

鑄鐵の黒鉛化に及ぼすSnの影響

澤村 宏** 鈴木 禎一* 川口 行幸*

INFLUENCE OF Sn UPON THE GRAPHITIZATION IN CAST IRON

Hiroshi Sawamura. Teiichi Suzumoto. Tsurayuki Kawaguchi.

Synopsis: — Sn retards the graphitization in cast iron which occurs during solidification. It favours, however, the graphitization of free cementite in white cast iron.

緒言

鑄鐵が凝固する際に起る黒鉛化に対する Sn の影響に関して最初の系統的研究を行つたのは Wüst¹⁾ である。同氏によれば Si 1.3% 及び 3% の鑄鐵に Sn を加ふれば Sn の影響が認められないが Si 0.02~0.04% の鑄鐵の黒鉛化率即ち $\frac{\text{黒鉛炭素}\%}{\text{全炭素}\%} \times 100$ は Sn が約 5% 迄増加するに従ひ大となる。菊田博士²⁾ によれば Sn は C 2.7%, Si 1% の白鉄の第一段黒鉛化を助ける。一般に白鉄の第一段黒鉛化を助くる元素は同時に鑄鐵が凝固する際に起る黒鉛化を促進する作用を有するのが普通である。斯る常識に従へば菊田博士の實驗結果は Wüst が得たる上記の結果を裏書する事になる。

然るに濱住博士³⁾ の實驗結果は C 3%, Si 1.8% の鑄鐵に於て Sn が 6% 迄増加するに従ひ其黒鉛化率は明に低下する事を示して居る。又谷口博士³⁾ は C 3.1%, Si 1.8% の鑄鐵に Sn を添加して冷硬試験を行ひ其冷硬部の深さが Sn 含有量の増加と共に著しく大となる結果を得て居る。

以上諸家の研究結果に徴するに Sn が鑄鐵の黒鉛化を妨ぐる作用を有すると云ふ説が有力ではあるが一方に於て之に反する説もありて未だ其何れが正しきやに就て斷定が下せない。そこで著者が此處に本問題を取り上げた次第であるが本研究に於ては Sn と S との共同影響に就ても同時に實驗を行ふ事とした。

I 鑄鐵が凝固する際に起る黒鉛化に及ぼす Sn の影響

實驗方法 本實驗に用ひたる原料は第1表に示す如くである。

第1表 原料成分

原料種類	C(%)	Si(%)	S(%)	P(%)	Mn(%)
兼二浦純白鉄	4.01	0.005	0.008	0.008	痕跡
金屬珪素	—	>98	—	—	—
Fe-S 中間合金	—	—	37	—	—
電解錫	—	—	—	—	—

但し Fe-S 中間合金は兼二浦純白鉄を黒鉛ルツボに入れて溶解し之に硫黄を添加して製作せるものである。

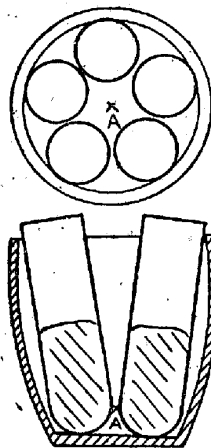
第2表 基材成分

基材番號	C(%)*	Si(%)**	S(%)**	Sn (%)
A	約 3.8	0.95	痕跡	0
B	〃	0.98	〃	添加せず
C	〃	1.03	0.07	0
D	〃	1.09	0.07	添加せず
E	〃	1.05	0.14	0
F	〃	1.08	0.14	添加せず

* 豫想, ** 分析結果, 其他の成分は痕跡

先づ原料を適當に配合して第2表に示す Sn 及び S の含有量を異にする6種の基材を鑄製し次に是等の基材を配合して所要成分の鑄鐵を可及的同一條件の下に熔製し可及的同一條件の下に凝固せしめたる後其 T. C, G. C, Si, S 及び Sn の含有量を分析によつて求め黒鉛化率を決定した。鑄鐵試料の熔製法を更に詳細に述べれば次の如くである。

