

鐵と鋼 第五年 第九號

大正八年九月二十五日發行

健 淬 論 (A theory of quenching)

(理學界第十七卷第一二卷より轉載)

本 多 光 太 郎

一、鋼の顯微鏡的組織の物理的意義

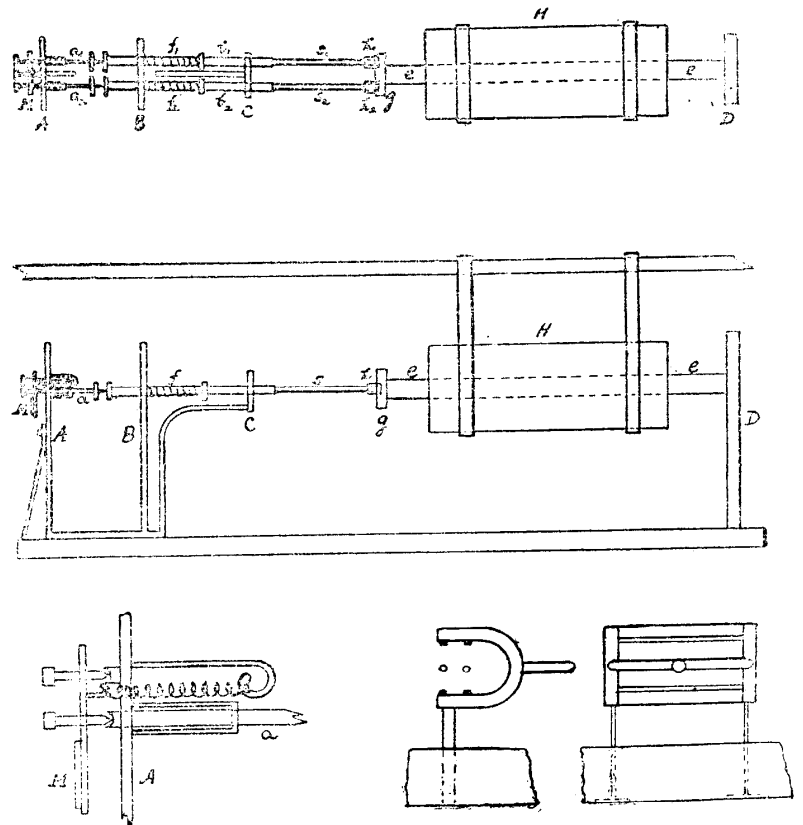
炭素鋼の顯微鏡的組織は通常五種に區別せらる、即ちオーステナイト (Austenite)、マルテンサイト (Martensite)、トルースタイト (Troostite)、ソルバイト (Sorbite)、パーライト (Pearlite) 是なり、セメンタイト (Cementite) が 鐵と固溶體を作れるものはオーステナイトにして、是が α 鐵と固溶體を作れるものはマルテンサイトなり、又マルテンサイトを四百度にて反淬すればセメンタイトは極めて微小なる粒子としてマルテンサイトより析出し、所謂トルースタイト組織を爲す、之を六百度に熱すればセメンタイトの粒子は次第に凝集して、顯微鏡にて容易に識別し得べき小塊の集合より成れるソルバイト組織を爲す、更に之を約七百三十度に熱すればセメンタイトの凝集は更に進行し、パーライト組織となる。従てトルースタイト、ソルバイト、パーライトは之を物理的に論ずれば、何れもフェライトとセメンタイトとの混合物にして、單にセメンタイトの粒の大きさ及び其分布の状態を異にするのみ、是等の組織中マルテンサイトは最も硬く、パーライトは最も柔かく、トルースタイト及びソルバイトは其中間であり、凡物は硬さを要するが故に、健淬即ち焼入 (Quench) してマルテンサイト組織となす、されど此組織は脆き缺點あるが故に之を多少反淬 (Temper) して適度のトルースタイト組織となすを可とす。

扱て鋼を八百度以上の高温度より水中に健淬すればマルテンサイトを生じ、之を徐々に冷却すれ

兩邊の長さは十耗にして底邊の長さは一四、一耗なり。若し試料 s_1 s_2 の一つが單獨に膨脹するときは、鏡は不動脚と可動脚の一つを結べる線、即ち水平線と四五度の角をなす線を軸として小なる廻轉をなす。若し又二つの試料が等しき膨脹をなすときは、鏡は水平線を軸として廻轉すべし。

H は加熱コイルにして二五纏の長さを有し、其上にある水平の管に固定せらる、且つ管は水平棒に沿ひて之り得るが故に、コイルは試料及び之に連絡せる部分に觸るゝことなく管と共に水平の方向に動かすことを得。従て此装置によりて先づ試料を熱し、次にコイルを右方に動かして之を空氣に曝して急速に冷却せしむることを得。

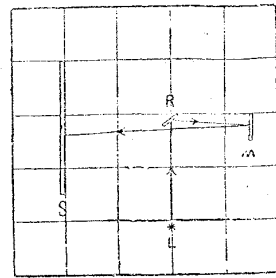
圖 一 第



英管 b_1 b_2 は太さ約五耗を有し、各々二個の B C 臺の孔を通過す、是等の孔は試料の水平動に對する精確なる案内役をなす。又是等の石英管はバナ f_1 f_2 によりて試料 s_1 s_2 を右方に押す。眞鍮棒 a_1 a_2 の右端は石英管の左端に附せる金屬片に接觸す、又其左端には鏡 M を有する小三脚臺の二脚を載す、而して他の一脚は臺 A より出つる小金屬片の上に在り。又此三脚臺はバナによりて眞鍮棒 a_1 a_2 を押す。此装置によりて試料の膨脹收縮は眞鍮棒に傳達せられ、鏡の廻轉を生ず。鏡臺の三脚は等邊直角三角形を爲し、其中の可動の二脚は其底邊となり、不動の脚は其頂點をなす。此三角の

猶鋼を任意の温度にて健淬し、同時に其際生ずる長さの變化を觀測せんが爲め、細孔噴水装置を用ゐたり。即ち第一圖の下部に示すが如く、高さ約三米の所にある水槽に連絡せる太き管より長さ各一五種なる二對の水平管を分岐せしめ、其一對は試料の上部に、他の一對は試料の下部に、何れも試料に對して對稱的に配置す。各水平管には四耗の等距離に配置せる多數の小孔ありて、之より出づる噴水は上下より試料に衝りて急速に冷却せしむ。

