

物では内應力を生ずるを免れない。現今多くは徐々に冷却することになつてゐる。鋼鑄物を焼鈍することは段々重要なことになつて來て、仕様書に於ても焼鈍に關してやかましい規定を設くるやうになつた。次に挙げるのは其一例である。

『鋼塊は之を櫻紅色に至るまで徐々に熱し、灼熱爐内に於て徐々冷却すべきこと。検査官は一々夫等に要したる時間を検査すること。焼鈍器は徐々に加熱して華氏1600度に至らしめ、其間に36時間を費すべきこと。鑄物は24時間華氏1600度に保つべきこと。次に爐は48時間を費して徐々に冷却すべきこと。この全行程に要する總時間數108時間とす。』

E. F. Cone は硫黄 0.1「パーセント」を含有せる石炭を燃料として酸性平爐鋼を焼鈍し、その操業中に鋼の硫黄含有量が増加することを慥めた。この點は注意すべき事柄であらうと思ふ。

74, 鑄鐵中の炭素の状態。

前々章に於て鑄鐵は鋼と同じ系統に屬する者だといふこと。並に其凝固の有様、冷却中の變化などを説明してゐいた。炭素の状態から鑄鐵を分類すると、次の三種に

大別することが出来る。

- (1) 遊離炭素のみを有する場合。
- (2) 化合炭素のみを有する場合。
- (3) 遊離炭素と化合炭素と共に存する場合。

次に之等の區別によつて、鑄鐵の組織を調べてみやう。但茲には他の不純物を含有しないものと假定するのである。

75, 遊離炭素のみを含有せる鑄鐵。

遊離炭素を生ずるには、凝固點を通じて徐々に冷却すること。並に多量の硅素を含有せることを必要とするので、全部遊離炭素とするが如きは極めて困難なことであ



第八十八圖……遊離炭素のみを有する鑄鐵 (63倍)

る。しかし其組織を調べておくことは興味もあり、且利益のあることだから茲に説明しておくのである。

今炭素は全部遊離炭素となり、且他の不純物は少しも存在しないものとするれば、鑄鐵は全く「フェライト」と遊離炭素から成立つのである。遊離炭素は第八十八圖に示す如く彎曲せる板狀結晶となるので所謂黒鉛 Graphite である。圖は酸で侵蝕してないから明でないが、「フェライト」は純粹の鐵に於けると同様に不規則なる多面體の結晶粒となるもので、其間に板狀の黒鉛が夾雜するのである。「フェライト」は元來柔軟なるものであるが、黒鉛を夾雜するため其連續性を害せられて脆くなる。則ち鑄鐵の脆性は全く黒鉛の存在の結果である。

化合炭素が分解して黒鉛を作るときは、其體積を増すものである。されば黒鉛が存在せるときは、其體積の比は重さの比よりも大きくなる。例へば重さから言へば3「パーセント」の黒鉛を含有せる鑄鐵は、體積から言へば約12「パーセント」の黒鉛を含めることになる。従つて鐵が黒鉛を含有するときは其比重が小さくなるのである。

黒鉛を生ずるためには冷却は極めて徐々に行はれなければならぬことは既に述べたが、その中でも特に徐々に冷却せられるときは、「フェライト」の結晶粒並びに黒鉛の大

さを増加する。もし黒鉛をして球狀の微粒に變化せしむることが出来たならば、鋼鐵の粘靱性も強さも著るしく増すことが出来る。これは次の章で説明すべき事柄である。

76, 化合炭素のみを含有せる鑄鐵。

鋼鐵中の炭素が全部化合炭素 Combined Carbon となるときは、其断面は白色にして金屬光強く、極めて堅硬なものとなる。之は普通白銑鐵 White Pig Iron として知られたるものである。化合炭素を常溫に於て維持せしむるためには、次の二條件を必要とする。

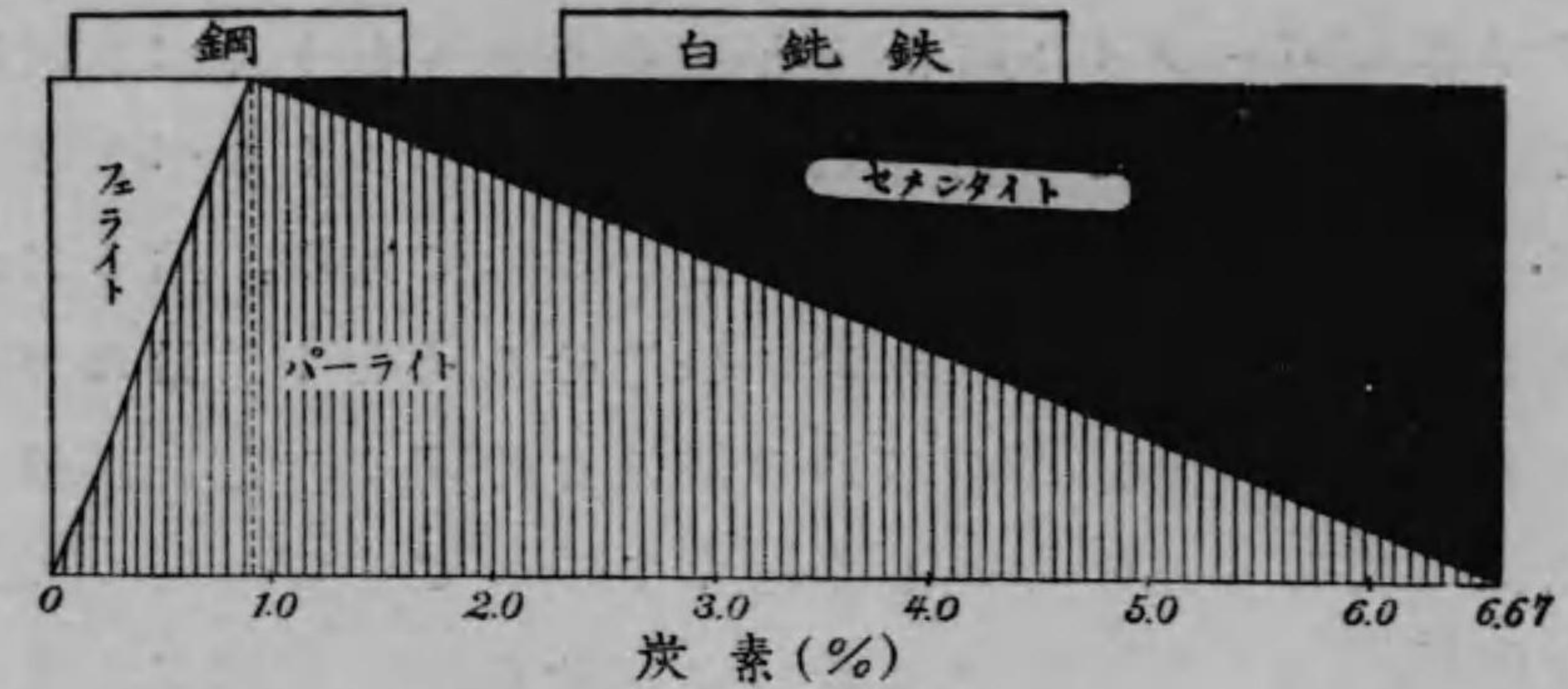
- (1) 「マンガ」及硫黄を多量に含有し、硅素の量極めて少なきこと。
- (2) 凝固點を通じて急激に冷却すること。

化合炭素を得るためには、急冷することの如何に必要なるかは、鑄物の表皮が比較的急に冷却せらるるため白銑鐵のやうな状態を呈して硬くなるのを見てもわかる。ブルキヤスアイソング冷硬鑄物の理はこれから來るのである。之は第78節で説明する。



第八十九圖……白銑鐵の組織
(500倍)

白銑鐵の組織は「ハイパー、ユーテクトロイド鋼と同じ系統に屬し、「パーライト」と多量の「フリー、セメンタイト」から成立つものだ。第八十九圖に於て薄層狀の「パーライト」並に「フリー、セメンタイト」(白色部)とを明に認むることが出来る。以て白銑鐵の堅硬なる所以を知るべしである。炭素含有量を知れるとき、白銑鐵が幾許の「パーライト」と「フリー、セメンタイト」とを含有せるかは、第22節(b)に依つて計算すれば良いのである。今鋼及び白銑鐵の一系統のものが炭素含有量によつて其組織的成分を如何に變化するかを明にするには、第三十七圖を擴張すれば良いのだ。則ち炭素が6.67「パーセント」(實際上鋼鐵はかく多量の炭素を含有し得ざること第40節に述べた通りだが)のとき全部「セメンタイト」となる道理だから、第九十圖を得るのである。



第九十圖……鋼 白銑鐵の組織的成分

78, 化合炭素と遊離炭素とを含有せる鑄鐵。

前二節のものは稀に存在すべきものであつて、黒鉛と化合炭素とを共有するのが普通の場合である。所謂**鑄鐵** Grey Pig Iron はこの場合に屬する。黒鉛と化合炭素との割合は、前の説明で明なる如く次の二條件によつて左右せらるべきものである。

- (1) 冷却の緩急。
- (2) 「マンガ」硫黄、硅素等の含有量の多少。

化合炭素は「フェライト」と共に「パーライト」を作るべきものだから、其量によつては餘分の「フェライト」を生ずることも

あれば、餘分の「セメントイト」を生ずる場合もあるだらう。或は單に「パーライト」ばかりとなることもあり得べき道理である。さればこの場合鋼鐵の土臺を形づくるべき組織は、三形式の鋼と同一のものとなるのである。然るに鑄鐵の性質は鋼の性質と非常に相違せるは全く黒鉛の存在せるため、黒鉛が組織の連続性を妨げるのと、黒鉛の脆性のために鑄鐵を著しく脆くするのである。従つて鑄鐵は伸張力を受けると黒鉛の存在せるため抵抗する力は大に減ずる。しかし、^{テンション}壓縮力を受けるときは、軟かな黒鉛は之を緩和するため非常に強くなるのである。

第九十一圖以下第九十三圖までは、順次に「ハイポ、ユーテクトイド」、「ユーテクトイド」、「ハイパー、ユーテクトイド」の土臺を有する鋼鐵の組織を示したものである。「ハイパー、ユーテクトイド」の土臺を有する鋼鐵に於て化合炭素の量多く、黒鉛が少なくなれば其断面は黝鉄鐵と白鉄鐵との中間のものとなる。かやうな鑄鐵は半黝鉄 Mottled Pig Iron と稱するもので、其組織は第九十四圖に示す如く白鉄鐵に少しばかりの黒鉛が混在せるものだと見做すことが出来るのである。

今 0.25「パーセント」の化合炭素と 3「パーセント」の黒鉛を含有せるものに就いて計算すると、「セメントイト」の量は

$$0.25 \times 15 = 3.75\%$$

となる。従つて「パーライト」の量は

$$3.75 \times 7.4 = 27.75\%$$



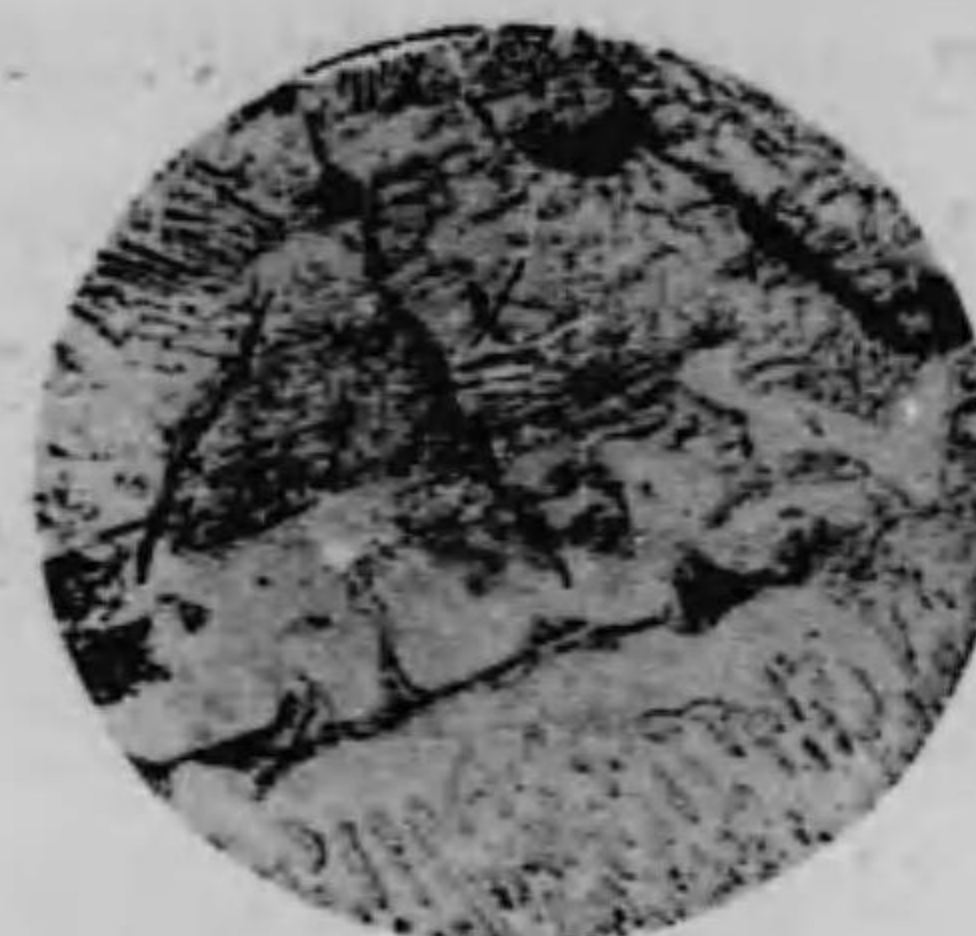
第九十一圖……「ハイポ、ユーテクトイド」の土臺を有せる鑄鐵 (73倍)



第九十二圖……「ユーテクトイド」の土臺を有せる鑄鐵 (375倍)



第九十三圖……「ハイパー、ユーテクトイド」の土臺を有せる鑄鐵 (450倍)



第九十四圖……半黝鉄 (450倍)

よつて「フリー、フェライト」は、

$$100 - 27.75 - 3.0 = 69.25\%$$

則ち69.25「パーセント」の「フリー、フェライト」と27.75「パーセント」の「パーライト」及び3「パーセント」の黒鉛から成立てるものである。かやうに鑄鐵の組織は計算上見出すことが出来る。今Gを黒鉛の量(%)とし、Cを化合炭素の量(%)とすれば、

$$100 - 15 \times C - G$$

は「フェライト」の總量を表はすことになる。之が「セメンタイト」の丁度6.4倍ならば、鑄鐵の土臺は「パーライト」ばかりになる筈だ。夫故この場合には、

$$100 - 15 \times C - G = 6.4 \times 15C$$

則ち

$$100 - 7.4 \times 15C - G = 0$$

なるときは「パーライト」ばかりの土臺になるし、

$$100 - 7.4 \times 15C - G$$

が零より大なるか小なるかに従つて「ハイポ、ユークトイド」又は「ハイパー、ユークトイド」の土臺となるのである。

78, 冷硬鑄物 Chill Casting

既に述べたやうに鑄鐵を高温度より急冷すれば、黒鉛

の發生を防ぎ多量の「セメンタイト」を保存する結果、大なる硬度を有せしむることが出来るのだから、今鑄物の表面を熱を吸収し易き金型で包んで置けば、内部は冷却緩慢なるため軟かきものとなるが、外部は急冷のため堅硬なものとする事が出来る。これ則ち「ロール」車輪などに必要なる冷硬鑄物の原理である。第九十五圖は車輪の鑄型の断面圖であつて、軌條に觸れる面だけを硬くため、此部分だけにCの如き金型を用ゐたのである。冷硬鑄物の断面を見ると、表面は白色緻密にして非常な硬度を有つてゐるが、内部に入るに従ひ漸次其度を減じ、遂に黝銑の状態に移つてゆく。いつたい冷硬鑄物の目的は、磨耗に耐えるものを得ることであるが、かやうなものは脆くして破壊し易いものだから、内部を黝銑の状態に保ち、比較的柔軟ならしむる必要があるのだ。従つて外部と内部とに截然たる區別なく、極めて素直に徐々に變化することを望むのである。

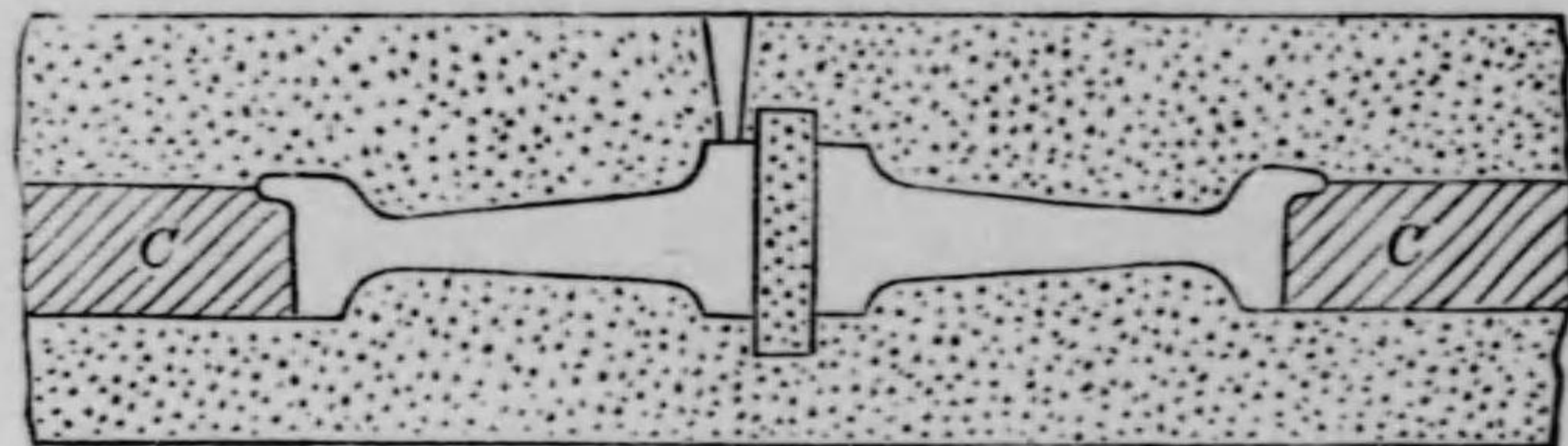
冷硬に影響する條件は色々あるが、今其主要なるものを挙げると、次のやうなものである。

- (1) 硅素は冷硬を妨げ、磷、硫、黄等は之を助く。
- (2) 熔銑の温度高く、流動性大なるほど冷硬の度深し。
- (3) 冷硬すべき断面積少なく、且全型の厚さ大なる

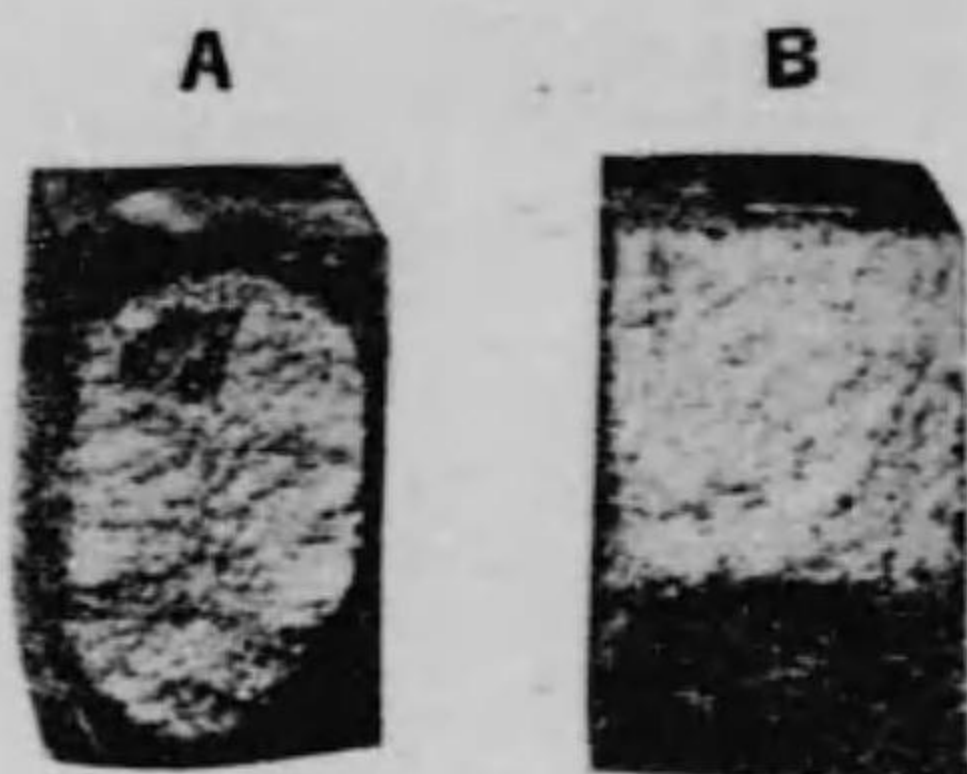
ほど冷硬の度深し。

- (4) 冷硬の深さ定まりたる後之に空氣を當つるときは硬度を増加する。

(4)は^{ウエスト}Westの實驗の結果に據つたものであるが、氏は鑄物の内部全く凝固し最早冷硬の深さが變化しないやうになつてから、其表面に空氣を當てて見た結果、自然に冷却したものにして12%乃至17%硬度を増したのである。



第九十五圖……冷硬車輪の鑄型



第九十六圖……冷硬鑄物試料

茲にちよつと面白いことがある。普通の鑄物の外部は既に黒鉛を分離して充分變化し、内部がまだ高温度にあるとき、之を急冷すれば外部は變化しないが、内部では

黒鉛の發生を妨げられて冷硬を生ずることがある。之を内部冷硬 Inside Chill と稱へる。第九十六圖 A は内部冷硬の断面を示すもので、^{ウエスト}Westの得たものだ。同圖 B は之と比較するために普通の冷硬鑄物の断面を示したのである。

冷硬鑄物は非常に脆きのみならず、内應力を有するものだから、之を焼鈍することが必要である。

第八章 鑄鐵の變化及可鍛鑄物

79, 鑄造溫度の影響。

鑄造するといふ點から言へば、熔銑の溫度は適當なるを要するは無論の話。溫度が低きに失すれば、流れが悪くて充分隅々まで熔銑が廻らぬこともあり、且熔銑の溫度が低いほど蜂巢^{プロキセル}を作り易いものだ。溫度が高きに失すれば、鑄型の一部が熔銑のために洗ひ去られることもあり、溫度が高いほど收縮率が大きくなるものである。しかし、然らば適當なる鑄造溫度如何と問はれると、ちよつと指摘することは困難である。Mewilliam^{メウィリアム}は最後の一滴^{レド}が取瓶から自由に流出し得る程度が最も良いと言つてゐる。

鑄造溫度が鑄造品の性質に如何なる影響を及ぼすかといふことに関しては、Longmuir^{ロングミュア}は澤山な實驗をしてゐる。次の表は氏の實驗の結果の一部分である。

第十六表 鑄造溫度と鑄造品の性質との關係。

鑄鐵の成分(%)						鑄造溫度 (攝氏度)	抗張力 (每平方吋、噸)
化合 炭素	黒鉛	硅素	マン ガン	硫黃	磷		
0.52	3.40	1.78	0.28	0.04	0.27	1400	9.7
						1350	14.1
						1245	10.6

之によつて見ると、鑄造溫度は鑄造品の性質に重大な關係があるらしい。しかし不幸にして未だ結論を得るに至らない。將來の研究問題であらうと思ふ。

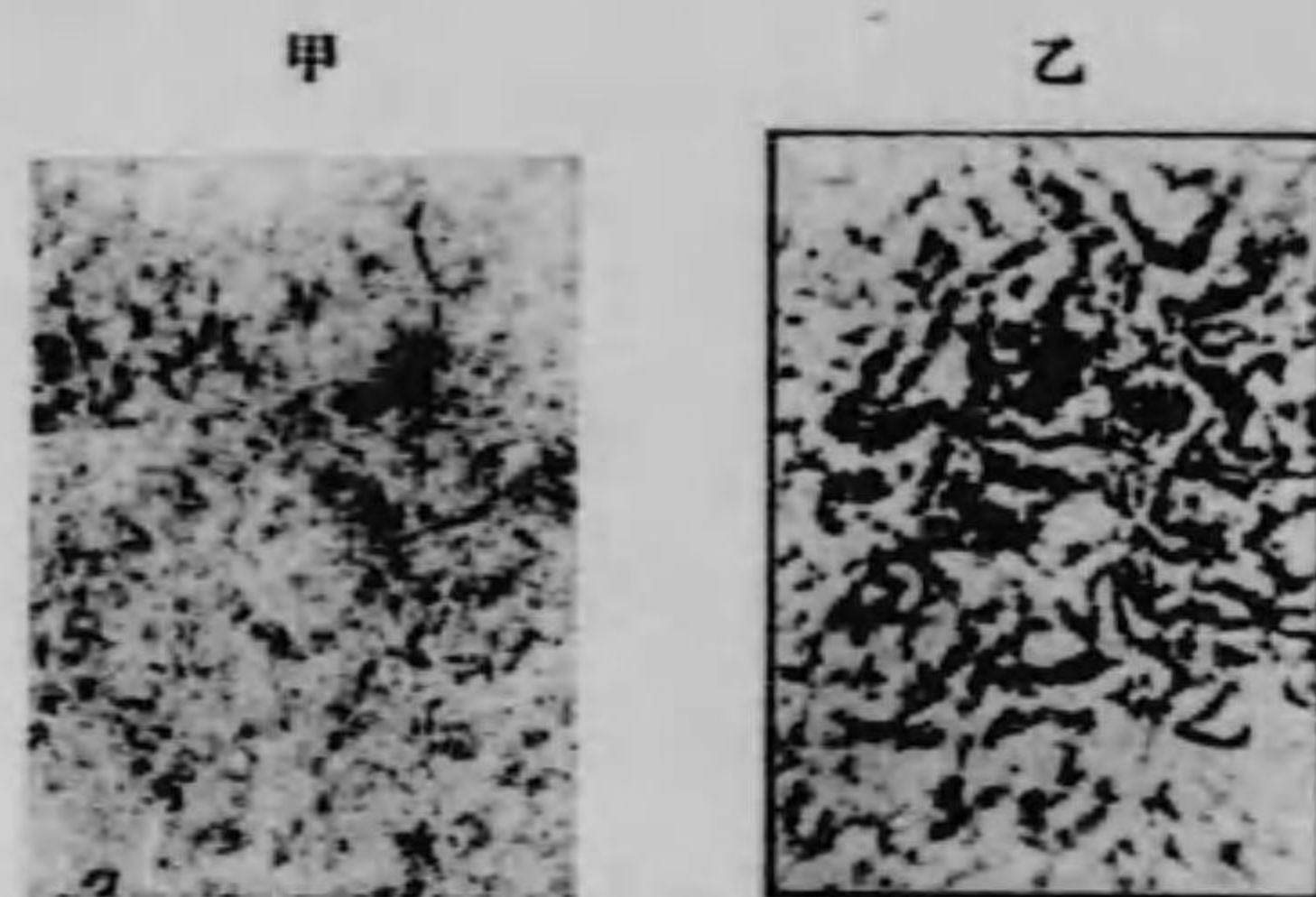
鑄造溫度が鑄鐵の組織に如何なる影響を及ぼすかといふことに就いては、Longmuir は次のやうなことを言つてゐる。鑄造溫度が低いときは結晶の境目がはつきり現はれ、之から裂け易い。鑄造溫度が高ければ組織に弛みがある。適當な溫度のときは結晶の境目がはつきり現はれない。

80, 鋳鉄の焼鈍。

鑄鐵鑄物を焼鈍する目的は、次の二ヶ條であつて鋼の焼鈍の目的と別段相違はない。

- (1) 凝固の際生じたる内應力を除去すること。
- (2) 餘分の化合炭素を去り、之を軟化して切削し易からしむること。

焼鈍によつて鑄鐵が弱くなるといふことは、どうしても免れ得ないことである。Hatfieldの實驗の結果を見るに、鑄造せられたままのものは抗張力每平方吋7噸乃至13噸あつたものが、900度の高温度に數時間曝され48時間かかつて冷却せられた結果、抗張力は3噸乃至4噸に減じてゐる。Longmuirの實驗の結果に就いて見るも、鑄鐵は焼鈍によつて其強さを減ずることは明白である。



第九十七圖……焼鈍前後に於ける鑄鐵の組織

かく鑄鐵は焼鈍されると著しく其強さを減ずる理由は、其組織の變化を見れば明に了解することが出来る。第九十七圖甲は鑄造せられたままのもので、土臺は「パーライト」で蛆のやうに見えるのは黒鉛である。然るに乙圖に示す如く焼鈍せられたものでは、「パーライト」は見えなくなつた上に黒鉛は著しく粗く大きくなつてゐる。之は主として「セメントライト」が分解した結果であるが、かく「パーラ