第1圖



第1圖に示す如く磁性タンマン管5本を4番黒鉛ルツボ内に放射状に配列し之をクリプトル爐内に入れて約 1380°C に加熱したる後各タンマン管内に成分を異にする基材配合計 100gr の中の大部分を手早く投入し之が熔融するを待ちて残部の配合を添加し 1390°C (1350°C なりし事もあり) に於て約 20 分間保持せる後黒鉛ルツボの儘爐外に取出し空中放冷した。鑄鐵が 600°C 迄冷却するのに約 18 分を要した。試料の凝固條件に就ては豫備實驗により此方法が最適なる事を認めて採用した譯である。

** 京都大學教授 工博 * 京都大學工學部

- 1) Metallurgie, 3 (1906) 169
- 1) 鐵と鋼 13 (1926) 41
- 2) 金屬の研究 1. (1924) 247
- 3) 鐵と鋼 18 (1931) 952

試料の種類は S 痕跡なるもの、0.07%なるもの、0.14%なるもの夫々5種、合計15種であつて各試料群は別々に、又各試料群に屬する5種の試料は前記の方法により同時に熔製する事とした。故に熔解並に凝固條件は試料群別には多少の差あるも同一群に屬する5種の試料に於ては殆んど同一であると考えて差支がない。溫度測定は光高溫計を用ひて行ひ其測定位置は第1圖×Aに示す如くである。

尙試料の熔解條件を表示すれば第3表の如くである。

第3表 試料熔解條件

試料群種類	一次装入時溫度(°C)	一次装入後保持時間(分)	二次装入より爐外取出迄の時間(分)	爐外取出直前の溫度(°C)
S-1 (S=痕跡)	1380	20	30	1390
S-2 (S=0.07%)	"	15	"	"
S-3 (S=0.14%)	"	20	50	1350

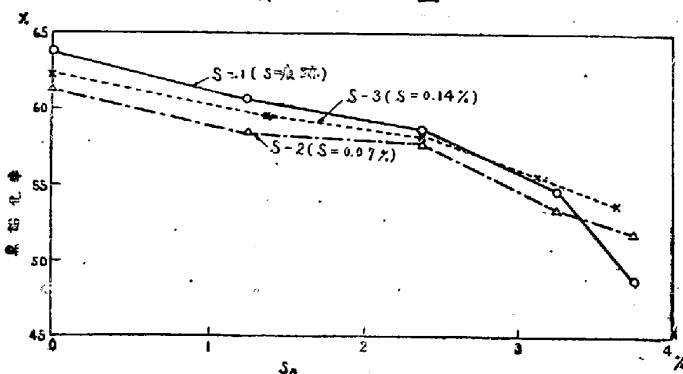
試料のC分析に就ては特に注意を拂ひ分析試料は常に各鑄鐵試料の對稱的部分より採取する事とした。實驗結果は第4表及び第2圖の如くである。

第4表 實驗結果

試料群種類	試料番號	T.C (%)	G.C (%)	C.C (%)	Si (%)	S (%)	Sn (%)	黒鉛化率 (%)
S-1 (S=痕跡)	1	3.63	2.31	1.32	0.85	痕跡	0	63.6
	2	3.61	2.19	1.42	0.88	"	1.2	60.7
	3	3.57	2.10	1.47	0.84	"	2.3	58.8
	4	3.51	1.92	1.59	0.88	"	3.2	54.7
	5	3.47	1.70	1.77	0.88	"	3.8	48.9
S-2 (S=0.07%)	6	3.65	2.23	1.42	0.96	0.07	0	61.1
	7	3.63	2.12	1.51	0.95	"	1.2	58.4
	8	3.59	2.07	1.52	0.98	"	2.3	57.8
	9	3.58	1.91	1.67	1.01	"	3.2	53.4
	10	3.57	1.85	1.72	1.03	"	3.8	51.8
S-3 (S=0.14%)	11	3.70	2.30	1.40	0.98	0.14	0	62.2
	12	3.68	2.19	1.49	0.99	"	1.3	59.5
	13	3.67	2.14	1.53	0.98	"	2.3	58.3
	14	3.65	2.03	1.62	0.99	"	3.1	55.6
	15	3.61	1.94	1.67	1.00	"	3.7	53.7