試料 s_1 は太さ三耗、長さ八耗の棒にして、種々の炭素鋼を用ふるを得、又は s_2 は s_1 と同じ太さを有す



るニツケル或はコバルトの副棒なり。高温度に於けるニツケル及びコバルトの膨脹は略々温度に比例するが故に、 s_2 の膨脹によりて温度を測ることを得、但し健淬の如き急速なる冷却に於ては通例の熱電對を以て温度の下降を測ること能はず。 s_2 の膨脹によりて s_1 の温度を精確に測らんには、 s_2 は s_1 と同一の比熱、密度及び熱傳導率を有せざるべからず、然るに、ニツケル及びコバルトは略々是等の條件を満足す。ニツケル及びコバルトは A_2 變態を有すと雖も、此變態によりて生ずる異常膨脹は極めて小なるが故に、此等の金屬を温度の尺度として用ゐるも差支へあることなし。

小鏡の廻轉を觀測せんには第三圖に示すが如く、小孔 a を強き電燈 L にて照し、之より來る光を平面鏡 R にて反射せしめて、小凹面鏡 M に當て、小孔の輝ける像を鏡の前面約八〇耗の距離に置かれたる衝立 s の上に結ばしむ。衝立は高さ四〇耗、幅三〇耗の框より成り、之に半透明の方眼紙を張る。今試料を徐々に加熱或は冷却するとき、試料が變態をなさざる間は、衝立上の光點は殆ど垂直線に沿ふて徐々に上方或は下方に移動す。然れども試料が或變態を生ずるときは、上記の線より右方或は左方に向けらる。徐々に加熱或は冷却の場合或は空氣冷却の場合には、光點の運動は容易にペンを以て衝立

イトはオーステナイトより大なる體積を有す。故に體積に就ては

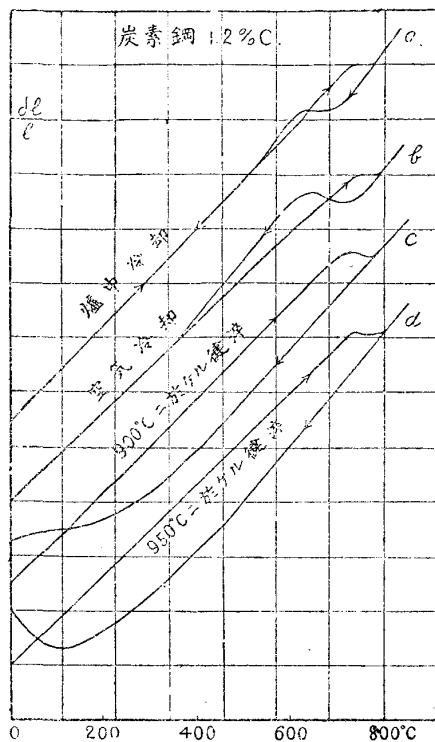
パーライトより大なる體積を有し、パーラ

イトはオーステナイトより大なる體積を有す。故に體積に就ては

以下に於ては冷却曲線は加熱曲線と相合す、而して常溫に於ける此鋼の組織はパーライトなり。

余の説に従へば、 A_1 變態は次の複變化

圖 三 第



第三圖 a b c d の四曲線は炭素一・二%の炭素鋼に於ける實驗の結果にして、實測せる膨脹對溫度の曲線を約三分の一に縮寫し四五度傾けて記入せるものなり。

三、實驗 一

上に記入することを得、從て膨脹對溫度の曲線を得るなり。されど健淬の場合には光點の運動速かなるが故に、衝立の代りに感じよき乾板を置きて撮影せざるべからず。

以上の装置によるときは、吾人は光點の運動によりて、試料の變態の溫度及び其進行の程度を知ることを得、從て變態の任意の位相に於て試料を健淬するを得て、種々の重要なる實驗を爲すことを得。

オーステナイト・パーライト・マルテンサイト

從て徐々の冷却に於ける A_1 變態の膨脹は此膨脹と收縮との差にして、又徐々の加熱に際する收縮は上記の膨脹と收縮との差なり。然るに急速冷却に於ては、先づオーステナイトよりマルテンサイトへの變化を生じ、マルテンサイトよりパーライトへの變化は重に其後に起るが故に、 A_{r1} 變態に於ける膨脹は加熱の場合よりも著しく大なり。尤も A_{r1} に際しては熱の發生あるが故に、鐵棒 s_1 はニツケル棒より幾分高き温度を保つべし、從て之が爲め冷却曲線は A_{r1} 點の終りに於て加熱曲線よりも少しく左方に寄るべきなり、然れど直接實驗の結果によるに、此變態熱の爲に生ずる温度の差は二十度以下にして、此補正は變態點に於ける全延長の約五分の一に當る、故に之が補正をなすも冷却曲線は尙著しく加熱曲線の左方に寄る。扱て七〇〇度附近にて、マルテンサイトはトルースタイトへの變化を始め、固溶體を爲せるセメントタイトは微小なる粒子として析出す、而して温度の下降するに従ひセメントタイトの微小なる粒子は次第に凝結してソルバイト組織をなす、從て冷却に伴ふ收縮はパーライトよりも大にして四〇〇度に於てパーライトの加熱曲線と一致す。

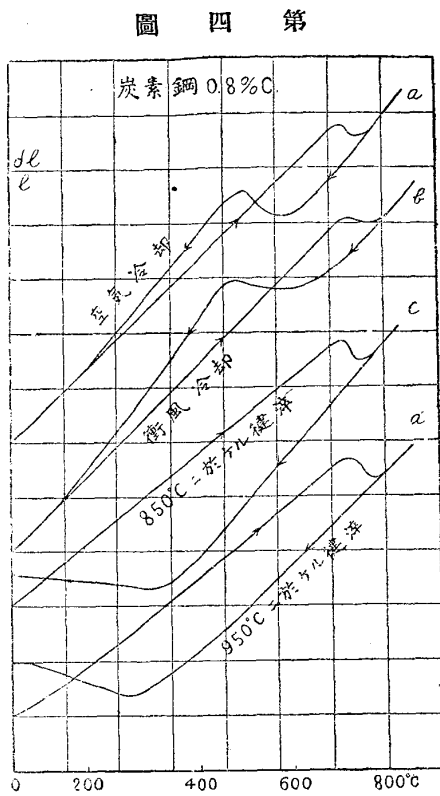
曲線 c は試料を徐々に熱して一〇〇〇度に至れる後爐を取去り、九〇〇度にて細孔噴水によりて健淬せるものなり。此曲線を見るに冷却の速度大なるが爲めオーステナイトよりマルテンサイトへの變化は著しく下降し、約三〇〇度にて始まりて室温に終る、從てマルテンサイトよりパーライトへの變化は其温度低きを爲め殆ど進行する能はず、故に試料は初めに比すれば著しく膨脹せる状態即ちマルテンサイト組織を爲す。

