

## 鋼塊に起る偏析の研究 (III)

(大正十五年九月二十二日日本鐵鋼協會講演會講演)

蒔田宗次

## 第五章 鑄層偏析の防禦法

## 第一九節 共存の幽痕

鑄層偏析は大小鋼塊共に起るものにして、唯其の程度を異にするのみ。偏差甚しきものは材力の強度を低下せしむる傾あるを以て、此の種の偏析につき成るべく輕減又は退避し、鋼質の良化を圖るは製鋼上必要なる事柄とす。此の偏析の域内に於て伴生するものに輪條幽痕あり(第一二六圖)。輪條幽痕は大鋼塊の内部に潜在し鋼材の局部を不健實ならしむ。

此の兩種の偏析は共に鋼鑄塊の内層に向ふに従ひて濃厚となるものにして、一は一様に漸加し、一は局部的に生長する差あるのみ。從來兩者は區別することなく鑄塊偏析(Ingot segregation)として汎稱せられたるものなり(第一一節脚註)。兩者の性状に共通なる點あるを以て鑄層偏析に施す諸法は、又輪條幽痕にも適用せらるゝものなり。本章題して鑄層偏析の防禦法と爲したれども、同時に輪條幽痕の防禦となるものなり。

## 第二〇節 鑄層偏析防禦法の類別

鋼塊の自然凝固に當り鑄層偏析及び條輪幽痕の發生するは免るべからざるものなり。然れども全鑄塊に亘り偏析發顯の程度を成るべく輕減せしむるか(偏析輕減法)、或は偏析作用を充分に遂行せしめ、其の輕微なる層を採用するか(偏析退避法)、の兩途あり。茲に攻究せんとする所も亦此の兩方針の外に出でず。

以下記述せんとする偏析防禦法は之を操作につきて三類に大別したり。

(1)は化學的方法にして偏析成分の減量及び化學的處理とす。(2)は熱的方法にして、之には頭熱法及び冷却法あり。(3)は機械的方法に依るものにして加壓法、遠心鑄造法及び融鋼の旋動法是なり。而して本章に於ては從來識られたる諸法につきて其の梗概を記述せんとす。

## 第二一節 不純成分の減量と偏析

鑄型に鑄込みたる鑄鋼に含有する磷及び硫黃を出來得るだけ微量ならしむれば、幽痕の發顯を輕減することを得べし。不純成分の含量を低値ならしむるは、製鋼諸原料を精撰し、鑄解操作にて精練純化せざるべからず、極言すれば鑄鋼中に不純成分の皆無なるを欲すれども、之は工業的製造法に於ては至難なるを以て、工業能力及び經濟上の關係より出來得るだけ其の含量を少からしむる程度に於て止めざるべからず。

晶間偏析に與かる成分の内忌むべきは硫黄及び磷なり。磷の晶間偏析は熱鍊に依りて多少擴散する傾向を有すれども、實施容易ならざるを以て其の含量の少きに如かず。磷は鹽基性平爐に於て 0.01% に低下せしむることを得べし。<sup>(1)</sup>

硫黄は硫化物の粒子一旦聚落を成せば、其の鋼塊の一生を通じて不治の地疵として永存するものなり。故に硫黄の含量は出來得るだけ低減せしむるを可とす。硫黄は輪條幽痕其の他の鑄塊偏析に對しても同様に其の低減を必要とするものなり。鹽基性電氣爐に於て炭化石灰の作用に依り脱硫作用行はる。<sup>(2)</sup> 又電氣爐に於て硫黄含量は 0.01% 附近ならしむることを得。<sup>(3)</sup> 脱硫法として滿庵處理法あれども之には制限あり。<sup>(4)</sup> タングステン及びモリブデンに脱硫作用あり。<sup>(5)</sup> チタニウムが脱硫作用あることにつきては Waterhouse 氏及び Comstock 氏の研究あり。<sup>(6)</sup> 著者又其の効果を確めたり。<sup>(7)</sup>

同一條件の場合に於て單に不純成分の含量を減ずるも依然として偏析現象は起るものにして到底皆無ならしむること能はず唯全體に於ける偏析濃度を輕減し得るのみなり。之を氷塊の實驗に依りて例示すべし。

#### 氷塊實驗 第一。不純物の濃度と偏析の濃度

ニグロン水溶液の濃度異なるもの2種を作り、其の濃度一方は1萬分の3.5にして他方は100萬分の5となしたり。同一の冷槽中にて同時に冷却せしめ得たる氷塊の横斷面は第一七圖の如し。甲は濃度著しく大なる方なり。濃度甚だ稀薄なる乙氷塊に在りても鮮明に輪條幽痕顯はれたるを觀るべし。P. H. Dudley 氏に據れば、炭素含量少き程鋼中の磷、硫黄の偏析程度は小となるといふ。<sup>(8)</sup>

#### 第二節 化學處理と偏析

アルミニウムは鋼塊偏析の現象を防禦し、偏析成分を全鋼塊中に擴布せしむる作用あるものとして知らる。Talbot 氏<sup>(9)</sup>は平爐鋼にアルミニウムを附加し之を附加せざるものと對比し偏析現象を研究したり。

酸性平爐鋼重量 2.7 噸大さ 46×56×170 糎なる二鋼塊の一にアルミニウム 0.011% を附加したり。兩鋼塊を縦斷し硫黄、磷、炭素の分布を検せるに、兩鋼塊共に中軸上方には外層に比し偏析成分の量多し。

(1) B. Osann: Eisenhüttenkunde, II S 408.

(2) F. T. Sisco: The Iron & Coal Trade Review, 1925, P 956.

(3) B. Osann: Stahl und Eisen, 1908, ii 1019.

(4) F. W. Herbord: Metallurgy, P 168.

滿庵の反應効果につきては C. H. Herty, O. S. True 氏等: American institute of Mining and Metallurgical Engineerings.; The Iron and Coal Trade Review, 1925, P 428.

(5) O. Thaller: Stahl und Eisen, 1907, ii S 1725.

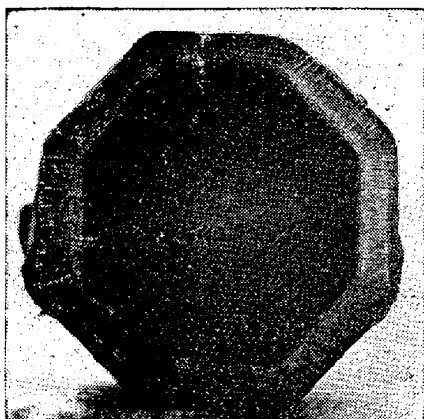
(6) Iron Age, 1920 P 1784.

(7) American Society for Testing Materials, 1910.

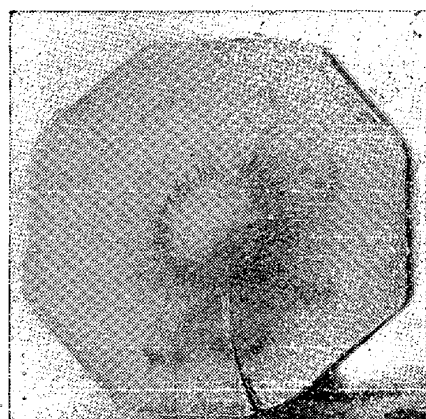
(8) Iron Age, 1909, P. 1880.

(9) Iron and Steel Inst 1905. ii P. 204.

第一七圖(甲)×0.8



(乙)×0.8



即ち鑄層偏析は共に行はれたり。然れども中軸及び外層に於ける各平均値は、第五表の如くにして、其の偏差はアルミニウム処理せざる鋼に著しく多くして、同処理を受けしものには甚少し。即ちアルミニウムの處理に依りて鋼塊の成分は、其の内外に亘り擴布せられたり。斯の如き凝固法は最も望まじきものなれども、更に大なる鋼塊の場合に之が如何なる程度まで有效なりやにつきては、實地の探究に徴せざるべからず。

アルミニウムは上記の如く擴布作用を有すといへども、燐、硫黄の脱離作用を有せざるもの如し。之は各鋼塊の諸部分より採取せる試料を混合して分析せる數値及び取鍋試料の分析値が(第五表)兩鋼塊共に殆んど相等しきに依りて知らるべし。

アルミニウム附加の缺點とするは、其の施用に生じたる礬土粒子が鋼塊の體内に殘存し所謂「含砂」なる地疵となるに在りといふ。<sup>(1)</sup>

フロチタニウムは偏析を輕減する性質あり。G. B. Waterhouse氏は<sup>(2)</sup> (1910) 炭素 .25 % 鋼にフロチタニウムを Ti 量として .25% 取鍋中にて附加し同條件にて鑄成し Ti 處理せざる鋼塊と比較したり。第六表の如し。即ち硫黄の最高偏析量低下したり。之はチタニウムが脱硫作用あるに依る(第二一節) 燐、炭素の偏析程度も輕減せらるる傾向を示せり。

更に軌條用鍛材 3 個の横断面につき、各數ヶ所を分析し其の最小及び最大値の偏差を觀しに第七表の如し。即ち Ti 處理の鋼は硫黄、燐、炭素の何れも偏差小なり。是にてチタニウムは偏析成分の擴布作用あること、即ち偏析程度を輕減する作用あることを知る。

G. E. Comstock 氏は<sup>(3)</sup> 炭素含量 .12% なる軟鋼につき爲したる比較試験 3 組の平均値を採りたるものは第八表の如し。

(1) G. F. Comstock: Iron Age, 1920, ii 1784.

(2) American Society for Testing Materials.

(3) Iron Age, 1920, ii 1784.

Ti 處理によりて偏析の全程度は低下せられたり。而して Al 處理のものよりも其の効果は大なり (第九表)

フェロチタニウム處理に依るときはアルミニウム處理に於けるが如き程度の「含砂」を免るべしといふ。<sup>(1)</sup>

偏析に對するチタニウムの影響につきては Ed. von Maltity 氏<sup>(2)</sup> A. J. Fitzgerald 氏<sup>(3)</sup> P. Partie 氏等<sup>(4)</sup>の報文あり。

フェロモリブデンを以て處理するとき偏析は輕減せられ、且つ脱硫作用行はる。<sup>(5)</sup>著者も之を確めたり。

第 五 表

成分	Al 處理せざるもの				Al 處理せしもの			
	中軸均平	外層平均	混試料均平	取鋼試料	中軸平均	外層平均	混試料均平	取鋼試料
硫黄	.082	.037	.059	.061	.061	.063	.060	.061
燐	.072	.043	.055	.052	.050	.056	.052	.052
炭素	.46	.36	.41	.38	.38	.40	.39	.38

第 六 表

成分處理	硫黄 %		燐 %		炭素 %	
	中層	最高偏析	中層	最高偏析	中層	最高偏析
處理普通の鋼	.098	.223	.088	.167	.44	.69
Ti 處理の鋼	.068	.101	.093	.127	.47	.67

第 七 表

成分處理	硫黄 %			燐 %			炭素 %		
	最小	最大	偏差	最小	最大	偏差	最小	最大	偏差
處理普通の鋼	.033	.054	.016	.084	.114	.030	.46	.56	.10
Ti 處理の鋼	.039	.019	.010	.090	.105	.015	.50	.56	.6

第 八 表

成分處理	硫黄 %		
	位置	外層	中軸
處理普通の鋼	頭	.033	.55
	中	.031	.035
	底	.030	.030
Ti 處理の鋼	頭	.035	.044
	中	.031	.036
	底	.030	.032

(1) Iron Age, 1920 ii 1784.

(2) Stahl und Eisen, 1909. S 1593.

(3) Iron Age, 1915. i 309.

(4) Revue de Metallurgie, 1925 P. 131.

(5) 吉川博士：鐵と鋼 1925, P. 876.

第九表

成分 處理處	硫 黃 %		
	外 層	中 軸	偏 差
Al 處理の鋼	.024	.043	.019
Ti 處理の鋼	.020	.029	.003

第二三節 鋼塊頭部の保温加熱と偏析

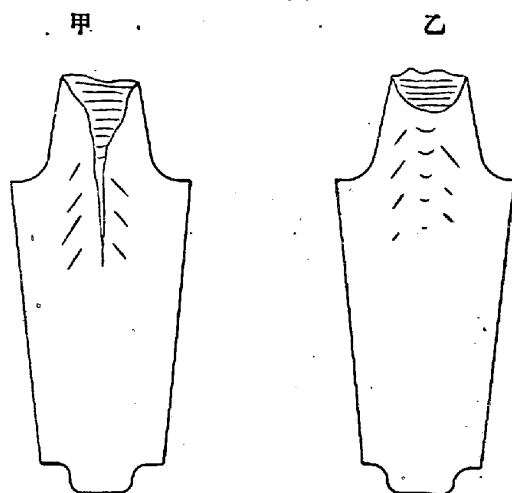
鑄型内に鑄込まれたる鑄鋼は、型の内壁に接する部分即ち側面及び底部より先づ凝固して初層を成し、層々重疊して鋼塊の外層を形成す。

凝固は斯の如くにして進行し最後の凝固は鋼塊の中軸上部の層に終る。此の終層は偏析物の聚積する部分にして收縮窩と相伴ふ<sup>(1)</sup>を常とす。鋼塊体内の成分の分布即ち偏析状態につきては數多公表せられ周知の事柄なり。收縮窩の廣狹は直に偏析の位置に關するが故に、收縮窩の短縮を圖ることは偏析を益上頭に追ひ遣ることとなるべし。放冷に依り鑄引けの深入を恣にするときは、第一八圖甲の如く長き收縮窩を生じ附近に偏析物を留むること多し。

鋼塊の最終凝固に至るまで始終頭部を加熱し鑄融の状態に保つとき鑄引けに依りて起る中軸の深き空窩は從て生ずれば、從て填充せらるるが故に收縮窩の深入することなし。唯上頭部には鑄引けの淺き窪を残すこと第一八圖乙の如く成り、偏析も亦上頭部に追ひ遣らるるが故に、截り棄ての部分は減少す。此の故に頭熱底冷は偏析に處する優良の法なり。此の法に種々あり。

(1) 鐵鑄型頭部の裏付け 押湯の接する部分の鑄型内壁に耐火粘土の裏付けを施し、頭部を保熱すれば偏析物は頭部に寄り集る。<sup>(2)</sup>

第一八圖



(1) Brearley: Ingot and Ingotmould, P. 169.

