 社分 92.0 回)
		35	95回	割 (縦角)	
		41	未使用	—	

表 3・5・9 K68-2 試験型の使用成績

試験	メーカー	鑄型 No.	使用回数	廃却原因	備考
接種	P	38	248	亀 (荒)	普通鑄型の平均寿命 (7~9月) 220 回 (内 P 社分 212.6 回)
		39	248	//	
		40	247	//	
	N	20	202	//	同上 (内 N 社分 193.0 回)
		21	194	割 (縦平)	
		22	193	亀 (荒)	

表 3・5・10 B40 試験型の使用成績

試験	メーカー	鋳型 No.	使用成績	備考
高温溶解	M	300	13 回 型 入	普通鋳型平均 (6~8月) 62 回
		301	2回割(縦角下)	
		302	47回割(横 中)	

d. 試験鋳型成績の総合判定

同一鋳型であつてもメーカー別の試験の成績は必ずしも一致していない。M社 B 40 型は扁平鋳型であるが低Si-高Mnになつたために早期に廃却になつた。他の4社についてみると、Siがやや高めのK社(K60D)およびやや低目のN社(K68-2)ではさほど高温溶解または接種の効果が現われていないが、L社(K60D)およびP社(K68-2)では多少とも処理の効果がみとめられた。なおこの種の試験には作業の不馴れな点も関係しているが、地金配合および化学成分が鋳型寿命に影響しているものと思われる。

高温溶解または接種によつてサーマルショックに対する抵抗性の向上は認められたが、低炭素鋳鉄(亜共晶成分)におけるような黒鉛形状の改善および非金属介在物の減少は確認できなかった。

B 日本特殊鋼

日本特殊鋼^{M-23,46)}では従来から塩基性電弧炉による普通鋳鉄の溶解を行なっているが、この方法により100%鋼屑配合の溶解を行ない、その他適当な成分の採用によつて鋳型材への応用を試み、普通鋳鉄鋳型と性能比較をした。

a. 製造法

100%鋼屑配合による塩基性電弧炉溶解では自然に高温溶解となつて、Cによる脱酸、SiO₂、MnOよりSi、Mnの還元が促進され、P、Sの低いことはもちろん、溶解初期にあたつてSiの少ないことからO₂がSiO₂として液相中に固定される機会も少ないなど、鋼屑配合の意図が十分に活かされるので実際操業に当つて、C、Siの成分調整が任意に行えれば、これによつて強力鋳鉄を得る目的が達せられる。従つて、100%鋼屑配合により高温溶解、高温脱酸に努め、加炭後Fe-Siによる接種を行なつた。

なお、加炭剤には粉碎した電極屑を使用した。

b. 試作鋳型の性質

(1) 化学成分 (%)

表 3・5・11 試作鋳型の化学成分

T.C	G.C	Si	Mn	P	S
2.92	1.83	1.52	0.66	0.017	0.010

Sc	H ₂ (cc/100g)	O ₂	N ₂
0.78	4.25	0.00029%	0.0055%

* ガス分析は真空溶融法による。

(2) 機械的性質(堅込丸棒)

抗張力 33.4kg/mm²

抗折力 3,250kg(33mmφ黒皮)

(3) 顕微鏡組織

黒鉛は微細化され無方向性均一分布をしており、基地は微細パーライトで、遊離セメントタイト、燐化鉄共晶、その他の介在物は全たく認められない。

c. 比較試験

表3・5・12の3種のR280kgの鋳型を同一条件で鋳込み使用成績を比較した。

表 3・5・12

	試験鋳型	T.C	G.C	Si	Mn	P	S
A	上記試作鋳型	2.92	1.83	1.52	0.66	0.017	0.010
B	自社製普通鋳鉄鋳型	3.50		1.65	0.58	0.171	0.024
C	外注A社製	不詳		—			

その際の使用条件を表3・5・13に使用結果を表3・5・14に示す。

表 3・5・13 使用条件

鋳込鋼種	肌焼鋼，構造用鋼，強靱鋼，その他特殊鋼
鋳込法	上注法
鋳込温度	1,400~1,440 (Optical)
鋼塊抜取時間	鋳込後 40mn
鋳型塗布剤	精鋼材

試作鋳型のクレージング発生時期はB、Cに比らべ遅い傾向を示し、進行後期の速度はやや早い。しかし縦割れのなかつた点は良好であり、使用寿命の向上が認められた。

3・5・2 特殊原料鉄の配合あるいは炉前処理による鋳型について

A 日本製鋼所

日本製鉄所^{M-50)}ではVantite鉄鉄を7t@1, 8t@1鋳型の製造に使用した。

a. 溶解要領

配合率予定成分、鋳込記録等を表3・5・15、表3・5・16、表3・5・17に示す。なお、実際作業においてSは普通鋳鉄使用の場合と大差なく、Tiによる脱硫効果は認められなかつた。

