

TiO₂ を含有する鑛滓による微細化黒鉛鑄鐵に関する研究 (IV)

(S-H 鑄鐵の製造に関する 2, 3 の溶解條件)

(昭和 29 年 4 月本会講演大会にて講演)

澤 村 宏*・津 田 昌 利**

INVESTIGATION ON CAST IRON HAVING FINE GRAPHITES PRODUCED BY MELTING CAST IRON COVERED WITH SLAG CONTAINING TiO₂ (IV)

(Some Melting Conditions for Manufacture of S-H Cast Iron)

Hiroshi Sawamura Dr. Eng. and Masatoshi Tsuda

Synopsis:

(1) In a Tamman furnace cast iron was melted under the most suitable conditions found in the previous investigation for production of the cast iron having eutectic graphite structure. Then the cast iron melt was kept at liquid state in the furnace for various durations of time, after the cover of the liquid slag had been removed. And then, the cast iron melt was cast in a dry sand mould and the graphite structure of the cast metal was examined.

It was confirmed that the eutectic graphite structure appeared even in the cast iron which had been kept at naked, liquid state for 60 minutes before the melt was cast.

(2) Two kinds of cast iron—cast iron A and cast iron B were prepared, both having the same composition except Ti and the eutectic graphite structure. The former was produced by the new process the authors discovered and the latter by casting liquid cast iron into a metal mould.

They had been remelted and then kept in the furnace without the cover of liquid slag for various durations of time before the cast iron melt was cast into a dry sand mould. It was found that, in the case when cast iron A was used in the experiments, the eutectic graphite structure appeared even in the cast metal which had been kept for 60 minutes in the furnace at liquid state before the melt was cast. In the case when cast iron B was used in the experiments, however, the eutectic graphite structure was not observed even in the cast metal which had been kept for such a short time as 15 minutes at liquid state before the melt was cast.

(3) Al content of the cast iron melt should be kept as low as possible for production of the cast iron with the eutectic graphite structure by the new process the authors discovered.

(4) It was confirmed that the basicity of the slag—CaO/SiO₂ should be taken into consideration when the new process the authors discovered was applied in practice.

I. 緒 言

本報告においては S-H 鑄鐵を製造する場合の溶解条件に関する 3 つの問題を取上げ、これについて行つた実験結果を述べたいと思う。

第 1 は既に報告した S-H 鑄鐵を製造するに必要な溶解条件の下に製造した S-H 鑄鐵浴*** を除滓し、浴のみ 1, 350°C の温度に一定時間放置した後鑄造する場合に、鑄物の黒鉛組織に変化を生ずるや否やについての問

題である。これは実地に工場で S-H 鑄鐵製造に際し鑄造作業前に除滓されたる S-H 鑄鐵浴が取鍋中に放置される時間の影響を想定したに外ならない。

第 2 は S-H 鑄鐵を再溶解した場合に、その完全な共

* 京都大學教授, 工學博士

** 京都大學化學研究所

*** 今後酸化チタンを含んだ熔滓を用いて第 2 報で述べた最適条件の下で處理した鑄鐵浴を S-H 鑄鐵浴と假稱する,

第 1 表

原料番 料號	原料種類	化學成分 (%)						共晶黒鉛の 重量割合 (%)	備 考
		T.C	Si	Mn	P	S	Ti		
I	キヌボラ銑	3.81	1.47	0.47	0.225	0.057	0.168	片 狀	徑32mm, 長さ310mm, 砂型鑄造
II	神戸鑄鐵所製 S-H 鑄鐵	3.90	1.49	1.18	0.169	0.057	0.361	A	徑30mm, 長さ340mm, 砂型鑄造
III	金型急冷法による共 晶黒鉛鑄鐵	3.55	1.74	0.53	0.272	0.072	0.136	A	徑36mm, 長さ200mm, 金型鑄造
IV	島津製作所製 S-H 鑄鐵	3.56	1.73	0.70	0.251	0.055	0.208	A	徑36mm, 長さ200mm, 砂型鑄造
V	神戸鑄鐵所製 S-H 鑄鐵	3.68	1.72	0.54	0.167	0.056	0.170	A	徑32mm, 長さ310mm, 砂型鑄造
VI	キヌボラ銑	3.03	0.98	0.85	0.270	0.053	—	片 狀	徑38mm, 長さ300mm, 砂型鑄造

