

## 焼入鋼の残留オーステナイトに関する研究 (第1報)

炭素鋼の残留オーステナイトに及ぼす恒温処理の影響

## A Study of the Retained Austenite in Hardened Steel (Part 1)

根 本 正\*

Tadashi Nemoto

## 内 容 梗 概

構造用鋼および工具鋼などの熱処理研究の一環として焼入鋼に生ずる残留オーステナイトに関して磁氣的に研究を行い、その挙動を明らかにした。本報では鋼の焼割れの防止にまた変形の軽減を図るために広く応用される恒温処理法が残留オーステナイトの多少にどのように影響するかについて研究した。すなわちC量が異なる3種の炭素鋼(C0.46%, 0.92%, 1.21%)を各焼入温度から200°C以下の温度に焼入れし、各時間保持した後冷却した場合の保持時間と二次Ar''変態温度および残留オーステナイトとの関係さらに加熱に際して残留オーステナイトの分解様相などを究明した結果について述べる。

## 1. 緒 言

鋼の焼割れにはそれが焼入れ中に起る場合と焼入れ後長時間経過してから起る場合とがあり、前者は熱ひずみと変態ひずみとに起因し、後者は残留オーステナイト( $\gamma_R$ )の分解に原因して起る現象である。また精度を要する鋼材の変形を防止するには熱ひずみの減少を図るとともに徐々に変態を起させることが必要である。したがってこれらの諸問題を解明するには変態機構を明らかにするとともに一部変態が $\gamma_R$ に及ぼす影響を追究する必要がある。

従来マルテンサイト変態は高温では $\gamma$ 相がSchiebungにより、また低温では瞬間的にUmklappungによって $\alpha$ 相に変態するもので成分上の変化を伴わないものとしてすでに一般に知られている<sup>(1)~(6)</sup>。

また焼入鋼における $\gamma_R$ 量は油焼入れが水焼入れよりも多く<sup>(7)~(12)</sup>、それは主として変態ひずみによって起る現象と考えられてきたが、最近岩瀬、竹内両博士<sup>(13)</sup>が焼入状態図を明らかにして以来、またオーステナイトの安定化の研究結果<sup>(14)~(16)</sup>冷却過程における $\alpha_m$ の析出およびAr''変態温度範囲の冷却速度が $\gamma_R$ 量に著しく影響することが知られた。

なおオーステナイトの安定化の解明にはclusterの形成を考えると説明が容易となるが、これは室温以上における保持時間が短い場合に都合がよく、長時間保持してclusterの形成がさらに進行した状態についてはさらに検討を要する。

1930年Bain一派<sup>(17)</sup>が恒温変態に関する研究結果を発表して以来これに関する多くの論文が発表されているが<sup>(18)~(19)</sup>、Ar''変態温度範囲の変態速度についてはH. Lange氏<sup>(20)</sup>および今井博士<sup>(21)</sup>は炭素鋼について磁氣的に研究し、またGulyaev<sup>(22)</sup>およびW. Rudroff両

氏<sup>(23)</sup>は高速度鋼について同様な実験を行っているが、これはいずれも短時間保持の場合にすぎない。

一方Ar''変態は一定温度で恒温保持してもある量以上変態が進行しないと考えてきたが、Wever, Hausel両氏<sup>(24)</sup>さらに村上、今井両博士<sup>(19)</sup>は変態が段階的に進行することを指摘している。

他方Greinger, Troiano両氏<sup>(25)</sup>、Schaaber氏<sup>(26)</sup>、立川氏<sup>(27)</sup>らおよび大和久、飯島両氏<sup>(28)</sup>はAr''変態温度でマルテンサイトの生成について下ベイナイトの生成を認めており、これに対しM. Cohen氏<sup>(29)(30)</sup>は両変態を恒温変態曲線の同一図上に示す方法を考案した。

なおAverbach, Cohen両氏<sup>(31)</sup>は焼入硬化せる鋼の $\gamma_R$ は室温でマルテンサイトに恒温変態することを確め、さらにGupta, Lament両氏<sup>(32)</sup>は15.0%Cr, 0.7% C鋼について、また岡本、田中両氏<sup>(33)</sup>は高速度鋼についてそれぞれ低温における恒温的マルテンサイトの生成を発表している。

その後佐藤博士<sup>(34)</sup>は電解分離による炭化物の研究結果から鋼中のCは50°C以上で、またほかの特殊元素は400°C以上で、拡散移動することを明らかにした。

筆者はこれらの諸問題を解明する研究の一環として各種鋼の変態について研究したが<sup>(35)</sup>本報においては3種の炭素鋼について得られた結果を報告する。

## 2. 試料および実験

(1) 試料：試料は電解鉄と電極炭素棒とを用いて熔製した白銑とを配合して高周波電気炉により熔製した。第1表は試料の化学成分とオーステナイト結晶粒度とを示す。ついでこれらを所定寸法に鍛造後熱膨脹試片および磁気分析試片(5mm $\phi$ ×70mm $l$ )と硬さ測定および検鏡試片(10mm $\phi$ ×15mm $l$ )とを採取した。

(2) 実験：最高加熱温度の決定には900~1,000°Cで20°Cおきの各温度から水焼入れを行い、トルースタ

\* 日立製作所日立研究所

第1表 試料の化学成分(%)とオーステナイト結晶粒度

試料	C	Si	Mn	結晶粒度
A	0.46	0.11	0.07	$G_c \dots 5.0 \sim 6.0$ [10]
B	0.92	0.11	0.13	$G_f \dots 5.0 \sim 6.0$ [10]
C	1.21	0.07	0.47	$G_f \dots 5.0 \sim 6.0$ [10]

イトが現われない最低温度をもって最高加熱温度とした。すなわち試料Aは1,000°C, Bは900°CおよびCは950°Cとした。変態温度100, 150および200°Cにおける変態速度は磁気分析装置により測定した<sup>(35)</sup>。

### 3. 実験結果

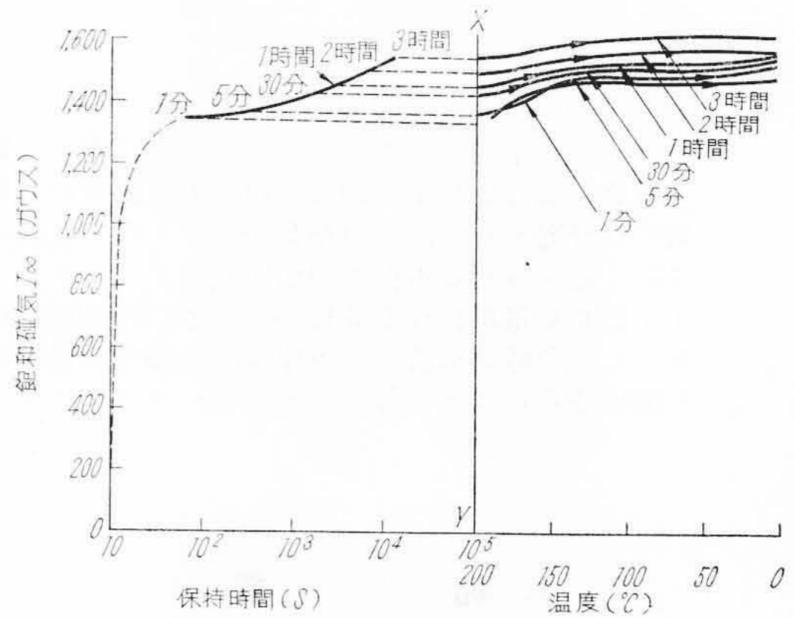
#### 3.1 恒温磁気分析と二次 $Ar''$ 変態

(1) 0.46% C鋼: 第1~3図は変態温度200°, 150°および100°Cにおける恒温磁気分析結果を示す。各図においてXYより左方は各温度に保持する間における磁気の変化(変態速度)を示し, XYより右方は各温度に各時間保持後炉冷(冷却速度7°C/min)された場合の飽和磁気( $I_\infty$ )の変化を示す。すなわち図中恒温変態速度曲線の各保持時間に相当する点より横軸に平行線(点線)を引き, XY軸との交点より右方に実線によって示されたものが室温まで冷却中に起った磁気変化である。まず変態温度200°Cの場合(第1図)をみるに保持時間1分で $I_\infty$ は1,340G, 3時間で1,540Gに達し変態速度がきわめて大きい。また変態途中の各時間すなわち1~30分および1~3時間の各時間保持後冷却した際に起る $I_\infty$ の変化は温度係数および未変態オーステナイト→マルテンサイト変態(二次 $Ar''$ 変態)による増加で, 後者による急激な増加はいずれも180°C付近に現われ, 室温に冷却後の $I_\infty$ は保持時間が長いほど大きい。次に150°Cの場合(第2図)には保持時間が増すにしたがい $I_\infty$ が増加し, 24時間保持で $I_\infty$ が1,540Gに達するにより変態はこの時間でほぼ完了に近いことがわかる。また冷却中に起る二次 $Ar''$ 変態はいずれの場合も冷却開始直後に現われる。次に100°Cの場合(第3図)には保持時間1分で $I_\infty$ は1,440Gに達し変態速度がきわめて大きい。24時間で変態がほぼ完了することがわかる。