表 3・5・14 使用結果

	No.	Craze 発生時期	Craze進行状況 (次第に進行しつつ)	立割 発生	その他	廃却 回数
A 試作 鋳型	1	83回で下半部に発生(小)	100回で全面に発生(大)	なし		100回
	2	41回 //	57回でやや大なるものを全面に発生92回で大となる	//		92 //
	3	34回 //	87回で全面に発生(大)	//		87 //
	4	52回では発生せず	\		底部破損のため使用休止	
B 自社製 普通鋳鉄 鋳型	5	30回前後(25~35回)で 下半部に発生(小)	90回で大となる。	発生(大)		90回
	6		61回で全面に中程度となる	//		61 //
	7			なし	底部破損 46回	
	8			//	// 43回	
	9		57回で全面に発生(大)	//		57 //
	10			//	底部破損 41回	
	11		96回で全面に発生(大)	//		69 //
C 外注 A社製 普通鋳鉄 鋳型	12	30回前後で下半部に発 生(小)	次第に進行	発生(大)		60回
	13		//	//		57回
	14		//	なし	底部破損 38回	
	15		81回でやや大となり97回で全面大となる	下部に大きく発生		97 //
	16	23回では発生せず	\	なし	底部破損 23回	

表 3・5・15 原料・銑鉄の化学成分と配合割合

配合(%)		成分(%)							
		C	Si	Mn	P	S	Ti	V	
原料銑鉄									
輪西	鋳物用銑鉄	40	3.94	2.16	0.54	0.156	0.017		
輪西	製鋼用銑鉄	20	4.62	0.74	0.98	0.315	0.029		
パン	チット銑鉄	20	4.26	1.10	0.90	0.050	0.029	0.474	0.602
鋼	屑	20	0.20	0.30	0.50	0.020	0.030		

表 3・5・16 目標成分と産出予定成分

成分	C	Si	Mn	P	S	Ti	V
目標成分	3.6~3.8	1.4~1.6	0.6~0.9			0.10程度	0.10程度
産出予定成分	3.75	1.48	0.75	0.133	0.045	0.095	0.120

表 3・5・17 鋳込記録

区分	品名	鋳込重量	出湯温度	鋳込温度	鋳込速度	備考
1回目	8㊟1ケース No. 40	10.350 t	1,460°C	1,305°C	75s/本	3"φ×4
2回目	8㊟1ケース No. 41	10.370 t	1,460°C	1,290°C	65	段堰鋳込
	7㊟1ケース No. 51	9.800 t	1,460°C	1,310°C	67	

b Vantite 銑鉄配合鋳型の使用成績ならびに考察 却理由もクレージングとそれにもとづく割れであつて、
クレージングの発生時期は従来のものと大差なく、廃 明瞭な寿命の差は認められなかつた。

表 3・5・18 原 料 配 合 表

製 造 品 名	配合率	鋼管鉄 1-A	釜石鉄 1-B	米国鉄 (S・F)	米国鉄 (不明)	大 暮 木炭(緑)	大 暮 木炭(赤)	廃 型	残 湯 返り材
	溶鉄量								
自工場用型込用定盤	7・700 t				20%			60%	20%
HB 5 铸 型	16・890 t	5%	30%	35%		10%	10%	10%	

表 3・5・19 添 加 剤 化 学 成 分 表

化学成分(%)	C	Si	Ti	Al	Mg	Fe	Ca
添加剤名							
Fe-Ti	0・055	1・82	26・48	9・98			25~60
Ca-Si	1・0 以下	55~60					
Si-Mg		47・90			20・65	27・48	

表 3・5・20 添加剤投入量 (溶湯20kgに対し)および注入温度表

試料番号	Fe-Ti	Ca-Si	Si-Mg	出 湯 温 度	铸 込 温 度	備 考
No. 1				1,464°C	1,300°C	铸肌良注入後少しく湯洩れ
No. 2	150gr	60gr		1,464°C	1,300°C	〃
No. 3	150gr		100gr	1,460°C	1,300°C	〃
No. 4		60gr		1,452°C	1,300°C	〃
No. 5			300gr	1,452°C	1,280°C	〃
No. 6				1,423°C	1,280°C	〃