晶黒鉛組織はどのように変化するかの問題である。これに就いては金型急冷法で製造した共晶黒鉛鑄鐵と比較対称して実験を行った。

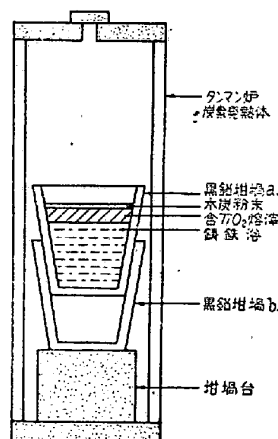
第3は S-H 鑄鐵を製造するに当り熔滓の塩基度が 0.5 以下なる場合に結果が如何になるかと云う問題である。前々には塩基度 0.4 以上の場合について実験を行ったので前実験の結果を追補する為にこの問題について実験を行うことにした。

II. 實驗原料

以下の実験に用いた原料の成分は第1表の如くである。

III. S-H 鑄鐵浴の放置時間が黒鉛組織に及ぼす影響

実験に用いた鑄鐵原料は I である。この実験においても従前通りタンマン炉を使用した。炉中に市販の No. 1/2 黒鉛坩堝を第1図に示すように2箇重ねておき、(a)なる坩堝を用いて、第2表で決定した S-H 鑄鐵を製造するのに最適条件と考えられる溶解条件並びに溶解法によ



第 1 圖

り鑄鐵原料 150gr を溶解する。但しこの場合 S-H 鑄鐵浴の Si が 1.7% になるように金属珪素を添加した。

次に同じ炉中で同温度で加熱せられている (b) なる坩堝中に熔滓の混入を極力防いで除滓し乍ら S-H 鑄鐵浴のみを (a) から (b) に移す。この操作は坩堝 (a) を迅速に取出し (b) を炉の上部に取上げて可及的に手早く行うように注意した。坩堝 (b) に移した鑄鐵浴は

第 2 表

實驗番號	最高加熱 温 (°C)	除滓後の處理			共晶黒鉛 の重量割 合 (%)	B.H.N.	實驗後鑄鐵試料の化學成分 (%)		
		放置中の 加熱温度 (°C)	保持時間 (min)	鑄込温度 (°C)			T.C	Si	Ti
270	1430	—	0	1280	B	183	3.94	1.93	0.185
271	1425	—	0	1275	B	183	3.8	1.7	—
272	1430	1350	20	1280	B	192	3.85	1.94	0.209
273	1430	1345	20	1280	B	192	3.8	1.7	—
274	1425	1350	40	1280	B	187	3.77	1.97	0.148
275	1425	1350	40	1280	B	187	3.8	1.7	—
276	1430	1345	60	1290	A	192	3.95	1.98	0.290
277	1430	1350	60	1280	B	183	3.8	1.7	—

表中ゴジック数字は配合成分を示す。以下の表についても同様である。

再び炉中の元の位置に返して浴温を 1350°C に 20~60 min 種々の時間保ちたる後、径 25mm、長さ 70mm の乾燥砂型に鑄込温度約 1,280°C で鑄造し、試料の組織を檢鏡した。この場合の冷却速度は既に第 II 報第 3 表に記した如くである。尙、実験に際し光高温計及び Pt-Pt-Rh 熱電対を使用したのは従前の如くである。造滓材料及び鑄鉄試料の共晶黒鉛組織の表示法も又既報の如くである。

