

す今其組織を見るに粒狀パーライトにして一旦焼入せるものを更に焼戻せしものと認定す。本刀の熱取扱作業を推定するに刀を鍛錬造刀せし後に、一度之を焼入し更に之を焼戻し後刃先のみ焼入作業を施行せしものなるへし。

本直刀に就き調査したる事項に於て注意すべき點は左の三項なるへし。

- 一、地金中に銅を含有せること。
- 二、合せ鍛造りにて其鍛造方法比較的精巧なること。
- 三、了戒の刀と同じく焼入に際し三段作業法を施行せしこと

鐵及鋼の研究

(鐵道協會々誌第二十卷第四號より轉載)

本 多 光 太 郎

緒 言

今回帝國鐵道協會と工學會との御盡力によつて東北大學研究所に於て兩三年來研究されたる鐵鋼に關する事項に就て御話をする機會を得るに至つたのは私に取りて非常な光榮であります。私の講演の主意は二つあります。我研究所にて研究されたる結果は片付次第一々歐文にて外國の諸大學及び關係學科の人人に分配しておりますが、本邦内に頒つ部數は至て僅かであり、夫故何か機會がありますれば本邦の諸學者及び製鋼業に關係しておらるる方に御話致して、其中に何か利用する所があれば本邦人が先づ研究の結果を利用する様に有りたいものと考へるのが一つの主意であります。又他方面に於きましては、私等が鐵鋼の冶金的研究に従事しましたのは僅に數年來のこと、實際方面に就きましては全く知識を缺いております、從て實際どの様な問題が世間にあるかを知つて

ありません、夫故可成其方面の人に接して目下解決を俟ちつつある問題を知りたいと思つてある次第であります、殊に諸種の實地の困難に遭遇せらるる諸君より私等の結果を評論せられたなら、當方に於て甚だ得る所が多からうと考へたのが此講演を致します第二の主意であります、何卒諸君に於かれましては私等の研究の結果に就て十分なる御批評を賜はり、又御高見を述べられんことを希望致します。

次に本講演と内容に就て一言申上ります、講演の内容は重に大正五年即ち三年前より我研究所に於て爲されたる鐵鋼及二三の特種鋼に關する研究の結果であります、論文の數は三十四種ありまして之を一通順序を立てて御話します次第であります、内容が随分多いから委しくこれを六回の講演で御話するのは到底不可能であります、從て極く緊要なる事項を撰みて分りよく御話しようと思存じます、又私が講演に於てお話しすることは我研究所と云ふ團體の仕事でありまして、決して私人の仕事ではありません、唯だ私が研究所を代表して御話します次第であります、又私の御話する事柄は歐米の冶金學者の研究の結果と異なる所も多く、且つ反對の場合も少なくありません、然し是等は種種の方面より研究し得たる結果でありまして十分なる自信を以て發表しております、諸君の方でも亦嚴しき御批評を御遠慮なく賜はらんことを希望します。

終りに我研究所の事に就て一言申上げます、研究所は一昨年四月大阪住友家の御厚意による所の奨學金を經費に充てることとして出來ました、所員は目下私の外に理學士村上武次郎君、石原寅次郎君、今野清兵衛君の三人と高等工業の卒業生二人、物理學校卒業生一人、中學卒業の助手四人であります、此三人の理學士の内二人は化學出身で一人は物理出身であります、尙東大の俵博士は囑託として、時時來仙せられ、種種御教示を願つております、殊に顯微鏡的研究の方面に於て吾吾が多少知識を得たのは全く同君の御指導によつた次第であります、此外物理出身の理學士高木弘君は創立以來二箇

年在職せられ、殊に後の一箇年は重に γ の磁石の鋼研究に従事せられ、之を完成して世界的ものとせられました。今は住友鑄鋼所に入つて磁石鋼の製造に従事しておられます。又理學士清水武雄君は一年間研究所に居られ、熱の傳導率の測定法に付て研究せられ、好良なる装置を造られました。現今我が容易に種種の合金の熱傳導率を測定し得、從て鋼の構造を知るの有力なる一手段として之を使用してゐるのは清水君の御蔭と云はなければなりません。同君は大阪鹽見研究所より米國へ派遣せられ、目下ハーバード大學にてX光線の研究に従事しておられます。

以上所員の外諸會社より派遣せられて研究に従事せらるる三人の理學士があります。物理出身の松永徳次郎君は日本特殊鋼合資會社より派遣され、昨年以來焼入に伴ふ現象に就いて研究せられ、其結果は今回の講演の一題目を作つております。また物理出身の齋藤省三君は昨年以來住友鑄鋼所より派遣せられ、インゴットの冷却に關する理論的研究を終はられ、目下高速度鋼の研究に従事せられ、已に非常に堅くガラスを容易に切り得る鋼を作ることに成功せられました。此鋼は單に堅いのみならず七百度位に至らざれば鈍りませんから高速度鋼として好良なる鋼と考へます。此外化學出身の飯高一郎君は昨年以來三菱會社より派遣せられ、變態と電氣抵抗との關係、融解金屬の比熱の測定などを研究しておられます。

今回の私の講演は以上の諸氏の結果を整理して私からお話しする次第であります。

現今の研究所は經費の都合上其規模如何にも小にして合金を作るにも多くて一回二三百瓦通常は一回に數十瓦を融かすに過ぎず、從て材料強弱の試験をなす能はざる次第で、如何にも残念に思つておりましたが、幸此度住友家の大なる厚意により永久的の鐵鋼研究所の設立を見んとする運びに至りましたのは邦家の爲め非常に慶賀すべき事と考へます。私の計畫してゐる鐵鋼研究所の組織は物理部、化學部、冶金部、材料部、強弱試験部の四部より成立し、各部平行に研究を進め行く積である。つま

り現在の研究所に材料強弱試験部を加へ全體として之を擴大せるものを作る考であります然し之には多大の經費を要しますれば初めから計畫通りに行はれないのも止を得ません。此研究所は鐵鋼究研所と云ひまして鐵鋼及び其合金の研究を主眼とするも勿論他の合金の研究にも着手する積りである。獨逸に於ても鐵鋼の研究機關の設立を非常に必要と考へまして昨年七月頃よりカイザー、ウヰルヘルム研究所の一部に之を設くることになりましたが、本邦に於ても此種の研究機關が續々設立されて製鋼事業を指導することは之を軍事上より見るも、亦工業上より見るも極めて必要なることと考へます。

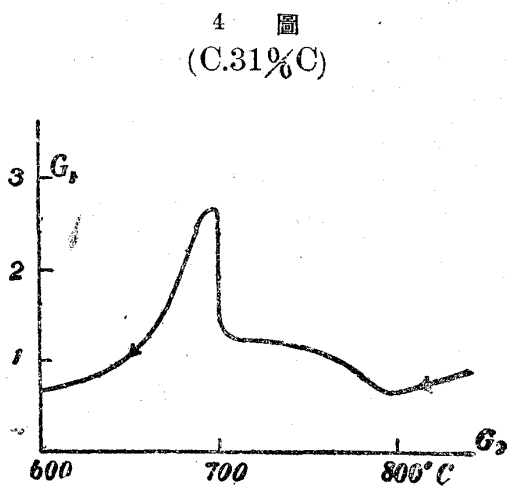
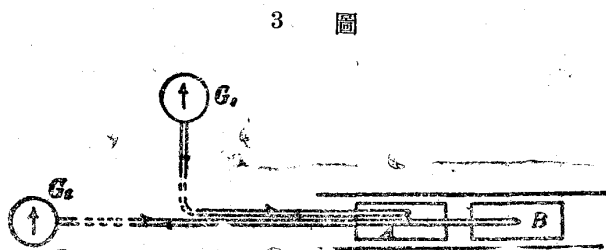
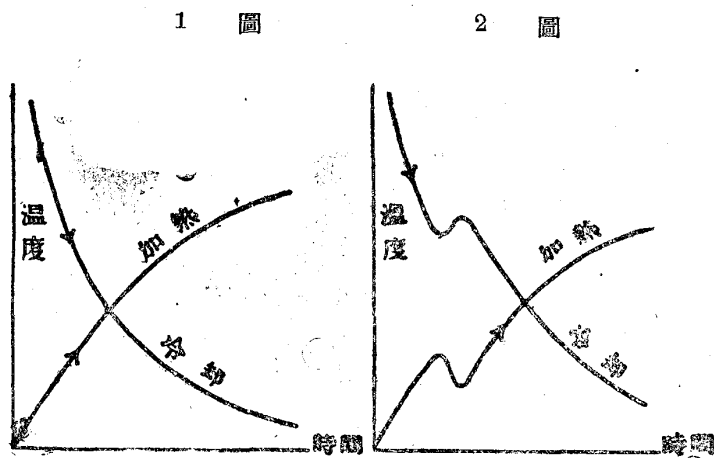
第一章 研究の方法

爾來冶金學に於て用ゐられたる方法は化學分析熱分析及顯微鏡的研究なりと雖、複雑なる變化は到底是等の方法のみによりては知ること能はず、故に本研究所に於ては磁氣分析法と名づくる新方法を併用す。其他高溫度に於ける熱膨脹、電氣抵抗等の研究も平行に實行しつつあり。一般に物質か或溫度に於て變質するときは、熱の發生或は吸収を伴ふと同時に、諸機械的及物理的性質に於ても變化あるべき理なり、例へば磁氣の強さ、熱膨脹電氣抵抗等も非連續的に變化す。從て溫度に對する是等の諸性質の變化を同時に研究することは、物質の變化の内容を明かにする上に於て極めて重要なりとす。之れ本研究所に於て諸種の觀測を平行に行ひつつある所以なり。以下順を追ひて是等の方法に就て述へんとす。但し化學分析に就ては改めて述べるの要なければ之を略す。

a 熱分析法 (Thermal Analysis)

物體を徐々に熱するか或は冷却するときは、加熱或は冷却の曲線は1圖に示すか如く簡單なる曲線をなすと雖、若し或溫度に於て物質に變化を生ずるときは、熱の發生或は吸収を生ずるか故に、加熱及冷却の曲線は2圖に示すか如く異常を呈すへし。故に加熱或は冷却の場合の曲線の異常變化より、

逆に熱の發生或は吸收即ち物質の變化と其變化の生ずる溫度とを知ることを得、之れ熱分析法の原理なり。實際には變化の際に生ずる熱量は極て少量にして數カロリーを超えされは、示差法(Differential method)を用ゐるを普通とす。即ち3圖に示すか如く、小孔を有する圓柱狀の試料Aと同形の變態點(Transformation point)を有せざる金屬片Bとを相並へ、示差熱電對の繼目の一はAの内に、他はBの内に置き、其電路中に感しよき電流計 Ω を入る。又他の熱電對の繼目の一はAの内に置き、其電路中に電流



は發生を生ずれば、電流計のフレを生ず。故に電流計 Ω の讀み、即ち溫度と電流計 Ω のフレとを觀測せは、4圖の如き曲線を得て、變態の生ずる溫度を知ることを得。されと熱は一度發生すれば周圍に逸散するに相當の時を要するか故に、此方法は變化を生ずる正確の溫度及變化の進行の程度を知るに便ならず、又數時間に亘るか如き徐々の變化は此方法によりて知ること能はず。

