オーステナイト粒度の新測定法と繰返し加熱冷却 によるオーステナイト粒界の變化*

河 上 益 夫** 藤 英 章**

M. Kawakami and E. Fuji. A New Method of Determining Austenite Grain Size and the Observation of Transition of Austenite Grain Boundary by Repeated Heating and Cooling. If the specimen of mild steel, of which surface is polished as flatly as a mirror, is carburized with weak carburizer, the graphite is deposited along the grain boundary of austenite. Applying this phenomena, we found a new method of determining austenite grain size, called "graphite method", which was simpler and speedier than other methods. And the transition of austenite grain boundary by heating and cooling through A_1 point was also observed.

(Received April 16, 1952)

I. 緒 言

前報⁽¹⁾で報告したように弱滲炭剤で軟鋼を滲炭すれば、試料面のオーステナイト粒界に黒鉛が選擇的に堆積するから、粒界が明瞭に觀察される。本報ではこの現象を應用してオーステナイト粒度の新決定法を提唱すると共に A_1 點を上下しての加熱冷却に伴うオーステナイト粒界の變化を實驗的に明らかにした。

II. オーステナイト粒度の現出法

オーステナイト粒の現出法には種々あるが、それぞれ長短があり、學界提出の方法は原則として滲炭法 (McEhn

Table 1 Measurement of Austenite Grain Size.

	Electrolytic Iron	0.1% C Steel
Mc Ehn Test	6.0	10.0
Graphite Test	6.3	10.2

法⁽²⁾である。新現出法は試料面を鏡面にまで仕上げた後、木炭のみに埋めて 925° , 2 hr 滲炭後、試料面を腐蝕せずにそのまま檢鏡して黒鉛堆積による現出結晶粒を測定するもので、これを黒鉛法と呼稱する。Mc Ehn 法では 925° , 6 hr の滲炭で表面層に過共析部を形成するようにし、一端焼入法および2回焼入法では 925° , 2 hr 加熱後、焼入する。炭素鋼をこの温度に加熱すれば 2 hr ぐらいいは粒成長が一定値に達する⁽³⁾から、上記の諸法の結果はほぼ一致した値を得る譯で、本法でも 925° , 2 hr を採用、本法と他法の比較例として 0.1% C 鋼及び電解鐵について行つた結果を Table 1 示す。即ち、Photo. 1, 3 は本法、Photo. 2, 4 は Mc Ehn 法によるもので、この中 Photo. 1, 2 は 0.1% C 鋼、Photo. 3, 4 は電解鐵についての結果をまとめた。これらによれば兩法がよく一致することが判る。炭素鋼を A_1 點以上に加熱する場合全體がオーステナイトになった際の初期粒度は極微細であるがこれは時間と共に急速に成長し、ほぼ 2 hr で成長が完了する。本法では滲炭作用が極めて微弱であるから、この 2 hr 内では粒の成長を妨げることは少い。それは前報⁽¹⁾で述べ

×360
Photo. 1 Graphite Test on 0.1% C Steel. Photo. 2 Mc Ehn Test on 0.1% C Steel.

×360
Photo. 3 Graphite Test on Electrolytic Iron. Photo. 4 Mc Ehn Test on Electrolytic Iron.

* 東京工業大學

** 1951 年 4 月本會京大に發表

(1) 藤, “鋼の滲炭機構に関する研究 (第 4 報) 試料表面” 本誌に投稿中。

(2) McQuaid Ehn, Trans. Amer. Inst. Min. Met. Eng., 67(1922), 341.

(3) 河合, 鐵と鋼, 27(1941), 767.

(4) 藤, “鋼の滲炭機構に関する研究 (第 3 報) 表面反應” 本誌に投稿中。

たように表面反応で生成する炭素原子の大部分は試料内に溶解拡散し、かつ表面炭素濃度は未飽和であるからである。しかしオーステナイト粒が滲炭時間と共に成長する場合は粒界に生成した黒鉛は粒界の移動に伴って漸次移動するものと考え、それ故に Mc Ehn 法のように滲炭層の表面に近いほど粒の成長が抑制され、内部に至つて漸次大きくその決定にあたつて誤まることはない。さらに本法の利点を述べると高温酸化法⁽⁶⁾の如く真空加熱や焼入操作を要せず、処理時間も McEhn 法の 6 hr に比べて 2 hr で足り、かつ炭滲後の切斷の腐蝕を要せず操作が簡単迅速であつて、しかも他法に比べて粒界が明瞭に現出される。

III. 繰返し加熱冷却によるオーステナイト粒界の變化

上記と同様の方法によつて炭滲を施しオーステナイト粒界に黒鉛を堆積した試料を一旦 A_1 點以下に冷却した後、滲炭温度に再加熱しても、この黒鉛はやはり存在して元のオーステナイト粒界を示す。そこで亜共析鋼について炭滲を行いつゝ加熱冷却の繰返しによるオーステナイト粒界の變化の状況を明らかにした。亜共析鋼を均一オーステナイトに加熱後、 A_1 點以下に冷却することを 2 回繰返せば、2 回目のオーステナイト粒界は 1 回目の冷却過程における初析フェライトの析出状態により支配されるべきであるから、初めに 1 回目のオーステナイトよりの冷却速度と初析フェライトの形状の變化について觀察した。

1. 冷却速度と初析フェライトの形状

電解鐵を用い、表面仕上げ後、木炭に埋めて 950° で 2 hr 炭滲後、(A) 炭滲筒ごと水焼入、(B) 炭滲筒ごと空冷、(C) 700° まで爐冷、(D) 300° まで徐冷の 4 種の冷却を行つて見た。これらの冷却速度は A_1 點附近でそれぞれ (A) $50^\circ/\text{min}$, (B) $14.3^\circ/\text{min}$, (C) $4.5^\circ/\text{min}$, (D) $1.5^\circ/\text{min}$

×500×6/7

Photo. 5 Carburized at 950° for 2 hr, then Cooled at $50^\circ/\text{min}$.

min であつた。これらを Picral で腐蝕した組織を示せば、Photo. 5 6.7 および 8 の如くである。いずれもオーステナイト粒界に黒鉛の堆積が認められる。Photo. 5 では過冷却

(5) P. Herasymenko, Metal Progress, 30(1936), 69.