本実験結果は第 2 表の如くである。

この結果によると、加熱温度 1,430°C において 15min 間接触溶解後、直ちに所定の砂型に鑄込温度 1,280°C で鑄造した試料は殆んど完全な共晶黒鉛組織 B (但し A に近い B) であった。次に同じように熔滓処理後、除滓した S-H 鑄鉄浴のみを約 1,350°C において 20, 40 及び 60min の時間に保つたものを上記の砂型に鑄込温度約 1,280°C で鑄造した鑄鉄試料の黒鉛組織はいずれの場合にも矢張り B を呈していた。本実験の範囲においては前記の鉍滓処理後、S-H 鑄鉄浴のみをタンマン炉内の如き還元性雰囲気中で 60min 以内 1,350°C に放置しても鑄鉄試料には常に共晶黒鉛組織が生ずることが知られた。

IV. S-H 鑄鐵の再溶解が黒鉛組織に及ぼす影響。実験—1

本実験には鑄鉄原料 II を用いた。この原料は K.K. 神戸鑄鉄所で製造されたものである。この S-H 鑄鉄 150gr を市販の No. 1/2 黒鉛坩堝を用いタンマン炉中で溶解した。但しこの場合に鑄鉄浴の Si が 1.7% になるように金属珪素を添加した。浴面上に TiO₂ を含有しない造滓材料 (CaO/SiO₂ = 約 1.5, Al₂O₃ = 10%, ポートランドセメント使用) 22.5gr を以つて掩い、これが溶解後直ちに木炭粉末を浴面に掩つて 1,400~1,450°C で 15 min 間保持したる後、径 25mm、長さ 70mm の乾燥砂型に鑄込温度約 1,300°C で鑄造した。

尙上記の造滓材料を何ら使用せずには他は全て同条件で S-H 鑄鉄のみを再溶解する場合についても実験した。

本実験結果は第 3 表の如くである。

この結果によれば S-H 鑄鉄をタンマン炉内の還元性雰囲気中で上記の条件で溶解する場合には上記のような鉍滓を使用することの如何に関せず原の S-H 鑄鉄原料が有する A なる完全共晶黒鉛組織には変化を生じないことが知られた。但し鑄鉄原料の有する Ti 量 0.261% が約 0.28% に減少した。

第 3 表

實驗 番號	鉍 滓	再溶解後鑄鉄試料の 化學成分 (%)			共晶黒鉛 の重量割 合 (%)	B.H.N
		T.C	Si	Ti		
278	使用する	3.83	1.54	0.29	A	207
279	同上	3.9	1.7	—	A	212
280	使用せず	3.93	1.59	0.27	A	223
281	同上	3.9	1.7	—	A	212

實 験—2

本実験に用いた鑄鉄原料は III 及び IV なる 2 種類の共晶黒鉛鑄鉄である。

その一つは K.K. 島津製作所において 200kg 容量の酸性エルー型電気炉で溶解した鑄鉄浴の一部をとつて金型に鑄造し急冷することにより得られた共晶黒鉛鑄鉄であり、他の一つは同炉中で残りの鑄鉄浴を含 TiO₂ 熔滓処理を適当な条件の下に施して得られた完全な共晶黒鉛組織を有する S-H 鑄鉄である。かように同じ共晶黒鉛組織を有する 2 つの共晶黒鉛鑄鉄であつてもその製造方法は全然異つている点に特に注意すべきである。

実験—1 において S-H 鑄鉄を約 1,450°C で再溶解する場合に浴を前記のような熔滓で掩つても或いは掩わなくても何等の影響を及ぼさぬことが知られたので、ここでは上記の 2 種類の試料を用い、各々別々に鑄鉄浴 150gr を造滓材料を用いることなく、タンマン炉内で前記と同様の条件で 15, 30 及び 60min 間の溶解時間が鑄造試料の黒鉛組織に及ぼす影響について実験を行った。これらの実験結果は第 4 表の如くである。