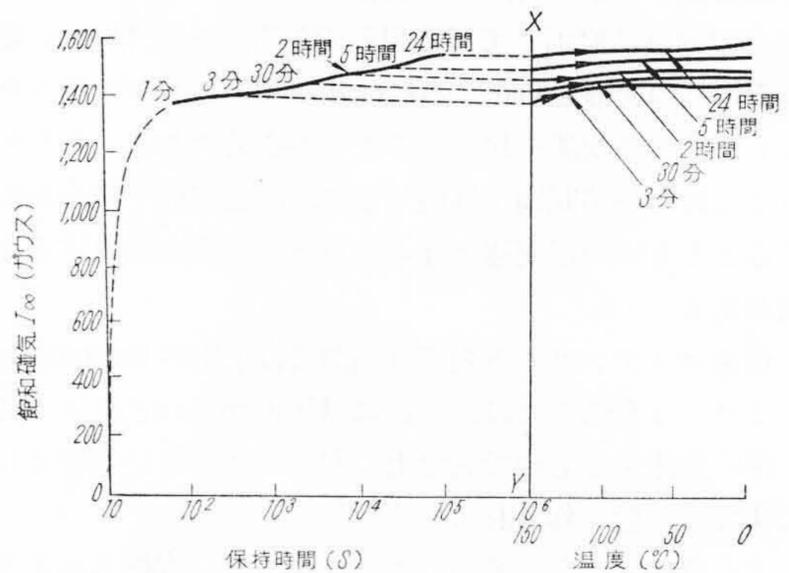
(2) 0.92% C鋼: 第4~6図は試料Bについての測定結果を示す。200°Cの場合(第4図)には恒温変態時の磁気増加曲線からわかるように試料Aに比し変態速度は初めは緩慢であるが, 保持時間15分付近から $I_\infty$ が急激に増加し, 6時間で1,370Gに達する。二次 $Ar''$ 変態は保持時間30分までは高温で生起するが, さらに保持時間が増すと著しく降下し, 1時間では約90°C, 1.5時間では約70°Cで生起し2時間以上になる

とそれが現われない。

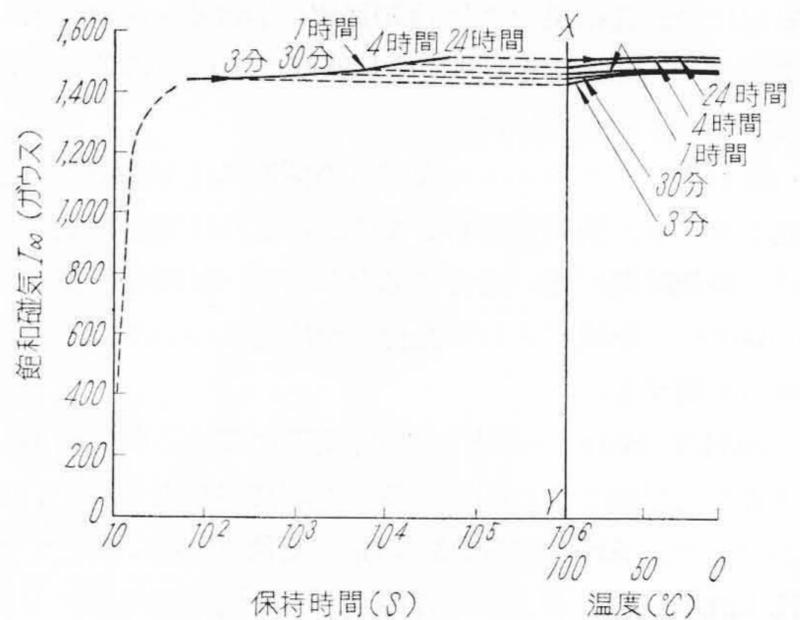
次に150°Cの場合(第5図)には短時間保持では $I_\infty$ は200°Cの場合より高く変態量が多いが, それ以後に



