

拔 萃

◎自淬鋼の冷却臨界點とトールスタイト及ひマルテンサイトの生成

(M. P. Dejean-Revue de Métallurgie, 14^e Année—No 5. 1917.)

第一 緒論

氣淬鋼 (Les aciers trempants à l'air) の冷却に際し二重臨界點の生することは Osmond 氏が炭素 0.4% タングステン 6.35% を含む鋼に就き研究せるを以て嚆矢とす而して此の頃より高速度鋼の世に現はるゝありて之か特性を究めんとするもの多かりしか満足すへき説明は未だあらざりき。

第一圖は炭素 0.7%、タングステン 1.80%、クローム 4.0% 及ひバナデウム少量を組成分とする高速度鋼に就きて得たる臨界點曲線を表はす(以下記述する曲線の多くはル、シャトリエー及サラディン氏装置を用ひ示差測定法 (La méthode différentielle à l'appareil Le Chatelier-Saladin) により得たるものなり) 圖の頂上に描きたるは加熱曲線にして二個の臨界點あり、第一點即ち七百七十五度にて最高點を示すものは含クローム鋼の特點にして八百五十度乃至八百七十五度にて生する主點 (AC₁) に先ちて起るものなり、冷却線も亦同成分の試料にて得たるものなれとも最高加熱温度は試料によりて各異り曲線の右方出發點は夫々其の最高加熱温度を示すものとす、今此の冷却初期の温度 (Les temp-

téatures initiales de re'roidisse ment)を逐次増加して研究せんに八百五十度(加熱第二臨界點より冷却を始める時は臨界點は八百度附近より起り七百五十度附近にて最大となる、吾人は之をA點と稱す若し冷却初期の溫度九百度を超ゆる時は前配臨界點の外に五百及四百度の間に於て第二點の現るゝを見るへし、之をB點と稱す、此B點は最高加熱溫度の昇騰するに従ひ發達するものにして同時にA點は次第に縮少し加熱九百五十度に達すれば全く消滅す、更に高溫度(約千百度)に熱する時はB點も亦衰ふるに至る、今金屬に對しA點の極大なる ρ_{33} 及A點消滅してB點のみ出現せる ρ_{33} に相當する熱處理を施し之にブリネル試験を行ひたるに其の結果次の如し但し鋼球は中徑十耗壓力三千疋なり。

3 の取扱を受けたるもの 凹痕の中徑 三・六耗
6 の取扱を受けたるもの 同 二・四耗

右の結果によりA點及B點は夫々柔軟及堅硬組織に相當するものと見るを得べく且つ檢鏡試験の結果によるも亦同様なり而して L. Guillet, Th. Swinden, Arnold 及 Read 諸氏の研究になるタングステン鋼及高速度鋼の顯微鏡寫眞は甚た複雑にして之等の試験より得たる所のものを其儘引用するとは困難なるか如し。

然るに茲に上述の鋼と臨界點の性質相類似し且つ其の顯微鏡組織頗る明瞭なるものあり其の中にはニッケル、クローム鋼等もあれと一例としてニッケルの一部を銅にて置換したる左の組成分を有するものに就き述ふる所あらんとす。

炭素%	硅素%	滿俺%	ニッケル%	クローム%	銅%
〇・三九	〇・二三	〇・四三	二・四四	一・八三	一・七二

第三圖の上部にあるは此鋼の加熱曲線にして一個の明瞭なる臨界點を有し略七百四十度附近に始まり七百八十度に至る迄發達す、而して此點を超ゆる時は八百六十度以上に達するに非れば正規

40
の狀態に復せず冷却曲線の右端は加熱最高溫度を示すものにして之等の中には曩に命名したるA及Bの二點を有するものあり。

A 點

高溫度に於て生ずる點を云ふ此點は加熱溫度七百五十度を超ゆる時現はるものにして最高溫度の高き程其の強度を増加し七百八十度の時最大となるも爾後衰弱し八百五十度に達すれば消滅す。

B 點

第二點を云ふA點の強さ衰ひ後消滅するに至りB點は強度を増し次いて凡そ二百五十度附近に停止す而して加熱溫度(九百度或は千百度)と冷却速度の如何に拘らず一定なるか如し、例へば15の曲線は上方諸曲線の場合よりも十倍程の速さを以て冷却したるものなれともB點は常に二百五十度を去らす曲線8、9、10、11に見得る如く加熱溫度の増加により臨界溫度の低下するものをBによりて表示し曲線12、13、14及15の如く溫度の如何に關せざるものをBにて表はす。

以上の外A、B兩點と硬度との間に一の關係あることを知らざる可らず今臨界點測定に供したる試料(同一の速度を以て加熱若くは冷却す)に就きブリネル球壓試験を試みしに第三圖に示す如き曲線を得たり(縦軸はブリネル硬度數を又横軸は最高加熱溫度を表はすものとす)此曲線によりA點の強を増加すれば從て硬度減少するを知る、即ち七百八十度に熱する時はA點の強さ最大となれとも同時に硬度は最小限に減しB點の現はるゝに及び硬度は急速に増加す而してA點消滅してB點二百五十度に停止すれば最硬となる、故にA點は軟組織に又B點は硬組織に相當するものと見るを得べく其特性は顯微鏡的研究とよく一致する所なり第五圖は七百六十度に熱したる試料の組織なるを以て比較的柔軟なり(トールスタイトとマルテンサイトの少量を含有す)又第六圖は千度に熱したる試料の組織にて最高硬度を有し殆んどマルテンサイトよりなる、以上述べたる硬度及檢鏡試験に

よりA點はトルースタイトの生成に又B點はマルテンサイトの生成とよく一致することを知り得たるならん、換言すればトルースタイトとマルテンサイトの混淆せるはトルースタイトかマルテンサイトに先して成形したるものなりと言ふを得可し、然れども此見解は一般に是認せられたる假説「トルースタイトはマルテンサイトの一部分解したるもの換言すればトルースタイトはマルテンサイトの後に成形す」と一致せざるなり(故に斯くの如き特別なる場合は研究の餘地あるへし)

以下逐次トルースタイトとマルテンサイトを共有する特種鋼、次に炭素鋼の健淬に就き研究せんとす。

第二 トルースタイトとマルテンサイトの生成に關する實驗的研究

滿 俺 鋼

(I) 炭素量の少き鋼(炭素0.4%以下)

滿俺4.0%以下を含む鋼はパーライトとフェーライトよりなる、四—一二%を含むものはマルテンサイトよりなり之以上の滿俺を含む時は多面體組織にして不帶磁性となる即ちオーステナイト的或は γ 鐵となる。

諸家の滿俺鋼の臨界點に關する研究によれば冷却臨界點 A_{c1} 、或は A_{c2} の溫度は滿俺含有量の増加に伴ひ低下し一三%以上なる時は最早や臨界點を認め得ざるへし、吾人は前記高速度鋼及ニッケル、クローム、銅鋼と同様に炭素0.3—0.4%を含む鋼に就き加熱溫度を遞加しつゝ其の臨界點を測定したるに次の結果を得たり。

1. 滿俺量0—4%なる時は炭素鋼の A_{c1} に應ずる點は滿俺量増加せは低下す例へは滿俺を含まざる鋼の臨界點は七百八十度なれとも滿俺二—一%を有するものは五百九十度にして(第七圖)三%を含むものは五百三十度なり(第八圖)又此の鋼の加熱溫度七百五十度乃至千八十度なる時

は五百三十度乃至四百七十度に低下すへし而して之等の鋼はパーライト及びフェーライトよりなる。

2. 満俺量三五—四％なる時はA、B兩臨界點を有す(第九圖)溫度と満俺量との關係を縱横軸にとりて考ふるに(第十圖)五百度にて起る此種鋼のA點は前項諸曲線のA點の延線上にあるを知る。B點に至りては溫度著しく低下(二百七十度)要するに此の種類に屬する鋼はトルースタイト及マルテンサイトよりなる。

