

厚肉FCに生成する異常黒鉛とその成因

(株) 宇部スチール ○榎谷 歩 工博 糸藤春喜
村上 勝

1. 緒言

今回、厚肉普通鉄(Fe-3.28%C-1.68%Si-0.69%Mn-0.047%P-0.041%S)において、ウィッドマンステッテン状及びネット状の異常黒鉛が観察された。中でもウィッドマンステッテン状の異常黒鉛に関しては、Pb⁽¹⁾⁽²⁾, Sn, Sb⁽¹⁾ など様々な微量不純物元素が成因であると言われている。しかし、これらの元素との因果関係を明確に示した例は少ない。そこで、その成因及び生成時期を検討した。

2. 実験方法

2-1. 異常黒鉛の成因

今回、厚肉普通鉄中に観察された異常黒鉛組織のSEM像をFig.1に示す。まず、異常黒鉛が観察された近傍より試料を採取し、高周波プラズマ発光分析装置(ICP)により微量不純物元素について分析を行った。次に、分析結果に基づき、微量不純物元素と異常黒鉛生成の関係をEPMAにより調査した。

2-2. 異常黒鉛の生成時期

2-1の調査結果に基づき、異常黒鉛の成因と考えられる元素を含有した普通鉄における、異常黒鉛の生成時期について検討を行った。まずTable 1に示す成分の溶解材料を、異常黒鉛が生成すると考えられる組成に配合し、Ar雰囲気中で溶解した。溶落後、1723Kで10分間保持した後、4K/minにて1643Kまで冷却しFe-75%Siで接種した。その後、冷却速度を制御しながら凝固冷却させた。実験に際し、まず異常黒鉛の生成する凝固冷却パターンを検索した。次にそのパターンを用い、冷却中の幾つかの点で水冷を行い、凝固、冷却過程の中断組織を観察した。又、各凝固、冷却過程の中断試料における遊離黒鉛量についての分析も行い、異常黒鉛の生成時期を裏付ける判断材料とした。

3. 実験結果

3-1. 異常黒鉛の成因

ICPによる分析結果をTable 2に示す。V, Snが特に高い値を示し、Pbについては黒鉛形状に対して有害であると言われている⁽¹⁾⁽²⁾程度の含有量であった。又、Sbの含有は認められなかった。この結果に基づき、Fig.1の視野についてEPMAによるカラーマップ分析を行った。その結果、ネット状の黒鉛内及び異常黒鉛周辺で

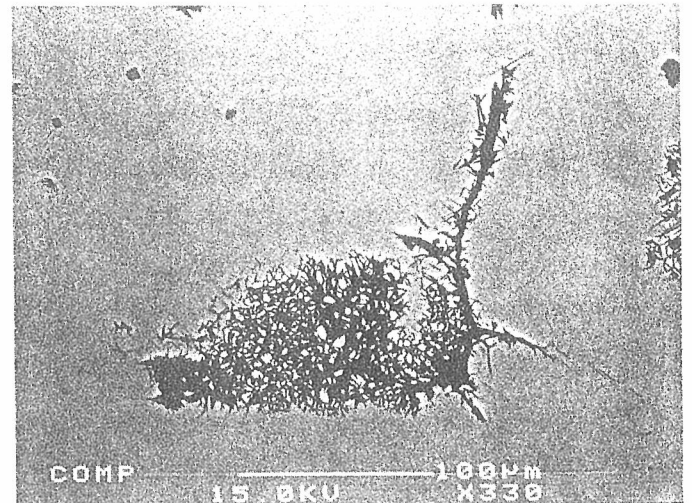


Fig.1 Abnormal graphite structure in gray cast iron

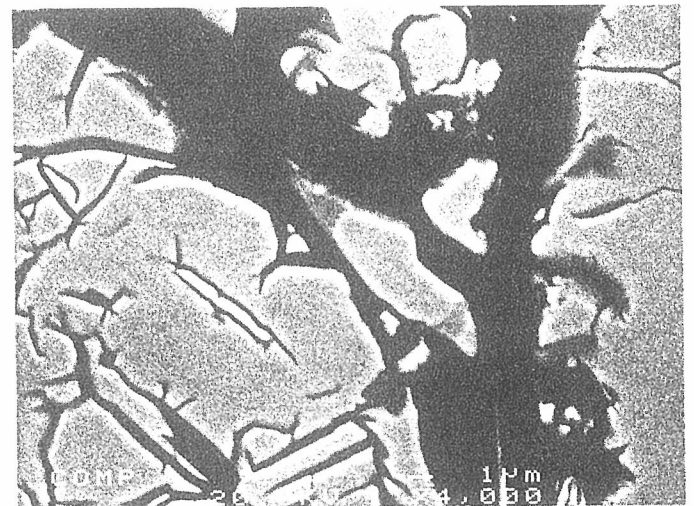


Fig.2 High magnification of Fig.1; V and Ti segregation was observed around abnormal graphite