曲線 d は試料を九五〇度より健淬せる場合にして、オーステナイトよりマルテンサイトへの變化は更に下降し漸く二〇〇度より始まるを見る。從て常温に於てはマルテンサイト組織を得。マンガ五乃至七%、炭素〇.三%を有するマンガ鋼は之を A_1 點以上より徐々に冷却するも A_{r1} は約二百度に

降下し、同時にマルテンサイト組織を生じてパーライト組織を生ぜざるは余の説を確むるものなり。
 (第七圖c参照)

以上述ぶるが如く冷却の際 A_1 の變態が複變化なりと考ふれば加熱の際の A_1 變態も亦マルテンサイトを経てオーステナイトに變ずるものと考ふるを適當とす。實際加熱の際に A_1 點の直下に於て膨脹係數の著しく大となるは、マルテンサイトが徐々に發生して直にオーステナイトに變化しつゝあるを示す。猶此事は後に述ぶるが如く變態の種々の位相より健淬せる鋼の組織によりて確むることを得。

四、實 驗 二



第四圖 a b c d は炭素 0.8% を有する鋼に關する同様の實驗の結果を示す。曲線 a は試料を 900

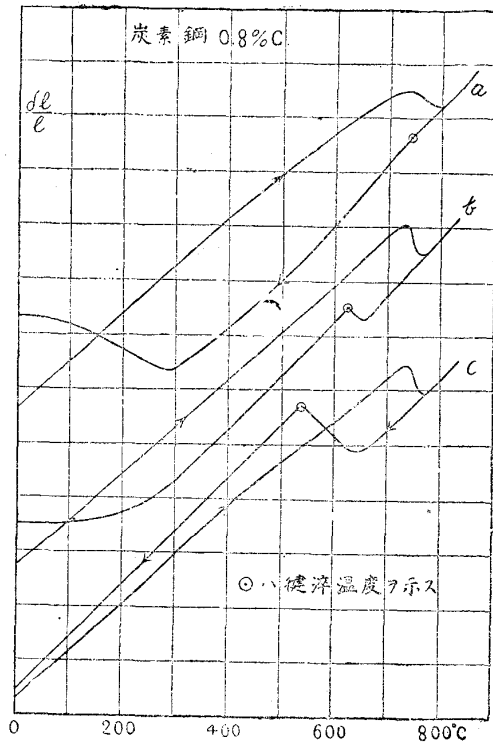
度より空氣冷却せしめたる場合にして、曲線 b は試料を衝風冷却せしめたる場合の結果なり。是等の場合に於てはオーステナイトよりマルテンサイトへの變化及びマルテンサイトよりトルースタイトへの變化は明瞭に區別することを得。又曲線 c 及び d は夫々 850 度及び 950 度より健淬せる場合の曲線にして、オーステナイトよりマルテンサイトへの變化は夫々 420 度及び 340 度に始まる。是等の

變化は試料が常溫に達したる後に終るが故に、マルテンサイトよりトルースタイトへの變化は進行する能はず、從て常溫に於てマルテンサイト組織を得るなり。

第五圖 a b c は前記と同一の炭素鋼を先づ九百度に熱したる後加熱コイルをとり去り、試料を空

氣冷却せしめながら A_{r1} 變態の種々の位相より健淬せる曲線にして、其中曲線 a は變態の將に始まりんとする點より健淬せるものにして、オーステナイトよりマルテンサイトへの變化は 300° 度に始まり、 400° 度に終る。曲線 b は A_{r1} 變態の半途に於て健淬せるものにして、オーステナイトよりマルテン

圖 五 第

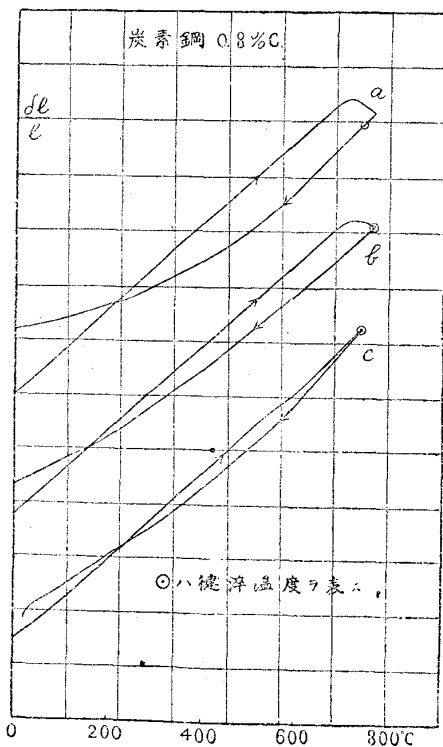


サイトへの變態は約 250° 度より始まる。又曲線 c は A_{r1} 變態の略々終れる點より健淬せる場合にして、曲線の形よりマルテンサイトが温度の下降と共にトリスタイト、ソルバイトに變じつゝあるを見る、而して室温に於ては僅かにマルテンサイトを見るのみ。第六圖 a, b, c は A_{c1} 變態の種々の位相より健淬せる場合の曲線なり。曲線 a は A_{c1} 變態の殆ど完了せる所より健淬せるものにして、曲線の形及び顯微鏡に

よりて、常温に於てマルテンサイト組織を存するを知る。曲線 b は變態の一部進行せる所より健淬せるもの、曲線 c は其變態の初まりより健淬せるものなり。曲線の形によりて見るに、常温に冷却せる鋼は加熱前に於けるよりも多少膨脹せるが故に、マルテンサイトの少量の存在を示す。又是等の鋼の顯微鏡組織はトリスタイトを交へるソルバイトにして多少のマルテンサイトの面積の存在を見るなり。

五、實 驗 三

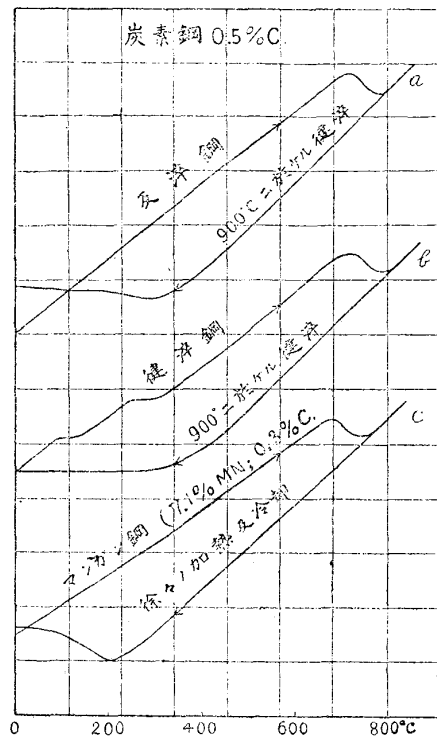
圖 六 第



六. 顯微鏡的研究

イトよりパーライトへの變化は常にマルテンサイトを経ざるべからざるを示す。逆にパーライト組織を有するマンガン鋼を A_c 點まで熱して健淬すれば、マルテンサイト面積を有するトルースタイト的ソルバイト組織を得るによりて見れば、加熱の際もパーライトよりマルテンサイトを経てオーステナイトに變化するを知るなり。