イト」の消失したことと黒鉛の粗大になつたことは、共に鑄鐵の強さを減ずる原因となるのである。

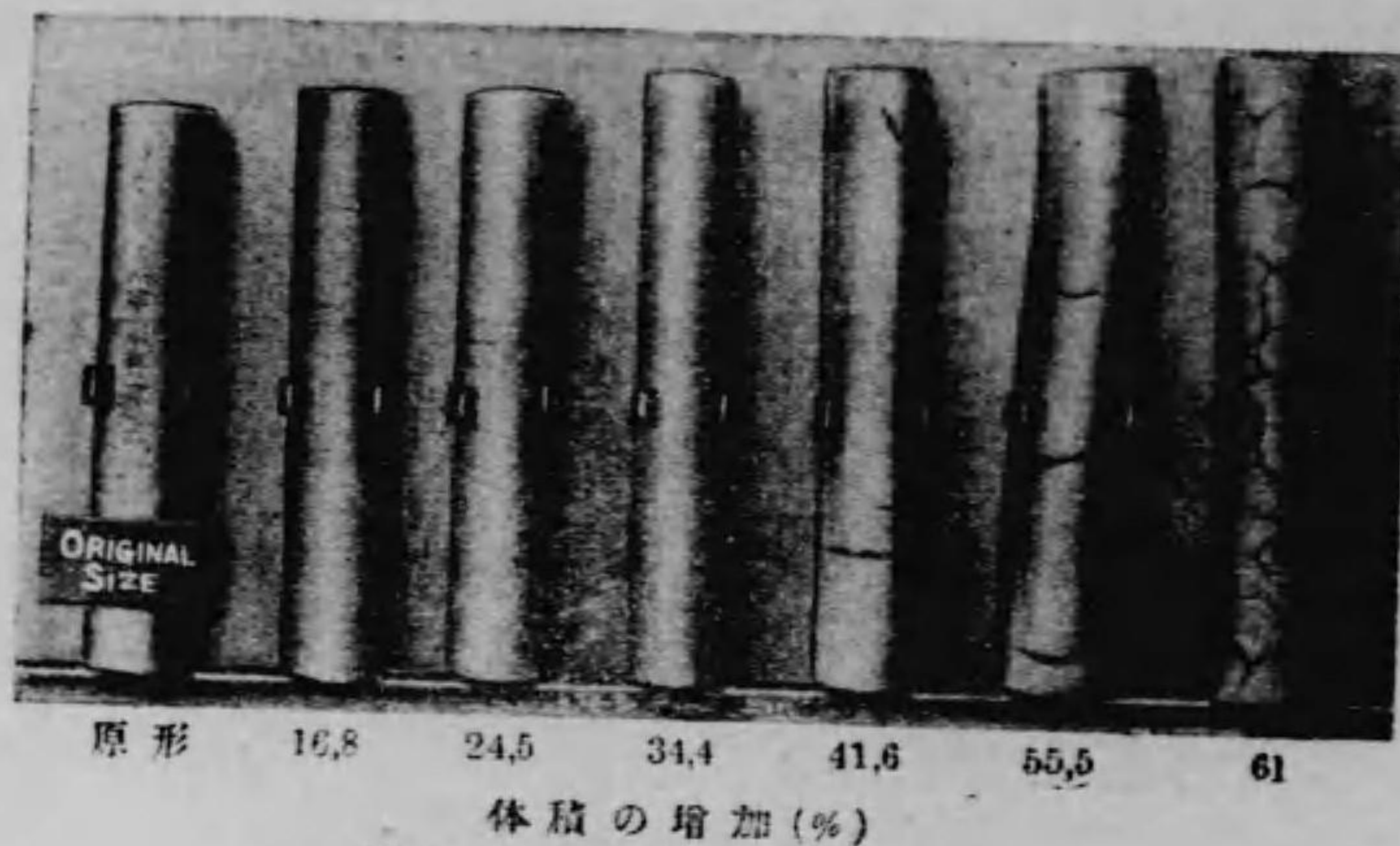
81, 鑄鐵の成長。

繰返し幾回も加熱せられるときは、其體積を増加することは鑄鐵にのみ存すること、他に見られない奇妙な現象である。Outerbridgeは長さ $14\frac{13}{16}$ 吋の1吋角棒を約800度に27回加熱した結果、棒は $1\frac{1}{8}$ 吋角、長さ $16\frac{1}{2}$ 吋とすることが出来た。Rugan及Carpenterが850度乃至950度に99回加熱した結果、直徑0.75吋、長さ5.998吋の丸棒を直徑0.834吋、長さ6.654吋とすることが出来た。此體積の増加は36.8「パーセント」である。

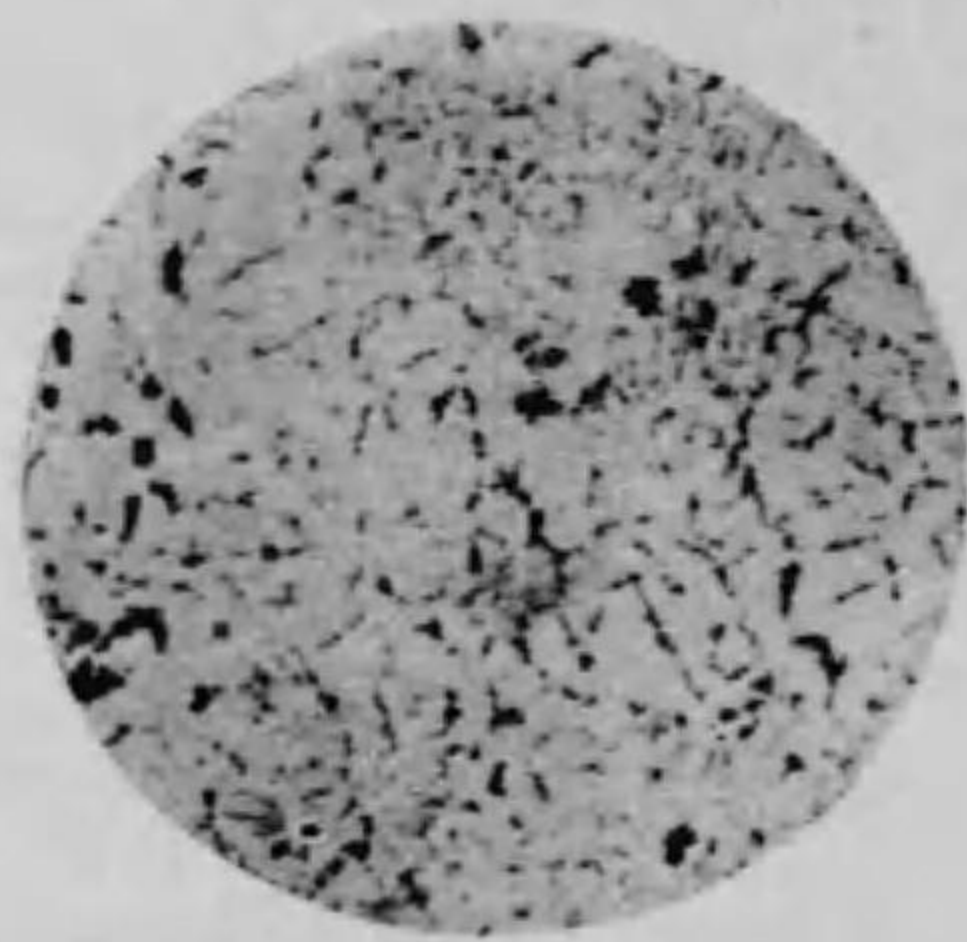
かやうな鑄鐵の成長と加熱の温度との關係に就いてRugan及Carpenterの實驗によれば、成長は650度に於て始まり、其割合は730度に於て最大に達する。夫以上温度を高くしても殆ど影響なく、900度に於て成長の割合は730度に於けるものに比して極めて僅かである。

多くの實驗の結果に徴するに、鑄鐵は黒鉛を含有せるとき成長するのであつて、化合炭素を有するものは一旦黒鉛を分離してからでなければ成長しない。又一定の炭素を含有せる場合には、成長は硅素の含有量に略比例す

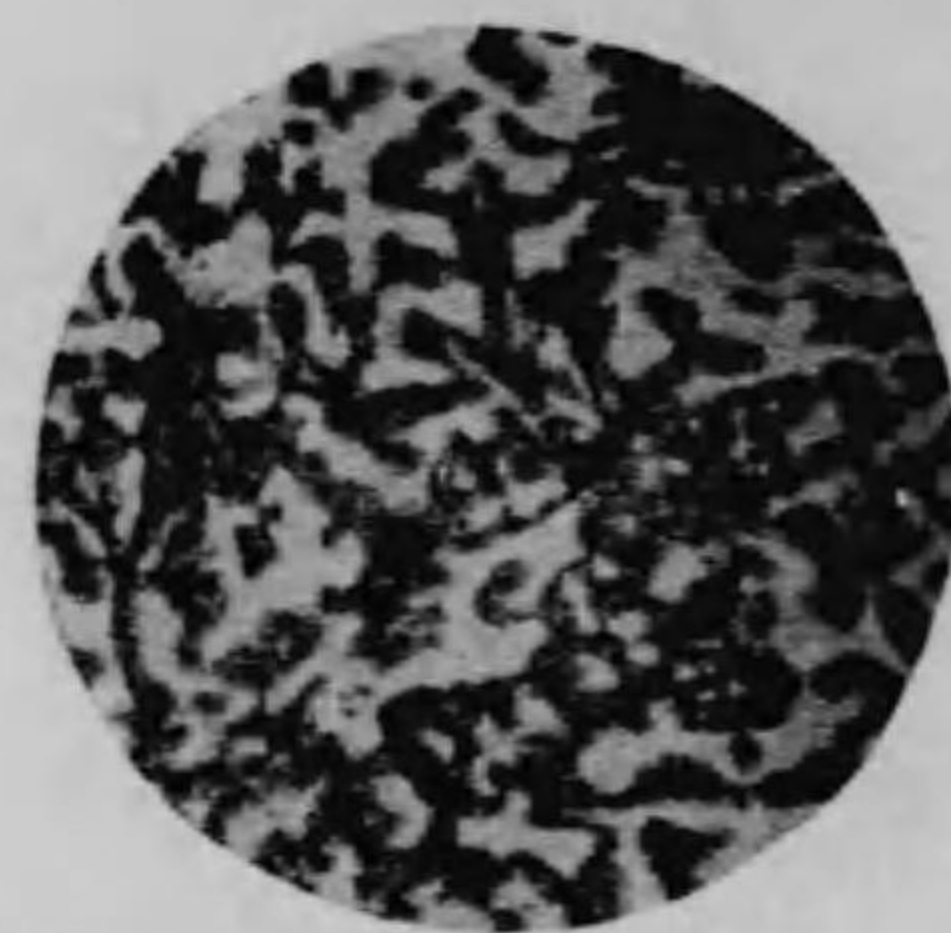
るのである。第九十八圖は硅素 1.07「パーセント」から 6.14「パーセント」の間にある試験棒を成長せしめたものの寫眞圖であるが、之によれば成長した鑄鐵の模様を明に知ることが出来るだらうと思ふ。



第九十八圖……鑄鐵の成長の模様



第九十九圖……火除板—加熱前のもの



第百圖……火除板—900 度に加熱せられたるもの

圖に於て見る如く鑄鐵は成長するほど其質を害せられるのである。嘗て米國の一都市 Baltimore の大火の際耐火家屋として考へられてゐた建物が、其構造物中の鑄鐵が熱せられて成長した結果、再び使用することが出来なくなつたことがある。火床、暖爐等常に高温度に熱せられるものは、此害を受けるわけであるから注意しなければならぬ。

さて何故に鑄鐵はかく成長するかと言ふに、主として鐵及不純物が酸化せられる結果である。此點に就いて Stead の實驗の結果は却々面白い。氏は火除板(汽罐の炊口の蓋の内側にあつて蓋の過熱を防ぐ鑄鐵板の如きをいふ)に就いて實驗したので、火除板は一端に於て 900 度、他端に於て 600 度位の温度に一萬時間熱せられた結果、温度の低い端は成長しなかつたが、温度の高い方の端は 17 平方寸のものが 20 平方寸に膨脹し、生長しない方では比重 7.09 のものが成長した端では 6.14 になつたのである。第九十九圖は成長しなかつた端のもので、黒線は黒鉛であつて普通の鑄鐵の組織と別段變つてゐない。然るに成長した端のものは、第百圖に示す如く著しく酸化せられ、酸化せられずに残つた部分(白色部)は元の體積の三割に過ぎなかつたといふことだ。之等の兩端の部分の分析の結

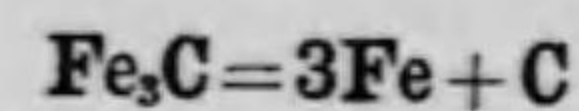
果は、次表に示す通りである。

第十七表・火除板の分析表

	成長しない端 (%)	成長した端 (%)
鐵 分	91.80	84.30
化合炭素	0.05	痕 跡
黒 鉛	3.17
マンガン	0.58	0.54
硅 素	1.72	1.50
硫 黄	0.11	0.25
磷	1.32	1.24
酸素其他	0.25	12.17
計	100.00	100.00
硅酸としての硅素	0.01	1.13
磷酸としての磷	0.51	1.60

82, 白鉄鐵の焼鈍。

前々節に於ても明なる如く、「セメントタイト」は高温度に於ては不安定なるもので、變態點以上の温度に長時間曝されるときは、次の式に示す如く「フェライト」と遊離炭素とに分解する。



かやうな炭素は無結晶球狀の微粒(第百三圖参照)である。之を凝固冷却の際生ずる黒鉛と區別するために無結晶遊

離炭素 Temper Carbon と稱へる。

James が 1000 度に於て $3\frac{1}{2}$ 時間乃至 10 時間白鉄鐵を焼鈍した結果から一例を取つてみると次表の如きもので、焼鈍によつて起つた變化を明にすることが出来る。

第十八表…焼鈍による白鉄鐵の變化。

	化合炭素 (%)	遊離炭素 (%)	硅素 (%)	マンガン (%)	硫黄 %	磷 %
焼鈍前	2.60	0.72	0.71	0.110	0.045	0.39
焼鈍後	0.82	2.75	0.73	0.108	0.40	0.39

之によつて見れば焼鈍によつて起る重要な變化は、炭素の状態の變化則ち化合炭素が遊離炭素に變化することである。

かく遊離炭素を分離するに就いて今日まで知られたる事實を挙げると次のやうになる。

(1) 化合炭素多量なるときは遊離炭素を分離し易い。

炭素 0.5「パーセント」以下の鋼では殆ど遊離炭素を分離せしめず、炭素 1.0「パーセント」位でも極めて徐々に一部分より分離しない、化合炭素 2.5「パーセント」以上にして多量の硅素を含有せるときは、容易に且充分に分離せしむることが出来るのである。

- (2) 硅素多きときは比較的低い温度に於ても遊離炭素を分離する。

Charpy 及 Grenet の實驗によるに、0.07「パーセント」の硅素を含有せるものでは1100度に長時間熱しても遊離炭素を分離せず、1150度に於て始めて分離した。然るに硅素0.27「パーセント」を含有せるものは1100度で分離せしめることが出来た。又硅素0.8「パーセント」を含有せるものは800度に熱しても遊離炭素の微量を得たに過ぎないが、硅素1.25及2.1「パーセント」を含有せるものは單に650度に熱しただけで遊離炭素を分離せしめることが出来たといふことである。

- (3) 一旦遊離炭素の分離を始めるときは、温度を下げても引續き分離が行はれる。

前二氏の實驗に於て、硅素0.8「パーセント」のものを1170度に熱して直ちに急冷したものは遊離炭素1.42「パーセント」を含んでゐたが、一旦1170度に熱し次に700度まで徐々に冷却したものは、遊離炭素2.56「パーセント」を含んでゐたといふことだ。

- (4) 温度高きほど、又加熱の時間長きほど遊離炭素を多く分離する。

この條件は實例を擧げる必要もなからう。さてかやうに無結晶遊離炭素を得ることは、實際上可鍛鑄物に於て重要な事柄である。次に之を説明しやう。

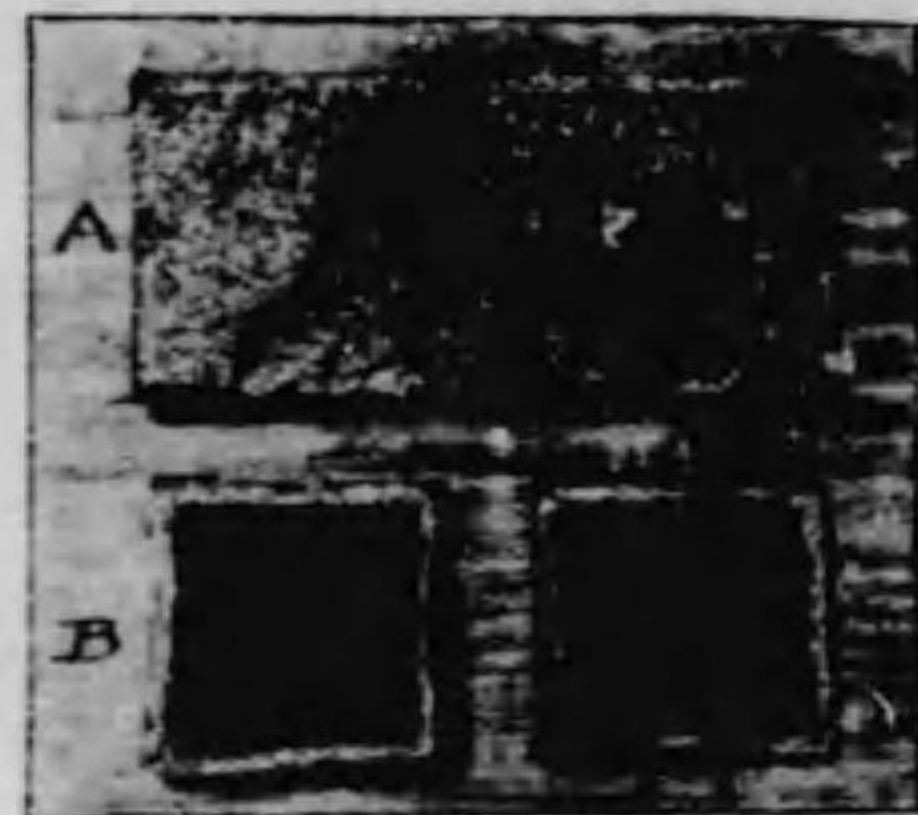
83, 可鍛鑄物の原理。

可鍛鑄物 Malleable Casting とは可鍛鐵(鋼、鍊鐵等)で作つた鑄物といふ意味ではなく、單に一種の銑鑄鐵物を軟化して之に靱性を附與したものに過ぎない。可鍛鑄物の原理は、先づ多量の化合炭素を含有せる白銑鐵鑄物を作り、之を酸化劑で包んで長時間加熱し、其間に含有炭素を(1)殆ど脱出せしめるか、或は(2)之を無結晶遊離炭素に變化せしめるのである。歴史を按ずるに可鍛鑄物に就いては、1722年佛人 Reaumur が實驗の結果を集めて公にしたのが初めてあつて、氏は銑鐵鑄物を酸化鐵で包んで加熱すれば、著しく軟化せられることを發見したのである。現今歐洲大陸では多く此方法を採用するのであるが、當時は未だ一般に行はれなかつたらしい。後1804年英人 Samuel Lucas は鐵礦を以て鑄物を包んで加熱すれば、可鍛鑄物を得ることを發見して特許を得た。之等の方法では酸化鐵又は鐵礦(主に鐵の酸化物を含む)などの中の酸素が鑄物中の炭素を一酸化炭素として脱出せしめるのである。か

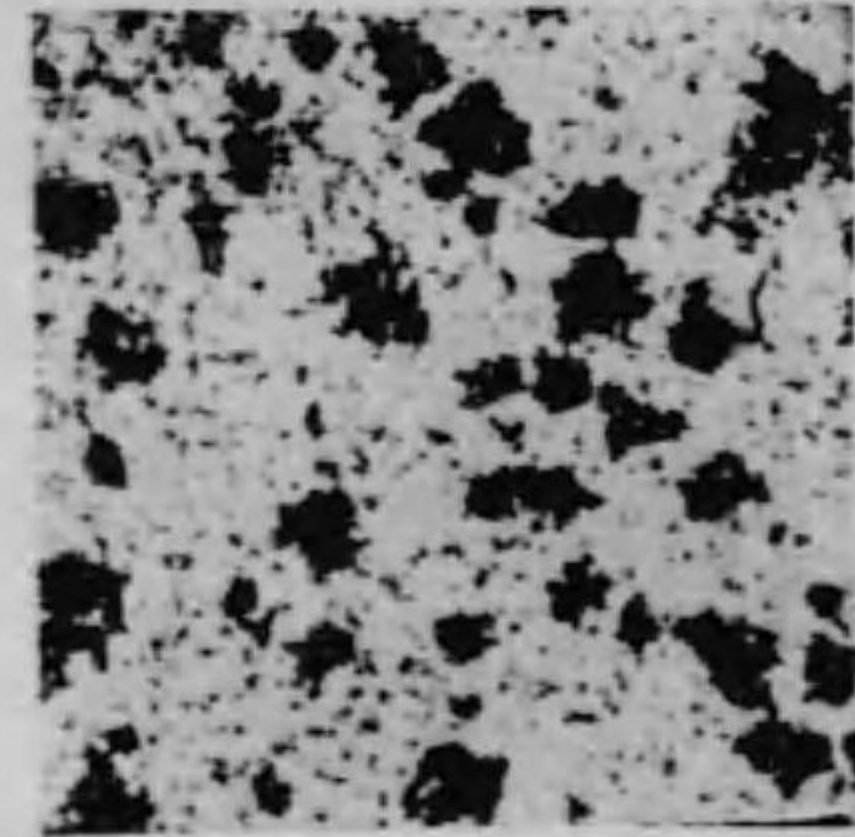
かる処理法を受けた鑄鐵の組織は、第百一圖に示す如く炭素の大部分は脱出せられ、残れる「セメントイト」は組織全體に擴散せられ、少量の炭素は無結晶遊離炭素として存在するのである。



第百一圖……白色可鍛鑄物



第百二圖……可鍛鑄物の断面



第百三圖……黑色可鍛鑄物

かやうに炭素を脱出せられた鑄物は、著しく靱性を増し、其断面は緻密にして白色を呈し、むしろ鋼の如き外觀を現はすものである。之を白色可鍛鑄物 White heart

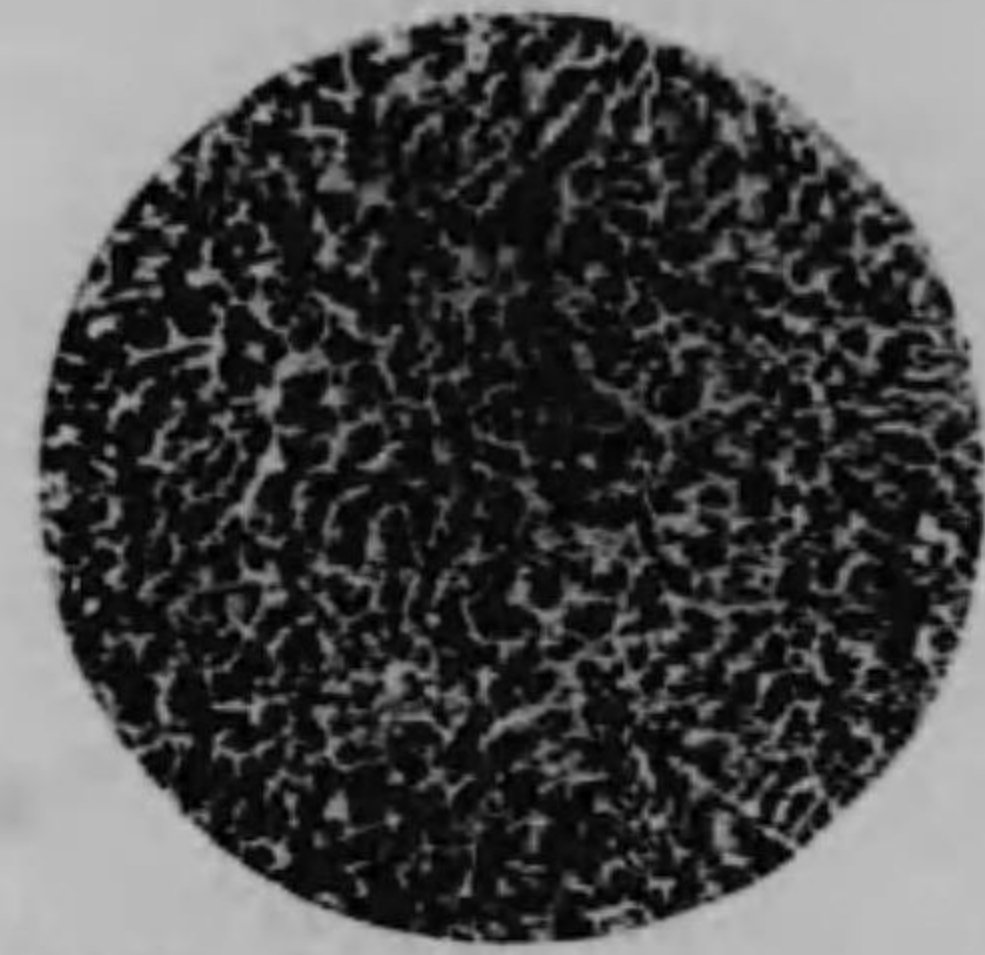
malleable Casting と稱へる。第百二圖 A は其断面の模様を示したものである。

第二の方法は炭素を脱出せしめるよりも、むしろ之を無結晶遊離炭素に化するのを主眼とするのであつて、かやうな鑄物は第百三圖に示す如く炭素の微粒が組織中に分布せられる結果、著しく其靱性を増し、そして断面は黑色を呈し、表皮は第百二圖 B に示す如く脱炭せられて白色鋼狀の外皮を作るのである。之を黑色可鍛鑄物 Black heart malleable Casting と稱へる。この方法は ^{ジョセフ アッシュトン} Joseph Ashton 及び ^{ジョージ マツクス} George Matthews 等に依つて發見せられたるもので、現今米國で盛に用ゐられてゐる。

84, 可鍛鑄物の化學成分。

可鍛鑄物となすべき鑄鐵は、既に述べたやうに炭素が殆ど全部化合状態にあるやうにしなければならぬ。かかる鑄物は極めて硬く脆いもので、其断面は白色緻密な組織を有つてゐる。之を硬鑄物 Hard Casting と稱へる。第百四圖は其組織を示すものである。

何故に硬鑄物となす必要あるかは既に前節に述べたる如く、^{ハーバート・キヤースティング} 無結晶遊離炭素を得るためには炭素は成るべく多く化合状態にあらしめる方が便利でもあり、又黒鉛を含



第百四圖……可鍛鑄物となすべき硬鑄物

有せるときは軟化作業を行へば著しく鑄鐵の質を害するからである。しかし、餘り化合炭素が多ければ軟化するに長時間を要するから、自ら程度があるわけである。一般に硬鑄物の炭素含有量は 2.5 乃至 3「パーセント」である。

他の不純物に就いても多少考ふべき事柄がある。次に少しく説明しておかう。

(1) 硅素。硅素は炭素をして黒鉛に変化せしむる有力な元素として知られてゐる。夫故硬鑄物に於て多量の化合炭素を得るためには、硅素の量少なきを必要とする。然るに他の方面から言へば、硅素は熔銑の流動性を増し、蜂巢を少なからしめるものであり、且無結晶遊離炭素を得るためには、硅素を多量に含有するを便とする。則ち鑄造並に軟化の方から言へば硅素の多い方が良いのだ。

茲に於てか硅素に對する要求が前後衝突するわけである。普通肉厚の鑄物では硅素を 0.4「パーセント」位とし、肉薄になるに従ひ其量を増し、極薄いものでは 1.0「パーセント」以上とすることがある。

(2) マンガン。「マンガン」は有害なる元素たる硫黄を除去する効力のあるものであるが、炭素の分離を妨げるものだから、一般に少ない方がよい。普通 0.4「パーセント」以下としてある。

(3) 硫黄。硫黄は如何なる場合にも有害なる元素で、化合炭素を維持せしめる働がある。従つて硫黄は軟化作業を妨げるものだ。黒色可鍛鑄物の如く比較的低温で短時間軟化するものでは、特にこの元素の少ないことが必要である。白色可鍛鑄物の如く高温に於て長時間加熱するものでも、0.08「パーセント」以下とするのが普通である。

(4) 磷。磷は金質を脆弱ならしむるものだから、可鍛鑄物には其含有量を少なくしなければならぬ。唯磷は熔銑の流動性を増すものだから、鑄造上必要なものとせられてゐる。普通 0.25「パーセント」以下とする。

可鍛鑄物に就いて有名な米人 Moldenke が、原料銑鐵の適當なる成分として擧げてゐるものを記すと次の表の通

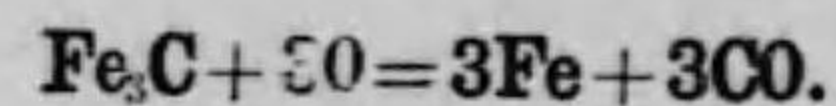
りである。

第十九表 可鍛鑄物に適當なる成分。

硅素.....	0.45-1.00%
マンガン.....	0.30%
燐.....	0.225%以下
硫黄.....	0.07%以下
全炭素量.....	2.75%以上

85, 包被材料 Packing Material

硬鑄物を赤鐵鑄の如きもので包んで加熱すれば、鑄物中の酸素は「セメント」に働き、次の式に示すやうな變化を起して炭素を脱出せしめる。



この變化は無論鑄物の外部から行はれるのであつて、酸素は深く内部に侵入することが出来ないが、内部の「セメント」が外部に移動して來て酸化作用を受けるのである。決して炭素自身が移動するのではない。

黑色可鍛鑄物の場合には無結晶遊離炭素を得るのが目的であつて脱炭を主とするのでないから、必ずしも包被材料として酸化剤を必要としない。砂のやうなものであ

つても良いわけである。則ち包被材料は、高温度の加熱から鑄物を保護して直接高熱瓦斯の働を受けるのを防ぎ、且歪などの生ずるを防ぐことが出来れば良いのである。しかし、現今黑色可鍛鑄物の場合にも酸化剤を用ゐることになつてゐる。普通鍛工場又は「ロール」工場て出来る酸化鐵滓 Scale を用ゐるか、或は之に赤鐵礦(砂鐵礦)を混じて用ゐるのである。

86, 軟化作業。

白色可鍛鑄物を得るためには、

- (1) 包被材料に酸化剤を用ゐること。
- (2) 800 乃至 900 度に加熱すること。
- (3) 長時間(四五日間)高温度に曝すこと。

の三點を必要とする。かくするときは最初先づ外皮が脱炭せられて白色となり、内部は「セメント」の一部が分解して無結晶遊離炭素を生じ黑色となる。かくて時間が経過するに従ひ、白色なる外皮が厚くなり遂に中心まで脱炭せられるのである。かやうな脱炭作用は極めて徐々に行はれるものだから、白色可鍛鑄物は肉薄のものとなければ容易に行はれない。厚さ $\frac{1}{4}$ 吋以上のものならば黑色可鍛鑄物とする方が便利である。茲に注意すべきこと

は、かく長時間高温度に曝しておく組織を粗くすることだ。しかし白色可鍛鑄物は炭素含有量から言へば鋼に近いものだから、焼鈍すれば組織を緻密にすることが出来るのである。

黑色可鍛鑄物に於ける軟化作業と雖ども、前の場合と殆ど大差はない。唯比較的溫度が低いこと、さほど長時間を要しないだけの相違である。普通二三日間 750 度乃至 800 度の溫度に曝しておくのである。

87, 可鍛鑄物と鑄鐵及鑄鋼との比較。

可鍛鑄物は鑄鐵よりも強く、鑄鋼よりは弱くて丁度其中間に位すべきものである。可鍛鑄物は又曲げたり鈍延したりすることは出来るが、それは出来得るといふだけで、そんなことをして變形するのが目的ではなく、既に鑄造の際目的とする形狀を附與すべきものである。この鑄物の最大特色とすべき點は衝擊によく耐へるといふことで、之には鋼も遠く及ばないのである。

なほ可鍛鑄物は小物を作るに適當なるものである。銑鐵鑄物の小物は脆きに失するのみならず、衝擊に耐へない。鋼鑄物は現今のところ費用を多く要するのみならず、

小物を鑄造するには特に高温度の熔解をしなければならぬから、作業が困難である。然るに可鍛鑄物は、比較的薄くして複雑な形狀の品物でも容易に鑄造することが出来るし、其後の作業の結果靱性を附與することが出来るのだから都合がよいわけである。

銑鐵鑄物と可鍛鑄物とは略同様な組成を有するに拘らず、前者は脆く後者が粘いといふ事實は、第八十八圖と第百三圖とを比較すればすぐ解ることだ。則ち前者に於ては遊離炭素は大きな板狀結晶をなし、後者に於ては微粒となるからである。

鋼鑄物は可鍛鑄物よりも強いけれども衝擊に對する抵抗力の劣れることも、兩者の組織から判断することが出来る。鋼鑄物は「フェライト」と「セメンタイト」の聚合體であつて、其間に介在して其連續性を害するものがない。しかし可鍛鑄物では炭素が其間に入つて連續性を害するため、伸張力に對する抵抗力は鋼ほど強くないが、之に衝擊を與へるやうな場合には微細なる遊離炭素は之を緩和して、内部まで其力を波及せしめないからである。

第九章 失敗の探究

88, 失敗の原因。

金屬材料には間々不測の缺陷の潜めるため、之を實際に使用する際往々失敗を招くことがある。かやうな材料を試験するに當り顯微鏡を用ゐるときは、化學分析又は物理的性質の試験に於ては認めることの出来ないやうな微細な缺點をも發見することが出來て、非常に便利なおことがある。

失敗の主要なる原因は次の二つとすることが出来る。

第一、製作中の缺陷。

第二、不良なる處理法。

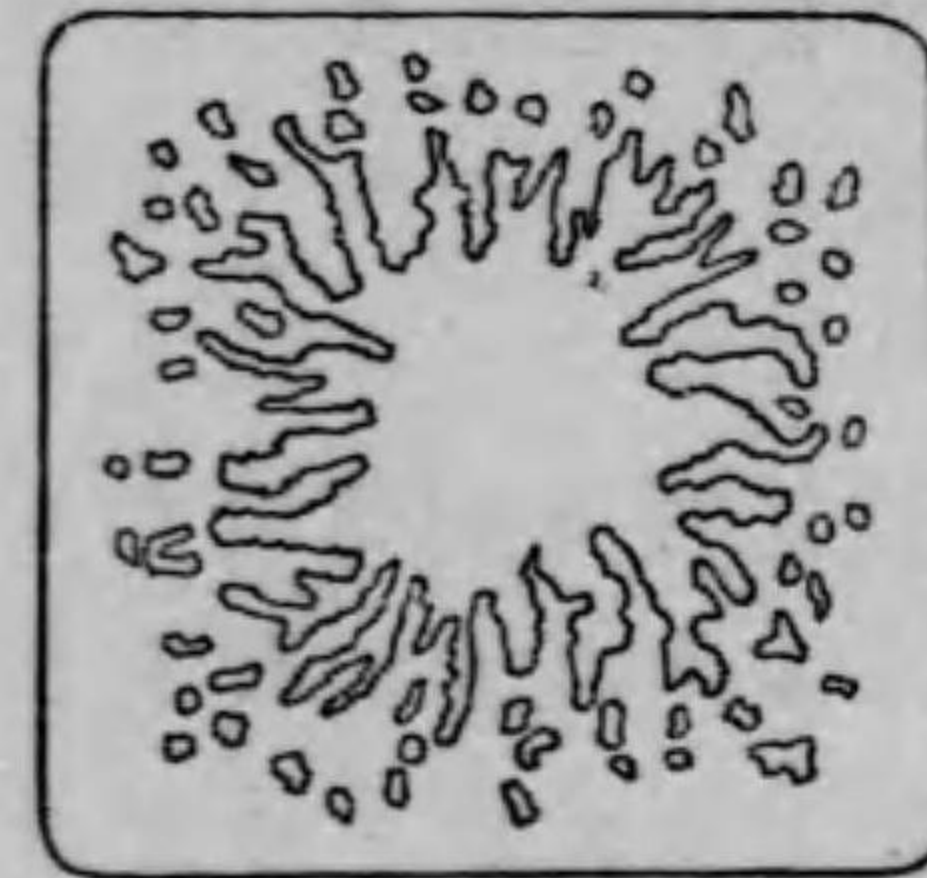
第一のものは、化學成分の不適當なる結果、又は不純物の析出(次節を見よ)などに原因するもので、之等は化學分析によつて指摘することも出来るが、其細かな點に入るとどうしても顯微鏡の助をからねばならぬ。第二の處理法を誤つたものでは、物理的試験によつても之を發見することが出来るが、之を正確に發見し且其原因を指摘することは、顯微鏡の助に俟たねばならぬのである。本章に於ては之等の失敗に關する説明並に顯微鏡的の探究

を試みやうとするのである。

89, 不純物の析出 Segregation of Impurities.