第 4 表

實 驗 番 號	原 料 種 類	溶 解 時 間 (min)	再溶解後鑄鉄試料の 化學成分 (%)			共晶黒鉛 の重量割 合 (%)	B.H.N
			T.C	Si	Ti		
I 群	原料 III						
282	(金型)	15	3.97	1.82	0.126	C	166
283	急冷法	15	3.55	1.74	—	C	197
284	による	30	3.58	1.74	0.129	C	206
285	共晶黒	30	3.55	1.74	—	C	197
286	鉛 鑄	60	3.75	1.73	0.116	C	197
287	(鐵)	60	3.82	1.68	0.102	C	197
II 群	原料 IV						
288	(島津)	15	3.59	1.74	0.817	A	223
289	製作製	15	3.56	1.73	—	A	217
290	S-H	30	3.56	1.71	0.177	A	217
291	鑄鉄)	30	3.56	1.73	—	B	201
292		60	3.74	1.69	0.114	B	201
293		60	3.56	1.73	—	C (Bに近い)	197

本実験範囲の結果によれば、前者の金型急冷法による共晶黒鉛鑄鐵の有するAなる完全共晶黒鉛組織は既に熔解時間 15min において一部片状黒鉛を混じてCに変化し、30 及び 60min に到つても同様にCを呈していた。後者の S-H 鑄鐵の有するAなる完全共晶黒鉛組織は熔解時間 15 及び 30min において何等変化されないが、60min に到つてB或いはBに近いCに変化して一部僅かに片状黒鉛が現われてくる。再熔解後の鑄鐵試料の含有する Ti は、前者の場合には原料の Ti=0.136% が 30min で 0.129% に僅かに減少し、60min に到ると 0.116% 或いは 0.102% となり、後者の場合には原料の含有する Ti=0.208% が 30min では 0.177%、60min に到ると 0.114% に減少した。

本実験の第 I 群と第 II 群とでは鑄鐵原料のみ異なり、その他の実験条件はすべて同一である。タンマン炉内の還元性雰囲気、製造方式の相異なる、併しいずれも A なる完全共晶黒鉛組織を有する金型急冷法による共晶黒鉛鑄鐵及び S-H 鑄鐵を再熔解した結果、上記の如く顕著に相異なる現象を認めた。

既に第 III 報²⁾において我々は S-H 鑄鐵の成分上の特異点として多少に関せず Ti の含有されていることを指摘した。例えば C=3.38%, Si=1.50%, Mn=0.59%, 他の不純物の含有量の微量なる成分の S-H 鑄鐵の Ti 含有量は 0.12% にかかわらず、その黒鉛組織は A なる完全共晶黒鉛組織であつた (第 III 報, 第 5 表実験番号 No.129 参照)。或いは又 C=3.05%, Si=1.45%, Mn=0.24%, P=0.014%, S=0.054% なる成分の S-H 鑄鐵の Ti 含有量は 0.09% にかかわらず、その黒鉛組織は A なる完全共晶黒鉛組織を有していた (第 III 報, 第 6 表実験番号 No.145 参照)。然るに金型急冷法による共晶黒鉛鑄鐵には製鉄原料から混入されたと推察される Ti が 0.136% 含有しており、これを再熔解したものは第 4 表に示される如く約 0.12% 前後の Ti が含有されているにもかかわらず、その共晶黒鉛組織は原の A から C に変つて片状黒鉛が生じてくる。次に含 TiO₂ 熔滓処理によるこの S-H 鑄鐵には熔滓から移動してきた Ti をも合して Ti が 0.208% 含有しており、これを再熔解したものは第 4 表に示される如く約 0.18%, 0.11% 前後の Ti が含まれており、その共晶黒鉛組織は原の A がそのまま保たれているか或いは僅かに B に変つたにすぎない。

斯様に第 III 報で得られた実験結果及び本実験の結果から考えると S-H 鑄鐵が造られる原因は単にこれが Ti を含有していると云う点のみにあるのではなくして、こ