なお、試験片のマクロ組織には従来のものには見られない引け巣状のデンドライトが発生した。

B 前田鉄工^{M-51)}では铸型製作費の大部分を占める原料鉄に着目し(Fe-Ti), (Ca-Si), (Si-Mg)の脱窒, 脱酸剤を複合あるいは単独に少量添加して, その結果を調査した。

a. 試料の製作

廃型を主とした表3・5・18の如き粗悪配合の铸铁を8 t キュボラにて溶解し 20kg の溶湯を採取し, 取鍋中に表3・5・19のごとき成分の添加剤を単独あるいは複合添加した。それらの投入量を表3・5・20に示す。

製作する中型铸型の肉厚は100mm 前後であるので試験材は100×100×150mm(高さ)の乾燥型(外型用砂を使用)で製作した。

b. 調査結果

(1) 破面観察

破面の組織は No. 1, No. 6 は粗粒, No. 2, No. 3 はやや粗粒, No. 4 は中粒, No. 5 は細粒であり, 添加剤を加えたものは中央部と側部の別が少なく組織は均一であった。

巣は No. 1 の上部に多く, 引け巣は No. 6 に顕著で

Ca-Si を使用した No. 2, No. 4 は殆んどなくマグネシウムを使用した No. 3, No. 5 は上部表面に近い処に, はなはだ細かいピンホールが発生していた。

(2) 化学分析

C, Si, Mn は中心部, 外側部で何らの変化なく, P は中央部が一般に低く, S も外周部が高い。No. 5 は脱硫されて, 特に中心部で減少していた。N は一般の文献に見られるものより高く, 約3 倍の値を示しているが Fe-Ti を使用した No. 2, No. 3 は少量ながらいずれも使用しない No. 1 より低下し, No. 4, No. 5 はいずれも No. 1 より高く出ている。

これは合金鉄中に含まれたものが入ったものと想像される。

試料の化学成分ならびに物理的性質を表3・5・21に示す

(3) 酸化増量試験

試料は 20mmφ×25mm の柱状試料を切削しエメリー研磨紙で0 番まで研磨した。この試料を磁性坩堝に入れ 3mm 程度蓋を開いて電気マッフル炉に装入し加熱し, 1,000°C に5 時間保持後炉冷を行ない, これを繰り返す毎に酸化増量を求めた。その際温度の補正, 均一を計るべく努めた。その結果を図3・5・1に示す。

表 3.5.21 化学成分ならびに機械試験表

試料 番号	化 学 成 分 (%)											機 械 的 性 質			備 考
	C	Si	Mn	P	S	Ti	Mg	Cu	Ni	N	O	抗張力 kg/mm ²	衝撃値 シャルピー kg-m/cm ²	硬度 ブリ ネル	
No. 1	3.84	1.14	0.38	0.24	0.085					0.0093	0.009	11.47	0.303	123	側 部
	3.95	1.04	0.40	0.20	0.078									134	中心部
No. 2	3.89	1.21	0.38	0.26	0.070	0.05				0.0088	0.023	12.9	0.303	123	側 部
	3.86	1.30	0.42	0.25	0.058									118	中心部
No. 3	3.89	1.36	0.40	0.27	0.070	0.05	0.007			0.0089	0.011	12.1	0.303	121	側 部
	3.67	1.39	0.38	0.22	0.058									121	中心部
No. 4	3.75	1.46	0.40	0.29	0.070					0.0104	0.010	15.6	0.131	131	側 部
	3.81	1.41	0.42	0.22	0.063									128	中心部
No. 5	3.89	2.01	0.43	0.29	0.062		0.039			0.0099	0.006	21.2	0.303	166	側 部
	3.77	1.99	0.42	0.21	0.023									163	中心部
No. 6	4.01	1.55	0.54	0.15	0.048					0.0065	0.007	14.3	0.303	121	側 部
	3.89	1.54	0.54	0.16	0.043									134	中心部
No. 7	4.30	3.14	0.30	0.30	0.015		0.045								
No. 8	3.33	1.70	0.31	0.10	0.022		0.040	0.18	0.022						