金屬中に不純物が存在せるときは、凝固の際分離して或部分に凝集せられることがある。之を不純物の析出と稱へる。

鐵及鋼は炭素、硅素、「マンガ」^ン、磷、硫、黃等の不純物を含有せる一種の複雑な合金と見做すことの出来るもので、之等の不純物又は化合物は夫々固有の凝固點を有し、且其凝固點は一般に鐵の凝固點よりも低いものである。されば鐵が凝固する際には不純物の部分はまだ熔融状態にあつて、なるべく温度の高い場所に集合する傾向を有つてゐるものだ。今鋼塊の凝固する場合を考へてみると、熔



第百五圖...鋼塊の凝固する状態

鋼を型に注入したときは先づ外部は急に冷却して固体となるが、内部は未だ液体の状態にある。此固体の部分と液体の部分との境目は、第百五圖に示す如く陸地の海岸線の如き有様となり、漸次中心に向つて凝固して行くのである。かやうな場合には、中心部に於て不純物が多く析出するのである。

Howe は析出し易きものを次の三つに分類した。

- (1) 他の部分よりも非常に凝固點低きもの。
- (2) 親和力の異なる化合物。
- (3) 他の部分よりも比重著しく異なるもの。

炭素・燐などは「マンガ」よりも鐵に對する親和力大なるものだから、之等のものと鐵との化合物は析出し易い。又鐵の硫化物は比重著しく小なるものだから、之亦析出し易いものである。然るに炭素は滲透し易くして一樣に分布せられる傾向があるから、鐵及び鋼に於ては燐及び硫黄の析出が最も多く發見せられるのである。之等は尙後にも説明するが、兎に角かやうな不純物の集合せるものは、第百五圖の如き状況の下に凝固する結果として、結晶の間に取り圍まれて其所で凝固するのである。

析出のために最も多く困らされるものは、恐らく鋼塊であらう。鋼塊に於ては内部のまだ熔融状態にある部分では、對流が起つて高温度のものは成るべく上部に昇る

ため、析出の最も多い部分は上部三分の一ばかりである。夫故上部の三分の一ばかりを切り去れば良い鋼を得るわけだが、夫れでは経費が高くついで實際には行ひ難いことである。されば析出を少なからしむることは、製鋼上極めて重要な問題である。

しかし茲に注意すべきことは、析出は自然の法則に従つて起ることであるから、絶対に之を消滅せしむることは出来ない。吾々は唯成るべく析出の起ることを少なくするやうに努めるだけである。

今其條件を挙げると次のやうなものだ。

- (1), 冷却を速かならしむること。
- (2), 鋼塊を小さくすること。
- (3), 特種の元素を用ゐること。

上の中(1),(2)は他に關係するところがあるから、無暗に行ふことは出来ない。(3)に就いては第十一章で述べることにする。

90, 巢蜂 Blow-hole.

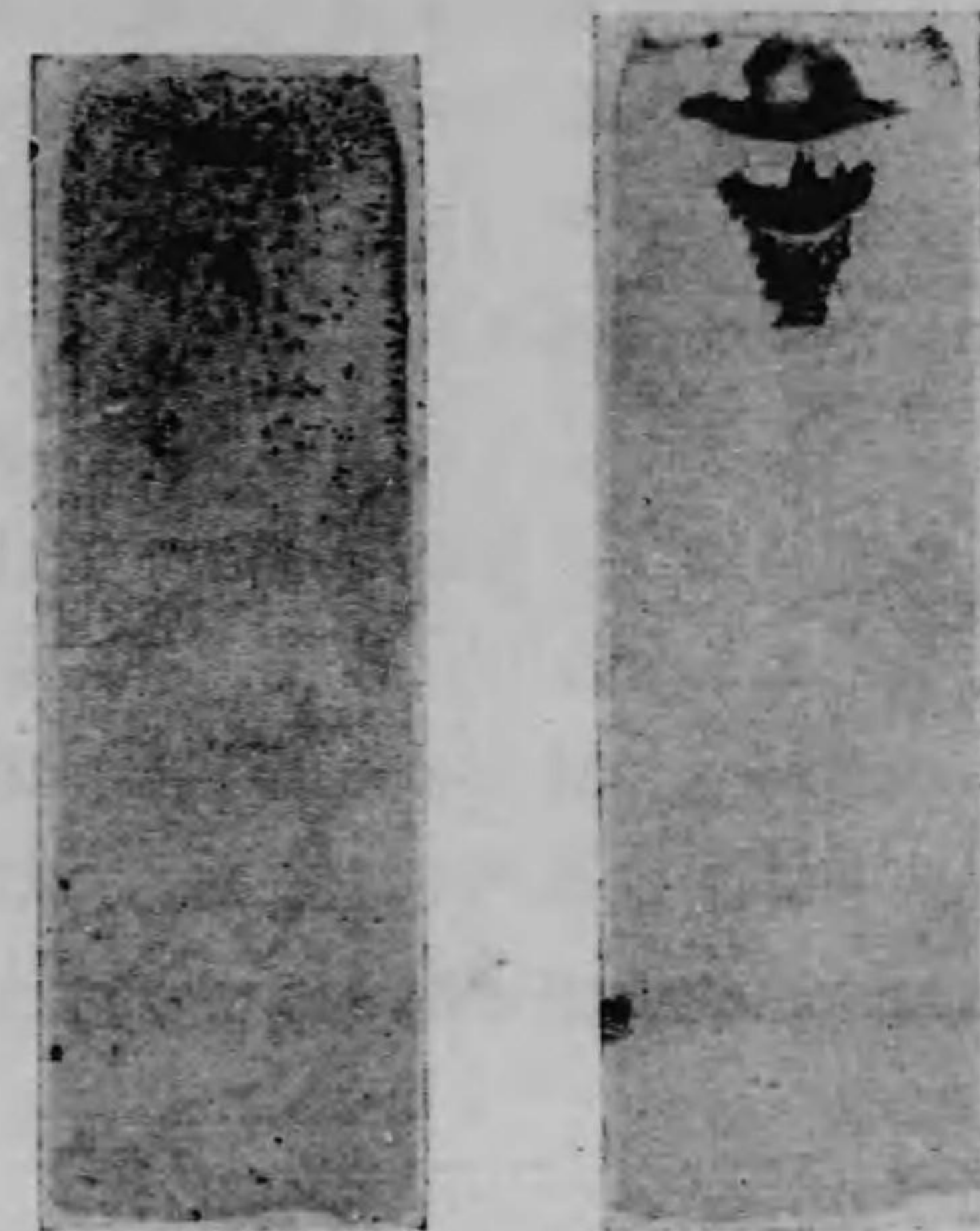
鑄造物に蜂巢を生ずる一般の理を先づ説明しやう。金屬は熔融せるときは多少瓦斯を溶解するもので、其溶解量は金屬並に瓦斯の性質によつて異なるは勿論、温度に

も大に關係するものである。各金屬は熔融状態にあるとき、瓦斯に對する溶解性最大に達するやうな一定の温度があるもので、之より温度が高くなつても低くなつても何れも其溶解性を減じ、沸騰點及び凝固點に於て著しく此性を減じて既に溶解せる瓦斯を多量に放出するのである。

一般に金屬の溶解する瓦斯は、主として熔融の際接觸せる酸素、水素、一酸化炭素、炭酸瓦斯、窒素などで、そのうち酸素は多くは金屬と化合して存するものである。之等の瓦斯は上に述べたやうに凝固の際放出せられ、凝固する金屬のために取込められて小なる氣泡を多く作るのである。之が蜂巢の生ずる根本の理である。凝固が徐々に行はるゝときは、放出せられた瓦斯はまだ熔融状態にある部分を昇騰して外部に出ることが出来るが、速に凝固せられて金屬が長く流動性を保つことが出来なければ、瓦斯は外部に出ることが出来なくて多くの蜂巢を作る。されば蜂巢の生ずるを防ぐには、徐々に冷却凝固せしむるのが最も良いわけだ。この點は前節に擧げた析出を防ぐところの第一の條件と衝突することになる。

鐵及び鋼が溶解する瓦斯は、主として水素、窒素及一酸化炭素などである。第百六圖甲は鋼塊に於ける蜂巢の模様を示すものである。圖に於て見る如く各氣泡は稍細長

き形をなし、其長軸は冷却面に垂直になれること、其内壁は瓦斯の壓力のため比較的平滑なること、主に鑄造物の上部に生ずることなどは、蜂巢の特徴とすべき點である。



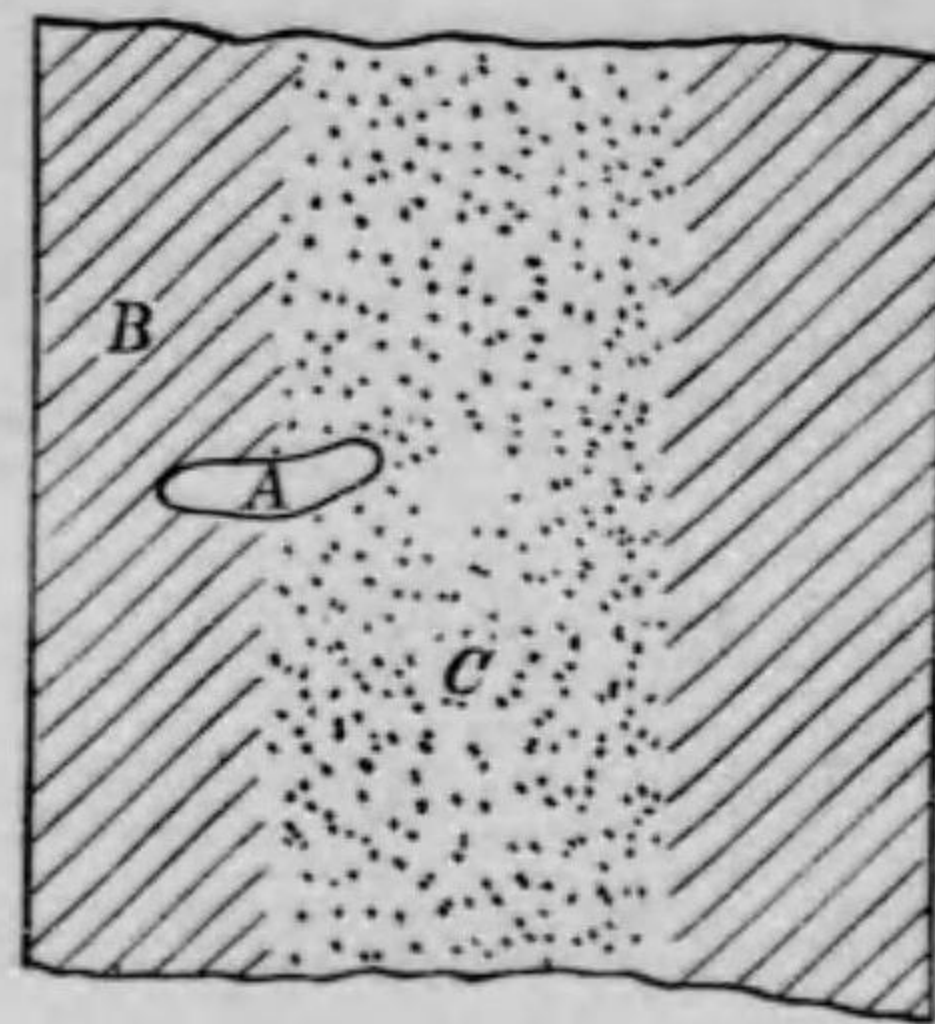
甲 乙
第百六圖……鋼塊の断面

茲に注意すべきことは、一般に蜂巢と言へば小氣泡の集合せるものを名づけたもので、澤山な瓦斯が集積して作つた大きな空所をいふのではない。かやうな場合には瓦斯洞 Gas Cavity と稱すべきものである。

91, 蜂巢に伴ふ諸現象。

蜂巢に關聯した事柄に就いて、なほ少しく説明しておかう。但主として鋼塊に關した話である。

第一は往々氣泡中に縦葉状を呈せる鐵の結晶を發見することである。その理由を考へると二様の解釋が附く。先づ第百七圖に示す如くAなる氣泡の形ほぼ定つたとき、鋼塊の中心部はまだ半熔融の状態にあるものとせよ。然るときは内側に於て氣泡に接せる部分は熱の傳熱度小なるため、その上下の部分は勿論、中心に近い部分よりも冷却せらるること遅く、ために最後に凝固することがあるかも知れない。かやうな場合には他は既に凝固し終れるため、他部より鋼の補充を受けることが出來ないで、此部分は獨立して鐵の結晶を作るのである。



第百七圖……鋼塊中の氣泡

次に考ふべきことは氣泡は其形ほぼ整ふた後にも、瓦斯が絶えず集積して其壓力を増すことがあるだらう。又氣泡は上部に向つて絶えず昇騰せんとする傾向があるため、圖に示す如く氣泡の中心に近い部分が少しく上の方に向いてゐるのである。かやうに氣泡が運動して壓力並に其大きさを増す時は、其周圍にある鋼中よりまだ十分に凝固し得ない部分を押し除け、鐵の結晶を獨立せしめることがある。因に第百七圖及び氣泡の増大といふ點から考へたならば、氣泡が細長くなつて長軸を冷却面に垂直にせる理由を悟ることが出來るだらう。

第二に黄色又は綠色の物質が氣泡の内壁に附着せることがある。この物質は主に硅酸鹽類であつて、鋼塊全部が收縮するとき其壓力のために氣泡内に押し出されたのである。

第三に氣泡の内壁に鋼の小球が附着せることがある。其成因は二つに分けることが出來る。則ち熔鋼を金型に注入する際一部分の熔鋼が跳ね反つて小球となり、酸化せられて鋼の中に包まれたるものもあり得べきことだ。このものは鋼の中の炭素と反應して一酸化炭素を發生して氣泡を作らしめ、その内に鋼粒自身が宿るのである。

他の原因は鋼塊全部が収縮する際生ずる圧力のために、まだ充分凝固しない部分が気泡内に押し出されて小粒となるのである。

第四に注意すべきことは、気泡附近の鋼の質不純にして多量の硫黄、磷などを含有せることがある。之は気泡の周囲の部分は比較的遅く凝固するため、不純物が析出する結果である。之を蜂巣に伴ふ析出 Blow-hole segregation と稱へる。



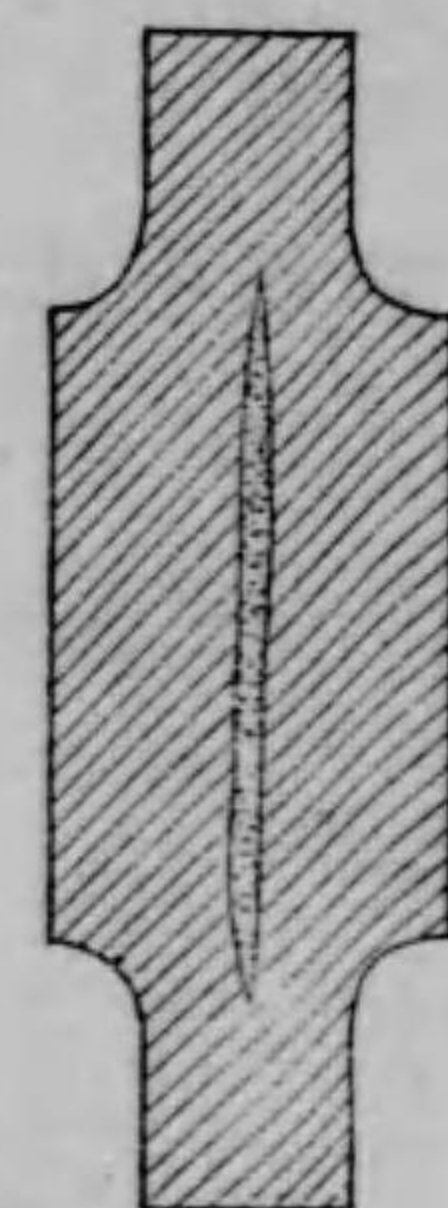
第百八圖……蜂巣に伴ふ析出

第百八圖はかやうな析出を取出したもので、この物は「マンガン」及鐵の硫化物を含んでゐる。蜂巣に伴ふ析出は外部に近く存することは稀であつて、主に中央に近い部分の気泡を生ずるものである。

92, 收縮管 Pipe.

鑄造物は型に注入せられると、先づ外部が凝固して一

定の形を作り、然る後内部が凝固収縮するのである。されば内部のものが収縮する際には外部のものが之に應じて體積を小さくすることが出来なため、最後に凝固する部分には金屬が不足して空洞を作るのである。この空洞は第百九圖に示す如く細長き管状を呈するものだから之を收縮管と名づける。收縮管は金屬の収縮の結果生ずるものだから、内に瓦斯を有つてゐない。又多くは品物の中心部(最後に凝固する部分)に生じ、内壁は比較的粗雑なのが普通である。



第百九圖……收縮管

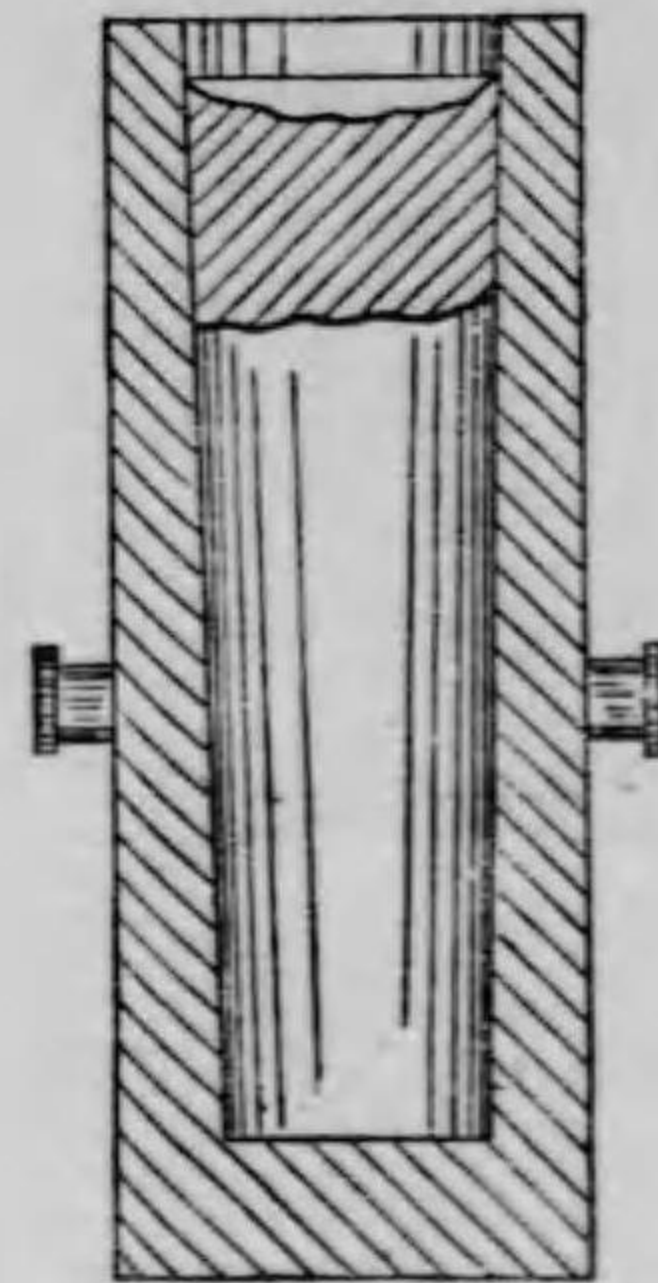
鋼塊に於ても收縮管は中心部に沿うて生ずべき道理であるが、徐々に冷却せられるときは未だ熔融状態にある部分に對流を起す結果として、最後に凝固する部分は比

較的上部のものとなり、従つて收縮管は第百六圖乙のやうに上部に生ずるのである。

93, 完全なる鋼塊を得る方法。

蜂巢及び收縮管などの生ずるを防ぎ、完全な鋼塊を得ることは製鋼家にとつて極めて重要な事柄である。之がためには従來色々な方法が行はれてゐる。

酸化剤を加へて瓦斯の發生を防ぎ、或は熔鋼を攪拌して瓦斯の逃出を容易ならしめるといふやうなことも行はれ、鋼塊の内部がまだ熔融状態にある間に外部から強壓を加へて壓縮することも試みられた。

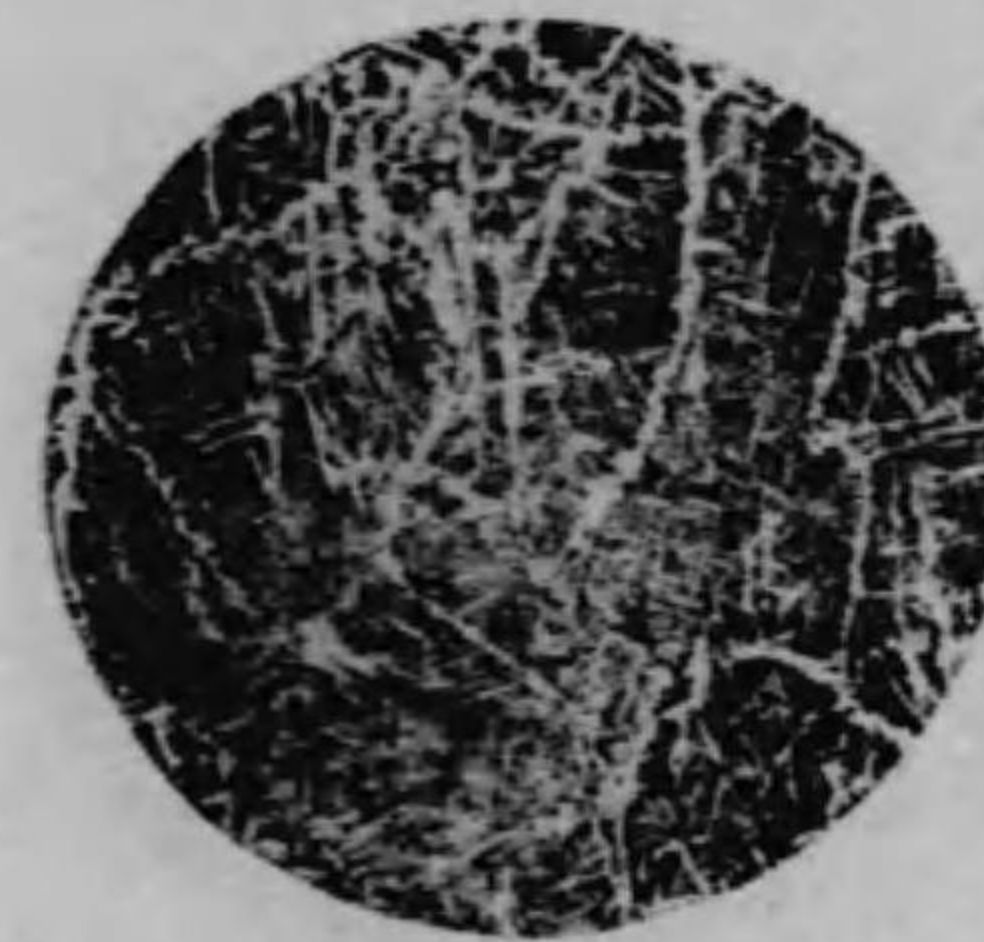


第百十圖 …… 完全な鋼塊を得る方法

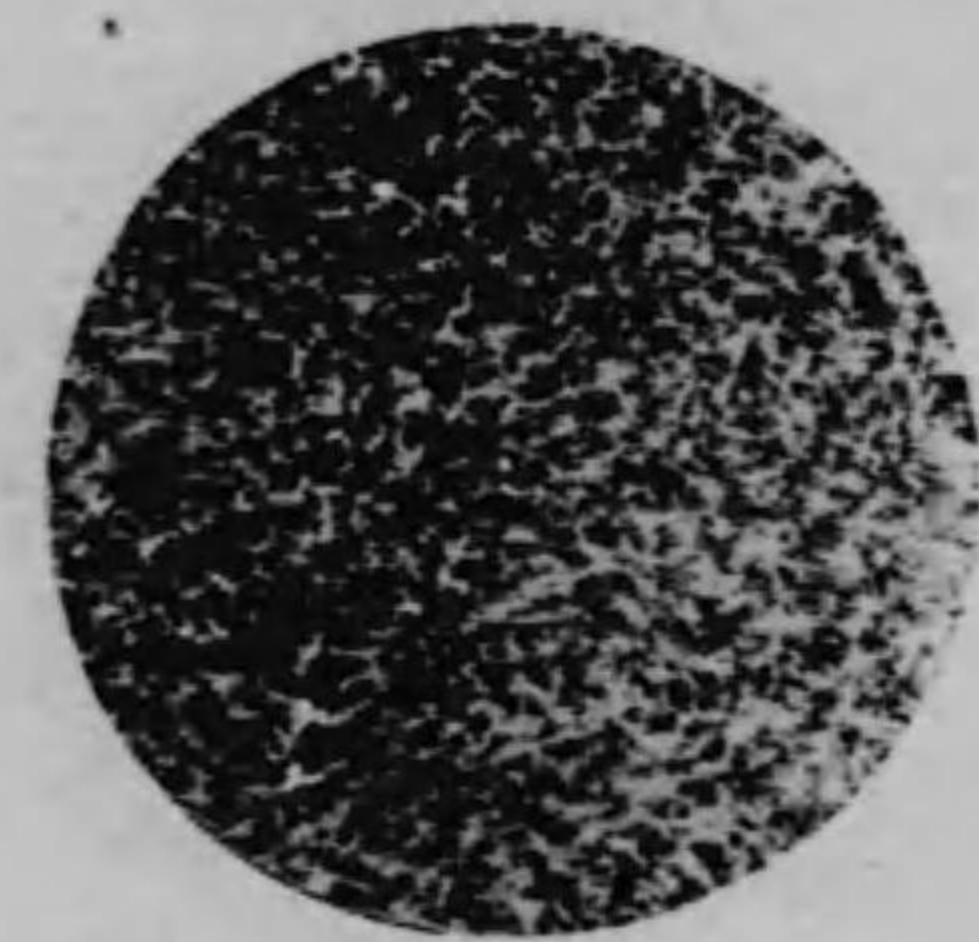
近頃一米人の發明した方法は、第百十圖の如く金型は下部ほど少しく狭くしたもので、熔鋼を注入した後、型を持ち上げて堅固な臺の上にとすんとすんと何回も落すのである。かくするときは瓦斯は漸次昇騰して外部に逃れ、收縮管も下端から段々塞がれ、鋼塊の上面が盆のやうな形になるといはれてゐる。發明者の言によれば、此方法に従へば獨立した鐵の結晶、或は之に類似の出來事を少なくすることが出来るといふことである。

94, 過熱せられたる鋼の組織。

鋼の過熱に就いては既に第46節に説明してゐいた。第百十一圖は機關車の車軸に用ゐられたが、脆くして用をなさなかつたものの組織を示すのである。第百十二圖は



第百十一圖 …… 過熱せられた鋼炭素0.43%(12倍)

