

## 二相構成合金の加工の研究

室 町 繁 雄  
堀 茂 徳

Two Phase Alloys and Cold Rolling.  
— On the change of workability of low carbon steels  
by the isothermal annealing below  $A_1$  —

Shigeo MUROMACHI  
Shigenori HORI

The tensile, erichsen, hardness and microscopic tests were made with steel samples subjected to various isothermal annealings below  $A_1$ ; the behaviour of cementite under the annealing and further its effects upon these properties were studied. The grain size and the microhardness of ferrite do not change by the annealing and, therefore, we conclude that the change of mechanical properties of the samples under consideration is dependent only to the behaviour or the form of cementite.

### I 緒 言

低炭素鋼の熱処理に関する報告は古くから数多くなされている。しかし層状組織を呈するセメントサイトを球状化すると加工能が増大することは周知の事実である。ところが球状化した炭素鋼を更に長時間加熱すると却つて粘性の低下する現象については二三<sup>1)2)3)</sup>の人々の報告によるもその理由は明確でなく、何れも実験的根拠に乏しく現象の定性的説明に終始しているうらみがある。著者等はこれが原因は第二相として存在するセメントサイトの挙動によるものと考えていたがその性状として抽出し得たので簡単に述べ度い。

### II 試料及び実験方法

日産製鋼製 0.19% C, 0.14% Si, 及び 0.36% Mn 鋼を用い、4.8 mm から 2 mm 迄冷間圧延し 650° で中間焼鈍を行い、更にこれを 50% 冷延した。50% 圧延した板を 900° の鉛浴中で 1 時間保持し 10°/min の速度で 400° 迄冷却した後空冷し層状パーライト組織を生ぜしめて供試材とした。

試験片は 700° ± 3° の鉛浴中で各時間保持して空冷し夫々について検鏡、マクロ及びミクロ硬度測定、引張及びエリクセン試験を行つた。焼鈍浴の鉛の純度は 99.9% であつた。硬度、引張及びエリクセン試験片の寸法は夫々 20 × 30 mm, 標点距離 50 mm, 平行部分の幅 10 mm 及び 80 × 80 × 1 mm であつて同一処理を施すべき試験片は各組同時に熱処理を行つた。

### III 実験結果

受理状態の試料は写真 1, に示す如く球状化した組織を示している。これを前記の如く処理すると明瞭な層状パーライト組織を呈する。恒温浴中で数時間の加熱によつてもパーライト部には殆んど変化は認められないが、写真 2 に示す如く 10 時間前後から次第にセメントサイトが丸味を帯び始め、20 ~ 40 時間で殆んど層状の組織が認められなくなる。20 時間を越えると粒状のセメントサイトはフェライト粒界に移動する傾向を示し、加熱時間 100 時間ではもとのパーライト組織内にはセメントサイトの存在するのが殆んど見当らない。第 1 図は各の焼鈍時間におけるエリクセン値、抗

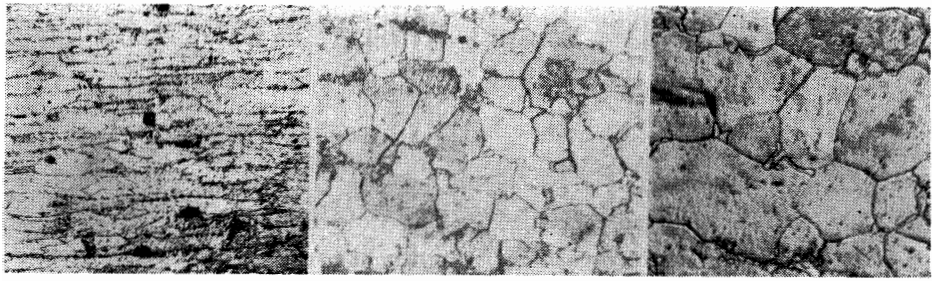
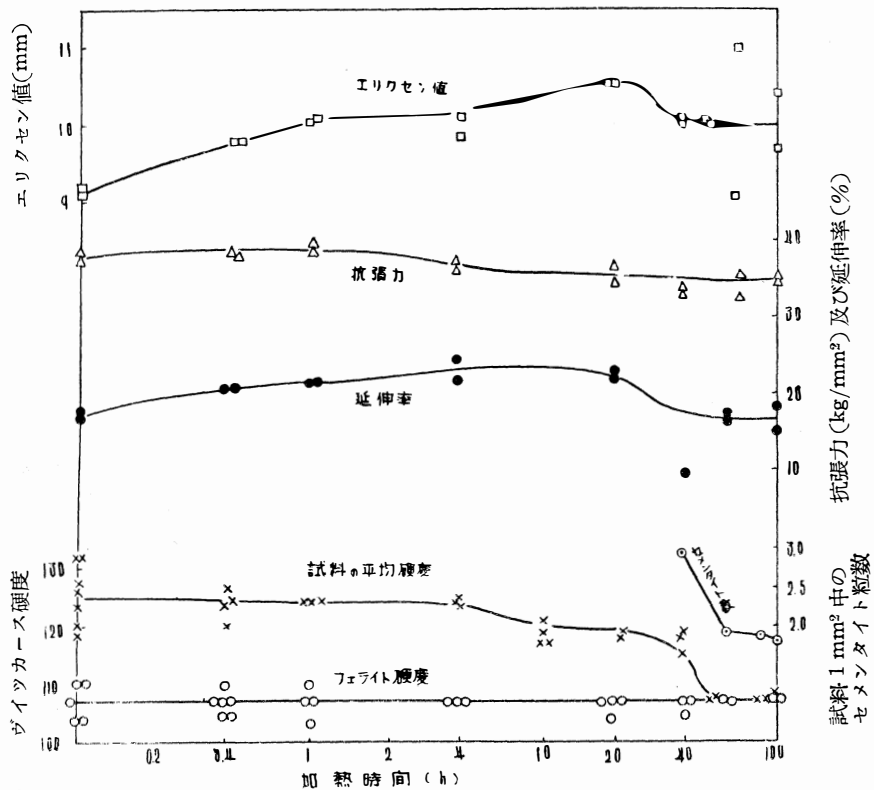