(注) No. 7, No. 8 はそれぞれA社, B社のノジュラ鉄であり, No. 8 は廃却鑄型の底部外側から切り出した。

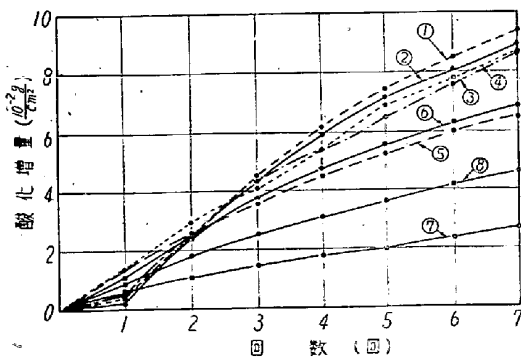


図 3.5.1 酸化増量比較

これを総括してみても、原料の悪いものは酸化はなはだしく、添加剤を少量使用したものはいずれも多少その効果を頭わし、木炭鉄20%配合の鑄型材料は優秀であり、さらにMgを300g加えたNo.5は結果がよかつた。なおFe-Tiを加えたものはさほど効果なく、Fe-Ti, Ca-Siを複合添加したものより同量のCa-Siを単独に加えたものの方が少し結果がよかつた。

c. 結 論

(1) 木炭鉄20%配合したものは確かに耐酸化性が優秀

である。

(2) 強力脱酸剤を使用して脱酸した鉄は耐酸化性を増す。

(3) Mg添加においてはMg添加量に比例して耐酸化性を増す。

(4) 黒鉛の形状は耐酸化性に大きな意義を有し、マトリックスも大きな因子をなすものと考えられる。

3.5.3 高炉溶鉄注入鑄型について

A 八幡製鉄 八幡製鉄^{M-57,83,127)}では昭和31年8月に高炉溶鉄(製鋼鉄)の直接注入鑄型を試作して以来9回にわたって各種の鑄型を約400本製造した。その間に種々の調査を行なつた結果、現在では表3.5.22に示すような成分範囲の製鋼鉄を混鉄炉から鑄型鑄造工場へ廻送して鑄造している。

表 3.5.22 希 望 成 分 (%)

C	Si	Mn	P
4.3 内外	0.5~0.9	0.7~0.9	<0.30
S	Ti	注 入 温 度	
<0.03	<0.2	1,250° 以上	

a. 鑄造履歴

高炉溶銑注入鑄型の化学成分ならびに注入温度を表3・5・23に示す。

表 3・5・23 化 学 成 分 ならびに 注 入 温 度

種 別	製 造 時 期	名称並び に 本 数	化 学 成 分 %							注入温度℃		備 考
			C	Si	Mn	P	S	Ti	C. E	Ist. 取鍋	IIInd 取鍋	
高 炉 溶 銑	1 回	C-61	平均4'35	0'84	0'82	0'300	0'027		4'69	1,309	1,278	東田6高炉 より
	昭31'8	12本	範囲4'25 ~4'48	0'48~ 1'16	0'69~ 0'91	0'289~ 0'316	0'024~ 0'030					直 送
	2 回	C-61 11本	〃 4'30	0'70	0'77	0'310	0'034	0'17	4'60	1,263	1,235	〃
	32'2~3	B型18本	〃 4'04~ 4'46	0'58~ 0'88	0'51~ 0'86	0'281~ 0'338	0'030~ 0'048	0'13~ 0'21				〃
	3 回	C-61 22本	〃 4'40	0'70	0'91	0'320	0'037	0'23	4'71	1,268	1,236	東田混銑炉
	33'1~2	B-8'5 20本	〃 4'18~ 4'65	0'56~ 0'92	0'70~ 1'16	0'240~ 0'355	0'024~ 0'054	0'20~ 0'27				廻 送
	4 回	C-61	〃 4'36	0'68	1'01	0'355	0'026	0'20	4'67	1,253	1,250	〃
	33'9	40本	〃 4'17~ 4'57	0'56~ 0'76	0'84~ 1'14	0'319~ 0'383	0'016~ 0'036	0'14~ 0'25				〃
	5 回	〃	〃 4'37	0'65	0'89	0'294	0'028	0'18	4'65	1,275	1,267	〃
溶 銑	33'10	〃	〃 4'23~ 4'61	0'44~ 0'90	0'74~ 1'11	0'248~ 0'351	0'022~ 0'034	0'12~ 0'23				1 部接種
	6 回	C-61	〃 4'44	0'69	0'84	0'352	0'028	0'16	4'75	1,282	1,269	〃
	33'10~11	60本	〃 4'07~ 5'01	0'48~ 0'88	0'66~ 0'94	0'302~ 0'421	0'016~ 0'040	0'09~ 0'24				〃
	7 回	C-61 45本	〃 4'44	0'83	0'91	0'252	0'026	0'21	4'77	1,271	1,262	〃
	34'1~2	B-9'5 16本	〃 4'08~ 5'00	0'60~ 1'20	0'71~ 1'18	0'213~ 0'340	0'012~ 0'038	0'13~ 0'34				〃
鉄	8 回	C-61 40本	〃 4'32	0'62	0'84	0'233	0'027	0'09	4'58	1,272	1,261	〃
	34'3~4	B型 20本	〃 4'12~ 4'95	0'40~ 0'90	0'65~ 1'03	0'194~ 0'290	0'016~ 0'036	0'05~ 0'15				接種なし
キ ュ ポ ラ 銑	9 回	C-61 40本	〃 4'31	0'71	0'93	0'227	0'026	0'11	4'59	1,264	1,253	〃
	34'5~6	B 9 A 20本	〃 4'12~ 4'51	0'50~ 0'92	0'81~ 1'03	0'185~ 0'292	0'016~ 0'036	0'08~ 0'17				〃
キ ュ ポ ラ 銑			3'60~ 3'90	1'00~ 1'40	0'50~ 0'80	0'15~ 0'20	0'04~ 0'06	0'10 内外	4'0~ 4'4	1,280~1,300		