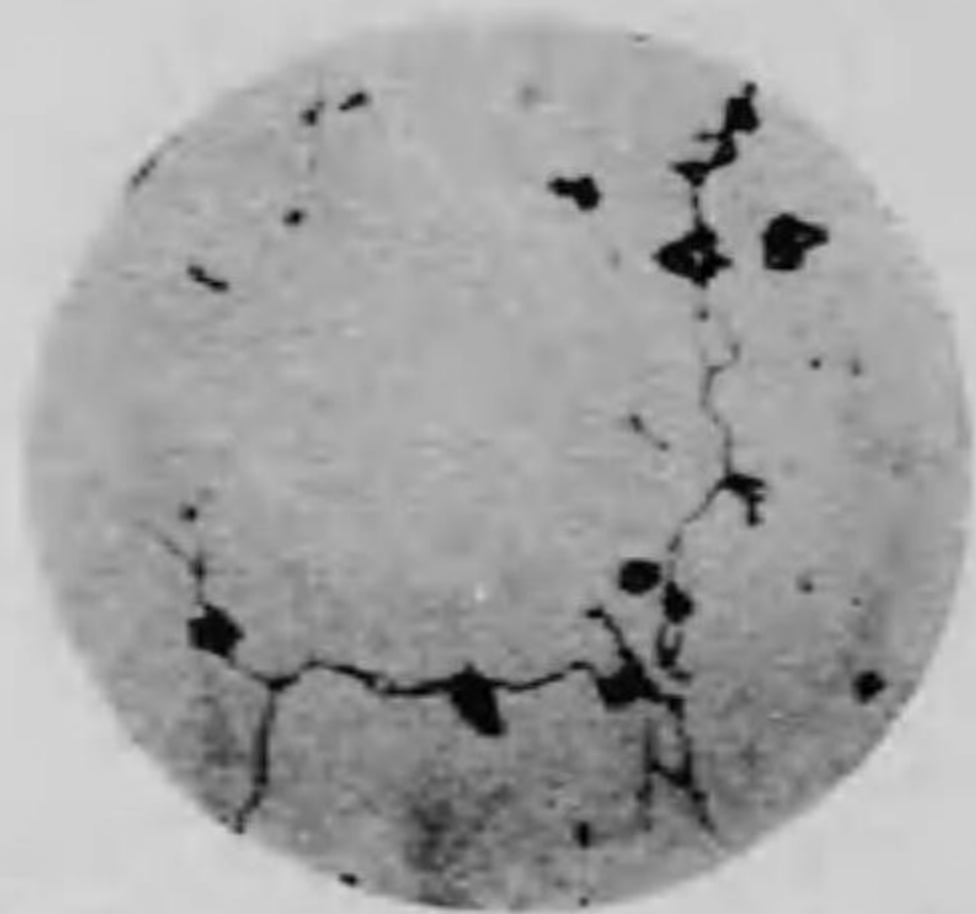


第百十二圖 …… 適當に焼鈍せられた鋼(220倍)

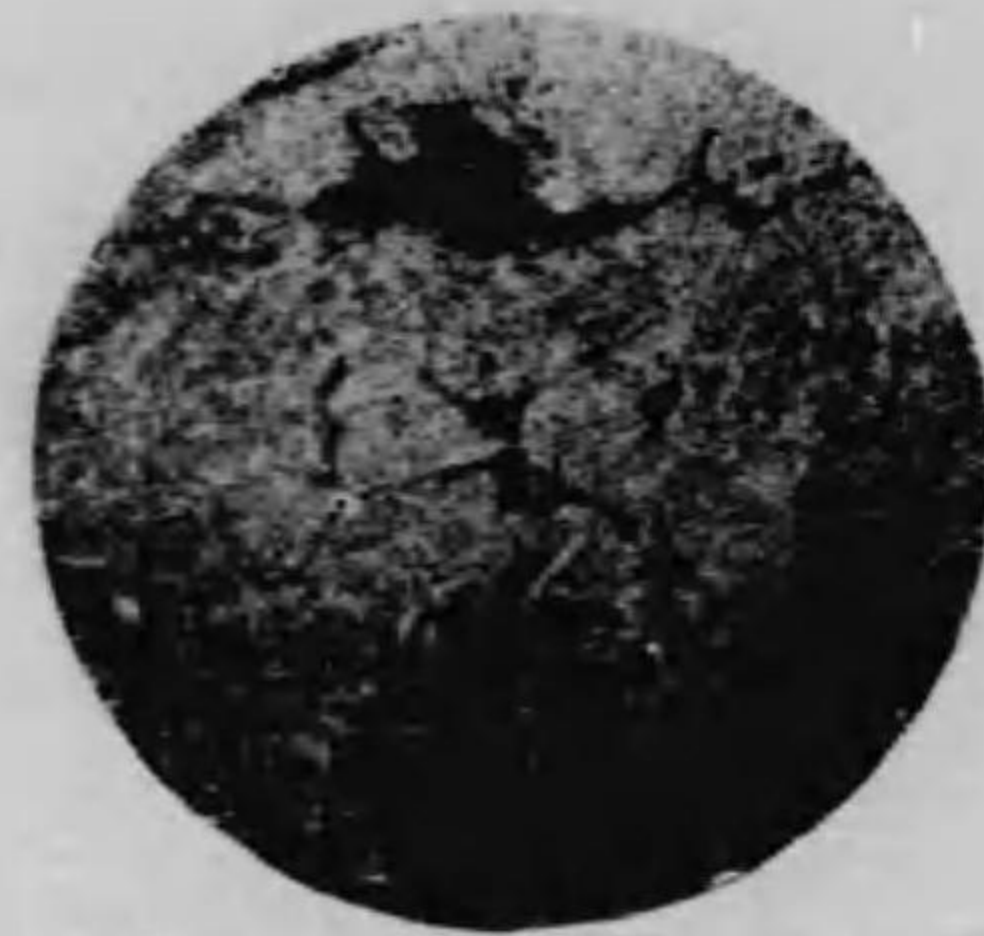
適當に焼鈍せられたもので、「ソールバイト」と「フェライト」とより成れる緻密な組織を示したものだ。前圖を之に比較すれば、如何に過熱の影響の大なるかを知ることが出来るだらう。

炭素含有量中位の鋼(中硬鋼)の過熱せられたものは、第百十一圖に於ける如く「パーライト」の結晶粒は大きくなり、「フリー、フェライト」は單に結晶粒の間にあるのではなく、分派して結晶粒を横切るのである。軟鋼の場合に於ては、「パーライト」が「フェライト」の結晶粒を横切るやうになる。硬鋼は過熱せられるときは、「パーライト」中の「フェライト」と「セメントタイト」の層が粗くなり、甚しくなれば表面に於て多少脱炭せられるのである。

95, 過熱せられたる鋼の組織。



第百十三圖……過熱せられた鋼炭素1.24%(18倍)



第百十四圖……過熱せられた鋼炭素0.2%(12倍)

過熱せられた鋼の組織は大體に於て過熱せられたものと同様であるが、甚しくなれば第百十三、四兩圖に示す如く酸化物が組織中に侵入して來るのである。かやうな鋼は焼鈍によつて其性質を恢復し得ないばかりでなく、却て益悪くなるものである。之等は再び熔解する外最早致方がない。

96, 長時間の加熱。

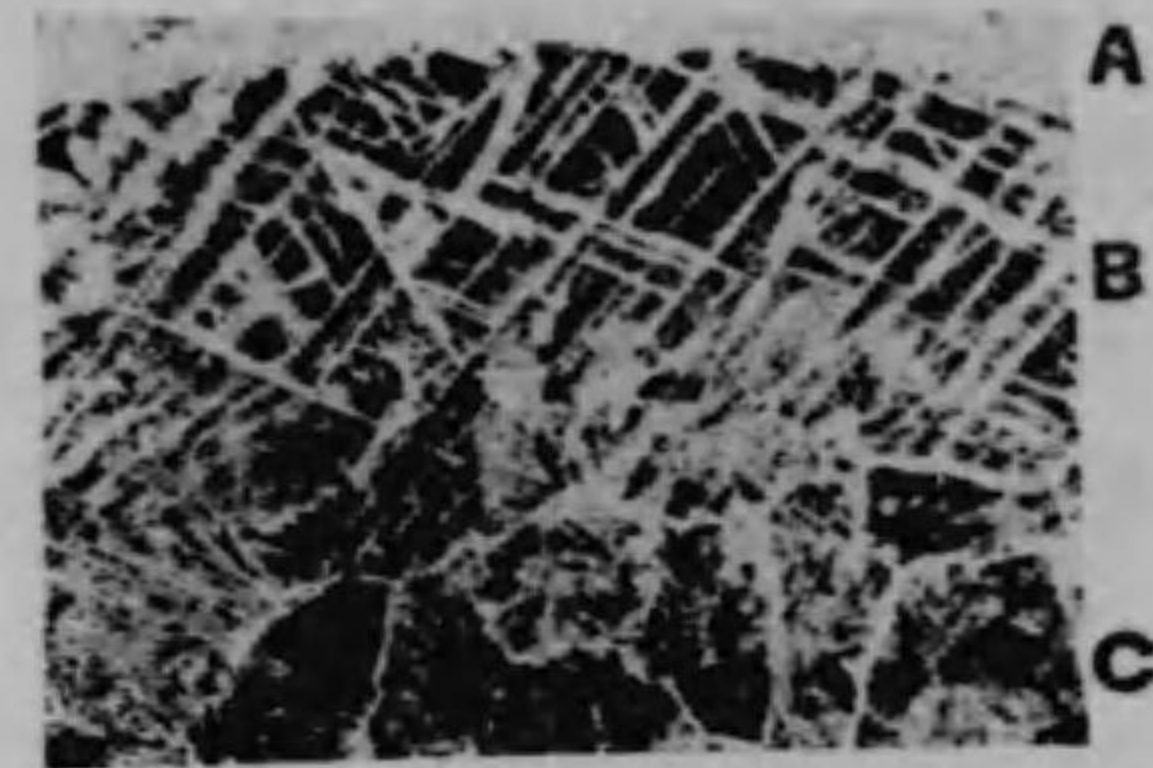
鋼を高温度に熱することの害は前二節に述べた通りだが、長時間加熱するといふことも亦色々な害を與へるのである。

第百十五圖は0.5「パーセント」の炭素を含有せる鋼を1150度の高熱に2時間曝しておいたものである。その結晶粒が如何に大きくなつたかに注意するが良い。従つてかやうな鋼は脆くなることは明なことである。之をもつと長時間加熱するならば漸次其組織を害するのである。

高温度の火焰に長時間曝すことも有害なものだ。第百十六圖はかやうな鋼の有様を示すもので、表面(A部)は著しく脱炭せられ、中心部(C)では「パーライト」の結晶粒が粗くなり、中間部は過熱鋼の特徴を現はしてゐるのである。「セメントタイト」は高温度に於て不安定なものだといふこ



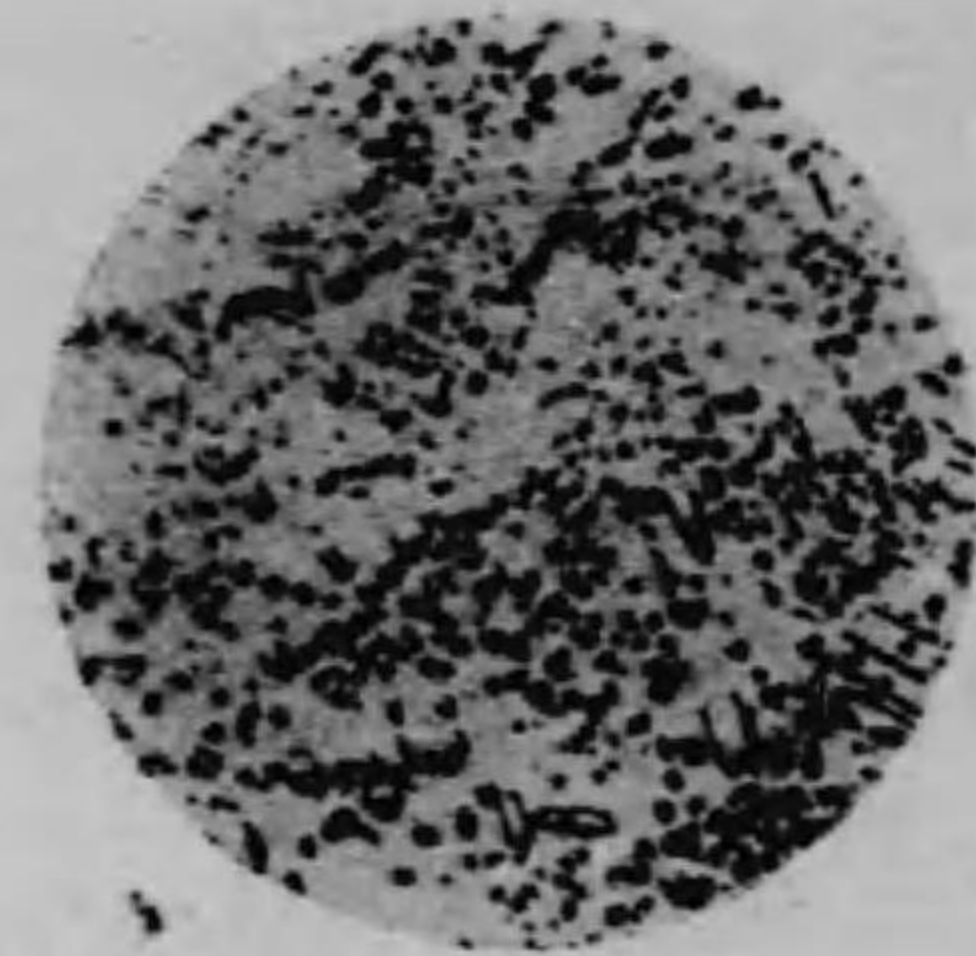
第百十五圖……炭素0.15%の鋼—2時間1150度に熱せられたもの(50倍)



第百十六圖……火焰にて過熱せられたる鋼(15倍)



第百十七圖……炭素1.25%の鋼—5時間830度に熱せられたるもの(390倍)



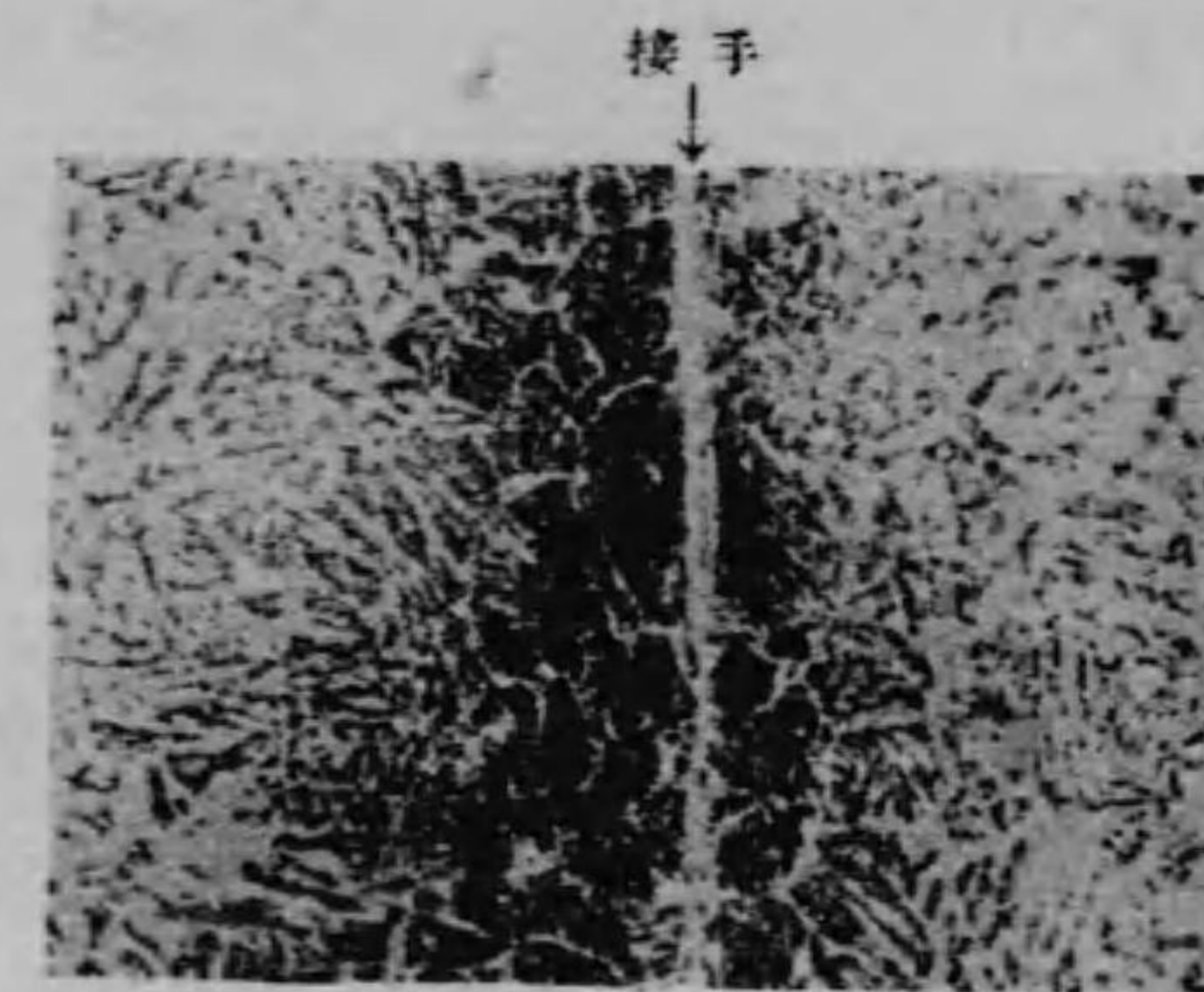
第百十八圖……「セメントタイト」の球状化・炭素1.24%(900倍)

とは既に述べておいたが、第百十七圖は高温度に五時間も曝されたため、「セメントタイト」が分解して遊離炭素が「フェライト」のなかに存在せる有様を示したものである。かやうな鋼の性質は甚しく害せらるべきは容易に想像し得ることである。

變態區域に近い温度、則ち 600 度乃至 700 度の温度に長時間曝しておいても鋼は著しく害を受けるものだ。第百十八圖は斯様な場合に、「パーライト」中の「セメントタイト」が分離して球状化したことを示すものである。かやうな鋼は粘くはなるのだが、強さを減じ衝撃を受けると容易に破壊せられるのである。

97, 鍛接に伴ふ失敗。

金屬を鍛接するには、兩片の接合部に於ける結晶が一樣になつて何等の區別をすることが出来ない程度に達するを理想とするのであつて、鍛接の意義も之に外ならない。第百十九圖は接手に沿うて脱炭せられ、その中に多



第百十九圖……不良なる鍛接

少の鐵滓^{スラッジ}を含み、其兩側には増炭せる部分を有するものを示したもので、鍛接の意義に適はないものだ。かやうな接手は多くは脆くして衝撃に耐へないものである。

高熱の火焰を以て鑄物の一部に繼ぎをあてるやうなときは、一局部に過熱の現象を起すのみならず、繼ぎの部分の結晶粒を著しく大ならしめ、他の結晶粒の細かい部分との間に判然たる境界を作ることがある。かやうな場合には此境目から龜裂を生ずるものである。

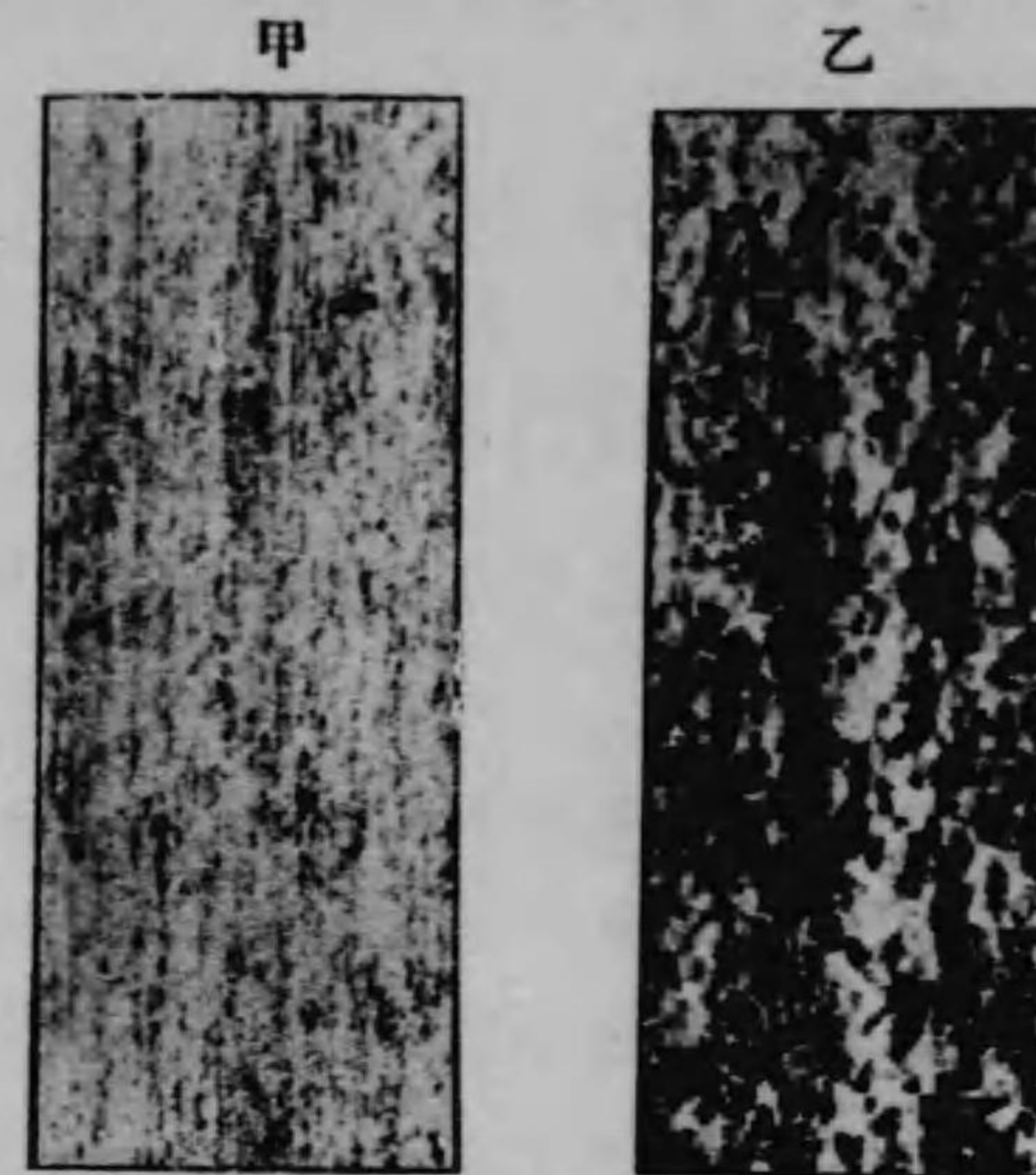
水成瓦斯、^{オキシ、アセチレン}瓦斯などの酸化焰を以て鍛接するときは、接手に酸化物、鐵滓などを残し、時には著しく脱炭せしめることがある。

電弧を以て鍛接する場合も一局部の過熱を起すこともあるが、この場合には一部分熔融して甚しく脱炭せられ、かくて生じたる「フライト」中には磁酸化鐵(Fe_3O_4)の針狀物が無數に混入するのが特徴である。かやうな接手は腐蝕し易いものである。

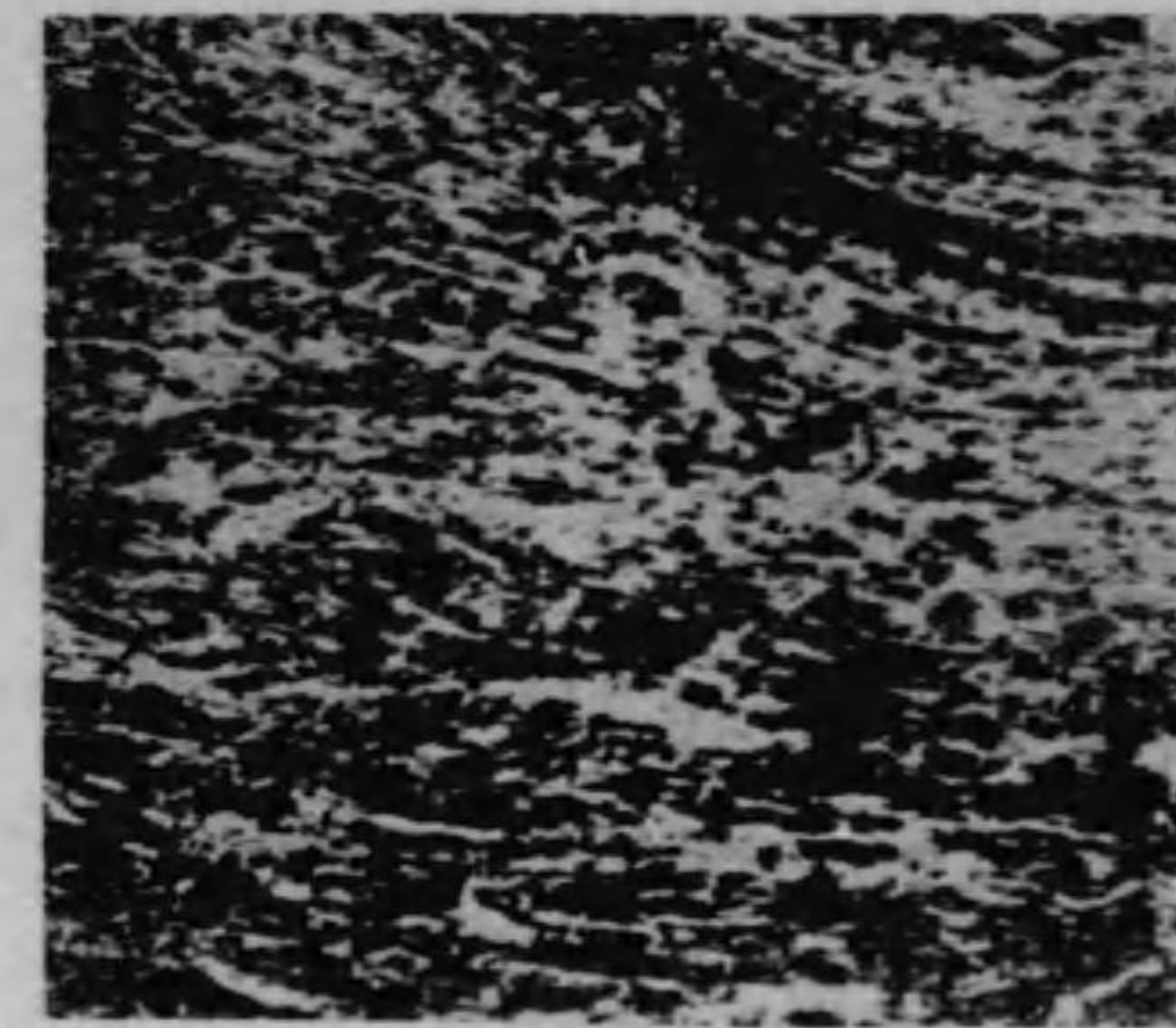
98, 低温度に於て加工せられたる鋼。

低温度に於ける加工に就いては既に第55節に述べておいた。第百二十圖甲は600度に於て「ロール」にかけられたもの、乙は前者を焼鈍したものを示すのである。之によ

つて見ると低温度の加工を受けた鋼は、焼鈍すれば再び結晶を恢復することが解る。さればこの場合には適當に



第百二十圖……低温度に於て加工せられた鋼

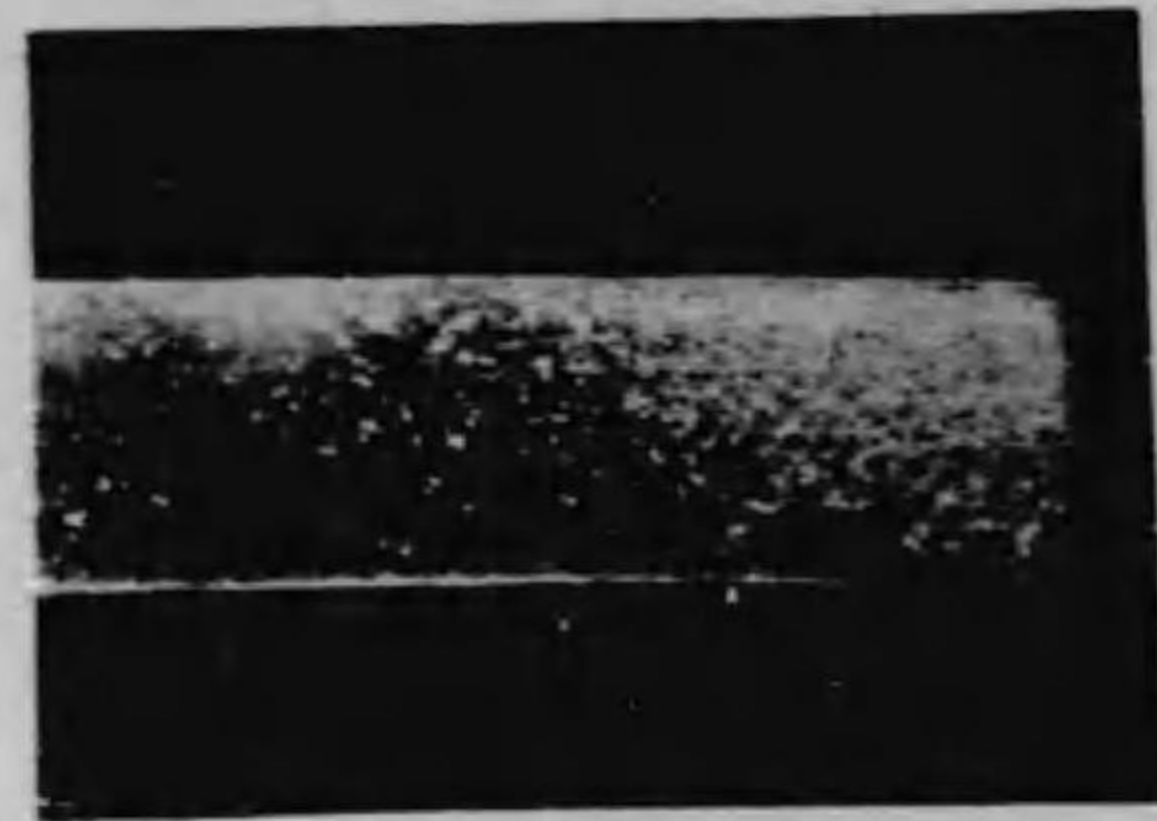


第百二十一圖……低温度に於て甚しく加工せられ挫折したる軟鋼板(100倍)

焼鈍を行ふべきものだ。第百二十一圖は低温度に於て甚しく加工せられた鋼の挫折した有様を示すものである。以てその弊害の如何に大なるかを知ることが出来るだらう。

99, 鋼線に於ける失敗。

第48節に於て粘靱な鋼線を得るためには之を「ソールバイト」とすべきことを述べておいた。第百二十二圖は脆くして失敗に歸した鋼線を示すもので、加熱後の冷却が急速なりし結果、「ツルースタイト(暗黒部)」と「マルテンサイト(白色部)」とを生じたのである。



