

## 鋼の高温度に於ける諸變化に及ぼす超音波の影響 (II)

(昭和 26 年 4 月, 同 10 月本會講演大會に講演)

田中 清治・吉田 高明・高木甲子雄

EFFECTS OF ULTRASONIC FLAW ON BEHAVIORS  
OF IRON AT HIGH TEMPERATURE*Seiji Tanaka Dr. Eng., Takaaki Yoshida and Kineo Takagi*

## Synopsis:

Effect of ultrasonic flaw on the cementation of pure iron, graphitization of the cemented iron using 30 or 100 K.C. ultrasonic flaw and the phase change of cementite were studied. Results were as follows.

(1) Flaky graphite was easily formed during cementation at temperatures above 850°C of pure iron with solid carburizer consisting of charcoal powder,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  and  $\text{BaCO}_3$  under ultrasonic waves.

(2) When iron was cemented under ultrasonic waves and furnace cooled from the cementing temperature down to about 600°C under ultrasonic waves, pearlite structure was almost completely graphitized.

(3) Cementite in pure iron was easily graphitized under ultrasonic waves at comparatively lower temperature, especially more easily when the iron had been quenched from high temperature and graphitized even at such lower temperature as below as 750°C.

(4) When the cemented pure iron was heated at temperature under  $\text{Ar}_1$  about 1 hr under ultrasonic flaw, it was found that an unknown phase precipitated out in cementite crystals, which finally decomposed clearly into two phases. It was supposed that the unknown crystal phase should be an iron carbide, higher carbon content than  $\text{Fe}_3\text{C}$  and the other phase was ferrite.

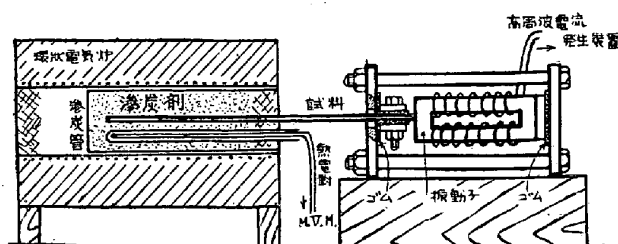
I. 純鐵の滲炭及び滲炭した鐵の黒鉛化  
に及ぼす超音波の影響

本研究では 30K.C. の超音波を用い主として純鐵の滲炭に及ぼす超音波の影響, 及び滲炭した鐵の黒鉛化に及ぼす超音波の影響に就て實驗した。

## 1. 超音波發生裝置及實驗試片

超音波發生裝置は第 1 報と同様で唯周波数を 30K.C. 改めた。

超音波傳達は試片に直接に且その方向を試片の方向と同一にして縦波を出来るだけ干渉を受けないようにした。



第 1 圖

第 1 圖に示す如く試片及び振動子の支持には接觸部にゴムをはさんで振動が外に逃げるのを防ぐようにした。

試片は電解鐵で厚さ 0.4 及 0.6mm の壓延材で之を幅 10mm 長さ 20cm に切斷して用いた。その化學成分は次の如くである。

成分	C	Si	S	P	Cu
%	0.0096 ~0.015	0.0026 ~0.0039	0.0022 ~0.0032	0.0024 ~0.0048	0.0012 ~0.0065

滲炭劑は木炭 70%  $\text{BaCO}_3$  20%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% の混合で、之を滲炭管に詰めてこの中に試片の一端を埋め管狀電氣爐にて加熱し、超音波を試片の他端より傳えて實驗を行った。

## 2. 實 驗

## (A) 滲炭に及ぼす超音波の影響

滲炭温度 800°C 以下では超音波の影響は本實驗で行つた滲炭時間の範圍では殆んど認められなかつた。850°C に於て而も滲炭時間 30 分以上で始めて超音波の影響が認められた。850°C の滲炭の場合に滲炭温度から焼入れた組織はマルテンサイトの地に片狀黒鉛が介在して

居り、又爐冷したものはパーライト粒界並にパーライト地中に黒鉛片が介在して居る。又黒鉛片は試片の表面から内方へ向つて發達して居り、又黒鉛の周囲はフェライトで圍まれている。滲炭時間が長くなるに従つて滲炭層の深さ及び炭素の濃度も増し黒鉛片の量も増して来る。超音波を傳へ乍ら滲炭して超音波を傳へながら爐冷すると黒鉛量は一層増加し、地はほとんどフェライトとなりパーライトは僅かに存在する。即ち二次黒鉛化が著しく進行する。寫眞第1は850°Cに於て40分間超音波滲炭し、超音波を傳へながら爐冷した組織で一次セメンタイトは存在せず二次黒鉛化は殆んど完全に進行していることが認められる。然るに超音波を傳へずに普通の如く滲炭し全く黒鉛の存在しない組織は滲炭温度から超音波を傳へながら爐冷しても黒鉛は僅かに發生するのみで二次黒鉛化は全く起らない。即ち二次黒鉛化は一次黒鉛化に依つて生じた黒鉛が存在する時に始めて超音波に依つて著しく促進されることが認められる。