(表 3・5・23 の注)

1) $C. E. = C\% + 0.3(Si+P)\%$

2) 鑄型の形状

名 称	形 状	鑄型単重	鑄 型 比	扁 平 度
C-61	下広角型	5,150 kg	1.24	—
B-8.5	〃 扁平型	8,970 〃	1.06	1.57
B-9A	〃	9,550 〃	1.07	〃
B-9.5	〃	9,850 〃	1.04	〃

表 3・5・24 高炉溶銑注入鑄型の使用成績 (昭 34.7.6 現在)

製造 期間	鑄 型 名 称	製 造 本 数	廃 却 鑄 型 の 使 用 成 績						初期割れ 本 数 (回数)	使 用 中 の 成 績		
			廃却 本数	平均回数	持続範囲	延長率*	廃 却 原 因			本数	平均使用 回数	平均使用 範囲
							割れ	亀 甲				
1 回	T. C-61	12本	12本	150.5回	131~212回	+19.0%	0%	100%	0 本	0	—	—
2	T. B-10A	5	5	74.0	26~121	+ 0.7	100	20	1(19回)	0	—	—
	K. B-8.5	5	5	65.8	2~129	-33.7	60	(頭部破損20)	1(21〃)	0	—	—
	S. B-7	5	5	122.2	53~191	-17.2	60	40	0	0	—	—
	T. B-3	3	3	78.3	62~100	+18.5	100	0	0	0	—	—
	H. C-61	4	4	120.0	99~154	+15.2	0	100	0	0	—	—
	S. C-61	3	3	167.7	133~189	+33.8	〃	〃	0	0	—	—
	T. C-61	4	4	179.3	155~192	+ 3.8	〃	〃	0	0	—	—
3	K. B-8.5	20	20	91.4	3~196	-28.6	45	55	10(3~33)	0	—	—
	H. C-61	11	11	104.5	90~118	+ 4.5	0	100	0	0	—	—
	T. C-61	11	11	172.5	74~233	+ 1.4	45	55	0	0	—	—
4	H. C-61	20	20	74.0	1~138	-32	50	50	7(1~33)	0	—	—
	S. C-61	20	20	142.9	4~217	+4.4	30	70	2(4.19)	0	—	—
5	H. C-61	20	19	122.3	77~146	+ 2.5	0	100	0	1	153	—
	S. C-61	10	9	175.6	148~198	+24.8	0	100	0	1	115	—
	T. C-61	10	10	175.8	103~210	+ 8.5	10	90	1(33)	0	—	—
6	H. C-61	39	28	114.4	94~147	+ 3.0	0	100	0	11	100.4	65~127
	S. C-61	1	1	173	173	+23.0	0	100	0	0	—	—
	T. C-61	20	20	179.6	141~218	+10.8	0	100	0	0	—	—
7	K. B-9.5	16	10	122.9	70~173	+ 6.6	40	60	2(26.32)	6	114.5	26~161
	H. C-60	6	4	114.5	112~117	+ 3.0	0	100	0	2	100	85~115
	S. C-61	14	3	143	125~166	+ 1.6	0	100	0	11	155.7	110~178
	T. C-61	25	4	165.5	155~174	+ 2.1	0	100	1(33)	9(未使用 12本)	146.5	30~200
8	K. B-95	19	5	99	70~115	-15.5	20	80	0	14	89.8	52~116
	B-9A	1	(0)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(0)	(1)	(50)	(—)
	H. C-61	19	0	—	—	—	0	—	0	17(未使用 2)	76.4	19~100
	S. C-61	21	0	—	—	—	0	—	0	18(未使用 3)	84.6	1~116
9	K. B-9A	20	0	—	—	—	—	—	0	16(未使用 4)	26.3	2~ 44
	H. C-61	20	0	—	—	—	—	—	1 (18)	20	31.6	1~ 49
	S. C-61	20	0	—	—	—	—	—	0	7(未使用 13)	33.9	21~ 43