写真 1      ×60                      写真 2      ×420                      写真 3      ×620  
 受 理 状 態                              700° × 10h                              700° × 100h

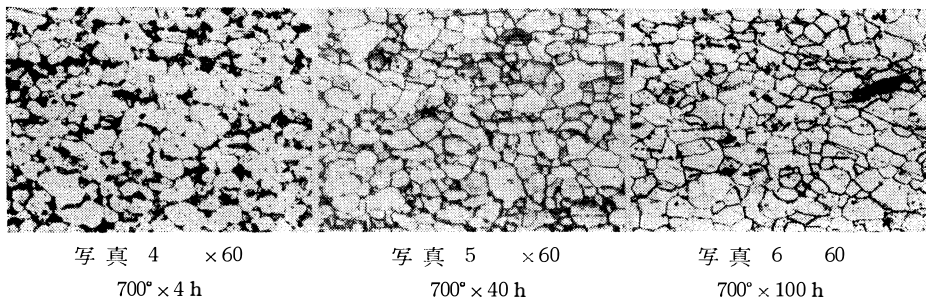
張力、延伸率、ヴィッカース平均硬度及び地鉄粒のマイクロ硬度を測定した結果である。図に於いてエリクセン値は25分の焼鈍により急に上昇を示し以後時間と共に次第に増大を示しているが、抗張力及び平均硬度は加熱時間4時間前後迄殆んど変化なく、その後層状セメントイットが途切れ初めると共に次第に低下を示す。延伸率は加熱時間と共に次第に増大を示し20時間を越えると急激に低下する。40及び60時間の焼鈍を行うとエリクセン値、延伸率及び平均硬度は著しい低下を示すが抗張力の変化は殆んど認められない。

つぎに殆んど層状の組織を示さなくなった試料についてセメントイットを現出してその数を読み、試料1mm<sup>2</sup>中の粒数に換算した値は60時間の焼鈍で著しく減少している。即ちセメントイットの急



第1図 加熱時間と機械的性質の変化との関係

激な粗大化が行われていることを示している。しかし60時間以上の加熱によつてもそれ以上のセメンタイトの粗大化は殆んど認められない。つぎに地鉄粒の大きさは写真4, 5, 6から判る如く長時間焼鈍によるも殆んど変化していない。又地鉄粒内のマイクロ硬度測定値も一定である。

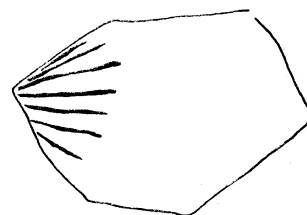


#### IV 結果の考察

層状パーライト組織を球状化する方法は色々あるが  $Ac_1$  直下で加熱する方法については異論<sup>4)</sup>がみられる。即ちこの方法では球状化しないとする説と球状化が可能であるという考え方とである。前者によればセメンタイトが球状化することは表面張力によつて表面が最小になる様に変化するのであるから、層状セメンタイトが球状化するためにはその各部が小片に切れねばならず、そのことは却つて表面エネルギーが増大することであるという。然しながら一般に高倍率の下では層状組織を示すセメンタイトは必ずしも直線的な板状ではなく表面に相当な凹凸があり、又層状パーライトはその生成に当つて膨脹により歪を生じ応力の異つた範囲を形成しこれらの部分では溶解度は異つている。尚又  $700^\circ$  前後における  $\alpha$  固溶体へのセメンタイトの溶解度は僅少の温度差によるもかなりの変化がみられる。従つて本実験の如く  $\pm 3^\circ$  という鉛浴中では層状パーライト組織が球状化することは上記の諸理由から可能性があるわけである。事実 Desch<sup>2)</sup> によれば  $0.2\%$  C-鋼では24時間で球状化が可能であつた。即ちこの様にして球状化した実験においては組織と機械的性質の変化との相関関係を考察するのに合理的である。