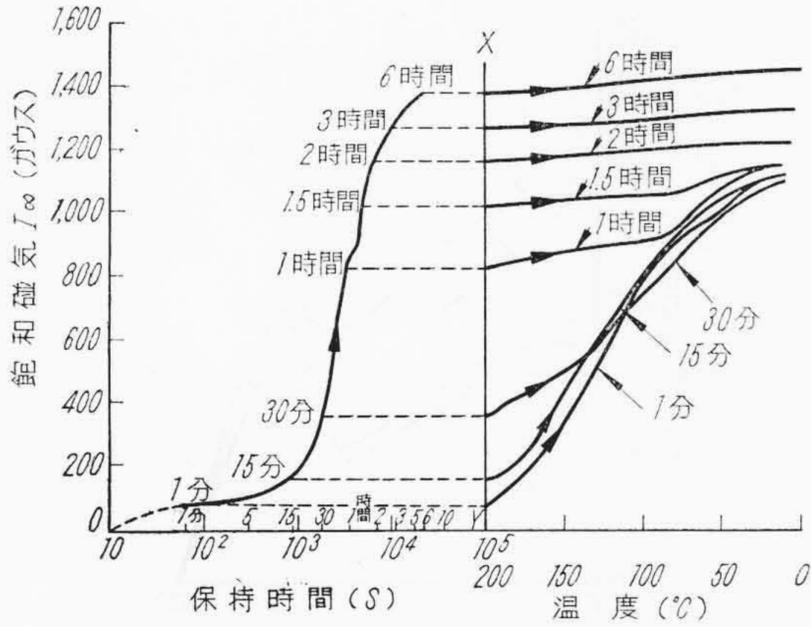
第1図 試料A (C 0.46%) 恒温 200°C における磁気の変化



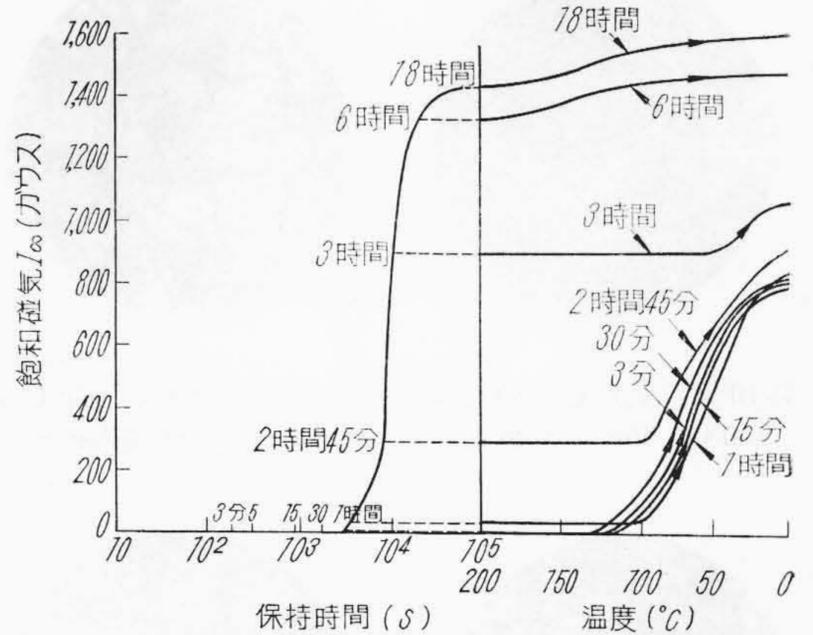
第2図 試料A (C 0.46%) 恒温 150°C における磁気の変化



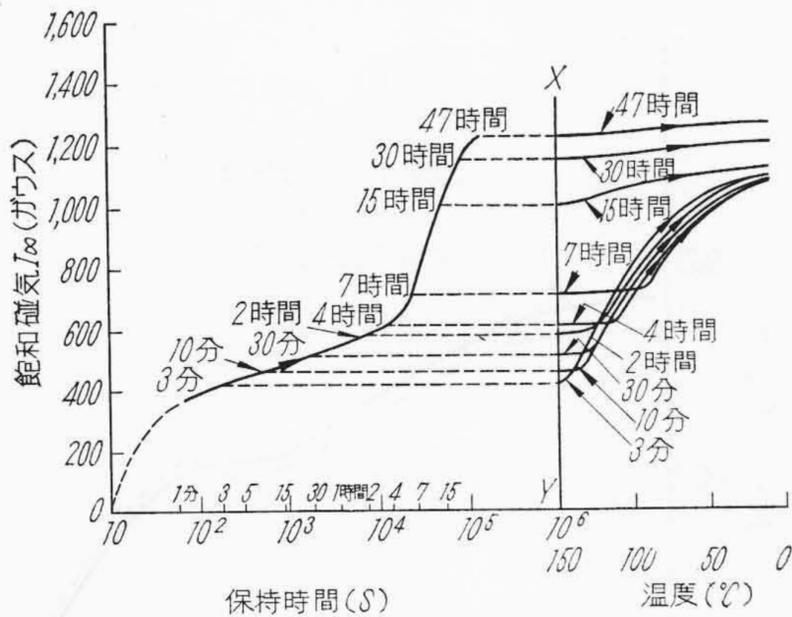
第3図 試料A (C 0.46%) 恒温 100°C における磁気の変化



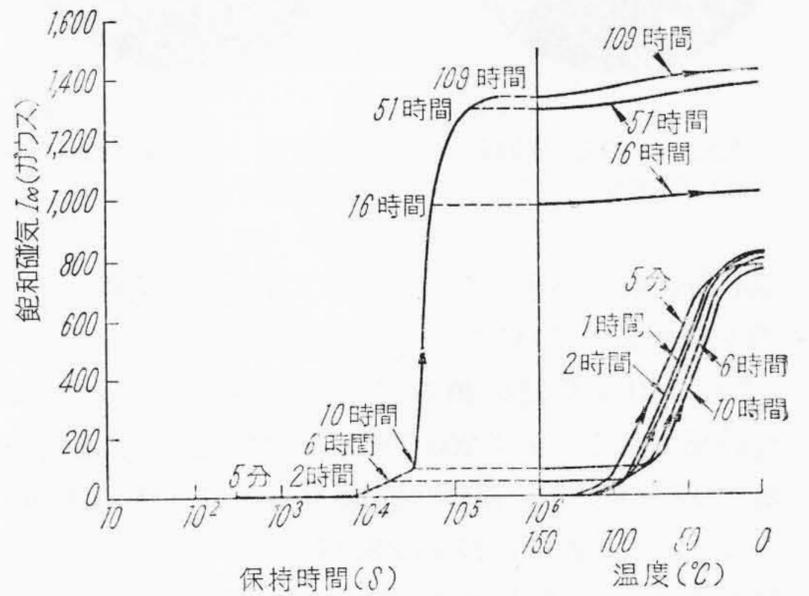
第4図 試料B (C0.92%) 恒温 200°C における磁気の変化



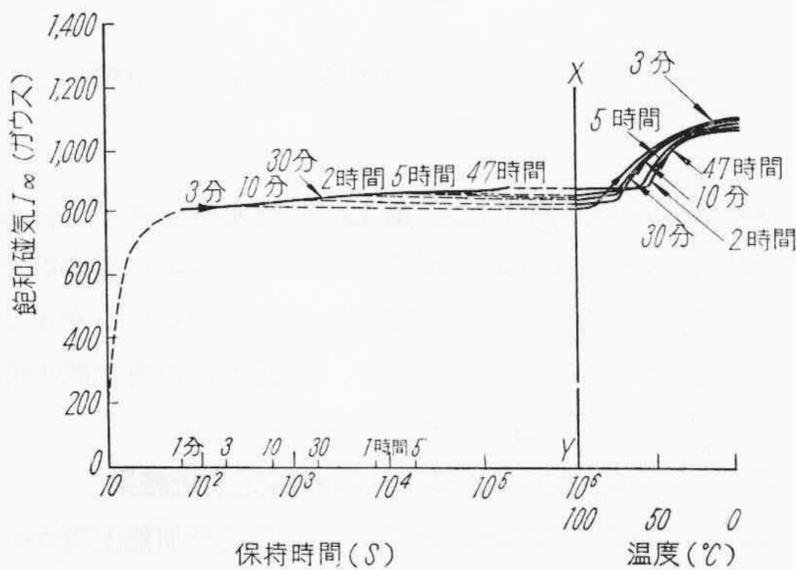
第7図 試料C (C1.21%) 恒温 200°C における磁気の変化



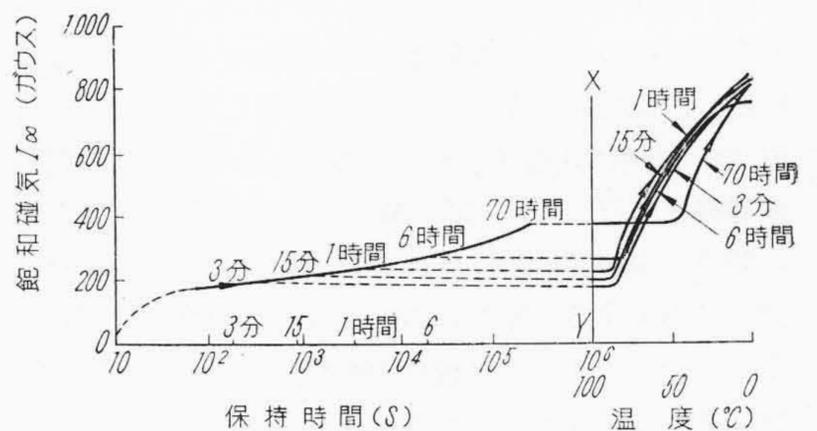
第5図 試料B (C0.92%) 恒温 150°C における磁気の変化



第8図 試料C (C1.21%) 恒温 150°C における磁気の変化



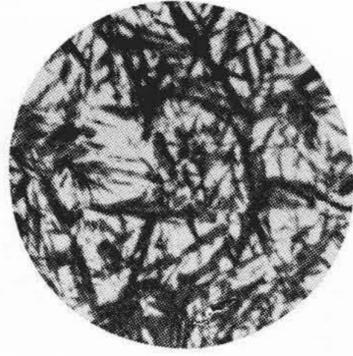
第6図 試料B (C0.92%) 恒温 100°C における磁気の変化



第9図 試料C (C1.21%) 恒温 100°C における磁気の変化

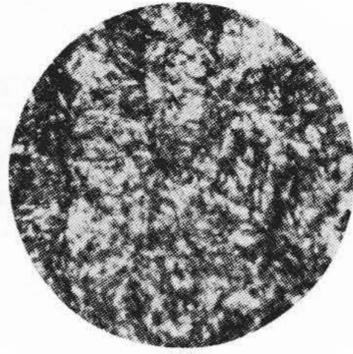
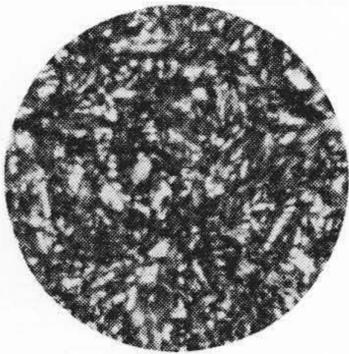
における変態の進行は緩慢である。保持時間4時間から磁気は著しく増加するが、47時間で  $I_{\infty}$  は 1,250 G にすぎない。また冷却における二次  $Ar''$  変態生起温