* 延長率は同期のキュボラ吹製鑄型の持続回数に対する延長率を示す。

表 3・5・25 特 殊 元 素 の 含 有 量

		特 殊 元 素 (%)						メ タ ル ガ ス		
		Ni	Cr	As	Sn	V	Ti	O (%)	H (%)	N (%)
高炉鉄	平均	0.018	0.09	0.027	0.016	0.08	0.17	0.0016	0.00016	0.0058
	範囲	0.013 ~0.022	0.08~0.10	0.024 ~0.031	0.011 ~0.020	0.07~0.10	0.13~0.21	0.0008 ~0.0039	0.00012 ~0.00023	0.0037 ~0.0068
キューボラ鉄		0.022 ~0.039	0.06~0.07	0.034 ~0.041	0.019 ~0.022	0.03~0.04	0.09~0.10	0.0019~0	0.00011 ~0.00017	0.0047 ~0.0054

b. 使用成績

使用成績を表3・5・24に示す。

c. 材質の調査結果並びに考察

(1) 特殊微量元素の含有量

高炉鉄の特殊元素含有量はキューボラ鉄に比較して大差なく、メタルガス量のバラツキは大きい。

(2) 常温における機械的性質

高炉鉄とキューボラ鉄の両者について 35mmφ の生砂型に鑄込んだ試験棒によつて調査した。

炭素当量と硬度と抗張力の関係を図3・5・2、図3・5・3、図3・5・4に、また抗折試験による荷重撓み曲線および弾性係数と抗張力の関係をそれぞれ図3・5・5、図3・5・6に示す。

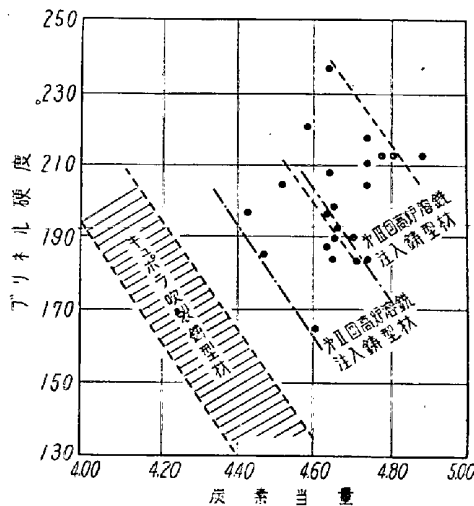


図 3・5・2 炭素当量と硬度の関係

鋼塊鑄型の割れは造塊時に鑄型壁の外面に発生する引張熱応力が鑄型材の抗張力より大になったときに発生すると考えられこの熱応力は鑄型の形状等の影響を受けるが鑄型材の弾性係数熱膨脹係数、ポアソン数などに比例して大きくなる性質があるので、鑄型材としては抗張力が大きく、弾性係数、熱膨脹係数等の小さい材質が望ましい。

(3) 機械的性質におよぼす化学成分の影響

高炉鉄は Ti 含有量が高いがこれの抗張力におよぼ

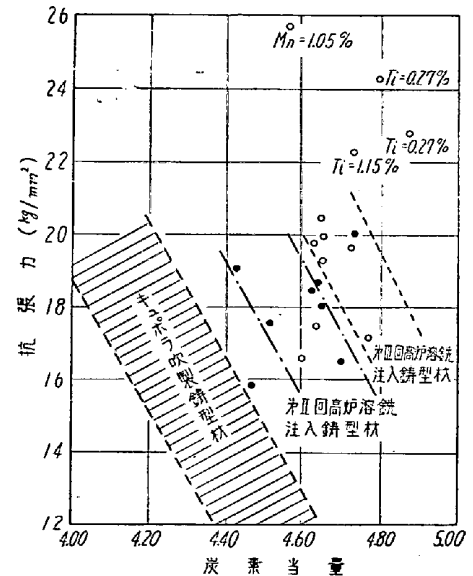


図 3・5・3 炭素当量と抗張力の関係

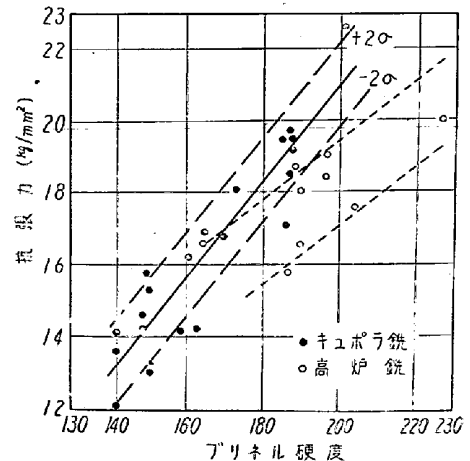


図 3・5・4 抗張力と硬度との関係

す影響を図3・5・7に示す。

また図3・5・8には Ti 含有量と弾性係数／抗張力の関係を示す。図中の○印はMn, P含有量が表3・5・23に示した希望成分範囲にあるもので、×印はそれらが高くはなれたものを示し、Iは接種(Fe-Si 0.2%程度添加) Mは混鉄(キューボラ鉄30%混鉄)したものである。