れには同時に酸化チタンを含有する鑄滓で処理すると云うこと自体が重大なる関係を有するものと推察される。

実験—3

本実験には鑄鐵原料 V を用いた。上記の S-H 鑄鐵の再熔解条件の下にこの S-H 鑄鐵原料を 15min 間再熔解し、これに Al (99.97%) を添加し 1min 間はげしく攪拌して前と同じ乾燥砂型に鑄込温度約 1,300°C で鑄造した。Al 添加前に鑄造すれば A なる完全な共晶黒鉛組織を有する S-H 鑄鐵が得られる場合に Al 添加後その黒鉛組織はどのように変化するかを調べた。Al 添加量は鑄鐵浴量 2.5, 2, 1.5, 1 及び 0.5% であつた。実験結果は第 5 表の如くである。

第 5 表

実験番号	Al 添加量 (%)	処理後鑄鐵試料の成分 (%)				共晶黒鉛の重量割合 (%)	B.H.N
		T.C	Si	Ti	Al		
294	2.5	3.43	1.58	0.137	1.31	D	178
295	2.5	3.68	1.72	—	—	D	178
226	2.0	3.70	1.60	0.132	1.18	D	187
297	2.0	3.68	1.72	—	—	D	178
298	1.5	3.68	1.59	0.132	0.92	D	178
299	1.5	3.68	1.72	—	—	D	178
300	1.0	3.70	1.61	0.129	0.72	D	183
301	1.0	3.68	1.72	—	—	D	187
302	0.5	3.73	1.68	0.130	0.45	C	187
303	0.5	3.68	1.72	—	—	C	197

この実験結果によれば S-H 鑄鐵浴に Al を添加すると Al 添加量が鑄鐵浴量の 1~2.5% までは、原の A なる完全な共晶黒鉛組織は多くの片状黒鉛の混じた D に変化し 0.5% では C に變つていずれの場合も A 或いは B の黒鉛組織が得られない。前に S-H 鑄鐵製造における鑄鐵浴の化学成分の影響について実験を行つた結果³⁾ から鑄鐵浴に Al が約 1.5% 以上含有されていると S-H 鑄鐵が得られないことを知つたのであるが、本実験においては S-H 鑄鐵浴に上記の如く Al を添加すると、その添加量がたとえ 0.5% であつても完全に近い共晶黒鉛組織を有する鑄物も得られない。

IV. S-H 鑄鐵の製造に必要な熔解条件中、 鑄滓の鹽基度に関する実験—追補

既に報告せる第 II 報において行つた S-H 鑄鐵の製造に必要な熔解条件及び鑄造条件に関する研究では処理用鑄滓についてはその塩基度 (CaO/SiO₂) 約 0.5 以上のものについて実験を行つたのである。更にここでは 0.5, 0.4, 0.3, 0.2 及び 0.1 に夫々変化せしめた鑄滓を用いた場合について行つた実験結果を追補したいと思う。

本実験におけるその他の溶解並びに鑄造条件、造滓材料及び実験方法等は全て第Ⅱ報に述べた通りであるからその詳細な説明を省略する。実験に使用せる鑄鉄原料はⅥである。但しこれに金属珪素を鑄鉄浴の Si が約 1.7% となるように添加して実験を行った。これらの実験結果は第6表の如くである。

第 6 表

実験 番號	鑄滓の鹽基度 CaO/SiO ₂		最高加 熱温度 (°C)	鑄込 温度 (°C)	共晶黒鉛 の重量割 合 (%)	B.H.N.
	配合	分析値				
304	0.5	0.39	1405	1300	C	223
305	0.5	—	1440	〃	B	223
306	0.4	0.33	1430	〃	C	212
307	0.4	—	1440	〃	C	217
308	0.3	0.23	1420	〃	C	217
309	0.3	—	1465	〃	C	229
310	0.2	0.17	1455	〃	D	229
311	0.2	—	—	—	—	—
312	0.1	0.09	1465	〃	D	217
313	0.1	—	—	—	—	—