度は保持時間が増すにしたがい低下し、7時間で約 100°C に達するが、15時間以上では消失する。100°C の場合 (第6図) には 200 および 150°C の場合に比較して変態は短時間で急速に進行し1分で  $I_{\infty}$  が 880 G であるが、その後の変態は著しく遅い。二次  $Ar''$  変



第10図 試料C 950°C→  
150°C×45分 水焼入れ

第11図 試料C 950°C→  
150°C×10時間水焼入れ



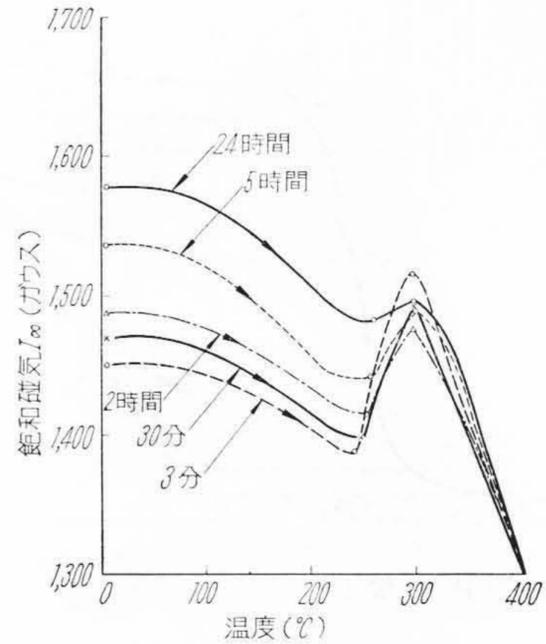
第12図 試料C 950°C→  
150°C×16時間水焼入れ

第13図 試料C 950°C→  
150°C×109時間水焼入れ

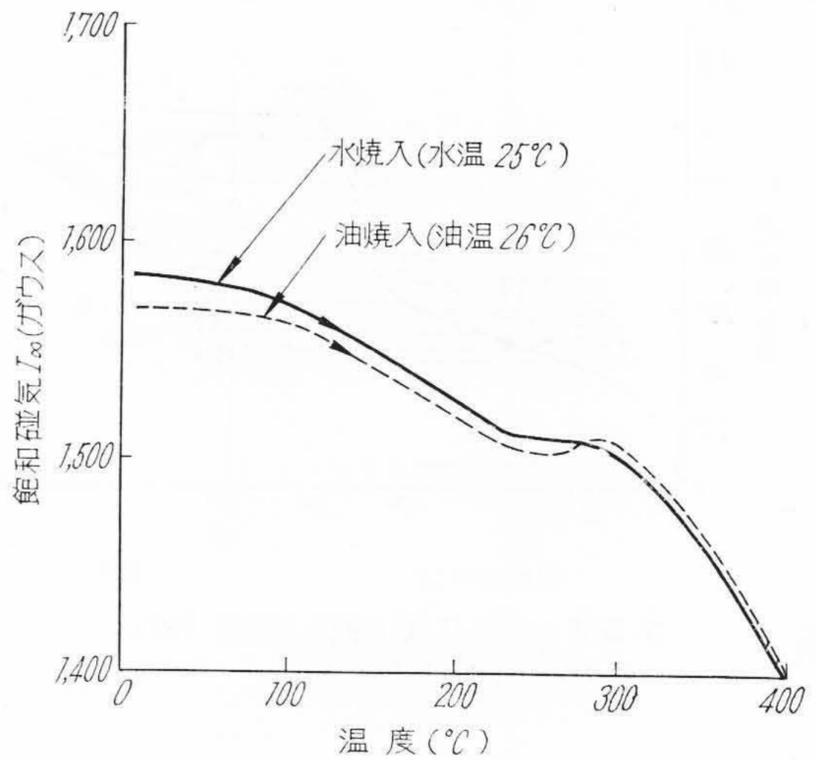
態は保持時間が大なるほど低温で起るが、47時間保持のものでも約60°Cでそれが顕著に認められる。

(3) 1.21% C鋼: 第7~9図は試料Cについての測定結果である。まず200°Cの場合(第7図)には変態開始に45分を要し、保持時間18時間で $I_{\infty}$ が1,430Gに達する。また伏培期中の3, 15および30分の各時間保持後の二次Ar''変態生起温度はいったん降下後上昇を示す。変態開始以後では二次Ar''変態生起温度は保持時間が増すにしたがい降下し、3時間で約60°Cに達し、6時間以上保持すると現われない。次に変態温度150°Cの場合(第8図)には変態は1時間45分を開始し、保持時間10時間付近から著しく速度を増し、51時間以後は変態がきわめて緩慢となり、109時間で変態終了に近づく、二次Ar''変態は保持時間とともに降下し10時間で85°Cに達し、16時間以上の保持時間では消失する。室温における $I_{\infty}$ は109時間保持のものが最大である。最後に100°Cの場合(第9図)には変態速度がきわめて小さく、二次Ar''変態生起温度は保持時間6時間まではほとんど変化なく、70時間保持で55°Cに降下することが知られる。

以上の各試料の中で試料Cの変態温度150°Cにおける保持時間による組織の変化を示すと第10~13図のようである。これから45分保持の場合(第10図)にはほとんど水焼入れで生じたマルテンサイト組織を示し、10時間保持の場合(第11図)には150°Cで生成した腐蝕されやすい針状のマルテンサイトがみられる



第14図 試料A (C 0.46%) 150°Cにおいて種々の時間恒温変態後の加熱曲線

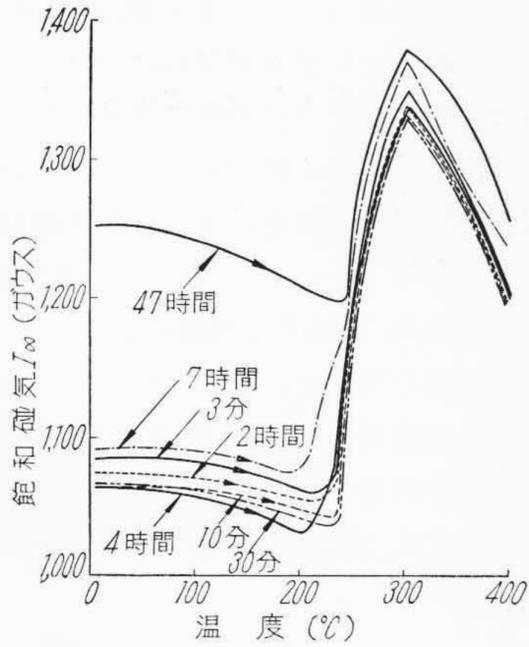


第15図 試料A (C 0.46%) 水または油焼入れ後の加熱曲線

が、16時間保持すると(第12図)マルテンサイトは崩壊し、微細な炭化物の析出が見られ、さらに長時間の109時間保持すると(第13図)針状のマルテンサイトの痕跡はまったく認められず、基質からの炭化物の析出が明らかに観察される。

### 3.2 恒温処理および焼入試料の磁気分析結果

以上の室温まで冷却した各試片と各最高加熱温度から水あるいは油焼入れ試片につき400°Cまで加熱後冷却し、その間に起る $I_{\infty}$ の変化を測定し、第14~19図は測定結果の数例を示す。まず第14図は試料Aについて150°Cにおいて種々の時間恒温変態後の磁気分析結果である。これによると $I_{\infty}$ はいずれも200°Cまで減少した後210~300°Cの範囲にわたり急増し、300°Cで極大に