すなわち、Ti, Mn, P 含有量の高いものは割れの危険性が多く接種あるいは混鉄はその危険性を少なくする効

表 3.5.26 注入温度による機械的性質ならびに化学成分の変化

注 入 温 度	抗 張 力 (kg/mm ²)	硬 度 (H _B)	抗 折 試 験		化 学 成 分 (%)				
			荷 重 (kg)	撓 み (mm)	C	Si	Mn	P	S
高 温 (1,285°C)	20.5	183	1,235	3.27	4.44	0.56	0.93	0.321	0.038
低 温 (1,236°C)	20.1	215	1,378	2.73	4.32	0.60	0.91	0.324	0.042

(注) 35mmφ 生砂型試験棒による。

果がある。

(4) 注入温度の影響

注入温度が比較的低い場合には取鍋内におけるキッシュ黒鉛の発生量が多くなり、試片の破面にはセメントタイトが多量に認められ、表3.5.26図3.5.9に示すように硬度は大、撓み量は小となつて高温注入のものより脆くなる。

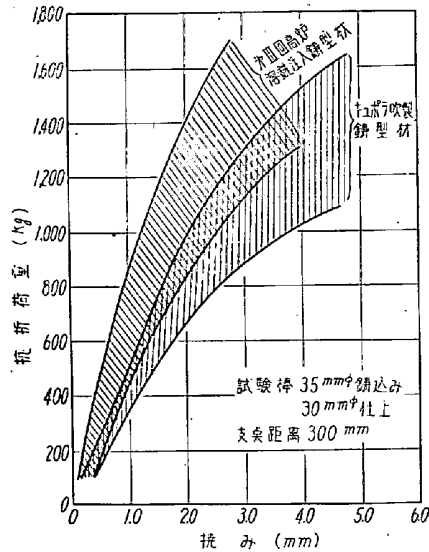


図 3.5.5 鋳型材の抗張力-撓み曲線

* 弾性係数の計算式

$$E = \frac{Pl^3}{48If}$$

P: 荷 重

l: 支点距離

I: 慣性モーメント

f: 撓 み

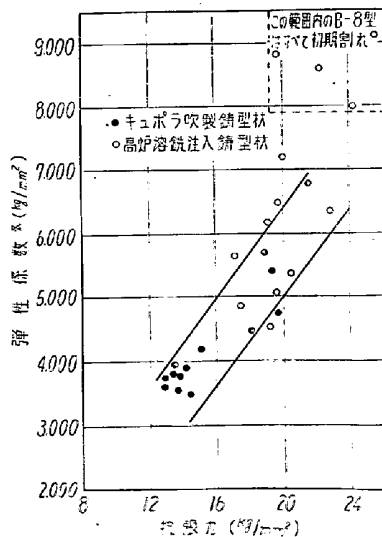


図 3.5.6 抗張力と弾性係数*の関係

(5) 疣状試験片の組織ならびに硬度

鋳型本体の外側中央部につけた疣状試験片 (65mmφ × 60mm) の最も冷却の速い先端 (図3.5.10のB部) の組織はキッシュ鋳ではフェライトが多く、高炉鋳では本体