3. 満俺量増大せはA點は消滅す炭素〇・四二％、満俺四二％の鋼にありては其の痕跡さへも認めすと言ふて可なり(第十圖)之に反しB點は甚だ明瞭となり其の溫度は満俺量の増加に伴ひ低下す即ち満俺量八五％なるときは約百度にして一一％なる時は常溫にて起るものとす、之等の鋼はB點を有するのみなれば其の組織はマルテンサイトのなり。

4. 満俺量一一％以上なる時は最早や臨界點を有せず。

第十圖に掲ぐる曲線圖は臨界點と左記三帶との關係を明示するものにしてトルースタイトとマルテンサイトの間帶は満俺量三五—四％の間にあり。

1 パーライト帶(満俺〇—三五％)

2 マルテンサイト帶(満俺四—一一％)

3 オーステナイト帶(満俺一一％以上)

線a、bはパーライト或はトルースタイトの生成に相當し線c、dはマルテンサイトの生成に相當す而して此の二線の間には何等關係なきものとす、往時b及c點を連結したるものありしか誤なり。

(II) 炭素量〇・七—一・〇％を含む鋼

満俺量〇—三％なる時はパーライトとトルースタイトよりなりA點を有するのみ。

滿俺量約三—八・五%なる時は概ねトルースタイトとマルテンサイトよりなり二冷却臨界點A及Bを有す(第十二圖)

滿俺量八・五%以上なる時はオーステナイト的(不帶磁性)となれとも千八百九十四年以來 Le Chatelier氏の證せるか如く五百五十度附近に熱するか又は極めて緩徐に冷却するかによりトルースタイト(帶磁性)を生ぜしむる事を得、吾人は炭素一・四%、滿俺一一%を有する鋼の臨界點は極めて緩徐に冷却したる場合には約五百五十度にして且つ此の點は帶磁性の出現に對應しあることを確認せり第十三圖は右の鋼に類似したる鋼を八百七十五度に軟過したる後極めて緩徐に冷却したる組織にしてトルースタイト及びオーステナイトよりなる五百五十度はトルースタイトの生成に應ずる點にして即ちA點なり。

第十四圖は成分を異にする鋼の關係を示すものにして滿俺量〇—三%なる時は臨界溫度(A_{cr})は滿俺の増加するに従ひ低下し又三—八・五%の滿俺量なる時B點を生ずれとも適當の取扱を爲す時は常にA點を生ぜしむる事を得。

而して八・五%以上に達すればB點は常溫以下にて生ずべく此の際A點は前述の如く尙ほ生起せしめ得るものなり、吾人はかくA、B兩點間に於ける鋼の狀態に就き研究し得たるか斯くの如き鋼は唯トルースタイトとマルテンサイトよりなる(第十三圖)若しこれを液體空氣中に冷却する時はB點以下に冷却し得るを以てトルースタイトは變化なきもオーステナイトは變化してマルテンサイトなるとる。

之等の結果によりA點はトルースタイトの生成に又B點はマルテンサイトの生成に極めてよく一致することを知る。

第十五圖は滿俺鋼に關する吾人の研究結果を圖式的に表示したるものにして滿俺を縱軸にとり

44 炭素を横軸にとりたるものなり圖を分ちて三區となすことを得。

第一區(a) 滿俺量少し、炭素鋼の如くA點のみを有し組織はパーライト的なり。

第二區(b, c) 第一區よりも滿俺量大なる鋼にして冷却曲線中にB點を有す、此の鋼はマルテンサイト組織なれともA點を生ぜしむるか否かによりてトルースタイトの出否あり第十
六圖はトルースタイトとマルテンサイトを共有する鋼の一例なり。

第三區(d, e) 滿俺量の最も大なる鋼にして常溫以下に冷却するに非ればB點を生ぜしむる事能はず、普通に冷却すればオーステナイト組織なるもA點を出現せしむるか否かによりトルースタイトを抱合する事とせざることをあり。

右の外點線によりて曲線圖を二分する事を得、此の線の右下方に位する部分(a, c, e)はA點を生ぜしめ得る處にして(パーライト又はトルースタイト鋼)又左上方に位する部分(b, d)はA點を出現せしむる事殆んど不可能なるか如し(マルテンサイト又はオーステナイト的組織にしてトルースタイトを含まず)。

吾人か斯くの如く單に臨界點の考究を基礎として得たる圖式はGuillet氏か曩に顯微鏡組織にのみよりて得たるところのものと略相等しきものなり(少くも一%以下の炭素を含む鋼に對しては)。

ニッケル鋼

不逆ニッケル鋼(Les aciers au Nickel irréversibles)の臨界點に就きては諸家の研究したるもの多し、第七圖はOsmond氏か自己の研究したる處を略示したる曲線圖にしてB/Aは加熱臨界點に又ABは冷却臨界點に相當す、予は冷却臨界點のみを研究したるを以て以下單にAB曲線に就きてのみ述べんとす。

滿俺鋼を研究したる時にパーライト鋼とマルテンサイト鋼の間に臨界點の斷絶ある事を述べた

りしかニッケル鋼にありても此の事實あり、第十八圖は炭素〇・一九%、ニッケル九・七三%を含む鋼の臨界點曲線にして滿俺鋼中に述べし如き二臨界點A、Bを有す、尙ニッケル量増加せはA點は次第に消滅するに拘らすB點は常に存在するものなり。

第十九圖は冷却臨界點中の斷絶を示す。

第十七圖は連續線ABを以て總不逆鋼の冷却臨界點を連結したるものなれともOsmond氏はA點を有する鋼とB點を有する鋼との間に差異ある旨を記載せり、氏か千八百九十八年に發表したる記事を摘録すれば次の如し。

鐵及ニッケルの合金組織の研究によれば鋼の性質を支配するものは溫度に關する變移點の位置なり、此の變移は四百度以上、及び三百五十度と常溫との間に起る、若しこの以下にて起るものあらは明かに三態となる。

臨界點か四百度以上にあるものはA點を有する鋼(パーライト的)にして三百五十度と常溫との間に臨界點を有するものはB點を有する鋼(マルテンサイト的)なり、而して其の他はオーステナイト的の鋼なり。

タングステン鋼

タングステン鋼中にはA及B點存在す、千八百九十二年Osmond氏はタングステン六・二五%、炭素〇・四二%の鋼に就き冷却初期の溫度を變したるため冷却曲線上に變差ある事を發表したるかBöhler氏は千九百三年、又Thomas Swinden氏は千九百七年何れも此の結果を是認せり、第二十一圖はタングステン四・四一%、炭素〇・七八%を含む鋼の冷却曲線圖にして七百二十度加熱臨界溫度に相當する點乃至九百五十度間には臨界點(A點)を生ぜざるも六百八十度に至りて生起し尙冷却初期の溫度高まれば僅に低下す、而して約千度に達すれば第二點(B點)は五百八十度に現はる、此の點は初期の溫度高き程

發達良好にして遂に分解するに至る、之に反しA點は其の強さを減し温度十分に高き時は消滅せんとする傾向あり、A點を有する鋼は軟にしてトルースタイトよりなり、B點を有する鋼は硬くしてマルテンサイトよりなる。

以上の如くタングステン鋼は尙滿俺鋼及ニッケル鋼と全く同様なれとも此の鋼のB點か最も高温度にあることは大に注意すべき點なるへし。

クローム鋼

Edwards, Greenwood 及吉川諸氏は最近左記成分の鋼に就き甚だ綿密なる研究を發表せり。

炭素%	硅素%	滿俺%	クローム%
-----	-----	-----	-------

〇・六三	〇・〇七	〇・一七	六・一五
------	------	------	------

吾人か是迄記載したる凡ての試験は冷却初期の温度を變更して行ひたるものなりしか上記諸氏は此の第一圖(の冷却温度)の影響を研究したる後冷却速度の影響を知らんか爲め同一温度を以て試験せり、此の第二圖の重要なことは含炭素高級滿俺鋼に就きて予の既に唱道せし所なりしか冷却速度のクローム鋼に及ぼす影響頗る鋭敏にして又冷却初期温度も大なる關係あり、之等の研究は健率温度に對し鋭敏なるタングステン鋼として冷却速度の影響を受くる炭素鋼との間に或る關係を與ふるものならん。