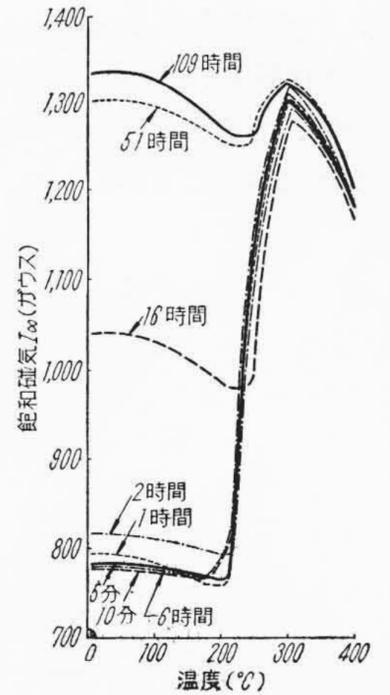


第16図 試料B (C 0.92%) 150°Cにおいて種々の時間恒温変態後の加熱曲線

達して後減少することがわかる。これらの磁気-温度曲線において  $I_{\infty}$  が増加することは試片中の  $\gamma_R$  が炭化物 +  $\alpha$  相に分解するためで、その磁気増加開始温度は恒温変態の保持時間が増すにしたがい高温側へ移行し、その増加量は短時間保持の場合が大である。また第15図は試料Aを水あるいは油焼入れ後の磁気分析結果を示す。これによれば水焼入れ試片には  $\gamma_R \rightarrow$  マルテンサイトによる磁気増加がほとんど現われないが、油の場合には270°C 付近に現われる。したがって  $\gamma_R$  量は油焼入れの方が多く、これらは恒温処理されたものに比して少ないことが知られる。

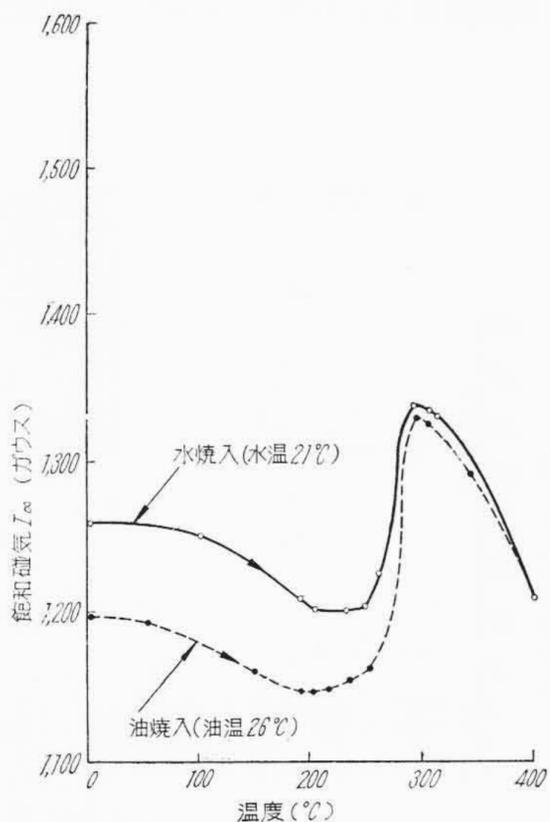
次に第16図は試料Bについて得られた磁気分析結果

である。図からわかるように保持時間3分~4時間の範囲では  $\gamma_R$  の分解開始温度は保持時間が増すにしたがい低下し、4時間で200°Cに達し、また  $\gamma_R \rightarrow$  マルテンサイト変態による磁気増加量が最大となる。さらに保持時間が増すと  $\gamma_R$  の分解温度は漸次高温側に移行し、またその増加量も減少する。しかし47時間恒温処理してもなお  $\gamma_R$  が存在する。第17図は試料Bを水あるいは油焼入れ後の磁気分析結果である。これから油焼入れの方が水焼入れよりも  $\gamma_R$  が低温度より分解し、磁気増加量が大きいことがわかる。

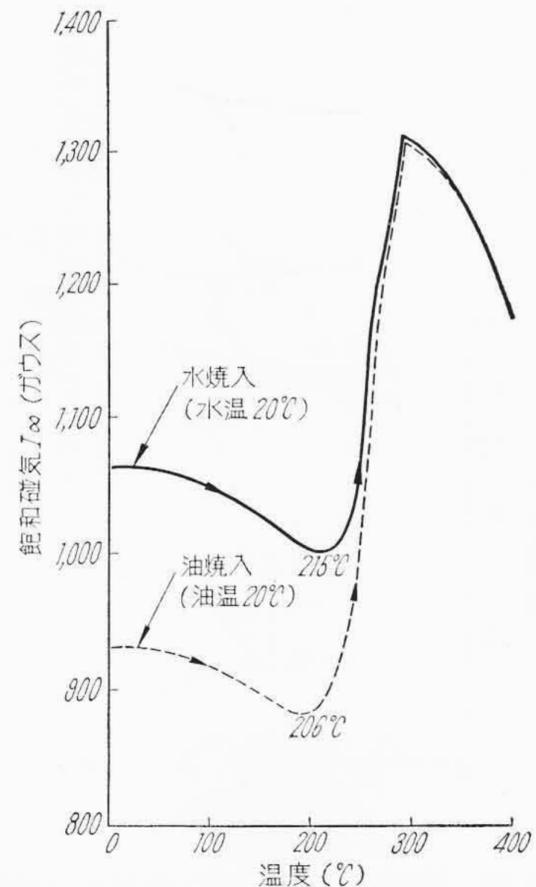


第18図 試料C (C 1.21%) 150°Cにおいて種々の時間恒温変態後の加熱曲線

次に第18~19図は試料Cについて得られた結果である。これによると  $\gamma_R$  は試料AあるいはBに比してはるかに多く、かつその分解温度が低い。すなわち恒温処理後の磁気分析結果をみるに(第18図)保持時間5分~6時間の範囲では保持時間が増すにしたがい  $\gamma_R$  の分解は低温度より起り、6時間で分解開始温度が180°Cである。これ以上に保持時間が増すと  $\gamma_R$  の分解温度は次第に上昇し、かつその分解量は減少し、109時間保持の場合に

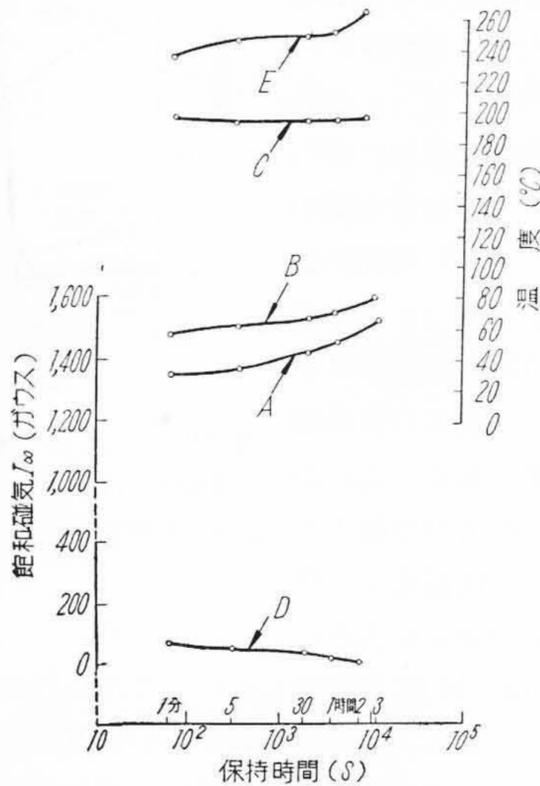


第17図 試料B (C 0.92%) 水または油焼入れ後の加熱曲線



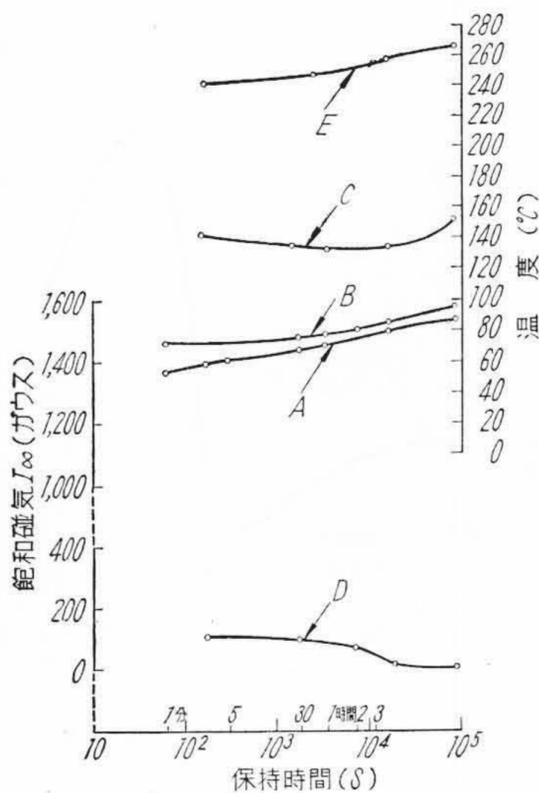
第19図 試料C (C 1.21%) 水または油焼入れ後の加熱曲線

は  $\gamma_R$  が 260°C から分解し磁気増加量が著しく減少することが知られる。水あるいは油焼入れ後の磁気分析結果 (第 19 図) によると水焼入れでは 215°C, 油焼入れでは 206°C でそれぞれ  $\gamma_R$  が分解し, その量は試料 B よりはるかに多いことがわかる。