(2) Cubillo: Stahl und Eisen, 1912 S. 1195.

(2) 鑄鋼の湯注ぎ 鑄鋼を鑄型内に湯注ぎ (Top Casting) するとき、凝固は底部より次第に頭部に及ぶが故に偏析物も亦頭部に追ひ遣らるることとなる。<sup>(1)</sup>

(3) 鑄型の廣き上端 狭き下端より凝固し漸次廣き上端に及ぶとき終層の冷却は緩徐となるを以て偏析物も亦上方に向ふこととなる。<sup>(2)</sup>

(4) テルミット加熱 アルミニウムの粉末を鐵の酸化物と共に混合したるものは、Goldschmidt 氏の Thermit にして其の化合熱を利用して鑄塊の頭部を加熱し融態に保たしむる法なり。此の劑は適當なる使用法に依れば收縮窩を減退し、且つ頭部に偏析を來さしむ。<sup>(3)</sup> 又 Titanthermit あり、同様の作用なれども現今に用ひられず。<sup>(4)</sup>

(5) 瓦斯加熱 Riemer 氏<sup>(5)</sup>は (1903) 押湯の上面へ豫熱瓦斯及び豫熱空氣を送り其の燃燒熱に依りて押湯の融態を永く保たしめたり。

(6) 骸炭加熱 Beykirch 氏<sup>(6)</sup>は (1905) 骸炭の燃燒火焰を押湯の上面に送りて保熱を施したり。

(7) 木炭加熱 Hadfield 氏<sup>(7)</sup>は (1912) 押湯の上面に木炭を置き、木炭層と押湯層との間は熔滓層を以て隔て、木炭が直接に融鋼面に觸るることを避けたり。斯くて壓縮空氣を送りて木炭を燃燒せしめ押湯を保熱したり。此の方法に依るときは收縮窩の消滅と共に偏析も亦上頭に追ひ遣らるることを確められたり。現今に於ては木炭又は骸炭に依る加熱法廣く行はる。野田福樂氏は (1918) 頭部加熱法にて本邦特許 (33257) を得たり。燃料には木炭又は骸炭を用ふること上記と同様なれども、此の特許の要點とする所は漏斗形給風掩框及び排氣煙筒を設け排氣扇車に依りて換氣を行ふにあり。

(8) 電氣加熱 G. Auchy 氏<sup>(8)</sup>は (1910) 耐火性の裏附したる鑄型を用ひ、型内に盈てたる鑄鋼を電熱し其の流態を保てる間に、固滓粒子を浮上分離せしむ。收縮窩及び偏析を避くる爲めには、鋼塊上頭部を最後に凝結せしむる如き加熱操作を施すべしといへり。其の他鋼塊頭部に電氣保熱を施すものは De Laval 法<sup>(9)</sup> N. Slawianoff 法<sup>(10)</sup> Thyssen & Co 法<sup>(11)</sup> Riemer Daelen 法等あり。<sup>(12)</sup>

上記本節の諸法中現今用ひらるるものは(1)(2)(3)(4)(7)等なり。

(1)(2) Howe The Engineering and Mining Journal. 1907, S. 1011.

(3) A. Obholzer: Stal und Eisen, 1907, S. 1117.

H. Goldschmidt: Iron and Steel Inst. 1912, ii 78.

(4) Mathesius: Stal und Eisen, 1903, S. 925.

(5) Riemer: Stahl und Eisen, 1903, S. 1196, 1904, S. 393.

(6) Beykirch: Stahl und Eisen, 1905, S. 866.

(7) R. Hadfield: Iron and Steel Inst. 1912, ii 11.

(8) Iron Age, 1909, P. 108

(9) Iron and Steel Inst. 1902, i 336.

(10) Stahl und Eisen, 1891, S. 763

(11) Stahl und Eisen, 1904, S. 966.

(12) Stahl und Eisen, 1905, S. 729.

## 第二四節 鋼塊の急冷と偏析

鑄型内の鎔鋼を冷却するとき急速なる凝固をなしたる部分に於ける硫化物粒子の如き偏析成分は偏析の程度を軽減せらる<sup>(1)</sup>。

(1) 鑄型の状態は凝固の遅速に大なる関係あるものにして、其の凝固の促進條件は硫化物の偏析を軽減することとなる。砂鑄型又は豫熱鑄型を用ふるよりも冷なる鐵鑄型を用ひ且つ其の型壁の肉厚き程全凝固の速度大なり<sup>(2)</sup>。鑄型の内部即ち鑄塊は大なるもの又は太きものよりも、小なるもの又は細きものは全凝固速度大なり<sup>(3)</sup>。即ち冷鐵鑄型の肉厚きものを用ひ内容の徑小なるものは偏析の輕き鋼塊を得ることとなる。是れ偏析の輕きを欲し成るべく狭き鋼塊、小なる鋼塊の好用せらるる所以なり。

(2) 鑄込の時融鋼の温度高きもの又は急速なる鑄込をなせるものよりも、融鋼の温度低きもの又は徐々なる鑄込をなせるものは全凝固速度大なり。之れ偏析軽減に處するには低温徐注の施さるる所以なり。鑄込の温度高低及び速度緩急は地疵發生に重大なる関係を有するものなり(第八一、一二七、一二八節)。

(3) 鑄型水冷法 更に鑄型に水冷却を施すときは、一層凝固速度を促進することを得べし。水谷叔彦博士は嘗て(1916)之を試み、鐵鑄型の外槽に流水を給し鑄型を冷却することに依り、偏析圈の狭小となることを確められたり(第一一九節)。J. B. Nau<sup>(4)</sup>氏は鑄型の内部を水管にて冷却したり(1893) H. H. Ashdown<sup>(7)</sup>氏は(1917)鐵鑄型の壁肉内に螺旋狀の水管を設け之に流水を給することに依りて、大鋼塊の凝固を促進せしめたり。此の法は英國特許(105617)となれり。Schukowsky<sup>(8)</sup>氏も(1914)鋼塊の水冷法を行ひたり。野田福樂氏(第二三節)は其の特許の頭熱法を施すと同時に、或る場合には鑄型に流水を注射する所に依りて凝固を促進する必要があることを記せり。

(4) 空隙填充法 鎔鋼は鐵鑄型に鑄込まると型壁よりの急冷作用を受け、直に凝固して固態の鋼殻を形成す。間も無く鋼殻は收縮して鑄型の内壁との間に隙間を生じ、鑄型より直接の傳導冷却を受けざることとなり、凝固速度遅緩せらるべし。工學博士工藤治人氏は(1920)鋼殻と鑄型との隙間に鎔融せる金屬例へばアルミニウムを填充する方法を案出したり。之は鋼塊の凝固を促進することとなる。此の法は同時に鑄型を振動することと併せて本邦特許(37300)となれり。

(1) Howe: Engineering & Mining Journal, 1907. S 1011.

(2) Howe: Iron and Steel Inst, 1907. i P. 523.

(3) Howe: Iron and Steel Inst, 1907. i P. 523.

(4) Knight: Iron Trade Review, XLV i P. 475.

(5) Howe: Iron and Steel Inst., 1907, i 520.

(6) Iron Age, V 51. P. 893.

(7) Engineering, 1917. ii P. 52.

(8) Organ, 1914. Feb. S 40.

(9) 機械學會誌 大正十年 第廿四卷 第六九號

上記本節の諸法中現今鑄鋼家の傾注するは(1)及び(2)なり。

### 第二五節 鋼塊加壓法並に減壓法と偏析

鑄型内にて凝固進行中の鋼塊に壓搾を加ふる時、氣泡及び空窩は減退せられ、一般に密實なる鋼塊を得らる。<sup>(1)</sup> 收縮窩の短縮氣泡の減退に伴ひて其の附近に生ずべき偏析も亦減退せらる。<sup>(2)</sup> 此の意味にて加壓法は偏析を減退することとなるべし。

金屬の組織を密實ならしむる目的にて凝固進行中に加壓法を行ふことは 1819年James Hollingrake 氏の特許(英4371)に創まる。此の法は Broughton Copper Co. にて實施せられたり。<sup>(3)</sup> 1856年Bessemer 氏は瓦斯壓力に依る加壓法につき特許(英1392)を得られたれども實用するに至らざりき。<sup>(4)</sup> 蓋し此等は加壓法の先驅者にして爾後數種の方案試みられたり。

(1) Krupp 法<sup>(5)</sup> は 1881 年の特許にして炭酸瓦斯の壓力を用ひ、鑄型内の鑄鋼を上頭より加壓するなり。此の法は實用に至らざりき。

(2) Whithworth 法<sup>(6)</sup> は 1865 年の特許(英3018)にして水壓を用ひ鋼塊の上頭より加壓するものなり。此の法は實用に至らず。

(3) William 法<sup>(7)</sup> は 1885 年の特許(米331856)にして、鑄型の片壁の内面を凹め置き、鋼殼の形成せらるるや此の片壁を離し、其の間に更に平凸板を挿入し水壓にて側面より壓搾するものなり。此の法に依るとき、收縮管は短縮せられ偏析は上頭に堰かる。而して頭部切棄量は普通法にて 30% なるものも此の法にては 5% にて可なりといふ。

(4) Harmet 法<sup>(8)</sup> は 1900 年の特許(獨126491)なり。正立錐形鋼塊の上下兩端より加壓し、結局側面よりの壓縮をも受くることとなる。此の法は實施せられ密質の鋼塊を得られたり。

(5) Jllingworth-Robinson 法<sup>(9)</sup> は、鋼塊の側面より一様に水壓を加ふるものにして、之は實用に供せられたり。

(6) 其の他の加壓法に種々あり。B. Talbot 氏の法<sup>(10)</sup> は内層に融體を存し凝固進行中の鋼塊を轉壓機にて加壓するものにして、偏析は反つて中輪層<sup>(11)</sup>に著しくなる傾あり。尙 A. Potter 氏の法<sup>(12)</sup> W. Gon

(1) Howe: Bulletin of the American Institute of Mining Engineers, 1907. P. 169.

(2) Stead: Inst. Civil Engineer's Conference, Sect. iv P. 94

(3) Min. Proc. Inst. C. E. v 98 P. 169

(4) Iron and Steel Inst., 1875. P. 663

(5) Stahl und Eisen, 1882. S 161

(6) Stahl und Eisen, 1882. S 385

(7) Stahl und Eisen, 1889. S 85

(8) Iron and Steel Inst., 1902. ii P. 143

(9) Stahl und Eisen, 1906. S 424

(10) Iron and Steel Inst., 1913. ii P. 30

(11) C. Canaris: Stahl und Eisen, 1913. S 1890.

(12) Stahl und Eisen, 1891. S 850.



termann 氏の法<sup>(1)</sup> E. Gathmann 氏の法<sup>(2)</sup> Billings-Boulton 氏等の法<sup>(3)</sup>等あり。

加圧法は小鑄塊に施すも價值少なし。大鋼塊に對しては高壓を要し、製造費高まるが故に一般の製鋼に行はれず。唯砲材、軸物等の高級材に限りて應用せられたり。偏析防禦の效果に就き Howe 氏<sup>(4)</sup>に據れば種々の加圧法中 William 法は偏析を鋼塊の頭部に追ひ遣るに最効果あるものとし、Whithworth 法は最効果少なく、Harmet 法及び Jllingworth-Robinson 法は其の中間に在りといふ。

加圧法の反對に減壓法あり、即ち融鋼中に溶解せる瓦斯を唧筒作用にて抽出するものなり。此の法は 1825年 William Church 氏の得たる特許(英5084)にして、氏は此の操作に於て同時に生ずる壓縮空氣を利用して凝固中の融體面に作用せしむることを提案せり。

Ellis-May 法<sup>(5)</sup>も亦真空中にて融鋼を凝固せしむるものなり。此の結果の發表なし。E. Viall 氏<sup>(6)</sup>は取鍋及び鑄型を共に真空中に置き鑄込操作をなしたり。之は氣泡無く繊細なる鋼晶粒の組織を得しといふ。

溶解せる氣體は固化の際にも發生するを以て真空中に於ける凝固には氣泡の容積大に且つ箇數多くなる傾あり。著者は減壓下に於て凝固せしめたる氷塊實驗に於て此の現象を觀察したり、又 W. Church 氏提案に依れば液體の状態に於て溶解瓦斯の真空抽出を行ひ、凝固進行中には液面に高壓を加ふるときは、氣泡の容積を縮少し且つ箇數を少なからしめ得べしといふ。是亦氷塊の實驗より推考せらる。最近海老原理學士も又此の法に依り密實なる鑄塊を得ることを公表せり<sup>(7)</sup>。

本節の諸法は未だ一般に工業的に用ゐられず。

#### 第二六節 遠心鑄造と偏析

氣泡及び固滓の如き挾雜物を防禦する目的を以て鑄塊の凝固進行中に急速なる廻轉運動を行ふ法あり。此の法は主體よりも比重異なる氣泡及び含滓を遠心作用にて分離し、主體をして均質ならしめんとするものなり。1809年 A. C. Eckhardt 氏<sup>(8)</sup>が此の見地より鑄型廻轉に係る特許(3197)を得たるを創めとし、爾後數多の遠心鑄造法案出せられたり。此等の文獻は 1924年 C. Pardun 氏<sup>(9)</sup>に依りて蒐録せられたり。就きて觀るべし。遠心鑄造法は操作に困難なる點あるに依り、其の發達甚だ遅々たりしが現今に至り各所に於て之が實施を見るに至れり、最近米國に於て鑄造せられたる最大鐵管の直徑は

(1) Stahl und Eisen, 1904. S 260.