惟ふに彼等の研究せし所は吾人か是迄A點なる名稱の下に呼び來りたる點約七百度(に外ならず彼等は顯微鏡的見地より此の點か炭化物の沈澱(顯微鏡にて見る時はマルテンサイトの中にトルースタイト見ゆ)に原因する事を主張せり、冷却速度定まれる時にはA點及トルースタイトは冷却初期の温度を上昇するに従ひ減少す、又初期の温度を一定にする時は冷却速度大となるに従ひA點は強さを減す、又A點を殆んど消失せしむるに足る最小速度——換言すれば炭化物の沈澱を絶無ならし

むべき最小速度——を測定することも可能なり、第二十一圖の曲線は初期温度と冷却時間との關係を表はすものなるか温度を高むる時は健淬速度の不十分なるを醫し得るものなり。

Edward 氏等は五百四十六度以下に於ける冷却の研究は比較的少かりしも六百二十五度附近に A 點を低下し十分其の強さを減したる際冷却曲線の延線上には二百五度以上にて何等熱の發生を認めざりしと言へり、尙此の熱の發生は頗る少なるものにして試料を吹風中に冷却せは全く除去し得るものならん。

尙彼等は冷却初期の温度を低下して新に低温度の一臨界點を得たり、即ち此の點は健淬初期の温度を八百三十度乃至千四百七十七度に上昇するに従ひ四百六十度——百八十八度の間に變移するものなり、此の點の振幅は低温度圖に於て生ずる程小なり。

以上諸氏の研究を吾人の現在研究しつゝあるところのものを適合せしめんか爲め上に述べたる鋼と近似せる成分の鋼を鑄造せり、其の化學的成分左の如し。

炭素 %	硅素 %	滿俺 %	クロム %
〇・五七	〇・一〇	〇・一五	六・二〇

第二十二圖は冷却初期の温度と冷却速度を變更して得たる臨界點曲線を示す、而して加熱曲線は唯一線なれとも其の加熱速度は終始一定なりき、曲線 1. 2. は爐内にて放冷したるものにして A 點を有するのみなり、然れとも冷却初期の温度上昇するに従ひ A 點現出の温度は低下す、若し之を空中にて冷却すれば次の如くなる。

1. 八百度に熱すれば冷却曲線中に唯 A 點のみを生ず(曲線 B)然れとも四百度附近に於て輕微なる屈曲を見る。

2. 八百七十五度に熱すれば(曲線 A)同時に A. B 二點を得、即ち A は甚た輕微なるも B' 點は其の振

幅大なり。

3. 尙大なる溫度即ち九百十度に熱する時は(曲線5)A點は殆んど消滅し而してB'點は著しく低下す。

4. 九百五十度に加熱する時は、第二點は約二百度附近に安定す(曲線6、7のB點、然れども其の振幅は冷却初期の溫度増加せは減少す、B點は如何なる時と雖完全に消滅することなし。

今若し前述の曲線3、4、5、6、7の系を之迄研究したる凡ての曲線系と比較する時は全く類似のものたる事を知らん、殊にニッケル、クローム、銅鋼(第三圖)に酷似す、尙タングステン一八%を含む高速度鋼の曲線(第一圖)にもよく類似し冷却初期の溫度を某限界以上に上昇する時はB點の衰弱するを認め、尙之等二種の鋼は多面體組織(オーステナイト)を與ふる傾向あり、こは高速度鋼を千三百度にて空中冷却を行ひたる時に生ずる組織にしてGuillet氏は其のクローム鋼に關する研究中に之等の鋼のマルテンサイト組織は急冷を加ふれば加ふる程益々鐵に變化すへき事を記載せり。

第二十三圖は第二十二圖の曲線6なる冷却曲線を與へし試料の顯微鏡寫眞にして容易にオーステナイトの中にマルテンサイトの針狀を見ることを得、此のマルテンサイトは識別困難なるか故に腐蝕を十分にすること必要なり、之に反しA點を保有する試料はピクリン酸腐蝕を行へは數秒の後頗る明瞭なるトルースタイトを現はす、第二十四圖は第二十二圖の曲線に應ずる試料の顯微鏡寫眞なり。

以上は恐らくB點の強さに變化を及ぼすへき理由ならんも決定的に此の微妙なる點に就きて云々する事はなさざるへし、然れども此のクローム鋼たるや、是迄研究したりし凡ての鋼と同性質のものたるは吾人の信して疑はざる所なり。

其他の特種鋼

例としてタングステン、クローム鋼を舉ぐ(第一圖)一般に高速度鋼は既に論したるA、B兩點の特性を呈するものなり。

最も廣く用らるゝニッケル、クローム鋼及一般に自淬鋼と稱するものは吾人の述へし二臨界點を保持す、前述のニッケル、クローム鋼亦此の部類に入るべきものなり(第二十五圖)

炭素鋼

前掲の特種鋼はトルースタイト及マルテンサイト組織をなし冷却曲線上に二個の臨界點を有す、吾人かA點と稱呼せし第一點は稍高き溫度(通常五百度よりも高し)にありてトルースタイトの生成と一致す、又第二點たるB點は一般に低溫度にて生ずるものにして如何なる場合と雖A點の溫度より低く且つマルテンサイトの出現に應ずるものなり。

炭素鋼と特種鋼とは同一の方法を以て同一組織を得らる可きものなるか？如斯問題は可なり困難なるものなり、何となれば炭素鋼にては冷却速度を大ならしむるにあらざればトルースタイト及マルテンサイト組織を得る事能はされはなり、故に冷却に關する研究は前諸條の場合よりも困難なりと言ふ可し。

Benedicks氏は其の著に健淬によりて頗る多量のトルースタイトを得たる事を記載せり、而して此際冷却曲線中に六百六十度附近に於て明白なる再熾點(Recalescence)を認め且つトルースタイトは顯微鏡的以上に微細なるパーライトに過ぎざるものなりと結論せり、氏はトルースタイト生成の溫度に就て調査したるにも拘らずトルースタイト及マルテンサイト組織の生成順序に關しては何等結論を與へざりしも其の後の研究に於てオーステナイトよりトルースタイトに變移するには必ずマルテンサイトの階梯を踏むべきものなれとも屢觀測し得ることありと言へり。

吾人の特種鋼に關する研究によれば冷却に際しトルースタイトはマルテンサイトに先ち生成す

るものなり。

吾人はル、シャトリエー、サラデン装置に感應繼電器を配して炭素鋼の冷却を研究せり、第二十六圖はかくして得たる曲線にして縦軸は冷却速度を表はし又横軸は温度を表す。

之等の曲線は試料の大きさと成分によりて異れども(第二十七圖二の共通點あり即ち可なり迅速に健淬する時と雖臨界點か六百度以上にあることにして第二十六圖曲線10は十二秒間に七百度より百度に冷却したる試料に就きて得たるものなり、吾人の使用せし試料の中央部(サーモカップルを挿入す)にはマルテンサイトの中に多少のトルースタイト撒在す、而して最も鮮明なる臨界點を與へたる試料は最もトルースタイト的にして曲線7は其の例なり(炭素一・一三%を有し千四十度にて油健淬を施したるもの)。

又多くの曲線は更に低温度(二百度以下)にて不規曲線を呈せり、然れども此の點に關しては未だ確證なきを以て深く論及せざるへしと雖此の不規狀態は一般に冷却速度の減少に基くものと解せらる但し或る場合(曲線1の如き)には反對なり、以上述べたる二不規點の間に第三點を有する曲線あれとも此の點は前者に比し頗る不明瞭なり。