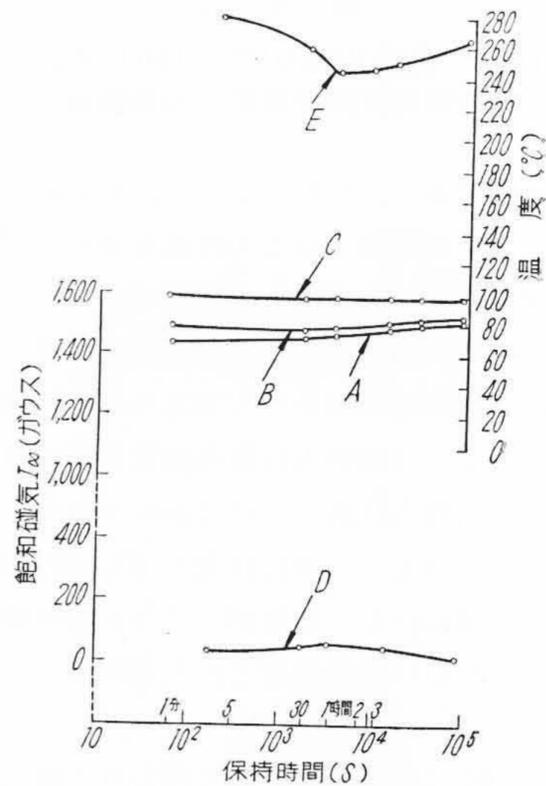
A: 200°C の恒温変態における  $I_\infty$  の変化  
 B: 恒温変態温度 200°C より常温に冷却後の  $I_\infty$   
 C: 恒温変態温度 200°C より冷却中における  $Ar''$  変態開始温度  
 D: 加熱における  $\gamma_R$  の分解による  $I_\infty$  の増加量  
 E: 加熱における  $\gamma_R$  の分解開始温度

第 20 図 試料 A (C 0.46%) 恒温保持時間と  $I_\infty$ , 二次  $Ar''$  変態温度および  $\gamma_R$  の分解開始温度との関係 (変態温度 200°C)

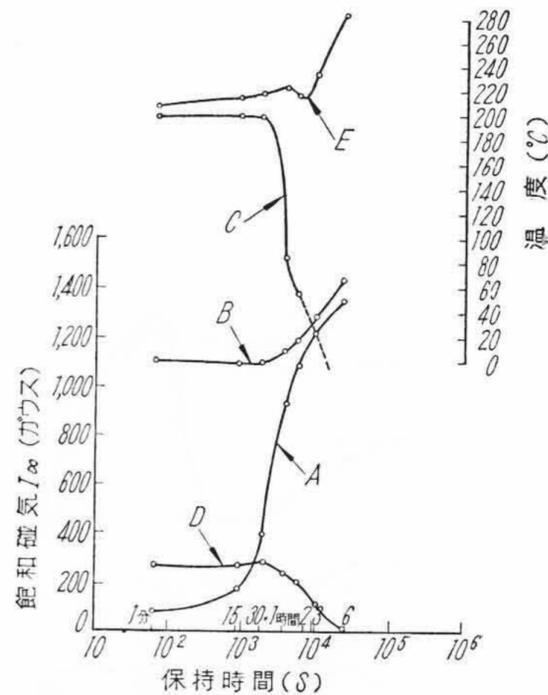


第 21 図 試料 A (C 0.46%) 恒温保持時間と  $I_\infty$ , 二次  $Ar''$  変態温度および  $\gamma_R$  の分解開始温度との関係 (変態温度 150°C)

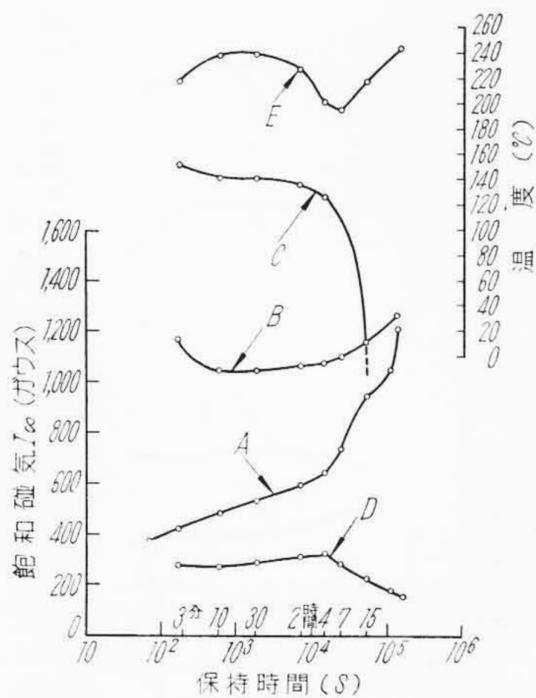
いま以上の結果を総合して示すと第 20~28 図のようである。図中曲線 A は恒温変態保持時間に伴う  $I_\infty$  の変化, 曲線 B は変態温度より炉冷後の室温における  $I_\infty$  と保持時間, 曲線 C は炉冷中に現われる二次  $Ar''$  変態開始温度と保持時間との関係を示す。また曲線 D は 400°C まで加熱せる場合の  $\gamma_R \rightarrow$  マルテンサイト変態による  $I_\infty$  の増加量と保持時間, 曲線 E は加熱による  $\gamma_R$  の分解開始温度と保持時間との関係を示す。これから 200°~100°C の範囲における変態様相, 二次  $Ar''$  変態温度,  $\gamma_R$  の分解温度ならびに分解量などが定量的に知られる。まず試料 A についてみるに (第 20~22 図) 曲線 A と B とが保持



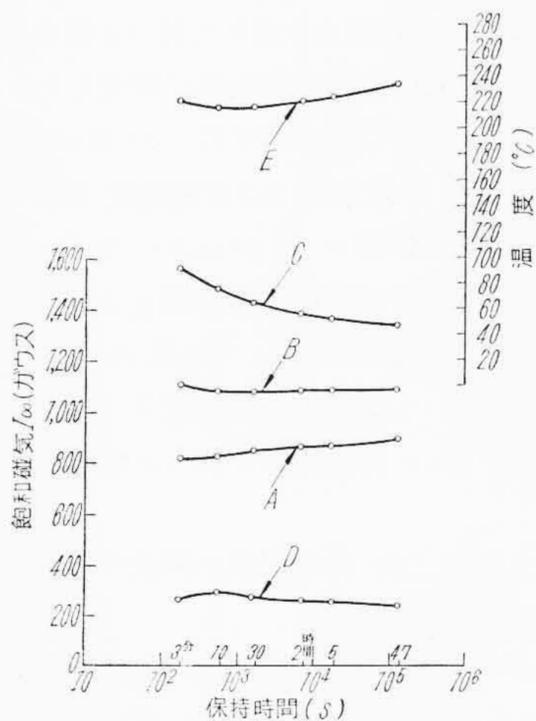
第 22 図 試料 A (C 0.46%) 恒温保持時間と  $I_\infty$ , 二次  $Ar''$  変態温度および  $\gamma_R$  の分解開始温度との関係 (変態温度 100°C)