(2) Stahl und Eisen, 1913. S 1893.

(3) Stahl und Eisen, 1889. S 767.

(4) American Institute of Mining Engineer's Conference, Sect. iv P. 94

(5) Harbord and Hall: Metallurgy of Steel, P. 891

(6) Iron and Steel Inst., 1912, ii 547.

(7) 金屬材料の研究 1925 7頁

(8) Iron Age. 1901. P. 15

(9) C. Pardun: Stahl und Eisen, 1924. S 1042.

91種なりといふ。<sup>(1)</sup>更に大形にして肉厚き鑄鋼管を得むことは尙獎來に期待せらる。

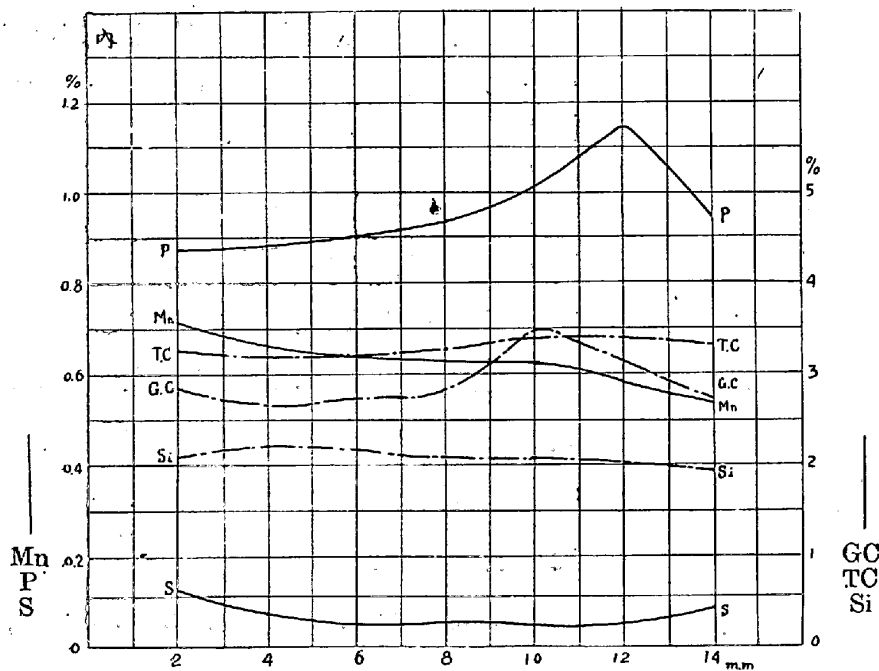
遠心鑄造と偏析との關係に就きて、C. Pardun 氏<sup>(2)</sup>の研究を引用して之を解せんとす、氏は遠心鑄造鐵管の肉層を外部より内部に向ひ削り厚さ 2 耗毎に試料を採り分析したり。其の鑄造の儘の試料 6 個の平均値を取りて、之を各成分毎に圖示すれば第一九圖の如し。此の圖及び他の多くの分析例を参照し偏析の概況を觀るに珪素は内外層に亘りて偏析の傾甚少し、是れ珪素は能く溶體を爲すが故なり。蓋し鐵—珪素系の珪素 10%以内の合金に在りては凝固域即ち偏析域狭小なればなり。<sup>(3)</sup>

硫黄は内皮層に於て著しく高値を示せり。是れ母體の尙流動性を存するとき硫化物は異相として存し其の比重小なるに依り遠心作用の爲め内方に移行するに因る。其の殆ど皮層にのみ多く集積するは遠心鑄造法の效果にして製品は此の皮層を削り去ることによりて良品化せらる。硫黄が外層に稍多きは鑄型よりの急冷影響を受け移行の暇なく其の儘凝固したるに因る。

滿俺は内皮層に稍高値なり、是は硫化滿俺粒子として分離したる影響とせらる。

磷は外層に多くして内層に少し。是は磷化鐵 ( $Fe_3P$ ) の比重が比較的大なること、其の融點降下低<sup>(6)</sup>

第一九圖



(1) Iron Age, 1925. P. 1704.

(2) Stahl und Eisen, 1924. S 1202.

(3) W. Guertler: Metallographie, BII T2 S 659

(4) Mn S 3. 99 Murlot: Fe S 4. 84 E. W. Clarke.

(5) Fe<sub>3</sub>P. 674 Le Chatelier, Wologdine.

(6) 10% P の共融點にては 980°C なり

Stead: Iron and Steel Inst., 1900, ii 60.

きこと、且つ偏析域甚廣きことの爲め遠心作用を受けて、比較的外方に向はんとし隣に富める殘母液は遂に外層近くに於て凝固するに因るものと解せらる。最外層に於て隣値低きは急冷の影響を受けたるに因るものとす。全炭素量は内外層に於て大なる差なきに黒鉛炭素は外層近くにて著しく多し。之は隣の影響を受けて黒鉛の析出したるものとせらるべし。<sup>(2)</sup>

### 第二七節 融鋼の旋動と偏析

銻鋼の凝固進行中之を擾動するときは結晶粒子細小となる傾あり。<sup>(3)</sup> 之は偏析を輕減し又は退避することとなる。鑄型内の銻鋼に擾動を起す法には種々あり。

(1) 攪拌棒を以て直接に融鋼を擾動する場合あり。<sup>(4)</sup> 其の偏析との關係に就きては未だ公表せられたるものを見ず。著者は此の實驗を行ひたり。

(2) S. T. Wellman 氏の法は特許 (米1081997) (1913) 年にして流體鍛鍊 (Fluid forge) と名づけられたるものなり。錐臺形の鐵鑄型の直徑大なる方を上向とし、下洞内に砂を盛り砂層の上面には鐵板を載せたるものにして、銻鋼を鑄込むも此の鐵板の爲め直接砂に觸ることなからしむるものなり。鋼塊の頭端には重錘壓を加ふ。凝固進行中下洞側面の小孔より砂を漏出せしむることによりて、漸次鋼塊を低下せしむると同時に震動法を行ふ。之にて鋼塊は常に鑄型側壁に接着し且つ側面よりの横壓を受くることとなる。此の法に依りて密實なる鋼塊を得といふ。<sup>(6)</sup> 然れども偏析に關する成績は審ならず。

(3) 工藤博士の法は特許 (37300·1920年) にして鑄型内にて融體の凝固進行中、該鑄型に對し上下、左右、圓運動又は偏心運動其の他適宜なる種類の運動に適當なる速度の振動を與ふる鑄造法なり、其の目的とする所は結晶の規則的組織の形成を妨げ、不純物を分離することに依りて、製品の罅裂を防止し收縮管生成の機會を少なからしめんとするに在りといふ。而して實驗の結果不純物は内方に掃き寄せられたるが如く成りて幽痕圈は狹小となるといふ。

本節に記する機械的諸法は現今一般に用ひられず。

### 第五章 の 括 約

鑄層偏析を防禦するには、化學的、熱的及び機械的方法あり。之に依りて鋼質の良化を圖ることに就きて既知の方法を抄録したり。

(1) W. Guertler: Metallographie, BI S 884.

(2) F. Wuest: Metallurgie, 1906. S 203.

(3) T. E. Stead: Iron and Steel Inst. 1905. ii P. 204

(4) Osann: Eisenhüttenkunde II S 464

(5) Iron Age, 1914. Feb. P. 413.

(6) Iron and Steel Inst., 1913, ii P. 626.

(7) 機械學會誌 第廿四卷第六九號

## 第參編 角隅幽痕

### 第六章 角隅幽痕の性狀

#### 第二八節 角隅幽痕

Corner Segregation<sup>(1)</sup> (角隅幽痕) 或は Cornerghost line<sup>(2)</sup> なる名稱は文献中に散見すれども特に其の性狀につき纏りて公表せられたるものは 1922年 T.H.Turner 氏の報文<sup>(3)</sup>を以て其の創めとす。氏は角隅幽痕の顯微鏡的組織、化學組成及び材力強度を記し、其の他此の地疵の原因及び注意事項等につきて推測を指示したり。本章に於ては角隅幽痕の一般性狀に關する事項を詳記せんとす。

此の幽痕は冶金家、鋼材處理者間には夙に識られたるものにして、化學組成材力の強度につきては之を鋼地の健實なる部分と比較し、其の強弱優劣を判別せり。然るに角隅幽痕は其の偏析の程度と材力強度との關係を簡単に概知し難き場合あり。従て其の發顯程度に就て、鋼材供給者と需要者との間に於ける容認に異なる見解を生ずることなしとせず。畢竟するに角隅幽痕の防禦法未だ完からず、或は之を防禦し得るも他種の地疵代りて生ずるが如き事情に在るを以て、現時に於ては此の種の幽痕の材力に對する影響輕微なるものを許容するか、或は全然此の幽痕の部分を削り去り健實なる部分のみを採擇するか二途あるのみにして、完全なる防禦法の起るを渴望せらる。

本章に例示せる角隅幽痕の多くは、其の程度重きものを引用したり。是れ其の性狀の顯著なるものを叙述の資となしたるに過ぎず實際に於ては其の程度尙輕きものに數段の差等あり、極めて輕微なるものに在りては本體の健全組織と識別し難きものあり。讀者之を諒せられんことを望む。

#### 第二九節 角隅幽痕の發顯

本節には角隅幽痕の發顯の概況を叙述せんとす。

##### 1. 鍛材に於ける發顯

鋼鑄塊を軸の方向に鍛壓したる鍛材の表皮層を削り去るとき、其の表面に幽線表はれ軸線の方向に長く蠕る場合あり (第二〇圖)。蓋し此の幽線が始めて發見せられたる機會の工程なり。

幽線は肉眼にて見ゆるのみならず、其の著しもの、削屑は其の部分にて折れ離るゝを常とす、此の地底は其の層の厚さ若干を削り去ることに依りて消失するものなり。

此等幽痕の由りて來りし徑路を探究して、元の多角鑄鋼塊に於ける位置に對照すれば、幽線は縦の稜角の内方に沿ひて 走れるを知るべし。角隅幽痕 (Corner ghostline) の稱呼は之より來れるものなり。

(1) A. W. & H. Brearley: Ingot and Ingot mould, P 7

F. D. Carney: Trans. Am. Inst. Mining and Metallurgical Engineers. 1922. P 337

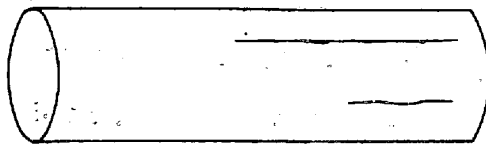
(2) J. O. Arnold; Pro. of the Inst. of Mechanical Engineers. 1915, P 653.

(3) Turner: Engineering, 1922. ii P 662.

## 2. 鋼鑄塊の断面に於ける發顯

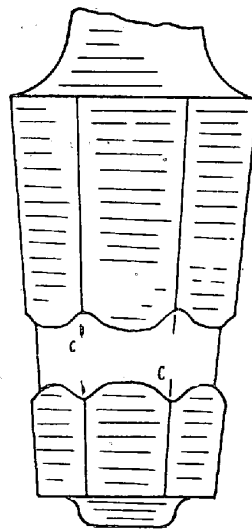
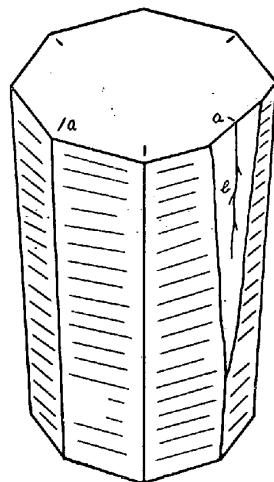
此の幽線は多角鑄鋼塊の横断面に於ては、角隅の内方に顯はれ其の方向は長徑に沿ふ(第二一圖a)。鋼塊の外層に於ける柱晶層の接界に存する幽痕は主線となり、其の附近の柱晶間に顯はるゝものは副線となる。横断面の幽線に長きものあり、<sup>(1)</sup>短きものあり、太きあり、細きあり濃きあり淡きあり單條

第二〇圖



第二二圖

第二一圖



のものあり。複條のものあり又幹状のもの分岐状のものあり、裂開を伴ふものあり然らざるものあり。主線は概ね單條にして太く、副線には複條のもの多くして細きを常とす。斯の如き幽線は各角隅に生ずる場合と若干角隅にのみ生ずる場合とありて其の發顯の數及び配置は一定せず。

鋼塊の縦稜に沿ひ表層を削り去れば、角隅幽線の顯はるゝこと第二一圖bの如し、其の縦横断面(第二一圖 a. b) より構想せらるゝが如く一角隅に於ける幽痕の全形象は恰も懸垂せる短冊の如し。

縦幽線は鋼塊胴部の殆んど全長に亘れるものあれども上下端は鋼塊の肩又は底と側壁とよりにて形成せらるゝ柱晶層の接界に達する範圍内にて消長す。而して鋼塊の下胴及び中胴に多く生じ、上胴に亘ること少し。

(1) 八角型十五噸鋼鑄塊横断面にては其の長さ10徑に及ぶものあり

(2) 八角型十五噸鋼鑄塊縦断面にては其の長さ2米に亘ることあり

### 3. 角隅幽痕の所在

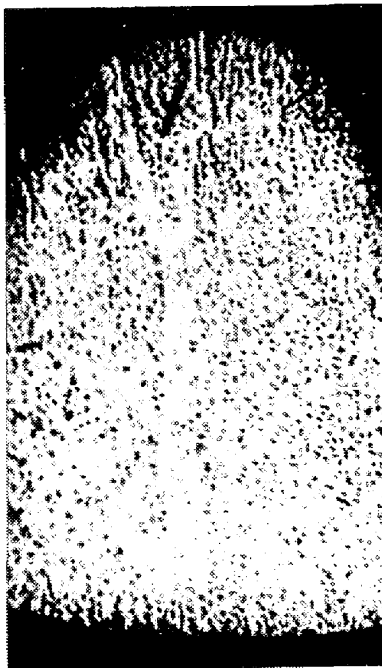
幽痕は上記の如き状況にて鋼塊内に配列するものなるを以て、鋼塊胴部の上端及び下端の横断面のみにては幽痕の有無を検出すること能はず。幽線は此の部分に達せざることあればなり明確に之を検出せんとせば、中胴と底との中間なる幽線の發顯率最も多き位置に於て鋼塊の周圍に帶削りし(第二二圖)、或は中胴、上胴部を帶削りすることに依りて幽線Cの存否を検出することを得べし。而して幽線検出は硫貼寫法に依るものなり(第三一節)。