圖 七 第



は極めて小なり。かくの如くマンガン鋼に於ては冷却の速度甚だ小なるも收縮對温度の曲線は炭素鋼の健淬の場合と同一なるは注目し値す。且つ常温に於けるマンガン鋼の組織は健淬せる炭素鋼の場合の如くマルテンサイトとなり。若し鋼を五五〇度位に熱してマルテンサイトよりパーライトへの變化を促進せしむるときは、パーライトはマルテンサイトの区域内に徐々に現はるゝを見る。之れオーステナ

第七圖 a は炭素〇・五%を有する鋼に關する曲線にして、九〇〇度より健淬すればオーステナイトよりマルテンサイトへの變態は四五〇度より始まり、常温に於てはマルテンサイト組織を有す。此鋼に於ては同じく九〇〇度より健淬するもオーステナイトよりマルテンサイトへの變化は前の場合より著しく高温に於て生ずるは、固溶體を爲せるセメンタイトの量少なきによる。又加熱曲線も初の部分に於ける二つの段階は一七〇度及び三四〇度に起り、マルテンサイトよりセメンタイトの二段の析出によれる收縮を示す。

曲線 c はマンガン六九%炭素〇・三%を有するマルガン鋼に於ける加熱冷却の曲線にして、其速度

次に顯微鏡的研究の結果を述べんに、爐中にて徐々に冷却せる鋼の組織はパーライトにして、空氣に曝して比較的急速に冷却せるものの組織はソルバイトなり、之れセメンタイトが先づマルテンサイトより極めて微小なる粒子として析出し、次で次第に凝集して其粒の大きさを増せるによる。

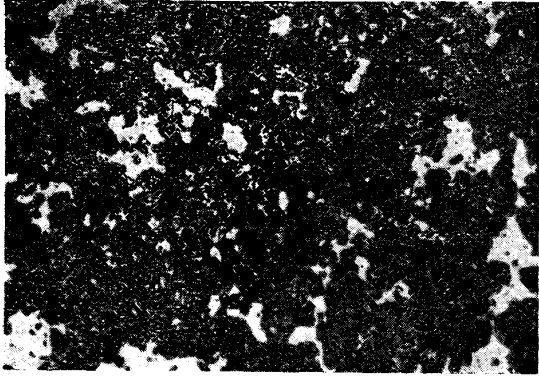
若し冷却に際し、 A_{r_1} の變態の途中より、健淬するときは、第八圖 a に示すが如くマルテンサイトを有するトルースタイトのソルバイト組織を得、此マルテンサイトの周邊は凹狀を爲し、オーステナイトより變化して生ぜるマルテンサイトが先づ其周邊よりトルースタイトに變じ、次でソルバイトに凝集せるを示す、若し A_{r_1} 變態が殆ど完了せる點より健淬するときは、 c 圖に示すが如くトルースタイトを有するソルバイト組織を得、但し猶多少のマルテンサイトの散在するを見る。

又パーライト組織を有する鋼を熱して A_{c_1} 變態の始まらんとする所より健淬するときは、組織は d 圖に示すが如く残留せるパーライトを有するソルバイトとなる、但し此の場合にも已に多少のマルテンサイトの散在するを見る、若し A_{c_1} 變態の半途に於て健淬するときは、マルテンサイトを有するトルースタイトのソルバイト組織 (e) 圖を得、此場合にはマルテンサイトの周邊は凸狀をなし、トルースタイトの地よりマルテンサイトの發達しつゝあるを示す、又 A_{c_1} 變態の終りの點より健淬すれば立派なるマルテンサイト組織を得、是等の事實は加熱の際パーライトは先づマルテンサイトに變じ、次でオーステナイトに變ずるを示す、又パーライトよりマルテンサイトへの變化はソルバイト及びトルースタイトを経るものと考へらる、何となれば、パーライト中のセメンタイトは A_{c_1} 點附近に至りて粒の周邊よりフェライト中に溶解し始め残れる、パーライトは微小なる粒子の集合狀をなし、ソルバイト的組織を作る、更にセメンタイトの溶解進むときはソルバイト的粒は一層小となり、遂にトルースタイト的組織をなすに至る、何れにしてもパーライトよりマルテンサイトへの變化がソルバイト及びトルースタイトを経るや否やは相の原理より考ふれば重要な問題にあらず、何となればパーラ