第百二十二圖... 脆き鋼線



第百二十三圖... 摩擦熱によりて脆くなりたる鋼線(38倍)

鋼線は使用中餘り加熱せられるやうなことは避くべきものである。第百二十三圖は摩擦のために熱せられ、急

に冷却せられたために表面に「マルテンサイト(白色部)」を生じたもので、曲げたとき(滑車にかかる如き場合)に此「マルテンサイト」の部分に龜裂を生じたところを示すものである。

100, 金屬組織上自然に存する弱點。

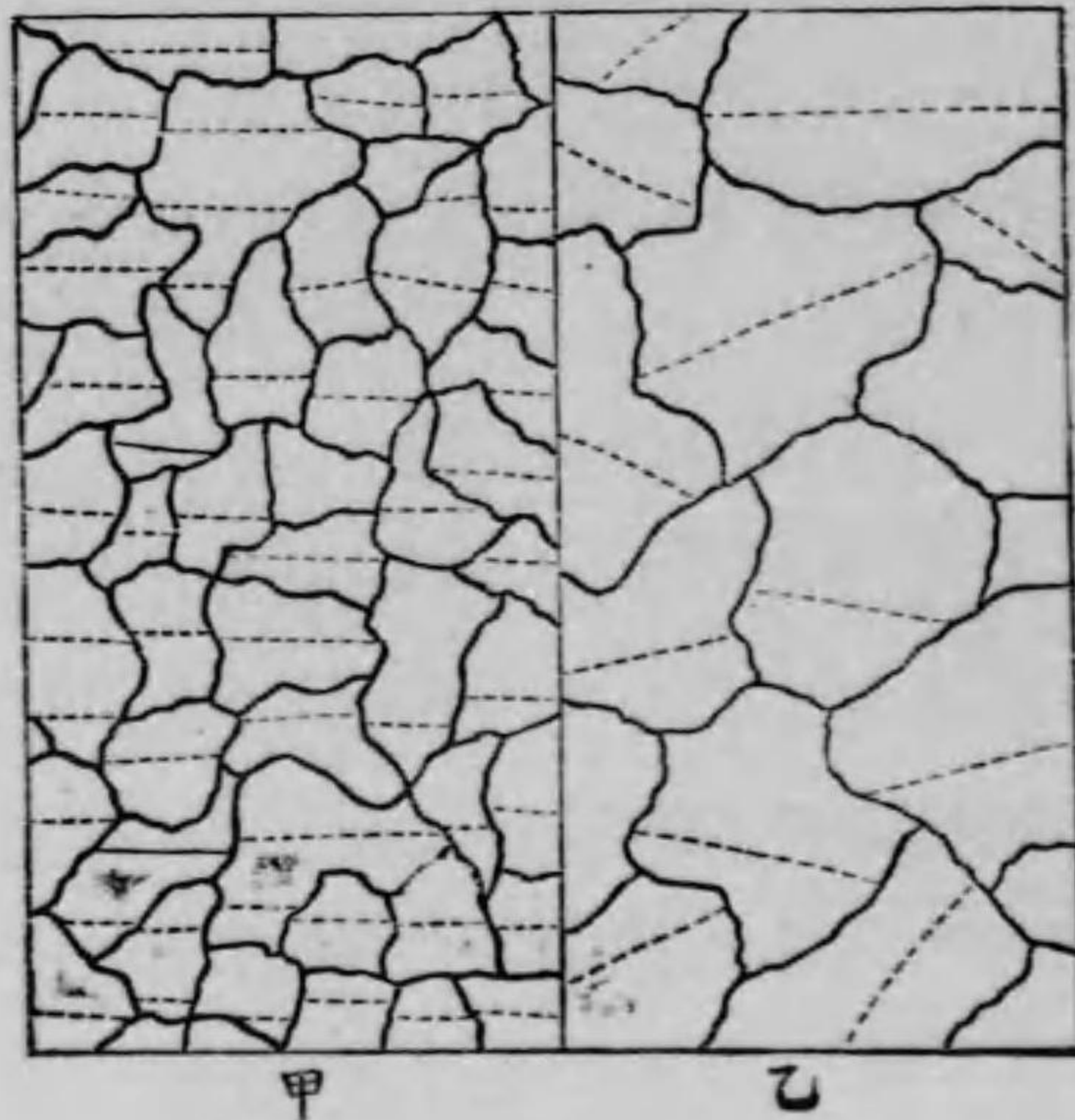
金屬は其組織の上から自然に外力に對して弱點を有つてゐる。之を分類すると次の二つになる。

(1) 結晶粒間に存する弱點。

(2) 結晶の内部に存する弱點。

第一のものは結晶粒同志の附着力が弱ければ外力に對する抵抗を減ずべきは勿論、其間に介在せる餘分の物質の性質に關係するのである。後者に就いては既に第14節に於て不純物の影響を説いておいたが、なほ夫以外に考ふべきことがある。例へば「パイパー、ユーテクトイド」鋼に於ては「フリー、セメントタイト」が弱點の原因となつてゐる。それはどういふ譯かと言ふと、結晶粒を包める「セメントタイト」は「パーライト」の結晶粒よりも大なる收縮率を有つてゐるからだ。従つて常に内應力を有つてゐて、打撃を受けるやうな場合にはこの部分から破壊せられるのである。この點は不純物の影響と共に考ふべき重要な點である。

第二は第5節で述べたところの結晶は一定の方向に裂け易い傾向を有するといふ事實に基くのである。今第百二十四圖甲に於て點線で示す如く各結晶粒の裂面が總て同じ方向を取るものとすれば、一度び龜裂を生ずれば裂目は次から次の結晶粒に及び、よし結晶粒の細かいものでも弱い材料となるのである。「フェライト」は粘いものなるに拘らず軟鋼が往々脆いことのあるのは、かういふ場合か或は不純物の影響の結果に外ならない。しかし幸のことには各結晶粒の裂面は、乙圖に示す如く一定の方向を取らないのが普通である。かやうな場合には結晶粒が粗くとも、甲圖のものよりも却て強いのである。



第百二十四圖…結晶粒の裂面

變態點以下の溫度に於て「ロール」にかけられ、且同じく變態點以下の溫度で焼鈍せられた軟鋼板は、表面に垂直にして「ロール」の方向に45度傾斜した方向に破碎し易いといふ事實がある。之も亦上に述べた裂面に關した事柄である。之によつて見ると「ロール」にかけられたものは、焼鈍中に裂面が一定の方向を取るやうな傾向を與へられるやうに見えるのである。

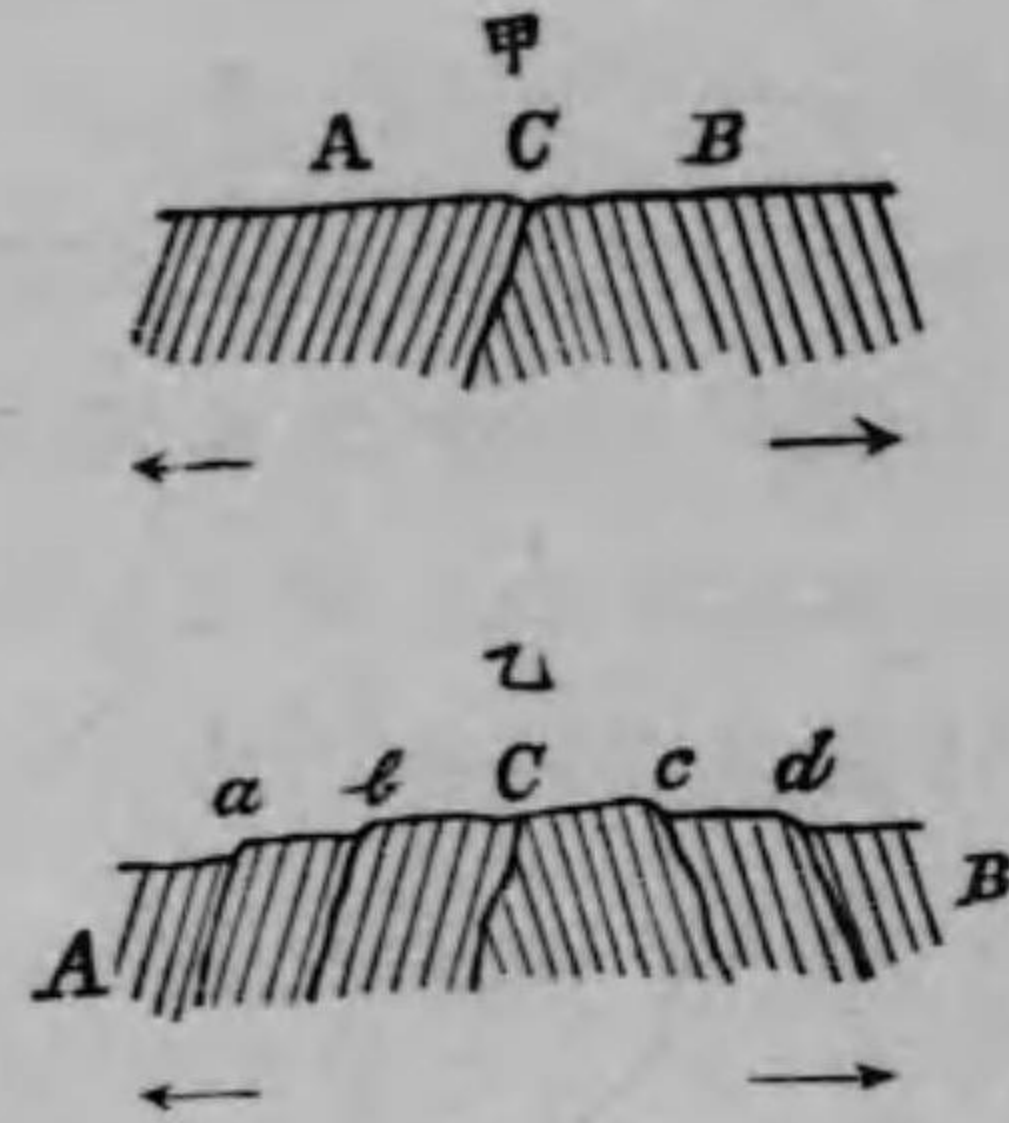
101, 伸張力を受くる鐵の状態。

伸張力を受けて破壊せらる純粹の金屬に於て、如何なる有様に歪を生ずるかといふことに就いて ^{オーキング}Ewing 及び ^{ローゼンハイン}Rosenhain が精細な實驗をした。

よく磨いた金屬片を取り、之に徐々に伸張力を加へながら其模様を顯微鏡で見てみると、彈性の際限を超えたならば第百二十五圖に示すやうな黒線が或結晶粒に現はれ伸張力の増すにつれて段々其數を増してくる。之等の黒線は一つの結晶粒に於ては皆同方向をとるが、結晶粒を異にするによつて色々な方向に現はれる。かくて伸張力を増してゆくと遂には最初の黒線に交叉するものも現はれてくるのである。



第二百二十五圖……鐵に於ける滑帯
(280倍)



第二百二十六圖……伸張力を受くる金屬

しかし、之等の黒線は表面に現はれるところの實際の裂け目ではなく、結晶の裂面に沿うて滑つた線を表してゐるのである。之を滑帯 Slip Band と稱へる。今第二百二十六圖甲に於て A 及 B を磨かれた表面の二つの結晶であつて、その境目を C とする。之を矢の方向に引張ると、滑りは裂面に沿うて a, b, c, d, の如く多數に現はれ、表面は乙圖に示すやうに段を生ずる。従つて此表面を傾斜照射法によつて見れば、所々に黒線を現はすことになるのである。かやうにして段々伸張力を増せば、滑帯は發展して裂け目を作り、遂に引き切られるのである。材料を壓縮する場合に於ても、最初に滑帯を生じ遂に壓潰されるのである。

102, 交番應力 Alternating Stress

伸張力と壓縮力と交互に加ふるとき(蒸汽機關の「ピストン、ロッド」の如き)は、僅かな力を以てするも材料は破壊せられ易いことは Wohles の發見したことである。例へば毎平方吋 20 噸の強さある鐵棒に毎平方吋 9 噸の力を加へ、一分間 144 回の割合に伸張、壓縮を繰返して 6 時間に及ぶときは、材料は遂に破壊せられる。かやうな場合には、一分間に外力の種類を反覆する速さによつて材料の強さが大に異なるのは勿論であるが、同じ速さに於ては外力の強さに依つて破壊するまでに反覆し得る回数が非常に違つてくる。第二十表は一分間に 144 回反覆せられるとき、上に舉げた材料が破壊せられるまでの反覆回数と外力の強さとの關係を示したものである。

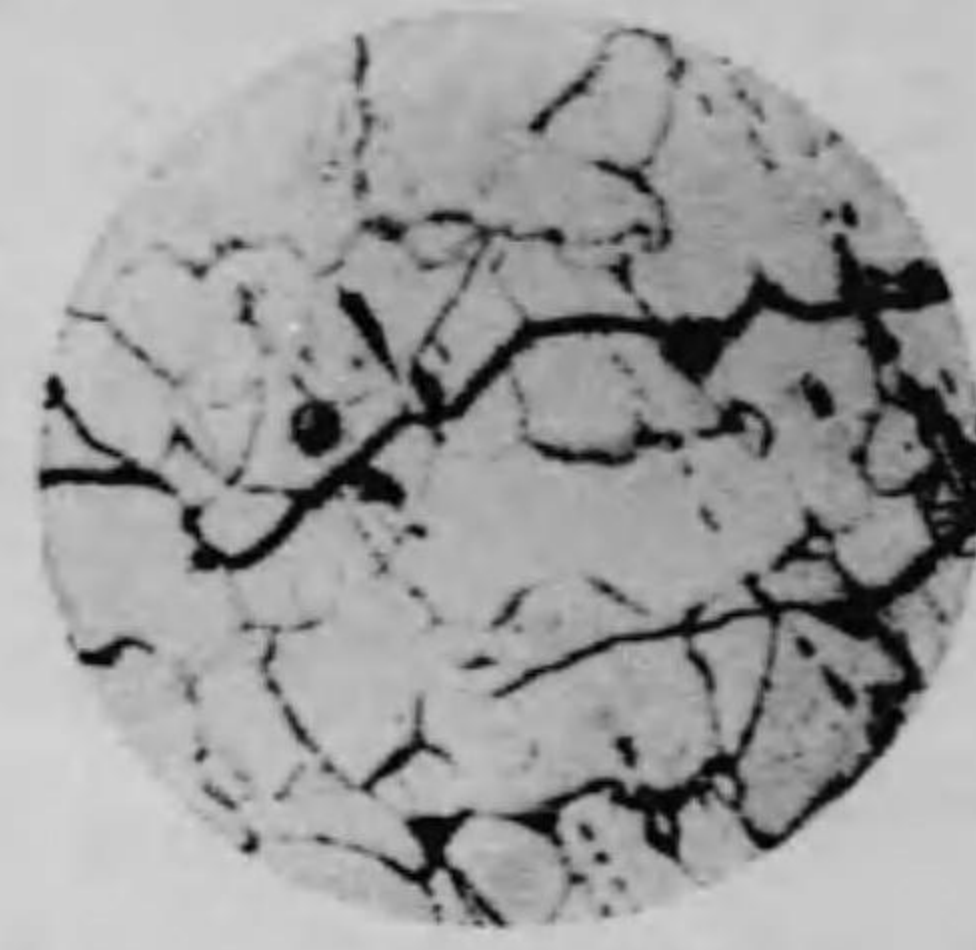
反覆せられたる應力を受けて材料の破壊する場合に於ても、前節に述べた通りの現象が起る。第二百二十七圖はその場合を示すもので、甲は無數の滑帯を生じ、多少裂け目の出來かかつてゐる状態、乙圖は既に裂け目が全體に生じたところを示したのである。

第二十表…應力反覆回数と材料の強さとの關係。

每平方吋噸	反 覆 回 數
15.3	56,000
14.4	99,000
13.4	183,000
12.4	480,000
11.5	910,000
10.5	3,632,000
9.6	4,918,000
8.6	19,187,000



甲



乙

第百二十七圖…反覆應力を受けた鐵。

第十章 鐵及鋼に對する不純物の影響

103, 不純物に就いて。

從來鑄鐵及鋼は單に鐵と炭素との一種の合金であると思ふて論じて來たのであるが、鑄鐵にしる鋼にしる。他に硅素、マンガン、磷、硫黄などを含有せることは、折に觸れて述べた通りである。之等の不純物は鑄鐵なり鋼なりに如何なる影響を及ぼすかといふことは、極めて重要な問題であるから以下項を別けて説明することにする。

第一項 硅素 Silicon

104, 硅素と純粹の鐵との關係。

硅素が純粹の鐵と合金を作る場合に就いては二つの説がある。第一は硅素は鐵と化合して Fe_2Si なる化合物を作つて「フェライト」に固溶するといふのである。之によると硅素が20パーセントのとき全部 Fe_2Si となる。硅素が20パーセント以上になれば $FeSi$ なる化合物と「ユートック」を生ずるのである。第二は硅素は $FeSi$ となつて「フェライト」に固溶するといふ説だ。何れにしても硅素は鐵と化合物を作

つて「フェライト」に固溶することは備である。

一般に硅素 2 乃至 3「パーセント」までは別段鐵の性質に影響を及ぼさず、かやうな合金は鍊鐵のやうな性質を有つてゐる。又硅素約 31「パーセント」位までは合金の磁性は著しく強いものであるが、之以上に硅素を増せば却て磁性を減じ、約 33「パーセント」以上になれば磁性を失ふのである。

105, 鋼に對する硅素の影響。

硅素は鐵と化合して FeSi なる化合物を作るものとすれば、硅素の原子量は 28、鐵は 56 であるから硅素は自身の重さの三倍の FeSi を作り、そして「フェライト」に固溶するのである。鋼は時としては 0.5「パーセント」までの硅素を含有することがあるが、普通は 0.05 乃至 0.3「パーセント」である。かく硅素の量が少ないときは鋼の物理的性質にたいした影響を及ぼさない。

従來硅素は鋼に有害な元素であつて、其硬度、脆性を増し、熱脆性を與へるものだと考へられてゐたが、其後研究の結果さやうな事實なきことを確めたのである。Turner は熱脆性は硅素が酸素に働いて作る所の硅酸及び熔滓などが鋼の中に残留する結果であると言つてゐる。1889 年

Hatfield は軟鋼に 8.8「パーセント」までの硅素を含有せしめたものに就いて實驗した結果を發表した。今其結論の要點を摘んでみると大體次のやうである。

硅素 6「パーセント」までは軟鋼の可鍛性を害することはないが、之以上になると熱脆性を起し、低溫度に於ても破碎し易く、よし炭素の量が少なくとも鑄鐵のやうな外觀を呈する。この硅素の影響は炭素の量を増すほど著しくなるものである。硅素 1.5 乃至 1.75「パーセント」までは鋼の靱性を害せずして其弾性の際限及び抗張力を増すのであるが、夫以上になると抗張力を増すけれども、靱性は著しく減ずる。

彎曲試験に於ては硅素 2.18「パーセント」以下のものは甚だ良い結果を現はしてゐるが、2.67「パーセント」に至れば稍不良となり、3.46「パーセント」に至れば直角だけしか曲げる事は出来ない。4.49 乃至 5.53「パーセント」に至つては全く曲げる事は出来ないで、非常に脆くなるのである。又硅素は炭素の如く急冷するも硬化性を與へない。

鑄造の點から言へば硅素は普通の鋼に含有せらるる量位では別段鋼の物理的性質に影響を及ぼさない。Hatfield の實驗によれば硅素を有する鋼には蜂巢を生じないが、しかし靱性に缺けてゐる。流動性は普通の鋼よりも悪く結晶は硅素 2.5「パーセント」を超えると粗くなり、従つて脆

くなるのである。

硬鋼に對する硅素の影響に就いてはまだ組織立つた實驗の結果がない。しかし炭素の量を増せば硅素の影響が著しくなることは明かな事實である。

106, 硅素と炭素との關係。

硅素は化合炭素を遊離炭素に變化せしむることは一般に知れ渡つた事實である。今 Haigh^{ハイフ} 及び Turner^{ターナー} の實驗の

第二十一表……硅素と炭素の状態との關係

硅素 %	黒鉛 %	化合炭素 %	全炭素量 %	断面の色合
0.03	0.16	2.55	2.71	白色
0.23	0.17	2.44	2.61	同
0.66	0.13	2.82	2.95	同
0.97	0.23	2.33	2.56	同
1.19	1.32	1.38	2.70	黝色
1.50	1.29	1.19	2.48	同
1.95	1.50	0.97	2.47	同
2.43	1.51	1.03	2.54	同
2.80	1.48	1.03	2.51	同
3.47	1.87	0.92	2.79	同
4.03	1.55	0.79	2.34	同
4.43	1.75	0.66	2.41	同
4.83	1.62	0.64	2.26	同

結果を擧げると、第二十一表の如く硅素を増すに従ひ化合炭素を減じて黒鉛を増すのである。

かく硅素が炭素を遊離せしめる性質は、(1)鑄物の大きさ (2)冷却の緩急によつて影響を受けるものである。鑄物の大きさといふことはやがて冷却の遲速を表はすことになる。何故ならば小なるものは大なるものに比して速に冷却するからだ。例へば0.8「パーセント」の硅素を含有せる熔銑を一時角棒に鑄造したものは1「パーセント」の化合炭素を有つてゐたが、同じ熔銑を二噸の塊に鑄造したときは化合

第二十二表……硅素と全炭素量との關係。

硅素 %	全炭素量 %	凝固の終る溫度 (攝氏度)
0.13	4.29	1138
0.66	4.05	1152
1.14	3.96	1155
1.41	3.88	1160
2.07	3.79	1175
2.68	3.56	1185
3.25	3.41	1187
3.69	3.32	1197
3.96	3.24	1205
5.06	2.86	1215
13.54	1.94	1233
18.76	1.19	1240
26.93	0.87	1255

炭素が殆んど存在しなかつた。といふやうな實例がある。

硅素は又鐵中の全炭素量を減少せしむる傾向がある。
 今 Wüst 及 Petersen の實驗を擧げると第二十二表の通りである。
 表中硅素が増すにつれて凝固點が少しく高くなるのは、全炭素量の減少した結果である。

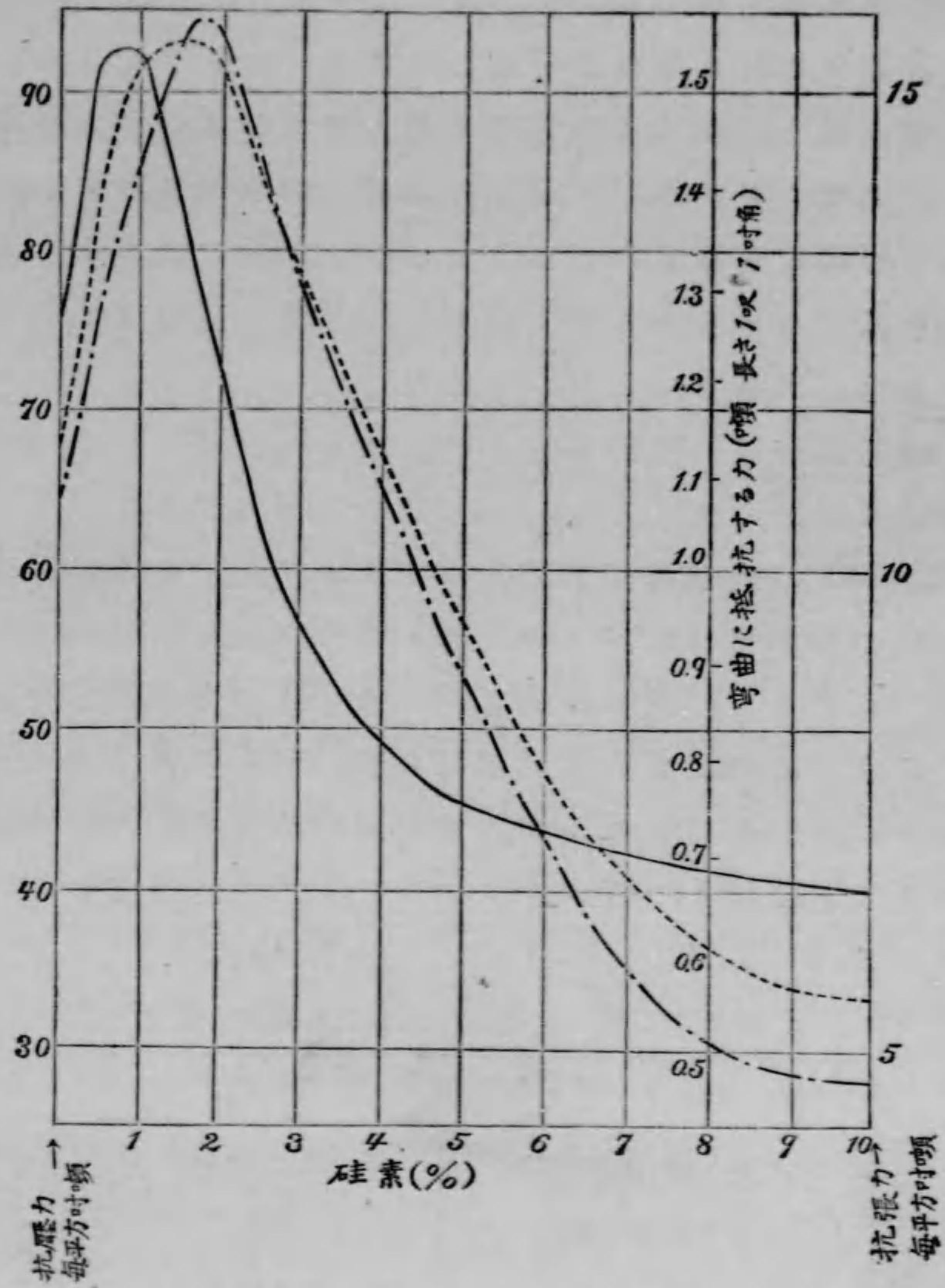
107, 鑄鐵の物理的性質に及ぼす硅素の影響。

Turner は炭素の量を略 2「パーセント」に保ち、硅素の量を色々に變化して實驗した。其結果を圖示したものは第二百二十八圖である。

之によつて見ると硅素 2「パーセント」に達する少し前に抗張力は最大となり、1「パーセント」の少し前に於て抗壓力が最大となるのである。

108, 鑄造上の注意。

硅素は不溶性の非金屬元素であつて、鐵に亞いて地球上に多量に存在するものである。硅素は單獨に存することなく、多くは硅酸鹽類として存在せるもので、鐵鑛、燃料中の灰分などにもいくらか含有せられてゐる。之が銑



第二百二十八圖... 鑄鐵に對する硅素の影響

鐵中に入つて來るのである。

硅素は熔銑の流動性を増し、黒鉛を遊離せしむるため鑄鐵を軟かくするものとして知られてゐるが、之は硅素が3乃至4「パーセント」以下の話で、之以上に増すと(普通さう澤山に硅素を入れることはないが鐵の強さ並に流動性を減じ、10「パーセント」に至れば非常に高温度でなければ鑄造が出来ないと言ふことだ。

鑄鐵は何回も熔解すると硬くなるものだが、之は硅素、黒鉛などが焼失するためと、硫黄を増加するためとである。Kirkが熔銑爐で實驗した所によると、硅素の減少は一回の熔解毎に1「パーセント」を含有せる時は $\frac{1}{4}$ 「パーセント」、6「パーセント」の時は1「パーセント」の割合であつた。

硅素は鑄造上重要な元素だから、鑄物の厚さ及び用途によつて其含有量を調制しなければならぬ。Kirkは鑄物の厚さと硅素との關係を次の表の如くすれば良いと言つてゐる。

第二十三表… 鑄物の厚さと硅素との關係

鑄物の厚さ	硅素 %
大なる機械鑄物	0.5-1.0
小なる機械鑄物	2.0-2.5
薄物	2.5-3.0

鑄物の用途と硅素との關係に就いては、^{マクウィリアム} McWilliam 及 ^{ロングムア} Longmire は次の如く規定してゐる。

第二十四表… 鑄物の用途と硅素との關係

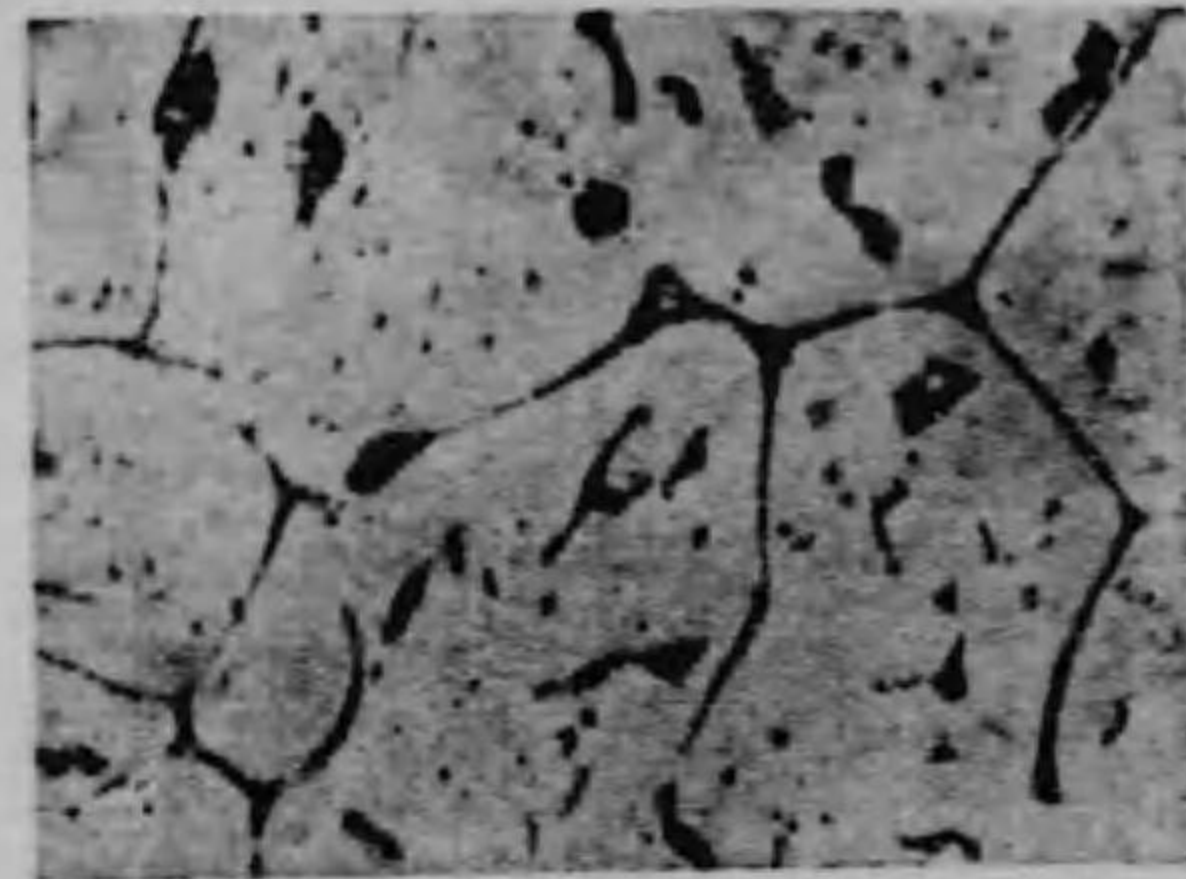
鑄物の種類	硅素 (%)
冷硬鑄物	0.75-1.00
高壓圓筒	1.30
一般機械物	1.50
軟かき鑄物	2.50
耐火鑄物	2.5-3.0
中空鑄物	3.0-3.5
可鍛鑄物	0.6-0.8