#### 第三〇節 光線と幽痕の隱顯

幽痕は鋼塊の截削面に顯はるものにして、肉眼にて之を窺へば視線の方向に依りて明闇の度を異にし隱顯す。蓋し“ghost”(幽痕)なる稱呼を得たる所以なりとす、此の現象は幽痕が素地に對し異質なるを以て、截削の際鋼材の表面に凹凸を生ずるに因るものなり。其の著しきものは研磨面に於ても尙同様の現象を呈することあり。幽痕形成の輕き程度のものゝは肉眼にては截削面又は研磨面に於て所在を認め難きものあり。バイトにて削れば幽線の顯出分明なる程度のものもグラインダーを以てすれば不分明となる場合あり。一般に幽線は截削又は研磨の状況及び程度に依りて顯潛の差を生ずるものなり。

炭素鋼 60 噸鋼塊の鍛材に顯はれたる縦幽線の著しき試料を採り其の研磨面に平行光線を投じ投射角を55度とし反射角の方向より之を肉眼にて窺ふとき幽線を分明に認め得たり。此の角度を外るとき幽線分明ならず。其の反射光線を接眼鏡に導き入れ低倍率の顯微鏡に擴大(3倍)して撮影したるものは第二三圖の如くにして幽線は盛り上りて見ゆ、寫影は稍ピントを外して幽線を見分け易からしめたり幽痕面に投ぜられたる平行光線は素地の平面に於ては正反射すれども幽痕の曲面にては散光とな

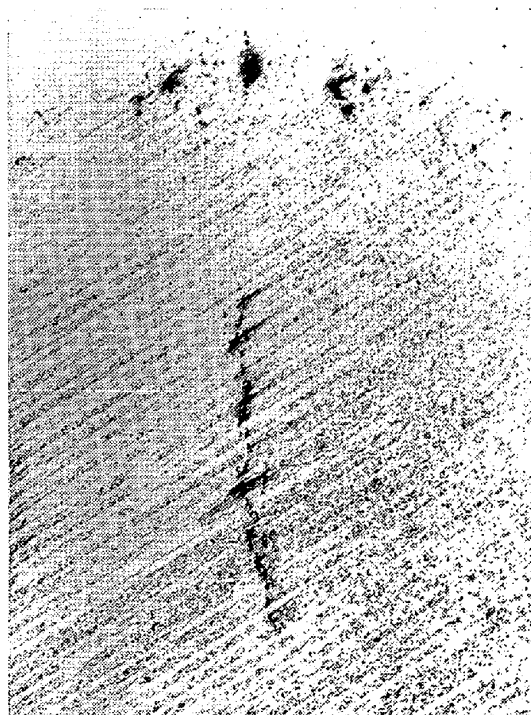
第二三圖 約×3.3



第二四圖 約×6



第二五圖 約×0.455



第二八圖 約×6



るを以て反射光を受け入るる眼の位置に依りて幽痕の部分に明闇の差を生ずるものなり。

同試料の研磨面に斜光線を投じ、研磨面に垂直の方向より顕微鏡にて窺ふときは第二四圖の如し、此の形象は上記の反射角の方向より窺ひたる明闇の差のみなるもの（第二三圖）と其の趣を異にし、之は一層實體に近き形象を露出せり。素地の平滑なる部分は正反射の結果圖にては黒く見ゆ、幽痕中に脈狀の平滑なる部分あり。之はフライトより成る。平滑ならずして散光を起す部分は白色に見ゆ、圖中に散布せる無数の白點は主として硫化物粒子の所在にして Tyndall 現象<sup>(1)</sup>に屬せり。乃ち此の幽痕は顕微鏡下に觀れば主として硫化物の微細粒子の群聚と脈狀に蟠れるフェライトより成り、之を肉眼的の幽痕（第二三圖）と對比するに其の全形幅員略相等し。然れども一般に截削面に顯はるる肉眼的幽痕の幅員は實際の不均質部分よりも多少廣きに亘れるを常とす。是れ截削りの機械的影響は其の域外にも及ぶを以てなり。

### 第三一節 幽痕の硫貼寫

幽痕に Baumann 氏の硫貼寫<sup>(2)</sup>を施すときは硫化物の偏析状態を知ることを得。従て幽痕の有無廣狹濃淡等を判別することを得べし。此の法に依るときは、截削面上にて直接に肉眼にて見別け難き程度の幽痕にも適用し得べきを以て、之は幽痕検出の重要な法なり。

八角塊 15 噸 Ni-Cr 鋼塊の横断面一角隅に於ける角隅幽痕第二一圖 a に相當するものの硫貼寫は

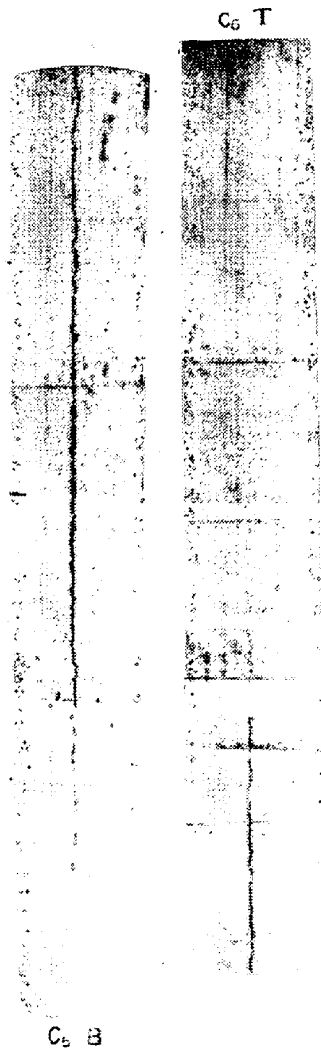
(1) R. Zsigmondy: Kolloidchemie, 1920, S 17.

(2) Baumann: Metallurgie 1906, S 416.

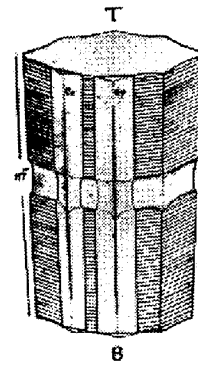
第二五圖なり。又此の幽線の中央を直角に縦斷したる面(第二六圖乙)に顯はれたる縦の角隅幽痕の硫貼寫は第二六圖甲の如くにして圖は硫貼寫の中央より半切し二列に並べたるものなり。中帶削り法(第二二圖)に依り同形状大さ、同材種鋼塊の下胴中部の削り窪めたる面上に於て稜の方向に沿ひ撮りたる硫貼寫は第二七圖なり。甲圖は幽線が各隅に起りたるものにして乙圖は若干角隅に生じたるものを例示す。此の法にて撮りたる各幽線の中中部は鋼塊縦の方向を指せども、其の上下部は鋼塊斜面に顯はれたる幽線なり。故に此の幽線の上下を通じて觀察すれば幽痕の有無、深淺、廣狹を明に檢することを得べし。

第二六圖

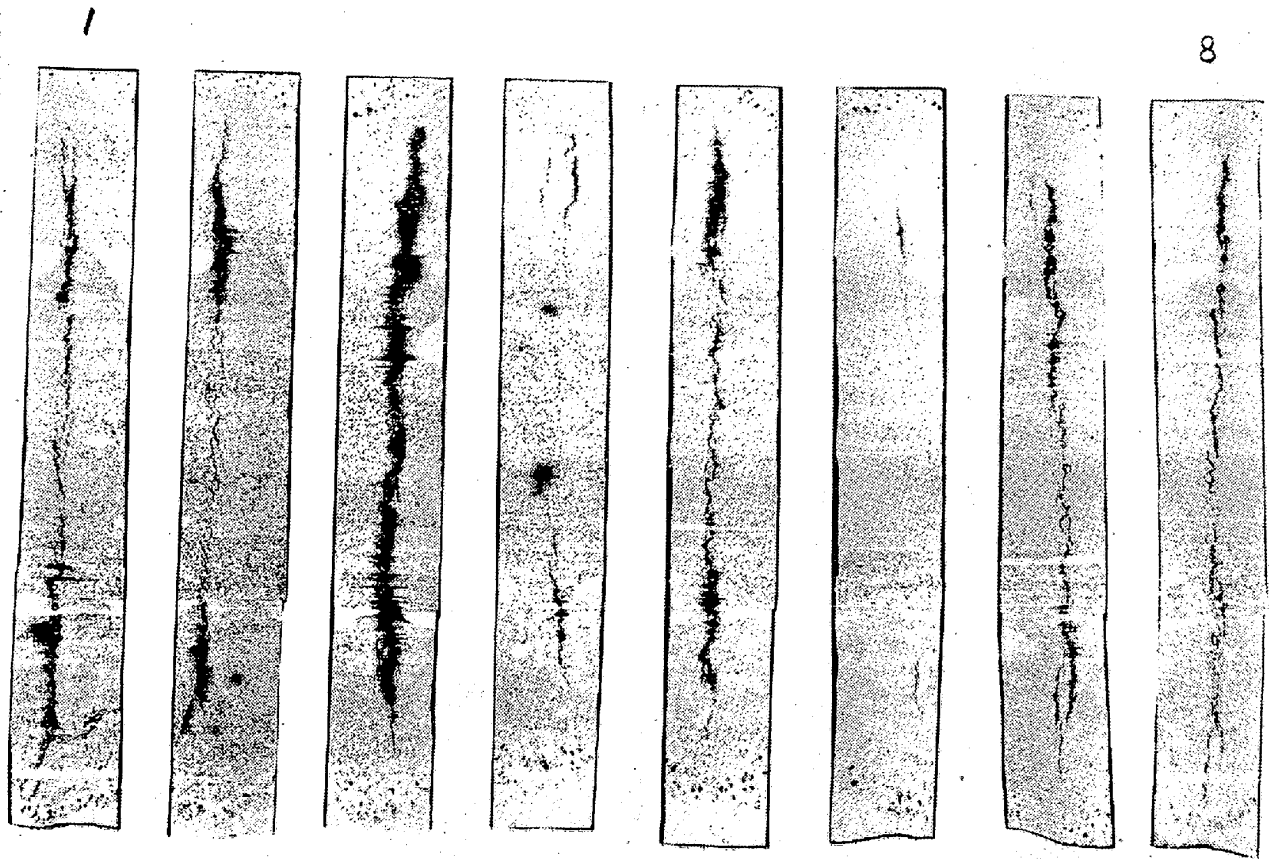
甲 × 0.08



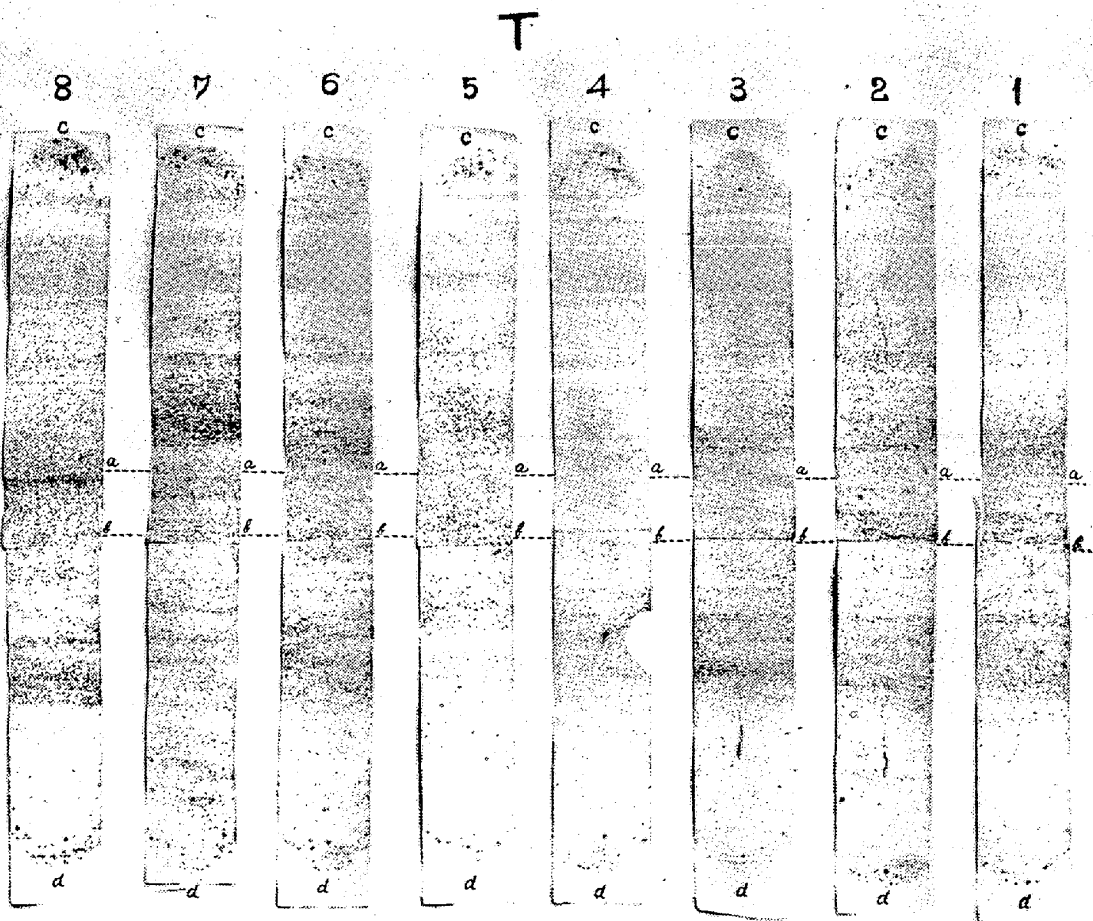
乙 × 0.098







同 乙 × 0.26



B

幽痕試料(第三〇節)の研磨面の硫貼寫を6倍に擴大したるものは第二八圖なり。褐色の斑點は硫化物粒子の寫像にして、大小無數の斑點群集し銀河の玄穹に懸れるが如きは幽痕地にして地疵に屬す。而して其の外の本素地にも無數の硫化物粒子を存すれども、之は一樣に散布せるを以て地疵として認められず。此の本素地に於ける硫黃の平均含量は0.034%なり。