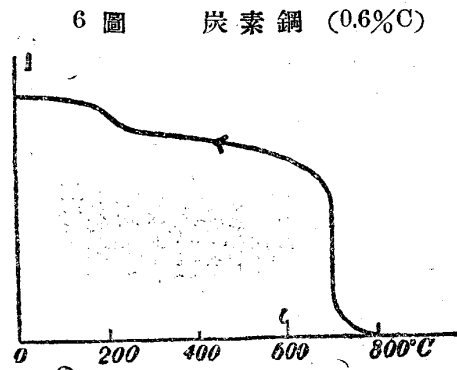
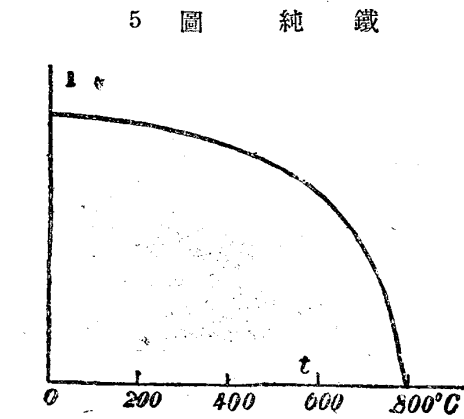
計 Ω を入れて試料の溫度を測る。斯くしてA、B全體を溫度の分布一様なる電氣爐内に入れて之を熱す。Aか變態を爲さざる間AとBとは殆ど同溫度にあるか故に、電流計 Ω のフレを生ぜざれと、若しAか變態點に達して熱の吸收或

b 顯微鏡的研究 (Microscopic Investigation)

此方法は爾來化學分析と相併ひて研究上最も有効なる方法の一と考へらる。先づ金屬の表面を琢磨し、之を適當の藥品にて腐蝕するに、若し金屬の組織か一樣にして一相 (Phase) より成るときは、各一部に作用せらるるも、二相或は三相より成るときは相によりて腐蝕の度を異にするか故に、之を顯微鏡にて望むときは明瞭に其差異を認むることを得。此方法に於ては金屬によりて適當なる腐蝕劑を撰むこと、結晶形及種々の物質の集合状態に關する經驗的知識を豫め習得するを要す。

c 磁氣分析法 (Magnetic Analysis)

強磁性體 (Ferromagnetic substance) を一定の強



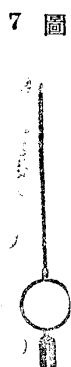
き磁場に於て熱するときは、其變化簡單にして磁氣の強さは温度の昇るに従ひ始めは徐々に減少し、次て其割合次第に増加し、遂に全く磁氣を失ふに至る(5圖)此磁氣を失ふ温度を臨界點 (Critical point) と云ふ。磁氣の減少と温度との關係は凡て單一なる強磁性體に於ては前記と同様にして、且其臨界點は物質に

固有の値を有す。若し一物體か二個の強磁性體の集合より成るときは、磁氣と温度の關係を表はす曲線は二個の臨界點に相當する變化(6圖)を表はすへし。されと若し二物體か混合物として存在せずして互に固溶體 (Solid solution) を作るときは、其臨界點は單一にして二物體の何れの臨界點とも異なる故に是等の事實を逆に利用するときには、一物體中に存在する物質の何たるかを化學分析法によらずして判定するを得へく、且つ場合によりては是等の物體か混合状態にあるか、或は固溶體の状態にあ

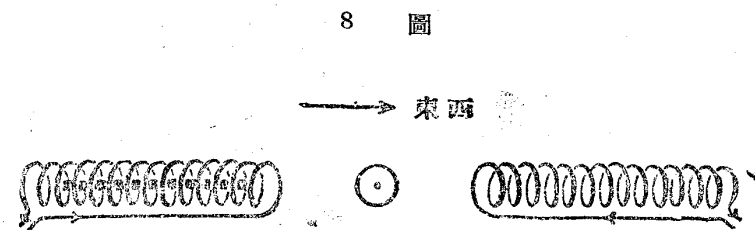
るかを推知することを得。磁氣分析法は此原理に基つけるものにして、吾人の經驗によれば爾來の方
法中、化學分析に次きて最も有效なるものなり。下に現今確定せる且つ鐵鋼に關係ある物質の臨界點
を掲ぐ。

鐵	.....790°C	ニッケル	.....380°
コバルト	.....1150°	セメントタイト (Fe ₃ C)	.....215°
鐵とタングステンの複炭化物 (4Fe ₃ C.WC)	.....400°	磁鐵礦 (Fe ₃ O ₄)	.....580°
鐵とクロムの複炭化物 (18Fe ₃ C.Cr ₄ C)	.....150°		

猶磁氣の強さは物質の變態點に於て非連續的に變化するものなれば、逆に磁氣
と温度の曲線を觀測するときは、其曲線の異常變化の存否によりて物質の變態の
有無を見出すことを得。例へば炭素鋼は冷却のとき約700°に於て非連續的(6圖に
磁氣を増すか故に一種の變態の存在するを知るか如し。



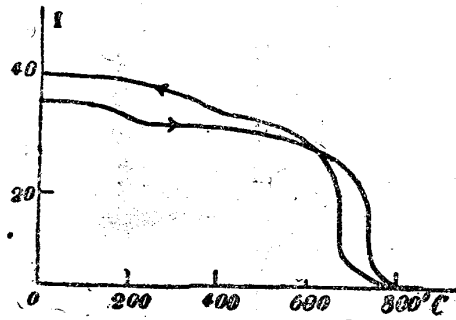
強磁性體の磁氣の強さと温度との關係を研究するには
磁力計法によるを便とす。磁力計は7圖に示すか如く小な



る馬蹄形磁石を極めて細き絹絲或は石英線にて吊し、此磁石の上に小さき鏡を附
着したるものなり。又二個の同形なる起磁コイルを取り、兩者の軸を水平に一直線
上に置き、之を東西に向はしめ、其中央に磁力計を置くこと8圖の如くす。先づ試験
すべき物體を起磁コイル内に挿入するに先ち、兩コイルに方向反對なる強き電流
を通し、コイルの距離を調整して、之か磁力計に及ぼす作用をして互に相消さしむ。
次に起磁コイルの内に試験すべき棒狀の物體を入れて、コイルに電流を通すれば、

棒は附磁せられ、磁力計に作用を及ぼし、磁力計の小馬蹄形磁石に附着せる鏡のフレを生ずるか故に

9 圖 タングステン鋼
(6%W, 0.6.C)



此方法によりて測定せる結果にして、9圖の200°附近の異常の變化は炭素鋼中に游離セメントタイト (Cementite Fe_3C) の存在するを示し、700°の非連続的の變化はセメントタイトか固溶體より析出する場合の變化を示す。又9圖は炭素0.6%タングステン鋼のパーセントを有するタングステン鋼の曲線にして、加熱曲線は6圖と同様なるも一旦900°まで熱した後冷却するときは700°に異常變化を生じ、200°の變化は消失す、前者は鐵とタングステンの復炭化物の臨界點なるか故に、冷却曲線は炭化物 Fe_3C 及 WC が900°にて化合して復炭化物を作ることを示す。

猶強磁性體は臨界點に於て其強磁性を失へとも、全く磁性を有せざるにあらず、極めて弱き磁性は融解點を超ゆる高温度に至るも依然として存在す。此微弱なる磁氣も強大なる磁場と振り秤を用ゐるときは精確に測定することを得。臨界點以上の磁性を常磁性 (Paramagnetic) と云ふ。此方法によりて純鐵の臨界點以上の磁氣の強さを測定すれば10圖に示すか如き曲線を得。即ち純鐵は910°に於て磁氣の非連続的減少を生じ、同時に熱の吸収を生ず、從て鐵は此温度に於て性質を異にせる異種の物質に變化せるを知る、故に此温度以下の鐵を α 鐵と云ひ、以上の鐵を γ 鐵と云ふ、又 α 鐵より γ 鐵への變化を γ 變態と云ひ、此變態の起る温度を γ 點と云ふ、更にこれを熱して1420°に至れば、磁氣の強さは急

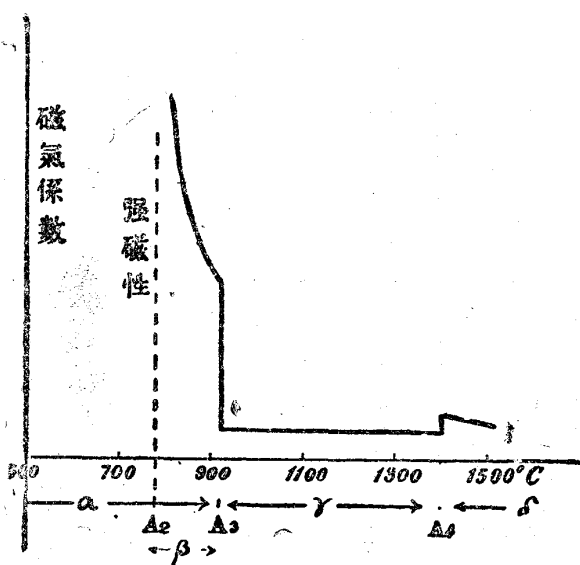
に増加し、同時に熱の吸収を生ずるか故に、 γ 鐵は更に他種の鐵に變するを知る、之を鐵 δ と云ひ、 γ よ

り δ への變化を Δ 變態と名づけ、此溫度を Δ_4 點と呼ぶ、而して

鐵は 1535° に於て融解して液體となる。

次に Δ_2 點以下に就きて考ふるには 790° は既に述べたるか
如く臨界點にして鐵の強磁性の消失する溫度なり。かく強磁
性の減少に相當する内部變化を β 變態と名づけ、此變化の終
點即ち臨界點を Δ_2 點と云ふ。 Δ_2 變態は Δ_1 及 Δ_3 變態の如く一定
の溫度に於て起るものにあらずして磁氣と溫度の關係を表
はす曲線の示す如く、極めて緩慢ながらも既に常溫より始まり、
 600° 以上に於て急速に進行す。爾來 Δ_1 及 Δ_3 の兩點間に存在す
る鐵の状態を β 鐵と名づけ、之を獨立の相と見做せる學者多

10 圖 純 鐵



かりしも、余は次章に説明する理由により、之を相の變化と見做すを不當と考ふるか故に、10圖に於て
 Δ_2 點以下を δ 鐵と名づけたり。

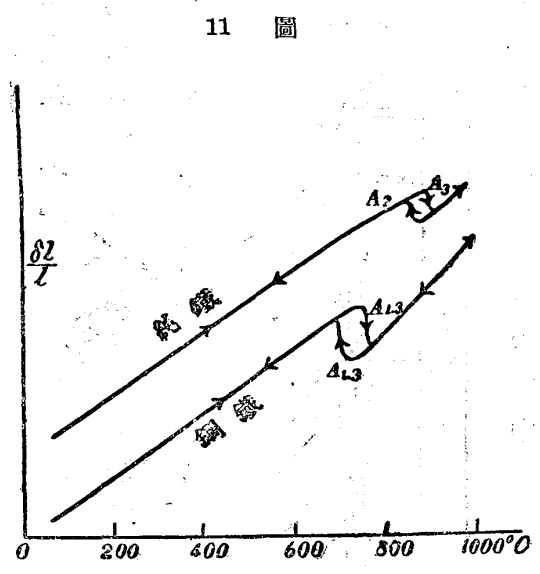
炭素鋼は前に述べたる如く、磁氣と溫度の曲線上臨界點以下に三つの異常變化を有す、第一は 700° 。