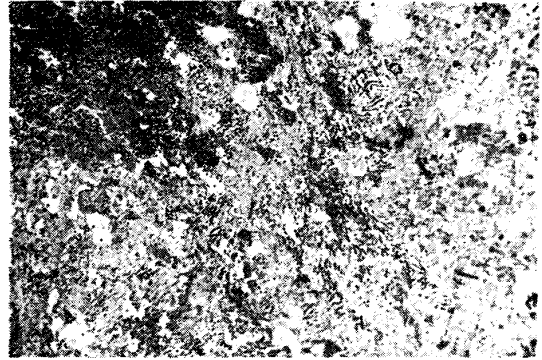
圖 八 第

却 冷

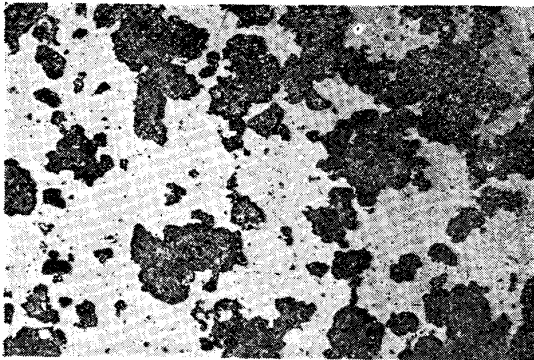
熱 加



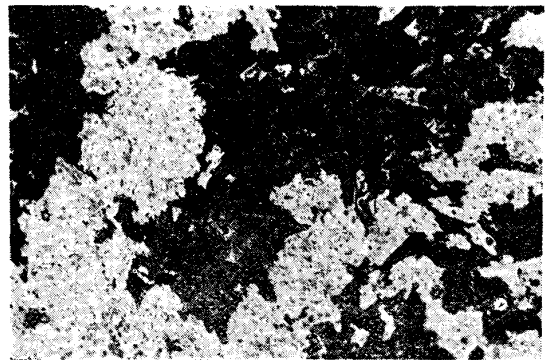
Ar₁ 變態の終より健淬せるもの



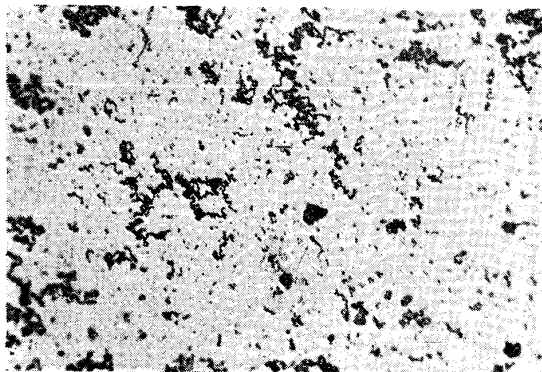
Ac₁ 變態の初より健淬せるもの



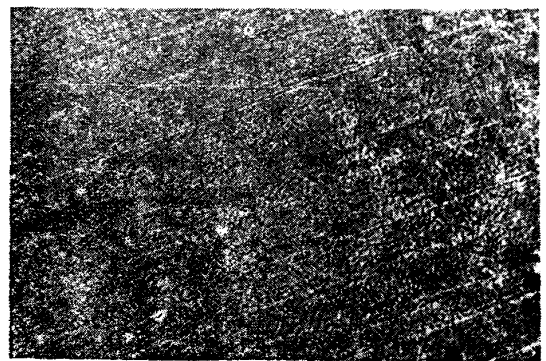
Ar₁ 變態の中途より健淬せるもの



Ac₁ 變態の中途より健淬せるもの



Ar₁ 變態の初より健淬せるもの



Ac₁ 變態の終より健淬せるもの(深く腐蝕す)

圖 九 第

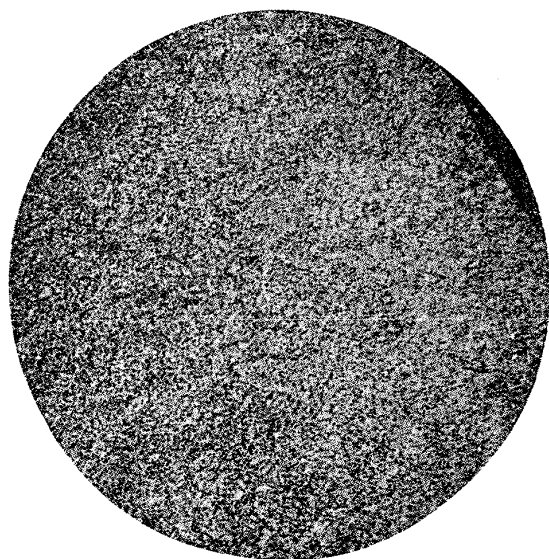
鋼 素 炭 の 下 鏡 微 顯

(3)



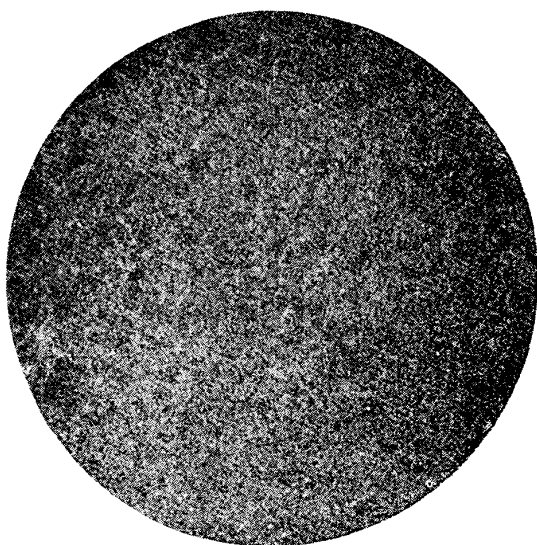
(3) 炭素鋼 0.3 % C。900° C にて健淬し 600°
にて反淬す。

(1)



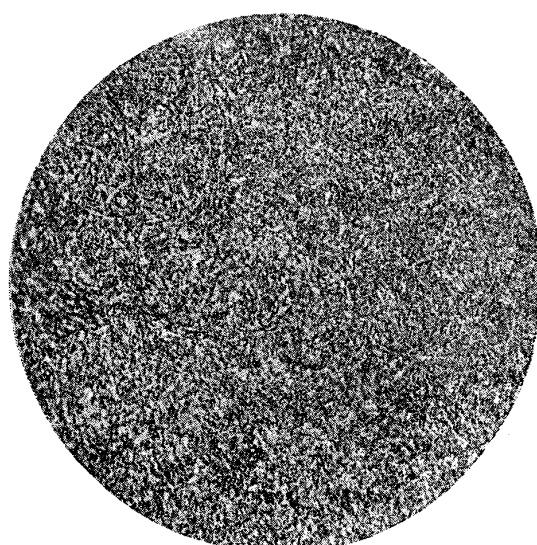
(1) 炭素鋼 0.8 % C。900° C にて健淬して 550°
にて反淬す。

(4)



(4) 炭素鋼 0.3 % C。900° C より二段に健淬
す。

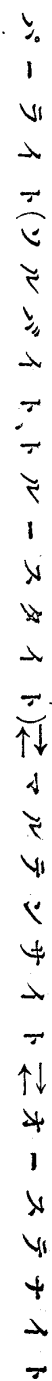
(2)



(2) 炭素鋼 0.8 % C。900° C に熱し A₁ 點より
少し下にて健淬す。

イト、ソルバイト及びトルースタイトは同一の複相に屬し、單にセメントタイトの凝集の度及び其分布の状態を異にするのみなればなり。

以上顯微鏡的研究の結果は冷却の際に於ける收縮に關する研究の結果とよく一致し、 A_1 變態は次の複變化より成るを確むるものなり、即ち



七、 健淬と反淬

以上の結果によれば、健淬は A_1 變態の喰止にあらずしてオーステナイトよりマルテンサイトへの變化を十分低温度に起らしめ、以てマルテンサイトよりトルースタイトへの變化を喰止むるにあり、又不完全なる健淬に於てはマルテンサイトの發生は比較的高温度に起り、從てマルテンサイトよりトルースタイトへの變化は一部進行す、故に硬度は十分大なる能はずして、トルースタイトを交ゆる組織を有す。