以上述べたることを簡言すれば次の如し。

1. トルースタイトは六百度よりも高き臨界點に於て生するか如し、而して此の點は稍低温度の A_{r_1} 點に外ならざるへし。

2. トルースタイト及マルテンサイトの混淆組織を有する試料の冷却曲線は低温度に於て不規點を有す。

第三 理論的見地より見たる實驗結果

1. A 點及トルースタイトの生成

以上記する所の結果によりトルースタイトの生成は稍高温度の臨界點と密接なる關係を有すること明にして此點をA點と稱す、而して滿俺及ニツケル鋼の曲線(第十圖、第十四圖、及第十九圖)は此の點かパーライト鋼のA點の延線上に横はることを示す、之れトルースタイトは顯微鏡的以上に細微なるパーライトに外ならずとのBenedicks氏說に新證據を與ふるものなれともトルースタイトはパーライトの如く一定の炭素量を有するものにあらざることを注意すへし、トルースタイトは單に顯微鏡的以上に細微なるセメントタイトとフェライトとの凝結物に過ぎず、故にA點は液體より炭素を排除し同時に同素異性變化(La transformation allotropique)を起し炭化物は分離す、一二%滿俺鋼に就き研究したるか如くA點と帶磁性の出現と一致するは驚くに足らざるなり。

2. トルースタイト生成の條件

トルースタイトのA點はパーライト鋼のA₁點の延線上にあるか故トルースタイト生成の條件とパーライト生成の條件を區分するは容易ならず、時として同一試料中に之等二種の組織を見る、然れとも顯微鏡的には判然區別することを得、トルースタイト組織はマルテンサイト鋼或はオーステナイト鋼中に存在するにあらされは識別し難し、第十四圖に見る如くA點生成後はトルースタイト及オーステナイトを有す、故にトルースタイトは基質オーステナイト的なる時形成せられパーライトは基質フェライト或は α 鐵よりなる時に容易に生ずるか如く見ゆ、炭素或は炭化物は α 鐵中に限量以上は熔融せざるもパーライトは鋼中に全炭素量を抱含す、之に反し炭素かよく熔融しある時(オーステナイト)に生ずるトルースタイトは其の發育に好適なる條件下にあらされは完全に成形せられず、些細なる支障(冷却速度過大なるか如き)と雖其の生成を妨くへし、之れ條件好適ならざる時A點の強さ減退し同時にトルースタイト量か減少する所以なり。

冷却初期の温度はトルースタイトの生成を容易ならしむる條件中の重要なものなり、第一圖及

第三圖に掲ぐる曲線は第二圖に示せる冷却曲線の形態に對しA點の發育を教ふるものにしてA點は少くも加熱により炭化物の熔解點に達せされは生成し始めざるものとす、加熱溫度上昇すれば此のA點は逐次發達して最大となり次いて減少し加熱最高溫度か AC_1 (炭化物の熔融)を充分超過するや全く消滅す。

尙其他冷却の際起るA點の最強度は AC_1 點の起始溫度高き加熱曲線とは決して一致せざることに注意すべし、概略A點の強さは加熱溫度をオーステナイト帶或は γ 相中に進む程減少するものと言ひ得可し、此の健淬溫度の影響に就きてGrenet氏は溫度を γ 相中に進むれば進む程結晶粒膨脹し γ 相は益々安定となるてふ假定下に健淬溫度か上昇するに従ひ變移は反對に困難となるものなりと言へり、又Benedicks, Nolly及Veyret氏等は加熱臨界點か生起する際に炭化物の完全に消滅熔融の意せざるものありと考ふる時は恰も食鹽液中に存在する結晶か他の液體に結晶を催起するか如く冷却に際し熔液より炭化物の折出を容易ならしむるものなりと言へり、故に加熱臨界點以上に溫度を上昇するに従ひ炭化物は良く熔融し其の芽胞は消滅するを以て冷却の際炭化物沈澱の傾向を減しトルースタイトを生せしむること困難となるなり、(冷却速度を等齊にするも、此の見解は合理的なるか如し、尙ハイポユークトイド鋼に於てトルースタイトは常に熔融せざる炭化物の周圍に成形せられあるを認む。

3 マルテンサイトの生成

低臨界點を有する鋼はマルテンサイト組織なりとは從來世人の認めたるところなり、吾人は既に此の問題に關するOsmond氏の意見を陳述せり、又Grenet氏は健淬鋼の硬度理論中にも大に論述せられたり、而して吾人か述べたるマルテンサイトの生成とB點との關係は之等諸家の說と全く合致す然れともB點に於ける變移は如何なる性質を有するものなるかと言ふに最も廣く信ぜらるゝ說

としてはマルテンサイトはセメントライト及フェライト(或は α 鐵との不安定の固溶體なり、故に B 點は γ 鐵中に熔融せる炭化物が熔體外に分離することなく γ 鐵より α 鐵へ變移すべき點に相當するものなり。

此の假説に就きては何人も異論を挟むものなし、而して純マルテンサイト鋼中に於ける B 點は此の鋼の磁性變移(La transformation magnetique)と精確に一致す、第二十八圖は炭素〇・三%、滿俺六%を含有する鋼の例にして透磁率(La permeabilite)はユースキング氏の方法によりて測定したるものなり、但し縦座標の單位は適宜とす。

A, B 二點を有する鋼の磁性變移は二期に行はる、第一期は A 點(トルースタイト)に一致し第二期は B 點(マルテンサイト)に一致す、即ち A 點生成後殘留せしオーステナイトの磁性變移なり。

吾人は炭素鋼の A_{T_3} と四%滿俺鋼第十圖又は一〇%ニッケル鋼の B 點の關係を見出すこと能はさる、若し概略純粹なる鋼出來得れば絶対に無炭素(マルテンサイトをなすに足るべき量は差支なし)鋼に就きて研究せは趣味多からん。

尙多くの場合 B 點は其近傍に於て互に近接せる B, B' 二點に分解す。

第四 前記理論の實際的結果

既述研究事項に基き實際的結果を推究すれば左の如し。

1. 自淬鋼(マルテンサイトの)を最もよく軟化するには(換言すれば鋼に被鍛性を與ふること)トルースタイト組織を得ることを努むべし、これか爲めには鋼を實際的に定めたる溫度に熱したる後最も緩徐に冷却するを一般とす、而して確實なる結果を得るためには臨界點の研究をなすを可とす、 A 點の強度最も大なるか如き冷却初期の溫度を測定すべし、又冷却速度の如何によりて最大の軟化を得るものとす、故に加熱溫度をよく考究撰擇するに於ては鋼に法外なる緩冷を加ふる必要なし。

54

尙A點か完全に形成せられたる時は冷却速度を弱むる必要なし。

吾人は實驗的に第一圖の曲線を與へたる高速度鋼か次の取扱によりて適當なる被鍛性(ブリネル鋼球の中徑十耗、壓力三千疋なる時凹痕の中徑三六耗なり)を得たり。

a 八百六十度に豫熱せる熔鉛中にて十分間加熱する二十分間にて六百五十度迄熔鉛中に冷却す、^o後空中放冷を行ふ。

2. 鋼を最硬度に健淬するには臨界溫度に達せしめたるのみにては不十分なり、時として純マルテンサイト組織を得るには可なり溫度を上昇せざる可らず。

3. 與へられたる冷却初期の溫度に對しては大なる冷却速度を以てA點を通過せしむる程效能大なり、これ高速度鋼に對するTaylor健淬法にして或る特別の特種鋼中には溫液の中にて健淬を行ふものあり。

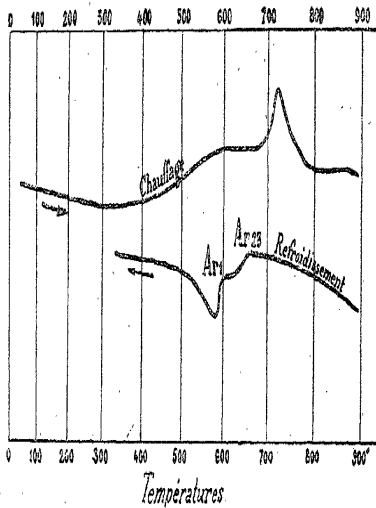
第五 結論

1. トルースタイトとマルテンサイトを有する鋼にありてはトルースタイトはマルテンサイトよりも高溫度にて生成す即ちマルテンサイトよりも前に生成す。

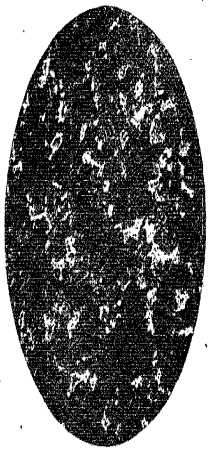
2. 之等の各組織は明瞭なる臨界點によりて特性を發揮す、トルースタイトの生成に應ずるものをA點と言ひマルテンサイトの生成に應ずるものをB點と言ふ、但しこのB點は時によりて二分することあり。