附近の磁氣の非連続的變化にして、セメントイトか固溶體より析出する變化に相當す。此變化を Δ 變
態と名づけ、此變化の生ずる溫度を Δ 點と名づく。第二は 200° 附近に生ずる漸次的變化にして、游離セ
メントイトの Δ 變化と稱す、へきものにして、此變化を β 變態と云ひ、其終りの點を Δ_1 點と名づく、是に
依つて純鐵に於ては $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$ の三個の變態點あり、て其中 Δ_1 は相の變化と云ふを得す。鋼に於ては $\Delta_1, \Delta_2,$
 $\Delta_3, \Delta_4, \Delta_5$ の五個の變態點あり、其中 Δ_1 及 Δ_2 は純鐵の場合の如く相の變化にあらず。猶後に説明するか如
く、其中二三の點は炭素の量によりて其溫度下降し、且つ互に相重なりて現はるることあり。

猶強磁性體及當磁性體の磁性一般竝に其測定法の委細に就ては余の著「磁氣と物質」(東京裳華房出版)を參照されんことを希望す。

d 高溫度に於ける熱膨脹 (Thermal Expansion)

鐵を熱すれば膨脹し其長さの變化と溫度との關係は始めは略直線によりて表はさる、されと純鐵に於ては11圖に示すか如く300°附近に於て一時急に收縮し、其後再び溫度の増加と共に膨脹す。冷却の場合には370°附近にて急速に膨脹し、其後は加熱の場合と一致す。以上の異常變化はA₁變態による變化にして、A₁點以上と以下と膨脹係數の著しく異なるは物質の變化せるを表はす。又A₂點以下に殆ど異常膨脹を見ざるは注意すへき事項なり。



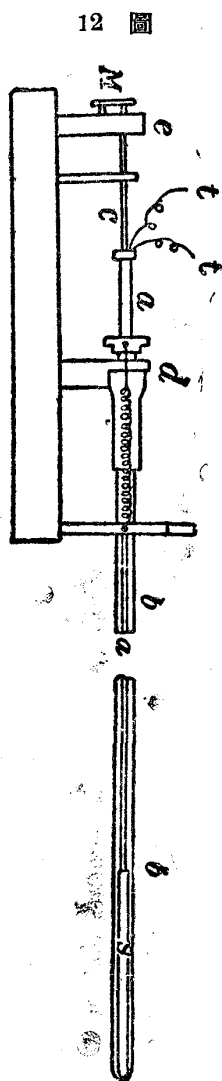
11 圖

鋼に於ては700°乃至800°に於て異常變化を認むるのみ(11圖)。

此變化は後に説明するか如くA₁及A₂變態の合成效果によりて生ず。此の場合に於ても異常膨脹點以上の膨脹係數は其以下の膨脹係數よりも著しく大なるは注目し値す。之に依りて見れば、種種の高溫度に於ける長さの變化を測定し、其異常變化の存在より物質の變態を推知することを得。扱て長さの異常變化かA₁變態に於ては非常に小にして、A₁及A₂變態に際して著しき事實は一變態かA₁なりや或はA₂なりや、或はA₁とA₂或はA₁か合致し居るやを判定するに有力なる材料となる。例へば熱分析或は磁氣分析によりては、A₁に他の變態か合致しあるか否かを判定し難きことあり、斯る場合に熱膨脹の實驗によりて異常變化の有無より容易に之を判定することを得。

我研究所に於ては、熱膨脹測定の方法はシェブナード (Chevenard) の装置を少しく變更せるものを用

ゆ。12圖に於てSは長さ二十糎直徑五耗の試料にして、其左端に深さ五耗、直徑三耗の孔を有し、熱電對の繼目の一をここに收む。bは太さ約一糎長さ六十二糎の石英管にして、其右端は閉ぢられ、左端は臺dに固定せらる。aは直徑六耗、長さ四十八糎の石英管にして、二のバネによりて試料Sをbの閉端に押し付く。cは石英管aの左端の運動を小反射鏡Mに傳ふる眞鍮製の棒なり。また此鏡の臺は三脚を有し、其一脚は棒cの左端に接し、他の二脚は支臺eより出づる小脚の上に座る。此装置によれば試料の長さの微小なる變化は鏡の傾きを生ずるか故に之を垂直の尺度と望遠鏡とによりて讀むことを得。熱電對はa管の左端より其内部に入り、其繼目の一は試料sに接觸す。試料を熱するには、b管の周圍に長さ五十糎の電氣抵抗爐を置き、試料をして温度の一樣なる部分にあらしむ。尙高温度に於ける脱炭を防かんか爲め、装置の左半を氣密



12 圖
に硝子瓶にて蔽ひ、真空中にて熱し得るか如くせり。

e 高温度に於ける電氣抵抗 (Electric Resistance)

鐵鋼の電氣抵抗は温度の上昇と共に著しく増加し、其變態點に於ては非連續的に變化す(13圖)。故に電氣抵抗の温度に對する異常の變化より逆に物質の變化を推定することを得。又一物質が少量の他物質を含むとき、之か混合物として入るときは、其電氣抵抗に影響すること少なしと雖、若し固溶體として入るときは、著しく其抵抗を増す。故に逆に抵抗の測定より共存せる物質の状態を判定することを得。例へば高炭素鋼の焼入せるものと鈍せるものとは其抵抗約二と一の比をなす。故に焼入せる鋼に於ては炭化物Fe₃Cは固溶體となりて存在するを知る。後に述ふるか如く此固溶體はマルテンサイト (Martensite) の名によりて知らるるものなり。

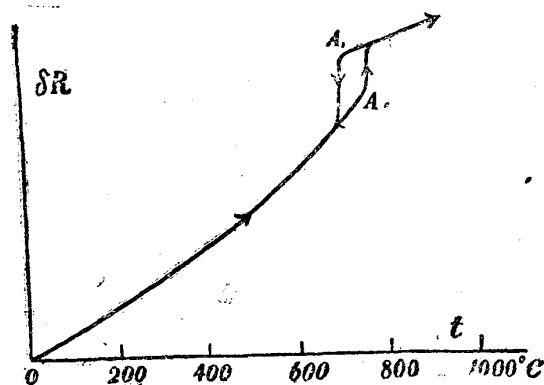
單一なる物質を取りて、其温度を次第に昇すときは、或温度の前後に於て諸種の物理的性質に非連

第二章 純鐵の變態

a 相の變態

く探究するとを得。其他の三法は寧ろ補助的方法にして特別の場合に之を用ゐるを便とす。近來歐米の冶金學者は熱分析に於て電流計のフレッドと温度 t の曲線を與へずして $\frac{\Delta \delta R}{\Delta t}$ としとの曲線を書き、其極大點を取りて變態點とするもの多し。是れ此曲線の極大は熱の發生或は吸收の最も盛なる點を與ふればなり。然し此法は $\Delta \delta R$ の如き一定の温度に起るべき變化の場合には意義を有すと雖、 $\Delta \delta R$ の如く元來廣き温度の範圍に渡りて徐徐に行はるる變化に對しては意義を有せず。又鐵鋼の場合には此二者を區別し得るは實際困難なる場合多き故に、寧ろ δR と t の曲線を與ふる方却つて變化の内容を明かに示すものなりと考へらる。

13 圖 炭素鋼



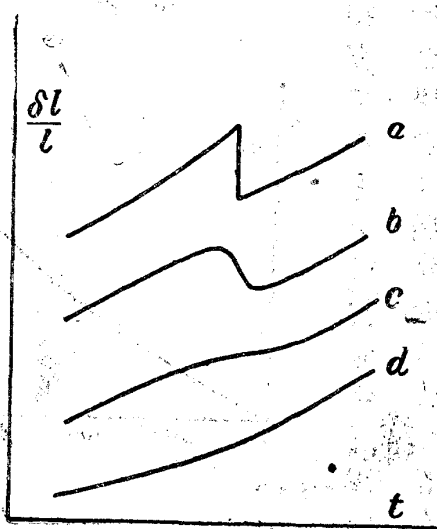
鐵の合金には脆くして針金に引くを得ざるもの少なからざる故に、抵抗の測定は之を棒に就てなすを便とす。太き棒の抵抗を測定するには之に強き一定の電流 C を通し、棒の二點間の電位差 V を電位計 (Potentiometer) によりて測れば、抵抗 R は V/C によりて與へらる。若し此棒を温度の分布一樣なる電爐中に入れて、種々の高温度にて測定するときは、抵抗と温度の關係を知るを得べく、従つて物質の變化を判定するを得。但し此場合も鋼の脱炭を防ぐか爲め、棒を真空中にて熱し得るか如き装置を附せざるへからす。

以上の諸方法中最も重要なるは化學分析、磁氣分析、顯微鏡的研究にして、是等を適當に併用するときは複雑なる特種鋼の組織をもよ

續的變化を生ずることあり、之れ此物質の内部に特殊の變化を生じて、一物質より他物質に變せるに依る。分子説によりてこれを説明すれば、其温度以下に於ては分子或は原子の一配列か安定なるも温度之より昇りて其運動のエネルギー一定の値を超過するときは、分子或は原子は最早其配列によりて釣合にあること能はずして、安定なる他の配列を取るなり。從て諸種の物理的性質にも非連續的の變化を生ずべきなり、例へば電氣抵抗、磁氣の強さ、熱膨脹、彈性等凡て變化すべく、又熱容量を異にせるか故に、熱の吸収或は發生もあるべきなり。此種の變化を同質異態の變化 (Allotropic change) と名づく。

此の如き變態は元來一定の温度にて起るべきも、實際は或温度範圍内にて起るを常とす。今一物理的性質例へば長さの變化によりて變態を探究するものとせば、長さの變化と温度の曲線は14圖(a)にて示す如く非連續的に變化せしめて、曲線(b)にて示せるか如き形を取る。若し長さの異常變化大にして其温度の區域比較的小なるときは、之を變態と考ふるも不可なしと雖、若し曲線(c)の如く廣き温度の區域に亘りて僅かの異常變化をなすものなるときは、何人も之を一變態と見做すに躊躇すべし、何となれば之を何等の變態を有せざる物質の膨脹曲線(d)と比較して少しも特異の點を有せざればなり、或論者は變態(c)の場合には加熱に際して多少熱の吸収あるも、曲線(d)の場合には是れ無しと云はんか、之れ事實を誤認せるものにして、譬ひ物質の變態なき場合と雖、加熱の時には其熱容量に等しき熱量を吸収し、冷却のときは熱容量に等しき熱量を放出すべきなり。從て(c)と(d)との場合には一見其間に何等の性質上區別なく、其差異は單に數量的なりと考へらる。されど細かに是等の場合を考ふれば、兩者を區別すべき重要な事項の存在するを見ん。即ち初の場合に於ては、通常