茲に注意すべきは貼寫にて顯はれたる硫化銀の斑點にして、鋼試料中に現存せる硫化物の實際の大きさ及び形狀と全く同一ならざる場合あることあり。貼寫の作用は酸の爲に硫化物の實體より發生せる硫化水素瓦斯が之に接着せる臭化銀に作用し褐色なる硫化銀を化成するに因るものなり。故に瓦斯發生の狀況に依りては硫化物粒子の實體外に擴りて硫化水素の影響を與ふる場合あるを以て一般に實物よりも稍膨大したる形象を印する傾あるものなり。乃ち硫貼寫の技術の巧拙に依りて貼寫の形象に多少の差異を生ずることあるべし。第二十八圖は充分の注意を以て貼寫したるものなり。

### 第三二節 幽痕の顯微鏡的組織

炭素鋼鍛材の幽痕試料(第三〇節)の研磨面に垂直照明し低倍率の顯微鏡にて擴大(3.3倍)したるものは第二九圖の如し。無數の黒點は殆んど硫化物の粒子のみにして白色に見ゆる素地面に散在し特に幽痕中には密集せる所あり。粒子も亦粗大なるものあり。此の幽痕の一部分を37倍に擴大したるものは第三〇圖なり。ピクリン酸蝕法を施し更に567倍に擴大したるものは第三一圖にして硫化物粒子は結晶堺又は晶胞内に存するを見る。此の鳩色の粒子が硫化物なることは酸に冒され硫化水素を發生することにして、之は硫貼寫法及び Rosenhain 試藥に依りて證せらる。此の粒子は硫化鐵マンガンなり(第一一三節)。

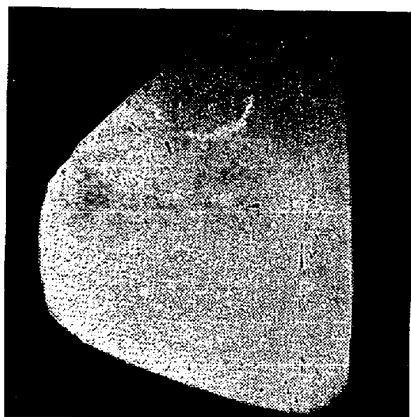
同一試料をピクリン酸にて處理し3倍に擴大したる顯微鏡寫眞は第三二圖の如し、本素地はパーライト組織にして炭素含量0.2%なり。幽痕域には炭化物去りフェライト脈蟠り褐色を呈せり。此の部分を擴大(37倍)したるものは第三三圖なりフェライト脈中に細き毛絲狀に散在せるものは遊離セメンタイトなり。此の部分を過硫酸アムモニウムにて腐蝕し300倍に擴大したるものは第三四圖にしてフェライトの晶胞及び遊離セメンタイトを明瞭に認むることを得べし。遊離セメンタイトは毛絲狀又は粒狀を爲して散在せり。之はパーライトが Coagulate したるものにして所謂“Divorced Cementite<sup>(1)</sup>”と稱するものなり。炭素が此の形態なるとき材力の強度は低下するものなり。

上記の如く幽痕を顯微鏡下に窺へば硫化物の粒子は此の部分に群集し結晶堺又は晶胞内に散在せり炭素は幽痕域を脱し唯僅に遊離セメンタイトの殘存せるを見る。幽痕地はフェライトより成れども之は不純物として比較的燐含量に富めること次節に述べべし。

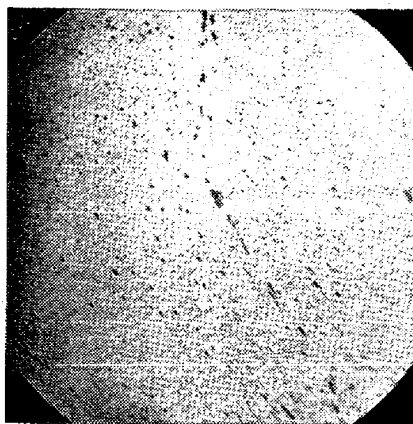
鋼塊鑄成の儘に於ける角隅幽痕の顯微鏡寫眞は第八章に之を掲ぐべし。

(1) Howe: Metallography, P. 393.

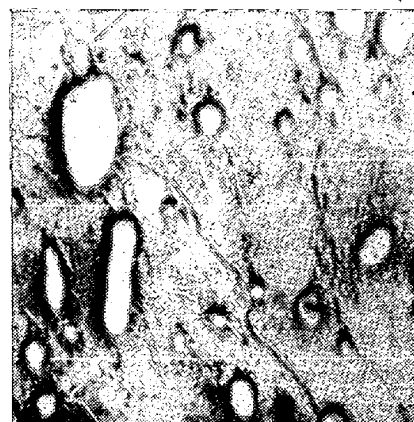
第二九圖 約×3.3



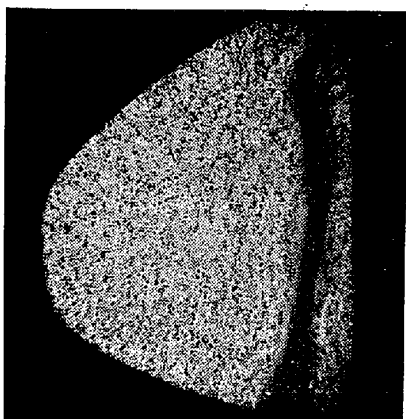
第三〇圖 約×37



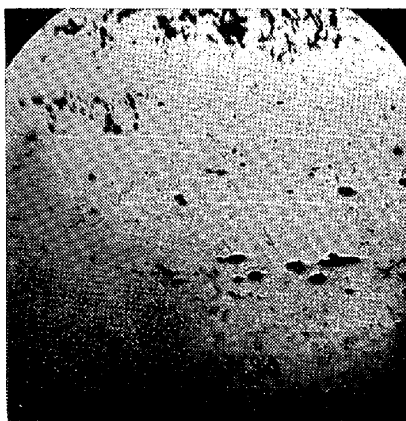
第三一圖 約×567



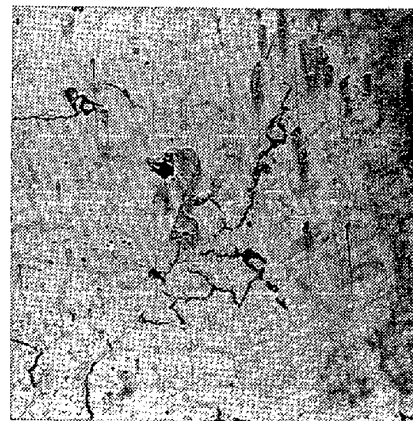
第三二圖 約×3.3



第三三圖 約×37



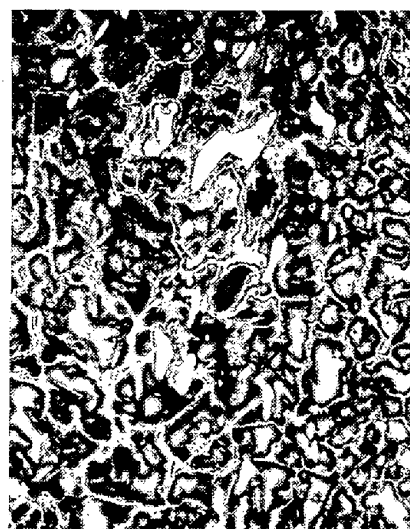
第三五圖 約×100



第三四圖 約×300



第三六圖 約×100



## 第三三節 幽痕中の燐

鋼中の少量なる燐はフェライトに固溶せるを以て研磨面の檢鏡にて直ちに識別し難し。其の偏析を肉眼にて檢するには Stead 氏の熱色法(Heat-tinting)<sup>(1)</sup>あり。此の法は試料を研磨しアルコール性の弱酸にて處理したる後徐々に加熱し約 260° 度に達すれば素地は橙黄又は赤色なるに燐に富める部分は紫色を呈す。此の時試料より熱源を去り顯微鏡下に窺ふなり。第三五圖は前節と同種の試料に此の法を施したるものにして幽痕中のフェライトには本素地に於けるよりも燐の含量多きを知る。紫色の所は寫真にては白味を帯びて見ゆ。

熱色法に依り鋼色の變化することは G. Beilby 氏<sup>(2)</sup>に依りて研究せられたり。即ち熱の爲に鋼面に生ずる酸化物の層は温度の上昇に伴はれて反射光及び透過光の色種々に變化するに依るものなり。

浸蝕法 (Etchig method) 燐の偏析は試薬に浸蝕することに依りて檢出せらる。試薬に種々あり。Heyn 液<sup>(3)</sup> Rosenhain & Haughton 液<sup>(4)</sup> Brearley 液<sup>(5)</sup> Stead 液<sup>(6)</sup> Le Chatelier & Lemoine 液<sup>(7)</sup> Oberhoffer 液<sup>(8)</sup> Le Chatalier & Dupuy 液<sup>(9)</sup> Humfrey 液<sup>(10)</sup> Diskenson 液<sup>(11)</sup> Whiteley 液<sup>(12)</sup> Canfield 液<sup>(13)</sup>等是なり。Brearley 液の鐵鹽を用ふるものを除き其の他の試薬は孰れも銅鹽を含み燐少き部分に銅の附着することに依りて觀別くるなり。諸種の試薬中最近の考案に係る Canfield 液は其の成績佳良なるものと認めらる。氏の試薬は結晶硝酸ニッケル 5 瓦と結晶鹽化第二銅 15 瓦とを 12 立方糎の温水に溶かし、之に鹽化第二鐵 6 瓦メチールアルコール 150 立方糎の溶液を混和し、更に 1 立方糎の硝酸を添加したるものなり。第三六圖は此の法に依りて顯像したる寫真にして、白色の硫化物粒と網狀のセメントイト外の灰色の部分は燐を含める部分なり。Canfield 氏の燐貼寫法 (Phosphorprint) あれども燐の偏析比較的少量なる場合には寫像明瞭ならず。

村上氏液<sup>(14)</sup>は赤血鹽のアルカリ溶液を用ふるものにして燐化鐵、燐鐵の固溶體及びセメントイトを識別することを得べし。

- 
- (1) Osmond & Stead: Microscopic Analysis, P. 271.  
 (2) G. Beilby: Aggregation & Flow of Solid. P. 62.  
 (3) E. Heyn: Mitt. Materialpr. 24. 1906. S 253.  
 (4) Rosenhain & Haughton: Iron & Steel Inst, 1914. i P. 515.  
 (5) Brearley: Iron & Steel Inst, 1914 i P. 525  
 (6) Stead: Iron and Steel Inst. 1915 i P. 173. 1918 i P. 389.  
 (7) Le Chaterier & Lemoine: Iron & Steel Inst. 1915 i P. 196.  
 (8) Oberhoffer: Stahl und Eisen, 1916 S 796.  
 (9) Le Chaterier & Dupuy: Comp. Rend. sep. 1918.  
 (10) Humfrey: Iron & Steel Inst. 1919 i P. 273.  
 (11) Dickenson: Iron & Steel Inst. 1919. i P. 294.  
 (12) Whiteley: Iron & Steel Inst. 1921. i P. 277.  
 (13) Canfield: Chem. & Metall. Eng. 1924 P. 470.  
 (14) 金屬の研究 1925. P. 61.