3. 第十、第十四、第十九圖の圖式にありてA點はパーライト鋼のA₁の延線上にありこれ「トルースタイトはフェライトとセメンタイトの顯微鏡的以上に微細なる聚成に外ならず」とのBenedicks氏の說に新例を與ふるものなり。

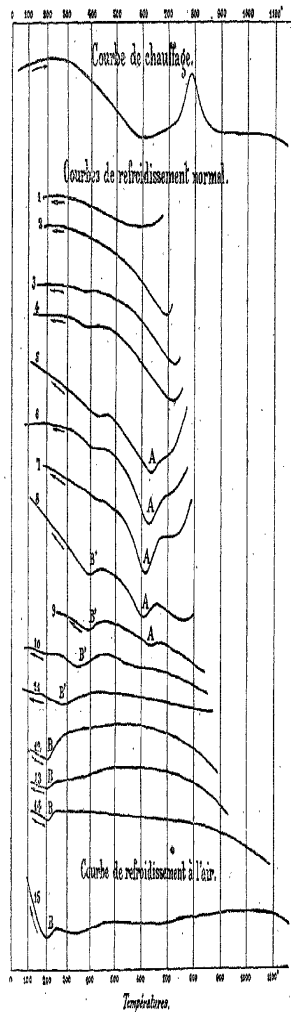
4. トルースタイトは球狀又は針狀となりマルテンサイト又はオーステナイトの中に現はる又



第七圖 鋼の境界点
(示差曲線)
C 0.43% Si 0.02% Mn 2.11%



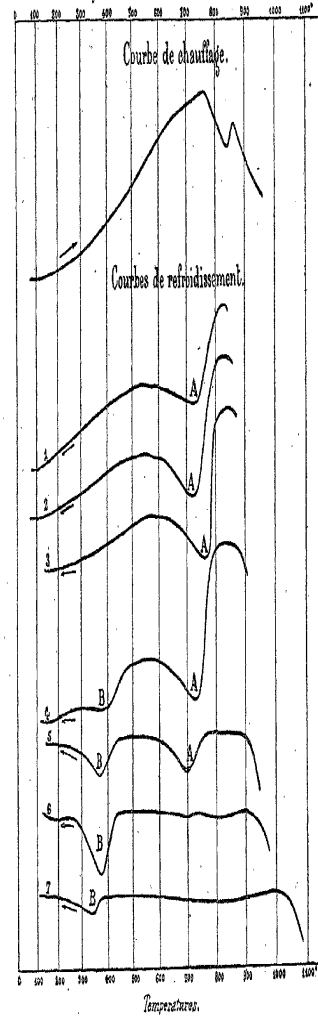
第五圖 760°Cに軟化したニッケルクロム鋼(第三圖)の顕微鏡写真
(詳細部はマルテンサイト組織、暗黒部はトランスライト)
175倍



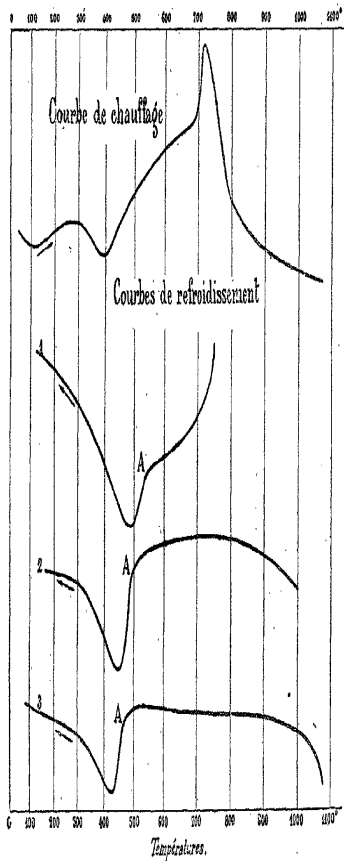
第三圖 ニッケルクロム鋼の境界点
(示差曲線)
C 0.39% Si 0.23% Mn 0.43%
Ni 2.44% Cr 1.33% 鋼 1.73%



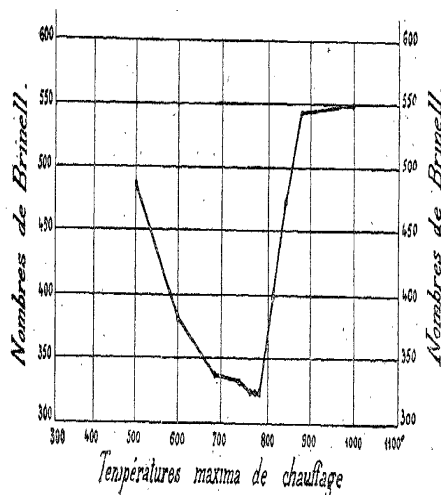
第六圖 1040°Cに軟化したニッケルクロム鋼(第三圖)の顕微鏡写真
(マルテンサイト組織)
175倍



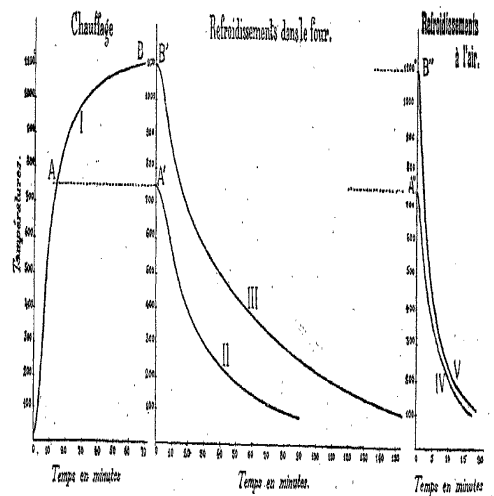
第一圖 W18%を有する高速鋼の境界点(示差曲線)



第八圖 鋼の境界点
(示差曲線)
C 0.37% Si 0.02% Mn 3.00%



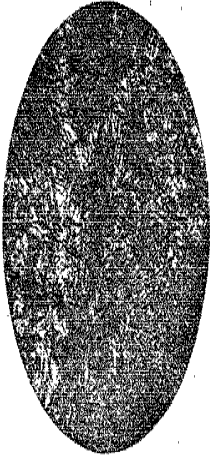
第四圖 種々の温度に軟化したニッケルクロム鋼
試料(第三圖に示した)のブリネル試験成績