14 圖



は是れ無しと云はんか、之れ事實を誤認せるものにして、譬ひ物質の變態なき場合と雖、加熱の時には其熱容量に等しき熱量を吸収し、冷却のときは熱容量に等しき熱量を放出すべきなり。從て(c)と(d)との場合には一見其間に何等の性質上區別なく、其差異は單に數量的なりと考へらる。されど細かに是等の場合を考ふれば、兩者を區別すべき重要な事項の存在するを見ん。即ち初の場合に於ては、通常

の速度を以て加熱或は冷却を行へば、溫度に對する長さの變化は(b)(c)曲線の示すか如く漸次的なりと雖若し變化に十分なる時間を與ふるときは、非連續的に其溫度に於て變化すへし。一般に變態は或速度を以て進行するか故に、速度の小なる物質に於ては其變化を結了せしむるに長さ時間を要するなり。然るに(d)の場合に於ては長さは溫度の一定の函數なるか故に、一定の溫度に於ては其長さ常に一定にして如何に時間を經過するも變化することなし。之れ一物理的性質か或溫度に於て異常の變化をなすとき、之か相の變化によるものなるや否やを定むるに最必要なる判定事項なり、即ち其變化か十分なる時間を與ふるとき、一定の溫度にて進行するときは、之を一種の相の變化、即ち同質異態の變化と判定して可なり。

b 純鐵の三個の變態

已に述べたるか如く純鐵を高溫度に熱すれば、 Δ 、 Δ' 、 Δ'' 點に於て夫々變態を生ず。若し加熱及冷却を十分徐々に行ふときは、 Δ 、 Δ' 、 Δ'' 點にて諸種の物理的性質は非連續的に變化するか故に、鐵は是等の二點に於て相の變化をなすと見做して可なり。 Δ 點は前に述べたるか如く加熱の場合に磁氣の次第に減少して遂に零となる溫度にして、又冷却の場合に磁氣の發生する溫度なり。此溫度は加熱のとき熱の異常吸收の止む溫度或は冷却のとき熱の異常發生の始まる溫度と合致す。他の物理的性質の變化も皆漸次的にして加熱のときは此點に終り、冷却のときは此點に始る。

扱て Δ と Δ' 點の間の鐵は Δ 點以下の鐵と同一の相に屬するか、或は異なる相なるかは十數年來冶金學者間に烈しき議論の題目となれり。即ち α 鐵と β 鐵とは異なる相なりや否やは現今に至るまで尙盛に冶金學者間に議論せらる。一考する所によれば α 鐵は強磁性にして β 鐵は常磁性體なるか故に、是等を異なる相と考ふるに異論なきか如く見ゆれと、其實然らず。余も亦三年前一論文を英國の鐵鋼協會に提出して大に之を論したることあり。現在余の見る所に據れば β 鐵は已に死せるも

のにして之を α 鐵と異なれる相と見るは不可なり、以下之を説明せん。とす。

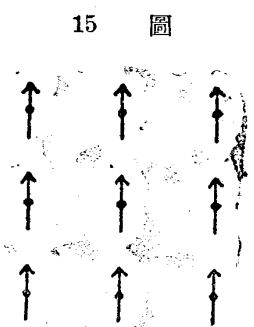
實驗上の事實によれば α 鐵を次第に熱すれば徐々に其物理的性質を變ず、例へば磁性に就て云へば磁氣の強さは最初徐々に減少し五六百度より其減少の割合次第に大となり 100° 附近にて頗る急速に減少し、 790° 即ち β 點に於て遂に零となる。即ち α 鐵の變化は非連續的にあらず。前條に述べたるか如く若し以上の變化か相の變化なりとすれば、之を β 點以下の溫度に於て長時間一定の溫度に保つときは變化は時間と共に進行せざるへからず、從て磁氣の強さも一定の溫度に於て徐々に減少せざるへからず。然るに余の實驗に依れば、磁氣の強さは溫度の一定の函數にして時間の長短によりて少しも増減あることなし。從て此變化は相の變化と見るを得ず。されば β 鐵と α 鐵とは同一の相と見做さざるへからず、即ち β 變化は α 鐵に生する特種の變化と考ふるを至當とす。若し變態を分子或は原子間の相互の位置の變化と考ふれば、 β 變化は如何なる變化に相當するか、之れ重要な問題にして吾人は之に答ふる前に先づ磁氣の理論を考へざるへからず。

冶金學者は通常磁氣の消失する溫度即ち變化の終點を β 點と名つけずして、變化の割合の最大なる溫度を γ 點と名つくれとも、元來 β 變化は一定の溫度にて生する變化にあらざるか故に、變化の最大なる溫度をかく名つくるも意義を有せず。

○磁氣の理論

爾來公にされたる磁氣の理論の中にて、最簡單に磁氣に關する重要な諸現象を説明し得るはユイングの分子説なり、されと此説の定量的ならざるは一大缺點と云はざるへからず。余は二三年來理學士大久保準三氏と共にユーの説を基礎とし、之にジャイロスコップの理論を加味し、單に強磁性體に關する重要な諸現象を數量的に説明し得たるのみならず、併せて強磁性體と常磁性體との關係及常磁性體と反磁性體との關係を明かにするを得たり。下に強磁性體に關する理論の大要を定性的

に述べて、變態か如何なる分子的變化に相當するかを説明せん。



鐵は通常無數の微小なる結晶の集合より成る。此小結晶の一つを考ふるに、鐵は立方晶系に屬する金屬なるか故に、其空間格子は立方體の邊より成り、各分子磁石は空間格子の交點に配列せられ、互に磁氣的作用を及ぼす。15圖は分子磁石の平面的排列の模様を示し、磁軸の方向は格子の邊に平行す。此位置に於ては磁極間の距離最小なるか故に位置のエネルギーは最小なり、從て鈎合は最も安定なり、今之に外より小なる磁場を作用せしむるときは、分子磁石は全體として磁場の方向に向はんとし位置のエネルギーの最小位置より遠かるか故に、元の位置に戻らんとする力を生じて磁場の作用に反對す。故に磁場を取去れば各分子磁石は最初の位置に戻る。若し磁場が次第に増加し、分子磁石の廻轉の角か一定の値を越ゆるときは、各分子磁石は急速に磁場の方向に廻轉して、新しき安定の位置を取るへし、之れ磁場の作用せざる場合に、各分子磁石の鈎合へる方向と之より九十度異なる方向とは、同一の安定度を有する方向なるに歸因す。從つて此場合には磁場を取去るも最初の位置に歸ることなし。之れ磁氣履歴の現象を生ずる所以なり。

此の如く各小結晶内に於ては、分子磁石の排列は整然として飽和の磁氣を有すれども、磁場の作用せざるときは、小結晶體の軸の方向種々雜多なるか故に、全體として磁性を表はすことなし。然るに磁場か之に作用するとき、各小結晶内の分子は多少磁場の方向に廻轉するか故に、其方向の合成磁氣を生ず。

以上の考に基づきて數理的に計算するとき、全く實驗上の結果と一致する磁氣曲線及履歴曲線を得。是等の曲線は凡て立方晶系に屬する強磁性體に共通なる標準曲線として表はされ、之に物質に特有なる二つの定數を乗るときは、其物質に屬する曲線を得るなり。又標準履歴損失をも計算する

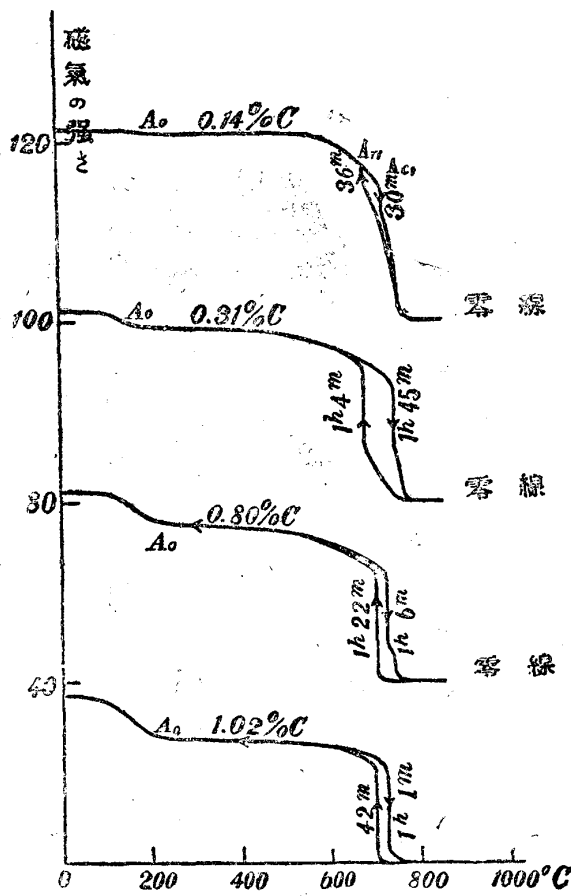
を得るか故に之に一物質に固有なる定數を乗するときは、其物質の履歴損失を得。以上の結果は何れも實驗の結果とよく符合するを見る。

次に磁氣と温度との關係を述べん。温度の磁氣に及ぼす影響に二種あり、一は磁氣を増す作用にして、弱き磁場に於て著しく、磁場の増加と共に減少し、強大なる磁場に於ては零となる。他は反對に磁氣を減する作用にして、磁場の強弱に關係なく常に存在す。從て弱き磁場に於ては、温度の影響は是等の反對の二つの作用の合成効果にして、温度の昇るに従ひ磁氣の強さは始め僅に増加し、其増加次第に大となり、最大の値を経たる後急速に減少す、されと強き磁場に於ては、第二の作用のみ働き磁氣の強さは温度の上昇と共に單に減少す。

余輩の説によれば第一の作用には各分子磁石か熱のエネルギーの爲めに其平均の方向の周りに多少の廻轉振動を爲すによるものにして、第二の作用は各分子の磁軸の廻りの廻轉運動の増加による。此考を基として計算するときには、弱き磁場或は強き磁場に於ける磁氣と温度との關係を表はす曲線を得、又其形は實測によりて得たるものとよく符合す。

上記分子磁石の軸の周りの廻轉速度は常溫に於ては甚小にして、其ジャイロスコピ的作用は省略し得るものと考ふれば分子磁石の軸は分子相互の作用と外より作用する磁場とによりて定まり、前記の説と一致す。然るに温度次第に上るときは、磁軸の周りの廻轉速度は漸次増加するか故に其のジャイロスコピ的作用も次第に増大す。此作用は磁場の方向に向はんとする分子軸の廻轉に抵抗す、從て同一の磁場に於ては附磁する事次第に困難となる、換言すれば磁氣の強さは温度と共に減少すへし。若し温度の上昇するに従ひ軸の周りの廻轉速度か初は徐々に増加すれと、後急速に増加するものと考ふれば、磁氣と温度との關係は實測の結果とよく一致す。勿論高温度に於ては磁場を取去れば、各分子磁石は熱的衝突の爲めに、其方向を種々に變せられ、全體として分子磁石の軸の方向は凡ての方