つぎに層状パーライトの生成は多くは第2図に示す如く進行し<sup>5)</sup>パーライト粒界は形成されないと考えられ従つてこれを加熱しセメンタイトを凝集せしめると層状パーライトは消失しセメンタイト粒は地鉄結晶粒中に点在することになると考えられる。それ故層状パーライト部も地鉄粒の一部と考え各加熱時間における地鉄粒面積を Zimmer 法で求めた。この第1表の結果から明かな様に地鉄粒は加熱によつても殆んど増大していな

第2図

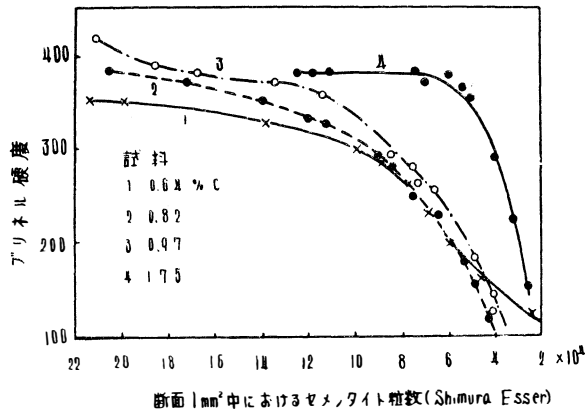


第1表 加熱時間と地鉄粒面積との関係

時間 (h)	地鉄粒面積 (mm <sup>2</sup> )	時間 (h)	地鉄粒面積 (mm <sup>2</sup> )
0	$46 \times 10^{-5}$	60	47 $\mu$
20	47 $\mu$	100	43 $\mu$
40	45 $\mu$		

いことが判る。又地鉄粒の硬度にも全然変化が認められない。これらの事実は小林氏の推論を否定しておりわれわれはここで次の事を云い得ると思う。エリクセン値、延伸率及び平均硬度の変化は

地質相には関係なくセメンタイトの挙動のみに依存している。即ち球状化が進行すると共にエリクセン値及び延伸率は増大し、この傾向は球状化の完了迄持続する。これに反して抗張力及び平均硬度は球状化が始まると僅かに減少を示している。第3図は Shimura, Esser 氏<sup>6)</sup>の断面  $1\text{mm}^2$  中の



第3図 球状セメンタイトの大きさと硬度との関係

の思考され前記の数値が略々これを満足する様に思われる。しかしエリクセン値及び延伸率はセメンタイト粒の粗大化以前に減少を示していることから美馬教授<sup>7)</sup>、その他<sup>8)</sup>も指摘されているようにセメンタイトが地鉄の粒界に移動して節状に存在するのが主原因と考えられる。

## V 総 括

層状パーライト組織を示す 0.19% 炭素鋼について  $A_{c1}$  直下で長時間加熱し、機械的性質の変化を地質相としてのフェライト及び第二相として存在するセメンタイトの挙動から検討した。結果の概要は

1. 低炭素鋼では球状化後の加熱によつて地鉄粒子の大きさは殆んど変化なく、そのマイクロ硬度の測定結果も不変である。
2. 板状のセメンタイトが球状化した後更に加熱を続けるとセメンタイトは地鉄粒界に移動し始め後粗大化する。
3. エリクセン値及び延伸率は球状化の進行と共に増大し、球状化セメンタイトが地鉄粒界へ移動すると急激に低下する。
4. 抗張力及び平均硬度は球状化が相当進行すると次第に低下を示し、平均硬度は球状セメンタイトが粗大化すると第二段の著しい低下を示す。
5.  $A_{c1}$  点下の加熱により層状パーライトが球状化することについて簡単に触れた。

最後に貴重な材料を頂きその上圧延加工して戴いた不二越鋼材工業株式会社に感謝し、実験に関し種々御配慮を賜つた近藤正男博士に深くお礼申し上げる次第である。

## 文 献

- ① 小林, 水曜会誌, 5 (1926), 807.
- ② C. H. Desh. J. Iron & Steel Inst., 107. (1923), 249.
- ③ Thompson, J. Iron & Steel Inst., 107 (1923) 260.
- ④ 例え 近藤, 日本金属学会誌, 輯録 7 (1943), 11.
- ⑤ Charpenter, J. Iron and steel Inst., (1932), 309.
- ⑥ S. Shimura & H. Esser, Stahl u Eisen, 50 (1930), 1674.
- ⑦ 美馬, 機械技術, 32 (1944), 140.
- ⑧ Auton Pomp, Stahl u Eisen, 73 (1953), 133.