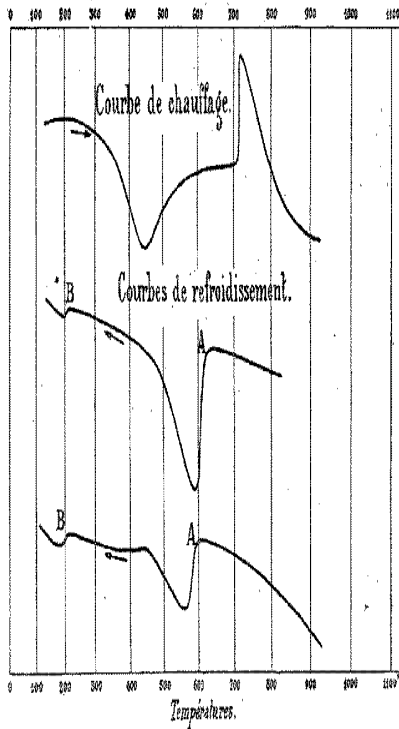
第二圖 境界点測定(示差測定法による)の爲の試料に加へたる加熱及冷却の状況



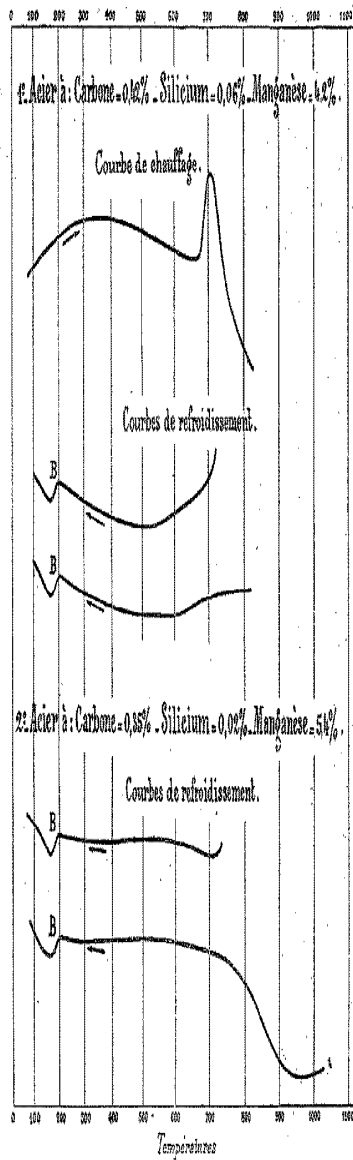
第十三圖 C 1.15% Si 0.30% Mn 18%
を含む鋼の鋼板試片
800°に軟化後緩冷
(イルーノタイト及マルテンサイトな
り、室温に見ゆる組織の明瞭性はオ
ーステナイトの異なるを意味す
250倍)



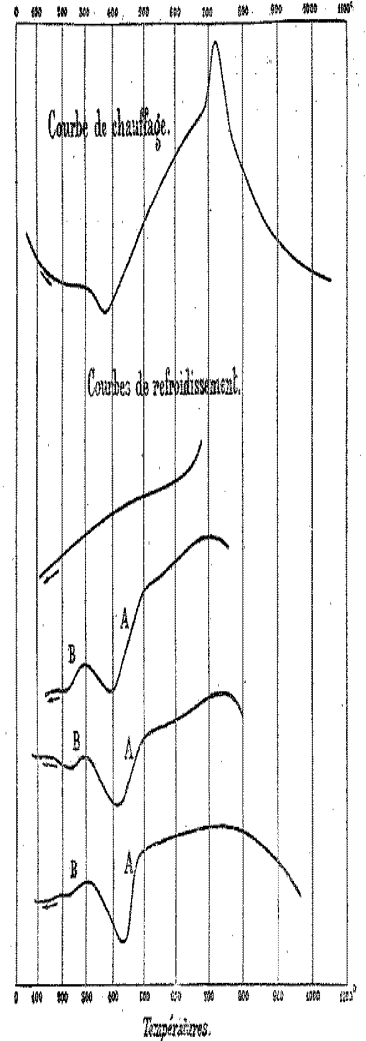
第十六圖 C 0.60% Mn 0.90%を含む
鋼の鋼板試片 800°に軟化後緩冷
(トルースタイト及マルテンサイト)
175倍



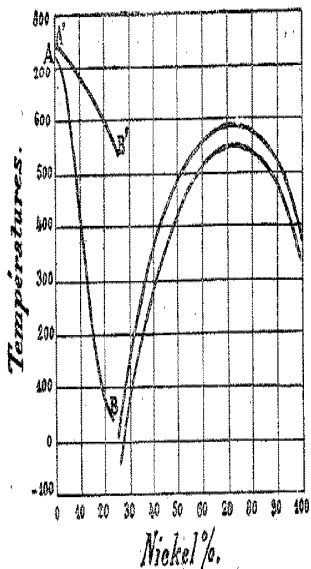
第十二圖 溶化鋼の臨界點
(示差曲線)
C 0.89% Si 0.04% Mn 4.10%



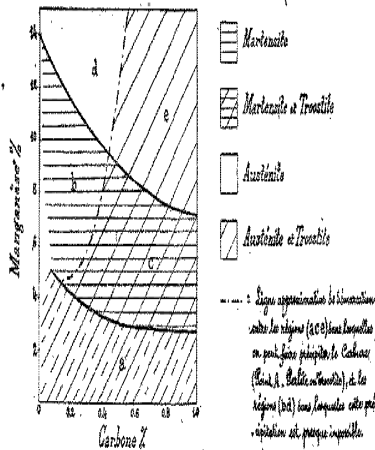
第十四圖 Mn 0.7~1% を含有する溶化鋼の冷却臨界點



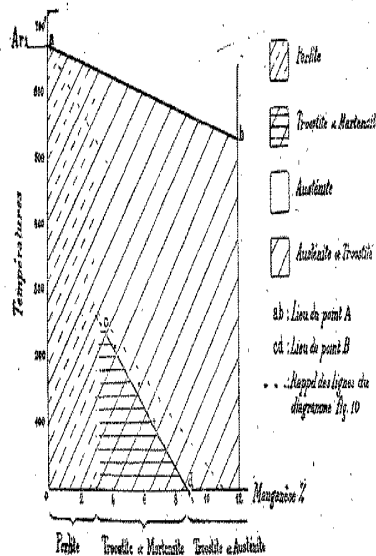
第九圖 溶化鋼の臨界點(示差曲線) C 0.27% Si 0.06% Mn 3.5%



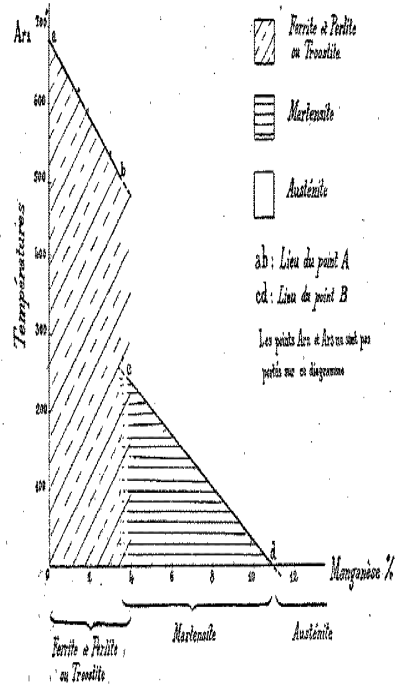
第十七圖 ニッケル鋼の磁性遷移點 (Osmond)
A/B: 加熱遷移點 AB: 冷却遷移點