950°Cで超音波滲炭すると片狀黒鉛は著しく發達し、滲炭時間を長くすれば益々促進され、2時間半になると試片の表面に遊離セメンタイトが多く生じ表面から試料の内部に向つて發達する。かくの如く黒鉛量が増しセメンタイトの量が増すと試料の材質が脆弱となり、超音波の振動によつて試料先端より9~10mmの周期で試片が波狀に曲り同時に試片の先端から約27mmの個所に音波の進行方向と直角に割れを生じ遂に切斷された。

寫眞第2は950°Cに120分超音波滲炭し、超音波を傳へずに爐冷した組織である。

寫眞第3は寫眞第2を1000倍に擴大したもので、セメンタイトの結晶が超音波の振動によつて割れを生じ、その割れにそつて黒鉛が生じている事が認められる。

この事實から滲炭に依つてセメンタイトが生じ之が超音波によつて割れを生じその割れに沿うて發生した黒鉛が核として作用し黒鉛化が促進されることが考えられる。

### (B) 滲炭した鐵の黒鉛化に及ぼす超音波の影響

超音波を傳へずに普通の如く滲炭し全く黒鉛の存在しないセメンタイト組織を再加熱し超音波を傳へて黒鉛化の實驗を行つた。

電解鐵試片を950°Cで3時間滲炭し滲炭温度から爐冷、空冷、油冷した各試片を超音波を傳へながら各温度に加熱した。

爐冷、空冷した試片は800°C以下では黒鉛化が餘り進行せず片狀黒鉛が遊離セメンタイトの内部に發生したような組織を呈する。然るに油冷した試片は黒鉛化は

容易に起り730~750°Cの如き低温度でも粒界に沿うて黒鉛化が起り連続して片狀黒鉛となる。

寫眞第4は950°Cで150分滲炭し滲炭温度から油冷したものを750°Cに120分間超音波加熱を行つたものゝ組織である。黒鉛が粒界にセメンタイトと共に存在している。黒鉛粒が連続して片狀黒鉛の外觀を呈する所も見られる。

尙セメンタイト結晶中に未知の相が析出する現象が見出されたがこれに就ては第2節に述べる。

## II. 滲炭した鐵のセメンタイト結晶に及ぼす超音波の影響

電解鐵を超音波を傳へずに普通の如く滲炭した試片を超音波を傳へ乍ら再加熱し、セメンタイト結晶の變化及び分塊現象に就て實驗を行つた。試片及び装置等は前節と同様である。唯前實驗では30K.C.を用いたが本實驗では100K.C.を用いた。周波数の差異により黒鉛化速度及びその發生狀況に差異を認めたが之は超音波の傳達反射、入力等の差異によるものと思われるが本質的の差異は認められなかつた。

### 1. 實 驗

滲炭した試料を900°C以上の高温度で再加熱すると前節と同様に黒鉛化が起るが、800°C以下の低温度で超音波を傳へながら加熱し尙超音波を傳へ乍ら爐冷するとセメンタイト結晶の變化及び分塊現象が認められた。

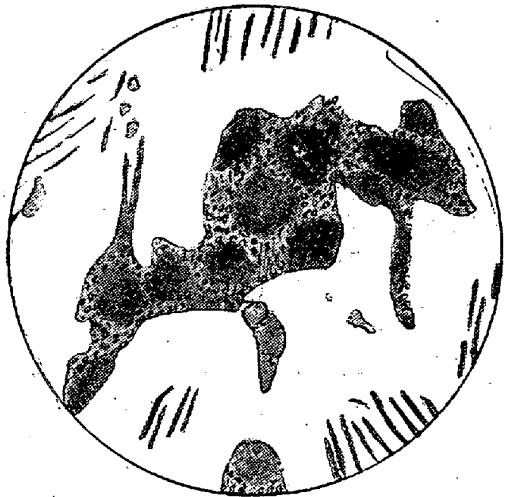
寫眞第5はセメンタイト結晶中に微細な不明な相の析出を示す。(之はアバタイトと假稱して講演した)

寫眞第6はこの相が稍大きく發達した組織である。(之はタナカイトと假稱して講演した)

この組織の模範的のものは寫眞第7で遊離セメンタイト結晶中に丸い小粒が葡萄狀に析出して居り粒界は濃く腐蝕されている。之を1500倍にして見ると第2圖のように粒界は丁度共晶組織の如く更に微細な粒が多く析出しているのが認められる。