第三四節 幽痕の化學組成

角隅幽痕の部分と健實なる本素地とより試料を採りて化學分析を行ひ、之を對比することに依りて偏析の程度を概知することを得べし。一二の例を擧ぐれば第一〇表の如し。

此の表に據れば幽痕中に硫黄の平均含量は素地よりも多し、之は硫貼寫に於て豫想せられたる所なり、此の部分には硫黄の平均含量左程高値ならざる場合といへども硫化物粒子の密集團及び粗大なる粒子の點綴せるは材力の強度に影響あるを以て嫌忌せらる。磷も亦同様に幽痕域にて高値を示し熱色法又は浸蝕法の反應に一致せり。炭素は顯微鏡下に觀たるが如く本例にては本素地よりも低値を示せり。幽痕形成の當初に於ては炭素も亦比較的多量なるべく Arnold 氏の實例（第一〇表）は之に當るべし。而して鋼材が熱影響を受くるに従ひて炭素は此の所より擴散し去るものと考へらる（第一〇表實例2）。

滿俺は能く鋼中に擴布せらるる性あり。其の硫化鐵滿俺粒子中の成分を爲せるものは粒子の群集に應じて偏析すべきなり。其の量は硫黄1に對して滿俺は1.4乃至1.7なり。然るに鋼中の硫黄量は比較的少く、滿俺の總含量は比較的多きを以て滿俺の總量に對する偏析率は小なり。其の他珪素、ニッケル、クローム鋼等の成分は角隅幽痕中に於て著しき偏析を起さず。

第三五節 幽痕の硬度

幽線が鋼材の機械的加工中肉眼にて見別けらるる素地に對し其の化學組成及び硬度の異なるに依るものなり。本節には其の硬度につきて記すべし。

マルテンス式硬度計にて第三六節第五實例の軟鋼を採り檢したるに幽線の部分は搔き疵の幅狭くして此の例の幽線は素地よりも稍硬きことを示せり。

又引搔き疵の幅の狭きにて硫化物粒子が鋼地よりも硬きことを知る（第三七圖）。

ショア式硬度を幽痕試料の研磨面にて檢し幽痕と素地との硬度を比較したり。其の

第一〇表

角隅幽痕の化學組成

實例	質種	炭素	珪素	滿俺	磷	硫黄	ニッケル	クローム	備考
1	本素地	·19	·17	·53	·02	·037	3·74	·75	J. O. Arnold ※1 58 Ton 八角鋼塊の角隅に 8本現出
	幽痕地	·27	·21	·57	·101 ·090 ·084 ·054 平均 082	·157 ·117 ·075 平均 120	4·24	·74	
2	本素地	·24	·10	·42	·045	·030	3·55	·47	T. H. Turner ※2 8本 の角隅幽線現出
	幽痕地	·22	·05	·43	·054	·034	3·57	·33	
3	本素地	·33	—	—	·016	·025	—	—	15 Ton 鋼塊幽線8本 の内1本 ※3
	幽痕地	·35	—	—	·019	·029	—	—	

※ 1. Arnold; Mechanical Engineers, 1915 P 653

※ 2. Turner; Engineering, 1922 ii P 662  
 ※ 3. 日本製鋼所調 1925 年材料番號 14146 3/4 CX

第一一表

試料		位置	測定箇數	最高値	最低値	總平均
鋼種	處理					
炭素鋼	鍛材焼鈍	角隅幽痕	15	32	13	17.6
"	"	素地	18	18	12	15.0

第一二表

番號	試料		位置	幽痕	ブリネル 硬度				備考
	鋼種	處理			測定箇數	最高	最低	平均	
1	ニッケルクローム鋼	鍛材	素地	—	—	—	—	197	第三六節 第六實例
			幽痕地	—	12	207	182	195	
2	炭素鋼	鍛材 焼鈍	素地	—	2	—	—	200	第三六節 第五實例試料
			幽線地	幅約 0.5 耗	2	—	—	200	

結果は第一一表の如し。

幽痕地は素地よりも硬度の最高値及び總平均共に大なり。

ブリネル式硬度は第一二表の如し。此の例に據れば幽痕地の硬度は無疵の素地に比し或は高き場合あり。或は低き場合ありて定まらず。此の式の硬度測定に於ては、ブリネル硬球の直徑 10 耗なるに依り、其の壓着面が幽痕附近の素地に及ぶ場合に硬度は該局部の平均硬度を示すこととなるべし。

硬度試験を通覽するにショアー式及びマルテンス式に依りて幽痕地は本素地よりも硬きことあるを知る。且つ幽線は次節に記すが如く、脆き性質を有するを以て切削り操作中幽痕の著しき部分にて削屑の折れ離るることあり。

### 第三六節 角隅幽痕の材力強度の實例

一般の鑄層偏析が材力強度に及ぼす影響につきては、既に公表せられたる多數の報文あれども特に角隅幽痕に關し公表せられたるものは 1922 年 T. H. Turner 氏の報文あるのみ。從來大鋼塊製造所に於ては、大方此の問題に遭遇するを免るること能はざるべく、歐洲及び本邦に於ても夙に之に關する試験行はれたり。本節には各所に於て調査せられたる諸實例を列擧すべし。

#### 角隅幽痕の材力強度

第一實例、1915 年 2 月 某官所及東京帝國大學調(第一三表)

第二實例、1916 年 6 月 日本製鋼所調(第一四表)

第三實例、1916 年 12 月 " (第一五表)

- 第四實例、1920年 " (第一六表)
- 第五實例、1921年3月 日本製鋼所調(第一七表)
- 第六實例、1922年11月 T. H. Turner 氏調(第一八表)
- 第七實例、1924年 某官所調(第一九表)

第一實例、角隅幽痕の材力強度

第一三表

鋼種	鋼塊形状	處	理	鍛材の形状	角	隅	幽	線		
炭素鋼	八角型	鍛鍊	焼鈍	圓	端	1 本現出、幽線にて削屑切断せらる				
本體化學組成		炭	素	珪	素	滿	俺	燐	硫	黄
平均値		%		·27	·08	·50	·076	·018		

牽引試験

試験桿	方	向	標	點	距	離	直	徑
	鍛鍊線に直角		50.8 耗			20.6 耗		

牽引試験成績	試料記號	質	種	幽	痕	の	位	置	緊	張	力	延	伸	率	破	面
	1	本	素	地				47.2	35.9	—						
	2	"	"	"				45.8	37.5	—						
	3	"	"	"				47.4	34.4	—						
	平均							46.8	35.9							
	4	幽	痕	幽				35.9	4.7	幽痕にて切れ						
	5	幽	痕	幽				44.7	31.9	幽痕にて切れ						
6	幽	痕	幽				47.5	34.4	—							
平均							42.0	23.7								
全平均							44.8									

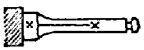
(1) 本素地とは無疵にして健全なる素地を云ふ。

單式振り試験

質	種	試験桿	方	向	試		幽	線	の	位	置	×	回	轉	數	振	り	モ	ー	メ	ン	ト	結	局	振	り	強	さ
					長	さ																						
本	素	地	鍛	鍊	線	に	平	行			5.13	4.3	52.0	平均														
幽	痕	地	同	上					5.63	4.3	51.7	51.8																

結局振り強さは次の式にて計算す。結局振り強さ =  $\frac{\text{振りモーメント} \times 16}{(\text{直徑})}$

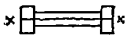
廻轉曲げ試験

試験桿	形式	試験桿の方向	長さ耗	直徑耗	試験桿中幽線の位置 ×	ft	lb
	片柄梁	鍛錬線に平行	207	12.7		材力の緊張力、平均値 44.8 kg/mm <sup>2</sup> を用ふ。	試験桿根元の曲げ内力

廻轉曲げ試験成績	lb/ft	質	種	廻	轉	數	廻	轉	數	の	比
							幽	痕	地/	素	地
	0.56	本	素	地		6.1417					1.0
	"	幽	痕	地		10.6807					1.74
	0.52	本	素	地		15.7118					1.0
	"	幽	痕	地		6.53652					4.15
	平	均				10.9267					1.0
						38.0229					2.95

此の廻轉曲げ試験の成績に依れば本素地の方劣値を示せり。之は J. E. Stead 氏の研究に依り廻轉速度を増大せば或は反對の結果を得るやも知れずといふ。(機械學會誌第十一號 46 頁)。

繰り返し振り試験

試験桿	方向	長さ耗	直徑耗	試験桿中幽痕の位置 ×	結局振り内力	誘起振り内力 + 結局振り内力
	鍛錬線に平行	95	12.7		平均値 51.8 kg.mm <sup>2</sup>	0.8

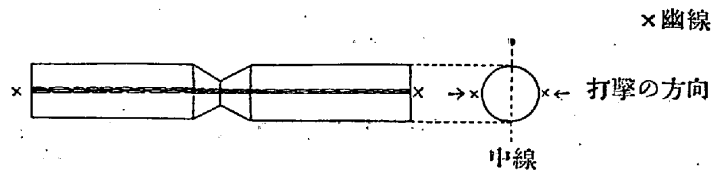
繰返し振り試験成績	質	種	裂目の生ずるまでの回数	裂	目	状	態
	本	素	地	10 乃至 13			極めて微細なる縦裂け
	"			19 乃至 20			縦裂け大に擴がる
	幽	痕	地	2			長き縦裂け
"			6			大なる縦裂け 2 本	

繰り返し衝撃試験

試験桿	方向	長さ耗	直徑耗	V 状溝の開き	缺刻底の直徑耗	擊錘の重さ kg	落下高耗
	鍛錬線に平行	245	9.5	90°	6.3	11.7	6.4

試験桿の中央幽線上に衝撃を加へ一撃毎に 180° 廻轉す。





繰返し衝撃試験成績	質 種	破壊までの衝撃回数
	本 素 地	86
	幽 痕 地	25

第二實例 角隅幽痕の材力強度

第一四表

鋼 種	材料番號	鋼塊大さ	鋼塊形状	處 理		角隅幽線
ニッケルクローム鋼	1576 $\frac{1}{2}$	60 磅	八角型	焼入	焼鈍	8 本現出

本體化學組成 %	炭 素	珪 素	滿 佗	燐	硫 黄	ニッケル	クローム	銅
	·27	·13	·50	·033	·018	3·41	·41	·05

牽 引 試 験

試験棒	採取位置	方 向	標 點 距 離	直 徑	試験棒中幽痕の位置
	鍛材同一横断面域	鍛鍊線に直角	100 耗	13·8 耗	試験棒の中央 硫貼寫にて検す

牽引試験成績	試料記號	質 種	弾性限 kg/mm <sup>2</sup>	緊 張 力	延伸率 %	絞 搾 率 %
	1	本素地	48·0	65·0	12·2	29·3
	2	〃	48·0	65·0	14·2	23·1
	平 均		48·0	65·0	13·2	28·7
	3	幽痕地	5·60	70·2	12·2	26·3
	4	〃	55·0	70·0	9·2	21·8
平 均		55·5	70·1	10·7	24·1	

第三實例 角隅幽痕の材力強度

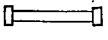
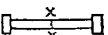
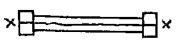
第一五表

銅種	材料番號	銅塊形狀	銅塊大小	處理		鍛成形狀	角隅幽痕
ニッケル クローム銅	5678 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	八角型	14 塊	鍛鍊	焼入 焼戻	圓管	7 本現はる

本體化學組成 %	炭素	珪酸	滿侖	磷	硫黃	ニッケル	クローム	銅
	·27	·21	·49	·035	0·15	3·95	·39	·080

牽引試驗

試驗桿	試驗桿採取位置	標點距離	直徑	角隅幽線所在
	鍛材同一横斷面域	50·8 耗	13·5 耗	硫貼寫にて確む

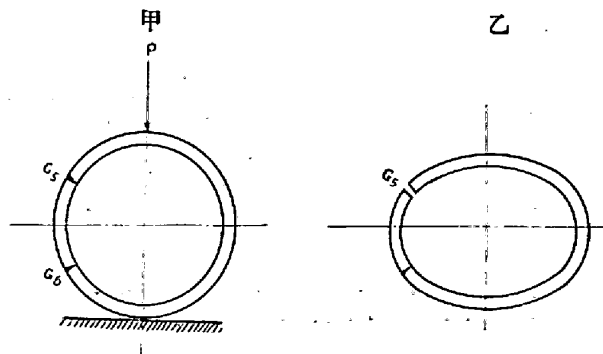
牽引試驗成績	試料記號	質種	試驗桿中幽線の位置 ×	彈性限 kg/mm <sup>2</sup>	緊張力	延伸率	絞挫率	破面
	1	本素地		76·0	89·0	23·6	60·5	纖維狀
	2	幽線地		78·0	88·0	6·4	6·8	縞狀幽線を切る
	3	幽線地		74·0	88·2	22·9	60·7	纖維狀

環體破壊試驗

破壊試料	形狀	外径	内径	幅	角隅幽痕所在	角隅幽線數	幽線濃淡
	環	468 耗	506 耗	165 耗	硫貼寫にて檢す	7 本 G <sub>1</sub> -G <sub>7</sub>	G <sub>5</sub> G <sub>6</sub> 最濃なり、其の隔り 197 耗深さ G <sub>5</sub> 15 耗 G <sub>6</sub> 12 耗

第三實例 角隅幽痕の材力強度

第三八圖



第三八圖甲の如く環を置き 2,000 噸水壓機を以て P の方向より押壓し外徑 208 耗に至り乙の如く楕圓形となりたる時幽線 G<sub>0</sub> の所より破壊したり。

第四實例 角隅幽痕の材力強度

第一六表

鋼種	材料番號	鋼塊大小	鋼塊形状	處理	角隅幽線
炭素鋼	9101 <sub>1</sub> 2	60 噸	八角型	鍛鍊 燒鈍	1本長さ7.5 米以上深さ5~9 噸

本體化學組成 %	炭素	珪素	滿侖	磷	硫黃
	.20	.10	.43	.030	.034

牽引試驗

試驗桿	方向	標點距離	直徑	角隅幽線の所在
	鍛鍊線に直角	200 耗	13.0 耗	硫貼寫にて檢す

牽引試驗成績	試料記號	質種	試驗桿中幽痕位置	彈性限 kg/mm <sup>2</sup>	緊張力	延伸率 %	絞挫率 %	破面
	1	—	本素地	—	22.8	41.8	29.2	51.9
24.8					44.8	28.8	54.9	纖維狀
平均				23.8	44.8	29.0	54.9	
3	.25	幽痕地	.25	27.6	42.0	13.9	6.8	縞狀幽痕にて切れ
				25.3	41.3	10.5	4.6	粒狀、縞狀
4	.35	幽痕地	.35	23.7	42.1	17.7	20.4	" "
				24.5	39.8	10.2	4.6	" "
5	.41	幽痕地	.41	25.3	42.1	14.8	14.8	" "
				25.3	41.5	13.4	10.2	" "
平均				25.3	41.5	13.4	10.2	" "

試驗桿中の幽痕位置を表はしたる數字は—標點より測りたる幽痕距離が標點間距離に對する比なり。

第五實例 角隅幽痕の材力強度

第一七表

鋼種	材料番號	鋼塊の大小	鋼塊の形状	處理	角隅幽線	記事
炭素鋼	9586 9587	120 噸	八角形	鍛鍊 燒鈍	1本現出 鍛材の全長に亘る	幽線にて削屑切斷せらる