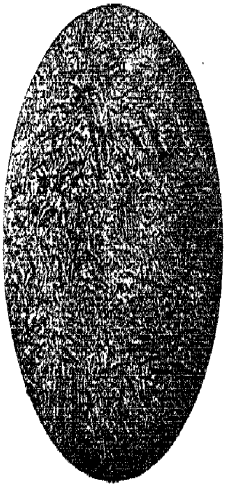
第十五圖 よく軟化せられたる溶化鋼の組織圖式



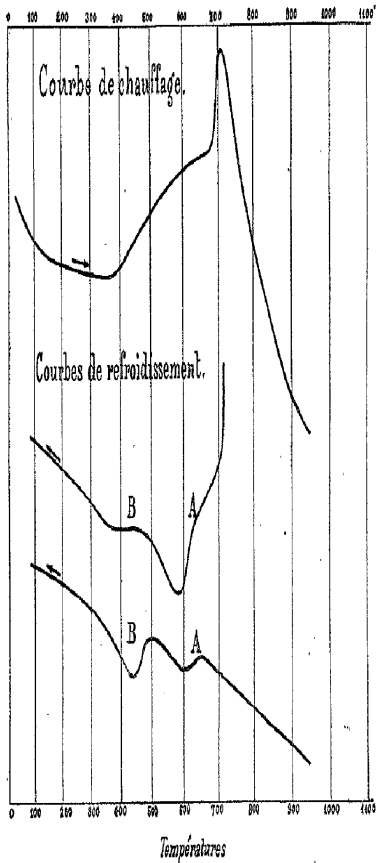
第十四圖 Mn 0.7~1% を含有する溶化鋼の冷却臨界點



第十圖 Mn 0.3~0.4% を含有する溶化鋼の冷却臨界點圖式

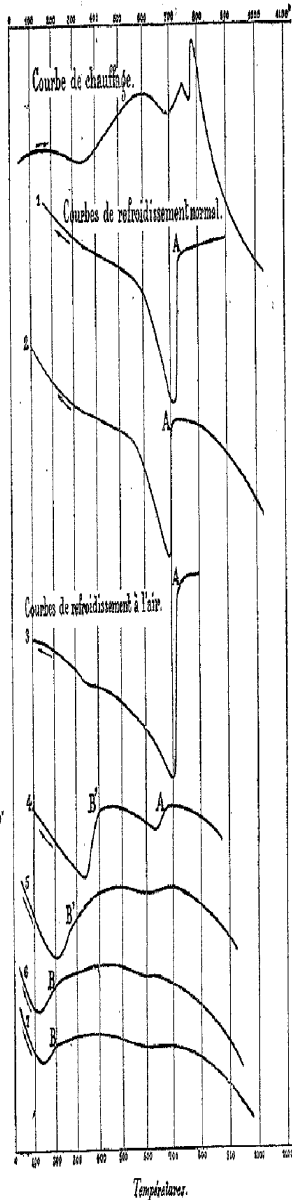


第二十四圖 900°に熱した後爐中にて冷却したるクロム鋼の顯微鏡寫眞
(第二十二圖の曲線)
トルースタイトとフェーライト
(多少マルテンサイト的なり)
175倍

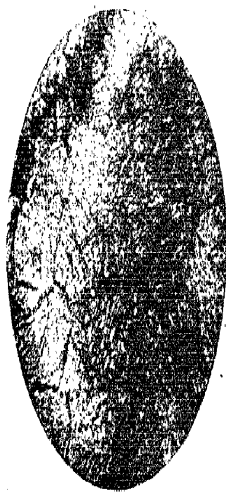


第二十五圖 ニッケル、クロム鋼の臨界點
(示差曲線)

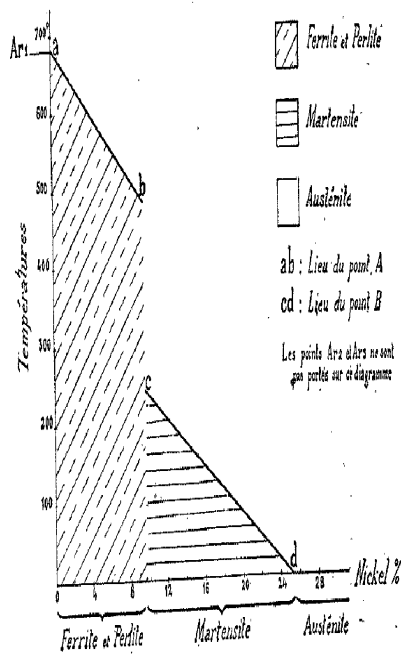
C 0.20% Si 0.34% Mn 0.65% Ni 2.84% Cr 0.95%



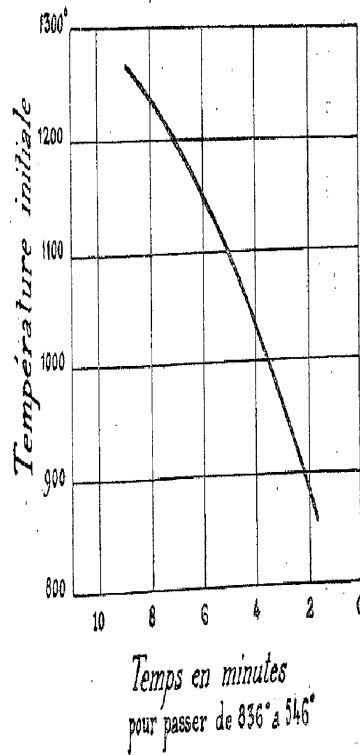
第二十二圖 クロム鋼の臨界點(示差曲線)
C 0.57% Si 0.10% Mn 0.15% Cr 6.20%



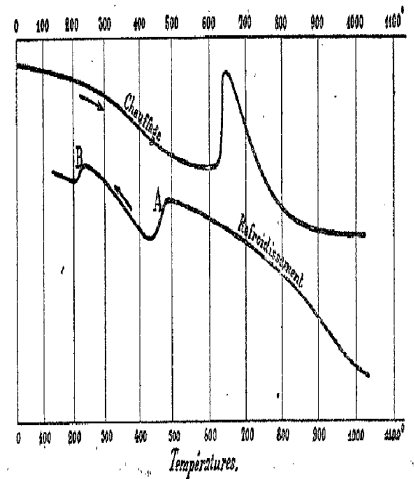
第二十三圖 850°に熱した後空中にて冷却したるクロム鋼の顯微鏡寫眞
(第二十二圖の曲線)
オーステナイトの中にマルテンサイトの針を見る 600倍



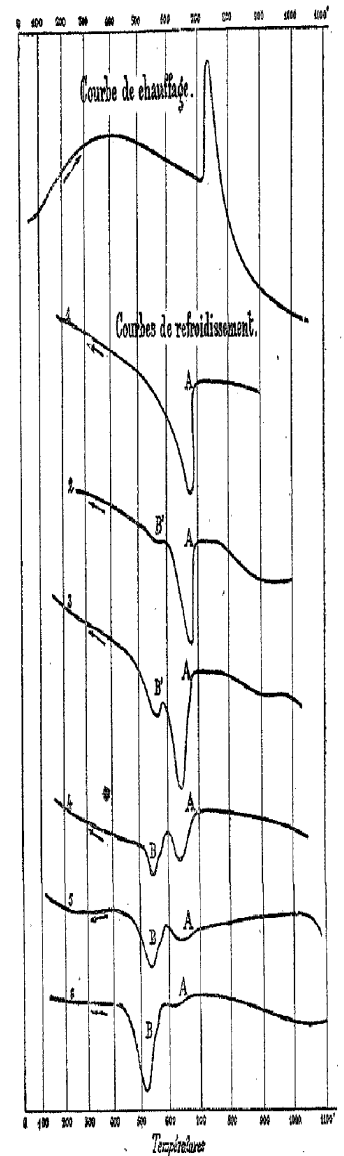
第十九圖 C 0.3%を有するニッケル鋼の冷却臨界點の圖式



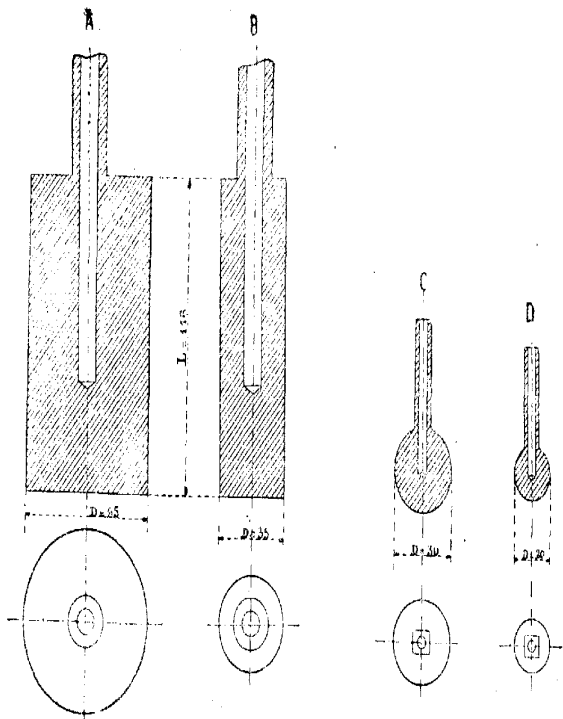
第二十一圖 クロム鋼中に炭素の遷移を禁止するために必要な冷却速度と初期温度との關係
C 0.63% Cr 6.15%