$$\text{黒鉛炭素\%} = \frac{\text{全炭素\%}}{\text{全炭素\%}} \times 100$$

第2圖



今第2見圖をるに各試料群の實驗結果は同一傾を向し Sn 含有量の増加と共に黒鉛化率が次第に小となる事が明に認められる。又本實驗に用ひたる試料の成分範圍に於ては S は Sn が鑄鐵の黒鉛化に及ぼす影響に對し殆んど無關係なる事が知られる。

尙試料の組織を調べたるに Sn 2%以下の試料に於ては何等特異の組織が認められないが Sn 2.3%以上の試料に於ては Stannid¹⁾ (FeSn?) が現はれて来る。

II 白銑の黒鉛化に及ぼす Sn の影響

實驗方法 本實驗には原料として第1表に示す兼二浦純白銑、金屬珪素、Fe-S 中間合金、電解錫の他にアームコ鐵を選んだ。

第5表 基材成分*

基材番號	C (%)	Si (%)	S (%)	Sn (%)
G	2.8	1.01	0.101	0
H	2.8	1.02	0.110	2.44

* 其他の成分は痕跡

先づ是等の原料を用ひ第5表に示す2種の基材を熔製し之を適當に配合したるもの約150grを黒鉛ルツボを用ひクリプトル爐にて熔解し、光高溫計を用ひ最高溫度 1400°C に於て2分間保持したる後直徑 8mm の生砂型に鑄込みて白銑丸棒となし、之を研磨器にて直徑 7.5mm、長さ 80mm の大きさに仕上げて熱膨脹試驗用試片を製作した。試片の成分は第6表の如くである。

第6表 試片成分*

試片番號	C (%)	Si (%)	S (%)	Sn (%)
20	2.7	0.81	0.103	0
21	2.7	0.80	0.096	0.15
22	2.6	0.81	0.102	0.50
23	2.6	0.78	0.097	0.85
24	2.6	0.78	0.097	1.36
25	2.7	0.80	0.102	1.50

* 其他の成分は痕跡

次に斯して製作せる試片を著者が考案せるガス熱膨脹計²⁾により加熱溫度を一定に(963°C)保持し其第一段黒鉛化完了時間を測定した。

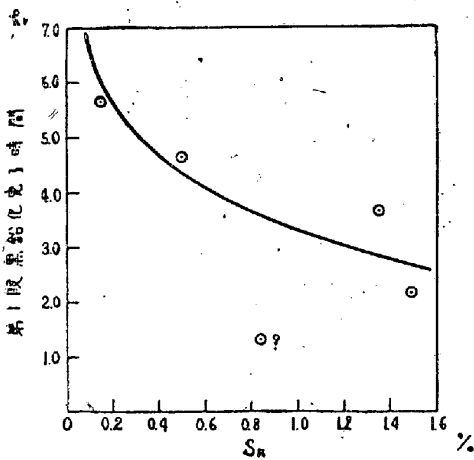
但し白銑の第一段黒鉛化には之に接觸する空氣量が著しく影響する場合がある³⁾事が知られて居るのであるから試片の加熱中之に接觸する空氣量に就て可及的

- 1) Goerens u. Ellingen : Metallurgie, 7(1910)72 参照
- 2) Anivers. Vol. Sci. Rept. Tohoku Imp. Univ. dedic. to Prof. K. Honda, Series I (1936) 899
- 3) 澤村 : 水曜會誌 6 (1928) 212
 齋藤, 西原 : " 6 (1930) 535
 西原 : " 7 (1931) 214

