

硬化剤については、Table 4 および Table 7 の結果からみて、TPA, DMP-30, TTA などは T235S よりも劣るように思われる。また C-3 は若干曲げ強さを向上させる傾向は認められるが、目立った効果は見られなかった。

5. 結 言

エポキシ接着剤による鋼板対鋼板の接着に関する試験を行ない以上の結果を得たが、本試験に用いた以外にも数多くのエポキシ系の接着剤があり、この結果をもつて全般を論ずることはできない。しかし、一般にいわれているエポキシ系接着剤の欠点、すなわち、接着に時間を要すること、接着強度のパラッキの大きいこと、曲げ強さの小さいことなど、本試験においても明らかに認めることができた。さらによりよいエポキシ接着剤の開発と同時に、接着方法その他接着条件を検討する必要があると考えられる。

文 献

- 1) K. M. KARLRUHE: Veren Deutscher Ingenieure, 101 (1959) 1, p. 1
- 2) 接着技術便覧, (1963), p. 175(日刊工業新聞社版)
- 3) 西村: ニューマテリアル, (1965) 12, p. 10

(223) 固液共存温度付近における銑鉄中の球状黒鉛の晶出について

(銑鉄の凝固過程に関する研究—I)

東京大学, 生産技術研究所

工博 雀部 高雄・○大蔵 明光

On the Formation of Spheroidal Graphite in the Pig Iron at the Neighboring Temperatures of Solid-Liquid Coexisting Ranges of Iron-Carbon Phase-Equilibrium Diagram.

(Study on solidification process of pig iron—I)

Dr. Takao SASABE and Akimitsu ÔKURA.

1. 緒 言

溶融金属の確定的な構造理論は確立されていないが、融点よりあまり高くない温度範囲における溶融金属の構造は、固体結晶に近い準結晶構造をもっていることが知られている²⁾。本研究においては、銑鉄の固液共存温度における溶融鉄の構造が、準結晶構造をもつものと想定し、銑鉄の固液間の相の変化を、固体結晶と準結晶構造との間の相の変態として考えた。この変態に関し、固液共存温度付近における銑鉄中の黒鉛の挙動を、鋼の A₁ 変態温度付近におけるセメントタイトの球状化の挙動にもとづいて類推した。黒鉛の形状変化は、A₁ 変態点付近の温度よりかなり高温で行なわれるから、セメントタイト球状化の場合より比較的短時間に変化が進行するものと考えられる。

銑鉄の組織に関する研究はきわめて数多く報告されているが、上記の類推にもとづく実験は見あたらない。著者らは上記の類推にもとづいて実験をすすめ、上記の類推が実験的事実と一致し、固液共存温度付近では、固体のままでも、あるいは

固液共存の状態から凝固した場合でも、いずれの場合でも黒鉛が球状化する傾向のあることを明らかにした。

2. 実験試料

電解鉄 300~400g を黒鉛ルツボに入れ高周波誘導式大気溶解炉にて溶解し、黒鉛で加炭し、フェロシリコン(78% Si) を添加し、径約 10mm, 長さ 100~120mm の砂型鑄込試料を作製した。試料成分を Table 1 に示した。E は過共晶組成であり、他は亜共晶組成である。

3. 実験方法および実験結果

固液共存温度付近における実験をすすめる装置として、固液共存の状態を保持しやすい水平式 Zone Melting 装置を使用した。試料はポートに入れて溶解した。Zone Melting では銑鉄が溶融すると湯がはげしく搅拌されるから、あらかじめ、はげしい搅拌をとまなわないタンマン炉で黒鉛球状化傾向の実験を行ない、両者の傾向が類似していることを確認した後に、Zone Melting 装置で黒鉛球状化傾向の実験をすすめた。

3.1 タンマン炉における試料棒の1端の1部溶解実験

亜共晶組織の試料 C の棒試料をタンマン炉中に立て下部先端部を約 40mm 溶解させ、固液共存状態になって、5分経過したものを凝固させた。凝固の試料各部の黒鉛組織を Photo. 1 に示した。(1) は溶解前の試料の組織、(2) は固液境界部、(3) および(4) はそれぞれ固液共存状態で溶解した部分の組織である。(4) は黒鉛の球状化がすすんでいる部分であり、(3) は擬球状化黒鉛を含む細かい組織になっている。試料の固液境界面から離れた上方の位置で明らかに溶解しなかつたと考えられる

Table 1. Analysis of pig iron.