16 圖 炭 素 鋼



向に一樣に分布せらるるに至るものと考へざるへからず。之に依つて見れば、磁氣の消失に相當する變化所謂 Δ 變化は分子磁石か其溫度に相當する廻轉のエネルギーを得ることを意味す。即ち此變化は分子或は原子の相互の位置の變化にもあらず、又原子内の構造上の變化にもあらず、従て此説によるも Δ 變化を相の變化と見るの不當なるを知るなり。

以上實驗的及理論的考察によりて吾人は次の結論を得、即ち β 鐵より α 鐵への變化は相の變化と見るを得す。

第三章 炭素鋼

α Δ 變態

炭素鋼は純鐵と同じく A_1, A_2, A_3, A_{cm} 等の變態をなすと雖、 Δ 點は炭素の増加するに從て下降す。此外炭素鋼は Δ 及 Δ' の二つの變態をなす。其中 Δ は加熱に際し、セメントタイトと鐵とか固溶體を作る變化にして冷却に際してセメントタイトは A 點に於て固溶體より分離す。其際熱の發生或は吸收あるのみならず、物理的諸性質も此點に於て非連續的に變化す、例へば加熱に際しては電氣抵抗は此點に於て

著しく増し、物體の長さ及磁氣の強さも非連續的に減少す。是等物理的性質の非連續的變化の大きさは炭素或はセメントタイトの量と共に増加す、例へば16圖の Δ 點に於ける磁氣の變化の如きは明かに此

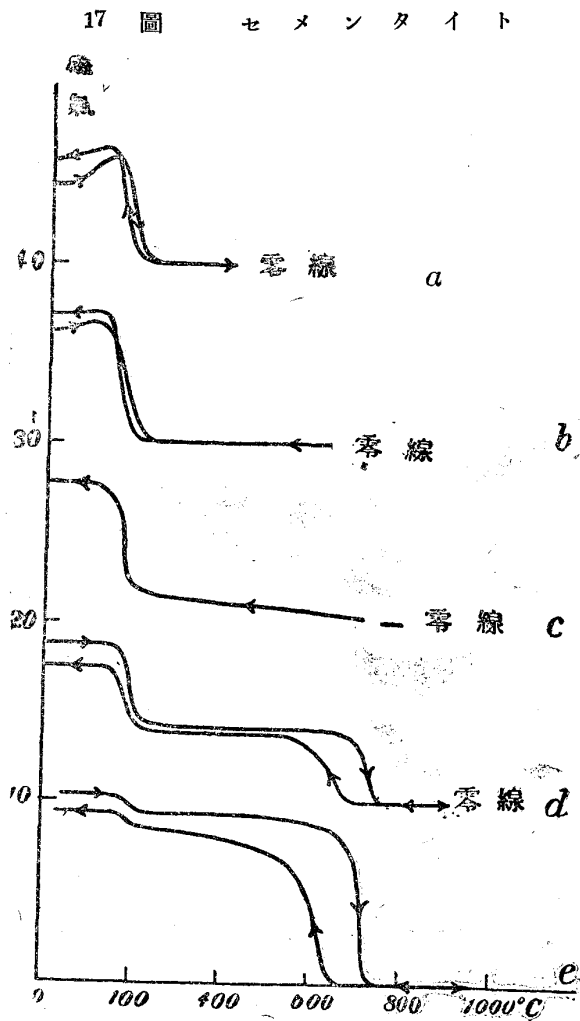
模様を示す好例なり。されど此變化か一定の溫度に於て起るか爲めには、加熱冷却の速度を小にし十分長く變態溫度に保たざるへからず。

一般に加熱のときの A_1 即ち A_{c1} 點と冷却のときの A_1 即ち A_{f1} 點とは 60° 乃至 600° 度の差異あるものにして A_{c1} 點は常に A_{f1} 點よりも高し。此差は加熱冷却の速度の小なる程減少するものにして、純粹の炭素鋼を十分徐々に加熱し或は冷却するときは、 A_{c1} と A_{f1} との二點は全然一致し、 A_{c1} となる。この溫度は鋼に含有せらるる炭素の量に關係なく常に同一の値を有す。されど炭素鋼かマンガシリコン等の多少の不純物を含むときは、 A_{c1} と A_{f1} の二點の差は著しく大にして、且つ加熱冷却の速度を十分小ならしむるも、其差を一定の値以下に減少せしむること能はず。 A_1 點は焼入即ち健淬 (Quenching) に關し

重要なる溫度にして、焼入は凡て此溫度以上より急速冷却して其效を奏するものなり。

セメントタイト變態 (A_1 變態)

炭素鋼に含まるるセメントタイトはアーノルド及リード (Arnold & Read) の方法により鋼より分つことを得。即ち



17 圖 セメントタイト

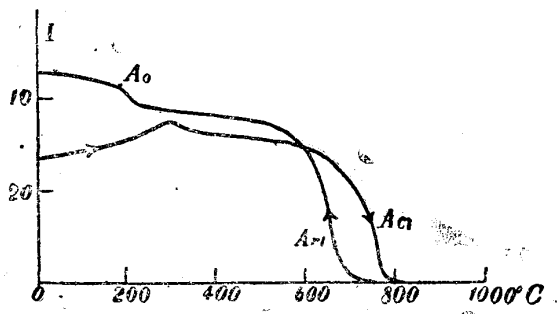
鈍したる炭素鋼の棒を陽極として稀鹽酸中に浸し、其内に素焼の容器内に白金板を入れたるものを置きて陰極とし、之に電流を通するときは鐵は溶液中に入り、棒の表面にはセメントタイトを残す、故により分離して濾過し、水アルコール等にて洗ひたる後、乾すときは遊離セメントタイトを得。かくして

得たるセメンタイトは灰色の粉末にして磁性を有し容易に磁石に引付けらる。

セメンタイトを棒状に壓搾し磁力計によりて其磁氣の強さを測るに、鐵の約三分の一の値を有するを見る。次に磁場を一定にして、磁氣の強さと温度との關係を見たるに、17圖aに示すか如く、温度の昇るに従ひ磁氣の強さは始めは徐々に終に急速に減少し、 215° に於て零となる、此變化は鐵の γ 變態と同一の性質を有するものにして、相の變化に非ず、之を Δ 變態と云ひ、 215° を Δ 點と名づく。

Δ 變態に於ては他の物理的性質も漸次的に變化す、例へば磁氣の強さ、電氣抵抗等も Δ 附近に於て異常の變化を爲し、又熱の吸收及發生もあるなり、殊にセメンタイトの磁氣は 215° に於て零となるか故に、鋼鐵の中に少量のセメンタイトを含むも磁氣と温度との關係を表はす曲線より容易に之を發

18 圖 炭素鋼 (0.03%C)



見することを得るなり。例へば炭素0.14パーセントの鋼に就ても曲線の形より容易にセメンタイトの存在を知る。上圖の曲線の 200° 附近に於ける異常變化は何れもセメンタイトの γ 變態を示す。

若しセメンタイトか游離の状態にて存在せずして、固溶體をなすときはセメンタイトの γ 變態は表はるることなし、例へば焼入せる炭素鋼の磁氣と温度の曲線は γ 變態を表はさず、且つ磁氣の強さは鈍したる場合よりも著しく小なり、又焼入せる鋼を種々の温度に高めて其磁氣を測定するときは、磁氣の増加の模様より鈍しの進行の度合を知ることを得るなり。18圖は其一例を示すものなり。

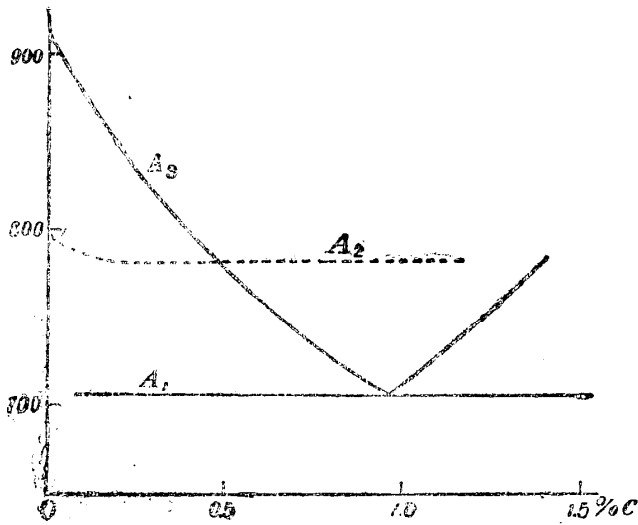
終りにセメンタイトは高温度にて分解するや否やを磁氣分析によりて吟味せん、セメンタイトを 500° 、 600° 、 700° 、 800° 等順次高温度に熱し、五分間其温度に保ちたる後徐々に冷却せしめ、加熱冷却の際に於ける磁氣を觀測すれば、17圖a,b,c,d,eの如き曲線を得。但し觀測は常に真空中にて行ふを要す。圖の

この線によりて見るにセメントは100。または少しも分解せされとも、之を700。まで熱するときには、一部は分解して鐵を生ずるか故に曲線cは125。と700。との間に鐵の磁氣に相當せる曲線の上昇を見る。されとセメントの量は減少するか故に、變態の大きさは減少す。更に之を900。まで熱するときには、分解は益々多く行はるゝか故に冷却の曲線dに於ては、700。に於ける鐵の變態を表はすと共に、215。より始まるA變態は一層減少す。更に之を1000。まで熱するときは鐵のA變態は愈々増加し、變態は愈々減少す。然れとも此少量の殘留セメントは容易に消失せず。是によつて見れば、遊離セメントは八九百度の高温度に於て容易に分解するも鐵内に固溶體として存在する少量のセメントは之を1000。以上に熱するも容易に分解せざることを知る。

c 變態點と炭素含有量との關係

△₀及△₁點は夫々セメントと鐵の特種の變化の始終する温度にて、炭素含有量に因て著しく變化せず、又△₁は共融變態 (Eutectic transformation) の温度なるか故に常に一定の値を有す。△₃點は炭素量の増加するに従ひ著しく下降し、炭素0.9パーセントに於て△點と一致す。通常歐米の冶金學者は△點か炭素含有量0.3パーセント以上に於ては△點と共に下降するものと思ふも、之は△變化の性質を誤解せるに基く結論に外ならず。假りに△變化を一定の温度にて起るべきものと思へ、其變化の最も急なる點例へは磁氣の最も急速に變化する點或は熱の發生の最も盛なる點を△點と名つくれば、△點は炭素量の増加と共に下降し、遂に△點と合致するも、此見解の當を得ざるは前章の説明によりて明なり。故に鐵と炭素との平衡