Table 1 Chemical composition of melt materials

Melt materials	Chemical composition (wt%)	
	Chemical composition	
Pig iron	Fe-3.23C-1.65Si-0.77Mn-0.073P-0.010S-0.012Ti-0.005V	
Fe-V	53V	
Fe-Ti	70Ti	

の顕著なVの濃化が観察された。そこで、特に濃化が激しい部分についてSEMによる観察を行ったところ、明らかに基底組織と異なる異物が観察された (Fig. 2)。この異物は点分析 (定性) の結果、V, Ti系の炭化物であることが分かった。

3-2. 異常黒鉛の生成時期

今回の実験条件において、ウィッドマンステッテン状の黒鉛が生成した凝固冷却曲線を Fig. 3に示す。又、各焼入れ及び炉冷試料の化学成分を Table 3 に示す。尚、ネット状の黒鉛については、それに類似した形状のものは確認されたが、生成時期については明確な結果が得られなかった為、今回はウィッドマンステッテン状の黒鉛についての結果のみとする。ウィッドマンステッテン状の黒鉛は、共晶凝固開始までの冷却時間の制御によって共晶セル数を少なくし、共晶凝固時間を長く設定した場合に、最も多く認められた。共晶凝固終了時には粗大なA型黒鉛のみが観察され [Fig. 4(a)]、この時の遊離黒鉛量は 1.75wt%であった。しかし、共析変態開始前ではA型黒鉛周辺に、ウィッドマンステッテン状の黒鉛が認められた [Fig. 4(b)]。又、この時の遊離黒鉛量は 2.34wt%で、共晶凝固終了から共析変態開始までの冷却過程において、0.59wt%の2次黒鉛がウィッドマンステッテン状の黒鉛として析出していることが分かった。共析変態終了後に炉冷した試料においても、同様にウィッドマンステッテン状の黒鉛が認められたが [Fig. 4(c)]、遊離黒鉛量が 2.52wt%であることから共析変態での黒鉛の析出は少ないと考えられる。

4. 結言

今回、厚肉普通铸铁中に観察されたウィッドマンステッテン状及びネット状の異常黒鉛はV, Tiの偏析部に生成しており、溶解実験においても同様な傾向が確認されたことから、これらの元素が異常黒鉛生成の要因であることが分かった。

ウィッドマンステッテン状の黒鉛に関しては、共晶凝固終了後より共析変態開始までの冷却過程において析出する、2次黒鉛であることが分かった。

Table 2 Chemical composition of harmful elements against ASTM A-type graphite formation

(wt%)							
V	Zn	As	Nb	Sn	Sb	Pb	Bi
0.021	0.004	0.005	0.002	0.022	0.001	0.006	0.001

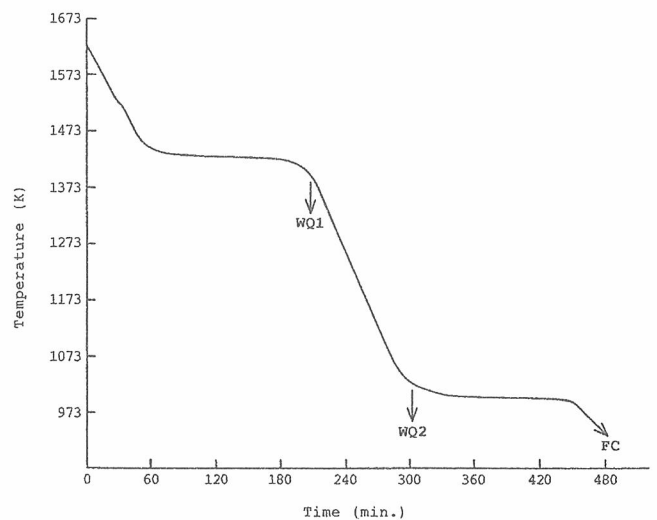


Fig. 3 Controlled cooling curve for the widmansttaten graphite in gray irons contained V and Ti