Sample	A	B	C	D	E
C%	3.90	3.74	3.86	3.80	4.00
Si%	0.79	0.76	0.58	1.11	1.92
carbon equivalent	4.16	3.99	4.05	4.17	4.64

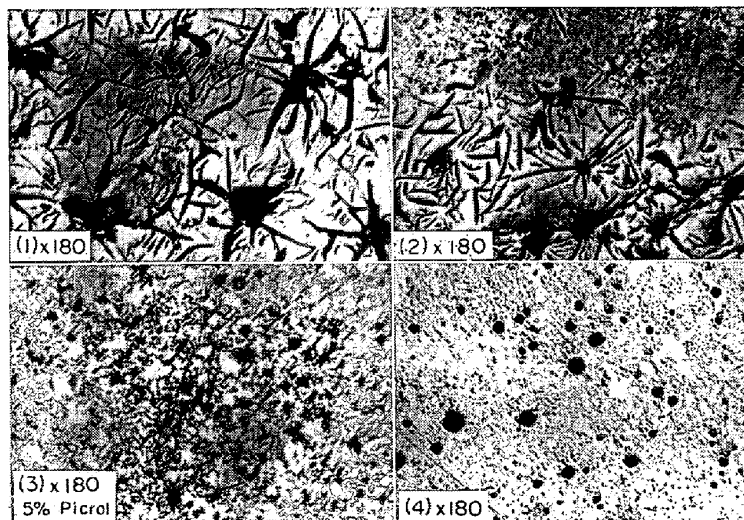


Photo. 1. Samples melted in the tanmann furnace. (1) Base sample (2) The boundary line of solid and melted part (3), (4) Melted part (2/3)

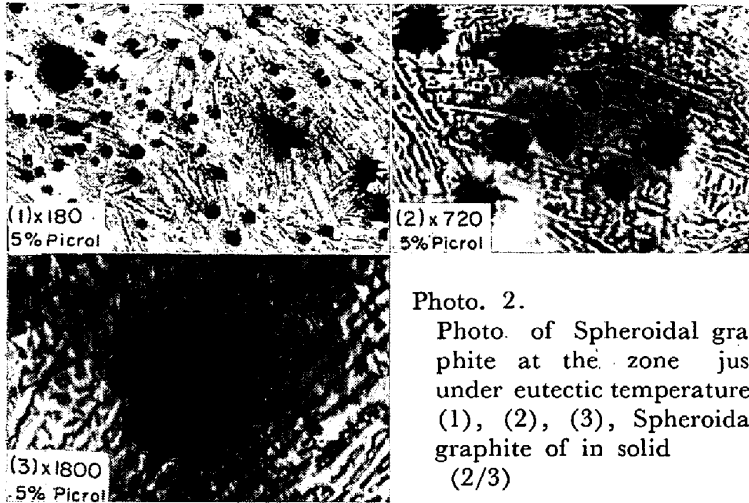


Photo. 2.
Photo. of Spheroidal graphite at the zone just under eutectic temperature. (1), (2), (3), Spheroidal graphite of in solid (2/3)



Photo. 3. Photo. of zone melted sample (end melted). (1) Base samphle (2) Melted part (3) The boundary line of solid and melted part (4) Large flake graphite at the boundary line of solid and melted part (2/3)



Photo. 4. Photo. of zone melted sample (center melted). (1) Base sample (2) Photo. of melting time 5 min (3) Lage flake graphite at the boundary line of solid and melted part (4) Photo. of melting time 7 min (2/3)

試料中に球状化のすすんだ黒鉛が形成されるのを認めた。これを Photo. 2 に示した。

3.2 Zone Melting 装置における短時間 (30sec) 溶解 (固定位置で溶解) 実験

A 試料の1端を Zone Melting 装置でアルゴンガス中にて約 30sec 間溶解し、そのまま電気を切つて冷却した場合の試料各部の組織を Photo. 3 に示した。(1)は試料Aの最初の組織である。(2)は溶解部の組織であり、塊状黒鉛組織である。(3)は固液境界部の組織であり、溶解部は細かい擬球状黒鉛であるが、境界の未溶解部の黒鉛は粗大化している。粗大化黒鉛を(4)に示した。