猶凡て低温度に於ては變化は容易に進行し難きが故に、極めて急速なる冷却に於ては炭素鋼のオーステナイトよりマルテンサイトへの變化を常溫以下に降して之を沮止することを得べきなり、此場合には炭素鋼をして常溫に於てオーステナイト組織を有せしむることを得。

凡て健淬せる鋼は大なる硬度を有すと雖も脆き缺點を有す、故に強大なる抗張力と適度の延長率を有する鋼を得んが爲には、先づ鋼を健淬して然る後之を五五〇乃至六〇〇度に於て反淬するを常とす。然れど上記の余の說に従へば、試料を一度 A_{c1} 點以上に熱したる後適當の温度より健淬すれば反淬の作業を省略することを得るなり。何となれば試料を先づ A_{c1} 點以上に熱すればオーステナイト組織を取る、若し之を衝風により急速に冷却せしむればオーステナイトは先づマルテンサイトに變じ、次でセメントタイトの微粒の析出によりてトルースタイトに變化す。故にトルースタイトが適度に發

達せる時刻に於て試料を健淬して其進行を沮止すれば、一旦健淬せる鋼を反淬せるものと同一の組織を得るなり。かく適度のトルースタイト或はソルバイトを得るに必要な健淬温度は試料の大きさ及び炭素含有量に關するが故に主として實驗によりて定めらるべきものなり。

以上の説の正確なるを證明せんが爲め種々の炭素含有量を有する鋼に就て實驗せり。炭素〇・九%を有する共融鋼に於ては、先づ之を九〇〇度に熱したる後爐より取出して空氣中に曝して A_{r1} 變態を生ぜしめ、其將に終らんとする頃之を健淬すれば、容易に均一なるトルースタイト組織を得。されど低炭素鋼に於ては、一旦九〇〇度以上に熱せるものを空氣冷却せしむるに、 A_{r3} 變態點に於てフェライトの一部を析出し、次に A_{r1} 點に於てオーステナイトはマルテンサイトに變じ、次でマルテンサイトはトルースタイトを経てソルバイトに變ず。故に試料を A_{r} 變態の殆ど終れる時期に健淬するもソルバイトの地の中にフェライトの塊の散在するありて一樣なる組織を得る能はず。又高炭素鋼の場合にはソルバイトの地の中にセメントタイトの網ありて同じく一樣なる組織を得る能はず。此組織の一樣ならざるを避けんには、二段の健淬によるを可とす。即ち試料を先づ A_{c3} 點或はセメントタイトの溶解線以上を熱して後空氣冷却を行ひ、此温度の少しく前に、暫時試料を水中に健淬して再び引上げれば、フェライト或はセメントタイトを析出せずして一樣なるマルテンサイト組織を得。故に少時の後再び試料を水中に健淬してトルースタイトの發達を適度に止むるときは、一樣なるトルースタイト或はソルバイト組織を得。かくの如く何れの場合に於ても一段或は二段の健淬によりて、反淬によれると同一の組織を生ぜしむることを得。第九圖は此一例を示す。以上の結果は製鋼業に於て作業時間を短縮し、又燃料を節約し得る點に於て工業上大なる意義を有す。

八、變態熱

次にオーステナイトよりマルテンサイト或はマルテンサイトよりパーライトへの變化に伴ふ變

態熱の測定の結果を述べん。熱量の測定には水熱量計を用ゐたるも、其方法は普通の方法にして、此所に詳説するの要なければ之を略す。但し熱量計の溫度を測定するにはベックマンの寒暖計を用ゐて一度の千分の一まで觀測し、又試料を熱するには抵抗電氣爐を用ゐ、其溫度はルンシャツテリエー式熱電對に依れり。

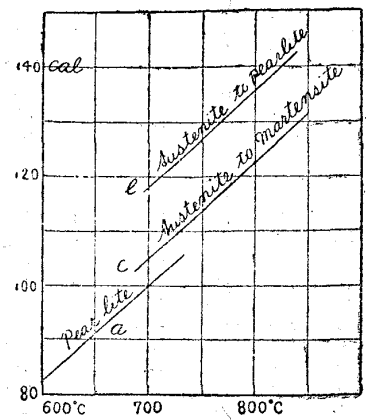
試料には炭素〇・八%の炭素鋼を用ゐ、先づ之を鈍して、 A_1 點以下の種々の高溫度に於ける一瓦に對する熱容量を測定せり。

次に A_1 點以上の種々の高溫度より此鋼を熱量計の水中に落して、水溫の上昇を測りて是等の高溫度に於ける熱容量を計算せり。此場合に於ては常溫に於ける組織はマルテンサイトなり。

次に試料を石綿紙を以て蔽ひて之を A_1 點以上の所要の高溫度に熱して熱量計中に落し、其溫度の上昇を測る。此場合に於ける試料の冷却は比較的緩にして其常溫に於ける組織はトルースタイト的ソルバイトとなる。即ち此場合に於ける變化はオーステナイトよりトルースタイト或はソルバイトにして、其熱量に於てはオーステナイトよりパーライトの變化に等し、何となればトルースタイト或はソルバイトはパーライトと同一の相にして同一の熱容量を有すべければなり。勿論石綿にて蔽へる時は、熱容量の計算に於て石綿の熱容量の補正を施さざるべからず。以上三種の測定の結果を用ゐて、一瓦の熱量對溫度の曲線を引けば第十圖に示すが如き三個の直線を得。第一の直線 a は A_1 點以下に於ける一瓦の鋼の有する熱量と溫度との關係を表はし、第二の直線 b はオーステナイトの區域に於ける同じ關係を表はす、但し此場合の熱量はパーライトのエネルギーを基點として表はせるものなり。又第三の線 c は第二の直線と同じくオーステナイト區域に於ける熱量を表はせども、マルテンサイトのエネルギーを基點として表はせるのみ、然るに常溫附近に於てはマルテンサイト及びパーライトは同一の比熱を有するは實驗の證明する所なるが故に、 b 、 c の二線は平行ならざる