第二項 硫黄 Sulphur

109, 硫黄と鐵及「マンガン」との關係。

硫黄は鐵と化合する力の強いもので、純粹の鐵に硫黄を入れると硫化鐵 FeS を作り、此 FeS 85% と「フェライト」15% とが「ユーテクトイック」を作るものである。此物は鐵中に存在する時は結晶粒の間に入つて薄き膜を作る。第百

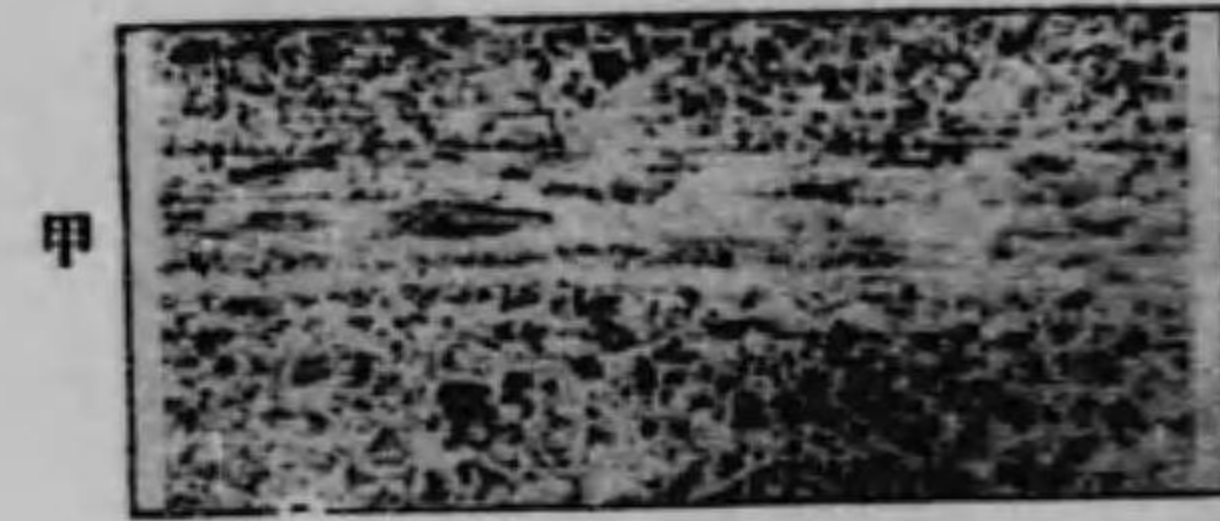
二十九圖は鋼に於ける此「ユ-テクトイック」の存在を示すものだ。かやうな鋼は硫化鐵の「ユ-テクトイック」の融解點低き(960度)ため熱脆性を起すのである。



第二百二十九圖……硫黄 0.54%を有する鋼 (190倍)



第三百十圖……鋼中の硫化マンガン (184倍)



第三百三十一圖……鋼中の硫化物 (93倍)

さて硫黄が「マンガ」ンと化合する力は鐵に對するよりも強いものであるから。硫黄が「マンガ」ンと共に鐵中に存在するときは先づ「マンガ」ンと化合して MnS なる化合物を作

り。尙餘分の硫黄あるときは鐵と化合するのである。硫化「マンガ」ン MnS は熔融中に熔滓の中に入るものだから「マンガ」ンを以て硫黄を除去することが出来るのである。 MnS は鋼又は鑄鐵に含有せられるときは小なる球状を呈し。美しい綠色を現はすから見分け易い。第三百十圖は此物が鑄鋼の中に存在せる有様を示すもので。小球となつて點々として存在してゐるのが解るだらう。

最近の研究によれば MnS は FeS と固溶體を作り易いもので。鐵中に存する MnS は純粹なものではなく。多くは FeS との固溶體であるといふことになつてゐる。普通の鋼などは硫黄と化合する分量以上の「マンガ」ンを有するものが普通であるが。夫れにも拘らず尙 FeS を作るといふことは受取れない話である。しかし。茲に注意すべきことは鐵の量は「マンガ」ンに比して非常に多いといふことだ。かやうな場合には鐵は「マンガ」ンの作用を壓倒していくらかの FeS を作るのである。かゝる現象は「マス、アクション」Mass Action と稱へるであるが。衆寡敵せざるは戦争のときだけではないと見える。

上に述べたやうな鐵及「マンガ」ンの硫化物が鐵又は鋼の中に存するときは。之を鍛鍊すれば其方向に引き延されるのである。第三百三十一圖甲は鋼中の硫化物の引延されたところ。乙圖は之を曲げた時この硫化物に沿うて龜裂

を生じたところを示したのである。なほ此圖に就いては第 114 節で述べることもある。

110, 鑄鐵に及ぼす硫黄の影響。

硫黄は鑄鐵を硬くし、外力に對する抵抗を減じ、收縮率を増し、鑄造の際蜂巢を作らしめるものである。今 Kirk の意見に従へば之等の影響は硫黄が硫化鐵として存する場合と、硫化「マンガ」ンとして存する場合によつて多少趣が違ふ。氏の言によれば硫化鐵は鐵よりも遙に低き凝固點を有つてゐるため鐵の凝固する際にはまだ充分流動性を有つてゐる。されば此場合硫黄は分離して瓦斯を發生して蜂巢を作り、硫化鐵が凝固する際には硫黄は分離して結晶粒の間に侵入して之を弱くし、時には鑄物に龜裂を生ぜしめるといふのだ。硫黄は又黒鉛の分離を妨げ、其結果鑄鐵を硬くすることはかくれもない事實である。硫黄は如何にしてかやうな働きをするかといふことに就いては多くの學者の研究したことであるが、之を化學的の作用となすものもあり、機械的の作用に歸するものもあつてまだ一定の説がないやうである。

硫化「マンガ」ンは鑄鐵と略同様の凝固點を有つてゐるから左程分離することはないが、鐵中に小球となつて存す

るため之を弱くすのだと Kirk は言つてゐる。何にしても硫黄は有害な元素で、他の元素の如く別に採るべき點がないのだから成るべく避くべきものである。殊に硫黄は常に燃料にいくらか含有せられ、熔解の際鐵のなかに入つてくるものだから注意しなければならぬ。

111, 硫黄と硅素との關係。

硫黄は化合炭素を保存して黒鉛の分離を妨げるものだから、炭素に對しては硅素と全く反對の影響を及ぼすわけである。^{ウエスト}West は硫黄 0.05「パーセント」は硅素 0.1「パーセント」の作用を打消すに足ると言つてゐる。されば兩者共に

第二十五表 ……ヘマタイト鉄分析表

	黒鉛 %	化合炭素 %	硅素 %	硫黄 %	燐 %	マンガ %
一號鉄	3.65	0.20	3.0	0.02	0.04	0.5
二號鉄	3.40	0.40	2.5	0.03
三號鉄	3.10	0.60	2.1	0.04
四號鉄	2.6	1.00	1.7	0.11
五號鉄	2.0	1.50	1.15	0.18
半働鉄	1.4	2.00	0.9	0.24	..	0.1
白鉄	微量	3.30	0.6	0.29	..	微量

存する場合には、一方が増せば他は減ずるやうな結果になる。第二十五表に示す所の「ヘマタイト」鉄の分析表を見れば其有様がよく解る。

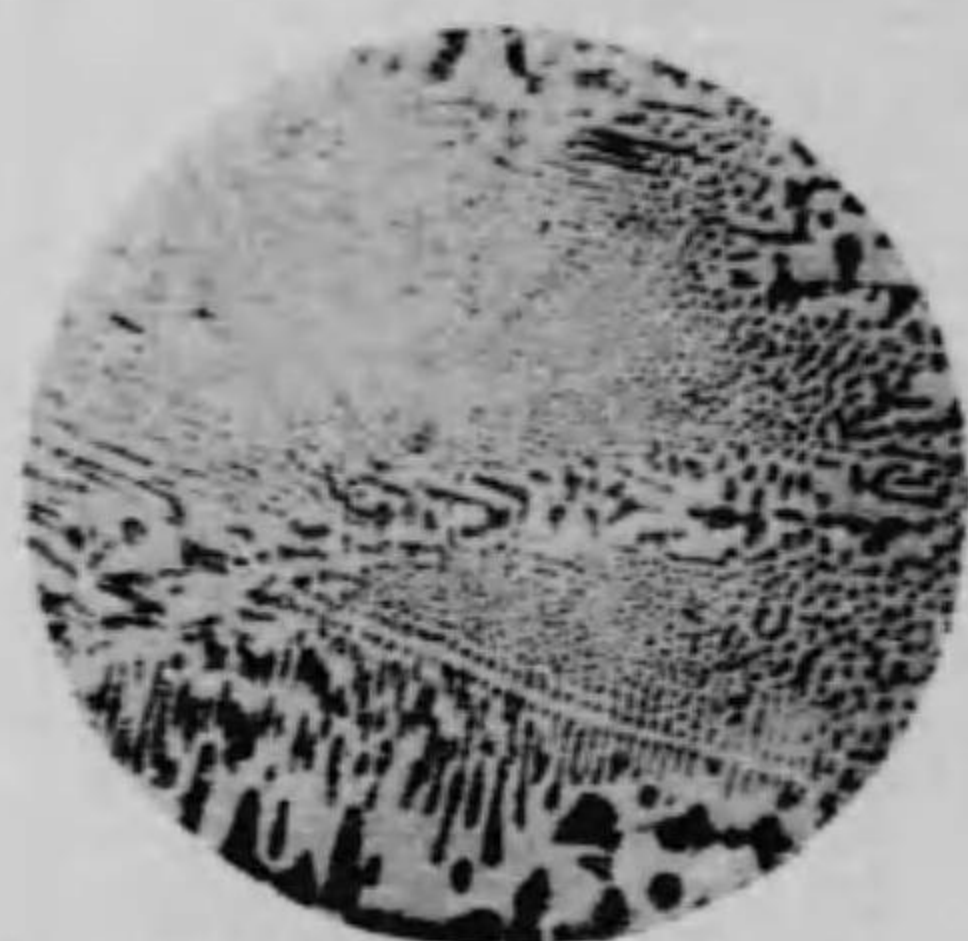
第三項 燐 Phosphorous

112, 燐と純粹の鐵との關係。

燐と純粹の鐵との關係に就いては Stead の研究は最も



第三百三十二圖……燐1.8%を含有せる鐵
(250倍)



第三百三十三圖……燐10.2%を含有
せる鐵(250倍)



第三百三十四圖……燐11.07%を
含有せる鐵(42倍)

權威あるものとせられてゐる。今其結果を挙げると次の通りである。

(1), 燐1.7「パーセント」以下に於ては鐵と化合して $F_{es}P$ なる化合物を作り、「フェライト」に固溶する。その組織は既に第二十七圖に示して置いた。

(2), 燐1.7「パーセント」を超えるときは固溶の結晶粒の間に「ユーテクティック」が現はれてくる。第三百三十二圖はその有様を示したのである。

(3), 此「ユーテクティック」は $F_{es}P$ の飽和固溶體(燐1.7%)39「パーセント」と $F_{es}P$ 61「パーセント」から成るものだから、燐が10.2「パーセント」に達すれば全部「ユーテクティック」になる。第三百三十三圖は之を示したもので、此物の凝固點は960度である。

(4), 燐が10.2「パーセント」以上になると、第三百三十四圖に示す如く「ユーテクティック」の間に断面菱形をなせる $F_{es}P$ の結晶が現はれる。燐の原子量は31であるから、鐵 56×3 と燐31との割合に化合するわけである。夫故、

$$\frac{31}{59 \times 3 + 31} \times 100 = 15.6$$

則ち燐が約15.6「パーセント」に達すれば全部 $F_{es}P$ となるのである。

113, 磷と炭素との關係。

上に述べたやうに磷は1.7「パーセント」まで「フェライト」に固溶し得るのであるが、之に炭素が入ると炭素は鐵と Fe_3C なる化合物を作るために「フェライト」を減じ、その結果磷の固溶する割合が減じてくるのである。次の表は ^{スワッフ} Stead の得た結果であるが、之によれば炭素の増すにつれて磷の固溶する割合を減ずる有様を明にすることが出来る。

第二十六表……炭素と磷との關係

炭素 (%)	磷 (%)		
	固溶せるもの	Fe_3P として分離せるもの	總量
—	1.75	—	1.75
0.125	1.37	0.18	1.55
0.180	1.18	0.59	1.77
0.70	0.75	1.00	1.75
0.80	0.70	1.06	1.76
1.40	0.60	1.16	1.76
2.00	0.55	1.18	1.73
3.50	0.31	1.40	1.71

かく炭素が増すにつれて固溶體から放出せらるる Fe_3P は「ユートクティック」を作るのである。第百三十五圖は 1.74

「パーセント」の磷と僅かに 0.18「パーセント」の炭素を含有せるものであるが、圖中 A の如き不規則なる形狀の磷の「ユートクティック」が澤山に出來てゐる。此「ユートクティック」を圍める暗黒部は「パーライト」である。



第百三十五圖……磷1.74%炭素0.18%を含有せる鐵(35倍)

磷は又炭素の量を減少せしむる傾向を有つてゐる。第

第二十七表……磷と炭素の總量との關係

	ヘマタイト銑 (%)	クリープランド銑 (%)
化合炭素	0.15	0.12
黒鉛	3.95	3.63
全炭素量	4.10	3.75
マンガン	0.85	0.75
硅素	2.80	2.80
硫黄	0.03	0.03
磷	0.04	1.56

二十七表も亦 Stead の調査せるものであるが、他の不純物の量が略同様なるとき、磷が 0.04「パーセント」から 1.56「パーセント」に増した結果、炭素の総量は 4.1「パーセント」から 3.75「パーセント」に減じてゐるのである。

磷は又熔鐵が炭素を溶解する性質を減ずるものである。次表を見るが良い。

第二十八表 磷と鐵が炭素を溶解する性質との關係

磷 (%)	熔鐵中の炭素 %	断面
—	4.15	白色
4.10	3.25	”
7.90	2.00	”
13.00	0.70	”
16.00	—	”

114, 磷と析出。

磷は鐵の中に入れば Fe_3P として存在し、この物の凝固點が低い結果析出し易きものなることは既に述べておいた。磷は又鐵に冷脆性を與ふるものとして知られた元素である。

茲ては第百三十一圖に就いて言ひ残したことを述べて

おかう。圖に於て硫化物の存在せる附近の白色部は主として「フェライト」であるが、一般に硫化物は炭素含有量の多い鋼の「フェライト」中に含まれることが多いので、硫化物は其周圍に「フェライト」を結晶せしめるものだと信ぜられてゐたのだ。然るにかやうな「フェライト」の部分には多量の磷を含有せることを Stead^{スツッド} が発見したのである。之は磷は硫黄と共に析出し易いからであつて、其結果附近の固溶體中から「セメンタイト」を脱出せしめるのである。この事柄は前節で説明したところの炭素が増せば磷を固溶體から放出するといふことを逆に考へれば解る。かくて脱出した「セメンタイト」は周圍の結晶粒中に入り、跡に「フェライト」を残すのである。

115, 磷と鋼との關係。

普通の鋼は 0.1「パーセント」以下の磷を含有せるものであるが、かやうな分量では固溶體を作るため軟鋼に於ては顯微鏡を以てするも其存在を認むることは出來ない。多くの實驗の結果を綜合するに軟鋼に於ては 0.1「パーセント」以下の磷ならば、其物理的性質に殆ど影響がないといふことに一致してゐる。しかし、茲に注意すべきことは磷を可なり多量に含有せる鋼は冷脆性を有し、衝撃に耐へ

ないものだから、よし材料試験機に於て抗張力、伸張率并に断面積の減少等に於て良結果を現はしてゐても、之を實際に用ゐて危険なことがある。

硬鋼に於ては軟鋼に比すれば磷の影響が著しくなるもので、1「パーセント」の炭素鋼では磷 0.01「パーセント」の増加も之を認めることが出来るといふことである。

116, 磷と鑄鐵との關係。

磷は鑄鐵を脆くし、其強さを減ずるものだから好ましき元素ではない。しかし鑄造上から言へば、磷は熔融點を低くするため燃料消費量を減じ、熔銑の流動性を増すため複雑な鑄物でも容易に鑄造し得るものだから、幾分を含有することを必要とするのである。Wüstは磷は1「パーセント」を増す毎に熔融點を27度づつ低くし、6.7「パーセント」以上になれば却つて熔融點を高めるものだと言つてゐる。

第四項 マンガン Manganese 及び總括

117, 「マンガン」と鑄鐵との關係。

「マンガン」は鐵と合金を作り易き金屬であつて、熔鑄爐

に於いては40「パーセント」、電氣爐を用ゐるときは90「パーセント」の「マンガン」を含有せる鐵を作ることが出来る。「マンガン」は炭素と共に存するとき(硫黄なきときは炭化物 Mn_3C を作り、鐵の炭化物 Fe_3C と結合して重炭化物を作るのである。かかる結果として「マンガン」を多量に含有せる鐵は、普通の場合に於けるよりも多量の炭素を含有することが出来る。例へば「マンガン」80「パーセント」のときは7「パーセント」以上の炭素を含有することが出来るのである。「マンガン」25「パーセント」以下のものは之を鏡銑 Spiegel-Eisen と稱へる。蓋し此物の新らしい断面は鏡の如き状態を呈するからである。Spiegel は鏡、Eisen は鐵に對する獨乙語であつて、今日は英書に於ても其儘使用せられてゐる。「マンガン」25「パーセント」以上のものは之を「フェロ、マンガン」Ferro-Manganese (Ferro-Ferrous 鐵の義) と稱へる。之等は製鋼上に必要な材料である。「マンガン」は化合炭素を増すものだから、従つて硅素及び黒鉛を減じ、鑄鐵を硬くするものである。しかし「マンガン」は硫黄と共に存するときは、既に述べたやうに先づ之と化合して硫黄を除去する。されば此點から言へば丁度硫黄を除去するに適當なる量までは、「マンガン」は鑄鐵を軟かくする性質を有するものだといふことが出来る。「マンガン」が鑄鐵を硬くするといふのは、硫黄を除去し得るよりも多量に存する場合に重炭化物を作る

結果である。夫故茲に「マンガ」少なくして硫黄の多い鑄鐵に適當に「マンガ」を加ふれば硫黄を除去して之を軟かくし、一定量を超えると化合炭素を増して之を硬くするのである。この點は實際上大に注意を要する點であらうと思ふ。

118, 「マンガ」と鋼との關係。

「マンガ」は他の不純物の如く操業の際強いて侵入するものとは異なり、鐵の酸化を防ぎ硫黄を除去するため特に鋼に加へられた元素だといふことは注意すべき事柄である。

「マンガ」は鋼の伸張力を増し、多少靱性を減ずるものである。しかし「マンガ」の影響は炭素の量を増すに従つて著しくなる。「マンガ」の量は普通の鋼に於ては1「パーセント」以下であるが、2「パーセント」を超えると特種鋼として取扱はれてゐる。之は次章に於て述べることにする。

近來鋼鑄物に於て小なる平爐を用ゐることが段々盛になりつゝあるが、特に注意すべきは「マンガ」を使用しないで善良な鋼を得たいといふ企のあることである。かくすれば「マンガ」を使用しないといふことだけでも少なからぬ利益あるのみならず、爐床が侵蝕作用を受けること

が大に減ずるといふことである。



第三百三十六圖…鋼中に存せる「マンガ」の酸化物

「マンガ」は製鋼作業中に酸化せられ、硅素の酸化物と結合して硅酸「マンガ」の如き複雑な化合物を作つて鋼の中に残留することがある。かやうなものは鐵と合金を作るのではなく、恰も粘土中に小石の混ざるが如き有様に混在するのである。第三百三十六圖は其状態を示すもので、暗黒部は硅酸「マンガ」であつて之に硫化「マンガ」が結合して一つの塊をなしてゐるのである。かやうな不純物が存在せるときは、無論鋼の性質を害するものだ。

119, 鋼の化學的成分と組織的 成分との關係。

上に述べたる如く鋼及鑄鐵は種々の不純物を含有せる

ものだが、其化學的成分を知れるとき、之等が如何に結合して如何なる組織を構成するかを明にすることは甚だ興味あることと思ふ。今鋼の場合に就いて説明して本章を終ることとしやう。

炭素	0.50%
マンガン	0.80%
硫黄	0.05%
燐	0.04%
硅素	0.10%
鐵分	98.51%
	100.00

上の如き化學的成分を有する鋼ありとし、之によつて説明してみやう。之等の元素の原子量は、

炭素	12
マンガン	55
硫黄	32
燐	31
硅素	28
鐵	56

であるから、

- (1) 0.05%の硫黄は0.13%の MnS を作る。
- (2) 0.13%の MnS は0.08%の「マンガン」を含有するが故に、

0.72%の「マンガン」を残す。

- (3) 0.72%の「マンガン」は0.05%の炭素と化合して0.77%の Mn_3C を作るが故に0.45%の炭素を残す。
- (4) 0.45%の炭素は鐵と化合して6.75%の Fe_3C を作る。
- (5) 0.04%の燐は鐵と化合して0.25%の Fe_3P を作る。
- (6) 0.10%の硅素は鐵と化合して0.3%の $FeSi$ を作る。

よつて化學上の實際の成分は、

Fe_3C	6.75%
Mn_3C	0.77%
Fe_3P	0.25%
$FeSi$	0.30%
MnS	0.13%
Fe	91.80%
	100.00

次に之を組織上から考へると、 Mn_3C は Fe_3C に合するから「セメントイト」は、

$$6.75 + 0.77 = 7.52\%$$

となる。又 Fe_3P 及び $FeSi$ は「フェライト」に固溶するから、「フェライト」の總量は、

$$91.80 + 0.25 + 0.30 = 92.35\%$$

となる。故に究極の組織の成分となるべきものは次のやうになる。

セメントイト	7.52%
フェライト	92.35%
MnS	0.13%
	100.00

然るに「セメントイト」は其重さの7.4倍の「パーライト」を作るから、實際鋼の成分は次のやうになる。

パーライト	$7.52 \times 7.4 = 55.65$
フリー、フェライト	44.22
MnS	0.13
	100.00

以上説くところを表にしてみると次のやうになる。

第二十九表 鋼の化學的成分と組織的成分との關係

化學的成分		組織的成分	
究極の成分	實際の成分	究極の成分	實際の成分
鉄分 98.51%	鐵分 91.80%	全フェライト 92.35%	フリー、フェライト 44.32%
硅素 0.10%	FeSi 0.30%		パーライト 55.65%
磷 0.04%	Fe ₃ P 0.25%		
炭素 0.50%	Fe ₃ C 6.75%	セメントイト 7.52%	
マンガ 0.80%	Mn ₃ C 0.77%		
硫黄 0.05%	MnS 0.13%	MnS 0.13%	MnS 0.13%
100.00	100.00	100.00	100.00

第十一章 特種元素 Special Element

第一項 概 説

120, 特種元素に就いて。

鋼鑄鐵を純良ならしめ、或は特種の鋼を作るために用ゐらるる重要な元素を挙げると次のやうなものがある。

- アルミニウム Aluminium, ニッケル Nickel,
- チタニウム Titanium, ヴァナディウム Vanadium,
- マンガン Manganese, クロロニウム Chromium,
- タングステン Tangsten, 硅素 Silicon,
- モリブデナム Molybdenum,

殊に特種鋼の製造は最近發達せるものだが、甚だ重要なもので異常の發展をなしつつあり、今後益重要な度を加へることであらう。之等の特種元素に関する事柄はむしろ冶金學に屬すべきもので、多少本書の範圍を脱する嫌もあるが、我國ではまだ一般の注意を惹くに至らないやうだから、茲に大體の説明をして以て本書を終ることにしたいと思ふ。但硅素は之を除くことにする。今各論に入るに先だち特種元素の影響に就いて概説すべきことが

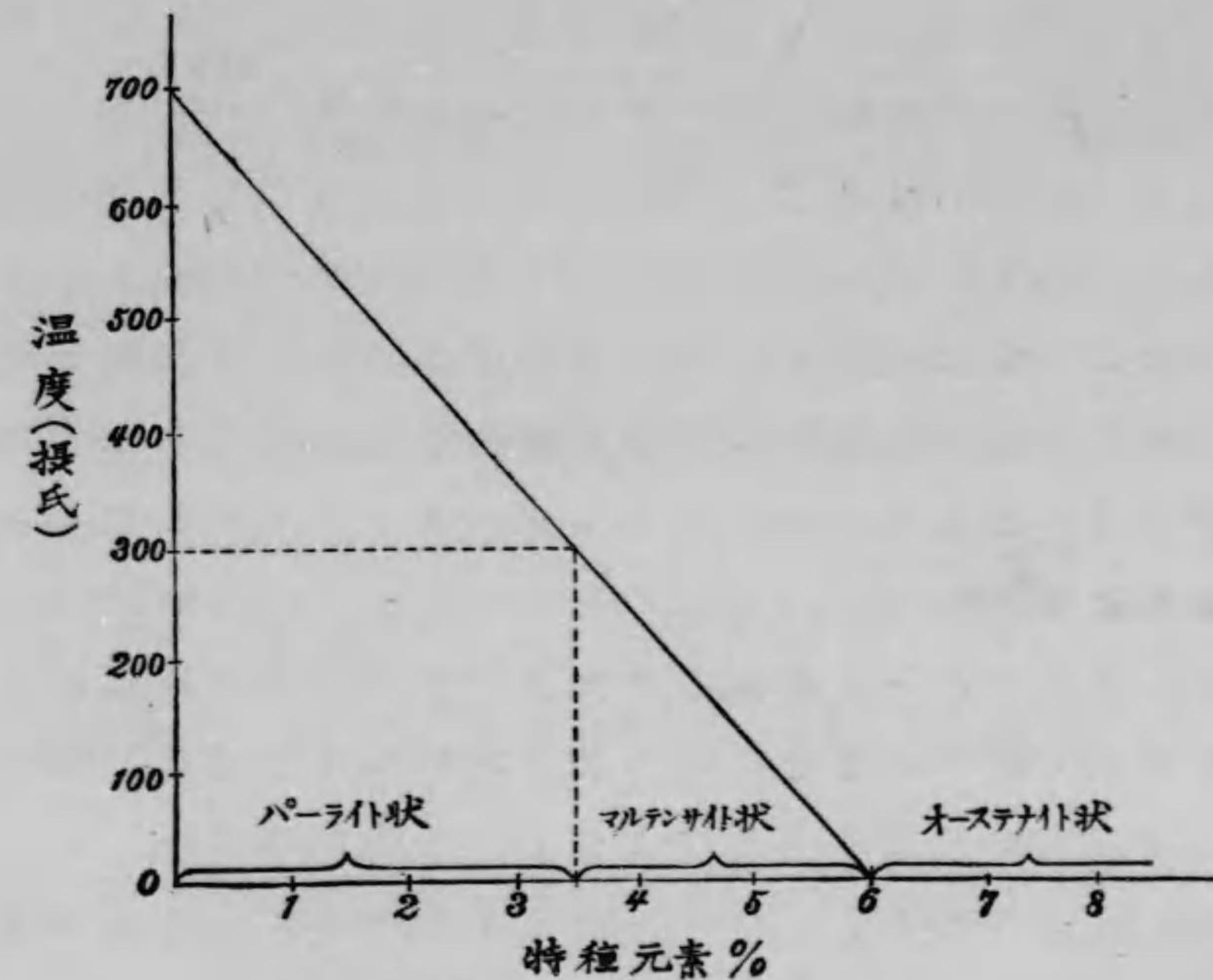
ある。

121, 特種元素と鋼の變態點との關係。

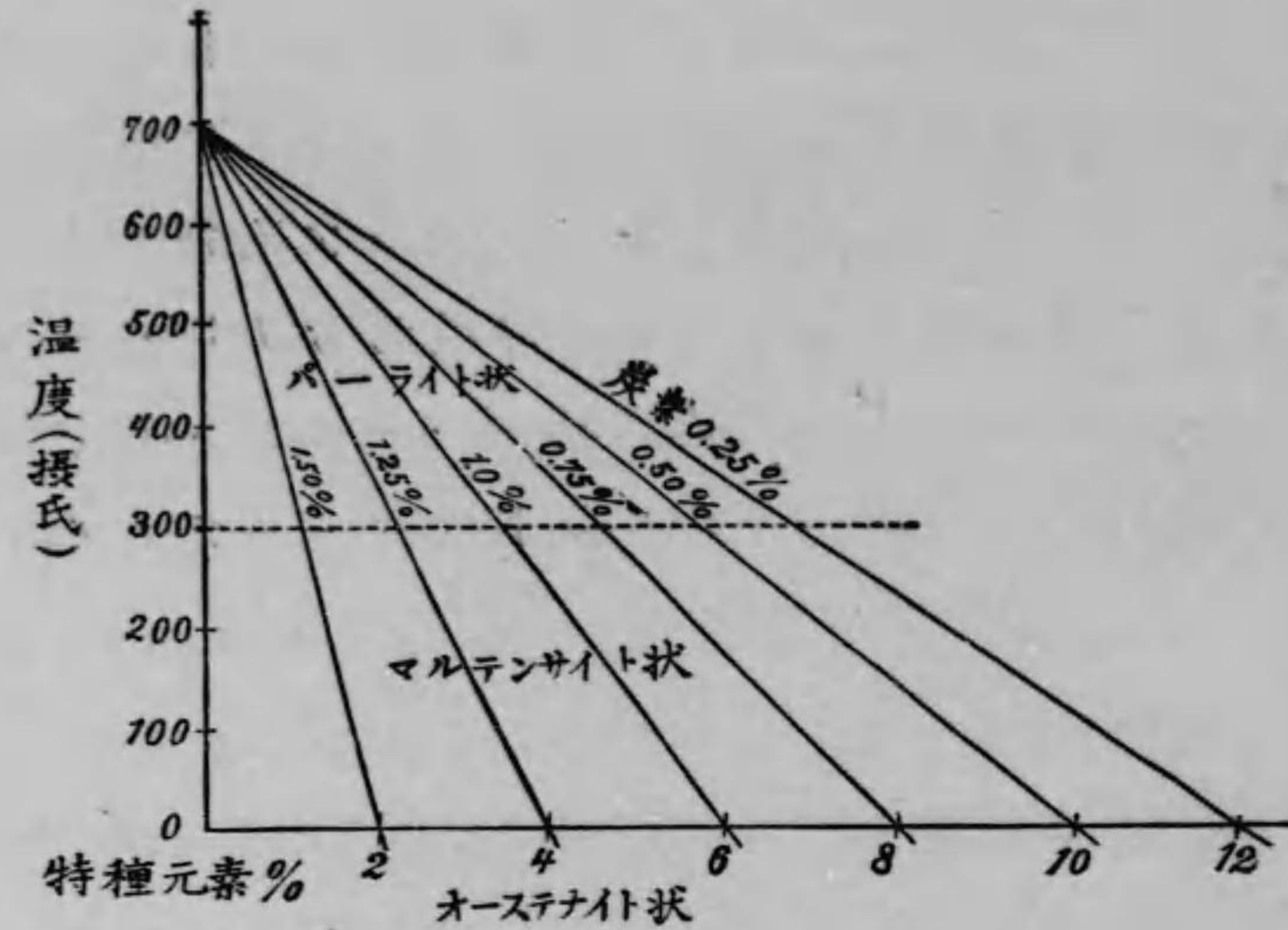
特種元素の影響中最も注意すべきものは變態點を低下せしめることである(例外はあるが)。多くの實驗の結果によるに特種元素が増するに従ひ變態點は段々下つてくるが、しかし初めの間は其組織は「パーライト」の状態を保つてゐる。然るに特種元素が増して變態點が300度以下になると、徐々に冷却しても組織は「マルテンサイト」の状態になる。かくの如きは鋼の剛性を増したため「パーライト」状態に變化し得ないからだといふことは、既に第六章で説明してゐたことだ。かやうな鋼は勿論堅硬なもので、通常空氣中で自然に冷却しても「マルテンサイ」状態を保つ鋼を自硬鋼 Self-Hardening Steel と稱へてゐる。之は後に説明する。さて、もつと特種元素を増して變態點が常溫以下に下ると、徐々に冷却しても遂に變化すべき機會がなく組織は「オーステナイト」の状態を保つてゐるのである。