19 圖



圖の一部は19圖の如く變更するを要す、但し、變態は相の變化にあらざる故に、之を點線にて表はすを適當とす。歐米の冶金學者は、鐵は磁性を有せずと考ふるも、炭素鋼によりては微弱なる強磁性を有するは事實の示す所なり。點と炭素との關係即ち點は炭素の増加するに従ひ、上昇するか或は下降するかに就ては未だ十分信用すへき研究なし。

d 顯微鏡的組織と其物理的意義

炭素鋼 (0.19% C) を 800° 以上に熱して靜かに冷却したるものを琢磨し、酸を以て腐蝕せる後、顯微鏡によりて之を見るに、パーライト (Pearlite, 20圖 f) と稱する細かなる層狀組織の集りより成る。若し之を 800° 以上より水中に投して健淬 (Quench) するときには細かなる針狀結晶の集合より成れる組織 (20圖 bc) を得、之をマルテンサイト (Martensite) と云ふ。若しマルテンサイト組織を有する鋼を約 350° まで徐々に熱して反淬 (Temper) するときには、微細なる黒點の集合より成れる部分を有する組織 (20圖 c) を得、此黒色の部分をトルースタイト (Troostite) と云ふ。更にこれを熱するか又は鋼を 800° 以上より急速に冷却するときには、微細なる斑點の集合せるか如き組織 (20圖 e) を得、之をソルバイト (Sorbite) と云ふ。更に之を 800° 以上に熱して冷却すれば、再びパーライトを得。又鋼鐵は 800° 以上にては多角形の集合より成る簡單なる組織 (20圖 d) を有するものにして、之をオーステナイト (Austenite) と云ふ。但し此組織は他の特殊の元素を加ふるにあらざれば、炭素鋼に於ては常溫にて之を見ること能はず。又 a 状態にある鐵をフェライト (Ferrite) と云ふ。(寫眞は最後に附す)

扱てマルテンサイトは a 鐵とセメントタイトの固溶體にして大なる比體積を有し、又其硬度大なり。前に述べたるか如く、マルテンサイトの電氣抵抗かパーライトに比して著しく大なるは同一の事實を示すものなり。マルテンサイトを徐々に熱するときには、固溶體となれるセメントタイトは次第に分離し、相集りて微小なる粒を爲す、トルースタイトは即ちこの状態に相當す、而して溫度 500° に達すれば

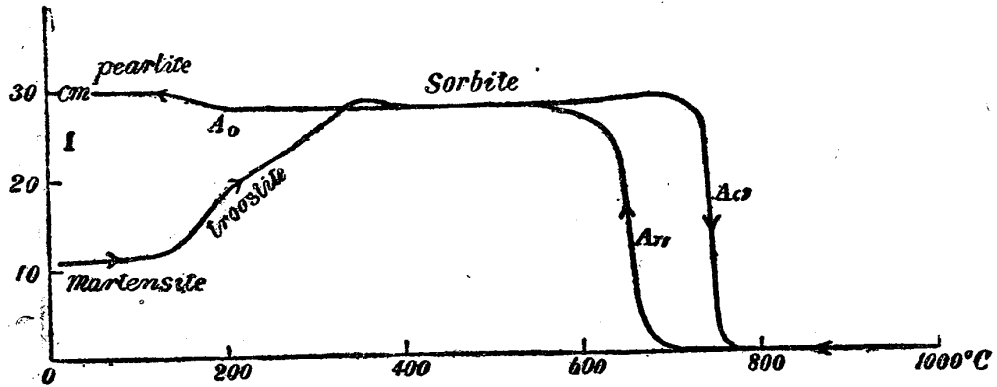
セメントタイトの大部分は游離す。更に之を熱するときは、セメントタイトの微粒は徐々に凝集して粒の大きさを増す。ソルバイトは粒の大き著しく増大して、顕微鏡にて明瞭に其大さを見得る程度に發達せる状態なり。パーライトは其凝集の度合更に進行せる者と見るを得るなり。畢竟トルースタイト、ソルバイト及パーライトはセメントタイトとフェライトとの機械的混合物たるに過ぎず。又オーステナイトはセメントタイトと鐵との固溶體にして、其比體積はパーライトの比體積よりも小なり。

尙磁氣分析によりて上記の見解を確むることを得。即ち健淬せるマルテンサイト鋼を、徐々に熱するとき、21圖に示すか如く、常溫より約130°。またはセメントタイトの分離極めて僅少なるか故に磁氣の増加至て小なりと雖、之より350°。または、セメントタイトの分離盛にして磁氣の増加著しく大なり、從て常溫より130°。または、マルテンサイト組織を有し、130°より350°。または次第にトルースタイト組織に變す。更に此鋼を500°。以上に熱するも、磁氣の増加僅少にして殆どセメントタイトの分離なきを示す。換言すればセメントタイトの大部分は350°。または既に分離せるなり。350°と700°。の間に於ては、一旦游離せるセメントタイトは單に凝集するのみなるか故に、磁氣の強さに變化を及ぼさざるは當然にして、此間に組織は次第にソルバイトに變す。又冷却曲線は△變態と▽變態とを表はすか故に、常溫に於てはパーライト組織を有すべきなり。

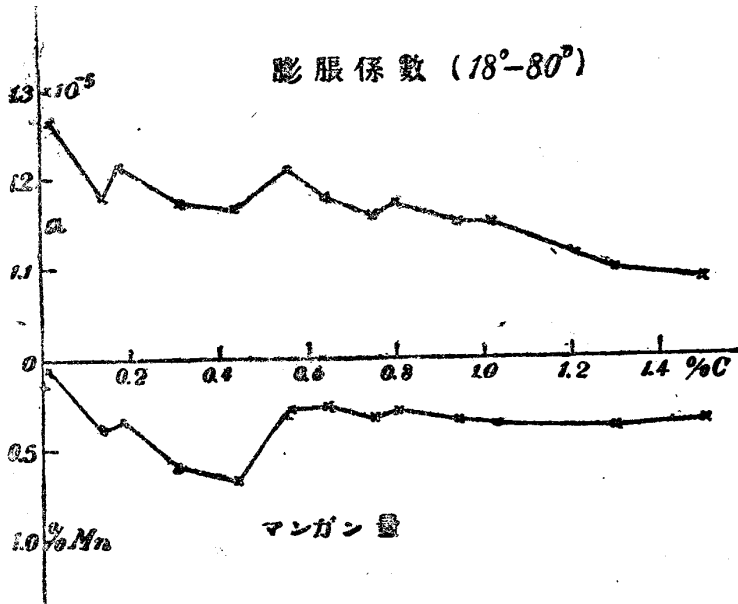
次にオーステナイトとマルテンサイト、及マルテンサイトとパーライトの關係を述べん。オーステナイトを徐々に冷却すればパーライトとなり、之を急速に冷却すればマルテンサイトとなる。然らばマルテンサイトとパーライトとは如何なる關係を有するかは重要な問題なり。余の考ふる所によれば冷却の速度如何に關らず、オーステナイトは先づ同質異態(Allotropic substance)なるマルテンサイトに變し、次てパーライトに變す。冷却の速度小なる時はオーステナイトはマルテンサイトに變し直にパーライトに變するか故に恰もオーステナイトか直接パーライトに變したるか如く見ゆ。若し冷

て熱膨脹を測定せり。今常溫に於ける膨脹係數と炭素量との關係を圖に示せば22圖(上)の如し。之に依りて見るに、膨脹係數は炭素の増すに従ひ初は急速に、次に緩漫に減少するを知る、尙膨脹係數と炭素量

21 圖 健淬せる炭素鋼



22 圖 炭 素

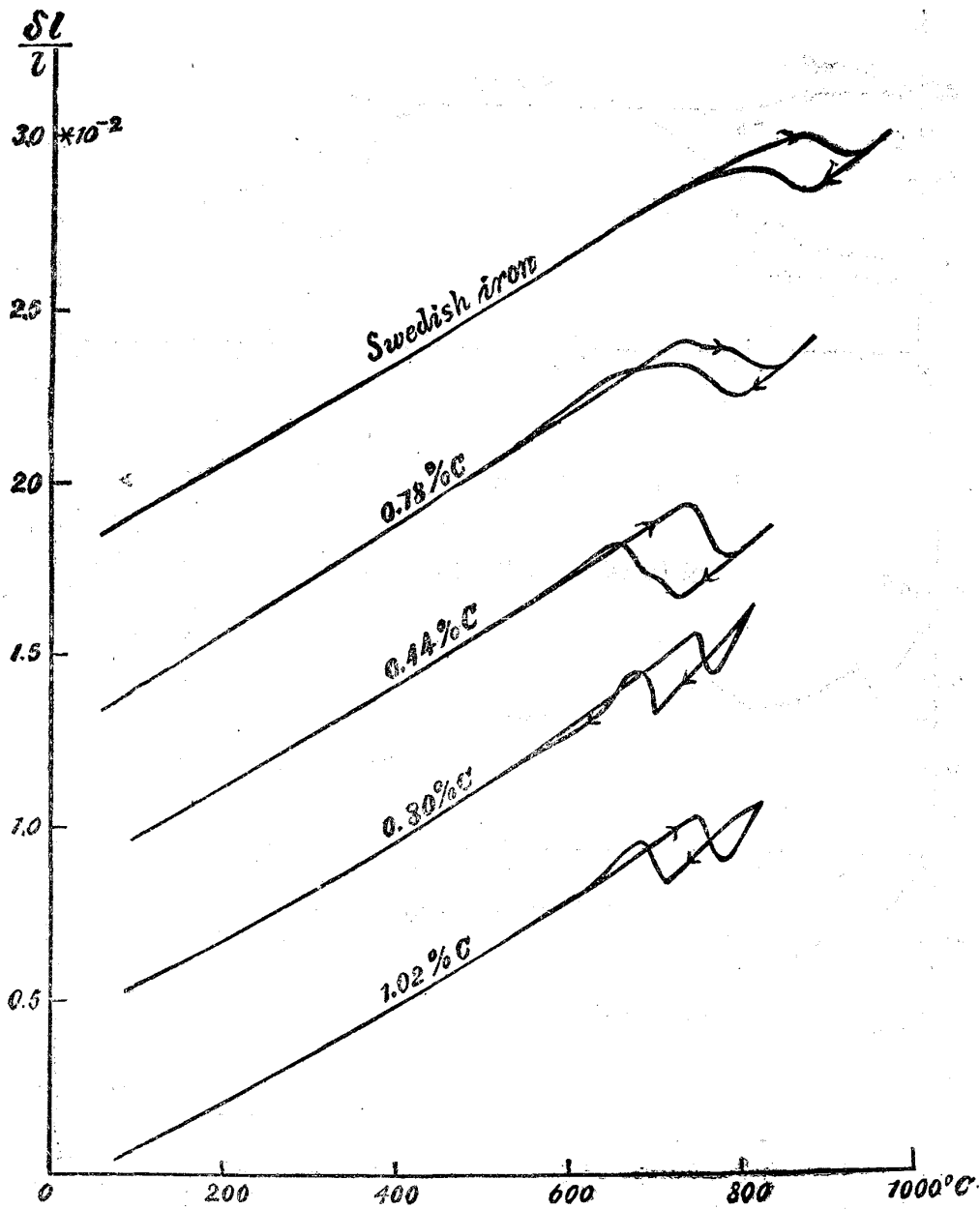


の速度大なるときは、オーステナイトよりマルテンサイトへの變化は著しく下降し、二三百度に始まりて常溫に終る。從てマルテンサイトよりパーライイへの變化は、鋼の溫度低きか爲め殆ど進行するを得ず、換言すれば常溫に於てマルテナイト組織を得るなり。されと冷却速度一層大なるときはオーステナイトよりマルテンサイトに變化する溫度益々下りて常溫に達するに至ることあり。此場合に於てはオーステナイトよりマルテナイトへの變化も、溫度低きか爲め十分に進行するを得ざるか故に、多少オーステナイトを交ふるに至る。マンガ鋼を健淬して得らるゝオーステナイトを反淬すればマルテナイトを得るは已知の事實にして上記の説の正しさを示すものなり。

e 熱膨脹

の曲線が平滑ならずして多少の不規則を呈するは、他の不純物の影響なり、何となれば22圖(下)に示す
 か如く、マンガン量と炭素量との曲線を描くときは、兩曲線互に平行に變化すればなり。即ちマンガン
 も亦著しく膨脹係數を減少する性を有するを知る。