本體化學組成 %	炭素	珪素	滿 佷	燐	硫 黃	ニッケル	銅
	·23	·10	·46	·043	·031	·74	·178

牽引試験

試験棒	方 向	標 點 距 離	直 徑	幽 線 の 位 置
	鍛鍊線に直角	508 耗	12.7 耗	試験棒の中央より離る 第三九圖参照

牽引試験成績	試料記號	質 種	弾 性 限 kg/mm <sup>2</sup>	緊 張 力	延 伸 率 %	絞 拌 率	破 面	幽痕の位置 × 破 斷 點 V
		1	本素地	28.4	50.4	35.2	54.2	纖維狀
2		"	28.4	50.4	34.0	55.6	"	—
3		"	29.2	50.4	32.6	53.6	"	—
平均			28.7	50.4	33.9	54.5		
A <sub>7</sub>		幽痕地	30.0	50.7	26.2	51.7	纖維狀、幽痕 外にて切れ	
A <sub>8</sub>		"	29.2	50.6	28.5	51.2	"	
A <sub>9</sub>		"	28.4	50.4	28.5	53.2	"	
平均			29.2	50.6	27.7	52.0		第三九圖参照

屈曲試験

試料記號	質 種	試 驗 棒 耗			幽線位置	屈曲角度	永 久 歪	破斷位置
		方 向	厚 さ	(幅)				
B <sub>12</sub>	無疵素地	鍛鍊線に直角	9.5	19	—	180	不 折	—
B <sub>11</sub>	"	"	"	"	—	180	"	—
B <sub>10</sub>	"	"	"	"	—	180	"	—
A <sub>12</sub>	幽痕地	"	"	"	曲り外側の中 央より隔る	170	折 れ	幽 線
A <sub>11</sub>	"	"	"	"	"	180	破 折	"
A <sub>10</sub>	"	"	"	"	"	180	裂 疵	"

試験棒 A<sub>10</sub> A<sub>11</sub> A<sub>12</sub> は幽痕あるものなり。

第四〇圖乙は屈曲前の硫貼寫にして幽痕の位置を示す。A<sub>10</sub> A<sub>11</sub> は幽痕の部分にて破斷したること甲圖の如し。此等各試験棒の附近にて幽痕なき素地より採取したる試験棒は B<sub>10</sub> B<sub>11</sub> B<sub>12</sub> にして何れも屈曲して接着に至りたれども破斷せず。

松村式反覆衝撃試験

試験桿	方向	長さ	直径	中央窪み(耗)		幽線位置	幽線在否	衝撃動量
				半径	深さ			
	鍛錬線に直角	160耗	15耗	2.5	1.5	試験桿中央	硫貼寫にて 検す	50 kg/cm

反覆 衝撃 試験 成績	試料記号	質 種	衝 撃 回 數
	1	本 素 地	415
	2	"	278
	3	"	410
	平 均		368
	4	幽 痕 地	58
	5	"	502
	6	"	475
	平 均		345

アイゾッド式衝撃試験

アイゾッド式 衝撃試験 成績	試料記号	質 種	衝 撃 値
	1	本 素 地	5.5
	2	"	3.7
	3	"	4.3
	平 均		4.5
	4	幽 痕 地	1.2
	5	"	2.4
	6	"	1.8
	平 均		1.8

第六實例 角隅幽痕の材力強度

第一八表\*

鋼 種	鋼塊の形状	處 理	角隅幽線	試 験 桿	
				試桿方向	幽線の方向
ニッケル クローム鋼	八角型	鍛 錬 圓 錘 状	8本現出す	鍛錬線に直角	試験桿の方向と 直角

\* Turner: Engineering, 1922 ii p 662

鍛材化學組成	炭素	珪素	滿侖	磷	硫黃	ニッケル	クローム
平均値%	·23	·12	·38	·036	·032	·333	·46

牽引、屈曲、衝擊及硬度試験

試料記號	質種	鍛材中幽線の位置	彈性限 kg/mm <sup>2</sup>	緊張力	延伸率 %	絞棒率 %	破面	屈曲	アイゾッド 衝擊	ブリネル 硬度
1	本素地	—	52.2	64.9	25.0	57.0	普通	180不折	51.0	197
2	幽痕地	鍛材の一端	51.8	43.2	0	2.7		10	46.5	197
3	"	鍛材他端 外側	—	63.7	10.0	4.3		15	18.0	207
4	"	鍛材他端 内側	53.3	52.3	0	3.0		60	44.5	183
5	"	鍛材中央	53.0	57.5	0	3.5		15	15.2	197
6	"	第一幽線	51.7	65.7	28.0	61.5	普通	180		197
7	"	第二幽線	50.4	60.3	5.0	8.0	板狀	75折		197
8	"	第三幽線	52.8	65.5	7.0	11.6	"	45折		197
9	"	第四幽線	51.7	64.6	7.5	8.0	"	40折		197
10	"	第五幽線	50.2	53.6	3.0	8.0	"	50折		197
11	"	第六幽線	49.3	62.9	17.0	21.3	"	180		187
12	"	第七幽線	49.3	63.6	27.0	61.5	普通	180		187
13	"	第八幽線	—	51.2	1.0	5.0	板狀	15折		197
幽痕地平均			51.4	58.6	8.8	16.5			31.1	195

第七實例 角隅幽痕の材力強度

第一九表

反覆屈曲試験

鋼種	鋼塊形狀	處理處	鍛材形狀
ニッケルクローム鋼	八角型	鍛鍊 焼入 焼戻	圓 棒

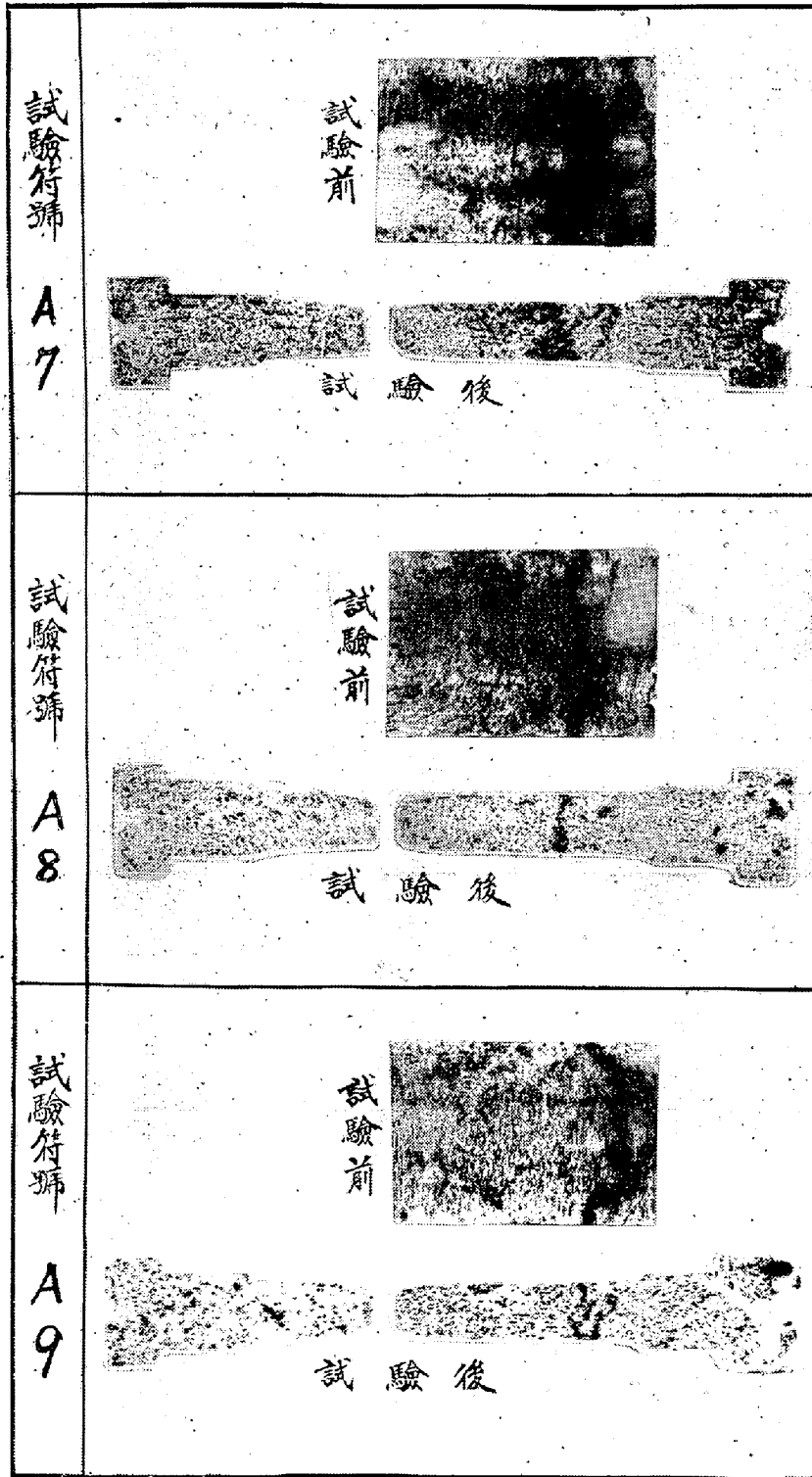
試片は兩端を支へ兩支點間の中央に力を加へて一方に屈曲せしめ、更に正反對の方向に屈曲することを反覆し破折に至るまでの回數を以て耐強度とす。

試験桿片	方向	形狀	幅	厚さ	長さ	振幅	反覆回數毎分
	鍛鍊線に直角	板狀	2 耗	5 耗	60	3.5 耗	100

一試料につき本素地及び幽痕地各 5 個づゝにつき試験す。

第 三 九 圖

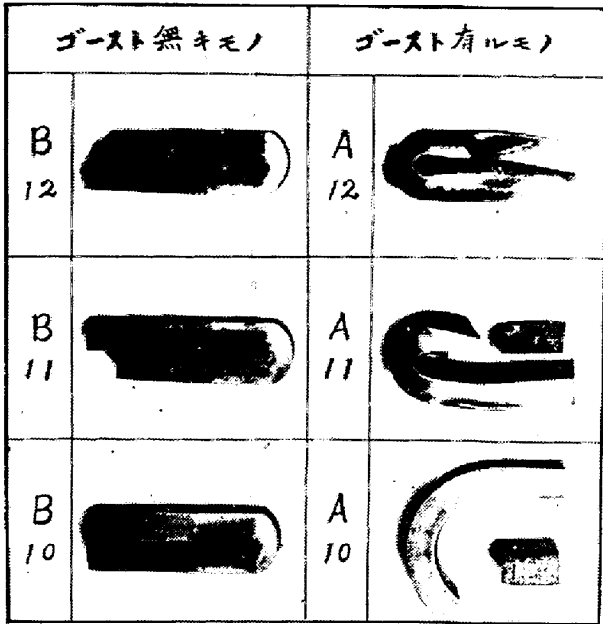
× 0.6



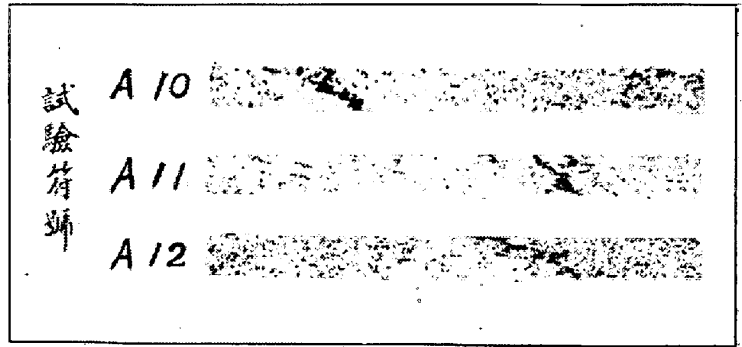
牽引試験鐸の硫貼寫

(試験鐸の縦断面及び周)

第四〇圖 (甲) ×約 0.33



(乙) ×05



屈曲試験鉋  
試験前

材料番號 9586 1/1 4  
9587

反覆屈曲試験成績

試料 記號	本 素 地			幽 線 地		
	最 大	最 小	平 均	最 大	最 小	平 均
1	572	447	524	198	73	103
2	560	512	511	113	427	250
3	628	532	592	577	331	450
4	607	384	502	462	137	231
5	602	417	525	132	83	111
6	612	598	607	271	168	216
7	639	495	547	125	1	78
8	608	474	539	316	61	192
9	614	493	560	304	108	255
10	549	134	425	482	188	300
11	621	520	550	547	151	258
12	708	464	594	525	248	400
13	600	482	561	521	70	280
14	616	524	530	437	96	190
15	636	490	563	642	229	451
16	579	478	533	562	242	334
17	617	498	543	228	54	109
平 均	612	467	545	378	157	247



第三七節 炭痕の材力強度實例の概覽

前節に列挙したる諸實例を通覽すれば角隅炭痕の材力強度の一般性を窺ふことを得べし。

炭痕地の牽引試験成績の優劣を觀んが爲め前節諸實例中に示せる平均値を比較し本素地の材力に對する炭痕地の値の偏差を百分率にて表出せば第二〇表の如し。

此の表に據るとき、炭痕地の弾性限は高値に傾き緊張力は高低不定なるも、概して低きに傾けるもの如し。延伸率及び絞搾率は其の低下著し。

角隅炭痕地に斯の如く材力の變調を來すは偏析成分の總的影響に外ならず。偏析成分とは磷、硫黃炭素にして、炭素は此の部分を延避する場合多し。故に磷、硫黃は主として角隅炭痕の材力強弱に關するものとすべし。此等偏析成分の鐵中に遞加するに従ひて材力の高低することは第二一表の如し。

此の表に據れば各偏析成分の遞加にて、弾性限は硫黃が炭素含量 0.09%又は 0.5%なる場合に低下すれども 0.3%の場合には高値となる。その他孰れの偏析成分加はるも高値となる。緊張力は磷と硫黃とに依りて高低相背馳せり。實例に於て高低不定なるは其の何れかに偏するに依るものなるべし。延伸率及び絞搾率は孰れの偏析成分に依るも低下することは能く實例と一致せり。

炭線の絞搾 試験桿の直徑の各部分を牽引試験後に測定したるものは第四一圖の如し。均質なる本素地が平滑なる絞搾を爲せるに反し、炭痕の所在は瘤狀に膨るるを觀るべし。(G)

第二〇表

實例	炭線の方向	炭線が試験桿中に於ける位置	弾性限 差%	緊張力 差%	延伸率 差%	絞搾率 差%
1	試験桿方向と直角	中央	-	-10.2	-34.0	-
2	"	"	+15.6	+7.5	-19.0	-16.0
3	"	"	+2.6	-1.1	-72.9	-88.6
3	試験桿の方向平行	試験桿全長に亘る	+2.6	-0.9	-3.0	-0.3
4	試験桿の方向と直角	中央を避く	+6.3	-1.2	-19.3	-79.6
5	"	"	+1.7	+0.4	-18.3	-4.9
6	"	"	-1.5	-9.7	-64.8	-70.2

第二一表

鐵中に遞加する成分	弾性限	緊張力	延伸率	絞搾率	備考
磷	高	高	低		d' Amico ※1
硫黃	低 C 0.09, 高 0.32, 低 0.51	不變 C 0.09 低	稍高 C 0.09 低	低	Unger ※2
炭素	高	高	低	低	Oberhoffer ※3

※1 d'Amico: Fer. 1913 s 289

※2 Unger: Am. Machi., 1916 p 191. Stahl und Eisen 1917 s 592

※3 Oberhoffer: Stahl und Eisen; 1915 s 93.