上の意味を明ならしむるために Sauveur^{ソウヴール}は第百三十七圖の如き圖を作つた。圖に於ては炭素を1「パーセント」とした時、特種元素6「パーセント」に達すれば變態點は零度に

なるものと假定してある。さうすると特種元素を含有しないときは700度附近に起るべき變態點が、特種元素を増すにつれて漸次低下し、約3.43「パーセント」に達すれば300度以下に下る。則ち此場合に於ては徐々に冷却せられても常溫に於て鋼の有する組織は、特種元素3.43「パーセント」以下のときは「パーライト」状、3.43「パーセント」以上は「マルテンサイト」状、6「パーセント」以上は「オーステナイト」の



第百三十七圖……炭素の量一定せるとき變態點の位置に及ぼす特種元素の影響



第百三十八圖……變態點の位置に及ぼす特種元素及炭素の影響

状態を保つことになる。断つておくが、たとひ特種元素の影響のために變態點の位置が變化しても、とにかく變態點以上の温度に於ては鋼は「オーステナイト」になつてゐるのである。

上の説明中「パーライト」と「マルテンサイト」との間にはうきり區劃を附することは考へ物だ。何故ならば特種元素の性質、或は冷却の度合によつて變態點が400度或は500度附近に下つたとき、「ソールバイト」又は「ツルースタイト」の状態のもので出来るかも知れないからである。

特種元素の影響は多くは鋼のなかの炭素の量を増すに

従つて著しくなるものである。されば炭素の量を増せば特種元素が比較的少なくとも、變態點を著しく低下することが出来る。則ち變態點は次の三つの場合によつて漸次低下せしめることが出来るのである。

- (1) 炭素の量を一定して特種元素の量を増加するとき。
- (2) 特種元素の量を一定して炭素の量を増加するとき。
- (3) 炭素及び特種元素の量を共に増加するとき。

第百三十八圖は炭素と特種元素とが共に變態點の位置に影響する有様を示したもので、炭素0.25「パーセント」のとき特種元素12「パーセント」を加へなければ變態點が零度にならないが、炭素0.25「パーセント」を増す毎に特種元素を2「パーセント」づつ減じても同じ結果を得るものと假定したのである。

122, 種々の状態にある特種鋼。

前節に述べたところによつて縦谷ひ徐々に冷却せられたものでも、場合によつて種々の状態にある特種鋼を得べきことが解つただらう。今之等を別々に説明しておかう。

(1) 「パーライト状の特種鋼。

「パーライト」状の特種鋼は前節に述べたところによつて、

- (a) 特種元素少量なるとき。
- (b) 炭素少量なるとき。
- (c) 炭素及び特種元素共に少量なるとき。

の三つの場合に得られるものだが、實際上さう炭素を多量に入れることがないのだから、先づ大體特種元素の少量を含有せるものだと言ふことが出来る。かやうな場合には、特種元素の存在せる有様は其種類によつて次の三つの場合に區別せられる。

- (A) 「フェライト」に固溶する場合。
- (B) 炭素と化合して「セメンタイト」中に入り、重炭化物を作る場合。
- (C) 一部は「フェライト」に固溶し、一部は重炭化物を作る場合。

「パーライト」状特種鋼の「パーライト」の部分は比較的角立つたものとなり、薄層はより密になることがあるだけで、炭素鋼の組織と別段たいした相違はない。しかし其性質は一般に炭素鋼よりも優つてゐるのである。則ち強度、弾性、韌性に於て餘程優つてゐるばかりでなく、硬くして磨耗に耐へ、又衝撃に耐へ得るといふやうな得點がある。かく特種鋼が優良なる性質を有する原因は、特種元素が

「フェライト」に固溶して其強度、弾性、硬度を増し、従つて同時に「パーライト」を強く、硬くするからであつて、「フェライト」と「セメンタイト」とが密に集積せることも幾分之を助けてゐるのだらうと Sauveur は言つてゐる。

(2) 「マルテンサイト状の特種鋼。

此種のもは「パーライト」状特種鋼に比すれば、特種元素又は炭素を多量をに含有するか、或は兩者共に多量なるものである。かやうな鋼は硬く、脆くして切削することが出来ないため、用途に制限があるわけだ。此種の特種鋼は焼入によつて得るところの「マルテンサイト」状の炭素鋼と同一視すべきものではない。何となれば炭素鋼の場合には加熱すれば「パーライト」状に変化する傾向を有つてゐるが、特種鋼は左様な傾向なく、300 度位までは殆ど温度の影響を受けないものだ。此點は高温度に熱せらるべき場合の刃物、或は高速刃物として適する所以である。

「マルテンサイト」状特種鋼は主として特種元素と鐵との重炭化物が β 鐵に固溶せるもので、多少 α 鐵をも含んでゐるものである。

(3) 「オーステナイト状の特種鋼。

此種のもは「オーステナイト」状の炭素鋼によく似たも

ので、特種元素と鐵の重炭化物が γ 鐵に固溶したものだ。
 α 鐵を少しも有たないから無論磁性を有たないのである。
 唯焼入せられた炭素鋼と大に異なる點は、「オーステナイト」状の特種鋼は凝固點以下の溫度に於ては少しも溫度の影響がないことである。

「オーステナイト」状の特種鋼は比較的靱性に富み、磨耗、衝撃によく耐へるものだが、彈性の際限は低いのである。されば機械の部分殊に磨耗、衝撃を受ける場所に用ゐると都合が良い。唯彈性の際限の低いことと、工作しにくいことのために餘り廣く用ゐられないのである。

(4) 「セメンタイト」状の特種鋼。

之は前節に挙げなかつたものだ。一體どんなものかといふに、特種元素の中には多量に入れられると「オーステナイト」になることが出来なくて、重炭化物は分離して「マルテンサイト」、「ツルースタイト」、「ソールバイト」、或は「パーライト」状の土臺のなかに宿ることがある。之を「セメンタイト」状の特種鋼と稱へるのである。「クロム」、「モリブデン」、「タングステン」、「ヴァナディウム」などは此種の鋼を作るものである。

若し重炭化物が「マルテンサイト」状の土臺のなかに存するとき、普通の炭素鋼の焼きが戻るやうな溫度に熱し

ても毫も其硬度を減じないのである。かやうな鋼を以て作つた刃物は、又尖が赤熱せられるやうな高速度を以て切削しても少しも差支へがないわけだ。これが高速刃物として必要な條件である。

123, 特種鋼の處理法。

特種鋼も炭素鋼の如く、機械的加工、焼鈍、焼入、焼戻し、膚鋼法等に處し得るものである。しかし、特種鋼は炭素鋼と全く同様に處理すべきものだと言ふのではない。なかには或處理法を行つても効果のない場合もあれば、其必要のないものもある。又同じ處理法を行ふにしても余程趣きの違ふ點もある。今注意すべき點を挙げると、第一は變態點の位置が違ふといふことだ。されば加熱處理を行ふ場合には、先づ其變態點の高さを調べておく必要がある。第二は特種鋼は炭素鋼のやうに可鍛性に富んでゐないから、加工には注意しなければならぬ。第三には特種元素の中には鋼の炭素を吸収する性質を助けるものもあれば、之を妨げるものもある。又黒鉛の遊離を助けるもの、或は之に反するものもある。之等は膚鋼法なり、加熱の際などに注意すべき事柄だ。されば特種鋼では其特性をよく調べて之に適するやうな處理法を行

ふことは、極めて必要なことであらうと思ふ。

第二項 アルミニウム。

124, 「アルミニウム」と鋼との関係。

「アルミニウム」は特種鋼を作るよりは、脱酸剤として熔鋼を純良にし、蜂巢を除去するを主要な目的とするのである。すべて鋼は熔融状態に於ては多少酸化せるもので、酸化鐵は熔鋼の流動性並に鋼の強さを減ずるものだ。酸化鐵は凝固する際鋼中の炭素に働いて一酸化炭素を作るもので、この瓦斯は熔鋼を泡起せしめ、蜂巢を作る原因となるのである。かやうな熔鋼に「アルミニウム」の少量を加へるときは、酸化鐵の酸素を奪うて鐵を還元し、自身は酸化「アルミニウム」所謂「アルミナ」となつて熔滓中に入つて了ふ。その結果一酸化炭素の發生を防ぎ蜂巢を除去することが出来るのである。「アルミニウム」は尙熔鋼に熔解せる窒素、水素などの發生を少なくする働があるといふことだ。蓋し「アルミニウム」が酸化鐵を還元する結果、鐵が瓦斯を溶解する性質を増すためであらう。「アルミニウム」を熔鋼に加へるには取瓶に於てすべきもので、その量は平爐鋼では熔鋼一噸に對し2「オンス」乃至5「オンス」、轉爐鋼では約6「オンス」乃至8「オンス」である。Talbotの言によれば「ア

ルミニウム」、硅素、「チタニウム」などを脱酸剤として用ゐるときは、析出を減じ蜂巢を除くことが出来るが、鋼塊の上部に圓錐形の空洞を作るものだといふことだ。第百六圖は實は Talbot の得たもので甲は「アルミニウム」を加へないもの、乙は一噸に對し2「オンス」の割に「アルミニウム」を加へたものだ。かやうな空洞のなかには瓦斯が存在しないのである。

125, 「アルミニウム」と鑄鐵との関係。

「アルミニウム」は又脱酸剤として屢鑄鐵に用ゐられる。茲では此元素が炭素に及ぼす影響に就いて述べておかう。

Hatfield の言によれば「アルミニウム」2「パーセント」までは鑄鐵の全炭素量に影響を及ぼさないが、夫以上に増すときは全炭素量を減少せしむるものである。次の表は此事柄を明にするものだ。

第三十表 「アルミニウム」と全炭素量との関係

アルミニウム (%)	實際の炭素量 (%)	計算上の炭素量 (%)	減少したる炭素量 (%)
2.375	3.76	3.89	0.13
3.82	3.59	3.83	0.24
4.24	3.57	3.81	0.24
8.31	3.32	3.65	0.33
11.80	3.12	3.51	0.39

「アルミニウム」が炭素の状態に及ぼす影響に就いては多少の制限があるやうだが、Hatfieldが3「パーセント」乃至4「パーセント」の「アルミニウム」を鑄鉄に加へた結果、其断面の特種の状態を變じて三號鉄の如くならしめたといふ事實がある。とにかく「アルミニウム」は黒鉛を遊離せしめて鑄鉄を軟かくするものだといふことが出来る。されば「アルミニウム」の作用は硅素に類するもので、其作用は、

(1) 鐵の炭素に対する溶解性を減ずること。

(2) 黒鉛を遊離せしめて鑄鉄を軟かくすること。

の二つとなる。従つて「アルミニウム」は鑄鉄の強さを減ずることは言ふまでもないことだ。

第三項 ニッケル。

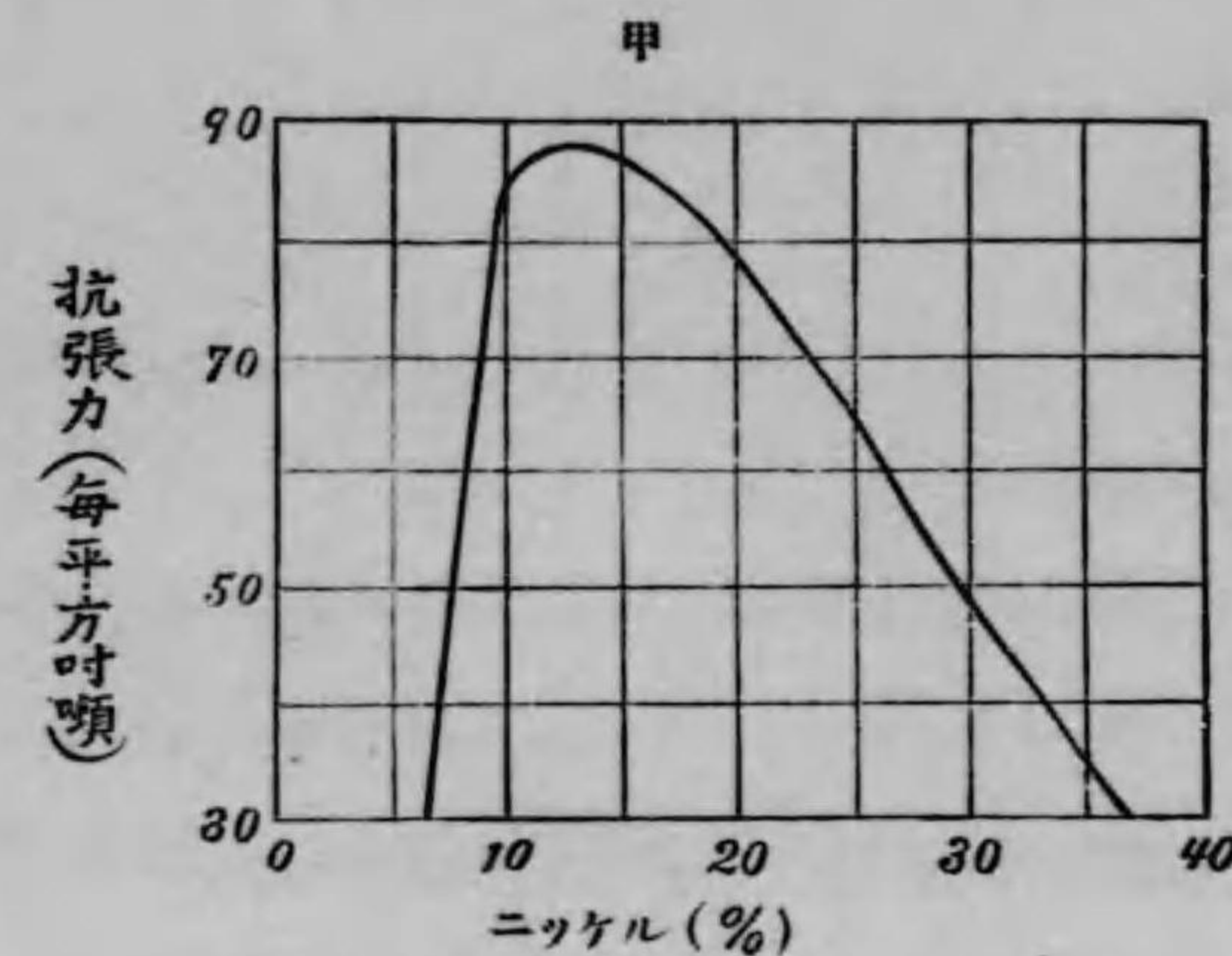
126, 「ニッケル」と鐵及び炭素との關係。

「ニッケル」は鐵と共に自由に合金を作るものである。
Arnold は鐵7原子と「ニッケル」1原子とが化合して Fe_7Ni なる化合物を作るのだと言つてゐる。氏が此合金の強さを試験した結果は第百三十九圖に示すやうなもので、「ニッケル」13「パーセント」のとき抗張力は最大に達し、每平方吋

約88噸といふ非常に強いものとなつてゐる。「ニッケル」の原子量は59であるから

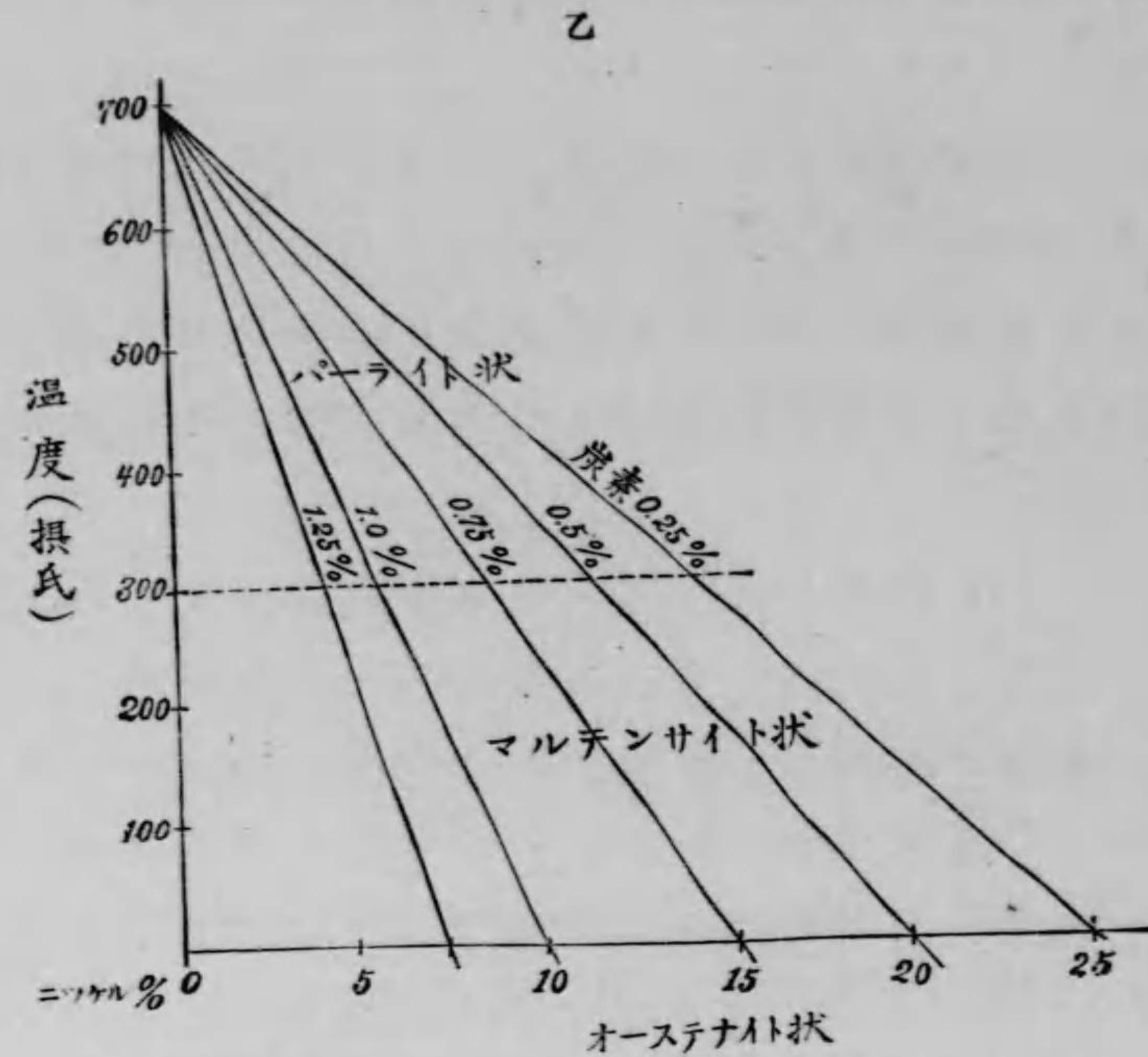
$$\frac{59}{56 \times 7 + 59} \times 100 = 13\%$$

則ち「ニッケル」13「パーセント」のときは合金は全部 Fe_7Ni となるわけで、實驗の結果は之に適合するのである。



第百三十九圖……純粹の「ニッケル」鐵の強さ。

「ニッケル」は炭素と共に存するときは Ni_3C なる化合物を作つて「フェライト」に固溶するものである。「ニッケル」は鋼の變態點に大なる影響を與へるもので、炭素含有量少ない(0.25%以下)ときは「ニッケル」25「パーセント」のとき零度に降る。夫以上に「ニッケル」を増すと却て變態點を高め、70「パーセント」以上になれば再び低下せしめるといふことだ。



第百四十圖……「ニッケル」及炭素が變態點 A_{r1} の位置に及ぼす影響。

第百四十圖は炭素 0.25「パーセント」以上の場合に於て、「ニッケル」と炭素とが變態點に及ぼす影響を示すものである。此圖の意味は第 121 節に説明したところから推して知ることが出来るだらうと思ふ。「ニッケル」鋼の最も廣く用ゐられるものは「ニッケル」5「パーセント」、炭素 1「パーセント」以下のものである。かやうな「ニッケル」鋼は「パーライト」の状態にあることは圖によつて知ることが出来る。

127, 「ニッケル」鋼の處理。

「パーライト」の状態にある「ニッケル」鋼は炭素鋼よりも低い温度で焼入、焼鈍等を行ふべきことは、「ニッケル」が變態點を低下せしめる事實から推して明かなことだ。「ニッケル」5「パーセント」以下の場合には、炭素含有量少ない鋼では「ニッケル」1「パーセント」を加へる毎に A_{r1} は 20 度、 A_{c1} は 10 度づつ低くなるといふことである。

「ニッケル」は鐵が炭素を吸収する性質を減ずるものだが、高温度に加熱せられても組織を粗くすることは少ない。膚鋼法によつて表皮を「マルテンサイト」の状態に變じ得べきことは明である。「ニッケル」鋼はよく鍛接せられるもので、1「パーセント」以下では少しも影響はない。之より「ニッケル」を増せば段々困難にはなるが、しかし、炭素の少ないものであれば「ニッケル」3「パーセント」位では注意さへすれば充分鍛接することが出来る。

128, 鋼の性質に及ぼす「ニッケル」の影響。

「ニッケル」と鐵の合金の強さは、「ニッケル」の増すにつれて急に増加し、13「パーセント」に於て最大となり、夫以上

ては却て強さを減ずることは第百三十九圖に示した通りだ。「ニッケル鋼」に於ても「ニッケル」を増すに従つて強さを増し、約20「パーセント」に於て最大となるといふことだ。

急冷によつて硬化する性質は「ニッケル」の少ないときは著しいものだが、10「パーセント」に達すれば止んでしまふ。10「パーセント」と20「パーセント」の間では焼入又は焼鈍するも殆ど影響はない。20「パーセント」以上になると高温度から急冷すれば却て軟かくなるのである。之等は第百四十圖に照し合して考へてみれば解ることだ。

「ニッケル鋼」の磁性に就いて面白いことは、「ニッケル」25「パーセント」のものは零度以下40度に冷却するまでは殆ど認めることが出来ない。しかし之以下に冷却すれば初めて磁性を得。一旦磁性を有つたものは600度に熱するまでは元の状態に復しないといふことだ。

「ニッケル鋼」は他の鐵類に比して腐蝕することが餘程少ない。Howe は鍊鐵軟鋼「ニッケル鋼」などを純粹の水、或は海水中に於て腐蝕せしめて其比較をした結果を見ると、「ニッケル」3「パーセント」のものでは鍊鐵の約8割、25「パーセント」のものでは鍊鐵の3割しか腐蝕してゐないのである。

因に「ニッケル」は蜂巢を除くことは出来ないが、析出を防ぐ效があるといふことである。

129, 「ニッケル」と鑄鐵との關係。

Guillet は鑄鐵の中に色々の割合に「ニッケル」を入れて試験したのであるが、其結果硅素「アルミニウム」の如く黒鉛を遊離せしむる働のあることを發見した。此事柄は炭素の多い鋼に於ても起るといふことだ。

Guillet は又「ニッケル」は鑄鐵中の「パーライト」を「ツルースタイト」と「ソールバイト」の雜つた状態に變化すると言つてゐる。之は鋼に就いて説明したところから推して有り得べきことだと思ふ。しかし、「ニッケル」は他に別段良い影響を鑄鐵に與へるものでないと Hatfield は言つてゐる。

第四項 チタニウム。

130, 「チタニウム」の利用。

「チタニウム」は非常に熔融し難い金屬であつて、硝子を以てしなければ疵附け得ないほど硬い金屬である。此金屬は鐵と化合して鐵鑛中に見出されるもので、鐵と容易く合金を作るものだから、現今此合金を「フェロチタニウム」と稱へて販賣せられる。「チタニウム」を實際に利用することは、1905年獨乙の Goldschmidt が之を鑄鐵に用ゐたのに

始まり、越えて1907年米國の「チタニウム」合金製造會社が「フェロ、チタニウム」の製造販賣をなすに至つて漸次世に知られて來た。かく「チタニウム」を利用することは極めて最近のことであるが、鐵鋼を清淨ならしめ、その性質を改善し、或は特種鋼として其價値を認められ、その應用は年々非常の勢で擴りつつあるのだ。誠に次に掲ぐるところの「チタニウム鋼と他の特種鋼の産額とを比較するならば如何に「チタニウム」の重要視せられつつあるかを明にすることが出来るだらう。

第三十一表 各種特種鋼累年産額表

	1909年 (噸)	1910年 (噸)	1911年 (噸)
チタニウム鋼	40,483	195,940	326,316
ニッケル鋼			106,707
ニッケル クロム鋼			52,021
クロミウム鋼			23,550
マンガン鋼	9	471	19,360
ヴァナディウム鋼			9,049
其他の合金鋼			30,816
電氣鋼		4,210	

殊に「チタニウム」鋼軌條は非常に優良な成績を表はしてゐるので、米國に於て1908年に此軌條を用ゐた鐵道は僅

かに二ヶ所であつたが、三年後の1910年には「チタニウム」鋼軌條を使用する鐵道數實に四十三、其使用數量1911年七月迄に四十萬噸以上に達してゐるといふことだ。以て其趨勢を察することが出来るであらう。

翻て之を我國の現状に視よ。どれだけの製鐵所が此方面の研究に従事してゐるか。軌條の如きも其一部を輸入して試用するといふのは漸く近頃の話である。我國は各種の方面に於て歐米各國より一步を先ずることをしないのみならず、並進することも出来ない。否彼等に一步づつ後れて行くことは我國の義務なりと考へてゐるやうにすら見える。心ある人士の奮起を要する益切なりだと思ふ。

131, 「チタニウム」と鋼との關係。

今日まで發表せられた報告を綜合するに、「チタニウム」は總ての點に於て鋼に好影響を與へるもので、殆ど理想的のものやうに見える。今其主要な點を摘記することとしやう。

(1) 脱酸劑としての「チタニウム」。

「チタニウム」は酸素との親和力極めて強いもので、脱酸

劑として「アルミニウム」・「硅素」などより遙に優つたものである。されば先づ従來の脱酸劑を用ゐた後に「チタニウム」を用ゐるときは、完全に鋼を清淨ならしめることが出来るといふことだ。

(2) 「チタニウム」と窒素との關係。

従來窒素は熔鋼に溶解せられ凝固の際放出せられて蜂巢を作ることの助くるものだとしか考へられてゐなかつた。然るに最近の研究によると、鋼中に固溶せる窒素(鐵の窒化物及び青化物を作つて鐵中に固溶せるものだらうといふことだ)は、磷に類似の影響を及ぼし一定の範圍を超えたと之を脆弱ならしめるものである。^{フツネ}Braune は窒素の影響は鋼中の炭素の量によつて異なるもので、次の表に擧げた割合以上の窒素を含むときは全然可鍛性を失ふものだと言つてゐる。

第三十二表 許容し得べき窒素の量

鋼の種類	窒素(%)
硬鋼	0.03—0.035
炭素0.5%	0.04—0.045
0.08%	0.06—0.065

とにかく窒素は有害な元素だといふことは確實である。

世人の熟知せる如く窒素は容易に他の元素と化合しないものであるが、「チタニウム」とは極めて化合し易いもので、實際「チタニウム」は窒素の中で燃焼して高熱を出すといふことだ。されば「チタニウム」を鋼に入れると窒素を脱出せしめて其性質を改善するのである。今 Waterhouse^{ワタウース}の實驗の結果を見るに、次表に示す如く「チタニウム」によつて鋼中の窒素を除去することが出来るのである。

第三十三表 「チタニウム」による窒素の減少

	原料鋼	「チタニウム」にて處理せられたる鋼
窒素%	0.015	0.007
	0.021	0.014

(3) 「チタニウム」と磷及び硫黄との關係。

酸素及び窒素等を除去するよりも餘分の「チタニウム」があるときは、鋼中の硫黄、磷等に働いて化合物を作り、熔滓中に入るため「チタニウム」はよく之等の不純物を除去することが出来るといふことだ。果して然らば「チタニウム」は獨り蜂巢を除くのみならず、又不純物の析出をも防ぐわけで、同時に第118節に述べたやうな硅酸鹽類をも除去することが出来る筈である。

(4) 「チタニウム」と腐蝕との關係。

鐵鋼などの腐蝕の原因は未だ充分明になつてないが、とにかく其内部に含有せる不純物に原因することは儘であるらしい。果して然りとすれば「チタニウム」で清淨された鋼は他の鋼に比してよく腐蝕に耐へ得べき道理である。今 McKenna の實驗の結果を挙げると次表に示すやうになつてゐる。

第三十四表 比較腐蝕試驗成績。

鋼 の 種 類	蒸溜水中に於ける腐蝕損失量 %		25%の硫酸中に於ける腐蝕損失量 %	
	一ヶ月	三ヶ月	一時間	三時間
通常平爐鋼	0.28	0.60	0.38	1.16
チタニウム平爐鋼(%)	0.28	0.54	0.32	0.72
チタニウム鋼の優れる割合(%)	—	10.00	16.00	38.00
通常ベセマー鋼	0.32	0.54	1.26	2.94
チタニウム、ベセマー鋼	0.30	0.46	0.90	2.53
チタニウム鋼の優れる割合(%)	6.30	14.80	28.60	14.30

(5) 「チタニウム」鋼の性質。

「チタニウム」鋼は靱性並に耐久性に富み、又よく磨耗に耐へるものとして稱揚せられてゐる。今軌條として用ゐられた「チタニウム」鋼と通常鋼との磨耗の比較を見るに、

次表の如く其間に大なる相違がある。

第三十五表 磨耗比較試驗成績。

鋼 の 種 類	最初四ヶ月間の磨耗量 (1ヤードに付封度)	次の二ヶ月間の磨耗量 (1ヤードに付封度)	六ヶ月の通計 (1ヤードに付封度)
チタニウム鋼	1.45	0.095	1.545
通常鋼	4.17	0.730	5.900

上の結果は二種の軌條を並べて用ゐた場合である。「チタニウム」鋼が軌條として重んぜらるる所以は此表によつて明に了解することが出来るだらう。

132, 「チタニウム」と鑄鐵との關係。

既に鋼に於て優良なる成績を挙げた「チタニウム」は、之を鑄鐵に用ゐても決して悪からう筈がない。則ち清淨劑として鑄鐵に用ゐて密質な丈夫な鐵を得るので、或人は「チタニウム」は鐵及鋼の掃除夫スカベンジャーだと言つてゐる位である。

「チタニウム」を鑄鐵に用ゐて最も便利なことは、冷硬鑄物の場合であらう。米國の或車輪製造場で比較試驗をした結果は、次の表に示す如く「チタニウム」の有効なることを示してゐる。

第三十六表 冷硬鑄物に関する比較試験成績。

	抗 壓 力 (每平方吋封度)	硬 度
「チタニウム」を加へたるもの	298,000	557
「チタニウム」を加へざるもの	173,000	445

かく冷硬鑄物に「チタニウム」を加へたものゝ成績の優良なることと、此種の鐵が磨耗に耐へることとは將來の車輪製造者の注意すべき點である。

「チタニウム」を加へた鑄鐵は又蒸汽管、^{スチームボイラー}汽筒、水壓機などに用ゐられて好成績を擧げてゐるといふことである。

133, 「フェロチタニウム」の使用法。

純粹の「チタニウム」は製造困難なるのみならず、熔融點高きため實用にならない。夫故鐵との合金とし「フェロチタニウム」として用ゐるのである。「フェロチタニウム」の「チタニウム」含有量は10「パーセント」乃至25「パーセント」のものを普通とする。蓋し25「パーセント」以上のものとは鐵鋼と結合し難いのみならず、比重小なるため熔鐵の上に浮く傾向があつて取扱ひ難い。上記の割合のものは最も都合がよいのである。「フェロチタニウム」には炭素を含有せるものと否らざるものがある。炭素を含有せるものの熔融

點は900度位で取扱ひ易い。現今「フェロチタニウム」を製造販賣せる工場は次の二つである。

ゴールドシュミット、テルミット會社 Goldschmidt
Thermit Co,

チタニウム合金製造會社 Titanium Alloy Mfg. Co.