に連結していた面 (図3.5.10A部) と同様にパーライト地である。

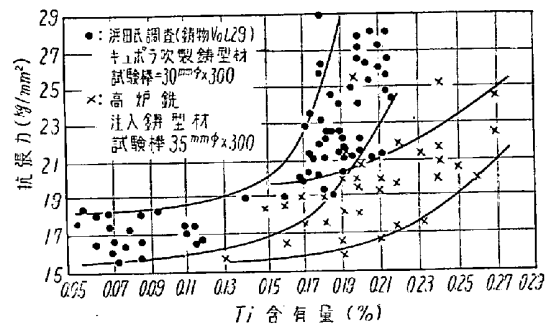


図 3.5.7 Ti 含有量と抗張力の関係

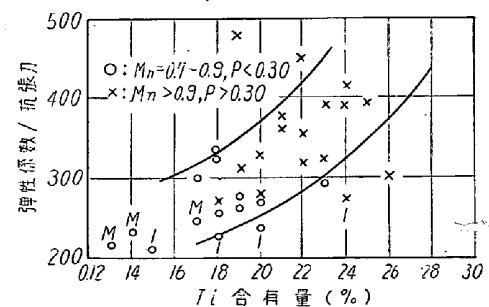


図 3.5.8 高炉鋳の含有量と (弾性係数/抗張力) の関係

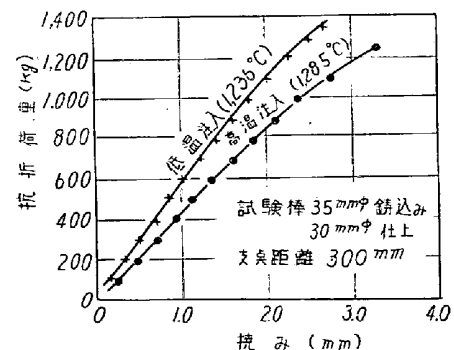


図 3.5.9 抗折力-撓み曲線

図3.5.10は両者の硬度測定結果である。鋳型の内面はこのB部と同様の組織を呈するはずであるから、この点が高炉溶注注入鋳型の耐クレーシング性の大きい一つの原因となつているものと考えられる。

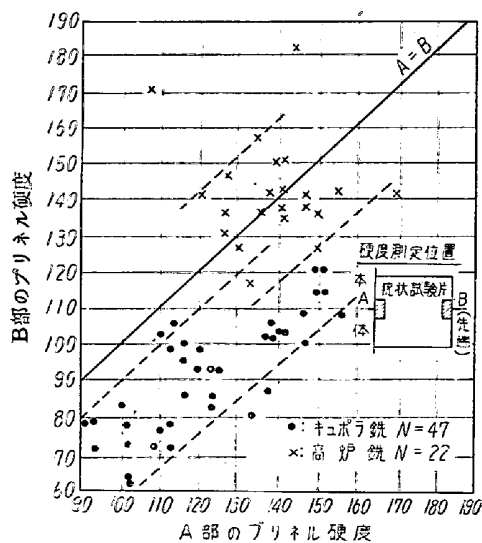


図 3.5.10 疣状試験片の硬度差
(C-61 鋳型)

(6) 成長性

キューボラ鉄と高炉鉄の試料を $800^{\circ}\text{C} \times 1\text{h}$ 反復加熱して成長試験を行なった結果は図3.5.11に示すように高炉鉄の成長率の方が小さく、耐成長性が優れている。

d. 結 論

(1) 高炉鉄注入鋳型は角型の C-61のみならず最近では大型扁平型鋳型の B-9.5などにも初期割れが殆んどなく、使用成績は非常に良好である。

(2) 高炉溶鉄の化学成分は $\text{C}=4.3\%$ 内外, $\text{Si}=0.5\sim 0.9\%$, $\text{Mn}=0.7\sim 0.9\%$, $\text{P}<0.30\%$, $\text{S}<0.03\%$, $\text{Ti}<0.2\%$ が適当であつて, Mn , P , Ti などがこれ以上高くなると割れの危険性がある。

(3) 注入温度が低いと割れやすくなるので $1,250^{\circ}\text{C}$ 以上位で注入すべきである。

(4) 接種を実施すれば割れを防ぐのに非常に効果がある。

(5) 高炉鉄は耐クレーシング性が優れており、このため鋳型の寿命が長くなる。

B 富士製鉄釜石

富士製鉄釜石^{M-125)}では高炉溶鉄がそのまま繰返し加熱冷却を受ける材料として使用された場合に、その高炉溶鉄成分としては、いかなる成分範囲のものが適当であるかを知る目的で、熱割性におよぼす各種元素の影響を調査した。結果は3.3.4のBに要約されているので省略する。

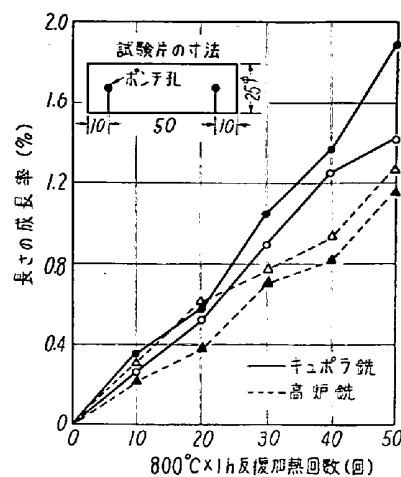


図 3.5.11 成長試験結果