この実験の範囲内では鑄滓の CaO/SiO₂=0.39 以下のものを用いたのでは成績不良である。この結果は前報で述べた結果と一致する。尙塩基度 (CaO/SiO₂) が 0.39, 0.33, 及び 0.23 の鑄滓を用いた場合には第6表に記した加熱温度の下で完全な熔融状態で鑄鉄浴と接触を保つが、塩基度が 0.17 及び 0.09 の鑄滓は上記の加熱温度で溶解せず、鑄鉄浴と焼結状態で接触を保つ程度であった。これは鑄滓の熔融温度が 1455°C 或いは 1465°C 以上に高い為と考えられる⁴⁾。

V. 總 括

以上の実験範囲の結果を総括すれば次の如くである。

(1) タンマン炉を用い S-H 鑄鉄を製造するに最適の溶解条件の下に製造した S-H 鑄鉄浴を除滓し、浴のみ 1,350°C の温度に 20~60min 間放置するも、径 25 mm, 長さ 70mm の乾燥砂型に鑄込温度 1,300°C で鑄造する場合、完全或いは完全に近い共晶黒鉛組織を有する鑄鉄鑄物が得られた。

(2) 既に製造された S-H 鑄鉄をタンマン炉中で TiO₂ を含まない SiO₂-CaO-A₂O₃ 系鑄滓で掩つて約 1,400~1,450°C で 15min 間再溶解し (1) と同一条件で鑄造し、原料と同様の完全な共晶黒鉛組織を有する鑄物が得

られた。上記の鑄滓で掩うことなく同様に再溶解しても同じような結果が得られた。

(3) 鑄鉄浴の一部をとり金型に鑄造し急冷することにより得られた共晶黒鉛鑄鉄及び残部に含 TiO₂ 鑄滓処理を行つて得られた S-H 鑄鉄との製造方式の異なる 2 種類の共晶黒鉛鑄鉄を試料とし、各々別々に鑄滓で掩うことなく (2) と同一条件でタンマン炉中で再溶解実験を行つた。その結果によると前者は、15min のような短時間熔融状態に保ちたる後鑄造すれば鑄物が可成りの量の Ti を含有しているに拘わらずその組織は普通の片状黒鉛組織に変化するが、後者は 60min 間の長時間熔融状態に保ちたる後鑄造しても鑄物の組織は原料の組織と殆んど変らない。鑄鉄浴を酸化チタンを含む鑄滓で処理することによりて共晶黒鉛組織を有する鑄物が得られる原因の 1 つは鑄物が Ti を含むことであるがそれ以外にこれには、かような鑄滓処理を施すこと自体が重大なる関係があるように推察される。

(4) S-H 鑄鉄浴に Al を鑄鉄浴量の 0.5~2.5% 添加した後、前記と同一条件の下に鑄込んだ鑄鉄試料の組織は普通の片状黒鉛組織となる。

(5) S-H 鑄鉄の製造に用いる鑄滓の鹽基度 (CaO/SiO₂) が 0.39 以下では好結果が得られないことを確めた。本実験結果は第Ⅲ報において処理用鑄滓の鹽基度 CaO/SiO₂=2.5 以下では約 0.4 以上であればよいとした結果と一致する。

擧筆するに際し、本実験に用いた原料を提供された K.K. 神戸鑄鉄技師長堀田美之氏並びに K.K. 島津製作所三条工場鑄造工場長井上友喜博士の御厚意に御礼申し上げると共に、終始熱心に実験に協力され又分析に当たられた助手申川三三、富田昭津及び平井彩子の諸氏に深甚なる謝意を表したいと思う。

文 献

- 1) 鐵と鋼, 39 (1953) 984
- 2) 昭和 28 年本會第 46 回講演會において發表, 本誌寄稿中
- 3) 同 上
- 4) 八木貞之助: 八幡製鐵技研報告, 24 (1948) 78, 第 36 圖参照