23 圖 炭 素 鋼



らされは見ることは能はず。

次に高温度に於ける
 熱膨脹實測の結果の二、
 三を圖に表はせば23圖
 の如し。圖の縦線は鋼の
 單位の長さに対する膨
 脹を表はし、横線は温度
 を表はす。但し曲線の相
 重なるを避くるか爲め、
 一曲線毎に下けて之を
 描けり。圖を見るに、曲線
 は凡て類似の形をなし、
 △及▽變態に伴ふて異
 常の變化をなす、但し△
 變態に伴ふ長さの異常
 變化は極めて小にして特
 種の裝置を用ゐるにあ

瑞典鐵は含有炭素僅に0.04パーセントなるか故に、 γ_1 變態に伴ふ長さの異常變化は之を見ること能はず、然るに炭素0.14パーセントの鋼に於ては已に γ_1 變態を認むることを得、且つ容易に之を γ_2 變態と區別するを得。炭素0.18パーセントの鋼に於ては γ_1 變態は尙明瞭に表はれ、 γ_2 變態の溫度は次第に降り、其大さも減次減少するを見る。炭素量尙増加するに従ひ、 γ_2 點は益々降り、炭素0.44パーセント鋼に於ては γ_1 及 γ_2 變態の一部は相重なるに至る。炭素0.64パーセント以上の鋼に於ては、 γ_1 及 γ_2 變態は殆ど相重なるか故に、之を區別すること能はず。

以上述ふるか如く、高炭素鋼に於ては、 γ_1 及 γ_2 變態に伴ふ長さの變化は非連續的に生ず、從て若し試料を健淬するとき、即ち急速に冷却するときは、試料の内外に於て此變態を生ずる時刻異なるか故に、第十章に説明するか如く大なる歪みを生ず。但し極めて急速なる冷却に於ては、此變態は通常の γ_2 點に生ぜずして二三百度の低溫度まで下降せらる。

尙23圖より明かなるか如く、オーステナイトの膨脹係數は常にパーライトの膨脹係數よりも著しく大なり。

f 電氣傳道率及熱傳道率

測定装置はコーラウシの方法を改良したるものにして、理學士清水武雄氏の考案されたるものなり。試験すへき棒の兩端に太さ約三耗の銅線を接續し、之に一定の電流を通するに、若し棒の側面をよく保護して、全く熱の逸出を防きたるものと考ふるときは、棒に生ずるジュール熱は單に傳導によりて兩端の銅線中に出つ、從て棒の長さの方向に於ける溫度の分布は拋物線的となる。此場合に於ては拋物線の頂點と他の一點の電位差と溫度差を電位計及熱電對によりて測定すれば、次式によりて電氣及熱の傳道率を計算するを得、但し實際に於ては頂點と之より等距離にある二點の電位差及溫度差を測りて頂點の變移による誤差を消す。

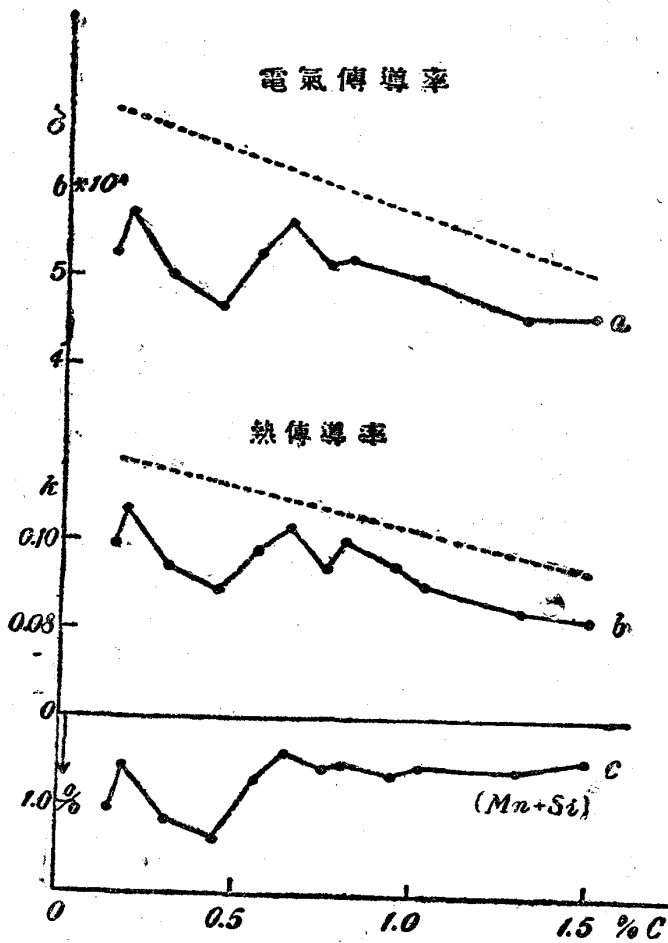
茲に i は兩端の二點の距離、 i は電流、 S は棒の切口の面積、 V は兩端二點間の電位差、 θ は頂點と此二點の溫度の平均値を表はす。

又實際熱か側面より逸出するを全く防くは困難なるか故に、余輩の裝置に於ては保護管を用ゐ、電

氣的に之を適當に熱し、棒の側面に於ける溫度の勾配を零として實驗せり。

先づ常溫に於ける電氣及熱の傳導率測定の結果を述べんとす。試料としては前記十二種の炭素鋼を用ゐ、何れも鈍したる状態に於て之を試験せり。24圖曲線 a は電氣傳導率と炭素量の關係を、曲線 b は熱傳導率と炭素量の關係を、曲線 c は不純物として含有せらるるマンガんとシリコンの和と炭素量の關係を表はす。又 a 、 b 兩曲線の上に引ける直線は少し

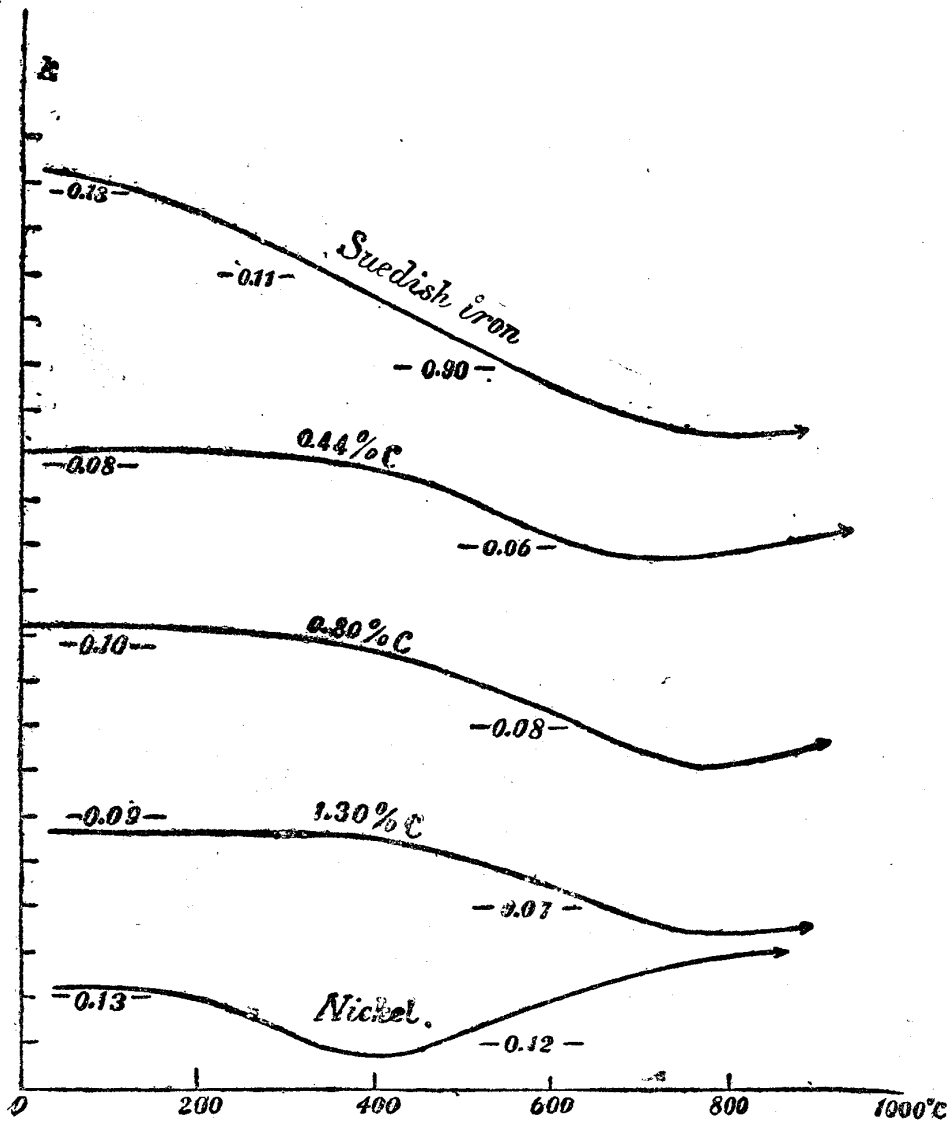
24 圖 炭 素 鋼



もマンガン及シリコン等を含むせざる純粹の炭素鋼に於ける傳導率か炭素量と共に變化する法則を示すものにして、觀測の結果を純鐵、炭素及不純物の一次函數として表はし、最小自乘法にて計算せる結果なり。扱て a 、 b の兩曲線は互に平行に變化し、且つ其變化は鋼中に含有せらるるマンガンとシリコンの和(c 曲線)と相對應するを見る。之によりて兩傳導率は含有炭素の量及マンガン、シリコンの量の増加するに従ひ、略ぼ直線的に減少するを知る。

熱及電氣の傳導率の値は鋼によりて著しく異なると雖、其比は略ほ一定し、平均の値は 1.80×10^{-1} となる。是れ電子論より豫期せらるゝ所にして、若し熱か電氣の如く電子の運動によつてのみ運はるゝものと考ふるときは、上記の比は正に物質の性質に無關係なる定數たるべきなり。此比は理論上の値より約十八パーセント程大なりと雖、諸種の鋼に就て略ほ同一の値を有するは、電子論の假定の略ほ正しきを示すものなり。