是は幽痕自身が延性及び絞率に劣れることを示すものにして、夫は直ちに試験桿の全能力に影響するものなることを知るべし。斯の如き現象は試験桿材中均質の状況を窺ふ一方法となるべし。此の圖は前節第四實例試料記號6の試験桿の成績を圖示したるものにして、破斷は此の膨れの部分即ち幽線(V)にて行はれたるものなり。而して其の

幽線の破面を觀るに玄武岩の如き縞目を爲して鍛練線の方に沿へり。斯の如きは幽線破面の通性とす。第四二圖は其の一例を示すものにして細理なる部分は無疵の本素他の普通の破斷状態なり。

幽痕地の衝撃其の續他諸試験成績に就き前節諸實例中の平均値を第二二表に集括したり。衝撃、反覆衝撃、屈曲、反覆屈曲、振り、反覆振り等の諸試験に對し幽線地は孰れも劣値を示せり。破壊試験に依れば破壊點不定にして幽線より破壊する場合あり。又は幽線外にて破壊する場合あり。此等の場合には幽線の位置未検出の地疵又は弱點の影響を受くるものとせらる。廻轉式屈曲に於て幽線地が反つて優値を示せるは異數なり。之は試験の方法を改めて再檢する必要あるべし。

第二二表

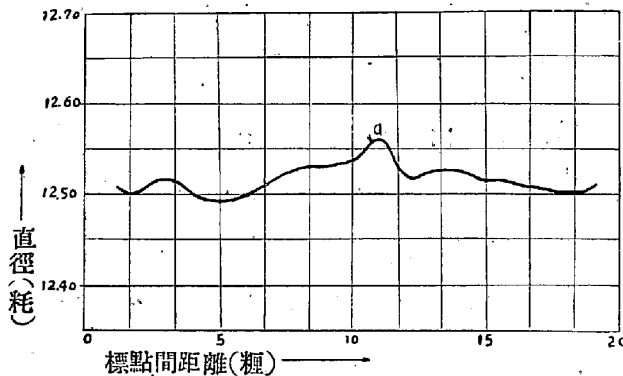
區別	實例	1	3	5	6	7
衝 擊	本 素 地	—	—	4.5	51.0	—
	幽 痕 地	—	—	1.8	31.1	—
反 覆 衝 擊	本 素 地	86	—	368	—	—
	幽 痕 地	28	—	315	—	—
屈 曲	本 素 地	—	—	不 折	不 折	—
	幽 痕 地	—	—	破 損	破 損	—
回 轉 式 屈 曲	本 素 地	1	—	—	—	—
	幽 痕 地	2.95	—	—	—	—
反 覆 屈 曲	本 素 地	—	—	—	—	467
	幽 痕 地	—	—	—	—	247
振 り	本 素 地	52	—	—	—	—
	幽 痕 地	51.7	—	—	—	—
反 覆 振 り	本 素 地	10—13回 さげ初め	—	—	—	—
	幽 痕 地	2回縦さげ	—	—	—	—
環 破 壞	本 素 地	—	安 全	—	—	—
	幽 痕 地	—	幽線より切れ	—	—	—

幽線地に對する諸種の材力試験中、實用上最も賞用せらるるは反覆屈曲試験にして、吳海軍工廠宇留野技師に依りて創案實驗せられたるものなり。此の法に據るときは幽線地が本素地に對する材力強度を數値に表はし得る便あり。此の試験結果に於て他の條件は同一なりとして、幽線地が本素地に於

けると同程度の数値を得るは幽痕の材力影響が微小なるを示すものとせらるべし。本素地として試験片に採擇せられたる部分が反つて幽線地よりも低値なる場合あり。是は検出明確ならざる地疵又は弱點の影響に依るものなるべし。

茲に注目すべきは幽痕の發顯狀況と材力強度との關係なり。宇留野技師の實地調査に據るに角隅幽痕主線(第二九節)の偏析程度著大なるものといへども反覆屈曲の耐抗値は反つて偏析微細なる副線

第四一圖



よりも優値を示すことありといふ。是れ偏析物の純度配列狀態或は晶間の毛狀裂疵の有無等にて材力強度が支配せらるるものなればなり。即ち主線の如き外觀著しく大なる幽痕といへども所謂熱間銲接(第六八節)の優良に行はれたるものは其の材力、本素地と拮抗するものあるに至る。副線の微細なる偏析に於ても含滓が裂開を誘發し易き狀態に點綴せる場合或は毛狀裂疵

(Hair Crack)を伴ふが如き場合には材力著しく劣値を示すべきなり。此の故に幽痕の發顯程度は硫貼寫又は肉眼的蝕法(Macro Etching)に依りて觀察することを得べし。而して幽痕地に於ける材力の強度は反覆屈曲試験に依りて數量的に計測することを得べきも、此の数値は直ちに偏析程度の高低を示さざることは當然なりとす。

### 第三八節 幽痕の腐蝕

鋼材の截削工作中發顯せる角隅幽痕を大氣又は水中に放置するとき、幽痕は先づ腐蝕せられ銹化するを見る。其の腐蝕初期の狀況を顯微鏡下に觀察するに幽痕地中の硫化物粒子は本素地との境界附近に於て銹の斑點を生じ始むること第四三圖の如し。此の銹の増し擴がると同時に本素地面に於ても銹化起り遂に全面に亘るに至る。Cushman氏は鐵地中の硫化マンガンが銹び易きことを記したり。<sup>\*1</sup>硫化物の粒子が酸に依りて分解せられ易きは周知のことなり。

幽痕中の偏析磷が腐蝕に對する影響は鐵地中の磷含量と腐蝕との關係より概察することを得べきも其の全關係に就き學說未だ明確ならず。<sup>\*2</sup> Diegel氏は鋼板を海水に漬し<sup>\*3</sup>磷含量0.06乃至1.08%のものにつきて檢出せしに後者の方銹化し難きを見たり。

Sang氏<sup>\*4</sup>に據れば磷が鐵中に存するとき銹化し難き傾向を有すれども磷含量多き局部存するときは本素地との境界附近より速に腐蝕すといへり。著者の水氣中に於ける實驗に據れば鐵中の磷含量0.05

\*1 Cushman & Garder: Corrosion Preservation, 1910. p. 78.

\*2 Diegal: Verhandlungen des Vereins zur Beforderung des Gewerbefleisses, 1903 v p 157.

\*3 T. N. Friend: Iron & Steel Institute, Carnegie Scholarship Memoirs, 1922.

\*4 Sang: Proc. Eng. Soc. of West. Pa., 1909.

第四二圖 ×約18



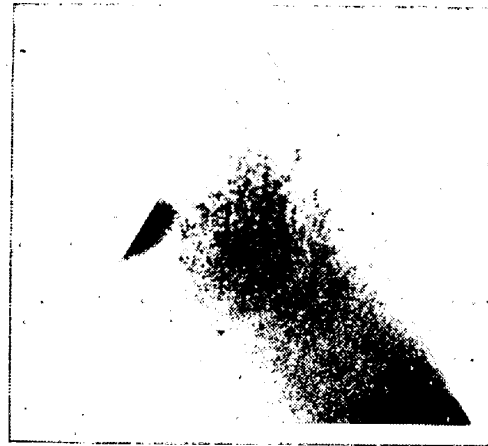
第四三圖 ×約290



第三七圖 ×約1333



第四四圖 ×約2



%より 0.22% までに於て燐は固溶の状態にありて銹化漸減し、0.4% のものは燐化鐵存し著しく銹化したり。幽痕の如き燐の偏析せる部分に於ては燐の配布不平等なるに依り起る電氣化學作用又は燐化鐵の存在に依りて腐蝕を誘起するものと解せらる。

水にて銹化せしむる場合に、鐵地は含有炭素量の加はるに従ひ亞共融鋼に至るまでは漸次銹化の量を増す。<sup>\*1</sup>炭化鐵は鐵地に比し銹化に耐ふる性あり。<sup>\*2</sup>幽痕中に含有せらるる炭素量は本素地に比し高低常ならざるを以て幽痕銹化の難易も亦之に應すべきなり。又炭素含量の不均等なる場合に電氣化學作用により銹化の促進せらるること Snow 氏に依りて觀察せられたり。<sup>\*3</sup>

斯の如く單に各偏析成分の鐵に對する影響のみより觀るも硫化物及び燐の多量なる或は炭素含量多き幽痕地が銹化し易き事實を解することを得べし。

\*1 Eried: Iron & Steel inst., Carnegie Schol. Memo., 1922 p. 112.

\*2 Howe: Trans. Am. Soc. Testing Materials, 1906.

\*3 Cushmis: Corrosion & Preservation of Iron & Steel, p. 77.

## 第三九節 幽痕のX線透過

X 放射線の透過度は略物質の密度に逆比するを以て鐵(比重7.86)中に含有せらるる磷(比重 2.2) 硫黃(比重 2.07) の如き比重小なる成分の偏析集團ある部分は X 線能く透過すべきなり。第三六節 第四實例に於ける鍛鋼試料の角隅幽痕を其の長さに沿ひて截斷し薄板(厚さ 0.2 耗)となし之に X 線を放射したり。電壓 8 萬ボルト電流 5 ミリアムペアーにて 30 秒間曝露し撮影したるに幽線の部分は薄白く現はれたり(第四四圖)。

此の方法に據るときは不純物の濃淡即ち幽痕の濃淡を不破壊的試験に依りて検することを得べし。其の濃淡は直ちに材力の強度に應すべきものなりや否やは實驗に依りて啓示せられざるべからず。

因に記す所謂毛狀裂疵は X 線の方法に據ると検出未だ不可能とせらる。<sup>\*1</sup> 幽線なき部分が材力の弱所たるが如き場合の一因として斯の如き種類の地疵の潜在することもあり得べし。

最近 X 線透過能の最強なるものは能く厚さ 9 厘の鋼板を透過し其の中に存する地疵の大きさは板の厚さの 1/100 なるものを検出し得といふ。

幽痕の不破壊的試験には鈴木益廣氏の電磁的探疵法適用せらるべし。<sup>\*2</sup>

## 第六章の括約

1. 角隅幽痕は多角塊鋼塊外層の角隅内方に發生するものにして、鋼塊横斷面上にては半徑の方向に線狀を爲して存す。

2. 角隅幽痕に於ける硫黃の偏析は硫貼寫にて其の程度を検することを得べし。磷の偏析は熱色法及び浸蝕法にて検出せらる。

3. 之を顯微鏡下に觀れば硫化物の粒子はフェライト脈中に群集し鍛材の例にて炭素は大方遁げ去り僅に遊離セメントイト散在せり。或は炭素の濃密なる場合もあるべし。

4. 化學分析に依るに幽痕中には磷、硫黃の偏析著し。炭素は磷の含量及び熱處理の影響に依り擴散の度を異にするものなり。

5. 此の幽痕の材力強度は本素地に比し概ね硬くして脆し。彈性限は高く、緊張力は高低定まらず延伸率及び絞搾率は低下する傾あり。衝撃値も亦低し。

6. 破壊試験に於ける破斷位置は幽痕の部分なることあり。然らざることあり。破面は玄武岩様となる。牽引試験桿に於て幽痕の部分は瘤狀となり絞搾少なし。

7. 幽痕が材力強度に及ぼす影響を數量的に表はすには、反覆屈曲試験を可とす。此の數値は必ずしも偏析量の程度と一致せざることあり。偏析物の配列及び毛狀裂疵の共存等の組織的影響を合算して材力強度の總締高となればなり。

\*1 C. F. Jenkin: The Faraday Soc. & The Roentgen Soc., The Examination of Materials by X-Rays, p. 37.

\*2 鐵道省業務研究資料の軌條探傷機に就て 1923.p11

8. 此の幽痕ある鋼材を大氣中又は水中に放置すれば幽痕の縁邊先づ腐蝕す。之は主として硫化物粒子の腐蝕を起點とし磷及び炭素の不均等なるは之を促進するに依るものと考へらる。

9. 幽痕には硫黃及び磷の如き密度小なる物質を含有するを以て X 線の透過度本素地よりも大なり。此の理を應用して幽痕の所在を検出することを得べし。

### 鐵と鋼 第十三年 第八號

鋼塊に起る偏析の研究 (II) 蔦田宗次中訂正

頁	正	誤
632	本文16行 型式のものあり(第一二二節)。	型式のものあり。(第一二二節)
636	表「鋼塊胴部の頭端」記號欄「3」の下「5」の上に「4」を入レル	
644	5 行目の初め	ぜる                      ぜざる
643	第一五圖中 焼入焼戻實線上に「抗」字を入レル	
643	第一六圖中	鋼塊外皮                      鋼塊外度