第 23 図 試料 B (C 0.92%) 恒温保持時間と  $I_\infty$ , 二次  $Ar''$  変態温度および  $\gamma_R$  の分解開始温度との関係 (変態温度 200°C)



第24図 試料B (C 0.92%) 恒温保持時間と  $I_{\infty}$ , 二次  $Ar''$  変態温度および  $\gamma_R$  の分解開始温度との関係(変態温度  $150^{\circ}C$ )



第25図 試料B (C 0.92%) 恒温保持時間と  $I_{\infty}$ , 二次  $Ar''$  変態温度および  $\gamma_R$  の分解開始温度との関係(変態温度  $100^{\circ}C$ )

時間が増すにしたがい漸次接近することは冷却時における二次  $Ar''$  変態量が次第に減少することを示すものである。また変態温度  $200^{\circ}C \sim 150^{\circ}C$  の範囲では保持時間が増すにしたがい  $\gamma_R$  の分解に伴う磁気増加量が減少しその分解温度は上昇する。

次に試料Bについてみるに(第23~25図)試料Aに比し変態様相が著しく異なる。すなわち曲線AとBとの間隔は短時間側できわめて大きく、 $\gamma_R$  量( $I_{\infty}$  の増加量)は  $200^{\circ}C$  で30分、 $150^{\circ}C$  で4時間においてそれぞれ極大値に達するが、これ以上保持すると減少する。一方  $100^{\circ}C$

の場合には10時間までほぼ同量を示すも長時間になるとわずかに減少する様相を呈する。ついで  $\gamma_R$  の分解温度は  $200^{\circ}C$  で2時間、 $150^{\circ}C$  で7時間にそれぞれ極小が現われ、さらに保持時間が増すと漸次高くなる。

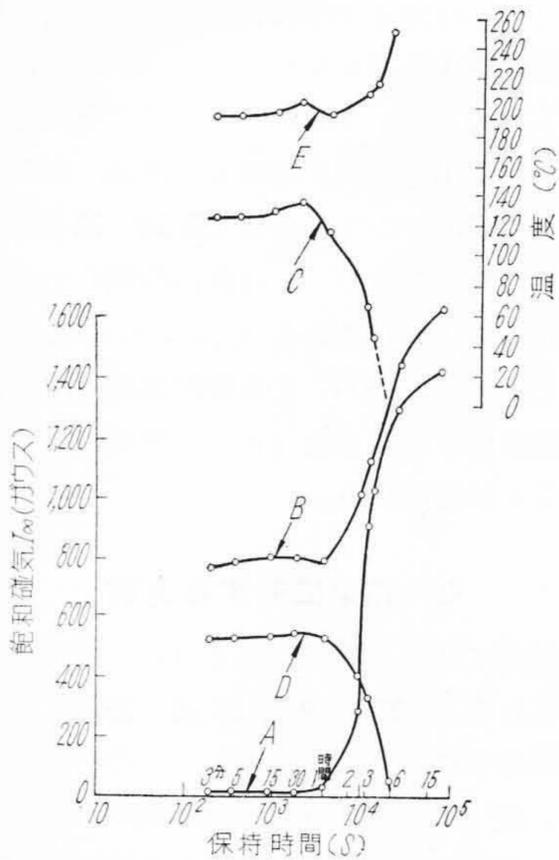
最後に試料Cについてみるに(第26~28図)恒温変態後室温まで冷却した時の  $I_{\infty}$  は保持時間のいかんにかかわらず試料AおよびBに比してはるかに低い。 $\gamma_R$  量は  $200^{\circ}C$  で1時間、 $150^{\circ}C$  で6時間保持した場合に極大を示した後減少する。また  $\gamma_R$  の分解開始温度も降下後上昇することが知られる。

#### 4. 結果に対する考察

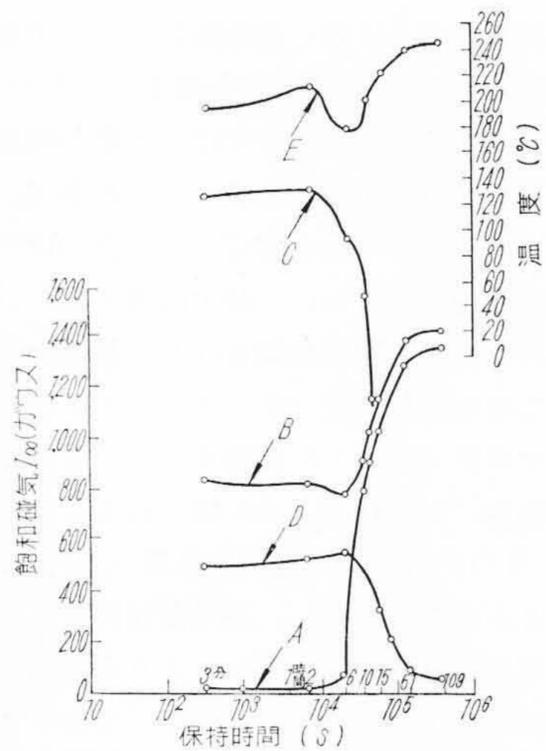
各変態温度における保持時間と  $I_{\infty}$  との関係から次のことが知られる。(第1~9図, 第20~28図)鋼の変態速度はC量が増すにしたがい遅延し、かつその  $\gamma_R$  量を増す。また二次  $Ar''$  変態は亜共析鋼(試料A)では各変態温度において常に現われるが、過共析鋼(試料B, C)では保持時間が増すにしたがい降下し、ついに室温以下に達する。その場合の室温までの冷却中に起る変態量は二次  $Ar''$  変態温度の降下とともに減少する。また二次  $Ar''$  変態が消失する時間は高炭素鋼になるにしたがい、また変態温度が降下するに伴い長時間側に移行する。さらに  $\gamma_R$  量は亜共析鋼では保持時間が増すにしたがい減少し、過共析鋼ではある保持時間までは  $\gamma_R$  量が増加し、その時間を過ぎると激減することがうかがわれる。なお  $\gamma_R$  量はオーステナイトが最も安定して二次  $Ar''$  変態が消失する最短保持時間において最大に達する。

また各試料の変態速度曲線をみるに見掛上の変態の終了においてはなお相当量のオーステナイトが残存しこれが冷却でマルテンサイトに変態する。さらにまた磁気分析結果(第14, 16, 18図)から知られるように  $\gamma_R$  量が増すほどその分解開始温度が低温側へ移行し、 $\gamma_R$  量が減少するとふたたび上昇し、長時間保持して  $\gamma_R$  量が著しく減少すると短時間保持の  $\gamma_R$  よりもよりはるかに高温側で分解するようになる。したがってオーステナイトの安定化の現象は  $Ar''$  変態区域内における保持時間が短い場合に成立するものであり、長時間保持すると逆にオーステナイトが変態しやすくなる傾向がある。

以上のように過共析鋼における二次  $Ar''$  変態点が保持時間とともに降下し、次の加熱に際しその分解開始温度がいったん低温側に移行後上昇することから本現象が起る原因として次のことが考えられる。まずオーステナイト→マルテンサイト変態は平均C量よりもC量が低い微視的な偏析部分から生起し、逐次変態が伝播するとともにCの拡散移動により未変態オーステナイトのC量が保持時間とともに増加するためオーステナイトは安定化する。しかるにさらに保持時間が増すとオーステナイト



第 26 図 試料 C (C 1.21%) 恒温保持時間と  $I_{\infty}$ 、二次  $Ar''$  変態温度および  $\gamma_R$  の分解開始温度との関係(変態温度  $200^{\circ}C$ )