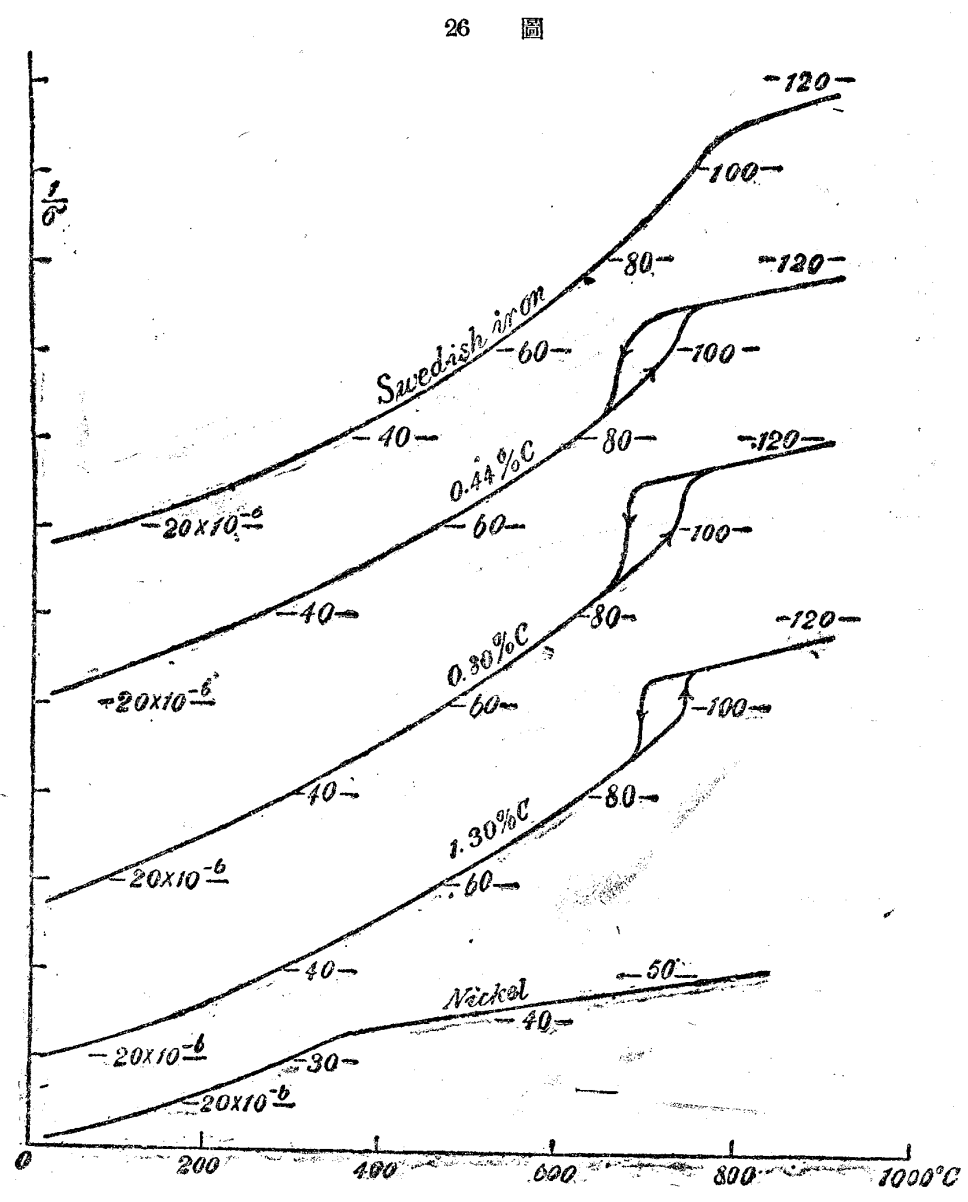
25 圖



次に高温度に於ける兩傳導率の測定を述べん。高温度に於ける電氣抵抗の測定は第一章に述べたる方法によれり。又高温度に於ける熱傳導率は特種の装置によりて比較測定をなせり。25圖は熱傳導に關する一

部の實際の結果を表はす。此圖によりて見るに、瑞典鐵及炭素鋼に於ては、傳導率は温度の上昇と共に始めは徐々に、次て稍々急速に減少す。されと、點以上に於ては、傳導率は却つて多少増加す。此變化は温度に對する磁氣の變化とよく類似す。最後の曲線はニッケルの熱傳導率と温度との關係を表はす

ものにして、比較の爲めに茲に掲ぐ。
 26 圖は電氣比抵抗に關する二、三の實驗の結果を表はす瑞典鐵の比抵抗は温度の上昇と共に徐々
 に増加すれと其割合の點に至るまで次第に増加するか故に、比抵抗と温度の曲線は上方に曲かるを



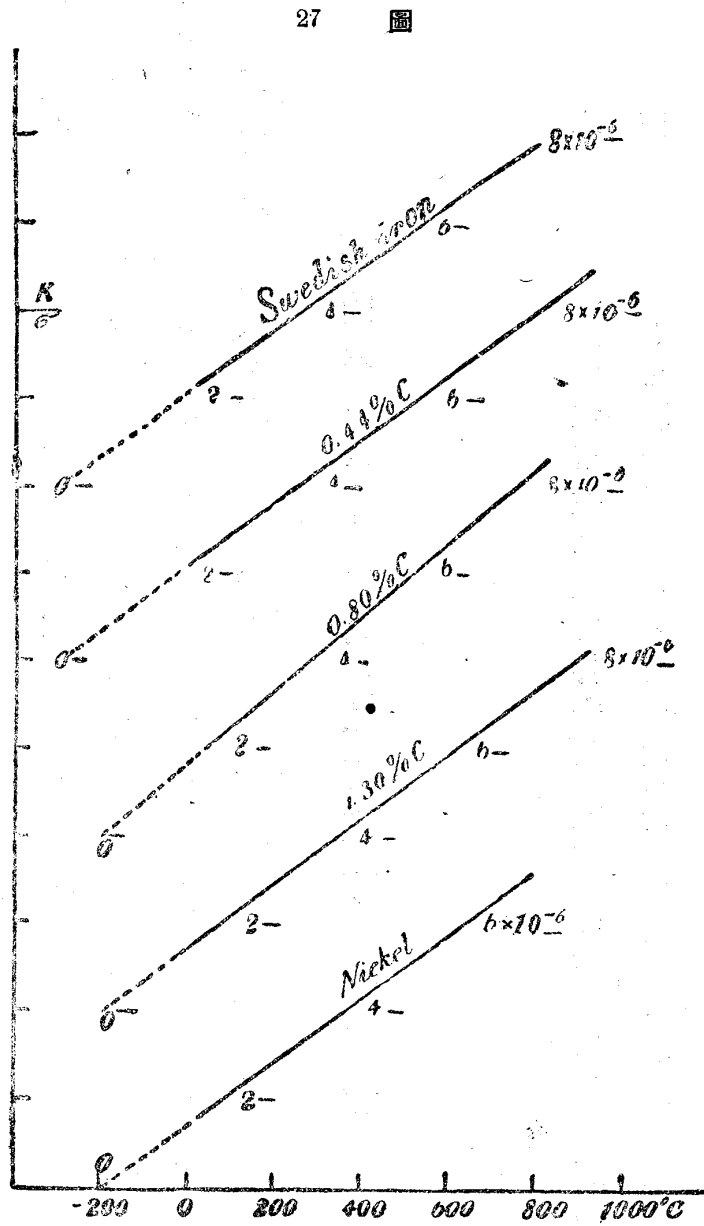
か常磁性體に變する境界點即ちの點と合致す。

炭素鋼に於ける比抵抗と温度の曲線はの變態の附近を除きては瑞典鐵の場合と同一なり。炭素量

見る、而しての點以上に於ては
 曲線は直線となる。此直線を低
 温度の方向に延長せるものは
 物體が強磁性を有せざるとき
 に於ける比抵抗と温度の關係
 を表はす線と見做すことを得、
 従て此直線と觀測の曲線との
 間に挟まれたる縦線の長さは
 物體が強磁性なるか爲めに受
 くる抵抗の減少を表はす。此見
 解によれば、温度に對する抵抗
 の變化と磁氣の變化とは全く
 平行なるを見る。此抵抗の曲線
 が正に直線にならんとする境
 界點即ち790。は丁度強磁性體

り此圖によりて見るに瑞典鐵及極く少量の炭素を有する鋼に於ては、兩傳道率の比は全く絶對溫度に比例し、理論と一致するを見る。

他の炭素鋼に於ても、此比と溫度との關係は直線によりて表はさると雖、此比は絶對零度に於て零とならずして之より700°乃至900°高き溫度にて零となる。又炭素鋼はA₁點に於て變態をなすか故に、是以



氣抵抗と溫度との關係を表はす。

電子論の結論によれば熱傳道率と電氣傳道率との比は絶對溫度に比例し且つ其比例の定數は物質の特種の性質に無關係なり。今上記の實驗の結果を用ゐて此結論の正否を吟味するは興味ある事柄なり。27圖は二、三の計算の結果を圖に表はせるものなり。

の増加に伴ひA₁變態に基づく抵抗の變化も次第に増し、炭素0.8パーセントにて最大となり、其後少しく減少す。A₂變態に於てはセメンタイトは共融混合物より固溶體に變するか故に、抵抗非連続的に増加し、A₁變態に於てはセメンタイトは固溶體より分離するか故に抵抗非連続的に減少す、且つA₂及A₁點の差は50°乃至60°に上る。A₁點以上に於ては抵抗は直線的に増加す。最後の曲線はニッケルの電

27 圖

上と以下とは、全く物質の性質を異にす、従て兩傳導率の値も此點に於て非連續的に變化す、されと兩傳導率の比は、 γ 點以上も以下も同一の直線上にあるは注意すべき事項なりとす。又種々の炭素鋼に屬する兩傳導率の比と温度の關係を表はす直線か殆ど互に平行することは重要な事實なり。又ニツケルに於ては、其臨界温度 370° の前後にて兩傳導率の曲線は著しく其方向を變するも、其比の一直線上に横はるは注目に値す、但し此ニツケルは 3.2 パーセントの不純物を含めり。以上は電子論の假定の或程度まで眞なるを證するものなり。

一般に電氣抵抗の測定は温度の如何に拘らず、容易なりと雖、熱傳導の測定は常温に於ても尙種々の困難あり。されと上記の法則によるときは、所要の高温度に至る電氣抵抗と單に常温附近に於ける一點或は二點の熱傳導率を測定するときは、高温度に於ける熱傳導率を計算することを得。(未完)

細菌バクテリアの作用に因る鐵の銹化

笠井幹夫

本編は鐵道院研究所技師笠井幹夫氏か細菌の作用に因る鐵の銹化に就て研究に著手したるに、幾何ならずして職を辭するの已むなきに至り、其の取調へたる諸學說、觀察したる膜鞘内に於ける原形質様の内容物及液泡の存在、培養したる鐵細菌發芽の一端等を綴りて報告とせるものにして、素より本問題の端緒に過ぎされとも、此觀察せられたる鐵細菌は歐米の著書、雜誌類に散見するものと異りて、本邦特有のものにあらずやと認められ、多少參考に資すべきものなきにあらずと信し、此に掲ぐるごとくせり。

序言