3.3 試料棒の中央部を 5 min 間および 7 min 間 Zone Melting する実験 (固定位置で溶解)

B 試料の中央部を、アルゴンガス中の Zone Melting で約 5 min 間熔融状態に保持し、高周波出力を徐々に下げて冷却した。3.2 実験の試料にくらべて溶解時間が長く、冷却速度が小さくなっている。Photo. 4 に各部の組織を示した。(1)は初めの組織である。(2)は 5 min 間溶解した試料で黒鉛は球状化し、地に細かい粒状黒鉛が存在している。(3)は固液境界部に発生する粗大化黒鉛であり、そのすぐ近傍には粒状黒鉛が認められない。(4)は試料Dをアルゴンガス中で 7 min 間溶解した場合で、球状化黒鉛のまわりにある粒状黒鉛が(2)の場合よりこまかくなっている。

3.5 試料を移動させて Zone melt する実験

過共晶試料Eを約 53 mm/min の移動速度でコイル中を移動させ、試料の一端より他端へ向つて Zone melt した場合の試料の組織を Photo. 5 に示した。(1)は溶解前の最初の組織である。(2)は1回だけ Zone melt した場合の組織である。(3)は4回、(4)は8回 Zone melt をくり返した場合の組織である。Zone melt の回数が増えると片状黒鉛が凝集しつつ組織が全体としてこまかくなり、8回 Zone melt したものはこまかい粒状黒鉛組織になっている。

4. 考 察

鋼の A_1 変態温度付近にある層状セメンタイトの球状化を類推して、銑鉄中の黒鉛の球状化実験をこころみた。層状セメンタイトの球状化は、 Ac_1 直下の温度に長時間加熱した後に冷却するか、または Ac_1 の上下を繰返して加熱冷却すると球状化する。あるいは Ac_1 以上 A_{cm} 以下の温度に適当な時間加熱した後 A_{r1} 完了まで徐冷する。本研究では、銑鉄の固液共存温度における熔融銑の構造が準結晶構造をもつものと想定し、この際の固相から液相への変化を、鋼のセメンタイト球状化の場合の A_1 変態点のように考えている。

タンマン炉中の固液共存熔融実験では、Photo. 1(2)の固液界面にみられるごとく、溶解すると(変態点をこえると)ただちに黒鉛は細かい粒状黒鉛になり、完全に溶解した部分には Photo. 1(4)のごとく球状化黒鉛が認められる。また溶解温度直下(変態点直下)でも固相中の黒鉛が球状化し

ている。これを Photo. 2 に示した。

Zone melting において試料とコイルを固定した場合の固液共存実験では、Photo. 1, 3, 4 に示すように、溶解すると（変態点をこえると）ただちに黒鉛は細かい粒状黒鉛になり、球状化黒鉛が形成されている。溶解時間が 30 sec (Photo. 2), 5 min (Photo. 3), 7 min (Photo. 4) の場合を比較すると、5 min および 7 min のものがよく球状化している。30 sec 溶解したものは、溶解した部分に粒状化に到る過程の長形の黒鉛が残っている Photo. 3(2)。また溶解直前に黒鉛が著しく粗大化する現象はとくに注目される (Photo. 3 の(4) および Photo. 4 の(3))。

コイル中の試料を移動させ、くり返し何回か Zone melt する場合の実験では、Photo. 5 に示すように、繰り返し Zone melt する回数が多くなると（変態点の上下を繰り返し加熱冷却すると）、過共晶組成の片状黒鉛は、Zone melt の繰り返し回数が多くなるとともに太く短くなり、8 回 Zone melt した Photo. 5 (4) は微細な粒状黒鉛のみになり、大きな片状黒鉛は消失している。しかし処々にその痕跡らしきものが認められる。

以上要するに、タンマン炉においても Zone melting の場合にも、固液共存温度で溶解した後に凝固した（変態点以上の温度に上げてから冷却した）試料中には、黒鉛の球状化が認められる。固液共存温度の直下（変態点の直下）の温度に保持した固相の試料中にも、黒鉛の球状化が認められる。

銑鉄の固液共存温度付近における黒鉛の挙動は、鋼中の層状セメントタイトが A_1 変態温度付近で球状化する場合と同様の傾向を示すことが認められた。ただし固液共存温度付近は、 A_1 温度付近よりかなり高温であるから、球状化に要する所要時間が短くてよい。