べからず。従て此二線を Ar_1 點即ち七〇〇度まで引長し、此點に於ける熱量の差を求むれば一四カロリ

圖 十 第



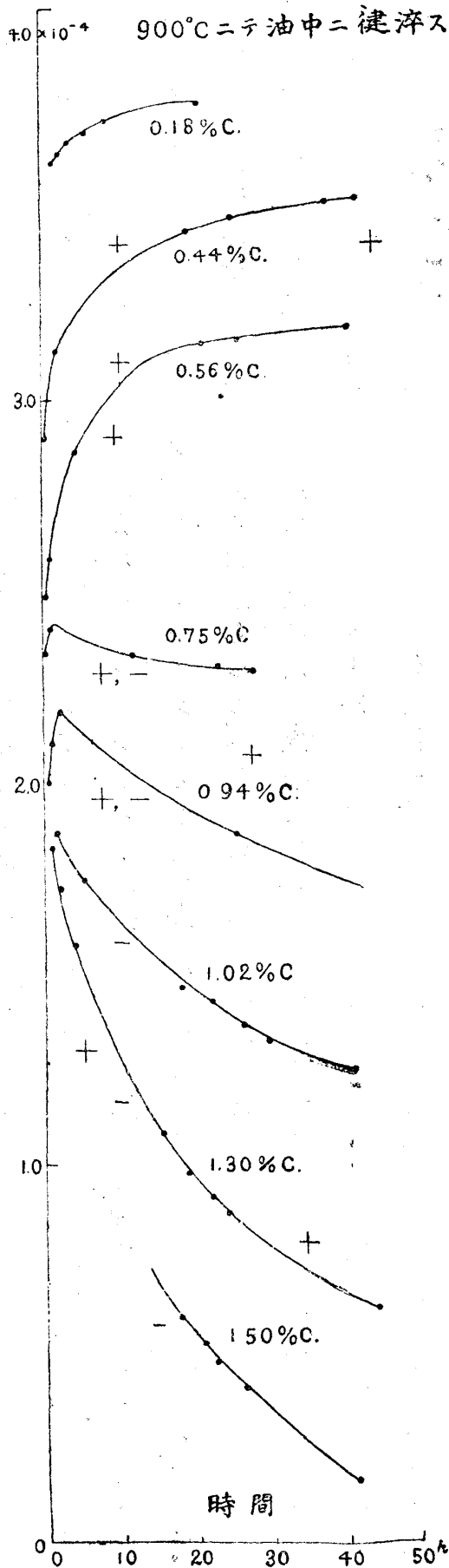
となり、マルテンサイトよりパーライトに變化するときの變態熱を表はす。又同圖より七〇〇度に於てオーステナイトよりパーライトに變化する場合の變態熱は一八二カロリたるを知る。従てオーステナイトよりマルテンサイトへの變態熱は四二カロリなるを知る。一般に同一物質の變態熱は數カロリの程度にして溶解熱より著しく小なるを常とす。然るにオーステナイトよりマルテンサイトへの變化は

變態にして、マルテンサイトよりパーライトへの變化はセメントの固溶體より析出する變化なり。従て前の場合の熱量の後の場合の熱量よりも小なるは豫知するを得べき事なり。

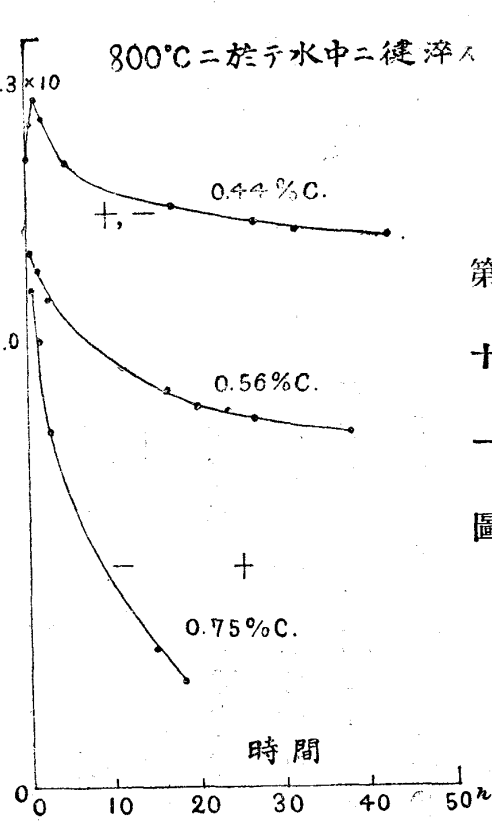
九、 澱滓後の收縮

松下徳次郎君の研究によれば第十一圖に示せるが如く炭素鋼は澱滓後徐々に膨脹或は收縮をなすものにして、低炭素鋼に於ては一般に澱滓後短時間に亘る延長を伴ひ、高炭素鋼に於ては長時日に亘る收縮を伴ふ、而して中間の鋼に於ては始めは膨脹を生じ最大を経て後漸次收縮す(第十一圖左)。以上の説に従へば低炭素鋼に於ける膨脹は常溫に至るもオーステナイトよりマルテンサイトへの變化が完了せずして、尙ほ同じ方向に徐々に變化しつゝあるを示す。又高炭素鋼に於ける收縮はマルテンサイトよりパーライトへの變化が室溫に於ても徐々に進行しつゝあるを示す。一般には鋼の一部はオーステナイトよりマルテンサイトへの變化を完了すと雖も他の部分に於ては此變化未だ十分に結了せざる所あるべし、此場合に於ては膨脹と收縮と共存して實際に見るが如き最大を有する曲線を得るなり。而して炭素量少なき鋼に於ては、セメントの量も少なきが故にオーステナイトよりマルテンサイトへの變化は比較的高溫度に起る。然るに冷却は急速なるが故に鋼の全部がマル