が最も大きいので炭素量大なる如く見え、オーステナイト粒界に沿つて初析フェライトが僅かに生長し、Photo. 6

×500×6/7

Photo. 6 Carburized at 950° for 2 hr, then Cooled at $15^\circ/\text{min}$.

×500×6/7

Photo. 7 Carburized at 950° for 2 hr, then Cooled at $4.5^\circ/\text{min}$.

×500×6/7

Photo. 8 Carburized at 950° for 2 hr, then Cooled at $1.5^\circ/\text{min}$.

では過冷却が少くなるので初析フェライト部が多くなり、Photo. 7, 8 ではさらに冷却速度が遅くなつて過冷却を減じ、Photo. 8 では部分的にフェライト中に塊状のセメンタイト相のみが存在する異常組織を示す。一般に異常組織生成の際には徐冷するほど結晶核が発生しがたい⁽⁶⁾。Photo.

(6) 岩瀬, 本間, 持田, 本誌, 8(1944), 587.

8 ではフェライトの核が少くパーライト部が元のオーステナイト粒の片隅に押込められて、しかも隣接オーステナイト粒の同様のパーライト部と連絡しているのが判る。そこ

Fig. 1 Sketch on Transition of Austenite Grain Boundary.

で正常組織と異常組織との生成過程とオーステナイト粒界との関係を圖解してみると Fig. 1 の A, B および E, F に示す如くである。I の場合は Photo. 5 の如く Ar_3 點に達して粒界に數多くの初析フェライトの核を生成し、GS 線に沿うてフェライトを析出後 A_1 點でパーライト變態を行い正常組織を示すが、II の場合は Photo. 8 の如く初析フェライトの核数が少く、1 個のオーステナイト粒に對して 1~2 を示すに過ぎない。この場合は過冷度が大きくなつて、生成するパーライトは粒界に接するようになる。以上のように本實驗によれば冷却の速い場合は從來考えられたようにオーステナイト粒界に沿うてフェライトを析出してオーステナイト粒の中央にパーライトを生成するが、冷却が遅くて過冷される場合はパーライトの位置はオーステナイト粒界の 1ヶ所に接して生成されることが實驗的に明らかに示される。

2. 繰返し加熱冷却による結晶粒界の變化

1. において實驗した試料のうち、A および D の冷却

Photo. 9 Carburized at 950° for 2hr, then Cooled at 50°/min, and then Recarburized at 950° for 2hr.

Photo. 10 Carburized at 950° for 2hr, then Cooled at 50°/min, and then Recarburized at 950° for 1hr.

試料を M, N とし、これをそのまま上記と同様の滲炭處理を再び行つてオーステナイト粒界の變化を觀察した。この再滲炭處理にあたつての加熱速度はいずれの場合にも A_1

點附近で 1.5°/min に一定にした。それらの結果を示すと Photo. 9 および 10 である。Photo. 9 では試料 M を前回と同様に滲炭した結果、1 回目のオーステナイト粒界と 2 回目のそれとがほぼ一致したことを示す。この場合 1 回目と 2 回目との粒界を示す黒鉛の線が重なるのを防ぐために特に使い古しの木炭を用いて滲炭を行つた。Photo. 10 では試料 N を同じく再滲炭した結果であるが、1 回目と 2 回目との粒界をはつきりさせるために、1 回目の滲炭は滲炭劑として木炭に 1% Na_2CO_3 を添加して粒界の黒鉛が多く生成するようにし⁽¹⁾、2 回目では木炭のみで 950° で 1 hr 滲炭して粒界を細くするようにした。故に太い粒界は 1 回目のオーステナイト粒界を示し、細いのは 2 回目のそれを示すが、明らかに粒界の變化していることが示されている。この粒界變化の關係をさらに Fig. 1 で圖解すれば、I の B, C および II の F, G の如くである。Photo. 9 の場合の如くパーライトがオーステナイト粒の中央部に存在するときは、再加熱によりまず Ac_1 でパーライトはオーステナイトになり、このオーステナイトは共存するフェライトを蠶食し、 Ac_3 點附近になつて全部オーステナイトとなり、隣のオーステナイト粒と接觸するようになるから、ほぼ Fig. 1 の C の如く一致する。Photo. 10 の場合の如くパーライトがオーステナイト粒界に隣接、またはまたがつて存在する場合は、同様に加熱によりそこからオーステナイトになつて、その領域を擴大するために Fig. 1 の G の如く粒界が變化するわけである。

IV. 總 括

鋼に特殊の滲炭を施し、その際オーステナイト粒界に生成する黒鉛の生成狀況を觀察して金屬組織學的に二、三の検討を行つた。すなわち

(1) オーステナイト粒の新現出法として黒鉛法を提出し、これを McEhn 法と比較して本法が有利であるゆえんを述べた。

(2) 冷却速度を異にした場合の初析フェライトの形状とオーステナイト粒界の關係を明らかにした。

(3) A_1 點を上下して繰返し加熱冷却する際に生起するオーステナイト粒界の移動と初析フェライトの形状との關係を明らかにした。

終りに臨み熱心に實驗に助力した林 昇 君に對し深謝すると共に、本研究費の一部は文部省科學研究費によることを附記して謝意を表する。