球状黒鉛鑄鉄は、球状化添加金属 (Ce, Mg, Ca, Zn, Sb など) をある程度以上残留するように添加して、普通鑄鉄の片状黒鉛組織を球状黒鉛組織に変えたものである。本実験においては、Photo. 1(4), Photo. 2, Photo. 4 の(2), (4) などにみられるごとく、その球状化黒鉛組織は球状黒鉛鑄鉄の黒鉛組織のごとく完全に球状化したものではなく、地にこまかい粒状黒鉛が含まれている。しかし本実験では、球状化添加金属を加えることなく、球状黒鉛が形成されている。その球状化のメカニズムは、鋼の場合の球状セメントタイトの形成と同様なメカニズムが考えられるが、銑鉄の場合の黒鉛球状化は固液共存温度付近で行なわれるから、球状化が容易で、形状的に球状化が容易であるばかりでなく、球状化の所要時間も短くてすむものと考えられる。

銑鉄中の黒鉛は、球状化添加金属を添加しなくとも、本来球状化しうる性質をそなえていることが、本実験によつて明らかになった。

5. 結 言

水平式 Zone melting 装置およびタンマン炉にて、固液共存温度付近における黒鉛組織の挙動を調べ次の結論をえた。

- 1) 銑鉄の固液共存温度付近における黒鉛の挙動は、

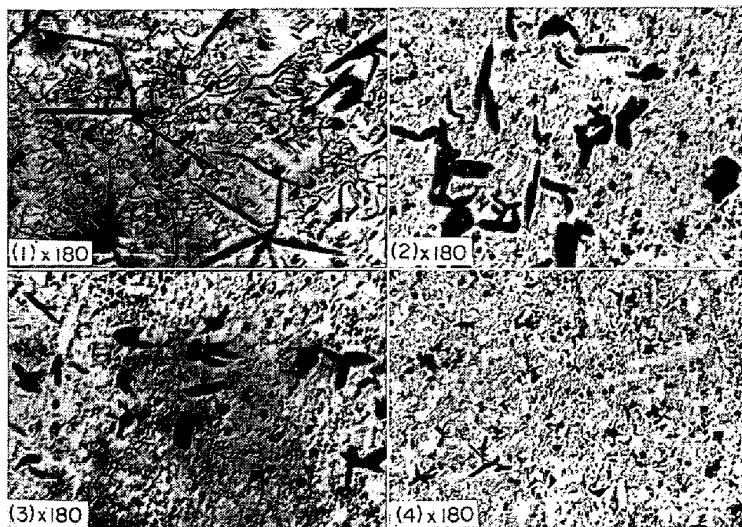


Photo. 5. Effect of repeated zone melting.

- (1) Base sample (2) Photo. of one repeated zone melted (3) Photo. of four repeated zone melted (4) Photo. of eight repeated zone melted (2/3)

鋼中の層状セメントタイトが A_1 変態温度付近で球状化する場合と同様の傾向を示すが、温度が高いから球状化が比較的容易である。

2) 固液共存温度で短時間溶解した銑鉄の試料中には、黒鉛の球状化が認められる。

3) 固液共存温度の直下に保持した固相の試料中には、黒鉛の球状化が認められる。

4) 銑鉄中の黒鉛は、球状化添加金属を加えなくとも、本来、球状化しうる性質をそなえていることを認めた。

本実験の溶解試験に参加した光安拓治君およびダリルス・テネク君に謝意を表す。

文 献

- 1) The International Encyclopedia of Physical Chemistry and Chemical Physics.
J. A. BARKEN: Lattice Theories of the Liquid State, Pergamon Press, 1963,
- 2) 鉄鋼便覧, P 12

(224) 溶融鑄鉄からの球状黒鉛の晶出について

(鑄鉄の黒鉛発生論に関する研究—I)

千葉工業大学

工博○岡田厚正・大塚教夫・北田昌邦

On the Crystallization of Spherical Graphite Frozen from Molten Cast Iron.

(Study on the graphitization of cast iron—I)

Dr. Atumasa OKADA, Michio OHTUKA
and Masakuni KITADA.

1. 緒 言

鑄鉄製品の連続鑄造、たとえば溶融鑄鉄をロールの間を通して凝固させて板を作る場合には、溶湯が低温でし