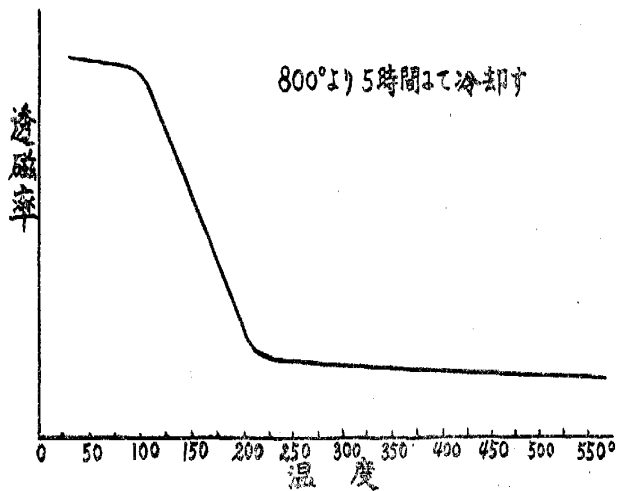
第十八圖 ニッケル鋼の臨界點(示差曲線)
C 0.19% Ni 9.73%



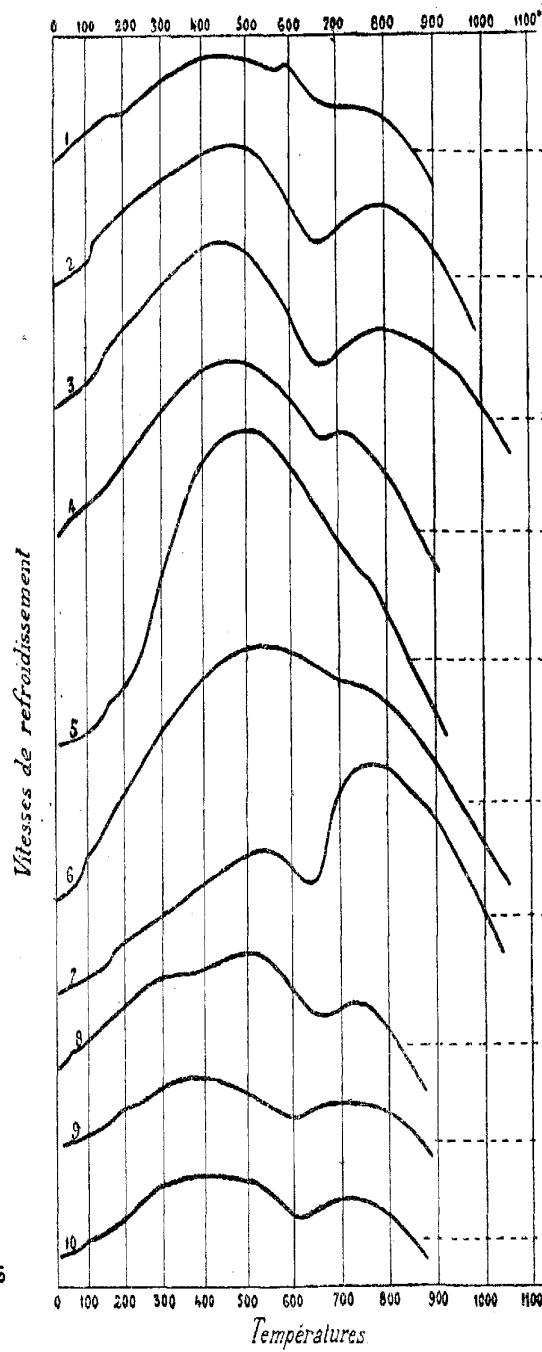
第二十圖 タングステン鋼の臨界點
(示差曲線)
C 0.73% Si 0.08% Mn 0.14% W 4.41%



第二十七圖 第二十六圖の健洋曲線測定に供したる試料の型



第二十八圖 C 0.30% Mn 6% を有する鋼の冷却間に於ける透磁率の変化



第二十六圖 感應繼電器により各種鋼の健洋間の冷却臨界點(冷却速度曲線)

Teneur % en Carbone.	Type d'échantillons.	Liquide de trempe.	Durée approximative du refroidissement entre 700 et 100°	Appareil employé
0.27	A	Eau	1'30"	Relais d'Induction ordinaire
0.27	A	Eau		
0.27	A	Eau		
0.27	A	Eau		
0.64	A	Eau	1'00"	Relais d'Induction ordinaire
0.64	B	Eau		
0.64	B	Eau		
0.64	B	Eau		
1.13	C	Huile	2'00"	Relais d'Induction à faible moment d'inertie
1.13	C	Eau		
0.74	C	Eau		
0.74	D	Eau		

此の組成分が多數中心の周圍に發達し連續せず、これ冷却によりて物質中に大なる張力生ずるか爲なり特に健淬せる炭素鋼のトルースタイトは試料の周邊よりも其の中心に於て大なるものなり。

5. 冷却によりて生ずるトルースタイトと、健淬鋼を一定の鈍淬によりて得たる炭化物聚成とは化學的には差異なきか如しと雖顯微鏡的には兩者の間に異なる所あり、トルースタイトは前項に述べたるか如く數多中心の周圍に發達すれども鈍淬によりて生じたる炭化物の聚成は全體に亘り一樣に發達す、故に此の差異のみにて組織を判斷し得、例へば冷却により球狀となりたるものをトルースタイトと稱し反淬したる組織をソルバイト或はオスモンダイト稱するか如し。

6. 顯微鏡組織又は臨界點の研究に基き A 、 B 點を識別し之により精確に特種鋼(滿俺鋼或はニツケル鋼)を分類することを得。

7. 不逆鋼と稱せらるゝニツケル鋼は右の識別により二群に分類せらるゝこと次の如し。

a. 臨界點 A を有する鋼(此群はパーライト鋼に相當す)にして多少明瞭なるヒステリシスを有する假可逆鋼(*Les aciers pseudo-réversibles*)或は準可逆鋼(*Les aciers quasi-réversibles*)なり。

b. 臨界點 B を有する鋼(マルテンサイト鋼)にして適切に言へば不逆鋼なり、何んとなれば加熱曲線と冷却曲線とは一致せざるを以てなり。

8. トルースタイト及マルテンサイトの生成に關し各種成分の鋼の特性を一理論中に統一し得る利あり唯作用速度によりて異なるのみ緩徐なる作用を加へしものは研究に便なるか故本試験には屢之を應用せり。

9. 以上の結果より自淬鋼の被鍛性と一般健淬とに關し趣味ある推定をなすことを得。

10. 吾人はトルースタイト及マルテンサイトの生成と性質に關し説明する處ありしか文極めて簡なるのみならず未だ明瞭ならざる事項をも少からず記載せり、然れども多少研究の士を利すると

ころもやあらんと思ひ敢て茲に之れを發表せり。

此の研究は佛國 Creusot 所在 Schneider 工場研究室に於て行ひたるものなり。(完)

◎常溫壓延機の運轉に要する動力

“Power Required by Cold Rolling Mills,” by C. E. Davis.

The Engineer; Vol. 125, No. 3246.

片々生

茲に掲けたる表題と全く同一の題目に就て予は嘗て本誌上(The Engineer; Vol. 122, p. 134)に於て述べたることありたるか、其の際常溫の下に於て行はるゝ壓延作業に要する動力の量か如何に作業上の條件及び狀態に關聯するものなるかを示し、且つそれに關する一二の公式をも掲げて金屬板の壓延前後に於ける厚さ及びロールの寸法とその場合に費さるゝ動力の量との間の關係を表すべき簡單なる式の成立すべきことを説きたりき。

想ふに吾等若し壓延機の運轉に要すべき動力の量を比較的正確に豫想することを得たらんには將に新設せんとする壓延機の計畫竝ひに設計の上に指針と成りて裨益すること少なからず、且亦公式の範圍を擴大して如何なる材料及び狀態の場合にも適用し得らるゝに至り求めし値に誤謬少なければ尙一層種々の方面に用ひて便宜とする所多かるへし。殊に英國にても現況に於けるか如く壓延機を運轉せしむる爲に電動機を用ふること益々多からんとする傾向相見ゆる際なれば更に一層その感を深うせしむる所のものあり。

以前に於ては壓延機を運轉せしむる爲に用ひられし原動機は殆んど蒸汽機關のみなりしかは假