一定条件を與へなければならぬ。之が爲にガス熱膨脹計内に常に 25 cc/min なる一定通氣量を以つて空気を送りつゝ加熱を行ふ事とした。又試片の成分より見て其第一段黒鉛化の完了には高温度に於ても可成り長時間を要するものと豫想されたので熱膨脹試験を行ふ前常に試片を空氣中に於て 970°C の爐中に入れ同温度に5分間保持したる後 9°C の水中に焼入れする事とした。¹⁾

實驗結果 實驗結果は第7表及び第3圖の如くである。

第3圖



以上の結果は餘り正確であるとは云へないのであるが Sn が少くとも本質的に用ひたる成分範圍の白鉄の第一段黒鉛化を促進する作用を有する事が明に認められるのであつて、之は菊田博士の實驗結果に一致する。

……(17 頁よりつづく)……

尚試料 1 に就て 200°~800°C の間で 2, 20, 200 時間再加熱した結果に依ると 400° 附近より脆化が起り 200 時間の究局の状態では、600°C で極小となり、それ以上では脆化程度が少くなつてゐる。以上の現象は焼戻脆性と全く同様で析出相の溶解、析出並にその量及び凝集状態に依て説明することが出来る。尚焼戻温度 800°C に於ても再加熱に依り脆化するのば焼戻の進行と炭化物の凝集及び粒界への移動に依るものと思はれる。

IV 總括

以上の諸性質に就て試験した結果を總括すれば次の如くである。

1) 化學組成が γ 領域内にあるときは著しい衝撃値の低下が起らない。然し例へ γ 領域内にあつても Si が 3.5% 以上になると Si 自身の脆化作用のために衝撃値が急に悪化する。又 γ 領域内にあつても反曲點に

第7表 實驗結果

試片番號	Sn (%)	第一段黒鉛化完了間時 (時分)	
20	0	> 6	
21	0.15	5	50
22	0.50	4	41
23	0.85	1	20 (?)
24	1.36	3	54
25	1.50	2	10

尚焼鈍前後に於ける試片の組織には何等の特異點も認められなかつた。

III 結論

以上の實驗結果を總合するに Sn は鑄鐵が凝固する際に起る黒鉛化を妨ぐるのであるが白鉄の第一段黒鉛化に對しては之を促進する作用を有するものと考へられる。前述の如く一般に種々の元素は鑄鐵が凝固する際に起る黒鉛化と白鉄の第一段黒鉛化に對し同様の影響を及ぼすものであつて兩種黒鉛化に對し相反する影響を及ぼす元素は現在 Sn 以外に見出されて居ない。之は鑄鐵が Sn を含む場合兩種黒鉛化の機構に著しい差違の存する事を示唆するものであつて此點に於て Sn と鑄鐵の黒鉛化との關係は甚だ興味ある將來の問題であると云はなければならぬ。

(昭和23年3月28日寄稿)

1) 齋藤, 澤村: 鐵と鋼参照

近い組成のものは焼入温度が低いと衝撃値が悪化するから状態圖を參考にして充分焼入効果を有する様に焼入温度を選定せねばならぬ。又 Ni は網目狀炭化物の生成を助長するから出来るだけ低くする必要がある。

2) 高温強度は Si と共に上昇するも Cr 10% 以上では効果が少い。Cr は却つて低下させる。又 Mo, W は上昇, Ni は低下させる。

3) 耐酸化性は Si が 1~2% の間で段階的に増加するが 2% 以上は著しくない。Mo, W, Ni は殆ど影響はない。C は悪化させる。

4) 以上の諸性質の變化及び變態點等より考へて Si 2% 以上, Cr 10% 以上餘り Si, Cr を多くするのは得策ではない。

5) 焼戻後の再加熱に依り脆化する。この現象は焼戻脆性の理論より説明出来る。