寫眞第8及第9は明かに二相に分離した組織である。(之はヨタナイトと假稱して講演した)

寫眞第9はセメンタイトの原形が残存しその中に析出した相が存在する。セメンタイトの原形はピクリン酸ソーダで腐蝕されるので之は他の炭化物の如く見えるが、恐らくフェライトであらうと思われる。この未知の析出温度は變態點以下で低温になる程析出に長時間を要する。この相は如何なるものか不明であるが炭素濃度の高い炭化物であらう。普通セメンタイト( $Fe_3C$ )と稱するものは炭化物と鐵の固溶したもので炭素濃度が種々異なる



第 2 圖

るものではないかと考えられる。

寫眞第 10 はセメンタイトの結晶中に微細な析出が線状に現われたもので、かような部分は黒鉛化が起り易いとを認めた。

寫眞第 11 は 950°C で滲炭し滲炭温度から油冷したものを 730°C で 60 分超音波を傳へて加熱した組織である。セメンタイトの粒状化がよく行われている。尙多少粒界に黒鉛が発生しているのが認められる。

### III. 實驗結果の總括

滲炭に及ぼす超音波の影響、滲炭した鐵の黒鉛化に及ぼす超音波の影響並にセメンタイトの變化に及ぼす超音波の影響について實驗した。實驗結果は次の如くである。

1) 滲炭に及ぼす超音波の影響は 900°C 以上に於て顯著になる。又滲炭時間が長い程著しく現われ、滲炭が促進されると共にセメンタイトが黒鉛化し、粒状黒鉛が発生し之が連続して片状黒鉛となる。

2) 滲炭時に発生した黒鉛は爐冷の際に黒鉛核として作用し二次黒鉛化を進行する。超音波を傳へながら爐冷すると一層二次黒鉛化が進行し殆んど全部フェライト組織になる。

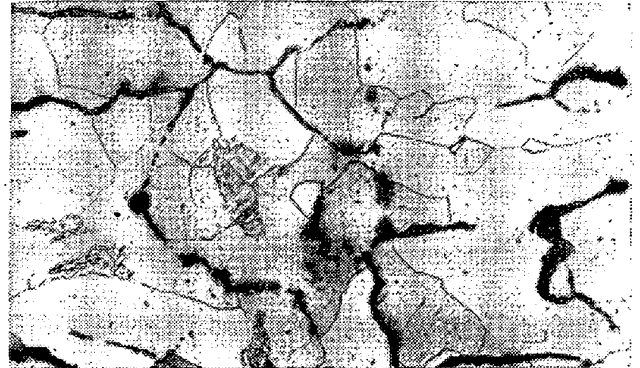
3) 950°C の高温度に於て長く超音波滲炭を行う時は滲炭作用と黒鉛化作用は旺盛になりセメンタイト結晶及び片状黒鉛が多くなり、又試片の表面にセメンタイトの層を生成し之から片状黒鉛が試片の内部に發達する。