前者は無炭素品ばかりを作り、後者は主に含炭素品を作つてゐる。今兩品の成分の一例を擧げてみると次表の如きものである。

第三十七表 フェロチタニウムの成分

	含炭素フェロチタニウム %	無炭素フェロチタニウム %
チタニウム	10.0—15.0	10.0—15.0
炭 素	5.0— 8.0	0.0— 1.0
硅 素	0.35— 1.0	0.35— 1.0
鐵 分	83.0—72.0	89.0—82.5

そして含炭素品の方では鑄鐵用として塊状のもの、鋼用としては ^{スポンジ・グレード}Spongy grade と稱へて粉状のものを販賣してゐる。

「フェロチタニウム」は充分乾燥して粉碎して用ゐるので、豫め熱しておく必要がないといふことを製造所が切りに言つてゐる。

「フェロ、チタニウム」を熔鋼に加へるには爐の種類によつて多少趣きが異なるのであるが、先づ大體取瓶で行へば良いやうだ。則ち熔鋼を少しく取瓶に移して其上に「フェロ、チタニウム」を投入し、引續き熔鋼を流下せしめると攪拌せられながら熔解し全體に行き渡るのである。「フェロ、チタニウム」の分量は10%乃至15%のもので鋼一千封度に對し2封度半乃至15封度である。

鑄鐵に「フェロ、チタニウム」を加へるには、装入鐵の下になるやうにして^{キューボフ}熔銑爐中に装入すれば良い。其分量は鑄鐵一千封度に對し3封度乃至5封度である。

しかし「フェロ、チタニウム」を加へるに最も良い方法は、豫め屑鐵と一緒に坩堝で溶かしておいて、取瓶の中で熔銑又は熔鋼に加へることだと Kirk は言つてゐる。「フェロ、チタニウム」の使用法の詳しいことを知るには、直接製造元から説明書を取寄せるのが一番近道である。

第五項 ヴァナディウム

134, 「ヴァナディウム」に就いて。

「ヴァナディウム」は1801年 Mexico に於て鉛の鑛物の中から発見せられた金屬元素である。灰白色にして熔融點極め

て高く(1680度)、金屬中最も硬度の大なるもので又最も還元し難いものである。さればまだ單體として得られない。主に鉛と化合して其鑛物中に発見せられるもので時には鐵鑛中に少量を含有せられることがある。

「ヴァナディウム」は鐵、硅素、「ニッケル」、「マンガン」などと自由に結合して比較的熔融點の低い合金を作る。此物と鐵との合金は「フェロ、ヴァナディウム」と稱へて製鐵上主に用ゐられるてゐる。「ヴァナディウム」は又炭素との親和力大なるものであるから、炭素を含有せざる「フェロ、ヴァナディウム」を得ることは出来ない。然るに「ヴァナディウム」の炭化物は極めて安定なもので、之を分解せしむることは困難なものである。従つて炭素を多量に含有せる「フェロ、ヴァナディウム」は、之を熔鋼などに加へても其儘で組織の一部となつて別段反應を起さないために得るところはないわけだ。夫故「フェロ、ヴァナディウム」は成るべく炭素含有量の少なきことを必要とするのである。現今米國「ヴァナディウム」會社 American Vanadium Company では「フェロ、ヴァナディウム」の外色々な「ヴァナディウム」鋼を製造販賣してゐる。

「ヴァナディウム」を製鐵上に利用することは1900年頃からのことで、其量の多くないことと高價なるため「チタニウム」のやうに盛に用ゐられてゐないが、漸次其價値を認められつつあり將來注意すべき元素であらうと思ふ。次に此

元素が鋼及鑄鐵に及ぼす影響を述べることにする。

135, 「ヴァナディウム」と鋼との關係。

「ヴァナディウム」は鋼のなかに入ると、炭化物を作つて、一部は「フェライト」に固溶し、一部は「セメンタイト」中に入つて鐵との重炭化物を作るのである。かかる結果として鐵の強さを著しく増すもので「ヴァナディウム」の量が僅かに 0.1「パーセント」或は 0.2「パーセント」を軟鋼に加へても其強さを五割がた増加すると ^{ヘーガード}Harboard は言つてゐる。とにかく「ヴァナディウム」に於いて特筆すべき點は、鋼の弾性の際限及び抗張力を増すことである。しかも「ヴァナディウム」の量は極めて僅かであるので、普通 0.5「パーセント」以下であつて 1「パーセント」も加へることは先づないのである。それでも鋼の弾性の際限を毎平方吋 65 噸以上、抗張力を毎平方吋 80 噸以上 90 噸にも達せしめることが出来るのである。次に「ヴァナディウム」の優良なる點は酸素窒素などとの親和力の大きなること、従つて完全な鑄物を得る上に必要な元素である。

かやうなわけだから、完全な鑄物を得ると同時に其強さ靱性等を増す目的で少量の「ヴァナディウム」(0.5% 以下)を他の特種鋼に加へることが多い。則ち、

ニッケル、ヴァナディウム鋼。

クローム、ヴァナディウム鋼。

クローム、ニッケル、ヴァナディウム鋼。

クローム、タングステン、ヴァナディウム鋼。

など言ふ鋼が出来るわけである。今米國「ヴァナディウム」會社に於て Type A と稱へて販賣せる「クローム、ヴァナディウム」鋼の成分と性質とを挙げると、次表の如きものである。

第三十八表・クローム、ヴァナディウム鋼の一例

	成 分 (%)				性 質		
	炭 素	マンガン	クローム	ヴァナディウム	弾性の際限 (毎平方吋封度)	抗張力 (毎平方吋封度)	伸張率 (2吋 = 付%)
軟	0.18—0.25	0.35—0.50	0.60—0.80	0.16 以上	112,000	137,000	20.0
中	0.25—0.32	0.40—0.60	0.80—1.00	0.16 以上	132,500	149,500	17.5
硬	0.32—0.40	0.40—0.60	0.80—1.00	0.16 以上	146,500	167,500	16.0

尙之等に就いて詳しく知りたい人は、同社から出してゐるところの Vanadium Steels なる説明書を見るが良いと思ふ。無論無代價で送つて呉れる。

「フェロ、ヴァナディウム」を熔鋼に加へるには爐中ても或は取瓶中で行うても良いのだが、大體は取瓶中で行ふ方が便利である。「ヴァナディウム」の含有量 25「パーセント」以下のもの及び 40「パーセント」以上のものは熔融點が高いから不便である。普通 35「パーセント」の「フェロ、ヴァナディウム」を用ゐ

る。使用に際しては比重の小なること 酸化し易い點に注意しなければならぬ。

136, 「ヴァナディウム」と鑄鐵との關係。

「ヴァナディウム」を鑄鐵に加へると緻密にして等齊な組織とし、所々に特に硬い點や多孔性の場所を生ぜしめない。従つて其強さを 10「パーセント」乃至 25「パーセント」増加すると稱せられてゐる。又「ヴァナディウム」を加へた鑄鐵は磨耗に耐へるものである。或鐵道に於て汽筒に用ゐて試験した結果によるに、普通の鑄鐵のものは十萬哩走つた後 $\frac{1}{32}$ 吋磨り耗らされたが、「ヴァナディウム」を加へたものは二十萬哩走つた後でも其耗りは殆ど認むることは出來ないほどであつた。そして之等の材料の強さは前者は毎平方吋 24,225 封度なるに比し、後者は 28,728 封度であつたといふことだ。

「ヴァナディウム」は炭素との親和力強盛なるため、高温度に於ても「セメントイト」を安定ならしむるものだから、内燃機關用として適當だと稱せられてゐる。又冷硬鑄物、「セミ、スチール」 Semi-Steel などに用ゐても優良な結果を現はすのである。

「ヴァナディウム」を鑄鐵に加へるには、熔銑を取瓶に移す際

其流れに「フクロ、ヴァナディウム」の粉末を撒りかけるが良い。其分量は 35「パーセント」のものならば熔銑百封度に對して $4\frac{1}{2}$ 乃至 5「オンス」である。之で丁度「ヴァナディウム」の量は 0.1 乃至 0.12「パーセント」位になるのである。

第六項 其他の特種元素。

137, 「クロミウム」と鋼との關係。

「クロミウム」も亦製鋼上多く用ゐられる元素であつて、大抵鐵と結合せしめて所謂「フクロ、クロミウム」として用ゐるのである。

「クロミウム」は鋼中にあつては鐵と共に重炭化物を作るものである。變態點の位置には直接の影響はないのであるが、面白いことには冷却するときの温度が高いほど變態點が低くなるのである。今 Osmond の調査した結果を擧げると三十九表のやうになる。

「クロミウム」鋼の最も廣く用ゐられるものは、3「パーセント」以下の「クロミウム」を含有せるもので、主として「タイヤ」、車軸、装甲板、工具などに用ゐられる。しかし工具用のものは多くは他の特種元素を加へたものである。

「クロミウム」の鋼の性質に及ぼす影響としては、其硬度

並に硬化性を増すのが主要な點である。

第三十九表 冷却するときの温度と變態點
の位置との關係

冷却するときの温度 (攝氏度)	(變態點) (攝氏度)
835	713—716
1030	682—692
1220	635—643
1320	600—640

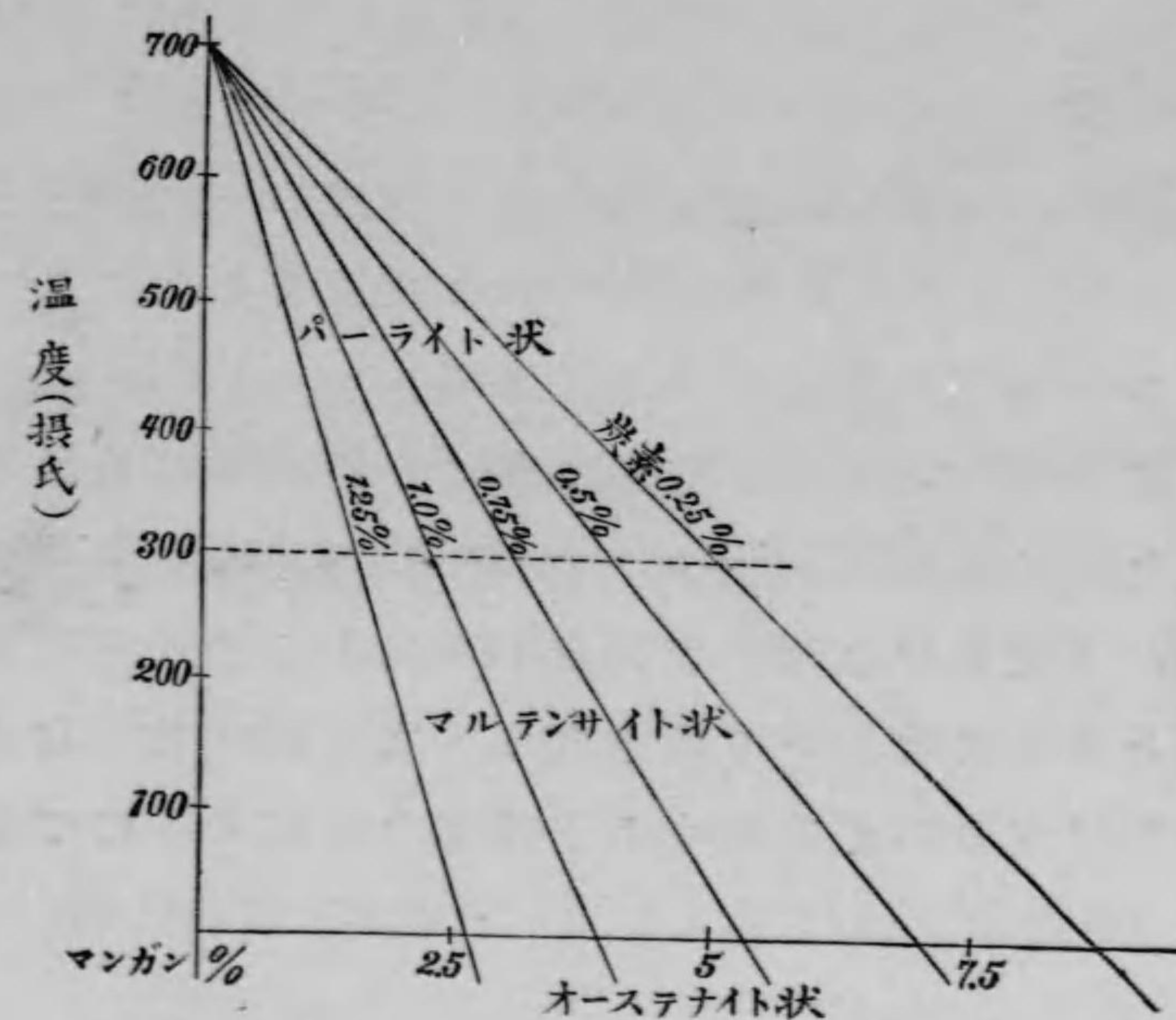
138, 「クロミウム」と鑄鐵との關係。

「クロミウム」は鐵との重炭化物を作る結果、鐵の炭素に對する溶解性を増すものである。従つて又「セメンタイト」を安定ならしむる傾向あるため、鑄鐵を硬くし、冷硬鑄物に用ゐると都合がよいのである。

139, 「マンガン」鋼。

「マンガン」は普通の鋼に存在せるものだが、「マンガン鋼」と言へば大體 2「パーセント」以上を含有せるものである。

「マンガン」及び炭素が變態點に及ぼす影響は第百四十一圖に示す通りである。之によると「マンガン」は「ニッケル」に比して約二倍の影響を與へるものだといふことが出来る。「マンガン」鋼として普通用ゐられるものは「マンガン」3「パーセント」以下、炭素 0.8「パーセント」以下のものである。かやうな鋼は圖によつて「パーライト」の状態にあることが解る。



第百四十一圖 「マンガン」及炭素の變態點に及ぼす影響。

かく「マンガン」鋼の炭素含有量は比較的少ないものであ

るから、普通の「フェロマンガン」を用ゐると炭素を増して脆くするため、現今特に電気爐によつて殆ど無炭素の「フェロマンガン」を作つてゐる。

「マンガン鋼は炭素含有量少なきものを得難きこと、鋼が脆いといふやうな點から自然用途が制限せられるのであるが、^{ハットフィールド} Hatfield は「マンガン」約 10 乃至 15 「パーセント」のもので優良な性質のものを発見した。其一例を挙げると炭素 0.85%、「マンガン」13.75%のものに就いて試験した結果、抗張力毎平方吋 65 噸、伸張率 51% といふ成績を示してゐる。又他の試験片は抗張力 69 噸、伸張率 46% といふ成績を表はしたのである。これ等は發明者の名によつて ^{ハットフィールド スティール} Hatfield Steel として有名なものである。

かく多量の「マンガン」を有する鋼は ^{ヒート・トリートメント} 加熱處理に於て奇妙な性質を表すものだ。「マンガン」13.733%、炭素 1.15% と含有せる試験片は 990 度乃至 1090 度から冷水中に投げられると非常に軟かいものとなり、之を輝赤色になるまで再熱して空氣中で冷却すると硬度を恢復するのである。

140, 「タングステン」鋼。

「タングステン」は近來電球に使用するやうになつて其名は一般に知られてゐる。

「タングステン」は鋼中に於て鐵と共に重炭化物を作るものである。^{アーノルド} Arnold の最近の研究によるに、此重炭化物は「タングステン」11.5% または Fe_3C と Wc とを含有し、夫以上になれば Wc と Fe_3W とを含有してゐるものだ。但 W は「タングステン」の化學記號である。「タングテスン」は他の特種元素とは異なり變態點を多少高める傾向がある。しかし冷却するときの温度が高いほど變態點を低くするといふ傾向もある。^{オズモンド} Osmond が炭素 0.42%、「タングステン」6.25% のものに就いて試験した結果によると、900度から冷却したときは、690 度と 650 度に於て二つの變態點を認め、然るに冷却のときの温度を高めるに従ひ次の如き現象を発見したのである。

- (1), 高い方の變態點は其位置を殆ど變へないが、段々弱くなり遂に消失して了ふ。
- (2), 低い方の變態點は弱くはならないが、段々低くなる。

さて「タングステン」鋼は「タングステン」の量が少なきときは他の特種鋼と同様「パーライト」の状態にあるが、「タングステン」の量が増すと直ちに「セメンタイト」の状態となるものである。かかる「セメンタイト」鋼は充分高温度に加熱すると、上に述べたやうに變態點が低くなる結果、空氣中で冷却しても炭化物を充分固溶状態に維持することが出

来る。かやうな場合には緻密な「マルテンサイト」状の鋼を得るのである。此點は次に述べるところの自硬鋼、高速鋼などに必要な事柄である。

「タングステン鋼は主として彈條、磁石、或は他の特種元素を加へて工具に用ゐられるのである。

第七項 自硬鋼及び高速鋼

141, 工具鋼 Tool Steel に就いて。

工具鋼とは金屬の切削、切斷、穿孔等に用ゐる工具の材料となる鋼である。從來工具鋼と言へば炭素鋼に限つてゐた者で、普通磷、硫、黃等の有害元素の少ない炭素 0.6 乃至 1.5「パーセント」のものを用ゐたのである。然るに 1865 年頃英人 Mushet なる人が炭素鋼に「タングステン」、「マンガン」などを加へると、空氣中で徐々に冷却しても非常に硬度の大なるものを得ることを發見した。かやうな鋼は冷硬鑄物の如き鑄物を仕上げるにも都合が良いといふので、1890 年前後には盛に使用せられたのである。此種の鋼は前に述べたやうに自硬鋼と稱へられるもので、英國では發明者の名によつて「マツセツト」鋼、又米國では空氣中で硬化するといふところから氣硬鋼 Air Hardening Steel など稱

へられてゐる。

其後米人 Taylor 及び White 兩氏は「タングステン」、「クロム」等を含む工具鋼を發明し、1900 年巴里で開かれた萬國博覽會に出品して減磨劑を用ゐずして一分間 150 呎の高速で軟鋼を切削し、又刃尖は赤熱せらるるに至るも尙變化せざることを示して觀覽者を驚かしたのである。之は所謂高速鋼として知られたものである。從來炭素鋼ではどうしても一分間 30 呎乃至 50 呎以上の速度で切削することが出来なかつたものだから、此鋼の出現は實に工具界の大革命を起したわけだ。廿世紀は正に高速鋼の時代である。今之等工具鋼の變遷を明にするために、Carpenter の發表せる各種工具鋼の代表的分析表を擧げておく。

第四十表……各種工具鋼分析表

	炭素 (%)	硅素 (%)	マンガン (%)	タングステン (%)	クロム (%)	ニッケル (%)	切削速度 (中硬鋼) (1分間、呎)
ジョソップ Jossop 会社製炭素鋼	1.047	0.206	0.19	—	0.207	—	16
マツセツト自硬鋼	2.15	1.044	1.58	5.44	0.40	—	26
テイラー、ホワイト(發明) イト高速鋼 (當時)	1.85	0.150	0.30	8.00	3.80	—	60
現代の高速鋼	0.67	0.043	0.11	18.91	5.47	0.29	100

142, 自硬鋼 Self-hardening Steel

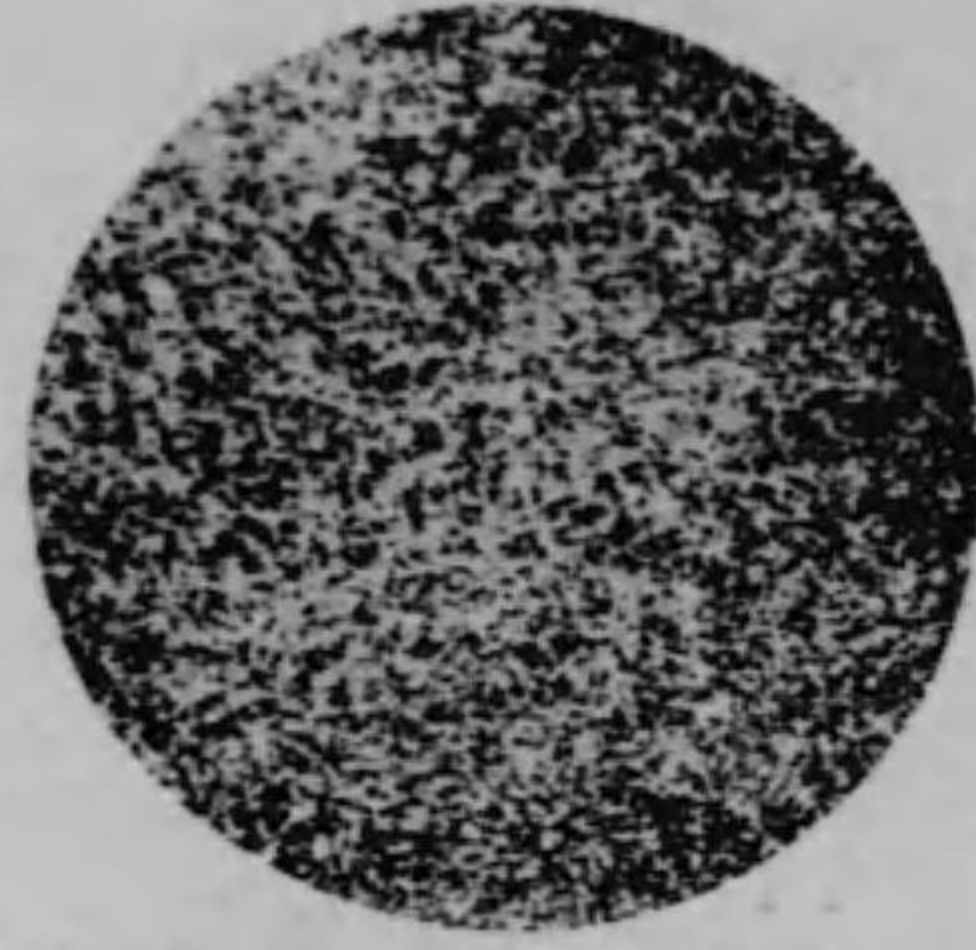
前に述べたやうに自硬鋼は赤熱より空気中で徐々に冷却すれば非常な硬度を得るものであるが、之は主として「タングステン」の働によるのである。此種の鋼の主要なる成分は「タングステン」、「クロミウム」、「マンガン」などであることは上の表で明であるがしかし其成分の量は必ずしも一定したものではなく、製造所によつて大分相違がある。次に各國で製造せられる自硬鋼の分析表を擧げて参考に供する。

第四十一表 …… 自硬鋼分析表。

	タングステン (%)	クロミウム (%)	炭素 (%)	マンガン (%)	硅素 (%)	磷 (%)	硫黄 (%)
英 國	7.57	0.60	2.32	3.22	0.269	0.19	0.007
	10.721	2.958	1.85	2.325	1.027	—	—
米 國	8.48	1.46	1.386	0.32	0.358	0.016	0.022
	7.723	1.83	1.142	0.18	0.246	0.023	0.008
獨 逸	9.52	—	2.08	1.78	1.08	—	—
澳 國	9.72	—	1.78	1.85	1.01	—	—

143, 高速鋼 High speed steel

第四十表によつて明かなる如く、高速鋼の主要成分は「タングステン」及び「クロミウム」の二つであつて、近來は之に少量の「ヴァナディウム」を加へてゐる。何故に此鋼は高速度の切削に耐へるかといふことを知るには、「タングステン」、「クロミウム」は共に高温度に熱するほど變態點を低下する事實に注目しなければならぬ。則ち高温度より冷却すれば緻密な「マルテンサイト」状の組織を得るのであつて、「ヴァナディウム」は此緻密な組織を得ることを助け、且之を丈夫にしてゐるのである。高速鋼が如何に緻密なる組織を有するかは、第百四十二圖を見れば明であらうと思ふ。そして冷却の時の温度が高いほど變態點を低下することが事實ならば、焼戻しの變化が起らない限り成るべく高温度から冷却する方が切れ味のよい鋼を得るわけだ。従つて炭素鋼ならば全く焼きが戻るところの600度位に熱せられても變化しない道理である。之が高速度の切削に適する所以であつて、此鋼の一大特色として誇るべき點である。Edwards は高速鋼は1200度に熱せられると「タングステン」の炭化物は鐵に固溶し、1320度に熱せられると「タングステン」と「クロミウム」の重炭化物が鐵に固溶するのだと言つてゐる。



第百四十二圖……高速鋼(150倍)

さて高速鋼も Taylor 及び White の發明後歐米各國の同業者が争うて其研究に従事した結果、非常なる發達を遂げ、従つて色々成分の配合量の異なる高速鋼が出来てゐる。次の頁に Taylor 及び White の分析表を擧げておく。

144, 高速鋼の處理法。

高速鋼の製法、處理法等は各製造所に於て秘密としてゐるため其詳細を知ることは出来ないが、今其大體だけを説明しておかう。

高速鋼は鋼塊の儘では非常に硬いものだから、先づ瓦斯爐の中で800度位の温度に長時間加熱し、場合によつては二日間に涉ることがある。次に之を約1000度位に熱して適當な大きさに切斷鍛鍊する。かくて其品物の厚さに

表 二 十 四 第 二 表 高 速 鋼 分 析 表

分析年度	ウァイツァウム %	モリブデン %	マンガン %	炭素 %	クロム %	ニッケル %	シリコン %	硫黄 %	切削速度 (分出取)
1906	0.32		17.81	0.682	5.95		0.07		41
1906	0.29		18.19	0.674	5.47		0.11		40
1906			16.19	0.736	3.86		0.06		39
1906			14.41	0.709	3.28		0.07		38
1906			17.61	0.502	4.24		0.10		38
1906			14.23	0.739	3.44		0.06		39
1906			25.45	0.838	2.23		0.29		39
1906			14.91	0.790	5.71		0.06		38
1903		0.48	17.79	0.650	2.84		0.12	0.012	37
1903			19.64	0.760	2.85		0.30		37
1903			18.99	0.670	2.61		0.20	0.009	37
1903			23.28	0.800	2.80		0.11	0.009	37
1903		2.03	18.93	0.580	3.52		0.19	0.016	37
1903		4.21	13.44	0.760	3.04		0.09		37
1905			24.64	0.600	7.02		0.03		38
1906			19.97	1.280	3.88		0.14		38
1906			19.16	0.790	5.61		少量		37
1906		7.60	9.25	0.320	6.11		0.13		37
1906			16.00	0.700	3.50		少量		38
1906			16.00	0.700	3.50				34
1903			14.71	0.700	2.90		0.12	0.010	34
1903			15.31	0.540	2.88		0.12	0.009	34
1903			14.91	0.450	2.80		0.10	0.008	34
1903		0.75	14.62	0.600	2.81		0.18	0.009	34

應じて12時間乃至18間約800度の温度で再度の焼鈍を行ひ、然る後1000度位に熱して望みの形に鍛工するのである。かやうにして出来た品は冷却した後砥石又は金剛砂砥石の乾いたもので磨き、然る後焼入をするのである。

則ち極めて高熱度に熱し、尖端が熔融し始めるに至つて之を空气中或は壓風に當てて冷却し、場合によつては900度まで徐々に冷却してから油の中に投ずることがある。之等は工具の用途によつて多少異なるわけだ。其中特に注意すべきことは、暗赤熱以下の温度では加工しないといふことである。

かやうにして得た高速鋼は現今の進歩したるものでは、一分間200呎位の高速度でも軟鋼ならば二分位の厚さに、一分間30呎の低速度ならば實に五六分の厚さに削る事は何でもないのである。かかる有力な工具鋼の發明者たる Taylor 及び White 兩氏の功績は偉大なものと言はねばならぬ。特に兩氏は二十年の長き間工具鋼の研究に従事し、試験用として用ひた鐵材は實に八十萬封度といふ大數に達したと言ふことだ。其堅忍の態度、其絶倫の精力、誠に驚くべきものではないか。兩氏の研究の結果は多く載せて其著金屬切削術 On The Art of Cutting Metals にある。此方面の研究者に取つて參考となるところが尠くなからうと思ふ。

不許複製

鐵及び鋼の組織并に其應用

大正四年六月廿五日印刷
大正四年六月廿八日發行

[定價金壹圓五拾錢]

著 作 者

宮 崎 茂 三

發行兼印刷者

東京市京橋區銀座一丁目廿二番地
大日本圖書株式會社
代表者 專務取締役 宮川保全



發 行 所

東京市京橋區銀座一丁目廿二番地
大日本圖書株式會社
振替貯金口座 東京 二一九番

351
68

終