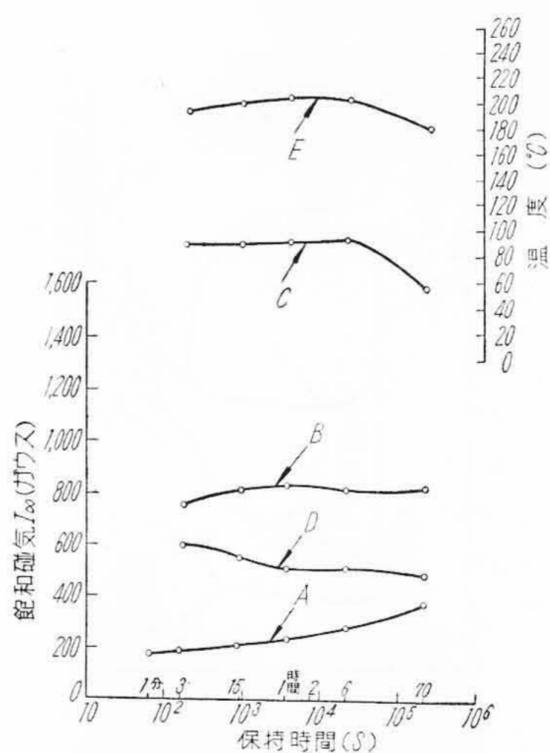


第 27 図 試料 C (C 1.21%) 恒温保持時間と  $I_{\infty}$ 、二次  $Ar''$  変態温度および  $\gamma_R$  の分解開始温度との関係(変態温度  $150^{\circ}C$ )

は C に著しく過飽和な状態となり、ついに炭化物が析出しオーステナイトの  $Ar''$  変態温度が上昇して変態が急速に進行するので  $\gamma_R$  量が減ずる。

### 5. 結 言

以上 3 種の炭素鋼について恒温変態温度および保持時間が  $\gamma_R$  量に及ぼす影響を究明したが、これらの結果を要約すると下記のようなものである。



第 28 図 試料 C (C 1.21%) 恒温保持時間と  $I_{\infty}$ 、二次  $Ar''$  変態温度および  $\gamma_R$  の分解開始温度との関係(変態温度  $100^{\circ}C$ )

- (1) 各温度における変態速度を測定し、各保持時間よりの二次  $Ar''$  変態点を求めて後  $\gamma_R$  量を測定した。ついで  $\gamma_R$  の分解様相を磁氣的に探究した。
- (2) 変態速度は C 量が増すにしたがい著しく減少し、特に 1.21% 炭素鋼では変態温度  $200^{\circ} \sim 150^{\circ}C$  における伏培期の時間が 45 分以上に及ぶ。
- (3) 亜共析鋼では恒温保持時間とともに二次  $Ar''$  変態点が上昇の傾向を示し、 $\gamma_R$  量は減少する。一方過共析鋼においては恒温保持時間とともに二次  $Ar''$  変態点が降下し、ある時間まで  $\gamma_R$  量を増して後減少する。
- (4)  $\gamma_R$  量は二次  $Ar''$  変態が消失する最短の保持時間で最大に達する。
- (5)  $\gamma_R$  の分解温度はその量が最大の時に最も低い。
- (6) マルテンサイト変態において C の拡散移動が行われる。

擧筆するに当り終始御指導を賜わった村上武次郎博士に深甚なる敬意を表するとともに御援助をいただいた日立製作所日立研究所所長三浦博士ならびに常に御指導御鞭撻下された小野健二博士のかたがたに深謝する。なお実験に協力された八重樫敏雄および赤津康之の両君に感謝する。

### 参 考 文 献

- (1) H. Haneman, H. J. Wister: Arch. Eisenhüttenwess., 5, 377(1932)
- (2) Epstein: Alloys of Iron and Carbon, 1, 173 (1936)
- (3) 西山: 金属の研究, 11, 435(1934)
- (4) F. Föster, Scheil: Z. Metallkunde, 32, 165 (1940)

- (5) 本多: 日本金属学会誌, 8, 17 (1944)
- (6) 西山, 下村: 日本金属学会誌, 12, 9(1948)
- (7) E. C. Bain: Trans. Amer. Soc. Steel Treat., 8, 14(1925)
- (8) J. A. Mathews: Trans. Amer. Soc. Steel Treat., 8, 565(1925)
- (9) 本多, 岩瀬: 金属の研究, 3, 326(1926)
- (10) Scheil: Z. anorg. all. Chem., 183, 98(1929)
- (11) Mauer, Schröter: Stahl u. Eisen, 49, 929(1929)
- (12) 田丸, 関戸: 金属の研究, 11, 595(1930)
- (13) 岩瀬, 竹内: 日本金属学会誌, 5, 5(1941)
- (14) M. Cohen: Metal Progress, 54, 823(1948)
- (15) W. J. Haris, M. Cohen: Amer. Inst. Mech. Eng., Metal Tech., 15, 24(1948), T.P 2446
- (16) 岡本, 小高: 日本金属学会誌, 16, 81(1952)
- (17) E. S. Davenport, E. C. Bain: Trans Amer. Inst. Met., 90, 117(1930)
- (18) E. C. Bain: Trans. Amer. Soc. Metals, 20, 385(1934)
- (19) 村上, 今井: 日本金属学会誌, 6, 145(1942)
- (20) Heinrich Lange: Mitt. K-W-I. Eisenforsch., 22, 229(1940)
- (21) 今井: 日本金属学会分科会報告, I, 9(1947)
- (22) A. Gulyaev: Metallurgia, 24, 22(May-1941)
- (23) D. W. Rudroff: Metallurgia, 24, 88(1941)
- (24) F. Wever, H. Häusel: Mitt. K-W-I. Eisenforsch., 19, 47(1937)
- (25) A. B. Greinger, A. R. Troiano: Trans. Amer. Soc. Metals, 28, 537(1940)
- (26) O. Schaaber: Jour. of Metals, 7, 559(1955)
- (27) 立川: 日本金属学会講演(1951-4月), 概要, 57
- (28) 大和久, 飯島: 日本金属学会講演, (1951-4月), 概要, 58
- (29) M. Cohen: Discussion of Ref. No. 25
- (30) M. Cohen: Trans. Amer. Soc. Metals, 41, 35 (1949)
- (31) B. L. Averbach, M. Cohen: Trans. Amer. Soc. Metals, 41, 1024(1949)
- (32) S. C. Das. Gupta, G. S. Lement: Jour. of Metals, 3, No.9, 729(1951)
- (33) 岡本, 田中: 日本金属学会誌, 20, No.5, 285(1956)
- (34) 佐藤: 日本金属学会講演, (1951-4月), 概要, 52
- (35) K. Ono, T. Nemoto: Hitachi Review, 31(Feb-1954)



日立製作所社員社外講演一覧

(その3)

(第90頁よりつづく)

(昭和33年9月受付分)

講演月日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
11. 11~12	日本自動制御協会 その他	近 似 非 線 形 最 適 制 御	中央研究所	須 藤 卓 郎
10. 10	高 分 子 学 会	高 分 子 粘 弾 性 の 理 論 的 基 礎	中央研究所	中 田 修
11. 14	日本化学会, 高 分子学会, 日本物理 研究所, 材料試験 協会	ポ リ エ チ レ ン の レ オ ロ ジ ー	中央研究所	中 田 修
10. 2, 10. 4	日本科学技術連盟 計算機活用研究委 員会	偏微分方程式の数値解法 E. T. L. Mark II に よる気象の数値予報と原子炉の計算	中央研究所	藤 中 恵
10. 30~31	電気関係学会, 東 北支部連合大会	高 速 度 距 離 継 電 器 の 過 渡 特 性	日立研究所 国分工場 多賀工場	奥 山 健 三 中 山 敬 造 渡 井 三 夫
10. 30~31	電気三学会, 日本 音響学会, 東北支 部連合大会	屋 外 形 空 気 遮 断 器 の 電 圧 分 布	日立研究所 国分工場	山 崎 精 二 細 包 嘉 信
9. 25~26	財団法人電力中央 研究所	絶 縁 材 料 の 耐 コ ロ ナ 試 験 に つ い て	日立研究所	加 子 泰 彦
9. 16	日刊工業新聞社	倉庫からみたインベントリーコントロールの具 体例	本 社	加 藤 正 男
10. 7	日刊工業新聞社	マ ー ケ ッ テ ィ ン グ に お け る 市 場 調 査	本 社	川 井 暹