4) 更に長く滲炭すると多量のセメンタイトと黒鉛が発生して材質が脆くなり超音波の振動のために試片は破壊するに至る。

5) 超音波を傳へずに普通の如く滲炭したものを超音波を傳へながら再加熱すると、800°C 以下では餘り黒鉛化は起らないが、滲炭温度から油冷した試料は黒鉛化は

容易に起り 730°C でも粒界に沿うて黒鉛を發生し連続して片状黒鉛となる。

6) セメンタイトの結晶は超音波の振動のために割れを生じその割れに沿うて黒鉛が発生するを認めた。



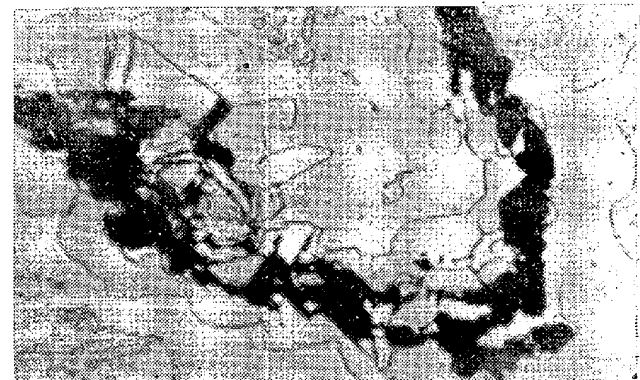
1

×200



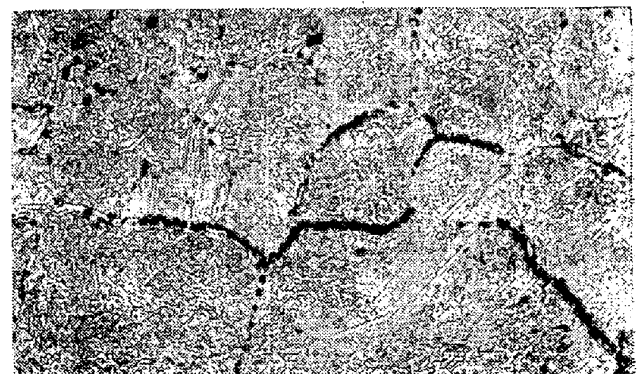
2

×400



3

×1000



4

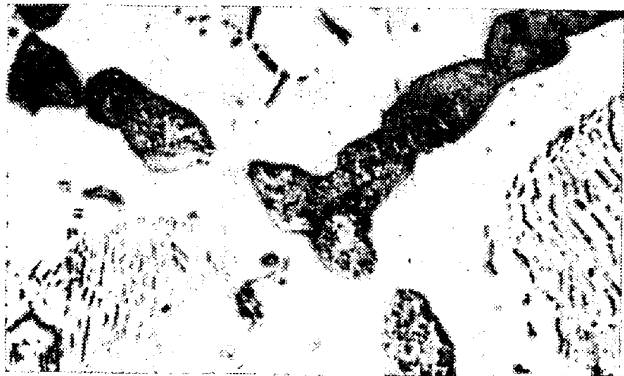
×200

7) 電解鉄を滲炭したものを再加熱し超音波を傳へながら爐冷するとセメンタイト結晶中に微細な未知相が析出する。この相が次第に大きく發達しセメンタイトが全く二相に分れる。この未知相は不明なるも  $Fe_3C$  より高炭素の炭化物と考えられる。

「普通セメンタイトと稱するものは、これより高炭素の炭化物に鐵が固溶したもので炭素濃度が種々異なるものと考えられる。

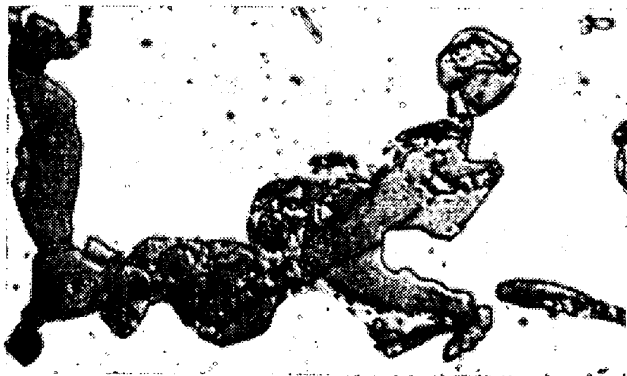
8) 滲炭温度から油冷した試片を變態點直下で超音波を傳へながら加熱するとセメンタイトの粒狀化が良く行われる。

9) セメンタイトの結晶中に微細な未知相が析出せる部分より黒鉛化が起り易い。(昭和 27 年 7 月寄稿)



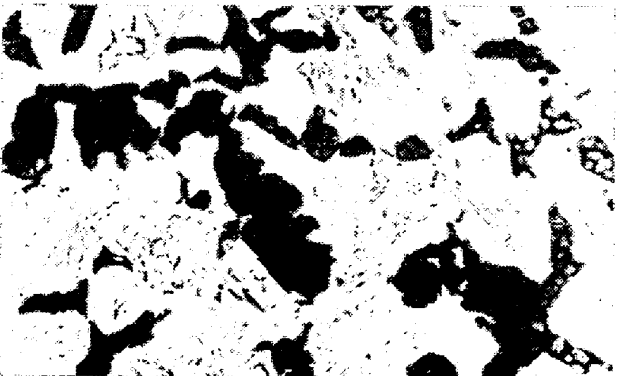
5

×1200



6

×1200



7

×150



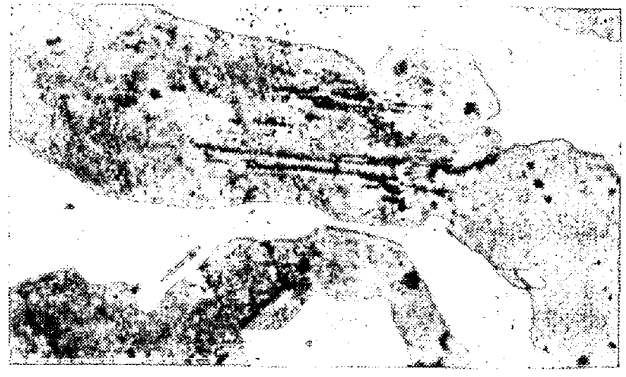
8

×1500



9

×1500



10

×1200



11

×400