にマルテンサイトよりトリスタイトへの變化は著しく進行せず、従て室温に於てセメンタイトの



は一層低温度にて起るが故に、室温まで冷却する間



のみ。然るに同一の鋼を硬く健淬するときは、(第十一

圖右)オーステナイトよりマルテンサイトへの變化

素鋼は柔かなる健淬後單に短時間の膨脹を生ずる

通過するが故に室温に於て收縮を生せず、従て低炭

理由によりて更に收縮せず、故に最初三四百度の高

温度にて生じたるマルテンサイトは二百度附近を

五十度以上に熱して冷却せしものは、後に説明する

イトは常温にては除々に收縮すれども一旦之を百

イトは常温に於てもマルテンサイトに變化せんとするが故に、徐々に鋼の膨脹を生ず。又マルテンサ

イトは常温にては除々に收縮すれども一旦之を百

イトは常温にては除々に收縮すれども一旦之を百

イトは常温にては除々に收縮すれども一旦之を百

イトは常温にては除々に收縮すれども一旦之を百

イトは常温にては除々に收縮すれども一旦之を百

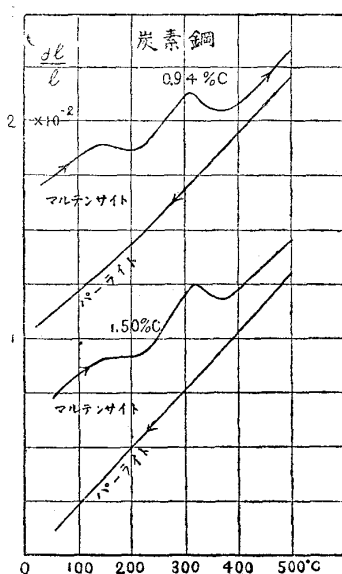
イトは常温にては除々に收縮すれども一旦之を百

第十一圖

徐々の析出によりて收縮を生ずべし。此收縮は前記の常温に於て残れるオーステナイト組織の變化に基づく膨脹と合して、初に膨脹を生じ最大を経て後收縮を生ずるなり。

高炭素鋼に於てはオーステナイトよりマルテンサイトへの變化は比較的低温に生ずるが故に、室温に於てセメントタイトの濃度大なるマルテンサイトの存在を見る。然るにセメントタイトは此マルテンサイトより比較的盛に析出してトルースタイトに變ぜんとするが故に重に鋼の收縮を見る也。次に一旦健淬せる炭素鋼を徐々に熱しつゝ其長さの變化を觀測するときは、第十二圖に示すが如く長さは一七〇度及び三四〇度の温度に於て急速に收縮するを見る、之れ固溶體を爲せるセメント

圖二十第



イトを除去するも鋼は始ど其硬度を減ぜざればなり。又 α マルテンサイトは β マルテンサイトよりも酸によりて腐蝕せられ易く、且前者の密度は後者よりも小なりと考へらる。

以上二種のマルテンサイトの生成に就ては二様に考ふることを得。第一は急速冷却の際オーステナイトの一部は α マルテンサイトに變じ、一部は β マルテンサイトに變ずるものと考え得。又第二はオーステナイトは先づ β マルテンサイトに變じ、次で β マルテンサイトより α マルテンサイトに變ずるものと考え得。何れの場合にも常温に於ける α と β との量の多少は冷却の速度によると疑なし。著者は第二の説を正しと考ふるなり。今健淬せる高炭素鋼を徐々に熱するに、二〇〇度以上

イトがマルテンサイトより析出するに二つの温度あるを示す恰も同一物質内にある結晶水の析出に二つの異なる温度あるに類す。之れマルテンサイトに二種あるを示すものにして、是等を α と β と名づければ α は β よりも反淬し易し。又鋼に硬度を與ふるものは重に β マルテンサイトにして α マルテンサイトにあらず、何となれば反淬によりて α マルテンサ

に於て膨脹はパーライトに於けるよりも著しく増加し、三〇〇度に至りてβマルテンサイトよりセメンタイトの分離により急に收縮し始む。此膨脹の増加はβマルテンサイトの先づαマルテンサイトに變するが爲めと解釋することを得。

松下氏の實驗の結果によるに、健淬せる低炭素鋼に於てはαマルテンサイトは存在せず、單にβマルテンサイトのみなるはオーステナイトよりマルテンサイトへの變化が比較的高溫度に起るが故にαマルテンサイトは室溫に至る前に反淬せらる。從て其存在を認むるを得ざるなり。然るにβマルテンサイトは其反淬の溫度高き爲め常溫まで存續せらる。從て低炭素鋼に於てはβマルテンサイトのみを見るなり。

十、特種鋼に於ける A_1 變態と顯微鏡的組織

特種鋼に於ける A_1 變態と組織とは極て密接の關係あり、例へば炭素鋼に次第にマンガンを加ふるものと考ふれば、 A_3 點の下降に伴ひ冷却に際する A_{r1} 變態は次第に下降し、且つ之に伴ふ磁氣の發生次第に小となる。但し加熱の際の A_{c1} 點は餘り下降せず、 A_{r1} 點が五六百度以上なるときは冷却後の組織はパーライトにして、之が二三百度以下に降るときはマルテンサイトとなる。若し又 A_{r1} 點が室溫以下に降れば組織はオーステナイトとなる。逆にマルテンサイトを有するマンガンを適當の溫度にて長く反淬するときは、磁氣の強さは著しく増加しパーライト組織となる。之れ固溶體をなせる炭化物が次第に析出してパーライトを作るによる。

同様の事柄はニッケル鋼の場合にも發見するを得べし、即ちニッケルの量一〇%以下にして其變態點五百度以上のものはパーライト組織を有し、ニッケル約一五%乃至二五%の鋼にして、其變態點三百度以下のものは、マルテンサイト組織を爲す。又ニッケル二十六七%の鋼は室溫に於ては殆ど磁氣を有せず、即ち室溫は臨界溫度以上にあるが故に、オーステナイト組織を有す。

此の如く臨界點と組織とは極めて密接なる關係を有し、其高低によりて組織を判定することを得。(完)

鐵及鋼の研究 (承前)

(帝國鐵道協會々報第二十卷第七、八號より轉載)

本多光太郎

第六章 高速度鋼

a 磁氣分析

高速度鋼の特性は自硬性と反淬に對する抵抗の大なるにあり。1900年此著しき性質か米人テロー
ー及ホワイト (Taylor & White) 二氏に由て發見せられし以來、高速度鋼に於けるクロム及タングステ
ンの作用に就ては、數多の研究發表せられたりと雖、未だ完全なる學說なし。因て我か研究所に於ては
タングステン鋼及クロム鋼の研究を終りたる後、此問題を解決せんと企てたり。本研究の目的は(一)高
速度鋼の組成即ち高速度鋼中に於けるクロム、タングステン及炭素の形態、(二)高温度に於ける其變化
(三)高速度鋼の硬化及反淬に對するクロム及タングステンの作用等を決定するにあり。

余輩は先づ三種の鋼を作りて磁氣分析、顯微鏡組織の研究を行へり。即ち(一)タングステン(約10パー
セント)及炭素(約0.6パーセント)の含有量殆ど等しくしてクロムの含有量の異なるもの七種、(二)クロム
(約10パーセント)及炭素(約0.6パーセント)の含有量殆ど等しくして、タングステンの含有量の異なるも
の十種、(三)タングステン(約10パーセント)及クロム(約10パーセント)の含有量殆ど等しくして炭素の含
有量の異なるもの九種を作れり。

125圖乃至134圖は磁氣分析によりて得たる主なる曲線を表はす。第一種の鋼の冷却曲線を見る
に、クロムを含まざる鋼は、125圖に示すか如く900°よりの冷却曲線に於ては普通のA₁變態と、400°