Table 3 Chemical composition of quenched and furnace-cooled samples

(wt%)							
	C	Si	Mn	P	S	Ti	V
WQ 1	3.11	1.95	0.73	0.067	0.012	0.158	0.274
WQ 2	3.12	1.94	0.73	0.071	0.011	0.179	0.284
FC	3.07	1.97	0.73	0.072	0.011	0.185	0.276

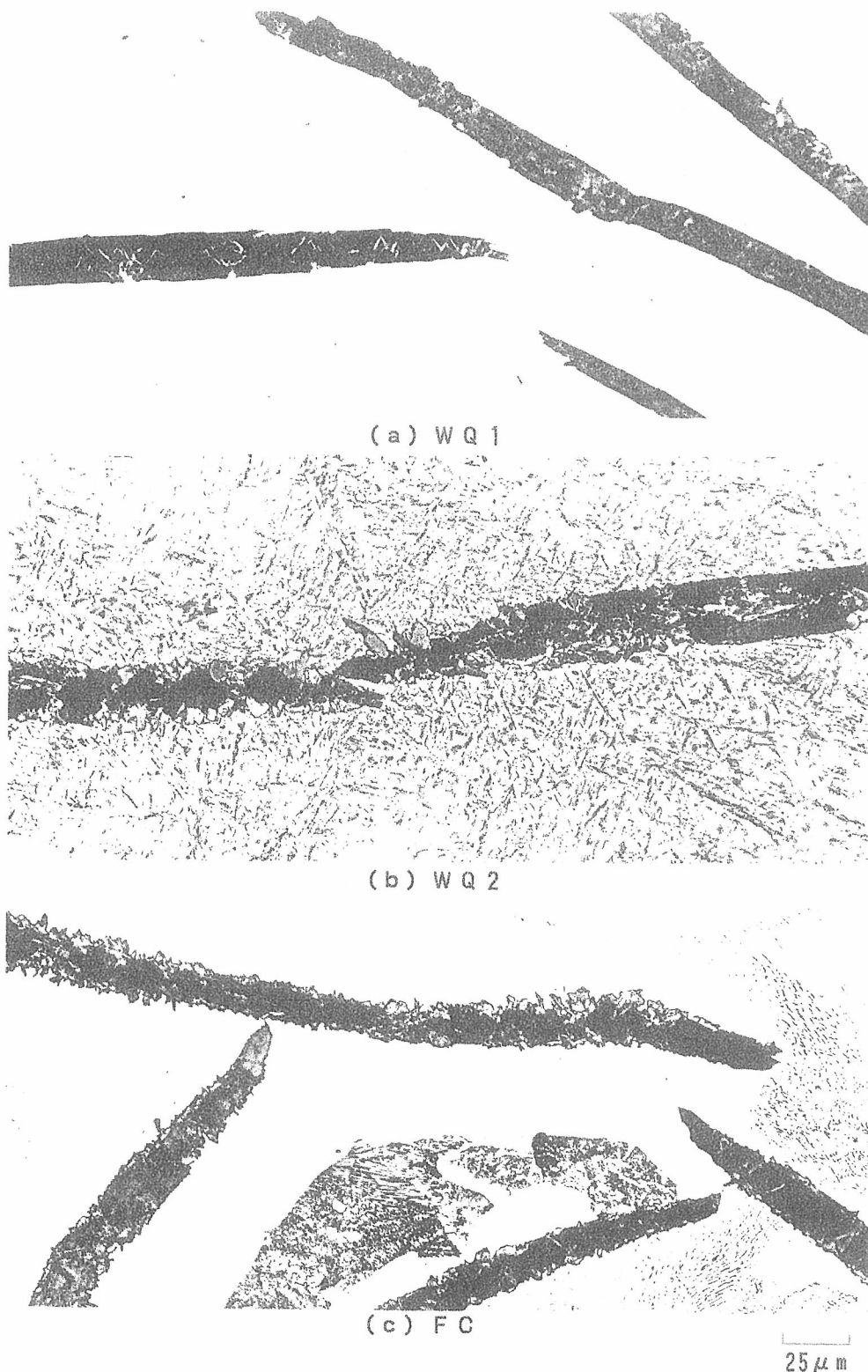


Fig.4 graphite structure of gray iron at the critical points on cooling curve shown in Fig.3 ; (a) and (b) queched at WQ1 and WQ2 respectively and (c) furnace cooled

- 参考文献 1) 井ノ山, 山本, 川野: “反応論からみた鑄鉄”, (社)新日本鑄鍛造協会 (1992), 226
 2) 小林, 菅野, 久保田, 中田: 第 119回日本鑄物協会全国講演大会講演概要集 (1991), 45